सत्यमेव जयते

इसरो ISRO

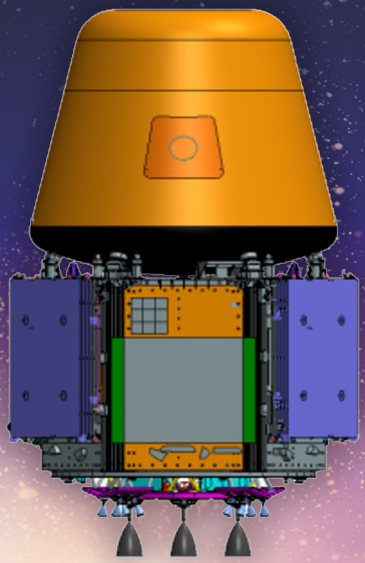
अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी

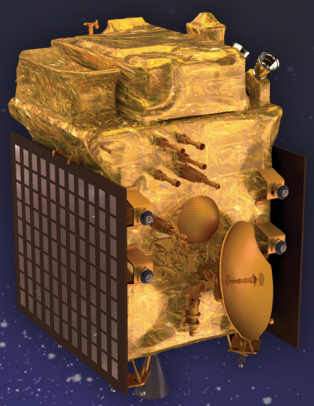
"समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियाँ, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएँ"

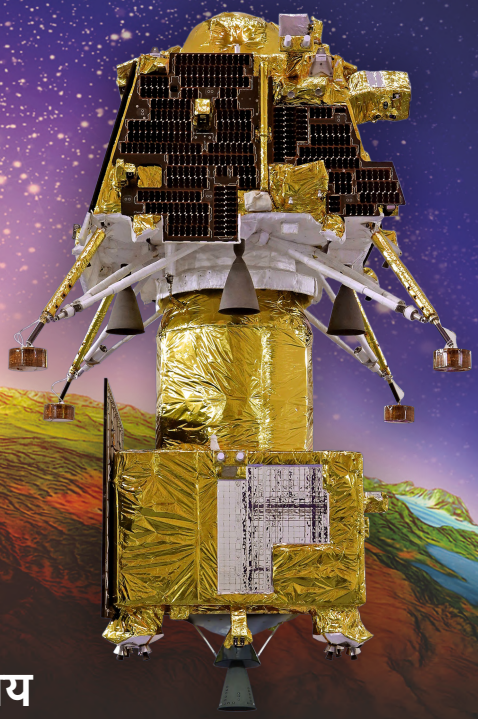
लेख-संग्रह
खंड-I

21-22 दिसंबर 2023









अंतरिक्ष विभाग / इसरो मुख्यालय
अंतरिक्ष भवन, न्यू बी.ई.एल. रोड, बेंगलूरु - 560094

सोमनाथ. एस
SOMANATH. S

सत्यमेव जयते
भारत सरकार
GOVERNMENT OF INDIA

अध्यक्ष, अंतरिक्ष आयोग
व
सचिव, अन्तरिक्ष विभाग
Chairman, Space Commission
&
Secretary, Department of Space



संदेश

यह बड़े हर्ष की बात है कि अंतरिक्ष विभाग इस वर्ष अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन कर रहा है। राजभाषा विभाग द्वारा दिए गए सुझाव का सम्मान करते हुए अंतरिक्ष विभाग ने इस बार परमाणु ऊर्जा विभाग, डी.आर.डी.ओ., डी.बी.टी., एन.ए.एल., डी.एस.टी. इत्यादि वैज्ञानिक विभागों/संस्थाओं को भी अपने साथ जोड़ा है। ऐसी संगोष्ठियों को अखिल भारतीय अंतर-विभागीय स्तर पर आयोजित करने की दिशा में हमारा यह पहला प्रयास है।

चंद्रयान-3 एवं आदित्य-एल1 अभियानों से इसरो सुर्खियों में है एवं वैज्ञानिक समुदाय समेत अधिक-से-अधिक लोग जिज्ञासावश इसरो से विभिन्न माध्यमों से जुड़ने लगे हैं। अंतरिक्ष के अन्वेषण के माध्यम से अंतरिक्ष के रहस्यों को समझने की आकांक्षा लोगों में बढ़ी है। एक ओर जहाँ नई अंतरिक्ष नीति समावेशी विकास के तहत उद्योगों, शैक्षणिक एवं शोध संस्थानों आदि को साथ लाने का प्रयास कर रही है, वहीं दूसरी ओर इन उपलब्धियों का लाभ सुदूर गाँव के प्रत्येक नागरिक तक पहुँचाने का लक्ष्य भी है।

भारत की भाषाई विविधता हमारे सामने यह चुनौती उपस्थित करती है कि देश के नागरिकों और छात्र वर्ग को अपनी भाषा में विभिन्न माध्यमों से नवीनतम प्रौद्योगिकियों एवं तकनीकों की जानकारी उपलब्ध हो, ताकि उन्हें इनका इष्टतम लाभ उठाने का अवसर मिले। हिंदी संघ सरकार की राजभाषा और अधिकांश भारतीय जनता के संप्रेषण का माध्यम है।

विज्ञान के क्षेत्र में होने वाले नित नए परिवर्तन एवं विकास को भारतीय भाषाओं में उपलब्ध कराकर हम ज्ञानार्जन के लिए विदेशी भाषा पर आश्रित होने की मजबूरी का त्याग कर सकते हैं। इस संगोष्ठी के लिए स्वीकृत किए गए 105 शोध लेख इस बात का प्रमाण हैं कि राजभाषा हिंदी इस कार्य को बखूबी कर सकती है। आत्मनिर्भरता के हमारे लक्ष्य को भाषाई परिप्रेक्ष्य में भी देखा जाना चाहिए। स्वभाषा में कार्य करने की स्वतंत्रता हमें अधिक आत्मविश्वास प्रदान करेगी और रणनीतिक दृष्टि से भी यह हमारे लिए लाभकारी होगा।

मुझे पूरा विश्वास है कि "समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियां, अनुप्रयोग तथा संभावनाएं" विषय पर आयोजित संगोष्ठी में सभी पहलुओं पर विस्तृत एवं उपयोगी विचार-विमर्श किया जाएगा। अंत में विभिन्न कार्यालयों, विभागों से आए लेख-प्रस्तोताओं को उनके श्रम और राजभाषा के प्रति लगाव के लिए बधाई देता हूँ और संगोष्ठी अपने उद्देश्य की पूर्ति में सफल हो, यह कामना करता हूँ।

आयोजन समिति एवं उनकी टीम को भव्य आयोजन के लिए शुभकामनाएँ देता हूँ।

(एस. सोमनाथ)

स्थान: बेंगलूरु
दिनांक: 18 दिसंबर, 2023

अन्तरिक्ष भवन, न्यू बी ई एल रोड, बेंगलूर – 560 094. भारत
दूरभाष : +91-80-2341 5241, 2217 2333 • फैक्स : +91-80-2341 5328, 2351 8551
Antariksh Bhavan, New BEL Road, Bangalore - 560 094, India.
Telephone : +91-80-2341 5241, 2217 2333 • Fax : +91-80-2341 5328, 2351 8551 • e-mail : secydos@isro.gov.in / chairman@isro.gov.in

भारत सरकार
अन्तरिक्ष विभाग
अन्तरिक्ष भवन, न्यू बी ई एल रोड
बेंगलूर – 560 094. भारत
तार : स्पेस फैक्स : +91-80-2351 1829
दूरभाष : +91-80 -2341 6393

सत्यमेव जयते

GOVERNMENT OF INDIA
DEPARTMENT OF SPACE
Antariksh Bhavan, New BEL Road
Bangalore - 560 094, India.
Grams : Space Fax : +91-80-2351 1829
Telephone : +91-80-2341 6393
e-mail : sandhyavs@isro.gov.in

ಸಂಧ್ಯಾ ವೇಣುಗೋಪಾಲ್ ಶರ್ಮ, ಭಾ.ಆ.ಸೇ.
संध्या वेणुगोपाल शर्मा, भा.प्र.से.
SANDHYA VENUGOPAL SHARMA, I.A.S.
ಹೆಚ್ಚುವರಿ ಕಾರ್ಯದರ್ಶಿ / अपर सचिव / Additional Secretary



संदेश

अंतरिक्ष विभाग सरकारी कामकाज में हिंदी के प्रगामी प्रयोग को बढ़ाने एवं वैज्ञानिक विषयों पर हिंदी में लेखन-कार्य को प्रोत्साहित करने हेतु सदैव प्रतिबद्ध रहा है। इसी प्रतिबद्धता के अनुसरण में इसरो/अं.वि. के सभी केंद्रों/यूनिटों में प्रतिवर्ष तकनीकी संगोष्ठियों का आयोजन किया जाता है। इस वर्ष अंतरिक्ष विभाग/इसरो मुख्यालय द्वारा दो दिवसीय अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन किया जा रहा है। संगोष्ठी के अंतर्गत राजभाषा सत्र भी रखा गया है।

केंद्रीय राजभाषा कार्यान्वयन समिति की 43वीं बैठक में दिए गए सुझाव के अनुपालन में इस तकनीकी संगोष्ठी में समान प्रकृति के तकनीकी कार्य करने वाले मंत्रालयों एवं विभागों को भी शामिल किया गया है। इस तकनीकी संगोष्ठी का विषय है – **"समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियां, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएं"** तथा इसके साथ ही राजभाषा सत्र भी आयोजित किया जा रहा है।

इस प्रकार की तकनीकी संगोष्ठियों के माध्यम से नवीनतम अनुसंधान व विकास पर आधारित वैज्ञानिक साहित्य का सृजन होता है। यह वैज्ञानिक साहित्य निश्चित रूप से इन विषय के जिज्ञासुओं, छात्रों एवं अनुसंधानकर्ताओं के लिए बेहद उपयोगी होता है। इस संगोष्ठी के लिए इसरो/अं.वि. के सभी केंद्रों/यूनिटों एवं अन्य मंत्रालयों/विभागों से तकनीकी सत्र के लिए 105 एवं राजभाषा सत्र के लिए 35 लेख स्वीकृत किए गए हैं। लेखों की इतनी उत्साहजनक संख्या से स्पष्ट है कि हमारे वैज्ञानिक/अभियंता अपनी मुख्यधारा के तकनीकी कार्यों में जिस गहन अभिरुचि का परिचय देते हैं, राजभाषा हिंदी के प्रयोग को लेकर भी उनमें उतना ही उत्साह है।

संगोष्ठी के सफल आयोजन में बहुमूल्य योगदान के लिए आयोजन समिति, लेखकों और प्रत्यक्ष एवं परोक्ष रूप से जुड़े सभी संबंधितों को हार्दिक बधाई देती हूँ तथा संगोष्ठी के सफल आयोजन के लिए हार्दिक शुभकामनाएं देती हूँ।

स्थान: बेंगलूरु
दिनांक: 18 दिसंबर, 2023

(संध्या वेणुगोपाल शर्मा)

भारतीय अन्तरिक्ष अनुसंधान संगठन
अन्तरिक्ष विभाग
भारत सरकार
अन्तरिक्ष भवन
न्यू बी ई एल रोड, बेंगलूरु - 560 094, भारत
दूरभाष : +91 80 2341 6356
फैक्स : +91 80 2341 5298

Indian Space Research Organisation
Department of Space
Government of India
Antariksh Bhavan
New BEL Road, Bengaluru - 560 094, INDIA
Tel (Off) : +91 80 2341 6356
Fax : +91 80 2341 5298
E-mail : scientificsecretary@isro.gov.in

शांतनु भाटवडेकर/Shantanu Bhatawdekar
विशिष्ट वैज्ञानिक एवं वैज्ञानिक सचिव, इसरो
Distinguished Scientist &
Scientific Secretary, ISRO



संदेश

यह अत्यंत गर्व की बात है कि अंतरिक्ष भवन 21-22 दिसंबर 2023 के दौरान "समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियां, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएं" जैसी समीचीन विषयवस्तु के साथ विभिन्न विषयों पर गहन विचार-मंथन का मंच बनने जा रहा है। अंतरिक्ष विभाग/इसरो मुख्यालय की ओर से आयोजित होने वाली इस अखिल भारतीय इसरो अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी में अंतरिक्ष विभाग के अतिरिक्त कुछ अन्य वैज्ञानिक संगठनों/विभागों और प्रतिष्ठानों को भी लेख प्रस्तुति के लिए अवसर दिया जा रहा है।

वर्तमान में, वैश्विक अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था में 2% हिस्सेदारी के साथ भारत के अंतरिक्ष उद्योग का मूल्य 8 बिलियन डॉलर है। अंतरिक्ष पर सरकारी खर्च लगभग 1.4 बिलियन डॉलर है। विभिन्न विश्लेषणों के अनुसार वैश्विक अंतरिक्ष बाजार 2047 तक 1.5 ट्रिलियन डॉलर तक पहुंचने का अनुमान है। भारत का अंतरिक्ष बाजार हाल के वर्षों में 4% की वार्षिक वृद्धि दर से बढ़ रहा है। भारत सरकार की योजना है कि 2030 तक देश का अंतरिक्ष क्षेत्र वैश्विक उद्योग का 8% हिस्सा बन जाए और भारत की अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था को 2040 तक 40 अरब डॉलर तक पहुंचाया जाए। साथ ही, 2035 तक अपना खुद का अंतरिक्ष स्टेशन स्थापित करने का इसरो का प्रस्ताव है।

राष्ट्र के विकास को गति देने के लिए भारत ने अंतरिक्ष परिवहन, अंतरिक्ष अवसंरचना और अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में स्वदेशी सामर्थ्यों का निर्माण करने की दिशा में अत्यंत महत्वपूर्ण प्रगति की है और हमने 1999 से 34 देशों के लिए 381 विदेशी उपग्रह प्रमोचित किए हैं। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन ने हाल ही में 14 जुलाई को चंद्रयान -3 का सफल प्रमोचन किया और इसके साथ ही भारत चंद्रमा की दक्षिणी ध्रुव की सतह (690द.) पर सुगम अवतरण करने वाला प्रथम राष्ट्र बना। सूर्य ग्रह के अन्वेषण के प्रयास में हाल ही में आदित्य- एल1 का भी प्रमोचन किया गया। आदित्य-एल1 अपने नियोजित प्रक्षेप पथ में विद्यमान है और जनवरी 2024 के प्रथमार्ध में इसका सूर्य-पृथ्वी एल1 बिंदु में पहुँचना अपेक्षित है। आदित्य- एल1 के वैज्ञानिक लक्ष्यों में सूर्य, सौर पवन, फोटॉन, साथ ही अंतरग्रहीय चुम्बकीय क्षेत्र के सुदूर संवेदन अध्ययन और स्व-स्थाने अध्ययन सम्मिलित हैं।

अंतरिक्षयान तथा अनुप्रयोग भारत सरकार के कई प्रमुख कार्यक्रमों का अभिन्न अंग हैं। साथ ही, भविष्य में नई अंतरिक्ष गतिविधियों और उच्च क्षमता वाले क्षेत्रों में अपनी क्षमताएं विकसित करने की ओर भारत अग्रसर है। ऐसे महत्वाकांक्षी लक्ष्यों की पूर्ति की दिशा में समानव अंतरिक्ष कार्यक्रम बेहद निर्णायक बन जाता है। भारत का पहला समानव अंतरिक्ष पहल "गगनयान' परियोजना तेज़ी से आगे बढ़ रही है और बहुत जल्द यह सपना भी साकार होगा। भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के इन गतिशील क्रियाकलापों पर राजभाषा हिंदी में चर्चा-परिचर्चा आवश्यक बन जाता है। अंतरिक्ष विभाग द्वारा आयोजित यह संगोष्ठी इन बातों पर विचार-मंथन करने का अत्यंत कारगर शिविर साबित होगा। मुझे आशा ही नहीं, अपितु पूर्ण विश्वास है कि दो दिन चलने वाले इस मंथन शिविर में संगोष्ठी की विषय-वस्तु से संबंधित विभिन्न विषयों पर विचारों का सार्थक आदान-प्रदान होगा।

राष्ट्रीय स्तर की इस संगोष्ठी की सफलता की कामनाओं के साथ,

शान्तनु

(शान्तनु भाटवडेकर)
अध्यक्ष, अंतर-केंद्रीय हिंदी तकनीकी संगोष्ठी
सलाहकार समिति

स्थान: बेंगलूरु
दिनांक: 18 दिसम्बर 2023



प्राक्कथन

विश्व प्राचीन भारतीय ज्ञान परंपरा का प्रशंसक रहा है। गणित, खगोलविज्ञान, चिकित्सा, दर्शन, अर्थशास्त्र, व्याकरण, साहित्य, आदि ज्ञान-विज्ञान की शाखाओं पर आज भी विपुल प्राचीन साहित्य उपलब्ध है। हिब्रू, मंडारिन, आदि जैसी भाषाओं ने आधुनिक ज्ञान-विज्ञान के क्षेत्र में जो प्रासंगिकता अर्जित की है, उससे इस धारणा को बल मिलता है कि भारतीय भाषाओं को नवीनतम विज्ञान और तकनीकी की भाषा बनाकर राष्ट्र के विकास की मुख्यधारा में शामिल करके भारत के बड़े मानवबल की निर्णायक भूमिका को सक्रिय बनाया जा सकता है।

नवीनतम ज्ञान-विज्ञान को भारतीय भाषाओं में उपलब्ध कराने के लिए अनेक प्रयास किए जाते रहे हैं। अंतरिक्ष विभाग द्वारा अंतरिक्ष विज्ञान के क्षेत्र में हो रहे नवीनतम ज्ञान-विज्ञान के विकास एवं अनुसंधान को हिंदी में उपलब्ध कराने की अनूठी पहल हैं - हिंदी तकनीकी संगोष्ठियाँ। विभाग के प्रतिभाशाली वैज्ञानिक अंतरिक्ष विज्ञान से संबंधित जिन तकनीकियों और अनुप्रयोगों पर कार्य कर रहे हैं, उन्हें अपने मौलिक ज्ञान और अनुभवों से उत्प्रेरित होकर हिंदी में उपलब्ध कराने का प्रयास करते हैं। इन संगोष्ठियों से जहाँ एक ओर वैज्ञानिकों की लेखन की अभिवृत्ति को पल्लवित और पुष्पित होने का मंच मिलता है, वहीं देश के करोड़ों पाठकों के लिए उनकी भाषा में अत्याधुनिक तकनीकियों, वैज्ञानिक विमर्शों तथा जटिल विषयों पर महत्वपूर्ण साहित्य का सृजन हो जाता है।

वर्ष 2023 की इस अंतर-केंद्र तकनीकी संगोष्ठी में कुछ नये आयाम जुड़े हैं, इस बार अंतरिक्ष विज्ञान के साथ परमाणु विज्ञान, रक्षा विज्ञान, वांतरिक्ष विज्ञान, आदि का भी समावेश किया गया है। इसका श्रेय निश्चित रूप से राजभाषा विभाग के सचिव को जाता है, जिन्होंने केंद्रीय राजभाषा कार्यान्वयन समिति की बैठक के दौरान यह सुझाव दिया। इस समिति की बैठक में राजभाषा विभाग की ओर से माननीय मंत्री महोदय के अधीन सभी वैज्ञानिक विभागों को इस संगोष्ठी में सम्मिलित करने का प्रस्ताव प्राप्त हुआ था। संगोष्ठी के लिए प्राप्त आलेखों से पाठक सहज ही अनुमान लगा पाएंगे कि सभी विभागों के वैज्ञानिकों ने इन्हें तैयार करने में कितना श्रम किया है।

संगोष्ठी का विषय "समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियां, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएं" भारतीय दृष्टिकोण से अत्यधिक प्रासंगिक और उपयोगी है। इस लेख-संग्रह में भारतीय समानव अंतरिक्ष अभियान से जुड़े अनुसंधान एवं विकास संबधी विविध पहलुओं पर प्रस्तुत आलेखों का समावेश किया गया है। यह शिक्षा जगत से जुड़े विशेषज्ञों, छात्रों और हिंदी के जिज्ञासु पाठकों के लिए एक ज्ञानवर्धक एवं उपयोगी पुस्तक है।

इम्तियाज़

स्थान: बेंगलूरु
दिनांक: 18दिसंबर, 2023

(इम्तियाज़ अली खान)
अध्यक्ष, अंतर केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी
आयोजन समिति



संपादकीय

अंतरिक्ष विभाग में हिंदी तकनीकी संगोष्ठियों के आयोजन की सुदीर्घ परंपरा रही है। अंतरिक्ष विभाग/इसरो के भारतभर में फैले विभिन्न केंद्रों/यूनिटों द्वारा प्रतिवर्ष अंतर-केंद्र या पूल स्तर पर हिंदी तकनीकी संगोष्ठियों का आयोजन किया जाता है। इस अनुक्रम में, वर्ष 2023 में अंतरिक्ष विभाग/ इसरो मुख्यालय द्वारा अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन किया जा रहा है। यह संगोष्ठी अंतरिक्ष विभाग के अंतर्गत पूर्व में संपन्न अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठियों से अलग और विशेष है; क्योंकि अभी तक आयोजित अंतर-केंद्र संगोष्ठियों में अंतरिक्ष विभाग के केंद्र/यूनिटों के वैज्ञानिक/अभियंताओं और अन्य अधिकारी/कर्मचारियों से ही आलेख आमंत्रित किये जाते थे। परन्तु इस बार राजभाषा विभाग के सुझाव के अनुसार माननीय राज्यमंत्री, प्रधानमंत्री कार्यालय के अधीन अन्य वैज्ञानिक एवं तकनीकी विभागों के वैज्ञानिकों एवं तकनीकी अधिकारियों/ कर्मचारियों से आलेख आमंत्रित करने का निर्णय लिया गया, जिसके परिणामस्वरूप परमाणु ऊर्जा विभाग, इलेक्ट्रॉनिक्स कॉर्पोरेशन इंडिया लिमिटेड, जैव प्रौद्योगिकी विभाग, रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन, राष्ट्रीय वांतरिक्ष प्रयोगशाला, आदि प्रतिष्ठित संस्थानों/विभागों से भी आलेख प्राप्त हुए। इस महत्वपूर्ण सहभागिता को देखते हुए इस संगोष्ठी को अखिल भारतीय हिंदी तकनीकी संगोष्ठी कहना भी अत्युक्ति नहीं होगा।

संगोष्ठी का मुख्य विषय "समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियां, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएं" रखा गया है। मुख्य विषय से संबंधित लगभग 35 उप-विषयों का सुझाव भी दिया गया है जिससे समानव अंतरिक्ष अभियान के सभी पहलुओं को संगोष्ठी में स्थान दिया जा सके। संगोष्ठी में एक सत्र राजभाषा पर भी रखा गया है, जिसके अंतर्गत 04 उप-विषयों का सुझाव दिया गया।

संगोष्ठी में कुल 173 आलेख प्राप्त हुए। इतनी बड़ी संख्या में प्राप्त आलेखों का मूल्यांकन करना और आवश्यक संशोधनों के लिए लेखकों को सुझाव देना एक जटिल एवं लंबी प्रक्रिया रही। मूल्यांकन समिति के सभी सदस्यों ने पूरे मनोयोग से प्राप्त आलेखों को पढ़ा, आवश्यक संशोधन सुझाए और लेखकों ने भी सुझावों को सकारात्मक ढंग से लिया तथा समय मर्यादा के भीतर संशोधित लेख वापस प्रस्तुत किए। समिति का यह भी प्रयास रहा कि भाषा की दृष्टि से भी सभी लेख वर्तनी संबंधी त्रुटियों से रहित हों एवं भाषा सरल और प्रवाहशील हो। राजभाषा अनुभाग के सदस्यों ने वर्तनी एवं भाषा संबंधी सुधार की दृष्टि से महत्वपूर्ण योगदान दिया। कतिपय तकनीकी मानदंड़ों पर खरा न उतरने के कारण कुछ आलेख संगोष्ठी के लिए स्वीकार न किए जा सके।

समग्र औपचारिक प्रक्रिया संपन्न करने के उपरांत कुल 140 आलेख स्वीकृत किए गए और दिनांक 21-22 दिसंबर, 2023 को दो-दिवसीय संगोष्ठी के भव्य उद्घाटन सत्र के दौरान पुस्तकाकार लेख-संग्रह के रूप में विमोचन किया जाएगा। यह लेख-संग्रह गगनयान जैसे महत्वाकांक्षी एवं महत्वपूर्ण अभियान से संबंधित जटिल एवं नवीनतम विकास एवं अनुसंधान पर हिंदी में एक अनूठा एवं उपयोगी संकलन है। मूलतः इसमें प्रकाशित लेख इसकी आत्मा हैं, इसलिए सभी लेखकों के द्वारा लेखन हेतु किए गए श्रम और प्रयत्न की हृदय से सराहना करते हैं। आशा है कि यह पुस्तक समानव अंतरिक्ष अभियान पर एक महत्वपूर्ण दस्तावेज सिद्ध होगा।

स्थान: बेंगलूरु
दिनांक: 18 दिसंबर, 2023

(डॉ. राजीव कुमार जायसवाल)
अध्यक्ष, अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी
संपादकीय समिति

अनुक्रमणिका

क्र. सं.	विषय/लेखक	पृ.सं.
सत्र – A मानवानुकूलन एवं प्रमाणीकरण		
A-1	मानवोचित प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियाँ: एक परिचय *- पवन कुमार मंगल, बीजू जी., अनूप एस., श्यामकुमार यू., शूजा ए.*	1
A-2	समानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों में कर्मीदल बचाव प्रणाली के महत्व की समीक्षा: एक वैश्विक परिदृश्य *- पूरन सिंह*	10
A-3	मानव अंतरिक्ष अभियान के लिए गुणवत्ता आश्वासन और चुनौतियों की दिशा में ठोस प्रणोदक प्रसंस्करण की सूक्ष्म सामग्री *- बकुलदास, एडुकोंडालु पी., जी. रमेशबाबू*	22
A-4	गगनयान मिशन के लिए मानवानुकूल जी.एस.एल.वी. मार्क III *- प्रेम प्रकाश*	25
A-5	भारत के अंतरिक्ष अभियान में मानव केंद्रित उत्पाद *- सुदर्शन सिंह शिखरवार*	34
A-6	समानव अभियानों के लिए मानव-श्रेणी मानक एवं उनका अनुपालन *- विपिन कुमार यादव*	48
A-7	एच.एस.-200 ठोस रॉकेट मोटर की गुणवत्ता नियंत्रण जांच में यांत्रिक गुणों की भूमिका *- मो. परवेज़*	45
सत्र – B समानव अंतरिक्ष में चुनौतियां		
B-1	अंतरिक्ष विकिरण जोखिम एवं न्यूनीकरण तकनीकें *- अखिल कुमार पोद्दार, अरविंद कुमार, रवि कुमार वर्मा*	49
B-2	अंतरिक्ष विकिरण के खतरे एवं इनके न्यूनीकरण के प्रबंधन *- एन. रूपा, राकेश मोहन, आर. बी. भास्कर राव*	56
B-3	अंतरिक्ष विकिरण खतरा और न्यूनीकरण तकनीक *- नरेंद्र खंडेलवाल*	62
B-4	पृथ्वी की निचली कक्षा (लियो) में मलबे के खतरों और उनका पता लगाने की तकनीकों का अध्ययन *- शैलेंद्र कुमार, इम्तियाज अली खान*	73
B-5	समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियां, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएं *- शुभम शुक्ला*	78
B-6	मानवयुक्त अंतरिक्ष उड़ानों की प्रमुख चुनौतियां *- उमेश चन्द्र त्रिपाठी*	82

क्र. सं.	विषय/लेखक	पृ.सं.
B-7	समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियां, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएं उन्नत पदार्थ: कार्बन आधारित नैनो पदार्थों का अंतरिक्ष अभियानों में उपयोग: संभावनाएं, चुनौतियां एवं भावी दिशा - *योगेश घोटेकर, विमल.एम.शाह, धवल वर्तक*	89
B-8	गगनयान (समानव उड़ान मिशन) : इलेक्ट्रॉनिक उपतंत्र हेतु संविरचन चुनौतियाँ - *दिनेश कुमार अग्रवाल*	98
B-9	समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियाँ, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएँ - *पी.डी. रम्या तेजा*	110
B-10	अंतरग्रहीय समानव अंतरिक्ष अभियान में चुनौतियां - *अब्दुल कादिर*	118
B-11	अंतरिक्ष विकिरण जोखिम एवं न्यूनीकरण तकनीकियां - *भव्य चौबीसा, हितेश बाबू*	129
B-12	समानव अंतरिक्ष अभियान - भारतीय परिदृश्य, चुनौती और प्रौद्योगिकी के नए आयाम - *डॉ. पीयूष गोयल*	136
B-13	समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियाँ, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएँ - *लोकेन्द्र*	146
B-14	समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतिया, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएँ - *एम. सौम्या*	153
B-15	समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियाँ - *राकेश शुक्ला*	159
B-16	गगनयान मिशन के लिए तकनीकी चुनौतियाँ - *प्रिन्स गर्ग, अर्जुन शंकर आर.*	169
B-17	समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियाँ, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएँ - *राकेश कुमार*	175
B-18	समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियाँ, अनुप्रयोग तथा भावी सम्भावनाएँ - *विकास स्वर्णकार, के. श्री देवी, ए. प्रसाद राव*	182
B-19	कक्षीय मलबा और शमन तकनीक - *शिल्पी शर्मा*	186
सत्र – C साइबर सुरक्षा, क्लाउड कंप्यूटिंग एवं सूचना सुरक्षा		
C-1	मालवेयर का दृष्टिकरण - *बी. प्रसाद*	193
C-2	अंतरिक्ष प्रणालियों में साइबर सुरक्षा - सबसे बड़ी चुनौती - *श्रीजा जे.जे., महिमा एस., दीपक मिश्रा*	198

क्र. सं.	विषय/लेखक	पृ.सं.
C-3	सूचना सम्प्रेषण की आधुनिक विधियाँ और उनका सुरक्षा पहलू - *डॉ. गिरीश पाण्डेय*	205
C-4	'यूएसबी' फर्मवेयर मालवेयर: खतरनाक और अगम्य - *रविशंकर यादव*	210
सत्र – D ए.आई., एम.एल., वी.आर. एवं उच्च निष्पादन कंप्यूटिंग		
D-1	वी.एफ.एक्स (VFX) फिल्म निर्माण में कृत्रिम बुद्धिमत्ता - *अरविन्द कुमार मिश्र, हिमांशु चौरसिया*	217
D-2	अंतरिक्ष विज्ञान के क्षेत्र में वर्चुअल रियलिटी के अनुप्रयोग - *गौरव कुमार*	226
D-3	बाइस्पेक्ट्रम विशेषताएँ और कृत्रिम तंत्रिका (आर्टिफिशियल न्यूरल) नेटवर्क का उपयोग करके बेयररिंग दोष वर्गीकरण - *अंजू शर्मा, वी. विष्णु प्रिया, वी.पी.एस नायडू*	235
D-4	अंतरिक्ष अन्वेषण में कृत्रिम बुद्धिमत्ता की झलक - *महिमा एस., श्रीजा जे.जे., दीपक मिश्रा*	246
D-5	कृत्रिम बुद्धिमत्ता तथा मशीन लर्निंग - *डी. संतोष*	251
D-6	रिमोट सेंसिंग इमेज में एयरक्राफ्ट और अन्य ऑब्जेक्ट का पता लगाने में डीप लर्निंग मॉडल की आंतरिक अंतर्दृष्टि - *देवेश कुमार*	256
D-7	भारतीय समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए सॉफ्टवेयर अभियंत्रण का प्रस्तावित अष्ट आयामी निदर्श - *जगदम्बा प्रसाद सिंह, अखिलेश शर्मा, एस.एम. त्रिवेदी, अजय कुमार लाल*	265
D-8	सुदूर संवेदन छवि प्रसंस्करण समाधान के लिए मज़बूत मशीन लर्निंग तकनीक विकास - इंद्रनील मिश्रा, एस. मंथिरा मूर्ति, देबज्योति धर	275
सत्र – E अंतरिक्ष मिशन, डिज़ाइन, नौवहन एवं नियंत्रण		
E-1	समानव अंतरिक्ष मिशन के लिए मिशन नियंत्रण केंद्र की प्रारूप संबंधी चुनौतियाँ - *आलोक कुमार गुप्ता, जॉयदीप भौमिक*	285
E-2	गगनयान अभियान में माक 0.5 पर भिन्न आपात कोण पर क्रूमॉड्यूल एपेक्स ढांचे पर वायुगतिकीय गुणांक - *बी. वेंकट शिवराम जादव*	294
E-3	अन्तर्ग्रहीय धूल के अध्ययन के लिए वीनस ऑर्बिटर डस्ट एक्सपेरिमेंट (VODEX) का विकास - *सोनम जीतरवाल*	299

क्र. सं.	विषय/लेखक	पृ.सं.
E-4	मानव अंतरिक्ष मिशन की चुनौतियां, अनुप्रयोग और भावी संभावनाएं - *शोमा चाँदोरकर*	305
E-5	भारत "गगनयान" मिशन के लिए कर्मीदल प्रतिरूपक - *अनिल कुमार गर्ग*	308
E-6	कक्षीय जीवनकाल का अनुमान लगाना और कक्षीय सुनियोजित परिचालन का वेग वृद्धि पर प्रभाव - *शिवम सौरव, ज्ञानी अंकति*	315
E-7	मंगल ग्रह के त्रिपरिणाम मॉडल पर रोवर के संचालन एवं सुनिश्चित पथ पर गति का दृश्यीकरण - *हेतल पंड्या, दर्शनकुमार कीर्तिभाई पटेल*	320
E-8	बल सीमित कंपन परीक्षण **(**ब.स.क.**)** का वर्तमान और भविष्य परिदृश्य - *शशांक तिवारी, प्रशांत ए.आर., डॉ. बी. आर. नागेंद्र, रामकृष्णन एस., कुरुवा श्री रामुलु, सुधा पाण्डेय, काकी रामप्रसाद*	329
सत्र – F संचार प्रणाली एवं भू-केंद्र नेटवर्क		
F-1	मानव अंतरिक्ष मिशन के संबंध में ग्राउंड सेगमेंट की चुनौतियां और भविष्य - *देबदास पाईक, कल्लू खान*	334
F-2	मानवसहित उड़ानों में अमेच्योर रेडियो का योगदान तथा आवश्यकताएँ - राहुल गौ. वाघमारे, योगेश प्रसाद के.आर., सुमन आर. वालके, रामलक्ष्मी एन., *वेंकटरमणा डी.वी.*	339
F-3	चालक दल के अभियान के विभिन्न चरणों के दौरान संचार - *विजयश्री*	345
F-4	भारतीय डेटा रिले उपग्रह तंत्र के लिए के.यू.-बैंड प्रेषानुकर - *राजीव रंजन, दीपांकर रॉय तथा ए. आर. खान*	352
F-5	अंतरिक्ष उपयोग के लिए उच्च क्रम गुणक का अभिकल्प एवं विकास - *निधि सिंह, जॉली धर, सी.एच.वी.एन. राव*	358
F-6	प्रायोगिक सत्यापन के साथ गत्यात्मक उपग्रह लिंक एम्यूलेटर की अभिकल्पना - *हर्ष सी. त्रिवेदी, राजेश कुमार सिंह, अनुराग एस. वर्मा*	366
F-7	स्लांटेड इंटरडिजिटल ट्रांस्ड्यूसर्स तकनीकों द्वारा अल्ट्रा वाईड बेंड सतही ध्वनि तरंग फिल्टर का डिजाइन - *उर्वी पोपट, शान्तनु सिन्हा*	375
F-8	रेडिएटिव कूल ट्रैवलिंग वेव ट्यूब एम्पलीफायर (TWTA) का फिन ऑप्टिमाइजेशन - *सुरेन्द्र सिंह सिसोदिया, प्रियंका साहू, प्रशांता दास*	381

क्र. सं.	विषय/लेखक	पृ.सं.

F-9 गगनयान में ऑनबोर्ड संचार प्रणाली
- *योगेश पार्थ, अभिमन्यु* 393

F-10 संचार नीतभार में अनुकूली पूर्व-विकृत फिल्टर्स की संरचना एवं निर्माण
- *विकास गुप्ता* 400

मानवोचित प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियाँ: एक परिचय

लेखक – पवन कुमार मंगल, बीजू जी., अनूप एस., श्यामकुमार यू., शूजा ए.
वैज्ञानिक/अभियंता-एस.एफ., एस.सी.ओ.डी., pavankumar_mangal@vssc.gov.in
अनुभाग प्रधान/एल.एल.सी.एस., प्रभाग प्रधान/एस.सी.ओ.डी.,
ग्रुप निदेशक/सी.एस.ओ.जी., उप निदेशक/एम.वी.आई.टी·
वी.एस.एस.सी.

सारांश

गगनयान परियोजना में समानव अंतरिक्ष उड़ान के प्रतिपादन हेतु प्रमोचन यान का मानवोचित श्रेणी तथा उससे संबंधित सभी प्रणालियों का आवश्यक मानकों के अनुसार चालक दल की सुरक्षा की दृष्टि से उत्कृष्ट श्रेणी का होना ज़रूरी है। मानवोचित प्रमोचन यान के विभिन्न चरणों एवं प्रमोचन मंच पर समाकलित प्रमोचन यान की विभिन्न जाँच पड़ताल गतिविधियों तथा परीक्षण एवं उड़ान संबंधी अनुक्रमों को जाँच पड़ताल प्रणालियों द्वारा समापित किया जाएगा। जाँच पड़ताल प्रणालियों की रूपरेखा एवं विकास विभिन्न प्रणालियों की मानवोचित श्रेणी के लिए परीक्षण आवश्यकताओं को ध्यान में रखकर किया जाएगा। मानवोचित प्रमोचन यान के विभिन्न चरण जाँच पड़ताल प्रणालियों के लिए पी.एक्स.आई.ई. (PXIe) आधारित प्रारूप तथा समाकलित प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों के लिए एल.एक्स.आई. (LXI) आधारित प्रारूप का चयन संचालन में भविष्य की आवश्यकताओं तथा इन तकनीकों के लाभों को देखकर किया गया है। विभिन्न कार्यक्षेत्रों में समानांतर जाँच गतिविधियों के समापन हेतु अलग-अलग जाँच पड़ताल प्रणालियों की तैनाती में एकीकृत अवधारणा एवं एकल संचालन कंसोल सिद्धांत का समावेश अभियान के समय, कुल लागत एवं विशेषज्ञ मानव संसाधनों की बचत में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है।

1. परिचय : मानवोचित प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियाँ

प्रमोचन यान उड़ान एक जटिल प्रक्रम और मिश्रित प्रक्रिया है जिसमें विभिन्न तकनीकी विशेषज्ञों तथा इलेक्ट्रॉनिक्स एवं यांत्रिक उपकरणों को एक घटक के रूप में कार्यों का निष्पादन एवं किसी विसंगति की स्थिति में सुरक्षित तरीके से समापन युक्ति का निष्पादन करना होता है। प्रमोचन में विभिन्न ऑन-बोर्ड एवं जमीनी वैमानिकी संकुलों व उपकरणों का सामंजस्यपूर्ण ढंग से क्रियाविधि द्वारा नियत कार्यों का सम्पूर्ण करना महत्वपूर्ण है।

गगनयान परियोजना का मुख्य उद्देश्य निम्न भू कक्षा में समानव अंतरिक्ष उड़ान का प्रतिपादन कर चालक दल को अंतरिक्ष में सुरक्षित भेजकर एवं वापस लाना है। इस उद्देश्य की पूर्ति हेतु अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) के तीसरी पीढ़ी के भू-तुल्यकाली उपग्रह प्रमोचन यान- मार्क III (एल.वी.एम.–3) का मानवोचित उड़ान संबंधित मूल्यांकन इनके विन्यास एवं प्रारूप पहलुओं को ध्यान में रखकर विभिन्न प्रणालियों एवं सह-प्रणालियों को संशोधित या उन्नत कर किया जा रहा है।

प्रमोचन यान एवं उससे सम्बंधित प्रणालियों के लिए मानवोचित श्रेणी का मौलिक अभिप्राय इस प्रकार है।

- मिशन के निरापद रूप से प्रवर्तन हेतु सभी प्रणालियों का निर्धारित मानदण्डों के अनुसार परिरूपण, मूल्यांकन एवं क्रियान्वयन सुनिश्चित करना।
- ऐसी प्रणाली का परिरूपण करना जो मानव सामर्थ्य एवं प्रणाली अंतःक्रिया का उपयोग कर सके एवं उसके अनुरूप हो।
- ऐसी प्रणाली का विकास जो चालक दल को निश्शंक हो कर बचाने का सामर्थ्य रखती है।

इन बिंदुओं को ध्यान में रखकर प्रणाली दोष सहिष्णुता, मानवीय त्रुटि सहनशीलता, सॉफ्टवेयर अवरोध सहिष्णुता, आपातकालीन प्रणालियाँ एवं समापन प्रणालियाँ आदि प्रक्रियों के लिए ज़रूरी विकास प्रगति पर है।

मानवोचित प्रमोचन यान के विभिन्न चरणों एवं प्रमोचन मंच पर समाकलित प्रमोचन यान की जाँच पड़ताल गतिविधियाँ व परीक्षण तथा उड़ान संबंधी अनुक्रमों को जाँच पड़ताल प्रणालियों द्वारा समापित किया जाएगा। मानवोचित प्रमोचन यान के विभिन्न चरणों के अंतराफलक में बदलाव एवं वैमानिकी संकुलों में परिवर्तन, प्रमोचन यान स्वास्थ्य प्रबंधन प्रणाली के समावेश की वजह से जाँच पड़ताल प्रणालियों का नये सिरे से परिरूपण एवं विकास ज़रूरी है।

वर्तमान में मानवोचित प्रमोचन यान के विभिन्न चरण जाँच पड़ताल प्रणालियों के लिए इंस्ट्रूमेंटेशन के लिए पी.सी.आई. एक्सप्रेस विस्तार (**P**CI e**X**tension for **I**nstrumentations **e**xpress - PXIe) आधारित प्रारूप तथा समाकलित प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों के लिए इंस्ट्रूमेंटेशन के लिए लैन विस्तार (**L**AN e**X**tension for **I**nstrumentation- LXI) आधारित प्रारूप का चयन संचालन में भविष्य की आवश्यकताओं तथा इन तकनीकों के लाभों को देखकर किया गया है। साथ ही प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूप एवं विकास में एकीकृत अवधारणा एवं एकल संचालन कंसोल सिद्धांत का भी क्रियान्वयन किया गया है।

इस लेख में मुख्यतः मानवोचित जाँच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूप, विकास एवं संचालन संबंधी चुनौतियों के साथ-साथ उनकी कार्य प्रणाली एवं विशेषताओं के बारे में बताया गया है। मानवोचित प्रमोचन यान के वैमानिकी विन्यास के बारे में भी संक्षिप्त विवरण दिया गया है। साथ ही वर्तमान में कार्यशील जाँच पड़ताल प्रणालियों के बारें में भी टिप्पणी की गयी है।

2. वर्तमान में प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों का प्रारूप

प्रमोचन यान के विभिन्न चरणों, समाकलित यान एवं उसके उत्थापन तक विभिन्न स्तर के जाँच पड़ताल प्रकियाओं में प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों का महत्वपूर्ण योगदान है। प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों को प्रमुखतया निम्न भागों में विभाजित किया जा सकता है।

- प्रमोचन यान उपसंयोजन या चरण जाँच पड़ताल प्रणालियाँ
- समाकलित प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियाँ
  - प्रमोचन नियंत्रण केंद्र
  - प्रमोचन मंच के पास स्थित टर्मिनल केंद्र

प्रमोचन यान की विभिन्न चरणों एवं समाकलित प्रमोचन यान की विभिन्न जाँच पड़ताल गतिविधियों व परीक्षण (विद्युतीय एवं यांत्रिकी) तथा उड़ान सम्बन्धी अनुक्रमों को जाँच पड़ताल प्रणालियों द्वारा प्रमोचन के अंतिम क्षणों तक स्वचालित पद्धति द्वारा समापित किया जाता है। प्रमोचन यानों की अलग–अलग चरणों की भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन के विभिन्न केन्द्रों एवं अन्य कार्यस्थलों पर चरणबद्ध तरीके से जाँच पड़ताल की जाती है। इसमें चरणबद्ध जाँच पड़ताल एवं समाकलित यान की जाँच पड़ताल अम्बिलिकलों (Umbilicals) द्वारा की जाती है।
प्रमोचन यान चरण जाँच पड़ताल प्रणालियों को मुख्यतया दो भागों में विभाजित किया जा सकता है।

1) द्रवीय चरण जाँच पड़ताल प्रणालियाँ
2) ठोस नोदन चरण जाँच पड़ताल प्रणालियाँ

प्रमोचन यान की चरण एवं समाकलित यान जाँच पड़ताल प्रणालियाँ इसके विन्यास की विभिन्न परिस्थितियों जैसे समापन, विफलता, अतिरेक, मानवीय त्रुटि, हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर दोष इत्यादि के मद्देनजर पूर्ण तरीके से परीक्षण करती है।

विद्युतीय एवं यांत्रिकी जाँच पड़ताल कार्यों के क्रियान्वयन/निष्पादन हेतु अलग–अलग चरण जाँच पड़ताल प्रणालियों को विभिन्न कार्यस्थलों पर स्थापित किया गया है जिससे यानों के विभिन्न चरणों हेतु समानांतर ढंग से जाँच पड़ताल प्रक्रियाओं का संचालन किया जा सके।
इसी प्रकार समाकलित प्रमोचन यान के लिए प्रमोचन मंच की स्थिति एवं प्रणाली विन्यास के अनुसार अलग–अलग प्रमोचन नियंत्रण केन्द्रों व प्रमोचन मंच के पास स्थित टर्मिनल कक्षों द्वारा जाँच पड़ताल प्रणालियों का संचालन किया जाता है। एकीकृत अवधारणा एवं एकल संचालन कंसोल सिद्धांत के विभिन्न लाभों को देखते हुए जाँच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूप एवं विकास में इनका क्रियान्वयन शीघ्र ही किया गया है।

वर्तमान में सभी जाँच पड़ताल प्रणालियों का प्रारूप संगणक अनुरूप हार्डवेयर कार्ड (PC Add-on Cards) जैसे डिजिटल इनपुट/आउटपुट, डिजिटल परिवर्तक कार्ड, 1553 अंतराफलक कार्ड, नेटवर्क अंतराफलक कार्ड, काउंटडाउन समय प्राप्ति कार्ड इत्यादि नियंत्रित हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर पर आधारित है तथा आवश्यकतानुसार सुरक्षा की दृष्टि से दूरस्थ परिचालन की सुविधा उपलब्ध है। एकीकृत अवधारणा एवं एकल संचालन कंसोल सिद्धांत का क्रियान्वयन भी इन जाँच पड़ताल प्रणालियों में किया गया है। परोक्ष प्रमोचन नियंत्रक केंद्र (वी.एल.सी.सी.) का उपयोग भी चरण एवं समाकलित प्रमोचन यान की जाँच पड़ताल में प्रमोचन की अंतिम अवस्था की जाँच तक किया जाता है।

3. मानवोचित प्रमोचन यान का वैमानिकी विन्यास

समानव अंतरिक्ष उड़ान एक जटिल प्रक्रम है जिसमें सभी विशेषज्ञों एवं चालकदल तथा इलेक्ट्रॉनिक्स एवं यांत्रिक उपकरणों का कार्य एक घटक के रूप में कार्यों की निष्पादन एवं किसी विसंगति की स्थिति में सुरक्षित तरीके से समापन युक्ति का निष्पादन कर चालक दल को वापस लाना है।

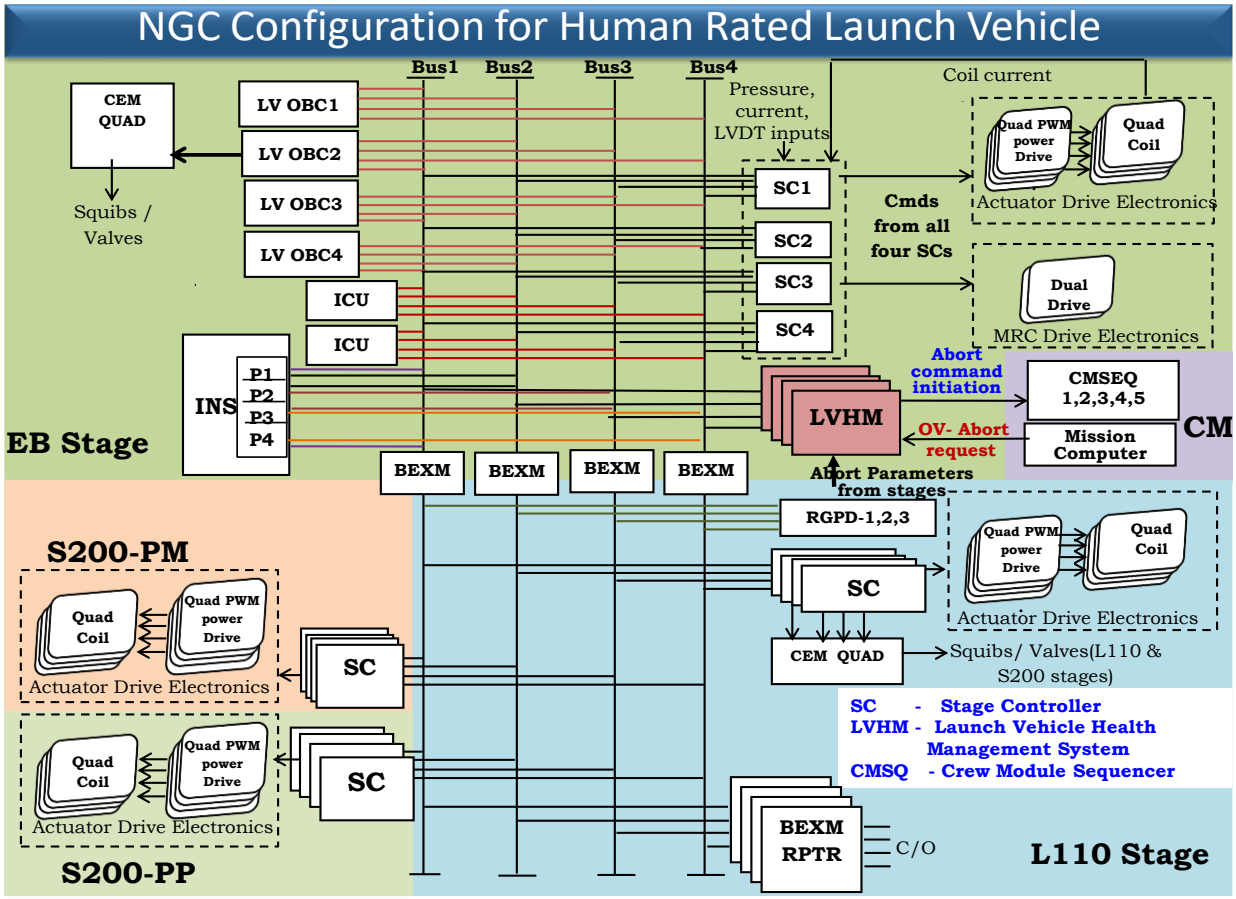
किसी प्रमोचन यान एवं उसकी संबंधित प्रणालियों के लिए मानवोचित श्रेणी एक ऐसा प्रक्रम है जिसमें सभी प्रणालियों (हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर) की क्षमता का विश्लेषण निर्धारित सुरक्षा उन्मुख प्रारूप एवं परिचालन मानदंड़ो तथा आवश्यकताओं के अनुसार किया जाता है। यह प्रक्रम सभी कार्यक्रम गतिविधियों जैसे प्ररूपण एवं विकास, परीक्षण एवं सत्यापन, प्रबंधन एवं नियंत्रण, परिचालन हेतु प्रमाणीकरण इत्यादि में निर्धारित मानदंडों को सम्मिलित करता है।

मानवोचित प्रमोचन यान के विभिन्न चरणों एवं प्रमोचन मंच पर समाकलित प्रमोचन यान की विभिन्न जाँच गतिविधियों एवं परीक्षण तथा उड़ान संबंधी अनुक्रमों को जाँच पड़ताल प्रणालियों द्वारा समापित किया जाएगा।

मानवोचित प्रमोचन यान का वैमानिकी विन्यास प्रमुख रूप से निम्न प्रकार होगा।

- चतुष्क नौसंचालन एवं दिशानिर्देशन प्रणाली विन्यास (चार मिशन संगणकों के साथ)
- चतुष्क प्रमोचन यान स्वास्थ्य निगरानी प्रणाली विन्यास।
- दोष प्रचालन; दोष सुरक्षा प्रारूप।
- समापन प्राचलों के लिए अतिरेक के साथ डेटा अर्जन इकाई द्वारा क्रांतिक प्राचलों का अर्जन, प्रसंस्करण एवं विश्लेषण।
- प्रमोचन यान स्वास्थ्य निगरानी प्रणाली तथा नौसंचालन एवं दिशानिर्देशन प्रणालियों के लिए चतुष्क 1553 बस अंतरापृष्ठ।
- अतिरेक के साथ पाइरो (PYRO) विद्युतीय परिपथ।
- मानवोचित श्रेणी मानदण्डों के अनुसार प्रमोचन यान एम्ब्लिकलों का विन्यास।
- बहुसंख्यक मतदान कलन गणित तर्क सिद्धांत।
- सभी इलेक्ट्रॉनिकी अवयवों का "MIL" मानक स्तर का होना
- चार बस अंतरापृष्ठों के साथ तीन दिशानिर्देशन दर मापक का डिजिटल समाकलन।
- उड़ान अनुक्रम एवं नियंत्रण इलेक्ट्रॉनिकी प्रणाली के लिए चरण नियंत्रक।

वैमानिकी विन्यास को ध्यान में रखकर मानवोचित प्रमोचन यान के विभिन्न इलेक्ट्रॉनिकी संकुलों के प्रारूप एवं अंतरापृष्ठ में परिवर्तन तथा विद्युतीय संजालों/तारो के विन्यास में परिवर्तन के कारण इनका जाँच पड़ताल प्रणालियों के अम्ब्लिकल अंतराफलक में बदलाव होगा। साथ ही इस वैमानिकी विन्यास का सभी प्रमोचन प्रक्रियाओं की विभिन्न अवस्थाओं में चालक दल को सम्मिलित करते हुए सुरक्षा की दृष्टि से विवेचात्मक अध्ययन ज़रूरी है।



चित्र-1: मानवोचित प्रमोचन यान नौसंचालन एवं दिशानिर्देशन प्रणाली विन्यास

4. मानवोचित प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियाँ एवं उनकी विशेषताएँ

जाँच पड़ताल प्रणालियाँ मानवोचित प्रमोचन यान की अलग-अलग चरणों (स्थानों) में स्थित वैमानिकी संकुलों को विद्युतीय शक्ति प्रदायक परिपथ, बैटरी चार्जर परिपथ, परिवीक्षक परिपथ, अंतरापृष्ठ के साथ क्रमिक जाँच पड़ताल इकाई (SCUBI) के लिए 1553 बस अंतराफलक, नौसंचालन व दिशानिर्देशन एवं नियंत्रण प्रणालियों से चतुष्क 1553 बस अंतरापृष्ठ तथा दूरमिति विडियों संपर्क अम्ब्लिकलों के द्वारा प्रमोचन यान की चरणों अथवा समाकलित यान से संबद्ध रहती है।

4.1 जाँच पड़ताल प्रणाली हार्डवेयर प्रतिरूपण एवं विकास:

जाँच पड़ताल प्रणालियों का हार्डवेयर सामान्यतया अतिरेक के साथ पावर सप्लाई, आदेश हेतु विश्वसनीय परिपथ, वैमानिकी संकुल विद्युतीय धारा डाटा अर्जन के लिए संवेदक परिपथ, दूरमिति डाटा अर्जन अंतराफलक, चतुष्क 1553 बस अंतरापृष्ठ, क्रांतिक मापकों/प्राचलों की सशर्त निगरानी हेतु अवरोध संसूचना एवं पृथक्करण इकाई तथा उच्च वेगीय डाटा अर्जन इकाईयों से सुसज्जित रहता है।

जाँच पड़ताल प्रणालियों के हार्डवेयर इकाईओं में मुख्य अवयव निम्न प्रकार है।

- हार्डवेयर अंतराफलक कार्ड।
- हार्डवेयर रिले / स्विच कार्ड।
- हार्डवेयर एकदिश विद्युतीय धारा मापन सेंसर कार्ड।
- हार्डवेयर ऑन-बोर्ड विद्युतीय पृथककरण कार्ड।
- अंतराफलक वायरिंग बॉक्स।

- अम्ब्लिकल अंतराफलक।
- एकदिश धारा विद्युतीय शक्ति प्रदायक रैक।
- तारित रैक एवं हार्डवेयर कार्ड संजाल / जाल।

मानवोचित प्रमोचन यान की विभिन्न चरणों की कार्यप्रणाली का क्रियान्वयन परीक्षण में मौजूद जाँच पड़ताल प्रणालियों के संशोधित एवं उन्नत प्रारूप को विकसित कर लिया जाएगा। सामान्यतया जाँच पड़ताल प्रणालियों के हार्डवेयर की मुख्य विशेषताएँ निम्न प्रकार रहेंगी।

- अवरोध पृथक्करण एवं अंतरण कार्यप्रणाली के साथ अतिरेक प्रबंध।
- उच्च वेगीय डाटा अर्जन एवं उसका वास्तविक समय में प्रसंस्करण एवं विश्लेषण।
- परीक्षण स्वचालन एवं स्वचालित निर्णय प्रणाली।
- बहुसंख्यक मतदान कलन गणित के सत्यापन हेतु हार्डवेयर अंतराफलक।
- कम पगमार्क के साथ जाँच पड़ताल प्रणाली संरचना।
- अतिरिक्तता के साथ वैमानिकी संकुलों के लिए विद्युतीय शक्ति प्रदायक अंतराफलक।
- सुरक्षा की दृष्टि से हार्डवेयर अंतःपाश और दोष सहिष्णु विन्यास।
- एकीकृत अवधारणा अभिकल्पना।
- उन्नत तकनीकों का चयन एवं विसंगति अभिज्ञान व पृथक्करण प्रणाली।
- मानवोचित श्रेणी मानदण्डों के अनुसार हार्डवेयर इलेक्ट्रोनिकी सामान एवं विद्युतीय तारों का उपयोग इत्यादि।

4.2 सॉफ्टवेयर परिरूप अवलोकन एवं उसका विकास:

मानवोचित प्रमोचन यान की विभिन्न चरणों एवं समाकलित यान की जाँच पड़ताल प्रणालियों के सॉफ्टवेयर का विकास लिनक्स (Linux) आपरेटिंग प्रणाली में आंतरिक रूप से विकसित सॉफ्टवेयर मॉड्यूल संचलय का उपयोग करते हुए परिरूपित किया जाएगा। चरण जाँच पड़ताल प्रणालियों के लिए विकसित सॉफ्टवेयर मॉड्यूल संचलय निम्न प्रकार है।

- पेस अग्रिम जाँच पड़ताल इंजन (PACE)
- सॉफ्टवेयर मॉड्यूल संचलय (SLIC)
- नेटवर्क अंतराफलक संचलय
- सिग्मा सॉफ्टवेयर मॉड्यूल संचलन
- इनस्कोप सॉफ्टवेयर प्रणाली

विभिन्न चरणों के लिए जाँच पड़ताल प्रणालियों के सॉफ्टवेयर का विकास एकीकृत अवधारणा को ध्यान में रखकर किया जाएगा ताकि एक समान परिष्कृत सॉफ्टवेयर फाइल का उपयोग उसके डेटाबेस को परिवर्तित कर किया जा सकें। सुरक्षा की दृष्टि से जाँच पड़ताल प्रणालियों का परिचालन दूर स्थित नियंत्रण केंद्र से किया जाता है तथा दोनों स्थानों पर (दूरस्थ एवं मुख्य जाँच पड़ताल प्रणाली) एक समान परिष्कृत सॉफ्टवेयर फाइल का उपयोग होगा लेकिन परिचालन विन्यास फाइल अलग-अलग होगा।

समाकलित प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों के लिए एकल कंसोल संचालन सिध्दांत पर आधारित प्रमोचन नियंत्रण केंद्र सॉफ्टवेयर का विकास किया जाएगा तथा विशेषज्ञ प्रदर्शन नोड्स एवं विश्लेषक कंसोल डाटा विश्लेषण में सहायता प्रदान करेगी |

जाँच पड़ताल प्रणालियों के सॉफ्टवेयर की मुख्य विशेषताएँ एवं प्रमुख पहलू निम्न प्रकार होंगे।

- सॉफ्टवेयर अंतः बद्ध प्रणालियाँ एवं पासवर्ड सुरक्षा।
- विद्वता कलन विधि एवं डेटा खनन का सॉफ्टवेयर के साथ सम्पर्क।
- प्रमोचन यान स्वास्थ्य प्रणाली के लिए चतुष्क अंतराफलक।
- चतुष्क अतिरेक प्रणालियों के सभी विफल प्रकार परीक्षण हेतु सुविधाएँ।

- ❖ विशेषज्ञ प्रदर्शन नोड्स एवं विश्लेषक सॉफ्टवेयर सेट।
- ❖ एकीकृत अवधारणा अभिकल्पना के साथ सॉफ्टवेयर विकास।
- ❖ स्वचालित परीक्षण अनुक्रम एवं स्वचालित प्रमोचन अनुक्रम।

मानवोचित प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों की विशेषताएँ

मानवोचित प्रमोचन यान के विभिन्न वैमानिकी संकुलों के प्रारूप एवं अंतरापृष्ठ में परिवर्तन एवं परिवर्तित विद्युतीय तारों के कारण जाँच पड़ताल प्रणाली से अंतरापृष्ठ में बदलाव एवं उनका परीक्षण इत्यादि को ध्यान में रखकर जाँच पड़ताल प्रणालियों को कई विशेषताओं से सुसज्जित किया जाएगा। इसकी प्रमुख विशेषताएँ निम्न प्रकार है।

- ❖ एकीकृत अवधारणा (सभी प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों के लिए लिनक्स (Linux) आपरेटिंग सिस्टम पर आधारित एक समान सॉफ्टवेयर एवं हार्डवेयर मॉड्यूल)।
- ❖ समाकलित यान स्वास्थ्य प्रबंधन इकाई की सशर्त निगरानी प्रणालियाँ एवं आदेश प्रावधान।
- ❖ सुदूर संचालन एवं डाटा अर्जन।
- ❖ विभिन्न परिचालनों के लिए स्वचालित तकनीक।
- ❖ उच्च स्तर की विश्वसनीयता एवं उपलब्धता।
- ❖ हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर में अतिरिक्त सुरक्षा विशेषताएँ।
- ❖ नये अंतराफलक एवं उनका वैधीकरण परीक्षण।
- ❖ विसंगति संसूचन प्रणाली एवं निगरानी प्रणाली।
- ❖ समापन प्रणाली तर्क का प्रारूप एवं उसका अंतराफलक।
- ❖ अतिरिक्त अतिरेक प्रबंधन, निगरानी तर्क एवं नेटवर्क डाटा संचालन को ध्यान में रखकर संशोधित स्वचालित उड़ान अनुक्रम।
- ❖ अतिरिक्त अतिरेक कार्यान्वयन (चतुष्क अथवा समानांतर विन्यास)
- ❖ अंतनिर्हित/सन्निहित प्रज्ञता, कम विलंबता से विफलता का अभिज्ञान, विफलता का प्रतिवेदन / संलेखन पद्धति आदि को ध्यान में रखकर उन्नत निगरानी पद्धति।
- ❖ प्रमोचन यान के परीक्षण से प्राप्त प्राचलों पर डेटा खनन एवं विद्वत्ता कलन विधि का उपयोग।
- ❖ आपातकालीन समापन परिस्थितियों का तीव्रता से पता कर सुरक्षित कारवाई।
- ❖ डाटा प्राप्ति एवं आदेश प्रणालियों में अतिरिक्त सुरक्षा सुविधाएँ।
- ❖ प्रलेखीकरण, डाटा अभिलेखागार एवं विन्यास नियंत्रण हेतु मानवोचित प्रमोचन यान के मानदण्डों का पालन।
- ❖ ऑनबोर्ड चतुष्क अतिरेक प्रणालियों का परीक्षण।
- ❖ प्रमोचन यान स्वास्थ्य प्रबंधन प्रणाली इकाई का परीक्षण।
- ❖ अतिरिक्त स्वचालित अनुक्रम एवं चरण व समाकलित प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों के परिचालन हेतु अतिरिक्त अंतःबद्ध परिपथ।
- ❖ परीक्षण स्वचालन हेतु समन्वय सॉफ्टवेयर लाइब्रेरी।

5. मानवोचित प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों का प्रारूप, विकास एवं संचालन में चुनौतियाँ एवं उनके कार्य

मानवोचित श्रेणी के चलते प्रमोचन यान की विभिन्न प्रणालियों के विन्यास एवं संरचना में बदलाव एवं वैमानिकी संकुलों जैसे प्रमोचन यान स्वास्थ्य प्रबंधन प्रणाली इकाई का विकास व अंतराफलक में परिवर्तन के कारण सभी जाँच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूप में आवश्यक संशोधन जरूरी है। प्रमोचन यान की विभिन्न प्रणालियों में संशोधन को प्रामाणिक करने के लिए आवश्यक परीक्षण कार्यप्रणाली का विकास भी जाँच पड़ताल प्रणालियों में करना होगा। जाँच पड़ताल प्रणालियों को सभी स्त्रोतों से प्राप्त डाटा का संग्रहण, परिष्करण एवं विश्लेषण अल्प समय सीमा में पूर्ण कर वास्तविक समय में विभिन्न प्रणालियों एवं विशेषज्ञ कंसोलों को सूचित करना होता है तथा

स्वचालित बुद्धिमत्ता प्रणाली द्वारा परिचालक एवं कर्मीदल को आवश्यक निर्णय लेने में सहायता करना होता है। किसी विपरीत परिस्थिति में स्वचालित अनुक्रम प्रणाली द्वारा आवश्यक निर्णय लेकर उसका परिपालन करना होता है।

चरण जाँच पड़ताल प्रणालियों की मुख्य चुनौतियाँ चतुष्क अतिरेक विन्यास का परीक्षण सभी विफल परिस्थितियों को ध्यान में रखकर करना है तथा विभिन्न परीक्षणों से प्राप्त डेटा का वास्तविक समय में विश्लेषण कर आपातकालीन निर्णय लेना है और इस डेटा को वास्तविक समय पर विभिन्न विशेषज्ञ कंसोलों, मिशन एवं समापन नियंत्रण केंद्र एवं अन्य केंद्रो को उपलब्ध कराना है।

मानवोचित प्रमोचन यान के चरण एवं समाकलित प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूप, विकास एवं परिचालन में निम्न मुख्य चुनौतियाँ है।

5.1 जाँच पड़ताल प्रणालियों के विन्यास में चुनौतियाँ

- कम कंसोलों (एकल संचालक कंसोल विन्यास) के साथ जाँच पड़ताल प्रणालियों का विन्यास।
- अतिरेक कार्यान्वयन, सुदूर डेटा प्राप्ति एवं विभिन्न अंतराफलक।
- जाँच पड़ताल प्रणालियों का नेटवर्क विन्यास तथा डेटा प्रेषण एवं डेटा प्रमाणीकरण में संशोधन।
- जाँच पड़ताल प्रणालियों के विनिर्देश में आवश्यक संशोधन (मानवोचित श्रेणी मानदण्डों का परिपालन)
- प्रमोचन नियंत्रण केंद्र एवं समापन नियंत्रण केंद्र में अंतरापृष्ठ।
- अतिरिक्त सुरक्षा विशेषताएँ एवं समापन अंतराफलक।
- संरचना एवं रखरखाव की दृष्टि से विभिन्न विन्यासों का तुलनात्मक अध्ययन एवं चयन।

5.2 निगरानी एवं गतिरोध संसूचन प्रणाली में चुनौतियाँ

- दूरमिति सर्वर विन्यास में संशोधन।
- संन्निहित बुद्धिमत्ता के साथ संशोधित निगरानी प्रणाली।
- इस प्रणाली का समापन नियंत्रण केंद्र से अंतरापृष्ठ।
- आपातकालीन समापन परिस्थितियों का तीव्रता से अभिज्ञान एवं सुरक्षित कार्रवाई का स्वचालित संचालन।
- प्रमोचन यान स्वास्थ्य प्रबंधन प्रणाली इकाई से अंतरापृष्ठ।

5.3 जाँच पड़ताल प्रणालियों के हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर का परीक्षण एवं पुष्टिकरण हेतु चुनौतियाँ

- मानव सुरक्षा को ध्यान में रखकर जाँच पड़ताल प्रणालियों के हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर का विकास एवं परीक्षण हेतु आवश्यक मानकों की पहचान एवं उनका कार्यान्वयन।
- हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर पुष्टीकरण हेतु संशोधित परीक्षण कार्यप्रणाली।
- समन्वय सॉफ्टवेयर मॉड्यूल एवं संचयन का उपयोग।
- जाँच पड़ताल प्रणालियों के अतिरेक एवं विश्वसनीयता में आवश्यक संशोधन।
- प्रमोचन यान की विभिन्न प्रणालियों में प्रदान की गई चतुष्क अतिरेक प्रणालियों एवं प्रमोचन यान स्वास्थ्य प्रणाली का परीक्षण।
- प्रलेखीकरण, डेटा अभिलेखन एवं विन्यास नियंत्रण के मानदंड।

5.4 स्वचालित अनुक्रम, अंतःपाश एवं स्वचालित प्रमोचन अनुक्रम प्रणालियों में चुनौतियाँ

- अतिरिक्त स्वचालित अनुक्रम का विकास एवं अंतःबद्ध परिपथ का चयन।
- संशोधित वैमानिकी विन्यासानुसार स्वचालित प्रमोचन अनुक्रम में परिवर्तन।

- चालकदल की सुरक्षा को ध्यान में रखकर आपातकालीन समापन परिस्थितियों की पहचान एवं उनका कार्यान्वयन।
- अतिरिक्त अतिरेक प्रबंधन, निगरानी तर्क एवं नेटवर्क डेटा प्रबंधन को ध्यान में रखकर संशोधित स्वचालित अनुक्रम।
- स्वचालित प्रमोचन प्रणाली का समापन नियंत्रण केंद्र एवं प्रमोचन यान स्वास्थ्य निगरानी प्रणाली (एल.वी.एच.एस.) इकाई अंतराफलक।
- परीक्षण स्वचालन हेतु समन्वय सॉफ्टवेयर पुस्तकालय।

उपरोक्त चुनौतियों को ध्यान में रखकर मानवोचित प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों का विकास एवं संचालन संभव है |

मानवोचित प्रमोचन यान की जाँच पड़ताल प्रणालियों का विकास प्रथम अवस्था विद्युतीय जाँच से लेकर प्रमोचन गतिविधियों तक विद्युतीय एवं यांत्रिकी तरीके से जाँच पड़ताल के लिए किया जाएगा। जाँच पड़ताल प्रणालियों के मुख्य कार्य सामान्यतया निम्न प्रकार हैं।

- ❖ प्रमोचन यान स्थित वैमानिकी संकुलों को बाह्य विद्युतीय शक्ति देना।
- ❖ अंतरापृष्ठ के साथ क्रमिक जाँच पड़ताल इकाई (SCUBI) आदेश एवं निगरानी।
- ❖ प्रमोचन यान स्वास्थ्य प्रबंधन प्रणाली इकाई के साथ चतुष्क 1553 बस अंतराफलक।
- ❖ प्रमोचन यान स्वास्थ्य प्रबंधन प्रणाली इकाई की सशर्त निगरानी एवं आदेश प्रणाली।
- ❖ विभिन्न वाल्वों का संचालन एवं परीक्षण (खोलने एवं बंद करने के लिए आवश्यक विद्युतीय धारा एवं समय मापन) एवं उनकी स्थिति का ज्ञान।
- ❖ नियंत्रण प्रणालियों के स्वास्थ्य की जाँच।
- ❖ इलेक्ट्रो यांत्रिकी गतिदायक को विद्युतीय शक्ति देना एवं उसकी सशर्त निगरानी व प्रावधान।
- ❖ विभिन्न चरणों की प्रणाली क्रियांवयन में अतिरेक (मतदान तर्क अथवा समानांतर तर्क) प्रक्रिया का परीक्षण।
- ❖ इंजन जिम्बल नियंत्रण (EGC) आदेशों को देना तथा संबंधित डाटा का अर्जन एवं भंडारण।
- ❖ उड़ान अनुक्रमण आदेशों के पालन की सभी परिस्थितियों में जाँच का प्रावधान।
- ❖ सभी परिस्थितियों को ध्यान में रखकर उड़ान अनुक्रम उपक्रम का स्वचालित संचालन।
- ❖ दूरमिति डाटा अर्जन, प्रसंस्करण एवं भंडारण तथा वास्तविक समय में अन्य केंद्रों को हस्तांतरण।
- ❖ समापन प्राचलों एवं क्रांतिक प्राचलों की सशर्त निगरानी एवं स्वचालित निर्णय प्रणाली।
- ❖ दर मापक डिजिटल संकुल (RGPD) को विद्युतीय शक्ति प्रदान करना तथा डाटा अर्जन एवं निगरानी।
- ❖ दूरसंचार प्रणाली कार्यान्वयन का परीक्षण प्रावधान।
- ❖ विभिन्न जाँच पड़ताल स्वचालित अनुक्रमों का परिचालन।
- ❖ आभासी प्रमोचन नियंत्रण केंद्र से प्रमोचन के लिए विभिन्न अवस्थाओं में समाकलित प्रमोचन यान की जाँच।
- ❖ डाटा विश्लेषण हेतु विशेषज्ञ डाटा प्रसंस्करण एवं विश्लेषण डिस्प्ले कंसोल।
- ❖ प्रमोचन नियंत्रण केंद्र की विभिन्न कंसोल द्वारा जाँच पड़ताल क्रियान्वयन।
- ❖ सभी अनुकूल व प्रतिकूल परिस्थितियों का अवलोकन एवं उड़ान अनुक्रमण का संचालन।
- ❖ विभिन्न स्वचालित परीक्षण अनुक्रम संचालन एवं विश्लेषण।
- ❖ स्वचालित प्रमोचन अनुक्रम प्रणाली।

6. निष्कर्ष

मानवोचित प्रमोचन यान की जाँच पड़ताल प्रणालियों का प्रारूप, विकास एवं संचालन वर्तमान में मौजूद जाँच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूप को उन्नत कर किया जा रहा है तथा इनके संचालन अनुभव को ध्यान में

रखकर विभिन्न प्रारूपण रूप-रेखाओं का विस्तार से अध्ययन किया गया है। कर्मीदल की सुरक्षा की दृष्टि से मानवोचित प्रमोचन यान की विभिन्न उपसमुच्च्यों / चरणों एवं समाकलित प्रमोचन यान प्रारूप की जाँच पड़ताल तरीके से सभी परिस्थितियों जैसे समापन, विफलता, अतिरेक, मानवीय त्रुटि, हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर दोष इत्यादि को ध्यान में रखकर किया जा रहा है। मानवोचित प्रमोचन यान की जाँच पड़ताल प्रणालियाँ मुख्यतया स्वचालित परीक्षण सुविधा, एकल संचालक कंसोल, एकरूपता सिध्दांत इत्यादि विशेषताओं से लिप्त रहेगी। भविष्य में स्वचालित बुद्धिमत्ता प्रणाली का उपयोग जाँच पड़ताल प्रणालियों में परिचालक को श्रेष्ठ निर्णय लेने में मददगार साबित होगा।

उन्नत जाँच पड़ताल प्रणालियों के हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर का परीक्षण एवं पुष्टिकरण मानवोचित श्रेणी मानकों को ध्यान में रखकर किया जाएगा जो कि एक चुनौतीपूर्ण कार्य है। दोष प्रचालन, दोष प्रचालन, दोष सुरक्षा (Fail Op/Fail Op/Fail Safe) एवं प्रणाली दोष सहिष्णुता सिद्धांतो को ध्यान में रखकर सभी प्रमोचन गतिविधियों का सुचारू रूप त्रुटिरहित संचालन एवं उच्च स्तर की विश्वसनीयता के साथ जाँच पड़ताल प्रणालियों की उपलब्धता इसकी कुछ प्रमुख विशेषताएँ होंगी।

जाँच पड़ताल प्रणालियों की रूपरेखा एवं विकास में कई चुनौतियों जैसे अतिरिक्त सुरक्षा विच्छदों व अतिरिक्तता के लिए अभिकल्पन, ऑनबोर्ड चतुष्क अतिरेक के साथ विभिन्न प्रणालियों का परीक्षण, यान की स्वास्थ्य प्रबंधन प्रणाली से अंतराफलक व उसकी लगातार निगरानी एवं आवश्यक निर्णय, सम्पूर्ण स्वचालन, संशोधित वैमानिकी संकुलों से अंतरापृष्ठ इत्यादि का कार्यान्वयन कर उसे उन्नत किस्म का बनाया जाएगा।

7. संदर्भ सूची

[1] पवन कुमार मंगल, बीजू जी., एम. आलविन जोंस, श्याम कुमार यू., शूजा ए., ""प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूप एवं विकास में उन्नत व उभरती प्रोद्योगिकियों का अनुप्रयोग"", VSSC-MS-20-089.

[2] पवन कुमार मंगल, बीजू जी., सी. चन्द्रशेखरन, श्याम कुमार यू., शूजा ए., "मानवोचित प्रमोचन यान की द्रवीय चरण (एल. 110) एवं ठोस नोदन चरण (एस. 200) चरण जाँच पड़ताल प्रणालियाँ : विकास में तकनीकी चुनौतियाँ" VSSC-MS-19-078.

[3] मानवोचित प्रमोचन यान की विभिन्न जाँच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूपण, विकास एवं कार्यान्वयन से सम्बन्धित लेख।

लेखक परिचय:



श्री पवन कुमार मंगल, वैज्ञानिक/इंजीनियर-एस.एफ., विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र की एम.वी.आई.टी. इकाई के चरण जाँच पड़ताल प्रणालियों एवं प्रचालन प्रभाग में कार्यरत हैं। उन्होंने वर्ष 2006 में जोधपुर विश्वविद्यालय से इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार इंजीनियरिंग में स्नातक पूरा किया। उन्होंने अगस्त, 2007 में नाभिकीय ऊर्जा संयंत्र के क्षेत्र में, परमाणु ऊर्जा विभाग में कार्यभार ग्रहण किया तथा दिसंबर, 2007 तक कार्यरत रहे। वे फरवरी, 2008 को वैज्ञानिक/इंजीनियर-एससी के तौर पर भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन में नियुक्त हुए। वे विभिन्न प्रमोचन यानों जैसे जी.एस.एल.वी., एल.वी.एम.-3, पी.एस.एल.वी. की द्रव नोदन चरणों के जाँच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूपण, विकास एवं संचालन के क्षेत्र में कार्य कर रहे हैं तथा भविष्य के प्रमोचन यानों जैसे मानवोचित प्रमोचन यान (एल.110-जी.) व परीक्षण यान परियोजना (टी.वी.पी.) की नव विकसित द्रव नोदन चरणों की जाँच पड़ताल प्रणालियों के विकास के क्षेत्र में काम कर रहे है। साथ ही जाँच पड़ताल प्रणालियाँ एवं संचालन ग्रुप के बजट समन्वयक का पदभार भी सभालें हुए है।

समानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों में कर्मीदल बचाव प्रणाली के महत्व की समीक्षा : एक वैश्विक परिदृश्य

पूरन सिंह, वैज्ञानिक/इंजीनियर-SD, आर.पी.पी./एस.पी.आर.ई./वी.एस.एस.सी.।
Email: singh_pooran@vssc.gov.in

सारांश

मानव अंतरिक्ष यान में, संचालन और विश्वसनीयता में सुधार के बावजूद, प्रमोचन यान प्रक्षेपण के लिए हमेशा जोखिम की एक संभावना बनी रहती है। सक्षम कर्मीदल बचाव प्रणाली (Crew Escape System) का उपयोग प्रक्षेपण मंच पर या उड़ान में खराबी या विस्फोट की स्थिति में प्रक्षेपण यान से कर्मीदल को सुरक्षित रूप से निकालने के लिए किया जाता है। ऐतिहासिक रूप से, जोखिम स्थिति उत्पन्न होने पर नियोजित कर्मीदल बचाव प्रणाली के कई उदाहरण उपलब्ध है। मरक्यूरी कार्यक्रम से शुरू होकर ओरियन अंतरिक्षयान तक प्रगति करते हुए, 'ट्रैक्टर' आधारित कर्मीदल बचाव प्रणाली को लगातार चुना गया है। वर्तमान में, अंतरिक्ष यात्रियों को सुरक्षित रूप से पृथ्वी की कक्षा में आने-जाने के लिए वाणिज्यिक प्रक्षेपण यानों के विकास की तकनीकी की एक नई लहर प्रवर्तमान है। इसरो ने गगनयान परियोजना के प्रस्तावना के रूप में, 5 जुलाई 2018 को समानव अंतरिक्ष उड़ान के लिए आवश्यक प्रौद्योगिकियों में से एक महत्वपूर्ण, सी.ई.एस. प्रमोचनमंच निरस्त टेस्ट (PAT) का सफलतापूर्वक परीक्षण किया। जो अंतरिक्ष यात्रियों के साथ कर्मीदल मॉड्यूल (CM) को प्रमोचन यान से सुरक्षित दूरी पर जल्दी से ले जाने के लिए आपातकालीन बचाव उपाय सुनिश्चित करता है। इस तकनीकी लेख में समानव अंतरिक्ष उड़ान की अभियांत्रिकी के नजरिए से, विश्व स्तरीय विभिन्न प्रकार के परष्क्रिय, सक्रिय तथा विकासाधीन कर्मीदल बचाव प्रणाली की बुनियादी संरचना और उनकी नोदन प्रणाली पर प्रकाश डाला गया है।

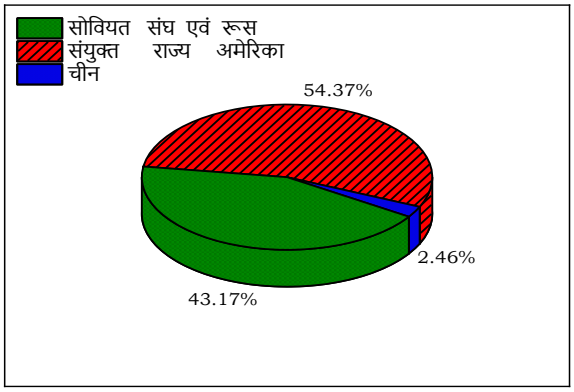
शब्दावली

CES	कर्मीदल बचाव प्रणाली	LEM	निम्न ऊंचाई बचाव मोटर
CJM	जेटीसनिंग मोटर	MEOP	अधिकतम अपेक्षित परिचालन दबाव
CMSA	चीन मानव अंतरिक्ष एजेंसी	MPCV	बहुउद्देश्यीय कर्मीदल यान
CST	कर्मीदल अंतरिक्ष परिवहन	NASA	राष्ट्रीय वैमानिकी और अन्तरिक्ष प्रबंधन, अमेरिकी अंतरिक्ष एजेंसी
CM	कर्मीदल मॉड्यूल		
dB	डेसीबल	OMAC	क्राफ्ट्स कक्षीय युक्तिचालन और अभिवृत्ति नियंत्रण
HPM	उच्च ऊंचाई पिच नियंत्रण मोटर	PAT	प्रमोचनमंच निरस्त टेस्ट
ISRO	भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन	PCM	पिच नियंत्रण मोटर
ISS	अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन	RPM	घूर्णन प्रति मिनट
LAS	प्रक्षेपण निरस्त प्रणाली	TMA	परिवहन संशोधित एंथ्रोपोमेट्रिक
LEO	पृथ्वी की निचली कक्षा	USA	संयुक्त राज्य अमेरिका
LPM	निम्न ऊंचाई पिच नियंत्रण मोटर	USSR	सोवियत संघ

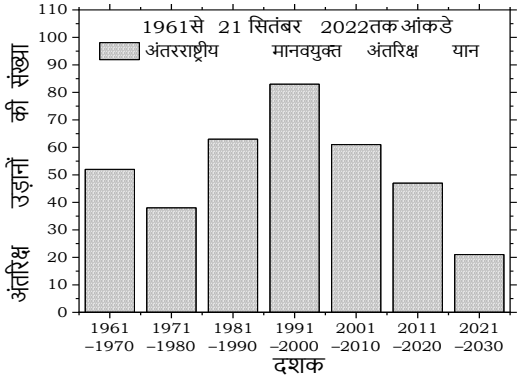
1. **पृष्ठभूमि (Background) :-** यू.एस.ए. और यू.एस.एस.आर. के बीच शीत युद्ध के दौरान पहली बार समानव अंतरिक्ष उड़ान क्षमता विकसित की गई थी। इन राष्ट्रों ने परमाणु हथियारों की डिलीवरी के लिए अंतर-महाद्वीपीय बैलिस्टिक मिसाइलों का विकास किया, जो पहले कृत्रिम उपग्रहों को पृथ्वी की निचली कक्षा में ले जाने के लिए पर्याप्त बड़े प्रमोचन यान का उत्पादन कर रहे थे। 1957 और 1958 में सोवियत संघ द्वारा पहले उपग्रहों को प्रमोचन करने के बाद, अमेरिका ने प्रोजेक्ट मर्करी पर काम शुरू किया, जिसका उद्देश्य अंतरिक्ष यात्रियों को कक्षा में स्थापित करना था[1]। यू.एस.एस.आर. गुप्त रूप से उसी चीज़ को पूरा करने के लिए वोस्तोक कार्यक्रम का अनुसरण कर रहा था, और अंतरिक्ष में पहला मानव, अंतरिक्ष यात्री यूरी गगारिन को पृथ्वी की कक्षा स्थापित किया, जिसे 12 अप्रैल 1961 को वोस्तोक-1 पर वोस्तोक 3KA प्रमोचन यान पर प्रक्षेपण किया गया और पृथ्वी की एक परिक्रमा पूरी की गयी। 5 मई 1961 को, अमेरिका ने अपना पहला अंतरिक्ष यात्री, एलन शेपर्ड, एक मर्करी-रेडस्टोन प्रमोचन यान पर एक उप-कक्षीय उड़ान फ्रीडम-7 (Freedom-7) पर प्रक्षेपण किया[1]। 20 फरवरी 1962 को, जॉन ग्लेन एक मर्करी-एटलस प्रमोचन यान पर फ्रेंडशिप-7 (Friendship-7) पर सवार होकर कक्षा में जाने वाले पहले अमेरिकी बने। यू.एस.एस.आर. ने वोस्तोक कैप्सूल में पांच और अंतरिक्ष यात्रियों को प्रक्षेपण किया, जिसमें 16 जून 1963 को अंतरिक्ष में पहली महिला, वोस्तोक 6 पर वेलेंटीना टेरेशकोवा शामिल हैं[1]। 1961 में, अमेरिकी राष्ट्रपति जॉन एफ कैनेडी ने चंद्रमा पर एक आदमी को उतारने और 1960 के दशक के अंत तक उसे सुरक्षित रूप से पृथ्वी पर वापस लाने का लक्ष्य निर्धारित करके अंतरिक्ष में दौड़ का दाव लगाया। उसी वर्ष, अमेरिका ने इसे पूरा करने के लिए प्रमोचन यानों की सैटर्न श्रृंखला के ऊपर थ्री-मैन कैप्सूल प्रक्षेपण करने का अपोलो कार्यक्रम शुरू किया; और, 1962 में, प्रोजेक्ट जैमिनी शुरू किया, जिसने 1965 और 1966 में, टाइटन II रॉकेट्स द्वारा प्रक्षेपण किए गए दो-मैन क्रू के साथ 10 मिशनों को उड़ान भरी, जैमिनी का उद्देश्य अमेरिकी कक्षीय अंतरिक्ष उड़ान अनुभव और चंद्रमा के दौरान उपयोग की जाने वाली तकनीकों को विकसित करके अपोलो का समर्थन करना था।

   इस बीच, यू.एस.एस.आर. मनुष्यों को चंद्रमा पर भेजने के अपने इरादों के बारे में चुप रहा, और जैमिनी के साथ प्रतिस्पर्धा करने के लिए इसे दो या तीन-व्यक्ति वोसखोद कैप्सूल में अनुकूलित करके अपने एकल-पायलट वोस्तोक कैप्सूल की सीमाओं को बढ़ाने के लिए आगे बढ़ा [1]। वे 1964 और 1965 में दो कक्षीय प्रमोचन करने में सक्षम थे और 8 मार्च 1965 को वोसखोद-2 पर एलेक्सी लियोनोव द्वारा पहला स्पेसवॉक हासिल किया गया[1]। हालांकि, वोसखोद में जैमिनी की कक्षा में युक्तिचालन करने की क्षमता नहीं थी, और कार्यक्रम समाप्त कर दिया गया था। अमेरिकी जैमिनी उड़ानों ने पहला स्पेसवॉक हासिल नहीं किया, लेकिन कई स्पेसवॉक करके, गुरुत्वाकर्षण की कमी की भरपाई के कारण अंतरिक्ष यात्री की थकान की समस्या, अंतरिक्ष में दो सप्ताह तक मनुष्यों की सहन करने की क्षमता और अंतरिक्ष यान का पहला अंतरिक्ष मिलन (rendezvous) और डॉकिंग (docking) प्रदर्शन करना का अध्ययन किया। यू.एस.ए. के अपोलो कार्यक्रम के हिस्से के रूप में अंतरिक्ष यात्रियों ने 1968 और 1972 के बीच नौ बार चंद्रमा की यात्रा की है। अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन पर 20 नवंबर 1998 से अभी तक 21 साल और 332 दिनों से अधिक समय के लिए अंतरिक्ष में निरंतर उपस्थिति दर्ज की है [1]। 15 अक्टूबर 2003 को, पहला चीनी ताइकोनॉट, यांग लिवेई, शेनझोउ 5 के हिस्से के रूप में पहला चीनी मानव अंतरिक्ष यान अंतरिक्ष में गया। दिसंबर 1972 में अपोलो 17 चंद्रमा के मिशन के बाद से 2021 तक, अंतरिक्ष यात्रियों ने पृथ्वी की निचली कक्षा से आगे की यात्रा नहीं की है। वर्तमान में, यू.एस.ए., रूस और चीन सार्वजनिक या वाणिज्यिक समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रमों वाले एकमात्र सक्षम देश (चित्र 1) हैं। शायद यही कारण हो सकता है कि 1961 से 21 सितंबर 2022 तक, 365 मानव प्रमोचन यानों का प्रक्षेपण (चित्र 2) हो चुका है [2]। और विश्व में, 1961 से 2022 तक लगभग 15 मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों पर कार्य हो चुका है और जिनमें से सोयुज और स्पेस शटल अंतरिक्ष कार्यक्रमों (चित्र 3) की उपलब्धि उल्लेखनीय है [2]।

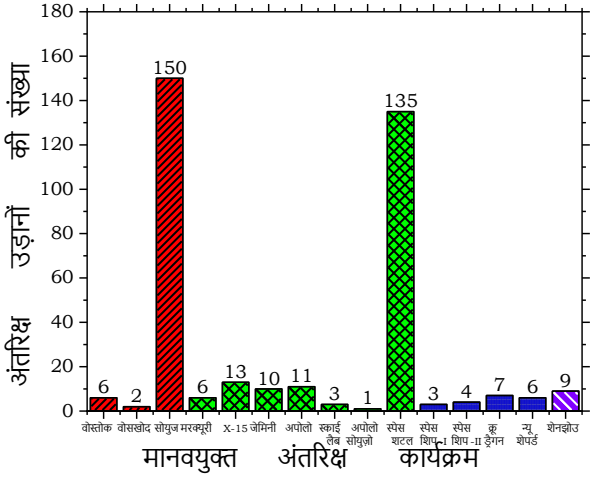
कई निजी अंतरिक्ष संगठन अपने स्वयं के मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों को अंतरिक्ष पर्यटन या अंतरिक्ष में अनुसंधान के लिए विकसित कर रहे है। पहला निजी मानव अंतरिक्ष यान प्रक्षेपण 21 जून, 2004 को स्पेसशिप-I पर एक उप-कक्षीय उड़ान थी। पहला वाणिज्यिक कक्षीय कर्मीदल का प्रमोचन मई 2020 में स्पेसएक्स द्वारा किया गया था, जो नासा के अंतरिक्ष यात्रियों को यू.एस.ए. सरकार के अनुबंध के तहत अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन पर ले जा रहा था [4]। गगनयान के आगामी मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम के रूप में, भारत 2024 तक मानव को पृथ्वी की कक्षा में स्थापित करने वाला दुनिया का चौथा देश (चित्र 4) बन सकता है।



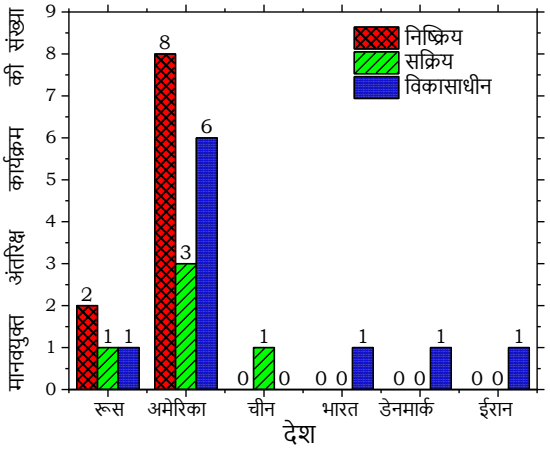
चित्र 1 : विश्व में मानव अंतरिक्ष प्रमोचनों के लिए देशों का हिस्सा (स्रोत [2])।



चित्र 2 : 1961 से 21 सितंबर 2022 तक किए गए मानव अंतरिक्ष प्रमोचनों की गणना (स्रोत [2])।



चित्र 3 : विश्व में मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों की गणना (स्रोत [2])।



चित्र 4 : वर्तमान में निष्क्रिय, सक्रिय तथा विकासाधीन मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम (स्रोत [3])।

2. **कर्मीदल बचाव प्रणाली :-** समानव अंतरिक्ष यान के लिए सी.ई.एस. का उद्देश्य सी.एम. को खराब होने वाले प्रमोचन यान से सुरक्षित रूप से और जल्दी से अलग करना है, चाहे वह प्रमोचन मंच पर हो या कक्षा में पहुंचने से पहले आरोहण चरण (ascent phase) में संचालित हो। सी.ई.एस. को उन परिस्थितियों में मांग पर उपयोग के लिए अभिकल्पित (design) किया गया है जहां कर्मीदल के लिए एक निकटस्थ खतरा जैसे प्रमोचन यान विस्फोट या प्रक्षेपण पर प्रणोदक विफलता होता है। अतीत में, लगभग सभी समानव अंतरिक्ष प्रक्षेपणयानों ने कर्मीदल के बचाव के लिए ट्रैक्टर आधारित प्रणाली का उपयोग किया है। इस अभिकल्प में सी.एम. के ऊपर स्थित प्रणोदक नलिका के साथ एक टावर शामिल है, और यह एक पातन के लिए आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए पाया गया है क्योंकि यह वायुगतिकीय रूप से स्थिर है। ट्रैक्टर प्रणाली का उपयोग करने वाले सफल

पिछले कार्यक्रमों के कुछ उदाहरणों में मरक्यूरी और अपोलो अंतरिक्ष यान शामिल हैं। रूसी सोयुज और चीनी शेनझोउ अंतरिक्ष यान सहित अंतरराष्ट्रीय कार्यक्रमों पर इन बचाव प्रणाली के डेरिवेटिव का इस्तेमाल जारी है।

2.1 सी.ई.एस. के लिए मानदंड :- मुख्य मानदंड एक सुरक्षित, भरोसेमंद और सक्षम सी.ई.एस. के लिए योग्यता का आधार प्रदान करते है। कुछ महत्वपूर्ण मानदंड अपोलो परीक्षण से लिए गए है [5]। जिन्हे निम्नलिखित बिंदुओं के रूप में दर्शाया गया है;

I. सी.ई.एस. को, प्रमोचनमंच और प्रमोचन चरण के दौरान कर्मीदल को बचाने की क्षमता प्रदान करनी चाहिए। यह तीन महत्वपूर्ण परिदृश्यों द्वारा परिभाषित किया गया है:
   - ✓ प्रमोचनमंच निरस्त (पैराशूट प्रविस्तारण को सक्षम करने के लिए पर्याप्त ऊंचाई और पुनर्विन्यास तक पहुंचना चाहिए)
   - ✓ आरोहण निरस्त (उच्च ऊंचाई के माध्यम से कम ऊंचाई, उच्च गतिशील लोड चरण को शामिल करना)
   - ✓ पहले चरण के पृथक्करण के बाद उच्च ऊंचाई को निरस्त करना (दूसरे चरण के प्रज्वलन में लगभग 20+ सेकंड)

II. निरस्त आदेश का तुरंत जवाब देने के बाद सी.ई.एस. को प्रमोचन यान से दूर जाने के लिए 90% न्यूनतम प्रणोद स्तर को 200 मिली.से. में प्राप्त करने की आवश्यकता है।

III. निरस्त के दौरान तेजी से और सुरक्षित कर्मीदल से बचने के लिए, सी.ई.एस. प्रारंभिक प्रणोद/भार अनुपात 21 °C पर 8:1 न्यूनतम होना चाहिए। अधिकतम सुरक्षा और ब्लैक-आउट क्षेत्रों से बचने के लिए 10:1 से अधिक प्रणोद/भार अनुपात का लक्ष्य वांछित है।

IV. सी.ई.एस. को प्रमोचनमंच निरस्त या प्रमोचन यान प्रक्षेपण के दौरान सकारात्मक स्थिरता और नियंत्रण क्षमता की आवश्यकता होती है।

V. सी.ई.एस. को सभी मिशन परिदृश्यों में, संरचनात्मक और ऊष्मीय भार के लिए पर्यावरणीय सीमा स्थितियों में कार्य करना चाहिए। वाहन को अभिकल्प करते समय निरस्त भार से होने वाले प्रभाव विशेष रूप से महत्वपूर्ण होते है।

VI. सी.ई.एस. लिए उच्च-विश्वसनीयता वाले उप-प्रणालियों और घटकों के चयन की आवश्यकता होती है।

VII. सी.ई.एस. अभिकल्प करने के लिए एक यथार्थवादी वजन अनुमति और दिए गए प्रमोचन यान के लिए एक वास्तविक गुरुत्वाकर्षण केंद्र का लक्ष्य होना चाहिए। अधिक वजन और अत्यधिक गुरुत्वाकर्षण केंद्र परिवर्तन अभिकल्प को बेकार कर सकते हैं।

VIII. सी.ई.एस. को प्रमोचन यान के जीवित तत्त्वों (surviving elements) के नुकसान को रोकना चाहिए (जैसे कि नोदन विस्फोट, ऊष्मीय भार इत्यादि को कम करना)।

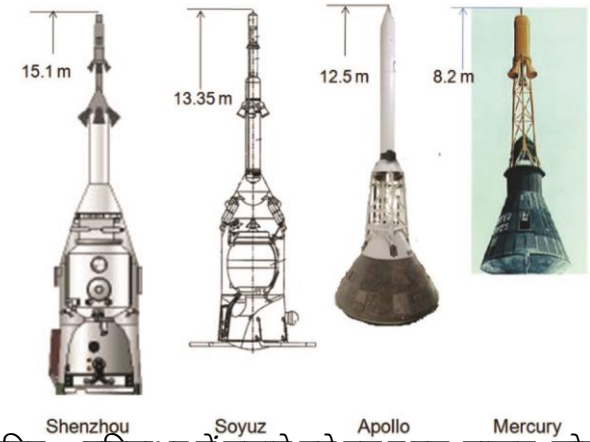
IX. सी.ई.एस. का लक्ष्य प्रदर्शन मानव-अनुकूल सीमा, अधिकतम त्वरण (196 m^2/s) और रोल दर (90 RPM) से नीचे है।

X. आरोहण निरस्त के दौरान सी.एम. के अंतरिक्ष यात्रियों के कान पर सी.ई.एस. आवेग की ध्वनि 140dB से कम होना चाहिए।

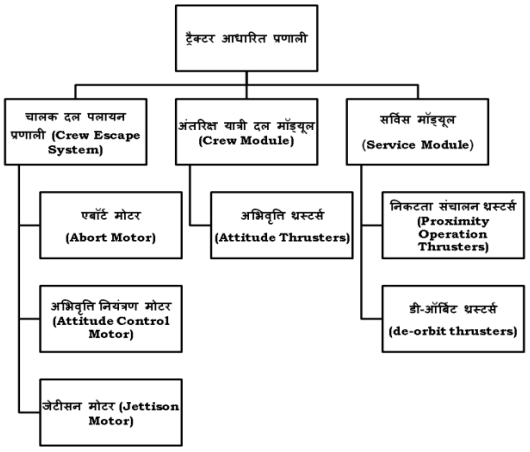
2.2 कर्मीदल बचाव प्रणाली संरचना के प्रारूप :- आज अग्रणी एयरोस्पेस कंपनियों द्वारा अध्ययन के तहत सी.ई.एस. के लिए बड़ी संख्या में बदलाव किए जा रहे है। इस अध्ययन के उद्देश्य के लिए, अधिकांश सी.ई.एस. अभिकल्पों को तीन श्रेणियों जैसे ट्रैक्टर, पुशर और साइड-माउंटेड संरचना के प्रारूप में रखा जा सकता है। इन प्रकारों की एक आरेख तुलना को नीचे चित्र 5, 7 और 9 में दर्शाया गया है। ट्रैक्टर, पुशर और साइड-माउंटेड संरचना आधारित प्रणाली के अपघटनों के चित्र 6, 8 और 10 में दर्शाया गया है।

अधिकतर पारंपरिक सी.ई.एस. को ट्रैक्टर-शैली के अभिकल्प के रूप में दर्शाया गया है, जो पिछले 40 वर्षों में समानव अंतरिक्ष यान के लिए पसंदीदा का विकल्प रहा है। ट्रैक्टर अभिकल्प को अक्सर 'टॉवर' तत्व के रूप में जाना जाता है। वास्तविक निरस्त के दौरान, सेवा मॉड्यूल पीछे रहता है। ट्रैक्टर अध्ययन (चित्र 5 एवं 6) के लिए,

सी.एम. को आधार रेखा माना जाता है। पुशर डिज़ाइन सर्विस मॉड्यूल में सी.ई.एस. के कार्य को शामिल करता (चित्र 7 एवं 8) है, इस प्रकार ट्रैक्टर-शैली को हटा देता है। साइड-माउंटेड प्रारूप में, इंजन थ्रस्टर्स को सी.एम. के निचले खोल की तरफ़ में लगाया जाता है जैसा कि चित्र 9 एवं चित्र 10 में दिखाया गया है। साइड-माउंटेड निरस्त परिदृश्य के लिए, सर्विस मॉड्यूल भी पीछे रहता है।



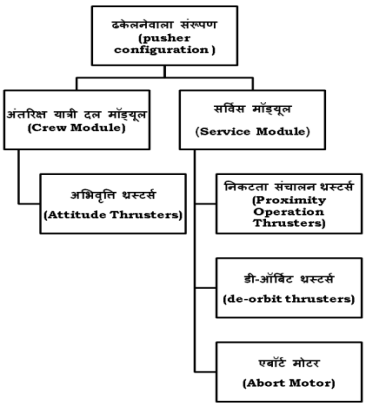
चित्र 5: दुनियाभर में उड़ाये गये एल.ए.एस. प्रारूप (स्रोत [6])



चित्र 6: ट्रैक्टर आधारित प्रणाली के अपघटन (स्रोत [5])



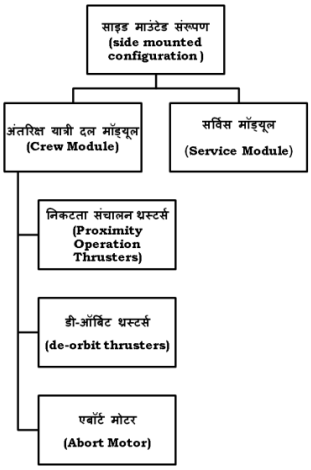
चित्र 7 : ब्लू ओरिजिन की पुशर आधारित बचाव प्रणाली (स्रोत: [8])



चित्र 8: पुशर आधारित प्रणाली के अपघटन (स्रोत [5])



चित्र 9 : स्पेसएक्स की साइड-माउंटेड आधारित बचाव प्रणाली (स्रोत [9])



चित्र 10: साइड-माउंटेड आधारित प्रणाली के अपघटन (स्रोत [5])

2.3 कर्मीदल मॉड्यूल :- सी.एम. अंतरिक्ष में जीवित रहने के लिए अंतरिक्ष यात्रियों और उनके संबंधित प्रणाली को समायोजित करता है[6]। ऊष्मीय भार को कम करने और पर्याप्त आंतरिक आयतन प्रदान करने के लिए, सी.एम. बड़े व्यास के साथ एक उल्टे कपकेक (चित्र 11) का आकार होता है। यह नियंत्रण, पैराशूट और एवियोनिक्स प्रणाली तथा अंतरिक्ष यात्रियों को समायोजित करने के लिए आवश्यक है। विभिन्न सी.एम. की विशिष्ट तकनीकी विशेषताओं की तुलना तालिका 1 में की गयी है जो पानी में फ्लैश डाउन या जमीन पर लैंडिंग के लिए अभिकल्पित होता है।



चित्र 11: मानव कैप्सूल के सभी मौजूदा डिजाइनों की तुलना (स्रोत[1-18])

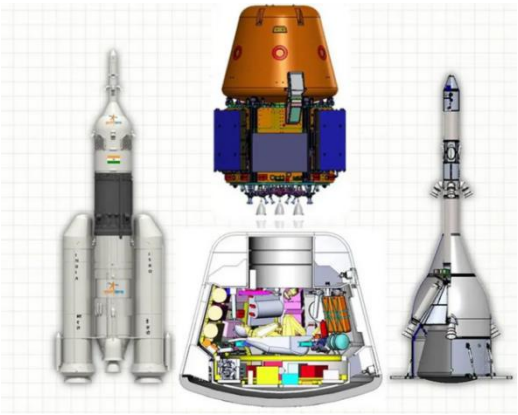
तालिका 1: कर्मीदल बचाव कैप्सूल की विशिष्ट तकनीकी विशेषताओं की तुलना [1-18]

क्र. सं.	मापदंड	सोयुज TMA	PTK फ़ेडरेट्सिया	ओरियन	CST 100 स्टारलाइनर	ड्रैगन	शेनझोउ	गगनयान
1	उद्गम देश	रूस		अमेरिका			चीन	भारत
2	प्रचालक	रासकासमास		नासा	बाइग	स्पसएक्स	साएमएसए	इसरो
3	चालक दल क्षमता	3	4	4	7	7	3	3
4	व्यास, मी.	2.17	4.42	5.02	4.56	4	2.52	3.5
5	ऊंचाई, मी.	2.24	3.9	5	5.03	8.1 (ट्रक के साथ)	2.5	3.58
6	आयतन, मी.3	3.5	17	19.56	11	10	6	8
7	प्रक्षेपण द्रव्यमान, कि. ग्रा	7080	17000	10400	13000	12519	7840	8200
8	कक्षीय अवधि, दिन	180	200	21.1	210	10	183	7
9	वर्तमान स्थिति	सक्रिय	विकासाधीन	प्रक्षेपण की प्रतीक्षा में	विकासाधीन	सक्रिय	सक्रिय	विकासाधीन

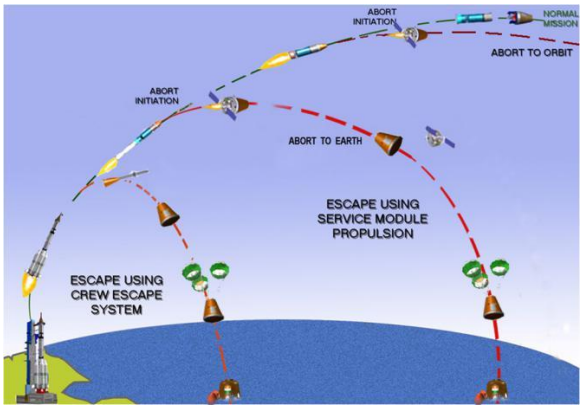
3. सी.ई.एस. की नोदक प्रणाली :- सी.ई.एस. टावर्स, जिसे पहले मैक्सिम फागेट द्वारा अभिकल्पित किया गया था, 1960 के दशक से कार्यरत हैं। यह बचाव मोटर्स पर निर्भर करते हैं जिसमें आमतौर पर ठोस नोदक का उपयोग किया जाता है - जो सी.एम. को जल्दी से दूर ले जाते है। यह बचाव मोटर्स कर्मीदल कैप्सूल से अलग होने से पहले उसको पैराशूट परिनियोजन के लिए सुरक्षित ऊंचाई पर ले जाता है। सी.ई.एस. के बजाय, प्रोजेक्ट जैमिनी ने एक अत्यधिक विवादास्पद इजेक्शन सीट प्रणाली का उपयोग किया जिससे आपातकाल की स्थिति में अंतरिक्ष यात्रियों को बूस्टर से बचाव कराया जाता था। लेकिन मरक्यूरी और अपोलो दोनों में अंतरिक्ष यात्रियों को सी.ई.एस. टावर की सहायता से बचाव कराया जाता था, इसके साथ-साथ रूसी सोयुज और चीनी शेन्ज़ौ कार्यक्रम भी टावर संरचना पर भरोसा करते हैं। यहाँ पर कर्मीदल बचाव प्रणाली की कुछ महत्वपूर्ण गुण तथा

उनकी नोदक प्रणाली को इस भाग में दर्शाया गया है। जिनमें गगनयान, ड्रैगन, ओरियन, सोयुज, नीला मूल आदि अधिक महत्वपूर्ण हैं।

- ✓ **गगनयान (Gaganyaan) :-** समानव अंतरिक्ष उड़ान क्षमता का प्रदर्शन करने के लिए इसरो द्वारा शुरू की गई गगनयान पहली परियोजना है। गगनयान कार्यक्रम में तीन अंतरिक्ष यात्रियों के दल के साथ 400 किमी पृथ्वी की निम्न कक्षा के लिए मानव अंतरिक्ष यान के प्रदर्शन की परिकल्पना की गई है। इस कार्य के लिए तीन प्रमुख घटकों (चित्र 12) अर्थात् मानव अनुकूल प्रमोचन यान, सी.ई.एस. और मानव उपस्थिति के साथ सी.एम. की आवश्यकता होती है[12]। गगनयान के अधिदेशों के अनुसार, समानव मिशन से पहले दो मानव रहित मिशन किए जाएंगे। गगनयान कार्यक्रम का मुख्य उद्देश्य अंतरिक्ष तक पहुंच में स्वायत्तता प्राप्त करना है जो अधिकतम उद्योग भागीदारी और सहयोग के साथ राष्ट्रीय विकास के लिए मूर्त और अमूर्त (tangible and intangible) लाभ दोनों प्रदान करता है।



चित्र 12: गगनयान कार्यक्रम के तीन प्रमुख घटक [12]



चित्र 13: कर्मीदल बचाव प्रणाली के निरस्त के दौरान प्रारूप [12]

तालिका 2: गगनयान की विकास समयरेखा [12]

क्र.सं.	मिशन	प्रक्षेपण का तारीख	पृथ्वी का कक्षा	अंतरिक्ष यात्री	टिप्पणी	परिणाम
1	पुन: प्रवेश परीक्षा	18 दिसंबर 2014	उप कक्षीय	लागू नहीं	इसरो के जीएसएलवी मार्क III रॉकेट का उप-कक्षीय पहली परीक्षण उड़ान में गगनयान कैप्सूल का उप-कक्षीय परीक्षण प्रक्षेपण किया गया।	सफल
2	PAT	5 जुलाई 2018	वायुमंडलीय		सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र के प्रमोचन मंच से गगनयान के CES का 4 मिनट का परीक्षण।	सफल
3	गगनयान (G1)	मध्य -2023	पृथ्वी की निम्न कक्षा		गगनयान कैप्सूल का पहला कक्षीय परीक्षण उड़ान।	योजनाबद्ध
4	गगनयान (G2)	2023 के अंत तक			गगनयान कैप्सूल का दूसरा कक्षीय परीक्षण उड़ान।	योजनाबद्ध
5	मानव अंतरिक्ष उड़ान (H1)	2024 तक		अभी तक पुष्टि नहीं	गगनयान की पहली अंतरिक्ष यात्रा की उड़ान 1-3 भारतीय अंतरिक्ष यात्रियों को पृथ्वी की निम्न कक्षा में परीक्षण उड़ान पर ले जाएगी।	योजनाबद्ध

यह परियोजना बौद्धिक क्षमता और नवीनीकरण को बढ़ावा देने के लिए देश में वैज्ञानिक और तकनीकी विकास को भी गति प्रदान करेगी। गगनयान की तैयारी के लिए, निम्न प्रकार की उप-प्रणालियों का परीक्षण [10-12] किया गया है।

- ✓ 14 जुलाई 2021 को इसरो ने गगनयान मिशन की इंजन योग्यता आवश्यकता के हिस्से के रूप में जी.एस.एल.वी. मार्क III के कोर L110 तरल चरण के लिए विकास इंजन का तीसरा लंबी अवधि का तप्त परीक्षण (Hot Test) किया। सभी आवश्यक प्रदर्शन मापदंडों को मान्य करते हुए 240 सेकंड की अवधि के लिए इंजन का सफलतापूर्वक परीक्षण किया गया था।
- ✓ इसरो ने 28 अगस्त 2021 को सर्विस मॉड्यूल के प्रोपल्शन प्रणाली के डिमॉन्स्ट्रेशन मॉडल का सफलतापूर्वक परीक्षण किया, जिसे गगनयान अंतरिक्ष यान में एकीकृत किया जाएगा।

- ✓ 12 जनवरी 2022 को, इसरो ने 720 सेकंड की अवधि के लिए सी.ई.-20 क्रायोजेनिक इंजन पर एक तप्त योग्यता परीक्षण किया।
- ✓ गगनयान कार्यक्रम के लिए S200 सॉलिड स्ट्रैप-ऑन या HS200 का मानव अनुकूल संस्करण विकसित किया गया था। 13 मई 2022 को एस.डी.एस.सी. शार में, HS200 का पहला स्थैतिक अग्नि परीक्षण का प्रदर्शन 135 सें. की अवधि के लिए आयोजित किया गया था।

3.1.1 ठोस बचाव मोटर्स :- सी.ई.एस. में मुख्य रूप से त्वरित अभिनय ठोस मोटर्स का एक सेट होता है जो पूर्व-परिभाषित में संचालित होती है। जो कर्मीदल मॉड्यूल को आवश्यक त्वरण प्रदान करके, मॉड्यूल को एक सुरक्षित दूरी पर पहुँचाता है। कर्मीदल बचाव प्रणाली के प्रमोचनमंच निरस्त (Pad Abort) अभिविन्यास (चित्र 12) में गोलाकार शंकु, सिलेंडर, प्रदीप्त (flare) और कवच (shroud) का संयोजन है। सी.ई.एस. वाहन के आगे के ढांचे की लंबाई 8 मी. है और इसमें सी.ई.एस. के ठोस बचाव मोटर्स CJM, PCM (LPM और HPM), LEM तथा HEM के विशिष्ट तकनीकी आंकडों को तालिका 3 में वर्णित किया गया है।

तालिका 3: गगनयान के ठोस बचाव मोटर्स के विशिष्ट तकनीकी आंकडों की तुलना [12]

क्र.स.	परामाटर	HPM	LPM	CJM	LEM	HEM
1	मोटर की संख्या	1	1	1	1	4
2	लोब (lobe) की संख्या	9	11	18	11	9
3	मोटर का बाहरी व्यास (मि.मी.)	120	200	800	800	380
4	ग्रेन लंबाई (मि.मी.)	230	315	1.5	3.6	2.1
5	नोदक द्रव्यमान (कि.ग्रा.)	3	13	745	2100	280
6	मोटर MEOP, ksc	80	88	83.6	98.5	80
7	नोजल प्रारंभिक क्षेत्र अनुपात	9.9	2.7	3.65	7	9.1
8	प्रारंभिक प्रणोद, kN	6	23	650	800	230
9	कुल आवेग, kNs	8	30	1450	4500	715
10	क्रिया काल (से.)	1.5	2	3.5	7.5	4

3.2 ड्रैगन (Dragon) :- ड्रैगन कैप्सूल, जिसे दबीकृत भाग के रूप में भी जाना जाता है, तथा अंतरिक्ष यात्रियों के साथ-साथ पर्यावरण के प्रति संवेदनशील कार्गो (cargo) के परिवहन की अनुमति देता है। ड्रैगन 16 ड्रेको थ्रस्टर्स से लैस (चित्र 14) है जो ड्रैगन को कक्षा में रहते हुए युक्तिचालन करने की अनुमति देता है और 8 सुपरड्रैकोस (चित्र 15) जो अंतरिक्ष यान के सी.ई.एस. को शक्ति प्रदान करते है[16]।



चित्र 14: ड्रेको थ्रस्टर्स (स्रोत [16])



चित्र 15: सुपरड्रैकोस इंजन (स्रोत [16])

3.3 ब्लू ओरिजिन (Blue Origin): ब्लू ओरिजिन, अमेज़ॅन के संस्थापक जेफ बेजोस द्वारा वित्त पोषित एक और निजी अंतरिक्ष यान उद्यम, स्पेसएक्स के रूप में विकास के मामले में उतना अखंडनीय है। वर्तमान में, ब्लू ओरिजिन कार्यक्रम में (चित्र 7) उप-कक्षीय न्यू शेपर्ड (New Shepard) और कक्षीय न्यू ग्लेन (New Glenn)

विकास में दो अंतरिक्ष यान है। प्रक्षेपण के दौरान आपातकाल की स्थिति में, न्यू शेपर्ड एक छोटे ठोस प्रमोचन यान मोटर का उपयोग करता है जो कैप्सूल के नीचे स्थित प्रमोचन यान बूस्टर से अलग करने के लिए है जिसे एयरोजेट रॉकेटडाइन (Aerojet Rocketdyne) द्वारा अभिकल्प और सफलतापूर्वक परीक्षण किया गया है [9]। तब कैप्सूल को प्रणोद वेक्टर नियंत्रण प्रणाली द्वारा प्रक्षेपण के दौरान चलाया जा सकता है। एक बार खतरे से मुक्त होने के बाद, कैप्सूल सुरक्षित लैंडिंग की अनुमति देने के लिए पैराशूट परिनियोजन करता है। न्यू ग्लेन अंतरिक्ष यान अभी भी विकास के अधीन है, ऐसा लगता है कि यह न्यू शेपर्ड के समान कर्मीदल बचाव प्रणाली का उपयोग करेगा।

3.4 सी.एस.टी.-100 :- बोइंग (Boeing) ने पिछले कई वर्षों में अपने स्वयं के वाणिज्यिक अंतरिक्ष यान प्रणाली, सी.एस.टी.-100 (चित्र 11) पर काम करते हुए बिताया है। जबकि स्पेसएक्स और ब्लू ओरिजिन ने कुछ नए डिजाइनों को आगे बढ़ाया है, स्टारलाइनर बाहरी रूप से एक सिद्ध अभिकल्प अपोलो कमांड मॉड्यूल की याद दिलाता है। लेकिन स्पेसएक्स और ब्लू ओरिजिन की तरह, बोइंग का स्टारलाइनर सी.ई.एस. टावर का उपयोग नहीं करता है। इसके बजाय, कर्मीदल मॉड्यूल के बाहरी खोल में चार तरल-ईंधन वाले प्रक्षेपण निरस्त इंजन शामिल हैं, जो एक विस्मित कर देने वाला 72574.92 कि.ग्रा.-बल (kgf) का प्रणोद पैदा करते है[9]। ये इंजन ओ.एम.ए.सी. थ्रस्टर्स के साथ मिलकर काम करते हैं, कैप्सूल को ठीक से उन्मुख (Orient) करने में मदद करते हैं और प्रक्षेपण निरस्त (abort) के दौरान इसे स्थिर रखते हैं। एक बार अभिवर्धक से मुक्त होने पर, सर्विस और कर्मीदल के मॉड्यूल अलग हो जाते है ताकि पैराशूट को परिनियोजन किया जा सके। अंतरिक्ष यान अपने ऊष्मा कवच (heat shield) को भी हटाता है और सॉफ्ट लैंडिंग करने से पहले बाहरी एयरबैग को फुलाता है।

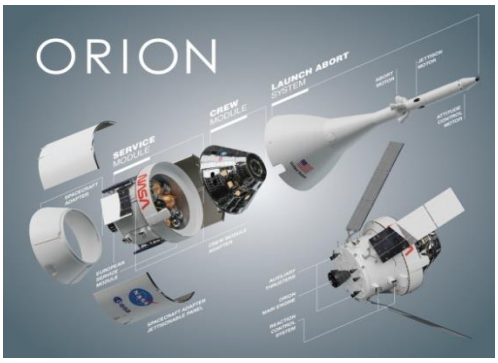
3.5 सोयुज (Soyuz) :- कर्मीदल पलायन में उपयोग के लिए जेटिसनेबल (Jettison-able) आपातकालीन बचाव हेड सेक्शन प्राथमिक निरस्त प्रणाली है, जिसे एसएएस (SAS) के नाम से जाना जाता है। विनाशकारी विफलता की स्थिति में, सोयुज अंतरिक्ष यान (चित्र 9 तथा 11) में कर्मीदल को बचाने के लिए स्वचालित और अर्ध-स्वचालित निरस्त मोड की एक श्रृंखला है। पहले समानव उड़ानों के बाद से निरस्त प्रणालियों को परिष्कृत (sophisticate) किया जाता है। सोयुज अंतरिक्ष यान में फेयरिंग के शीर्ष पर चार प्रमोचन यान मोटर्स का एक द्वितीयक सेट भी है जो टी+115 पर एल.ए.एस. के जेटीसनिंग के बीच की अवधि के दौरान टी+157 पर फेयरिंग तैनाती तक प्रमोचन यान से बचाव हेड सेक्शन को दूर कर सकता है[18]। अब तक सोयुज ने तीन प्रक्षेपण निरस्त और एक इन-ऑर्बिट निरस्त का अनुभव किया (तालिका 4) है और सभी कर्मीदल के सदस्य निरस्त से बच गए।

तालिका 4: सोयुज निरस्तरण इतिहास[18]

क्र.सं.	निरस्त की स्थिति	प्रक्षेपण की तारीख	मिशन	असफलता का कारण
1	लॉन्च निरस्त	5 अप्रैल 1975	सोयुज 18a	तीसरे चरण के प्रज्वलन से पहले दूसरा चरण पृथक्करण विफल रहा।
2		26 सितंबर 1983	सोयुज टी-10-1	प्रमोचन मंच पर प्रक्षेपण यान में आग लग गई।
3		11 अक्टूबर 2018	सोयुज एमएस-10	सोयुज प्रक्षेपण यान ने स्टाजग के दौरान एक विसंगति का अनुभव किया जब बूस्टर में से एक ने कोर स्टेज से टकराया और दूसरे चरण को क्षतिग्रस्त कर दिया।
4	कक्षा में निरस्त	10 अप्रैल 1979	सोयुज 33	सोयुज 33 का मुख्य इजन विफलता का सामना करना पड़ा।

3.6 ओरियन (Orion) :- नासा के आर्टेमिस मिशन पर एक अनोखा अंतरिक्ष यान प्रक्षेपण करेगा। कर्मीदल के लिए बनाया गया नासा का सबसे नया अंतरिक्ष यान ओरियन [13, 14], चंद्रमा पर अंतरिक्ष यात्रियों को भेजने में सक्षम

होने के लिए विकसित (तालिका 5 और 6) किया गया है और अंततः उन्हें मंगल ग्रह पर भेजने का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है। आर्टेमिस I पर मानव रहित ओरियन (चित्र 16 और 17) का परीक्षण किया जाएगा और चंद्रमा से 64373 कि.मी. की दूरी तय करेगा, जो अब तक के कर्मीदल के लिए बनाए गए किसी भी अंतरिक्ष यान की तुलना में कहीं अधिक। यह कर्मीदल वाले आर्टेमिस II मिशन और उसके बाद के मिशनों की तैयारी करेगा जो अंतरिक्ष यात्रियों को चंद्रमा की सतह और गेटवे तक पहुंचाएंगा[13]।



चित्र 16: ओरियन अंतरिक्ष यान के घटक। (स्रोत:[13])



चित्र 17: नासा में ऑपरेशन और चेकआउट बिल्डिंग के अंदर आर्टेमिस I ओरियन अंतरिक्ष यान। (स्रोत:[13])

तालिका 5: ओरियन मॉड्यूल के विकास परीक्षण की उड़ानें [14]

क्र.सं.	मिशन	प्रक्षेपण की तारीख	प्रक्षेपण यान	अवधि	परिणाम
1	MLAS	8 जुलाइ 2009	Ares I-X	~6 सकंड	सफल
2	Ares I-X	28 अक्टूबर 2009	ओरियन एबोर्ट टेस्ट अभिवर्धक	3 मिनट 13 सेकंड	सफल
3	पड एबोर्ट-1	6 मइ 2010	MLAS	57 सकंड	सफल
4	एसेंट एबोर्ट-2	2 जुलाइ 2019	डेल्टा IV हवी	4 घंट 24 मिनट	सफल
5	अन्वषण उड़ान परीक्षण-1	5 दिसंबर 2014	LAS	95 सेकंड	सफल

तालिका 6: ओरियन और अपोलो कर्मीदल मॉड्यूल की तुलना [13]

क्र.स.	परामाटर	ओरियन माड्यूल	अपोलो माड्यूल
1	अंतरिक्ष यात्री दल माड्यूल का व्यास	5.03 मी.	3.9 मी.
2	बिजली आपूर्ति इकाइ	सौर पनल्स	इंधन सेल और बैटरी
3	अंतरिक्ष यात्री दल संख्या	4	3
4	प्रणोद, kN	31.14	91.19
5	द्रव्यमान, टन	12.5	24.5

3.6.1 प्रक्षेपण निरस्तरण मोटर :- प्रक्षेपण निरस्त मोटर नासा के एल.ए.एस. का एक अभिन्न अंग है। एल.ए.एस. को प्रमोचन मंच पर या प्रमोचन के दौरान आपातकाल की स्थिति में एस.एल.एस. प्रमोचनयान से ओरियन कर्मीदल मॉड्यूल (चित्र सं. 18) को सुरक्षित रूप से खींचने के लिए अभिकल्पित किया गया है। निरस्त मोटर 17 फीट से अधिक लंबा है और तीन फीट व्यास का है, और इसमें एक रिवोल्यूशनरी (revolutionary) टर्न फ्लो प्रमोचन यान मैनिफोल्ड तकनीक शामिल है। नवंबर 2008, जून 2017 और दिसंबर 2018 में नॉथ्रोप ग्रुम्मन द्वारा निरस्त मोटर का सफलतापूर्वक स्थैतिक परीक्षण (तालिका 7) किया गया था और 2010 में ओरियन के प्रमोचनमंच निरस्त 1 परीक्षण और 2019 में एसेंट निरस्त-2 परीक्षण के दौरान सफलतापूर्वक प्रक्षेपण परीक्षण किया गया था।





चित्र 18 (क और ख) : प्रक्षेपण निरस्त मोटर । (स्रोत: [13,15])

तालिका 7: प्रक्षेपण निरस्त प्रणाली के कुछ महत्वपूर्ण आँकडे [13-14]

क्र.सं.	घटक	पैरामीटर	प्रतिरूपी विवरण
1	मोटर विवरण	मोटर व्यास, मी.	0.93
2		मोटर की लंबाई, मी.	5.68
3	मोटर निष्पादन	ज्वलन काल सेकंड	4.3
4		अधिकतम प्रणोद, kN	1833.73
5		कुल आवेग, MN-sec	4.65
6		औसतन ज्वलन काल प्रणोद, kN	1160.98
7	नाजल	नाजल निगम शंकु व्यास, मी.	0.51
8	वज़न, kg	मोटर	3460.45
9		नोदक	2154.56
10	अन्य	नोदक सूत्रीकरण	TP-H1264, HTPB पालमर, 6% एल्यूमीनियम
11		खतरा वर्गीकरण	1.3

4. निष्कर्ष और दृष्टिकोण :- समानव अंतरिक्ष उड़ान की अभियांत्रिकी के नजरिए से, कर्मीदल बचाव प्रणाली अंतरिक्ष अभियांत्रिकी का एक बहुत ही महत्वपूर्ण वरदान है, इस तकनीकी लेख में, विश्व स्तरीय विभिन्न प्रकार के निष्क्रिय, सक्रिय तथा विकासाधीन कर्मीदल बचाव प्रणाली की बुनियादी संरचना और उनकी प्रणोदन प्रणाली पर प्रकाश डाला गया है। और देखा जाता है कि 1961 से 21 सितंबर 2022 तक, 365 समानव प्रमोचन यानों का प्रक्षेपण हो चुका है। विश्वभर में, 1961 से 2022 तक लगभग 15 मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों पर कार्य हो चुका है और जिनमें से सोयुज और स्पेस शटल की उपलब्धियां उल्लेखनीय है। अधिकांश सी.ई.एस. अभिकल्पों को तीन श्रेणियों जैसे ट्रैक्टर, पुशर और साइड-माउंटेड संरचना के प्रारूप में बांटा गया है। अधिकतर पारंपरिक सी.ई.एस. को ट्रैक्टर-शैली के अभिकल्प के रूप में पिछले 40 वर्षों में समानव अंतरिक्ष यान के लिए पसंदीदा विकल्प रहा है। कई निजी अंतरिक्ष संगठन अपने स्वयं के समानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों को अंतरिक्ष पर्यटन या अंतरिक्ष में अनुसंधान के लिए विकसित कर रहे है। जिसमें स्पेसएक्स, ब्लू ओरिजिन, बोइंग आदि उल्लेखनीय अंतरिक्ष कंपनियां है। गगनयान के आगामी मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम के रूप में, भारत 2024 तक मानव को पृथ्वी की कक्षा में स्थापित करने वाला दुनिया का चौथा देश बन सकता है। यह भारतीय मानवीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के नए अध्याय की शुरुआत होगी।

5. संदर्भ :-

1. https://www.wikiwand.com/en/Human_spaceflight
2. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_human_spaceflights

3. https://en.wikipedia.org/wiki/Human_spaceflight_programs#Commercial_Crew_Program_(usa,_2011%E2%80%93ongoing)
4. https://www.nasa.gov/specials/60counting/spaceflight.html
5. Architectural Study of Crew Launch Escape Systems with Ascent Assist Capability, Matthew Johnson, M.S.1 Lockheed Martin Exploration and Sciences, Houston, TX 77058 and Dr. Satya Pilla2 Boeing Space Exploration, Houston, TX 77059
6. Evolution of Crew Escape System configuration, Juluri Sreenivasulu*, Sanjoy Kumar Saha, M. M. Patil and V. Ashok, Aeronautics Entity, Vikram Sarabhai Space Centre, Department of Space, ISRO Post, Thiruvananthapuram 695 022, India
7. Apollo Experience Report, nasa TN D-70835
8. https://forbes.com.br/forbes-tech/2022/06/blue-origin-de-jeff-bezos-completa-5o-lancamento-de-voo-tripulado/
9. https://astronomy.com/news/2020/11/how-do-astronauts-escape-a-failed-rocket-launch
10. https://en.wikipedia.org/wiki/Indian_Human_Spaceflight_Programme
11. https://en.wikipedia.org/wiki/Gaganyaan
12. https://www.isro.gov.in/Gaganyaan.html
    https://www.nasa.gov/exploration/systems/orion/about/index.html
13. https://en.wikipedia.org/wiki/Orion_(spacecraft)
14. https://spaceref.com/space-stations/orion-launch-abort-system-motor-arrives/
15. https://www.spacex.com/vehicles/dragon/
16. https://starlinerupdates.com/
17. https://en.wikipedia.org/wiki/Soyuz_abort_modes

लेखक परिचय:



श्री पूरन सिह, वर्ष 2014 से भारतीय अंतरिक्ष विभाग के विक्रम साराभाई अनुसंधान केंद्र के अनुभाग आर.पी.पी./ एस.पी.आर.ई. (RPP/SPRE) में नियुक्त हैं। वर्तमान में, वह वैज्ञानिक/अभियंता-एस.डी. के पद पर कार्यरत हैं। उनकी प्रमुख जिम्मेदारियाँ PS0XL, SPM, Igniter, TSM, Gaganyaan CES, RLV, ATVP इत्यादि ठोस प्रणोदक मोटर्स के छोटे एवं बड़े वर्ग के ग्रेनों/मोटर्स का उत्पादन, ट्रिमिंग और फिनिसिंग हैं। इसके अलावा विविध बैलिस्टिक मूल्यांकन तकनीक जैसे कि ABR, UBR एवं SBR का प्रयोग करके ठोस प्रणोदक मोटरों की ज्वलन दर मापना है।

मानव अंतरिक्ष अभियान के लिए गुणवत्ता आश्वासन और चुनौतियों की दिशा में ठोस प्रणोदक प्रसंस्करण की सूक्ष्म सामग्री

बकुलदास, एडुकोंडालु पी. और जी. रमेशबाबू
ठोस मोटर उत्पादन संयंत्र
एस.डी.एस.सी.-शार,श्रीहरिकोटा

सारांश

इसरो के प्रक्षेपण यान प्रणाली के लिए पी.एस.-1 फॉर्मूलेशन समग्र ठोस प्रणोदन का उपयोग लंबे समय से किया जा रहा है। यह सूत्रीकरण परिपक्व है और सामाजिक लाभों की दिशा में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी का उपयोग करने के लिए विभिन्न अंतरिक्ष मिशनों में उत्कृष्ट है। वर्तमान में गगनयान परियोजना के तहत मानव अंतरिक्ष मिशन के लिए समान संरचना वाले प्रणोदक पर विचार किया जा रहा है। शून्य दोषों के साथ उच्च गुणवत्ता वाले उत्पाद प्रसंस्करण की यह प्रणोदन प्रणाली मानव रेटिंग लांच वाहन प्रणाली का हिस्सा होगी। इसे साकार करने के लिए, प्रक्रिया में उपयोग की जाने वाली सामग्री को निरीक्षण, खरीद, भंडारण, नमूना योजना, परीक्षण, गुणवत्ता जांच के लिए उचित विश्लेषणात्मक प्रक्रियाओं और अंत में उच्च तकनीकी उत्पाद प्राप्त करने के संबंध में कड़ी से कड़ी गुणवत्ता आश्वासन आवश्यकताओं को पूरा करना चाहिए। यह लेख,मुख्य रूप से सूक्ष्म सामग्री एल्यूमिनियम ऑक्साइड, सक्रिय कॉपर क्रोमाइट, ट्राइ मेथिलोल प्रोपेन, ब्यूटेन डायोल और एन-फेनिल-बीटा-नेफ्थाइलामाइन की योग्यता, भंडारण और इन-प्रोसेस चुनौतियों पर केंद्रित है।

भूमिका

ठोस प्रणोदक सिस्टम,लॉन्च वाहनों का महत्वपूर्ण घटक है और किसी भी लॉन्च वाहन के वजन से 70% से अधिक है। प्रोपेलेंट फॉर्मूलेशन ठोस लोडिंग को 85 से 89% तक बदलते हैं और शेष सामग्री कार्बनिक घटक हैं। ठोस प्रणोदकों का निर्माण और प्रसंस्करण तकनीकी चुनौती है। क्योंकि इसे अच्छे यांत्रिक गुणों, आसान प्रक्रिया क्षमता, वांछित बर्न दर, उच्च विशिष्ट आवेग, कम उत्पादन लागत, लंबी और विश्वसनीय भंडारण जैसी जटिल आवश्यकताओं को पूरा करना होता है।

ठोस प्रणोदक एच.एस. 200 मोटर, मानव अंतरिक्ष मिशन के लिए लॉन्च व्हीकल का स्ट्रैप ऑन बूस्टर होगा। सामग्री प्रसंस्करण उच्च विश्वसनीयता, प्रदर्शन और दोष मुक्त उत्पाद की मांग करता है,जिसे विकास के विभिन्न चरणों के दौरान तनाव -हैंडलिंग, भंडारण, परिवहन, प्रज्ज्वलन, उड़ान का सामना करना पड़ता है। गगनयान के लिए इस तरह के प्रणोदक का उत्पादन में सूक्ष्म अवयवों की भूमिका बहुत बड़ी है, क्योंकि उत्पाद, या प्रक्रिया में दोषों में कोई छूट नहीं है। मामूली सामग्री–एल्यूमिनियम ऑक्साइड, सक्रिय कॉपर क्रोमाइट, फिनाइल बीटा नेथ्यिल एमाइन और एम्बिलिंक (ट्राइ मिथाइलोल प्रोपेन और ब्यूटेन डायोल का मिश्रण रॉकेट प्रदर्शन के दृष्टिकोण से अंतिम उत्पाद की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। प्रक्रिया में कोई भी विचलन, बाद की घटनाओं को प्रभावित करेगा और मिशन प्रत्यक्ष प्रभाव का अनुभव करेगा। चुनौतियों में अच्छी गुणवत्ता की सामग्री की खरीद, मजबूत भंडारण कंडीशनिंग, नमूना योजना, कड़े विनिर्देशों को पूरा करने और उपयोग से पहले परीक्षण अनिवार्य है। इन अवयवों को प्रणोदक बैच प्रसंस्करण में उपयोग करना पड़ता है क्योंकि गुणवत्ता उत्पाद बैठक मिशन के नियंत्रण में अत्यंत महत्वपूर्ण है। अंतरिक्ष मिशन की दिशा में ठोस प्रणोदक प्रसंस्करण और इन छोटे अवयवों की भूमिका से जुड़ी चुनौती पर चर्चा नीचे की गई है।

1. एंबिलिंक

यह कुल संरचना के भार का 0.12% योगदान देता है। यह वजन के अनुसार 2:1 के अनुपात में ब्यूटेन डायोल (बी.डी.ओ.) और ट्राइ मेथाइलोल प्रोपेन (टी.एम.पी.) का मिश्रण है। यह प्रणोदक बैच प्रक्रिया में उपयोग से ठीक पहले इन-हाउस में तैयार किया जाता है। टी.एम.पी. सफेद क्रिस्टलीय ठोस है और बी.डी.ओ. रंगहीन तरल है। टी.एम.पी. को बी.डी.ओ. में भंग कर दिया जाता है ताकि योग्य सामग्री के साथ एंबीलिंक तैयार किया जा सके और बाद में सुखाने के लिए 0.25% से कम नमी स्तर प्राप्त किया जा सके। क्रॉस लिंकर्स के रूप में भूमिका टी.एम.पी. जबकि बी.डी.ओ. चेन एक्सटेंडर है जो बेहतर प्रक्रिया-क्षमता के साथ बॉन्डिंग एजेंट के

अलावा वांछित यांत्रिक गुण प्रदान करता है। यह बाइंडर और ऑक्सीडाइजर अणुओं के बीच बंधन को भी सुधारता है जिससे डिवेर्टिंग को रोका जा सके और प्रणोदक के यांत्रिक गुणों में सुधार किया जा सके। नमी के अलावा, अन्य तीन परीक्षण पैरामीटर – बी.डी.ओ./टी.एम.पी. अनुपात मूल्यांकन के लिए गैस क्रो मैटोग्राफी विश्लेषण, 25°C पर अपवर्तक सूचकांक और हाइड्रॉक्सिल मूल्य, इस सामग्री की योग्यता के लिए उपयोग से ठीक पहले किया जाता है। गुणवत्ता आश्वासन योजना (क्यू.ए.पी.) के अनुसार उत्पाद की गुणवत्ता की पुष्टि के लिए डुप्लिकेट नमूना योजना और परीक्षण आयोजित किया जाना है। सामग्री को हवा में नमी के प्रति अंतर्निहित आत्मीयता के कारण परिवेश की स्थिति में एयर टाइट भंडारण की आवश्यकता होती है। इसकी तैयारी से 30 दिनों के भीतर उपयोग के लिए योग्यता वैधता है।

2. एल्यूमिनियम ऑक्साइड

यह सामग्री उद्योग से प्राप्त की जाती है और आगे की प्रक्रिया प्रोपेलेंट प्रसंस्करण में उपयोग के लिए फिट होने के लिए इन-हाउस में की जाती है। इसका औसत कण आकार ≤ 10 माइक्रोन होना चाहिए। यह बेहतर सामग्री प्रवाह-क्षमता के साथ अमोनियम परक्लोरेट ठीक ग्रेड सामग्री के ढेर को रोकने के लिए वजन द्वारा 0.1% की सीमा पर एंटीकिंग एजेंट के रूप में उपयोग किया जाता है। इस यौगिक से निपटने के साथ मुख्य चुनौतियां इसकी हाइग्रोस्कोपिक प्रकृति है क्योंकि कम समय के भीतर यौगिक हवाई नमी को अवशोषित करता है। इसके बावजूद, यह कहा जाना चाहिए कि सामग्री प्रणोदक का निष्क्रिय द्रव्यमान है लेकिन विशिष्ट उद्देश्य के लिए आवश्यक है। मजबूत भंडारण की स्थिति, प्रक्रिया में सामग्री हस्तांतरण का सटीक वजन एच.एस. 200 प्रणोदक में इस सामग्री के उपयोग की प्रमुख चुनौतियां हैं।

3. एन-फेनिल-बीटा-नेफ्थाइलामाइन (पी.बी.एन.ए. / नॉनॉक्स-डी)

यह मिश्रित ठोस प्रणोदक में एक महत्वपूर्ण गौण घटक है। यह उम्र बढ़ने पर प्रणोदक के ऑक्सीडेटिव क्षति की रोकथाम के लिए सूत्रीकरण में एंटी-ऑक्सीडेंट के रूप में प्रयोग किया जाता है। एच.एस. 200 क्यू.ए.पी. के अनुसार, इस सामग्री को भौतिक प्रकृति, शुद्धता और इलेक्ट्रॉनिक हस्ताक्षर के संदर्भ में तकनीकी विशिष्टताओं का पालन करना चाहिए। इसका उपयोग प्रणोदक संरचना के भार के अनुसार 0.1% के रूप में किया जाता है। प्रक्रिया में उपयोग के लिए मुख्य मुद्दे-भंडारण, सटीक वजन, ढेर और उम्र बढ़ने पर हैं।

4. सक्रिय कॉपर क्रोमाइट ($CuCrO_2$)

यह काला महीन पाउडर है और प्रोपेलेंट के लिए परिपक्व बर्न रेट उत्प्रेरक साबित हुआ है। यह जलने की दर को बढ़ाता है। मुख्य बैच प्रक्रिया के लिए,आगे बढ़ने के लिए छोटे स्तर पर नियंत्रित प्रयोग परीक्षणों के आधार पर इसकी संरचना प्रतिशत 0.15 से 0.35% के बीच में तय की गई है। यह कॉपर, क्रोमियम और बेरियम के धातु स्पिनल ऑक्साइड से बना है। वांछित जलने की दर और फिर विशिष्ट आवेग प्राप्त करने के लिए सामग्री की प्रणोदक प्रदर्शन पर बड़ी भूमिका होती है। मुख्य समस्याएं भंडारण, ढेर और उम्र बढ़ने पर हैं।

गुणवत्ता आश्वासन योजना की पंक्ति में विनिर्देश

- पुष्टि के लिए अधिक संख्या में नमूना परीक्षण आवश्यक है।

तालिका-1: एंबिलिंक / परीक्षण पैरामीटर और निर्दिष्टीकरण

- प्रकटन: स्पष्ट, रंगहीन तरल
- नमी % : अधिकतम 0.25%
- अपवर्तनांक, 25°C: 1.453 - 1.457
- हाइड्रॉक्सिल मान, mg KOH/g: न्यूनतम: 1200

तालिका-2: एल्युमिनियम ऑक्साइड (Al_2O_3) / परीक्षण पैरामीटर और निर्दिष्टीकरण

- शुद्धता :न्यूनतम 98%
- लौह सामग्री %: अधिकतम 0.30%
- वाष्पशील पदार्थ :अधिकतम 0.50%
- औसत कण आकार :अधिकतम 10 माइक्रोन

तालिका-3: पी.बी.एन.ए. / परीक्षण पैरामीटर और निर्दिष्टीकरण

- प्रकटन: धूसर से गुलाबी पाउडर

- शुद्धता% :न्यूनतम 95%
- गलनांक, डिग्री सेल्सियस: 105 - 109
- एफ.टी.-आई.आर. हस्ताक्षर:संदर्भ स्पेक्ट्रा का अनुपालन करना चाहिए

तालिका-4: कॉपर क्रोमाइट ($CuCrO_2$) / परीक्षण पैरामीटर और निर्दिष्टीकरण

- कॉपर% : 28 - 34%
- क्रोमियम % : 29 - 35%
- बेरियम %: 5 - 10%
- औसत कण आकार: 5 माइक्रोन से कम
- वाष्पशील पदार्थ % :अधिकतम 0.75%
- 20% जलीय घोल का pH: 6 – 8

निष्कर्ष

ठोस प्रणोदक प्रसंस्करण में सूक्ष्म अवयवों का व्यापक प्रभाव पड़ता है। प्रक्रिया के अनुकूल सामग्री, कड़े गुणवत्ता नियंत्रण, नए विचार, प्रक्रिया में सुधार के लिए उच्च तकनीकी उपकरणों को शामिल करना, निरीक्षण, प्रासंगिक परीक्षण मापदंडों का आवधिक परीक्षण, उचित अनुभव और सुरक्षा मानव अंतरिक्ष मिशन के लिए निर्दोष रॉकेट बूस्टर मोटर बनाना सुनिश्चित करेगा।

स्वीकृति

प्रोत्साहन और समर्थन देने के लिए, एस.डी.एस.सी.-शार के निदेशक और उप निदेशक, एस.एम.पी.सी. को धन्यवाद देता हूँ।

लेखक परिचय:



आपने एम.एस.सी. और पी.एच.डी. रसायन विज्ञान में प्राप्त की। आपने सामग्री परीक्षण, लक्षण वर्णन, प्रक्रिया दोषों के विश्लेषण, विधि विकास, परिष्कृत उपकरणों के संचालन के क्षेत्र में विशेषज्ञता हासिल की है। आप पेशेवर संस्था जैसे एच.ई.एम.एस.आई, आई.एस.एन.टी, ए.एस.आई, आई.एस.एस.ई, के सदस्य हैं। विज्ञान और प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में आपका विशेष योगदान है।

गगनयान मिशन के लिए मानवानुकूल जी.एस.एल.वी. मार्क III

श्री प्रेम प्रकाश, वरिष्ठ तकनीकी सहायक
आइ.एस.एम.डी./आर.क्यू.ए./इसरो जड़त्वीय प्रणाली यूनिट

सारांश

हम जानते हैं कि मानवानुकूल प्रमोचक रॉकट मानव को सुरक्षित रूप से धरती से अंतरिक्ष तथा वापस धरती पर लाने में सक्षम होता है। आज के समय में यह कोई नयी बात नहीं। अब तक इसमें तीन देश सफल हो चुके हैं। 12 अप्रैल, 1961 को पूर्व के यू.एस.एस.आर. ने तथा इसके एक महीने बाद यू.एस.ए. ने 5 मई, 1961 को मानव को अंतरिक्ष में भेजा था। चीन ने अपने अंतरिक्ष कार्यक्रम द्वारा 6 अक्तूबर, 2003 को मनुष्य को अंतरिक्ष में भेजा था। वहीं दूसरी ओर भारत के इतने महत्वपूर्ण उपग्रह और प्रमोचक रॉकेट कार्यक्रमों के बावजूद आज तक केवल एक ही भारतीय नागरिक ने अंतरिक्ष का दौरा किया है। पूर्व भारतीय वायु सेना (IAF) के फाइटर पायलट श्री राकेश शर्मा ने 2 अप्रैल, 1984 को इंटरकॉसमॉस (INTERCOSMOS) कार्यक्रम के तहत प्रमोचित किए गए सोयूज टी-11 (SOYUZ T-11) से उड़ान भरी थी। अब भारत ने वर्ष 2024 तक गगनयान मिशन के तहत अपने अंतरिक्षयात्री को अंतरिक्ष में भेजने का प्रस्ताव दिया है। इस दिशा में कई प्रयास एवं विकास भी किए जा चुके हैं। श्रीहरिकोटा स्थित एस.डी.एस.सी. शार से 23 मई 2016 को आर.एल.वी.-टी.डी. के सफल परीक्षण ने स्वायत्त नौसंचालन, मार्गदर्शन व नियंत्रण, पुन: प्रयोज्य तापीय सुरक्षा प्रणाली और पुन: प्रवेश मिशन प्रबंधन, जैसी महत्वपूर्ण तकनीकों को सिद्ध किया है। इसरो ने 5 जुलाई, 2018 को कर्मीदल बचाव प्रणाली (सी.ई.एस.) का सफल परीक्षण भी किया था। इस तरह की प्रणाली एक प्रक्षेपण विफलन की स्थिति में अंतरिक्षयात्रियों की सुरक्षा सुनिश्चित करती है। प्रमोचन मंच पर किसी भी प्रकार की आपातस्थिति में कर्मीदल मॉड्यूल की सुरक्षित पुनर्लब्धी के लिए पैड निष्फल परीक्षण (पी.ए.टी.) का सफल प्रदर्शन किया गया है। अंतरिक्ष सूट का विकास भी इसी दिशा में एक ठोस कदम है। गगनयान मिशन के लिए प्रमोचक रॉकेट के रूप में मानवानुकूल जी.एस.एल.वी. मार्क III को चिह्नित किया गया है, जिसकी अभिकल्पना में इसरो के समक्ष अनेक चुनौतियाँ हैं। प्रस्तुत लेख में जी.एस.एल.वी. मार्क III को मानवानुकूल बनाने की प्रक्रिया तथा इसमें निहित बाधाओं की चर्चा की गई है।

परिचय

भारत के भूतुल्यकाली उपग्रह प्रमोचक रॉकेट (जी.एस.एल.वी.) कार्यक्रम को पूरी तरह से क्रियात्मक होने में लंबा समय लगा है। पहला विकासात्मक मिशन 2001 में जीसैट 1 के साथ हुआ। इस प्रक्षेपक को जी.एस.एल.वी. मार्क III के रूप में पुनर्गठित किया गया था। जी.एस.एल.वी. मार्क III भारत का सबसे भारी प्रक्षेपक है। यह एक मध्यम उत्थापक प्रक्षेपण यान है जो जी.टी.ओ. में 4 टन और एल.ई.ओ. में 8 टन तक नीतभार ले जा सकता है। केयर (सी.ए.आर.ई.) मिशन जी.एस.एल.वी. मार्क III की पहली प्रायोगिक उड़ान थी, जिसे 18 दिसंबर 2014 को श्रीहरिकोटा से उड़ाया गया और उड़ान के वायुमंडलीय चरण का सफलतापूर्वक परीक्षण किया गया। इस उड़ान में कर्मीदल मॉड्यूल वायुमंडलीय पुन: प्रवेश प्रयोग को भी किया गया। मॉड्यूल के वायुमंडल में प्रवेश करते ही पैराशूट खुला और नियंत्रित होते हुए बंगाल की खाड़ी में जलवातरित हो गया। फिर दो विकासात्मक उड़ानें, डी1 और डी2 को जून, 2017 और दिसंबर, 2018 में सफल बनाया गया। मुख्य रूप से भूस्थिर कक्षाओं में संचार उपग्रहों तथा चन्द्र मिशन के तहत चंद्रयान-2 को प्रक्षेपित करने के उद्देश्य से तैयार किये गये मार्क III को ही मानवानुकूल प्रमोचक रॉकेट के रूप में भी पहचाना गया है। हालांकि, जी.एस.एल.वी. मार्क III को मानवानुकूल प्रक्षेपण यान के रूप में परिवर्तित करने में अनेक चुनौतियाँ हैं। अभी तक इसरो के पास रूसी सोयुज, जैसी मानवानुकूल प्रमोचक रॉकेट नहीं है। गगनयान मिशन के लिए इसरो का उद्देश्य पूरी तरह से स्वायत्त कर्मीदल के अंतरिक्षयान को विकसित करना है, जो तीन अंतरिक्षयात्रियों को साथ ले जाने में सक्षम हो। इसमें कोई संदेह नहीं है कि इस तरह के यान में लगभग 300-400 कि.मी. की ऊंचाई तक पहुंचने की क्षमता होनी चाहिए, जो पृथ्वी पर सुरक्षित वापस भी लौट सके। इसरो ने 30 जनवरी 2019 को अपनी गगनयान परियोजना के लिए बेंगलूरु में समानव

अंतरिक्ष उड़ान केंद्र स्थापित किया। इसरो को डॉकिंग क्षमताओं, जैसी गतिविधियों से जुड़े पहलुओं एवं कई महत्वपूर्ण तकनीकों पर काम में तेज़ी लाने की आवश्यकता है। इसरो को अंतरिक्ष चिकित्सा, अंतरिक्षयात्री प्रशिक्षण, स्वास्थ्य निगरानी, विकिरण सुरक्षा और जीवन आधार के विभिन्न क्षेत्रों में भी विशेषज्ञता हासिल करनी है। इस तरह के महत्वाकांक्षी मिशन को पूरा करने के लिए निर्धारित समय भी सीमित है। दुनिया भर में चल रहे समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रमों को निम्नलिखित तालिका में दर्शाया गया है:

क्र. सं.	कार्यक्रम	प्रमोचित्र	देश	वर्ष
1	ड्रीम चेजर	एरियन 5/एटलस वी/ फाल्कन हैवी	संयुक्त राज्य अमेरिका	*2004-जारी*
2	न्यू सेफरड (वी.टी.वी.एल.)	न्यू सेफरड	यू.एस.ए. (ब्लू आरिजीन)	*2006-जारी*
3	भारतीय एच.एस.पी.	एल.वी.एम. 3	भारत (इसरो)	*2007-जारी*
4	हिट 1 एक्स टायको ब्राहे	हिट 1 एक्स	डेनमार्क	*2008-जारी*
5	फेडरेशन	अनगाड़ा 5/ सोयूज 5	रूस	*2009-जारी*
6	ओरियन/स्पेस लॉंच सिस्टम	अंतरिक्ष प्रक्षेपण प्रणाली	यू.एस.ए. (नासा)	*2010-जारी*
7	वाणिज्यिक कर्मीदल विकास	लागू नहीं	यू.एस.ए. (स्पेस एक्स)	*2010-जारी*
8	ड्रैगोन वी 2	फाल्कन 9 पूर्ण प्रणोद	यू.एस.ए. (स्पेस एक्स)	*2010-जारी*
9	सी.एस.टी.-100 स्टार्लाइनर	एटलस 5, डेल्टा IV फाल्कन 9/वुलकेन	संयुक्त राज्य अमेरिका (बोइंग)	*2010-जारी*
10	न्यू ग्लेन (1 स्टेज आर.एल.वी.)	न्यू ग्लेन	यू.एस.ए. (ब्लू आरिजीन)	*2012-जारी*
11	बी.एफ.आर.	बी.एफ.आर.	यू.एस.ए. (स्पेस एक्स)	*2012-जारी*
12	इरानियन समानव अंतरिक्ष कार्यक्रम	लागू नहीं	इरानियन अंतरिक्ष अनुसंधान केंद्र	*2015-जारी*
13	ओ.पी.एस.ई.के.	लागू नहीं	रूस	*2024-नियोजित*
14	वाणिज्यिक अंतरिक्ष स्टेशन	लागू नहीं	संयुक्त राज्य अमेरिका और रूस	--

मानवानुकूलन

मानव-रेटिंग मूल्यांकन और आश्वस्त करने की वो प्रक्रिया है, जिसमें प्रणाली, हार्डवेयर तथा सॉफ्टवेयर में समानव अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए निर्धारित सुरक्षा उन्मुख अभिकल्पना और परिचालन मानदंडों को पूरा करने की क्षमता होती है। किसी प्रणाली के जीवन चक्र के दौरान अभिकल्पना और विकास सहित सभी कार्यक्रम गतिविधियों का एक अभिन्न अंग इसमें परीक्षण एवं सत्यापन, कार्यक्रम प्रबंधन एवं नियंत्रण, उड़ान तत्परता प्रमाणन, मिशन संचालन, रखरखाव/उन्नयन और निपटान, जैसी गतिविधियाँ शामिल हैं।

एक मानवानुकूल प्रणाली बुनियादी मानव आवश्यकताओं को समायोजित करती है, प्रभावी रूप से मानव क्षमताओं का उपयोग करती है, मानव संचालन के लिए सुरक्षित माने जाने वाली पर्याप्त सुनिश्चित स्थितियों के साथ खतरे को नियंत्रित करती है और अधिकतम सीमा तक व्यावहारिक रूप से जोखिमयुक्त स्थितियों में कर्मीदल को सुरक्षित रूप से पुनर्प्राप्त करने की क्षमता प्रदान करती है।

मानवानुकूलन में निम्नलिखित तीन मूलभूत सिद्धांत शामिल हैं:

- मानवानुकूल अभिकल्पन, मूल्यांकन और आश्वासन देने की प्रक्रिया है, जिसमें की कुल प्रणाली सुरक्षित रूप से आवश्यक मानव मिशन का संचालन कर सकती है।
- मानवानुकूल में बेहतर अभिकल्पित सुविधाओं और क्षमताओं का समावेश होता है, जो समग्र सुरक्षा और मिशन की सफलता को बढ़ाने के लिए प्रणाली के साथ मानव अन्योन्यक्रिया को समायोजित करता है।
- मानवानुकूल द्वारा जोखिमयुक्त स्थितियों से कर्मीदल की सुरक्षित पुनः प्राप्ति को सक्षम बनाया जाता है।

मानवानुकूलन पर बल देने योग्य प्रमुख बिंदु निम्नलिखित हैं:

- संपूर्ण कार्यक्रम में मानव-रेटिंग के लिए निरंतर ध्यान
- मानव स्वास्थ्य और सुरक्षा प्राथमिकता
- अभिकल्पना/अभियंत्रण कार्यान्वयन
- सुस्थापित व प्रमाणित वांतरिक्ष अभिकल्पना मानक और विश्लेषणात्मक दृष्टिकोण
- अधिष्ठ अभिकल्पना गुणक
- अत्याधुनिक प्रौद्योगिकी
- व्यापक उड़ान परीक्षण और कर्मीदल उड़ान से पहले उड़ान परीक्षण
- कर्मीदल अतिजीविता विधाएं
- दो-विफलता सहनशीलता या स्थायी विकलांगता को रोकने के लिए सहिष्णुता
- संकट संसूचन एवं सुरक्षा
- उच्च विश्वसनीयता वाले भाग एवं घटक

प्रमोचक रॉकेट का मानवानुकूलन

मानवरहित प्रक्षेपण यान के लिए कार्यक्रम उपगमनता में सर्व प्रथम उसका सफल कार्य निष्पादन आता है। इसके पश्चाल लागत और विश्वसनीयता आते हैं। हालांकि, मानवानुकूल प्रमोचक रॉकेटों में विश्वसनीयता एवं सुरक्षा को उचित कार्य निष्पादन और लागत से पहले प्राथमिकता दी जाती है। मानवानुकूल प्रमोचक रॉकेटों, वैसे प्रकार से अभिकल्पित और विनिर्मित पायलटयुक्त वाहन प्रणाली होती हैं, जिसमें मानव सुरक्षित रूप से समायोजित होकर अपनी अंतर्निहित क्षमताओं का उपयोग कर पाते हैं तथा एक सफल समानव मिशन सुनिश्चित हो पाता है। प्रमोचक रॉकेटों की मानवानुकूल अभिकल्पना एवं विकास, परीक्षण तथा सत्यापन, प्रबंधन और नियंत्रण तथा अंत में परिचालन तत्परता के लिए प्रमाणन सहित सभी कार्यक्रम गतिविधियां भी शामिल हैं।

चूँकि, किसी भी प्रणाली को 100% विश्वसनीय नहीं माना जा सकता है, एक मानवानुकूल प्रमोचक रॉकेट में संकट तथा विफलता के प्रभाव को नियंत्रित कर सकने वाले प्रणालियाँ लगी होती है, जिससे यह सुनिश्चित होता है कि विफलता के परिणामस्वरूप कर्मीदल का नुकसान नहीं होगा। इसलिए आरोहण वाहन से जुड़ा एक मजबूत कर्मीदल बचाव प्रणाली या क्रू एस्केप सिस्टम (सी.ई.एस.) मानवानुकूल प्रमोचक रॉकेटों की समग्र विश्वसनीयता में सुधार करता है। 0.99 तक विश्वसनीयता में वृद्धि के लिए एक मानवानुकूल प्रमोचक रॉकेटों को कम से कम असफल-ऑप/असफल-सुरक्षित आधार पर अभिकल्पित किया जाना चाहिए अर्थात् पहली विफलता के बाद पूरी तरह से परिचालन और दूसरी विफलता का आभास होते ही विफलन निर्देश की शुरुआत, जिससे कर्मीदल को सुरक्षित रूप से वापस लाया जा सके। मानवानुकूलता मानवों को मानवानुकूल प्रमोचक रॉकेटों में ले जाने के लिए उपयुक्त मानक प्रदान करता है। मानवानुकूल प्रमोचक रॉकेटों 100% सुरक्षित नहीं है लेकिन इसे यथासंभव विश्वसनीय बनाया जा सकता है। कर्मीदल को जोखिमयुक्त स्थितियों से सुरक्षित रूप से निकालने और सुरक्षित रूप से विफलन निर्देश जारी करने के लिए रोबोट दोष संसूचन अधियोजना मानवानुकूल प्रक्षेपण यान

के लिए एक अनिवार्य आवश्यकता है।

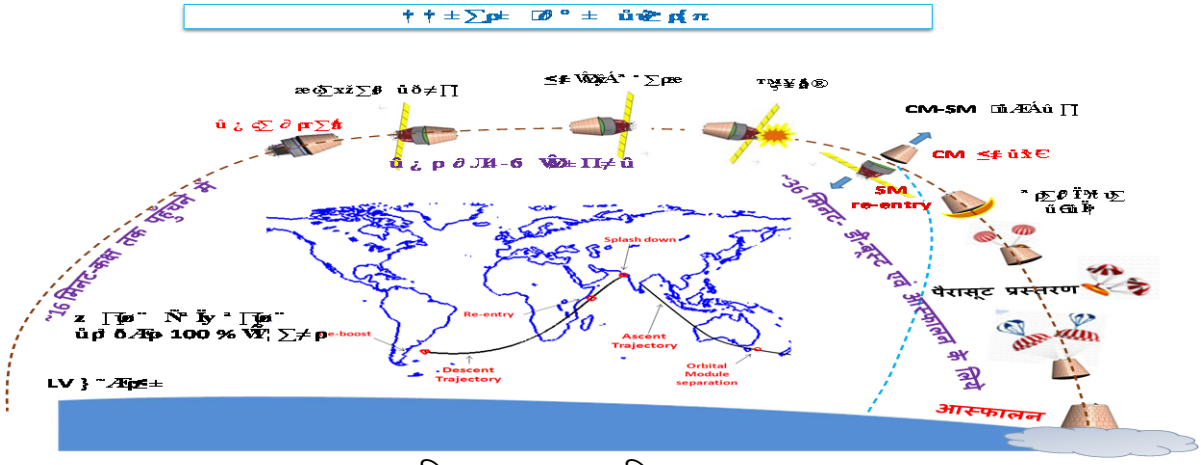
समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम - गगनयान मिशन

गगनयान ("स्काई क्राफ्ट") भारतीय समानव अंतरिक्ष यान कार्यक्रम का आधार माना जाने वाला एक समानव कक्षीय अंतरिक्षयान है। गगनयान मिशन का उद्देश्य एक मानव अनुकूल अंतरिक्ष कैप्सूल को विकसित करना है। यह कैप्सूल निम्न भू कक्षा या लो अर्थ ऑर्बिट (एल.ई.ओ.) तक तीन कर्मीदल के सदस्यों को ले जाने और पृथ्वी पर पूर्व निर्धारित गंतव्य तक सुरक्षित रूप से लौटने में सक्षम होगा। गगनयान समानव मिशन के लिए जी.एस.एल.वी. मार्क III को कक्षीय मॉड्यूल (ओ.एम.) ले जाने वाले प्रमोचक रॉकेट के रूप में पहचाना गया है, जिसमें सेवा/सर्वीस मॉड्यूल (एस.एम.) भी शामिल है। इस मिशन की प्रमुख विशेषताओं में निम्नलिखित शामिल है:

- मिशन की अवधि: - एक सप्ताह
- विभिन्न चरणों में आपातकालीन मिशन विफलन निर्देश और कर्मीदल बचाव का प्रावधान
- कर्मीदल मॉड्यूल को नियंत्रित पुनः प्रवेश के लिए नामित
- मिशन डिजाइन बैठक कर्मीदल की सुरक्षा और मानव की शारीरिक सीमा
- कर्मीदल मॉड्यूल का भारतीय सागर तट के पास जलावतरन करना

समग्र नामीय गगनायान मिशन आवश्यकताएँ

चित्र - 1 में नामीय गगनायान मिशन को दर्शाया गया है। जी.एस.एल.वी. मार्क III की पूरी उड़ान को उत्थापन (लिफ्ट ऑफ) से कक्षीय अंतःक्षेपण तक, सेवा/सर्वीस मॉड्यूल से कर्मीदल मॉड्यूल के अलग होने तक (अपवर्धन प्रचालन सहित) तथा कर्मीदल मॉड्यूल के पुनः प्रवेश से जलावतरन तक सभी गतिविधियों को शामिल करता है।



चित्र 1: गगनायान मिशन

संपूर्ण मिशन गतिविधि के लिए निम्नलिखित सामान्य मिशन आवश्यकताएं हैं:

- 3 कर्मीदल को 400 कि.मी. (वृत्ताकार) कक्षा में ले जाया जाना चाहिए और भारतीय तट के पास समुद्र में पूर्व निर्धारित स्थान पर वापस लाया जाना चाहिए।
- संपूर्ण मिशन की अवधि 7 दिनों तक होगी।
- उड़ान के आरोहण और कक्षीय चरणों के दौरान आपातकालीन मिशन विफलन निर्देश और कर्मीदल को बचाने के प्रावधान वाली योजनाएं प्रमोचन मंच पर उपलब्ध होनी चाहिए।
- कक्षा से बाहर निकलने के लिए और डी-बूस्ट या अपवर्धन तथा अभिवर्धन उपरांत प्रचालन के दौरान कक्षीय मॉड्यूल की कुशलता के लिए इसमें प्रणोदन प्रणाली उपलब्ध होनी चाहिए।
- पुनः प्रवेश चरण के दौरान कर्मीदल मॉड्यूल के पास वायुमंडल में कुशल पैंतरेबाजी की क्षमता होनी चाहिए, जहाँ नीचे तक की सीमा +/-25 कि.मी. और व्यति परास की +/-60 कि.मी. है।
- नामीय आरोहण और अवरोहण मिशन को इस प्रकार से अभिकल्पित किया जाना चाहिए, जिससे

की कर्मीदल के लिए त्वरण को 4 ग्राम तक सीमित किया जा सके।

जी.एस.एल.वी. मार्क III का मानवानुकूलन

जैसा कि ऊपर वर्णित है जी.एस.एल.वी. मार्क III उच्चतम नीतभार क्षमता वाले सबसे भारी प्रमोचक रॉकेट है, जिसने एस.आर.ई.-1 और केअर मिशन में मानव-निर्मित कर्मीदल कैप्सूल की पुनःप्राप्ति और पुन: प्रवेश, जैसे समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशनों के संबंध में महत्वपूर्ण प्रौद्योगिकी का प्रदर्शन किया है। अतः, गगनयान मिशन में प्रयुक्त होने वाले प्रमोचक रॉकेट के रूप में इसे माना जाना तय है। लेकिन कर्मीदल को ले जाने के लिए मानवानुकूल के रूप में इसे अंतिम रूप दिया जाना शेष है।

<u>प्रमोचक रॉकेट विन्यास</u>

जी.एस.एल.वी. मार्क III यान एक तीन चरण वाला प्रमोचक रॉकेट है, जो 4 टन श्रेणी के नीतभार को भू-तुल्यकालिक स्थानांतरण कक्षा या जियो-सिंक्रोनस ट्रांसफर ऑर्बिट (जी.टी.ओ.) में अंतःक्षेपित करने में सक्षम है। वाहन विन्यास निम्नवत है:

2 S200 + L110 + C25

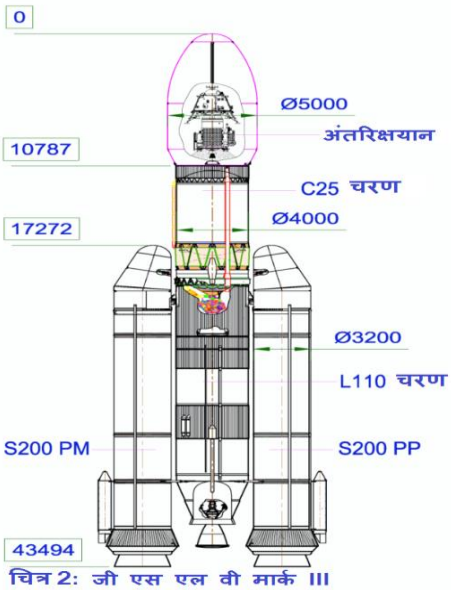
2 S200: 205 टन नामीय नोदक भारण के साथ दो ठोस नोदित स्ट्रैप-ऑन मोटर्स

L110: 115 टन नामीय नोदक भारण के साथ द्रव्य नोदित कोर वर्धक

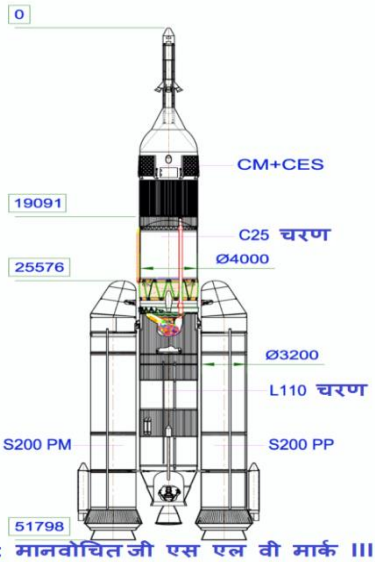
C25: 28 टन नामीय नोदक भारण के साथ एक निम्नतापीय प्रणोदन चरण

जी.एस.एल.वी. मार्क III चार मॉड्यूलों से बना है- S200 स्ट्रैप-ऑन, L110 कोर, C25 ऊपरी चरण और घेरे हुए नीतभार असेम्बली। ठोस प्रणोदक S200 पहला चरण है। कोर - दूसरा चरण तरल् प्रणोदक L110 चरण है। C25 एक निम्नतापीय प्रणोदन चरण है। मुख्य यान का व्यास 4 मीटर और लंबाई 43.5 मीटर है। स्ट्रैपॉन 3.2 मीटर व्यास के होते हैं और 26 मीटर लंबे होते हैं। ऑगिव पेलोड फेयरिंग 5 मीटर व्यास का है। समग्र यान विन्यास चित्र 2 में दर्शाया गया है। C25 के ऊपर उपकरण बे (ई.बी.) चढ़ाया जाता है, जिसमें उड्डयनकी प्रणाली लगी होती है। नीतभार एडेप्टर और ऑगिव पेलोड फेयरिंग के साथ बंधा हुआ अंतरिक्षयान इनकैपसुलेटेड असेंबली (ई.ए.) बनाता है। यान का संपूर्ण उत्थापन द्रव्यमान 644 टन है। प्रस्तावित मानवानुकूल जी.एस.एल.वी. मार्क III एक तीन चरण का प्रमोचक रॉकेट होगा, जिसके निम्नलिखित विन्यास होंगे:

S200 + L110 + C25 + CM (कर्मीदल मॉड्यूल) + CES



चित्र 2: जी एस एल वी मार्क III



चित्र 3: मानवोचित जी एस एल वी मार्क III

मानवानुकूल जी.एस.एल.वी. मार्क III में इनकैपसुलेटेड असेंबली (5 मीटर व्यास का आँगिव पेलोड फेयरिंग + पेलोड अडैप्टर + उपग्रह), जो जी.एस.एल.वी. मार्क III के शीर्ष मॉड्यूल का निर्माण करता है, उसे कर्मीदल बचाव प्रणाली (सी.ई.एस.) से बदल दिया जाएगा। तदनुसार, वाहन की कुल ऊंचाई वर्तमान की 43.5 मीटर से बढ़कर 51.8 मीटर हो जाएगी। (सी.ई.एस.) विन्यास के साथ मानवानुकूल जी.एस.एल.वी. मार्क III का विन्यास चित्र - 3 मेँ दर्शाया गया है। मानवानुकूल जी.एस.एल.वी. मार्क III की नीतभार क्षमता 400 कि.मी. है तथा एल.ई.ओ. में 5500 किलोग्राम है।

मानवानुकूलित मानव-रेटिंग संरचनात्मक डिजाइन की आवश्यकता

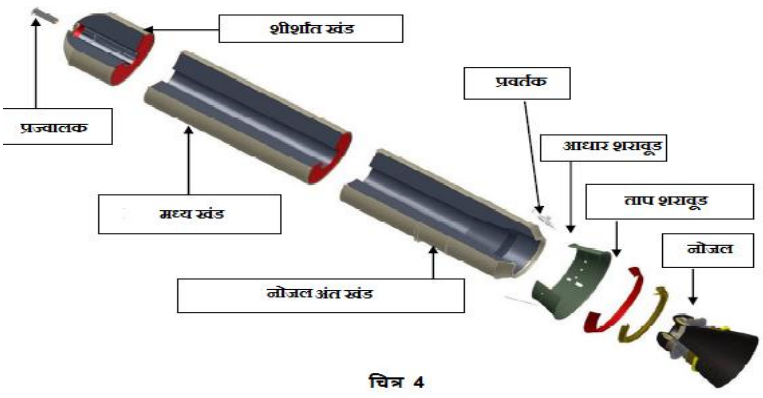
FOS: लब्धि सामर्थ्य > 4.2; चरम तनन सामर्थ्य > 1.4

जी.एस.एल.वी. मार्क III की मानवानुकूलित सभी प्रणालियों और उप-प्रणालियों की मानव रेटिंग दिशानिर्देशों का पालन करके की जाती है। कुछ प्रणालियों को निम्न भागों में संक्षेपित किया गया हैः

मानवोनुकूल जी.एस.एल.वी. मार्क III के लिए HS200 ठोस स्ट्रैप-ऑन मोटर:

धरा पर प्रज्वलित S200 यान का पहला चरण है। S200 अभिवर्धक वाहन के उत्थापन नोदन प्रदान करते हैं और लगभग 65 कि.मी. की ऊंचाई तक संचालित होते हैं। जी.एस.एल.वी. मार्क III के मानवानुकूलन के हिस्से के रूप में S200 मोटर में अभिकल्पना उपांत के साथ विश्वसनीयता में सुधार करने के लिए संशोधित किया जाना है। मानवानुकूल S200 को HS200 कहा जाएगा। HS200 मोटर, जैसा कि चित्र - 4 में दर्शाया गया है, एक उन्नत संस्करण के रूप में कल्पित है, जिसमें बढ़े हुए संरचनात्मक और तापीय सीमा तथा प्रमुख मोटर अंतरापृष्ठ अतिरेक प्रदान किए गए हैं।

- संरचनात्मक अभिकल्पना के लिए स्फोट दाब 72 ksc से 78.4 ksc तक संशोधित किया गया है। एम.ई.ओ.पी. पर अनुशंसित चरम लोड गुणक HS200 के लिए 1.4 है। इसलिए, मोटर केस को पुनः अभिकल्पित किए बिना इसे प्राप्त करने के लिए S200 के एम.ई.ओ.पी. को 60 ksc से 56 ksc तक डी-रेट (निम्नत) करने का प्रस्ताव है। ऐसा करने से तुंड कंठ का व्यास 886 मी.मी. से बढ़कर 897 मी.मी. तक हो जाएगा।



चित्र 4
HS 200 का विच्छेदित दृश्य

- मोटर केस रोधन की मोटाई बढ़ने से रोधन द्रव्यमान में 940 किलोग्राम की वृद्धि हुई।
- HS200 में इस्तेमाल होने वाले इलेक्ट्रो हाइड्रोलिक प्रवर्तक के स्थान पर इलेक्ट्रोमैकेनिकल प्रवर्तक हैं।

मानवोनुकूल जी.एस.एल.वी. मार्क III के लिए L110 तरल प्रणोदक चरण :

जी.एस.एल.वी. मार्क III यान का दूसरा चरण, L110 चरण को चित्र - 5 में दर्शाया गया है, जिसमें 114 टन N_2O_4 और UH25 के नोदक भारण हैं। यह चरण उच्च दबाव वाले दो एक जैसे विकास इंजन का उपयोग करते हुए वाहन को कुल 1598 kN (vac) नोदन प्रदान करता है। लगभग 41 कि.मी. की ऊंचाई पर उत्थापन के बाद T0+113 सेकंड में यह चरण प्रज्वलित किया जाता है। इसका नामीय प्रज्वलन समय 200 सेकंड है। यह चरण वर्ष 2010 में पूर्ण अवधि के तापीय परीक्षण के साथ योग्यता परीक्षण को पूरा कर चुका है। मानवानुकूल के पहलुओं पर विचार करते हुए L110 चरण का प्रारंभिक मूल्यांकन किया गया है। इसे HRL110 चरण कहा जाता है। इसके प्रमुख परिणाम निम्नलिखित हैं:



चित्र 5: L110 चरण

- मानवानुकूल प्रणाली के लिए सुरक्षा का अभिकल्पना गुणक नासा मानक का अनुपालन करना।
- प्रणोदन प्रणाली के डी-रेटिंग (निम्नन) द्वारा संरचनाओं और टैंकों के लिए अभिकल्पना उपांत को बढ़ाना।
- उच्च दाब संस्करण वाले विकास इंजन (निरपेक्ष दाब-58.5 बार) का उपयोग। हाई थ्रस्ट विकास इंजन (एच.टी.वी.ई.)-(निरपेक्ष दाब-62 बार) के लिए विकसित इंजन हार्डवेयर का उपयोग।
- निरपेक्ष दाब-58.5 बार के लिए इंजन प्रणाली पर अभिकल्पना उपांत पर प्रारंभिक मूल्यांकन नासा मानक 5012 द्वारा निर्धारित मानवानुकूल आवश्यकताओं की पूर्ति।
- चरण संरचनाओं के अभिकल्पना को मानवानुकूल सुरक्षा कारक के लिए जांचना।
- दबाव प्रणाली में उपांत बढ़ाने के लिए चरण दबाव प्रणाली में हीलियम गैस की बोतल जोड़ने की आवश्यकता। (यह विन्यास विकास तापीय परीक्षण में प्रदर्शित किया गया था।)
- गैस बोतलों की अभिकल्पना जांच और योग्यता।
- चरण और इंजन में द्रव परिपथ जोड़ों को पुनः जांचना। यूनियन नट और निप्पल वाले जोड़ को द्वि ओ-रिंग/ वेल्डेड जोड़ों के साथ बदलना। सभी वेल्डेड जोड़ों के लिए 100% रेडियोग्राफी सुनिश्चित करना।
- महत्वपूर्ण स्थानों पर सभी द्रव प्रणालियों के लिए सील अतिरेकता प्रदान किया जाना। उड़ान से पहले प्रत्येक अतिरिक्त सील की स्वीकरण परीक्षण (जैसे, रिसाव की जांच) की आवश्यकता।
- चरण की विश्वसनीयता 0.9999।

इन प्रारंभिक अध्ययनों के आधार पर यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि टैंकों के पुनः अभिकल्पना और बहुसंख्यक प्रणोदन प्रणाली तत्व L110 चरण की मानवानुकूल के लिए आवश्यक नहीं हो सकते हैं। विकास इंजन (एच.टी.वी.ई. विन्यास) में संक्रिया निरपेक्ष दाब 58.5 बार या उससे कम एक उपयुक्त विकल्प है। मानवानुकूल मानकों की मांग के अनुसार इंजन प्रणाली को लंबी अवधि के लिए योग्य बनाया जाना चाहिए।

मानवोनुकूल जी.एस.एल.वी. मार्क III के लिए C25 निम्नतापीय चरण:

जी.एस.एल.वी. मार्क III यान का अंतिम चरण C25 है। इसे चित्र 6 में दर्शाया गया है। यह CE 20 इंजन द्वारा संचालित होता है, जिसका नामीय नोदन 186.36 kN होता है। चरण में 28.49 टन का कुल प्रणोद होता है, जो दो विभिन्न प्रणोदक टैंकों (LH2 & LOX) में भरा होता है। प्रारंभिक अध्ययनों से संकेत मिलता है कि मानव अंतरिक्ष प्रमोटक रॉकेटों में 19 टन नोदन पर इंजन को संचालित करने के लिए अधिकांश उप प्रणालियों के लिए पर्याप्त अभिकल्पना उपांत उपलब्ध है। कुछ प्रस्तावित संशोधन और परिवर्तन नीचे सूचीबद्ध हैं:


चित्र – 6: C25 निम्नतापीय चरण

- मानवोनुकूल यान के दल के चरम गुणक = 1.4 को प्राप्त करने के लिए के लिए LOX और LH2 टैंक को नया स्वरूप देना और उसका योग्यता परीक्षण।
- अतिरेकता प्रणाली प्रदान कर विश्वसनीयता को सुधारना और गतिशील प्रणालियों की विफलता को कम करना।
- चरण दबाव प्रणाली में अतिरेकता को शामिल करना।
- मिश्रण अनुपात नियंत्रण (एम.आर.सी.) प्रणाली: बंद लूप (एम.आर.सी.) के बदले निष्क्रिय छिद्र को विश्वसनीयता में सुधार के लिए अंतिम रूप दिया जाना।
- प्रणोदक टैंक दबाव, चैंबर दबाव, गैस जनरेटर तापमान और टर्बो पंप गति, जैसे महत्वपूर्ण संचालित पैरामीटर पर निरंतर निगरानी रखने की आवश्यकता है और मिशन कंप्यूटर के लिए विसंगति की स्थिति में पहले से चेतावनी दी जाए ताकि कर्मीदल को संभावित विफलता से पहले बचाया जा सके। इसे प्राप्त करने के लिए त्वरित प्रतिक्रिया संवेदक के साथ व्यापक यंत्रीकरण योजनाओं को अतिरिक्त रूप से शामिल करने की आवश्यकता है और परीक्षण के माध्यम से प्राप्त विशेषज्ञता और जानकारी को तत्काल संग्रहीत करने की आवश्यकता है।
- विकासाधीन स्वास्थ्य निगरानी सॉफ्टवेयर का उपयोग करते हुए इंजन की स्वास्थ्य की निगरानी करना। स्वास्थ्य मूल्यांकन के आधार पर विषम परिस्थितियों में इंजन विराम और कर्मीदल बचाव प्रणाली को सक्रिय करना।

मानवोनुकूलित जी.एस.एल.वी. मार्क III के लिए उड्डयानिकी प्रणाली (एवियोनिक्स):

मानवोनुकूलित जी.एस.एल.वी. मार्क III की उड्डयानिकी संबंधित मुख्य विशेषताएं निम्नलिखित हैं :

- चार स्वतंत्र श्रृंखलाएं प्रस्तावित हैं, जो फेल ऑप-फेल सुरक्षित आवश्यकता को पूरा करेंगी। पहली विफलता के बाद प्रणाली पूरी तरह से चालू होगी और दूसरी विफलता के बाद भी एन.जी.सी. प्रणाली सामान्य रूप से कार्य करेगी। प्रमोचक रॉकटों की दूसरी विफलता की आपातस्थिति संसूचक प्रणाली द्वारा पता चलते ही कर्मीदल मॉड्यूल की ऑन-बोर्ड कंप्यूटर को सूचित करेगा और कर्मीदल की सुरक्षित वापसी सुनिश्चित की जाएगी।
- दूरमिती प्रणाली के लिए दोहरी श्रृंखला की योजना बनाई गई है। उड़ान की पूर्ण प्रवृति के दौरान यान का अनुवर्तन सुनिश्चित करना होगा। ब्लैक बॉक्स अभिलेखित्र का उपयोग करते हुए सभी दूरमिती (टेलीमेट्री) मापदंडों के ऑन बोर्ड संचयन की योजना बनाई गई है।
- यान की सामान्यता एवं मानव सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए एक एकीकृत स्वास्थ्य निगरानी प्रणाली (आइ.एच.एम.एस.) की भी योजना है, जो कि उप-प्रणाली स्वास्थ्य की निरंतर निगरानी, विफलताओं का समय पर पता लगाने, विफलन निर्देश की स्थिति की पहचान और मिशन प्रबंधन संचार करेगी। आइ.एच.एम.एस. के लिए एक समर्पित तथा अत्यधिक विश्वसनीय प्रणाली की योजना बनाई गई है।
- उड्डयानिकी प्रणाली और आइ.एच.एम.एस. के विन्यास का विस्तार से अध्ययन किया जा रहा है और अंतिम विन्यास अंतरराष्ट्रीय मानकों के अनुसार मानवानुकूल आवश्यकताओं को पूरा करेगा।

उड़ान प्रणालियों की योजना एवं प्राप्ति:

मानव रहित जी.एस.एल.वी. मार्क III की 3 उड़ानों की योजना है, जिसमें दो मानवरहित परीक्षण उड़ानें शामिल हैं। उड़ान प्रणाली की प्राप्ति पूर्व प्रणालियों से अर्जित आत्मविश्वास के आधार पर तथा उनके योग्यता परीक्षणों के साथ-साथ होगी। यह प्रारंभिक प्रणाली स्तर परीक्षणों के सफल समापन पर भी आधारित होगी। परियोजना मंजूरी के बाद 30 महीनों के भीतर मानवानुकूल जी.एस.एल.वी. मार्क III की पहली मानव रहित उड़ान की योजना है। 36वें महीने में दूसरे और 40वें महीने में अंतिम समानव अंतरिक्ष उड़ान की अपेक्षा है।

जी.एस.एल.वी. मार्क III की मानवानुकूल के लिए लागत:

मानवानुकूल सीमाओं और संबंधित परीक्षण कार्यक्रम को प्राप्त करने के लिए आवश्यक विन्यास परिवर्तनों के आधार पर अंतरिक्ष मिशन में समानव उड़ान से पहले अनेक परीक्षण के माध्यम से मानवानुकूल यान को योग्य बनाने क प्रस्ताव है।

जी.एस.एल.वी. मार्क III की मानवानुकूल के लिए कुल लागत नीचे दी गई है:

मद	लागत (रु. करोड़ में)
जी.एस.एल.वी. मार्क III की यूनिट लागत	402.00
3 उड़ानों की लागत (एक मानवयुक्त उड़ान सहित)	1206.00
अनुमानित विकास लागत	653.10
संपूर्ण	1859.10

निष्कर्ष

इसमें कोई संदेह नहीं है कि इस महत्वाकांक्षी गगनयान परियोजना के लिए कई तकनीकी चुनौतियों को दूर करना है। हालाँकि, इस क्षेत्र में प्रगति शुरू हो चुकी है। मानवानुकूल जी.एस.एल..वी मार्क III के लिए यान और मिशन अध्ययन गतिशील है। एकीकृत प्रमुख पैराशूट वायूपात परीक्षण उत्तर प्रदेश के झांसी शहर में सफलतापूर्वक किया गया है। संरचनात्मक हार्डवेयर पर उपांत को सुनिश्चित किया जा रहा है। S200, L110 और C25 प्रणोदन प्रणाली के लिए आवश्यक अभिकल्पना उपांत का विस्तार से मूल्यांकन किया जा रहा है। मानवानुकूलन मानव रेटिंग के लिए आवश्यक उड्डयानिकी प्रणाली (एवियोनिक्स सिस्टम) का विशेषज्ञ टीमों द्वारा विस्तारपूर्वक अध्ययन किया जा रहा है। जी.एस.एल.वी. मार्क III की मानवानुकूल की समग्र प्रगति में अधिक से अधिक परियोजना वित्त पोषण आवश्यक है। मानवानुकूल जी,एस,एल,वी, मार्क III के लिए अंतिम रूप से तैयार विन्यास और उप प्रणाली परीक्षण कार्यक्रम की समीक्षा हो रही है और समय की मांग के अनुसार निकट भविष्य में इसे पूरा किया जाएगा। चुनौतियों का सामना अभी तक शेष है और अवश्य ही इन पर नियंत्रण पा लिया जाएगा और भारत अपने गागरिनियन पल को देखेगा।

संदर्भ:

1. जी.एस.एल.वी. मार्क III का मानवानुकूलन; पत्र सं.- GSLV Mk III-VSSC-PR-PM-B-046-018
2. गगनयान मिशन आवश्यकताएं पत्र सं.- GN-HS-MA-SPEC-SP-006-19
3. विकिपीडिया

लेखक परिचय:



श्री प्रेम प्रकाश, आइ.एस.एम.डी. प्रभाग के गुणवत्ता एवं विश्वसनीयता विभाग में वरिष्ठ तकनीकी सहायक-'ए' के पद पर कार्यरत हैं। इन्होनें वर्ष 2014 में यांत्रिकी अभियांत्रिकी में डिप्लोमा प्राप्त किया। इसके पश्चात मार्च 2016 में इसरो के आइ.आइ.एस.यू में इनकी नियुक्ति हुई। तब से ये अभियांत्रिकी गुणवत्ता एवं विश्वसनीयता के प्रमोचक रॉकटों के क्षेत्र में कार्य कर रहे हैं।

भारत के अंतरिक्ष अभियान में मानव केंद्रित उत्पाद

सुदर्शन सिंह शिखरवार
वैज्ञानिक/अभियंता एस.एफ.
उप प्रबंधक, क्यू.सी., एस.एम.पी.सी. यूनिट॥

अंतरिक्ष और मानव:

अमावस्या की काली रात्री में आकाश में बहुत दूर टिमटिमाते हुए असंख्य सितारों को निहारते, उनके समूह में आकृति ढूंढते, फिर उन पर बुजुर्गों से कहानियां सुनते और कल्पना का सागर बनाते हुए, बहुत कालों से असंख्य बचपन बीतते रहे हैं। विज्ञान के श्रेत्र में दिन प्रतिदिन उन्नती के साथ-साथ मानव की अंतरिक्ष में जिज्ञासा बढ़ती गई। अब तक अंतरिक्ष मे चंद्रमा, ग्रहों, सूर्य एवं तारों को आंखों से निहारती एवं गणित के माध्यम से उनका विज्ञान समझती प्राचीन सभ्यता और फिर दूरबिनों की सहयता से अंतरिक्ष की खोज करती विकसित सभ्यताओं ने व्दितीय विश्व युध्द के उपरांत रॉकेट के शोध से प्रोत्साहित होकर अंतरिक्ष मे अपने कदम बढ़ाने शुरू कर दिए। तारों और ग्रहों को समझने की जो होड़ शुरु हुई, तो मनुष्य ने न सिर्फ अंतरिक्ष मे पहुंच बनायी बल्की चंद्रमा में भी अपने कदम रखें। वैज्ञानिक समुदाय ने मानव के उपयोग के लिए उपग्रह बनाने मे दिन प्रतिदिन प्रवीणता हासिल की हैं और अब विज्ञान और अंतरिक्ष में मानव का प्रवेश एक दूसरे के पर्याय बन चुके हैं।

भारत का अंतरिक्ष कार्यक्रम

वैश्वीय महाशक्ती, जिसमें अमेरिका, रूस व युरोपीय देश शामिल हैं, उन्होंने अंतरिक्ष विज्ञान में एक प्रकार की क्रांति ला दी और बहुत ही चुनौतीपूर्वक वैज्ञानिक कार्य, जैसे अंतरिक्ष एवं चंद्रमा में मानव की पहुंच को निश्चित किया। इन अंतरिक्ष की महाशक्तियों से प्रेरणा ले कर अंतरीक्ष के क्षेत्र में किसी दूसरे राष्ट्र से पीछे न रहने का संकल्प लिए भारत ने भी इन महाशक्तियों के समान अंतरिक्ष विज्ञान के क्षेत्र में निरंतर कदम बढ़ा रहा है, जिसके फलस्वरूप आज भारत अंतरिक्ष क्षेत्र में न केवल एशिया की महाशक्ति कहलाता है बल्कि विश्व में भी अपनी विशेष पहचान रखता है। बीसवीं सदी में सत्तर के दशक में भारत ने उन्नत देशों की सहायता से अपना जो अंतरिक्ष कार्यक्रम शुरू किया वह आज इस स्थित में पहुंच गया है कि न केवल भारत अंतरिक्ष कार्यक्रम में आत्मनिर्भर हो चुका है अपितु दूसरे देशों के उपग्रहों का भी भारतीय भूमि से प्रमोचन सुगम व प्रत्यक्ष हो गया है।

आज भारत का अंतरिक्ष कार्यक्रम बहुआयमी दृष्टिकोण से सज्ज है, जिसमें मानव केंद्रित वैज्ञानिक उपलब्धियां हमेशा ही सर्वोपरी हैं। भारत की अंतरिक्ष संस्था इसरो ने नागरिक व राष्ट्र हित के विभिन्न क्षेत्रों मे उन्नति के लिए अनेक उपग्रहों का प्रमोचन किया है, जिससे संचार, मौसम, स्वास्थ, विमानन, जी.पी.एस, कृषि, मत्स्य-पालन, आपदा प्रबंधन एवं सैन्य क्षेत्र में क्रांति आई है और हमारा राष्ट्र आत्मनिर्भरता की ओर अग्रसर हुआ है।

अंतरिक्ष और उन्नत प्रौद्योगिकी : इतिहास से सीख

अगर हम कुछ देर के लिए अंतरिक्ष विज्ञान की बातों पर विराम लगाकर इतिहास में जाए, तो हम पाते हैं कि भारत पूर्व में एक समृध्द देश था, जिसमें व्यापार, कला, भाषाओं, प्रौद्योगिकी एवं विज्ञान का प्रचार प्रसार था। हमने अरब और युरोप से व्यापार कायम किया, हमारे साथ व्यापार करने, शिक्षा ग्रहण करने, हमारी संस्कृती को समझने के लिए दूर-दूराज के देशों से लोग आएं। हमने विज्ञान से सौर मंडल की जानकारी प्राप्त कर ली थी, खगोल शास्त्र में ज्ञान अर्जित किया था, हमने बहुत सारे भवन बनाएं, जो अभियांत्रिकी रूप से अग्रणी थे, लेकिन उन्नत प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में हम पीछे रह गए, जिसके फलस्वरूप उन देशों की सेनाएं, जो हमसे उपर्युक्त सभी क्षेत्रों में पीछे थी, उन्होंने उन्नत तकनीक और प्रौद्योगिकी, जैसे बारुद, तोप खाने और बंदूको में अग्रणी होने के कारण हम पर विजय प्राप्त कर ली थी। युरोपीय ताकतों ने, जिन्होंने उन्नत जहाज और तोपें बनाई, उन्होंने सरलता से हम पर विजय प्राप्त कर ली।

इस इतिहास से सीख लेकर देखे तो वर्तमान विश्व में उन्नत वैज्ञानिक क्षेत्र अंतरिक्ष विज्ञान है और इसमें उन्नत क्षेत्र किसी भी देश की "समानव अंतरिक्ष अभियान" में दक्षता है। समानव अंतरिक्ष अभियान वैज्ञानिक रूप

से चुनौतीपूर्ण है पर उन चुनौतियों पर विजय प्राप्त की जाए तो राष्ट्र को अनेक लाभ एवं उपयोगिताएं प्राप्त होंगी और किसी भी राष्ट्र को शक्तिशाली बनाने की अपार संभावनाएं होंगी। उक्त दृष्टिकोण के परिपेक्ष्य में देखा जाए तो भारत का भावी समानव अंतरिक्ष अभियान इस देश के लिए बहुत महत्वपुर्ण हो जाता है। मानव अभियान को पूर्ण व सफल करने के लिए बहुत सी "मानव केंद्रित प्रौद्योगिकी '' एवं "संबंधित मानव केंद्रित उत्पाद " के अविष्कार या विकास की आवश्यकता है, जो दृढ़ रूप से जारी है।

भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में "मानव केंद्रित उत्पाद"

जब उपभोगता के एक वर्ग को ध्यान में रख कर किसी उत्पाद को बनाया जाता है, ताकि उपभोगता का वह वर्ग उस उत्पाद को सहर्ष स्वीकार करे, तब वह "उपभोगता केंद्रित उत्पाद" कहलता है। आज के युग मे बहुत से उच्च प्रौद्योगिकी युक्त उत्पाद, जैसे स्मार्ट फोन, दूरभाष यंत्रः , हेड फोन, चलचित्र खेल आदि शमिल हैं। उपभोगता केंद्रित उत्पाद वाणिज्य को बढ़ावा देने एवं धन अर्जन के लिए मुख्यतः बनाए जाते हैं।

मानव केंद्रित उत्पादः- जब किसी उत्पाद को मानव की जरूरत एवं उपयोग को ध्यान मे रख कर बनाया जाता है तब उसे मानव केंद्रित उत्पाद कहा जाता हैं। मानव केंद्रित उत्पाद पूर्णतः मानव के लाभ के लिए ही बनाए जाते हैं जिसमें वाणिज्य एवं धन लाभ की कोई आकांक्षा नहीं रहती है।

मानव केंद्रित उत्पाद का रचना चक्र

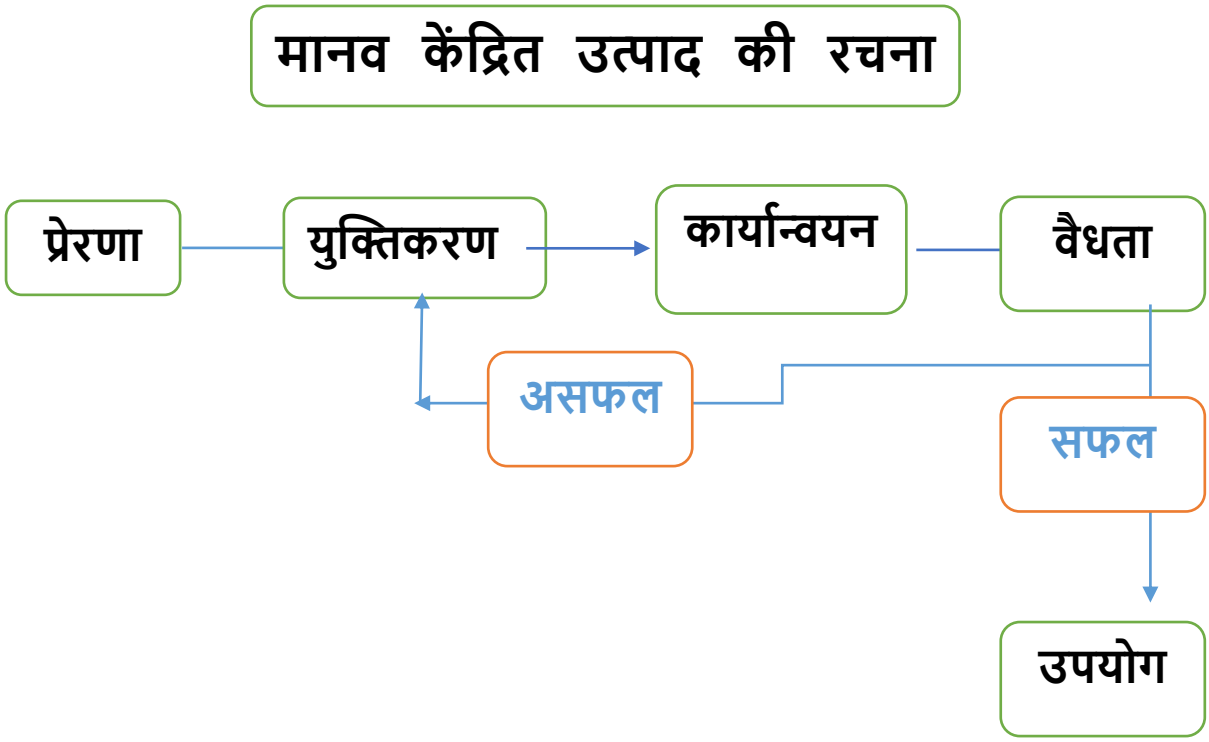
मानव केंद्रित उत्पाद की विकास प्रक्रिया निम्नलिखित चार चरणों में होती हैः

1.प्रेरणा : मानव केंद्रित उत्पाद का निर्धारण मानव का जीवन सरल, बेहतर एवं कष्टों के निराकरण के आशय से प्रेरित होता है। उत्पाद निर्माता को उपभोगता (मानव) की आवश्यकताओं को भली-भांति जानकर ही निश्चित करना होता है कि उत्पाद क्या हो, कैसा हो और उसका संपूर्ण उपयोग किस तरह से हो। मानव केंद्रित उत्पाद की कल्पना को उसके उपयोग, लाभ, खर्च, उत्पाद की आयु आदि तत्थ्यों पर विचार करके किया जाता है।

2.युक्तिकरण : मानव केंद्रित उत्पाद के प्रारूप की रचना एक गहन वैज्ञानिक, बौधिक, प्रौद्योगिक एवं श्रम से भरपूर प्रक्रिया है क्योंकि मानव केंद्रित अंतरिक्ष उत्पाद अनूठे होते हैं। युक्तिकरण के दौरान तकनीकी एवं अभियांत्रिकी तौर पर कागज पर रचना एवं बनावट पर गहन विचार होता है।

3.कार्यान्वयन: युक्तियों को उत्पाद का आकार दिया जाता है। यह प्रकिया एक प्रयोग उत्पाद (प्रोटोटाइपिंग) बनाने की है,जो कि पूर्ण रूप से उत्पाद जैसा ही दिखता है और प्रतीत होता है।

4.वैधता : प्रयोग उत्पाद की समूचित वैज्ञानिक जाँच की जाती है, उसे हर तरह से मापा जाता है और उसका क्षमताओं का आँकलन किया जाता है। यदि यह जाँच में सफल होता है तब इसे नियमित उत्पाद के तौर पर बनाये जाने कि स्वीकृति प्रदान की जाती है। इसके असफल होने की स्थिती मे इसका पुनः युक्तिकरण के चरण में जा कर पुनः इसकी रचना एवं बनावट पर विचार किया जाता है और पुनः नये सिरे से इसकी कागज़ मे रचना की जाती है और फिर से कार्यान्वयन और पुनः वैधता की जाती है।। यह हर उत्पाद का रचना चक्र होता है।



भारत के अंतरिक्ष अभियान में मानव केंद्रित उत्पाद एवं प्रौद्योगिकी

भारतीय उपग्रह वास्तव में एक मानव केंदित उत्पाद है। भारतीय संचार उपग्रह ने दूर-दराज़ के क्षेत्रों को संचार के माध्यम से मुख्य भूमि से जोड़ दिया है, जिससे भारतीय नागरिकों के जीवन में सरलता आयी है। स्वास्थ के क्षेत्र में (दूर-चिकित्सा) टेली मेडिसिन एवं विडिओ कान्फरेंसिंग से नागरिकों को बहुमुल्य लाभ हुए हैं। उपग्रह की सहायता से सरकार कृषि, हल, जमीन एवं मत्स्य-पालन जैसे उपयुक्त क्षेत्रों के बारे में कृषकों को जानकारी प्रदान करती है, जिससे पैदावर में बढ़ोत्तरी होती है। सैन्य क्षेत्र में उपग्रह की सहायता से सेना के कार्यों को बल प्रदान हुआ है साथ ही भारत के खुफिया विभागों को, जैसे हाथ में औजार ही मिल गया है।

नाविक कार्यक्रम: भारत के स्वावलंबन के लिये स्वयं के पथ-प्रदर्शक उपग्रह की प्रेरणा ली गई, जिसे नाविक उपग्रह के रूप में कल्पित किया गय और युक्तिकरण तथा कार्यान्वयन किया गया। नाविक की सहयता से भारत का अपना पथ प्रदर्शक नेटवर्क तंत्र है, जिससे हमारे सामान्य एवं सैनिक विमान भारत एवं पास के क्षेत्र में बिना किसी अन्य देश के पथ प्रदर्शक नेटवर्क का उपयोग किए भी उड़ान भर सकते हैं।

भारत का समानव अभियान :

भारत के समानव अभियान के लिए एल.वी.एम.-3 (या जी.एस.एल.वी. मार्क-3) प्रक्षेपण यान का चयन किया गया है। यह यान हालांकि भारत का एक उन्नत अंतरिक्ष यान है लेकिन समानव अभियान को ध्यान में रखते हुए इस यान की विश्वसनीयता बढ़ाने के लिए कुछ विशेष बदलाव किए गए हैं।

एल.वी.एम -3 अंतरिक्ष यान के पहले चरण में दो एस-200 नामक ठोस प्रणोदक बूस्टर होते है जो सर्व प्रथम प्रक्षेपण बल प्रदान करते है। समानव अभियान को ध्यान में रख कर इन बूस्टर के बनावट में बहुत से बदलाव किये गए हैं, जिससे इनकी विश्वसनीयता बढ़ाई जा सके और समानव अभियान के लिए यह उचित व सुरक्षित हो। इस नये एस-200 का नाम एच.एस.-200 रख दिया गया। एच.एस.-200 के रचना की पूरी प्रकिया तथा उसका निर्माण एवं वैधता अंतरिक्ष उपयोग हेतु मानव केंद्रित उत्पाद का एक शानदार नमूना है। यदि सारांश में वर्णन किया जाए, तो एच.एस.-200 में जोड़ों को सदृढ़ बनाने के लिए 2 के स्थान पर 3 ओरिंग लगाई गई है, मोटर के अंदर का दबाव कम किया गया है, जिसके लिए नोझल थ्रोट का व्यास बढ़ा दिया गया और 1.4 की मार्जिन प्राप्त की गई जबकि एस-200 में अभी 1.1 की मार्जिन है। इसी तरह रॉकेट के भीतर की इन्सूलेशन की परत को भी मोटा कर दिया गया। ऐसे अन्य बहुत से बदलाव किए गए हैं, जिससे कि रॉकेट की विश्वसनीयता में वृध्दि हुई

और यह रॉकेट का पहला चरण समानव अभियान के लिए उपयुक्त भी हुआ है। इस डिजाइन के अनुरूप एच.एस.-200 का निर्माण हुआ और फिर इस का स्टेटिक टेस्ट कर के इसकी वैधता की गई और अब यह एच.एस.- 200 समानव अभियान के लिए पूर्णतः तैयार है। हालांकी, अभी इसका 2-3 मानव रहित प्रक्षेपण होगा, फिर इसके समानव अभियान में उपयोग को स्वीकृती प्रदान की जाएगी। अगर एच.एस.-200 का रचना चक्र देखें, तो हम पाते हैं कि यह भी पूर्व में कहे गए "मानव केंद्रित उत्पाद के 4 चरण" से होकर गुजरा है और इसके निर्माण के पीछे भारतीय अंतरिक्षयात्रियों की अंतरिक्ष यात्रा को संभव व सुरक्षित बनाना ही मुख्य आशय है। इसी तरह समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए बहुत से मानव केन्द्रित उत्पाद का निर्माण किया जा रहा है, जैसे कर्मिदल के लिए बचाव प्रणाली, जीवन प्रणाली, निगरानी प्रणाली इत्यादि, जो विज्ञान के क्षेत्र में बेहतरीन प्रौद्योगिकी के उदाहरण हैं।

भारत के समानव अंतरिक्ष कार्यक्रम मे भावी संभावना :

भारत ने समानव अंतरिक्ष कार्यक्रम की शुरुआत कर दी है, जिसमें दिन प्रतिदिन नई-नई प्रौद्योगिकी की रचना एवं समावेश होगा। ऐसी संभावनाए हैं की आने वाले दिनों में भारत के अंतरिक्ष वैज्ञानिक मानव के ग्रहों और गहरे अंतरिक्ष के सफर को सुगम बनाएंगे। विज्ञान, अनुसंधान की सामग्री, प्रयोगशाला, सैन्य सामान व सैनिकों से सज्ज हमारे अंतरिक्षयान पृथ्वी की विभिन्न कक्षाओं में तथा ग्रहों में स्थित रहें और इन सभी के पूर्णता के लिए आवश्यक विशिष्ट मानव केंद्रित उत्पाद बनाए जाएं और हम नई तकनीक और प्रौद्योगिकी में महारथ हासिल करें। इस तरह के अंतरिक्ष कार्यक्रम में बढ़ोत्तरी से विज्ञान, प्रौद्योगिकी, अभियांत्रिकी, इत्यादी में क्रांति आएगी और अंतरिक्ष अभियान के लिए उन्नत प्रौद्योगिकी का उपयोग विभिन्न तरह से मानव के उत्थान के लिए किया जाएगा, जिससे राष्ट्र का उत्थान होगा। इस तरह "अंतरिक्ष अभियान", "अंतरिक्ष में मानव केंद्रित उत्पाद" और "राष्ट्र उन्नति" का एक दूसरे के साथ गहरा संबंध है, जिसमें हर एक में वृध्दि दूसरों में वृध्दि का कारण बनती है और यह संपूर्ण मानवता के विकास के लिए पूरक है।

लेखक परिचय:



लेखक का पुरा नाम "सुदर्शन सिंह शिखरवार" है, जो "दुर्ग शहर, छत्तीसगढ़ राज्य" के मूल निवासी हैं; उन्होंने वर्ष 2005 में यंत्रिकी अभियांत्रिकी मे स्नातक की उपाधि अर्जित की तथा तदनंतर जनवरी 2006 में "सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र" में वैज्ञानिक-अभियंता-एस.सी. के पद पर तत्कालीन एस.पी.पी. में कार्यरत हुए। वर्तमान में वे क्यू.सी., एस.एम.पी.सी. यूनिट II में उप प्रबंधक के पद पर कार्ययत हैं। लेखक पी.एच.सी. -1, 301, शार में निवास करते हैं।

समानव अभियानों के लिए मानव-श्रेणी मानक एवं उनका अनुपालन

विपिन कुमार यादव
अंतरिक्ष भौतिकी प्रयोगशाला, विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केन्द्र, तिरुवन्तपुरम, केरल-695022
vipin_y**2**k@vssc.gov.in

सारांश

मानव को पृथ्वी के अनुकूल वातावरण से दूर अंतरिक्ष में भेजना एक जटिल एवं जोखिम भरा कार्य है। किन्तु फिर भी पिछले 61 वर्षों से मानव ने अंतरिक्ष में अपनी उपस्थिति लक्षित कर रखी है। मानव-सहित अंतरिक्ष अभियान के योजनाकार अभियानकर्ताओं के सम्मुख कई चुनौतियाँ हैं जिनमें सबसे जटिल है अंतरिक्ष कर्मीदल की पृथ्वी पर सकुशल वापसी अथवा आपात स्थिति में अंतरिक्ष-यान से सुरक्षित बाहर पलायन, आदि। इस लेख में सुरक्षित मानव-सहित अंतरिक्ष अभियान की योजना के उन पहलुओं पर प्रकाश डाला गया है जो ऐसी किसी भी योजना का अनिवार्य रूप से भाग होते हैं।

1. भूमिका

अंतरिक्ष की गहनता एवं विशालता को मानव ने आदिकाल से ही सराहा है तथा उसके बारे में जिज्ञासु रहा है। भारतीय पौराणिक ग्रन्थों में मानव के अंतरिक्ष में विचरण के अनेक विवरण उपस्थित हैं। वर्तमान युग में तत्कालीन सोवियत संघ के यूरी गागरिन 1961 में विश्व के प्रथम अंतरिक्ष यात्री बने तथा उसके बाद यह क्रम आरंभ हो गया तथा अभी तक चल रहा है किन्तु मानव के लिए अंतरिक्ष-भ्रमण सदैव एक चुनौती रहा है। मानव-सहित अंतरिक्ष अभियान के लिए गहन योजना बनाई जाती है जिसमें जोखिम एवं सुरक्षा मानकों दोनों का आकलन किया जाता है तथा उसके पश्चात उसे मानव-श्रेणी के मानक प्रदान किए जाते हैं।

अक्सर यह प्रश्न पूछा जाता है कि किसी अंतरिक्ष-यान अथवा रॉकेट को मानव-श्रेणी के मानक कैसे दिए जाते हैं जिससे मनुष्यों को उनमें बिठाकर अंतरिक्ष में भेजा जा सके? अमेरिका की नासा **(**NASA), यूरोपीय संघ की ईसा **(**ESA), जापान की जाक्सा (**JAXA)** एवं भारत की इसरो (**ISRO)** जैसी अंतरिक्ष एजेंसियाँ इस चुनौती का सामना किस प्रकार करती हैं? सामान्य भाषा में मानव-श्रेणी अंतरिक्ष-यान एवं रॉकेट वह मशीन है जिसके असफल होने की सम्भावना क्षीण हो अथवा किसी दुर्घटना की स्थिति में अंतरिक्ष-यान या रॉकेट से अंतरिक्ष-यात्री सकुशल बाहर निकलकर स्वयं को ख़तरे एवं आघात से दूर रख सकें।

मानव-श्रेणी के मानक की संकल्पना को समझने के लिए हम सबसे पहले मुख्य मानव-श्रेणी के गुणधर्मों को परिभाषित करते हैं तथा उनके अर्थ को समझते हैं। सर्वप्रथम - मानव-रक्षा को अंतरिक्ष यान के यात्रियों को लगने वाली किसी प्रकार की चोट अथवा मृत्यु की सम्भावना का माप माना जाता है। किसी भी अंतरिक्ष एजेंसी की यह नीति होती है कि वह अंतरिक्ष गतिविधियों में संलिप्त अपने कर्मचारियों एवं विशेष रूप से अंतरिक्ष यात्रियों व पृथ्वी पर कार्य कर रहे कार्मिकों के स्वास्थ्य एवं सुरक्षा को पूर्ण रूप से सुनिश्चित करे। दूसरे - एक मानव-श्रेणी मानक में मानव की आवश्यकताएँ, मानव के सामर्थ्य का प्रभावी उपयोग, सम्भावित ख़तरों को नियंत्रित करना, मानव-सहित अंतरिक्ष-यात्रा के साथ निहित जोखिमों का प्रबंधन एवं किसी आपातकालीन स्थिति में अंतरिक्ष यान के यात्रियों को सुरक्षित बाहर निकालने की सामर्थ्य प्रदान करना सम्मिलित हैं। इस बिंदु में मानव-श्रेणी के मानक के तीन सिद्धांत निहित हैं:

i. यह सुनिश्चित करना कि अभियान को सुरक्षित रूप से संचालित करने के लिए सम्पूर्ण निकाय सक्षम है।
ii. अभियान की परिकल्पना में ऐसी विशिष्टताओं का मिश्रण जो निकाय में मानव अभिक्रिया के सहायक हों।

iii. अभियान की परिकल्पना में ऐसी विशिष्टताओं एवं सामर्थ्य का समायोजन जो किसी संकट की स्थिति में अंतरिक्ष यान के यात्रियों को सुरक्षित बाहर निकाले।

मानव-श्रेणी का मानक एक विस्तृत प्रक्रिया है जिसमें सुरक्षा के विभिन्न परिवर्ती (वेरियबल्स) सम्मिलित किए जाते हैं जिससे एक सुरक्षित मानव-सहित अंतरिक्षयान अभिकल्पित करके उसका निर्माण हो सके तथा जो सफलतापूर्वक अपना कार्य सम्पूर्ण कर पृथ्वी पर लौट सके एवं अपने कर्मी-दल को भी सुरक्षित लौटा सके। इस प्रक्रिया का आरंभ कार्यक्रम की योजना के साथ ही शुरू हो जाता है एवं पूरे कार्यक्रम के दौरान चलता रहता है तथा जिसमें सम्मिलित होते हैं: अभिकल्पना एवं विकास; परीक्षण तथा सत्यापन; कार्यक्रम प्रबंधन एवं नियंत्रण; उड़ान तैयारी प्रमाणन; अभियान प्रचालन; अभियांत्रिकी की पुष्टि**;** अनुरक्षण**,** उन्नत करना एवं अपशिष्ट निपटाना।

मानव-श्रेणी की सुरक्षा का पहला मानक है – नियोजित अभियान को सुरक्षापूर्वक परिचालित करना जिसके लिए अत्यधिक सावधानीपूर्वक योजना बनानी पड़ती है। इस अभिकल्प में सर्वप्रथम जोखिम वाले पहलुओं को पहचान कर अलग करना होता है। यदि किसी जोखिम को पूर्णतया अलग करना संभव ना हो तो उसके नियंत्रण के लिए एक वैकल्पिक व्यवस्था की जाती है अथवा विफलता होने पर पूर्ति कर निकायों एवं अवयवों की व्यवस्था रखी जाती है। निकाय-तंत्रों को उनकी आवश्यकता के भी उच्च स्तरों पर तैयार किया जाता है जिससे वे विषम परिस्थितियों के चरम पर भी सुचारु रूप से कार्य कर सकें। इन तंत्रों में प्रयुक्त सभी अवयवों की विशिष्ट उत्कृष्टता आदि से लेकर अंत तक सभी प्रकार से सुनिश्चित की जाती है। उदाहरण के लिए यदि इसकी किसी घर के ऊष्म-तंत्र से तुलना की जाए तो यहाँ जोखिम यह होगा कि यह घर अपने निवासियों के रहने के लिए स्वास्थ्य एवं सुरक्षा के हिसाब से अत्यधिक ठंडा है। किसी भी ऊष्म स्थान पर यह जोखिम स्वतः ही समाप्त हो जाएगा। यदि ऐसा न हो तो जोखिम नियंत्रण (हैज़ार्ड कंट्रोल) के तंत्र अपना स्थान ले लेंगे। वैकल्पिक तंत्र का उपयोग किया जाएगा जैसे इस घर के लिए ऊष्मा-पम्प के लिए एक पूर्तिकर विद्युत अथवा गैस तंत्र होगा जो संपीडक (कंप्रेसर) के विफल होने अथवा संपीडक के पर्याप्त ऊष्मा उपलब्ध करवाने में असफल रहने पर सक्रिय हो जाएगा। इस ऊष्मा तंत्र को इस प्रकार से अभिकल्पित किया जाता है कि यह चरम मौसम (अति शीत) में भी सामान्य रूप से पूरे घर में पर्याप्त ऊष्मा का संचार सुचारु रूप से करता रहे। यहाँ इसे सुनिश्चित करना उपकरण निर्माता का कर्तव्य होता है जो तंत्र में प्रयुक्त अवयवों की उत्कृष्टता को नियंत्रण में रखता है।

यह सत्य है कि किसी भी अंतरिक्ष-यान सम्बंधी तंत्र को अभिकल्पित अथवा विकसित करते समय अत्यंत सावधानी बरती जाती है किन्तु फिर भी वैकल्पिक व्यवस्था अथवा पूर्तिकर के होने के बाद भी ऐसी परिस्थितियाँ सामने आ जाती हैं कि अभियान का परिचालन असंभव हो जाता है। ऐसी स्थिति में अंतरिक्ष-यान कर्मी दल का, सुरक्षा की दृष्टि से यान का परित्याग करना ही उचित होता है। जैसे कि इस उदाहरण में चरम-शीत मौसम में यदि ऊष्मा-तंत्र पूर्ण रूप से विफल हो जाए तो घर के निवासियों को सब कुछ पुनः सामान्य होने तक स्वास्थ्य एवं सुरक्षा की दृष्टि से किसी अन्य स्थान पर (अपने संबंधियों अथवा मित्रों के पास) चले जाना ही उचित रहेगा।

मानव-श्रेणी की दृष्टि से अंतरिक्ष अभियानों के यानों को चार श्रेणियों में बाँटा जा सकता है –

i. पृथ्वी-से-कक्षा (अर्थ-टू-ओर्बिट) यान: ये अंतरिक्ष-यान मुख्यतः प्रक्षेपण यान होते हैं जो नियमित रूप से प्रक्षेपित होते हैं इनमें पुनः-उपयोगी प्रक्षेपण यान भी सम्मिलित होते हैं।
ii. अंतरिक्ष-स्टेशन यान: ये यान निम्न पृथ्वी कक्षा में संचालित होने वाले होते हैं जो बस अंतरिक्ष-स्टेशन तक ही जाते हैं।
iii. कर्मीदल-वापसी-यान (क्रू-रिटर्न-वेहिकल): ये यान आपात स्थिति अथवा अनियमित उड़ान के अवसर पर उपयोग में लाये जाते हैं।
iv. पृथ्वी कक्षा से सुदूर (बियांड-अर्थ-ओर्बिट) यान: ये अंतरिक्ष-यान पृथ्वी से सुदूर चन्द्र अभियानों एवं उसके भी परे जाने के लिए आपूर्ति एवं कर्मीदल के बचाव के लिए उपयोग में आते हैं।

इन सभी अभियानों के लिए विस्तृत आवश्यकताएँ भिन्न-भिन्न हैं किन्तु मूलरूप से कुछ आवश्यकताएँ एक जैसी भी हैं एवं कुछ अन्य को थोड़ा-बहुत बदल कर सभी अभियानों में उपयोग में लाया जा सकता है। यह सभी लक्ष्य कर्मीदल के बचाव एवं अभियान के सकुशल तथा अंतरिक्ष-यान की सुरक्षित वापसी से संबन्धित हैं जिसकी परिकल्पना में अंतरिक्ष वातावरण में परिचालन में आने वाली कठिनाइयों को भी सम्मिलित किया जाता है।

2. मानव सहित अंतरिक्ष अभियान की आवश्यकताएँ

एक मानव-सहित अंतरिक्ष अभियान की कुछ मूलभूत एवं अनिवार्य आवश्यकताएँ होती हैं जिनका उल्लेख यहाँ किया गया है। इन आवश्यकताओं से यह परिलक्षित होता है कि एक अंतरिक्ष-यान अत्यंत जोखिम भरे वातावरण में कार्यरत रहता है विशेषकर आरोहण (एसेंट) एवं अवतरण (डिसेन्ट) के चरणों में तथा इसे वांतरिक्ष उद्योग में स्थापित सर्वोत्तम मानकों द्वारा ही इसे प्राप्त किया जा सकता है। यह इस तथ्य को भी दर्शाता है कि दृश्यता, सुरक्षा एवं इसके वाणिज्यिक निहितार्थों के कारण यह स्वाभाविक है कि अंतरिक्ष उड़ान में विफलताओं को न्यूनतम रखा जाए।

<u>सामान्य आवश्यकताएँ</u>

i. मानव-श्रेणी का मानक प्राप्त करने के लिए अंतरिक्ष यान को विशेष रूप से अभिकल्पित किया जाना चाहिए तथा उसी प्रकार उसका निर्माण, निरीक्षण, परीक्षण एवं प्रमाणन किया जाना चाहिए।
ii. अंतरिक्ष यान का अभिकल्प (डिज़ाइन), निर्माण एवं परीक्षण किसी मानक (जैसे JSCM 8080.5) स्तर एवं लागू सैन्य स्तरों पर खरा उतरना चाहिए। जहाँ पर भी वैकल्पिक उपगमन (आल्टरनेटिव अप्रोच) उपयोग में लाया गया हो वहाँ इस तथ्य का सत्यापन होना चाहिए कि वैकल्पिक उपगमन स्वीकृत उपगमनों का पालन करते हैं या उनसे उत्कृष्ट हैं।
iii. अंतरिक्ष-यान में कर्मीदल के निवास हेतु एवं जीवन-रक्षक निकायों को नासा के स्टैंडर्ड-3000 एवं नासा अंतरिक्ष उड़ान स्वास्थ्य आवश्यकताओं के समकक्ष होना चाहिए।
iv. विश्लेषणात्मक गणित मॉडल को वैधीकृत करने के लिए एक सफल एवं विस्तृत उड़ान परीक्षण कार्यक्रम पूर्ण किया जाना चाहिए। मानव-सहित उड़ान से पहले एक मानव-रहित उड़ान प्रचालित की जानी चाहिए जिससे एक सुरक्षित उड़ान आवरण (प्रोफ़ाइल) को सत्यापित किया जा सके।
v. मानव-रहित अंतरिक्ष-यान के निकट अथवा मानव-सहित यान के डेरा (डोकिंग) डालते समय आवश्यकताओं को इस प्रकार परिचालित किया जाना चाहिए कि दोनों में से किसी भी यान को किसी भी प्रकार की क्षति न पहुँचने पाए। इस बात की गुंजाइश रखी जानी चाहिए कि दोनों में से कोई भी यान किसी भी समय स्वतंत्र रूप से एक दूसरे से पृथक, चलन से बाहर अथवा अकस्मात क्रिया विफल (एबोर्ट) इस प्रकार से कर सके कि दूसरे यान की परिकल्पना एवं परिचालन आवश्यकताओं पर किसी भी प्रकार का असर न हो। इसके साथ ही मानव-रहित अंतरिक्ष-यान मानव-सहित यान द्वारा दिए गए संवेदनशील सुरक्षा निर्देशों का सदैव पालन करे।

मानव-श्रेणी मानक का आवश्यकता साँचा तालिका 1 में दिया गया है।

तालिका 1

सामान्य	पृथ्वी से कक्षा यान	अंतरिक्ष स्टेशन	कर्मीदल वापसी यान	पृथ्वी की कक्षा से परे
मानव अंतरिक्ष उड़ान के लिए अभिकल्पित	लागू	लागू	लागू	लागू
वांतरिक्ष अभिकल्प	लागू	लागू	लागू	लागू

आचरण				
कर्मीदल निवास योग्यता	लागू	लागू	लागू	लागू
उड़ान परीक्षण	लागू	संशोधित	लागू	संशोधित
सामीप्य प्रचालन	लागू	लागू	लागू	लागू

<u>सुरक्षा एवं विश्वसनीयता आवश्यकताएँ</u>

i. सुरक्षा कार्यक्रम को इस प्रकार अभिकल्पित किया जाना चाहिए जिससे कर्मीदल के सुरक्षित वापस लौटने की संचयी प्रायिकता (क्यूमूलेटिव प्रॉबबिलिटी) पूरे कार्यक्रम के दौरान 0.99 से अधिक हो। यह सुनिश्चित करने के लिए सभी उपलब्ध यंत्रावलियाँ की जाएँ जैसे अभियान सफलता, अकस्मात क्रिया विफलता, सुरक्षित ठहराव, कर्मीदल पलायन, आदि।

ii. पृथ्वी-से-कक्षा यानों पर एक कर्मीदल पलायन निकाय (सिस्टम) स्थापित किया जाना चाहिए जिससे उड़ान के दौरान विफलता के समय अथवा प्रक्षेपण से पूर्व या अवतरण के दौरान कर्मीदल को सुरक्षित बाहर निकाला जा सके। इस पलायन निकाय की सफल कर्मीदल वापसी की प्रायिकता (प्रॉबबिलिटी) 0.99 होनी चाहिए।

iii. पृथ्वी के सुदूर अभियानों के लिए अंतरिक्ष-यान एवं नोदन प्रणाली दोनों के पास अपनी सम्पूर्ण यात्रा में प्रयुक्त होने वाला पर्याप्त ईंधन तो होना ही चाहिए किन्तु कुछ अतिरिक्त ईंधन भी होना चाहिए जो आपात स्थिति में उपयोग में आ सके एवं कर्मीदल को जीवित रखने में सहयोग कर सके। अंतरिक्ष-यान का प्रपथ (ट्रैजेक्टरी) एवं नोदन प्रणालियों को इस प्रकार इष्टतमीकरण (ओप्टिमाइज़) किया जाना चाहिए कि आपात स्थिति में अकस्मात क्रिया का प्रावधान हो।

iv. यदि पृथ्वी-से-कक्षा यानों में एक उड़ान समापन तंत्र की आवश्यकता है तो अंतरिक्ष-यान को अभिकल्पित करते समय कर्मीदल की सुरक्षित पुनर्लब्धि उसमें समाहित होनी चाहिए।

v. कर्मीदल की सुरक्षा के लिए अभिकल्पित सभी क्रांतिक तंत्र (क्रिटिकल सिस्टम) दोहरा-दोष सहनशील (टू-फ़ौल्ट टोलरेंट) होने चाहिए। यदि यह व्यावहारिक रूप से संभव न हो तो यह अभिकल्पित किया जाना चाहिए कि कोई भी एकल विफलता कर्मीदल को क्षति न पहुँचा सके। इस आवश्यकता के लिए अनुरक्षण को अतिरेकता (रिडेन्डेंसी) के तीसरे अंग की तरह मानना चाहिए जब तक कि अभियान प्रचालन एवं सुप्रचालन इसकी अनुमति देते हैं।

vi. अंतरिक्ष-यान की विश्वसनीयता को परीक्षणों द्वारा सत्यापित किया जाना चाहिए तथा मानव-सहित पहली उड़ान से पूर्व समाकलन तंत्र स्तर पर इसका विश्लेषण होना चाहिए। इसके पश्चात हर उड़ान से पूर्व उड़ान आधारित विश्लेषण एवं तंत्र स्वास्थ्य निगरानी द्वारा इसे सत्यापित किया जाना चाहिए।

vii. पूरी उड़ान के आवरण के दौरान सभी क्रांतिक सॉफ्टवेयरों के प्रदर्शन एवं विश्वसनीयता का उड़ान के समकक्ष एवियोनिकी परीक्षण-स्थल पर परीक्षण होना चाहिए। स्वतंत्र रूप से सत्यापन एवं वैधीकरण विधि का उपयोग सॉफ्टवेयर परीक्षण प्रक्रिया की अखंडता सुनिश्चित करने के लिए किया जाना चाहिए।

मानव-श्रेणी मानक का सुरक्षा एवं विश्वसनीयता आवश्यकताओं का साँचा तालिका 2 में दिया गया है।

तालिका 2

सुरक्षा एवं विश्वसनीयता	पृथ्वी से कक्षा यान	अंतरिक्ष स्टेशन	कर्मीदल वापसी यान	पृथ्वी की कक्षा से परे
कर्मीदल अतिजीविता	लागू	लागू	लागू	लागू

आकस्मिक विफलता	लागू	---	---	लागू
उड़ान समापन	लागू	---	---	---
विफलता सहयता	लागू	लागू	लागू	लागू
विश्वसनीयता सत्यापन	लागू	लागू	लागू	लागू
सॉफ्टवेयर विश्वसनीयता	लागू	लागू	लागू	लागू

पाश-में-मानव (ह्यूमन-इन-लूप) आवश्यकताएँ

i. अंतरिक्ष-यान को उस पर सवार कर्मीदल को उपयुक्त अंतर्दृष्टि, हस्तक्षेप क्षमता, यान की स्वचालिता पर नियंत्रण, अनुत्क्रमणीय क्रिया करने का प्राधिकार एवं धरा से स्वायत्ता प्रदान करने में सक्षम होना चाहिए।
ii. उड़ान कर्मीदल को उड़ान के सभी चरणों के दौरान अंतरिक्ष-यान का नियंत्रण अपने हाथों में लेने में सक्षम होना चाहिए। अंतरिक्ष-यान को भी कूपर-हार्पर श्रेणीबद्ध पैमाने द्वारा परिभाषित स्तर-1 संभाल गुण (हैंडलिंग क्वालिटिस) दर्शाने चाहिए।
iii. अंतरिक्ष-यान के सभी प्रदर्श (डिस्प्ले), नियंत्रण कार्य एवं नियत कार्य के विस्तृत विश्लेषण पर आधारित होने चाहिए जिसे मानव कारक अभियन्ताओं के एक समेकित दल द्वारा निष्पादित किया गया हो तथा जिसमें अंतरिक्ष-यान प्रदर्श नियंत्रण अभिकल्प अनुभव, यान अभियन्ताओं तथा कर्मीदल के साथ किया गया हो।
iv. अभियान अभिकल्प को, जिसमें नियत कार्य अभिकल्प एवं कार्यक्रम रूपरेखा भी सम्मिलित हैं, कर्मीदल के अंतरिक्ष-यान को प्रचालित करने की क्षमता को प्रतिकूल प्रभावित नहीं करना चाहिए।

मानव-श्रेणी मानक का पाश-में-मानव आवश्यकताओं का साँचा तालिका 3 में दिया गया है।

तालिका 3

पाश-में-मानव	पृथ्वी से कक्षा यान	अंतरिक्ष स्टेशन	कर्मीदल वापसी यान	पृथ्वी की कक्षा से परे
कर्मीदल की भूमिका एवं अंतर्दृष्टि	लागू	लागू	लागू	लागू
मानव-हस्त (मैनुअल) नियंत्रण	लागू	लागू	लागू	लागू
मानव-मशीन अंतरापृष्ठ (इंटर्फेस)	लागू	लागू	लागू	लागू
नियत कार्य विश्लेषण	लागू	लागू	लागू	लागू

एक आदर्श अभियान योजना के विभिन्न अवयवों को तालिका 4 में एकत्रित किया गया है।

तालिका 4

रिलाएबिलिटी मॉडल	पृथ्वी से कक्षा तंत्र विफलता 100 अभियान	अंतरिक्ष स्टेशन तंत्र विफलता 10 वर्ष अभियान	कर्मीदल वापसी यान तंत्र विफलता 10 अभियान	पृथ्वी से परे कक्षा तंत्र विफलता 1 अभियान
संवेदनशील तंत्र विश्वसनीयता	0.99	0.999	0.999	0.99
प्रलयंकर विफलता की प्रायिकता	0.001	0.1	0.0001	0.1

अकस्मात क्रिया विफल क्षमता	0.99	----	----	0.9
कर्मीदल पलायन	0.99	0.99	----	----
अभियान के दौरान कर्मीदल सुरक्षा जोखिम	0.999989	0.99989	0.9989	0.99
कार्यक्रम के दौरान कर्मीदल सुरक्षा जोखिम	0.9989	0.99	0.9891	0.99

इस तालिका में दिए गए मान कोई विशिष्ट आवश्यकताएँ नहीं हैं। ये मान केवल यह दर्शाने के लिए हैं कि कुल कार्यक्रम कर्मीदल सुरक्षा आवश्यकताओं को प्राप्त करने के लिए विश्वसनीयता आवश्यकताओं को किस प्रकार आवंटित किया जा सकता है। वास्तविक आवश्यकताएँ एक विशेष अभियान एवं उसके अभिकल्पित प्रस्ताव तथा कार्यक्रम के अनुसार तय तथा लागू की जाती हैं।

3. भविष्य के लिए मानव-श्रेणी मानक

पिछले कुछ वर्षों में सरकार के सहयोग से वाणिज्यिक अंतरिक्ष बाज़ार में क्षमता एवं रूचि दोनों में उल्लेखनीय वृद्धि हुई है। प्रमुख अंतरिक्ष एजेंसी नासा के भविष्य के कार्यक्रमों में अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (ISS) तक कर्मीदल एवं मालभार पहुंचाने में वाणिज्यिक विक्रेताओं के अधिक सक्रिय भूमिका निभाने की संभावना है। यद्यपि सुदूर भविष्य में इसके सुखद परिणाम निकल सकते हैं, तथापि आने वाले कुछ वर्षों में नासा एवं अन्य अंतरिक्ष एजेंसियाँ इस विषय में कुछ नई चुनौतियों का सामना कर सकती हैं। निजी क्षेत्र द्वारा प्रस्तावित निम्न-पृथ्वी कक्षा प्रक्षेपण यान के सुरक्षा मानकों का पुरावलोकन करने की आवश्यकता होगी जिससे यह सुनिश्चित किया जा सके कि यह कर्मीदल के उपयोग के लिए 'न्यूनतम सुरक्षित' एवं 'इष्टतम तथा पर्याप्त सुरक्षित' हैं। इसके लिए अंतरिक्ष एजेंसियों के सुरक्षा विश्लेषण एवं सुरक्षा प्रबंधन में वृहत परिवर्तन की आवश्यकता होगी। अंतरिक्ष क्षेत्र में निजी भागीदारी के बावजूद अपने कर्मचारियों एवं ठेकेदारों (कर्मीदल) की सुरक्षा का उत्तरदायित्व अंतरिक्ष एजेंसियों का ही होगा एवं उसे ही जोखिम आकलन तथा जोखिम स्वीकार्यता में तकनीकी विशेषज्ञ की महत्वपूर्ण भूमिका निभानी होगी।

वाणिज्यिक अंतरिक्ष कंपनियों ने यह स्वीकार किया है कि उन्होंने कर्मीदल सहित कक्षा में प्रक्षेपण किए जाने वाले अंतरिक्ष यान के लिए नासा द्वारा निर्धारित मानक मानव-श्रेणी आवश्यकताओं की ओर ध्यान देना आरंभ कर दिया है। अतः विश्वसनीयता एवं संभावित दोष, उसके होने की संभावना, आदि के लिए अंतरिक्ष एजेंसियाँ यान का विश्लेषण करेंगी तथा किसी दुर्घटना के पश्चात उस वातावरण से पलायन की संभावनाओं को चिन्हित करेंगी। इसके साथ ही वाणिज्यिक अंतरिक्ष प्रबन्धक यह सुनिश्चित करेंगे कि अकस्मात क्रिया विफलता में विमोचक एवं मिथ्या विफलता की सीमाएँ पूर्व-निर्धारित हों। वे प्रक्षेपण विफल तंत्र (LAS, लांच एबोर्ट सिस्टम) के एक समाकलित अभिकल्प का भी आकलन करेंगे जो विफलताजनित विफल वातावरण को समायोजित करता है। इन कई वाणिज्यिक अंतरिक्ष प्रबन्धकों के लिए प्रमुख लक्ष्य प्रक्षेपण यान का विश्वसनीय होना है न कि सुरक्षा क्योंकि उन्हें विफल दुर्घटना वातावरणों की चिंता नहीं करनी है। उनका प्रमुख लक्ष्य विफलताओं के होने को कम करना है जो मात्र विश्वसनीयता को संबोधित करता है।

निकट भविष्य में भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) को भी ऐसे ही एक विस्तृत कार्यक्रम की रूपरेखा निर्धारित करने की आवश्यकता पड़ने वाली है किन्तु उसकी तैयारी अभी से प्रारम्भ करनी होगी। उपर्युक्त बिन्दु ऐसे किसी प्रलेख को तैयार करने में सहायक सिद्ध हो सकते हैं।

4. उपसंहार

मानव-सहित अंतरिक्ष अभियान एक अत्यंत दुष्कर चुनौती है। ऐसे किसी अभियान की रूपरेखा बनाने तथा विभिन्न चरणों को पूरा करने में अत्यधिक सावधानी की आवश्यकता होती है। अंतरिक्ष-यान के अंतरिक्ष में

प्रमोचन से लेकर अंतरिक्ष कर्मीदल की सुरक्षा से जुड़े सभी पहलुओं की ध्यानपूर्वक योजना बनाना एवं उसे सफलतापूर्वक एवं चरणबद्ध रूप से पूरा किया जाना इसमें सबसे बड़ी चुनौती है। ऐसी किसी भी योजना में आपात स्थिति में कर्मीदल के अंतरिक्ष-यान से सुरक्षित बाहर पलायन को भी सम्मिलित करना एक अनिवार्य पहलू है। इस दृष्टि से विभिन्न अंतरिक्ष एजेंसियों के मानव-श्रेणी मानक लगभग एक जैसे ही हैं।

संदर्भ

1. https://blogs.nasa.gov/Constellation/2009/02/04/post_1232036291606
2. https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5754527
3. http://sunnyday.mit.edu/hrr/std-1998.html

लेखक परिचय:



डॉ. विपिन कुमार यादव सन् 2005 में गुजरात विश्वविद्यालय से प्लाज़्मा भौतिकी में डॉक्टरेट करने के बाद अप्रैल 2006 में इसरो से जुड़े व सर्वप्रथम भारत-रूस की संयुक्त परियोजना एक्स किरणों के RT-2 प्रदायभारों को साकार करने में अपना विशिष्ट योगदान दिया। तत्पश्चात, भारत के मंगल कक्षित्र अभियान के अंतरिक्षयान पर अवस्थित MENCA प्रदायभार को साकार करने में उप-परियोजना प्रबन्धक के रूप में अपना सहयोग दिया। इसके पश्चात चंद्रयान-2 अभियान के दो प्रदायभारों – चंद्रयान-2 ऑर्बिटर पर अवस्थित CHACE-2 एवं चंद्रयान-2 लैंडर पर अवस्थित RAMBHA-LP को विकसित करने में परियोजना प्रबन्धक के रूप में अपना महत्वपूर्ण योगदान दे रहे हैं। आदित्य-L1 सौर अभियान के चुम्बकीय क्षेत्र मापने वाले प्रदायभार मैग्नेटोमीटर (MAG) के ये मुख्य अन्वेषक हैं और सौर-पवन को मापने वाले प्रदायभार PAPA के यान्त्रिकी परियोजना प्रबन्धक के तौर पर कार्य कर रहे हैं। ये 20 राष्ट्रीय एवं अंतर्राष्ट्रीय वैज्ञानिक संघों के आजीवन सदस्य हैं। अंतरिक्ष प्लाज़्मा भौतिकी विशेषतः अंतरिक्ष में प्लाज़्मा तरंगों एवं चुम्बकीय क्षेत्र के अध्ययन में इनकी विशेष रुचि है।

एच.एस.-200 ठोस रॉकेट मोटर की गुणवत्ता नियंत्रण जांच में यांत्रिक गुणों की भूमिका

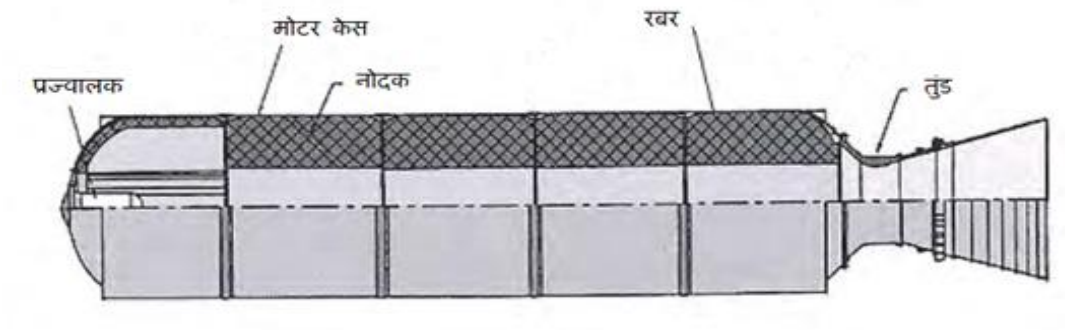
मो. परवेज़
सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र शार, श्रीहरिकोटा

सारांश

अंतरिक्ष विज्ञान में अनुसंधान तथा ग्रहीय अन्वेषण करते हुए राष्ट्रीय विकास के लिए अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी का दोहन करना हमारा लक्ष्य है। इसमें उच्च स्तरीय अत्याधुनिक तकनीक की आवश्यकता वाले सिस्टम का निर्माण शामिल है। समय के साथ, अंतरिक्ष कार्यकर्मों में परियोजनाएं और जटिल होती जा रही हैं, अतः उपग्रह उद्योग और संबंधित सेवाओं के लिए गुणवत्ता नियंत्रण का महत्व बढ़ जाता है। एच.एस.-200 रॉकेट मोटर में नोदक की संरचनात्मक अखंडता को बनाए रखने के लिए सबसे प्रमुख यांत्रिक गुण हैं- तन्य शक्ति, बढ़ाव और मापांक, इसलिए इनका परीक्षण बहुत जरूरी है। नोदक की गुणवत्ता नियंत्रण जांच और स्वीकृति के लिए मोटर में शामिल प्रत्येक बैच के संसाधित कार्टन को प्रठोसन के तुरंत बाद यांत्रिक गुणों का ध्यानपूर्वक माप जरूरी है। ठोस नोदक के यांत्रिक गुण प्राप्त करने के लिए एक-अक्षीय तन्यता परीक्षण, यूनिवर्सल टेस्टिंग मशीन (यू.टी.एम.) के ज़रिये किया जाता है।

प्रस्तावना :

ठोस नोदक का उपयोग प्रमोचन यानों सहित विभिन्न मिसाइलों में किया जाता है। वायुमंडल में ज्यादा अवरोध होने के कारण, इसे पार करने के लिए अधिक विशिष्ट आवेग वाली ठोस मोटर का इस्तेमाल प्रथम चरण में किया जाता है। रॉकेट मोटर्स में एक मोटर केस शामिल होता है, जिसे नोदक को धारण करने के लिए डिज़ाइन किया जाता है। केस एक उच्च शक्ति सामग्री से बना होता है, जैसे स्टील या फाइबर से बने पदार्थ 'केवलर'।



चित्र 1 : ठोस राकेट मोटर

मोटर में प्रज्वालक भी होता है, जिसे नोदक के शीर्ष पर लगाया जाता है, यह गर्म गैसों को उत्पन्न करके नोदक को जलाने की शुरुआत करता है, नोदक के जलने से अतिरिक्त गर्म गैस उत्पन्न होती है, जो तुंड असेंबली के माध्यम से बाहर निकलती है और बल प्रदान करती है। तुंड गैस के बहाव को निर्देशित या संशोधित करती है, जिससे आगे की ओर ज़ोर मिलता है। मोटर केस को उच्च तापमान पर गैसों की उच्च प्रवाह दर का सामना करना पड़ता है। नोदक जलने की अवधि लगभग 100-120 सेकंड होती है, इसलिए मोटर केस की सुरक्षा के

लिए इंसुलेशन प्रदान की जाती है। इंसुलेशन आमतौर पर केस की दीवार से जुड़ी रबड़ सामग्री की एक या अधिक परतें होती है।

ठोस नोदक कई सामग्रियों का एक समांग मिश्रण है, जैसे **ऑक्सीकारक -** यह ईंधन को जलाने के लिए आवश्यक ऑक्सीजन की पूर्ति करता है, **पॉलिमरिक बंधक -** यह ठोस कणों को एक साथ रखने के लिए तथा ईंधन के रूप में भी कार्य करता है, **धात्विक ईंधन -** धात्विक ईंधन दहन में अपनी भूमिका के अलावा, लौ के तापमान में भी वृद्धि करता है, जिससे विशिष्ट आवेग बढ़ता है, **प्लास्टिकारी -** यह नोदक को अच्छा प्रवाह और यांत्रिक गुण प्रदान करके प्रोसेसिंग में सुधार करता है, **बैलिस्टिक संशोधक -** इसे नोदक को आवश्यक ज्वलन दर प्राप्त करने के लिए उत्प्रेरक (कैटेलिस्ट) के रूप में उपयोग किया जाता है, **प्रपिंडक -** यह बंधक रेजिन के साथ प्रतिक्रिया करके क्रॉस लिंक्ड नेटवर्क बनाता है, जिससे नोदक स्लरी ठोस बनती है, इनके आलावा कई और सामग्रियां हैं, जिनमें क्रॉस लिंकिंग एजेंट, स्टेबलाइजर्स, आदि शामिल हैं।

दो रूपों में नोदक मिश्रण किया जाता है, पूर्व मिश्रण और अंतिम मिश्रण। पूर्व मिश्रण चरण में प्रपिंडक के बिना सारी सामग्री को अच्छे से मिलाया जाता है। अंतिम मिश्रण में प्रपिंडक के साथ गारे (स्लरी) का अच्छी तरह से मिश्रण किया जाता है। मिश्रित यंत्र से लाये गये नोदक गारे (स्लरी) को वैक्यूम स्थिति में रखे मोटर केस में ढाला जाता है। प्रठोसन ओवन में आवश्यक तापमान पर मोटर को कुछ दिनों के लिए रखा जाता है। यांत्रिक गुणों को मापने के लिए प्रत्येक बैच के संसाधित कार्टन को भी ओवन में रखा जाता है। प्रठोसन के तुरंत बाद इन कार्टनों में नोदक को स्लैब के रूप में काटा जाता है।

हम ठोस नोदक की स्वीकृति के लिए निम्नलिखित मापदंडों पर निर्भर रहते हैं:
• न्यूनतम संरचनात्मक सुरक्षा मार्जिन की उपलब्धता सुनिश्चित करने के लिए आवश्यक यांत्रिक गुणों की पुष्टि।
• अग्नि मोटर्स का परीक्षण करके बैलिस्टिक गुणों की पुष्टि।
• एन.डी.टी. के माध्यम से नोदक की मज़बूती की पुष्टि।

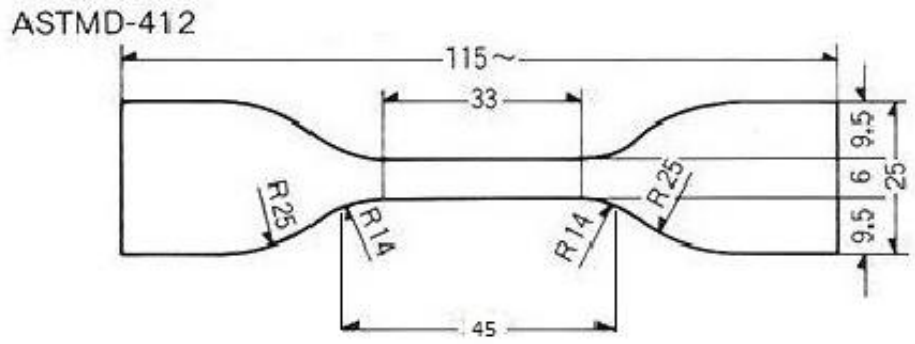
चूंकि हम ठोस नोदक की स्वीकृति के लिए यांत्रिक गुणों पर निर्भर हैं, इसलिए उनका परीक्षण एक महत्वपूर्ण मापदंड बन जाता है, इसलिए हमारी आवश्यकता के अनुसार इन यांत्रिक गुणों को प्राप्त करना बहुत महत्वपूर्ण है। नमूना और परीक्षण संबंधित मुद्दों के कारण न्यूनतम बिखराव के साथ उनका सटीक मूल्यांकन करना भी आवश्यक है। हालांकि संचालन के दौरान ठोस नोदक मोटर में तनाव क्षेत्र एक अक्षीय से बहुत दूर है, फिर भी एक अक्षीय तनाव परीक्षण का उपयोग गुणवत्ता प्रबंधन में किया जाता है।

मुख्य यांत्रिक गुण जिन्हें प्रयोगशाला में मापा जाता है, वे निम्नलिखित हैं,

तन्य शक्ति (kg/cm^2): यह एक अक्षीय तनाव है, जो इकाई क्रॉस-सेक्शन क्षेत्र सामग्री को तोड़ने के लिए आवश्यक है।
बढ़ाव (%): यह सामग्री के टूटने तक की खिंचाव क्षमता है।
मापांक (Kg/cm^2): यह सामग्री के विरूपण का विरोध करने की क्षमता है।

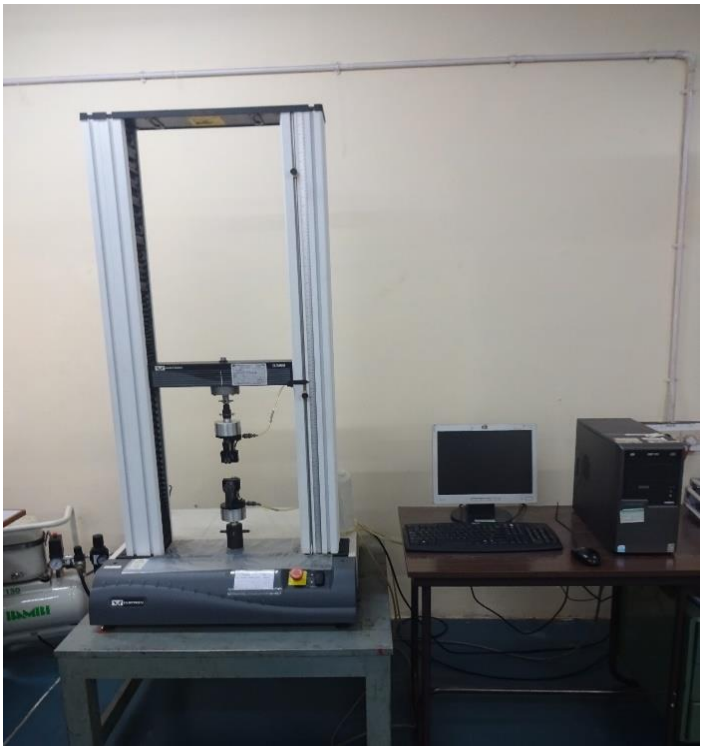
प्रायोगिक क्रियाविधि :
नमूना तैयार करना

प्रठोसन के बाद लाये गए नोदक कार्टनों को पहले स्लैब के रूप में काटा जाता है। तन्यता गुणों के मूल्यांकन के लिए नोदक स्लैब से डाई पंच का उपयोग कर, डम्बल (ASTM D412) के आकार के नमूनों को छिद्रित किया जाता है। परीक्षण शुरू करने से पहले, नमूनों को 20% RH से नीचे रखे डेस्सिकेटर में न्यूनतम 24 घंटे के लिए रखा जाता है।



चित्र २ : ASTM D 412 डम्बल

परिक्षण प्रक्रिया



यूनिवर्सल टेस्टिंग मशीन (यू.टी.एम.), Make: INSTRON, का उपयोग परीक्षण करने के लिए किया जाता है। कठोरता मापने के लिए Shore-A डूरोमीटर का इस्तेमाल किया जाता है।

परीक्षण से पहले, गेज के द्वारा प्रत्येक डम्बल की मोटाई, उसके गेज क्षेत्र में मापी जाती है। नमूने की चौड़ाई (6 मिमी.) स्थिर रखी जाती है। शुरुआती क्रॉस-सेक्शन क्षेत्र का उपयोग तन्य शक्ति की गणना के लिए किया जाता है। बढ़ाव की गणना के लिए, गेज लंबाई 45 mm मानी जाती है।

चित्र ३ : यू.टी.एम. मशीन

यू.टी.एम. में क्रॉस हेड से जुड़ी ग्रिप्स को आवश्यक दूरी जैसे 60 मिमी. पर रखकर, डम्बल को उनमें न्यूनतम समान दबाव (नोदक को **निचोड़ने** से बचने के लिए) पर जकड़ा जाता है। कंप्यूटर के जरिये परीक्षण शुरू किया जाता है। परीक्षण के दौरान क्रॉस हेड की गति (50 mm/min) को स्थिर रखा जाता है। यू.टी.एम. सॉफ्टवेर द्वारा प्रतिबल-विकृति से मिले डेटा के आधार पर, तन्य शक्ति, बढ़ाव और मापांक की गणना की जाती है। प्रत्येक परीक्षण के लिए न्यूनतम 6 नमूनों का परीक्षण किया जाता है। औसत मूल्यों की सूचना निम्नलिखित सारिणी में दी गई है।

सॉफ्टवेर में गणना निम्नलिखित सूत्रों से की जाती है।

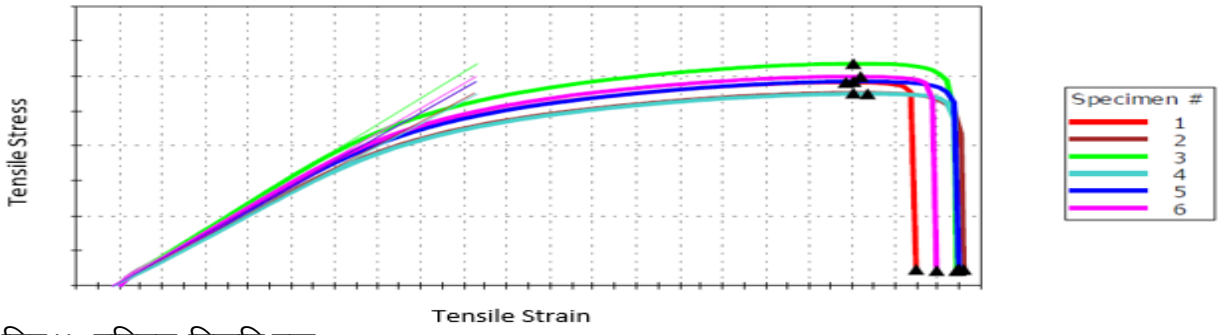
तन्यता शक्ति (kg/cm^2) = F / A जहाँ F = अधिकतम बल & A = क्रॉस सेक्शनल चेत्र

बढ़ाव (%) = (ΔL / $L_{original}$) x 100 जहाँ $\Delta L = L_{final} - L_{original}$

मापांक (kg/cm^2) = प्रतिबल / विकृति = **(F.$L_{original}$ / A. ΔL)**

गुण	PS1 ठोस नोदक
तन्यता शक्ति (kg/cm^2)	6-9
बढ़ाव (%)	30-45
मापांक (kg/cm^2)	40-60
कठोरता (Shore-A)	70-75

टेबल १ : PS1 ठोस नोदक के तन्यता गुण



चित्र ४ : प्रतिबल-विकृति वक्र

निष्कर्ष :

गगनयान मिशन में मानव रेटेड एम.के. III (MkIII) प्रमोचन यान में एच. एस. 200 ठोस मोटर स्ट्रैप-ऑन बूस्टर की भूमिका निभाता है। नोदक को अपने जीवनकाल के दौरान कई भारों का अनुभव करना पड़ता है, जैसे प्रठोसन के बाद संकुचन तनाव, नोदक मशीनिंग, एल.एफ. भरना, एन.डी.टी. प्रक्रियाएं जो ठोस रॉकेट मोटर की संरचनात्मक अखंडता को प्रभावित करती हैं। नोदक को इसके निर्माण के समय से लेकर उड़ान में इसके अंतिम उपयोग तक इस तरह के अत्यधिक प्रतिबल या अत्यधिक विकृति को सहने में सक्षम होना चाहिए। सतह पर अत्यधिक विकृति के कारण दरारें बन सकती हैं, जिससे असामान्य ज्वलन छेत्रफल बनता है। उपरोक्त भारों के तहत एक ठोस नोदक मोटर की संरचनात्मक अखंडता को उचित डिजाइन और प्रक्रिया के माध्यम से सुनिश्चित करने की आवश्यकता है, और यांत्रिक गुणों के मूल्यांकन के माध्यम से इनकी पुष्टि की जानी चाहिए। HS-२०० मोटर को कई 2.5 टन के बैच साइज के बाउल में मिश्रण कर तैयार किया जाता है। गुणवत्ता नियंत्रण के लिए बैच योग्यता और बैच-टू-बैच परिवर्तनशीलता का आकलन यांत्रिक गुणों के जरिये आवश्यक है।

लेखक परिचय:



मेरा नाम मो. परवेज है। मेरा जन्म हरियाणा के पलवल ज़िले में हुआ था। मैंने 2013 में अपनी 12वीं कक्षा पास की। उसके बाद दिल्ली के जामिया विश्वविद्यालय से बी.एस.सी. भौतिकी की डिग्री 2016 में प्राप्त की। 2018 में एम.एस.सी. भौतिकी की डिग्री प्राप्त की। जून 2018 में सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र शार में कार्य ग्रहण किया और वर्तमान में मैं वैज्ञानिक/अभियंता-एस.सी. के पद पर कार्यरत हूँ। अंतर केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी में लेख लिखने का यह मेरा प्रथम प्रयास है।

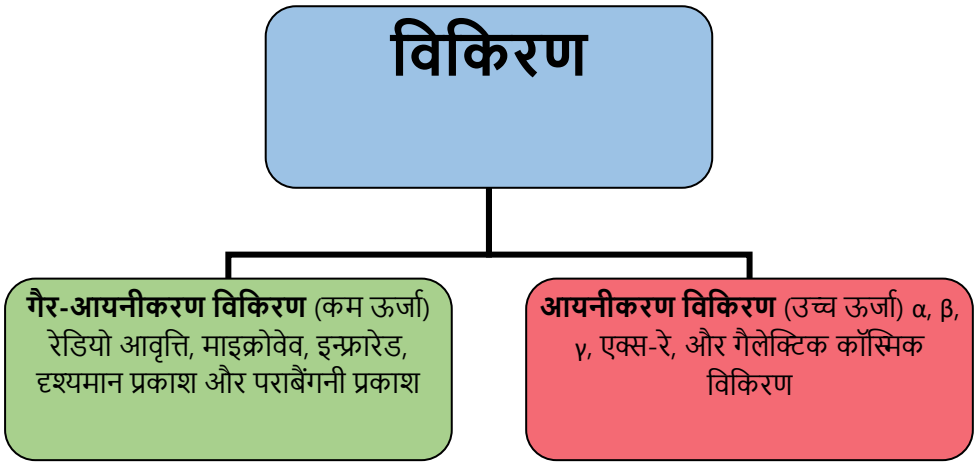
अंतरिक्ष विकिरण जोखिम एवं न्यूनीकरण तकनीकें

अखिल कुमार पोद्दार, वैज्ञानिक/ अभियंता – एस.डी.
अरविंद कुमार, वरिष्ठ तकनीकी सहायक, रवि कुमार वर्मा, वैज्ञानिक / अभियंता –एस.एफ.
पी.एम.क्यू.डी.-एम./ एस. आर. ए . - सैक
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
akhil201215@sac.isro.gov.in, arvind.kumar@sac.isro.gov.in, rkv@sac.isro.gov.in

1. परिचय

विकिरण की जितनी तीव्रता पृथ्वी के सतह में है उससे कहीं ज्यादा अंतरिक्ष में है । पृथ्वी की सतह में मौजूद रेडियोधर्मी पदार्थ, पृथ्वी में विकिरण का मुख्य कारण है । यह विकिरण पशु, पक्षी और मनुष्य के शरीर पर प्रतिकूल प्रभाव डालता है । पृथ्वी में इन विकिरण जोखिमों से बचने के लिए तीन उपाय हैं । पहला- रेडियोधर्मी पदार्थ के सामने कम से कम समय बिताना, दूसरा- रेडियोधर्मी पदार्थ से ज्यादा से ज्यादा दूरी बनाये रखना और तीसरा परिरक्षण का इस्तेमाल करना । हालांकि यह तीनों उपाय अंतरिक्ष में उतने कारगर नहीं हैं क्योंकि अंतरिक्ष में काफी चीजें बदल जाती हैं जबकि वहाँ कोई रेडियोधर्मी पदार्थ मौजूद नहीं होता। यह साहित्य सर्वेक्षण कार्य का उद्देश्य अंतरिक्ष विकिरण की उत्पत्ति, पृथ्वी की सतह से इसकी तीव्रता की तुलना, अनावरण सीमा, जीवित कोशिका पर जैविक प्रभाव के रहस्य की जांच और तद्नुसार इससे बचने के लिए उपयुक्त बचाव के प्रावधान पर चर्चा एवं इससे जुड़े तथ्यों को उजागर करना है और यह भविष्य में होने वाले मानव युक्त परियोजनाओं के लिए एक ठोस आधार प्रदान करेगी।

2. विकिरण और इसके प्रकार



विकिरण ऊर्जा का रूप है जो किरणों, विद्युत चुम्बकीय तरंग या कणों के रूप में उत्सर्जित या प्रसारित होता है। विकिरण का जैविक और यांत्रिक दोनों प्रणालियों पर नकारात्मक प्रभाव पड़ता है। विकिरण या तो गैर-आयनीकरण (कम ऊर्जा) या आयनीकरण (उच्च ऊर्जा) हो सकता है। आयनीकृत विकिरण में ऐसे कण या फोटॉन होते हैं जिनमें परमाणु या अणु को आयनित करने के लिए पर्याप्त ऊर्जा होती है। जिससे विकिरण पूरी तरह से इलेक्ट्रॉन को अपनी कक्षा से हटा कर इसे पॉजिटिव चार्ज परमाणु में बदल देता है और कम ऊर्जावान गैर-आयनीकरण विकिरण में इलेक्ट्रॉनों को निकालने के लिए पर्याप्त ऊर्जा नहीं होती है। आयनीकृत विकिरण गैर-आयनीकरण विकिरण की तुलना में अधिक खतरनाक है क्योंकि यह सामग्री में मौजूद परमाणु को प्रभावित करती है और परमाणुओं के आयनीकरण की ओर ले जाती है। परमाणुओं का आयनीकरण सामग्री के गुणधर्म के बिगड़ने का कारण होता है ।

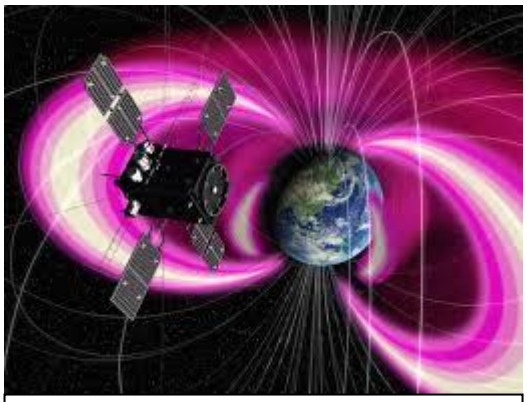
3. अंतरिक्ष में विकिरण का स्रोत

- **सूर्य** अंतरिक्ष के लिए विकिरण का सबसे बड़ा स्रोत है। सूर्य विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम में सभी तरंगों का उत्सर्जन करता है। इसका अधिकांश भाग दृश्यमान, इन्फ्रा-रेड तथा पराबैंगनी विकिरण के रूप में है । कभी-कभी सौर फ्लेयर्स और कोरोनल मास इजेक्शंस (सी.एम.ई.) नामक बड़े पैमाने पर विस्फोट सूर्य की सतह पर होते हैं, जिसके परिणामस्वरूप एक्स-रे, गामा किरणों और प्रोटॉन, इलेक्ट्रॉन की धाराओं के रूप में बड़ी मात्रा में ऊर्जा का प्रवाह अंतरिक्ष में होता है जिसे सौर कण घटनाएँ (एस.पी.ई.) कहा जाता है ।



चित्र 1: सूर्य विकिरण का मुख्य स्रोत, छवि क्रेडिट: नासा

- **गैलेक्टिक कॉस्मिक विकिरण (जी.सी.आर.):** जो की सौर मंडल के बाहर लेकिन मुख्य रूप से हमारी मिल्की वे आकाशगंगा के भीतर से आता है । सामान्य तौर पर, जी.सी.आर. परमाणुओं के नाभिक से बना होता है, जो उनके आस-पास के इलेक्ट्रॉनों को दूर होने से तैयार होता है और लगभग प्रकाश की गति से यात्रा कर रहा होता है।
- **वान एलन रेडिएशन बेल्ट:** यह विशेष रूप से पृथ्वी के चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र को संदर्भित करता है जो सूर्य से आने वाले ऊर्जावान आवेशित कणों (इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन आदि) को पकड़ता है एवं दूसरी ओर मोड़ देता है, जिसे विकिरण बेल्ट भी कहा जाता है और जो पृथ्वी को हानिकारक विकिरण से बचाता है। हालाँकि अन्य ग्रह भी अपना चुंबकीय क्षेत्र रखते हैं। इसमें अंदरुनी विकिरण बेल्ट और बाहरी विकिरण बेल्ट नामक दो क्षेत्र शामिल हैं। ये बेल्ट 1958 में वैज्ञानिकों के एक समूह द्वारा डॉ. जेम्स वान एलन की देख-रेख में खोजे गए थे। ये बेल्ट पृथ्वी के मैग्नेटोस्फीयर के आंतरिक क्षेत्र में स्थित हैं।



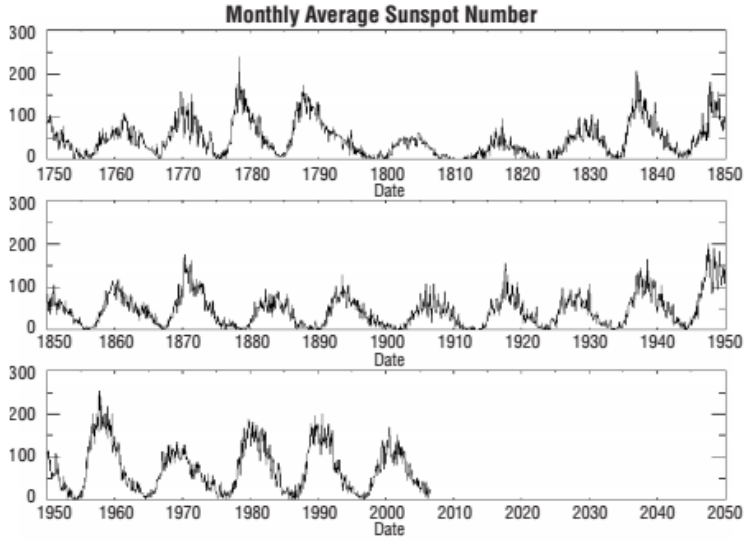
चित्र 2: वान एलन बेल्ट छवि क्रेडिट: नासा

अंदरुनी बेल्ट अंदरुनी वैन एलन बेल्ट पृथ्वी की सतह से 1000 km से 12000 km की ऊँचाई तक विस्तारित है। अंदरुनी बेल्ट में 100 KeV इलेक्ट्रॉनों की उच्च सांद्रता होती है और 100 MeV के आसपास ऊर्जा के प्रोटॉन होते हैं।

बाहरी बेल्ट आंतरिक बेल्ट की तुलना में बाहरी वैन एलन बेल्ट सौर गतिविधि से अत्यधिक प्रभावित एवं अधिक परिवर्तनशील है, 13000 km से 60000 km तक फैली हुई है। इसमें मुख्य रूप से उच्च ऊर्जा इलेक्ट्रॉन 0.1 से 10MeV तक के होते हैं।

4. अंतरिक्ष में विकिरण खुराक की मात्रा कौन से कारणों पर निर्धारित होती है

- **पृथ्वी के ऊपर की ऊँचाई:** अधिक ऊँचाई पर पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र कमजोर होता है, इसलिए वहाँ आयनीकृत कणों के खिलाफ कम सुरक्षा होती है ।
- **सौर चक्र:** सूर्य का 11 साल का चक्र होता है जो सौर चमक की संख्या एवं तीव्रता में वृद्धि के साथ समाप्त होता है। विशेष रूप से उस अवधि के दौरान जब सूर्य के कई धब्बे होते हैं।



चित्र 3 औसतन सूर्य धब्बे, छवि क्रेडिट: नासा

- **व्यक्ति की संवेदनशीलता:** शोधकर्ता अभी भी यह निर्धारित करने के लिए काम कर रहे हैं कि क्या एक व्यक्ति दूसरे व्यक्ति की तुलना में अंतरिक्ष विकिरण के प्रभाव के प्रति अधिक संवेदनशील है। यह सक्रिय जांच का एक क्षेत्र है।

5. विकिरण इकाइयाँ

विकिरण के कई गुण हैं जिन्हें विकिरण को मापते या परिमाणित करते समय विचार किया जाना चाहिए। इनमें स्रोत की रेडियोधर्मिता, स्वयं विकिरण की ऊर्जा, पर्यावरण में विकिरण की मात्रा और अवशोषित होने वाली विकिरण ऊर्जा की मात्रा शामिल है। सामूहिक रूप से, ये गुण विकिरण की प्रकृति को निर्धारित करते हैं। यह समझना बहुत महत्वपूर्ण है कि विभिन्न प्रकार के बराबर खुराक के विकिरण समान रूप से हानिकारक नहीं होते हैं। खुराक अलग-अलग अंगो के लिए भी भिन्न होती हैं । विकिरण खुराक में अंतर को समझने के लिए "समतुल्य खुराक" के रूप में व्यक्त किया जाता है।

पैरामीटर	**परिभाषा**	**SI इकाई**	**आम इकाई**
रेडियोधर्मिता	रेडियोधर्मी पदार्थ से विकिरण उत्सर्जन की दर	बेक्रेरल (Bq)	क्यूरी (Ci) 1 Ci = $3.7x10^{10}$Bq
अवशोषित खुराक	अवशोषित सामग्री के प्रति यूनिट द्रव्यमान में विकिरण द्वारा ऊर्जा में बढ़त	ग्रे (Gy) 1Gy = 100 RAD	विकिरण अवशोषित खुराक (RAD)
समतुल्य खुराक	जैविक प्रभाव के संदर्भ में खुराक की अभिव्यक्ति	सीवर्ट (Sv) 1Sv = 100 REM	रोएंत्गें समतुल्य द्रव्यमान (REM)
अनावरण (x रे और γ रे केवल)	विकिरण की क्षमता हवा को आयनित करने के लिए और वहां विद्युत आवेशों का निर्माण करती है जिन्हें एकत्र और मापा जा सकता है	कूलाम/ किलोग्राम (C/kg) 1 C/kg = 3880 R	रोएंत्गें (R) 1R = 10mSv ऊतक खुराक
ऊर्जा	कार्य करने की क्षमता	जूल (J)	इलेक्ट्रॉन वोल्ट (eV) 1 eV = $1.6x10^{-19}$ J

तालिका 1: विकिरण इकाइयाँ और माप

सभी प्रकार के आयनीकरण विकिरण (जैसे α,β,γ किरणों) के बराबर खुराक से उत्पन्न हुए विकिरण ऊर्जा समान हानिकारक जैविक प्रभाव नहीं पहुँचाते हैं। विभिन्न प्रकार के आयनीकरण विकिरण द्वारा उत्पन्न हानिकारक प्रभावों में अंतर के लिए, विकिरण खुराक को समतुल्य खुराक के रूप में व्यक्त किया जाता है।

समतुल्य खुराक = अवशोषित खुराक x विकिरण भार कारक

α किरण = 20, β और γ किरणों के लिए विकिरण भार कारक 1 होता है। इसका मतलब है कि α किरण β और γ किरणों की समान खुराक की तुलना में 20 गुना अधिक नुकसान पहुंचाती है।

प्रभावी खुराक = समतुल्य खुराक x ऊतक वजन कारक

जननांग के लिए ऊतक वजन कारक 0.2 है, पेट, फेफड़े 0.12, मूत्राशय, यकृत 0.05 और त्वचा के लिए 0.01 है। इसका मतलब यह है कि समान विकिरण खुराक के लिए शरीर के फेफड़ों, जिगर, त्वचा आदि की तुलना में जननांग को अधिक खतरा होता है।

6. विकिरण अनावरण सीमा

पृथ्वी की सतह पर मानव के लिए दुनिया भर में औसतन बैक ग्राउंड रेडिएशन खुराक 2.4mSv / वर्ष है। हालाँकि परमाणु उर्जा नियामक समिति विकिरण कार्यकर्ता के लिए प्रति वर्ष औसत 20mSv की अनुमति देता है लगातार पांच वर्षों के लिए और सामान्य आबादी के लिए यह प्रति वर्ष 1mSv है। अंतरिक्ष उड़ानों के लिए यह सीमा अधिक है। कम-पृथ्वी कक्षा में विकिरण अनावरण के लिए NASA की सीमा 500 mSv / वर्ष है। ध्यान दें कि युवा अंतरिक्ष यात्रियों के लिए यह सीमा कम है क्योंकि उनके पास जीने के लिए अधिक जीवन है, और बाद की स्वास्थ्य समस्याओं को विकसित करने का एक लंबा मौका है।

उम्र और लिंग के अनुसार नासा के अंतरिक्ष यात्रियों के लिए कैरियर एक्सपोजर सीमा (mSv)				
उम्र (साल)	25	35	45	55
पुरुष	1500	2500	3250	4000
महिला	1000	1750	2500	3000

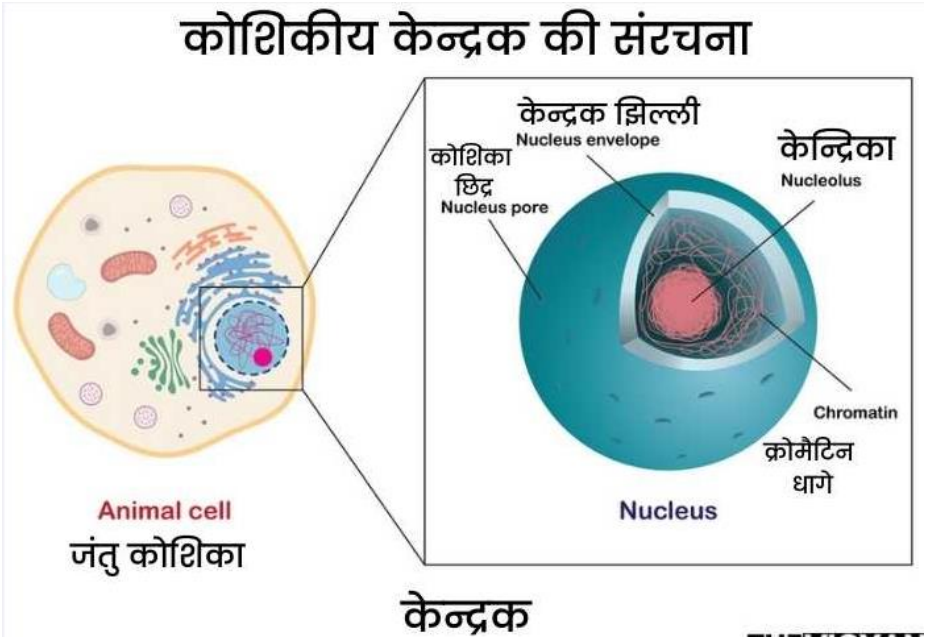
तालिका 2: अंतरिक्ष यात्रियों के लिए अनावरण सीमा

अंतरिक्ष स्टेशन में चालक दल सौर अधिकतम पर छह महीने के प्रवास के लिए औसतन 80 mSv प्राप्त करते हैं (कणों की अवहेलना करने के लिए अधिकतम संख्या में सूर्य के धब्बे और अधिकतम सौर चुंबकीय क्षेत्र) और छह महीने के लिए औसतन 160 mSv सौर न्यूनतम पर प्राप्त करते हैं (न्यूनतम संख्या में सूर्य के धब्बे और न्यूनतम सौर चुंबकीय क्षेत्र)। अंतरिक्ष यात्री को प्राप्त होने वाले विकिरण की कुल मात्रा बहुत अधिक सौर गतिविधि पर निर्भर करेगी जो ग्रह के चुंबकीय क्षेत्रों के संबंध में उनके स्थान एवं अंतरिक्ष यान में इस्तेमाल होने वाले विकिरण परिरक्षण की मात्रा और प्रकार पर निर्भर करेगा जैसे की अंतरिक्ष यात्रियों के आवास, अंतरिक्ष सूट, अंतरिक्ष यान इत्यादि।

7. विकिरण क्षति

मानव शरीर पर विकिरण का खतरा

यह साबित हो चुका है कि विकिरण डी-ऑक्सीराइबो न्यूक्लिक एसिड (डी.एन.ए.) नामक कोशिका के नाभिक में मौजूद बुनियादी रासायनिक पदार्थ को प्रभावित करता है। डी.एन.ए. हर जीव की कोशिकाओं में संग्रहित जीवन का ब्लू प्रिंट होता है। डीएनए में प्रोटीन, कोशिका प्रजनन, ऊतकों और अंगों के संगठन के लिए आवश्यक सभी जानकारी के लिए कोड होता है। प्रोटीन जैविक संरचनाओं के लिए और शरीर को कार्यात्मक रूप से बनाए रखने के लिए एक महत्वपूर्ण रसायन है। इसलिए, डी.एन.ए. की संरचना बरकरार रहे यह हमारे स्वास्थ्य के लिए महत्वपूर्ण है। आयनित विकिरण में डी.एन.ए. अणु को प्रभावित करने और उनकी संरचना को नुकसान पहुंचाने के लिए पर्याप्त ऊर्जा होती है। सौभाग्य से, हमारे शरीर की कोशिका इस क्षति को ठीक करने के लिए अत्यंत कुशल है। हालांकि, यदि क्षति को सही ढंग से ठीक नहीं किया जाता है, तो कोशिका मर सकती है या अंततः कैंसर का कारण बन सकती है। विकिरण के नुकसान तीव्र हो सकते है (कम समय में उच्च खुराक) या क्रॉनिक (लंबे समय से कम स्तर का विकिरण)। 1 सीवर्ट (Sv) की खुराक घातक कैंसर के जोखिम में 5.5 प्रतिशत की वृद्धि करती है। आई.एस.एस. अंतरिक्ष यात्रियों के चालक दल के व्यक्तिगत डॉसिमीटर से मापा गया है की अंतरिक्ष यात्रि प्रति दिन 12 से 28.8 milli rad विकिरण खुराक अवशोषित करते हैं।



चित्र 4 : जंतु कोशिका

एक्यूट रेडिएशन सिंड्रोम

खुराक	**1-2 Gy**	**2-4 Gy**	**4-6 Gy**	**6-10 Gy**	**>10 Gy**
अवधि	> 30 दिन	18-28 दिन	8-18 दिन	<7 दिन	3-5 दिन
लक्षण	थकान, कमजोरी	बुखार, संक्रमण, रक्तस्राव, कमजोरी, बालों का झड़ना	तेज बुखार, संक्रमण, रक्तस्राव, बालों का झड़ना	तेज बुखार, दस्त, उल्टी, चक्कर आना, लो बी.पी.	जी मचलाना, उल्टी, लंबे समय तक दस्त, सुस्ती
घातकता	0%	0-50%	20-70%	50-100%	100%

तालिका 3: मानव शरीर पर विकिरण का खतरा

8. विकिरण सुरक्षा समाधान

1. परिरक्षण

अलग-अलग परिरक्षण सामग्री का उपयोग करके कुछ ऊर्जा सीमाओं में (जी.सी.आर.) के प्रभाव को कम किया जा सकता है, लेकिन कुछ प्रकार के विकिरण के लिए यह केवल द्वितीयक विकिरण को बढ़ाएगा। हालांकि, यह माना जाता है कि कणों की उच्च ऊर्जा के कारण पतली एल्यूमिनियम परिरक्षण का नकारात्मक प्रभाव होता है। अंतरिक्ष विकिरण के लिए सबसे अच्छा परिरक्षण सामग्री (विशेष रूप से जी.सी.आर. के लिए) हाइड्रोजन को माना जाता है। इसलिए, तरल हाइड्रोजन इस दृष्टिकोण से आदर्श परिरक्षण सामग्री हो सकती है, लेकिन इसे संभालना और बनाए रखना मुश्किल है। हालांकि सबसे अच्छी व्यावहारिक सामग्रियों में पॉलीइथाइलीन और पानी हैं।

पॉलीइथाइलीन में कार्बन परमाणुओं के लंबे स्ट्रैंड होते हैं, जिसमें प्रत्येक कार्बन परमाणु दो हाइड्रोजन परमाणुओं (सिरों पर छोड़कर, जिनमें तीन होते हैं) से बँधे होते हैं। यह पानी की तुलना में थोड़ा बेहतर है क्योंकि कार्बन नाभिक ऑक्सीजन की तुलना में छोटे होते हैं, विकिरण कण को टकराव का अवसर कम होता है और लगभग समान हाइड्रोजन परमाणुओं के लिए कम द्रव्यमान होते हैं। विकिरण से सुरक्षा के लिए वर्तमान में दुनिया भर में उपलब्ध विचार नीचे दिए गए हैं।

- अंतरिक्ष यान की अंदरुनी दीवार में हाइड्रोजन से समृद्ध प्लास्टिक का इस्तेमाल किया जाना, विकिरण परिरक्षण का एक अच्छा उपाय हो सकता है।

• विद्युत चुम्बकीय क्षेत्र भी एक संभावना हो सकती है। पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र, सूर्य और बाहरी अंतरिक्ष से आने वाले हानिकारक विकिरण को रोक कर तथा विक्षेपित करके हमें बचाता है। ठीक उसी तरह अगर हम चालक दल के मॉड्यूल के आसपास कृत्रिम विद्युत चुम्बकीय क्षेत्र बना सकें तो मॉड्यूल के अंदर विकिरण की तीव्रता को कम किया जा सकता है।

2. दवा

अनुसंधान की एक और रेखा दवाओं का विकास है जो विकिरण से होने वाले नुकसान की मरम्मत के लिए शरीर की प्राकृतिक क्षमता को बढ़ाती है। जिन दवाओं पर विचार किया जा रहा है उनमें से कुछ रेटिनॉइड हैं जो की एक विटामिन एंटीऑक्सिडेंट गुणों से पूर्ण है और जो कोशिका विभाजन को मंद करती हैं, हानिकारक म्यूटेशन होने से पहले नुकसान को ठीक करने के लिए शरीर को समय देता है।

3. अंतरिक्ष उड़ान का समय

समय और मिशन की अवधि को बुद्धिमानी से चयन किया जाना चाहिए। मॉड्यूल के अंदर विकिरण के प्रभाव को कम करने के लिए, वैज्ञानिकों को सौर अधिकतम के दौरान मानव अंतरिक्ष उड़ान की योजना बनाने की आवश्यकता है, जिसके परिणामस्वरूप अंतरिक्ष यात्रियों को न्यूनतम औसत खुराक मिलती है।

9. निष्कर्ष

अंतरिक्ष में विकिरण का स्तर हमेशा ही पृथ्वी के तुलना में ज्यादा होता है और विकिरण चारों ओर से आ रही होती हैं। अंतरिक्ष में विकिरण कभी एक समान नहीं रहता, इसकी स्तर कम ज्यादा होती रहती है जो की सौर चक्र पर निर्भर करती है। विकिरण जोखिमों को कम करने के लिए हमें अंतरिक्ष उड़ान की योजना सौर अधिकतम के दौरान बनानी होगी। अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा अवशोषित खुराक की निगरानी करनी होगी और अनावरण सीमा का सख्ती से पालन करने की आवश्यकता है। विकिरण परिरक्षण के लिए अंतरिक्ष यान और स्पेससूट के निर्माण में हाइड्रोजन से समृद्ध प्लास्टिक का इस्तेमाल किया जाना चाहिए। रेटिनॉइड दवाओं का इस्तेमाल भी विकिरण जोखिमों से बचने के लिए एक कारगर उपाय हो सकता है। हालाँकि, अभी तक सभी प्रकार के विकिरणों का कोई एक समाधान नहीं है, लेकिन अब इन विचारों की जांच की जा रही है, वे भविष्य में संभव समाधानों को विकसित करने के लिए एक ठोस आधार प्रदान करेंगे।

संदर्भ

1. Federal Radiation Protection Guidance for Occupational Exposure, Federal Register, p. 2822, January 27, 1987.
2. National Council on Radiation Protection and Measurements, Protection in Nuclear Medicine and Ultrasound Diagnostic Procedures in Children, NCRP Report No. 73,1983.
3. International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication No. 60, 1991.
4. National Academy of Sciences, The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation (BEIR V), National Academy Press, Washington, DC, 1990.
5. J.L. Young and R.W. Miller, Incidence of Malignant Tumors in U.S. Children, Journal of Pediatrics, pp. 254-258, 1975.
6. W.J. Blot, Growth and Development Following Prenatal and Childhood Exposure to Atomic Radiation, Journal of Radiation Research (Supplement), pp. 82-85, *1975.*

लेखक परिचयः



अखिल कुमार पोद्दार
वैज्ञानिक/ अभियंता – एस.डी., पी.एम.क्यू.डी.–एम./एस. आर. ए. – सैक-अहमदाबाद
मास्टर डिग्री रसायन विज्ञान, आई.आई.टी. पी. -28 वां बैच



अरविंद कुमार,
वरिष्ठ तकनीकी सहायक, पी.एम.क्यू.डी.–एम./एस. आर. ए. – सैक-अहमदाबाद
डिप्लोमा डिग्री रसायन अभियांत्रिकी



रवि कुमार वर्मा,
वैज्ञानिक / अभियंता –एस.एफ., पी.एम.क्यू.डी.–एम./एस. आर. ए. – सैक-अहमदाबाद
स्नातक डिग्री यांत्रिक अभियांत्रिकी, आई.आई.टी. पी. -13 वां बैच

अंतरिक्ष विकिरण के खतरे एवं इनके न्यूनीकरण के प्रबंधन

एन. रूपा, राकेश मोहन एवं आर. बी. भास्कर राव, पखनि, दक्षिणी क्षेत्र बेंगलुरू

email:nrupa.amd@gov.in

सारांश

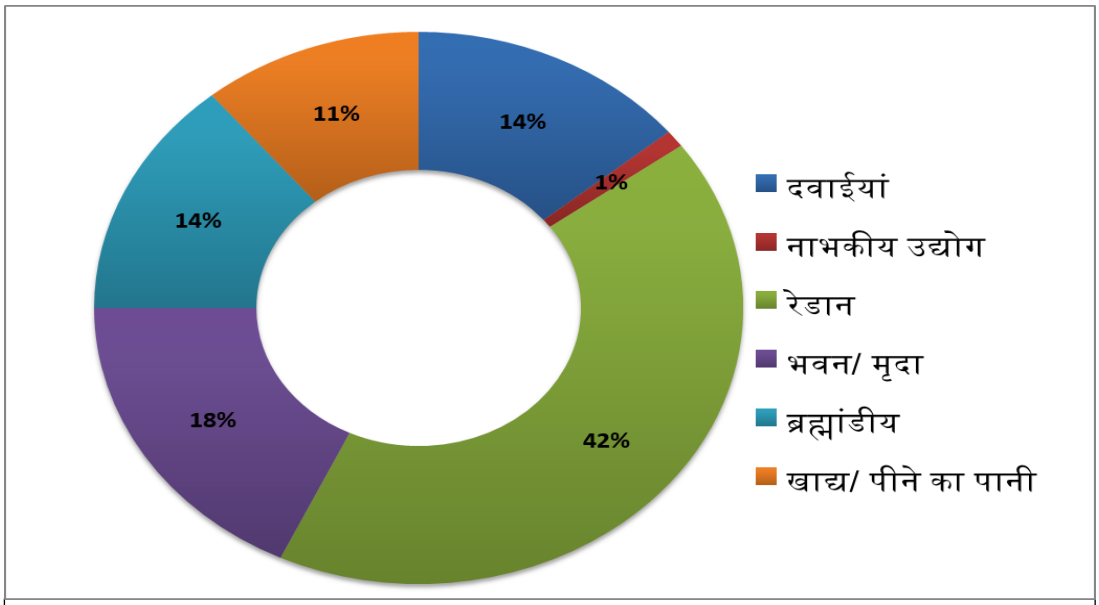
विकिरण संम्पूर्ण ब्राह्मांड में उपस्थित है। यह चाहे पृथ्वी पर हो या अंतरिक्ष में। पृथ्वी पर विकिरण जिसे स्थलीय विकिरण के रूप में जाना जाता है, मुख्य रूप से रेडियोधर्मी न्यूक्लाइड और कॉस्मिक किरणों के कारण होता है। अंतरिक्ष में विकिरण मुख्य रूप से सौर कण घटनाओं और आकाशीय पिंड के कॉस्मिक किरणों के कारण होता है। अंतरिक्ष विकिरण के संपर्क में आने से विकिरण संबंधित बीमारियाँ जैसे, कैंसर, केंद्रीय तंत्रिका तंत्र पर प्रभाव आदि प्रमुख हैं। इस पत्र में अंतरिक्ष में विकिरण के स्रोतों और उनके न्यूनीकरण के प्रबंधन पर चर्चा की गई है।

विवरण

अंतरिक्ष उड़ान के लिए मानवीय जीवन की सीमाओं को सीमित करने वाले मुख्य पर्यावरणीय कारकों में से एक अंतरिक्ष विकिरण है। यह एक महत्वपूर्ण जोखिम है जिसे सौर मंडल में अन्वेषण करने वाले वैज्ञानिकों के लिए इसके न्यूनीकरण के प्रबंधन की आवश्यकता होती है। विकिरण के अस्तित्व के कारण अंतरिक्ष अन्वेषण एक खतरनाक प्रयास है। अंतरिक्ष विकिरण, पृथ्वी के वायुमंडल और चुम्बकीय मंडल द्वारा भी नहीं रोका जा सकता है, जो अंतरिक्ष यात्रियों की कोशिकाओं को नुकसान पहुंचाने के साथ मृत्यु का कारण भी बन सकता है। कम ऊंचाई की पृथ्वी की कक्षाओं से दूर, अंतरिक्ष विकिरण के संपर्क में आने से अंतरिक्ष यात्रियों को विकिरण संबंधित बीमारी के साथ-साथ कैंसर एवं केन्द्रीय तंत्रिका तंत्र पर दुषप्रभाव का उच्च जोखिम और अपक्षयी बीमारियों के लिए गंभीर खतरा हो सकता है। विकिरण से पृथ्वी भी प्रभावित होती है। विकिरण के मुख्य स्रोत स्थलीय और ब्रह्मांडीय हैं। विकिरण हमेशा पृथ्वी पर मौजूद होता है, जो प्राकृतिक आंतरिक या बाहरी स्रोतों के योगदान के कारण उत्पन्न होता है (नेशनल अकादमिक्स, 2008)।

पृथ्वी से निकलने वाले विकिरण को स्थलीय विकिरण कहते हैं। मुख्य रेडियोन्यूक्लाइड जैसे पोटेशियम, यूरेनियम, थोरियम, और उनके क्षय उत्पाद जैसे रेडॉन और रेडियम, जो अपने न्यून अर्ध जीवन काल के कारण प्रकृति में अत्यंत रेडियोधर्मी हैं (हंट, 2016), परन्तु ये स्थलीय वातावरण में बने हुए हैं तथा गौण मात्रा में मौजूद हैं।

प्राकृतिक रूप से रेडियोन्यूक्लाइड गौण मात्रा में मृदा, शैल, पानी, हवा और वनस्पति में उपस्थित होते हैं जिनके द्वारा उत्पन्न विकिरण श्वांस या शरीर द्वारा निगला जाता है। महासागर और अन्य जल निकायों पर विकिरण का स्तर स्थलीय विकिरण का दसवां हिस्सा होता है। विश्व में विकिरण की औसत प्राकृतिक मात्रा प्रति वर्ष लगभग 2.4 मिली सीवर्ट या 240 मिली रेम है। पृथ्वी पर होने वाले विकिरण के विभिन्न स्रोतों को चित्र 1 में दर्शाया गया।



चित्र 1. पृथ्वी पर विकिरण के स्रोत (स्रोत: विश्व नाभिकीय ऐसोसिएशन)

ब्रह्मांडीय विकिरण: अंतरिक्ष से पृथ्वी पर विकिरण की लगातार वर्षा होती रहती है। सौर मंडल के बाहर से उत्पन्न होने वाले बड़े नाभिक और प्रोटॉन इस विकिरण का अधिकांश हिस्सा बनाते हैं। पृथ्वी के वायुमंडल में द्वितीयक विकिरणों का भी प्रभाव होता है। ब्रह्मांडीय विकिरण से वायुमंडल में परमाणुओं के साथ की परस्पर क्रिया से एक्स-रे, म्यूऑन, प्रोटॉन, अल्फा कण, पियन, इलेक्ट्रॉन और न्यूट्रॉन आदि बनते हैं जो द्वितीयक विकिरण का कारण होते हैं। कार्बन -14 का उत्पादन, ब्रह्मांडीय विकिरण के नाइट्रोजन परमाणुओं के साथ परस्पर क्रिया से होता है तथा प्राकृतिक न्यूट्रॉन पृष्ठभूमि विकिरण भी उत्पन्न होता है। इन विकिरणों का प्रभाव भू-चुंबकीय क्षेत्र और ऊंचाई के आधार पर ग्रह के चारों ओर भिन्न होता है। इसका फ्लक्स भू-चुंबकीय अक्षांश के साथ भिन्न होता है और चुंबकीय ध्रुवों में अधिक होता है। सौर चुंबकीय क्षेत्र में कम परिरक्षण के कारण, सौर फ्लेयर्स की न्यूनतम गतिविधि पर सौर फ्लेयर्स की अधिकतम गतिविधि से फ्लक्स लगभग दोगुना होता है।

अंतरिक्ष पर विकिरण के स्रोत

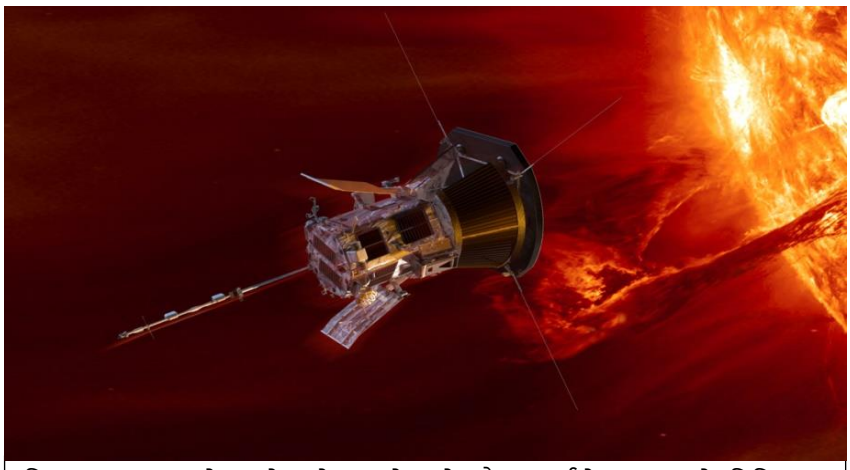
- सौर कण घटनाएं - जो सौर मंडल के सौर विकिरण की वर्षा से संबंधित कण हैं जो अंतरिक्ष में प्रवाहित किये जाते हैं
- गैलेक्टिक कॉस्मिक किरणें - जो बहुत ऊर्जावान प्रोटॉन हैं और
- भारी आयन - जो हमारे सौर मंडल के बाहर से उत्पन्न होते हैं

सूर्य से सभी प्रकार की विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम आवृत्तियों (ई.एम.) का उत्सर्जन होता है। कभी-कभी, सूर्य की सतह पर भारी विस्फोट होते हैं जिसे सौर फ्लेयर्स के रूप में जाना जाता है जो एक्स-रे, गामा किरणों और प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉनों की धाराओं के रूप में अंतरिक्ष में भारी मात्रा में ऊर्जा भेजते हैं, जिसे सौर कण घटना (एस.पी.ई.) के रूप में जाना जाता है। सूर्य के पास से इन ऊर्जावान कणों को त्वरित किया जाता है और विकिरण खतरों के लिए यह ऊर्जाकरण प्रक्रिया महत्वपूर्ण है। सूर्य से दूर के क्षेत्रों में भी, ये सौर फ्लेयर्स अंतरिक्ष यात्रियों और उनके उपकरणों को गंभीर रूप से नुकसान पहुंचा सकते हैं।

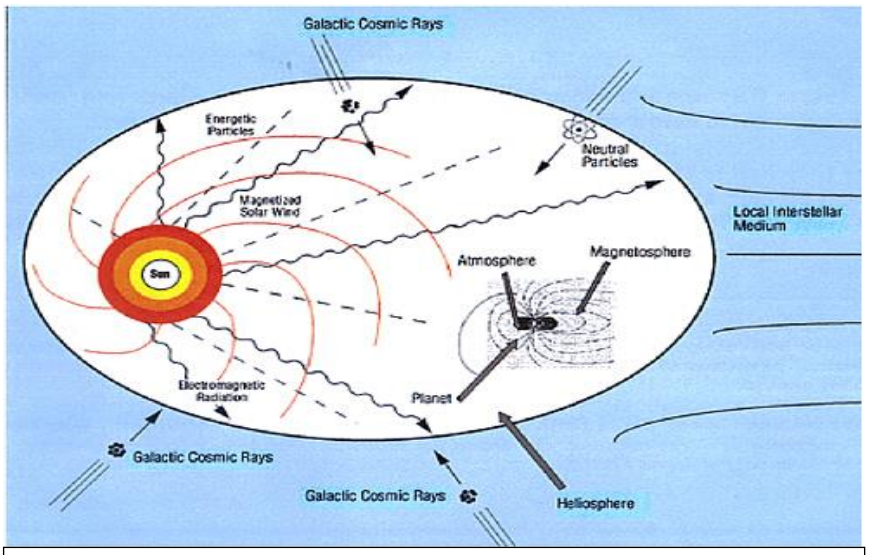
सौर कण घटनाएं: प्रोटॉन, सौर कण घटनाओं का मुख्य हिस्सा हैं (लेटाव एवं अन्य 1989), जिनमें आमतौर पर कम से मध्यम ऊर्जा होती है (10 से लगभग 100 मिलियन इलेक्ट्रान वोल्ट प्रति नाभिक)। ये अधिकतम सौर विकिरण के दौरान अधिक संभावित हैं और इसका समय, अवधि, खुराक की दर और खुराक सभी अनिश्चित होते हैं।

नासा के पार्कर सोलर प्रोब से पता चलता है कि सौर ज्वाला के बाद छोड़े जाने वाले सूर्य का प्लाज्मा खतरनाक विकिरण स्थितियों को उत्पन्न करने वाले सौर ऊर्जावान कणों को कैसे तेज और ढेर कर सकता है (चित्र 2)।

गैलेक्टिक कॉस्मिक किरणें (जी.सी.आर.): गेलेक्टिक कॉस्मिक विकिरण ऊर्जावान कणों के पार्श्व स्रोत हैं जो लगातार धीरे-धीरे बदलती हुई, अत्यंत उच्च ऊर्जा के साथ पृथ्वी पर गिरते हैं (लेटाव एवं अन्य, 1989)। जी.सी.आर. सुपरनोवा जैसी विस्फोटक घटनाओं द्वारा बनाया गया है और इसकी उत्पत्ति सौर मंडल के बाहर हुई है। इसमें बहुत अधिक ऊर्जा के भारी आयन होते हैं जो प्रति नाभिक 10 गीगा इलेक्ट्रान वोल्ट तक की ऊर्जा लिए होते हैं। इन विकरणों से परिरक्षण संभव नहीं है क्योंकि ये आयन सैकड़ों सेंटीमीटर सामग्री को वेध सकते हैं और द्वितीयक विकिरण का उत्पादन करते हैं (चित्र 3)।

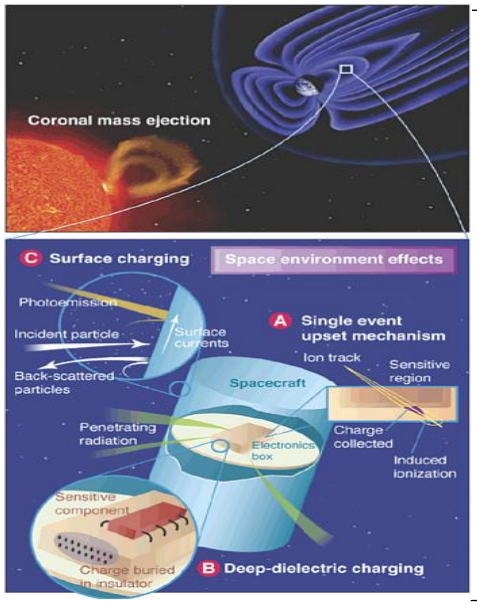


चित्र 2. नासा का सोलर प्रोब सोलर फ्लेयर के दौरान सूर्य के प्लाजमा के विकिरण
स्रोत : नासा



चित्र 3. गैलेक्टिक कॉस्मिक किरणें (जी.सी.आर.) को प्रदर्शित करता हुआ

सौर कण घटनाओं (एस.पी.ई.) की प्रकृति एवं समय दोनों अप्रत्याशित हैं जबकि इनके विपरीत गैलेक्टिक कॉस्मिक विकिरण (जी.सी.आर.), प्रत्येक 11 साल के चक्र में बदलती रहती है। परन्तु एक निश्चित समय पर होने वाली सौर कण घटानाओं से होने वाले विकिरण जोखिम को पर्याप्त परिरक्षण प्रदान करके नियंत्रित किया जा सकता है जबकि गैलेक्टिक कॉस्मिक किरणों द्वारा होने वाले विकिरण खतरों का परिरक्षण द्वारा कम नहीं किया जा सकता है क्योंकि वे एक उच्च ऊर्जा लिए हुए हमेशा विद्यमान रहती हैं। एस.पी.ई. और जी.सी.आर. दोनों में प्रोटॉन के अलावा भारी नाभिक (जिसे उच्च परमाणु भार एवं ऊर्जा, एच.जेड.ई.) कणों के रूप में भी जाना जाता है (चित्र 4)। एच.जेड.ई. कणों के जैविक प्रभावों का वर्तमान ज्ञान अपर्याप्त है।



चित्र 4 . अंतरिक्ष मौसम और इसके प्रभाव(ऊपर): सूर्य-पृथ्वी प्रणाली से जुड़ा हुआ है, एक बड़ा कोरोनल द्रव्यमान इजेक्शन सूर्य से पृथ्वी और उसके चुम्बकीय मंडल की ओर फैलता है। (नीचे) पृथ्वी की परिक्रमा करने वाले अंतरिक्ष यान पर अंतरिक्ष-मौसम-एवं इसका प्रभाव: (ए) एकल घटना ऊर्जावान आयनों के एकल-घटना कारण, मशीनी में दुष्प्रभाव (बी) सापेक्ष इलेक्ट्रॉनों के कारण पेराविद्युत आवेशीकरण और (सी) मध्यम-ऊर्जा इलेक्ट्रॉनों के कारण सतही आवेशीकरण (प्रेस्टन मोरिघन। कॉपीराइट, 2002)

अंतरिक्ष यात्रियों को प्राप्त होने वाले विकिरण की मात्रा निर्धारित करने वाले मुख्य कारक

- पृथ्वी से ऊंचाई - अधिक ऊंचाई पर आयनीकृत कणों से सुरक्षा में कमी का मुख्य कारण पृथ्वी की वायुमंडलीय सुरक्षा एवं कमजोर चुंबकीय क्षेत्र है और अंतरिक्ष यान इन बन्द विकिरण पट्टीयों से अधिक बार गुजरते हैं।
- सौर चक्र - सूर्य का चुंबकीय क्षेत्र एक चक्र से गुजरता है, जिसे सौर चक्र कहा जाता है। प्रत्येक 11 साल में सूर्य के उत्तरी और दक्षिणी ध्रुवों स्थान पूर्ण रूप से विपरीत ध्रुव्रों पर आ जाते हैं। और यह प्रक्रिया निरंतर हर 11 साल में दोहरायी जाती है। इस चक्र के दौरान सौर फ्लेयर्स की संख्या और तीव्रता बढ़ जाती है, खासकर उन अवधियों के दौरान जब कई सनस्पॉट होते हैं।
- व्यक्तिगत ग्राह्यीता- शोधकर्ता यह निर्धारित करने का प्रयास कर रह हैं अंतरक्षीय विकरणों के प्रभाव के लिए एक व्यक्ति की ग्राह्यीता दूसरे व्यक्ति की तुलना में भिन्न क्यों हैं हैं अंतरिक्ष यान अक्सर अधिक ऊंचाई पर सीमित विकिरण बेल्ट से गुजरता है क्योंकि पृथ्वी के वायुमंडल और कमजोर चुंबकीय क्षेत्र के अनुपस्थिति के कारण आयनित कणों से कम परिरक्षण होता है।

पृथ्वी की निचली कक्षाओं से दूर, अंतरिक्ष यात्रियों को अंतरिक्ष विकिरण संबंधी प्रभावी खतरे हो सकते हैं, और कैंसर, केंद्रीय तंत्रिका तंत्र के प्रभाव और अपक्षयी बीमारियों के लिए जीवन भर के जोखिम में वृद्धि कर सकता है। अनुसंधानों से यह ज्ञात होता है कि विकिरण की त्रीवता एवं विभिन्न मात्रा के प्रभावन से कैंसर और अपक्षयी बीमारियों हो सकती हैं। गैलेक्टिक कॉस्मिक किरणों (जी.सी.आर.) या सौर कण घटनाओं (एसपीई) के संपर्क में आने से इसी प्रकार के प्रभाव देखे जा सकते हैं।

विकिरण संरक्षण का अवलोकन

एक्सपोजर का मापन: विकिरण के लिए उपयोग किए जाने वाले माप मिली-सीवर्ट (एमएसवी) है। अंतरिक्ष यात्री अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आईएसएस), चंद्रमा और उससे आगे छह महीने की अवधि के मिशनों के दौरान लगभग 50-2,000 मिलीसिवर्ट (एमएसवी) के संपर्क में आते हैं (नेशनल अकादेमिस, 2000)। आयनीकरण विकिरण का 1 एमएसवी लगभग तीन छाती एक्स-रे के बराबर है एवं छ: माह में अंतरिक्ष यात्रियों मिलने वाले कुल खुराक लगभग 150 से 6,000 छाती के एक्स-रे लेने जैसा है।

मानव अंतरिक्ष अन्वेषण से जुड़े विकिरण से संबंधित खतरे के अनुमान को बाधित करने वाली सबसे महत्वपूर्ण बाधा अंतरिक्ष विकिरण के जैविक परिणामों की अज्ञानता है। जैविक प्रभाव के अनुमानों को आधार बनाने के लिए कोई मानवीय आंकड़े उपलब्ध नहीं हैं। इस कारण अनुमानों में भारी त्रुटियाँ पायी जा सकती है।
जोखिमों का आंकलन विकिरण मापदंडों और कंप्यूटर मॉडल अनुमानों से की जाती है क्योंकि उन्हें सीधे नहीं मापा जा सकता है। इन जोखिम गणनाओं में महत्वपूर्ण अनिश्चितता है जो मानकों को स्थापित करने और व्यवहार्य न्यूनीकरण की रणनीतियों के आकलन में चुनौतीपूर्ण हो जाती है। यह भविष्यवाणी करना चुनौतीपूर्ण है कि क्या अंतरिक्ष मिशनों पर जोखिम का स्तर उचित सीमा के भीतर होगा।
स्वास्थ्य से संबंधित शीर्षथ विकिरण के खतरे अतिरिक्त अनजान जोखिमों के साथ आ सकता है। उपयुक्त और किफायती परिरक्षण प्रारूप बनाने के लिए, कैंसर और अन्य जैविक प्रभावों को ठीक से जानना एंव समझना आवश्यक है। उदाहरण के लिए, यदि एक विकिरण तूफान अंतरिक्ष यात्रियों को चौकी छोड़ने से रोकता है, तो वे अपने प्राथमिक मिशन उद्देश्यों को पूरा करने में सक्षम नहीं हो सकते हैं। एक मिशन को आपात स्थिति के मामले में वैकल्पिक योजनाओं की आवश्यकता होती है, जैसे कि पूरक आपूर्ति जो चालक दल को आवश्यक होने पर लंबे समय तक अंतरिक्ष में रहने की अनुमति देगी। सक्रिय और निष्क्रिय डोसिमेट्री को लागू करना, अत्यधिक विकिरण जोखिम से बचने के लिए अतिरिक्त संचालन की योजना बनाना और उचित रूप से एलएआरए (जितना संभव हो उतना कम) के सिद्धांत का पालन करना अंतरिक्ष अन्वेषण के लिए आवश्यक है।

विकिरण जोखिम न्यूनीकरण एवं प्रंबधन

विकिरण जोखिम का प्रबंधन अन्वेषण मिशन डिजाइन और निष्पादन का एक अभिन्न अंग है। जैसे-जैसे मनुष्य पृथ्वी की कक्षा छोड़ता है और मिशन की अवधि बढ़ती जाती है, यह और भी महत्वपूर्ण हो जाता है। प्रभावी विकिरण परिरक्षण के लिए कई विषयों-सामग्री, जीव विज्ञान, अंतरिक्ष भौतिकी और संचार के सांमजस्य की आवश्यकता होती है। अंतरिक्ष प्रक्षेपण यानों और मिशनों के डिजाइन में विकिरण संरक्षण के विचार को भी शामिल किया जाना चाहिए।
विकिरण जोखिम के जैविक प्रभावों के ज्ञान के आधार पर, एक व्यापक विकिरण जोखिम प्रबंधन योजना में भौतिक परिरक्षण, विकिरण निगरानी और पूर्वानुमान और परिचालन उड़ान नियम शामिल हैं। इस रणनीति के परिणामस्वरूप जोखिम को न्यूनतम रखने के तकनीकें होंगी, क्योंकि यह अनुसंधान पर आधारित है, जैसे कि अंतरिक्ष विकिरण पर्यावरण के सटीक अनुमान, बेहतर या उच्च अंतरिक्ष यान डिजाइन और जैविक हस्तक्षेप तकनीक। अंतरिक्ष यान, आवास, सतह वाहनों और मानव अंतरिक्ष अन्वेषण के अन्य घटकों में विकिरण परिरक्षण को डिजाइन करने के लिए पर्याप्त डेटा एकत्र और विश्लेषण किया जाना चाहिए। इसमें परमाणु संपर्क उत्पादों के उत्पादन के लिए क्रॉस सेक्शन की ऊर्जा और कोणीय निर्भरता पर जानकारी शामिल होनी चाहिए।

निष्कर्ष

मानव जाति एक प्राकृतिक पृष्ठभूमि विकिरण युक्त वातावरण में विकसित हुई है जो मुख्य रूप से मृदा तथा शैलों में उपस्थित रेडियोधर्मिता के कारण है। पृथ्वी का ऊपरी परत किसी भी स्थान पर पृष्ठभूमि विकिरण के लगभग सभी घटकों में प्रभावी ढंग से योगदान देती है तथा प्राकृतिक रेडियोसमस्थानिकों यूरेनियम व थोरियम एवं इनके क्षयज उत्पादों एंव K-40 विकिरण के लिए जिम्मेदार हैं। बाहरी अंतरिक्ष में होने वाली ब्रह्मांडीय किरणें एवं इनका वायुमंडल से परस्पर क्रियाऐं भी इसे प्रभावित करता हैं। मनुष्यों के लिए दुनिया भर में औसत प्राकृतिक खुराक प्रति वर्ष लगभग 2.4 मिली सिवर्ट है। अंतरिक्ष में विकिरण मुख्य रूप से सौर कण घटनाओं, गेलेक्टिक ब्रह्मांडीय और भारी आयनों के कारण होता है। अंतरिक्ष यात्री अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आईएसएस), चंद्रमा और उससे आगे छह महीने की अवधि के मिशनों के दौरान लगभग 50-2,000 मिलीसिवर्ट विकिरण के संपर्क आते हैं। विभिन्न वैज्ञानिक विषयों जैसे जीव विज्ञान, अंतरिक्ष भौतिकी और संचार माध्यमों में परस्पर सांमजस्य प्रभावी विकिरण परिरक्षण के लिए आवश्यक है। अंतरिक्ष प्रक्षेपण यानों और मिशनों के डिजाइन में विकिरण सुरक्षा पर विचार किया जाना चाहिए।

आभार
लेखकगण इस शोधपत्र के प्रकाशन की अनुमति हेतु निदेशक, पखनि एवं अपर निदेशक प्रचालन-I के आभारी हैं। इस कार्य को सफलता पूर्वक करने में क्षेत्रीय निदेशक, दक्षिणी क्षेत्र बेंगलुरु के मार्गदर्शन व प्रोत्साहन हेतु लेखकगण उनका आभार व्यक्त करते हैं। तथा अज्ञात समीक्षकों का भी आभार व्यक्त करते हैं जिन्होने इस पत्र में सुधार करने हेतु अपने महत्वपूर्ण सुझाव दिये।

संदर्भ

1. लेटाव, जे. आर., सिल्बरबर्ग. आर एवं सावो, सी. एच (1989). रेडियेशन हेजार्डस् आन स्पेस मिशन आउटसाइड द मेगनेटोस्फीयर, एडवांसस् इन स्पेस रिसर्च, सं 9 ख. 10 पृ. 285 - 291.
2. नेशनल अकादेमिस (2008). मनेजिगं स्पेस रेडियेशन रिस्क, इन द न्यू इरा ऑफ स्पेस एक्स्प्लोरेशन http://nap.nationalacademies.org/12045
3. हंट. जे. जी. (2016). अनसियर रिव्यू ऑफ रेडियेशन एक्स्पोजर ड्यू टू एक्टिविटीस इन्वोल्विंग एन. वो. आर. एम. (एन वो आर एम-VIII प्रोसीडींग्स ऑफ एन इंटरनेशनल सिपोजियम, रियो डी जेनइरो, ब्राजील, पृ. 131.
4. प्रेस्टन मोरिघन। कॉपीराइट (2002). विज्ञान की उन्नति के लिए अमेरिकन एसोसिएशन।

लेखक परिचय:



मैं एन. रूपा परमाणु खनिज निदेशालय में हैदराबाद में कार्यरत थी जहाँ पर मैंने भौतिकी विषय में स्नातकोत्तर की उपाधि प्राप्त की। वहाँ पर रहते हुए विभिन्न प्रयोगशालाओं में कार्य किया। जैसे कि न्यूट्रान सक्रीयता, गामा विकिरिण स्पेक्ट्रोमेट्री, तथा अल्फा स्पेक्ट्रोमेट्री का उपयोग करते हुए विभिन्न रेडियो धर्मी तत्वों का निर्धारण किया। 2018 में भौतिकी प्रयोगशाला, परमाणु खनिज निदेशालय, बेंगलुरु में स्थानांतरण हुआ जहाँ पर गामा विकिरिण स्पेक्ट्रोमेट्री, द्वारा परमाणु खनिज का निर्धारण एवं आपातकालीन प्रतिक्रिया केन्द्र (जोकि रेडियो धर्मी विकिरण से सम्बंधित हैं) के कार्य कलापों में भी शामिल हूँ। उपरोक्त क्षेत्र में 31 साल का अनुभव एवं विशेषज्ञता है तथा कई शोध पत्र भी प्रस्तुत किया हैं।

अंतरिक्ष विकिरण खतरा और न्यूनीकरण तकनीक

नरेंद्र खंडेलवाल
परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद, मुंबई
Email: adol@aerb.gov.in

1.0 प्रस्तावना:

मनुष्य हमेशा आकाश की ओर देखता है और रात के आकाश में दिखाई देने वाली वस्तुओं की प्रकृति के बारे में सोचता है। 20वीं शताब्दी में रॉकेटों के विकास और इलेक्ट्रॉनिक्स और अन्य प्रौद्योगिकियों में प्रगति के साथ, मशीनों और जानवरों और फिर पृथ्वी के वायुमंडल से ऊपर लोगों को बाहरी अंतरिक्ष में भेजना संभव हो गया। तकनीक द्वारा इन उपलब्धियों को संभव बनाने से पहले, अंतरिक्ष अन्वेषण ने न केवल विमान पायलटों और वैज्ञानिकों बल्कि लेखकों और कलाकारों के भी दिमाग पर कब्जा कर लिया था। अंतरिक्ष अन्वेषण खोज करने और यात्रा करने के लिए मानव अभिलाषा को संतुष्ट करता है, और आने वाले वर्षों और दशकों में यह हमारी प्रजातियों को घर बुलाने के लिए नए स्थान भी प्रदान कर सकता है – यह विशेष रूप से अब प्रासंगिक है, क्योंकि पृथ्वी पर जनसंख्या घनत्व लगातार बढ़ रहा है

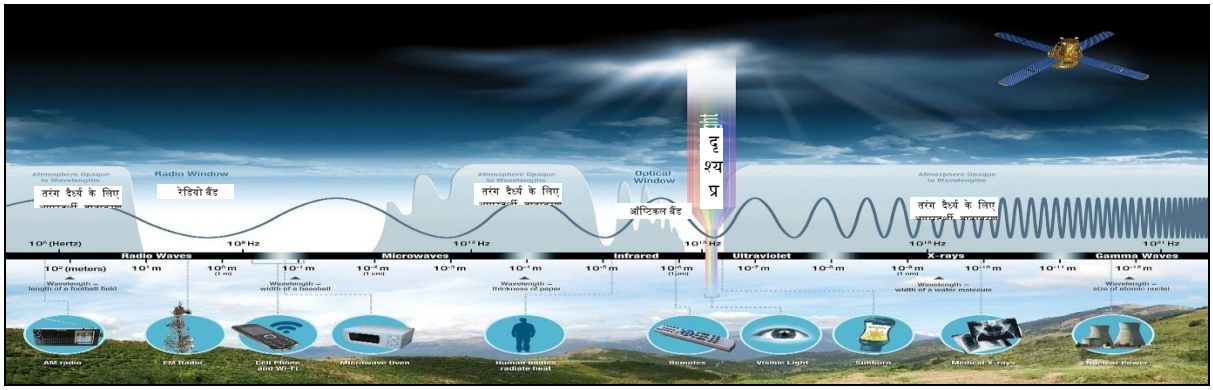
अंतरिक्ष उड़ान की उपलब्धि ने मानव को सौर मंडल और शेष ब्रह्मांड का पता लगाने, अंतरिक्ष के दृष्टिकोण से बेहतर रूप से देखी जाने वाली कई वस्तुओं और घटनाओं को समझने और मानव लाभ के लिए अंतरिक्ष पर्यावरण के संसाधनों और विशेषताओं का उपयोग करने में सक्षम बनाया। ये सभी गतिविधियाँ - खोज, वैज्ञानिक समझ और मानव उद्देश्यों की पूर्ति के लिए उस समझ का अनुप्रयोग - अंतरिक्ष अन्वेषण के घटक हैं

आज, अंतरिक्ष एजेंसियां चाँद पर मानव की स्थायी उपस्थिति स्थापित करने और अगले कुछ दशकों में मंगल ग्रह तक पहुँचने के लिए काम कर रही हैं। मैग्नेटोस्फीयर के बाहर भविष्य के अंतरिक्ष मिशन अंतरिक्ष यात्रियों को प्रतिरोधी और अपरिचित विकिरण वातावरण के अधीन करेंगे। अंतर्ग्रहीय उड़ानों का विकिरण खतरा वर्तमान में मंगल पर मानवयुक्त मिशनों के लिए प्रमुख बाधाओं में से एक है। गेलेक्टिक ब्रह्मांडीय विकिरण से उत्पन्न अत्यधिक ऊर्जावान, भारी-आवेशित कणों से अंतरिक्ष वाहनों को पर्याप्त रूप से परिरक्षित नहीं किया जा सकता है। इन कणों के मनुष्यों पर दीर्घकालिक विकिरण प्रभाव काफी हद तक अज्ञात हैं। इसके अलावा, सौर कणों के अप्रत्याशित तूफान चालक दल को डोज़ देते हैं जिससे तीव्र विकिरण प्रभाव होता है। मंगल ग्रह के लिए एक मानवयुक्त उड़ान वर्तमान में एक उच्च जोखिम वाला साहसिक कार्य प्रतीत होता है।

अंतरिक्ष मिशनों में विकिरण जोखिमों के विवरण में जाने से पहले, हमारे पास अंतरिक्ष में आने वाले विकिरण और रेडियोधर्मिता के बारे में कुछ बुनियादी जानकारी होनी चाहिए।

2.0 विकिरण और रेडियोधर्मिता पर बुनियादी जानकारी:

2.1 विकिरण: विकिरण ऊर्जा का एक रूप है जो किरणों, विद्युत चुम्बकीय तरंगों और/या कणों के रूप में उत्सर्जित होता है। कुछ मामलों में, विकिरण को देखा जा सकता है (दृश्यमान प्रकाश) या महसूस किया जा सकता है (इन्फ्रारेड विकिरण), जबकि अन्य रूप- जैसे एक्स-रे और गामा किरणें- दिखाई नहीं देते हैं और केवल विशेष उपकरणों के साथ ही पहचाने जा सकते हैं। यद्यपि विकिरण का जैविक और यांत्रिक दोनों प्रणालियों पर नकारात्मक प्रभाव पड़ सकता है, लेकिन उन प्रणालियों में से प्रत्येक के बारे में अधिक जानने के लिए इसका सावधानीपूर्वक उपयोग किया जा सकता है।



2.2 विकिरण माप इकाइयाँ:

विभिन्न विकिरण माप इकाइयाँ नीचे सारणीबद्ध हैं:

पैरामीटर	रेडियोधर्मिता	अवशोषित डोज़	डोज़ समतुल्य*	एक्सपोजर (एक्स-रे और गामा किरणों के लिए)	ऊर्जा
परिभाषा	एक रेडियोधर्मी पदार्थ से विकिरण उत्सर्जन (रूपांतरण या विघटन) की दर	प्रति विकिरण विकिरण द्वारा प्रदान की जाने वाली ऊर्जा	एक अवशोषित सामग्री पर इकाई द्रव्यमान इसके जैविक प्रभाव के संदर्भ में डोज़ की अभिव्यक्ति मात्रा जो विकिरण की क्षमता को व्यक्त करती है	हवा को आयनित करना और इस तरह विद्युत आवेश उत्पन्न करना जिसे एकत्र किया जा सकता है और मापा जा सकता है	कार्य करने की क्षमता
सामान्य इकाइयाँ मापन लेबल	क्यूरी (सीआई) 1 Ci = 37 GigaBq (यह एक बड़ी राशि है)	रेड 1 रेड = 100 एरग्स/जी	रेम	रोएंटजेन (आर)	जूल (जे)
अंतरराष्ट्रीय इकाइयों की प्रणाली (एसआई) मापन लेबल	बेकरेल (बीक्यू) 1 बीक्यू = 1 प्रति सेकंड विकिरण उत्सर्जन की घटना (यह बहुत छोटा है राशि)	ग्रे (Gy) 1 Gy = 100 रेड सीवर्ट (Sv)	1एसवी = 100 रेम (यह बड़ी डोज़ है) 1 Gy वायु डोज़ समतुल्य = 0.7 Sv 1 आर 10 एमएसवी ऊतक डोज़	कूलम्ब/किलोग्राम (सी/किग्रा) 1 आर = 2.58 × 10-4 सी/किग्रा वायु	इलेक्ट्रॉन वोल्ट (ईवी)

सीवर्ट (एसवी) विकिरण की प्रभावी डोज़ की इकाई है जो मानव शरीर को प्रभावित करती है। सिवर्ट मानव ऊतक के एक किलोग्राम में एक जूल विकिरण ऊर्जा के जमा होने के बराबर जैविक प्रभाव का प्रतिनिधित्व करता है। इकाई मिलीसिवर्ट (एमएसवी) जिसे हम अधिक बार देखते हैं वह इसका 1 हजारवां है, और माइक्रोसेवर्ट (µSv) इसका 1 मिलियनवां हिस्सा है।

अंतरिक्ष यात्री 50 से 2,000 एमएसवी की सीमा में प्रभावी डोज़ के साथ आयनकारी विकिरण के संपर्क में आती है। आयनकारी विकिरण का 1 एमएसवी लगभग छाती के तीन एक्स-रे के बराबर होता है। यह वैसा ही है जैसे किसी का 150 से 6,000 छाती का एक्स-रे हो रहा हो।

2.3 आयनीकरण और गैर-आयनीकरण विकिरण: विकिरण या तो गैर-आयनीकरण (कम ऊर्जा) या आयनीकरण (उच्च ऊर्जा) हो सकते है। आयनकारी विकिरण में ऐसे कण होते हैं जिनमें अपनी कक्षा से एक इलेक्ट्रॉन को पूरी तरह से हटाने के लिए पर्याप्त ऊर्जा होती है, इस प्रकार एक अधिक धनात्मक रूप से आवेशित परमाणु का निर्माण होता है। कम ऊर्जावान, गैर-आयनीकरण विकिरण में उस अणु से इलेक्ट्रॉनों को निकालने के लिए पर्याप्त ऊर्जा नहीं होती है।

- **आयनकारी विकिरण**: अंतरिक्ष से अल्फा कण (एक हीलियम परमाणु नाभिक बहुत तेज गति के साथ), बीटा कण (एक उच्च गति इलेक्ट्रॉन या पॉज़िट्रॉन), गामा किरणें, एक्स-रे और गेलेक्टिक ब्रह्मांडीय विकिरण (जीसीआर)।
- **गैर-आयनीकरण विकिरण**: रेडियो फ्रीक्वेंसी, माइक्रोवेव, इन्फ्रारेड, दृश्य प्रकाश, और पराबैंगनी (यूवी) प्रकाश।

गैर-आयनीकरण और आयनकारी विकिरण के कई रूप हमारे रोजमर्रा के जीवन के लिए आवश्यक हो गए हैं, फिर भी प्रत्येक प्रकार के विकिरण जीवित और निर्जीव वस्तुओं को नुकसान पहुंचा सकते हैं, और अनावश्यक जोखिमों को रोकने के लिए सावधानी बरतने की आवश्यकता होती है। गैर-आयनीकरण विकिरण हानिकारक है तथा इससे आसानी से पर्यावरण को बचाया जा सकता है जैसा कि यूवी विकिरण के लिए किया जाता है। हालांकि, आयनकारी विकिरण से बचना कहीं अधिक कठिन है। आयनकारी विकिरण में पदार्थों के माध्यम से गुजरने करने के दौरान् उन्हें बदलने की क्षमता होती है। जब ऐसा होता है, तो यह आसपास के माध्यम में परमाणुओं को आयनित करता है (उनमें से इलेक्ट्रॉनों को बाहर निकालता है) जिसके साथ यह संपर्क करता है।

3.0 अंतरिक्ष विकिरण:

अंतरिक्ष विकिरण पृथ्वी पर विद्यमान विकिरण के प्रकारों से भिन्न होता है, जैसे कि एक्स-रे या गामा किरणें। अंतरिक्ष विकिरण में परमाणु शामिल होते हैं जिसमें इलेक्ट्रॉनों को हटा दिया गया है क्योंकि परमाणु प्रकाश की गति के करीब गति के साथ अंतरतारकीय अंतरिक्ष में त्वरित होता है - अतः, परमाणु का केवल नाभिक रहता है। अंतरिक्ष विकिरण तीन प्रकार के विकिरणों से बना होता है:

- पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र में विद्यमान कण;
- सौर ज्वालाओं (सौर कण घटनाओं) के दौरान अंतरिक्ष में दागे गए कण; तथा
- गेलेक्टिक कॉस्मिक किरणें, जो हमारे सौर मंडल के बाहर से उच्च ऊर्जा वाले प्रोटॉन और भारी आयन हैं।

इन सभी प्रकार के अंतरिक्ष विकिरण आयनकारी विकिरण का प्रतिनिधित्व करते हैं।

3.1 गेलेक्टिक कॉस्मिक रेडिएशन (GCR): GCR परमाणुओं के नाभिक से बना होता है, जिनके आसपास के इलेक्ट्रॉनों को अलग कर लिया गया है और वे लगभग प्रकाश की गति से यात्रा करते हैं। अन्य रूप में जीसीआर तरीका आवर्त सारणी में हाइड्रोजन से यूरेनियम तक किसी भी तत्व के नाभिक हो सकते हैं। यदि वही नाभिक अविश्वसनीय रूप से उच्च गति से घूम रहा है तो जो हाई-स्पीड न्यूक्लियस बनेगा वह GCR है। इन कणों को संभवतः पिछले कुछ मिलियन वर्षों में सुपरनोवा अवशेषों के चुंबकीय क्षेत्रों द्वारा त्वरित किया गया था।

संक्षेप में, जीसीआर तत्वों के भारी, उच्च-ऊर्जा आयन हैं जिनके सभी इलेक्ट्रॉनों को अलग कर लिया गया है क्योंकि वे लगभग प्रकाश की गति से आकाशगंगा के माध्यम से यात्रा करते हैं। वे उन परमाणुओं को आयनित कर सकते हैं जिनके पास से वे गुजरते हैं। वे एक विशिष्ट अंतरिक्ष यान या एक अंतरिक्ष यात्री की त्वचा से बेरोकटोक गुजर सकते हैं।

4.0 अंतरिक्ष विकिरण के स्रोत: विकिरण मनुष्यों (माइक्रोवेव, सेल फोन, रेडियो, लाइट बल्ब, नैदानिक चिकित्सा अनुप्रयोगों जैसे एक्स-रे) या प्राकृतिक रूप से उत्पन्न किया जा सकता है (सूर्य, पृथ्वी की पपड़ी में रेडियोधर्मी तत्व, पृथ्वी की सतह में फंसे विकिरण, चुंबकीय क्षेत्र, तारे, और अन्य खगोलीय पिंड जैसे क्वासर या गांगेय केंद्र)।

पृथ्वी के विकिरण का सबसे बड़ा स्रोत सूर्य है। सूर्य विद्युत चुम्बकीय वर्णक्रम (EM) में सभी तरंग दैर्ध्य का उत्सर्जन करता है। बहुमत दृश्य, अवरक्त और पराबैंगनी विकिरण (यूवी) के रूप में है। कभी-कभी, विशाल विस्फोट, जिन्हें सोलर फ्लेयर्स कहा जाता है, सूर्य की सतह पर होते हैं और एक्स-रे, गामा किरणों और प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉनों की धाराओं के रूप में भारी मात्रा में ऊर्जा को अंतरिक्ष में छोड़ते हैं। इसे सोलर पार्टिकल इवेंट (एसपीई) कहते हैं। इन सौर ज्वालाओं का अंतरिक्ष यात्रियों और उनके उपकरणों के लिए गंभीर परिणाम हो सकते हैं, यहां तक कि उन स्थानों पर भी जो सूर्य से दूर हैं।

5.0 मानव शरीर पर अंतरिक्ष विकिरण का प्रभाव

अंतरिक्ष विकिरण अंतरिक्ष उड़ान के मुख्य स्वास्थ्य खतरों में से एक है। यह खतरनाक होते है क्योंकि इसमें डीएनए अणुओं को बदलने या तोड़ने के लिए पर्याप्त ऊर्जा होती है, जो किसी कोशिका को नुकसान पहुंचा सकती है या मार सकती है। इनके कारण तीव्र प्रभावों से लेकर दीर्घकालिक प्रभावों तक की स्वास्थ्य समस्याएं पैदा हो सकती हैं।

अंतरिक्ष विकिरण का मानव डीएनए, कोशिकाओं और ऊतकों पर भी बहुत अलग प्रभाव पड़ता है। यह वृहद आयनीकरण के कारण होता है जो विकिरण के पदार्थ में गुजरने वाल मार्ग के पास होता है। आयनकारी विकिरण में इतनी ऊर्जा होती है कि यह वस्तुतः किसी भी परमाणु से इलेक्ट्रॉनों को बाहर निकाल सकता है - परमाणु को आयनित कर सकता है। यह प्रभाव मानव कोशिकाओं में परमाणुओं को नुकसान पहुंचा सकता है, जिससे भविष्य में स्वास्थ्य समस्याएं जैसे मोतियाबिंद, कैंसर और केंद्रीय तंत्रिका तंत्र को नुकसान इत्यादि हो सकती है।

मानव शरीर पर अंतरिक्ष विकिरण के दीर्घकालिक प्रभावों की भविष्यवाणी करना बहुत मुश्किल है, खासकर हमारे अंतरिक्ष यात्रियों पर, जो अंतरिक्ष में कई महीने बिताते हैं। इस अनिश्चितता के कारण, नासा यह निर्धारित करने के लिए अनुसंधान को वित्त पोषित कर रहा है कि अंतरिक्ष में कितना विकिरण है और इससे कितना नुकसान हो सकता है - अनुसंधान जो अंतरिक्ष यात्रियों को अंतरिक्ष में लंबे समय तक रहने के साथ-साथ उन जोखिमों को समझने में मदद करेगा जो अंतरिक्ष यात्री सामना करते हैं, उन जोखिमों को कम करने के तरीके विकसित करने में भी मदद करेगा।

रक्त में परिवर्तन, दस्त, मतली और उल्टी जैसे तीव्र प्रभाव हल्के और ठीक होने योग्य होते हैं। तीव्र विकिरण जोखिम के अन्य प्रभाव बहुत अधिक गंभीर होते हैं जैसे केंद्रीय तंत्रिका तंत्र क्षति या मृत्यु भी। अंतरिक्ष विकिरण के संपर्क में आने से तीव्र प्रभावों की उम्मीद नहीं की जाती है, सिवाय इसके कि अगर एक अंतरिक्ष यात्री एक बड़े सौर कण घटना के संपर्क में आता है, जैसे कि सौर ज्वाला, जो विकिरण की उच्च डोज़ पैदा करता है।

अंतरिक्ष विकिरण के बारे में प्रमुख चिंता अंतरिक्ष यात्रियों पर दीर्घकालिक प्रभाव है। दीर्घकालिक प्रभावों में मोतियाबिंद, कैंसर की संभावना में वृद्धि और बाँझपन शामिल हो सकते हैं। कुछ स्वास्थ्य प्रभाव एक पीढ़ी को छोड़ सकते हैं और उत्परिवर्तित जीन द्वारा व्यक्ति के वंशजों में प्रकट हो सकते हैं।

विकिरण सम्बंधित स्वास्थ्य समस्याओं के प्रकार विकिरण के संपर्क की सीमा, विकिरण के लिए एक अंतरिक्ष यात्री की भेद्यता और अन्य कारकों से निर्धारित होते हैं। विकिरण का एक्सपोजर निम्नलिखित पर निर्भर करता है:

- अंतरिक्ष यान की ऊंचाई
- अंतरिक्ष यान या स्पेससूट से परिरक्षण की मात्रा,
- मिशन की अवधि,
- जोखिम की अवधि और तीव्रता,
- विकिरण का प्रकार।

विकिरण के प्रभावों में विकिरण के प्रति व्यक्तिगत संवेदनशीलता और आयु, लिंग या स्वास्थ्य की स्थिति में अंतर शामिल हैं। इसके अलावा, भारहीनता या शरीर के तापमान जैसे चर मानव प्रतिरक्षा प्रणाली को कमजोर कर सकते हैं, शरीर के ऊतक और अंग विकिरण के प्रति कैसे प्रतिक्रिया करते हैं उस तंत्र को प्रभावित कर सकते हैं ।

निम्नलिखित स्वास्थ्य चिंताओं को इसकी सर्वोच्च अनुसंधान प्राथमिकताओं के रूप में पहचाना जाता है:

- **अंतरिक्ष विकिरण से विकिरण कार्सिनोजेनेसिस का जोखिम** - कैंसर का खतरा बढ़ जाता है।
  विकिरण के संपर्क में आने वाले मनुष्यों में कैंसर के जोखिम के प्रमाण 100 मिलीसेवर्ट्स (एमएसवी) से ऊपर की डोज़ के लिए व्यापक हैं। कम डोज़ में विभिन्न आनुवंशिक और आहार विशेषताओं वाली आबादी के बीच जोखिमों की संभावना में अनिश्चितताएं हैं। मानव महामारी विज्ञान को अंतरिक्ष एक्सपोजर पर लागू किया जा सकता है; हालांकि, अंतरिक्ष में विकिरण के प्रकार से संबंधित अतिरिक्त अनिश्चितताएं हैं, जबकि अंतरिक्ष मिशनों पर अपेक्षित डोज़ को अच्छी तरह से समझा जाता है। अंतरिक्ष की खोज के लिए विकिरण जोखिम की समस्या एक साधारण प्रतिवाद द्वारा हल नहीं की जा सकती है, जैसे कि परिरक्षण या रेडियो सुरक्षात्मक दवाएं। चार्ज कणों द्वारा कैंसर प्रेरण के क्षेत्र में अधिक बुनियादी शोध के साथ ही जोखिम को समझा और नियंत्रित किया जा सकता है।
- **अंतरिक्ष विकिरण से तीव्र या देर से केंद्रीय तंत्रिका तंत्र प्रभाव का जोखिम** - व्यवहार या तंत्रिका संबंधी विकारों में परिवर्तन।
  वर्तमान में, केंद्रीय तंत्रिका तंत्र (सीएनएस) के लिए अंतरिक्ष विकिरण जोखिम से जोखिम का विश्वसनीय अनुमान तंत्रिका तंत्र पर उच्च विकिरण के प्रभावों का अध्ययन सीमित डेटा के कारण नहीं किया जा सकता है। मौजूदा जानवरों और सेलुलर डेटा से पता चलता है कि अंतरिक्ष जैसा विकिरण संदर्भ मिशन अनुमानों की तुलना में डोज़ पर आणविक, संरचनात्मक, कार्यात्मक और व्यवहारिक प्रभाव पैदा कर सकता है। यदि मानव प्रतिक्रियाएं पशु मॉडल के समान हैं, तो मिशन संचालन और/या देर से अपक्षयी परिवर्तनों पर प्रभाव के अध्ययन के लिए संभावना मौजूद है। हालांकि, अंतरिक्ष उड़ान संचालन प्रदर्शन या अंतरिक्ष यात्रियों के लिए रुग्णता के संदर्भ में इन परिणामों के महत्व को समझाया नहीं जा सका है।
- **अंतरिक्ष विकिरण से अपक्षयी ऊतक या अन्य स्वास्थ्य प्रभावों का जोखिम** - अन्य अपक्षयी ऊतक दोष जैसे मोतियाबिंद, संचार संबंधी रोग और पाचन रोग।
  आयनकारी विकिरण जोखिम और हृदय रोग, मोतियाबिंद, प्रतिरक्षात्मक परिवर्तन, और समय से पहले उम्र बढ़ने जैसे अपक्षयी ऊतक प्रभावों के दीर्घकालिक विकास के बीच संबंध मध्यम से उच्च डोज़ के विकिरण के लिए अच्छी तरह से स्थापित है। इस पहलू का अधिकांश हिस्सा जापान में ए-बम से बचे लोगों, रेडियोथेरेपी रोगियों और श्रमिकों पर महामारी विज्ञान के अध्ययन से प्राप्त हुआ है और यह पशु मॉडल और अंतरिक्ष यात्रियों में मोतियाबिंद के अध्ययन का उपयोग करके प्रयोगशाला अध्ययनों द्वारा समर्थित है। कम डोज़-दर के जोखिम से इन बीमारियों के जोखिमों का आकलन करना उनकी बहुक्रियात्मक प्रकृति और लंबी विलंबता अवधि के कारण आकलन करना अधिक कठिन होता है इसलिए, ये जोखिम आईएसएस या अल्पकालिक चंद्र मिशनों के लिए बहस का विषय बने हुए हैं, लेकिन लंबी अवधि के चंद्र या मंगल मिशन में अधिक होने की संभावना है।
- **अंतरिक्ष विकिरण से तीव्र विकिरण जोखिम** - प्रोड्रोमल जोखिम, महत्वपूर्ण त्वचा की चोट, या एक प्रमुख सौर घटना या संयोजन सौर/गैलेक्टिक ब्रह्मांडीय किरण घटना से मृत्यु जो चालक दल और मिशन अस्तित्व को खतरे में डालती है।
  अंतरिक्ष विकिरण के जैविक प्रभाव, तीव्र विकिरण जोखिम (एआरएस) सहित, मानवयुक्त अंतरिक्ष यान के लिए एक महत्वपूर्ण चिंता का विषय है। प्राथमिक डेटा जो वर्तमान में उपलब्ध हैं, वे चिकित्सा रोगियों और दुर्घटनावश विकिरण की उच्च डोज़ के संपर्क में आए व्यक्तियों के विश्लेषण से प्राप्त हुए हैं। विकिरण की उच्च डोज़ गंभीर विकिरण बीमारी और मृत्यु ला सकती है। विकिरण की कम डोज़ ऐसे लक्षणों को प्रेरित करती है जो शारीरिक रूप से बहुत हल्के होते हैं लेकिन जो परिचालन जोखिम पैदा करते हैं जो समान

रूप से गंभीर हो सकते हैं। दोनों परिदृश्यों में चालक दल के स्वास्थ्य को गंभीरता से प्रभावित करने और/या मिशन के उद्देश्यों को पूरा करने से रोकने की क्षमता है।

चूंकि इन विकिरण प्रकारों के लिए कोई मानव महामारी विज्ञान डेटा उपलब्ध नहीं है, इसलिए जोखिम का अनुमान विकिरण भौतिकी पर आधारित अध्ययन और कैंसर से संबंधित आणविक, सेलुलर, ऊतक और जीव विकिरण जीव विज्ञान, केंद्रीय तंत्रिका तंत्र के लिए जोखिम, और अन्य पर आधारित होना चाहिए।

6.0 विमान चालक दल का विकिरण एक्सपोजर:

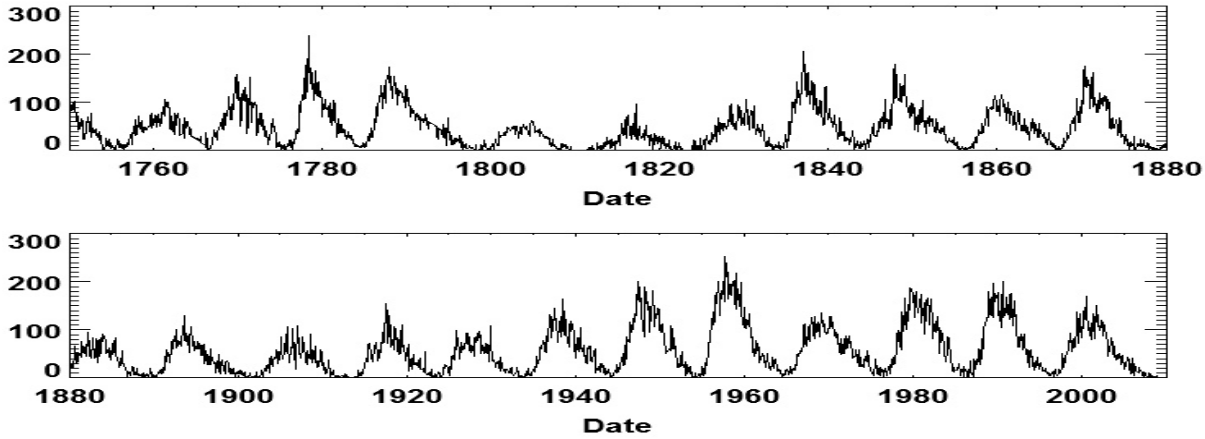
विमान के चालक दल और विमान यात्रियों को उच्च ऊंचाई के कारण विकिरण जोखिम होता है। वाणिज्यिक विमानों के लिए आमतौर पर 6100-12,200 मीटर ऊंचाई पर, ब्रह्मांडीय विकिरण के सबसे महत्वपूर्ण घटक न्यूट्रॉन, इलेक्ट्रॉन, पॉज़िट्रॉन, फोटॉन और प्रोटॉन होते हैं, जिसमें न्यूट्रॉन प्रभावी डोज़ के लिए डोज़ दर का 40-80% योगदान करते हैं, जो ऊंचाई, अक्षांश और सौर चक्र में चरण पर निर्भर करता है। प्रत्येक 1830 मीटर बढ़ी हुई ऊंचाई के लिए डोज़ की दर दोगुनी हो जाती है। 50 डिग्री के अक्षांश पर 9000-12,000 मीटर की ऊंचाई के लिए (उत्तरी यूरोप और उत्तरी अमेरिका के बीच एक उड़ान के अनुरूप), डोज़ की दर आम तौर पर 4-8 μSv/h की सीमा में होती है। निचले अक्षांशों पर डोज़ की दर आम तौर पर कम होती है और चढ़ाई और अवरोहण के लिए, सभी लंबी दूरी की उड़ानों के लिए 4 μSv/h की औसत डोज़ दर का उपयोग किया जा सकता है। छोटी दूरी की उड़ानों के लिए, ऊंचाई आमतौर पर कम (7500-10 000 मीटर) होती है और इसी औसत डोज़ दर लगभग 3 μSv/h होती है। एयरक्रू के लिए औसत वार्षिक उड़ान समय आम तौर पर 600-900 घंटे है ब्रह्मांडीय विकिरण से आबादी के लिए औसत वार्षिक प्रभावी डोज़ 0.3-2 एमएसवी की सीमा में होने का अनुमान है, जनसंख्या भारित औसत लगभग 0.38 एमएसवी के साथ प्राप्त औसत वार्षिक डोज़ वायुकर्मी आम तौर पर 1-3 एमएसवी की सीमा में होते हैं, कुछ स्थान से 3.5-6.5 एमएसवी अधिकतम मूल्यों की जानकारी है। नागरिक उड्डयन में गतिविधियां काफी भिन्न होती हैं, और दुनिया के कुछ हिस्सों में ब्रह्मांडीय विकिरण से महत्वपूर्ण डोज़ प्राप्त करने की संभावना बहुत सीमित है।

7.0 अंतरिक्ष यात्री को विकिरण एक्सपोजर:

पृथ्वी की सतह पर, अंतरिक्ष विकिरण के कारण महत्वपूर्ण स्वास्थ्य खतरे नहीं हैं क्योंकि पृथ्वी का वायुमंडल और चुंबकीय क्षेत्र अंतरिक्ष से अधिकांश विकिरण से हमारी रक्षा करते हैं। पृथ्वी की निचली कक्षा में अंतरिक्ष यात्री अभी भी पृथ्वी के वायुमंडल और चुंबकीय क्षेत्र से कुछ सुरक्षा प्राप्त करते हैं, लेकिन जब वे चंद्रमा या मंगल स्थानों की यात्रा करते हैं तो अंतरिक्ष विकिरण एक बड़ी समस्या बन जाती है। अंतरिक्ष में, निम्नलिखित तीन मुख्य कारक अंतरिक्ष यात्रियों को प्राप्त होने वाले विकिरण की मात्रा या विकिरण अंतरिक्ष यात्रियों को कैसे प्रभावित करते हैं, यह निर्धारित करते हैं।

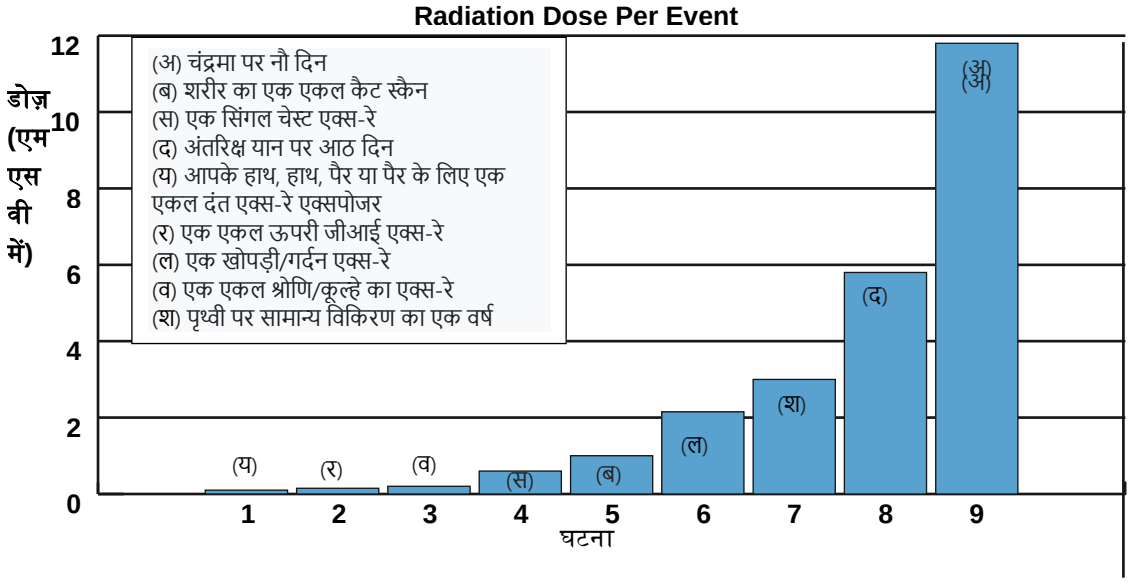
- **पृथ्वी के ऊपर ऊंचाई** - अधिक ऊंचाई पर पृथ्वी की वायुमंडलीय सुरक्षा मौजूद नहीं होती है और चुंबकीय क्षेत्र कमजोर होता है, इसलिए आयनकारी कणों से कम सुरक्षा होती है, और अंतरिक्ष यान विकिरण क्षेत्र से अधिक बार गुजरता है।
- **सौर चक्र -** सूर्य का 11 साल का चक्र होता है, जो सौर ज्वालाओं की संख्या और तीव्रता में नाटकीय रूप से वृद्धि के रूप में परिलक्षित होता है, खासकर उस अवधि के दौरान जब कई सनस्पॉट होते हैं।
- **व्यक्ति की संवेदनशीलता -** शोधकर्ता अभी भी यह निर्धारित करने के लिए काम कर रहे हैं कि क्या एक व्यक्ति दूसरे व्यक्ति की तुलना में अंतरिक्ष विकिरण के प्रभावों के प्रति अधिक संवेदनशील है। यह सक्रिय जांच का क्षेत्र है।

अंतरिक्ष में मौसम का सौर गतिविधि से गहरा संबंध है और यह अंतरिक्ष में यात्रा करने वाले अंतरिक्ष यात्रियों के लिए महत्वपूर्ण है। वैज्ञानिकों ने पता लगाया है कि 11 साल के चक्र में सनस्पॉट की संख्या बढ़ती और घटती है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है दिलचस्प बात यह है कि सूर्य थोड़ा चमकीला होता है जब कई सनस्पॉट होते हैं। इनमें से एक अवधि के दौरान, सूर्य अधिक सक्रिय रूप से एसपीई और सीएमई उत्सर्जित करता है, इसलिए सौर मंडल में विकिरण की मात्रा थोड़ी बढ़ जाती है। सीएमई की संख्या सौर चक्र के साथ बदलती रहती है, सौर न्यूनतम पर प्रति दिन लगभग एक से, सौर अधिकतम पर प्रति दिन दो या तीन तक।



हालांकि वैज्ञानिक अधिक एसपीई और सीएमई उत्सर्जन की अवधि का पता लगा सकते है, वे विशेष रूप से यह निर्धारित करने में असमर्थ हैं कि एसपीई और सीएमई कब घटित होंगे। क्योंकि संरक्षा के स्तर अलग-अलग होते हैं, अलग-अलग ग्रहों की सतह पर अलग-अलग स्थानों पर भी, ग्रहों और चंद्रमाओं के बीच विकिरण वातावरण भिन्न होता है। आईएसएस के पास अच्छी तरह से संरक्षित क्षेत्र हैं। इसके अलावा, अंतरिक्ष यात्री और आईएसएस स्वयं पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र द्वारा पृथ्वी की निचली कक्षा में होने के कारण काफी हद तक सुरक्षित होते हैं। इसके विपरीत, चंद्रमा (240,000 मील या 385,000 किलोमीटर दूर) या मंगल (35,000,000 मील या 56,300,000 किलोमीटर दूर) की अंतरिक्ष यात्रा के दौरान, अंतरिक्ष यात्री और उनके वाहन पृथ्वी के 30,000-मील के दायरे से बहुत होते हैं। किसी भी लंबी अवधि के अंतरिक्ष अन्वेषण के लिए यहां विकिरण का स्तर इतना अधिक होगा कि अंतरिक्ष यात्रियों को उच्च एसपीई / सीएमई अवधि के दौरान विकिरण की घातक डोज़ प्राप्त करने से बचाने के लिए विशेष रूप से डिज़ाइन किए गए स्टॉर्म शेल्टर की आवश्यकता होगी। चंद्रमा पर सुरक्षित संचालन के लिए या मंगल की यात्रा करते समय, अंतरिक्ष के मौसम की निगरानी के लिए उपग्रहों की एक समन्वित प्रणाली की आवश्यकता होगी ताकि अंतरिक्ष यात्रियों को उनके आश्रयों में जाने के लिए आवश्यक होने पर चेतावनी दी जा सके। हालांकि 11 साल के चक्र में गतिविधि की काफी अच्छी तरह से भविष्यवाणी की जा सकती है, फिर भी सौर फ्लेयर्स, एसपीई और सीएमई अप्रत्याशित अल्पकालिक घटनाएं हैं जिनकी भविष्यवाणी नहीं की जा सकती है, जो एक चालक दल को बहुत खतरे में डाल सकता है।

सीमित अवधि के पृथ्वी की निचली कक्षा के मिशनों के लिए, कुछ डोज़ आकलन के परिणाम व्यक्तिगत डोज़ के मूल्यों को दिखाते हैं जो मिशन के लिए 1.9 एमएसवी से लगभग 27 एमएसवी तक भिन्न होते हैं। अंतरिक्ष गतिविधियों की एक विस्तृत श्रृंखला के लिए, मिशन की डोज़ 100 एमएसवी तक पहुँच सकती है।



8.0 अंतरिक्ष यात्री डोज़ सीमा:

नासा अंतरिक्ष यात्री के लिए उसकी उम्र और लिंग के आधार पर विशिष्ट अंग और देहिक विकिरण डोज़ सीमा निर्धारित करता है। एक व्यक्ति के लिए सामान्य औसत डोज़ प्रति वर्ष लगभग 360 mrems या 3.6 एमएसवी है, जो कि एक छोटी डोज़ है। हालांकि, अंतर्राष्ट्रीय मानक उन लोगों के लिए प्रति वर्ष 5,000 mrems (50 एमएसवी) तक की अनुमति देते हैं जो रेडियोधर्मी वातावरण में व्यावसायिक काम करते हैं। स्पेसफ्लाइट के लिए, डोज़ सीमा अधिक है। पृथ्वी की निचली कक्षा में विकिरण जोखिम के लिए नासा की सीमा 50 एमएसवी/वर्ष, या 50 रेम/वर्ष है। नीचे दी गई तालिका में देखे गए युवा अंतरिक्ष यात्रियों के लिए मान कम हैं। चूंकि यह माना जाता है कि वे पुराने अंतरिक्ष यात्रियों की तुलना में अधिक समय तक जीवित रह सकते हैं, उनके करियर की शुरुआत में बड़ी मात्रा में विकिरण के संपर्क में आने से बुढ़ापे के दौरान अधिक स्वास्थ्य जोखिम हो सकते हैं। जीवन काल में डोज़ सीमा कैंसर मृत्यु दर के अधिकतम से 3% आजीवन अतिरिक्त जोखिम पर आधारित है। इसके लिए समतुल्य डोज़ लिंग और उम्र पर निर्भर करती है।

उम्र और लिंग के आधार पर नासा के अंतरिक्ष यात्रियों के लिए कैरियर जोखिम सीमा				
आयु (वर्ष)	25	35	45	55
पुरुष	1500 एमएसवी	2500 एमएसवी	3250 एमएसवी	4000 एमएसवी
महिला	1000 एमएसवी	1750 एमएसवी	2500 एमएसवी	3000 एमएसवी

आयु (वर्ष)	डोज़ सीमा-पुरुष अंतरिक्ष यात्री (वर्षों में प्रति मृत्यु औसत जीवन-हानि))	डोज़ सीमा-महिला पुरुष अंतरिक्ष यात्री (वर्षों में प्रति मृत्यु औसत जीवन-हानि)
25	520 एमएसवी (15.7)	370 एमएसवी (15.9)
30	620 एमएसवी (15.4)	470 एमएसवी (15.7)
35	720 एमएसवी (15.0)	550 एमएसवी (15.3)
40	800 एमएसवी (14.2)	620 एमएसवी (14.7)
45	950 एमएसवी (13.5)	750 एमएसवी (14.0)
50	1150 एमएसवी (12.5)	920 एमएसवी (13.2)
55	1470 एमएसवी (11.5)	1120 एमएसवी (12.2)

1969 और 1972 के बीच, सात चंद्र लैंडिंग मिशनों में से छह (अपोलो 11, 12, 14, 15, 16 और 17 सहित) सफल रहे और 12 अंतरिक्ष यात्रियों को चंद्रमा पर चलने का अवसर मिला। सतह पर रहते हुए, अंतरिक्ष यात्रियों ने चंद्र मिट्टी यांत्रिकी, उल्कापिंड, भूकंपीय गतिविधि, गर्मी प्रवाह, चंद्र रेंज, चुंबकीय क्षेत्र वितरण और सौर पवन गतिविधि का अध्ययन करने के लिए डिज़ाइन किए गए विभिन्न प्रकार प्रयोग किए। अंतरिक्ष यात्रियों ने नमूने भी एकत्र किए और 600 पाउंड से अधिक चंद्रमा की चट्टानों और धूल के साथ पृथ्वी पर आए। 1972 के बाद से कोई भी इंसान चांद पर नहीं गया है। नीचे दी गई तालिका प्रत्येक चंद्र लैंडिंग के दौरान चंद्रमा की सतह पर व्यतीत किए गए समय और उन्हें प्राप्त औसत विकिरण डोज़ दिखाती है।

मिशन	कुल अवधि	चंद्र सतह की अवधि	औसत विकिरण डोज़
अपोलो 11	08दिन, 03 घंटे,13मिनट	21 घंटे, 38मिनट	0.18 रेड
अपोलो 12	10दिन, 04 घंटे, 31मिनट	31 घंटे, 31मिनट	0.58 रेड
अपोलो 14	09दिन, 01मिनट	33 घंटे, 31मिनट	1.14 रेड
अपोलो 15	10दिन, 01 घंटे, 11मिनट	66 घंटे, 54मिनट	0.30 रेड

अपोलो 16	11दिन, 01 घंटे, 51मिनट	71 घंटे, 2मिनट	0.51 रेड
अपोलो 17	12दिन, 13 घंटे, 51मिनट	74 घंटे, 59मिनट	0.55 रेड



9.0 एक्सपोजर न्यूनीकरण:

एयरक्रू और अंतरिक्ष यात्री दोनों अपने मिशन के दौरान विकिरण जोखिम के अधीन होते हैं, हालांकि एयरक्रू के लिए विकिरण एक्सपोजर महत्वपूर्ण नहीं है और उनके जोखिम को नियंत्रित करने के लिए सरल प्रतिबंधात्मक कदम पर्याप्त हैं। अंतरिक्ष यात्री के लिए एक्सपोजर महत्वपूर्ण है और उनके एक्सपोजर और उन पर इसके प्रभाव को नियंत्रित करने के लिए कुछ विशिष्ट उपायों की आवश्यकता होती है। वायुकर्मी और अंतरिक्ष यात्री दोनों के लिए कुछ जोखिम नियंत्रण उपाय निम्नलिखित हैं:

9.1 हवाई कर्मी:

(ए) प्रासंगिक नियामक निकाय या अन्य प्राधिकरण (जो एक नागरिक उड्डयन प्राधिकरण हो सकता है) को यह निर्धारित करने की आवश्यकता है कि क्या एयरक्रू के जोखिम का आकलन जरूरी है। यदि इस तरह के मूल्यांकन की आवश्यकता नहीं है, तो आगे कोई कार्रवाई करने की आवश्यकता नहीं है। जहां ब्रह्मांडीय विकिरण के कारण एयरक्रू के जोखिम का आकलन जरूरी समझा जाता है, वहां निम्नलिखित आवश्यकताएं लागू होती हैं ।

(ब) नियामक निकाय या अन्य प्रासंगिक प्राधिकरण को एक ढांचा स्थापित करने की आवश्यकता होती है जिसमें डोज़ का एक संदर्भ स्तर और ब्रह्मांडीय विकिरण के व्यावसायिक जोखिम से एयरक्रू द्वारा प्राप्त डोज़ के मूल्यांकन और रिकॉर्डिंग के लिए एक पद्धति शामिल है। लगभग 5 एमएसवी के संदर्भ स्तर को उचित माना जा सकता है।

(स) एयरक्रू के लिए उड़ान के घंटे इंटरनेशनल एयर ट्रांसपोर्ट एसोसिएशन (आईएटीए) द्वारा नियंत्रित होते हैं। इसकी वजह से एयरक्रू द्वारा प्राप्त विकिरण डोज़ को सीमित रहता है। ध्रुवीय मार्गों पर उड़ान भरने वाले लॉन्गहॉल क्रू द्वारा उच्चतम विकिरण डोज़ प्राप्त की जाती है। ये एक साल में 6 एमएसवी तक हो सकती हैं।

(द) कॉस्मिक किरणों से डोज़ की दर ऊंचाई, अक्षांश और सौर चक्र के चरण के साथ बदलती रहती है। जेट विमान में कॉस्मिक किरण के जोखिम पर विचार करते समय 12 किमी की ऊंचाई पर एक वर्ष में 200 घंटे का उड़ान समय लगभग 1 एमएसवी की वार्षिक प्रभावी डोज़ के बराबर होता है।

(य) जहां एयरक्रू की डोज़ संदर्भ स्तर से अधिक होने की संभावना है, एयरक्रू के नियोक्ताओं की आवश्यकता है:

(i) डोज़ का आकलन और रिकॉर्ड रखना; तथा

(ii) एयरक्रू को डोज़ का रिकॉर्ड उपलब्ध कराना।

(र) नियोक्ताओं की आवश्यकता है:

(i) महिला वायुकर्मी को ब्रह्मांडीय विकिरण के संपर्क में आने के कारण भ्रूण या भ्रूण को होने वाले एक्सपोजर और गर्भावस्था की शीघ्र सूचना की आवश्यकता के बारे में सूचित करना और

(ii) गर्भावस्था की अधिसूचना के संबंध में नियम को लागू करना जिसके अनुसार गर्भावस्था के दौरान महिला एयरक्रू के लिए, नियोक्ता को उसी विकिरण सुरक्षा उपायों को लागू करना जिसके द्वारा वार्षिक प्रभावी डोज़ की सीमा 1 एमएसवी पर रखी जा सके।

(ल) जहां एयरक्रू की डोज़ संदर्भ स्तर से अधिक होने की संभावना है वहां डोज़ मूल्यांकन और रिकॉर्ड रखने की आवश्यकता।

(व) वर्तमान विमानन अभ्यास के अनुसार, उड़ान ऊंचाई दृढ़ता से निर्धारित होती है और एयरक्रू के उड़ान समय गैर-रेडियोलॉजिकल कारणों के लिये नियंत्रित किया जाता है - ऐसे नियंत्रण द्वारा विकिरण एक्सपोजर को नियंत्रित किया जा सकता है।

9.2 अंतरिक्ष दल:

अंतरिक्ष दल के एक्सपोजर न्यूनीकरण के लिए दृष्टिकोण राष्ट्रीय और क्षेत्रीय अंतरिक्ष एजेंसियों द्वारा विकसित किया गया है। इन असाधारण परिस्थितियों में एक्सपोजर को नियंत्रित करने के लिए आईएईए (जीएसआर भाग 3) के प्रावधान, सामान्य और अनिवार्य रूप से वर्तमान अच्छे अभ्यास को दर्शाते हैं:
शोधकर्ताओं का मानना है कि गैलेक्टिक कॉस्मिक किरणों और सौर कणों के लंबे समय तक संपर्क में रहने से कैंसर होने का खतरा काफी अधिक हो सकता है।

अंतरिक्ष यान की दीवारों की मोटाई बढ़ाना अंतरिक्ष यात्रियों को सूर्य से कम ऊर्जा वाले कणों से बचाने के लिए पर्याप्त होता है, हालांकि उच्च-ऊर्जा गेलेक्टिक ब्रह्मांडीय किरणें परिरक्षण सामग्री के साथ संपर्क करके और भी अधिक विकिरण उत्पन्न कर सकते हैं।

जैसे ही मैग्नेटोस्फीयर पृथ्वी की ओर निर्देशित ब्रह्मांडीय किरणों को विक्षेपित करता है, अंतरिक्ष यान के चारों ओर एक अतिचालक चुंबक द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र चालक दल की रक्षा करता है।
किसी अंतरिक्ष यात्री को मंगल या उससे आगे की यात्रा के दौरान घातक विकिरण से बचाने के लिए हल्के चुंबकीय ढाल का उपयोग सबसे अच्छा तरीका हो सकता है।

(अ) नियामक निकाय या अन्य प्रासंगिक प्राधिकरण को, जहां उपयुक्त हो, विकिरण सुरक्षा के लिए एक ढांचा स्थापित करने की आवश्यकता है जो अंतरिक्ष आधारित गतिविधियों पर लागू होता है।

(ब) अंतरिक्ष चालक दल द्वारा प्राप्त डोज़ को सीमित करके सुरक्षा को अनुकूलित करने के लिए सभी उचित प्रयास किए जाने की आवश्यकता है, जबकि उनके द्वारा की जाने वाली गतिविधियों की सीमा को अनावश्यक रूप से सीमित नहीं किया जाना चाहिए।

(स) अंतरिक्ष चालक दल की सुरक्षा के लिए ढांचे को उपयुक्त संदर्भ स्तरों (जैसे मिशन डोज़ और कैरियर डोज़ के लिए संदर्भ स्तर) की स्थापना के लिए प्रावधान करना चाहिए।

(द) सुरक्षा ढांचे को उड़ान पूर्व डिजाइन चरण में, परिरक्षण और कुछ गतिविधियों के समय और अवधि के माध्यम से डोज़ को कम करने के तरीकों की पहचान करने के लिए प्रावधान करना चाहिए।

(य) डोज़ मापन उद्देश्यों के लिए और एक्सपोजर की बदलती स्थितियों की चेतावनी प्रदान करने के लिए, क्षेत्र का मापन और व्यक्तिगत मापन, जैसा उपयुक्त हो, किया जाना चाहिए। अनुकूलन प्रक्रिया के लिए मापन और डोज़ मूल्यांकन आवश्यक इनपुट हैं।

(र) पृथ्वी के सुरक्षात्मक मैग्नेटोस्फीयर के बाहर यात्रा करते समय को परिरक्षण, डोसिमेट्री, मापन के साथ-साथ जैविक काउंटर उपाय के रूप में विकिरण सुरक्षा प्रदान की जानी चाहिए।

(ल) अनुमानित मॉडल, चालक दल के जोखिमों, परिचालन आवश्यकताओं और निर्णयों के मूल्यांकन और जोखिम को कम करने के लिए वाहन आश्रयों के कुशल डिजाइन में सहायता प्रदान करते हैं।

(व) भविष्य के नासा मिशन निचली पृथ्वी की कक्षा से आगे बढ़ रहे हैं और अब लंबी अवधि के लिए, इस बात की चिंता है कि सौर कण घटना से त्वचा को उच्च डोज़ के कारण प्रतिरक्षा प्रणाली का जोखिम बढ़ सकता है। इस बढ़े हुए जोखिम के परिमाण को मापने और उपयुक्त मॉडल और सुरक्षा रणनीतियों को विकसित करने के लिए अंतरिक्ष उड़ान सम्बंधित विशिष्ट अनुसंधान डेटा संकलित किया जा रहा है। इसके अलावा,

स्पेसफ्लाइट के लिए चिकित्सकीय रूप से प्रासंगिक जैविक काउंटर उपाय की पहचान की जा रही है और उनका पुष्टिकरण मान्य किया जा रहा है

10.0 उपसंहार:

यह एक सच्चाई है कि मनुष्य के जिज्ञासु स्वभाव के कारण आज हमने अंतरिक्ष के बारे में बहुत कुछ सीखा है। अंतरिक्ष और ग्रहों पर जीवन की व्यवहार्यता का पता लगाने के लिए निरंतर प्रयास किए जा रहे हैं। वह दिन आगे नहीं है जब मनुष्य अंतरिक्ष में और ग्रहों पर निवास करेगा। अंतरिक्ष में प्रमुख मुद्दों में से एक अंतरिक्ष विकिरण है और हमें उपचारात्मक उपायों की तलाश करनी होगी। ध्यान देने योग्य महत्वपूर्ण बातों में से एक यह है कि अंतरिक्ष विकिरण का जोखिम ग्रहों की सतह के बजाय यात्रा में अधिक होता है। कुछ महत्वपूर्ण बातें हैं जिन पर विचार करना भविष्य के अंतरिक्ष मिशनों में सहायक होगा।

- पृथ्वी की ऊँचाई
- सौर चक्र
- व्यक्ति की संवेदना
- अंतरिक्ष यात्रा के लिए जोखिम सीमा निर्धारित करना।
- अंतरिक्ष में एक्सपोजर पैटर्न का विस्तृत अध्ययन।
- अंतरिक्ष मिशन के लिए उपयुक्त समय की पहचान,
- अंतरिक्ष चालक दल के विकिरण जोखिम के बारे में जागरूकता बढ़ाना।

उपरोक्त मुद्दों पर ध्यान देने से निश्चित रूप से भविष्य में सुरक्षित अंतरिक्ष मिशन में मदद मिलेगी।

लेखक परिचय:



नाम - नरेंद्र खंडेलवाल
पद - एसओ/एफ
डीएई यूनिट - परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद, मुंबई
कर्मचारी संख्या - 336

मैं लगभग 34 वर्षों से परमाणु ऊर्जा विभाग में कार्यरत हूँ। इस कार्यकाल के दौरान मैंने एनपीपी (एनएपीएस, आरएपीएस-1 और 2, आरएपीएस-3 और 4) और पर्यावरण निगरानी प्रयोगशालाओं के विभागों में काम किया। वर्तमान में मैं परमाणु ऊर्जा नियामक बोर्ड में कार्यरत हूं और मुंबई में तैनात हूं। मेरे कार्य क्षेत्र स्वास्थ्य भौतिकी पहलू हैं जिनमें मैं एनपीपी में परिचालन विकिरण संरक्षण गतिविधियों, रेडियोलॉजिकल निगरानी गतिविधियों, अलारा गतिविधियों, विभिन्न पर्यावरणीय मैट्रिक्स में रेडियोधर्मिता की निगरानी के माध्यम से पर्यावरण निगरानी गतिविधियों, आपातकालीन तैयारी गतिविधियों आदि में शामिल था। एईआरबी में मेरा कार्य क्षेत्र निरीक्षण, सुरक्षा समीक्षा और मूल्यांकन आदि के माध्यम से रेडियोलॉजिकल सुरक्षा से संबंधित नियामक शर्तों की पुष्टि सुनिश्चित करना शामिल है। मैं नियामक दस्तावेजों के विकास में भी शामिल हूं। मैं देश में परमाणु और रेडियोलॉजिकल आपात स्थितियों से निपटने के लिए आपातकालीन तैयारी और प्रतिक्रिया के लिए नए ढांचे के निर्माण का हिस्सा रहा हूं।

मैंने "अंतरिक्ष विकिरण खतरा और न्यूनीकरण तकनीक" विषय पर एक निबंध लिखा है जो इसके साथ संलग्न है।

पृथ्वी की निचली कक्षा (लियो) में मलबे के खतरों और उनका पता लगाने की तकनीकों का अध्ययन

शैलेंद्र कुमार, मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम निदेशालय (डी.एच.एस.पी.),
इसरो मुख्यालय, बेंगलूरु, भारत
ई-मेल: ershail@isro.gov.in
इम्तियाज अली खान, मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम निदेशालय (डी.एच.एस.पी.),
इसरो मुख्यालय, बेंगलूरु, भारत
ई-मेल: hsfc@isro.gov.in

सारांश

मलबे पृथ्वी की कक्षा में मानव निर्मित वस्तु हैं, जिसकी कोई उपयोगिता नहीं है लेकिन यह मूल्यवान अंतरिक्ष संपत्तियों के लिए खतरा पैदा करता है। परिक्रमा रहित अंतरिक्षयान, प्रक्षेपण यान ऊपरी चरण, ऊष्मा-ढाल और उपग्रह विस्फोटों द्वारा निर्मित बड़ी संख्या में कण अंतरिक्ष मलबे के उदाहरण हैं। वस्तु का आकार >10 मि.मी. बड़े कक्षीय मलबे के रूप में कहा जाता है और इसे अंतरिक्ष निगरानी रडार द्वारा नियमित रूप से ट्रैक किया जा सकता है। इन राडार से प्राप्त आंकड़े मलबे की संख्या के सांख्यिकीय अनुमान के लिए एक आधार प्रदान करते हैं। कम पृथ्वी की कक्षा (लियो) में अंतरिक्ष गतिविधियाँ काफी बड़ी हैं और इसलिए अधिकांश कक्षीय मलबा पृथ्वी की सतह से 500-1000 किमी की कक्षीय ऊंचाई के भीतर रहता है। यह वह क्षेत्र है जहां मलबे की उच्चतम सांद्रता का पता लगाया जाता है। एकत्रित सांख्यिकीय डेटा की सहायता से लियो मलबे के वातावरण का पता लगाने और उसे चिह्नित करने के लिए भू-आधारित रडार विश्व स्तर पर चलन में हैं। अंतरिक्ष मलबे की निगरानी और ट्रैकिंग के लिए उपयोग की जाने वाली रडार प्रणाली परिचालन अंतरिक्ष यान और मलबे के बीच टकराव से बचने के लिए अलर्ट संदेश उत्पन्न करने में मदद करेगी। यह लेख मलबे के मॉडलिंग और लक्षण वर्णन तकनीकों पर एक अध्ययन रिपोर्ट प्रदान करता है। विश्व स्तर पर मलबे की ट्रैकिंग और माप विधियों का उपयोग किया जा रहा है।

मुख्य शब्द—अंतरिक्ष मलबा, पृथ्वी की निचली कक्षा (लियो), रडार

1) परिचय

कक्षीय मलबे पृथ्वी के चारों ओर कक्षा में मानव निर्मित कोई भी वस्तु है, जो अब किसी उपयोगी उद्देश्य की पूर्ति नहीं करती है। उदाहरण के लिए, परित्यक्त अंतरिक्ष यान और प्रक्षेपण वाहनों के ऊपरी चरण, कई पेलोड के वाहक, अपने प्रक्षेपण यान से अंतरिक्ष यान के अलगाव के दौरान या मिशन संचालन के दौरान जानबूझकर छोड़ा गया मलबा, अंतरिक्ष यान या ऊपरी चरण के विस्फोटों या टकरावों के परिणामस्वरूप बनाया गया मलबा, ठोस रॉकेट मोटर बहिःस्राव और थर्मल तनाव या छोटे कण प्रभावों द्वारा जारी पेंट के छोटे टुकड़े।

वर्तमान में, 10 मि.मी. से बड़ी 25,000 से अधिक वस्तुओं का अस्तित्व ज्ञात है। 1 से 10 मि.मी. व्यास वाले कणों की अनुमानित जनसंख्या लगभग 500,000 है। 1 मिमी से बड़े कणों की संख्या 100 मिलियन से अधिक है। जनवरी 2022 तक, पृथ्वी की परिक्रमा करने वाली सामग्री की मात्रा 9,000 मीट्रिक टन से अधिक हो गई थी। बड़े कक्षीय मलबे (> 10 मि.मी.) को नियमित रूप से अंतरिक्ष निगरानी रडार और नेटवर्क पर नज़र रखी जाती है। जमीन पर आधारित राडार द्वारा 3 मिमी जितनी छोटी वस्तुओं का पता लगाया जा सकता है, जो उनकी संख्या के सांख्यिकीय अनुमान के लिए एक आधार प्रदान करता है। 1 मिमी से कम कक्षीय मलबे की आबादी का आकलन लौटे अंतरिक्ष यान की सतहों पर प्रभाव सुविधाओं की जांच करके किया जा सकता है, हालांकि यह 600 किमी से नीचे की ऊंचाई पर चलने वाले अंतरिक्ष यान तक सीमित है।

उपग्रह विस्फोट और टकराव। 2007 से पहले, मलबे का मुख्य स्रोत प्रक्षेपण यान के ऊपरी चरणों और अंतरिक्ष यान के विस्फोटों से था। 2007 में चीन द्वारा फेंग्युन-1सी मौसम उपग्रह का जानबूझकर विनाश और 2009 में अमरीकी संचार उपग्रह, इरिडियम-33, और सेवानिवृत्त रूसी अंतरिक्ष यान, कॉसमॉस-2251 की आकस्मिक टक्कर ने कक्षा में बड़े मलबे की संख्या में काफी वृद्धि की और अब सभी सूचीबद्ध कक्षीय मलबे के एक तिहाई का प्रतिनिधित्व करते हैं। अधिकांश कक्षीय मलबे पृथ्वी की सतह के 2,000 किमी के भीतर रहते हैं। इस मात्रा के भीतर, मलबे की मात्रा ऊंचाई के साथ काफी भिन्न होती है। मलबे की सबसे बड़ी सांद्रता 750-1000 किमी के पास पाई जाती है। पृथ्वी की निचली कक्षा (2,000 किमी से नीचे) में, कक्षीय मलबा लगभग 7 से 8 किमी/सेकेंड की गति से पृथ्वी का चक्कर लगाता है। हालांकि, किसी अन्य अंतरिक्ष वस्तु के साथ कक्षीय मलबे की औसत प्रभाव गति लगभग 10 किमी/सेकेंड है और लगभग 15 किमी/सेकेंड तक हो सकती है, जो बुलेट की गति से 10 गुना से अधिक है। नतीजतन, मलबे के एक छोटे से टुकड़े के साथ भी टकराव में काफी ऊर्जा शामिल होगी।

यूएस स्पेस सर्विलांस नेटवर्क नियमित रूप से संभावित करीबी टक्कर की पहचान करने के लिए कक्षीय मलबे के प्रक्षेपवक्र की जांच करता है। यदि किसी अन्य वस्तु के अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (ISS) के कुछ किलोमीटर के भीतर आने का अनुमान है, तो ISS सामान्य रूप से वस्तु से दूर चला जाएगा, यदि टक्कर की संभावना 10,000 में 1 से अधिक हो। ऐसा कभी-कभार ही होता है, औसतन साल में एक बार।

ISS अब तक का सबसे भारी परिरक्षित अंतरिक्ष यान है। महत्वपूर्ण घटक, जैसे, रहने योग्य डिब्बे और उच्च दबाव टैंक, आम तौर पर 1 सेंटीमीटर व्यास के मलबे के प्रभाव का सामना करने में सक्षम होंगे। एक महत्वपूर्ण आई.एस.एस. घटक के 1-10 सेंटीमीटर व्यास वाले मलबे से टकराने का जोखिम मामूली है और इस जोखिम को कम करने के तरीकों की जांच की जा रही है। ऊंचाई जितनी अधिक होगी, कक्षीय मलबा आमतौर पर पृथ्वी की कक्षा में रहेगा। 600 किमी से नीचे की कक्षाओं में छोड़ा गया मलबा सामान्य रूप से कई वर्षों के भीतर वापस पृथ्वी पर गिर जाता है। 800 किमी की ऊंचाई पर, कक्षीय क्षय का समय अक्सर सदियों में मापा जाता है। 1,000 किमी से ऊपर, कक्षीय मलबा आमतौर पर एक हजार साल या उससे अधिक समय तक पृथ्वी का चक्कर लगाता रहेगा। मलबे की एक महत्वपूर्ण मात्रा पुन: प्रवेश के दौरान होने वाली गंभीर गर्मी से नहीं बच पाती है। जो घटक जीवित रहते हैं, उनके महासागरों या पानी के अन्य निकायों में या रूसी संघ में कनाडाई टुंड्रा, ऑस्ट्रेलियाई आउटबैक या साइबेरिया जैसे कम आबादी वाले क्षेत्रों में गिरने की संभावना है। पिछले 50 वर्षों के दौरान हर दिन औसतन एक सूचीबद्ध मलबे का टुकड़ा पृथ्वी पर वापस गिर गया। मलबे में फिर से प्रवेश करने से किसी गंभीर चोट या महत्वपूर्ण संपत्ति क्षति की पुष्टि नहीं हुई है

इतनी ऊंचाई पर कक्षीय मलबे का पता लगाने की हमारी क्षमता सीमित है, लेकिन अध्ययनों से संकेत मिलता है कि कक्षीय मलबे की संख्या शायद कम पृथ्वी की कक्षा की तुलना में कम गंभीर है। चूंकि भूस्थैतिक कक्षा एक विशेष प्राकृतिक संसाधन है, इसलिए कई अंतरिक्ष यान संचालक अपने पुराने अंतरिक्ष यान को अपने मिशन के अंत में उच्च, निपटान कक्षाओं में बढ़ावा देते हैं। प्रचालनात्मक अंतरिक्ष यान बहुत छोटे, उप-मिलीमीटर आकार के कक्षीय मलबे (और माइक्रोमीटरोइड्स) द्वारा मापा जाता है। नियमित रूप से बहुत कम या प्रभावहीन। मिलीमीटर आकार के कक्षीय मलबे पृथ्वी की निचली कक्षा में काम करने वाले अधिकांश रोबोटिक मिशनों के लिए उच्चतम प्रवेश जोखिम का प्रतिनिधित्व करते हैं। दो बड़ी वस्तुओं (> 10 मि.मी. व्यास) के दुर्घटनावश टकराने की संभावना बहुत कम होती है। इस तरह की सबसे भयंकर घटना 10 फरवरी 2009 को हुई थी जब एक परिचालन यू.एस. इरिडियम उपग्रह और एक परित्यक्त रूसी कॉस्मॉस उपग्रह टकरा गए थे।

वर्तमान में सबसे महत्वपूर्ण कार्रवाई अतिरिक्त कक्षीय मलबे के अनावश्यक निर्माण को रोकना है। यह विवेकपूर्ण वाहन डिजाइन और संचालन के माध्यम से किया जा सकता है। पर्यावरण की सफाई एक तकनीकी और आर्थिक चुनौती बनी हुई है।

2) **अंतरिक्ष मलबा शमन के लिए तकनीक:** भविष्य की पीढ़ियों के लिए निकट-पृथ्वी अंतरिक्ष को संरक्षित करने के लिए नासा, संयुक्त राज्य अमरीका और दुनिया के प्रमुख अंतरिक्ष-उत्साही देशों के लिए कक्षीय मलबे की आबादी के विकास को नियंत्रित करना एक उच्च प्राथमिकता है। न्यूनीकरण के उपाय नए मलबे

के निर्माण को रोकने या रोकने का रूप ले सकते हैं, छोटे मलबे के प्रभावों का सामना करने के लिए उपग्रहों को डिजाइन करना और परिचालन प्रक्रियाओं को लागू करना, जैसे कि कम मलबे के साथ कक्षीय शासन का उपयोग करना, विशिष्ट अंतरिक्ष यान के दृष्टिकोण को अपनाना, और यहां तक कि टकराव से बचने के लिए पैंतरेबाज़ी करना।

कक्षीय मलबे संरक्षण में कक्षीय मलबे द्वारा परिचालन अंतरिक्ष यान को प्रस्तुत जोखिम का आकलन करने के लिए अति वेग प्रभाव परीक्षण (HVIT) निष्पादित करना शामिल है। कम वजन के दंड के साथ कक्षीय मलबे से बेहतर सुरक्षा प्रदान करने के लिए नई सामग्री और नए डिजाइन विकसित करना।

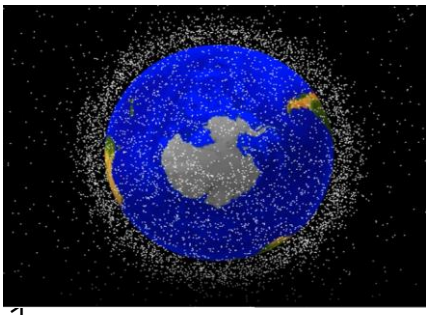
3) **अंतरिक्ष मलबे की मॉडलिंग:** अंतरिक्ष परिसंपत्तियों के लिए पैदा हुए खतरों को पूरा करने के लिए मलबे के आकार और कक्षीय रेंज की उपलब्धता को मॉडल करने की आवश्यकता है। वर्तमान और भविष्य के मलबे के वातावरण का वर्णन और विशेषता के लिए विभिन्न प्रकार की तकनीकें उपलब्ध हैं। ओ.आर.डी.ई.एम. 3.2 जैसे इंजीनियरी मॉडल का उपयोग अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन सहित अंतरिक्ष यान और उपग्रहों के लिए मलबे के प्रभाव जोखिम आकलन के लिए किया जा सकता है। फिर भी, विकासवादी मॉडल, जैसे कि लीजेंड, भविष्य के मलबे के वातावरण की भविष्यवाणी करने के लिए डिज़ाइन किए गए हैं। वे यह अध्ययन करने के लिए विश्वसनीय उपकरण हैं कि भविष्य के मलबे का वातावरण विभिन्न शमन प्रथाओं पर कैसे प्रतिक्रिया करता है।

नीचे दिए गए चित्र.1 में बिंदु मलबे के अंतरिक्ष कैटलॉग का प्रतिनिधित्व करते हैं। एनिमेशन पृथ्वी के चारों ओर कक्षा में वास्तविक सूचीबद्ध वस्तुओं (उपग्रहों और मलबे) का प्रतिनिधित्व करता है। सूचीबद्ध वस्तुएं आम तौर पर 4 इंच (10 मि.मी.) या बड़ी होती हैं, लेकिन कई और मलबे की वस्तुएं हैं जो ट्रैक करने के लिए बहुत छोटी हैं, जो परिचालन अंतरिक्ष यान के लिए खतरा पैदा करती हैं। सापेक्ष दूरियों और दरों को बड़े पैमाने पर दिखाया जाता है, लेकिन परिक्रमा करने वाली वस्तुएं स्वयं आकार में बहुत अतिरंजित होती हैं।

4) मलबा ट्रैकिंग और माप तकनीक

4 क) रडार मापन:

- प्रमुख अंतरिक्षयात्री देश जैसे नासा, ई.एस.ए.,



चित्र.1 मलबे की अंतरिक्ष सूची

जाक्सा आदि कम पृथ्वी की कक्षा के मलबे के वातावरण को सांख्यिकीय रूप से चिह्नित करने के लिए जमीन पर आधारित रडार का उपयोग करते हैं। निकट-पृथ्वी कक्षीय मलबे का मापन भू-आधारित रडारों के संचालन द्वारा किया जाता है।

- उदाहरण के लिए नासा ने एक्स-बैंड आवृत्ति पर एक लंबी दूरी की इमेजिंग रडार (एल.आर.आई.आर.) प्रणाली तैयार की। वाइड बैंड मोड में, एल.आर.आई.आर. 1.024 गीगाहर्ट्ज़

बैंडविड्थ के साथ 10 गीगाहर्ट्ज़ पर चलता है। यह प्रणाली 25 मि.मी. रिज़ॉल्यूशन की संवेदनशीलता में सक्षम थी, जिससे उपग्रहों को भूस्थैतिक कक्षा की दूरी के साथ-साथ 40,000 किमी रेंज तक की गहरी अंतरिक्ष वस्तुओं को ट्रैक करने और इमेजिंग करने की क्षमता मिलती थी। बाद में इसे एक्स बैंड और डब्ल्यू-बैंड में एक साथ संचालन के लिए अपग्रेड किया गया, जो इसे परिक्रमा करने वाली वस्तुओं के आकार, आकार अभिविन्यास और गति को बेहतर ढंग से निर्धारित करने की अनुमति देता है। W-बैंड 8 गीगाहर्ट्ज़ की बैंडविड्थ के साथ 92 और

100 गीगाहर्ट्ज़ के बीच काम करता है। सिस्टम यूनाइटेड स्टेट्स स्पेस सर्विलांस नेटवर्क (SSN) में डेटा का योगदान देता है।

- नीचे चित्र.2 में लियोलैब्स का मलबा ट्रैकिंग चरणबद्ध सरणी रडार प्रणाली को एस-बैंड पर कार्यरत दिखाया गया है। यह लियो कक्षा में छोटे मलबे को ट्रैक करता है और दक्षिणी गोलार्ध के मध्य झुकाव वाली कक्षाओं को कवर करता है । वे धूप, बादल, बारिश, बर्फ और हवा से अप्रभावित रहते हैं।



चित्र.2 में लियो - लैब्स का मलबा ट्रैकिंग चरणबद्ध सरणी रडार

4 ख) प्रकाशीय मापन

- ऑप्टिकल टेलिस्कोप निष्क्रिय रूप से मलबे से परावर्तित सूर्य के प्रकाश को मापते हैं और हमें कम पृथ्वी की कक्षा में अधिक दूर के भू-समकालिक (GEO) कक्षीय व्यवस्थाओं में वस्तुओं का नियमित रूप से निरीक्षण करने की अनुमति देते हैं। मलबे के माप और अवलोकन उपकरण मॉडल में ऑप्टिकल और रडार माप का संयोजन सभी ऊंचाई पर कक्षीय मलबे पर्यावरण की एक और पूरी तस्वीर प्राप्त करने की अनुमति देता है। उदाहरण के लिए नासा इन उद्देश्यों के लिए कक्षीय मलबे इंजीनियरी मॉडल (ओ.आर.डी.ई.एम.) और मलबे आकलन सॉफ्टवेयर (डी.ए.एस.) उपकरणों का उपयोग करता है।

4 ग) स्वस्थानी माप में

- **हबल अंतरिक्ष सूक्ष्मदर्शी**

हबल स्पेस टेलीस्कोप (HST) में पृथ्वी की निचली कक्षा में लगभग 16 वर्षों के बाद, वाइड फील्ड प्लैनेटरी कैमरा 2 (WFPC-2) को 2009 में सर्विसिंग मिशन 4 (STS 125) द्वारा पृथ्वी पर लौटा दिया गया था। WFPC-2 रेडिएटर माइक्रोमीटरोइड (MM) और कक्षीय मलबे (OD) वातावरण के संपर्क में था और कक्षा में अवधि के साथ-साथ इसके अपेक्षाकृत बड़े 1.76 m2 सतह क्षेत्र के कारण MMOD पर्यावरण का एक अनूठा रिकॉर्ड प्रदान करता है।

- अंतरिक्ष मलबे सेंसर

अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन के बाहरी हिस्से में स्थापित, अंतरिक्ष मलबे सेंसर (एस.डी.एस.) छोटे कक्षीय मलबे के बारे में जानकारी एकत्र करता है।

5) गगनयान के लिए इस्तेमालकी जा रही अंतरिक्ष मलबा सुरक्षा रणनीतियाँ

- **अंतरिक्ष मलबे से सुरक्षा के लिए ढाल का डिजाइन और विकास:** अंतरिक्ष यान को अंतरिक्ष मलबे से बचाने का यह विश्वसनीय तरीका है। मिशन की गंभीरता को देखते हुए मलबे की ढाल तैयार किया जाए। इस मामले में ढाल को डिजाइन करने में पूरी सावधानी बरती गई है क्योंकि मानव सुरक्षा सर्वोच्च प्राथमिकता है। शील्ड मॉडल को सत्यापित करने के लिए कंप्यूटर आधारित सिमुलेशन किए जा रहे हैं।

- **10 किमी/सेकंड के लिए विकसित शील्ड का परीक्षण:** एक बार मलबे की मॉडलिंग और विशेषता अध्ययन समाप्त हो जाने के बाद, 10 किमी/सेकंड की औसत मलबे की गति के लिए शील्ड का निर्माण और परीक्षण किया जाएगा। यह परीक्षण किसी भी गंभीर मलबे के खतरे से ऑर्बिटल मॉड्यूल की सुरक्षा सुनिश्चित करेगा

- **ग्राउंड स्टेशन ट्रैकिंग:** जैसा कि ऊपर उल्लेख किया गया है कि कक्षीय मॉड्यूल को मलबे से बचाने के लिए एक और प्रभावी तरीका ऑर्बिटल मॉड्यूल की निर्दिष्ट कक्षा की निरंतर निगरानी है। हालांकि अंतरिक्ष मलबे की सूची ऑर्बिटल मॉड्यूल के नजदीक मौजूद मलबे के बारे में पर्याप्त जानकारी प्रदान करने के लिए उपलब्ध हैं, लेकिन फिर भी नियमित निगरानी किसी भी अज्ञात वस्तु से बचाने के लिए अनिवार्य है। इसरो LEO में मलबे की ट्रैकिंग के लिए सुविधा स्थापित कर रहा है जो विकास के चरण में है।

6) निष्कर्ष

- इस कार्य का दायरा अंतरिक्ष संपत्तियों को गंभीर क्षति से बचाने के लिए मलबे का पता लगाने के महत्व को सामने लाना है। आज तक का शोध साहित्य यह दिखाता है कि, उचित निगरानी मलबे के खतरे को कम करने का सबसे अच्छा तरीका है। नियमित रूप से मलबे पर नज़र रखने और अंतरिक्ष मलबे की सूची बनाने के लिए रडार का व्यापक रूप से उपयोग किया जा रहा है। आम तौर पर अंतरिक्ष मलबे की सूची अंतरिक्ष संपत्तियों के लिए महत्वपूर्ण खतरों के बारे में मूल्यवान जानकारी प्रदान करता है और किसी भी टकराव से बचने के लिए अग्रिम कार्रवाई करने में सक्षम बनाता है। हालांकि, अंतरिक्ष मलबे की सूची बनाने के लिए विभिन्न तकनीकों और सॉफ्टवेयर का उपयोग किया जा रहा है, लेकिन फिर भी मलबे की ट्रैकिंग और इसकी सटीक स्थिति का पता लगाने में तकनीकी सुधार की एक बड़ी गुंजाइश है।

7) सन्दर्भ

[1] https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov
[2] ज़ेरविंस्की, मार्क जी.; Usoff, जोसेफ एम। (2014)। "हेस्टैक अल्ट्रावाइडबैंड सैटेलाइट इमेजिंग रडार का विकास" (पीडीएफ)। लिंकन प्रयोगशाला जर्नल। एमआईटी। 21 (1).
[3] Czerwinski, Mark G.; Usoff, Joseph M. (2014). "Development of the Haystack Ultrawideband Satellite Imaging Radar" (PDF). Lincoln Laboratory Journal. MIT. 21 (1).

लेखक परिचय:



श्री शैलेंद्र कुमार :- एलेक्ट्रोनिक्स इंजीनियरिंग में बी.टेक डिग्री और इलेक्ट्रिकल और इलेक्ट्रॉनिक्स इंजीनियरिंग में एम.टेक डिग्री। वर्ष 2007 में यू आर राव सैटेलाइट सेंटर बैंगलोर में ज्वाइन किया। 2017 तक कम्युनिकेशन सिस्टम ग्रुप में काम किया। एक आरएफ इंजीनियर के रूप में, उनके पास अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए संचार प्रणालियों के डिजाइन, परीक्षण और ट्रबल शूटिंग का अनुभव है। विभिन्न भारतीय रिमोट सेंसिंग सैटेलाइट (आईआरएस) मिशन के लिए डेटा ट्रांसमिशन सिस्टम के डिजाइन, विकास और योग्यता के लिए योगदान दिया जिसमें चंद्रयान -1 और 2, रिसोर्ससैट -2 और कार्टोसैट -3 अंतरिक्ष यान शामिल हैं। वर्तमान में इसरो मुख्यालय बैंगलोर में मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम निदेशालय (डीएचएसपी) में प्रोग्राम मैनेजर के पद पर कार्यरत हैं।

समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियां, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएं

शुभम शुक्ला, वैज्ञानिक/इंजीनियर- एससी
प्रौद्योगिकी विकास एवं नवप्रवर्तन निदेशालय
इसरो मुख्यालय, बेंगलूरु

सारांश

मानव ने निरंतर अपनी बोद्धिक शक्ति से जीवन को और सरल बनाया है, लेकिन साथ ही साथ और कुछ पा लेने की भावना ने नई चुनौतियों को भी जन्म दिया है। अगर हम मानव जीवन का इतिहास देखें, तो पायेंगे कि लगातार प्रगति के साथ साथ मानव ने पृथ्वी के संसाधनों से खिलवाड़ किया है। प्राचीन काल में मानव रूपी सुविधाये नहीं थीं, तो प्रकृति अपनी समान्य स्थिति में थी, लेकिन उसके बाद शुरू हुए औद्योगिक काल ने न सिर्फ समान्य जीवन को बदला, बल्कि प्रकृति की नई चुनौतियों को भी आमंत्रित किया।

मानव व उसकी आकांक्षाएं - पत्थरयुग ⟶ लोह युग ⟶ मध्यकालीन और आज, अगर हम इसको समझे तो मानव निरंतर आगे बढ़ तथा नए आयाम स्थापित किये हैं, लेकिन उसकी आकांक्षाएं आसीमित और अकल्पनीय रही हैं। पहले सिर्फ जीवन यापित करने के लिए संघर्ष होता था और आज इस आकाशगंगा को समझेने और उसका लाभ लेने के लिए संघर्ष हो रहा है, ताकि मानव जाति और समस्त जीवों को आगे की चुनौतियों के लिए तैयार किया जा सके। आज मानव जाति के द्वारा पृथ्वी के संसाधनों का अति-उत्पीडन एक आने वाले संकट का संकेत दे रहा है, सिमटते संसाधनों और पर्यावरण प्रदूषण के परिणाम विश्व के सभी कोनों में देखने को मिल रहे हैं।

आज विश्व जगत नई-नई चुनौतियों का सामना कर रहा है, जैसे कि प्रदूषण, महामारी, तापमान में वृद्धि, जलवायु परिवर्तन, बाढ़, भूकम्प, भूस्खलन आदि। इन सब को देखते हुए यह जरूरी हो गया है कि अंतरिक्ष अनुसंधान में आगे बढ़कर नई सम्भावनाओं की तलाश की जाये और भावी चुनौतियों से निपटा जाये।

इसी का परिणाम है कि समूचा विश्व आज पृथ्वी के आलावा अन्य ग्रह तालाश रहा है।अंतरिक्ष अनुसंधान आज सभी देशों की दीर्घकालीन योजना में प्रमुखता से छाया हुआ है। वैसे अंतरिक्ष अनुसंधान रूसी के स्पुतनिक से 1960 में शुरू हुआ, जो आज 6 दशक बाद समानव अंतरिक्ष की ओर अग्रसर है, जो मानव के लिए नई सम्भावनायें तलाश रहा है।

समानव अंतरिक्ष अभियान समस्त मानव जाति के लिए एक बहुत ही महत्वकांक्षी अभियान है। यह न केवल भविष्य के लिए अनिवार्य है, अपितु आने वाले भावी दुष्परिणामों को कम करने के लिए भी आवश्यक कदम है। आज समूचा विश्व वैज्ञानिक समूह इसमे सम्भावनायें तलाश रहा है, चाहे वह अंतरिक्ष अनुसंधान संगठनों या विश्वविद्यालय या फिर छोटी औद्योगिक इकाइयां। दुनिया की प्रमुख अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन, जैसे कि नासा, एसा, जाक्सा, रोस्कोमोस आदि अनुसंधानों ने कई महत्वकांक्षी अभियानों को सफलतापूर्ण किया है।

भारत ने इस दिशा में पहला कदम 1960 के दशक में लिया था और आज उसकी के परिणामस्वरूप भारत का अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन कई कीर्तिमान स्थापित कर रहा है।

<u>भारत और समानव अंतरिक्ष अभियान</u>- समय की जरूरतों और भारतीय लोगो की बढती आकांक्षाओं को देखते हुए भारत ने भी इस दिशा में महत्वपूर्ण कदम बढ़ाये है, इसीलिए भारत के प्रधानमंत्री आदरणीय नरेन्द्र मोदी जी ने 15 अगस्त 2017 को लालकिले से गगनयान की घोषणा की। भारत का यह पहला कदम है। गगनयान परियोजना का उद्देश्य, समानव अंतरिक्ष उड़ान क्षमता को दर्शाना है, जो 5-7 दिनों के लिए 3 सदस्यों को निचली भू-कक्षा में ले जाएगी, यह भारत का एक पड़ाव मात्र भर है, क्योंकि भारत का समानव अंतरिक्ष अभियान, अंतरिक्ष में केंद्र, तथा भविष्य में आगे मंगल आदि ग्रहों की यात्रा, अनुसंधान व रहने योग्य विकसित करना है। वैसे तो अंतरिक्ष अभियान की शुरुआत 2004 से ही हो गयी थी, और भारतीय अनुसंधान संगठन ने कई महत्वपूर्ण

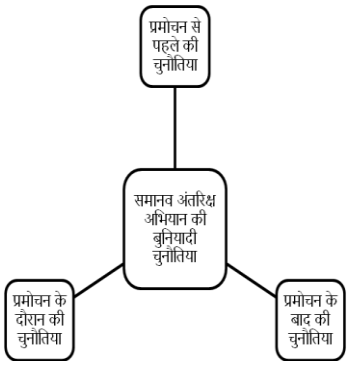
तकनीकें विकसित कर ली थी। लेकिन भारत के प्रधानमंत्री की घोषणा से 2018 समानव अंतरिक्ष अभियान की शुरुआत हो गई।

गगनयान परियोजना (भारतीय समानव अंतरिक्ष अभियान) में इसरो एक मॉड्युल निचली कक्षा में 3 कर्मीदल को भेजेगा, इसके लिए मानव अनुकूलित यान (एल.वी.एम.-3) को चुना गया है, एल.वी.एम.-3 यानी जी.एस.एल.वी.मार्क-III रॉकेट मानवानुकूल प्रमोचक रॉकेट है, जो कर्मीदल को ले कर जायेगा। परियोजना के अंत में मॉड्युल को वापस पृथ्वी पर लाया जायेगा। इस परियोजना के 3 चरण है, 2 कर्मीदल रहित और 1 कर्मीदल के साथ। यह मॉड्युल पृथ्वी की कक्षा में 6 दिनों तक चक्कर लगाएगा और वैज्ञानिक अंतरिक्ष में कई महत्वपूर्ण प्रयोग करेंगे, जो की अगले अंतरिक्ष मिशन को समझने व अगले समानव अंतरिक्ष अभियान की नीव रखेंगे। कक्षीय मॉड्युल कुल 2 मॉड्युल से मिलकर बना होगा: 1. कार्मिक मॉड्युल 2. सेवा मॉड्युल

परियोजना में पुन:प्रवेश सबसे अहम है। कक्षीय मॉड्युल को इस दौरान वायुमंडल के परिस्थितियों से निकल के पैराशूट की सहायता से निर्धारित स्थान पर अवतरण होगा। गगनयान परियोजना मानव केन्द्रित है। पुन:प्रवेश, पुन:प्राप्ति तथा कर्मीदल के स्वास्थ्य को सुनिश्चित करना है। कर्मीदल पुन:प्राप्त के लिए भारतीय नौसेना का सहयोग लिया जाएगा।

समानव अंतरिक्ष अभियान की बुनियादी चुनौतियों को निम्न भागों में बांटा जा सकता है:





1. <u>प्रमोचन से पहले की चुनौतियां</u>

- **मानवयुक्त यान का निर्माण**

इसरो ने मानव अनुकूलित रॉकेट का निर्माण कर लिया है। इस दौरान इसरो को कई चुनौतियों का सामना करना पड़ा, जैसे कि हार्डवेयर चयन, गुणवत्ता परिक्षण और सभी प्रणाली का वैधीकरण आदि इसके अलावा मानवयुक्त रॉकेट के लिए स्थापित कई अंतरराष्ट्रीय मनकों पर भी खरा उतरना भी चुनौती है।

- **मानव अनुकूल प्रमाणीकरण और गुणवत्ता**

मानवयुक्त परियोजना होने के कारण मानव अनुकूल प्रमाणीकरण बहुत ही महत्वपूर्ण है यह समस्त परियोजना की दिशानिर्देशों का पालन करने तथा उसकी गुणवत्ता को बनाये रखने के लिए जरूरी है इसके फलस्वरूप हम अभिकल्पना विकल्प, विस्वसनीयता व सुरक्षा जैसे अहम मानकों को पूरा कर सकेंगे, जो कि पहले ही हमारे लिए एक चुनौती है।

- **कक्षीय मॉड्युल (कर्मीदल व सेवा मॉड्युल निर्माण)**

कुछ महत्वपूर्ण चुनौतियों में से एक हैं कक्षीय मॉड्युल क्योंकि इसमें कई उप प्रणालियां हैं, जैसे कि नोदन प्रणाली पैराशूट एव पृथकत्व प्रणाली, संचार प्रणाली, वायुतापीय प्रणाली, कर्मीदल सीट, कर्मीदल कंसोल और अन्य सहायक प्रणालियां। इन सभी प्रणालियों को एर्गोनोमिक तरीके से बनाना ही सबसे बड़ी चुनौती है।

- कर्मीदल चयन, प्रशिक्षण व स्वास्थ्य

समानव अंतरिक्ष अभियान की सफलता कर्मीदल की कुशलता के ऊपर आधारित है, इसलिए कर्मीदल चयन और प्रशिक्षण महत्वपूर्ण है। चयन के लिए हम वायुसेना की मदद ले रहे हैं और प्रशिक्षण के लिए हमने रूस की मदद ली है, और फिर भारत में प्रशिक्षण का अगला चरण होगा, इसके लिए अनुकारों का विकास करना जरूरी है, और स्वास्थ्य मानकों को पूरा करना चुनौती है।

- **अंतरिक्ष पोशाक और भोजन का विकास**

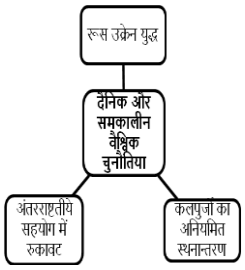
कर्मीदल को अंतरिक्ष की विषम परिस्थितियों, जैसे तापमान, दबाव, गुरुत्वाकर्षण, विकिरण से निपटने के लिए पोशाक को विकसित करना जरूरी है, इस दिशा में कई सार्थक कदम लिए गये हैं, लेकिन चुनौती यह है कि पोशाक निर्धारित समय में मिल सके। इसके अलावा भोजन का विकास कर्मीदल के स्वास्थ्य को ध्यान में रख कर करना भी जरूरी है।

2. <u>प्रमोचन के दौरान की चुनौतियां</u>

प्रमोचन के दौरान किसी भी आपातकालीन परिस्थिति से निपटने के लिए एक समग्र योजना जरूरी है और इसमें सबसे बड़ी चुनौती है, कर्मीदल बचाव प्रणाली की सफलता। कर्मीदल बचाव प्रणाली, पैड विफलता जाँच महत्वपूर्ण है, जो कि किसी भी विपरीत परिस्थिति में कर्मीदल को नीचे ले आएगी। इसके अलावा कई प्रमुख कारणों से आपातकालीन स्थिति की चुनौतियों से निपटने के लिए तैयार रहना होगा, जैसे कि कक्षीय मॉड्युल का किसी वस्तु से टकरा जाना, तकनीकी खराबी का होना, कर्मीदल का स्वास्थ्य खराब हो जाना आदि।

3. <u>प्रमोचन के बाद की चुनौतिया</u>

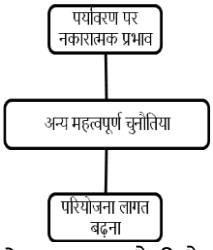
अंतरिक्षयात्री की वापसी के बाद उनका पुनर्वास एक महत्वपूर्ण कदम है और इसके लिए एक विस्तृत कार्य योजना बनाना और उसका क्रियान्वयन आने वाले मानवयुक्त परियोजना की आधारशिला रखेगा।



समानव अंतरिक्ष अभियान की दैनिक और समकालीन वैश्विक चुनौतियां:

भारतीय समानव अंतरिक्ष अभियान आज सिर्फ तकनीकी परिस्थितियों का ही नहीं, अपितु दैनिक वैश्विक चुनौतियों का भी सामना कर रहा है, जिसकी वजह से समुच्चयन, समेकन एवं जाँच में देरी हो रही है। भारतीय समानव अंतरिक्ष अभियान में देरी की कोविड महामारी के अलावा रूस-उक्रेन युद्ध, तथा हिन्द महासागर में अमेरिका और चीन के बीच बढ़ते तनाव भी हैं। जिसकी वजह से न सिर्फ कलपुर्जों की नियमित आपूर्ति बाधित हुई है, अपितु अभियान में अंतरराष्ट्रीय सहयोग में भी रुकावटे आ रही है। इसकी 3 प्रमुख कारण हैं:

समानव अंतरिक्ष अभियान की अन्य चुनौतियां:



अन्य चुनौतियों में जलवायु परिवर्तन पेरिस समेलन में भारत द्वारा नेट ज़ीरो वर्ष 2070 तक हासिल करने का लक्ष्य रखा गया है। इसरो की समानव अंतरिक्ष परियोजना का विकास पर्यावरण पर किसी भी नकारात्मक प्रभाव को कम से कम रखना एक बड़ी चुनौती से कम नहीं है। इसमें परियोजना से जुड़े सभी संगठनों को तकनीकी पहलू के साथ-साथ प्रभाव नियंत्रण पर भी विशेष ध्यान देना एक चुनौती है।

- परियोजना लागत बढ़ना

वैश्विक अस्थिरता और कोविड महामारी के कारण हुई देरी और कच्चे माल, महंगाई दर, आदि में हुई अनियंत्रित वृद्धि से गगनयान परियोजना की लागत को तय लागत के अंदर रख पाना एक चुनौती है। इसके लिए नियमित समीक्षा और निगरानी करना जरुरी है।

<u>समानव अंतरिक्ष अभियान के अनुप्रयोग</u>

- अंतरिक्ष में प्रवीण राष्ट्र के समूह में स्थापित करना तथा अंतरिक्ष अन्वेषण कार्यक्रम को आगे बढाने के लिए उपयुक्त दिशा प्रदान करेगा।

- स्वदेशी अंतरिक्ष उद्योगों को समानव अंतरिक्ष अभियान से बल मिलेगा, जो कि भावी परियोजनाओ और अनुसंधानों को स्वदेशी तकनीक से विकसित करने में मददगार होगा। साथ ही सकल घरेलू उत्पाद बढ़ाने और रोज़गार देने में उपयुक्त होगा।
- समानव अंतरिक्ष अभियान की सफलता अंतरिक्ष में भारत की पहुंच के साथ-साथ भावी भारतीय स्थाई अंतरिक्ष केंद्र को बनाने में उपयुक्त होगा।
- अंतर-उपग्रह कार्यक्रम को आगे ले जाने और अंतरराष्ट्रीय सहयोग में उपयुक्त होगा। साथ ही आकाशगंगा को बेहतर समझने और आने वाली आपदाओं ने निपटने के लिए मददगार साबित होगा।
- समानव अंतरिक्ष अभियान अंतरिक्ष में मौजूद संसाधनों का आकलन तथा नियमित पहुंच सुनिश्चित करने में मदद करेगा। साथ ही खनिज को पृथ्वी के सीमित हो रहे संसाधनों की आपूर्ति करेगा।
- चन्द्रमा/मंगल ग्रह पर स्थाई केंद्र बनाने तथा आगे के ग्रहों पर मानव की पहुंच को सुनिश्चित करने में अहम भूमिका वहन करेगा।
- बढ़ती आकांक्षाओं को देखते हुए भावी अंतरिक्ष युद्ध की संभावनाएं उत्पन हो सकती हैं। ऐसे में समानव अंतरिक्ष अभियान भारत को अंतरिक्ष युद्ध जैसी परिस्थितियों के लिए तैयार रहने में मददगार होगा।
- समानव अंतरिक्ष अभियान भारत की आने वाली पीढ़ियों को गौरवशाली इतिहास के साथ ही नए अनुसंधान और अंतरिक्ष में आगे की ख़ोज के लिए प्रेरित करेगा।
- समानव अंतरिक्ष अभियान नई सामाजिक तकनीकों को विकसित करने तथा लोगों के जीवन को भी सुगम और सरल बनाने और आत्मनिर्भरता को बढ़ाने में मदद करेगा।

भावी संभावनाएं

समानव अंतरिक्ष अभियान की सफलता भारत को समानव अंतरिक्ष से संपन देशो की श्रेणी में स्थापित करने के साथ साथ पूरे अंतरिक्ष अनुसंधानों को गति प्रदान करेगी, जैसे कि आय के नए स्रोत से विदेशी मुद्रा भंडार को बढ़ाने और विदेशी निवेश की नई संभावनाएं विकसित करने, अंतरिक्ष खनिज, मंगल ग्रह पर जीवन की संभावनाएं तलाशना, अंतरिक्ष पर्यटन को विकसित करना, जो सकल घरेलू उत्पाद बढ़ाने और रोज़गार देगा, अंतरिक्ष 3-डी. प्रिंटिंग प्रणाली का विकास, सौर उर्जा प्रणाली को विकसित करने, बेहतर नौवहन तकनीक विकसित करना, अंतरिक्ष खेलों का विकास, अन्य ग्रहो पर जीवन की तलाश, मानव व समाज के लिए नए जैविक उपकरण विकसित करना।

लेखक परिचय:



शुभम शुक्ला
वैज्ञानिक/इंजीनियर- एस.सी.
प्रौद्योगिकी विकास एवं नवप्रवर्तन निदेशालय
इसरो मुख्यालय, बेंगलूरु

मानवयुक्त अंतरिक्ष उड़ानों की प्रमुख चुनौतियां

उमेश चन्द्र त्रिपाठी, वैज्ञानिक/अभियन्ता–एस.एफ.,
(एकीकृत लखनऊ सुविधाएं, इस्ट्रैक/इसरो, लखनऊ)

सारांश

अंतरिक्ष अन्वेषण के पहले चरण के बाद से अंतरिक्ष में मानवता की भागीदारी और प्रतिनिधित्व एक मुद्दा रहा है। दशकों से, अंतरिक्ष यात्रा के लिए कई अंतरिक्ष यान प्रस्तावित किए गए हैं। इसी कड़ी में, भारतीय मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम के तहत, भारत अगले कुछ सालों में अपने कक्षीय वाहन गगनयान पर मनुष्यों को अंतरिक्ष में भेजने की योजना बना रहा है। हालांकि मानवयुक्त अंतरिक्ष उड़ानो में कुछ चुनौतियां भी हैं जिनके बारे में इस लेख में वर्णन किया गया है।

1. परियोजना का परिचय

मानव अंतरिक्ष उड़ान क्षमता का प्रदर्शन करने के लिए इसरो द्वारा शुरू की गई गगनयान पहली परियोजना है। गगनयान कार्यक्रम में तीन अंतरिक्ष यात्रियों के दल के साथ 400 किमी निम्न-भू कक्षा के लिए मानव अंतरिक्ष यान के प्रदर्शन की परिकल्पना की गई है। इस कार्य के लिए तीन प्रमुख घटकों की आवश्यकता होती है, अर्थात् मानवोचित प्रक्षेपण यान,चालक-दल बचाव प्रणाली और मानव उपस्थिति के साथ कक्षीय मॉड्यूल। इसके अलावा अभियान के आरोही, कक्षीय और अवरोही के तीनों चरणों के दौरान पूरी अभियान अवधि के लिए भू-नियंत्रण स्टेशन की योजना बनाई गई है। गगनयान के शासनादेश के अनुसार, मानवयुक्त अभियान से पहले दो मानव रहित अभियान किए जाएंगे। इस कार्यक्रम से देश में विज्ञान और प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में अनुसंधान और विकास को प्रोत्साहन मिलेगा। प्रौद्योगिकी विकास के साथ ही यह वैश्विक स्तर पर भी तकनीकी साख को बढ़ाने में भी महत्त्वपूर्ण कदम साबित होगा।

2. मानव अंतरिक्ष अभियान पृष्ठभूमि

दरअसल प्रक्षेपण-स्थल से जैसे ही यान अंतरिक्ष की ओर जाता है तो अभियान से ज्यादा इंसान की जान को लेकर तरह-तरह की आशंकाएं उठने लगती हैं। एक इंसान को अंतरिक्ष में जाने के लिए शारीरिक और मानसिक दक्षता ही नहीं बल्कि प्रकृति के विरुद्ध काम करने लायक क्षमताएँ भी विकसित करनी होती हैं। इसके लिए खास किस्म का प्रशिक्षण और विशेषज्ञता भी हासिल करनी होती है। अंतरिक्ष यात्रियों को अंतरिक्ष में भेजना और उन्हें सुरक्षित रूप से धरती पर वापस लाना एक दुरूह और चुनौतीपूर्ण कार्य है। भेजने और वापस लाने की प्रक्रिया में कई चरण महत्वपूर्ण होते हैं, जैसे चालक-दल मॉड्यूल का प्रक्षेपण, अंतरिक्ष में निर्धारित काम को करना, वापसी में चालक-दल मॉड्यूल का पानी में उतरना या पैराशूट से पृथ्वी पर उतारना और आखिर में चालक-दल मॉड्यूल की पुनर्प्राप्ति। स्पेस शटल से अंतरिक्ष यात्रियों को अंतरिक्ष में भेजना तथा उन्हें वापस लाने की प्रक्रिया बेहद खर्चीली होती है, इसलिए हर देश स्पेस शटल की लागत का वहन करने में सक्षम नहीं होता। ऐसे देश अंतरिक्ष यात्रियों को कैप्सूल के द्वारा प्रक्षेपण रॉकेट से अंतरिक्ष में भेजकर वापसी में समुद्र में उतारकर चालक-दल मॉड्यूल की पुनर्प्राप्ति करते हैं।

3. प्रमुख चुनौतियां

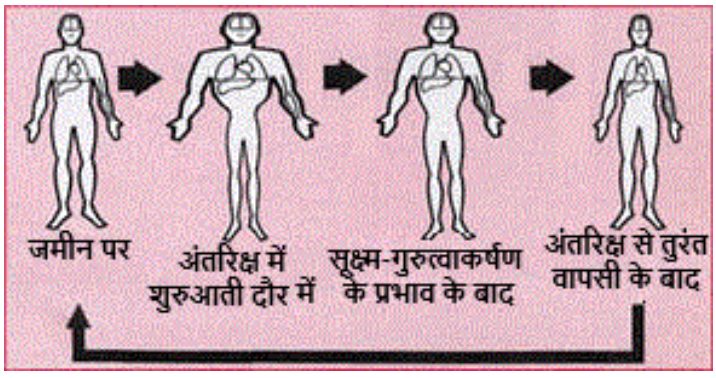
अंतरिक्ष में इंसान को भेजना काफी जोखिम भरा होता है। इसमें न सिर्फ धन की जरूरत पड़ती है बल्कि इंसानी जान को भी हर समय खतरा बना रहता है। मानवयुक्त अंतरिक्ष उड़ानों से संबंधित चुनौतियों को निम्न बिन्दुओं के अंतर्गत समझा जा सकता है;

3.1. स्वास्थ्य संबंधी

- यदि कोई चिकित्सीय आपात स्थिति होती है, और अंतरिक्ष यात्री तुरंत पृथ्वी पर नहीं लौट सकते हैं या चिकित्सा आपूर्ति, उपकरण या कर्मियों को प्राप्त नहीं कर सकते हैं, तो अंतरिक्ष यात्रियों को सीमित संसाधनों और जमीन से चिकित्सा सलाह पर लंबे समय तक निर्भर रहना पड़ सकता है।
- मानव अंतरिक्ष उड़ान के साथ दृष्टिहीनता, हड्डियों के नुकसान और अंतरिक्ष यात्रियों के दिमाग को नुकसान पहुंचने की संभावना हो सकती है और अल्जाइमर जैसे रोग की शुरुआत में तेजी ला सकता है।
- वैज्ञानिकों ने एम.आर.आई. अध्ययनों के आधार पर बताया कि लंबी अंतरिक्ष यात्रा करने वाले अंतरिक्ष यात्रियों में मस्तिष्क की स्थिति और संरचना में महत्वपूर्ण परिवर्तन पाए गए हैं ।
- शोधकर्ताओं के अनुसार अंतरिक्ष अभियान के दौरान मनुष्यों में गुप्त वायरस सक्रिय हो सकते हैं, जो संभवतः भविष्य के गहरे अंतरिक्ष मिशनों में अंतरिक्ष यात्रियों के लिए अधिक जोखिम उत्पन्न कर सकते हैं।

3.2. सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण

- धरती की कक्षा से बाहर जाते हुए एक इंसान सबसे पहले गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र में बदलाव महसूस करता है। दरअसल एक गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से दूसरे गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र में जाने पर इंसान के दिमाग, हाथ और आँखों का तालमेल बिगड़ने लगता है। साथ ही गुरुत्वाकर्षण के अभाव में हड्डियों से पोषक तत्व खत्म होने लगते हैं जिसमेंऑस्टियोपोरोसिस संबंधी फ्रैक्चर हो सकते हैं।
- किसी सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षणयुक्त वातावरण में लंबे समय तक रहने से हड्डियों के घनत्व में कमी, मांसपेशियों की ताकत और धीरज में कमी और आसनीय अस्थिरता जैसे कई प्रतिकूल प्रभाव दिखते हैं। समय के साथ ये प्रभाव अंतरिक्ष यात्रियों के प्रदर्शन को खराब कर सकते हैं या चोट के जोखिम को बढ़ा सकते हैं।
- भारहीन वातावरण में, अंतरिक्ष यात्री खड़े होने हेतु उपयोग की जाने वाली पीठ की मांसपेशियों या पैर की मांसपेशियों पर लगभग कोई भार नहीं डालते हैं, जिससे मांसपेशियां कमजोर हो जाती हैं और छोटी हो जाती हैं। अंतरिक्ष यात्री पांच से ग्यारह दिनों तक चलने वाली अंतरिक्ष उड़ानों में अपनी मांसपेशियों का बीस प्रतिशत तक खो सकते हैं। लंबी अवधि की उड़ानों से पृथ्वी पर लौटने पर, अंतरिक्ष यात्री काफी कमजोर हो जाते हैं और इसीलिये उन्हें कुछ दिनों तक कार चलाने की अनुमति नहीं दी जाती है।



चित्र-1: अंतरिक्ष में सूक्ष्म-गुरुत्वाकर्षण का प्रभाव

- भारहीनता का अनुभव करने वाले अंतरिक्ष यात्री अक्सर अपना अभिविन्यास खो देते हैं, गतिक रुग्णता प्राप्त करते हैं और दिशा की अपनी समझ खो देते हैं क्योंकि उनका शरीर भारहीन वातावरण का अभ्यस्त होने का प्रयास करता है। जब वे पृथ्वी पर वापस आते हैं, तो उन्हें फिर से समायोजन करना पड़ता है और उन्हें खड़े होने, अपनी टकटकी लगाने, चलने और मुड़ने में समस्या हो सकती है। ये परिवर्तन, दृष्टिकोण और अवतरण, डॉकिंग और अवतरण के दौरान होने वाली आपात स्थितियों हेतु आवश्यक कार्यों को करने की क्षमता को प्रभावित कर सकते हैं।

- इसके अलावा, लंबी अंतरिक्ष उड़ानें अंतरिक्ष यात्री की आंखों की गति को भी बदल सकती हैं। शरीर के चारों ओर द्रव वितरण पर भी सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण का प्रभाव पड़ता है।



चित्र-2: अंतरिक्ष यात्री मार्शा आइविंस के बालों में अंतरिक्ष स्टेशन में प्रवास के दौरान भार हीनता का अनुभव

3.3. विकिरण

- अंतरिक्ष में विकिरण का खतरा धरती से दस गुना अधिक होता है। विकिरण की चपेट में आने से अंतरिक्ष यात्रियों को थकान, उल्टी, तंत्रिका तंत्र से जुड़ी परेशानियाँ, अवसाद, नींद न आना और दूसरे मनोवैज्ञानिक विकार आदि हो सकते हैं।
- उचित परिरक्षण के बिना, पृथ्वी की कक्षा से दूर वाले अभियान के चालक दल सौर लपटों और संबद्ध सौर कण घटनाओं (एस.पी.ई.) द्वारा उत्सर्जित उच्च-ऊर्जा प्रोटॉन से जोखिम में पड़ सकते हैं ।
- कुछ वैज्ञानिकों की यह भी चिंता है कि विस्तारित अंतरिक्ष उड़ान, शरीर की बीमारियों से खुद को बचाने की क्षमता को धीमा कर सकती है, जिसके परिणामस्वरूप कमजोर प्रतिरक्षा प्रणाली और शरीर में निष्क्रिय वायरस की सक्रियता होती है।
- विकिरण, अस्थिमज्जा स्टेम कोशिकाओं के लिए अल्पकालिक और दीर्घकालिक दोनों परिणाम पैदा कर सकता है जिससे रक्त और प्रतिरक्षा-प्रणाली कोशिकाएं बनती हैं। चूँकि अंतरिक्ष यान का आंतरिक भाग बहुत छोटा है, इसलिए कमजोर प्रतिरक्षा प्रणाली से शरीर में अधिक सक्रिय वायरस संक्रमण के तेजी से प्रसार का कारण बन सकते हैं।

3.4. एकांतवास

- लंबे अंतरिक्ष अभियानों के दौरान, अंतरिक्ष यात्रियों को अलग-थलग कर दिया जाता है और छोटे स्थानों में सीमित कर दिया जाता है। अवसाद , चिंता, केबिन बुखार, और अन्य मनोवैज्ञानिक समस्याएं एक औसत व्यक्ति की तुलना में अधिक हो सकते हैं और चालक दल की सुरक्षा और मिशन की सफलता को प्रभावित कर सकते हैं।
- विश्व की कई बड़ी अंतरिक्ष एजेंसियां, अंतरिक्ष यात्रियों और पूर्व अंतरिक्ष यात्रियों के मनोवैज्ञानिक उपचार पर लाखों डॉलर खर्च करती हैं, परंतु आज तक अंतरिक्ष में लंबे समय तक रहने के कारण होने वाली मानसिक समस्याओं को रोकने या कम करने का कोई तरीका नहीं है।
- इन मानसिक विकारों के कारण, अंतरिक्ष यात्रियों के कार्य की दक्षता क्षीण होती है,और कभी-कभी उन्हें पृथ्वी पर वापस लाया जाता है, जिससे उनके मिशन को रद्द करने का खर्च आता है। 1976 में एक रूसी अंतरिक्ष अभियान को अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा एक तीखी गंध की सूचना के बाद पृथ्वी पर वापस कर दिया गया था क्योंकि इसमें द्रव रिसाव का डर था लेकिन गहन जांच के बाद पता चला कि कहीं कोई रिसाव या तकनीकी खराबी नहीं थी।

3.5. संवेदी प्रणाली

अंतरिक्ष यात्रियों का मानसिक स्वास्थ्य लंबे समय तक अंतरिक्ष यात्रा के दौरान संवेदी प्रणालियों में परिवर्तन से प्रभावित हो सकता है। अंतरिक्ष यात्रियों की अंतरिक्ष उड़ान के दौरान, वे अत्यधिक नियंत्रित वातावरण में होते हैं जिसके परिणामस्वरूप अंतरिक्ष यात्रियों की सात इंद्रियों में संवेदनशीलता कम हो जाती है।

- **श्रवण** - अंतरिक्ष स्टेशन और अंतरिक्ष यान में बाहर से कोई शोर नहीं होता है, क्योंकि ऐसा कोई माध्यम नहीं है जो ध्वनि तरंगों को प्रसारित कर सके। यद्यपि टीम के अन्य सदस्य हैं जो एक दूसरे से बात कर सकते हैं, उनकी आवाज परिचित हो जाती है और सुनने की भावना को उतना उत्तेजित नहीं करती है। यांत्रिक शोर भी परिचित हो जाते हैं।
- **दृष्टि** - भारहीनता के कारण, शरीर के तरल पदार्थ एक संतुलन प्राप्त करते हैं जो पृथ्वी पर मौजूद चीजों से भिन्न होता है। इस कारण से, अंतरिक्ष यात्री का चेहरा सूज जाता है और आंखों पर दबाव पड़ता है; और इसलिए उनकी दृष्टि क्षीण हो जाती है। अंतरिक्ष यात्रियों के आसपास का परिदृश्य स्थिर है, जो दृश्य उत्तेजना को कम करता है। कॉस्मिक किरणों के कारण, अंतरिक्ष यात्रियों को चमक दिखाई दे सकती है।
- **गंध** - अंतरिक्ष स्टेशन में एक स्थायी गंध होती है जिसे बारूद की गंध के रूप में वर्णित किया जाता है। शून्य गुरुत्वाकर्षण के कारण, शरीर के तरल पदार्थ चेहरे पर उठते हैं और साइनस को सूखने से रोकते हैं, जिससे गंध की भावना सुस्त हो जाती है।
- **स्वाद** - स्वाद की भावना सीधे गंध की भावना से प्रभावित होती है और इसलिए जब गंध की भावना सुस्त होती है, स्वाद की भावना भी सुस्त हो जाती है। अंतरिक्ष यात्रियों का भोजन हल्का होता है, और केवल कुछ ही खाद्य पदार्थ होते हैं जिन्हें खाया जा सकता है। भोजन कुछ महीनों में केवल एक बार आता है, जब आपूर्ति आती है, और बहुत कम या कोई विविधता नहीं होती है।
- **स्पर्श** - शारीरिक संपर्क में लगभग कोई उत्तेजक परिवर्तन नहीं होते हैं। यात्रा के दौरान लगभग कोई मानवीय शारीरिक संपर्क नहीं होता है।

3.6. प्रक्षेपण

- अंतरिक्ष शटल चैलेंजर के लिए चालक दल के वाहन के हिंसक विघटन से पहले सुरक्षित रूप से निरस्त करने का कोई व्यावहारिक तरीका नहीं था। इसके बाद से रॉकेट में आग या विस्फोटक से बचाव की क्षमता विकसित हुई है।
- प्रक्षेपण पलायन प्रणाली के अंतर्गत प्रक्षेपण स्थल पर अथवा प्रक्षेपण के बाद होने वाली किसी भी संभावित दुर्घटना से बचने के लिये अंतरिक्ष कैप्सूल को आम तौर पर रॉकेट से अलग करके कम से कम वाली किसी सुरक्षित स्थान पर अवतरित किया जाता है।
- चालक दल की उड़ान का केवल दो बार उड़ान विफलन हुआ है। पहला 5 अप्रैल 1975 को सोयूज 18ए. पर हुआ जब प्रक्षेपण वाहन का दूसरा चरण, तीसरे चरण के प्रज्वलित होने से पहले अलग होने में विफल रहा और वाहन रास्ते से भटक गया। अंततः अंतरिक्ष यान के इंजनों को गलत रॉकेट से दूर खींचने के लिए चालक दल ने प्रज्वलित करके यान को अलग करके सुरक्षित रूप से उतरने में सफलता हासिल की। दूसरा 11 अक्टूबर 2018 को सोयुज एम.एस.-10 के प्रक्षेपण के साथ हुआ। चालक दल के दोनों सदस्य बच गए।

- प्रक्षेपण के दौरान एकमात्र चालक दल की मृत्यु 28 जनवरी 1986 को हुई, जब अंतरिक्ष शटल चैलेंजर के एक ठोस रॉकेट बूस्टर की विफलता के कारण यान, प्रक्षेपण के 73 सेकंड बाद अलग हो गया और बाहरी ईंधन टैंक में विस्फोट के परिणामस्वरूप चालक दल के सभी सात सदस्य मारे गए थे।

- इसरो के प्रथम मानवयुक्त गगनयान अभियान के लिये भी जुलाई, 2018 में चालक बचाव प्रणाली का परीक्षण सफलतापूर्वक किया गया था। अभी भी कुछ प्रौधोगिकी व उपकरणों की निर्माण व परीक्षण प्रक्रिया चल रही है।

- एक अन्य चुनौती जी.एस.एल.वी. मार्क-III (एल.वी.एम.-3) का लगातार सफल प्रक्षेपण होने की भी है। आने वाले दिनों में अगर इसका एक भी प्रक्षेपण असफल हुआ, तो अंतरिक्ष में मानव को भेजने की इस योजना पर ग्रहण लग सकता है।



चित्र-3: 1986 में प्रक्षेपण-स्थल पर अंतरिक्ष-शटल चैलेंजर की दुर्घटना का दृश्य

3.7. वाहन के बाहर अतिरिक्त गतिविधि

- खुली जगह में काम करते समय यांत्रिक विफलताओं से संबंधित जोखिमों के हमेशा मौजूद होने के बावजूद भी अंतरिक्ष में जाने वाले किसी भी अंतरिक्ष यात्री को कभी नहीं खोया गया है।

- अंतरिक्ष में अंतरिक्ष-विचरण के दौरान थोड़ी सी लापरवाही से एक अंतरिक्ष यात्री संभवतः अनियंत्रित होकर अंतरिक्ष में तैरने लगेगा जिसके परिणामस्वरूप, अंतरिक्ष यात्री पृथ्वी के वायुमंडल में फिर से प्रवेश कर सकता है और जल सकता है।



चित्र-4: अंतरिक्ष यात्री ब्रूस मैककंडलेस II, मिशन विशेषज्ञ, स्पेस शटल चैलेंजर के केबिन से कुछ मीटर की दूरी पर एक अतिरिक्त-वाहन गतिविधि (ईवीए) में भाग लेते हुए

- ऐसी स्थितियों के लिए भी अंतरिक्ष यात्रियों के लिये कुछ प्रोटोकॉल बनाये गये हैं: अंतरिक्ष यात्री एक आपातकालीन जेटपैक पहनेंगे जो स्वचालित रूप से किसी भी प्रकार की गड़बड़ी का मुकाबला करने में सक्षम होंगे।

- वर्तमान में, अंतरिक्ष में तैर रहे किसी अंतरिक्ष यात्री को बचाने के लिए कोई अंतरिक्ष यान नहीं है, क्योंकि बचाव के लिए तैयार जीवनरक्षक प्रकोष्ठ वाला एकमात्र अंतरिक्ष यान स्पेस शटल, 9 साल पहले सेवानिवृत्त हो गया था।

3.8. पुनर्प्रवेश और अवतरण

- 24 अप्रैल 1967 को, सोयूज-1 का एकल पायलट , व्लादिमीर कोमारोव एक आपातकालीन लैंडिंग के दौरान उसके कैप्सूल के पैराशूट के विफल होने के कारण दुर्घटनाग्रस्त हो गया और मारा गया।
- 1 फरवरी 2003 में अंतरिक्ष शटल, कोलंबिया पर सवार चालक दल के सात सदस्य, एक सफल अभियान को पूरा करने के बाद, पुनः प्रवेश पर मारे गए थे।

- उड़ान सूट, जिसका उपयोग सामान्यतः उड़ान और पुनर्प्रवेश के समय अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा पहनने हेतु किया जाता है। इसके अतिरिक्त यह खतरे की स्थिति में जीवनरक्षक का कार्य भी करता है। इस पर भी इसरो के परीक्षण का कार्य चल रहा है।

3.9. कृत्रिम वातावरण

- कृत्रिम वातावरण के लिए दो बुनियादी विकल्प हैं: पहला, पृथ्वी जैसा ऑक्सीजन का मिश्रण और एक अक्रिय गैस जैसे नाइट्रोजन या हीलियम और दूसरा, शुद्ध ऑक्सीजन, जिसका उपयोग मानक वायुमंडलीय दबाव से कम दबाव पर किया जा सकता है। अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन और सोयूज अंतरिक्ष यान में नाइट्रोजन-ऑक्सीजन मिश्रण का उपयोग किया जाता है, जबकि कम दबाव वाली शुद्ध ऑक्सीजन का उपयोग आमतौर पर अतिरिक्त गतिविधियों के लिए अंतरिक्ष सूट में किया जाता है।
- शुद्ध ऑक्सीजन स्पेस सूट वातावरण में या उससे संक्रमण करते समय गैस मिश्रण के उपयोग से विसंपीडन बीमारी (आमतौर पर "बेंड्स" के रूप में जाना जाता है) का खतरा होता है। बहुत अधिक नाइट्रोजन और पर्याप्त ऑक्सीजन नहीं होने की वजह से घुटन के कारण चोट लगने और मौत के मामले सामने आए हैं।
- शुद्ध ऑक्सीजन वातावरण में आग का खतरा होता है। अपोलो अंतरिक्ष यान के मूल डिजाइन में प्रक्षेपण से पहले वायुमंडलीय दबाव से अधिक शुद्ध ऑक्सीजन का उपयोग किया गया था। 27 जनवरी 1967 को केप कैनेडी एयर फोर्स स्टेशन लांच कॉम्प्लेक्स 34 में भू-परीक्षण के दौरान अपोलो-1 के केबिन में बिजली की आग लग गई और सभी तीन अंतरिक्ष यात्री मारे गए। इसने नासा को प्रक्षेपण से पहले नाइट्रोजन-ऑक्सीजन वातावरण का उपयोग और कम दबाव वाली केवल शुद्ध ऑक्सीजन को अंतरिक्ष में उपयोग करने के लिए प्रेरित किया।

3.10. विश्वसनीयता

- मार्च 1966 में जेमिनी-8 अभियान को कक्षा में निरस्त कर दिया गया था जब एक अभिवृत्ति नियंत्रण प्रणाली का प्रणोदक ऑन स्थिति में फंस गया था, जिसने यान को एक खतरनाक चक्रीय गति में भेज दिया था और अंतरिक्ष यात्रियों नील आर्मस्ट्रांग और डेविड स्कॉट के जीवन को खतरा था । आर्मस्ट्रांग को नियंत्रण प्रणाली को बंद करना पड़ा और चक्रीय गति को रोकने के लिए पुनः प्रवेश नियंत्रण प्रणाली का उपयोग करना पड़ा। यान ने एक आपातकालीन पुन: प्रवेश किया और अंतरिक्ष यात्री सुरक्षित रूप से उतर गए।
- तीसरा चंद्र अवतरण अभियान, अपोलो 13, अप्रैल 1970 में, ऑक्सीजन टैंक की विफलता के बाद निरस्त कर दिया गया था जबकि चालक दल चंद्रमा के रास्ते में था। चालक दल चंद्र लैंडिंग क्राफ्ट को "जीवन नाव" के रूप में उपयोग करके सुरक्षित रूप से पृथ्वी पर लौटने में कामयाब रहा ।
- सोयूज-11 का चालक दल 30 जून 1971 को यांत्रिक खराबी के कारण मारा गया था। सर्विस मॉड्यूल से अपने डिसेंट कैप्सूल को अलग करने के बाद केबिन विसंपीडन के कारण क्रू का दम घुट गया था।

4. आगे की राह

निष्कर्षतः कहा जा सकता है कि मानवयुक्त अंतरिक्षयान अभियान के नियोजक कई सुरक्षा चिंताओं का सामना करते हैं। भारतीय वैज्ञानिक मानव सहित अभियान के लिए सफलतापूर्वक निरंतर प्रयासरत हैं। आशा है कि भारत अगले कुछ सालों में अंतरिक्ष में मानव को सफलतापूर्वक भेजकर अपना नाम उस सूची में अंकित करेगा जिसमें रूस, अमेरिका और चीन पहले से मौजूद हैं। ऐसे में भारत निकट भविष्य में जहां अपनी अंतरराष्ट्रीय छवि को मजबूत कर अपनी अर्थव्यवस्था को भी मजबूत कर सकेगा वहीं एक नये भारत को दुनिया के समक्ष प्रस्तुत करेगा। इसमें कोई संदेह नहीं है कि इसरो हर चुनौती को स्वीकारता है और वह उसमें अक्सर

सफल होता है। अब हमें उस दिन का इंतजार है, जब गगनयान से भारतीय अंतरिक्ष यात्री अंतरिक्ष की अनंत संभावनाओं को टटोलने के लिए उड़ान भरेंगे। स्पष्ट है कि यदि इस अभियान में इसरो सफल हो जाता है, तो वह अंतरराष्ट्रीय स्तर पर अपनी स्वदेशी तकनीकी शक्ति का लोहा पूरी दुनिया को मनवा सकता है।

संदर्भ:

www.isro.gov.in, www.wikipedia.org

धन्यवाद:

अंतर्केन्द्रीय हिन्दी तकनीकी संगोष्ठी, इसरो मुख्यालय, बेंगलूरू द्वारा मेरे लेख को प्रस्तुत करने का अवसर प्रदान करने हेतु संगोष्ठी समिति और इसरो मुख्यालय, बेंगलूरू केन्द्र को हार्दिक धन्यवाद। इस लेख के लिखने हेतु मुझे प्रोत्साहित करने और अपने बहुमूल्य सुझाव देने के लिए श्री मिर्जा मोहम्मद ज़हीर, उप-महा प्रबन्धक, इसरो नौवहन केन्द्र-2, लखनऊ एवं श्री सुभाष दानोदिया, प्रबंधक, एल.ए.एस.सी.सी., लखनऊ का मैं आभार प्रकट करता हूँ।

लेखक परिचय:



मूलत: रुद्रप्रयाग, उत्तराखंड में जन्मे श्री उमेश चन्द्र त्रिपाठी जी ने वर्ष 1993 में इस्ट्रैक भू-केन्द्र की लखनऊ इकाई में ऐण्टीना एवं आरएफ प्रणाली में कार्य शुरू किया। आपने देश एवं विदेश स्थित कई भू-केन्द्रों से इसरो द्वारा संचालित दूर-संवेदी उपग्रहों, चंद्रयान-2 एवं मंगलयान-1 जैसे ऐतिहासिक अभियानों के विभिन्न चरणों में टीटीसी सपोर्ट प्रदान करने में महत्वपूर्ण भूमिका अदा की। इस्ट्रैक के टीटीसी एवं भारतीय नौवहन तंत्र (आईएनसी) के आईआरसीडीआर भू-केन्द्रों की स्थापना करने तथा आसियान परियोजना के अंतर्गत वियतनाम में रव सर्वेक्षण मापन संपन्न करने में आपने महत्वपूर्ण योगदान दिया। संप्रति आप उपग्रह नियंत्रण केन्द्र, इस्ट्रैक/इसरो, लखनऊ में, उपग्रह अभियान नियंत्रक के पद पर कार्यरत हैं।

समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियां, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएं
उन्नत पदार्थ:
कार्बन आधारित नैनो पदार्थों का अंतरिक्ष अभियानों में उपयोग: संभावनाएं, चुनौतियां एवं भावी दिशा

योगेश घोटेकर, वैज्ञानिक अधिकारी-सी.,
विमल.एम.शाह वैज्ञानिक/अभियंता- एस. एफ., धवल वर्तक, वैज्ञानिक/अभियंता- एस.इ. ,
पी.एम.क्यू.डी.-एम./ एम. क्यू. ए. जी./ एस.आर.ए.
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो),
अहमदाबाद, गुजरात, भारत

सारांश

कम लागत के साथ उच्च दर्ज की विश्वसनीयता अंतरिक्ष मिशनों के लिए बहुत जरूरी होती है । इसी ध्येय को हासिल करने के लिए उन्नत पदार्थों के निर्माण पर संशोधक जोर दे रहे है । उन्नत पॉलीमर, कम वजन वाले उन्नत कंपोजिट एवं मिश्रधातु के निर्माण एवं विकास के लिए काफी काम किया जा रहा है । नैनो पदार्थ भी उनके गुण विशिष्ट के कारण उन्नत पदार्थों की श्रेणी में आते हैं। नैनो पदार्थो के गुण विशिष्ट जैसे की , उच्च अभिमुखता (अस्पेक्ट) अनुपात, बड़ा सतह क्षेत्र एवं सहक्रियात्मक प्रभाव उनको बाकी पदार्थों से अलग बनाता हैं। कार्बन आधारित नैनो पदार्थ जैसे की ग्राफिन, कार्बन नैनोट्यूब, फुलेरिन संशोधकों के मुख्य टारगेट रहे है। अंतरिक्ष मिशन के लिए कार्बन अधारित नैनो पदार्थ का उपयोग करना एक आवश्यक जरूरत है। इस लेख में अंतरिक्ष मिशनों के लिए नैनो पदार्थों का उपयोग और उनके उपयोग में जो चुनौतिया हैं, उसका समाधान किस तरह से किया जा सकता है, इनके बारे में विवेचना की गई है। इसके साथ कार्बन नैनो ट्यूब-सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट के निर्माण एवं विकास के अनुभवों कों भी साझा किया गया है। इसरो के भविष्य में होने वाले अंतरिक्ष अभियानों में नैनो पदार्थो का किस तरह से उपयोग किया जा सकता है, उस पर भी चर्चा की गई है।

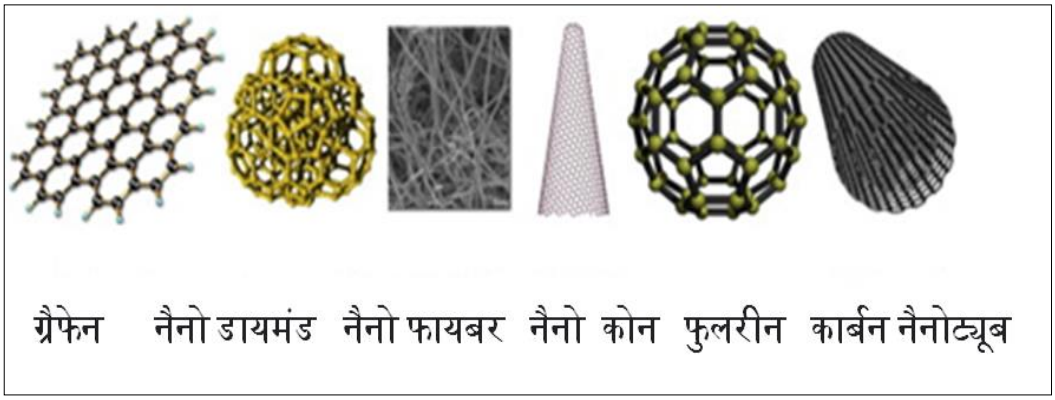
मुख्य शब्द- नैनो पदार्थ, कार्बन नैनोट्यूब, ग्रैफेन,कार्बन नैनो ट्यूब-सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट

1. परिचय

अंतरिक्ष प्रणाली की संरचना करने के लिए डिजाइनर उन्नत पदार्थों की खोज में रहते है, ताकि प्रणाली का वजन कम करने के साथ उच्च दर्जे की विश्वसनीयता मिल सके। उच्च दर्जे की विश्वसनीयता के साथ कम लागत अंतरिक्ष मिशनों के लिए जरूरी होती है। उन्नत पॉलिमर, कम वजन वाले उन्नत कंपोजिट एवं मिश्रधातु के उपयोग पर डिजाइनर का ज्यादा से ज्यादा जोर रहता है। उन्नत पदार्थ बनाने के लिए नैनो मैटेरियल का बहुत बड़ा योगदान रहता है। नैनो मैटेरियल की गुण विशिष्टताओं के कारण नैनो पदार्थ शोधकर्ताओं में काफी प्रचलित है। नैनो मैटेरियल, सैद्धांतिक रूप में उन सामग्रियों का कहा जाता हैं, जिनकी कम से कम एक इकाई का आकार 1 से 100 नैनोमीटर (10^{-9}) के बीच में होता हैं [1]। नैनो मैटेरियल के आधार पर, अधिकांश कण समुच्चय (एग्लोमेरेट्स) भी हो सकते हैं। नैनोकणों का समुच्चय, जिनके बाहरी आयाम 100 नैनोमीटर से अधिक हैं, उन्हें नैनो मैटेरियल नहीं माना जाता है, फिर भी वे नैनो मैटेरियल विशिष्ट सतह क्षेत्र (एस.एस.ए.) की वजह से विशिष्ट भौतिक-रासायनिक गुणों को बनाए रखते हैं, उत्पादों में नैनो मैटेरियल की उपस्थिति के बारे में अनिश्चितता या तो आकार द्वारा निर्धारित (<100 नैनोमीटर), या विशिष्ट सतह क्षेत्र (≥ 60 मीटर^2/ सेमी^{3}) से की जाती है। नैनो मैटेरियल अनुसंधान एक सामग्री विज्ञान-आधारित दृष्टिकोण है जो माइक्रो फैब्रिकेशन अनुसंधान के लिए विकसित किया गया है। नैनो स्केल पर संरचना वाली सामग्री में अक्सर अद्वितीय ऑप्टिकल, इलेक्ट्रॉनिक, थर्मो-भौतिक या यांत्रिक गुण होते हैं [2,3,4]। नैनोमटेरियल्स का धीरे-धीरे व्यावसायीकरण हो रहा है [5] और वस्तुओं के रूप में उभरने लगे हैं [6]।

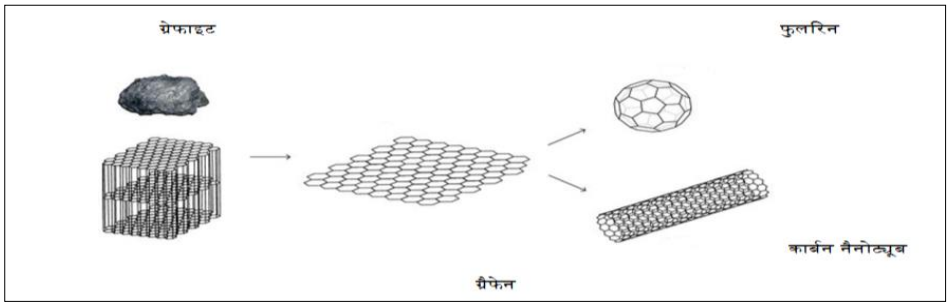
उच्च अभिमुखता अनुपात, बड़ा सतह क्षेत्र नैनो मैटेरियल्स को बाकी सामग्री से श्रेष्ठ बनाता है। पदार्थ के नैनो आकार की गुण विशिष्टता और उसी सामग्री के बड़े आकार की गुण विशिष्टता में काफी अंतर होता है। विभिन्न क्षेत्रों में नैनो मैटेरियल का अनुप्रयोग किया जाता है, जैसे कि उड्डयन और अंतरिक्ष, रासायनिक उद्योग, प्रकाशिकी, सौर, हाइड्रोजन ईंधन सेल, बैटरी, सेंसर, बिजली उत्पादन, वैमानिकी उद्योग, भवन निर्माण उद्योग, मोटर वाहन इंजीनियरी, उपभोक्ता इलेक्ट्रॉनिक्स, थर्मोइलेक्ट्रिक उपकरण, फार्मास्यूटिकल और कॉस्मेटिक उद्योग।

ग्राफाइट और हीरा कार्बन के दो मुख्य अवरूप हैं, इसी के साथ बकमिनस्टर फुलरिन और ग्राफीन के रूप में भी कार्बन पाया जाता है। कार्बन अधारित नैनो मैटेरियल पर जैसे कि कार्बन नैनोट्यूब, ग्राफीन, नैनो फाइबर, नैनो कोन , फुलरिन पर संशोधकों का ज्यादा आकर्षण रहा है (चित्र 1.)।



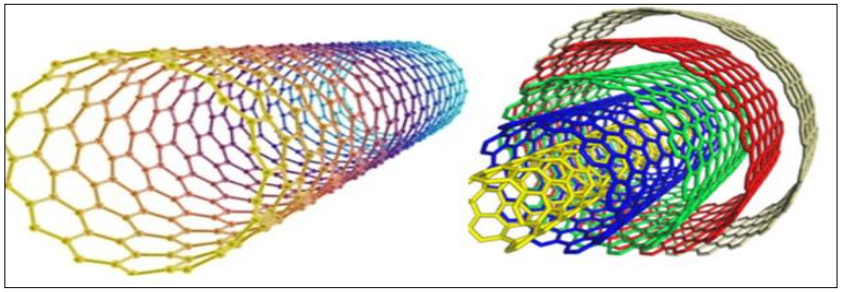
<u>चित्र</u> 1. **<u>कार्बन आधारित नैनो पदार्थ</u>**

कार्बन के ग्रेफाइट आवंटन में कई दोहरे बंधन होते हैं और उससे अलग हुए एक परत को ग्रैफेन कहते हैं (चित्र.2)। ग्रैफेन यह एक कार्बन का एक आवंटन है, जिसमें दो-आयामी मधुकोश नैनोस्ट्रक्चर जाली में व्यवस्थित परमाणुओं की एक परत होती है [7]। असाधारण उच्च तन्यता ताकत, विद्युत चालकता, पारदर्शिता और दुनिया में सबसे पतली द्वि-आयामी सामग्री होने के कारण ग्रैफेन एक मूल्यवान और उपयोगी नैनो मैटेरियल बन गया है। 2012 में ग्रेफेन का वैश्विक बाजार 9 लाख डॉलर था, जिसकी सेमीकंडक्टर, इलेक्ट्रॉनिक्स, इलेक्ट्रिक बैटरी और कंपोजिट में अनुसंधान और विकास की अधिकांश मांग है।



<u>चित्र</u> 2. **<u>ग्रफेने</u>** [संदर्भ-7]

कार्बन नैनोट्यूब के मुख्यतः दो बुनियादी संरचनाएं हैं, 1) एकल-दीवार वाले कार्बन नैनोट्यूब (सिंगलवॉल कार्बन नैनोट्यूब /एस.डब्ल्यू.सी.एन.टी.) और 2) बहु-दीवार वाले कार्बन नैनोट्यूब (मल्टीवॉल कार्बन नैनोट्यूब /एम.डब्ल्यू.सी.एन.टी.), एकल-दीवार वाले कार्बन नैनोट्यूब और बहु-दीवार वाले कार्बन नैनोट्यूब कों चित्र 3 में दिखाया गया है ।



एकल-दीवार वाले कार्बन नैनोट्यूब बहु-दीवार कार्बन नैनोट्यूब

चित्र 3. **कार्बन नैनोट्यूब की संरचना** [संदर्भ-8]

एकल-दीवार वाले कार्बन नैनोट्यूब एक सिलेंडर/ बेलनाकार आकार के होते है, जिसमें केवल ग्राफीन की एक परत होती है, जबकि बहु-दीवार कार्बन नैनोट्यूब भी बेलनाकार होता है, जिसमें ग्राफीन की कई संकेंद्रित परतें होती हैं। एस.डब्लू.सी.एन.टी. की लंबाई कुछ माइक्रोमीटर में होती है, जबकि इसका व्यास 10 नैनोमीटर तक होता है। एम.डब्लू.सी.एन.टी. का व्यास सौ नैनोमीटर तक हो सकती है। इसमें संकेंद्रित सिलिंडर जैसी ट्यूब होती है और वे वैन डेर वाल्स बलों द्वारा एक साथ लगी रहती है। कार्बन अधारित नैनो मैटेरियल, जैसे कि कार्बन नैनोट्यूब, ग्राफीन की गुणविशिष्टता सारणी-1. में दिया गया है।

सारणी-1. कार्बन अधारित नैनो के मटेरिअल की गुण विशेषताएँ [संदर्भ-9 से 19]

गुण विशेषताएँ	**आकारमान (नैनोमीटर)**	**घनता (ग्राम/ सेमी^{3})**	**अभिमुखता अनुपात (लंबाई / व्यास)**	**विद्युत चालकता (S/cm)**	**तापीय चालकता (W/(m.k)**	**तापीय स्थिरता (°C)**	**यांत्रिक गुण विशेषताएँ**
एकल-दीवार वाले कार्बन नैनोट्यूब	व्यास: 0.5-1.5 (<10)	0.8	>1000	10^2-10^6	6000	>600	यंग मॉड्यूलस : 1Tpa तन्यता सामर्थ्य : 150-180 Gpa
बहु-दीवार कार्बन नैनोट्यूब	व्यास: <100	1.8	>100	10^3-10^5	2000	>600	यंग मॉड्यूलस : 0.27-0.95 Tpa तन्यता सामर्थ्य : 11-60 Gpa
ग्राफीन	-	1.6-2.1	-	10^6	5300	>500	यंग मॉड्यूलस :1.1Tpa तन्यता सामर्थ्य : 125 Gpa

कार्बन नैनोट्यूब के निर्माण की कुछ विधियाँ है, जैसे कि लेसर पृथक पद्धति**,** आर्क डिस्चार्ज (निर्वहन) पद्धति**,** और रासायनिक वाष्प जमाव (सी.वी.डी.) पद्धति। कार्बन नैनोट्यूब की गुणवत्ता और मात्रा उनकी उत्पादन प्रक्रिया पर निर्भर करता है। सी.वी.डी. यह एक सबसे उपयुक्त निर्माण पद्धति है, जो निर्वात में की जाती है और उससे उच्च गुणवत्ता कार्बन नैनोट्यूब का उत्पादन किया जाता है।

2. कार्बन अधारित नैनो सामग्री का अंतरिक्ष मिशन में उपयोग: चुनौतियाँ एवं समाधान

कार्बन अधारित नैनो पदार्थ (जैसे की नैनोट्यूब, ग्राफीन) के गुण विशेषताएँ बहुत अच्छी होती हैं, पर उनके सीधे उपयोग में बहुत सारी चुनौतियाँ होती हैं। नैनो पदार्थों के संशोधन के लिए निर्माण और व्यावसायिक स्तर पर

निर्माण इन दोनों में काफी फर्क होता है। निर्माण किए गए नैनो पदार्थों की गुणवत्ता, निर्माण सातत्य एवं लागत पूंजी का भी इसमें महत्वपूर्ण स्थान है।

कार्बन अधारित नैनो पदार्थ का सीधा उपयोग भी कुछ जगह पर किया जाता है। वैंटाब्लैक यह एक ऊर्ध्वाधर संरेखित नैनोट्यूब सरणियाँ है, उसका निर्माण रासायनिक वाष्प जमाव पद्धति से किया जाता है, वैंटाब्लैक कोटिंग का सीधा उपयोग किया जाता है। वैंटाब्लैक यह एक सुपर-ब्लैक कोटिंग्स के एक वर्ग का ब्रांड नाम है, जिसमें दृश्यमान स्पेक्ट्रम में कुल गोलार्द्ध परावर्तन (टी.एच.आर.) 1.5% से कम है। कोटिंग्स का आविष्कार बेन जेन्सेन द्वारा किया गया था और सरे नैनोसिस्टम्स की वैज्ञानिक टीम द्वारा इसका व्यावसायीकरण किया गया था। मूल वैंटब्लैक कोटिंग एक रासायनिक वाष्प जमाव प्रक्रिया (सी.वी.डी.) से बनाया गई थी और इसे "दुनिया की सबसे गहरी/काली सामग्री" होने का दावा किया जाता है, जो 663 नैनोमीटर पर सामग्री के लिए 99.965% दृश्यमान प्रकाश को अवशोषित करती है। यह नाम परिवर्णी शब्द वैंटाब्लैक (ऊर्ध्वाधर संरेखित नैनोट्यूब सरणियाँ) [20] और रंग काला का एक संयोजन है। वैंटाब्लैक कोटिंग्स बहुत महंगी होती हैं।



चित्र 4. धातु की पन्नी पर बनाया गया वैंटाब्लैक (संदर्भ: विकिपीडिया)

इसरो के ओशियन सैट-3 समुद्र की सतह के तापमान की गणना / निगरानी (एस.एस.टी.एम.) पेलोड में वैंटाब्लैक का उपयोग किए गया है। एस.एस.टी.एम.-1 पेलोड में ऑनबोर्ड तापमान कैलिब्रेशन स्रोत में वैंटाब्लैक का उपयोग किया गया है। साक्षी कूपन की उत्सर्जन क्षमता को पोर्टेबल डिफरेंशियल थर्मोपाइल एमिसोमीटर का उपयोग करके ए.एस.टी.एम. सी-1371 के अनुसार मापा गया। वैंटाब्लैक साक्षी कूपन की उत्सर्जन क्षमता 0.99 देखी गई [21]।



चित्र 5. एस. एस. टी. एम.- 1 पेलोड की सी.ओ. टी. एस. ब्लैक बॉडी की उत्सर्जन अहर्ता (संदर्भ-21)

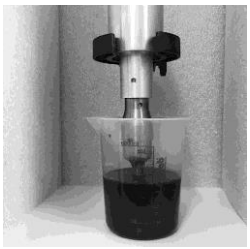
नैनोट्यूब एवं ग्राफीन में मौजूद वैन डेर वाल्स बलों की वजह से वे एक दूसरे से चिपके रहते है, उनको एक दूसरे से अलग करना काफी मुश्किल काम होता है। कार्बन अधारित नैनो पदार्थ का सीधे उपयोग करने में यह एक प्रमुख बाधा है। इस मुख्य बाधा से निपटने के लिए फिलहाल काफी सारे तरीके मौजूद हैं, जैसे कि सही घुलने वाले पदार्थ / सोल्वेंट का इस्तमाल करना, यंत्र से ज्यादा चक्कर प्रति मिनट पर घुलाना, सर्फेक्टंट एवं घुला देने वाले सोल्वेंट का उपयोग करके सतह तनाव कम करना, उसी के साथ नैनो पदार्थों पर भौतिक एवं रासायनिक प्रक्रियाओं का उपयोग करके उसे उपयोग में लाया जाता है ताकि वे एक- दूसरे से अलग हो जाएं और ज्यादा से ज्यादा अपना सहक्रियात्मक प्रभाव दिखाएं (चित्र 6)।



I. बहु-दीवार कार्बन नैनोट्यूब



II.अल्ट्रासोनिकेशन

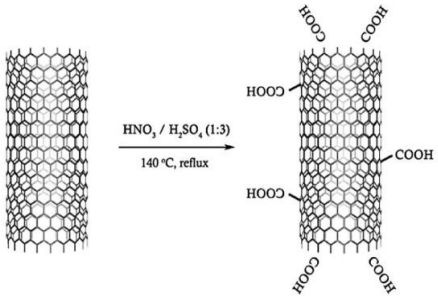


III. उच्च आवृत्ति प्रोब अल्ट्रासोनिकेशन





IV. उच्च रोटेशन प्रति मिनट का उपयोग करके यांत्रिक मिश्रण



V. रासायनिक प्रक्रिया

चित्र 6. नैनो पदार्थों पर भौतिक एवं रासायनिक प्रक्रिया I से V (संदर्भ- 9,22,23)

ज्यादातर नैनो पदार्थ का उपयोग किसी और सामग्री के साथ मिलकर किया जाता है। विभिन्न पॉलिमर, धातु, रसायन और उन्नत पदार्थों में नैनो पदार्थ कों मिश्रित करके मूल पदार्थ की गुण विशेषताओं में बढ़ावा किया जाता है। मूल पदार्थ की गुण विशेषताओं में होने वाली वृद्धि नैनो पदार्थों का मूल सामग्री के वजन में प्रतिशत वजन, नैनो पदार्थ मिश्रित करने का तरीका, नैनो पदार्थों का मूल सामग्री के साथ तालमेल एंव सहक्रियात्मक प्रभाव के ऊपर निर्भर करता है।

3. कार्बन नैनोट्यूब – सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट का निर्माण एवं परीक्षण:

कार्बन फाइबर प्रबलित बहुलक (सी.एफ.आर.पी.) कंपोजिट का उपयोग एयरोस्पेस क्षेत्र में उनके उच्च विशिष्ट कठोरता और हल्के वजन के कारण किया जाता है और यह एल्यूमिनियम, इनवर और कोवर मिश्रधातुओं के लिए एक बेहतर विकल्प है। हालांकि, सी.एफ.आर.पी. की कम विद्युत और तापीय चालकता एल्यूमिनियम मिश्र धातुओं की तुलना में एयरोस्पेस क्षेत्र में व्यापक उपयोग के लिए मुख्य बाधा होती है। उच्च अभिमुखता अनुपात, उच्च यांत्रिक स्थिरता, उच्च विद्युत और साथ ही कार्बन नैनोट्यूब (सीएनटी) की तापीय चालकता, उन्हें सी.एफ.आर.पी. में अपने विद्युत, यांत्रिक और थर्मल गुणों को बढ़ाने के लिए उत्कृष्ट भराव सामग्री माना जाता है [24,25]।

विद्युत और यांत्रिक गुणों के मामले में सी.एन.टी. बेहतर भराव सामग्री है, जो सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट में सहक्रियात्मक प्रभाव डालती हैं। एकल दीवार वाले कार्बन नैनोट्यूब और बहु-दीवार वाले कार्बन नैनोट्यूब का उपयोग प्रवाहकीय सी.एफ.आर.पी. बनाने के लिए भराव के रूप में किया जाता है। सी.एन.टी. (एस.डब्ल्यू./एम.डब्लू.-सी.एन.टी.) के प्रकार का चयन, फिलर के रूप में उपयोग किए जाने वाले सी.एन.टी. का प्रतिशत, सी.एन.टी. की थर्मोसेटिंग रेजिन और कार्बन फाइबर परतों में फैलाव की सीमा, यह सब बिंदु सी.एन.टी.-सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट के गुणों को नियंत्रित करते है [26 से 32]।

सीएनटी-पॉलिमर कंपोजिट का निर्माण मैट्रिक्स यानी थर्मोप्लास्टिक्स या थर्मोसेटिंग की संरचना के साथ निचे दिए हुए बिंदु पर भी निर्भर करता है।

(1) कार्बन नैनोट्यूब (सीएनटी) की संरचना

(2) सी.एन.टी. (नैनोट्यूब) को अलग करने के विधि(ताकि सी.एन.टी. का कंपोजिट में एक सामान फैलाव हो सके)

(3) पॉलिमर सी.एन.टी. इंटरफेसियल सूक्ष्म संरचना

अल्ट्रा सोनिकेशन के साथ उच्च रोटेशन प्रति मिनट पर घोलने वाली यांत्रिक मशीन का उपयोग करके सी.एन.टी. को एसीटोन सोल्वेंट में एक दूसरों से अलग करने के बाद एपॉक्सी में मिलाया गया। बाद में, इस मिश्रण कों कार्बन फाइबर के ऊपर फैलाया गया और उसके बाद ओवेन में उसे क्युअर किए गया। बनाये गए सी.एन.टी.-सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट कों विद्युत, तापीय एवं यांत्रिकी परीक्षण किया गया। विद्युत प्रवाहकीय सी.एन.टी.-सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट प्राप्त करने के लिए 0.5 प्रतिशत (%) एस.डब्ल्यू.सी.एन.टी. और 2 प्रतिशत (%) एम.डब्ल्यू.सी.एन.टी. का इष्टतम प्रतिशत खोजा गया। सारणी-2 में किए गए परीक्षण के बारे में जानकारी दी गई है।

सारणी-2. सी.एन.टी.- सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट परीक्षण

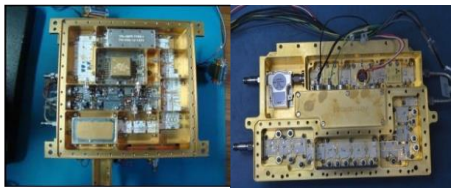
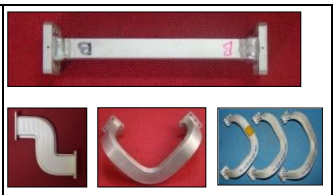
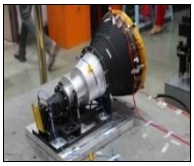
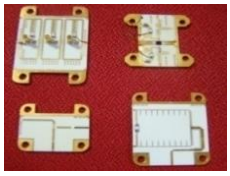
परीक्षण एवं मानक	**सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट**	**0.5 प्रतिशत (%) एकल-..... वाले कार्बन नैनोट्यूब-सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट**	**2 प्रतिशत (%) बहु-..... वाले कार्बन नैनोट्यूब-सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट**	**वृद्धि / घट**
विद्युतीय प्रतिरोध (Ω) ए.एस.टी.एम. डी.-257	5000	10.75	26.32	**190 - 465 गुना घटा**
तापीय विस्तार गुणांक (ppm/°C) ए.एस.टी.एम. –ई.-228	0.783	0.558	0.398	1.4-1.96 **गुना घटा**
तापीय चालकता (W/(m.k) ए.एस.टी.एम. –ई.-1461	0.540	0.567	0.649	1.05-1.20 **गुना वृद्धि**
तन्यता ताकत (यू.टी.एस.- N/mm²) ए.एस.टी.एम.-डी.-3039	800	650	427	1.23-1.87 **गुना घटा**

4. कार्बन नैनोट्यूब – सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट का अंतरिक्ष में उपयोग

कार्बन नैनोट्यूब –सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट अध्ययन के परिणाम सी.एफ.आर.पी. की विद्युत चालकता में वृद्धि के संदर्भ में रोचक हैं। नैनोट्यूब को सी.एफ.आर.पी. में जोड़ने के कारण सी.एफ.आर.पी. की विद्युत चालकता में वृद्धि ने एयरोस्पेस क्षेत्रों में व्यापक अनुप्रयोगों के लिए नए द्वार खोल दिए हैं। विद्युत प्रवाहकीय सी.एन.टी.-सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट पर इलेक्ट्रोप्लेटिंग/ धातु विलेपन संभव है। सी.एन.टी.-सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट कूपन पर सीधे इलेक्ट्रोप्लेटिंग का प्रयास किया गया और काफी संतोषजनक परिणाम मिले।

सी.एन.टी.-सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट कूपन पर सिल्वर मेटल की सफल इलेक्ट्रोप्लेटिंग हासिल की गई, जो हार्डवेयर (रिफ्लेक्टर, फीड हॉर्न, कैरियर प्लेट्स, वेवगाइड्स, रेडियोफ्रीक्वेंसी फिल्टर, फिड होर्न) बनाने के लिए अत्यधिक उपयोगी है। सी.एफ.आर.पी. की विद्युत चालकता में वृद्धि विद्युत चुम्बकीय परिरक्षण और गर्मी

विसरण गुणों को बढ़ाती है इसलिए सी.एन.टी.-सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट के उपयोग के अंतरिक्ष क्षेत्र में बहुत सारे अनुप्रयोग हैं [27,28]। सी.एन.टी.-सी.एफ.आर.पी. कंपोजिट सामग्री का उपयोग करके बनाये जाने वाले संभावित अंतरिक्ष सामग्री के कुछ उदाहरण चित्र-7 में दिए गए है।

<table>
<tr>
<td> 
परावर्तक / रिफ्लेक्टर</td>
<td> 
इल्क्ट्रॉनिक पैकेज बॉक्स और कवर (संदर्भ -30)</td>
<td> 
वेब गाइड</td>
</tr>
<tr>
<td> 
फीड असेम्ब्ली</td>
<td> 
रेडियोफ्रीक्वेंसी फिल्टर</td>
<td> 
वाहक प्लेट (संदर्भ -24)</td>
</tr>
</table>

चित्र 7. सीएनटी-सीएफआरपी कंपोजिट के अंतरिक्ष के लिए संभावित उपयोग

5. निष्कर्ष:

नैनो पदार्थों पर किए गए अध्ययन से यह निष्कर्ष निकलता है कि नैनो पदार्थ अपने उच्च दर्जे के विद्युत, तापीय एवं यांत्रिकी गुणों के वजह से अच्छे फिलर पदार्थ है। वह सामग्री में अपना सिनर्जी प्रभाव छोड़ते है, इस वजह से जिस सामग्री में नैनो पदार्थों मिलाये जा रहे हैं उसके गुण विशिष्टताओं में सुधार होता है। अंतरिक्ष अभियानों के लिए कार्बन नैनोट्यूब, ग्राफिन और अन्य नैनो पदार्थों का उपयोग किया जा सकता है। हालांकि, इसमें कुछ कठिनाइयां हैं, पर उसके ऊपर भी भौतिक एवं रासायनिक पद्धतियों से हल निकाला गया है।

अंतरिक्ष प्रणाली का वजन कम करने साथ उच्च दर्जा की विश्वसनीयता मिलना बहुत जरूरी होता है इसलिए अंतरिम उपयोग से पहले पदार्थ, प्रक्रिया एवं उससे बनाए गए प्रणाली को विश्वसनीयता परीक्षण से गुजरना पड़ता है। सफल विश्वसनीयता परीक्षण होने के बाद नैनो पदार्थों से बनी प्रणाली को अंतरिक्ष उपयोग के लिए सक्षम माना जा सकता है। नैनो पदार्थों के गुण विशिष्ट को देखते हुए उनका उपयोग अंतरिक्ष प्रणली बनाने के लिए करना एक सबसे व्यावहारिक और प्रभावी उपाय है।

6. संदर्भ:

1. बुज़िया, क्रिस्टीना; पाचेको, इवान; रोबी, केविन (2007)। "नैनोमटेरियल्स एंड नैनोपार्टिकल्स: सोर्सेज एंड टॉक्सिसिटी"। बायोइंटरफ़ेज़। 2 (4): MR17-MR71। arXiv:0801.3280। DOI: 10.11116/1.2815690।
2. सादरी, राड (1 जनवरी 2018), "उन्नत थर्मो-भौतिक और गर्मी हस्तांतरण गुणों की ओर सहसंयोजक कार्यात्मक ग्रैफेन नैनोप्लेटलेट नैनो-कूलेंट के संश्लेषण के लिए एक आसान, जैव-आधारित, उपन्यास दृष्टिकोण", कोललोइड और इंटरफ़ेस विज्ञान के जर्नल। 509: 140-152। DOI:10.1016/जे.जेसीआईएस.2017.07.052.
3. हबलर, ए.; ओसुआग्वु, ओ। (2010)। "डिजिटल क्वांटम बैटरी: नैनोवैक्यूम ट्यूब सरणियों में ऊर्जा और सूचना भंडारण"। जटिलता: एनए। DOI:10.1002/cplx.20306।
4. पोर्टेला, कार्लोस एम.; विद्यासागर, ए.; क्रोडेल, सेबस्टियन; वीसेनबैक, तमारा; यी, डेरिल डब्ल्यू.; ग्रीर, जूलिया आर.; कोचमैन, डेनिस एम। (2020)। "स्व-इकट्ठे नैनोलैबिरिंथिन सामग्री का अत्यधिक यांत्रिक लचीलापन"। राष्ट्रीय विज्ञान - अकादमी की प्रोसेडिंग। 117 (11): 5686-5693। बिबकोड:2020पीएनएएस..117.5686पी। doi:10.1073/pnas.1916817117. आईएसएसएन 0027-8424।

5. एल्ड्रिज, टी। (8 जनवरी 2014)। "वित्तीय बाजारों के माध्यम से नैनोमटेरियल्स के साथ उद्योग एकीकरण प्राप्त करना"। नैनोटेक्नोलॉजी नाऊ
6. मैकगवर्न, सी। (2010)। "नैनो सामग्री का वस्तुकरण"। नैनोटेक्नोल। धारणाएं। 6 (3): 155-178। DOI:10.4024/N15GO10A.ntp.06.03
7. मार्टा स्कोडा, इलोना डुडेक, अन्ना जारोस और डेरियस स्ज़ुकिविज़, ग्रैफेन: एक सामग्री, कई संभावनाएं- जैविक प्रणालियों में अनुप्रयोग कठिनाइयां, नैनोमटेरियल्स जर्नल, वॉल्यूम 2014 आलेख आईडी 890246 | https://doi.org/10.1155/2014/890246
8. रेखा देवी और संदीप सिंह गिल, बढ़ी संवेदनशीलता के साथ कम दबाव सीमा के लिए सीएनटी पर आधारित एक स्क्वायर बॉस्ड डायाफ्राम पीजोरेसिस्टिव प्रेशर सेंसर, माइक्रोसिस्टम टेक्नोलॉजीज वॉल्यूम 27, पेज3225-3233 (2021)
9. ब्रूनो रिबेरो , एडसन कोच्चिएरी बोटेलहो, मिशेल लीली कोस्टा और सर्लीन फोरक्रेट बांदीरा, कार्बन नैनोट्यूब बकीपेपर प्रबलित बहुलककंपोजिट: एक समीक्षा, , पोलिमेरोस. http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.03916
10. मार्टिंस-जूनियर, पी.ए., अलकांतारा, सी.ई., रेसेंडे, आर.आर., और फेरेरा,ए जे (2013)। कार्बन नैनोट्यूब: दिशाएं और दृष्टिकोणमौखिक पुनर्योजी चिकित्सा में। जर्नल ऑफ डेंटल रिसर्च,92(7), 575-583। http://dx.doi.org/10.1177/0022034513483771।पीएमआईडी: 23677650।
11. ग्रीन, एम.जे., बेहबतू, एन., पासक्काली, एम., और एडम्स, डब्ल्यू.डब्ल्यू. (2009)। पॉलिमर के रूप में नैनोट्यूब। पॉलिमर, 50(21), 4979-4997। http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2009.07.044
12. रहमत, एम।, और ह्यूबर्ट, पी। (2011)। कार्बन नैनोट्यूब-बहुलक नैनोकम्पोजिट्स में बातचीत: एक समीक्षा। समग्र विज्ञान और प्रौद्योगिकी, 72(1), 72-84. http://dx.doi.org/10.1016/j। कॉम्पसिटेक.2011.1.0.02.
13. मा, पी. सी., सिद्दीकी, एन. ए., मरोन, जी., और किम, जे. के.(2010),कार्बन नैनोट्यूब का फैलाव और क्रियाशीलता बहुलक आधारित नैनोकम्पोजिट्स: एक समीक्षा। सम्मिश्र। भाग ए, एप्लाइड साइंस एंड मैन्युफैक्चरिंग,41(10),1345-1367।http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2010.07.003।
14. रिबेरो, बी. (2015), कंपोजिट प्राप्त करना और उनका वर्णन करना नैनोस्ट्रक्चर्ड पॉली (फेनिलीन सल्फाइड) के साथ प्रबलिकार्बन नैनोट्यूब (डॉक्टरेट थीसिस)। विश्वविद्यालय साओ पाउलो राज्य, गुआरातिंगुएटा।
15. कैस्टिलो, एफ। वाई।, और ग्रेडी, बी.पी. (2012), भराव पुन: एकत्रीकरण और एक्सटूडेड हाई-डेंसिटी में नेटवर्क फॉर्मेशन टाइम स्केल पॉलीइथाइलीन/मल्टीवॉल कार्बन नैनोट्यूब कंपोजिट, पॉलिमर इंजीनियरिंग और विज्ञान, 52(8), 1761-1774। http:://dx.doi.org/10.1002/pen.23124।
16. वेई, एल., जियांग, डब्ल्यू., गोह, के., और चेन, वाई. (2013), यांत्रिक पॉलीइथाइलीन का सुदृढीकरण एन-एल्काइल समूह-कार्यात्मक का उपयोग कर रहा है बहुदीवार कार्बन नैनोट्यूब: एल्काइल समूह कार्बन का प्रभाव श्रृंखला की लंबाई और घनत्व। पॉलिमर इंजीनियरिंग और विज्ञान, 54(2), 336-344। http://dx.doi.org/10.1002/pen.23579।
17. बायरन, एम. टी., और गुन्को, वाई. के. (2010), में हाल के अग्रिम कार्बन नैनोट्यूब-पॉलीमर कंपोजिट पर शोध। विकसितसामग्री,22(15),1672-1688।पीएमआईडी:20496401। http://dx.doi। org/10.1002/adma.200901545.
18. वेब साइट से खोज : https://matmatch.com/learn/material/graphene
19. वेब साइट से खोज: ग्राफीन विशेषता XQTIA002EN-A (https://covalentmetrology.com/wp-content/uploads/2021/10/XQTIA002EN-A_Graphene_Characterization.pdf)
20. जैक्सन, जेरेमी जे.; प्योरट्स्की, एलेक्स ए.; अधिक, करेन एल.; रूलेउ, क्रिस्टोफर एम.; एरेस, ग्युला; जियोहेगन, डेविड बी. (3 दिसंबर 2010)। "परिवर्तनीय घनत्व के साथ लंबवत संरेखित नैनोट्यूब सरणियों का स्पंदित विकास"। नैनो। 4 (12): 7573-7581। डीओआई:10.1021/एनएन102029
21. तकनिकी रिपोर्ट: सैक/एसआरए/टीईजी/एससीक्यूएडी/टीआर/एसएसटीएम-1/ब्लैकबॉडी/2021/01
22. परेरा, ए.सी. (2011)। हीलिंग कैनेटीक्स का अध्ययन और बेंज़ोक्साज़िन राल और उसके कंपोजिट के थर्मल गुण नैनोस्ट्रक्चर (मास्टर की थीसिस)। विश्वविद्यालय साओ पाउलो राज्य, गुआरातिंगुएटा
23. बिकियारिस, डी., वासिलीउ, ए., क्रिसाफिस, के., पारस्केवोपोलोस, के.एम., जन्नाकौदकिस, ए., और डोकोस्लिस, ए. (2008), प्रभाव मैकेनिकल पर एसिड ट्रीटेड मल्टीवॉल कार्बन नैनोट्यूब, पारगम्यता, थर्मल गुण और थर्मो-ऑक्सीडेटिव आइसोटैक्टिक पॉलीप्रोपाइलीन की स्थिरता। पॉलिमर गिरावट और स्थिरता, 93(5), 952-967। http://dx.doi.org/10.1016/j। पॉलीमडेग्रैडस्टैब.2008.01.033.
24. **घोटेकर वाई.**, वर्मा आर.के., शाह वी.एम., मोदी एच.एम., वोरा ए.पी., लाल ए.के., मकवाना बी.ए., अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए Fe-Ni अलॉयज का थर्मो-केमिकल कैरेक्टराइजेशन। ICFAMMT 2022 सम्मेलन की प्रोसीडिंग्स में, सामग्री विज्ञान और धातु विज्ञान में प्रगति, स्प्रिंगर नेचर सिंगापुर, 2022.doi:10.1007/978-981-19-4918-0
25. समीक्षा लेख: कार्बन नैनोट्यूब समग्र बढ़ाने के लिए अंतरिक्ष के लिए थर्मल और विद्युत गुण अनुप्रयोग धवल ए. वर्तक, **योगेश घोटेकर**, पिना एम. भट्ट, भारत मकवाना, एनएच शाह और जे.ए. वधेरी, , Australian Journal of Mechanical Engineering, DOI: 10.1080/14484846.2022.2122192
26. वर्तक डी.ए, **घोटेकर वाई.**, देशपांडे एन., मुंजाल बी.एस., भट्ट पी., सत्यनारायण बी., व्यास के.बी., लाल ए.के., सिंगल-वॉल कार्बन नैनोट्यूब-कार्बन फाइबर प्रबलित पॉलिमर कम्पोजिट, जर्नल ऑफ फिजिक्स: कॉन्फ्रेंस सीरीज़, 2021 की अंतरिक्ष योग्यता के नए क्षितिज। doi: 10.1088/1742-6596/1854/1/012001
27. वर्तक डी., **घोटेकर वाई.**, मुंजाल बी.एस., भट्ट पी.एम., सत्यनारायण बी., लाल ए.के., भू-अंतरिक्ष पेलोड घटकों के लिए अनुरूपित बहु-दीवार कार्बन नैनोट्यूब आधारित समग्र की विशेषता, इलेक्ट्रॉनिक सामग्री जर्नल, 2021, (https://doi.org/10.1007/s11664-021-08978-6)

28. वर्तक डी.ए., **घोटकर वाई**., सत्यनारायण बी., मुंजाल बीएस, भट्ट पी.एम., स्पेस पेलोड में कैरियर प्लेट्स के लिए कार्बन फाइबर प्रबलित पॉलिमर में कार्बन नैनोट्यूब का अंतःस्थापन। जर्नल ऑफ एन्विरोंमेंटल नैनोतकनीकी , 2020, 9(4): 01 – 07. doi:10.13074/jent.2020.12.204421
29. काटाजिस्टो एच., ब्रैंडर टी., वालिन एम., एक उपग्रह के लिए कार्बन मिश्रित इलेक्ट्रॉनिक्स आवास का संरचनात्मक और थर्मल विश्लेषण। संख्यात्मक सिमुलेशन तकनीकों का उपयोग करते हुए NAFEMS संगोष्ठी-घटक और सिस्टम विश्लेषण की प्रोसीडिंग्स में - FEA, CFD, MBS, गोथेनबर्ग, स्वीडन, 23-24 नवंबर 2005।
30. वर्तक डी.ए., **घोटेकर वाई.**, भट्ट पी.एम.,अंतरिक्ष पेलोड के माइक्रोवेव इलेक्ट्रॉनिक्स पैकेज असेंबली के लिए कार्बन नैनोट्यूब पॉलिमर कंपोजिट: फायदे और चुनौतियां। इंट. जे. एयरोस्पेस सिस्टम साइंस एंड इंजीनियरिंग इंडर साइंस प्रकाशन 2020। doi: 10.1504/IJASSE:2021.10036733
31. वर्तक डी., **घोटेकर वाई.**, भट्ट पी.एम., मकवाना ए., सत्यनारायण बी., शाह एच.ए.न, वाढेर जे., नैनोमैटेरियल्स का उपयोग करके अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए सीएफआरपी के निर्माण के लिए विश्लेषणात्मक पदानुक्रम प्रक्रिया आधारित निर्णय लेना। सम्मिश्र: यांत्रिकी, संगणना, अनुप्रयोग, एक अंतर्राष्ट्रीय पत्रिका 2022,13(3):21-30। doi:10.1615/CompMechComputApplintJ.2022043014
32. सोलंकी जे.डी., वर्तक डी.ए., **घोटकर वाई.एस.**, देशपांडे एन.ए., कुमार एन., सत्यनारायण बी., लाल ए.के., भट्ट पी.एम., अंतरिक्ष उपयोग के लिए सीएफआरपी विकास में हाइब्रिडाइज्ड नैनोट्यूब और ग्राफीन ऑक्साइड। विनिर्माण प्रक्रियाओं और प्रणालियों में हालिया प्रगति में, रैम 2021 सम्मेलन की प्रोसीडिंग्स , स्प्रिंगर सिंगापुर 2022, पृष्ठ 545-553। doi: 10.1007/978-981-16-7787-8_44

लेखक परिचय:



योगेश सोपान घोटेकर, वैज्ञानिक अधिकारी – सी. स्टाफ कोड-**GI03006,**
पी.एम.क्यू.डी.-एम./ एम. क्यू .ए. जी./ एस. आर. ए., अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), अहमदाबाद, गुजरात,
भारत. 079 26914423
yogeshghotekar@sac.isro.gov.in

शैक्षिक अहर्ता: Chemistry (रसायन शास्त्र)
मैं अप्रैल 2012,से इसरो में काम कर रहा हूँ। अंतरिक्ष उपयोगी सामग्री जैसे की मिश्र धातुपॉलिमर सामग्री , एवं कंपोजिट सामग्री का तापीय एवं रासायनिक विश्लेषण, विद्युत रसायन और नैनो पदार्थ यह मेरा कार्य क्षेत्र है। इस कार्यकाल में कुल 14 तकनिकी पेपर विभिन्न जर्नल में प्रकशित किए हैं।



विमलभाई एम. शाह, वैज्ञानिक/अभियंता- एस. एफ., स्टाफ कोड-AC07037,
पी.एम.क्यू.डी.-एम./ एम. क्यू. ए. जी./ एस. आर. ए. ,अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), अहमदाबाद, गुजरात, भारत.
079 26914424
vmshah@sac.isro.gov.in



धवल वर्तक, वैज्ञानिक/अभियंता- एस.ई., स्टाफ कोड-AC074.
क्यू. ए. एम. डी./ एम. क्यू.ए.जी./ एस. आर. ए., अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक),
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), अहमदाबाद, गुजरात, भारत.
079 26914422
dhaval@sac.isro.gov

गगनयान (समानव उड़ान मिशन) : इलेक्ट्रॉनिक उपतंत्र हेतु संविरचन चुनौतियाँ

दिनेश कुमार अग्रवाल
वैज्ञानिक/अभियंता - एस.जी., सैक

प्रस्तावना:
गगनयान इसरो का अति महत्वकांक्षी अति विशिष्ट अभियान है। इसका मुख्य उद्देश्य पूरी तरह स्वदेशी तकनीक का इस्तेमाल करते हुए अंतरिक्ष यात्रियों को धरती से अंतरिक्ष तक ले जाना और सुरक्षित रूप से पृथ्वी पर वापस लाना है। समानव यान में इस्तेमाल किए जाने वाले सभी अवयवों और उप-प्रणालियों के मानवानुकूलित (Human Rating) के लिए बहुत सावधानीपूर्वक सत्यापन की आवश्यकता होती है। समानव उड़ान अभियान (मिशन) में अंतरिक्ष यात्रियों को अंतरिक्ष में भीषण गर्मी एवं विकिरण (रेडिएशन) से बचाने के लिए, अंतरिक्ष यात्रियों से निरंतर संवाद हेतु इलेक्ट्रॉनिक उपतंत्र संविरचन को भी गुणवत्ता दोष रहित होना चाहिए। निम्न भू कक्षा से परे चालक दल को, सौर लेयर विकिरण द्वारा उत्सर्जित उच्च ऊर्जा प्रोटोनों का खतरा भी हो सकता हैं, जिसके संपर्क से जीवन समाप्त हो सकता हैं। मानवरहित एवं मानव सहित उड़ान के लिए यह आवश्यक होता है कि सभी उप तंत्रों की विश्वसनीयता बहुत अधिक हो। कर्मीदल सदस्यों (क्रू मेंबर) की सुरक्षा के लिए उपतंत्रों की विश्वसनीयता लगभग 0.998 होना चाहिए। प्रक्षेपण यान और कक्षीय वाहन (ऑर्बिटल व्हीकल) का संविरचन एक चुनौतीपूर्ण कार्य होता है क्योंकि यह सब उपतंत्र (सब-सिस्टम) बड़े ही जटिल (कांप्लेक्स) होते हैं। इसलिए गगनयान अभियान का सबसे महत्वपूर्ण पहलू है इसकी अभिकल्पना एवं इसके उपतंत्रों का संविरचन। उच्च विश्वसनीयता लक्ष्य को प्राप्त करने के लिए संविरचन की सभी प्रक्रियाओं को गहन निगरानी एवं उच्च गुणवत्ता के साथ किया जा रहा है। गगनयान इसरो के हैवी-लिफ्ट लॉन्चर जी.एस.एल.वी. एमके III के द्वारा प्रक्षेपित होगा। भारत अंतरिक्ष में गगनयान (मानवरहित मिशन) के साथ साथ, शीघ्र ही (इंडियन डाटा रिले सैटेलाइट सिस्टम - आइ.डी.आर.एस.एस.) (Indian Data Relay Satellite System – IDRSS) प्रणाली के अंतर्गत उपग्रहों की एक नई श्रृंखला अंतरिक्ष में स्थापित करने जा रहा है। इंडियन डाटा रिले सैटेलाइट सिस्टम (आइ.डी.आर.एस.एस.) विभिन्न भारतीय अंतरिक्ष यानों, उपग्रहों, उड़ान के दौरान प्रक्षेपण यान की निगरानी (इन-फ्लाइट लॉन्च व्हीकल मॉनिटरिंग) तथा भारतीय मानव अंतरिक्ष उड़ान (समानव) कार्यक्रम की सहायता तंत्र के बीच सूचना के आदान प्रदान की सुविधा प्रदान करेगा। गगनयान की डिजाइन, विश्लेषण एवं प्रलेखन इसरो द्वारा की गई है जबकि इसके हार्डवेयर के लिए आवश्यक बड़ी संख्या में इलेक्ट्रॉनिक संविरचन एवं संयोजन कार्य को पूरा करने के लिए भारतीय उद्योगों से भी मदद ली जा रही है एवं महत्वपूर्ण परियोजना में उनकी भागीदारी सुनिश्चित कर, उन्हें भी इसके उपतंत्रों में उच्च स्तरीय गुणवत्ता की महत्ता से अवगत कराया जा रहा है।

इस लेख में गगनयान के मुख्य उपतंत्रों की विशाल संख्या का संक्षिप्त विवरण, संविरचन में सी.क्यू.एफ.पी./फ्लैट पैक युक्तियों हेतु आवश्यक लीड अनुरूपण टूल का विवरण भी दिया है। रिफ्लो सोल्डरिंग विधि, साथ ही उदाहरण के लिए मानव रहित गगनयान परियोजना के लिए ऑडियो वीडियो प्रोसेसिंग कार्ड संयोजन परियोजना हेतु चुनौतियों एवं समाधान का वर्णन किया है। अति आधुनिक एवं प्रामाणिक रूप से एम.आइ.सी. (मिक) परिपथ संयोजन तकनीकों एवं संविरचन दोषों का निराकरण करते हुए उच्च गुणवत्ता हासिल करने हेतु सुझावों का विस्तृत विवरण दिया है अर्थात लेख में गगनयान उपतंत्रों हेतु मुद्रित परिपथ संविरचन आवश्यकताओं, व्यावहारिक अनुभव से चुनौतियों का समाधान एवं सूक्ष्म एकीकृत परिपथों के संयोजन, संविरचन दोषों तथा समाधान उपायों को बखूबी शामिल किया गया है।

2.0 गगनयान के विभिन्न उप तंत्र:

लेख में गगनयान के विभिन्न उपतंत्रों, जैसे केबिन, संचार तंत्र, श्रव्य दृश्य बेस तंत्र एवं विभिन्न संवेदकों की विशाल संख्या को तालिका में दर्शाया गया है। इससे एक अनुमान लगाया जा सकता है कि इस परियोजना को मूर्त रूप देना अत्यंत जटिल कार्य है। इस लेख में उनकी जटिलता को संक्षेप में वर्णित किया गया है। मुद्रित परिपथ बोर्ड (पी.सी.बी.) में परतों की संख्या 6-20, कार्ड की मोटाई 1.6 – 2.4 मिलीमीटर (एम.एम.), फ्लेक्सिबल, फ्लेक्सी-रिजिड, ड्यूरोइड, पी.टी.एफ.ई. इत्यादि विभिन्न प्रकार की पी.सी.बी. का उपयोग किया जाएगा। पी.सी.बी. एवं

सूक्ष्म एकीकृत परिपथ के संयोजन से एस. बैंड, का बैंड मोडुलेटर, डी. मोडुलेटर, का बैंड बीकन सोर्स, संचार तंत्र, ई.पी.सी. इत्यादि उपतंत्रो का निर्माण होगा और इसमें बाहरी निर्माताओं की प्रमुख भूमिका रहेगी। इस परियोजना से स्वदेशी उद्योगों का विकास होगा। उन्हें अंतरिक्ष उपयोगी हार्डवेयर बनाने का काफी कार्य एवं अनुभव मिलेगा और यह आत्मनिर्भरता की ओर बढ़ता कदम है। विभिन्न नई संयोजन तकनीकों का विकास हो रहा है, विश्वास बढ़ रहा है और हम सफलतापूर्वक परियोजना के अगले चरण की ओर बढ़ रहे हैं। निम्न तालिकाओं में विभिन्न उपतंत्रों, संवेदकों की जानकारी दी गई है:

क्रमांक	उप तंत्र	कार्ड का नाम	कुल संख्या
1	एस बैंड डायरेक्ट डिजिटल मॉडुलेटर	एस. बैंड डायरेक्ट डिजिटल मॉडुलेटर	8
2	का बैंड डायरेक्ट डिजिटल मॉडुलेटर	एस. बैंड डायरेक्ट डिजिटल मॉडुलेटर	8
3	एस. बैंड डायरेक्ट डिजिटल डिमॉडुलेटर	एस. बैंड डायरेक्ट डिजिटल डिमॉडुलेटर	8
4	का बैंड डायरेक्ट डिजिटल डिमॉडुलेटर	एस. बैंड डायरेक्ट डिजिटल डिमॉडुलेटर	7

तालिका-1

क्रम संख्या	उप तंत्र	पी.सी.बी. की संख्या / ई.पी.सी.
1	का बैंड - डिमॉडुलेटर	1
2	एस. बैंड- डिमॉडुलेटर	1
3	एस. बैंड- मॉडेम एफ-1	1
4	एस. बैंड- मॉडेम एफ-2	1
5	एस. बैंड- मॉड	1
6	का x एस बैंड अभिग्राही (Ka x S Rx)	1
7	बीकन	2
8	का बैंड- डिमॉडुलेटर	1
9	एस. बैंड- एल एन ए	1
10	4W का बैंड- एस एस पी ए	2
11	20W एस बैंड- एस एस पी ए	2
12	ए वी बेसबैंड सिस्टम	2
ई.पी.सी. इकाई की कुल संख्या		103
पी.सी.बी. की कुल संख्या		1648

तालिका – 2

क्रमांक	उपतंत्र का नाम	पी.सी.बी. (प्रति इकाई)	कुल संख्या
1	एस. बैंड मॉडेम पी.सी.बी.	1	13
2	एच.आइ.यू. पी. सी. बी.	1	13
3	श्रव्य दृश्य बेसबैंड पी.सी.बी.	1	14
4	डैश बोर्ड सूचकांक	1	8

तालिका – 3 श्रव्य दृश्य बेसबैंड तंत्र

उपतंत्र का नाम	पी.सी.बी. (प्रति इकाई)	कुल इकाई	कुल पी.सी.बी.
डी.पी.यू. (DPU)	1	10	10
ई.पी.सी. (EPC)	1	10	10
केन्द्रीय अभिग्राही (Central Receiver)	3	10	30
आवृत्ति उत्पादक (Frequency Generators)	4	10	40

तालिका - 4 रेडार अल्टीमीटर उपतंत्र

संवेदक प्रकार	ऑक्सीजन	कार्बन डाइऑक्साइड	सापेक्षिक आर्द्रता	तापमान	दाब
कुल आवश्यकता	70	70	70	70	70
संवेदक प्रकार	कार्बन मोनो ऑक्साइड	अमोनिया	मीथेन	फ्लेम	फोटो डायोड
कुल आवश्यकता	70	70	70	90	90

तालिका - 5 संवेदक :आवश्यक संवेदकों की संख्या

गगनयान इलेक्ट्रॉनिकी संविरचन एवं संयोजन को स्वच्छ कक्ष में संपादित किया जा रहा है। स्वच्छ रूम का फर्श सामान्यतः विनाईल पदार्थ का होता है। यहाँ सुचालक विनाईल टाइल्स का प्रयोग किया जाता है जो स्थिर वैद्युतिकी आवेश को विसर्जन के लिए रास्ता (Path) मुहैया कराता है। यहाँ दस्तानों का उपयोग किया जाता है, क्योंकि मानव त्वचा की प्रकृति तैलीय होने से संयोजित परिपथ को त्वचा के सीधे स्पर्श के कारण प्रदूषक कणों से मुक्त करने में परेशानी होगी। संयोजित परिपथ संदूषण मुक्त एवं स्वच्छ होना चाहिए।

2.1 गगनयान इलेक्ट्रॉनिकी संविरचन हेतु सावधानियां:

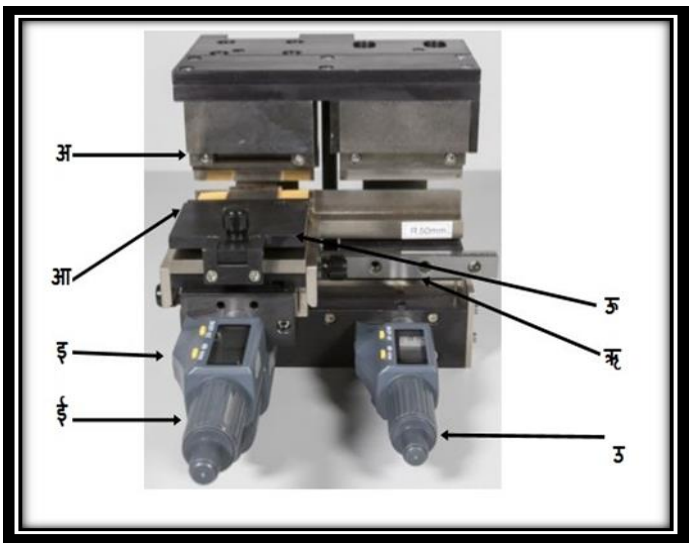
लैब में संदूषक पैदा करने वाले उपयोग की सामग्री, जैसे टेप, प्लास्टिक, पेपर, इत्यादि का प्रयोग वर्जित है। प्लास्टिक, ग्लू एवं चिपकाने वाले पदार्थ गर्मी के कारण गैस उत्पन्न करते हैं जो एक बड़ी समस्या बन सकती है। प्लास्टिक पदार्थों से निकलने वाली गैस ऑप्टिकल युक्ति (डिवाइस) पर जमा होकर उसकी कार्य क्षमता को कम कर देती है। वैक्स युक्त धागे का उपयोग नहीं करना चाहिए। प्लास्टिक की जगह सिरामिक का उपयोग करने से इस समस्या से बचा जा सकता है।

निम्न भू कक्षा (लो अर्थ आर्बिट) में सिलिकॉन से निकलने वाली गैस गगनयान के चारों ओर एक परत जमा सकती है। गैस के कारण होने वाला संदूषण एवं रिसाव गगनयान को नुकसान पहुंचा सकता है। गगनयान उपतंत्र की सतह पर संदूषण का स्तर बहुत अधिक होने पर इलेक्ट्रॉनिक डिस्चार्ज हो सकता है और उपतंत्र आवेशन (चार्जिंग) एवं निर्वहन (डिसचार्जिंग) के प्रति बहुत संवेदनशील होते हैं। इसलिए इनके निर्माण के लिए स्थिर धातु का प्रयोग किया जाता है परन्तु शुद्ध टिन, जिंक एवं कैडमियम की प्लेटिंग का उपयोग अंतरिक्ष उपकरणों में नहीं किया जाता है। इनके उपयोग से व्हिस्कर्स बनने लगते हैं, जो ऊर्जा के सुचालक होते हैं, जिनसे शार्ट सर्किट होने का खतरा बढ़ जाता है। यहाँ टिन एवं लेड्स द्वारा बने हुए सोल्डर वायर का उपयोग किया जाता है, जिनसे शार्ट सर्किट का खतरा न्यूनतम रहता है। पाइरोटेक्निक (Pyrotechnic) झटके गतीय संरचनात्मक झटके होते हैं, जोकि यान के प्रक्षेपण एवं अलग-अलग चरण में यान से अलग होने के समय लगते हैं। पाइरोटेक्निक झटकों के कारण उपग्रह के सर्किट बोर्ड, छोटे इलेक्ट्रिकल अवयवों एवं अन्य कई प्रकार के नुकसान हो सकते हैं। गगनयान कर्मीदल मॉड्यूल जब प्रक्षेपण यान से अलग होगा तब उसे बहुत अधिक झटके लगेंगे। प्रक्षेपण के समय प्रक्षेपण यान द्वारा उत्पन्न झटकों को कम करना अंतरिक्ष इलेक्ट्रॉनिकी के लिए सबसे बड़ी चुनौती है। प्रक्षेपण के समय उत्पन्न होने वाली परिस्थितियों को अच्छी तरह समझ लेने पर उस दौरान उत्पन्न होने वाले

झटकों एवं कंपन से बचाने तथा अंतरिक्ष में सुचारु रूप से कार्य करने हेतु उपग्रह के विभिन्न इलेक्ट्रॉनिक अवयवों को सही तरीके से डिजाइन किया जा रहा है।

सामान्यतः, उपग्रह के आस-पास स्थित कम घनत्व वाले प्लाज्मा की तुलना में जब स्थिर वैद्युत विभव में परिवर्तन आता है तो उपग्रह में विद्युत प्रवाह होने लगता है। उपग्रह में विद्युत प्रवाह की मात्रा उपग्रह की डिजाइन एवं कक्षा पर निर्भर करती है। प्लाज्मा बंबा टुनाइट एवं फोटो इलेक्ट्रिक प्रभाव इसके दो मुख्य कारण हैं। सिरामिक पैकेजिंग कठोर से कठोर परिस्थितियों में भी उच्च विश्वसनीयता से काम करती है।

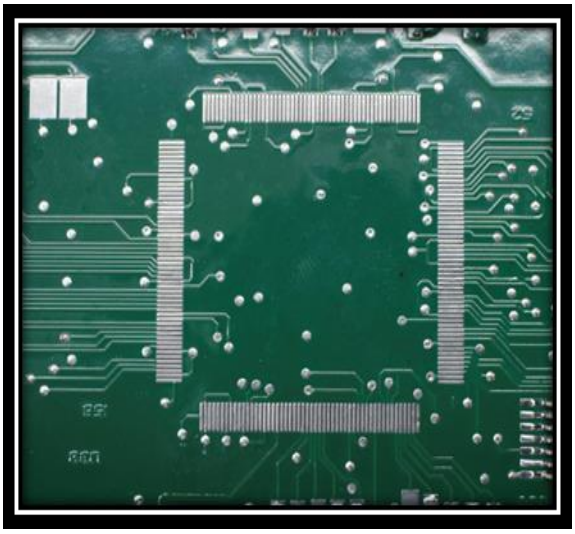
3.0 सी.क्यू.एफ.पी. / एफ.पी. की लीड फोर्मिंग हेतु अनुरूपण यंत्र: पी.सी.बी. संयोजन में निष्क्रिय एवं सक्रिय (Passive & Active) घटकों की आवश्यकता होती है। सक्रिय घटकों की लीड का आवश्यकता के अनुसार अनुरूपण हाथों से करने में काफी समस्या आती है और त्रुटि होने की काफी संभावनाएं होती हैं। अतः, इस प्रक्रिया को लीड अनुरूपण टूल से किया जा रहा है। प्रयुक्त सक्रीय घटकों की लीड का अनुरूपण, लीड अनुरूपक तंत्र की सहायता से उस घटक के फूटप्रिंट के हिसाब से ही करना होता है। यह टूल वायवीय दबाव की प्रक्रिया के सिद्धांत पर कार्य करता है, जिसमें हम लीड का अनुरूपण और कटान करते हैं।



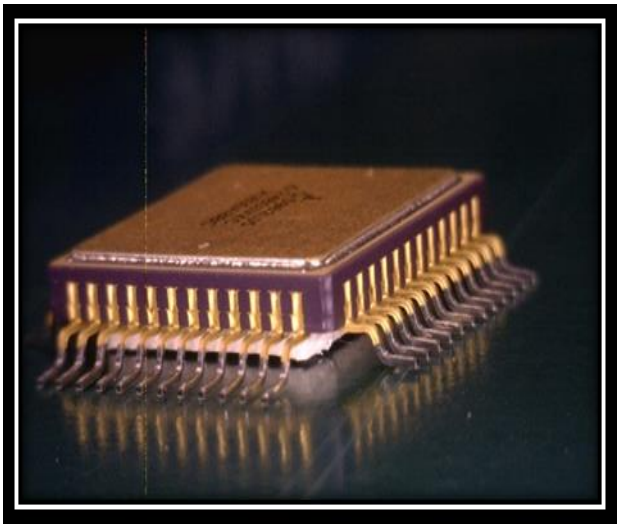
सी.क्यू.एफ.पी./ एफ.पी. की लीड फोर्मिंग अनुरूपण यंत्र के घटक

(अ) ऊपरी साधन आधार के साथ अनुरूपक तथा कटर
(आ) निचला साधन आधार के साथ अनुरूपक तथा कटर
(इ) पहले बैंड के लिए सूक्ष्म मापक
(ई) ऊँचाई मापन के लिए सूक्ष्म मापक
(उ) पदचिह्न के नियंत्रण के लिए सूक्ष्म मापक
(ऊ) घटक रखने का बॉक्स

चित्र: 1: सी.क्यू.एफ.पी. / एफ.पी. की लीड फार्मिंग अनुरूपण यंत्र



चित्र 2 : मुद्रित परिपथ पर फूट प्रिंट अनुरूपण

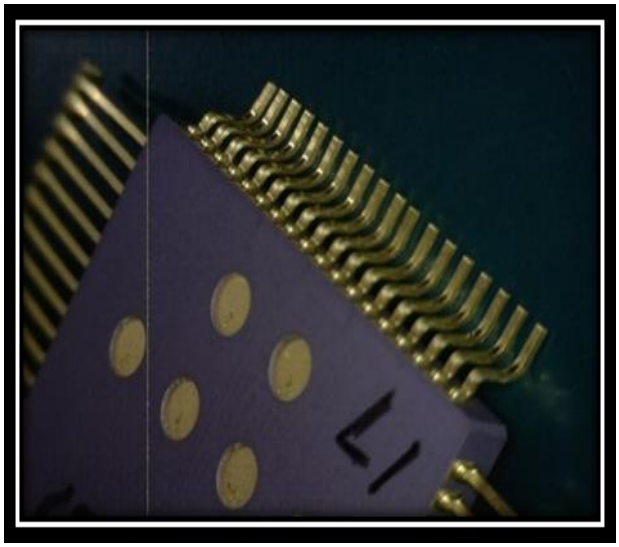


चित्र 3: लीड अनुरूपक तंत्र द्वारा घटक की लीड्स का

3.1 लीड पर चिह्न का निशान पड़ जाना:- घटकों की लीड अनुरूपण के दौरान लीड के ऊपर / पीछे कुछ चिह्न बन जाते हैं। जिनका मुख्य कारण उसके ऊपर तथा नीचे की रील (लौह पदार्थ) में परस्पर टकराव होना है इसके अलावा इस प्रक्रिया के दौरान निम्नलिखित अन्य कारण होते हैं, जिससे लीड के ऊपर चिह्न बन जाते हैं।

* यांत्रिक रेल के परस्पर के टकराव
* दबाव
* लीड तथा लीड अनुरूपक तंत्र पदार्थ की क्षमता
* मशीन के रखरखाव का अभाव

लीड अनुरूपक यंत्र द्वारा लीड अनुरूपण प्रक्रिया के दौरान लीड पर आने वाले चिह्नों की समस्या को हमने डेलिरिन पदार्थ से बने इन्सर्ट के उपयोग द्वारा समाप्त किया। डेलिरिन पदार्थ से बने इन्सर्ट को अनुरूपण यंत्र (टूल) में उपयोग से लीड अनुरूपण प्रक्रिया के दौरान युक्तियों को किसी भी तरह के क्षय से बचाया जा सकता है और यह प्रकिया इसरो पैक्स **300** मानक के नियमानुसार गुणवत्ता को कम किये बिना काफी लाभ प्रदान करती है।



चित्र 4: लीड अनुरूपण के दौरान लीड पर आये हुए चिह्न



चित्र 5: डेलिरिन पदार्थ निर्मित इन्सर्ट के प्रयोग के बाद लीड

4.0 मानव रहित गगनयान परियोजना के लिए ऑडियो वीडियो प्रोसेसिंग कार्ड संयोजन

4.1 रिफ्लो सोल्डरिंग : सिद्धांत – जब दो धात्विक हिस्सों को जोड़ना होता है तो सोल्डर (सोल्डर पेस्ट) की मात्रा बीच में रख दी जाती है। सोल्डर के गलनांक से ऊपर के तापमान पर सोल्डर पिघल कर धात्विक सतह को गीला करता है। जब तापमान ठंडा होता है, तब सोल्डर दृढ़ होकर जम जाता है और सोल्डर जोड़ का निर्माण करता है। अधिक तापमान से अवयवों को क्षति पहुँचने की संभावना बनी रहती है इसलिए रिफ्लों के दौरान प्रीहीटींग की ऊष्मा/तापमान को सावधानीपूर्वक नियंत्रित किया जाता है। अवयव ऊष्मीय झटकों के प्रति संवेदित होते हैं संयोजन की ऊष्मीय साम्यवस्था विचलित हो सकती है और अधिक तापमान बढ़ने से नुकसान हो सकता है।



चित्र 6 : पी.सी.बी. एवं एम.आइ.सी. संयोजन

रिफ्लो सोल्डरिंग हेतु प्रवाह चित्र



ऑडियो वीडियो प्रोसेसिंग कार्ड संयोजन परियोजना में आई मुश्किलें: इस बोर्ड की अभिकल्पना, फेब्रिकेशन निर्माण कार्य एवं विशिष्ट अवयवों का संयोजन बहुत ही चुनौतीपूर्ण था।

4.2 चुनौती क्या थी: 20 लेयर पॉलियामाइड बहु परती बोर्ड (एम.एल.बी.) जिसकी कीमत लगभग 9 लाख रुपये थी, उस पर एक ही बार में 16 मिल अंतराल (पिच) वाले अल्ट्रा-हाई डेंस संबंधक / योजक (200-पिन कनेक्टर) सोल्डरिंग एवं केवेद फ्लैट पैक विद नो लीड्स क्यू.एफ.एन. (QFN) सहित 8 घटकों के संयोजन की आवश्यकता थी।

क्यू.एफ.एन. युक्ति का आकार अलग था। पहली बार इस तरह का कार्य करना था, जो कि आंतरिक सुविधा केंद्र में संभव नहीं हो पा रहा था और बाहरी निर्माता के सुविधा केंद्र / लैब का उपयोग कर कार्य को अच्छी तरह निष्पादित करना था। यह ध्यान रखना चाहिए था कि बोर्ड की कीमत काफी ज्यादा होने के कारण बोर्ड को क्षति से बचाते हुए तथा बिना समय गवाएं, उच्च कोटि का कार्य हो सके एवं परीक्षण परिणाम बढ़िया हो सके।

4.3 कैसे किया : डाटा शीट का गहन अध्ययन, मशीन के प्राचलों की सूक्ष्म समीक्षा एवं तकनीकी चर्चा के कई दौर के पश्चात बोर्ड संयोजन प्रकिया को अंतिम रूप दिया गया। यह निर्णय लिया गया कि सबसे पहले उपयुक्त स्टेंसिल बनाया जायेगा, उसके पश्चात सोल्डर पेस्ट मुद्रक द्वारा बोर्ड पर पेस्ट की प्रिंटिंग की जायेगी। प्रत्येक प्रक्रिया बिंदु पर उच्च आवर्धन सूक्ष्मदर्शी परीक्षण / गुणवत्ता जाँच होगी। सब कुछ ठीक होने के पश्चात पिक एवं प्लेस उपकरण द्वारा अवयवों का आरोहण किया जाएगा। सटीक माउंटिंग एवं सफलतापूर्वक आरोहण के बाद बोर्ड को 12 क्षेत्र /(ज़ोन) रिफ्लो मशीन द्वारा, सटीक प्रक्रिया तथा मापदंडों का उपयोग करके मशीन सोल्डरिंग की गई। यहाँ सोल्डरिंग के तापमान और मशीन के अन्य प्राचलों को नियंत्रित किया गया। उच्च आवर्धन सूक्ष्मदर्शी परीक्षण से गुणवत्ता जाँच के पश्चात कोई शॉर्टिंग नहीं पाई गई, डिजाइनर ने निरंतरता की पुष्टि की। इसके बाद गुणवत्ता सुनिश्चित करने के लिए संयोजित बोर्ड की एक्स-रे जाँच की गई। गुणवत्ता जाँच रिपोर्ट उत्कृष्ट पाई गई। डिजाइनर ने पुनः निरंतरता की पुष्टि की। निरंतर तकनीकी बातचीत एवं समन्वयन के साथ, प्रमाणित बाहरी निर्माता के सुविधा केंद्र का उपयोग करते हुए यह जटिल कार्य निष्पादित किया गया।

4.5 गगनयान ए.वी.पी.एस. (ऑडियो वीडियो प्रोसेसिंग कार्ड) परियोजना की तकनीकी जानकारी: निम्न तालिका में योजक (कनेक्टर) के विवरण एवं तकनीकी मानकों को दर्शाया गया है। नीचे दिए गए चित्रों एवं तालिकाओं में कनेक्टर्स एवं आइ.सी. (सोल्डर पदचिह्न तथा अंतिम परिणाम) के चित्र हैं:

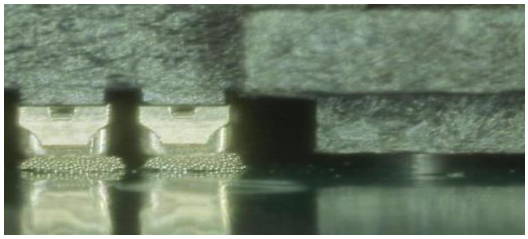
मुद्रक (प्रिंटर)	जर्मन कंपनी निर्माता – एकरा (एक्सपर्ट -3) EKRA (Xpert 3),
सोल्डर पेस्ट निर्माता (मेक)	इलेक्ट्रोलाय, नोएडा
सोल्डर पेस्ट ग्रेड	टिन लेड Sn 63 Pb 37
सोल्डर पेस्ट कोड	SPSN63PB37T4218TB500
पिक एण्ड प्लेस	पैनासॉनिक (NPM-W2), जापान
पहला आरोहण (माऊंटिंग)	2 संबंधक (SEAF8-50-05.0-S-04-2-K)
दूसरा आरोहण (माऊंटिंग)	1 संबंधक(SEAF8-30-05.0-S-04-2-K)
तीसरा आरोहण (माऊंटिंग)	2 क्यू.एफ.एन. (QFN IC) (IR38063MTRPBF0X1B)
चौथा आरोहण (माऊंटिंग)	2 क्यू.एफ.एन. (QFN IC) (IRPS5401MTRPBFA01)
पांचवा आरोहण (माऊंटिंग)	डिसप्ले पोर्ट संबंधक(connector 472720001)

तालिका – 6

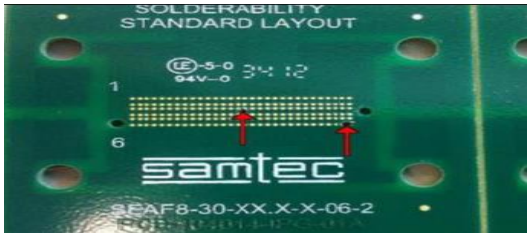
रिफ्लो भट्टी	तापमान डिग्री सेल्सीयस Vitronics (MR933+), USA (ऊपरी एवं निचले भाग की हीटिंग + 3 शीतलीकरण क्षेत्र)	
क्षेत्र 1	110° C	प्रि हीट तापमान
क्षेत्र 2	120 ° C	
क्षेत्र 3	130 ° C	
क्षेत्र 4	170 ° C	सिक्तन (Soak) तापमान
क्षेत्र 5	170 ° C	
क्षेत्र 6	170 ° C	
क्षेत्र 7	220 ° C	शिखर (Peak) तापमान
क्षेत्र 8	260 ° C	
क्षेत्र 9	255 ° C	
क्षेत्र 10	113 ° C	शीतलन क्षेत्र (Cooling Zone)
क्षेत्र 11	76 ° C	
क्षेत्र 12	51 ° C	
कन्वेयर गति (Conveyor speed)	60 सेमी / मिनट	
पी.सी.बी. परत संख्या	20	

तालिका -7

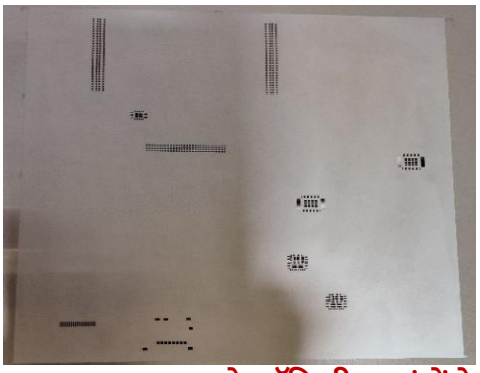
यहाँ स्टैंसिल, कनेक्टर, सोल्डर जोड़ एवं बोर्ड (गगनयान-ए.वी.पी.एस._वी.डी. उपतंत्र) की छवियों को संलग्न किया गया है।

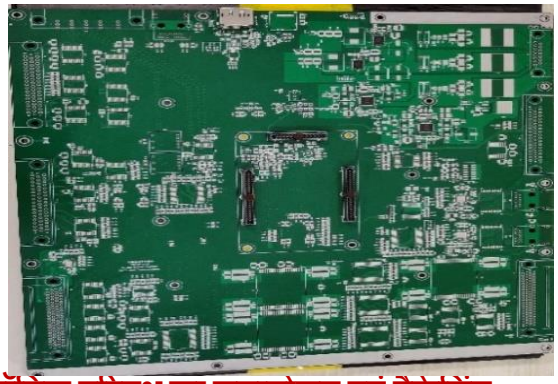


चित्र : 7



चित्र : 8



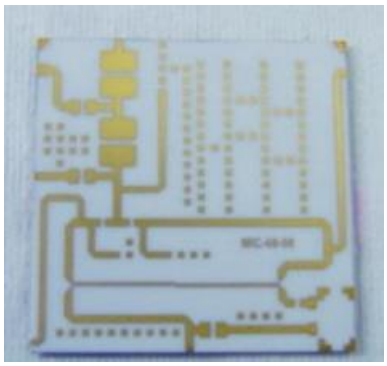


5.0 गगनयान इलेक्ट्रॉनिकी उपतंत्रों हेतु माइक्रोइलेक्ट्रॉनेक पारेपथ का समायोजन एवं पैकेजिंग

5.1 सोल्डरिंग / ब्रेजिंग

माइक्रोइलेक्ट्रॉनिक अवयवों के समायोजन का पहला चरण नाजुक सब्स्ट्रेट को एक मज़बूत धात्विक आधार पर समायोजित (असेंबल) करना होता है। इसके लिए प्रायः सोल्डर का उपयोग किया जाता है। फ्लक्स की कुछ बूंदों के साथ सोल्डर की पतली परत, सब्स्ट्रेट एवं धात्विक आधार के बीच लगाई जाती है, जो उत्तम सोल्डरिंग के लिए आवश्यक है। तत्पश्चात इसे रीफ्लो सोल्डरिंग के लिए तैयार किया जाता है। यह प्रक्रिया एक गरम प्लेट (हॉट प्लेट रीफ़्लो सेट अप) पर की जाती है। इस प्रक्रिया को ब्रेजिंग भी कहते हैं। सोल्डरिंग के बाद सब्स्ट्रेट की गुणवत्ता (क्वालिटी) सोल्डर की भौतिक विशेषताओं पर भी निर्भर करती है, जैसे कि सोल्डर की सब्स्ट्रेट पर चिपकने की क्षमता, सोल्डर पिघलने का तापमान, तापीय प्रसार गुणांक, तन्य शक्ति, यंग का मापांक आदि। ब्रेजिंग के पश्चात सब्स्ट्रेट की सफाई की जाती है, जिसके लिए आइसो-प्रोपाइल-अल्कोहल (EL grade IPA) का उपयोग किया जाता है।

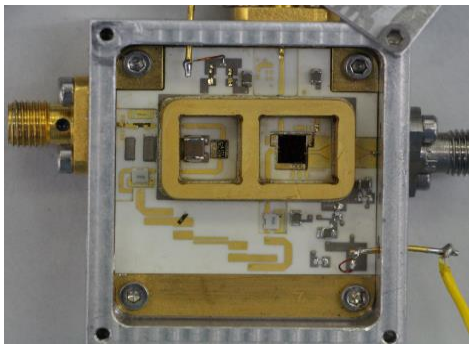




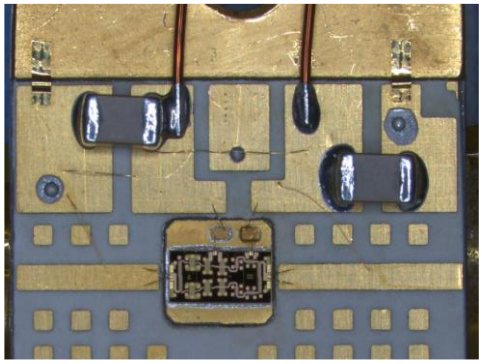
चित्र: 11 कैरियर प्लेट एवं एल्युमिना सब्स्ट्रेट

5.2 अवयव (कम्पोनेंट) समायोजन

इलेक्ट्रॉनिक अवयव, जैसे प्रतिरोध, कैपेसिटर, ट्रांजिस्टर, डायोड, एम.एम.आइ.सी.(मोनोलिथिक माइक्रोवेव इंटीग्रेटेड सर्किट) चिप आदि को सब्स्ट्रेट पर सोल्डर या चालक इपोक्सी से लगाया जाता है। ये अवयव (कम्पोनेंट्स) अति सूक्ष्म होते हैं, जिनका आकार पेंसिल की नोंक से भी छोटा हो सकता है। इन्हें समायोजित करने के लिए विशेष औजारों, ट्रेनिंग और स्किल की आवश्यकता होती है। इन अवयवों के समायोजन में संरेखण (अलाइनमेंट), तापमान आदि का विशेष महत्व होता है। अधिक तापमान इन अवयवों को क्षति पहुँचा सकता है तथा कम तापमान उच्च गुणवत्ता के लिए ठीक नहीं है। अवयवों के समायोजन के पश्चात इन्हें इलेक्ट्रिक परीक्षण के लिए टेस्ट बॉक्स में समायोजित किया जाता है।



चित्र: 12 टेस्ट बॉक्स समायोजन



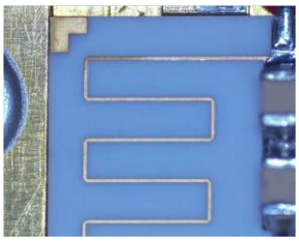
चित्र: 13 माइक्रोइलेक्ट्रॉनिक अवयव

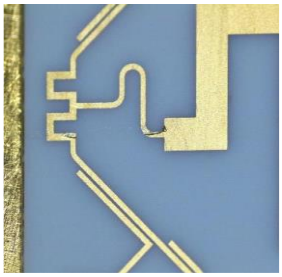
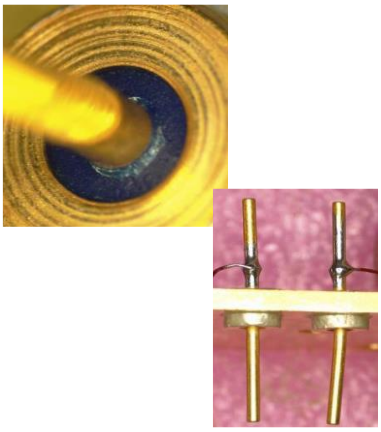
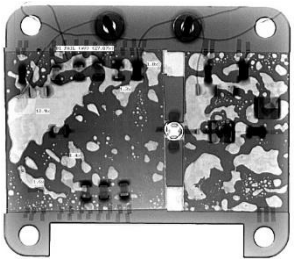
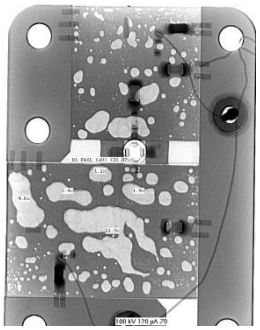
5.3 बाँडिंग (Bonding) चिप अवयवों को, जिन्हें सीधे वेफ़र से निकाल कर सब्स्ट्रेट पर समायोजित करना होता है, सोल्डर से लगाए जाते हैं और उनके टर्मिनल्स को सोने के तार या रिबन से जोड़ दिया जाता है। इस प्रक्रिया के लिए वायर बॉन्डर, जैसे विशेष उपकरणों की आवश्यकता होती है।

उच्च आवृत्ति परिपथ में एम.एम.आइ.सी. एवं एम.आइ.सी.के बीच अंतर-संबंध करने पर प्रतिबाधा हानि (Return loss) होती है। यह अंतर-संबंध ज्यादातर सोने के तारों से किये जाते हैं। सोने के तार के लूप की लंबाई और ऊंचाई इस अंतरसंबंध में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। उचित प्रबंधन और कुशलता से कम से कम प्रतिबाधा हानि को प्राप्त किया जाता है, अतः लूप की लंबाई और ऊंचाई जितनी हो सके, उतनी कम रखी जाती है।

5.4 एम.आइ.सी. संयोजन में संविरचन दोषों / सीखने योग्य प्रायोगिक अनुभवों की सूची:

संयोजन करते समय गुणवत्ता में सुधार के लिए की जाने वाली उपचारात्मक कार्रवाई का वर्णन निम्न तालिका में किया गया है:

दोष विवरण	चित्र	विचलन का मूल कारण	गुणवत्ता में सुधार के लिए की जाने वाली उपचारात्मक कार्रवाई
सबसिस्टम : एस.एक्स. के.यू. टाइप-1 एल.ओ. विचलन: महीन आयन		सी.पी. अटैचमेंट के बाद सफाई का मुद्दा 10x आवर्धन पर धनायन पर कोई फ्लक्स कण नहीं देखा गया	फ्लक्स की मात्रा का उपयोग कम किया जाएगा। कार्य पूर्ण होने के पश्चात सफाई स्वाभाविक रूप से की जाएगी।

डीप ट्रूल मार्क		संलग्नक के बाद सी.पी. की मैन्युअल रूप से सफाई के दौरान उपकरण (धातु चिमटी) का गलत संचालन (उपयोग)।	फ्लक्स की समस्या से बचने के लिए सीपी अटैचमेंट के बाद सफाई के लिए तुरंत वेपर डीग्रीजर का इस्तेमाल करना चाहिए। यदि आवश्यक हो तो गैर-धातु उपकरणों का उपयोग करके मैन्युअल रूप से सफाई की जाएगी (टूथपिक, कपासी स्वैब और गैर धातु चिमटी)।
विचलन आइ.एस. फीडथ्रू का मुड़ जाना एवं चिपिंग		प्रेषण के लिए पैकिंग के दौरान सी.पी. की गलत हैंडलिंग।	आवश्यक सावधानियों के साथ सी.पी. की पैकिंग के दौरान हार्ड फोम के बजाय सॉफ्ट ई.एस.डी. फोम का उपयोग किया जाएगा क्योंकि उसमें अधिक गहराई होती है। इस प्रकार के विचलन से बचने के लिए डिलीवरी के समय निरीक्षण किया जाएगा।
कुछ सी.पी. की एकीकृत एक्सरे छवियां	 	सब्सट्रेट संलग्न शून्य प्रतिशत स्वीकार्य सीमा से काफी अधिक है। कार्य पूर्व एवं पश्चात उचित सफाई, कम फ्लक्स प्रवाह, टूल का सही उपयोग आदि बहुत जरूरी हैं। लॉन्च प्वाइंट, ट्रांजिस्टर लीड आदि के नीचे के वॉयड्स चिंता का विषय हो सकते हैं।	गीलेपन को बढ़ाने के लिए जुड़ाव से पहले (सोल्डर प्रीफॉर्म सहित) सभी भागों को अच्छी तरह साफ किया जाना चाहिए उपयुक्त आकार, मोटाई, प्रीफॉम सोल्डर की परतों का प्रयोग करें। शुरुआत में शून्य उत्पादन को कम करने के लिए न्यूनतम प्रवाह का उपयोग करना चाहिए। AuSn सोल्डर प्रिफॉर्म के संदर्भ में समुचित तापमान एवं समय के लिए जुड़ाव करना चाहिए। सफाई करने से पहले एकीकृत जुड़ाव को स्वाभाविक रूप से ठंडा होने देना चाहिए। सफाई के लिए उचित सावधानी बरतनी चाहिए। वाष्प डीग्रीजर

			(degreaser), कपास स्वैब का उपयोग) करना चाहिए। सबस्ट्रेट पर स्क्रैच एवं टूल के निशानों से बचने के लिए धातु के उपकरण का उपयोग नहीं करना चाहिए

तालिका - 8

6.0 उपसंहार: आवश्यक परिशुद्ध एवं संवेदनशील संवेदकों का विकास एवं निर्माण स्वदेश में ही हो रहा है। गगनयान उपतंत्र इलेक्ट्रॉनिकी में बहुत बड़ी संख्या में संविरचन एवं संयोजन का कार्य बहुत ही चुनौतीपूर्ण है और प्रत्येक कदम पर सभी निर्माताओं द्वारा गुणवत्ता एवं पूर्णता का ध्यान रखना आवश्यक है। निर्माणकर्ता वेंडरों को निश्चित रूप से शून्य दोष, उच्च गुणवत्ता एवं विश्वसनीय कार्यक्रम पर अमल करना होगा।

सभी संबधित परियोजनाओं के सदस्यों को सभी प्रकार के तकनीकी अनुमोदन की अच्छी तरह से जांच पड़ताल करने के बाद ही संविरचन एवं संयोजन के लिए आगे बढ़ना चाहिए। उसके लिए बार-बार परिवर्तन नहीं किया जा सकता है। एक छोटी-सी गलती या लापरवाही पूरे अभियान को असफल बनाने के लिए जवाबदेह हो सकती है और इस अभियान में चूंकि मानव जीवन दाँव पर लगा हुआ है इसलिए किसी भी प्रकार की छोटी से छोटी लापरवाही भी स्वीकार्य नहीं है। इसी बात को विशेष रूप से ध्यान में रखते हुए इस विशिष्ट अभियान के लिए ली जा रही सावधानी, चुनौतियों एवं समाधान का वर्णन इस लेख में किया है। इंडियन डेटा रिले सैटेलाइट सिस्टम (आइ.डी.आर.एस.एस.) का सबसे पहला लाभ गगनयान अभियान के अंतरिक्ष यात्रियों को मिलेगा क्योंकि वे इसकी सहायता से अपनी यात्रा के दौरान धरती पर स्थित अभियान नियंत्रण कक्ष से लगातार संपर्क में रह सकते हैं। गगनयान यह एक अत्यंत चुनौतीपूर्ण अभियान है, जिसमें मानव जीवन एवं इसरो की कार्यकुशलता दाँव पर लगेगी। इसलिए सभी पहलुओं पर योजनाबद्ध, समयबद्ध, उच्चगुणवत्ता एवं सकारात्मक माहौल में तकनीकी चुनौतियों को पार करते हुए इस अभियान को सफल बनाया जा सकता है।

7.0 संदर्भ:
1. गगनयान इलेक्ट्रॉनिकी फेब्रिकेशन तकनीकी चर्चा / बैठक
2. लेखक के अपने लेख

8.0 आभार: लेखक, निदेशक, सैक का आभारी है, जिन्होंने यह लेख लिखने की प्रेरणा दी। लेखक, उप निदेशक - मीसा सैक का भी आभारी है। लेखक इस लेख में सहयोग प्रदान करने के लिए हिंदी कक्ष, सैक का भी आभारी है। लेखक इस लेख को प्रस्तुत करने का अवसर प्रदान करने हेतु अंतर-केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी की आयोजन समिति का भी आभार व्यक्त करता है।

9.0 लेखक परिचय:



दिनेश कुमार अग्रवाल ने इलेक्ट्रॉनिकी में इंजीनियरिंग (ऑनर्स) की स्नातक की उपाधि के पश्चात, दूरस्थ शिक्षा पाठ्यक्रम से एम.बी.ए. किया है। उनका सैक में उपग्रह नीतभार इलेक्ट्रॉनिकी सविरंचन एवं संयोजन हेतु स्वच्छ रूम निर्माण, बाहरी निर्माताओं को इसरो की आवश्यकतानुसार गुणवत्ता के अनुरूप स्थापित करना, विभिन्न अंतरिक्ष उपयोगी प्रक्रियाओं के योग्यता जाँच (क्वालिफिकेशन) में महत्वपूर्ण योगदान रहा है। अब तक उन्होंने सफलतापूर्वक कुल 144 दूरसंचार एवं दूरसंवेदी उपग्रहों के विभिन्न उपग्रह उप-तंत्रों के नीतभार इलेक्ट्रॉनिकी

सविरंचन एवं संयोजन के कार्य का मार्गदर्शन किया है। उन्हें उनकी उत्कृष्ट सेवाओं के लिए इसरो से तीन बार टीम उत्कृष्टता पुरस्कार (Team Excellence Award) मिले हैं। वर्तमान में वे अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक) अहमदाबाद में इन-स्पेस समन्वयक सेल के प्रधान हैं।

उनकी हिंदी में लेखन एवं कार्य में विशेष रुचि है। उनके विभिन्न तकनीकी संगोष्ठियों में 27 से अधिक लेख प्रकाशित हो चुके हैं। उन्होंने मानक अंतरिक्ष विज्ञान शब्दावली को अद्यतन करने एवं अंतरिक्ष विभाग द्वारा अंतरिक्ष विज्ञान से संबंधित मौलिक पुस्तक लेखन योजना हेतु मापदंड निर्धारण करने के लिए महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है।

संपर्क : dinesh@sac.isro.gov.in 079-26914801 / 9427458508
आइ इन सी सी / मीसा – सैक, इसरो अहमदाबाद 380015

समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियाँ, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएँ

पी.डी. रम्या तेजा
सूचना प्रौद्योगिकी तथा सेवा प्रभाग
ई.सी.आई.एल.

सारांश

इस पत्र का मुख्य उद्देश्य अंतरिक्ष पर्यटन की चुनौतियों, उसके अनुप्रयोगों और भावी संभावनाओं पर चर्चा करना है। अंतरिक्ष पर्यटन, गैर पेशेवर कारणों से मनुष्य द्वारा अपने मनोरंजन और आनंद के लिए शुल्क चुका कर की जाने वाली अंतरिक्ष यात्रा है। आजकल उपकक्षीय अंतरिक्ष उड़ान को वर्जिन गैलेक्टिक, ब्लू ओरिजन जैसे कंपनियों ने वास्तविकता बना दिया है। इनके दौरान अंतरिक्ष पर्यटन क्षेत्र में कई मील पत्थर हासिल हुए हैं- जिनमें अंतरिक्ष में शूट की गई पहली फीचर फिल्म और अंतरिक्ष में जाने वाले सबसे उम्रदराज व्यक्ति इत्यादि शामिल हैं। आज के लिए अंतरिक्ष पर्यटन केवल अमीरों के लिए आनंदमय अनुभव है। लेकिन इसे आम जनता के लिए किफायती और सुलभ बनाने लिए विकासशील अवधारणाओं की जरूरत है, जिससे आने वाले दशकों में अंतरिक्ष पर्यटन का परिदृश्य बदल जायेगा।

मुख्य शब्द- अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आई.एस.एस.), व्यय प्रयोज्य प्रक्षेपण वाहन (ई.एल.वी.), पुनः प्रयोज्य प्रक्षेपण वाहन (आर.एल.वी.), अंतरिक्ष यान (स्पेस प्लेन), भू कक्षा

1. परिचय

"अंतरिक्ष पर्यटन साहसिक पर्यटन बाजार का तार्किक परिणाम है।" - बज्ज आल्ड्रिन

पूरे इतिहास में मनुष्य हमेशा से नए और रोमांचक स्थानों की खोज और यात्रा करने में रुचि रखता आया है। 1609 में गैलीलियो द्वारा आविष्कृत दूरबीन से लोगों ने ब्रह्मांड के विस्तार को देखना शुरु किया। 1903 में कोंस्टेंटिन त्सोल्कोव्यस्की ने वस्तुओं को अंतरिक्ष में ले जाने के लिए आवश्यक वेग निर्धारित करने वाला एक ड्राइविंग रॉकेट समीकरण पेश किया। इसके बाद रॉबर्ट हचिंग गोडार्ड, एक अमेरिकी इंजीनियर ने तरल ईंधन वाले रॉकेटों की अवधारणा का प्रस्ताव रखा, जो मनुष्यों को आकाश में ले जाने की संभावना रखता है। उसी समय विलबर और ऑरविल्ले राईट ने हवाई जहाज का आविष्कार किया। 1957 में रूस ने अंतरिक्ष में पहला कृत्रिम वस्तु तथाकथित 'स्पुतनिक -1' भेजा। उसके बाद 1961 में यूरी गगारिन अंतरिक्ष में यात्रा करने वाले पहले व्यक्ति बनें। तब से मनुष्यों की अंतरिक्ष पर विजय प्राप्त करने की महत्वकांक्षा बढती गई।

यू.एस.एस.आर. के विघटन के बाद उत्पन्न आर्थिक संकट से बचने के लिए रूस ने गैर पेशेवर कारणों से पर्यटकों को आई.एस.एस. ले जाने का फैसला किया। रूसी कंपनी मीर कॉर्प और अमेरिकी कंपनी एड्वेंचर लिमिटेड के सहयोग से 2001 में विश्व का पहला अंतरिक्ष पर्यटक डेन्निस टिटो को सोयुज अंतरिक्ष यान का उपयोग करके आई.एस.एस. की सात दिन की यात्रा पर भेजी, जिसकी कीमत 20-25 मिलियन अमेरिकी डॉलर थी। 2001 और 2009 के बीच में सोयुज रॉकेट और सात अंतरिक्ष पर्यटकों को आई.एस.एस. पहुँचाई। 2010 में रूस ने आई.एस.एस. में बढती सदस्यों से उत्पन्न अंतरिक्ष यान की सीट की बढती मांग की वजह से कक्षीय अंतरिक्ष पर्यटन को रोक दिया था।

अंतरिक्ष को पृथ्वी से देखने का अनुभव 'सिंहावलोकन प्रभाव' के नाम से जाना जाता है। इससे अनिवार्यत: चेतना का संज्ञानात्मक परिवर्तन होता है जिससे अंतरिक्ष यात्री अपने भू ग्रह की रक्षा के लिए जिम्मेदारी और दायित्व की एक नई भावना महसूस करते हैं।

साधारण हवाई जहाज स्ट्रैटोस्फीयर परत में उड़ते हैं। कर्मन रेखा वो ऊंचाई है जिसके ऊपर उड़ान के लिए पृथ्वी के वायुमंडल द्वारा उत्पन्न लिफ्ट पर्याप्त नहीं होता बल्कि बाहरी प्रणोदन की आवश्यकता होती है। भूमि की सतह से 36,000 किलोमीटर की ऊंचाई को भू कक्षा माना जाता है। इस ऊंचाई तक पहुँचने पर कोई भी वस्तु या मनुष्य पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से बाहर निकल कर भूमि के साथ परिभ्रमण करने लगता है।



चिह्न 1: कर्मन रेखा और पृथ्वी के वायुमंडल की विभिन्न परतें

अंतरिक्ष पर्यटन को 3 विभागों में विभाजित किया जा सकता है।

1. **उपकक्षीय उड़ान** - इसमें अंतरिक्ष यान का प्रक्षेप वक्र पृथ्वी के वायुमंडल से मिलता है। इसके दौरान अंतरिक्ष यात्री बाह्य अंतरिक्ष तो पहुँच जाता है जो भू कक्षा से बहुत ही नीचे है।
2. **कक्षीय उड़ान**- इसके दौरान अंतरिक्ष यात्री भू कक्षा में पृथ्वी के साथ परिभ्रमण करने लगता है।
3. **पृथ्वी से परे उड़ान**- इसके दौरान मनुष्य पृथ्वी से परे अन्य खगोलीय पिंडों पर पहुँच सकता है। उदाहरण के लिए चंद्रमा या मंगल ग्रह।

2. अनुप्रयोग

यद्यपि अंतरिक्ष पर्यटन क्षेत्र 2021 से विस्तार रूप से बढ़ने लगा है, इससे पूर्व 1961 में ही इसकी नींव डाली गई। तब से इस क्षेत्र की कुछ मुख्य उपलब्धियाँ इस प्रकार हैं।

वर्ष	**ऐतिहासिक घटना**
1961	विश्व के पहले मानव ने अंतरिक्ष की यात्रा की। "अंतरिक्ष पर्यटन" शब्द का प्रयोग सबसे पहले उसी समय किया गया था।
1986	"चैलेंजर" की दुर्घटना अंतरिक्ष उड़ान गतिविधियों के खिलाफ एक कठोर चेतावनी थी।
2001	डेन्निस टिटो रूसी सोयुज अंतरिक्ष यान के द्वारा अंतरिक्ष में यात्रा करने वाले पहले पर्यटक बनें।
2003	"कोलंबिया" की दुर्घटना हुई, जिसमें अंतरिक्ष में जाने वाली भारतीय मूल की पहली महिला कल्पना चावला भी शामिल थी।
2006	बैग्लो ऐरोस्पेस ने पहला इंफ्लेटेबल स्पेस हैबिटेट मॉड्युल "जेनेसिस" प्रमोचन करने के लिए रॉकेट विकसित किया।
2008	स्पेसएक्स का फाल्कन 1 सफलतापूर्वक प्रमोचन किया गया।

2010	स्पेसएक्स अंतरिक्ष यान को भू कक्षा में प्रमोचन करके फिर वापस लाने वाला पहला गैर-सरकारी संगठन बना।
2015	ब्लू ओरिजन ने "न्यू शेपर्ड" नामक एक उप कक्षीय वाहन को अंतरिक्ष में प्रमोचन किया और इसे सफलतापूर्वक वापस भी लाया।
2016	ब्लू ओरिजन ने "न्यू शेपर्ड" को सफलतापूर्वक पुनः प्रमोचन किया।
2017	स्पेसएक्स ने पहले प्रमोचन किए गये फाल्कन 9 रॉकेट को पुनः प्रयोज्य परीक्षण के लिये कक्षीय उड़ान में बदल दिया।
2020	स्पेसएक्स, फाल्कन 9 को क्रू डेमो स्पेस कैप्सूल के साथ प्रमोचन करके मानवयुक्त रॉकेट प्रमोचन करने वाली पहली निजी उद्यम बनी।

तालिका 1: 2021 से पूर्व अंतरिक्ष पर्यटन क्षेत्र की समय-सीमा

अंतरिक्ष पर्यटन जो कल तक केवल अंतरिक्ष संग्रहालयों, टीवी शो, फिल्मों और उपन्यासों तक ही सीमित हुआ करता था, उसको आज बहुत सारी कम्पनियों ने वास्तविकता बना दिया है। उनमें से कुछ इस प्रकार हैं।

1. **वर्जिन गैलेक्टिक :** इसे ब्रिटिश उद्यमी रिचर्ड ब्रानसन ने 2004 में स्थापित किया। इसके द्वारा जुलाई 2021 में ब्रानसन दो पायलट और तीन अन्य यात्रियों के दल के साथ 85 किलोमीटर की ऊंचाई तक 90 मिनट के लिए अंतरिक्ष में उड़ान की।
   आज वैट नाइट ॥ नामक वाहक विमान से प्रमोचन किए जाने वाले स्पेसशिप ॥ नामक अंतरिक्ष यान 16 किलोमीटर की ऊंचाई पर पहुंचने के बाद वाहक विमान से अलग होकर 100 किलोमीटर की ऊंचाई (कर्मन रेखा) पार करता है। इसके दौरान यात्री छः मिनट की भारहीनता महसूस कर सकते हैं। संभावित यात्रियों को प्रति सीट के लिए $ 45,000 तक भुगतान करना पड़ता है।

2. **ब्लू ओरिजन** : इसे अमेजान के सी.ई.ओ. जेफ्फ बेजोस ने 2000 में स्थापित किया। 2013 में प्रचुरित बेजोस का मियामी हेराल्ड के साक्षात्कार के अनुसार अठारह उम्र के बेजोस ने कहा था कि वह पृथ्वी की कक्षा में घूमने वाला अंतरिक्ष होटल, मनोरंजन पार्क और करीब दो से तीन मिलियन तक लोगों के रहने लायक कालोनियाँ अंतरिक्ष में बनाना चाहता है। इस संस्था के द्वारा वर्जिन गैलेक्टिक के उड़ान के सिर्फ 9 दिन के बाद जुलाई 2021 में ही न्यू शेपर्ड रॉकेट से बेजोस ने अन्य तीन यात्रियों के साथ 107 किलोमीटर की ऊंचाई पर 11 मिनट की यात्रा की।

   ब्लू ओरिजन का न्यू शेपर्ड ऑर्बिटल स्पेसफ्लाइट सिस्टम दो वाहनों से बना है- क्रू कैप्सूल जो तीन या अधिक अंतरिक्ष यात्रियों को समायोजित कर सकता है और दूसरा प्रमोचन करने वाला रॉकेट बूस्टर। दोनों वाहन उड़ान के दौरान अलग होने के लिए डिजाइन किये गए हैं। अलग होने के बाद बूस्टर को ऊर्ध्वाधर लैंडिंग करते हुए पृथ्वी पर लौटने के लिए डिजाइन किया गया है, जबकि क्रू कैप्सूल एक अलग प्रक्षेप वक्र के अनुसार पैराशूट की सहायता से पृथ्वी पर पहुँचता है। दोनों वाहन पुनर्प्राप्ति और पुन: उपयोग के लिए अभिप्रेत हैं। ब्लू ओरिजिन ने ऑनलाइन नीलामी के द्वारा $ 28 मिलियन की विजयी बोली से न्यू शेपर्ड की पहली सीट का मूल्य तय किया।
3. **स्पेसएक्स** : इसे दक्षिण अफ्रीका का व्यवसायी और उद्यमी एलॉन मस्क ने 2000 में अंतरिक्ष परिवहन लागत कम करने और मंगल ग्रह के उपनिवेशीकरण के लक्ष्य से स्थापित किया। इसके द्वारा विश्व का सबसे पहली कक्षीय उड़ान केनेडी स्पेस सेंटर से प्रमोचन की गई जिसके दौरान अंतरिक्ष यान 540 कि.मी. की ऊंचाई तक पहुँची।

4. **बोइंग :** इसे अमेरिकी विमानन अग्रणी विलियम बोइंग ने 1916 में हवाई जहाज, रॉकेट, उपग्रह, दूर संचार उपकरण और मिसाइलों के डिजाइन,निर्माण और बिक्री के लिए स्थापित किया था। 1960 से इस कंपनी ने बाह्य अंतरिक्ष की ओर अपनी दृष्टि डाली। यह अंतरिक्ष पर्यटन उद्योग में प्रमुख रूप से तब उभर कर आया जब इसने नासा के साथ अपने वाणिज्यिक चालक दल विकास कार्यक्रम में हिस्सा बनने का समझौता किया।
5. **ओरियन स्पान :** इसे 2017 में फ्रांक बंगर ने स्थापित किया। अंतरिक्ष पर्यटन का मतलब न केवल अंतरिक्ष में यात्रा करना, बल्कि वहाँ निवास करना भी है। इस कंपनी ने 2018 में एक निजी वाणिज्यिक अंतरिक्ष स्टेशन 'अरोरा' की योजना की घोषणा की। अंतरिक्ष होटल की तरह काम करने वाला यह स्टेशन एक साथ बारह दिन तक छ: अंतरिक्ष पर्यटकों की मेजबानी करने में सक्षम है। जबकि योजनाएँ अभी भी अनंतिम चरण में हैं, यह कंपनी अभी तक कई महीनों की होटल आरक्षण बेच चुकी है। एक आरक्षण की कुल लागत वर्तमान में $ 9.5 मिलियन से ज्यादा है।
6. **स्पेस पर्स्पेक्टिव:** इसको शादी-शुदा जोडा पैंटर और मैक्कुलम ने 2019 में स्थापित किया। इसका स्पेसशिप नेप्चून कैप्सूल पाइलट के अलावा एक साथ आठ अंतरिक्ष यात्रियों को ले जाने में सक्षम है। इसके तीन मुख्य भाग हैं- एक बड़ा उडने वाला बैलून जो वहीं तकनीकि अपनाता है जिसे नासा अपने समताप मंडल के बैलून में उपयोग करती है, एक दबावयुक्त अंतरिक्ष कैप्सूल जिसमें यात्री बैठ कर अंतरिक्ष का 360 डिग्री मनोरम दृश्य देख सकते हैं और पैराशूट बैकअप सहित सुरक्षित लैंडिंग के लिए एक उतार प्रणाली भी मौजूद है। इसका उड़ान समय कुल मिलाकर 6 घंटे हैं। एक रिकवरी बोट द्वारा कैप्सूल को समुद्र से बाहर निकाला जाता है और इसका पुनः उपयोग किया जा सकता है। पर हर उड़ान के लिए नए बैलून की जरूरत है। इसका प्रति टिकट संभवतः $1,25,000 है जो रॉकेट प्रमोचन कंपनियों की तुलना में आधा है।

3. चुनौतियाँ

मुख्यतः आज अंतरिक्ष पर्यटन क्षेत्र के सामने दो बड़ी चुनौतियाँ हैं- सुरक्षा और लागत।

अ. सुरक्षा:

इसके अंतर्गत तीन भाग हैं।

i. **यात्रियों की सुरक्षा :** एक गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से दूसरे गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र में संक्रमण होने से स्थानिक अभिविन्यास, सिर-आँख और आँख- हाथ के समन्वय, संतुलन और गति प्रभावित होते हैं। कुछ लोगों को गति बीमरी का अनुभव भी होता है। माइक्रोग्राविटी में शरीर के तरल पदार्थ सिर की ओर चले जाते हैं, जिससे आँखों पर दबाव पड़ सकता है और दृष्टि संबंधी समस्याएँ हो सकती हैं। पृथ्वी की प्राकृतिक सुरक्षा के ऊपर विकिरण संक्रमण और कैंसर का जोखिम बढ़ जाता है। यद्यपि अंतरिक्ष स्टेशन पृथ्वी के सुरक्षात्मक चुंबकीय क्षेत्र से ठीक बाहर बैठता है, वहाँ के अंतरिक्ष यात्री पृथ्वी की तुलना से दस गुना अधिक विकिरण के संपर्क में आते हैं, जो बाह्य अंतरिक्ष में मौजूद मात्रा की तुलना में बहुत ही कम है।

समाधान: अंतरिक्ष में विकिरण से बचने के लिए गहरे अंतरिक्ष वाहनों को सुरक्षात्मक परिरक्षण से लेपित किया जाना अनिवार्य है। परन्तु इसकी सीमा यह है कि इससे प्रक्षेपण वाहन का वजन ज्यादा हो सकता है। जाँघों पर पहनी जाने वाली संपीडन कफ शरीर में तरल पदार्थ के ऊपर की तरफ बहाव को रोककर खून को निचले छोरों में रखने में मदद करती है। "निचला शरीर नकारात्मक दबाव उपकरण" तरल पदार्थ को सिर से पैरों की तरफ खींचने में भी मदद कर सकता है। साथ ही अंतरिक्ष पर्यटकों को जमीन पर ही प्रक्षेपण और पुनः प्रवेश के दौरान उत्पन्न जी-बलों के प्रति सहन शक्ति का निर्माण करने का प्रशिक्षण दिया जा सकता है। उन्हें संबंधित जोखिमों के बारे में अवगत किया जा सकता है और आपातकालीन स्थितियों से निपटने का अभ्यास भी किया जा सकता है।

ii. **पर्यावरण की सुरक्षा :** जीवाश्म ईंधन या बायोमास को जलाने से उत्पन्न हुआ ब्लैक कार्बन सूर्य के

प्रकाश को अवशोषित करके तापीय ऊर्जा का विसर्जन करता है और एक शक्तिशाली वार्मिंग कारक बन जाता है। कम ऊंचाई पर यह केवल कुछ ही दिनों या हफ्तों के अंदर वातावरण से जमीन पर गिर जाता है। परन्तु जब रॉकेट अंतरिक्ष में प्रमोचन होते हैं, तो वो ब्लैक कार्बन को समताप मंडल में छोड़ देते हैं, जहाँ वह सूर्य के प्रकाश को अवशोषित करके तापीय ऊर्जा का विसर्जन करता है, जो कम से कम चार साल के बाद ही पृथ्वी की सतह पर पहुँचता है। यह पृथ्वी पर हुए उत्सर्जन से 500 गुना अधिक खतरनाक है। जे.जी.आर. ऐट्मास्फीयर्स में प्रकाशित अध्ययन में अनुमान लगाया गया है कि अंतरिक्ष पर्यटन से उत्सर्जन में वृद्धि के कारण वैश्विक वायुमंडलीय परिसंचरण भी बाधित हो सकता है जिससे ऊपरी वायुमंडल में हवा का परिवहन धीमा हो जाता है। इसके परिणाम स्वरूप उत्तरी गोलार्ध में वायुमंडलीय ओजोन की सांद्रता में कमी हो सकती है।

समाधान: रॉकेट में पर्यावरण के अनुकूल ईंधनों का उपयोग करना जरूरी है। जैसे कि ब्लू ओरिजिन अपने प्रमोचन वाहनों में हाइड्रोजन और तरल ऑक्सीजन का उपयोग करता है जो कम पर्यावरणीय पदचिह्न छोड़ता है। अंतरिक्ष बैलून रॉकेट प्रमोचन की एक स्थायी वैकल्पिक तकनीकि है जो उड़ान के लिये किसी भी ईंधन का उपयोग नहीं करते।

iii. प्रमोचन यान की सुरक्षा: आज तक हुए 240 मानव अंतरिक्ष मिशनों में, औसत घातक दुर्घटना 60 उड़ानों में से 1 है। कमर्शियल एविएशन की तुलना में यह बहुत ज्यादा है, जिसका औसत घातक दुर्घटना 2 मिलियन में 1 है। रॉकेट इंजन पर्याप्त जोर उत्पन्न करने के लिए अत्यधिक दबाव पर काम करते हैं, जो प्रमोचन की संरचना पर भारी पड़ता है। और साथ ही वो बड़ी मात्रा में अत्यंत खतरनाक और विस्फोटक प्रणोद उपयोग करते हैं।

समाधान: अंतरिक्ष पर्यटकों के लिए प्रमोचन वाहन की सुरक्षा सबसे ज्यादा महत्वपूर्ण है। यह प्रमोचन वाहन के अनुकूलित डिजाइन और तकनीकी से संभव है।

आ. प्रमोचन की लागत:

"सभी के लिए अंतरिक्ष यात्रा मानव अनुभव की अगली सीमा है।" – बज्ज आल्ड्रिन

अब तक मानव अंतरिक्ष यात्रा के लिए पारंपरिक रॉकेटों पर ही निर्भर है। अंतरिक्ष पर्यटन को आर्थिक व्यवहार्यता के स्तर पर लाने के लिए तकनीकी नवाचारों और नए दृष्टिकोण की आवश्यकता है। इसके कुछ उदाहरण हैं-

1. प्रणोदक लैंडिंग के लिए स्वायत्त नियंत्रक और सेन्सर का उपयोग
2. पृथ्वी के वायुमंडल में प्रवेश करने के बाद गति को धीमा करने के लिए पैराशूट का उपयोग
3. फेयरिंग जैसे रॉकेट के छोटे भागों को पकडने के लिए विशाल जाल से लैस जहाज
4. प्रमोचन वाहन का अनुकूलित डिजाइन

4. विभिन्न प्रकार की प्रमोचन तकनीकी

"सादगी और स्वचालन सुरक्षा की कुंजी है।"

➢ 4.1 व्यय प्रयोज्य बनाम पुनः प्रयोज्य प्रक्षेपण वाहन

व्यय प्रयोज्य प्रमोचन सिस्टम एक ऐसा प्रमोचन यान है जिसे केवल एक बार प्रमोचन किया जा सकता है, जिसके बाद इसके घटकों को या तो पुनर्प्रविष्टि के दौरान नष्ट कर दिया जाता है या अंतरिक्ष में छोड़ दिया जाता है।

पुनः प्रयोज्य प्रक्षेपण यान में ऐसे पुर्जे होते हैं जिन्हें बाहरी अंतरिक्ष में नीतभार ले जाने के बाद पुनः प्राप्त और पुनः प्रवाहित किया जा सकता है।

मूल रूप से देखा जाए तो पुनः प्रयोज्य प्रक्षेपण यान से प्रमोचन की लागत काफी कम हो जाती है। नासा की गणना के अनुसार पिछले बीस वर्षों में आई.एस.एस. के पहुँचने की वाणिज्यिक लागत चार गुना कम हुई है। हालाँकि यह कमी डिजाइन, विकास और निर्माण प्रक्रिया में परिवर्तन सहित कई कारकों के कारण हुई है, परन्तु एक महत्वपूर्ण घटक व्यय प्रयोज्य हार्डवेयर के बजाय पुनः प्रयोज्य हार्डवेयर का उपयोग ठहराया जा सकता है।

"यदि कोई यह पता लगा सके कि हवाई जहाज की तरह रॉकेटों का प्रभावी ढंग से पुनः उपयोग कैसे किया जाए, तो अंतरिक्ष तक पहुँच की लागत सौ के एक कारक तक कम हो जयेगी। पूरी तरह से पुनः प्रयोज्य वाहन अभी तक नहीं बनाया गया है। वास्तव में यह अंतरिक्ष तक मानव की पहुँच में क्रांतिकारी परिवर्तन के लिए अत्यंत आवश्यक मौलिक सफलता है।" – एलॉन मस्क

किन्तु दिए गये निम्नलिखित तालिका को देखा जाये तो साबित होता है कि दोनों तरह के प्रक्षेपण वाहन के अपने-अपने लाभ और नुकसान हैं। अतः लागत कम करने के लिए प्रयोज्य बनाम पुनः प्रयोज्य वाहनों के दार्शनिक जाल से बचकर सर्वोत्तम आर्थिक समाधान की तलाश करना है।

क्र. सं.	**व्यय प्रयोज्य प्रक्षेपण यान**	**पुनः प्रयोज्य प्रक्षेपण यान**
1	इसका डिजाइन सरल है और इसलिए इसका उत्पादन लागत भी कम है।	इसका डिजाइन जटिल है और इसलिए इसका उत्पादन लागत व्यय प्रयोज्य यान की तुलना में ज्यादा है।
2	ई.एल.वी. अपने नीतभार को तेज करने के लिए अपनी संपूर्ण ईंधन का उपयोग कर सकता है जिससे अधिक नीतभार ले जाया जा सकता है।	आर.एल.वी. जटिलता के कारण ई.एल.वी. के समान ईंधन मात्रा से कम नीतभार प्रदान करती है।
3	आर.एल.वी. की तुलना में इसका रखरखाव सरल और सस्ता है। साथ ही यह नई तकनीक और उत्पाद उन्नयन को आसानी से शामिल कर सकती है।	प्रमोचन के पहले इसका जाँच करना और नष्ट हुए घटकों के प्रतिस्थापन इत्यादि की वजह से इसके रखरखाव की लागत ज्यादा होती है।
4	सीमित प्रमोचन के लिए ई.एल.वी. उचित माने जाते है।	उच्च प्रमोचन दरों पर आर.एल.वी. किफायती साबित होते हैं।

तालिका 2: पुनः प्रयोज्य प्रमोचन वाहनों बनाम व्यय प्रयोज्य प्रमोचन वाहनों की तुलना

➢ 4.2 स्पेस प्लेन

अंतरिक्ष विमान तीन वाहनों का मिश्रण है। प्रमोचन के समय यह एक रॉकेट है, जो अपने शक्तिशाली इंजन की मदद से पर्याप्त ऊँचाई और कक्षीय वेग हासिल करने के लिए सहायक है। अंतरिक्ष में पहुँचते ही यह एक उपग्रह की तरह काम करती है जो पृथ्वी की गुरुत्वाकर्षण शक्ति और वाहन की गोलाकार गति से उत्पन्न केन्द्र अपसारक बल के संतुलन द्वारा भू कक्षा में पहुँचती है। पृथ्वी पर वापस आने के लिए इसके बड़े इंजनों को उड़ान की दिशा के विपरीत विसर्जित कर दिया जाता है, जिससे वाहक धीमा कम हो कर वायुमंडल की तरफ गिरने लगता है। वाहन हवाई जहाज के रूप में बदल जाता है, जो अपने पंखों की सहायता से पृथ्वी की सतह पर चिकनी ग्लाइड के लिए पर्याप्त लिफ्ट बनाती है।

स्पेस प्लेन के उदाहरण:

नासा का स्पेस शटिल दुनिया का सबसे पहला पुनः प्रयोज्य अंतरिक्ष यान था। इसे बड़े नीतभार जैसे-उपग्रहों को कक्षा में ले जाने और मरम्मत की आवश्यकता होने पर उन्हें वापस पृथ्वी पर लाने के लिए डिजाइन किया गया। इसका पहला मिशन 12 अप्रैल 1981 को ऑर्बिटर कोलंबिया तथा आखिरी एस.टी.एस.-135 मिशन अट्लांटीस पर प्रमोचित किया गया था। स्पेस शटिल को दो बड़ी दुर्घटनाओं का सामना करना पड़ा – जनवरी 1986 में चैलेंजर और फरवरी 2003 में कोलंबिया जिनमें चौदह यात्रियों की मृत्यु हो गयी। इस स्पेस शटल का सबसे बड़ा योगदान आई.एस.एस. का निर्माण था, जो आज भी भू कक्षा में बैठकर हर साल सैकडों वैज्ञानिक प्रयोगों में सहायक बन रही है। आजकल न्यू शेपर्ड, इलेक्ट्रान, फाल्कन 9 और फाल्कन हेवी जैसे स्पेस्फ्लाइटों का डिजाइन हो रहा है।

- **4.3 बैलून तकनीकी**

सदियों से विकसित बैलून और पैराशूट संचालन यह प्रदर्शित करता है की प्रमोचन से लेकर लैंडिंग तक पारंपरिक पैराशूट के रिजर्व बैकअप के साथ बैलून से उड़ान ही अब तक का सबसे सरल और सुरक्षित समाधान है। एक एकल रॉकेट प्रक्षेपण उत्थापन के दौरान प्रति सेकंड 11000 गैलन जीवाश्म ईंधन जलाता है। एक अंतरिक्ष यान को भू कक्षा तक पहुँचने में लगभाग साढ़े आठ मिनट का समय लगता है। इससे हम अंदाजा लगा सकते हैं कि एक रॉकेट प्रक्षेपण का वित्तीय और पर्यावरण दोनो पर प्रभाव कितना भारी पड़ सकता है। अंतरिक्ष बैलून किसी भी तरह के जीवाश्म ईंधन का उपयोग नहीं करते हैं।

ये बैलून 30 किलोमीटर की ऊंचाई पर पृथ्वी की परिक्रमा करते हैं जो स्ट्रैटोस्फीयर की ऊपरी सीमा है और कर्मन रेखा से बहुत ही नीचे है, परंतु यहाँ से अंतरिक्ष का अंधेरा और पृथ्वी की आंशिक वक्रता देखी जा सकती है।

5. इसरो की भूमिका

इसरो ने समानव अंतरिक्ष अभियान के अंतर्गत गगनयान कार्यक्रम की शुरुआत की, जो एक चालित कक्षीय उड़ान है। इसके द्वारा भारत तीन आदमियों को अंतरिक्ष में भेजना चाहती है। हालाँकि इसका पहला समानव मिशन दिसंबर 2021 में प्रमोचित करने की योजना बनाई गई थी, परंतु कोविड-19 महामारी के कारण स्थगित हो गया जो 2024 तक संभव होने की आशा है।

इसरो प्रमोचन की लागत को कम करने के लिए पुनः प्रयोज्य रॉकेटों को बनाने के प्रयास में है। इसरो ने पुनः प्रयोज्य प्रक्षेपण यान – प्रौद्योगिकी प्रदर्शक कार्यक्रम की परिकल्पना और विकास किया जिसका लक्ष्य है टू-स्टेज-टू-ऑर्बिट तकनीकी को साकार करना। इस कार्यक्रम में चार उड़ान परीक्षण अनुक्रम शामिल हैं- हाइपरसोनिक उड़ान प्रयोग (एच.ई.एक्स.) जो मई 2016 में शुरू हुआ, लैंडिंग प्रयोग (एल.ई.एक्स.), वापसी उड़ान प्रयोग (आर.ई.एक्स.) और स्क्रैमजेट प्रणोदन प्रयोग (एस.पी.ई.एक्स.)।

6. भावी संभावनाएँ

2024 में स्पेस पर्स्पेक्टिव अपने स्पेसशिप नेप्चून 1 के प्रमोचन की योजना बना रहा है जबकि उस साल के लिये 450 टिकट अब तक बिक चुके हैं। वर्ल्ड व्यू भी अपने वॉयजर के द्वारा बैलून जनित कैप्सूल को 2024 में प्रमोचन करने की योजना में है।

आर्टेमिस कार्यक्रम के तहत नासा 2024 तक पहली महिला और अगले पुरुष को चंद्रमा पर भेजने की योजना में है। स्पेस-एक्स ने 2023 तक "डियर मून" प्रॉजेक्ट के तहत स्टारशिप का उपयोग करके चंद्रमा तक एक मानव दल को ले जाने की योजना बनाई, जिसमें अंतरिक्ष का पहला पर्यटक डेन्निस टिटो भी शामिल है। ब्लू ओरिजन चंद्र मिशन के लिए एक भारी प्रमोचन रॉकेट बनाने में व्यस्त है। यह संस्था "ब्लू मून" के नाम से एक चंद्र सीढ़ी भी बना रही है जो चंद्रमा पर कार्गो और चालक दल भेजने में सक्षम होगा। इन प्रणालियों की सहायता से मस्क और बेजोस चंद्रमा तक प्रक्षेपण और परिवहन सेवाएँ प्रदान करने की उम्मीद रखते हैं।

अंतरिक्ष पर्यटन में अगली सीमा अंतरिक्ष परिभ्रमण होगा, जिससे ट्रैवल एजेंटों, खाद्य और पेय आपूर्तिकर्ताओं और रखरखाव और डॉकिंग सुविधाओं जैसे अंतरिक्ष बुनियादी ढाँचे में वृद्धि होने की आशा है। भविष्य में अंतरिक्ष आधारित सौर ऊर्जा सारणियों की सहायता से सौर ऊर्जा को एकत्र करके माइक्रोवेव सारणियों की सहयता से इसे पृथ्वी के स्टेशनों तक भी पहुँचाने की आशा है।

7. निष्कर्ष

दुनिया के विकास और वैश्वीकरण को नजर में रखते हुए महसूस होता है कि यद्यपि हवाई जहाज 1903 में शुरुआत से लेकर $ 1 ट्रिलियन / वर्ष का कारोबार तक पहुँचने में लगभग सौ साल लगे, किन्तु अंतरिक्ष पर्यटन इस आँकड़े को पचास साल के भीतर ही छू लेगा। यह पूरी तरह से संभव है कि 2050 तक अंतरिक्ष पर्यटन का एक पूर्ण विकसित उद्योग के रूप में आविर्भाव होगा।

“सभी सभ्यताएँ या तो अंतरिक्ष (यात्रा) योग्य बनेंगी या विलुप्त हो जायेंगी।" - कार्ल सागन

लेखक परिचय:



श्रीमती पी.डी. रम्या तेजा, ई.सी.आइ.एल. के सूचना प्रौद्योगिकी तथा सेवाएं प्रभाग (आइ.टी.एस.डी.) में वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी है। ये कंप्यूटर साइंस इंजीनियरिंग की स्नातक है। बचपन से ही ये चाँद और सितारों युक्त रात की आकाश की ओर उत्सुक है। यद्यपि ये बहुत ही पारंपरिक परिवार से आयी है, परंतु इनके माता-पिता बहुत ही व्यापक दिमाग वाले हैं, जिन्होंने इन्हें सांप्रदायिक सद्भाव की ओर प्रभावित किया। इसी कारण इन्होंने कम उम्र में ही देश को जोडने वाली राजभाषा हिंदी में दक्षिण भारत हिंदी प्रचार सभा के द्वारा आयोजित प्रवीण तक सारी परीक्षाएं उत्तीर्ण कर लीं। पृथ्वी को अंतरिक्ष से भौगोलिक सीमाओं के बिना देखना आजीवन सपना है। राजभाषा और अंतरिक्ष का समायोजन करने वाले इसरो के इस पहल में भाग लेना इनके जीवन की महत्वकांक्षा की तरफ बढ़ने का पहला कदम है।

अंतरग्रहीय समानव अंतरिक्ष अभियान में चुनौतियां

अब्दुल कादिर
वैज्ञानिक/अभियंता-एस.सी., वातानुकूलन समूह
मुख्य नियंत्रण सुविधा, हासन

सारांश

समानव अंतरिक्ष मिशन मानव जाति के विकास एवं विस्तार के लिए अति आवश्यक है। इसकी सफलता की जितनी छाप वैश्विक प्रभुसत्ता पर पड़ती है, उतनी ही जोखिम एवं चुनौतियां अंतरिक्ष मिशन में समाहित होती हैं। इस मिशन के मुख्य उद्देश्यों के साथ-साथ जोखिम का विस्तारित अध्ययन अति आवश्यक है। अतः विषय में विभिन्न असफल मिशनों का भी उल्लेख किया गया है। समानव अंतरिक्ष मिशन के अनुप्रयोग एवं तुलनात्मक चुनौतियों का वर्णन किया गया है, चाहे वो विकिरण हो, अलगाव या एकांतवास, पृथ्वी से दूरी, गुरुत्वाकर्षण का अभाव या बंद वातावरण।

प्रस्तावनाः

पिछले 60 वर्षों में राष्ट्रों ने विभिन्न उद्देश्यों से लोगों को अंतरिक्ष में भेजा है। अंतरिक्ष स्टेशन के लिए **वर्नर वॉन ब्रौन** की मूल धारणा के अनुसार, अंतरिक्ष दूरबीनों पर फिल्म को बदलने के लिए कक्षा में मानव का उपयोग किया गया। इलेक्ट्रॉनिकी प्रतिबिंब संवेदन और डाउन-लिंक्ड प्रतिबिंबकी ने न केवल कक्षा में फिल्म को प्रचलित बना दिया है बल्कि प्रतिबिंब (इमेजिंग) टूल्स की सहायता से मानव को अत्यधिक आकर्षित किया है। अंतरिक्ष युग की शुरूआत में, सैन्य और खुफिया एजेंसियों ने अपनी जरूरतों के लिए मानव अंतरिक्ष यान का उपयोग करने की मांग की, क्योंकि उस समय रोबोटिक प्रौद्योगिकी की स्थिति को देखते हुए, अंतरिक्ष के माध्यम से लगभग हर सैन्य उपयोग में यह साबित हुआ था कि साइट(अंतरिक्ष) पर मानव ऑपरेटरों (अंतरिक्षयात्रियों) की आवश्यकता है। हालांकि, सैन्य और खुफिया समुदायों ने 1980 के दशक के बाद से मानव कक्षीय प्रचालन में कोई दृढ़ रुचि नहीं दिखाई। शीत युद्ध के दौरान, अमेरिका के राष्ट्रपति **कैनेडी** ने "**अंतरराष्ट्रीय राजनीतिक कारणों**" के लिए मनुष्य को चंद्रमा पर भेजने के लिए धन के खर्च को उचित ठहराया और कहा कि **अपोलो 11 कार्यक्रम** इसके लिए एकमात्र औचित्यपूर्ण रास्ता है और हम **सोवियत संघ** को हराने की उम्मीद करते हैं और यह प्रदर्शित करते हैं कि जैसा कि हमने कुछ वर्षों में किया, भगवान की कृपा से, हमने उन्हें पराजित कर दिया। हालांकि शीत युद्ध के संदर्भ में कमी आई । मानव अंतरिक्ष यान अभी भी अंतरराष्ट्रीय स्तर पर विभिन्न कारणों से आंशिक रूप से उचित है ।

1957 में अंतरिक्ष युग की शुरूआत के बाद से, अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी ने पृथ्वी, वायुमंडल और बाहरी अंतरिक्ष के बारे में हमारे ज्ञान को बढ़ाया है। मानव जाति के लिए, जीवन की गुणवत्ता में सुधार के लिए हमारी अंतरिक्ष दृष्टि हमेशा से उपयोगी रही है। अगले 50 वर्षों में हमारा उद्देश्य इन लाभों को समेकित करना है और इनका और अधिक विस्तार करना है। ऊर्जा, पर्यावरण, पानी और मानवता के सामने आने वाले महत्वपूर्ण मुद्दों का समाधान करना है। पृथ्वी से परे खनिज के वैकल्पिक साधन को तैयार रखना है।

इन सबसे ऊपर, हमें अपने दिमाग में सबसे बड़ी आवश्यकता को ध्यान में रखना है तथा हमारे सौर मंडल में मानव जाति के लिए एक वैकल्पिक आवास की चुनौती को स्वीकार करना है । इससे भी

महत्वपूर्ण बात यह है कि अंतरिक्ष तक पहुंच की लागत को कम करना है और इसकी चुनौती का सामना करने के लिए वैज्ञानिक समुदाय को पूर्ण रूप से तैयार रहना है।

लगभग **2,500** वर्ष पूर्व **महर्षि पतंजलि** ने कहा था: जब आप किसी सीमा से घिरे होते हैं- किसी महान उद्देश्य और किसी असाधारण परियोजना के लिए आपको सभी विचारों से प्रेरित होकर उस सीमा को तोड़ना पड़ेगा। आपका मन सीमाओं से परे है, आपकी चेतना हर दिशा में फैलती है, और आप अपने आप को एक नए, महान, और अनोखी दुनियाँ में पाते हैं, निष्क्रिय ताकतें, क्षमताएं और प्रतिभाएं जीवंत हो उठती हैं, और आपने अपने लिए जो कभी सपना देखा था, उससे कहीं अधिक बड़ा व्यक्ति बनने के लिए खुद को साबित करना होगा ।



चित्र-1: सपनों की दुनिया (अंतरिक्ष)

मुख्य विषय वस्तुः

लोंगो का अंतरिक्ष में जाने का उद्देश्य:

लोगों का उद्देश्य पृथ्वी से दूर रहने योग्य दुनिया की खोज करना, संभवतः अन्य ग्रहों पर वर्तमान या पिछले जीवन की खोज के लिए अग्रणी नई प्रौद्योगिकियों का विकास करना, बच्चों को विज्ञान, प्रौद्योगिकी, इंजीनियरिंग और गणित में करियर बनाने और अध्ययन करने के लिए प्रेरित करना है। अंतरिक्ष में मनुष्य के लिए दिए गए अन्य उद्देश्यों में राष्ट्रीय सुरक्षा, वैज्ञानिक खोज और अन्य दुनिया में मानव उपनिवेश स्थापित करना शामिल है । इनमें से प्रत्येक उद्देश्य आंशिक रूप से मानव अंतरिक्ष यान को सही ठहराता है। उदाहरण के लिए, मानव अंतरिक्ष यान ने कई विषयों में आज के कई वैज्ञानिकों और इंजीनियरों को प्रेरित किया, जिन्होंने बच्चों के रूप में अपोलो कार्यक्रम देखा। लेकिन कौन से उद्देश्य विशिष्ट रूप से मानव अंतरिक्ष यान पर लागू होते हैं? दूरस्थ अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रमों या जमीन पर अन्य प्रकार की प्रौद्योगिकी परियोजनाओं के साथ कौन से उद्देश्य प्राप्त किए जा सकते हैं? उदाहरण के लिए, यदि सरकार प्रौद्योगिकी विकास का समर्थन करना चाहती है, तो वह ऐसा अधिक प्रत्यक्ष तरीकों से कर सकती है, जैसे अनुसंधान और विकास (आर एंड डी) अनुबंध या संस्थानों के प्रत्यक्ष वित्त पोषण। इसी तरह, क्या अंतरिक्ष की खोज पर खर्च किए गए अरबों को जमीन पर गणित और विज्ञान की शिक्षा का समर्थन करने के लिए अन्य तरीकों से खर्च किया जा सकता है? तुलनात्मक रूप से, गणित, विज्ञान और इंजीनियरिंग में शिक्षा के लिए राष्ट्रीय विज्ञान फाउंडेशन का संपूर्ण वित्तीय वर्ष 2008 का बजट **नासा** के मानव अंतरिक्ष उड़ान बजट का एक छोटा सा अंश था।

प्राथमिक और माध्यमिक उद्देश्य

हमारा तर्क है कि मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम के लक्ष्यों को तीन मानदंडों में पूरा करना चाहिए।

- उन्हें मानवीय उपस्थिति से ही पूरा किया जा सकता है।
- उन्हें ऐसे लाभ होने चाहिए जो सामान्यतः लागत से अधिक हों।

- उन्हें मानव जीवन के जोखिम और नुकसान के प्रति सजग होना चाहिए।

इन मानदंडों के आसपास लक्ष्यों की संरचना करने के लिए, हम प्राथमिक और माध्यमिक उद्देश्यों के विचारों का परिचय देते हैं। **प्राथमिक उद्देश्य :** अन्वेषण, गौरव और प्रतिष्ठा हैं जो उपरोक्त मानदंडों को पूरा करते हैं; उन्हें केवल मनुष्यों की भौतिक उपस्थिति के माध्यम से पूरा किया जा सकता है, उनके पास ऐसे लाभ हैं जो लागत से अधिक हैं, और महत्वपूर्ण जोखिम युक्त हैं तथा संभवतः मानव जीवन के नुकसान के प्रति संवेदनशील हैं।

इसके विपरीत, **द्वितीयक उद्देश्यों** में ऐसे लाभ होते हैं जो अंतरिक्ष में मानव उपस्थिति से प्राप्त होते हैं, लेकिन स्वयं लागत या जोखिम को उचित नहीं ठहराते हैं। माध्यमिक उद्देश्यों में विज्ञान, आर्थिक विकास और रोजगार, प्रौद्योगिकी विकास, शिक्षा और प्रेरणा शामिल हैं।

जोखिम:

मानव अंतरिक्ष यान जोखिम भरा है। कुछ उदाहरण निम्नालिखित हैं ।

STS-107 (कोलंबिया) चढ़ाई पर मलबे के साथ टकराने से थर्मल प्रोटेक्शन सिस्टम को नुकसान के परिणामस्वरूप 1 फरवरी, 2003 को प्रवेश पर चालक दल और वाहन का नुकसान हुआ।

सोयुज 11: 30 जून, 1971 को अवरोही मॉड्यूल से कक्षीय और सेवा मॉड्यूल को अलग करने के दौरान आतिशबाजी बनाने की विद्या प्रणाली अपेक्षित रूप से काम नहीं कर रही थी। डिजाइन किए गए अनुक्रमिक फायरिंग मोड के बजाय सभी आतिशबाजी बनाने की प्रक्रिया एक साथ हुई। इससे डिसेंट मॉड्यूल में ऊँचाई पर एक प्रेशर इक्वलाइजेशन सील खुल गई, जिसके परिणामस्वरूप क्रू मॉड्यूल का तेजी से डिप्रेसराइजेशन हुआ। तेजी से अवसाद के कारण चालक दल की चेतना को क्षति पहुंची और चालक दल के सभी तीन सदस्य खो गए।

एसटीएस-51एल: 28 जनवरी, 1986 को ठोस रॉकेट बूस्टर प्रज्वलन के तुरंत बाद सही ठोस रॉकेट मोटर के पिछले भाग के जोड़ में एक दहन गैस रिसाव विकसित हुआ। परिणामस्वरूप, गर्म गैस का प्लम एसआरबी के नीचे लगे हुए स्ट्रट और आसन्न बाहरी टैंक संरचना पर संयुक्त रूप से बाहर निकलता रहा, जिससे संरचना कमजोर हो गई और उड़ान में चौहत्तर सेकेंड के बाद स्पेस शटल चैलेंजर टूट गया।

आईएसएस अभियान 36: यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी के साथ एक इटालवी अंतरिक्ष यात्री लुका परमिटानो ने 16 जुलाई, 2013 को अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आईएसएस) के बाहर काम करते हुए थोड़ा पानी लिया। आईएसएस के 36वें अभियान पर एक स्पेसवॉक के दौरान, परमिटानो का हेलमेट अप्रत्याशित रूप से तरल से भरना शुरू हो गया और अंतरिक्ष में होने के कारण पानी उसके पूरे सिर के चारों ओर तैरने लगा। अंततः उसके लिए अन्य अंतरिक्ष यात्रियों को सुनना या उनसे बात करना असंभव हो गया।

अपोलो 12: लाइटनिंग स्ट्राइक्स एंड ए हेड स्क्रेप: दूसरा मानवयुक्त चंद्र अभियान, एक करतब अंतरिक्ष यात्री चार्ल्स कॉनराड ने कहा, "नील आर्मस्ट्रांग के लिए एक छोटा कदम, लेकिन ... मेरे लिए एक लंबा कदम," कुछ दुर्घटनाओं के बिना नहीं था। चूंकि 14 नवंबर, 1969 को अपोलो 12 का उत्थान शुरू हो रहा था। शटल के शीर्ष पर दो अलग-अलग बिजली के झटके लगे, जिसमें अंतरिक्ष यान और मिशन से समझौता करने की क्षमता थी।

भूतकल में हुई क्षति को देखते हुए मानव अंतरिक्ष मिशन आंशिक रूप से उचित है ।अन्वेषण एक मानवीय गतिविधि है, जो कुछ संस्कृतियों द्वारा विशेष कारणों से निश्चित समय पर की जाती है। इसमें राष्ट्रीय हित, वैज्ञानिक अनुसंधान और तकनीकी नवाचार के घटक होते हैं, लेकिन उनमें से किसी

के द्वारा इसे विशेष रूप से परिभाषित नहीं किया गया है। हम अन्वेषण को मानव अनुभव के दायरे के विस्तार के रूप में परिभाषित करते हैं - अर्थात, लोगों को नए स्थानों, स्थितियों और वातावरण में लाना, और मानव होने के अर्थ का विस्तार और पुनर्परिभाषित करना है। अंतरिक्ष गतिविधि के संदर्भ में अन्वेषण कई महत्वपूर्ण प्रश्नों को संबोधित करता है, जैसे - मानव जीवन में पृथ्वी की क्या भूमिका है? क्या मानव जीवन मूल रूप से पृथ्वी से बंधा है? क्या यह ग्रह के बिना जीवित रह सकता है? मानव उपस्थिति, और इससे संबंधित जोखिम, अंतरिक्ष उड़ान को एक ऐसी कहानी में बदल देते हैं जो बड़ी संख्या में लोगों के लिए सम्मोहक है। अन्वेषण का एक नैतिक आयाम भी है क्योंकि यह वास्तव में मानव जीवन की प्रकृति और अर्थ पर एक सांस्कृतिक बातचीत है। इस परिभाषा द्वारा अन्वेषण केवल प्रत्यक्ष मानव उपस्थिति द्वारा ही पूरा किया जा सकता है और मानव जीवन के जोखिम के प्रति संवेदनशीलता को समझा जा सकता है। खोज को एक नैतिक ब्रह्मांड में यात्रा करना चाहिए जो बताता है कि लोग कौन हैं और उन्हें कैसे व्यवहार करना चाहिए, जो मानव जीवन के जोखिम का सामना करने वालों की निरंतर आलोचना करता है उनको सबक देता है।

एक उदाहरण के रूप में, अपोलो कार्यक्रम के स्थायी प्रभाव को इंजीनियरों के लिए रुचि की विशिष्ट तकनीकों या किसी विशेष समुदाय के भीतर ज्ञात वैज्ञानिक परिणामों द्वारा भी परिभाषित नहीं किया गया है। दुनिया भर के लोगों पर जिस चीज ने छाप छोड़ी, वह इंसानों की दूसरी दुनिया में चलने की छवियां थीं। यह उपलब्धि **20 वीं** सदी के उल्लेखनीय क्षणों में से एक है। चंद्रमा पर **अपोलो 11** अंतरिक्ष यात्री बज़ एल्ड्रिन की तस्वीर आधुनिकता और शांतिपूर्ण तकनीकी उपलब्धि का वैश्विक प्रतीक है।

राष्ट्रीय हितों को संतुष्ट करने के लिए मानवीय अनुभव का विस्तार बहुत सार्वभौमिक लग सकता है। व्यावहारिक नीतिगत विचारों के लिए अपील करने के लिए बहुत सामान्य है। वास्तव में, अपोलो मिशन सभी मानव जाति के लिए शांति के उद्देश्य से शुरू किए गए थे। फिर भी, उन्हें अचूक रूप से अमेरिकी मिशन के रूप में ब्रांडेड किया गया था, और उस ब्रांडिंग ने कार्यक्रम के लिए प्रमुख राजनीतिक प्रोत्साहन प्रदान किया। अपोलो ने विशिष्ट अमेरिकी तरीकों से मानव होने के अर्थ का विस्तार किया। पर्यवेक्षकों ने अमेरिकी अंतरिक्ष यात्रियों को आत्मनिर्भरता, व्यक्तिवाद और अन्य अमेरिकी गुणों के प्रतिमान के रूप में सम्मानित किया।

अंतरिक्ष अन्वेषण को अमेरिकी संस्कृति, अमेरिकी मूल्यों को आगे बढ़ाने में निवेश के रूप में देखा जाना चाहिए। इस तरह से प्रतिनिधित्व किए जा रहे देश के लाभों ने आम तौर पर मानव जीवन के जोखिम और लागत को उतना उचित ठहराया है, जितना कि किसी राष्ट्र की सैन्य सेवा को माना जाता है और इस प्रकार यह बलिदान के योग्य है। स्पेसफ्लाइट की सार्वजनिक धारणा राष्ट्रों के बीच भिन्न होती है। चीन और भारत जैसे उभरते देशों के लिए अंतरिक्ष अन्वेषण महत्वपूर्ण तरीकों में से एक का प्रतिनिधित्व करता है जिसके साथ वैश्विक शक्तियों के रूप में उनके आगमन की घोषणा की जाती है और यह अंतरिक्ष यात्रा शक्तिशाली देशों के एक विशिष्ट क्लब में उनके उद्भव की घोषणा करता है। अंतरिक्ष अन्वेषण करने वाले देशों की राजनीतिक प्रणालियों में भिन्नता के बावजूद वे "औचित्य" की समान सूचियों पर ध्यान केंद्रित करते हैं।

भारतीय मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम:

भारत में अंतरिक्ष कार्यक्रम ने पिछले कुछ वर्षों में लागत सृजित करने का मार्ग प्रशस्त किया है और आत्मनिर्भर तरीके से देश के लिए प्रभावी अंतरिक्ष अवसंरचना में निर्मित अग्रिम अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी ने देश के लिए महत्वपूर्ण सामाजिक और आर्थिक लाभ प्राप्त किए हैं। छह दशक से अधिक पहले बोए गए बीज के रूप में रॉकेटरी, उपग्रह, अनुप्रयोग फलित हुए और अंतरिक्ष विज्ञान में देश ने उच्च स्तरीय प्रगति की। इस तकनीकी प्रगति ने मानव अंतरिक्ष उड़ान की अगली सीमा के लक्ष्य की ओर बढ़ने के लिए और भविष्य में गहरी छाप छोड़ने के लिए एक मजबूत नींव तैयार की है। देश में

विभिन्न स्तरों पर किए गए विचार-विमर्श के बाद, इसरो ने अपने दृष्टि को परिभाषित किया और मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम के लिए निष्पादन रणनीति तैयार की।

नई दिल्ली: प्रधान मंत्री नरेंद्र मोदी ने **अगस्त 2018** में अपने स्वतंत्रता दिवस के संबोधन में कहा था, "एक भारतीय अंतरिक्ष यात्री, चाहे वह पुरुष हो या महिला, 2022 तक 'गगनयान' में अंतरिक्ष यात्रा के लिए रवाना होगा" मोदी ने कहा कि जब भारत 2022 में अपनी आजादी की 75वीं वर्षगांठ मनाएगा, "और यदि संभव हो तो पहले भी, एक भारतीय बेटा या बेटी" राष्ट्रीय ध्वज को लेकर 'गगनयान' पर एक मानवयुक्त अंतरिक्ष मिशन चलाएगा। पूर्व सोवियत संघ, अमेरिका और चीन के बाद **भारत** अंतरिक्ष में एक व्यक्ति भेजने वाला **चौथा देश** बन सकता है। डेनमार्क में 2022 के लिए एक मानवयुक्त अंतरिक्ष उड़ान भी निर्धारित है। इन बातों से यह पता चलता है कि हमारा देश समानव अन्तरिक्ष मिशन को लेकर कितना सजग है। भारत पहले ही चंद्रमा और मंगल पर मिशन पूरा कर चुका है।

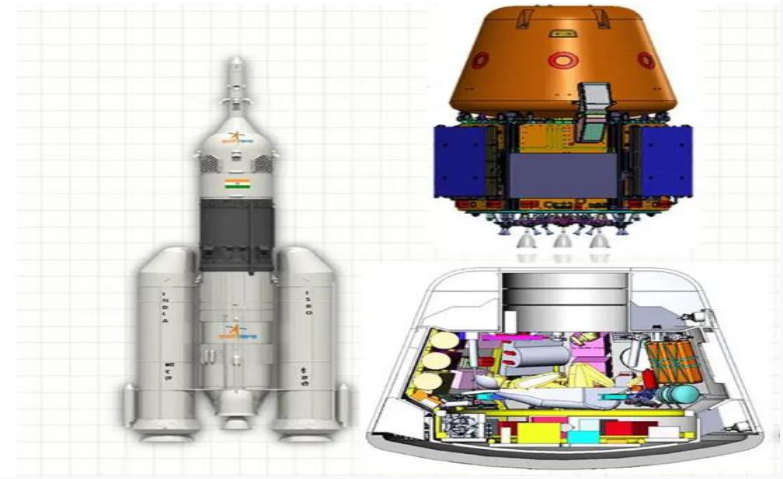


चित्र-2: सांकेतिक चित्र

गगनयान परियोजना

मानव अंतरिक्ष को प्रदर्शित करने के लिए इसरो द्वारा शुरू की गई गगनयान पहली परियोजना है। भारत सरकार द्वारा वर्ष 2018 में अनुमोदित" **गगनयान कार्यक्रम** "भारत के अंतरिक्ष कार्य के विकास पथ में एक ऐसा मोड़ है जो समानव अंतरिक्ष अन्वेषण के नए युग का प्रारंभिक प्रयास है। इसरो इस नए गगनयान कार्यक्रम को कार्यान्वित करने तथा समानव अंतरिक्ष उड़ान के क्षेत्र में दीर्घकालीन गतिविधियाँ आयोजित करने के उद्देश्य अग्रसर है। यह समानव अंतरिक्ष गतिविधियों के रूप में, विश्वसनीयता एवं मानव सुरक्षा के उच्च मानकों को सुनिश्चित करते हुए मानव विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के नए क्षेत्र में बहु विषयक अनुसंधान एवं विकास कार्य करेगा, जिनमें से कुछ महत्वपूर्ण बिन्दु निम्नलिखित हैं –

- तीन दल के साथ LEO (लो अर्थ ऑर्बिट) के लिए मानव अंतरिक्ष उड़ान का प्रदर्शन ।
- 400 किमी LEO के लिए अंतरिक्ष यात्री प्रशिक्षण। इस कार्य के लिए तीन प्रमुख घटकों की आवश्यकता होती है, अर्थात् मानव रेटेड लॉन्च वाहन, क्रू एस्केप सिस्टम और मानव के साथ कक्षीय मॉड्यूल की उपलब्धता।
- इसके अलावा, पूरे मिशन के लिए ग्राउंड कंट्रोल स्टेशन की योजना बनाई गई है ।
- मिशन की चढ़ाई, कक्षा में और अवरोही चरण के दौरान की अवधि के अनुसार गगनयान के जनादेश से पहले दो मानव रहित मिशन आयोजित किए जाएंगे ।
- विकास के लिए मूर्त और अमूर्त दोनों तरह के लाभ प्रदान करने वाली जगह अधिकतम उद्योग/शैक्षणिक भागीदारी और सहयोग के साथ राष्ट्रीय, वैज्ञानिक और सौर मंडल के ज्ञान को आगे बढ़ाने के लिए प्रयोग करने की योजना है।
- यह परियोजना वैज्ञानिक और तकनीकी क्षेत्र को भी गति देगी एवं बौद्धिक क्षमता और नवाचार को बढ़ावा देने के लिए देश में विकास के पथ को संचालित करेगी।



चित्र-3: गगनयान मिशन

मिशन की गति को प्रभावित करने वाले कोरोना वायरस महामारी के बावजूद, रक्षा अनुसंधान और विकास संगठन (DRDO) और भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) अब क्रू मॉड्यूल पर प्रभाव अध्ययन कर रहे हैं। हिंदुस्तान एयरोनॉटिक्स लिमिटेड, गगनयान का विकास कर रहा है। यह मॉड्यूल भारतीय अंतरिक्ष यात्रियों को अंतरिक्ष में ले जाने और उन्हें सुरक्षित रूप से पृथ्वी पर वापस लाने वाला पहला स्वदेशी अंतरिक्ष यान होगा। इस मिशन की अनुमानित लागत 10,000 करोड़ रुपये है। इस मिशन के लिये **GSLV Mk-III** या **LVM-3** प्रमोचन यान, एक क्रू मॉड्यूल को कक्षा में ले जाने में सक्षम है। इंस्टीट्यूट ऑफ एयरोस्पेस मेडिसिन अंतरिक्ष यात्रियों के अनुकूल होने, लॉन्च के समय अंतरिक्ष के लिए उनकी फिटनेस का परीक्षण करने और उनके क्वार्टर और लाइफ सपोर्ट सिस्टम के डिजाइन के लिए आवश्यक इनपुट प्रदान करता है। यह एक नाजुक ऑपरेशन है जिसका इसरो के पास सीमित अनुभव है। इसलिये यह हमारे लिये बहुत महत्वपूर्ण है।

जिस गति से विश्व की जनसंख्या बढ़ रही है, उस प्रकार से **भूमि, समुद्र और वायु के बाद, वैश्विक प्रभुत्व की अगली सीमा देशों के रूप में अंतरिक्ष है, इसलिए हमें इस मिशन की अति आवश्यकता है ।**

<u>अनुप्रयोग</u>:

- **माइक्रोग्रैविटी अनुसंधान**
  1) अंतरिक्ष चिकित्सा और जैव-अंतरिक्ष विज्ञान
  2) उन्नत जीवन समर्थन प्रणाली
  3) मानव-मशीन इंटरफेस (एचएमआई) और मानव कारक (एचएफ) अध्ययन
  4) आदत और पर्यावरण अध्ययन
  5) आहार और पोषण,
  6) मानव अनुकूलन और पुनर्वास अध्ययन
  7) शारीरिक और मनोवैज्ञानिक अध्ययन
  8) जीवन के अध्ययन के लिए अंतरिक्ष खतरे
  9) अंतरिक्ष के लिए स्वस्थाने निर्माण, संसाधन और उपयोग
  10) उन्नत सामग्री परीक्षण
  11) ऊर्जा दोहन और भंडारण

- **चन्द्रयान मिशन**:
  1. मानव बेस स्थायी ढाचा
  2. चाँद के सतह पर मिनरल का पता लगाना
  3. चंद्रमा पर नए संसाधनों की खोज
  4. हमारी कक्षा से परे माइक्रोबियल जीवन के संकेतों की तलाश
- **मंगल मिशन**
  1. इसके सतह पर जीव और ऊर्जा के स्रोत की खोज
  2. स्थायी स्टेशन का निर्माण
  3. नए सूक्ष्म जीवों का विकास
- **स्पेस टुरिज्म**
- क्षुद्रग्रहों से नमूने लौटाना
- लाल ग्रह की सतह पर ट्रैंडल करना
- टेली-उपस्थिति, इंफोटेनमेंट, और पृथ्वी की एक एकीकृत तस्वीर
- कार्डिएक स्टेंट जैसे नवीन उत्पादों को डिजाइन करना
- स्वास्थ्य देखभाल के लिए हृदय पेसमेकर
- अंतरिक्ष में विस्तारित प्रयासों के दौरान मानव शरीर और दिमाग की प्रतिक्रिया, परिणामी डेटा, प्रौद्योगिकी और विकसित तरीकों का बहु-वर्षीय इंटरप्लेनेटरी मिशन में उपयोग
- चंद्रमा आधारित सौर ऊर्जा स्टेशन और अंतरिक्ष सौर ऊर्जा स्टेशनों का अध्ययन
- **वैश्विक सहयोग को बढ़ावा देना**:

  भारत अपनी महत्वाकांक्षी योजनाओं को भेजने के लिए देशों को एक साथ लाने में कामयाब रहा है। अंतरिक्ष के लिए रूस और फ्रांस प्रमुख प्रशिक्षण और उपकरण प्रदान कर रहे हैं। मिशन के लिए भारतीय वायु सेना के चार पायलटों ने रूसी अंतरिक्ष एजेंसी के साथ प्रशिक्षण लिया है। रूसी अंतरिक्ष एजेंसी **ROSCOSMOS** ने अगस्त 2022 में कहा था कि अंतरिक्ष यात्री अच्छा कर रहे हैं और अपने प्रशिक्षण को जारी रखने के लिए दृढ़ हैं। प्रशिक्षण पहले **कोविड -19** से प्रेरित वैश्विक लॉकडाउन के कारण प्रभावित हुआ था।

मिशन के लिए प्रमुख महत्वपूर्ण प्रौद्योगिकी:

I. एक पुन: प्रवेश तकनीकी
II. मानवशास्त्रीयअनुकूलित स्पेससूट डिजाइन करना
III. मॉड्यूल के लिए रिकवरी तकनीकी
IV. पेलोड ले जाने के लिए क्रायोजेनिक इंजन
V. महत्वपूर्ण जीवन समर्थन प्रणाली
VI. स्पेस-कैप्सूल रिकवरी का एयरड्रॉप टेस्ट

अमेरिका और रूस के साथ- साथ चीन अंतरिक्ष अन्वेषण पर हावी है। इसलिए भारत भी धीरे-धीरे अपने निर्माण की योजना के साथ आगे बढ़ रहा है। इसी पहल के रूप में भारत एक स्वदेशी क्रू मिशन को इस दौड़ के केंद्र में रखेगा और अंतिम मानवयुक्त उड़ान से पहले इसरो एक डेटा रिले उपग्रह भी लॉन्च करेगा जो गगनयान मिशन के साथ संपर्क बनाए रखने में मदद करेगा

भारत ने हाल में फ्रांसीसी अंतरिक्ष एजेंसी नेशनल सेंटर के साथ एक समझौते पर हस्ताक्षर किए हैं। अंतरिक्ष अध्ययन (सीएनईएस) अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन के लिए उपकरण प्रदान करेगा और एजेंसी में बने फायरप्रूफ एर्री बैग की आपूर्ति करेगा और यह झटके और विकिरण से उपकरणों को बचाने के काम आएगा।

इस संधि के तहत **CNES** भारत के उड़ान चिकित्सकों और **CAPCOM** मिशन नियंत्रण को प्रशिक्षित करेगा।
भारत ऑस्ट्रेलिया के साथ **कोकोस द्वीप** में ग्राउंड स्टेशन स्थापित करने के लिए भी बातचीत कर रहा है।

चुनौतियां:

मंगल ग्रह की मानव यात्रा, पहली नजर में, जटिलताओं की एक अटूट मात्रा प्रदान करती है। कल्पना से तथ्य तक लाल ग्रह पर नासा के मानव अनुसंधान कार्यक्रम की चुनौतियों को पांच वर्गों में बाटा गया है। इन चुनौतियों को श्रेणियों में बांटने से इस तरह के मिशन के सामने आने वाली बाधाओं को दूर करने के लिए एक संगठित प्रयास की जरूरत होती है । इन खतरों का अध्ययन ग्राउंड-आधारित एनालॉग्स, प्रयोगशालाओं और अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन का उपयोग करके किया जा रहा है, जो अंतरिक्ष की खोज के लिए आवश्यक मानव प्रदर्शन और काउंटरमेशर्स का मूल्यांकन करने के लिए एक परीक्षण के रूप में कार्य करता है।

1. विकिरण:

मंगल पर मानव मिशन के प्रथम खतरे की कल्पना करना भी सबसे कठिन है क्योंकि, अंतरिक्ष विकिरण मानव आंखों के लिए अदृश्य है। विकिरण न केवल गुप्त रूप से होता है, बल्कि मुख्य खतरों में सबसे खतरनाक माना जाता है। पृथ्वी की प्राकृतिक सुरक्षा के ऊपर विकिरण कैंसर के जोखिम को बढ़ाता है। केंद्रीय तंत्रिका तंत्र को नुकसान पहुंचाता है। संज्ञानात्मक कार्य को बदल सकता है। हृदय की कार्यशीलता को कम कर सकता है और व्यवहार में त्वरित परिवर्तन कर सकता है। अंतरिक्ष स्टेशन, पृथ्वी के सुरक्षात्मक चुंबकीय क्षेत्र के ठीक भीतर बैठता है। इसलिए जब हमारे अंतरिक्ष यात्री पृथ्वी की तुलना में दस गुना अधिक विकिरण के संपर्क में आते हैं, तब यह पृथ्वी की तुलना में खतरनाक साबित होता है।

इस खतरे को कम करने के लिए, गहरे अंतरिक्ष वाहनों में महत्वपूर्ण सुरक्षा कवच, डोसिमेट्री और अलर्ट होते हैं। विकिरण से बचाव में मदद करने के लिए फार्मास्यूटिकल्स जैसे चिकित्सा प्रतिवाद के क्षेत्र में भी अनुसंधान किया जा रहा है।

2. अलगाव और एकांतवास:

लंबे समय तक एक छोटी सी जगह में घिरे लोगों के समूहों के बीच व्यवहार संबंधी मुद्दे, चाहे वे कितने भी प्रशिक्षित हों, अपरिहार्य है। कर्मचारियों को सावधानीपूर्वक चुना जाता है, प्रशिक्षित किया जाता है और यह सुनिश्चित करने के लिए सहमति ली जाती है ताकि वे अंतरिक्ष में महीनों या वर्षों तक एक टीम के रूप में प्रभावी ढंग से काम कर सकें। पृथ्वी पर हमारे पास अपने सेल फोन लेने और लगभग हर चीज और हमारे आस-पास के सभी लोगों से तुरंत जुड़ने की विलासिता है। मंगल की यात्रा पर, अंतरिक्ष यात्री जितना हम सोच सकते हैं, उससे कहीं अधिक अलग और सीमित होते हैं। नींद की कमी, **सर्कैडियन डिसिंक्रनाइजेशन**, प्रदर्शन में कमी, प्रतिकूल स्वास्थ्य परिणाम और काम का अधिभार मिशन उद्देश्यों को जटिल करता है।

इस खतरे को दूर करने के लिए, प्रारंभिक जोखिम के कारकों का पता लगाने और उनका इलाज करने के लिए व्यावहारिक स्वास्थ्य की निगरानी और स्पेसफ्लाइट वातावरण में उपयोग के लिए विभिन्न उपकरणों और प्रौद्योगिकियों को अपनाने / परिष्कृत करने के तरीके विकसित किए जा रहे हैं। वर्कलोड और परफॉर्मेंस, **सर्कैडियन अलाइनमेंट** के लिए लाइट थेरेपी, फेज शिफ्टिंग और अलर्टनेस में भी रिसर्च हो रही है।

3. पृथ्वी से दूरी

तीसरा और शायद सबसे स्पष्ट खतरा पृथ्वी से दूरी है। मंगल पृथ्वी से औसतन 140 मिलियन मील दूर है। तीन दिवसीय चंद्र यात्रा के बजाय, अंतरिक्ष यात्री लगभग तीन वर्षों के लिए हमारे ग्रह को छोड़ देंगे। यदि अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन पर कोई चिकित्सा घटना या आपात स्थिति होती है, तो चालक दल घंटों के भीतर घर लौट सकता है। इसके अतिरिक्त, कार्गो वाहन लगातार ताजा भोजन, चिकित्सा उपकरण और अन्य संसाधनों के साथ चालक दल को फिर से आपूर्ति करते हैं। एक बार जब आप मंगल के लिए अपने इंजनों को जला देते हैं, तो कोई पीछे मुड़कर नहीं आता है और न ही कोई पुन: आपूर्ति होती है।

मंगल ग्रह के एक सफल मिशन के लिए योजना और आत्मनिर्भरता आवश्यक कुंजी हैं। एक तरह से 20 मिनट तक संचार में देरी और उपकरण विफलता या एक चिकित्सा आपातकाल की संभावना का सामना करते हुए, अंतरिक्ष यात्रियों को पृथ्वी पर अपनी साथी टीम के समर्थन के बिना स्थितियों की एक सरणी का सामना करने में सक्षम होना चाहिए।

4. गुरुत्वाकर्षण (या उसके अभाव):

अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा सामना किए जाने वाले गुरुत्वाकर्षण का विचरण मानव मिशन का चौथा खतरा है। मंगल ग्रह पर, अंतरिक्ष यात्रियों को लंबे समय तक पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण खिंचाव के तीन-आठवें हिस्से में रहने और काम करने की आवश्यकता होती है। इसके अतिरिक्त, ग्रहों के बीच छह महीने के ट्रेक पर, खोजकर्ता पूर्ण भारहीनता का अनुभव करते हैं।

जब अंतरिक्ष यात्री अंततः घर लौटेंगे तो उन्हें अपने शरीर की कई प्रणालियों को पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण के अनुकूल बनाने की आवश्यकता होगी। मानक गुरुत्वाकर्षण के बिना हड्डियों, मांसपेशियों, कार्डियोवैस्कुलर सिस्टम प्रभावित हुए होते हैं। जब अंतरिक्ष यात्री एक गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से दूसरे में जाते हैं, तो यह आमतौर पर काफी जटिल और गहन अनुभव होता है।

यह सुनिश्चित करने के लिए अनुसंधान किया जा रहा है कि अंतरिक्ष यात्री अपने मिशन से पहले, मिशन के दौरान और बाद में स्वस्थ रहें। नासा वर्तमान और भविष्य की पहचान कर रहा है। **एफडीए** द्वारा अनुमोदित ऑस्टियोपोरोसिस उपचार, और इस तरह के उपचारों के लिए इष्टतम समय में ऑस्टियोपोरोसिस विकसित करने वाले अंतरिक्ष यात्रियों के जोखिम को कम करने के लिए नियोजन किया जा रहा है।

5. शत्रुतापूर्ण/बंद वातावरण:

अंतरिक्ष यान न केवल एक घर है, बल्कि एक मशीन भी है। एक वाहन के अंदर, पारिस्थितिकी तंत्र रोजमर्रा, अंतरिक्ष यात्री के जीवन में एक बड़ी भूमिका निभाता है। महत्वपूर्ण आवास योग्यता कारकों में तापमान, दबाव, प्रकाश व्यवस्था, शोर और स्थान की मात्रा शामिल है। यह आवश्यक है कि अंतरिक्ष यात्रियों को स्वस्थ और खुश रहने के लिए आवश्यक भोजन, नींद और व्यायाम मिले।



चित्र-4: सांकेतिक चित्र

प्रौद्योगिकी, जैसा कि अक्सर दुनिया के बाहर की खोज के मामले में होता है, कठोर वातावरण में रहने योग्य घर बनाने में उत्तरदायी होता है। हवा की गुणवत्ता से लेकर संभावित माइक्रोबियल निवासियों तक, हर चीज पर नजर रखी जाती है। आपके शरीर पर स्वाभाविक रूप से रहने वाले सूक्ष्मजीव बंद वातावरण में एक व्यक्ति से दूसरे व्यक्ति में अधिक आसानी से स्थानांतरित हो जाते हैं। अंतरिक्ष यात्री भी मूत्र और रक्त के नमूनों के माध्यम से डेटा बिंदुओं में योगदान करते हैं, और संभावित तनाव के बारे में बहुमूल्य जानकारी प्रकट कर सकते हैं। उनके द्वारा प्रदान किए जाने वाले संसाधनों का व्यापक पुनर्चक्रण भी अनिवार्य है, जैसे कि ऑक्सीजन, पानी, कार्बन डाइऑक्साइड, यहां तक कि हमारा कचरा भी।

<u>भविष्य की संभावनाएं:</u>

समानव अंतरिक्ष मिशन विज्ञान और इंजीनियरिंग के कई क्षेत्रों में हमारे ज्ञान की सीमा को आगे बढ़ाते हुए असंभव और अविश्वसनीय को लक्षित किया है। आज विश्व की बढ़ती जनसंख्या देखते हुए प्राकृतिक पर्यावरण और पारिस्थितिकी की बढ़ती क्षति, विकास ऊर्जा की कमी और पानी की कमी स्वाभाविक है। एक समय के बाद पृथ्वी पर ग्रहीय ऊर्जा आपूर्ति और मांग की सभ्यता समाप्त हो जाएगी। इस सदी में जीवाश्म ईंधन और तेल भंडार घटने के कगार पर है। हालाँकि, **सौर ऊर्जा** स्वच्छ और अटूट है और सौर ऊर्जा को **रिन्युएबल (अक्षय) ऊर्जा** के रूप मे अमृत माना जा रहा है।
लेकिन पृथ्वी पर सौर प्रवाह केवल हर दिन 6-8 घंटे के लिए उपलब्ध है जबकि अंतरिक्ष सौर ऊर्जा स्टेशन पर घटना विकिरण हर दिन 24 घंटे उपलब्ध होगा। भविष्य के लिए इससे बेहतर विजन क्या हो सकता है। समानव अंतरिक्ष मिशन के लिए भविष्य की संभावनाएं निम्नालिखित हैं:

- बारहमासी सहायता के लिए अंतरिक्ष से **24 घंटे अक्षय ऊर्जा** का पूर्ण सप्लाई जिससे वातावरण में कार्बन डाइऑक्साइड इंजेक्शन को कम किया जा सके ।
- सौर ऊर्जा, अन्य नवीकरणीय ऊर्जा और थर्मोन्यूक्लियर फ्यूजन जैसी ऊर्जा का विकास किया जा सकता है।
- चंद्रमा से हीलियम को थर्मोन्यूक्लियर रिएक्टरों के लिए एक मूल्यवान ईंधन के रूप में देखा जा सकता है।
- **सुरक्षित और ताजा पेय जल का प्रदान:** जल पृथ्वी की सतह का 70% से अधिक भाग जल है, लेकिन केवल 1% पीने के लिए ताजे पानी के रूप में उपलब्ध है। विलवणीकरण के माध्यम से भावी पीढ़ियों के लिए ताजा पानी की आपूर्ति की जा सकती है।
- **वायुमंडलीय प्रक्रियाओं पर बहुमूल्य जानकारी:** पिछले कुछ दशकों में, अंतरिक्ष अवलोकन गुब्बारों के माध्यम से, रॉकेट प्रयोगों, उपग्रहों और सोफिस के माध्यम से वायुमंडलीय प्रक्रियाओं पर बहुमूल्य एकीकृत जानकारी प्रदान की गई है। इन सारी प्रक्रियाओं को समानव अंतरिक्ष मिशन के द्वारा और निपुणता से किया जा सकता है जिससे ओजोन छिद्र के कारण पृथ्वी समताप मंडलीय शीतलन और घरेलू गैसों के कारण क्षोभमंडलीय तापन दोनों के प्रभाव को कम किया जा सकता है।
- **इन-ऑर्बिट मेंटेनेंस:** डायग्नोसिस, रिप्लेसमेंट, उपयोग के बाद रिचार्जिंग, पावरिंग, ईंधन भरना, या डी-बूस्टिंग भौतिक रूप से आसान हो सकता है।
- **ग्रहों या क्षुद्रग्रहों में खनन की खोज:** ग्रहों या क्षुद्रग्रहों में खनन की खोज के लिए नवीन तरीकों की आवश्यकता होगी। बड़ी मात्रा में दुर्लभ सामग्री को पृथ्वी पर लाना, संसाधित करना और परिवहन करना अपने आप में बड़ा दिलचस्प होगा।
- खुद का **अंतरिक्ष स्टेशन** स्थापित करना।
- **अंतरिक्ष बाजार:** अंतरिक्ष में कम लागत के साथ एक ऐसा बाजार स्थापित करना जिससे सारा विश्व लाभान्वित हो सके ।

- **अंतरिक्ष औद्योगीकरण:** इसके लिए एक वैश्विक रणनीतिक योजना का विकास करना जिससे बड़े पैमाने पर उन्नत अंतरिक्ष प्रणाली बनाने के लिए स्वच्छ ऊर्जा, पेयजल, दूर शिक्षा, टेली-मेडिसिन, संचार, संसाधन प्रबंधन और विज्ञान के लिए एक बेहतर वातावरण प्रदान किया जा सके।

निष्कर्ष:

जिस तरह से अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी ने पृथ्वी, वायुमंडल और बाहरी अंतरिक्ष के बारे में हमारे ज्ञान को बढ़ाया है, जीवन की गुणवत्ता में सुधार आया है। आने वाले दशकों में हमारा उद्देश्य इन लाभों को समेकित करना है और इनका विस्तार करना है। ऊर्जा, पर्यावरण, पानी और मानवता के सामने आने वाले महत्वपूर्ण मुद्दों का समाधान करना है। पृथ्वी से परे खनिज के वैकल्पिक साधन को तैयार रखना है। हमारे सौर मंडल में मानव जाति के लिए एक वैकल्पिक आवास की चुनौती को स्वीकार करना है। इन सारी चुनौतियों का सामना करने के लिए समानव अंतरिक्ष मिशन हमें एक वरदान के रूप में मिला है और इसके लिए वैज्ञानिक समुदाय को पूर्ण रूप से तैयार रहना है। अत: मैं अपनी बातों को विराम देते हुए **स्वामी विवेकानन्द** जी द्वारा कही गयी एक बात का उल्लेख करना चाहता हूं।

“उठो, जागो और तब तक चलो जबतक कि लक्ष्य को प्राप्त ना कर लो”

लेखक परिचय:



लेखक वातानुकूलन समूह में लगभग दो वर्षों से इसरो के मुख्य नियंत्रण सुविधा-हासन, कर्नाटक केन्द्र में वैज्ञानिक/अभियंता-एस.सी. के रूप में कार्यरत हैं। इन्होने जामिया मिलिया इस्लामिया विश्वविद्यालय से मैकेनिकल इंजीनियरिंग में स्नातक और प्रोडक्शन एंड इंडस्ट्रियल इंजीनियरिंग में स्नातकोत्तर की शिक्षा प्राप्त की है।

अंतरिक्ष विकिरण जोखिम एवं न्यूनीकरण तकनीकियां

भव्य चौबीसा
वैज्ञानिक / अभियंता "एस.सी."
सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र,शार, श्रीहरिकोटा

सारांश

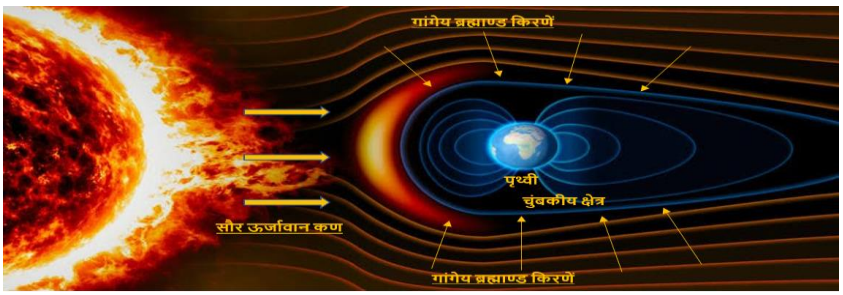
जैसा कि इसरो अपने महत्वाकांक्षी मानव अंतरिक्ष अभियान की ओर बढ़ने के लिए अग्रसर है, यह सर्वविदित है कि खतरनाक अंतरिक्ष विकिरण, अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य के लिए एक बड़ा जोखिम है। अंतरिक्ष विकिरण के जोखिम को बेहतर ढंग से समझने और स्वीकार्य स्तर तक कम करने के लिए विस्तृत कार्य की आवश्यकता है। प्रस्तुत लेख अंतरिक्ष विकिरण, अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य पर इसके खतरनाक प्रभावों और इसे कम करने के तरीको के बारे में संक्षिप्त जानकारी देता है।

प्रस्तावना

विकिरण विद्युत चुम्बकीय तरंगों के रूप में या/और कणों द्वारा ले जाने वाली ऊर्जा है। किसी इलेक्ट्रॉन को उसकी कक्षा से पूरी तरह से हटाकर किसी परमाणु या अणु को आयनित करने के लिए पर्याप्त ऊर्जा वाले विकिरण को आयनकारी विकिरण कहा जाता है। यह ऊर्जा उस पदार्थ पर जमा होती है जिस पर विकिरण पड़ता है।

- आयनकारी कण विकिरण तेजी से चलने वाले कणों के माध्यम से ऊर्जा का विकिरण है, जो विद्युत रूप से आवेशित या अनावेशित हो सकते है, जैसे अल्फा कण, बीटा कण, पॉजीट्रॉन, प्रोटॉन या न्यूट्रॉन।
- जबकि, आयनकारी विद्युत चुम्बकीय विकिरण एक तरंग है जो विद्युत और चुंबकीय घटकों से मिलकर बनी है, जैसे कि गामा किरणें और एक्स-रे किरणें।

अंतरिक्ष विकिरण पृथ्वी के मैग्नेटोस्फीयर या वैन-एलन बेल्ट के बाहर अंतरिक्ष यात्रियों के लिए कक्षीय और अंतरग्रहीय अभियान दोनों में एक प्रमुख स्वास्थ्य जोखिम है। अंतरिक्ष में हानिकारक विकिरण सूर्य से सौर पवन, आकाशगंगा से गांगेय ब्रह्माण्ड किरण और विकिरण बेल्ट से आता है (चित्र क)।



चित्र क, सौर ऊर्जावान कणों, गांगेय ब्रह्मांडीय किरणों व चुंबकीय क्षेत्र का संयोजन (3)

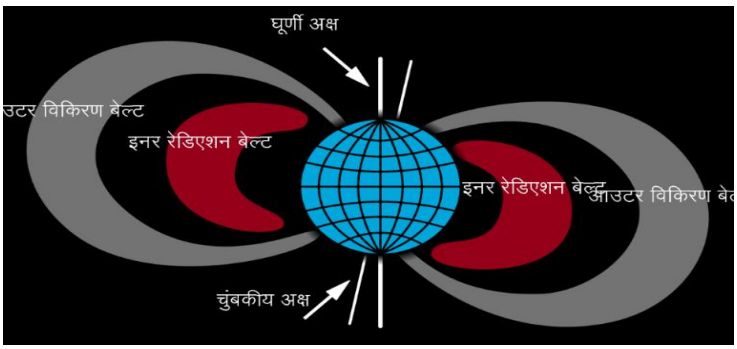
अंतरिक्ष में विकिरण

सूर्य विकिरण, सौर फ्लेयर्स और कोरोनल सामग्री के उत्सर्जन से आता है (चित्र ख)। कोरोनल सामग्री उत्सर्जन सूर्य के सबसे शक्तिशाली सौर ऊर्जावान कण विकिरण का कारण बनती है। जबकि, आकाशगंगा में सुपरनोवा विस्फोट से गांगेय ब्रह्माण्ड किरणों की उत्पत्ति होती है, जो लगभग प्रकाश की गति से सौर मंडल पर

गिरती हैं। ग्रहों के चुंबकीय क्षेत्रों में फंसे ऊर्जावान आवेशित कण, जिन्हें विकिरण बेल्ट या वैन एलन बेल्ट कहा जाता है (चित्र ग), तीसरा अंतरिक्ष विकिरण घटक है (2)।



चित्र ख, सौर फ्लेयर्स और कोरोनल सामग्री का उत्सर्जन



चित्र ग, पृथ्वी की विकिरण बेल्ट(नासा)(6)

गांगेय ब्रह्माण्ड किरणों की खोज 1912 में गुब्बारा प्रयोगों से विक्टर हेस के द्वारा की गई थी, जिसके लिए उन्हें 1936 में भौतिकी में नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया था। गांगेय ब्रह्माण्ड किरणें सौर कणों के विकिरण की तुलना में अत्यधिक ऊर्जावान होती हैं। इसलिए अत्यधिक ऊर्जावान ब्रह्मांडीय किरणों से अंतरिक्ष दल को बचाना बहुत मुश्किल हो जाता है। गांगेय ब्रह्माण्ड किरणों में प्रोटॉन, अल्फा कण (हीलियम नाभिक) और बाकी भारी तत्व जैसे ऑक्सीजन या आयरन होते हैं। ये रास्ते में वस्तु के परमाणु को तोड़ सकते हैं। अंतरिक्ष यान जैसी वस्तुओं पर इन ब्रह्मांडीय किरणों का प्रभाव द्वितीयक विकिरण को प्रेरित कर सकता है (1)। अंतरिक्ष यान की कोई उचित मोटाई गांगेय ब्रह्माण्ड किरणों से अंतरिक्ष यात्री को ढाल नहीं सकती है।

ऊर्जावान आवेशित कणों द्वारा निर्मित क्षेत्र, जिनमें से अधिकांश सौर हवा से उत्पन्न होते हैं, जिन्हे ग्रह के आसपास उसी ग्रह के सुरक्षात्मक चुंबकीय क्षेत्र या मैग्नेटोस्फीयर द्वारा पकड़ कर रोक लिया जाता है, उसे वान एलन विकिरण बेल्ट कहा जाता है (चित्र ग)।

अधिकांश सौर कण और गांगेय ब्रह्माण्ड किरणें पृथ्वी के सुरक्षात्मक चुंबकीय क्षेत्र द्वारा विक्षेपित होते है। इस क्षेत्र को पार करने वाले गांगेय ब्रह्माण्ड किरणें वायुमंडल के नाभिकों से टकराने पर पियॉन और अन्य कणों की बौछार उत्पन्न करते हैं। वे पियॉन फिर म्यूऑन में क्षय हो जाते हैं, जो इलेक्ट्रॉन के भारी संस्करण हैं। ये म्यूऑन पूरी तरह से एक दूसरे से स्वतंत्र रूप से पृथ्वी की सतह से टकराते हैं और बड़ी मात्रा में ठोस सामग्री से गुजरने में सक्षम होते हैं, जबकि सामग्री को आयनित करके अपनी ऊर्जा का केवल एक छोटा अंश खो देते हैं।

पृथ्वी में दो ऐसी विकिरण बेल्ट हैं, और कभी-कभी अन्य अस्थायी रूप से बन सकती हैं। जेम्स वैन एलन के इन बेल्टों के खोजकर्ता होने के कारण इन बेल्टों का नाम उन्हीं के नाम पर रखा गया है। पृथ्वी की दो मुख्य विकिरण बेल्ट सतह से लगभग 640 से 58,000 किमी की ऊँचाई तक फैली हुई हैं। चुंबकीय क्षेत्र सौर हवा को फँसाकर उन ऊर्जावान कणों को विक्षेपित करता है और वातावरण को विनाश से बचाता है।

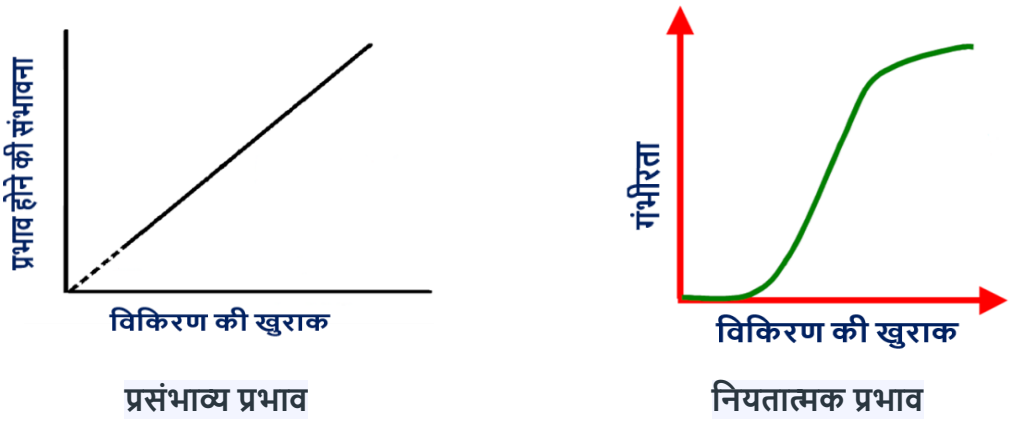
बेल्ट पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के आंतरिक क्षेत्र में हैं। संवेदनशील घटकों वाले उपग्रह इन बेल्टों से प्रभावित हो सकते हैं और यदि वे उस क्षेत्र के पास अधिक समय बिताते हैं तो उन्हें पर्याप्त परिरक्षण के साथ संरक्षित किया जाना चाहिए।

पृथ्वी पर मनुष्य इस सौर ऊर्जा कणों और गांगेय ब्रह्मांडीय किरणों से काफी हद तक सुरक्षित हैं। लेकिन पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र से परे, अंतरिक्ष यात्री कक्षा में, पारगमन में, या किसी ग्रह की सतह पर कठोर विकिरणों के संपर्क में आते हैं।

विकिरण प्रभाव

विकिरण प्रभावों को आम तौर पर दो प्रकारो में वर्गीकृत किया जाता हैः प्रसंभाव्य प्रभाव या नियतात्मक प्रभाव (चित्र घ)।

- प्रसंभाव्य प्रभाव वे प्रभाव होते हैं जिनके होने की संभावना बिना किसी सीमा के विकिरण की खुराक पर रैखिक रूप से निर्भर करती है। प्रसंभाव्य प्रभाव मोटे तौर पर विकिरण की खुराक के कारण कोशिका संशोधन के लिए जिम्मेदार होते हैं और यह तीव्र और दीर्घकालिक दोनों तरह के विकिरण की खुराक का परिणाम हो सकते हैं।
- दूसरी ओर, नियतात्मक प्रभाव वे प्रभाव है जिनकी गंभीरता विकिरण की खुराक पर निर्भर है। इन प्रभावों की एक सीमित सीमा होती है, जिसके नीचे प्रभाव नहीं होते हैं।



चित्र घ, विकिरण प्रभाव (5)

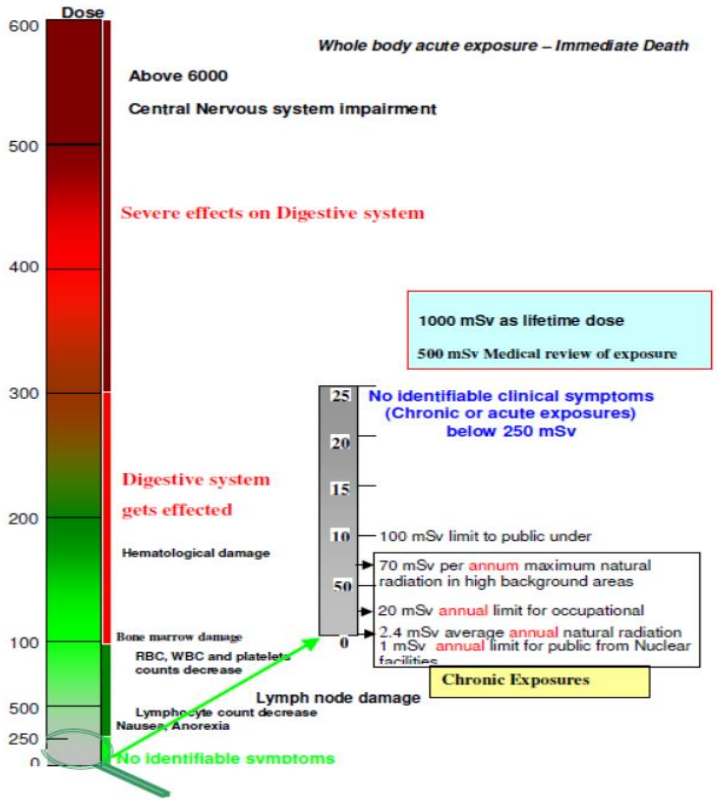
अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आईएसएस), चंद्रमा और उससे आगे के छह महीने की अवधि के अभियान पर अंतरिक्ष यात्री लगभग 50-2,000 मिलीसीवर्ट (एमएसवी) के संपर्क में आते हैं। इससे कई स्वास्थ्य संबंधी समस्याएं हो सकती हैं जैसे (चित्र च):

- कैंसर के खतरे मे वृद्धि
- केंद्रीय तंत्रिका तंत्र को नुकसान - व्यवहार या तंत्रिका संबंधी विकार।

- अपक्षयी ऊतक या अन्य स्वास्थ्य प्रभावों का जोखिम - अन्य अपक्षयी ऊतक दोष जैसे मोतियाबिंद, संचार संबंधी रोग और पाचन रोग।
- अंतरिक्ष विकिरण से तीव्र विकिरण जोखिम - पूर्वग्रंथ संबंधी जोखिम, अत्यधिक त्वचा की चोट, या एक प्रमुख सौर घटना या संयोजन सौर/गांगेय ब्रह्मांडीय किरण घटना से मृत्यु।

अंतरिक्ष अभियान में विकिरण खुराक एवं निर्धारित सीमा

अंतरिक्ष चालक दल के लिए अंतरिक्ष विकिरण के जोखिम की निगरानी करना और विकिरण सीमा और अभियान अवधि निर्धारित करना बहुत आवश्यक है ताकि यह सुनिश्चित हो सके कि वे आजीवन खुराक की सीमा को पार नहीं करते हैं और किसी भी जोखिम को "यथोचित रूप से प्राप्त करने योग्य जितना कम" (ALARA सिद्धांत) के रूप में रखा जाना चाहिए।



चित्र च, तीव्र, संपूर्ण शरीर पर विकिरण खुराक के जैविक प्रभाव (एक सीढ़ी के रूप में) (5)

अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आईएसएस) पर सवार यात्री सौर अधिकतम के रहते छह महीने के लिए औसतन 80 mSv प्राप्त करते हैं (सनस्पॉट की अधिकतम संख्या एवं अधिकतम सौर चुंबकीय क्षेत्र की अवधि) वहीं सौर न्यूनतम के रहते छह महीने के लिए औसतन 160 mSv प्राप्त करते हैं (सनस्पॉट की संख्या न्यूनतम एवं न्यूनतम सौर चुंबकीय क्षेत्र की अवधि)।

तालिका-1 अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा प्रत्येक चंद्र अवतरण के दौरान चंद्रमा सतह पर बिताए गए समय और उन्हें मिली औसत विकिरण खुराक को दर्शाती है। (8)

तालिका-1

अभियान	कुल अवधि	चंद्रमा की सतह पर अवधि	औसत विकिरण खुराक
अपोलो 11	08 दिन, 03 घंटे, 13 मिनट्स	21 घंटे, 38 मिनट्स	1. 8mGy
अपोलो 12	10 दिन, 04 घंटे, 31मिनट्स	31 घंटे, 31 मिनट्स	5. 8mGy
अपोलो 14	09 दिन, 00 घंटे, 01 मिनट्स	33 घंटे, 31 मिनट्स	11. 4mGy
अपोलो 15	10 दिन, 01 घंटे, 11 मिनट्स	66 घंटे, 54 मिनट्स	3mGy
अपोलो 16	11 दिन, 01 घंटे, 51 मिनट्स	71 घंटे, 02 मिनट्स	5. 1mGy
अपोलो 17	12 दिन, 13 घंटे, 51 मिनट्स	74 घंटे, 59 मिनट्स	5. 5mGy

तालिका-2 विभिन्न अभियानों और उनकी अवधि के साथ मिली विकिरण खुराक की तुलना करती है। (8)

तालिका-2

अभियान	विकिरण खुराक मिलीसीवर्ट (mSv)
स्पेस शटल अभियान 41-C (460 कि.मी. की ऊंचाई पर पृथ्वी की कक्षा में 8 दिन का अभियान)	5. 59

अपोलो 14 (चंद्रमा के लिए 9 दिन का अभियान)	11. 4
स्काईलैब 4 (473 कि.मी. की ऊंचाई पर पृथ्वी की कक्षा में 87 दिन का अभियान)	178
अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आईएसएस) अभियान (353 कि.मी. की ऊंचाई पर पृथ्वी की कक्षा में 6 महीनों का अभियान)	160
अनुमानित मंगल अभियान (3 वर्ष)	1,200

तालिका-3 विभिन्न राष्ट्रीय अंतरिक्ष एजेंसी द्वारा अनुशंसित निम्न भू कक्षा (LEO) में अंतरिक्ष यात्रियों के लिए कैरियर प्रभावी खुराक सीमा को दर्शाती है (सीवर्ट,Sv में)(2019)। नासा और जाक्सा के लिए 1 वर्ष के अभियान के आँकडो का उल्लेख है, और यह 95% विश्वास सीमा के भीतर कैंसर के कारण 3% अधिकतम REID पर आधारित है। (4)

तालिका-3

अंतरिक्ष अनुसंधान	**लिंग**	**खुराक के समय उम्र (वर्ष)**			
		30	**40**	**50**	**60**
नासा	पुरुष	0.78	0.88	1.00	1.17
	महिला	0.60	0.70	0.82	0.98
जाक्सा	पुरुष	0.60	1.00	1.20	1.20
	महिला	0.60	0.90	1.10	1.10
ईएसए	पुरुष/ महिला	1.00	1.00	1.00	1.00
आरएसए	पुरुष/ महिला	1.00	1.00	1.00	1.00
सीएसए	पुरुष/ महिला	1.00	1.00	1.00	1.00

नासा के नए मानकों के तहत, अंतरिक्ष उड़ान विकिरण जोखिम के कारण एक अंतरिक्ष यात्री की कुल करियर प्रभावी खुराक 600 mSv से सीमित है और यह सीमा सभी उम्र और लिंग के लिए सार्वभौमिक है (7) (नासा, 2022)। यह सीमा यह सुनिश्चित करने के लिए निर्धारित की गई है कि सभी अंतरिक्ष यात्री विकिरण-जोखिम प्रेरित कैंसर से मृत्यु के 3% औसत जोखिम से नीचे रहते हैं।

न्यूनीकरण तकनीकियां

- **अंतरिक्ष यान परिरक्षण**

लगभग 5 ग्राम/सेमी^{2} एल्यूमीनियम दीवार परिरक्षण आमतौर पर अंतरिक्ष यान में प्रदान किया जाता है, लेकिन कई पेलोड़ और रैक की उपस्थिति के कारण अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आईएसएस) में कई स्थानों पर 20 ग्राम/सेमी^{2} एल्यूमीनियम प्रभावी ढाल है। यह एल्यूमीनियम मोटाई 100-200 MeV से कम ऊर्जा पर सभी प्रोटॉन को रोकने में सक्षम है, और इसलिए फंसे विकिरण और अधिकांश सौर ऊर्जावान कणों के लिए कुशल है। कुछ और MeV से अधिक ऊर्जा वाले प्रोटॉन त्वचा में प्रवेश कर सकते हैं। अंतरिक्ष यान में द्रव्यमान जोड़ना सही नहीं है क्योंकि इसके लिए अधिक ईंधन की आवश्यकता होती है (1)।

मौजूदा सामग्री से बना एक अस्थायी तूफान आश्रय यानी भारी ढाल, भोजन या पानी के साथ एक छोटा क्षेत्र, बड़े सौर कण घटना के खिलाफ सुरक्षा के लिए अंतरिक्ष यान में बनाया जा सकता है। सूर्य से प्रस्फुटित तूफान आने की स्थिति में, आपातकालीन सुरक्षा के लिए चालक दल इस छोटे से क्षेत्र में जा सकता है (6)।

सामग्री की मोटाई बढ़ाना सूर्य से कम ऊर्जा कणों के खिलाफ प्रभावी हो सकता है लेकिन उच्च ऊर्जा गांगेय ब्रह्माण्ड किरणें सामग्री के साथ प्रभावित करके द्वितीयक विकिरण का उत्पादन करके समस्या को और भी खराब कर सकती है।

अंतरिक्ष विकिरण जोखिम को कम करने के लिए कई अलग-अलग तरीकों का अध्ययन किया गया है।

- अंतरिक्ष यान के निर्माण में हाइड्रोजन युक्त प्लास्टिक का उपयोग किया जा सकता है।
- अंतरिक्ष यान परिरक्षण पर कुछ इस प्रकार विचार किया गया है:
  - तरल हाइड्रोजन, अक्सर ईंधन के रूप में उपयोग किया जाता है, द्वितीयक विकिरण का कम उत्पादन करते हुए अपेक्षाकृत अच्छा परिरक्षण देता है। इसलिए, ईंधन को इस प्रकार रखा जा सकता है जिससे अंतरिक्ष यात्री दल के चारों ओर परिरक्षण के रूप में कार्य करे। हालांकि, जैसे ही शिल्प द्वारा ईंधन की खपत होती है, अंतरिक्ष यात्री दल का परिरक्षण कम हो जाता है।
  - जल, जो जीवन को बनाए रखने के लिए आवश्यक है, परिरक्षण में भी योगदान दे सकता है।
  - क्षुद्रग्रह भी परिरक्षण प्रदान करने का काम कर सकते हैं।
  - सुपरकंडक्टर द्वारा उत्पन्न चुंबकीय परिरक्षण पर शोध किया जा रहा है। जिस तरह से मैग्नेटोस्फीयर पृथ्वी पर आने वाली ब्रह्मांडीय किरणों को विक्षेपित करता है, उसी तरह अंतरिक्ष यान के आसपास के सुपरकंडक्टर चुंबक द्वारा उत्पन्न यह चुंबकीय क्षेत्र अंतरिक्ष यात्री चालक दल की रक्षा करेगा।

➢ पहनने योग्य विकिरण परिरक्षण

पहनने योग्य जैकेट और विद्युत आवेशित सतह जो अंतरिक्ष यात्रियों के लिए विकिरण को विक्षेपित करे, यह तकनीक विकसित करना एक समाधान है। ऐसा करने से हम अंतरिक्ष यान में मोटाई जोड़ने से बच सकते हैं जिससे अन्यथा ही अंतरिक्ष यान के द्रव्यमान में वृद्धि होगी और प्रक्षेपण करने के लिए अधिक राशि खर्च होगी। ऐसे सुरक्षात्मक उपकरण के लिए अक्सर पॉलीथीन, पानी या अन्य हाइड्रोजन समृद्ध पॉलीमर का सुझाव दिया जाता है। इन्हें चालक दल की जरूरतों, जैसे अंतरिक्ष यान के अंदर आवाजाही, के साथ श्रम दक्षता रूप से संगत होना आवश्यक है।

➢ दवाएं

इस प्रकार की दवाएं, जो विकिरण से होने वाले नुकसान की मरम्मत के लिए शरीर की प्राकृतिक क्षमता को बढ़ाती हैं, विकसित की जा सकती हैं।

➢ मिशन का समय

सौर गतिविधि भविष्य की अंतरिक्ष यात्रा में भूमिका निभा सकती है। क्योंकि जब सूर्य अधिक सक्रिय होता है तो उसका चुंबकीय क्षेत्र या हीलीयोस्फेयर अधिक सक्रिय हो जाता है जो सौरमंडल में आने वाली गांगेय तथा परागांगेय विकिरणो को रोक देता है, जिसकी ऊर्जा सौर विकिरणो की अपेक्षा कहीं अधिक होती हैं। अधिकतम सौर गतिविधि के दौरान अंतरग्रहीय यात्रा पर अंतरिक्ष यात्रियों की औसत विकिरण खुराक कम हो सकती है।

- **कक्षा चयन**

ऐसी कक्षाओं का चयन किया जा सकता है जो वान एलन विकिरण बेल्ट से बचते हैं या उनके माध्यम से अपेक्षाकृत तेज़ी से गुजरते हैं, विकिरण खुराक को कम कर सकते हैं। उदाहरण के लिए, पृथ्वी की एक निम्न कक्षा, कम झुकाव के साथ, आमतौर पर आंतरिक विकिरण बेल्ट से नीचे होगी।

संदर्भ

1. Durante M., 2014, "Space radiation protection: Destination Mars" Life Sciences in Space Research, 1, 2-9.
2. Hellweg C.E., Khan C.B., 2007, "Getting ready for the manned mission to Mars: the astronauts' risk from space radiation" Naturwissenschaften, 94, 517-526.
3. Chancellor J.C., Scott G.B., Sutton J.P., 2014, "Space Radiation: The Number One Risk to Astronaut Health beyond Low Earth Orbit" Life, 4, 491-510.
4. Walsh I., Durante M., 2019, "Research plans in Europe for radiation health assessment in exploratory space missions" Life Sciences in Space Research, 21, 73-82.
5. ISRO Radiation Safety Manual, Document No. ISRO: DOS: SP:95, Issue: 01, Rev:00, 2006.
6. Goddard, 2019, "How NASA will protect astronauts from space radiation at moon" NASA.
7. National Aeronautics and Space Administration, 2022. नासा Space Flight Human-System Standard Volume 1: Crew Health. NASA
8. Space Fairing: The Radiation Challenge, An Interdisciplinary Guide on Radiation and Human Space Flight, 2008, NASA.

लेखक परिचय:



मेरा नाम भव्य चौबीसा है। मैं राजस्थान के बांसवाड़ा जिले का निवासी हूँ। प्राथमिक शिक्षा के पश्चात् मैंने वीआईटी, वेल्लोर से मैकेनिकल अभियांत्रिकी में स्नातक की उपाधि प्राप्त की। इसके पश्चात,वर्ष 2018 में भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संस्थान के सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र, शार, श्रीहरिकोटा में मेरा चयन वैज्ञानिक/अभियंता "एससी" के पद पर हुआ। वर्तमान में, मैं ठोस नोदक संयंत्र के सामग्री संसाधन विभाग में कार्यरत हूँ।



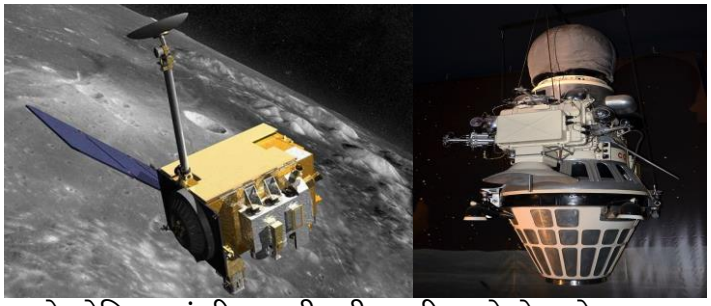
मेरा नाम हितेश बाबू है। मैं उत्तर प्रदेश के संभल जिले का निवासी हूँ। संभल जिले से प्राथमिक शिक्षा के पश्चात मैंने राजकीय पॉलिटैक्निक बदायूँ से रासायनिक अभियांत्रिकी में डिप्लोमा की उपाधि प्राप्त की। इसके पश्चात, मैंने संत लोंगोवाल अभियांत्रिकी एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, पंजाब से रासायनिक अभियांत्रिकी में स्नातक की उपाधि प्राप्त की। स्नातक की उपाधि के साथ ही मैंने अभियांत्रिकी स्नातक योग्यता परीक्षा उत्तीर्ण की। मोतीलाल नेहरू भारतीय तकनीकी संस्थान, प्रयागराज से रासायनिक अभियांत्रिकी के क्षेत्र में ही स्नातकोत्तर की शिक्षा ग्रहण करने के पश्चात वर्ष 2018 में भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संस्थान के सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र,शार, श्रीहरिकोटा में मेरा चयन वैज्ञानिक/अभियंता "एससी" के पद पर हुआ। वर्तमान में, मैं ठोस नोदक संयंत्र के सामग्री संसाधन विभाग में कार्यरत हूँ।

समानव अंतरिक्ष अभियान - भारतीय परिदृश्य, चुनौती और प्रौद्योगिकी के नए आयाम

डॉ. पीयूष गोयल, कनिष्ठ विश्लेषक (तकनीकी)
बायोटेक्नालॉजी विभाग, विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी मंत्रालय, ब्लाक-2, 6-8 वां तल,
सीजीओ कॉम्प्लैक्स, लोधी रोड, नई दिल्ली -110 003
goyal.dbt@nic.in

ब्रह्माण्डीय पिण्ड जैसे पृथ्वी से दूर किसी शून्य (वॉयड) क्षेत्र को, जो पूर्णतया शून्य तो नहीं होता परंतु कणों का घनत्व बहुत कम होने के साथ इसमें हाइड्रोजन, हिलियम, विद्युत चुम्बकीय विकिरण, चुम्बकीय क्षेत्र तथा न्युट्रिनो के साथ डार्क मैटर, डार्क ऊर्जा भी होती है, उसको अंतरिक्ष या आउटर स्पेस कहते हैं। इसकी विशाल सीमा के रहस्यों से पर्दा उठाने के लिए कई देशों के अंतरिक्ष संस्थान लगातार प्रयासरत हैं। अंतरिक्ष यान के द्वारा समानव या मानव रहित प्रक्षेपित उड़ान अंतरिक्ष उड़ान होती है, जो निम्न पृथ्वी की कक्षा (एलईओ) के सानिध्य से परे गहरे अंतरिक्ष वातावरण में चंद्रमा और मंगल ग्रह पर भविष्य की संभावित स्थापना और खोज के लिए की जाती है। वैज्ञानिकों द्वारा विज्ञान की विभिन्न धाराओं में शोध से अंतरिक्ष में जीवन के उपायों की खोज निरंतर जारी है। 1960 के दशक के आसपास अंतरिक्ष में मॉडल जीवों पर कई जैविक घटनाओं का विस्तृत अध्ययन हुआ था, जबकि आज का युग सूक्ष्मजीवों, पर्यावरणीय प्रभावों, भोजन, पौधों की प्रजातियों तक ही सीमित न रहकर जैवसंवेदक (बायोसेंसर), रोबोटिक्स, सूचना प्रौद्योगिकी, प्रोबायोटिक्स, नैनोटेक्नालॉजी जैसी उन्नत और विस्तृत प्रौद्योगिकीयों के माध्यम से जटिल और लंबी अवधि के अंतरिक्ष मिशनों के लिए अंतरिक्ष में एक प्रासंगिक वातावरण बनाने में कारगर है। अभी समानव अंतरिक्ष अभियानों में पृथ्वी के मैग्नेटोस्फीयर से दूर यात्रियों के स्वास्थ्य संबंधी चिंताओं, वातावरण में आयनकारी प्रभाव, ब्रह्मांडीय किरणों का विकिरण, कम गुरुत्वाकर्षण या माइक्रोग्रैविटी, उच्च ऊर्जा संपर्क आदि जीव-जगत पर हानिकारक प्रभाव डालते हैं। भविष्य के इन महत्वपूर्ण विषयों के प्रति निगरानी और संभावित बाधाओं को दूर करने के साथ अंतरिक्ष पर जीवन और लंबी अवधि के समानव अभियान, पर्यटन, सुरक्षा उपायों पर जोर दिया जा रहा है, जिससे मानव का सपना साकार हो सके।

अंतरिक्ष अन्वेषण और समानव अभियान का संक्षिप्त इतिहास: 1990 के दशक तक अंतरिक्ष पर वर्चस्व के लिए अमेरिका और सोवियत संघ की प्रतिस्पर्धा आम थी। सोवियत संघ ने पहला कृत्रिम उपग्रह स्पूतनिक-1 को 14 अक्तूबर, 1957 में पृथ्वी की कक्षा में भेजा। सोवियत नागरिक "यूरी एलेकसेविच गगारिन" ने 12 अप्रैल, 1961 को "वस्तोक-1" अंतरिक्षयान से बाहरी अंतरिक्ष में मानव प्रयास का नया अध्याय खोला। बाद में लूना-9 अंतरिक्षयान 03 फरवरी 1966 को चंद्रमा पर नरम (सॉफ्ट) लैंडिंग करने वाला पहला अंतरिक्षयान बना। रूसी शब्द "लूना" का अर्थ है "चंद्रमा" जिसे "लुनिक" नाम से भी जाना जाता है। वर्ष 1959-1976 के बीच लूना अभियान को रोबोटिक अंतरिक्ष यान की श्रंखला के रूप में देखा गया, जिसमें 24 अंतरिक्षयानों को लूना पदनाम दिया गया, जिसमें असफल अभियान शामिल नहीं थे। अमेरिका का "अपोलो" अभियान (ग्रीक में सूर्य के देवता) को समर्पित था। इस श्रंखला के तहत मानव अंतरिक्ष-प्रकाश मिशन की शुरूआत हुई। वर्ष 1961-1974 के बीच इस अभियान के द्वारा चंद्रमा पर छ: मानव अवतरणों के साथ चंद्रमा पर वैज्ञानिक अध्ययन किए गए। अमेरिका के केप कैनेडी स्टेशन से 16 जुलाई, 1969 को अपोलो-11 अंतरिक्षयान द्वारा पहले अमेरिकी नागरिक "नील आर्मस्ट्रांग" ने ईगल यान से बाहर आकर 20 जुलाई, 1969 को चंद्रमा की धरती को छुआ, और पांव रखते ही कहा था "मानव का यह छोटा कदम मानवता के लिए एक लंबी छलांग है।" इसके 20 मिनट बाद ही साथी एडविन बज एल्ड्रिन भी चंद्रमा पर उतरे। बाद में सभी अग्रणी देशों ने "मूनवॉक" का सपना बनाया। पृथ्वी से चंद्रमा की औसत दूरी 3 लाख 84 हजार किलोमीटर है। अमेरिकी अंतरिक्ष एजेंसी "नासा" का दूसरा अंतरिक्ष कार्यक्रम "जैमिनी" था, जिसमें 1965-1966 के दौरान अपोलो के समर्थन में तकनीकी विकास के चलते दस चालक दल और 16 अलग-अलग अंतरिक्ष यात्रियों के द्वारा पृथ्वी की निचली कक्षा (एलओआई) के बाहर उड़ान भरी गई। वर्ष 1961-1966 के बीच बुध और अपोलो के बीच संचालित मिथुन अंतरिक्षयान दो-अंतरिक्ष चालक दल को साथ ले जाने वाला पहला अंतरिक्ष यान था, जिसमें मिशन युद्धाभ्यास के प्रबंधन और नियंत्रण की सुविधा के साथ एक ऑनबोर्ड कंप्यूटर शामिल था।



पहले सोवियत अंतरिक्ष यात्री यूरी गगारिन को ले जाने वाला "वस्तोक-1" और सॉफ्ट लैंडिग करने वाला पहला लूना-9 अंतरिक्षयान

सोवियत संघ के विघटन के बाद ऐसा लगा कि इस क्षेत्र में केवल अमेरिका का ही वर्चस्व होगा, लेकिन बाद में रूस के द्वारा संचालित "सोयूज़" कार्यक्रम इस कड़ी का हिस्सा बना। दोनों देशों का संयुक्त अपोलो-सोयूज़ जांच कार्यक्रम "स्काई लैब" को बाद में अपोलो अभियान का ही भाग माना गया। अपोलो को कई सफलताओं के बावजूद अपोलो-1 (प्रक्षेपण स्थल पर आग लगने) और अपोलो-13 (भीषण विस्फोट) के कारण दो असफलताओं का सामना करना पड़ा। 1980 के दशक तक इन देशों की मदद से चीन का ध्यान भी केवल उपग्रहों के विकास पर था, पर बाद में वह भी समानव अंतरिक्ष अभियान की दौड़ में शामिल हुआ और दो दशक पहले 15 अक्टूबर, 2003 को अपने पहले ताइकोनॉट "यांग लिवेई" को "शिंझोऊ-5" अंतरिक्षयान से अंतरिक्ष में भेजा। चीन ने वर्ष 2013 में संचार सुविधाओं में विस्तार के लिए अपना 176 वां उपग्रह जोंगझिंग-11 को प्रक्षेपित किया। वर्ष 2016 तक अंतरिक्ष में तियांगोंग परियोजना के तहत चीन ने मॉड्यूल प्रयोगशाला को तथा वर्ष 2020 तक यूरोपियन स्पेस एजेंसी की मदद से अपना अंतरिक्ष स्टेशन स्थापित करने की घोषणा की थी। चंद्रमा या अन्य खगोलीय पिंडों सहित बाहरी अंतरिक्ष के अन्वेषण और उपयोग में गतिविधियों को नियंत्रित करने वाले सिद्धांतों पर संधि के रूप में 10 अक्तूबर, 1967 को "अंतरिक्ष का मैग्ना कार्टा" लागू किया गया। इसके तहत बाह्य अंतरिक्ष के शांतिपूर्ण उपयोग के लिए संयुक्त राष्ट्र का कार्यालय (यूएनओओएसए) एक सचिवालय के रूप में कार्य करता है। 07 अप्रैल, 2011 को महासभा ने अपने संकल्प ए/आरईएस/65/271 में अंतरिक्ष युग में विज्ञान और प्रौद्योगिकी के महत्वपूर्ण योगदान तथा शांतिपूर्ण उद्देश्यों के लिए चंद्रमा पर पहली बार मानव के अवतरण दिवस 12 अप्रैल को मानव अंतरिक्ष उडान के अंतरराष्ट्रीय दिवस के रूप में घोषित किया है।

भारत में अंतरिक्ष अभियान की शुरूआत: भारत पूर्ण रूप से उत्तरी गोलार्ध में स्थित, भौगोलिक दृष्टि से विश्व में सातवाँ सबसे बड़ा और जनसंख्या में दूसरा सबसे बड़ा देश है। भारत ने 15 अगस्त, 1969 में अंतरिक्ष वैज्ञानिक डा. विक्रम साराभाई के संरक्षण में भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) की स्थापना की, जिन्होंनें अग्रणी देशों के साथ किसी भी तरह की प्रतिस्पर्धा से इंकार करते हुए मानव कल्याण और समस्याओं के समाधान के लिए आधुनिक प्रौद्योगिकी के इस्तेमाल को बढावा देने के प्रयास किए। रूस, अमेरिका, चीन समानव अंतरिक्ष अभियान में सफल रहे हैं, जबकि भारत ने बेहद कम समय में सभी अग्रणी देशों को कड़ी टक्कर देते हुए अंतरिक्ष अभियानों में दिन-प्रतिदिन नए-नए कीर्तिमान स्थापित किए हैं।



भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) के जनक डा. विक्रम साराभाई

20 सितंबर, 1982 को इसरो के माध्यम से इंसरकॉस्मोस अभियान के लिए तत्कालीन स्क्वाड्रन लीडर राकेश शर्मा के नाम पर अंतिम मुहर लगी, जिन्होंने 02 अप्रैल, 1984 को तत्कालीन सोवियत संघ के बैकानूर से सोयुज टी-11 अंतरिक्षयान के उड़ान भरते ही भारत के पहले भारतीय अंतरिक्ष यात्री का दर्जा हासिल किया और सात दिन, 21 घंटे और 40 मिनट अंतरिक्ष में बिताने के साथ भारत के प्रथम और विश्व के 138वें अंतरिक्ष यात्री बने।



माननीया प्रधानमंत्री श्रीमती इंदिरा गांधी जी के साथ भारत के प्रथम अंतरिक्ष यात्री राकेश शर्मा

भारत के चन्द्रमा और मंगल अंतरिक्ष अभियान: भारत के प्रथम "चंद्रयान" को 22 अक्तूबर, 2008 को चंद्रमा की सतह के विस्तृत नक्शे, पानी के अंश और हीलियम का पता लगाने के मुख्य उद्देश्य के साथ प्रक्षेपित किया गया। चन्द्रयान ऑर्बिटर के मून इम्पैक्ट प्रोब (एमआईपी) को 14 नवम्बर, 2008 को चंद्रमा की सतह पर उतरने के साथ ही चंद्रमा पर अपना झंडा फहराने वाला भारत विश्व का चौथा देश बन गया। यह उपग्रह भारतीय अंतरिक्ष यान प्रक्षेपण अनुक्रम में 27वां उपक्रम था। 2 वर्षों के कार्यकाल पूरा होने के बाद इसका नियंत्रण कक्ष से संपर्क टूट जाने से यह 30 अगस्त, 2009 तक ही सक्रिय रह पाया। चंद्रमा पर पानी की खोज का श्रेय इसी मिशन को जाता है। चंद्रयान-2 की वजह से इस चंद्रयान अभियान को चन्द्रयान-1 के नाम से जाना जाता है।



भारत का चंद्रयान-1 मिशन का कक्षा में प्रक्षेपण

चंद्रयान-2 अभियान 14 जुलाई, 2019 को कुछ तकनीकी मुद्दों के कारण प्रक्षेपित होने से 56 मिनट पहले ही रद्द हो गया, तथा पुन: 22 जुलाई, 2019 को पुराने पीएसएलवी रॉकेट के बजाय उन्नत जियोसिंक्रोनस सैटेलाइट लॉन्च व्हीकल मार्क-3 (जिएसएलवी एमके-3) से प्रक्षेपित किया गया। प्रक्षेपण के समय यह ऑर्बिटर बयालू के साथ-साथ स्वदेशी रूप से भारत में ही विकसित विक्रम लैंडर (भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के जनक विक्रम साराभाई के नाम पर रखा था) से भारतीय डीप स्पेस नेटवर्क (आईडीएसएन) के साथ संचार करने में सक्षम था, परंतु 6 सितम्बर, 2019 को चंद्रमा की सतह से अनुमानत: 2.1 किमी की ऊंचाई पर इसका संपर्क टूट गया। भारत का यह पहला पूर्णतः स्वदेशी तकनीकी मिशन नरम लैंडिंग के माध्यम से चंद्रमा के दक्षिणी ध्रुवीय क्षेत्र (जहां कोई भी अंतरिक्ष एजेंसी नहीं पहुंची थी) पर प्रक्षेपित किया जाना था। दक्षिणी ध्रुव, उत्तरी ध्रुव से अधिक छायादार होने तथा पानी और प्रारंभिक सौर-प्रणाली के लुप्त जीवाश्म रिकार्ड के संकेतों के साथ भविष्य में समानव मिशन के लिए फायदेमंद सिद्ध हो सकता था। अधिकांश मिशन भूमध्य चंद्ररेखा के आसपास ही गए हैं, जहां दक्षिणी ध्रुव की तुलना में सपाट जमीन है। चंद्रयान-2 ने अपने उच्च रिजोल्यूशन कैमरे से चंद्रमा की सतह की कुछ बेहतरीन तस्वीरें भेजी हैं।





भारत का चंद्रयान -2 (स्रोत पीआईबी एवं गैटी इमेजेस)

भारत के महत्वाकांक्षी मंगल अभियान "मंगलयान"" की सार्वजनिक घोषणा इसरो के तात्कालिक अध्यक्ष माधवन नायर द्वारा 23 नवम्बर, 2008 को की गई थी। "मंगलयान मिशन" को योजनानुसार 28 अक्तूबर, 2013 को प्रक्षेपित होना था, पर खराब मौसम के कारण 05 नवम्बर, 2013 को ध्रुवीय उपग्रह प्रक्षेपण यान (पीएसएलवी) सी-25 के द्वारा श्रीहरिकोटा स्थित सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र से सफलतापूर्वक छोड़ा गया। मंगल ग्रह को समझने के लिए वैश्विक 51 अभियानों में 21 अभियान ही सफल हो पाए हैं, जबकि भारत ने पहली ही कोशिश में सबसे कम खर्च में "मंगलयान" को 24 सितम्बर, 2014 को 67 करोड़ किमी दूर मंगल ग्रह की कक्षा में पहुंचा कर एशिया में पहला और सोवियत रूस, नासा और यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी के बाद दुनिया का चौथा देश होने का गौरव हासिल किया है। प्रतिष्ठित टाइम्स पत्रिका में मंगलयान को 2014 के सर्वश्रेष्ठ आविष्कारों में शामिल किया गया है। इन महत्वाकांक्षी परियोजनाओं के बाद इसरो की कुछ अन्य परियोजनाओं में मिशन गगनयान, मिशन वीनस, स्पेस स्टेशन और सूरज पर उपग्रह भेजना इत्यादि शामिल हैं।



भारत का मंगलयान अभियान

भारत का समानव अंतरिक्ष अभियान: इसरो ने अगस्त, 2007 से समानव अंतरिक्ष अभियान कार्यक्रम और एक वर्ष के अंतराल में नई अंतरिक्ष कैप्सूल प्रौद्योगिकियों के विकास पर जोर दिया तथा योजनानुसार फरवरी, 2009 में मानव अंतरिक्ष उडान कार्यक्रम को अधिकृत किया गया। अंतरिक्ष कैप्सूल रिकवरी प्रयोग (एसआरआई) के साथ कई अन्य तरह के प्रयोग हुए, जो समानव अंतरिक्ष यात्रा के लिए आवश्यक गर्मी प्रतिरोधी सामग्री, प्रौद्योगिकी और प्रक्रियाओं को विकसित करने में भारत को सक्षम बनाता है। इसरो के सिद्ध और विश्वसनीय गगनयान अभियान के लिए एलएमवी-3 राकेट लॉन्च वाहन के रूप में उपयोग होगा, जिसमें ठोस, तरल और क्रायोजेनिक चरण होंगे, तथा इसकी सभी प्रणालियों को मानव रेटिंग आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए इसका फिर से संरूपण (कॉन्फिगर) कर मानव अनुकूलित (रेटेड) एलएमवी-3 नाम दिया गया है। इसमें क्रू एस्केप सिस्टम (सीइएस) शामिल होगा, जो ऑर्बिटल मॉड्यूल को 400 किमी की लक्षित लो अर्थ ऑर्बिट में लॉन्च करने में सक्षम होगा। क्रू एस्केप सिस्टम किसी भी आपात स्थिति में चालक दल के साथ क्रू मॉड्यूल को सुरक्षित दूरी पर ले जाता है।



2018 में प्रस्तावित तीन चरणों वाली गगनयान परियोजना (स्त्रोत: इंटरनेट)

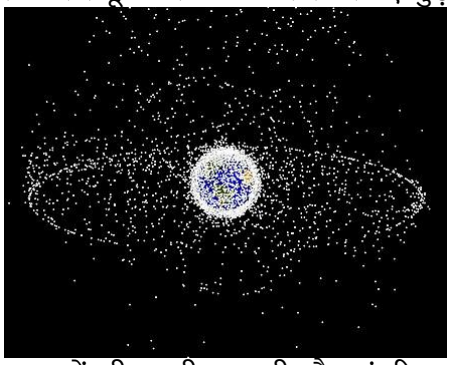
गगनयान परियोजना के लिए भारत वर्ष 2018 से कई अन्य देशों के सहयोग से समानव अंतरिक्ष कार्यक्रम में लगा है, जिसमें तीन चालक दल के सदस्यों को 400 किमी की कक्षा में 3 दिनों के अभियान के लिए भेजा जाएगा और वापस पृथ्वी पर समुद्री जल में सुरक्षित उतारकर समानव अभियान की क्षमता के प्रदर्शन की परिकल्पना की गई है। इसके पहले चरण में मानव रहित विमान को, दूसरे चरण में इसरो मिशन के लिए खास तरीके से निर्मित महिला रोबोट "व्योममित्र" को अंतरिक्ष में भेजना शामिल है। इन दोनों चरणों की सफलता के बाद तीसरे चरण में मनुष्यों को अंतरिक्ष में भेजने के लिए संभावित प्रक्षेपण की तारीख को वर्ष 2024 में सुनिश्चित किया गया है। इसरो ने पहली दोनों कक्षीय उड़ानों और 2020 के बाद भविष्य के समानव चंद्र अभियानों के लिए बेंगलूर में एक भारतीय अंतरिक्षयात्री प्रशिक्षण केन्द्र की स्थापना की है, जो अंतरिक्ष यात्रियों (व्योमनॉट) को बचाव, शून्य गुरुत्वाकर्षण, विकिरण वातावरण की निगरानी, चालक दल बेलआउट परीक्षण या पैड निरस्त आदि में काम करने और संचालन के लिए प्रशिक्षित करने का काम करेगा। चालक दल के स्पेस कैप्सूल (एसआरई) में प्रवेश, इसरो सेंट्रीफ्यूज सुविधा तथा कई अन्य तरह की अतिरिक्त सुविधाओं के लिए श्रीहरिकोटा में तृतीय लांच पैड के निर्माण की भी योजना बनाई गई है। गगनयान मिशन में मानव सुरक्षा सर्वोपरि है, जिसे सुनिश्चित करने के लिए, इंजीनियरिंग प्रणालियों और मानव केंद्रित प्रणालियों से युक्त विभिन्न नई तकनीकों को विकसित और कार्यान्वित किया जा रहा है। इसरो ने श्रीहरिकोटा से क्रू एस्केप सिस्टम के लो एल्टीट्यूड एस्केप मोटर का सफलतापूर्वक परीक्षण किया है। गगनयान मिशन के लिए इंटीग्रेटेड एअर ड्राप टेस्ट, पैड अबॉर्ट टेस्ट तथा कई अन्य परीक्षण प्लान किए गए हैं।


बैंगलूरु में अंतरिक्ष यात्री प्रशिक्षण सुविधा का निर्माण

गगनयान अभियान के लिए गगारिन कॉस्मोनॉट ट्रेनिंग सेंटर में चार भारतीय अंतरिक्ष यात्रियों का प्रशिक्षण पूरा हो चुका है। ऑस्ट्रेलिया के कोकोस कीलिंग द्वीप पर इसरो का ग्राउंड स्टेशन बनाने तथा फ्रांस की अंतरिक्ष एजेंसी सीएनईएस के साथ अंतरिक्ष से पृथ्वी के अवलोकन, स्पेस सिचुएश्नल अवेयरनेस के लिए करार

हुआ है। जापान की स्पेस एजेंसी "जाक्सा" के साथ चंद्रमा के अन्वेषण, सैटेलाइट नेविगेशन और लूनर पोलर एक्सप्लोरेशन अभियान के पहले चरण में लैंडर रोवर में शामिल होने वाले उपकरण का सुनिश्चित करना शामिल है। फ्रांस की सीएनईएस के पास अंतरिक्ष चिकित्सा के लिए एक सुस्थापित तंत्र है, जिसके लिए इसरो ने बेंगलूरु में छठी बेंगलूरु स्पेस एक्सपो में स्पेस मेडिसिन, अंतरिक्ष यात्रियों की स्वास्थ्य देखभाल, लाइफ सपोर्ट, विकिरण सुरक्षा, अंतरिक्ष मलबे से सुरक्षा और यात्रियों की निजी साफ-सफाई आदि से जुड़े मसलों पर एक साथ अनुसंधान और कार्य करने की घोषणा की है। सीएनईएस उपकरणों को झटके और विकिरण से बचाने के लिए फ्रांस में बने अग्निरोधक कैरी बैग की भी आपूर्ति करेगा। इन समझौतों के साथ भारत सरकार के अंतरिक्ष विभाग ने 2021-22 की वार्षिक रिपोर्ट में रूस, अमेरिका, फ्रांस, जापान और इजराइल की अंतरिक्ष एजेंसी के साथ कई बड़ी परियोजनाओं पर काम करने के अलावा अब तक 60 देशों के साथ संयुक्त अभियान, तकनीकी विशेषज्ञता, अंतरिक्ष संबंधी सहयोग के लिए समझौतों की जानकारी दी है। भारत ने यूरोप, ऑस्ट्रेलिया और इज़राइल की स्पेस एजेंसी के साथ मिलकर चंद्रयान-3, आदित्य एल1 (सूर्य के अध्ययन), जैसे कई भारतीय अभियानों के लिए नेटवर्क में सहयोग के लिए काम शुरू किया है।

अंतरिक्ष कार्यक्रम की चुनौतियां: (1). अंतरिक्ष कार्यक्रमों में भारी भरकम खर्च एक प्रासंगिक विषय है, पर भारत की अंतरिक्ष रणनीति कई मायनों में खास है। क्रिस्टोफर नोलन द्वारा निर्देशित मशहूर विज्ञान फिक्शन फिल्म "इंटरस्टीलर" को बनाने में जितने रुपये खर्च हुए उससे कम कीमत में इसरो ने अपने "चंद्रयान मिशन" को पूरा किया है। "मंगलयान मिशन" में अमेरिका के 671 मिलियन डॉलर की तुलना में भारत ने सिर्फ 74 मिलियन डॉलर ही खर्च किए हैं; (2) दूसरा बड़ा मुद्दा अंतरिक्ष का कचरा तथा अंतरिक्ष में 1957 से 2020 के अंत तक लगभग 8500 प्रक्षेपित उपग्रहों और सैन्यीकरण की बढती दौड़ से अलग तरह की समस्याएं पैदा हो रही हैं। अनुमानत: 18000 बड़े आकार के टुकड़े या मलबा और 12 करोड़ के आसपास छोटे आकार के टुकड़े अपनी तेज रफ्तार के कारण एक बड़ा संकट पैदा कर सकते हैं। संचार के क्षेत्र में 5 जी का आगमन भी उपग्रहों के बढने का कारण बनेगा, जबकि अमेरिका की "स्पेस एक्स" अपेक्षाकृत छोटे 12000 उपग्रह भेजने की अनुमति प्राप्त कर चुकी है, और अन्य देशों की प्रतिस्पर्धा से भी इंकार नहीं किया जा सकता। (3) अंतरिक्ष में बढते प्रकाश प्रदूषण से भी गंभीर समस्याएं जुड़ी हुई हैं, जिससे कार्य करना मुश्किल होता जा रहा है।



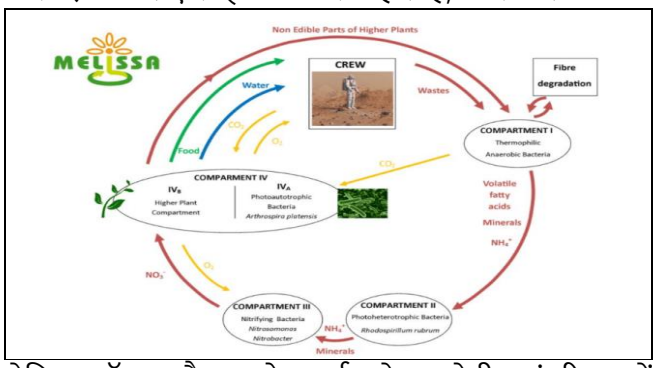
उपग्रहों की बढती आबादी और अंतरिक्ष मलबे का प्रतिनिधित्व करती हुई कम्प्यूटरीकृत छवि

समानव अंतरिक्ष अभियान की जरूरतें: (1). बायोसेंसर (जैवसंवेदक) प्रौद्योगिकी: अंतरिक्ष में बायोसेंसर बेहद सीमित संसाधन जैसे माइक्रोग्रैविटी और ऊर्जा (बिजली) के साथ केवल प्रकाशीय, चुम्बकीय/विद्युत क्षेत्र से ही शक्ति प्राप्त कर पाने से समान स्तर पर प्रदर्शन नहीं कर पाते हैं। अत: बायोसेंसर को एक ही समय में एक नमूने से कई परीक्षण करने होते हैं, जिससे रक्त और लार आदि के नमूनों में रसायनिक प्रतिक्रियाओं को अलग-अलग दृष्टिकोण से देखा जा सके। अंतरिक्ष यात्रा में (अ). क्लिनिकल डायग्नोस्टिक बायोसेंसर के उपयोग के लिए 1998 में पृथ्वी की निचली कक्षा में भेजे गए अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्पेस स्टेशन (आईएसएस) जिस पर लगभग 18 देशों के 230 यात्री जाकर वापस आ चुके हैं, उसके लिए एबॉट लैब्स का आईएसटीएटी जैवविश्लेषक उपयोग में है, जो रक्त में पीएच स्तर (क्षारीयता), इलेक्ट्रोलाइट्स और ग्लूकोज को अत्यंत सीमित नमूना आकार में तेजी से मापता है, हालांकि कार्ट्रेज की कम शेल्फ लाइफ की वजह से बेहतर शेल्फ लाइफ वाले जैवविश्लेषक अभी काफी मंहगे होगें। (ब). भोजन और पानी की गुणवत्ता के लिए जैविक सेंसर: बंद अंतरिक्षयान में मौजूद पानी और हवा को लगातार पुनर्नवीनीकरण तथा गुणवत्ता की नियमित जांच के लिए बेहतर बायोसेंसर की जरूरत होती है; (स). संक्रामक रोग और भोजन को खराब होने से बचाने के लिए भी उन्नत तकनीकी आधारित सेंसर

आवश्यक है। वर्ष 2006-09 के दौरान अंतरिक्ष स्टेशन पर स्थित लैब-ऑन-ए-चिप एप्लिकेशन डेवलपमेंट-पोर्टेबल टेस्ट सिस्टम (एलओसीएडी-पीटीएस) एक परीक्षण के दौरान सूक्ष्मजीवों का पता लगाने में असमर्थ रहा था। अत: परिष्कृत तकनीकी के लिए भारत में भी प्रौद्योगिकी विकास की बेहद आवश्यकता है।

(2). अंतरिक्ष में स्वास्थ्य सुरक्षा, पर्यावरण एवं पर्यटन की संभावनाऐं: अंतरिक्ष यान के संचालन में आमतौर पर जटिल मशीनों के साथ-साथ विज्ञान और प्रौद्योगिकी के प्रयोग एवं प्रदर्शन भी महत्वपूर्ण हैं। अपने सात दिन, 21 घंटे और 40 मिनट के अंतरिक्ष प्रवास में प्रथम भारतीय अंतरिक्ष यात्री राकेश शर्मा की प्रयोगधर्मिता खासी पहचानी गई, जिन्होंने भारहीनता से उत्पन्न होने वाले प्रभाव से निपटने के अलावा कुल 33 प्रयोग किए, तथा तीन साथियों के साथ स्पेस स्टेशन से मॉस्को और नई दिल्ली के लिए साझा संवाददाता सम्मेलन में भारत को "सारे जहां से अच्छा"" बता कर संबोधित किया।

(3). जीवन रक्षक व्यवस्था (लाइफ स्पोर्ट सिस्टम या एलएसएस) और पर्यावरण नियंत्रण: अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में कोई भी गलत अनुप्रयोग वातावरण को असुरक्षित कर सकता है। वैज्ञानिक प्रयोग से भी यदि वाष्पशील रसायन हवा की आपूर्ति में अन्य तत्वों के साथ अप्रत्याशित तरीकों से गठबंधन करते हैं, तो भी एक संभावित खतरा पैदा होता है। अत: मुख्यत: चार घटकों (अ).पर्यावरण निगरानी (ब). वायुमंडल प्रबंधन, (स). जल प्रबंधन और (द) संक्रमण के साथ गहरे अंतरिक्ष मिशन में वायुमंडलीय दबाव, ऑक्सीजन के स्तर, अपशिष्ट (कचरा) प्रबंधन, पानी की आपूर्ति, रोगरोधी वातावरण के साथ-साथ आग का पता लगाने और बुझाने की निगरानी बेहद महत्वपूर्ण है। पिछले 40 वर्षों में इन पर बहुत अधिक कार्य हुआ है, जिसमें ऑक्सीजन उत्सर्जन, कार्बन-डाई-ऑक्साइड अवशोषण, अमोनिया और एसीटोन जैसी गैसों (जो कम मात्रा में उत्सर्जित होती है) को रोकने तथा अंतरिक्ष यात्रियों से स्वयं वाष्पशील उत्सर्जन का प्रबंधन किया गया है। वर्तमान में अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन पर ऑक्सीजन उत्पादन प्रणाली आवश्यक ऑक्सीजन का लगभग 40 प्रतिशत और पानी को 74 प्रतिशत की दर से उत्पन्न या पुन: प्राप्त कर सकता है, तथा आपात स्थिति होने पर चालक दल के सदस्यों और मिशन नियंत्रण को सतर्क किया जाता है। नासा भी संग्रहित पर्यावरण नमूनों को विश्लेषण के लिए वापस पृथ्वी पर भेजता है। अत: भारत को भी भविष्य की जरूरतों के लिए कई सेंसिंग तौर-तरीकों के मॉड्यूलर एकीकरण को अपनाकर अपने संभावित अंतरिक्ष स्टेशन के लिए तैयारी शुरू कर देनी चाहिए। बंद लूप सिस्टम में मेटाबॉलिक रूप से सक्रिय बैक्टीरिया के अपशिष्ट उत्पाद के साथ क्रिया और कार्य प्रणाली पर पिछले कई दशकों में शोध के साथ बायोरिएक्टरों की प्रणालियों पर अध्ययन हुआ है। पिछले तीस वर्षों से यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी के सहयोग से विकसित पांच डिब्बों से बना माइक्रो-इकोलॉजिकल लाइफ सपोर्ट सिस्टम अल्टरनेटिव (एमईएलआईएसएसए या मेलिसा) मॉडल अब तक का सबसे उन्नत क्लोज़ लूप लाइफ सपोर्ट सिस्टम माना गया है, जिसमें पहले तीन डब्बे उन्नत बायोरिएक्टर की एक प्रणाली हैं, जो अपशिष्ट उत्पादों को संशोधित करती हैं, चौथे डब्बे में खास उच्च फसल वाले पौधे होते हैं, जिसमें सांस लेने वाली हवा के उत्पादन और पीने योग्य पानी के निस्पंदन के लिए साइनोबैक्टीरिया होते हैं, और अंतिम पांचवे डब्बे में चालक दल होते हैं।



मेलिसा मॉडल और उसके कार्य (स्रोत: यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी, 2020)

समानव अंतरिक्ष अभियान में हमें सबसे पीछे रखने वाली बड़ी बातों में अनिश्चित काल तक भोजन और हवा जैसी आवश्यक चीजों का उत्पादन करना है, जिसके लिए लंबी दूरी की अंतरिक्ष यात्रा प्रौद्योगिकी के विकास में चांद पर पानी की खोज के साथ एक पुनर्योजी जीवन समर्थन प्रणाली विकसित की जा सके। चूंकि कुछ बैक्टीरिया अपनी पाचन प्रक्रिया के द्वारा खनिजों का उत्पादन करते हैं, और अवशेष मिट्टी में कणों को एक साथ चिपकाते हुए उसे कठोर बनाते हैं, अत: आने वाले दशकों में चंद्रमा पर लौटने और आवास बनाने की

कल्पना के चलते मिट्टी के जीवाणुओं (बैक्टीरिया) में देखी जाने वाली संपत्ति का दोहन करके निर्माण सामग्री पर वैज्ञानिक शोधरत हैं। अंतरिक्ष में उपकरणों के साथ इस पर अभी शोध सम्भव नहीं है, इसलिए वैज्ञानिकों ने "लैब-ऑन-ए-चिप" मॉड्यूल को छोटी प्रयोगशाला के रूप में विकसित करने पर कार्य किया है। भारतीय विज्ञान संस्थान, बेंगलूरु के शोधकर्ताओं ने इसरो के यू.आर.राव सैटेलाइट सेंटर के सहयोग से एक स्वचालित "मानस" (अंतरिक्ष में माइक्रोबियल विश्लेषण) मॉड्यूलर प्रोटोटाइप उपकरण बनाया है, जो जैवप्रौद्योगिकी विभाग, नई दिल्ली और भारतीय विज्ञान संस्थान - इसरो स्पेस टेक्नालॉजी सेल द्वारा वित्तपोषित है। वैज्ञानिकों ने स्पोरोसारसीना पेस्तुरी बैक्टीरिया को अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में बायोसीमेंटिंग गुण प्रदर्शित करने में पहचाना है, जिन्हें पाउडर के रूप में भी संग्रहित किया जा सकता है, और ये कठोर वातावरण में निष्क्रिय भी रह सकते हैं। पोषक तत्व बहाल होते ही ये बैक्टीरिया फिर से बढने लगते हैं। अत: इन प्रयोगों से अंतरिक्ष में ईंटों के निर्माण का मार्ग प्रशस्त होगा। अध्ययन एक्टा एस्ट्रोनॉटिका नामक पत्रिका में प्रकाशित हुआ है।

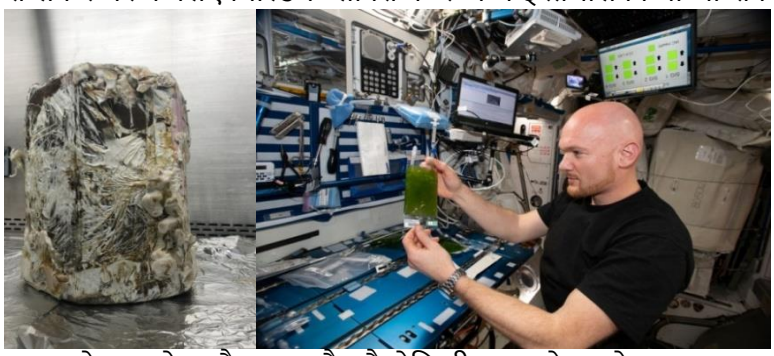
(4). अंतरिक्ष में जीव विज्ञान और जैवप्रौद्योगिकी: अंतरिक्ष यात्रा मानव शरीर पर भारी पड़ती है, इसलिए गहरे अंतरिक्ष पर्यावरणीय प्रभावों और स्वस्थ कोशिकाओं को नुकसान से बचाने और शरीर के ऊतकों को पोषक तत्व प्रदान करने की चुनौतियों के लिए पुनर्योजी चिकित्सा के क्षेत्र में जैवप्रौद्योगिकी प्रयोगों द्वारा रणनीति विकसित की जा रही है, जिससे दवाओं के निर्माण, आवास बनाने तथा अंतरिक्ष में बहुत कुछ नया करने के नए तरीके खोजे जा सकें। कुछ महत्वपूर्ण पोषक तत्वों के उत्पादन जो आमतौर पर सब्जियों में पाए जाते हैं, उसके संभावित समाधान ढूंढें जा रहे हैं, जिससे अंतरिक्ष यात्री उसे पी सकें। सूक्ष्मजीवों और खाद्य स्रोत दोनों के पास कमरे के तापमान पर एक लंबी शेल्फ लाइफ होती है, अत: अनुवांशिक अभियांत्रिकी के द्वारा उन्हें तेजी से विकसित करने पर कार्य किया जा रहा है।

वीईजी-03 उपकरण को अंतरिक्ष स्टेशन पर अंतरिक्ष यात्री स्कॉट टिंगल द्वारा विकास और जांच के लिए रखा गया था, जिसमें बौना पाक चौलाई, वसाबी सरसों और लाल लेट्यूस की खेती की गई। खेती के उपरांत पत्तेदार साग, सलाद के नमूनों को विकास के 28 दिनों के बाद कोलम्बस प्रयोगशाला मॉड्यूल के वेजी वनस्पति अनुसंधान सुविधा के अंदर बढते हुए दिखाया गया, और विश्लेषण और स्वाद के लिए चालक दल द्वारा परीक्षण किया गया। पहली बार यह प्रदर्शित हुआ कि जड़ों के विकास के लिए गुरुत्वाकर्षण एक महत्वपूर्ण कारक नहीं है (जॉनसन एट अल, 2009; सोलहेम एट अल, 2009; अमालफिटानो एट अल, 2012) और पौधों पर विस्तृत अध्ययन, यानी कि प्रकाश संश्लेषण, गैस विनिमय, जनन अंगों का निर्माण अंतरिक्ष यान की स्थिति पर निर्भर नहीं करता (साइचेव एट अल, 2011; सुगिमोटो एट अल, 2014) इसके साथ माइक्रोग्रैविटी में बने उच्च पौधों के बीज जैविक रूप से पूर्ण विशेषताओं वाले तथा सामान्य पृथ्वी के पौधों से अलग नहीं थे, एवं इनकी चार क्रमिक पीढियों को अंतरिक्ष उड़ान स्थितियों में विकसित होते हुए देखा गया है। वीजी-04 उपकरण वनस्पति विज्ञान के अध्ययन और अंतरिक्ष में ताजा भोजन उगाने की व्यवहार्यता में लगा हुआ है, जिससे लंबी अवधि के मिशन में मदद मिलेगी। पौधों की वृद्धि के आधार पर भविष्य के अन्वेषणों के लिए अंतरिक्ष स्टेशन पर बायोरिजेनरेटिव खाद्य उत्पादन प्रणाली विकसित करने के लिए भी कुछ बुनियादी प्रक्रियाओं की समझ हासिल की गई है। मनुष्य हजारों वर्षों से पौधों के औषधीय गुणों पर निर्भर है, अत: शोधकर्ताओं ने पौधों को दवा में बदलने की प्रक्रिया को सरल बनाकर अंतरिक्ष में दवाओं का उत्पादन शुरू कर दिया है। कैलिफोर्निया विश्वविद्यालय के शोधकर्ता भविष्य के मंगल मिशनों के लिए पौधों को मिनी-मेडिसिन कारखानों में बदल रहें हैं, जो समानव अभियान के लिए मददगार साबित होगा।



ऊपर-अंतरिक्ष स्टेशन की वेजी सुविधा; नीचे- अंतरिक्ष में पौधों से दवा निर्माण पर जैवप्रौद्योगिकी शोध का प्रदर्शन (स्रोत: नासा)

सामान्य प्रकार के लैक्ट्यूस को पैराथाइरॉइड हार्मोन नामक प्रोटीन के उत्पादन के लिए अनुवांशिक रूप से बदल कर ऑस्टियोपोरोसिस (कमजोर या भंगुर हड्डियों) के इलाज के लिए एक स्वीकृत दवा में बदला जा सकता है। मंगल ग्रह पर अंतरिक्ष यात्री न केवल विटामिन विकसित कर सकते हैं, बल्कि कवक (फंजाई) के उपयोग से ऐसी संरचना बना रहे हैं जो चंद्रमा और मंगल ग्रह पर आवासों को रूप दे सकती हैं। कवक और उसके भूमिगत धागे जो कवक का मुख्य हिस्सा बनाते हैं, उसको सही परिस्थितियों के साथ चमड़े जैसी सामग्री से लेकर घर के लिए बिल्डिंग ब्लॉक्स के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है।



कवक के उपयोग और अन्य जैवप्रौद्योगिकी अनुप्रयोग (स्रोत: नासा)

(5). अंतरिक्ष पर अपशिष्ट प्रबंधन: अंतरिक्ष यात्रियों को चंद्रमा या अधिक दूर के ग्रह पर लंबे आवास के लिए अपशिष्ट (कचरे) के पुन:चक्रण की सावधानी में भी प्रशिक्षित होना बेहद आवश्यक है, क्योंकि इस प्रक्रिया में कुछ ऐसी चीजें शामिल हैं, जो पृथ्वी पर प्रवाहित हो सकती हैं। मूत्र को पीने योग्य पानी में बदलने और दैनिक कार्यों के लिए अंतरिक्ष स्टेशन पर रिसाइक्लिंग सिस्टम है, पर अधिक दूर की यात्रा पर यह संभव नहीं होगा, जिसके व्यावसायिक समाधान के लिए जैवनिर्माण का रुख किया जा रहा है। खमीर और शैवाल जैसे सूक्ष्म जीव मिशन अपशिष्ट के रूप में वर्गीकृत सभी प्रकार की चीजों का उपयोग कर ऐसे उत्पाद तैयार किए गए हैं जो पोषक तत्वों, दवाओं, प्लास्टिक और ईंधन जैसी आवश्यक आपूर्ति करने के लिए कच्चे माल के रूप में काम कर सकते हैं।

मंगल ग्रह पर जीवन, प्राचीन जीवन की संभावना, मिट्टी और पत्थरों के नमूने की जानकारी के लिए अमेरिकी अंतरिक्ष एजेंसी नासा ने "मार्स पर्सीवियरन्स" रोवर को 18 फरवरी, 2021 को सफलतापूर्वक प्रक्षेपित किया है, जिसमें भारतीय मूल की वैज्ञानिक स्वाति मोहन के विशेष योगदान की चर्चा है। इसके अलावा, भारतीय मूल की महिला अंतरिक्ष यात्रियों कल्पना चावला, सुनीता विलियम्स और सिरिशा बैंडला ने भी अंतरिक्ष में भारत का नाम रोशन किया है, लेकिन अब भारत स्वयं ऐसा करने वाला दुनिया का चौथा देश बन जाएगा। भारत के वैज्ञानिकों ने परोक्ष और अपरोक्ष रूप से इस दिशा में जितनी तेजी से विकास किया है उसका विश्व अब लोहा मानने लगा है। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) ने हालिया वर्षों में ऐसी कई उपलब्धियाँ हासिल की हैं, जिसने अंतरिक्ष विज्ञान में अग्रणी कहे जाने वाले अमेरिका और रूस जैसे देशों को भी चौंकाया है।

"तोड़ दो यह क्षितिज मैं भी देख लूँ उस पार क्या है
जा रहे जिस पंथ से युग-कल्प उसका छोर क्या है
सिंधु की निःसीमता पर लघु लहर का लास कैसा
दीप लघु सिर पर धरे.. आलोक का आकाश... कैसा"

किसी के द्वारा लिखी गई इन चंद लाइनों के साथ यदि भारत की अंतरिक्ष क्षेत्र की उपलब्धियों की बात करें तो इसरो के वैज्ञानिकों ने दिसम्बर, 2014 में स्वदेशी क्रायोजेनिक इंजन से युक्त जीएसएलवी की तीसरी पीढी के प्रायोगिक परीक्षण में सफलता पाई है, जिसमें पेलोड्स का भी इस्तेमाल किया गया है। वर्ष 2019 में इसरो के मिशन शक्ति ने 300 किमी की निम्न पृथ्वी कक्षा (लो-अर्थ-ऑर्बिट) में एक सैटेलाइट को मात देने के साथ देश की बैलेस्टिक मिसाइल और एंटीसैटेलाइट तकनीकों की मिसाल पेश की है। भारत एक स्पेस सुपर पावर की दिशा में आगे बढने के साथ-साथ सबसे कम खर्चे में दुनिया के कई देशों के लिए अंतरिक्ष में उपग्रहों को भेजने का पंसदीदा ठिकाना बनता जा रहा है। इसरो के अनुसार, वर्ष 2030 तक भारत अंतरिक्ष में अपना अंतरिक्ष स्टेशन स्थापित कर सकता है तथा आर्थिक उपयोग की संभावनाओं में वृद्धि करेगा। अत: आने वाले दशकों में भारत का अंतरिक्ष कार्यक्रम मानवता के लिए सहयोग, अंतरिक्ष पर्यटन को बढावा और कई अन्य सामरिक उपयोगों के लिए नए परचम फहराने वाला है।

लेखक परिचय:



डॉ. पीयूष गोयल 1997 से जैवप्रौद्योगिकी विभाग (भारत सरकार), नई दिल्ली में कार्यरत हैं। 1987-1992 तक भारतीय चिकित्सा अनुसंधान परिषद (आई.सी.एम.आर), नई दिल्ली की रिसर्च फेलोशिप से एक संयुक्त परियोजना में यकृत रोगों और कैंसर के उपचार के लिए औषधीय पौधों से नई दवाओं की खोज और प्रबंधन पर 1993 में पीएचडी की मानद उपाधि प्राप्त की। बाद में होमियोपैथिक फार्माकोपिया लैबोरेटरी (स्वास्थ्य एवं परिवार कल्याण मंत्रालय, भारत सरकार), गाजियाबाद में दवाओं के औषधीय मूल्यांकन के लिए फार्माकोलॉजी और फार्मास्युटिकल केमिस्ट्री लैब में कार्यरत रहे। इनके कई लेख और शोधकार्य राष्ट्रीय-अंतरराष्ट्रीय स्तर पर प्रतिष्ठित पत्र-पत्रिकाओं/जर्नल में प्रकाशित हो चुके हैं।

समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियाँ, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएँ

लोकेन्द्र
वैज्ञानिक/अभियंता - एस.डी.
एंटीना यांत्रिक अभिकल्प विभाग/ यांत्रिक अभियांत्रिकी प्रणाली क्षेत्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन, अहमदाबाद, गुजरात
lokendra@sac.isro.gov.in

➢ प्रस्तावना

मानव जाति अंतरिक्ष की ओर सदैव से ही आकर्षित रही है। अंतरिक्ष में कई वर्षों की मानव गतिविधि ने अनेक सामाजिक लाभ उत्पन्न किए हैं जिससे पृथ्वी पर जीवन की गुणवत्ता में सुधार हुआ है। अंतरिक्ष का अध्ययन करने और पृथ्वी की कक्षा में प्रारंभिक क्षमताओं का परीक्षण करने के लिए डिजाइन किए गए उपग्रहों ने दूरसंचार, वैश्विक स्थिति और मौसम पूर्वानुमान के विकास में महत्वपूर्ण योगदान दिया। अंतरिक्ष अन्वेषण से प्राप्त ज्ञान ने ब्रह्मांड में हमारे व्यक्तिगत और सामूहिक स्थान पर नए दृष्टिकोण भी प्रस्तुत किए हैं। अंतरिक्ष ज्ञान का एक अंतहीन स्रोत है जो पृथ्वी की उत्पत्ति और ब्रह्मांड में हमारे स्थान के बारे में कुछ प्रमुख अस्तित्व संबंधी सवालों के जवाब देने में मदद कर रहा है।

भविष्य के अंतरिक्ष अन्वेषण का उद्देश्य मनुष्यों को पृथ्वी की निचली कक्षा से परे भेजना और चंद्रमा और मंगल जैसे गंतव्यों तक निरंतर पहुँच स्थापित करना है। मनुष्यों और रोबोटिक प्रणालियों की पूरक क्षमताओं को नियोजित करके हम इस महत्वाकांक्षी अंतरिक्ष अन्वेषण चुनौती को पूरा करने और समाज के लिए लाभ प्राप्त करने में सक्षम होंगे। इन लाभों को तीन मूलभूत क्षेत्रों में वर्गीकृत किया जा सकता है: नवाचार, संस्कृति और प्रेरणा। अंतरिक्ष अन्वेषण हमारे जीवन को और बेहतर बनाएगा तथा हमारी राष्ट्रीय भावना का उत्थान करेगा।

➢ समानव अंतरिक्ष मिशन की चुनौतियाँ

समानव अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए कई चुनौतियाँ हैं, खासकर जब लक्ष्य पृथ्वी से बहुत दूर हैं। मिशन में मनुष्यों की उपस्थिति कई चुनौतियाँ पेश करती है, जिनमें से कुछ की चर्चा निम्नलिखित है:-

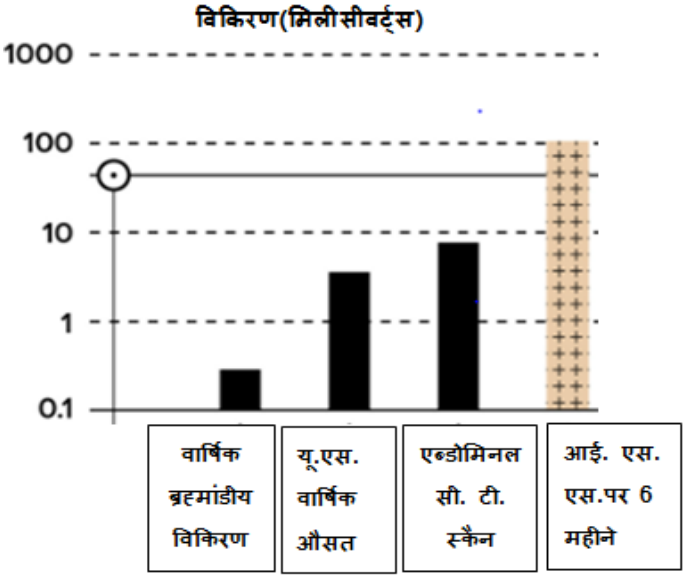


चित्र 1: समानव अंतरिक्ष मिशन की चुनौतियाँ

❖ शारीरिक चुनौतियाँ

1. विकिरण

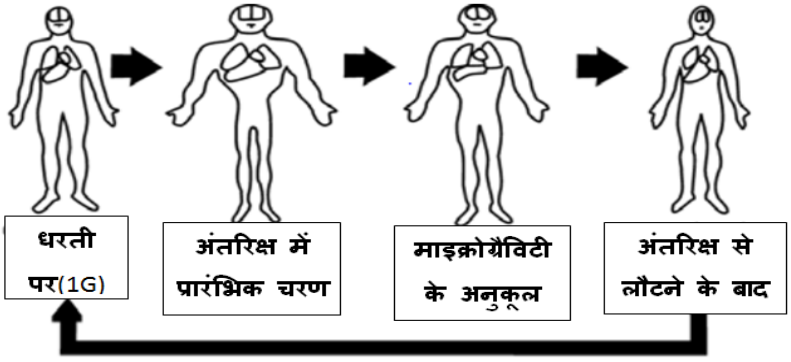
अंतरिक्ष विकिरण मानव आँखों के लिए अदृश्य है लेकिन सबसे खतरनाक खतरों में से एक है। पृथ्वी के प्राकृतिक सुरक्षात्मक चुंबकीय क्षेत्र के ऊपर, विकिरण कैंसर के जोखिम को बढ़ाता है, केंद्रीय तंत्रिका तंत्र को नुकसान पहुँचाता है, संज्ञानात्मक कार्य को बदल सकता है और व्यवहार में त्वरित परिवर्तन कर सकता है। विकिरण अस्थिमज्जा स्टेम कोशिकाओं के लिए अल्पकालिक और दीर्घकालिक दोनों परिणाम पैदा कर सकता है। पृथ्वी की निचली कक्षा में विकिरण की मात्रा पृथ्वी की सतह की तुलना में लगभग दस गुना अधिक है।



चित्र 2: विकिरण स्तर तुलना

2. सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण

माइक्रोग्रैविटी पर्यावरण का मानव शरीर पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है जैसे हड्डियों के घनत्व में कमी, मांसपेशियों की ताकत और सहन शक्ति में कमी, पोस्टुरल अस्थिरता और एरोबिक क्षमता में कमी। समय के साथ, ये प्रभाव अंतरिक्ष यात्रियों के प्रदर्शन को खराब कर सकते हैं तथा लैंडिंग, डॉकिंग या किसी अन्य आपात स्थिति के दौरान चोट के जोखिम को बढ़ा सकते हैं।



चित्र 3: मानव शरीर में द्रव वितरण पर माइक्रोग्रैविटी का प्रभाव

❖ मनोवैज्ञानिक चुनौतियाँ

लंबे अभियानों के दौरान, अंतरिक्ष यात्रियों को अलग-थलग और छोटे स्थानों में सीमित कर दिया जाता है। लंबे समय तक उनके बीच व्यवहार संबंधी मुद्दे अपरिहार्य हैं। अवसाद, चिंता, केबिन बुखार और अन्य मनोवैज्ञानिक समस्याएँ आमतौर पर हो सकती हैं। नींद की कमी, सर्कैडियन डिस्सिंक्रोनाइज़ेशन और काम का अधिभार इस मुद्दे को अधिक जटिल बना देते हैं, जिससे अंतरिक्ष यात्रियों के प्रदर्शन में कमी, प्रतिकूल स्वास्थ्य समस्याएँ तथा दक्षता पर प्रभाव पड़ सकता है। यह संभव है कि अंतरिक्ष यात्रियों का मानसिक स्वास्थ्य लंबे समय तक अंतरिक्ष यात्रा के दौरान संवेदी प्रणालियों में परिवर्तन से प्रभावित हो जाए।

❖ **<u>प्रौद्योगिकीय चुनौतियाँ</u>**

1. **प्रक्षेपण यान**

एक मानवयुक्त मिशन के लिए एक प्रक्षेपण यान में निम्नलिखित चुनौतीपूर्ण विशेषताएँ होनी अनिवार्य है: -

• विश्वसनीयता- यान की बहुत उच्च विश्वसनीयता होनी चाहिए और इसका मानव अनुकूल-मूल्यांकन किया जाना चाहिए।

• पुनः प्रवेश और लैंडिंग - पृथ्वी के वायुमंडल में सुरक्षित रूप से प्रवेश करने के लिए इसमें उचित तापीय सुरक्षा प्रणाली होनी चाहिए और सुरक्षित रूप से उतरने में सक्षम होना चाहिए।

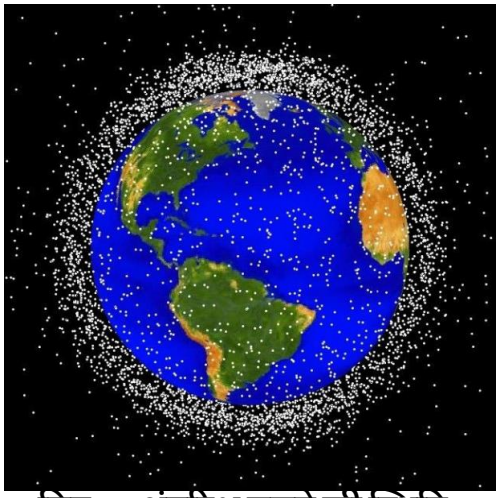
• लांच एस्केप सिस्टम-लांच चरण से किसी भी आपात स्थिति के लिए तैयार करने के लिए क्रू एस्केप सिस्टम विकसित करना महत्वपूर्ण है।

2. अंतरिक्ष गियर और अंतरिक्ष भोजन

- भोजन में अंतरिक्ष यात्रिओं लिए संतुलित पोषण प्रदान करने की विशिष्ट आवश्यकताएँ होती हैं। भोजन ऐसा होना चाहिए जो भंडारण के लिए सुरक्षित, तैयार करने में आसान और अंतरिक्ष यान के भारहीन वातावरण में उपभोग किया जा सके।
- स्पेस गियर्स- अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा पहने जाने वाले स्पेससूट साधारण कपड़ों के सेट से कहीं अधिक होते हैं। अंतरिक्ष अन्वेषण में आमतौर पर दो अलग-अलग प्रकार के स्पेससूट शामिल होते हैं। एक प्रकार को अंतरिक्ष यान के अंदर लांच और अंतरिक्ष में प्रवेश और फिर से पृथ्वी के वायुमंडल में पुनः प्रवेश के दौरान पहना जाता है। दूसरे प्रकार को विशेष रूप से स्पेसवॉक के लिए डिज़ाइन किया गया है जिसमें सभी जीवन समर्थन प्रणालियाँ हैं। स्पेस वियर का डिज़ाइन बहुत जटिल है और इसके लिए बहुत अधिक शोध की आवश्यकता होती है।

3. अंतरिक्ष मलबा

अंतरिक्ष मलबा अंतरिक्ष में मौजूद मानव निर्मित उन वस्तुओं को कहा जाता है जो अब उपयोगी नहीं हैं। इनमें गैर-कार्यात्मक अंतरिक्ष यान, परित्यक्त प्रक्षेपण यान चरण और परित्यक्त रॉकेट निकायों और अंतरिक्ष यान के विखंडन मलबे शामिल हैं। लगभग 34,000 टुकडों का आकार 10 सेंटीमीटर से बड़ा है और लाखों छोटे टुकड़े हैं। मलबे के एक छोटे से टुकड़े के साथ टक्कर के प्रभाव के परिणामस्वरूप क्रू मॉड्यूल के केबिन का दबाव कम हो सकता है और इसलिए यह मिशन की विफलता का कारण बन सकता है।



<u>चित्र 4: अंतरिक्ष मलबे की स्थिति</u>

4. अंतरिक्ष यात्री प्रशिक्षण

अंतरिक्ष मिशन के लिए अंतरिक्ष यात्रियों को तैयार करना एक जटिल प्रक्रिया है जिसमें शारीरिक प्रशिक्षण, चिकित्सा प्रक्रियाएँ, अतिरिक्त वाहन गतिविधि प्रशिक्षण, उत्तरजीविता प्रशिक्षण, पुनर्वास प्रक्रियाएँ और साथ ही बुनियादी विज्ञान पर प्रशिक्षण शामिल हैं।

भौतिक और आभासी (सिम्युलेटर) प्रशिक्षण सुविधाओं को अंतरिक्ष यात्रियों को उन परिस्थितियों से परिचित कराने के लिए एकीकृत किया जाना चाहिए जिनका वे उड़ान के सभी चरणों के दौरान सामना करेंगे और उन्हें माइक्रोग्रैविटी वातावरण के लिए तैयार करेंगे।

❖ **आर्थिक चुनौतियाँ**

समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशनों को सर्वोत्तम तकनीक और बहुत उच्च विश्वसनीयता की आवश्यकता होती है क्योंकि उनकी विफलता का अर्थ है जीवन की हानि। इसके कारण, इन मिशनों में बहुत अधिक वित्तीय निवेश की आवश्यकता होती है।

ये राष्ट्रीय क्षमता का प्रदर्शन करने के लिए आवश्यक एकमुश्त निवेश नहीं हैं बल्कि राष्ट्रीय लाभ के लिए निरंतर अंतरिक्ष खोज जारी रखना है। मानवयुक्त अंतरिक्ष अन्वेषण मिशनों में निवेश करते समय देश की अन्य आवश्यकताओं के साथ एक अच्छा संतुलन बनाए रखने की आवश्यकता है।

➢ **समानव अंतरिक्ष मिशन के अनुप्रयोग**

अंतरिक्ष में अद्वितीय परिस्थितियों का फायदा उठाकर, भौतिकी, रसायन विज्ञान और जीव विज्ञान में कई मूलभूत प्रक्रियाओं की जांच की गई है जो आमतौर पर पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण में संभव नहीं होती हैं। अंतरिक्ष स्टेशन पर किए गए प्रयोगों ने पहले से ही नए सिद्धांतों के विकास और नई घटनाओं की खोज में योगदान देकर समाज को लाभान्वित किया है। मानव अंतरिक्ष मिशन के अनुप्रयोगों के संबंध में कुछ मुख्य क्षेत्र निम्नलिखित हैं: -

1. **चिकित्सा अनुसंधान**

लंबे समय तक माइक्रोग्रैविटी के संपर्क में रहने के कारण मानव शरीर में कई बदलाव होते हैं। स्पेसफ्लाइट मानव अंग प्रणालियों में परिवर्तन करता है जिसके परिणामस्वरूप मांसपेशी शोष, हड्डियों के घनत्व में कमी, श्वसन, हृदय और वेस्टिबुलर सिस्टम में परिवर्तन जैसी समस्याएँ होती हैं। ये शारीरिक परिवर्तन उम्र बढ़ने और ऑस्टियोपोरोसिस और हृदय संबंधी समस्याओं जैसे सामान्य व्यापक रोगों से जुड़े परिवर्तनों से मिलते जुलते हैं।

मानव अंतरिक्ष उड़ानें इन भौतिक परिवर्तनों के त्वरित विश्लेषण और उन्हें सुधारने के लिए चिकित्सीय परीक्षण के अवसर प्रदान करती हैं।

2. **जीव विज्ञान और जैव प्रौद्योगिकी**

माइक्रोग्रैविटी में कोशिका और ऊतक वृद्धि की दिशात्मकता और ज्यामिति पर नियंत्रण पृथ्वी पर मौजूद लोगों से नाटकीय रूप से भिन्न होता है। गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव और कंटेनर की दीवारों की ताकतों के बिना कोशिकाओं, ऑर्गेनोइड्स और प्रोटीन समूहों का अध्ययन करने से उनके गुणों, व्यवहारों और उपचारों की प्रतिक्रियाओं की स्पष्ट समझ प्राप्त करने में मदद मिलती है। अंतरिक्ष में उगाए गए प्रोटीन क्रिस्टल उच्च गुणवत्ता वाले होते हैं। यह उच्च गुणवत्ता वाला क्रिस्टलीकरण हमें उनकी संरचनाओं की पहचान करने और नई दवाओं और अल्जाइमर, तपेदिक आदि जैसी बीमारियों के प्रभावी उपचार विकसित करने में मदद करता है।

3. **पदार्थ अनुसंधान और द्रव गतिकी**

माइक्रोग्रैविटी में द्रव और पदार्थ अनुसंधान का मुख्य उद्देश्य मौलिक प्रक्रियाओं जैसे कि पदार्थ का जमना, क्रिस्टलीकरण और तरल पदार्थ के व्यवहार पर गुरुत्वाकर्षण के प्रभावों को समझना है। गुरुत्वाकर्षण पृथ्वी पर उत्प्लावक-संचालित संवहन, अवसादन और हाइड्रोस्टेटिक दबाव को प्रभावित करता है जो उनके गुणों और प्रदर्शन को बदल देता है। अंतरिक्ष में पदार्थों के अध्ययन से सरल प्रायोगिक परिस्थितियों में पदार्थों के निर्माण, संरचना और गुणों के बारे में जानकारी मिलती है। माइक्रोग्रैविटी के तहत अनुसंधान प्रमुख औद्योगिक प्रक्रियाओं के कंप्यूटर मॉडल को अनुकूलित करने में भी मदद करता है, जिससे नई उत्पादन विधियों या सामग्रियों का विकास होता है। संभावित अनुप्रयोगों में संख्यात्मक सिमुलेशन की बढ़ी हुई विश्वसनीयता, धातुकर्म उद्योग में कास्टिंग सुविधाओं का नियंत्रण, सामग्री प्रसंस्करण में बेहतर उत्पादन और क्रिस्टल विकास शामिल हैं।

4. **विज्ञान और नई प्रौद्योगिकियों में प्रगति**

अंतरिक्ष अन्वेषण और पृथ्वी के साथ इसका संबंध सहजीवी है। इस महत्वाकांक्षी अन्वेषण प्रयास के लिए

नई तकनीकों और वैश्विक नवाचार की आवश्यकता होती है ताकि यह सुनिश्चित किया जा सके कि अंतरिक्ष यात्री सुरक्षित और प्रभावी रूप से महत्वपूर्ण अनुसंधान कर सकें। मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए मूल रूप से विकसित कई गैजेट, सामग्री और प्रक्रियाओं को पृथ्वी पर कईं अन्य अनुप्रयोगों में शामिल किया जाता है।

अंतरिक्ष कार्यक्रम द्वारा उत्पन्न आविष्कारों में विखंडन सतह शक्ति, उन्नत सौर सारणी, एक्वा-मेम्ब्रेन, स्पेस कैनरी, कैट स्कैन, एल.ई.डी. लाइट्स, मेमोरी फोम, फ्रीज-ड्राई फूड और कृत्रिम अंगों में उपयोग की जाने वाली शॉक एब्जॉर्बिंग सामग्री शामिल हैं।

5. मौलिक विज्ञान की बेहतर समझ

अंतरिक्ष स्टेशन पर कई परीक्षण नई जानकारी का खुलासा कर रहे हैं और लंबे समय से चले आ रहे वैज्ञानिक रहस्यों का सुराग दे रहे हैं। अंतरिक्ष में किए गए परीक्षण विद्युत शक्ति से लेकर जीवन समर्थन, विकिरण और संचार तक कई क्षेत्रों में तकनीकी अनुसंधान और विकास को चला रहे हैं। ट्राइबोलॉजी, इलेक्ट्रोस्टैटिक चार्जिंग/डिस्चार्जिंग घटना, पदार्थ एक्सपोजर और गिरावट, अंतरिक्ष मलबे और परमाणु ऑक्सीजन प्रवाह के माप से संबंधित कुछ तकनीकी प्रयोगों ने अवलोकन प्राप्त किए हैं जो पृथ्वी पर अनुसंधान के लिए फायदेमंद हैं।

➢ समानव अंतरिक्ष मिशन की भावी संभावनाएँ

अंतरिक्ष उद्योग में काम करने के लिए वर्तमान समय अत्यंत रोमांचक और व्यस्त है। यह पिछली सदी में शुरू किए गए कई रोमांचक मिशनों के कारण अंतरिक्ष अन्वेषण में उत्पन्न हुई सार्वजनिक रुचि का परिणाम है। समाज ने अंतरिक्ष अन्वेषण का फल प्राप्त करना और इसके लाभों को महसूस करना शुरू कर दिया है। वर्तमान में विभिन्न सरकारी और अंतर-सरकारी अंतरिक्ष एजेंसियाँ हैं जिनके पास अंतरिक्ष प्रक्षेपण क्षमताएँ हैं, जिनमें नासा, इसरो, यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी (ई.एस.ए.), रूसी संघीय अंतरिक्ष एजेंसी (रोस्कोस्मोस) और चीन राष्ट्रीय अंतरिक्ष प्रशासन (सी.एन.एस.ए.) शामिल हैं।

हालाँकि, जब 21वीं सदी की अंतरिक्ष यात्रा की बात आती है तो सरकारी अंतरिक्ष एजेंसियों के साथ साथ कई वाणिज्यिक कंपनियाँ भी स्पेसफ्लाइट क्षमताओं का विकास कर रही हैं। भविष्य की मानव अंतरिक्ष उड़ानों के लिए निर्धारित लक्ष्यों को प्राप्त करने में सभी क्षेत्रों में बहुत सारे शोध की आवश्यकता होगी। मानव अंतरिक्ष यान से संबंधित ऐसी भविष्य की कुछ प्रमुख संभावनाएँ निम्नलिखित हैं: -

1. **अंतरिक्ष पर्यटन**

अंतरिक्ष पर्यटन मनोरंजक उद्देश्यों के लिए मानव अंतरिक्ष यात्रा है। हम ऐसे भविष्य से बहुत दूर नहीं हैं जहाँ साधारण मनुष्य भी बाहरी अंतरिक्ष की यात्रा कर सके। कई अलग-अलग प्रकार के अंतरिक्ष पर्यटन हैं, जिनमें कक्षीय, उपकक्षीय और चंद्र अंतरिक्ष पर्यटन शामिल हैं। इस समय, वाणिज्यिक कंपनियाँ उप-कक्षीय अंतरिक्ष यात्रा पर अधिक ध्यान केंद्रित कर रही हैं। इससे व्यावसायीकरण से उड़ान की लागत कम होगी, अंतरिक्ष में मानव जीवन को बनाए रखने के नए तरीकों का विकास होगा और पर्यटकों को भविष्य में पृथ्वी की कक्षा यात्रा का अनुभव करने का अवसर प्रदान होगा।

2. **अंतरिक्ष चिकित्सा**

ऐतिहासिक रूप से, अंतरिक्ष में बीमारी और चोट के निदान और उपचार के लिए नैदानिक दृष्टिकोण की रोकथाम पर जोर दिया गया था। यह चिकित्सा चयन मानदंड, नियमित चिकित्सा जांच, और माइक्रोग्रैविटी के संपर्क से जुड़े कई शारीरिक परिवर्तनों को कम करने के लिए प्रत्युपाय के विकास के माध्यम से पूरा किया जाता है।

लेकिन यह दृष्टिकोण लंबी अवधि की अंतरिक्ष उड़ानों या अंतरिक्ष में चिकित्सा आपात स्थिति के लिए सबसे उपयुक्त नहीं है। अगला दशक नई नैदानिक और उपचार क्षमताओं को विकसित करने, नई तकनीकों का आकलन करने और सी.एम.ओ. कौशल प्रतिधारण और समय पर प्रशिक्षण के लिए रणनीतियों का मूल्यांकन करने का अवसर प्रदान करेगा।

3. विद्युत प्रणोदन

विद्युत प्रणोदन विभिन्न संभावित विद्युत या चुंबकीय साधनों द्वारा एक प्रणोदक को आवश्यक त्वरण प्रदान करने के लिए विद्युत शक्ति का उपयोग करता है। यह ऑन-बोर्ड अंतरिक्ष यान में कम थ्रस्ट एवं लंबी अवधि के अनुप्रयोगों के लिए उपयुक्त है। सौर विद्युत प्रणोदन जैसी उन्नत प्रणोदन प्रौद्योगिकी से लागत बचत, सुरक्षा और बेहतर प्रणोदक शक्ति का सही मिश्रण प्रदान होगा ताकि गहरे अंतरिक्ष में गंतव्यों के लिए अगली पीढ़ी की विभिन्न यात्राओं का समर्थन किया जा सके। यह तकनीक लंबी अवधि के मानवयुक्त अंतरिक्ष मिशनों के लिए एक मील का पत्थर साबित होगी।

4. उन्नत पदार्थ(Advanced materials)

अंतरिक्ष यान जो मनुष्यों को गहरे अंतरिक्ष में ले जाएगा, वह तापमान और वायु घनत्व में अत्यधिक परिवर्तन का सामना करने में सक्षम होना चाहिए। 1 पाउंड वजन को चंद्रमा पर ले जाने और वापस ले आने की लागत वर्तमान में लगभग $ 100,000 है। इसलिए, एक संरचनात्मक रूप से उन्नत सामग्री विकसित करने की आवश्यकता है जो सुरक्षित होने के लिए पर्याप्त मजबूत हो - लेकिन व्यावहारिक होने के लिए पर्याप्त हल्का हो। अंतरिक्ष यात्रा को लाभ पहुँचाने की क्षमता के साथ बायोमैटेरियल्स भी नए क्षेत्रों में से एक है।

5. बायोएस्ट्रोनॉटिक्स

बायोएस्ट्रोनॉटिक्स अंतरिक्ष उड़ान वातावरण में मनुष्यों और अन्य जीवित जीवों को नियंत्रित करने वाले जैविक, व्यावहारिक और चिकित्सा पहलुओं को शामिल करता है। इसमें पेलोड, अंतरिक्ष यान आवास और जीवन समर्थन प्रणाली का डिजाइन शामिल है। बायोएस्ट्रोनॉटिक्स लंबी उड़ानों के दौरान और बाद में अंतरिक्ष यात्री की रक्षा करने और लंबी अवधि की उड़ानों के दौरान हवा, पानी, भोजन और टेलीमेडिसिन प्रदान करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाने जा रहा है।

6. खगोलीय पिंडों का खनन

ग्रह भविष्य के वाणिज्यिक अवसरों में, कीमती और दुर्लभ पदार्थों के खनन के लिए चंद्रमा, अन्य और क्षुद्रग्रह शामिल हो सकते हैं। रॉकेट ईंधन का उत्पादन करने के लिए चंद्रमा का पर्याप्त खनिज भंडार परिक्रमा करने वाले स्टेशनों पर अंतरिक्ष यान के लिए डिपो के रूप में कार्य कर सकता है। इसके अलावा अतिरिक्त संसाधनों की उपलब्धता जिन्हें अंतरिक्ष से खनन किया जा सकता है, संभावित रूप से मनुष्यों की क्षमताओं का विस्तार कर बड़े पैमाने पर समाज को लाभान्वित कर सकते हैं।

7. उन्नत संचार तकनीक का विकास

पृथ्वी से किसी भी अंतरिक्ष यान तक संचार एक जटिल चुनौती है, जिसका मुख्य कारण अत्यधिक दूरी है। जब डेटा लंबी दूरी पर प्रेषित और प्राप्त किया जाता है, तो देरी और हस्तक्षेप या डेटा हानि की संभावना महत्वपूर्ण होती है। विलंब सहिष्णु नेटवर्किंग (डी.टी.एन.) अंतरिक्ष मिशनों के लिए विश्वसनीय इंटरनेटवर्किंग का समाधान प्रतीत होता है। डी.टी.एन. दूर-दराज के कनेक्शनों से भी उपयोगकर्ताओं के बीच स्वचालित डेटा वितरण के साथ एक सौर प्रणाली इंटरनेट को सक्षम करेगा।

उच्च प्रदर्शन वाले लघु इलेक्ट्रॉनिक्स के साथ ऑप्टिकल संचार का भी उपयोग किसी निश्चित समय में पृथ्वी पर अधिक डेटा संचारित करने के लिए भी किया जा सकता है। यह द्रव्यमान, मात्रा और शक्ति में मिशन के बोझ को बढ़ाए बिना अंतरिक्ष यान संचार प्रदर्शन और दक्षता में वृद्धि करेगा।

➢ भारतीय मानव अंतरिक्ष मिशन

गगनयान इसरो द्वारा मानव अंतरिक्ष उड़ान क्षमता का प्रदर्शन करने के लिए शुरू की गई पहली परियोजना है। अंतरिक्ष मिशन की घोषणा 2018 में की गई थी तथा इसके 2024 में लांच होने की उम्मीद है। गगनयान

कार्यक्रम में तीन अंतरिक्ष यात्रियों के दल के साथ लो अर्थ ऑर्बिट के लिए मानव अंतरिक्ष यान के प्रदर्शन की परिकल्पना की गई है।

गगनयान कार्यक्रम का मुख्य उद्देश्य अंतरिक्ष तक पहुँच में स्वायत्तता प्राप्त करना है, जो अधिकतम उद्योग/शिक्षाविदों की भागीदारी और सहयोग के साथ राष्ट्रीय विकास के लिए मूर्त और अमूर्त लाभ दोनों प्रदान करेगा। इसकी सफलता के बाद भारत, सोवियत संघ(रूस), संयुक्त राज्य अमेरिका और चीन के बाद स्वतंत्र मानव अंतरिक्ष उड़ान का संचालन करने वाला चौथा देश होगा।

गगनयान कार्यक्रम के सफल समापन के बाद, अगला कदम अंतरिक्ष में स्थायी मानव उपस्थिति की क्षमता हासिल करने पर केंद्रित होगा। अंतरिक्ष स्टेशन से जुड़ी गतिविधियाँ गगनयान कार्यक्रम का विस्तार होंगी।

➢ संदर्भ :

1. Vernikos J , *Exploration of Space: why, where, what for?*, HIPPOKRATIA (2008)
2. Sashikanth Rapeti. *IN-SPACE ELECTRIC PROPULSION SYSTEMS -THE FUTURE OF SPACECRAFT PROPULSION TECHNOLOGIES*. 2021. hal-03317608
3. Space, Policy, and Society Research Group Massachusetts Institute of Technology, *The Future of Human Spaceflight*
4. International Space Exploration Coordination Group, *Benefits Stemming from Space Exploration*
5. Melanie Whiting, Laurie Abadie, 5 *Hazards of Human Spaceflight* https://www.nasa.gov/hrp/5-hazards-of-human-spaceflight
6. Gaganyaan: Indian Human Space Programme https://www.isro.gov.in/Gaganyaan.html
7. *Benefits of human spaceflight ,ESA* https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/European_ISS_Business_Club/Benefits_of_human_spaceflight

➢ लेखक परिचय :



लोकेंद्र 2017 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में शामिल हुए। तब से वे एंटीना यांत्रिक अभिकल्प विभाग में यांत्रिक डिजाइनर के रूप में कार्यरत हैं। उन्होंने यांत्रिक डिजाइनर के रूप में GSAT 31, GSAT22, GSAT23 और GSAT24 जैसी परियोजनाओं में काम किया है।

समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतिया, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएँ

एम. सौम्या
वैज्ञानिक/इंजीनियर 'एस.ई.'
बी.एस.डी./आर.एफ. व बी.एस.जी., एस.डी.आर. व आई.एस.ए.
राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र, NRSC
sowmya_m@nrsc.gov.in, m.sowmya93@gmail.com

सारांश

अंतरिक्ष की वर्तमान स्थिति- गहन अंतरिक्ष अन्वेषण की सीमाएं- संभावनाएँ- चुनौतियाँ, अनुप्रयोग और निकट भविष्य।

यद्यपि गहरे अंतरिक्ष अन्वेषण का भविष्य तकनीकी, व्यावहारिक, खगोलीय और मानवीय सीमाओं के एक समूह द्वारा सीमित है, निकट भविष्य में मानव अंतरिक्ष अन्वेषण के विकास की एक निश्चित संभावना है। प्रोपल्सन सिस्टम, नेविगेशन, संसाधन और भंडारण आदि में अंतरिक्ष-उड़ान प्रौद्योगिकी के क्षेत्रों में मुख्य रूप से प्रगति देखी जा सकती है। मानव अंतरिक्ष मिशन में कृत्रिम बुद्धिमत्ता और रोबोटिक अंतरिक्ष यान के विकास के कई प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष लाभ हैं।

परिचय:

एलोन मस्क, स्पेसएक्स के संस्थापक, सी.ई.ओ. ने कहा,

'आप सुबह उठकर सोचना चाहते हैं कि भविष्य महान होने वाला है - और यही एक अंतरिक्ष यात्री सभ्यता होने के बारे में है। यह भविष्य में विश्वास करने और यह सोचने के बारे में है कि भविष्य अतीत से बेहतर होगा और मैं वहाँ से बाहर जाने और सितारों के बीच होने से ज्यादा रोमांचक कुछ भी नहीं सोच सकता'

मानव निम्न भू कक्षा (एल.ई.ओ.) में आई.एस.एस. स्टेशन पर जीवित रह सकते हैं, या चंद्रमा की खोज में समय बिता सकते हैं, लेकिन चंद्रमा या अन्य दुनिया को उपनिवेश बनाने के लिए अद्वितीय चुनौतियाँ प्रस्तुत करती हैं।

पृथ्वी पर जीवन को बनाए रखने के लिए सभी तत्व हैं। अन्वेषण मिशन जो पृथ्वी के सुरक्षात्मक क्षेत्र को छोड़ते हैं, हालाँकि, अंतरिक्ष में कॉस्मिक रेडिएशन और खतरनाक वातावरण जैसी स्थितियों से कई चुनौतियों को दूर करना होगा:

मुख्य खंड: इस लेख में, अब, मैं '**मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशनो में <u>प्रमुख चुनौतियों</u>**' पर चर्चा कर रही हूँ।

<u>चुनौतियाँ :</u>

1. **प्रस्थान टेक-ऑफ:** पृथ्वी की सतह पर किसी वस्तु को आकाश में उड़ने के लिए, उसे 25,000 मील प्रति घंटे से अधिक की गति से ऊपर की ओर शूट करने की आवश्यकता होती है। तो, टेकऑफ़ एक समस्या है।
2. **गुरुत्वाकर्षण एक ड्रैग प्रणोदन है:** मंगल क्यूरियोसिटी रोवर को प्रमोचित करने के लिए लगभग $ 200 मिलियन अर्थात मिशन के बजट का लगभग दसवाँ हिस्सा खर्च होता है, इसलिए प्रमोचन एक चुनौती है।
3. **अंतरिक्ष जंक** 17,500 मील प्रति घंटे से अधिक की गति से पृथ्वी के चारों ओर चोट पहुंचाने वाली अंतरिक्ष जंक ऑब्जेक्ट्स अतिरिक्त ईंधन को उपयोग करेंगे।
4. **अंतरिक्ष के लिए कोई जी.पी.एस. नहीं है:** नेविगेशन अंतरिक्ष के लिए डीप स्पेस नेटवर्क एकमात्र नेविगेशन उपकरण है। नेवीगेटर शिल्प की स्थिति निर्धारित करने के लिए पृथ्वी पर अल्ट्राप्रैस परमाणु घड़ी

का उपयोग करते हैं। लेकिन जैसे-जैसे अधिक से अधिक मिशन उड़ान भरते हैं, नेटवर्क भीड़-भाड़ वाला होता जा रहा है।

5. **इन-फ्लाइट रेडिएशन:** पृथ्वी के वायुमंडल और चुंबकीय क्षेत्र के बाहर, उप-परमाणु कण प्रकाश की गति से चलते हैं। यह हानिकारक अंतरिक्ष विकिरण है।
6. **भोजन का कोई स्रोत नहीं**: अंतरिक्ष में भोजन और पानी की कमी देखी जाती है। यह शारीरिक और मानसिक स्वास्थ्य को प्रभावित करता है।
7. **आगमन : इसमें पालन किए जाने वाले कदम हैं**: घर्षण का पता लगाना और एक घुमाव लेना, एरोब्रेक को हिट करना और ड्रैग, पिवट और थ्रस्ट बढ़ाना।
8. **संसाधन और अन्वेषण** अंतरिक्ष में संसाधनों की खोज करना मुश्किल है। उदाहरण के लिए मंगल पर सिलिका और आयरन ऑक्साइड के अस्तित्व का पता लगाना।



मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन की प्रमुख चुनौतियों को ऊपर दिए गए चित्र में दिखाया गया है



मानव अंतरिक्ष उड़ान जोखिम के व्यक्तिगत कारकों को ऊपर दिए गए चित्र में दिखाया गया है।

<u>उड़ान कार्यक्रमों में इसरो (ISRO) की प्रगति अब तक..।</u>

* **चंद्रयान 3**: ये इसरो का प्रतिष्ठित चंद्र अंतरिक्ष मिशन है। चंद्रयान 2 में एक ऑर्बिटर, लैंडर और रोवर था, चंद्रयान 3 में केवल एक लैंडर और एक रोवर होगा, जो इसरो को चंद्रमा पर सॉफ्ट लैंडिंग करने वाली दुनिया की चौथी अंतरिक्ष एजेंसी बना देगा।

* **मार्स ऑर्बिटर मिशन 2** (MOM 2): जिसे मंगलयान-2 भी कहा जाता है, मंगल ग्रह के लिए भारत का दूसरा इंटरप्लेनेटरी मिशन है। इसरो ने 2025 तक इस मिशन को प्रमोचित करने की योजना बनाई है।

* **गगनयान:** इसरो का गगनयान मिशन पहला भारतीय मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम है। इसका उद्देश्य LEO को मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन शुरू करने के लिए स्वदेशी क्षमता का प्रदर्शन करना है। इसमें दो मानव रहित और एक मानवयुक्त मिशन की योजना बनाई गई है।

इसमें एक क्रू मॉड्यूल है जिसे 3 सदस्यों को कक्षा में ले जाने और सात दिनों की अवधि के बाद सुरक्षित रूप से पृथ्वी पर वापस लाने के लिए डिज़ाइन किया गया है।

<u>गहरे अंतरिक्ष अन्वेषण की सीमाएँ:</u>

गहरे अंतरिक्ष अन्वेषण का भविष्य तकनीकी, व्यावहारिक, खगोलीय और मानवीय सीमाओं के एक समूह द्वारा सीमित है।

- **तकनीकी सीमाएँ:**

प्रणोदन प्रणाली, नेविगेशन, संसाधन और भंडारण आदि में अंतरिक्ष-उड़ान प्रौद्योगिकी की वर्तमान स्थिति निकट भविष्य में मानव अंतरिक्ष अन्वेषण के विकास के लिए चुनौतीपूर्ण सीमाएँ प्रस्तुत करती है।

- **दूरी:**

हमारे और निकटतम सितारों के बीच खगोलीय दूरी एक चुनौती है। इस दूरी को प्राप्त करने योग्य अधिकतम गति के साथ तय करने में कई साल लग जाते हैं।

- **प्रणोदन और ईंधन:**

प्रणोदन के संदर्भ में, मुख्य चुनौती लिफ्ट ऑफ़ और प्रारंभिक गति है क्योंकि अंतरिक्ष के निर्वात में कोई घर्षण नहीं है।

दूरी, भार और उड़ान का समय जैसे कारक इस्तेमाल किए जाने वाले प्रणोदन और प्रणोदक के प्रकार को निर्धारित करते हैं।

- **मानवीय सीमाएँ:**

अंतरिक्ष उड़ान के चालक दल के सदस्यों को कई शारीरिक और मनोवैज्ञानिक मुद्दों का सामना करना पड़ता है।

संक्रमण गुरुत्वाकर्षण, शरीर पर परिमाण, तापमान अभिविन्यास, समन्वय और संतुलन के लिए हानिकारक हैं। इसके अलावा, एक ढाल के रूप में पृथ्वी के आसपास के चुंबकीय क्षेत्र के बिना, सौर विकिरण का अंतरिक्ष में अधिक कठोर प्रभाव पड़ता है।

तनाव, कम बातचीत, ऑक्सीजन की कमी, पानी और भोजन मानव कल्याण को प्रभावित करते हैं।

I. <u>भावी संभावनाएँ :</u>

मानव अंतरिक्ष अभियान में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस और रोबोटिक स्पेस क्राफ्ट डेवलपमेंट का उपयोग करने के लाभ:

गहरे अंतरिक्ष अभियानों के लिए, उच्च स्तरीय स्वचालित प्रणालियों और रोबोटिक स्पेस क्राफ्ट का उपयोग करने का विचार दुनिया भर में अंतरिक्ष एजेंसियों का एक वांछनीय लक्ष्य है।

भविष्य के अंतरिक्ष अन्वेषण में स्वायत्तता एक प्रमुख तकनीक होगी। इसमें संचार के लिए रोबोटिक अंतरिक्ष यान का इस्तेमाल किया जाएगा।

इस तकनीक के कई फायदे हैं जैसे कम लागत, कम मानवीय हस्तक्षेप।

ये प्रौद्योगिकियाँ सभी संभावित राज्यों और घटनाओं का विश्लेषण करेंगी और एक सुरक्षित और त्वरित प्रतिक्रिया के साथ आएँगी। इसके अलावा, वे प्रदर्शन को बढ़ाते हैं और प्रमोचित लागत और जमीनी भागीदारी को कम कर सकते हैं।

- **ऊर्जा: सौर पेनल्स**

अंतरिक्ष में प्रचुर मात्रा में सौर ऊर्जा का उपयोग करने के लिए उन्नत सौर पैनल प्रौद्योगिकी विकसित की जानी है। इसके लिए भविष्य के सौर पैनल हल्के और बहुत कुशल होने चाहिए।

II. अनुप्रयोग :

मानव अंतरिक्ष अभियान के दो अनुप्रयोग हैं

वे हैं- प्रत्यक्ष लाभ और अप्रत्यक्ष लाभ

प्रत्यक्ष लाभ	अप्रत्यक्ष लाभ
• राष्ट्रीय आउटपुट और उपलब्धियां • जनता प्रेरित है • वैज्ञानिक ज्ञान है • उत्पन्न राष्ट्रीय तकनीकी क्षमता में सुधार हुआ है • क्षमता और उत्पादकता में अंतरिक्ष में वृद्धि हुई है • अंतरिक्ष उत्पादों के लिए बाजार और सेवाओं का निर्माण होता है • शांतिपूर्ण अंतर्राष्ट्रीय भागीदारी बनती है	• आर्थिक समृद्धि • स्वास्थ्य • पर्यावरणीय लाभ • सुरक्षा और सुरक्षा • मानव अनुभव का विस्तार हुआ • ब्रह्मांड में मानव स्थिति की समझ बढ़ी है



अंतरिक्ष मिशन के कई लाभ हैं-

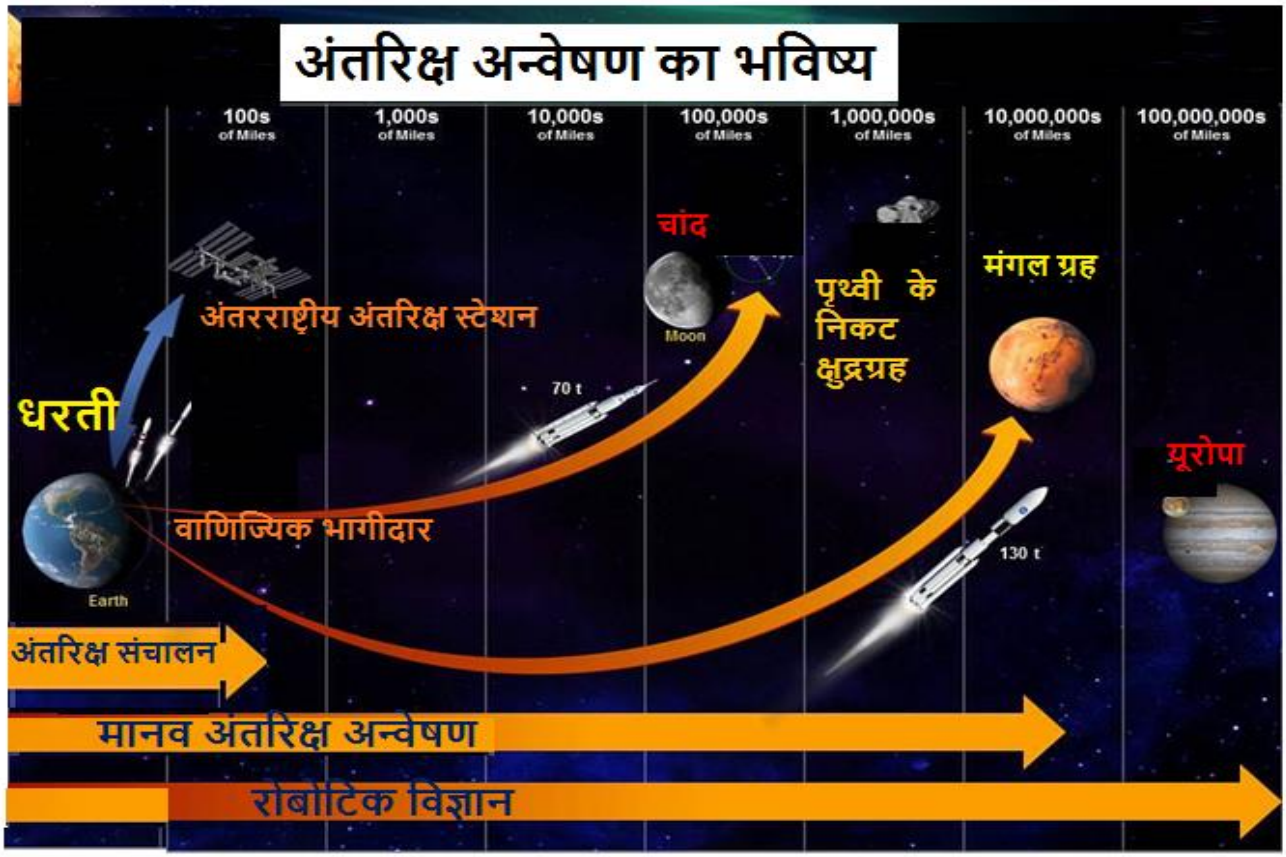
- तारहित बिजली उपकरण
- गति निर्माता
- नए थर्मामीटर
- गर्मी प्रतिरोधी सूट
- हेलमेट



अंतरिक्ष अन्वेषण के दैनिक लाभ हैं:

- दैनिक जीवन में उपग्रहों के अनुप्रयोग
- प्रौद्योगिकी में रोजगार पैदा करना
- सेलफोन का उपयोग
- जलवायु परिवर्तन पर कार्रवाई
- वैज्ञानिक खोज करना
- जोखिम भरी शल्य प्रक्रियाएँ करना
- विज्ञान में प्रतिभा पैदा करना

अंतरिक्ष अन्वेषण का संभावित भविष्य नीचे दी गई तस्वीर में दिखाया गया है



III. **<u>निष्कर्ष</u>:** चुनौतियों का सामना करते हुए 'मानव अंतरिक्ष अभियान' में विकास की भविष्य की संभावनाएँ प्रत्यक्ष लाभ और अप्रत्यक्ष लाभ मानव अंतरिक्ष उड़ान का मार्ग प्रशस्त करने में मदद करते हैं।

<u>संदर्भ और ग्रंथ सूची:</u> किताबें, विकिपीडिया, वैज्ञानिक जानकारी

लेखक परिचय:



मैं सौम्या राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र में इंजीनियर 'एस.ई.' के रूप में कार्यरत हूँ। मैं बेस बैंड सिस्टम डिवीजन (BSD Division)/आर.एफ. व बी.एस.जी. (RF BSG group)/एस.डी.आर. व आई.एस.ए. (SDR & ISA) क्षेत्र में काम कर रही हूँ। मैं मेहनती, विश्लेषणात्मक, संगठित, टीम प्लेयर, सहानुभूतिपूर्ण, मैत्रीपूर्ण और कुशल समस्या समाधानकर्ता हूँ, जो मुझे अद्वितीय बनाता है। मुझे किताबें पढ़ना और नई चीजें सीखना पसंद है।

समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियाँ

राकेश शुक्ला, वैज्ञानिक 'एस.जी.'
प्रधान एस.आई.टी.एस. एवं सूचना सुरक्षा अधिकारी
एड्रिन, अंतरिक्ष विभाग, भारत सरकार

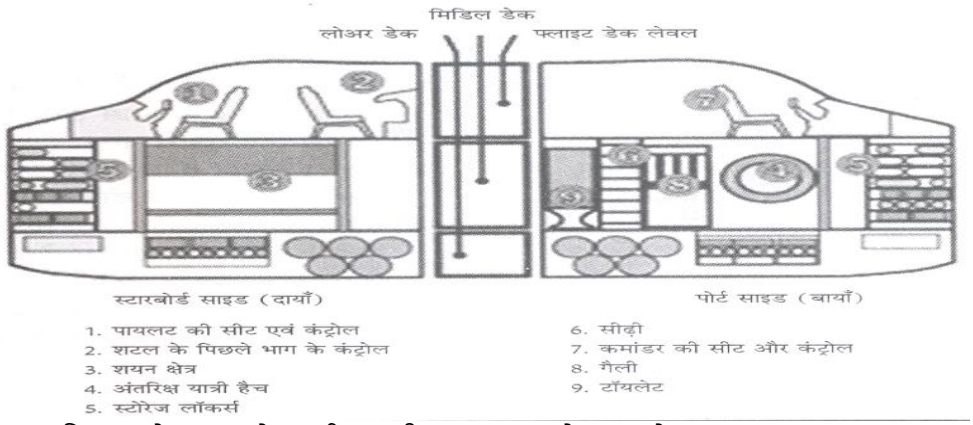
सारांश

आज मानव समुदाय ने मात्र कुछ दशकों में अंतरिक्ष में अपनी उपस्थिति बना डाली है। अंतरिक्ष में जीवन हेतु अन्वेषण के कार्य वैसे तो रोबोटों और प्रोबों से किए जा सकते हैं लेकिन किसी भी अप्रत्याशित स्थिति में कोई भी निर्णय केवल मनुष्य ही ले सकता है। इसलिए मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों की आवश्यकता है तथा अंतरिक्ष में जीवन के अन्वेषण हेतु मानव को भेजना आवश्यक है। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन द्वारा गगनयान मिशन के तहत अंतरिक्ष यात्रियों के दल को पृथ्वी की निचली कक्षा में भेजा जाना है। इस मिशन के अलग-अलग चरण होंगे। जैसे-प्रक्षेप पथ पर चढ़ाई, कक्षा में परिभ्रमण, डी-बूस्ट और अवरोहण। मिशन चाहे किसी भी देश का हो, अंतरिक्ष अन्वेषण के क्षेत्र में मानवयुक्त अंतरिक्ष उड़ानें अनेक तकनीकी चुनौतियाँ खड़ी करती हैं, अर्थात कोई भी समानव अंतरिक्ष अभियान चुनौतियों से भरपूर होता है। मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए प्रौद्योगिकियाँ अंतरिक्ष माड्यूल तथा आवास आज मानवयुक्त अंतरिक्ष उड़ानों के अहम मुद्दे हैं। सबसे बड़ी चुनौतियों में से कुछ हैं- भारहीनता का मनुष्य पर प्रभाव तथा इसी भारहीनता की स्थिति में मानव का अंतरिक्ष में आवास। अंतरिक्ष की गुरुत्वहीन स्थिति में मानव जीवन की सामान्य प्रक्रियाएँ जैसे- खाना, पीना, चलना, सोना, शौचालय जाना, दाढ़ी बनाना इत्यादि सभी बदल जाती हैं। गुरुत्व की अनुपस्थिति के कारण अंतरिक्ष में मानव जीवन की शैली पृथ्वी से सर्वथा भिन्न है तथा इसके लिए अंतरिक्ष यात्रियों को विशेष प्रशिक्षण दिया जाता है। सूक्ष्म गुरुत्व में जीवन के कुछ जैविक एडाप्टेशंस जैसे अस्थि घनत्व का ह्रास एवं मांसपेशी क्षीणन को जन्म देता है। अंतरिक्ष में मानव मस्तिष्क भी प्रभावित होता है। अंतरिक्ष का एकांतवास भी मानव अंतरिक्ष आवास की बहुत बड़ी समस्या है जिससे निबटने के लिए नई-नई तकनीकियों तथा अंतरिक्ष माड्यूलों का निर्माण किया जाता है। कुल मिलाकर अंतरिक्ष में एक अजीबो ग़रीब माहौल होता है, जिसमें मानव को नई तकनीकियों तथा पद्धतियों को अपनाना पड़ता है। इन सबमें सबसे बड़ा मुद्दा मानव सुरक्षा का है। आज मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों के लिए मानव शरीर का गुरुत्व या ग्रैविटी, भोजन, वायु और पानी एक गंभीर विषय बन गए हैं। जैसे-जैसे हम समानव अंतरिक्ष अभियान के विषय के बारे में सोच रहे हैं वैसे-वैसे यह स्पष्ट होता जा रहा है कि अंतरिक्ष में मानव को जीवन के लिए गुरुत्व और उन्नतशील रीसाइक्लिंग तंत्र की आवश्यकता पड़ेगी। इन समस्याओं के समाधान की तुरंत आवश्यकता है और शायद आने वाले भविष्य के मानवयुक्त अंतरिक्ष उड़ान मिशनों के लिए हम अपने वायुमंडल का सृजन करने में सफल होंगे। प्रस्तुत लेख में हम यह देखेंगे कि मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों में क्या-क्या महत्वपूर्ण होता है तथा अंतरिक्ष में जीवन शैली किस प्रकार की होती है। साथ ही साथ हम मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों की प्रौद्योगिकियों और तकनीकों पर प्रकाश डालेंगे तथा समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियों पर चर्चा भी करेंगे।

मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों की क्या आवश्यकता है: पृथ्वी की कक्षा में घूमते हुए उपग्रह पृथ्वी के विषय में महत्वपूर्ण जानकारी प्रदान कर रहे हैं। रोबोट तथा स्वचालित रूप से किए जा रहे परीक्षण अंतरिक्ष विज्ञान के क्षेत्र में वैज्ञानिक अनुसंधानों को ख़ूब बढ़ावा दे रहे हैं। इतना सब कुछ संभव हो जाने के बावजूद मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों की क्या आवश्यकता है? इस प्रश्न के अनेक उत्तर हैं तथा ये उत्तर बहुत महत्वपूर्ण हैं:-

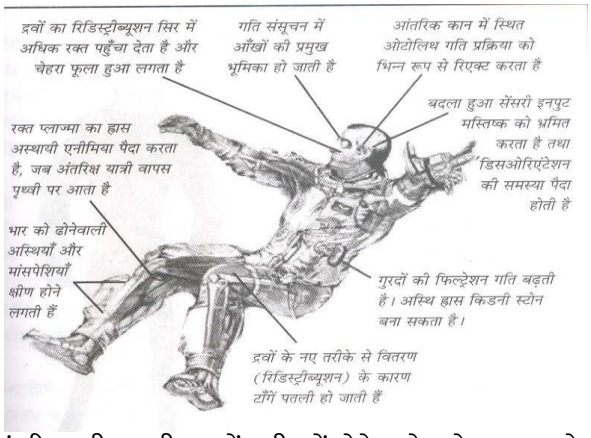
1. यद्यपि आज मशीनें अंतरिक्ष में अगणित प्रकार के कार्य कर सकती हैं, फिर भी कुछ ऐसे कार्य हैं जिन्हें मशीनें नहीं कर सकती हैं। इन विशिष्ट कार्यों को करने के लिए मनुष्य का स्वयं अंतरिक्ष में जाना आवश्यक हो जाता है। इसके अलावा मनुष्य के साथ विश्व का सबसे महत्वपूर्ण उपकरण भी जाता है। यह उपकरण है मानव मस्तिष्क। अंतरिक्ष में मनुष्य को भेजने के संदर्भ में अंतरिक्ष यात्री फ्रेड लेसली (जो कि स्पेस शटल की उड़ान एस.टी.एस-73 में गये थे) कहते हैं "अंतरिक्ष में मनुष्य अपने साथ अप्रत्याशित घटनाओं का सामना करने के लिए एक विशेष प्रकार का अनुभव ले जाता है। " अंतरिक्ष में जब कोई अप्रत्याशित समस्या आ जाती है, तो मानवीय प्रतिभा और कौशल से बढ़कर कोई ऐसी चीज़

नहीं होती है, जो एक समस्या का समाधान कर सके। एक स्पेस शटल के अंतरिक्ष यात्री कक्ष का कट-वे (क्रास सेक्शन या अनुप्रस्थ काट) चित्र 1 में दर्शाया गया है।

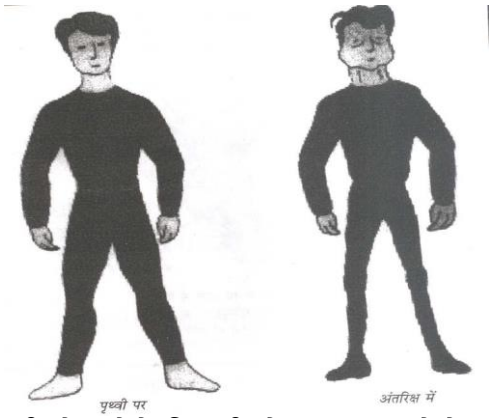


चित्र 1) स्पेस शटल के अंतरिक्ष यात्री कक्ष का कट-वे (क्रास सेक्शन या अनुप्रस्थ काट)

2. मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों से उपकरणों और मशीनों का निष्पादन बढ़ सकता है तथा आवश्यकता पड़ने पर इन उपकरणों और मशीनों को अंतरिक्ष में रिपेयर (मरम्मत) किया जा सकता है। उदाहरणार्थ विश्व की प्रथम अंतरिक्ष टेलिस्कोप, हब्बल, जिसका प्रमोचन अप्रैल 1990 में किया गया था। उसकी एक ख़राबी को तब दूर किया गया जब टेलिस्कोप अंतरिक्ष में प्रमोचित की जा चुकी थी। इस मिशन में, प्रमोचन के बाद कई रिपेयर किए गए तथा अनेक नए उपकरण लगाए गए।
3. मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों से मानव शरीर पर पड़ने वाले सूक्ष्म गुरुत्व के प्रभावों को अच्छी तरह से समझा जा सकता है। इस संदर्भ में काफ़ी अनुसंधान कार्य संपन्न किए जा चुके हैं:- जैसे कि एक अंतरिक्ष उड़ान, मानव मस्तिष्क, हृदय, फेफड़ों, हड्डियों, मांसपेशियों और शरीर के अन्य अंगों को किस प्रकार प्रभावित करती है। यह अनुसंधान कार्य, अनुसंधानकर्ताओं को इस प्रकार की जानकारी प्रदान करते हैं। साथ ही साथ यह कार्य यह जानकारी भी प्रदान करते हैं कि अंतरिक्ष उड़ानों को किस प्रकार अधिक-से-अधिक रूप से सुरक्षित बनाया जाए। इन अनुसंधानो के तीन लाभ हैं। जब अंतरिक्ष यात्री अंतरिक्ष की कक्षा में लंबे समय तक रहेंगे, तो वह अपने साथ इस प्रकार के अनुभव लेकर आएंगे की, वहाँ अपने आप को कैसे स्वस्थ रखा जाए। तद्नुसार, पृथ्वी पर अपने को शीघ्रता से अनुकूल कैसे किया जाए, इस बात का भी अनुभव अंतरिक्ष यात्री पृथ्वी आगमन पर कर सकते हैं। मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों में, पृथ्वी से निकलकर अंतरिक्ष यात्री दूसरे ग्रहों पर भी जाएँगे। इससे वैज्ञानिकों को यह ज्ञान मिलेगा कि, मानव शरीर इन नए अनुभवों का सामना किस प्रकार करेगा। अंतरिक्ष की भारहीनता में शरीर में होने वाले अनेक प्रकार के परिवर्तन तथा अंतरिक्ष में शरीर के द्रवों के कारण होने वाले परिवर्तन चित्र 2 एवं चित्र 3 में दर्शाए गए हैं।
4. मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम केवल अंतरिक्ष यात्रियों के लिए ही लाभकारी नहीं है, अपितु अंतरिक्ष आधारित अनुसंधानों के अनेक लाभ पृथ्वी वासियों को भी मिलते हैं तथा आगे भी मिलते रहेंगे। सूक्ष्म गुरुत्व में आने वाली समस्याओं का अध्ययन करके अनुसंधानकर्ताओं को, समान समस्याओं को पृथ्वी पर समझने में सहायता मिलती है। अंतरिक्ष उड़ान आधारित समस्याओं के हल पृथ्वी पर समस्याओं के हल निकालने में सहायक तथा मददगार होंगे। अंतरिक्ष यात्रियों को अंतरिक्ष में स्वस्थ रखने की आवश्यकता ने पृथ्वी में मनुष्यों को स्वस्थ रखने की दिशा में एक जागरुकता पैदा कर दी है। अनुसंधानकर्ताओं का ऐसा अनुमान है कि अंतरिक्ष यात्रियों के आपातकालीन परिस्थिति में होने वाले रक्त-संचरण के अध्ययन से कृत्रिम रक्त कोशिकाओं का निर्माण किया जाना संभव हो सकेगा। इस प्रकार के चिकित्सकीय लाभों का पृथ्वी पर भी उपयोग होगा।



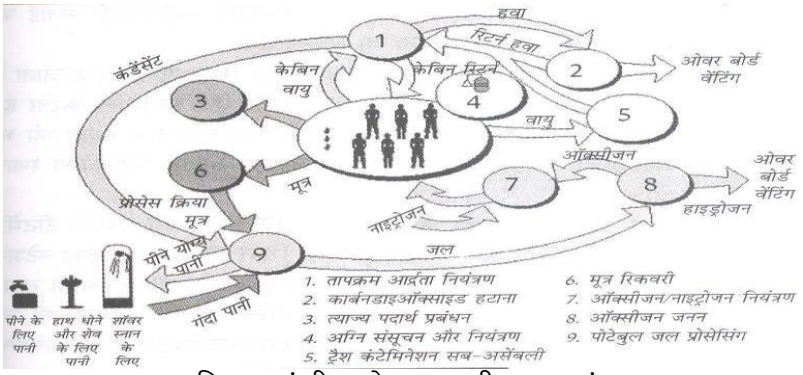
चित्र 2) अंतरिक्ष की भारहीनता में शरीर में होने वाले अनेक प्रकार के परिवर्तन



चित्र 3) अंतरिक्ष में शरीर के द्रवों के सिर की ओर स्थानांतरण से चेहरा फूला हुआ दिखना

5. अंतरिक्ष की कक्षा में संपन्न किए जा रहे वैज्ञानिक परीक्षणों के लिए अंतरिक्ष यात्रियों की अत्यंत उपयोगिता होती है। यद्यपि इनमें कुछ परीक्षण स्वचालित होते हैं और शेष में अंतरिक्ष यात्रियों के द्वारा अन्योन्य क्रिया की आवश्यकता पड़ती है। कई बार स्वचालित परीक्षण भी भौतिक मानवीय उपस्थिति (मानव के हाथों और मस्तिष्क के द्वारा) से बड़े अच्छे तरीके से संपन्न होते हैं। उदाहरणार्थ- किसी परीक्षण में कोई गतिज अवयव कैमरे को अवरुद्ध कर लेता है, अथवा कोई उपकरण ठीक से कार्य नहीं करता है, अथवा एक अंतरिक्ष यात्री स्वचालित परीक्षण में समस्या क्षेत्र को पिन-प्वाइंट करने में सफल हो जाता है इत्यादि। इन सभी परिस्थितियों में अंतरिक्ष यात्री उपयोगी भूमिकाएँ निभा सकते हैं।
6. मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों के लाभ कुछ और क्षेत्रों में भी हैं। आज विज्ञान के इस स्वर्णिम युग में, तकनीकी क्षेत्रों में विद्यार्थियों की संख्या बढ़ रही है। इस समय मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम, विज्ञान के राजदूतों की भूमिका अदा कर रहे हैं। उनके महान और रोचक अनुभव युवा पीढ़ी के लिए केवल प्रेरणा को स्त्रोत ही नहीं बनते बल्कि वे युवा पीढ़ी के नौजवानों को आने वाले कल के अभियंता, वैज्ञानिक, अनुसंधानकर्ता, गणितज्ञ बनने की प्रेरणा देते हैं। मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों के प्रति आज जन समुदाय की गहरी रुचि और अधिक से अधिक लोग, मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों में भाग भी लेना चाहते हैं।

<u>मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों की गंभीरता:</u> इस विषय को हम इस तरह से समझ सकते हैं कि यदि किसी क्रिकेट टीम का सलामी बल्लेबाज़ (बैट्समैन) मैच के दिन बीमार पड़ जाए तो आप समझ सकते हैं कि उस बल्लेबाज़ की अनुपस्थिति में मैच का क्या परिणाम होगा। यही हालत अंतरिक्ष में मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों की आवश्यकता को दर्शाती है। यहाँ पर वह विशिष्ट खिलाड़ी या सलामी बल्लेबाज़ पृथ्वी का गुरुत्व बल है, जो अंतरिक्ष में मौजूद नहीं होता है। मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों का अर्थ है भारहीनता कि स्थिति में गुरुत्व के बंधनों से मुक्त पर्यावरण में पृथ्वी का अवलोकन करना। यह अवलोकन उस स्थल से होता है जहाँ से हमारे ग्रह पृथ्वी का दैनिक रूप में क्रमवीक्षण किया जा सकता है, तथा जहाँ से सितारों और ब्रह्मांड का प्रेक्षण बिना वायुमंडलीय अवरोधों के किया जा सकता है। मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों का अर्थ है पृथ्वी पर लोगों के जीवन स्तर में सुधार और उन्नति। इन कार्यक्रमों से ज्ञान,खोजों और पृथ्वी के आवासीय जीवन में सुधार आएंगे और भविष्य में किसी और ग्रह में रहते हुए हमारे जीवन में समृद्धि और विकास का आविर्भाव होगा। एक अंतरिक्ष स्टेशन के जीवन रक्षा तंत्र के अवयव चित्र 4 में दर्शाए गए हैं।



चित्र 4) अंतरिक्ष स्टेशन का जीवन रक्षा तंत्र

<u>मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों में: स्पेस सूट तकनीकी और इसकी आवश्यकता:</u> मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों में यह नितांत आवश्यक है कि अंतरिक्ष यात्री अपना निजी पर्यावरण अपने साथ ले जाएँ, क्योंकि अंतरिक्ष में जीवन के अस्तित्व के लिए वायुमंडलीय दाब और आक्सीज़न नहीं होती है। बाह्य अंतरिक्ष एक आक्रामक स्थान है। अंतरिक्ष यान के अंदर का वायुमंडल नियंत्रित किया जा सकता है और इस प्रकार अंतरिक्ष यान के अंदर विशेष प्रकार के वस्त्रों की आवश्यकता नहीं पड़ती है, लेकिन जब अंतरिक्ष यात्रियों को अंतरिक्ष यान से बाहर निकलकर मुक्त अंतरिक्ष में कार्य करना पड़ता है तो उनको स्पेस सूट पहनना नितांत आवश्यक है। अगर अंतरिक्ष यात्री, अंतरिक्ष यान अथवा स्टेशन से बाहर मुक्त अंतरिक्ष में बिना स्पेस सूट पहने हुए निकल आएँ हैं तो निम्नलिखित घटनाएँ होंगी:-

1) कुछ ही सेकेंड में अंतरिक्ष यात्री बेहोश हो जाएंगे, क्योंकि वहाँ पर आक्सीज़न नहीं है।
2) यात्री का रक्त और शरीर के द्रव खौलने लगेंगे और उसके बाद वे जम जाएँगे, क्योंकि वहाँ पर बहुत ही अल्प और नगण्य दाब है।
3) ऊतक या टिशू (त्वचा, हदय और आंतरिक अंग) का फैलाव होगा। इसका कारण उबलते हुए द्रव हैं।
4) अंतरिक्ष यात्री को तापक्रमों के भीषण परिवर्तनों को झेलना पड़ेगा-
क) सूर्य का प्रकाश:248 डिग्री फारेनहाइट ख) सूर्य प्रकाश कि अनुपस्थिति: -148 डिग्री फारेनहाइट
5) अंतरिक्ष यात्री विभिन्न प्रकार के विकिरणों जैसे कास्मिक किरण और आवेशित कणों (सूर्य के द्वारा उत्सर्जित) के संपर्क में आ जाएंगे।
6) अंतरिक्ष यात्री, धूल या चट्टानी कणों (जो कि तीव्र गति से घूम रहे होंगे) या कक्षा में घूम रहे डेब्रिस (उपग्रहों अथवा यानों से निकला हुआ अंतरिक्ष का कूड़ा) से टकरा सकते हैं।

अंतरिक्ष सूट के द्वारा शरीर में आक्सीज़न की आपूर्ति एवं आवश्यक दाब बनाया जाता है तथा शरीर के द्रवों को द्रव स्थिति में रखा जाता है। इस ऊँचाई पर वायु दाब इतना पर्याप्त नहीं होता जो कि द्रवों को उबलने से रोक सके। स्पेस सूट वास्तव में एक लघु आकार का अंतरिक्ष यान होता है तथा इसमें वे सारे गुण होते है जिसके द्वारा इनको पहनने वाले व्यक्ति का स्वास्थ्य ठीक रहता है। स्पेस सूट उस व्यक्ति (अंतरिक्ष यात्री) को कार्य करने की सक्रियता प्रदान करता है। स्पेस सूट अंतरिक्ष यात्रियों को अनेक ख़तरों से बचाता है। सूक्ष्म क्षुद्र ग्रहिकाओं की बमबारी से यह उनकी रक्षा करता है। स्पेस सूट अंतरिक्ष यात्रियों को अत्यधिक निम्न तथा अत्यधिक उच्च तापमानों से बचाता है। अंतरिक्ष में पृथ्वी के वायुमंडल की अनुपस्थिति के कारण सूर्य का सामना करने वाले स्पेस सूट का भाग 250 डिग्री फारेनहाइट तक पहुँच जाता है तथा स्पेस सूट का विपरीत भाग -250 डिग्री फारेनहाइट तक पहुँच जाता है। मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों में अंतरिक्ष यात्री को इन ख़तरों से बचाने के लिए एक स्पेस सूट चाहिए, जिसमें निम्नलिखित सुविधाएँ उपलब्ध हों:-

1) दाब युक्त वायुमंडल
2) आक्सीजन प्रदान कर सके
3) कार्बन डाई आक्साइड बाहर निकाल सके
4) सूर्य की ओर उन्मुख रहने अथवा विपरीत दिशा में होने के बावजूद अंतरिक्ष यात्रियों को आरामदेह तापमान प्रदान कर सके।
5) अंतरिक्ष में उल्काओं के ख़तरों से बचा सके।
6) कुछ हद तक अंतरिक्ष के विकिरणों से बचा सके।
7) बाहर देखने में कोई दिक़्क़त न पैदा करे।
8) अंतरिक्ष सूट के अंदर अपने शरीर को घुमाने में यात्री को कोई परेशानी न हो।
9) इसको पहनकर यात्री ग्राउन्ड नियंत्रकों और अन्य अंतरिक्ष यात्रियों से बात कर सकें।
10) इसे पहनकर यात्री अपने अंतरिक्ष यान के चारों ओर आसानी से घूम सके।

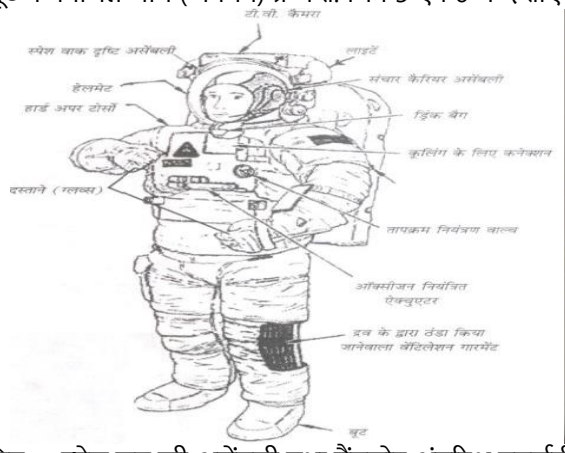
उल्काओं से बचने के लिए स्पेस सूट मल्टी लेयर वाले डैक्रान अथवा केवलार फ्रैबिक्स से निर्मित किए जाते हैं। जहाँ तक

स्पेस सूटों के द्वारा विकिरण से बचाव की बात है, तो वह एक सीमित रूप में ही हो पाता है। कुछ विकिरणों से बचने के लिए स्पेस सूट के अंदर परावर्तक माइलर कोटिंग लगाई जाती है। लेकिन स्पेस सूट सोलर फ्लेयर या सौर विकिरणों से समुचित बचाव नहीं कर सकता है। इसलिए स्पेस वाक निम्न सौर गतिविधि वाले समय में प्लान की जाती है। स्पेस सूटों से अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा निकाली जाने वाली कार्बन-डाई-आक्साइड को हटाने के लिए लीथियम हाइड्राक्साइड के डिब्बों का प्रयोग किया जाता है। ये छोटे-छोटे डिब्बे या तो स्पेस सूट के जीवन रक्षा तंत्र के बैक पैक में अथवा अंतरिक्ष यान में लगे होते हैं तथा उस हालत में एक कार्ड द्वारा जोड़ दिए जाते हैं। स्पेस सूटों में ग्राउन्ड नियंत्रकों अथवा अन्य अंतरिक्ष यात्रियों से बात और संपर्क करने के लिए रेडियो ट्रांसमीटर रिसीवर (अभिग्राही) लगे होते होते हैं। फूले हुए स्पेस सूट में चलना बहुत मुश्किल होता है। इस समस्या को इस तरह समझा जा सकता है कि जैसे दस्ताने या ग्ल्वस्स पहनकर उँगलियों से कार्य करना या उँगलियों को घुमाना बहुत कठिन है। इस समस्या से निपटने के लिए अंतरिक्ष यात्रियों के स्पेस सूटों में विशेष प्रकार के जोड़ या ज्वाइंट (टेपर) लगाए जाते हैं, जिनके द्वारा अंतरिक्ष यात्री आसानी से अपने हाथ,पैर, घुटनों के जोड़ों को घुमा सकते हैं। जब तक अंतरिक्ष यात्री, दाब युक्त आवासीय माड्यूल के अंदर होते है, तो उन्हे जूते पहनने की आवश्यकता नहीं पड़ती है क्योंकि वहाँ बहुत चलने की आवश्यकता नहीं होती है। उन्हें विशेष सूट प्रमोचन अथवा लैंडिंग के समय पहनने पड़ते हैं या जब वे दाब युक्त माड्यूल से बाहर निकलकर स्पेस वाक के लिए जाते हैं। प्रमोचन/लैंडिंग सूट अंतरिक्ष यात्री के शरीर के चारों ओर समुचित दाब बनाने के साथ-साथ अंतरिक्ष यात्रियों की आग से (आवश्यकता पड़ने पर) भी रक्षा करते हैं।

ऊपर वर्णित कार्यों के अलावा स्पेस सूट मुक्त अंतरिक्ष में स्पेस वाक करते समय अथवा अंतरिक्ष में असेंबली के कार्य करते समय प्रकाश की व्यवस्था भी अपने साथ रखता है तथा सूर्य के तीव्र प्रकाश से अंतरिक्ष यात्रियों की आँखों की रक्षा भी करता है। स्पेस सूट बाह्य अंतरिक्ष में कार्य करने के लिए अंतरिक्ष टूल (उपकरण या औज़ार) की तरह भी कार्य करता है। स्पेस सूट अंतरिक्ष यात्रियों की विभिन्न जैविक आवश्यकताओं-भोजन, पानी, हवा, त्याज्य पदार्थ निवारण की भी आपूर्ति करता है। स्पेस सूट कम से कम 6 घंटे तक सफलता के साथ अंतरिक्ष में कार्य कर सकता है तथा अंतरिक्ष यात्रियों को सुविधा पहुँचाता रहता है। स्पेस सूट का एक और विशिष्ट कार्य और गुण होता है। इसे किसी भी अन्य अंतरिक्ष यात्री के द्वारा पहने जाने के लिए एडज्स्ट (समायोजनीय) किया जा सकता है। स्पेस सूट केवल एयर टाइट और बाह्य प्रभावों से परे ही नहीं होता अपितु इसकी तनन क्षमता (टेंसाइल ताक़त या स्ट्रेन्थ) बहुत अधिक होती है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि स्पेस सूट के अंदर गैस का एक वायुमंडल दाब मौजूद होता है।

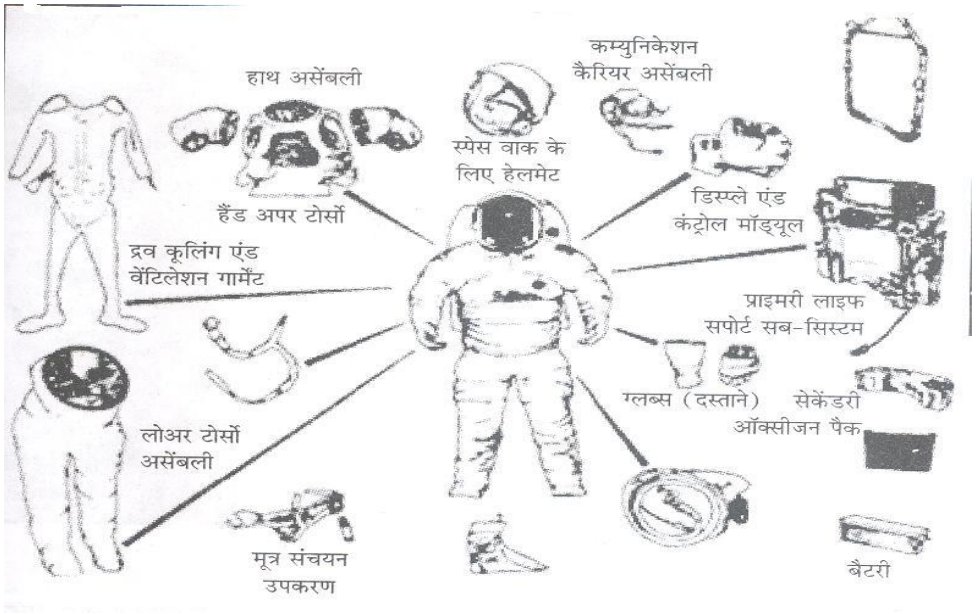
स्पेस सूट किस चीज़ के बने होते हैं

वर्तमान स्पेस सूट 12 परतों के सैंडविच होते हैं तथा प्रत्येक परत एक विशेष अभिप्राय के लिए लगाई जाती है। अंदर से बाहर आने पर पहली दो परतें द्रव के द्वारा ठंडे किए जाने वाले वस्त्र होते हैं तथा इन्हें स्पैंडेक्स फैब्रिक (कपड़े) (प्लास्टिक बिंग के साथ) से बनाया जाता है। इसके बाद प्रेशर ब्लैडर परत होती है जिसे अनरीथेन-कोटेड नायलोन से बनाया जाता है। इसके चारों ओर प्रेशर-रीस्ट्रेनिंग डैक्रान पदार्थ की फैब्रिक परत होती है। उसके बाद सात परतें तापीय और उल्काओं से सुरक्षा प्रदान करने के लिए होती हैं तथा इनमें एल्युमीनियम माइलार को डैक्रान स्क्रिम से लैमीनेट (पटलीकरण) किया जाता है। इस सात परतवाले वस्त्र के ऊपर एक अकेली परत एक ऐसे फैब्रिक (कपड़े) की होती है जो गोर्टेक्स, केवलार और नोमेक्स पदार्थों के संयुक्तीकरण से बनाया जाता है। केवलार बुलेट प्रूफ़ द्रव्य है। बिना अंतरिक्ष यात्री के स्पेस सूटों का भार (पृथ्वी में) 280 पौंड होता है। स्पेस सूटों में सबसे मुश्किल समस्या ठंड से बचाव की होती है। इसे दूसरे शब्दों में इस प्रकार कह सकते हैं कि स्पेस सूट के विकिरण को निम्नतम सीमा में रखा जाना चाहिए । इस लक्ष्य को पाने के लिए यह आवश्यक है कि स्पेस सूट की सबसे बाह्य परत अच्छे पालिश वाले द्रव्य से पालिश की जाए। स्पेस सूट की असेंबली तथा बैंगलोर अंतरिक्ष प्रदर्शनी 2022, में प्रदर्शित इसरो के गगनयान में प्रयुक्त होने वाले आई.वी.ए. फ्लाइट सूट की छवि तथा, एक स्पेस सूट के विभिन्न भाग (अवयव) क्रमश: चित्र 5 एवं 6 में दर्शाए गए हैं।





चित्र 5) स्पेस सूट की असेंबली तथा बैंगलोर अंतरिक्ष प्रदर्शनी 2022 . में प्रदर्शित इसरो के गगनयान में प्रयुक्त होने वाले आई.वी.ए. फ्लाइट सूट की छवि



चित्र 6) एक स्पेस सूट के विभिन्न भाग (अवयव)

<u>मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों की एक महत्वपूर्ण प्रक्रिया है स्पेस वाक</u>

स्पेस वाक एक भ्रांति देने वाला शब्द है क्योंकि अंतरिक्ष में अंतरिक्षयात्री वाक नहीं करते बल्कि तैरते या फ्लोट करते हैं। स्पेस वाक वह प्रक्रिया है जिसके अंतर्गत एक अंतरिक्ष यात्री अपने यान से बाहर निकलकर मुक्त अंतरिक्ष के पर्यावरण में कार्य करता है। स्पेस वाक का मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों में तकनीकी नाम एक्स्ट्रावेहिकुलर एक्टिविटी अथवा (ई.वी.ए) है। एक अंतरिक्ष यात्री जो स्पेस वाक की तैयारी कर रहा है उसे प्रेशरयुक्त (दाब युक्त) स्पेस सूट पहनना आवश्यक है। ऐसा इसलिए है क्योंकि अंतरिक्ष में 200 मील की ऊँचाई के बाद वायु का दाब लगभग नगण्य हो जाता है। स्पेस वाकों को हम 3 श्रेणियों में विभक्त कर सकते हैं:-

1) पूर्व नियोजित स्पेस वाकें, जिनकी योजना या प्लानिंग प्रमोचन के पहले की जाती हैं तथा जो मिशन के उद्देश्यों का एक भाग होती हैं।

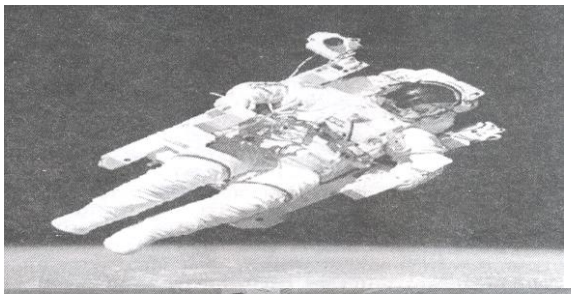
2) पहले से अनिर्धारित स्पेस वाकें, वे स्पेस वाकें होती हैं, जिनकी योजना या प्लानिंग नहीं की जाती है। यह स्पेस वाकें उड़ान के समय नीतभारों की प्रचालन सफलता के लिए आवश्यक होती हैं।

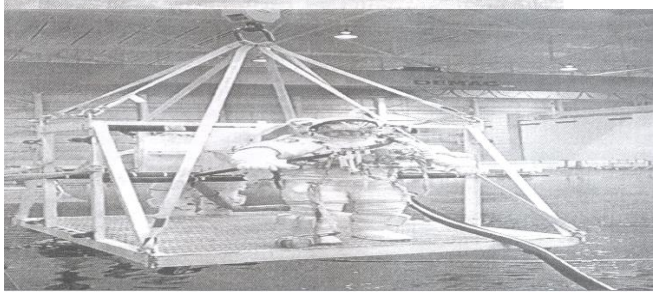
3) कंटीजेन्सी स्पेस वाकें, आपातकालीन स्पेस वाकें होती हैं तथा अंतरिक्ष यात्रियों और अंतरिक्ष यान को बचाने के लिए या अंतरिक्ष यान की सुरक्षा की दृष्टि के लिए की जाती हैं।

<u>मानवयुक्त मैन्योरिंग यूनिट और एक्स्ट्रावेहिकुलर मोबिलिटी यूनिट (एम.एम.यू. और ई.एम.यू.)</u>

मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों में स्पेस वाक के समय अंतरिक्ष यात्री को एक दाब युक्त स्पेस सूट पहनाया जाता है। इसे एक्स्ट्रावेहिकुलर मोबिलिटी यूनिट या ई.एम.यू. कहते हैं। ई.एम.यू. के तीन भाग होते हैं-अपर टोर्सो, लोअर टोर्सो और पोर्टेबल लाइफ सपोर्ट सिस्टम। अपर और लोअर टोर्सो एक रिंग के द्वारा कमर से कनेक्ट (जोड़े) किए जाते हैं। अपर टोर्सो के पीछे पोर्टेबल लाइफ सपोर्ट तंत्र होता है, जिसमें 7 घंटे के आपरेशन के लिए पर्याप्त आक्सीज़न एवं विद्युत ऊर्जा होती है। तापमान विनिमय (रेगुलेशन) के लिए अंतरिक्ष यात्री कूलिंग और वेंटिकुलेशन गारमेंट पहनते हैं। स्पेस वाक की तैयारी एक दिन पहले से प्रारंभ हो जाती है। उस समय स्पेस वाक से संबंधित सभी उपकरण अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा जाँचे जाते हैं। इसके अलावा केबिन का दाब 14.7 पौंड प्रति वर्ग इंच से 10.2 पौंड प्रति वर्ग इंच कर दिया जाता है। स्पेस वाक के प्रारंभ होने के 2.5 घंटे पहले अंतरिक्ष यात्री शुद्ध आक्सीज़न कि साँस लेना प्रारंभ कर देते हैं। शुद्ध आक्सीज़न की साँस लेता हुआ अंतरिक्ष यात्री स्पेस सूट पहनकर एयर लाक क्षेत्र में प्रवेश करता है। एयर लाक एक सिलिंडर की आकृति का चैम्बर होता है जिसके द्वारा अंतरिक्ष यात्री केबिन के अंदर प्रवेश करते हैं। एयर लाक को स्पेस शटल के केबिन के संदर्भ में ड्रिप्रेसराइज किया जा सकता है। जब एयर लाक के अंदर शून्य की परिस्थिति आ जाती है (जो कि मुक्त अंतरिक्ष की परिस्थिति होती है) तो उस समय बाह्य दरवाज़ा खोल दिया जाता है और अंतरिक्ष यात्री इससे निकलकर बाह्य अंतरिक्ष में पहंच जाते हैं। अंतरिक्ष यात्रियों को स्पेस वाक करते समय प्रोपेल करने के लिए एक प्रोपल्सन तंत्र की आवश्यकता पड़ती है। एक्स्ट्रावेहिकुलर मोबिलिटी यूनिट या ई.एम.यू. एक अलग से तंत्र होता है जो अंतरिक्ष यात्री को पर्यावरण सुरक्षा, मोबिलिटी, जीवन रक्षा और संचार की सुविधा प्रदान करता है। यह इकाई अंतरिक्ष यात्री के द्वारा अंतरिक्ष में स्पेस वाक करने के लिए आवश्यक होती है। पहले ई.एम.यू. इकाई एक बैक पैक की तरह होती थी तथा इसका प्रयोग बिना टीथर के किया जा सकता था। ई.एम.यू. इकाई एक स्पेस सूट पहने अंतरिक्ष यात्री के साथ संलग्न कर दी जाती है और इसके द्वारा वह कई घंटों तक कार्य कर सकता है। इसके साथ ही वह अपनी मोबिलिटी की दिशाएँ भी कुछ हद तक बदल सकता है। ई.एम.यू. को

टीथर (अंतरिक्ष यात्री अपने को स्पेस वाक करते समय अंतरिक्ष यान से बाँधकर रखता है) के रूप में जेमिनी-8 और जेमिनी-9 मिशनों में जाँच पड़ताल के लिए ले जाया गया था। अभी तक ई.एम.यू. केबल प्रशिक्षण (टेस्टिंग) के क्षणों से ही गुज़रती रही, लेकिन स्पेस शटल के साथ ई.एम.यू. को अनेक मिशनों में अंतरिक्ष के पर्यावरण में लाया गया। सन 1980 में ई.एम.यू. को मानवयुक्त मैन्योरिंग यूनिट के रूप में विकसित किया गया। इस प्रकार ई.एम.यू. का नया नाम एम.एम.यू. हो गया। ईंधन के साथ एम.एम.यू. का भार औसतन 148 किलोग्राम होता है। ईंधन के तौर पर इसमें नाइट्रोजन गैस का प्रयोग किया जाता है। यह नाइट्रोजन गैस दो एल्युमीनियम के टैंकों में केवलार रैपिंग में रखी जाती है। प्रत्येक टैंक में 5.9 किलोग्राम नाइट्रोजन होती है जो 6 घंटे की स्पेस वाक के लिए पर्याप्त होती है। इस इकाई में विभिन्न जगहों पर 24 नोजल प्रणोदक लगे होते हैं। चित्र 7 में अंतरिक्ष यात्री मैंड मैन्योरिंग यूनिट (एम.एम.यू.) पहनकर अंतरिक्ष में तैरते हुए दर्शाया गया है।





चित्र 7) अंतरिक्ष यात्री मैंड मैन्योरिंग यूनिट (एम.एम.यू.) पहनकर अंतरिक्ष में तैरते हुए

चित्र 8) अंतरिक्ष यात्री न्यूट्रल बायोंसी प्रयोगशाला (जान्सन स्पेस केंद्र) में स्पेस वाक का प्रशिक्षण लेते हुए

<u>मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों के लिए स्पेस वाक का प्रशिक्षण</u>

अंतरिक्ष यात्रियों को स्पेस वाक का प्रशिक्षण देना एक मुश्किल कार्य है। स्पेस वाक अंतरिक्ष के भारहीनता की परिस्थिति में की जाती है। इस बात को ध्यान में रखते हुए स्पेस वाक की प्रक्रिया प्रत्येक मिशन में एक जटिल गतिविधि होती है। अंतरिक्ष यात्रियों को स्पेस वाक करने के लिए प्रशिक्षित करने के अनेक साधन हैं जो कि निम्नलिखित हैं:-

1) एक गुरुत्व प्रशिक्षक
2) ई.एम.यू. चेतावनी तंत्र और ट्रेनर
3) स्पेस वाक संचार ट्रेनर
4) न्यूट्रल बायोंसी प्रयोगशाला
5) प्रेसिजन एयर-ब्रीथिंग फ्लोर
6)केसी-135 रिडयूस्ड ग्रैविटी टेस्ट एयरक्राफ्ट

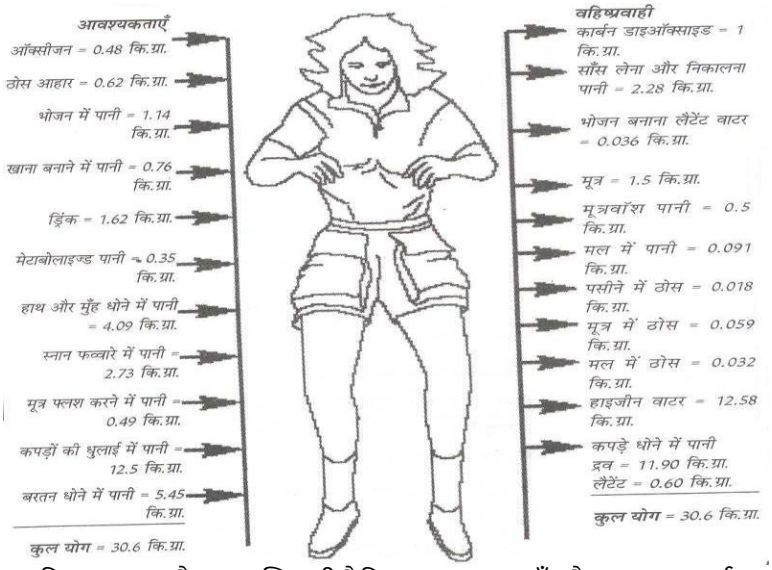
ऊपर लिखित सभी तरीके स्पेस वाक की आवश्यकताओं की पूर्ति करते हैं लेकिन अंतरिक्ष यात्रियों को स्पेस वाक का सबसे महत्वपूर्ण प्रशिक्षण न्यूट्रल बायोंसी प्रयोगशाला में दिया जाता है। यह प्रयोगशाला एक विशालकाय पानी भरा हुआ टैंक है जिसकी लंबाई 202 फ़िट, चौड़ाई 202 फ़िट तथा गहराई 40 फ़िट है। इसमें 6.2 मिलियन गैलन पानी भरा होता है। आज के मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों के लिए यह प्रयोगशाला बहुत महत्वपूर्ण मानी जाती है। चित्र 8 में न्यूट्रल बायोंसी प्रयोगशाला जो कि जान्सन स्पेस केंद्र में स्थित है, को दर्शाया गया है।

<u>अंतरिक्ष में भोजन:</u> अंतरिक्ष में भोजन की यह आवश्यकता है कि भोजन सुरक्षित हो। साथ ही साथ यह पौष्टिक भी हो तथा हल्का एवं कम स्थान घेरता हो। ऊर्जा कैलोरी की आवश्यकता अंतरिक्ष में भी वही होती हैं जो पृथ्वी पर होती हैं। एक औसत व्यक्ति की दैनिक आवश्यकताओं की जानकारी चित्र 9 में दी जा रही है। अंतरिक्ष भोजन की विविधताओं में व्यक्तिगत (यानि अंतरिक्ष यात्रियों की) पसंदों का भी ध्यान रखा जाता है। अंतरिक्ष मिशनों में इस प्रकार का भोजन बहुत पसंद किया जाता है जो कि चिपचिपा हो तथा आसानी से टुकड़ों में न बँट जाए। अंतरिक्ष भोजन ज़्यादातर शुष्क रूप में भेजे जाते हैं। इसका फायदा यह होता है कि इनका भार और आयतन कम होता है। अंतरिक्ष में प्रत्येक दिन अंतरिक्ष यात्री 3-4 बार भोजन करते हैं। केबिन के अंदर का तापमान सामान्यत: 22 डिग्री सेल्सियस तक रखा जाता है, तथा अंतरिक्ष यानों

में भट्ठी का भी प्रबंध रहता है जहाँ पर भोजन 70 डिग्री सेल्सियस तक गरम किया जा सकता है। अंतरिक्ष में पौष्टिक और स्वस्थ भोजन एक बहुत बड़ी आवश्यकता है क्योंकि एक अंतरिक्ष यात्री के बीमार होने का अर्थ है अंतरिक्ष मिशन की सफलता पर प्रभाव तथा अन्य अंतरिक्ष यात्रियों पर एक अतिरिक्त भार। आने वाले समय में यह एक बहुत सुनहरा दृश्य होगा कि जब अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन में 16 देशों के अंतरिक्ष यात्री एक साथ एक छत के नीचे केवल इकट्ठे ही नहीं होंगे अपितु वे स्थाई रूप में एक साथ भोजन भी करेंगे तथा 'वसुधैव कुटुम्बकम' की यह सार्थकता अत्यधिक सुखद महसूस होगी।

अंतरिक्ष के भोजन में भी, बहुत सुधार आ गया अब।
बीत गए अब वे दिन यारों, ट्यूब में भोजन होता था जब। ।
शटल में हर यात्री जन को, मिलता एक संतुलित भोज्य।
दिन में तीन बार होता है, साथ में स्नैक खाने के योग्य। ।

<u>अंतरिक्ष में सोना:</u> जिस प्रकार पृथ्वी पर नींद अत्यंत आवश्यक है, उसी प्रकार अंतरिक्ष में भी अंतरिक्ष यात्रियों के लिए निद्रा नितांत आवश्यक है। अंतरिक्ष में अंतरिक्ष यात्री पृथ्वी की ही भाँति रात्रि में सोकर सुबह उठता है। लेकिन अंतरिक्ष में शयन प्रणाली पृथ्वी की तुलना में भिन्न होती है। अंतरिक्ष में सोने जाने का समय ऐसा लगता है कि आप जैसे किसी कैंप में जा रहे हों। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि अंतरिक्ष में गुरुत्व बल अनुपस्थित होता है। अर्थात् अंतरिक्ष में, अंतरिक्ष यात्री किसी भी दिक्निन्यास (ओरिएन्टेशन) में सो सकते हैं। एक ख़ास बात जोकि अंतरिक्ष यात्रियों को ध्यान में रखनी पड़ती है, वह यह है कि सोते समय उन्हें अपने आप को किसी दीवार या किसी बंक से अटैच (या संलग्न) करके रखना पड़ता है। ऐसा इसलिए करना पड़ता है क्योंकि वे तैरते हुए किसी अन्य जगह पर ना पहुँच जाएँ या शयन स्थिति में किसी उपकरण से टकरा न जाएँ। ज़्यादातर स्पेस शटलों में स्लीपिंग बैग एवं स्लीपिंग बंकों की उपलब्धता रहती है। ज़्यादातर अंतरिक्ष यात्रियों के लिए अंतरिक्ष मिशनों के दौरान, पूरे दिन कार्य करने के बाद,8 घंटे की नींद का लक्ष्य रखा जाता है।



चित्र 9) एक औसत व्यक्ति की दैनिक आवश्यकताएँ और त्याज्य पदार्थ

अपनी नींद के दौरान अंतरिक्ष यात्रियों का स्लीप पैटर्न या निद्रा प्रक्रिया बाधित हो सकती है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि प्रत्येक मिशन के दौरान हर 90 मिनट में एक सूर्योदय होता है। स्पेस शटल में प्रवेश करने वाला सूर्य का प्रकाश और गर्मी अंतरिक्ष यात्री की नींद को बाधित (यदि वह स्लीप मास्क नहीं पहने हुए है) करने के लिए पर्याप्त होता है। चित्र 10 में अंतरिक्ष यात्री अपने स्लीपिंग बैग में सोते हुए दर्शाए गए हैं।

अंतरिक्ष यानों के अंदर, सोने के बिस्तर नहीं होते।
यात्री गण प्रयोग करते हैं, स्लीपिंग बैगों को जब वे सोते। ।

<u>अंतरिक्ष में व्यायाम:</u> अंतरिक्ष में अंतरिक्ष यात्री गुरुत्व का प्रभाव महसूस नहीं करते हैं,इसलिए उन्हें दैनिक क्रियाओं को करने के लिए अपनी मांसपेशियों को प्रयोग करने की आवश्यकता नहीं पड़ती है। उदाहरणार्थ पृथ्वी पर एक पग चलने के लिए भी अपनी काफ़ी सारी शारीरिक मांसपेशियाँ का उपयोग करना पड़ता है। अंतरिक्ष की कक्षा में जहाँ अंतरिक्ष यात्री भारहीनता की स्थिति में होते हैं वहाँ पर आपको अपने को आगे बढ़ाने के लिए कोई प्रयास नहीं करना पड़ता है। वहाँ पर आप तैरते रहते हैं। इसके कारण टाँगों को बिल्कुल प्रयोग में नहीं लाया जाता है। इससे मांसपेशियाँ और हड्डियाँ कमज़ोर हो जाती हैं तथा उनका भार भी कम हो जाता है। अंतरिक्ष में हड्डियों में कैल्शियम, पोटैशियम तथा सोडियम जैसे तत्वों का ह्रास होता है। यह विदित है कि स्वस्थ जीवन के लिए दैनिक व्यायाम अति आवश्यक है तथा यह अंतरिक्ष यात्रियों के लिए भौतिक

कार्य और भौतिक गतिविधियाँ अंतरिक्ष में पृथ्वी की अपेक्षा ज़्यादा आवश्यक होती है। अंतरिक्ष की भारहीनता की स्थिति में शरीर की मांसपेशियों के भार और हड्डियों की शक्ति में काफ़ी कमी आती है। इसका कारण यह है कि हमारे शरीर को अपने ढाँचे को सपोर्ट करने के लिए पृथ्वी के गुरुत्व के विपरीत बहुत अधिक कार्य नहीं करना पड़ता।



चित्र 10) अंतरिक्ष यात्री अपने स्लीपिंग बैग में सोते हुए



चित्र 11) अंतरिक्ष यात्री स्पेस शटल की मिड डैक में ब्रश करते हुए

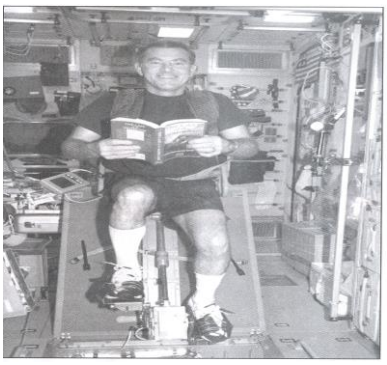
अंतरिक्ष की भारहीनता की परिस्थिति में लंबे समय तक रहना वैसा ही प्रतीत होता है, जैसे आप बिस्तर में बहुत समय से लेटे हों तथा लंबे अरसे से यदि आपकी मांसपेशियों का प्रयोग नहीं हो रहा है तो वे क्षतिग्रस्त होने लगती हैं। आपके कार्डियोवैस्कुलर तंत्र को शरीर में रक्त पहुँचाने के लिए गुरुत्व से नहीं लड़ना पड़ता है और इस प्रकार कार्डियोवैस्कुलर तंत्र सुस्त हो जाता है। इस प्रभाव को संतुलित करने के लिए व्यायाम सबसे अच्छा साधन है।

अंतरिक्ष यानों के अंदर,यात्री जन करते अभ्यास।
जिससे वे पृथ्वी पर आने,में कठिनाई का करें न भास। ।

<u>अंतरिक्ष में मनोरंजन:</u> अंतरिक्ष में यात्री अपने निर्धारित कार्यक्रमों में काफ़ी व्यस्त रहते हैं। चित्र 11 में अंतरिक्ष यात्री स्पेस शटल की मिड डैक में ब्रश करते हुए दर्शाए गए हैं। व्यायाम और भौतिक गतिविधियाँ उनकी ड्यूटी के बाद की क्रियाएँ होती हैं। विभिन्न अंतरिक्ष मिशनों से प्राप्त आँकड़े बताते हैं कि मानव शरीर अंतरिक्ष में कमज़ोर हो जाता है, इसलिए व्यायाम करना ज़रूरी है। लेकिन यह कैसे हो सकता है कि सारा दिन केवल काम किया जाए और मनोरंजन न हो। प्रत्येक अंतरिक्ष यात्री अपने पसंद की किट अंतरिक्ष यात्रा में अपने साथ ले जाता है। अपने ख़ाली समय में कुछ अंतरिक्ष यात्री पढ़ते हैं, कुछ अपने प्रियजनों को ईमेंल करते हैं, कुछ संगीत सुनते हैं और कुछ वीडियो गेम खेलते हैं। कुछ और अंतरिक्ष यात्री अपने सहयोगी अंतरिक्ष यात्रियों के साथ गप्पें लगाते हैं तथा दूसरे हैम रेडियो के माध्यम से अपने प्रियजनों से वार्ता करते हैं। बहुत से अंतरिक्ष यात्री फ़ुर्सत के क्षणों में यान की खिड़की से पृथ्वी का अवलोकन करना पसंद करते हैं। अंतरिक्ष में अनेक अंतरिक्ष यात्री संगीत उपकरणों का ख़ाली वक्त में प्रयोग करके आनंद लेते हैं। अंतरिक्ष यात्रियों के लिए राक एंड-रोल बैंड भी है और इसके कारण अंतरिक्ष में अनेक संगीत उपकरण अंतरिक्ष में ले जाए गए हैं। चित्र 12 में अंतरिक्ष यात्री फ़ुर्सत के क्षणों में गिटार बजाते हुए तथा चित्र 13 में अंतरिक्ष यात्री फ़ुर्सत के क्षणों में पुस्तक पढ़ते हुए तथा व्यायाम करते हुए दर्शाए गए हैं।



चित्र 12)अंतरिक्ष यात्री फ़ुर्सत के क्षणों में गिटार बजाते हुए



चित्र 13)अंतरिक्ष यात्री फ़ुर्सत के क्षणों पुस्तक पढ़ते हुए तथा व्यायाम करते हुए

इसरो का समानव अंतरिक्ष अभियान गगनयान: गगनयान मिशन में अंतरिक्ष का पता लगाने के लिए रोबोट और इंसान कमर कस रहे हैं। पहला परीक्षण मानव रहित होगा, और दूसरे परीक्षण में **'व्योममित्र'** नाम की एक महिला रोबोट शामिल होगी। रोबोट व्योममित्र को इसरो ने विकसित किया है और इस मिशन के सफल होने के बाद ही इंसानों को अंतरिक्ष में

भेजा जाएगा। महिला रोबोट 'व्योममित्र' जो कि गगनयान के दूसरे परीक्षण में शामिल होगी को चित्र 14 में दर्शाया गया है। 'गगनयान' 2024 में लांच होने की संभावना है। गगनयान कार्यक्रम लंबे समय में एक सतत भारतीय मानव अंतरिक्ष अन्वेषण कार्यक्रम की नींव रखेगा। साथ ही, इस मिशन का उद्देश्य मानव अंतरिक्ष उड़ान शुरू करने की स्वदेशी क्षमता का प्रदर्शन करना है। इनके अलावा, गगनयान से भारत के लिए हर तरह के लाभ होंगे। अंतरिक्ष और उससे आगे का पता लगाने के लिए एक किफायती और रोबोट कार्यक्रम की दिशा में यह एक महत्वपूर्ण कदम है। मिशन उन्नत विज्ञान और अनुसंधान एवं विकास गतिविधियों में रोजगार के अवसरों के लिए पर्याप्त अवसर भी पैदा करेगा। मिशन राष्ट्रहित में वैज्ञानिक अनुसंधान और प्रयोग भी करेगा। भारत के गगनयान मिशन के सफल होते ही, भारत अमेरिका, रूस और चीन के बाद अंतरिक्ष में मानव भेजने वाला चौथा देश बन जाएगा। मिशन के लिए, इसरो दो HS200 बूस्टर के साथ एक GSLV Mk-III रॉकेट का उपयोग करेगा। इस मानव अंतरिक्ष उड़ान को इच्छित कक्षा तक पहुँचने में लगभग 16 मिनट लगने की उम्मीद है। गगनयान के स्पेस सूट विक्रम साराभाई स्पेस सेंटर द्वारा बनाए गए हैं। अंतरिक्ष यात्रियों के प्रशिक्षण के लिए, रूसी सरकार के स्वामित्व वाली ग्लावकोस्मोस, भारत की मदद करेगी। इसके अलावा, गगनयान के लिए कुछ प्रमुख सहयोगी भागीदार हैं जैसे भारतीय सशस्त्र बल, रक्षा अनुसंधान विकास संगठन, भारतीय समुद्री एजेंसियाँ, भारतीय मौसम विभाग, सी.एस.आई.आर. लैब्स, और बहुत कुछ। मानव अंतरिक्ष कार्यक्रमों में दिन प्रतिदिन बढ़ोत्तरी हुई है तथा आगे भी होती रहेगी।

अंतरिक्ष में जीवन तो है,एक तरह का ऐसा प्रयास।
अंतरिक्ष को जो उपयोगी,करें सिद्ध बन मानव आस। ।



चित्र 14) 'व्योममित्र' महिला रोबोट जो कि गगनयान के दूसरे परीक्षण में शामिल होगी।

लेखक परिचय:



आप एड्रिन अंतरिक्ष विभाग में वैज्ञानिक एस.जी. के पद तथा क्रिप्टोग्राफी अनुभाग के प्रधान पद पर कार्यरत हैं। आप को अंतरिक्ष विभाग और भारत सरकार के कुछ अन्य विभागों से कुछ कार्यों एवं प्रोजेक्ट्स के लिए प्रशंसा (सराहना) पत्र भी मिल चुके हैं। आपको सितंबर 2013 में भारत के राष्ट्रपति महामहिम श्री प्रणव मुखर्जी द्वारा इंदिरा गांधी एवं राजीव गांधी पुरस्कार से सम्मानित किया गया।

गगनयान मिशन के लिए तकनीकी चुनौतियाँ

प्रिन्स गर्ग, अर्जुन शंकर आर
वैज्ञानिक/अभियंता - एस.डी., वैज्ञानिक/अभियंता - एस.एफ.
आर.एस.टी.डी. / आर.वी.टी.जी. / एस.पी.आर.ई. / वी.एस.एस.सी.

हमारे देश ने 15 अगस्त 2018 को अपना 71 वां स्वतंत्रता दिवस मनाया। इस अवसर पर प्रधानमंत्री श्री नरेंद्र मोदी जी ने राष्ट्र को संबोधित करते हुए गगनयान मिशन की घोषणा की। उन्होंने कहा कि गगनयान मिशन के अंतर्गत तीन भारतीय नागरिक गगनयान में सवार होकर "समानव अंतरिक्ष अभियान" की शुरुआत करेंगे। इसमें कोई संदेह नहीं कि, गगनयान मिशन, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) के सभी वैज्ञानिकों और अभियंताओं के लिए एक बड़ी चुनौती है।

ऐसे राष्ट्र, जिन्होंने सफलतापूर्वक समानव अंतरिक्ष उड़ान भरी है (1) तत्कालीन यू.एस.एस.आर. (2) यू.एस.ए. और (3) चीन है। यदि हम गगनयान मिशन में सफल होते हैं, तो भारत समानव अंतरिक्ष उड़ान भरने वाला चौथा राष्ट्र बन जाएगा। इससे पूर्व इसरो ने कई जटिल मिशन, जैसे कि चंद्रयान और मंगलयान को सफलतापूर्वक पूर्ण किया है और निश्चित रूप से समानव मिशन को संभव एवं सफल बनाने के लिए इसरो के पास सभी संसाधन भी उपलब्ध हैं।

नीचे हम मानव अंतरिक्ष उड़ान से जुड़ी चुनौतियों की प्रमुख इसरो केंद्रों की गतिविधियों के संबंध में जांच करेंगे: विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र (वी.एस.एस.सी.); यू. आर. राव अंतरिक्ष केंद्र (यू.आर.एस.सी.); सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र शार (एस.डी.एस.सी. शार); इसरो दूरमिति अनुवर्तन एवं आदेश संचारजाल (इस्ट्रैक)।

1. वी.एस.एस.सी. के लिए चुनौतियाँ:

वी.एस.एस.सी., तिरुवनंतपुरम, अंतरिक्ष विभाग, भारत सरकार के तहत इसरो का प्रमुख केंद्र है। इस केंद्र का नाम डॉ. विक्रम ए. साराभाई, जो कि महान दूरदर्शी और भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के जनक हैं, कि स्मृति में रखा गया है। वी.एस.एस.सी. रॉकेट अनुसंधान और इसरो के प्रमोचक रॉकेट परियोजनाओं में अग्रणी है।

(i) प्रणोदक और ठोस प्रणोदन प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में अनुसंधान और विकास गतिविधियाँ:

समानव अंतरिक्ष उड़ान का सबसे महत्वपूर्ण हिस्सा कर्मीदल की सुरक्षा है। उड़ान के किसी भी स्तर पर, अगर किसी भी सबसिस्टम का अपेक्षित प्रदर्शन से विचलन होता है तो, मॉड्यूल जिसके अंदर कर्मीदल मौज़ूद होता है, स्वयं को वाहन से सुरक्षित बाहर निकालने और पृथ्वी / समुद्र पर सुरक्षित रूप से उतरने में सक्षम होना चाहिए। इसके लिए कर्मीदल को सुरक्षित बाहर निकलने की प्रणाली की पूर्णता के लिए विकास और परीक्षण किया जाना है।

वी.एस.एस.सी. की ठोस प्रणोदन और अनुसंधान इकाई को कर्मीदल बचाव प्रणाली (सी.ई.एस.) से संबंधित ठोस मोटर्स के विकास, परीक्षण और योग्यता की जिम्मेदारी सौंपी गयी है। इसके लिए महत्वपूर्ण ठोस मोटर्स (1) लो एल्टीट्यूड एस्केप मोटर (एल.ई.एम.), (2) हाई एल्टीट्यूड एस्केप मोटर (एच.ई.एम.) और पिच मोटर (पी.एम.) हैं। इन तीनों मोटरों का परीक्षण स्थैतिक परीक्षण सुविधा में किया जाना है और उनके व्यक्तिगत प्रदर्शन का वास्तविक उड़ान स्थितियों में अनुकरण भी किया जाना है।

अलुवा स्थित अमोनियम परक्लोरेट प्रायोगिक संयंत्र (ए.पी.ई.पी.), अमोनियम परक्लोरेट के उत्पादन के लिए उत्तरदायी है। यह अमोनियम परक्लोरेट भारतीय रॉकेटों के ठोस बूस्टरों के लिए ऑक्सिजन प्रदान करता है। एल्युमिनियम पाउडर फ्यूल एवं हाइड्रॉक्सिल टर्मिनेटेड पॉली ब्यूटाडाइन बाइंडर रहता है। गगनयान मिशन के लिए बर्न रेट का सटीक नियंत्रण एक प्रमुख आवश्यकता है। इसके लिए फाइन अमोनियम परक्लोरेट का उत्पादन किया जाना है और फाइन अमोनियम परक्लोरेट के कणों का आकार बहुत ही बारीक़ रखा जाना है।

(ii) वायुगतिकी, हवाई संरचनात्मक और वायु उष्ण के क्षेत्रों में अनुसंधान और विकास गतिविधियाँ:

इसमें प्रमोचक रॉकेट के आरोहण चरण का प्रक्षेप पथ अभिकल्पना प्रमुख जिम्मेदारी है। सामान्य चढ़ाई प्रक्षेप पथ में, जी लोड 33g से अधिक रहता है। समानव निर्धारित मिशनों के लिए प्रक्षेप पथ को उथला एवं जी लोड <= 20g रखने की सलाह दी जाती है। इस तरह के प्रक्षेप पथ का डिजाइन, काले क्षेत्रों की अनुपस्तिथी के साथ, समानव अंतरिक्ष उड़ान के लिए पूर्वाकांक्षित आवश्यकता है। किसी भी समय पर कर्मीदल को सुरक्षित निकालने के विकल्पों को प्रक्षेप पथ डिजाइन में ध्यान दिया जाना चाहिए। कर्मीदल बचाव प्रणाली का वायुगतिकीय आकार अभी दिया जाना बाकी है।

पुनर्प्रवेश चरण के दौरान, कर्मीदल मॉड्यूल का तापमान कई हजारों डिग्री तक पहुंच जाता है। यह वायुमंडल द्वारा उत्सर्जित घर्षण बल के कारण होता है। ऐसे उच्च तापमान से कर्मी दल को बचाने के लिए एक थर्मल सुरक्षा प्रणाली का अति आवश्यक है। थर्मल प्रोटेक्शन सिस्टम के डिज़ाइन के लिए हीट फ्लक्स का आंकलन पहले किया जाना है। इसका आंकलन करने के लिए उपलब्ध साहित्य डाटा, कठोर सॉफ़्टवेयर सिमुलेशन और स्केल्ड डाउन मॉडल के पवन सुरंग परीक्षणों का उपयोग किया जाएगा। फिर कर्मीदल मॉड्यूल के लिए थर्मल प्रोटेक्शन सिस्टम डिज़ाइन पर्याप्त सुरक्षा मार्जिन रखकर किया जाएगा। डिजाइन किए गए कर्मीदल मॉड्यूल का निर्माण और परीक्षण किया जाएगा और उड़ान योग्य घोषित किया जाएगा।

(iii) उड्डयानिकी (एवियनिक्स) के क्षेत्र में अनुसंधान और विकास गतिविधियाँ:

उड्डयानिकी (एवियनिक्स) विभाग के पास अत्याधुनिक सुविधाओं का उपयोग करते हुए प्रमोचक रॉकेट उड्डयानिकी (एवियनिक्स) पैकेज के उत्पादन का उत्तरदायित्व है। गगनयान मिशन के लिए उन्हें उच्च-विश्वसनीय सोल्डरिंग, एकीकरण और उड़ान पैकेज की असेंबली का कार्य पूर्ण करना होगा।

गगनयान मिशन के लिए विद्युत द्रवचालित संक्रियण प्रणाली समुच्चयन (इलेक्ट्रो हाइड्रोलिक एक्टिवेशन सिस्टम का विकास) और परीक्षण करके इसे योग्य बनाया जाना है। विद्युत (हाइड्रोलिक) / विद्युत द्रवचालित संक्रियण प्रणाली समुच्चयन (इलेक्ट्रो-हाइड्रोलिक एक्टिवेशन सिस्टम के विकास), परीक्षण और निर्माण के लिए सभी आवश्यक वायवीय और द्रवचालित (हाइड्रोलिक) सुविधाएं को गगनयान मिशन की आवश्यकता के अनुसार नया रूप दिया जाना है। प्रवर्तन प्रणाली (एक्चुएशन सिस्टम) की मॉडलिंग और क्षतिपूरक अभिकल्पना, सर्वो घटकों की अभिकल्पना और परीक्षण, प्रवर्तन प्रणाली (एक्चुएशन सिस्टम) और नियंत्रण इलेक्ट्रॉनिक्स का परीक्षण करने के लिए चेकआउट प्रणाली का डिजाइन और निर्माण, प्रवर्तन प्रणाली (एक्चुएशन सिस्टम) के परीक्षण करने के लिए विभिन्न परीक्षण सुविधाओं पर परीक्षण सेट अप का ढांचा तैयार करना आदि इस क्षेत्र में प्रमुख कार्य हैं। इसके अलावा, यांत्रिक अभिकल्पना, उड़ान और भूमि (परीक्षण) के लिए सभी यांत्रिक तत्वों का विश्लेषण और निर्माण कार्य किया जाना है।

वी.एस.एस.सी. की (उड्डयानिकी) एवियनिक्स एंटिटी भी प्रमोचक रॉकेट कार्यक्रम के लिए आवश्यक दूरमिति प्रणाली के विकास के लिए जिम्मेदार है। इसके अलावा समानव मिशन के लिए प्रतिबिंबन (इमेजिंग) प्रणाली एवं कैमरा, सिग्नल प्रोसेसिंग एवं संरचनात्मक माप प्रणाली, शक्ति एवं सीक्वेंसिंग प्रणाली का अभिकल्प और विकास आदि भी बहुत अहम भूमिका निभाते हैं।

ऑन-बोर्ड कंप्यूटर (ओ.बी.सी.) और अन्य एन.जी.सी. प्रणाली, जैसे स्टेज प्रोसेसिंग सिस्टम, कमांड एक्जिक्यूशन मॉड्यूल और बस एन्हांसमेंट सिस्टम की अभिकल्पना, विकास और निर्माण इस क्षेत्र में ध्यान खींचने वाले कार्य हैं। हालांकि, ये सबसिस्टम अच्छे स्तर पर आ गए हैं परंतु इन उपतंत्रों की परिपक्वता, कठोर (हार्ड) परीक्षण और योग्यता, गगनयान के लिए पूर्वाकांक्षित आवश्यकता है।

एक और समान रूप से महत्वपूर्ण गतिविधि आइ.पी. कोर और एप्लिकेशन विशिष्ट एकीकृत सर्किट (ए.एस.आइ.सी.) की अभिकल्प और विकास है। उड़ान सॉफ्टवेयर का अभिकल्प, विकास, और वितरण मिशन के लिए एक बड़ी चुनौती है। कृत्रिम इनपुट प्रोफ़ाइल (एस.आइ.पी.) टेस्ट और इंटीग्रेटेड प्रॉसेसर टेस्ट (आइ.पी.टी.) का अभिकल्प, विकास और निष्पादन गगनयान मिशन के लिए महत्वपूर्ण कार्य है।

प्रमोचक रॉकेट के लिए आर.एफ. ऑनबोर्ड सिस्टम एवं उपग्रहों के लिए विशेष प्रणालियों की अभिकल्पना, विकास और उत्पादन की जिम्मेदारी भी (उड्डयानिकी) एवियनिक्स एंटिटी (वी.एस.एस.सी.) के पास है। प्रमोचक रॉकेट के लिए ऑनबोर्ड ऐंटेना सिस्टम, ग्राउंड सिस्टम और कर्मीदल मॉड्यूल के अभिकल्प और विकास को पूरा करना भी एक बड़ी जिम्मेदारी होगी।

एम.आई.एस.-एस.टी.डी.-461 सी. के अनुसार इलेक्ट्रो मैग्नेटिक कंप्लायंस के लिए सभी एवियोनिक्स पैकेज का परीक्षण किया जाना है। (उड्डयानिकी) एवियनिक्स पैकेज के कंट्रोल एक्टीएशन सिस्टम और मैकेनिकल पार्ट्स की सख्त गुणवत्ता नियंत्रण, और आंतरिक संविरचन सुविधा (फेब्रिकेशन फैसिलिटी) और बाहरी एजेंसियों में निर्मित (उड्डयानिकी) एवियनिक्स पैकेज का निरीक्षण एक सफल मिशन के लिए बहुत आवश्यक है।

(iv) पॉलिमर और कंपोजिट के क्षेत्र में अनुसंधान और विकास गतिविधियाँ:

गगनयान मिशन के लिए उच्च और अत्यंत उच्च तापमान के लिए सीरामिक सामग्री, कंपोजिट, कोटिंग और चिपकने वाले पदार्थ का विकास, योग्यता और आपूर्ति भी वी.एस.एस.सी. के दायरे में आता हैं। गगनयान उड़ान के विभिन्न प्रयोगों के लिए ली-आयन बैटरियों का विकास और उड़ान योग्यता इस क्षेत्र में एक और बड़ी चुनौती है।

(v) मार्गदर्शन, नियंत्रण और अनुकरण (सिमुलेशन):

गगनयान मिशन की नई प्रक्षेपवक्र होने के कारण और मानव अनुकूलित मिशन की जटिलताओं को ध्यान में रखते हुए नियंत्रण, मार्गदर्शन और नौसंचालन प्रणाली को उन्नत करना होगा। इनर्शिअल नौसंचालन प्रणाली, रेसिन्स पैकेज और जी.पी.एस. एडिड जियो ऑगमेंटेड नेविगेशन सिस्टम (गगन) आदि का उपयोग उनकी पूर्णता में किया जाना है।

(vi) यांत्रिकी अभियांत्रिकी और एयरोस्पेस तंत्र के क्षेत्र में विकास गतिविधियाँ:

वी.एस.एस.सी. के रॉकेट संविरचन सुविधा फैब्रिकेशन फैसिलिटी (आर.एफ.एफ.) विंग में कर्मी दल मॉड्यूल के मैकेनिकल हार्डवेयर को साकार करने की बड़ी चुनौती है। कर्मीदल मॉड्यूल पूरी तरह से एक नई प्रणाली है, जिसे बनाया, परीक्षण और उड़ाया जाना है। कर्मीदल मॉड्यूल के निर्माण के लिए सटीक मशीनिंग, सी.एन.सी. कटिंग, मोल्डिंग आदि प्रक्रिया आवश्यक हैं। उदाहरण के लिए एच.ई.एम. डाइवर्जेंट नोजल पहले ही निर्मित और परखा जा चुका है। गगनयान मिशन के हार्डवेयर को साकार करने के लिए यांत्रिक निर्माण में कुछ अत्याधुनिक तकनीकों को विकसित और अपनाया जाना है।

(vii) अंतरिक्ष (आयुध निर्माण) ऑर्ड्नन्स प्रणालियों के क्षेत्र में विकास गतिविधियाँ:

वी.एस.एस.सी. द्वारा कई पायरो प्रणाली विकसित और प्रदान की जाती हैं। गगनयान मिशन के लिए निम्नलिखित उप-प्रणालियों को तैयार किया जाना है: इग्नाइटर (एस-200 जे.एम. इगनाइटर, एल-110 एस.एम. इगनाइटर, कस सी.ई.-20 इगनाइटर आदि); कई प्रकार के पायरोवाल्व (सामान्य रूप से ओपन पायरोवाल्व , व्यास 8 डुअल पायरोवाल्व, आइसोलेशन पायरोवाल्व, एल.एच.2/लॉक्स फीड लाइन आइसोलेशन पायरोवाल्व, कमांड यूनिट वेंट पायरोवाल्व आदि); नोजल क्लोजर (स्टीयरिंग इंजन नोजल क्लोजर (एस.ई.एन.सी.), टरबाइन एग्जिट गैस नोजल क्लोजर (टी.ई.जी.एन.सी.) आदि); पृथक्करण (सेपरेशन) प्रणाली (एक्सप्लोसिव ट्रांसफर असेंबली, व्यास 6 बोल्ट कटर टाइप II, एल.बी.एस. शार्ट पैनल, रीफिंग लाइन कटर आदि); इनिशिएटर/ डेटोनेटर (के माध्यम से बल्कहेड इनिशियेटर, 1A -1W डेटोनेटर आदि) और अन्य पायरो सिस्टम (पायरोथ्रस्टर, रिमोट माउंट सेफ आर्म (आर.एम.एस.ए.), पायरो पिन सबअसेंबली आदि)।

पुनर्प्रवेश (रि-एंट्री) के दौरान, कर्मीदल माड्यूल की गति को कम करने के लिए पैराशूट अभिकल्पना का कार्य प्रगति पर है। पैराशूट को कर्मीदल माड्यूल से निर्मुक्त करने के लिए पैराशूट रिलीजर यूनिट का निर्माण भी किया जाना है।

(viii) अभियांत्रिकी और संचालन के सभी पहलुओं की प्रणाली की विश्वसनीयता और गुणवत्ता आश्वासन का अध्ययन और मूल्यांकन प्रत्येक गतिविधियों में आवश्यक पूर्णता के स्तरों तक किया जाना है। मिशन प्लानिंग और मूल्यांकन को सबसे अधिक दोषपूर्ण दोषरहित तरीके से किया जाना है, जैसे कि हर संभव स्तर पर अतिरिक्तता का ध्यान रखा जाता है।

2. एस.डी.एस.सी. शार के लिए चुनौतियाँ:

(i) ठोस मोटर्स का उत्पादन:

गगनयान मिशन को भू-तुल्यकाली प्रमोचक रॉकेट मार्क III पर योजनाबद्ध किया गया है। इसका कारण वाहन की ज्यादा भार उठाने की क्षमता है। इसरो के परिचालन प्रक्षेपण वाहनों की ठोस मोटर के उत्पादन की जरूरतों को एस.डी.एस.सी. शार द्वारा पूरा किया जाता है। ठोस प्रणोदक का प्रक्रमण और बड़े आकार के ठोस प्रणोदक बूस्टर का उत्पादन करने के लिए केंद्र में दो विशाल ठोस प्रणोदक प्रक्रमण संयंत्र हैं, जो दुनिया में अपनी श्रेणी के सबसे बड़े संयंत्रों में से एक है।

इन सुविधाओं के पास दो एस200 ठोस बूस्टर जी.एस.एल.वी. मार्क III (GSLV MkIII) के लिए स्ट्रैपॉन के उत्पादन की प्रमुख जिम्मेदारी है, जो अंततः उड़ान में इतना करीबी निष्पादन देगा कि उनके प्रज्वलन के जलाए जाने के दौरान उनके द्वारा दिए गए अंतरात्मक प्रणोद का माप लगभग शून्य आएगा। यह गगनयान मिशन के लिए सबसे महत्वपूर्ण निष्पादन प्राचल है क्योंकि अंतरात्मक प्रणोद नियंत्रणीय मुद्दों को उत्पन्न करता है, जिससे मिशन को पूरा करने वाले कर्मी दल की जान को जोखिम हो सकता है।

एस.डी.एस.सी. में बूस्टर प्रक्रमण सुविधाओं में हार्डवेयर रोधन (इन्सुलेशन) और मशीनिंग, कास्टिंग, प्रठोसन, संदमन और झुकाव, समाकर्तन, गैर-विनाशकारी परीक्षण शामिल हैं। इन सुविधाओं को गुणवत्ता नियंत्रण के एक उच्च स्तर के साथ विशाल एस200 मोटर्स का उत्पादन करना होगा।

(ii) प्रमोचन काम्प्लेक्स:

एस.डी.एस.सी. शार में दो प्रचालनी प्रमोचन काम्प्लेक्स – फर्स्ट और सेकंड प्रमोचन पैड काम्प्लेक्स (एफ.एल.पी. एवं एस.एल.पी.) में प्रमोचक रॉकेट एकीकरण और प्रमोचन के लिए स्वाश्रयी सुविधाएं है। ये इंटेग्रटेड ऑन पैड (आइ.ओ.पी.) अवधारणा और क्रमशः इंटेग्रेट, ट्रान्सफर और प्रमोचन (आई.टी.एल.) अवधारणा पर आधारित हैं। हालांकि, गगनयान मिशन के लिए चरण की आवश्यकताएँ लगभग एक समान रहती हैं, लेकिन कर्मीदल के नाभिय को सावधानीपूर्वक डिजाइन और प्राप्त किया जाना है।

एकीकरण सुविधाएं , समर्पित प्रणोदक भंडारण और सर्विसिंग सुविधाएं, स्टेज तैयार करने की सुविधा, आदि जो कि इन प्रमोचन कॉम्प्लेक्स का एक अभिन्न हिस्सा हैं, इन्हें गगनयान मिशन की सारी जरूरतों को पूरा करना होगा।

(iii) (परास यंत्रीकरण) रेंज इन्सट्रुमेंटेशन सुविधाएं:

गगनयान मिशन में कर्मीदल की सुरक्षा एक अधिक महत्वपूर्ण विषय है। प्रमोचक रॉकेट अनुवर्तन, दूरमिति, दूरादेश (टेली-कमांड), मिशन नियंत्रण (कंट्रोल), वास्तविक काल उड़ान डेटा संसाधन इत्यादि, जैसी सेवाएँ प्रमोचन काम्प्लेक्स संचालन का अनिवार्य हिस्सा है, जो कि गगनयान मिशन प्रबंधन का एक भाग है।

मिशन के लिए समन्वय गतिविधियां मिशन नियंत्रण केंद्र (एम.सी.सी.) से होंगी। इसरो ने पहले से ही अत्याधुनिक दूरमिति (टेलीमेट्री), (अनुवर्तन) ट्रेकिंग और टेलीकॉम प्रणाली को सक्षम कर लिया है, जो प्रमोचक रॉकेट का सटीक अनुवर्तन करेगा। उलटी गिनती (काउंटडाउन) के चरण से लेकर उपग्रह के कक्षा में दाखिल होने तक प्रक्षेपण संचालन करता है। हालांकि, रेंज सुरक्षा दल की सबसे महत्वपूर्ण भूमिका है, क्योंकि कर्मीदल की सुरक्षा उन पर निर्भर है। सबसे खराब स्थिति को समाहित करने के साथ सभी सुरक्षा पहलुओं का ध्यान रखते हुए उनकी कार्य योजना की गहनता से जांच की जानी है, ताकि इसमें शामिल कर्मियों की सुरक्षा सुनिश्चित की जा सके।

(iv) अंतरिक्षयान तैयारी सुविधा:

अंतरिक्षयान तैयारी सुविधा को कर्मीदल माड्यूल की पूरी तैयारी प्रक्रिया को सक्षम करना है, जिसमें चेकआउट, ईंधन भरना और अंतिम प्रमोचन से पहले सत्यापन शामिल हैं। ये सभी गतिविधियां स्वच्छ कमरे में की जानी है।

(v) डी.ओ.एल.डब्ल्यू.बी. गतिविधियाँ, उपग्रह अनुवर्तन और मौसम विज्ञान / मौसम पूर्वानुमान सुविधाएं:

डे आफ प्रमोचन विंड बायसिंग (डी.ओ.एल.डब्ल्यू.बी.) को गगनयान मिशन के दिन प्रक्षेपण स्थल पर हवा के पैटर्न का सटीक पूर्वानुमान करना होता है। प्रक्षेपण अभियान के दौरान और काउंटडाउन के दौरान नियमित अंतराल पर मौसम का सटीक पूर्वानुमान एस.डी.एस.सी. के लिए अधिक महत्वपूर्ण है। कर्मीदल के शामिल होने के कारण, आंधी और तूफ़ान का पूर्वानुमान अत्यंत महत्वपूर्ण है।

3. यू. आर. राव अंतरिक्ष केंद्र (यू.आर.एस.सी.) के लिए चुनौतियाँ:

(i) कर्मीदल माड्यूल के लिए जीवन सुरक्षा प्रणाली;

तापमान और आर्द्रता नियंत्रण प्रणाली, क्रू स्वास्थ्य निगरानी प्रणाली, अपशिष्ट उन्मूलन, खाद्य आपूर्ति आदि की डिजाइन, यू.आर.एस.सी. के दायरे में आता है। इसरो को ऐसे क्षेत्र में कोई पूर्व अनुभव नहीं है और जरूरतों को पूरा करने के लिए विदेशी सहयोग की आवश्यकता हो सकती है।

(ii) अंतरिक्षयान (स्पेस क्राफ्ट) पाव्रिंग

सामान्य संचार/ सुदूर संवेदन उपग्रह मिशनों के विपरीत, समानव मिशन के लिए विद्युत की आवश्यकता अधिक है। इन आवश्याकताओं को पूरा करने के लिए सौर सरणियों को बढ़ाना होगा। इसके अलावा अंतरिक्षयान बस डिजाइन आदि को कर्मीदल माड्यूल की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए ट्यून करना होगा।

(iii) संवेदक (सेंसर) और संबंधित (एलाइड) प्रणाली

स्टार संवेदक, (सूर्य संवेदक) सन सेंसर और पृथ्वी संवेदक सेंसर अंतरिक्ष में कर्मीदल माड्यूल की स्थिति बताते हैं। इन संवेदकों की सटीकता और विश्वसनीयता में मानवानुकूलित मिशन के लिए सुधार करना होगा।

(iv) कर्मीदल प्रशिक्षण, जैकेट आदि

यह एक चर्चा का विषय है कि इसरो को इस पर निवेश करना चाहिए या नहीं, क्योंकि सुविधाओं को विकसित करने में शामिल लागत और समय काफी ज्यादा है। इसलिए नासा या ईएसा के साथ उपलब्ध सुविधाओं का उपयोग किया जा सकता है।

4. इस्ट्रैक के लिए चुनौतियां:

गगनयान मिशन के (निम्न भू-कक्षा) लो अर्थ ओर्बिट (एल.ई.ओ.) मिशन होने की अधिक संभावना है। यदि अंतरिक्षयान को गैर जी.एस.ओ. कक्षा में अंतक्षेपित (इंजेक्ट) किया जाता है तो पृथ्वी पर एक बिंदु से इसकी दृश्यता लगातार उपलब्ध नहीं होगी। ऐसे मामले में, अनुवर्तन स्टेशनों को इस तरह से चुना जाएगा कि दृश्यता लगातार उपलब्ध हो सके। इसके अलावा सभी भू-टर्मिनलों की नेटवर्किंग को फुल प्रूफ बनाना पड़ेगा। पर्याप्त अतिरिक्तता को शामिल किया जाना है। मंगलयान जैसे पिछले मिशनों में ऐसी कक्षाएँ शामिल थीं, जिनकी वजह से शिप बार्न टर्मिनलों का नियोजन किया गया था। गगनयान मिशन में भी ऐसी ही स्थिति उत्पन्न हो सकती है। अभी प्रक्षेप वक्रों को केवल अंतिम रूप दिया जा रहा है। भविष्य में इस्ट्रैक और इसकी उप-इकाइयों के सामने आने वाली और चुनौतियों के बारे में आने वाले समय में ही पता लग पाएगा।

सारांश रूप में यह कहा जा सकता है कि गगनयान मिशन, इसरो के अब तक के मिशनों में से सबसे जटिल मिशन है। सभी केंद्रों को दी गयी जिम्मेदारियों को सफलतापूर्वक पूरा किया जाना है। अंतिम परिणाम प्राप्त करने के लिए मिलजुलकर काम करना आवश्यक है। टीम में काम करने और भरसक मेहनत द्वारा इसरो को अधिकांश रूप से सफलताएं प्राप्त हुई हैं। गगनयान मिशन, जैसी विशाल चुनौती को पूरा और सफल करने के लिए इसरो के सभी वैज्ञानिकों/अभियंताओं/कर्मचारियों को पूरे दिलो-दिमाग़ से काम करना होगा।

लेखक परिचय:



प्रिंस गर्ग, वैज्ञानिक/अभियंता – एस.डी., इसरो के विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र में कार्यरत हैं। उन्होंने अपनी स्नातक की परीक्षा यांत्रिक अभियंत्रिकी में आई.आई.टी., मंडी से वर्ष 2017 में पूर्ण की। उन्होंने अपनी स्नातक की परीक्षा उत्तीर्ण करने के पश्चात, वी.एस.एस.सी. में वर्ष 2017 में ही कार्यभार संभाला था। वे वर्तमान में रॉकेट प्रणाली परीक्षण प्रभाग (आर.एस.टी.डी.) में यांत्रिक सक्रियताओं को संभालते हैं। उनके कार्य के अंतर्गत, दो परीक्षण सुविधाएं आती हैं: स्थिर परीक्षण सुविधा; कंपन परीक्षण सुविधा। वे इनमें यांत्रिक गतिविधियां संभालते हैं। इन दो सुविधाओं में परीक्षण के लिए जरूरी यांत्रिक फिक्सचरों की अभिकल्पना एवं निर्माण उनके कार्य का भाग है। इसके अतिरिक्त वे तकनीकी विकास परियोजना के अंतर्गत ठोस मोटर्स के स्थिर परीक्षण के लिए सिक्स कॉम्पोनेंट टेस्ट स्टैंड के निर्माण पर भी कार्य कर रहे हैं।

समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियाँ, अनुप्रयोग तथा भावी संभावनाएँ

राकेश कुमार
वरिष्ठ तकनीकी सहायक-'ए'
एल.पी.एस.सी., बेंगलूरु

1. पृष्ठभूमिः

अमरीका और रूस, दशकों पहले दुनिया पर अपना वर्चस्व स्थापित करने की कोशिश में थे और इसी का नतीजा था अंतरिक्ष और चंद्रमा तक इंसान का पहुँचना। इस मामले में रूस अव्वल रहा कि उसने अपने अंतरिक्ष यात्री यूरी गागरिन को अंतरिक्ष में जाने वाला दुनिया का पहला इंसान बना दिया। अमरीका चंद्रमा पर अपने अंतरिक्ष यात्री को भेजने वाला प्रथम देश बना। इन दोनों कामयाबियों को पांच दशकों से ज्यादा का समय बीत चुका है। चीन, वर्ष 2003 में अपने अंतरिक्ष यात्री को भेजने में सफल रहा। अंतरिक्ष की सफलताओं के इस दौर में विश्व के कई देशों ने दिन-रात मेहनत कर कठिन से कठिन पड़ाव पार कर कुछ आंशिक सफलताओं को ज़रुर हासिल किया है, किंतु विश्व – मंच पर केवल अमरीका, रूस व चीन ही इस मिशन को सफलतापूर्वक अंजाम दे पाए हैं।

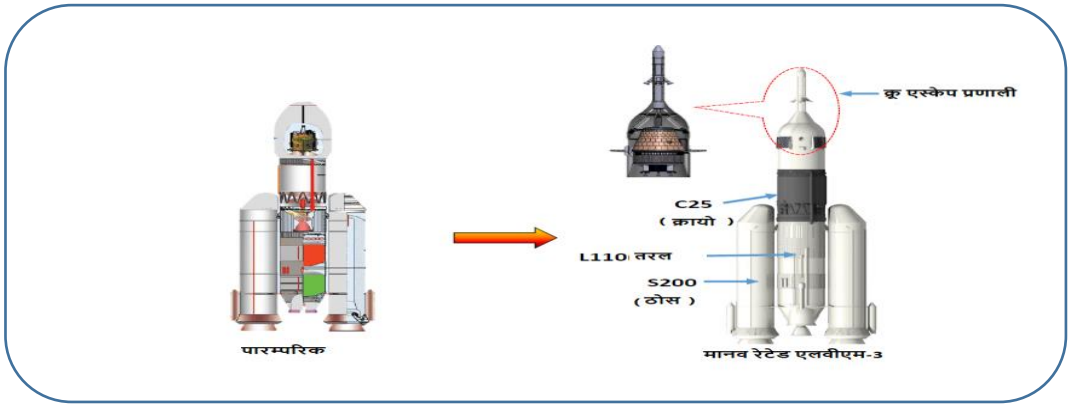
भारत इस दौड़ में अमरीका, रूस एवं चीन के बाद, चौथा देश है, जो इस कीर्तिमान को वर्ष 2024 के अंत तक हासिल करने जा रहा है। आज विश्व के शीर्ष देशों की नज़र भारत के सबसे कम लागत वाले समानव अंतरिक्ष अभियान – "गगनयान" पर टिकी है। इसकी सफलता से विश्व अंतरिक्ष प्रतिस्पर्धा में भारत न केवल शीर्ष देशों अमरीका, रूस, चीन और फ्रांस को टक्कर देगा बल्कि, भारत विश्व का पहला देश होगा जो, सबसे कम संसाधन व लागत में समानव अंतरिक्ष अभियान को सफलता पूर्वक पूरा करेगा।

2. प्रक्षेपण यानः पारम्परिक एवं मानव रेटेड एल.वी.एम.-3

इसरो द्वारा सिद्ध एवं विश्वसनीय भारी लिफ्ट क्षमता से लैस-एल.वी.एम.3 प्रक्षेपण यान, गगनयान मिशन हेतु चुना गया है। इसमें ठोस चरण, तरल चरण एवं निम्नतापीय (क्रायोजेनिक) चरण हैं। यान में मानव रेटिंग आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए फिर से संरूपित (कॉन्फिगर) किया गया है और मानव रेटेड एल.वी.एम.3 नाम दिया गया है।

मानव रेटेड एल.वी.एम.3 कक्षीय (ऑर्बिटल) मॉड्यूल को 400 कि.मी. की लक्षित, लो अर्थ ऑर्बिट में प्रमोचित करने में सक्षम होगा।

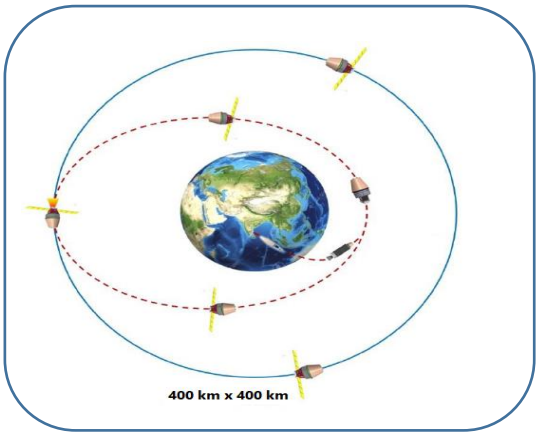
मानव रेटेड एल.वी.एम.3 में क्रू एस्केप सिस्टम (सी.ई.एस.) शामिल है, जो त्वरित क्रिया, उच्च बर्न रेट ठोस (सॉलिड) मोटर के एक सेट द्वारा संचालित होगा। यह प्रणाली, आपातकाल परिस्थिति में क्रू-सदस्य सहित, क्रू मॉड्यूल को यान से अलग कर सुरक्षित दूरी पर ले जाने में सक्षम होगी।



चित्रः 1

3. संपूर्ण मिशनः

संज्ञात्मक मिशन	विशेष विवरण
कक्षा	170 x 408 किमी
झुकाव	51.5 डिग्री
प्रक्षेपण दिगंश (एजीमूथ)	140 डिग्री
कक्षीय मॉड्यूल द्रव्यमान	7000 किग्रा
लिफ्ट ऑफ द्रव्यमान	654 टन
प्रक्षेपण यान क्षमता	8050 किग्रा

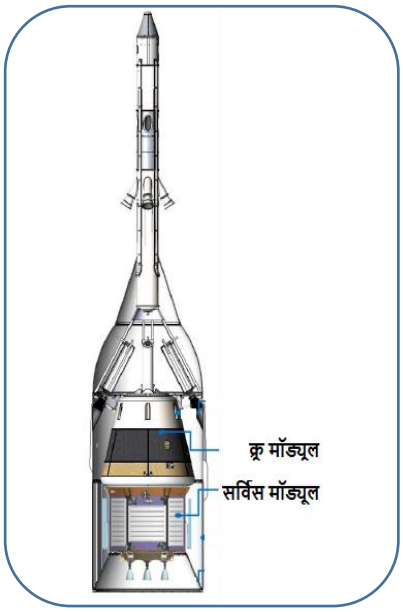


चित्रः 2

4. कर्मीदल बचाव (क्रू एस्केप) प्रणाली:

विशेषताः

- आपात स्थिति में कर्मीदल सदस्यों को यान से दूर सुरक्षित अलग करना ।
- प्रक्षेपण यान से कहीं ज्यादा विश्वसनीय।
- उच्च विश्वसनीय, त्वरित क्रिया, ठोस मोटर पर आधारित।
- उच्च ज्वलन रेट प्रणोदक संरचना (19 मिमि/सेकेंड), यान (7.9 मिमि सेकेंड)।



चित्रः 3

5. (ECLSS) – मुख्य सब-प्रणालीः

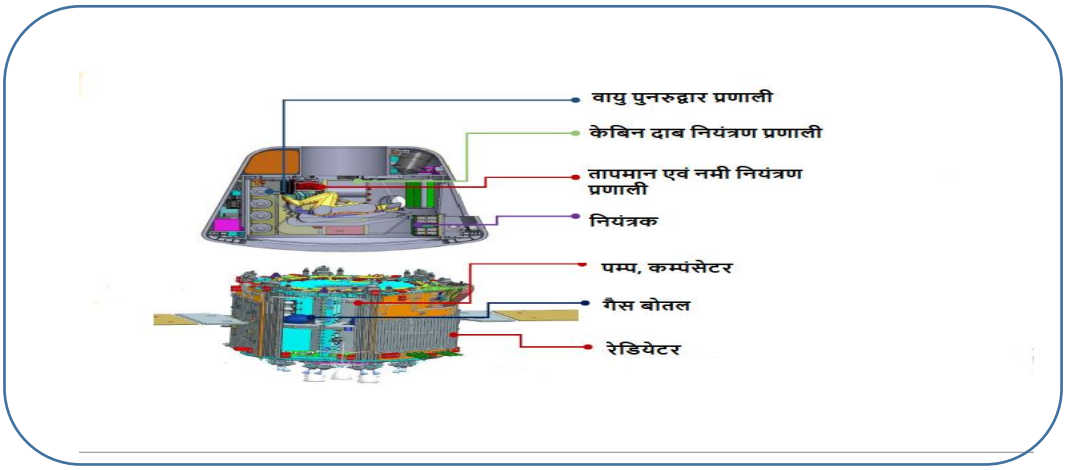
- कर्मीदल मॉड्यूलः-
  - वायु पुनरुद्वार प्रणाली- CO2 एवं अन्य गैसें निकालने हेतु।
  - केबिन दाब नियंत्रण प्रणाली – कर्मीदल सदस्यों के लिए ऑक्सीजन की पर्याप्त उपलब्धता एवं अनुकूल वातावरण।

- तापमान एवं नमी नियंत्रण प्रणाली - ताप एवं नमी की मात्रा नियंत्रण में रखने की व्यवस्था।
- नियंत्रक- क्लोज़ लूप कार्य प्रणाली।

➢ सर्विस मॉड्यूल
- पम्प, कम्पंसेटर
- गैस बोतल
- रेडियेटर

केबिन वातावरण विवरण		
1	केबिन दाब	101 किलो पास्कल 98-116 किलो पास्कल
2	ऑक्सीजन पारसियल दाब	21 किलो पास्कल 19-23 किलो पास्कल
3	CO2 पारसियल दाब	< 670 पास्कल
4	केबिन तापमान	23+- 3o C
5	केबिन सापेक्ष नमी	30-70 %

डिजाइन इनपुट		
1	नमी उत्पादन	1.5 किग्रा/क्रू 1 दिन
2	O2 खपत	0.86 से 1.1 किग्रा/दिन/क्रू
3	CO2 उत्पादन	0.96 किग्रा/दिन/क्रू.



चित्रः 4

6. स्पेस कैप्सूल – ताप नियंत्रण प्रणालीः

- वायु – द्रव ताप एक्सचेंजर, केबिन से उष्मा को निकाल कर प्राथमिक शीतलक (कूलेंट) में भेजने का कार्य करता है।
- द्रव – द्रव ताप एक्सचेंजर, प्राथमिक शीतलक (कूलेंट) से उष्मा, द्वितीय शीतलक (कूलेंट) में भेजे जाने की व्यवस्था होती है।

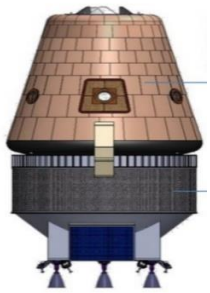
- इलेक्ट्रो मैगनेटिक विकिरण के द्वारा, उष्मा को अंततः द्वितीय शीतलक (कूलेंट) से अंतरिक्ष में छोड़ दिया जाता है।
- यांत्रिक पम्प के द्वारा शीतलक (कूलेंट) को अपने लूप के द्वारा बहने दिया जाता है।

7. कक्षीय मॉड्यूलः बनावट व कार्य

कक्षीय मॉड्यूल वस्तुतः धरती के चारों ओर चक्कर लगाने का संयंत्र व मुख्य उपकरण है। जिसके मुख्यतः दो भाग हैं-

(क) कर्मीदल मॉड्यूल

(ख) सर्विस मॉड्यूल



चित्र (5) कक्षीय मॉड्यूल



चित्र(6) सर्विस मॉड्यूल /कर्मीदल मॉड्यूल

कर्मीदल मॉड्यूल में अंतरिक्ष यात्रियों के रहने की व्यवस्था होती है। जबकि सर्विस मॉड्यूल में तापमान व वायु दाब को नियंत्रित करने वाले उपकरण, लाइफ सर्पोट सिस्टम, ऑक्सीजन और भोजन सामाग्री होती है।

कक्षीय मॉड्यूल, प्रमोचन यान से अलग होकर धरती के "निम्न पृथ्वी कक्षा" (एल.ई.ओ.) में लगभग 400 किमी. दूर एक वृताकार कक्षा में चक्कर लगाती है।

अंतरिक्ष से वापसी के लिए मॉड्यूल के वेग को कम किया जाता है और इसे विपरीत दिशा में घुमाया जाता है। कक्षीय मॉड्यूल के धरती से लगभग 25 किमी. की ऊँचाई पर पहुँचते ही सर्विस मॉड्यूल को अलग कर दिया जाता है, जो बिना नियंत्रण के पृथ्वी की ओर नीचे बढ़ता है। जबकि कर्मीदल मॉड्यूल नियंत्रित व्यवस्था के साथ पृथ्वी पर उतरता है। इनके गति को द्रव नोदन प्रणाली चलित इंजन द्वारा नियंत्रित रखने की व्यवस्था होती है।

8. चुनौतियाः-

I) **अंतरिक्ष यात्रियों को अंतरिक्ष में भेजना और उन्हें सुरक्षित रूप से धरती पर वापस लाना एक बड़ी चुनौती**-

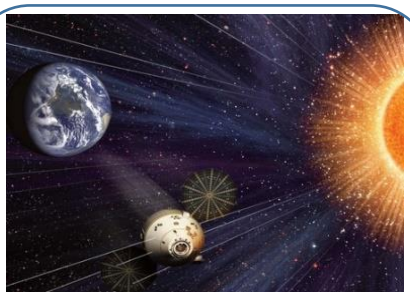
इंसान को अंतरिक्ष में भेजना काफी जोखिम भरा होता है। इसमें न सिर्फ धन की जरूरत पड़ती है बल्कि इंसानी जान को भी हर वक्त खतरा होता है। एक इंसान को अंतरिक्ष में जाने के लिए शारिरिक और मानसिक दक्षता ही नहीं बल्कि प्रकृति के विरुद्ध काम करने लायक क्षमताएँ भी विकसित करनी होती हैं। इसके लिए खास किस्म के प्रशिक्षण एवं विशेषज्ञता भी हासिल करनी होती है।

II) गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र में बदलावः

धरती की कक्षा से बाहर जाते हुए एक इंसान सबसे पहले गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र में बदलाव महसूस करता है। दरअसल, एक गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से दूसरे गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र में जाने पर इसांन के दिमाग, हाथ और आँखों का तालमेल गड़बड़ाने लगता है। साथ ही गुरुत्वाकर्षण के अभाव में हड्डियों से पोषक तत्व खत्म होने लगते हैं, जिसमें ऑस्टियोपोरोसिस संबंधी फ्रैक्चर हो सकते हैं।

III) अंतरिक्ष विकिरण जोखिमः

अंतरिक्ष में विकिरण का खतरा धरती से दस गुणा अधिक होता है। विकिरण की चपेट में आने से अंतरिक्ष यात्रियों को थकान, उल्टी, तंत्रिका तंत्र से जुड़ी परेशानियाँ आदि हो सकती हैं। इसके साथ ही धरती से दूर रहने पर व्यक्ति को व्यवहार से संबंधित समस्याएँ जैसे- अवसाद, नींद न आना और दूसरे मनोवैज्ञानिक विकार भी सामने आ सकते हैं।



चित्रः 7 अंतरिक्ष विकिरण

IV) हैवी लिफ्ट प्रक्षेपण – यान

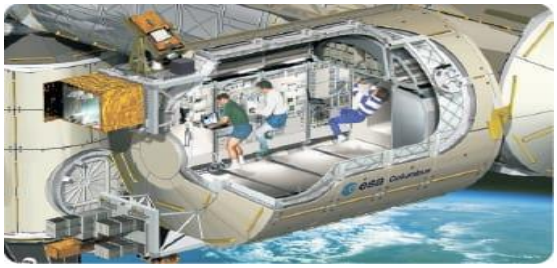
किसी भी समानव अंतरिक्ष अभियान के सफल प्रक्षेपण के लिए भरोसेमंद प्रक्षेपण – यान की आवश्यकता होती है, इस दौर में आवश्यक है कि लगातार इस यान के सफल होने की दर को सुनिश्चित किया जाए। इससे आत्मविश्वास का बढ़ना एवं मिशन सफल होने में कोई खास डर नहीं रहता।



चित्रः 8 प्रक्षेपण – यान

V) पर्यावरण नियंत्रण और जीवन सहायता प्रणालीः

यह प्रणाली क्रू मॉड्यूल या स्पेस स्टेशन के वायुदाब, ऑक्सीजन स्तर, आग का पता लगाना, पानी की उपलब्धता, अपशिष्ट प्रबंधन (वेस्ट मैनेजमेंट) आदि से संबंधित है। इस प्रणाली का सही से कार्य करना अत्यंत ही आवश्यक है। इस प्रणाली के भरोसे ही मानव का जीवन शून्य अंतरिक्ष में संभव है।



चित्रः 9 पर्यावरण नियंत्रण और जीवन समर्थन प्रणाली

VI) **"फ्लाईट सूट"**

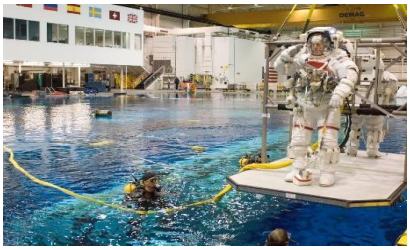
इस सूट का उपयोग अंतरिक्ष यात्री द्वारा सामान्यतः ऑफ और री-एंट्री के समय किया जाता है। इसके अतिरिक्त यह खतरे की स्थिति में पहना जाता है।



चित्रः 10 फ्लाइट सूट

VII) प्रौद्यौगिकी एवं प्रशिक्षण

तकनीक को बेहतर करने और अंतरिक्ष यात्रा से जुड़ा प्रशिक्षण भी अन्य प्रमुख चुनौतियां हैं।



चित्रः 11 प्रशिक्षण

9. अनुप्रयोग और भावी संभावनाएः

i) विज्ञान एवं प्रौद्यौगिकी के क्षेत्र में अनुसंधान और विकास कार्य को प्रोत्साहन।

ii) औद्यौगिक विकास में सुधार एवं युवाओं के लिए प्रेरणा स्रोत साबित होना।

iii) इस मिशन से रोजगार सृजन, मानव संसाधन विकास और औद्योगिक क्षेत्र में विकास से आर्थिक गतिविधियों को एक गति मिलेगी।

iv) अंतरिक्ष पर्यटन- इस मिशन के सफल होने से स्पेस टूरिज्म के क्षेत्र में एक बड़ी संभावना दिख रही है। यह राष्ट्र के लिए कमाई का एक बड़ा ज़रिया बन सकती है।

v) विश्व स्तर पर तकनीकी सरलता बढ़ाने का एक अवसर एवं साथ ही आर्थिक गतिविधि में गति मिलेगी।

पूरे देश की निगाहें अब, देश के महत्वपूर्ण अभियान "गगनयान" पर हैं, जब गगनयान अंतरिक्ष की अनंत संभावनाओं को टटोलने के लिए उड़ान भरेगा।

लेखक परिचय:



मैं राकेश कुमार, स्टाफ कोड संख्या- LB 68782, सेंसर प्रोडक्शन मैनेजमेंट डिवीजन, एस. पी. आ.ई एस. जी., एल.पी.एस.सी., बैंगलूरु में "वरिष्ठ तकनीकी सहायक -ए" के पद पर कार्यरत हूं। प्रक्षेपण यान के लिए असेंबल्ड एवं टेस्टेड प्रेशर ट्रांसड्यूसर्स एवम टेंपरेचर सेंसर उपलब्ध कराना हमारी जिम्मेदारी है। मैने वर्ष 2013 में मैकेनिकल इंजीनियरिंग में स्नातक किया। हिंदी भाषा का ज्यादा से ज्यादा प्रचार- प्रसार एवं कार्यालय के कार्यों में हिंदी भाषा को बढ़ावा देने के क्रम में मैंने कई लेख लिखे हैं, जिसे "नोदन मुकूर" नामक कार्यालय की मासिक हिंदी पत्रिका में प्रकाशित किया गया है।

समानव अंतरिक्ष अभियान की चुनौतियाँ, अनुप्रयोग तथा भावी सम्भावनाएँ

विकास स्वर्णकार, वैज्ञा./अभि.-एस.एफ.
के. श्री देवी, वैज्ञा./अभि.-एस.जी., समूह प्रधान, एस.आर.
ए. प्रसाद राव, वैज्ञा./अभि.-जी., उप-निदेशक, एस.आर.
सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र, शार श्रीहरिकोटा

भारत समानव अंतरिक्ष यान – गगनयान

भारत में गगनयान बनाने के लिए अनुसंधान तथा तंत्रों के परीक्षण जारी हैं। समानव अभियान का मुख्य लक्ष्य मानव को अंतरिक्ष में ले जाकर सुरक्षित वापस लाना होगा। इसलिए मिशन में मुख्यतः मानव की सुरक्षा को ध्यान में रखकर यान और उसके तंत्रों का निर्माण किया जा रहा है। सुरक्षा, गुणवत्ता और विश्वसनीयता इस मिशन के मुख्य आधार हैं। मिशन तैयार होने में और उसे पूर्ण सफल बनाने में निम्नलिखित मुख्य चुनौतियाँ है।

1. प्रमोचन यान की भार वहन क्षमता के आधार पर कर्मीदल मॉड्यूल का निर्माण करना। इसके आधार पर ही अंतरिक्ष मे व्यतीत किए जाने वाले समय तथा प्रक्षेप पथ का निर्धारण किया जाएगा।
2. आपातकालीन स्थिति में या मिशन के विफल होने पर कर्मीदल मॉड्यूल और उसमें बैठे कर्मीदल को सकुशल धरती पर वापस लाना।
3. कर्मीदल मॉड्यूल में वो सभी आंतरिक तथा बाह्य सुरक्षा व सुविधाएँ बनाना जो कि मानव को मिशन पूरा करने के सक्षम बनाएँ। इसमें सम्मिलित हैं- सुनियोजित परिचालनता तथा पुनरागमन पर अत्यधिक तापमान झेलने की क्षमता।
4. किसी भी टकराव या अत्यधिक आवेग की स्थिति में कर्मीदल की सुरक्षा सुनिश्चित करना।
5. अंतरिक्ष में पहले से सफर कर रहे स्पेस डेब्रीज से यान तथा कर्मीदल की सुरक्षा करना।

यह कुछ मुख्य अभियांत्रिकी चुनौतियाँ है जिनका मानव युक्त अंतरिक्ष मिशन में वैज्ञानिकों को उत्तर ढूँढ़ना है। अंतरिक्ष अत्यंत निर्दयी होता है, एक छोटी सी चूक भी भारी नुकसान पहुँचा सकती है।

समानव अंतरिक्ष यान के लिए उपयुक्त वातावरण:
अंतरिक्ष यान में मानव मुख्यतः दो प्रकार के त्वरण बल झेलता है- पहला रैखिक और दूसरा घूरणीय त्वरण। इन दोनों ही त्वरणों की सीमाएँ निर्धारित करना आवश्यक है। इसका उल्लंघन न हो ऐसे तंत्रों की अभिकल्पना की जानी है।

समान्यतः मानव सहनसीमा त्वरण के संदर्भ में दो घटकों में बताई जाती है;

बाह्य घटक: यह त्वरण बल बाह्य तंत्रो पर निर्भर करता है। स्पष्ट है की जितना ज़्यादा इसका परिमाण होगा उतनी ही मानव को क्षति पहुँचने की संभावना है। बाह्य घटक में दिशा भी एक महत्वपूर्ण घटक है। मानव की सहनशीलता दिशा के अनुरूप बढ़ती या घटती है। त्वरण की दिशा मानव रीढ़ के अवलंब होने पर मानव की सहनसीमा ज़्यादा होती है। यही कारण है की मानव की कर्मीदल मॉड्यूल में बैठने की सीट ऐसी दिशा में होनी चाहिए जिसमें यान की त्वरण दिशा मानव के रीढ़ से अवलंब होती हो। अगला बाह्य घटक है तीव्र आवेग तथा वह समय जिसके लिए उच्च त्वरण परिमाण होता है। इन दोनों ही घटकों के परिमाण कम से कम होना अपेक्षित है। मानव को न सिर्फ उपर जाते हुए यान के त्वरण को झेलना है बल्कि पुनरागमन पर भी उच्च त्वरण का सामना करना होता है, और आपातकालीन स्थिति मे भी टकराव की स्थिति बनती है इसलिए बैठने वाली सीट ऐसी बनाई जाती है जिसमे सीट बेल्ट की मदद से वह कस के जकड़ा रहे और ऐसे अवशोषक लगे हो जो टकराव के बल को अवशोषित कर कम से कम प्रतिबल को मानव तक पहुँचने दे।

आंतरिक घटक: आयु, स्वास्थ्य तथा लिंग यह आंतरिक घटक हैं जो मानवयुक्त मिशन में मानव की सुरक्षा सीमा को कम या ज़्यादा कर सकते हैं। एक स्वस्थ वयस्क व्यक्ति टकराव के त्वरण को झेलने मे सक्षम होता है, कोई

दीर्घकालिक अस्वस्थता सुरक्षा सीमा को कम कर सकती है। वैज्ञानिकों के शोध में यह भी सिद्ध किया गया है कि पुरूषों की त्वरण झेलने की क्षमता औरतों की अपेक्षा ज़्यादा होती है, लेकिन इस भेद को तकनीकी दृष्टि से खत्म किया जा सकता है।

मानव मिशन में प्रशिक्षण का भी बहुत बड़ा योगदान है। अंतरिक्ष के वातावरण जैसे की माईक्रोग्रेविटी, निर्वात की स्थिति धरती पर ही तैयार कर अंतरिक्ष यात्रियों को प्रशिक्षण देना एक बड़ी चुनौती है। मानव को अत्यधिक त्वरण बल को झेलने के लिए तैयार किया जाता है। परीक्षण के दौरान यह पाया गया की एक प्रशिक्षण लिया हुआ व्यक्ति 14g के त्वरण बल को 125 सेकेंड तक सहने में सक्षम है, वही प्रशिक्षण न लिया हुआ व्यक्ति इस त्वरण को सिर्फ 19 सेकेंड झेल सकता है। इसी तरह कुछ अन्य बाह्य घटक जैसे उच्च तापमान तथा कम दबाव को सहन करना और आंतरिक घटकों में डर, बेचैनी, दर्द तथा परेशानियों को सहन करने की क्षमता रखना इस प्रशिक्षण का मुख्य हिस्सा होते हैं।

विभिन्न अंतरिक्ष यानों में प्रचलित दीर्घकालिक रैखिक त्वरण (g)

मिशन	पुनरागमन		उत्थापन	विफल
	सामान्य	असामान्य		
एच.एस.पी.	3.5	7.5	3.6	12.5
ओराइन	2.95	8.5	3	16
सोयूज	4-6.5	10	5	17
शटल	1.2	--	3	5

प्रमोचन के समय से लेकर, कक्षा में, कक्षांतर के दौरान, पुनरागमन या मिशन विफलता के समय अंतरिक्ष यानो में निरंतर रैखिक त्वरण का वातावरण बना रहता है। रैखिक त्वरण का सामान्य मान निम्नलिखित पाया गया है:

1. कक्षा में, कक्षांतर के दौरान: 10^{-6} से 10^{-3} g

2. पृथ्वी पर: 1 g

3. चरण पृथक्करण के समय: 1 से 2g

4. प्रमोचन तथा पुनरागमन के समय: 1 to 6 g

यान में ऐसे तंत्रो की अभिरचना की जाती है जिसमे किसी भी चरण में मानव को 500 g/s की त्वरण दर न झेलनी पड़े। इस त्वरण दर से अधिक होने पर मानव की जान को अत्यधिक जोखिम होता है।

उसी तरह अंतरिक्ष यान में घूर्णीय त्वरण निम्न घटनाओं में हो सकता है;

1. कक्षीय परिचालन 2. प्रक्षेपण 3. पुनरागमन 4. विफलता मे किए गए परिचालन से

पुनरागमन के समय यान के घूर्णीय त्वरण को किसी भी दिशा में 50 rpm से कम में सीमित रखना होता है। पुनरागमन से लेकर पृथ्वी में सुरक्षित उतर जाने तक सभी अभिकल्पित सीमाओं को ट्रेन किए गए कर्मीदल मेम्बर्स के लिए सामान्य बनाए रखना एक बड़ी चुनौती है।

गगनयान में मुख्य अभिकल्पनाएँ:

1. मिशन युक्ति: मिशन की मुख्य युक्ति है यान को पूर्ण मानव युक्त यान घोषित करना तथा इसे प्रमाणित करना। पूर्व में प्रयुक्त हुए भारतीय अंतरिक्ष यान GSLV MKIII को अतिरिक्त सुरक्षा तथा विश्वसनीयता सीमा प्रदान किया जा रहा है। इसके लिए इसमें विभिन्न बदलाव किए गए हैं। जैसे की इसके हार्डवेयर से प्रणोदक के बीच की इन्सुलेशन सतह को और मोटा किया गया है। इसके साथ ज्वाइंट्स में प्रेशर के रिसाव से बचाने के लिए अतिरिक्त ओ-रिंग का इस्तेमाल किया गया है और इन सभी युक्तियों से यान के ठोस नोदक वाले

इस चरण की विश्वसनीयता सीमा को 1.4 गुना बढ़ा दिया गया है। कर्मीदल मड्यूल को आपातकालीन स्थिति मे सुरक्षित दूरी में ले जाने के लिए कर्मीदल इस्केप तंत्र बनाया गया है, इसका मुख्य उद्देश्य यान के प्रथम चरण में आई किसी भी खराबी में कर्मीदल मड्यूल को तुरंत 2 km की दूरी तक ले जाना है और यह भी निश्चित समय सीमा के अंतर्गत होना है। चूँकि यह काम क्रांतिक समय में पूरा किया जाना है, इसके लिए सेंसर और इलेक्ट्रॉनिक्स का समय पर कार्य करना अत्यंत आवश्यक है, इसलिए इसमें अतिरिक्तताएँ बनाई की जाती है।

सभी अभियांत्रिकी तंत्र जैसे अंतरिक्ष यान, कर्मीदल माँड्यूल, सर्विस माड्यूल, कर्मीदल इस्केप तंत्र, पृथककरण तंत्र, आदि की विश्वसनीयता संख्या 99.9999 से ज्यादा ही होनी चाहिए, ऐसे तंत्र की अभिकल्पना की जाती है और इस कारण इसमें बहुविषयक अभियांत्रिकी (multidiscipline engineering) की आवश्यकता होती है। इलेक्ट्रॉनिक्स तथा नियंत्रण तंत्र भी बहुत ही सटीकता से काम करने चाहिए और यान में किसी भी गतिविधि की वास्तविक समय में सूचना कर्मीदल मेम्बर्स तक पहुँचनी चाहिए। इसमें विश्वसनीयता को बढ़ाने के लिए एवियोनिक्स (avionics) तंत्र मे चतुर्रेखिय अतिरिक्तता का इस्तेमाल किया जाता है। लेकिन, इन अतिरिक्तताओं का सीधा असर जटिलताओं और उच्च भार के रूप में दिखता है, इसलिए पर्याप्त अतिरिक्तताओं का ही उपयोग किया जाता है।

2. **कर्मीदल माँड्यूल का वातावरण:** कर्मीदल माँड्यूल को मानव के रहने योग्य बनाना एक महत्वपूर्ण चुनौती है क्योंकि पूरे मिशन के दौरान यान बहुत से घटनाक्रम, तथा विभिन्न वातावरण से होकर गुजरता है और इसका सीधा असर कर्मीदल माँड्यूल तथा कर्मीदल मेम्बर्स पर पड़ता है, इसमें माँड्यूल का तापमान, दबाव, वायु गुणवत्ता आदि में वृहद अंतर आते रहते हैं। कर्मीदल माँड्यूल को भी लगभग 2000^{o}c का तापमान झेलना होता है। इसमें ताप निरोधक तथा ताप नियंत्रक का उपयोग किया जाता है जो की बाहर के वातावरण से भीतर के वातावरण को पूर्णतः अलग रखे और भीतर के वातावरण को मानव योग्य बनाए रखे।

कर्मीदल मेम्बर्स को मिशन के दौरान मानसिक व शारीरिक कठिनाइयों का भी सामना करना पड़ता है इसलिए माँड्यूल में ऐसे तंत्रों का उपयोग होता है जिससे कर्मीदल मेम्बर को मॉड्यूल के अंदर आराम महसूस हो, वे लोगो से दूर और अलग ना महसूस करें इसके लिए निरंतर संचार तंत्र उपलब्ध रहता है। खिड़कियाँ लगाई जाती हैं जिससे वे बाहर का नज़ारा भी ले सकें और अपने कार्य को संतोषजनक तरीके से पूर्ण कर सकें। इस शारीरिक और मानसिक परेशानियों को झेलने के लिए भी इन्हें प्रशिक्षण दिया जाता है। ताप रोधक, तापनियंत्रक, सौर ऊष्मा कवच, पुनरागमन पर गति नियंत्रण, स्वास्थ्य संवेदक, तथा संचार तंत्र मिशन को पूर्ण करने के लिए अनिवार्य रूप से कार्य करने में सक्षम होना चाहिए। इन सभी तंत्रो के अनुसंधान तथा प्रयोग अत्यधिक खर्चीले होते हैं और इसमें विफलता उस खर्चे को कई गुना बढ़ा देती है, यही कारण था की अमेरिका के कोलम्बिया स्पेस प्रोग्राम को बंद करना पड़ा था। ऐसे मिशन के खर्च को कम कर पाना भी एक बड़ी चुनौती है।

3. **समानव अंतरिक्ष यान प्रमाणीकरण:** समानव अंतरिक्ष यान में उपयोग में लाई जाने वाली प्रत्येक वस्तु, उपयंत्र या तंत्र अंतरिक्ष गुणवत्ता के लिए अनिवार्य रूप से सिद्ध अथवा प्रमाणित होने चाहिए। इसके लिए अंतरिक्ष वातावरण में पहले ही उपयोग में लाये गए पदार्थ, जो उस वातावरण में अपने कार्य संतोषजनक तरीके से पूर्ण कर चुके हैं, ऐसे अथवा अन्य पदार्थ जिसमे सहनशीलता सीमा मनाव मिशन के अनूरूप हो उसे परीक्षण के द्वारा सिद्ध किया जाता है। परीक्षण पूर्ण हो जाने पर उसे समानव मिशन के लिए प्रामाणित किया जाता है। इतना ही नहीं, अभिकल्पना के गहन अध्ययन (PRA, FMECA, FTA, आदि विश्लेषण टूल) से तैयार करने की विधि तथा तैयार तंत्र फिर से परीक्षण कर प्रमाणित किए जाते हैं। और यह परीक्षण कम से कम तीन बार सिद्ध किया जाता है। इतने पर भी यान को कम से कम दो बार मानव रहित यान बनाकर अपने अनुप्रयोग सिद्ध करने के लिए उड़ाया जाता है, पूर्णतः आश्वस्त होने पर ही मानव को अंतरिक्ष यान में भेजने का मिशन हो सकता है।

समानव अंतरिक्ष यान की उपयोगिता तथा भावी सम्भावनाएँ: मानव की असीमित जिज्ञासा के फल स्वरूप अनेक आविष्कार तथा अनुसंधान होते रहते हैं और मानव का अंतरिक्ष मे सफर कर पाना उन्हीं मे से एक है। यही जिज्ञासा तकनीकी अनुसंधान के नए द्वार खोलती है, इस अनुसंधान से न सिर्फ अंतरिक्ष में कार्यरत उद्योगों

को फायदा होता है अपितु मनाव मात्र को यह तकनीक किसी न किसी रूप में प्रभावित करती है। यह भारत जैसे विकासशील देश के लिए और भी गर्व की बात होगी की वह इस मिशन में भी आत्मनिर्भर हो जाए और दूसरे समकक्ष देशो की श्रेणी में आए। इस तकनीक से किसी दिन पृथ्वी से बाहर दूसरे ग्रहों पर मानव का जाना और बसना भी संभव हो जाएगा। विज्ञान में हमारी समझ को चुनौती देता यह मानव अंतरिक्ष यान हमारी समझ को और दृढ़ बनाएगा। मानव युक्त अंतरिक्ष यान के अनुप्रयोगों के सिद्ध हो जाने पर अन्य देशों से भी सहयोग की संभावना बनती है, इससे न सिर्फ दूसरे देशों के साथ अच्छे संबंध होंगे, बल्कि वाणिज्यिक रूप से भी यह हमारे देश के लिए अनेक सम्भावनाएँ बढ़ाएगा।

निष्कर्ष:

पूरे विश्व में समानव अंतरिक्ष यान का विकास हो रहा है, कई देश इसमें सफल भी रहें है लेकिन समानव यान की चुनौतियाँ असीमित होती हैं। हमने इस लेख में मानव युक्त अंतरिक्ष यान में मानव को सकुशल अंतरिक्ष में ले जाकर वापस लाने में कर्मीदल मेम्बर के संदर्भ में बाह्य और आंतरिक सहनशीलता सीमाओं जैसी चुनौतियों को उजागर किया है। इन चुनौतियों को बहुविषयक अभियांत्रिकी द्वारा साधा जा रहा है। इसमें सभी विमाओं में सहनशीलता सीमाओं को निश्चित कर ऐसे तंत्रों का विकास किया जाना है जो कि इन सीमाओं के अंतर्गत प्रमाणित हो, यही सबसे बड़ी चुनौती है।

संदर्भ:

अंतरिक्ष विज्ञान अपने आप में एक जटिल व चुनौतीपूर्ण क्षेत्र है। अंतरिक्ष अभियान से जुड़ी सभी तकनीकें या अनुप्रयोग अत्यन्त जोखिम भरे होते हैं। फिर मानव सहित यान के संदर्भ में तो मानव सुरक्षा ही सर्वोपरि है और वर्तमान प्रौद्योगिकी में सर्वाधिक चुनौतीपूर्ण है। जिस कर्मीदल मॉड्यूल में बैठकर मनाव अंतरिक्ष में कदम रखता है उसकी अभियांत्रिकी सबसे जटिल होती है और इसमें किसी भी त्रुटि की कोई गुंजाइश नहीं होती। न सिर्फ कर्मीदल मॉड्यूल बल्कि पूरे अंतरिक्ष यान को समानव अंतरिक्ष यान घोषित करने के लिए कड़े नियम, उत्पादन नीति, सुरक्षा दायरे तथा त्रुटि रहित गुणवत्ता अनिवार्य होती है। इस तकनीकी लेख में हम समानव अंतरिक्ष यान में होने वाले अनिवार्य सहनशीलता सीमाओं के बारें में जानेंगे तथा यह भी जानेंगे कि किस तरह की अभिकल्पनाओं से क्रांतिक मापों को नियंत्रित रखा जा सकता है और मानव सुरक्षा प्रणाली के क्या-क्या तंत्र हैं।

लेखक परिचय:



विकास स्वर्णकार, तंत्र विश्वसनीयता विभाग में उप प्रधान पद पर कार्यरत हैं। आप 2004 में इलेक्ट्रॉनिक्स और कम्यूनिकेशन में गुरु घासीदास केंद्रीय विश्वविद्यालय से बी. टेक. हैं तथा 2007 में इलेक्ट्रॉनिक्स और टेलीकम्यूनिकेशन में मुंबई यूनिवर्सिटी से एम. टेक है। 2006 से सतीश धवन अंतरिक्ष केन्द्र में वैज्ञा./ अभि.-एस.एफ. के रूप में कार्य करते हुए ठोस नोदक मोटर के उत्पादन, स्थैतिक और पर्यावरण परीक्षण के क्षेत्र में आपका वृहद अनुभव है।

कक्षीय मलबा और शमन तकनीक

शिल्पी शर्मा
वैज्ञानिक/अभियंता- एस. ई.
यू. आर. राव उपग्रह केन्द्र बैगलूरु

क्या ब्रह्मांड की देखभाल शुरू करने का समय आ गया है?

1957 में अंतरिक्ष युग की शुरुआत के बाद से, टनों रॉकेट, अंतरिक्ष जहाज़ और उपग्रह अंतरिक्ष में प्रक्षेपित किए गए हैं और कम से कम शुरुआत में, किसी ने यह नहीं देखा कि उनके उपयोगी जीवन के अंत में उनका क्या किया जाएगा। यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी (ई.एस.ए.) का अनुमान है कि एक सेंटीमीटर से अधिक आकार में लगभग 900,000 वस्तुएं हैं, जिनका पृथ्वी की परिक्रमा करने का कोई उपयोग नहीं है। संयुक्त राष्ट्र के अनुसार, यह तथ्य, भविष्य के मिशनों और यहां तक कि स्थलीय संचार को भी खतरे में डाल सकता है।



चित्र 1. अंतरिक्ष कचरे का निर्माण हर वक्त हो रहा है, जो कई मिशनों के लिए खतरे की घंटी है। इसे साफ करना अत्यावश्यक है।

जब से मानव ने अंतरिक्ष अन्वेषण शुरू किया है, तब से ही उसने अंतरिक्ष में कूड़ा डालना शुरू कर दिया है। पृथ्वी की कक्षा में सैकड़ों निष्क्रिय उपग्रहों और रॉकेटों के हजारों टुकड़े हैं, जो हमारी छोटी लेकिन उन्मत्त अंतरिक्ष दौड़ में लॉन्च किए गए हैं, साथ ही टक्करों के कारण उत्पन्न मलबा भी है। स्थलीय दूरसंचार और चल रहे मिशनों दोनों के लिए यह स्थिति एक वास्तविक खतरा है।

अंतरिक्ष मलबा क्या है?

- अंतरिक्ष कचरा अंतरिक्ष में मानव द्वारा छोड़े गए पिंड़ों के किसी भी टुकड़े को समाहित करता है और इसलिए पृथ्वी पर उत्पन्न होता है। अंतरिक्ष मलबा एक निष्क्रिय उपग्रह जितना बड़ा हो सकता है, कार के आकार के समान, या पेंट के गुच्छे जितना छोटा हो सकता है। वास्तविक खतरा वह गति है, जिस पर ये वस्तुएँ चलती हैं, प्रति घंटे 28,000 किलोमीटर से भी अधिक गति उन्हें वास्तविक प्रक्षेप्य में बदल देती है।

- पुराने उपग्रहों का संग्रह जो पृथ्वी के चारों ओर कक्षा में उपलब्ध है, उसे अंतरिक्ष या कक्षीय मलबा या अंतरिक्ष कबाड़ कहते हैं।
- इस अंतरिक्ष मलबे में क्षुद्रग्रहों से अलग चट्टानों के प्राकृतिक टुकड़े होते हैं, जिन्हें माइक्रोमीटरॉइड्स कहा जाता है या मानव निर्मित उपग्रह के हिस्से या उपग्रह टकराव के परिणामस्वरूप अपेक्षाकृत पुराने टुकड़े होते हैं।



चित्र 2. अंतरिक्ष मलबा

1957 में अंतरिक्ष युग की शुरुआत में, उत्तरी अमेरिकी एयरोस्पेस डिफेंस कमांड (एन.ओ.आर.ए.डी.) ने इस सभी कचरे की जानकारी के साथ एक डेटाबेस शुरू किया। अंतरिक्ष कबाड़ का पहला टुकड़ा स्पुतनिक उपग्रह था, जिसे सोवियत संघ ने उसी वर्ष प्रमोचित किया था। इन दिनों, यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी (ई.एस.ए.) का कहना है कि कक्षा में 1 से 10 सेमी. के बीच लगभग 900,000 वस्तुएं हैं, जो लगभग 34,000 10 सेमी. से बड़ी हैं।

अंतरिक्ष मलबे के प्रकार

- नीतभार (पेलोड): ये मुख्य रूप से उपग्रह हैं। इसमें टूट-फूट और टक्करों द्वारा निर्मित टुकड़े शामिल हैं।
- रॉकेट: कक्षा में मिशन को आगे बढ़ाने के लिए उपयोग किए जाने वाले चरणों के अवशेष। इसमें टूट-फूट और टक्करों द्वारा निर्मित टुकड़े भी शामिल हैं।
- मिशन से संबंधित वस्तुएँ: जैसे- गिराए गए उपकरण, पेंच, केबल, कैमरा, आदि।

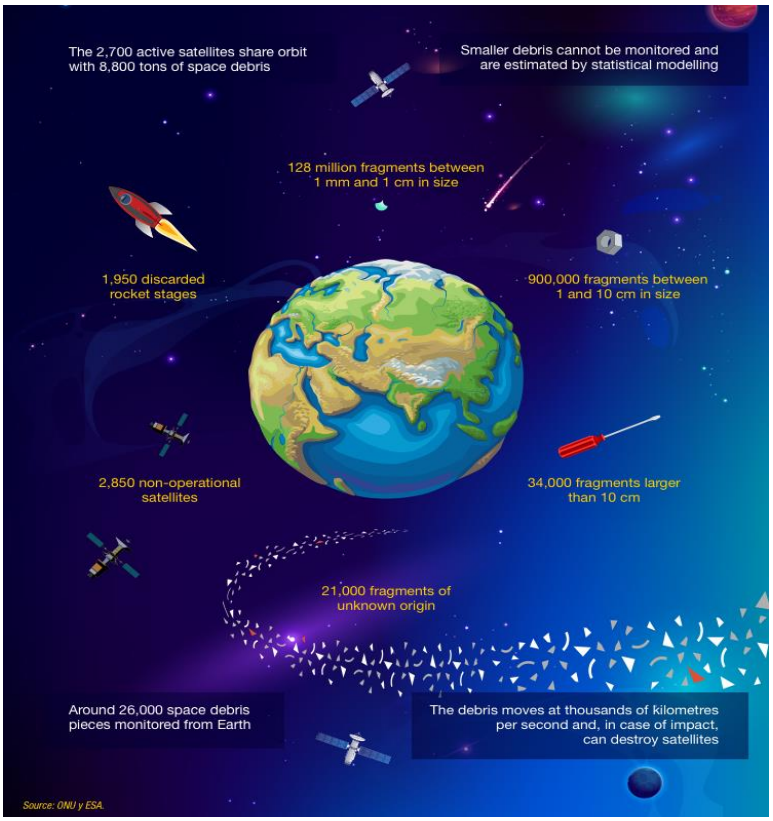
अंतरिक्ष मलबे को आकार के अनुसार निम्नलिखित रूप से वर्गीकृत किया जा सकता है

• 1 सेमी. से कम: यह अनुमान लगाया गया है कि इनमें से 128 मिलियन से अधिक टुकड़े हैं और उनमें से अधिकांश का पता नहीं चल पाया है।

• 1 से 10 सेमी. के बीच: यह गणना की जाती है कि कक्षा में लगभग 900,000 वस्तुएं हैं, जो एक संगमरमर के आकार से लेकर एक टेनिस बॉल तक हैं।

• 10 सेमी से अधिक: इन वस्तुओं में मिशन के दौरान खोए हुए उपकरणों से लेकर निष्क्रिय उपग्रहों तक सब कुछ शामिल है।

अंतरिक्ष मलबा आमतौर पर निम्न पृथ्वी कक्षा (एल.ई.ओ.) एवं मध्यम पृथ्वी कक्षा (एम.ई.ओ.) में स्थित होता है। उच्च पृथ्वी कक्षा (एच.ई.ओ.) में स्थित अंतरिक्ष मलबा बहुत कम होता है। पृथ्वी के वायुमंडल से निम्न पृथ्वी कक्षा लगभग 2000 कि.मी. तक फैली हुई है। यहाँ बहुसंख्यक मलबा अति वेग गति से परिक्रमा करते हुए पाया जाता है, यानी 10 कि.मी./सेकंड कम से कम। अंतरिक्ष मलबे की उच्चतम सांद्रता (हाई कन्सन्ट्रेशन) लगभग 800-850 कि.मी. के बीच पायी जाती है।



चित्र 3. अंतरिक्ष मलबे के प्रकार

अंतरिक्ष मलबे के कारण

1. <u>निष्क्रिय उपग्रह</u>

उपग्रहों का एक सीमित उपयोगी जीवन होता है जो, उनकी बैटरी खत्म हो जाने पर या वे टूट जाते हैं, या तो वे अंतरिक्ष में इधर-उधर भटकते रह जाते हैं। अंतरिक्ष अन्वेषण की शुरुआत में, यह मान लिया गया था कि जल्द या बाद में ये परित्यक्त वस्तुएँ पृथ्वी पर गिरेंगी और पुनः प्रवेश करने पर जल जाएँगी। हालाँकि, और विशेष रूप से उच्च कक्षाओं में, ऐसा कभी नहीं हो सकता है।

2. <u>लापता उपकरण</u>

3. स्पेस वॉक के दौरान अंतरिक्ष यात्री कभी-कभी उपकरण या अन्य वस्तुओं को गिरा देते हैं। उदाहरण के लिए, 2008 में, अंतरिक्ष यात्री हेइडेमेरी स्टेफनीशिन-पाइपर ने उपकरणों का एक बक्सा गिरा दिया। यह पृथ्वी की 4,000 से अधिक बार परिक्रमा करने के बाद, लगभग एक वर्ष बाद पृथ्वी के वायुमंडल में प्रवेश करते ही विघटित हो गया, ।

4. <u>रॉकेट चरण</u>

कुछ रॉकेट चरणों को निचली कक्षाओं में छोड़ दिया जाता है, जो उत्प्रस्थान (टेकऑफ़) के तुरंत बाद पृथ्वी पर गिर जाते हैं। हालाँकि, वे उच्चतर अंतरिक्ष में रह जाते हैं और कभी-कभी फट जाते हैं क्योंकि उनमें ईंधन के अवशेष होते हैं। इन विस्फोटों से हजारों टुकड़े बनते हैं।

5. <u>हथियार, शस्त्र (weapons)</u>

संयुक्त राज्य अमेरिका और सोवियत संघ दोनों ने साठ और सत्तर के दशक में उपग्रह-रोधी हथियारों के साथ परीक्षण करना शुरू किया। उदाहरण के लिए, 1985 में, संयुक्त राज्य अमेरिका ने इनमें से एक हथियार के साथ एक टन उपग्रह (सोलविंड) को नष्ट कर दिया। इस प्रकार के समान मिशन बाद के वर्षों में चीन और भारत सहित अन्य देशों द्वारा चलाए गए।

➢ अंतरिक्ष मलबे के नुकसान एवं कार्यरत अंतरिक्ष यान पर इसका असर

- अंतरिक्ष मलबे की समस्या अपेक्षाकृत गंभीर रही है क्योंकि यह भविष्य के हर अंतरिक्ष मिशन के लिए एक संभावित खतरा है, लगभग 10 किलोमीटर प्रति सेकंड की गति से यात्रा करते समय एक छोटा 5 से.मी. अंतरिक्ष मलबा उपग्रह से यदि टकराए तो उपग्रह को निष्क्रिय कर देगा, भले ही यह अति सूक्ष्म आकार का हो।

- ई.एस.ए. के अनुसार, 1961 के बाद से 560 से अधिक विखंडन की घटनाएं हुई हैं, जिनमें से अधिकांश रॉकेट चरणों में ईंधन विस्फोट के कारण हुई हैं। सीधी टक्करें, केवल सात ही हुई हैं, जिनमें से सबसे गंभीर ने एक निष्क्रिय रूसी उपग्रह कोस्मोस 2251 और परिचालन उपग्रह इरिडियम 33 को नष्ट कर दिया था।

- हालांकि, यह छोटे टुकड़े हैं, जो सबसे बड़ा खतरा पैदा करते हैं। पेंट के गुच्छे और एंटीफ्रीज की ठोस बूंदों जैसे माइक्रोमीटर सक्रिय उपग्रहों पर सौर पैनलों को नुकसान पहुंचा सकते हैं। अन्य खतरनाक मलबे में ठोस ईंधन के अवशेष शामिल हैं, जो अंतरिक्ष में तैरते रहते हैं और अत्यधिक ज्वलनशील होते हैं। यदि इनमें विस्फोट होता है तो वे नुकसान पहुंचा सकते हैं और वातावरण में प्रदूषण फैला सकते हैं।

- अंतरिक्ष मलबे में अनूठी समस्या यह है, जिसे अंततः नज़रअंदाज नहीं किया जा सकता है, यदि एक साधारण मलबा किसी अंतरिक्ष यान या उपग्रह से टकराता है, तो यह प्रतिक्रियाओं की एक निरंतर श्रृंखला का कारण बनेगा, जो प्रभाव के परिणामस्वरूप अधिक अंतरिक्ष मलबे का निर्माण करेगा।

- कुछ रूसी उपग्रहों में रेडियोधर्मी सामग्री के साथ परमाणु बैटरी होती है, जो पृथ्वी पर लौटने पर खतरनाक संदूषण का कारण बन सकती है। किसी भी मामले में, पुन: प्रवेश की गर्मी इस अंतरिक्ष मलबे के बड़े हिस्से को पृथ्वी पर पहुंचने से पहले ही नष्ट कर देती है। दुर्लभ अवसरों पर, बड़े टुकड़े सतह पर पहुंचे हैं और काफी नुकसान किया है।

- प्रतिक्रियाओं की इस सतत श्रृंखला को कैस्केडिंग प्रभाव कहा जाता है। वह परिदृश्य जिसमें मलबे के टकराने जैसी घटनाओं से और टकराव की संभावना बढ़ जाती है और इसलिए अंतरिक्ष मलबे का निर्माण होता है, जिसे केसेलर सिंड्रोम के रूप में जाना जाता है।



चित्र 4. कैस्केडिंग प्रभाव

- अंतरिक्ष समुदाय द्वारा निर्धारित दीर्घकालिक उद्देश्य निम्नलिखित हैं:
  1. एक शून्य मलबे वाला एक्सोस्फीयर (ग्रह के वायुमंडल का सबसे बाहरी क्षेत्र) बनाएं
  2. मलबे से टकराने के डर से उपग्रह द्वारा कोई सुधार नियमावली लागू नहीं किया जाना चाहिए।
  3. अनधिकृत एंटीसैट परीक्षण और ऐसे मिशनों की अनुमति नहीं दी जानी चाहिए, जो वर्तमान और भविष्य को क्षति पहुचाएँ।

- **<u>अंतरिक्ष समुदाय द्वारा शमन तकनीक</u>**: इस पत्र का प्राथमिक लक्ष्य लेज़र विकिरण का उपयोग करके कक्षीय मलबे को प्रभावी ढंग से हटाना था।

यह पत्र नासा द्वारा प्रस्तुत किया गया था [ ] और अंतरिक्ष मलबे को कम करने के लिए इस्तेमाल किया गया शमन प्रस्ताव लेज़र विकिरण था। एब्लेशन शब्द का तात्पर्य किसी ठोस या कुछ मामलों में तरल सतह से सामग्री को लेज़र से विकिरणित करके निकालना है। लेज़र बीम एक जमीन आधारित प्रणाली होगी और इसे झाड़ू कहा जाता है। नासा के शोध दल ने संकेत दिया कि इस लेज़र झाड़ू में आयनमंडल और वायुमंडल के ऊपरी हिस्सों के माध्यम से प्रवेश करने के लिए पर्याप्त शक्ति होगी और शेष शक्ति का उपयोग मलबे से सामग्री को अलग करने के लिए किया जाएगा।

- यह पृथक करने वाली सामग्री गति प्रदान करेगी और प्रति दिन 250 मीटर तक वेग को बदल सकती है।

<u>उपर्युक्त तकनीक की समीक्षा</u>

विकिरण प्रणाली को पृथक करने की प्रक्रिया के रूप में उपयोग करने के लिए लेज़र बहुत शक्तिशाली है, जिसके परिणामस्वरूप अधिक छोटा मलबा पैदा हो सकता है और अधिक समस्याएं पैदा हो सकती हैं।
इसके अलावा मलबे का पथ हमेशा अप्रत्याशित होता है और गणना के बावजूद, हमेशा एक मौका होता है कि लेज़र झाड़ू अपने लक्ष्य को प्रभावित करने में विफल रहता है।

1. ई.एस.ए. द्वारा कार्यान्वयन शून्य मलबे निर्माण क्षेत्र (15 अक्टूबर 2005):
   प्राथमिक लक्ष्य दो अंतरिक्ष क्षेत्रों को संरक्षित क्षेत्रों के रूप में पहचानना था, एक एल.ई.ओ. कक्षा (200 किमी. ऊंचाई में) और जी.ई.ओ. कक्षा (36000 किमी) पृथ्वी की सतह से ऊंचाई में है।

2. ई.एस.ए. द्वारा इलेक्ट्रोडायनामिक टीथर का उपयोग करने की सिफारिश की गई थी, एक उपकरण जो जनरेटर और विद्युत प्रवाह के रूप में कार्य करता है, एक लोरेंत्ज़ बल उत्पन्न करता है, जो वायुमंडलीय ड्रैग को बढ़ाता है।

   एक और प्रस्ताव मिलमैन का उपयोग करने का थी, एक कैस्केडिंग मॉडल जो कक्षा के ऊपरी चरणों में मलबे के एक समूह की पहचान करता है, और टीथर की मदद से एक डी-ऑर्बिट का प्रदर्शन करता है। इलेक्ट्रोडायनामिक टीथर का जापानी संस्करण और भी अधिक कुशल होगा क्योंकि एल.ई.ओ. कक्षा में चुंबकीय क्षेत्र उच्च होते हैं और वे एक टीथर सिस्टम का उपयोग करते हैं, जो एक ट्रॉलर की तरह काम करता है और उत्पन्न बिजली का उपयोग मलबे को धीमा करने के लिए करता है और इस तरह उन्हें पृथ्वी के वायुमंडल में भेजता है।

3. सक्रिय अंतरिक्ष मलबे को हटाना: आज के भू-राजनीतिक वातावरण के लिए आवश्यकताएं, निहितार्थ और सिफारिशें, मेगन एन्सडेल 2009:
   लेखक के पेपर का मुख्य लक्ष्य मियागेशन और हटाने के बीच अंतर स्थापित करना था।
   न्यूनीकरण से तात्पर्य नए मलबे के निर्माण को कम करने से है, जबकि हटाने का तात्पर्य वायुमंडल से प्राकृतिक निष्कासन से है।

   समीक्षा –अक्सर यह एक गलत धारणा होती है कि हटाने और शमन दोनों का मतलब एक ही है, जबकि वास्तव में एक अंतर्निहित अर्थ है, जो उन्हें अलग रखता है। इसलिए अंतरिक्ष एजेंसी द्वारा हटाने और शमन के लिए दो अलग-अलग दिशानिर्देश प्रदान किए गए हैं।

4. डी-ऑर्बिटिंग- एनविसैट के। रेमर, टी. मोरी, ओ. यूल, बी. जॉर्डन, भौतिकी और खगोल विज्ञान विभाग, लीसेस्टर विश्वविद्यालय, लीसेस्टर, अक्टूबर 2013:
   इस पत्र का प्राथमिक उद्देश्य भविष्य के टकरावों को रोकने के तरीके को संबोधित करना था। इसे ई.एस.ओ. द्वारा लॉन्च किए गए एन्वीसैट के उदाहरण का उपयोग करके समझाया गया था।

इसकी जांच की गई कि सुरक्षित कक्षा क्या है और इसे वहां रखना कितना संभव होगा। प्राप्त परिणामों से पता चलता है कि उपग्रह एन्वीसैट को एक ऐसे बिंदु पर ले जाने के लिए लगभग 140 किलोग्राम ईंधन की आवश्यकता होगी, जहां यह स्वाभाविक रूप से 25 वर्षों के भीतर पृथ्वी की कक्षा में वापस आ जाएगा।

इस पत्र में उपग्रह के जीवनकाल को कम करने के लिए ईंधन का आयात करने का प्रस्ताव है, लेकिन उपग्रह में ईंधन आयात करना काफी महंगा है।

अंतरिक्ष मलबे का समाधान

मुख्य चुनौती अधिक अंतरिक्ष कचरे का उत्पादन नहीं करना है, विशेष रूप से छोटे उपग्रहों के झुंड अब पूरे ग्रह में उच्च गति इंटरनेट का उपयोग करने के लिए कम कक्षाओं में घूम रहे हैं। जब कक्षा में पहले से मौजूद मलबे की बात आती है, तो कई उपग्रह, साथ ही अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन, व्हिपल शील्ड्स से लैस होते हैं, एक बाहरी आवरण जो वस्तु की दीवारों को संभावित टक्कर से बचाता है। इस समस्या से बचने के लिए इस्तेमाल की जाने वाली कुछ अन्य रणनीतियाँ इस प्रकार हैं:-

• कक्षा परिवर्तन: कई आधुनिक उपग्रहों को पृथ्वी के वायुमंडल के भीतर पेरिगीस के साथ अण्डाकार कक्षाओं में प्रक्षेपित किया जाता है, जिसके कारण वे अंततः टूट जाते हैं।

• स्व-विनाश: इसमें उपग्रह को उसके उपयोगी जीवन के अंत में उसकी कक्षा छोड़ने के लिए प्रोग्रामिंग करना और वातावरण के संपर्क में आने पर उसे समाप्त करना शामिल है।

• पैसिवाइजेशन: वाहन के उपयोगी जीवन के अंत में उसमें निहित किसी भी आंतरिक ऊर्जा को हटाना है। हालांकि हवाई जहाज़ का पहिया कक्षा में रहता है, विस्फोटों का कम जोखिम होता है। रॉकेट चरणों पर भी यही बात लागू होती है।

• पुन: उपयोग: ये रॉकेट पृथ्वी पर अक्षुण्ण रूप से लौटते हैं। इनका उपयोग स्पेस एक्स द्वारा किया जाता है, जिसके स्वामित्व वाली कंपनी एयरोस्पेस है।

• लेज़र: एक शक्तिशाली लेज़र के साथ उनकी सतह को वाष्पित करके टुकड़ों को रोकना शामिल है, जो उन्हें रोकता है और उनके गिरने का कारण बनता है।

निष्कर्ष

- यह जरूरी है कि अंतरिक्ष एजेंसियां अंतरिक्ष मलबे की संख्या को कम करने के लिए एक संगठित प्रयास करें क्योंकि यह जितना अधिक होगा, भविष्य में अंतरिक्ष यात्रा के लिए उपरोक्त समीक्षा और उनके अनुमान के अनुसार असंभव हो जाएगा।
- इसरो द्वारा गगनयान उपग्रह के माध्यम से अंतरिक्ष मलबा और सहायक प्रयोग किए जाने चाहिए ताकि हम अंतरिक्ष को आपातकालीन खतरे से सुरक्षित कर सकें।

लेखक परिचय:



श्रीमती शिल्पी शर्मा, वैज्ञानिक/अभियंता – एस.ई., यू.आर.एस.सी., बेंगलूरु में कार्यरत हैं। इन्होंने सरकारी विश्वविद्यालय, अजमेर, राजस्थान से एस.एस.सी., यांत्रिक अभियांत्रिकी प्रौद्योगिकी में स्नातक मैकेनिकिल इंजीनियरिंग की है।

मालवेयर का दृष्टिकरण

बी. प्रसाद, वैज्ञानिक 'डी'
कृत्रिम ज्ञान तथा रोबोटिकी केंद्र, बेंगलूरु
bprasad28@gmail.com

1. प्रस्तावना

सूचना और प्रौद्योगिकी के विकास ने सारे जगत के विकास की धारा को एक नये आयाम से जोड़ दिया है, पर इतिहास गवाह है कि विकास की धारा हमेशा सकारात्मक और नकारात्मक दोनों दिशाओं में पनपती है। अतः यदि सूचना और प्रौद्योगिकी के सकारात्मक विकास ने जगत के विभिन्न क्षेत्रों में महत्वपूर्ण योगदान दिया है तो वहीं कुछ नकारात्मक सोच ने विभिन्न प्रकार के संक्रमित प्रोग्राम या मालवेयर जैसी समस्या को भी जन्म दिया है जो कि किसी भी प्रणाली को क्षण भर में नष्ट करने की क्षमता रखता है। लाभकारी विकास का अर्थ तभी है जब सकारात्मक विकास नकारात्मक सोच को नष्ट करते हुये आगे बढ़े। मालवेयर जैसी समस्या के बढ़ते प्रकोप से सारा संगणक समाज व्यथित है। इस लेख में मालवेयर की पहचान से संबंधित कुछ तकनीकों का उल्लेख है।

2.मालवेयर

मालवेयर एक प्रकार का सॉफ्टवेयर है जो कि उपयोगकर्ता की अनुमति के बिना उसकी सुरक्षा नीतियों का उल्लंघन करता है। विभिन्न मालवेयर किसी तंत्र के संरक्षित व संचालित कोड, डेटाबेस निकाय फाइल इत्यादि को संक्रमित करने की क्षमता रखता है। उपरोक्त प्रकार का मालवेयर यदि एक बार किसी प्रणाली में प्रवेश कर जाता है तो असुरक्षा के विभिन्न प्रयास निरंतर जारी रखता है। अलग-अलग मापदंडों के अनुसार मालवेयर को विभिन्न समूहों में विभाजित किया जा सकता है।

2.1 स्वतंत्र मालवेयर समूह

स्वतंत्र समूह के मालवेयर संभवतः सबसे घातक और संक्रामक प्रोग्राम होते हैं। इस समूह का मालवेयर आत्मनिर्भरता के साथ संचालक के बिना किसी सहयोग के विकसित हो सकता है। ये संचालक तंत्र के अंदर खुद को बार-बार विकसित करने की क्षमता रखते हैं।

2.2 आश्रित मालवेयर समूह

समूह के मालवेयर संचालक प्रणाली पर आश्रित होकर उनके क्रियाकलापों को बाहर ले जाने का प्रयास करते हैं। इस सामान्यतः आश्रित समूह के मालवेयर संचालक प्रोग्राम के साथ संलग्न होकर उनके निष्पादन के समय स्वतः सक्रिय हो जाते है।

3. मालवेयर विश्लेषण

किसी प्रणाली में निहित दुर्भावनापूर्ण कोड का अध्ययन मालवेयर विश्लेषण कहलाता है। आधुनिक युग में संगणक संबंधी जानकारी का रिसाव, दस्तावेजों के सुरक्षा सम्बन्धी रोकथाम मालवेयर विश्लेषण के लिए प्रेरणा है। मालवेयर विश्लेषण के मुख्यतः दो तरीके हैं: स्थैतिक व गतिशील विश्लेषण। हाल ही में मालवेयर की व्यवहारिकता को परखने के लिए दृष्टिकरण विधि का प्रयोग हुआ है।

3.1 स्थैतिक विश्लेषण

यह मालवेयर के अध्ययन और विश्लेषण की बहुत ही सुरक्षित विधि है। इस प्रकार के विश्लेषण के दैरान मालवेयर निष्पादन न होने के कारण कभी भी सक्रिय अवस्था में नहीं आ पाता है। इस विधि से हम मालवेयर की आंतरिक कोड व्यवस्था का सर्वेक्षण कर मालवेयर के क्रियाकलाप को समझने का प्रयास करते हैं। स्थैतिक विश्लेषण के दौरान हम निम्नलिखित तरीकों के माध्यम से कोड का विश्लेषण करते हैं

a) हस्ताक्षर की पहचान

सर्वप्रथम मालवेयर में निहित हस्ताक्षर और फिंगर प्रिंट की पहचान करना आवश्यक होता है, जो कि मालवेयर की विलक्षणता का पैमाना है।

b) कोड सर्वेक्षण

इस विधि में मालवेयर के बाइनरी कोड का परीक्षण करते हैं। बाइनरी कोड के माध्यम से मालवेयर की निष्पादन पद्धति की जाँच कर उसके व्यवहार को समझ सकते हैं।

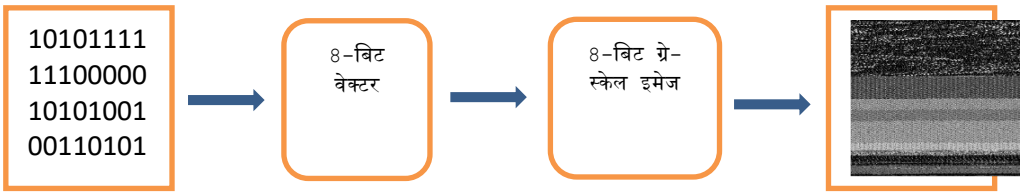
3.2 गतिशील विश्लेषण

गतिशील विश्लेषण विधि में मालवेयर का वास्तविक निष्पादन के साथ उसकी क्षमता और व्यवहार का अध्ययन करते हैं। गतिशील विश्लेषण के दौरान मालवेयर की वास्तविक सक्रियता के कारण परीक्षण बहुत ही सुरक्षित और नियंत्रित वातावरण में करने की आवश्यकता होती है। इस प्रयोग के लिए आभासी मशीन का उपयोग करते हैं, ताकि वास्तविक तंत्र पर मालवेयर की सक्रियता का प्रभाव न हो। विश्लेषण के उपरांत आभासी मशीन को संरक्षक तंत्र को बिना प्रभावित किये हमेशा के लिए मिटा देते हैं।

3.3 दृष्टि विश्लेषण

यह मालवेयर विश्लेषण और अध्ययन का एक नया दृष्टिकोण है, इसमें किसी मालवेयर के समूह, व्यवहार और क्षमता को चित्र के माध्यम से समझने का प्रयास करते हैं। चित्र-1 में उल्लेखनीय दृश्य के माध्यम से मालवेयर के कोड संरचना को समझा जा सकता है।

बाइनरी कोड का एक्सिक्युटेबल अनेक प्रकार के खंडों में विभाजन होता है, जैसे कि प्रारम्भिक भाग, आंतरिक भाग और टेक्स्ट भाग इत्यादि। इन सारे भागों को वर्ण-चित्र के माध्यम से समझना काफी सरल होता है।



चित्र-1: दृष्टि विश्लेषण विधि

4. कार्यान्वयन

4.1 स्थैतिक विश्लेषण कार्यान्वयन

स्थैतिक विश्लेषण में hashe प्राप्ति के लिए एमडी-5 टूल का प्रयोग करते हैं। यह टूल इनपुट फ़ाइल की hashe वैल्यू की गणना करता है। size निर्देश का उपयोग करके मालवेयर के विस्तार की निरंतर जाँच करता है। चित्र-2 में दो अलग-अलग मालवेयर का हस्ताक्षर प्रदर्शित किया गया है।

```
Target File: ActiveX.exe
MD5 Checksum: 185c8d11c0611cae7c81f4458bf1adea
Signatures: 285

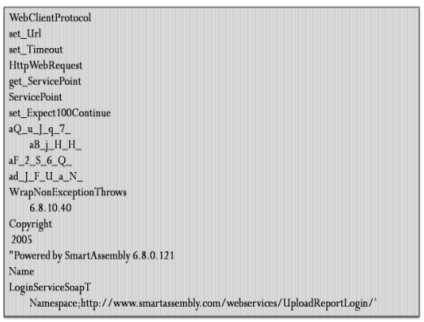
DECIMAL    HEXADECIMAL    DESCRIPTION
--------------------------------------------------------------------------------
0          0x0            Microsoft portable executable
```

```
Target File: hack_facebook_pro_v6.9.exe
MD5 Checksum: 229af3e4f9dccc0497e7546c09790d50
Signatures: 285

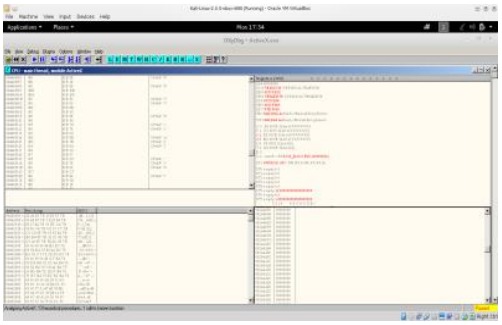
DECIMAL    HEXADECIMAL    DESCRIPTION
--------------------------------------------------------------------------------
0          0x0            Microsoft portable executable
192608     0x2F060        XML document, version: "1.0"
194560     0x2F800        RAR archive data
```

चित्र-2: दो मालवेयर के हस्ताक्षर

सभी मालवेयर के नमूने ज्यादातर विंडोज सिस्टम को निशाना बनाते हैं, और उनके एक्सिक्युटेबल फाइल बाइनरी फारमैट में उपलब्ध होने के कारण मालवेयर के contain का विश्लेषण डिस्क में सुरक्षित बाइनरी कोड का अवलोकन करके हो सकता है। इस कार्य को Hex और Hexdump नामक टूल का प्रयोग कर बाइनरी कोड को हेक्स फारमैट मे परिवर्तित करते हैं। इस प्रयोग के लिए string और भी रोचक टूल है जो की Linux सिस्टम पर मालवेयर का ASCII प्रदर्शित करता है। चित्र-3 और 4 में new.exe मालवेयर का क्रमशः ASCII एवं एसम्ब्ली कोड का विश्लेषण प्रदर्शित है।



चित्र-3: ASCII विश्लेषण



चित्र-4: एसम्ब्ली कोड विश्लेषण

4.2 गतिशील विश्लेषण कार्यान्वयन

गतिशील विश्लेषण को प्रभावी बनाने के लिए Cuckoo Framework टूल का प्रयोग किया जाता है। यह स्थैतिक और गतिशील दोनों प्रकार के विश्लेषण करने में सक्षम है। इस टूल के माध्यम से मालवेयर के विश्लेषण का विवरण भी तैयार कर सकते हैं।

4.3 दृष्टि विश्लेषण कार्यान्वयन

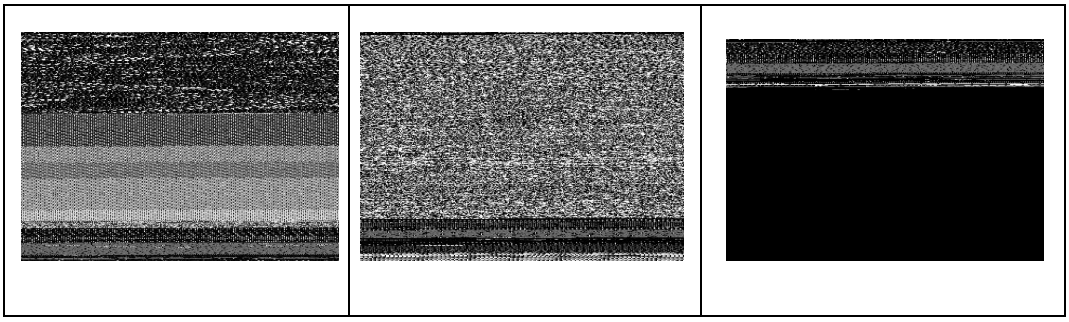
मालवेयर के दृष्टि विश्लेषण के लिए मालवेयर के बाइनरी का उपयुक्त दृश्य तैयार किया जाता है। इसके लिए "C" भाषा का उपयोग करके एक विधि विकसित की गई है जो कि मालवेयर बाइनरी को bmp इमेज में परिवर्तित करती है। उपरोक्त विधि के मुख्य बिन्दु निम्न प्रकार से हैं:

a) "fread" के माध्यम से बाइनरी डाटा को पढ़ना।
b) इमेज मैट्रिक्स बनाकर RGB संसूचना को संचित करना।
c) मालवेयर के प्रत्येक बाइट को ग्रे-स्केल में बदलना R=G=B=बाइट वैल्यू
d) अंत में सभी डाटा को .bmp फ़ाइल में लिखना।

5. परिणाम

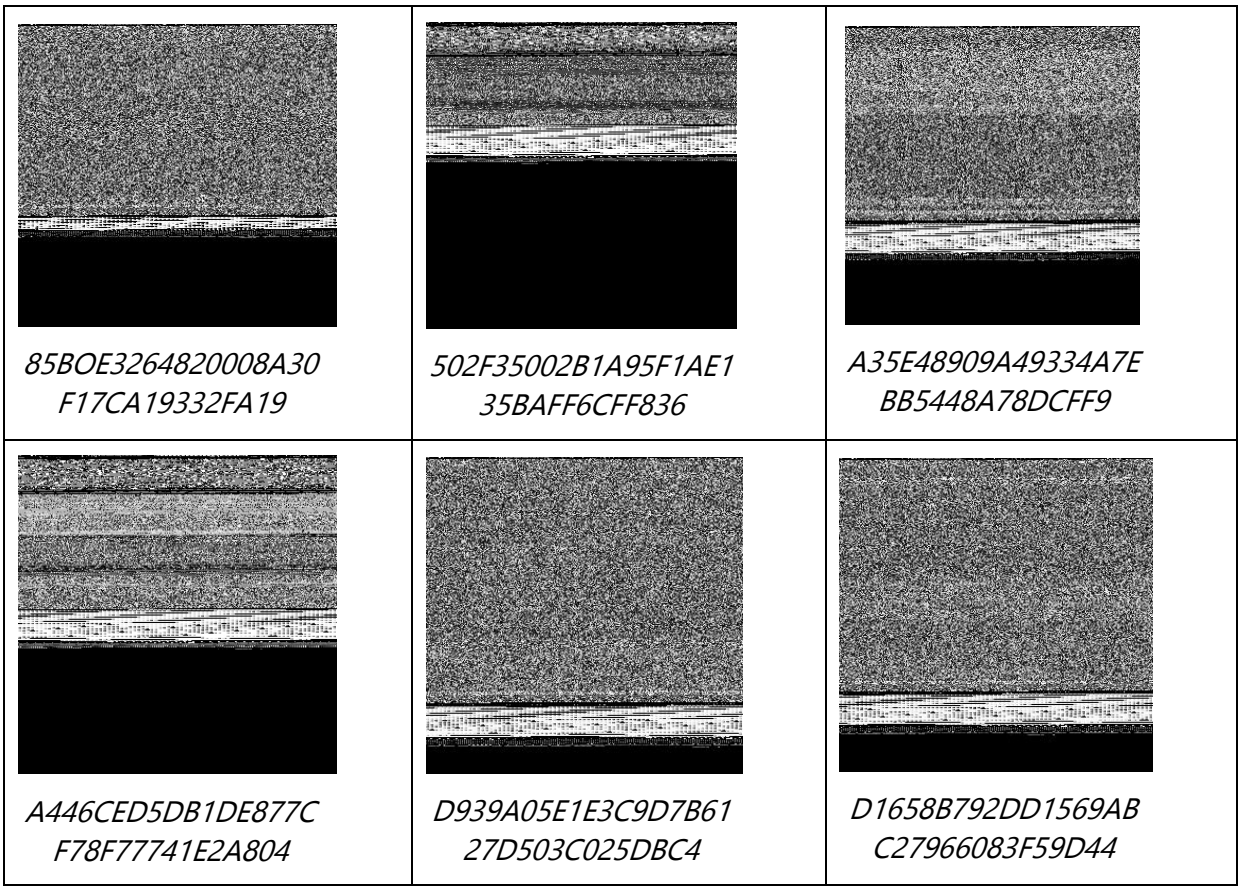
उपरोक्त प्रयोगों से प्राप्त विभिन्न दृश्यों के मूलभूत अवलोकन से अनेक मालवेयर के समूहों को पहचानने में आसानी हो गयी है। मालवेयर के समूहों की पहचान होने से उसके रोकथाम की प्रक्रिया में सहायता मिलती है। किसी नए समूह के मालवेयर के आने की दशा में उन पर त्वरित कार्रवाई की जा सकती है। इस कार्यान्वयन में Syrain और patao परिवार के मालवेयर के साथ प्रयोग किया गया है।

Syrain मालवेयर का bmp पद्धति में दृश्य तैयार किया गया है जो चित्र-5 में प्रदर्शित है। इसमें चित्र के नीचे के भाग का वर्ण-चित्र लगभग एक समान है जो कि दर्शता है कि सभी मालवेयर एक ही समूह के हैं।



चित्र-5: Syrain मालवेयर का वर्ण-चित्र

प्रयोग को आगे बढ़ाते हुये हमने potao परिवार के मालवेयर का भी चित्रण किया जोकि चित्र-6 में प्रदर्शित है। इस प्रयोग से भी ज्ञात हुआ कि मालवेयर का समूह व्यवहार और उसकी संरचना एक जैसी है।



चित्र-6: potao मालवेयर का वर्ण-चित्र

6. निष्कर्ष

इस लेख में प्रस्तुत किए गये कार्य में मालवेयर के पहचान की विभिन्न तकनीकियों का उल्लेख है। स्थैतिक और गतिशील के साथ दृष्टि विश्लेषण प्रमुख है। इस रिपोर्ट में मालवेयर के बाइनरी संरचना का अध्ययन कर उसके समूह, व्यवहार और क्रियाकलाप पर बल दिया गया है। कार्यान्वयन के दौरान syrain और potao परिवार के मालवेयर का नमूनों के तौर पर उपयोग किया गया है। विभिन्न प्रयोगों से ज्ञात होता है कि इस रिपोर्ट में वर्णित मालवेयर विश्लेषण की विभिन्न तकनीक सूचना प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में मालवेयर की समस्या से निपटने में काफी सहायक है।

7. आभार

मैं आभारी हूँ केयर के निदेशक महोदय जी का जिन्होंने इस प्रतिष्ठित संगोष्ठी में लेख प्रकाशित करने का अवसर प्रदान किया। मैं आभार प्रकट करता हूँ भौगोलिक सूचना प्रणाली प्रभाग के प्रमुख डॉ नारायण पाणीग्रही जी का जिन्होंने निरंतर लेख लिखने को प्रोत्साहित किया। मैं धन्यवाद देता हूँ हिंदी अधिकारी एवं भौगोलिक सूचना प्रणाली प्रभाग के सभी सहकर्मियों का जिन्होंने इस कार्य को सफल बनाने में निरंतर सहयोग प्रदान किया।

8. संदर्भ

[1] D. K. Dalei, Term Project Report, Visual Technique for Malware Analysis, Faulty of Informatics, Masaryk University Brno.

[2] L. Nataraj, S. Karthikeyan, G. Jacob, B. S. Manjunath. Malware Images: Visualization and Automatic Classification.

[3] Robert Lipovsky, Anton Cherrpanov. Operation Potao Express, *Analysis of a cyber-espionage toolkit*. ESET

[4] Vinod P. Survey on malware detection methods

[5] T, Panas. Signature Visualization of Software Binaries. ACM international conference, Germany

[6] Nwokedi Idika, Aditya P. Mathur. Department of computer science, Purdue University, West Lafayette.

[7] Andreas Moser, Christopher Kruegal, Engin Kirda. Limits of Static Analysis for malware Detection, Vienna

[8] Malware DB. Website: *https://github.com/ytisf/theZoo*

[9] https://e-mahashabdkosh.rb-aai-in

[10] https://translate.google.co.in

लेखक परिचय:



नाम: बी. प्रसाद
पदनाम: वैज्ञानिक डी
प्रयोगशाला: केयर, डी.आर.डी.ओ., बेंगलूरु
शैक्षिक योग्यता:

1) बी.टेक . (कंप्यूटर साइंस) (जी.बी. पंत इंजीनियरिंग कालेज, पौड़ी गढवाल)
2) एम.टेक. (कंप्यूटर साइंस) (आइ.आइ.टी., खड़गपुर)

अनुभव क्षेत्र:

1. सुदूर विज्ञान
2. डाटा द्रिष्टिकरण
3. उच्च प्रदर्शन कंप्यूटिंग
4. जी.पी.जी.पी.यू.

अंतरिक्ष प्रणालियों में साइबर सुरक्षा - सबसे बड़ी चुनौती

श्रीजा जे.जे., महिमा एस., दीपक मिश्रा
सॉफ्टवेयर सहायता ग्रुप
भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम

सारांश

अंतरिक्ष विज्ञान के क्षेत्र में सतत विकास प्राप्त करने के लिए सुरक्षा का बड़ा महत्व है। पृथ्वी एवं अंतरिक्ष नेटवर्क के बीच अधिक अंतर्संबंध के साथ अंतरिक्ष प्रणालियाँ एक जटिल वातावरण में काम करती हैं । इन अंतर्संबंधों के कारण अंतरिक्ष-आधारित प्लेटफार्मों को सुरक्षित रखने की चुनौती जटिल है। उपग्रह पृथ्वी तक और पृथ्वी से संवेदनशील डेटा प्रेषित करते हैं, जिससे वे हैकर्स या द्वेषपूर्ण कार्यकर्ताओं के लिए संभावित लक्ष्य बन जाते हैं। ग्राउंड सिस्टम में सॉफ्टवेयर से समझौता करने,संवेदनशील डेटा चुराने, सैटेलाइट सिग्नल को जाम करने, कक्षीय उपग्रहों को हैक करने और जासूसी उपग्रहों का उपयोग करने तक, उनकी तकनीक अधिक से अधिक नवीन होती जा रही है जिसका परिणाम नागरिक और सैन्य उपयोगकर्ताओं के लिए बुरा हो सकता है। इस लेख में अंतरिक्ष आधारित सेवाओं के लिए साइबर सुरक्षा के महत्व को उजागर करने का प्रयास किया गया है।

मुख्य शब्द: साइबर सुरक्षा, सुभेद्यता, खतरा, हमला, खंड, प्रतिरोध, क्षमतापूर्ण

1. परिचय

परंपरागत रूप से, अंतरिक्ष और स्थलीय प्रणालियां एक-दूसरे से काफी हद तक पृथक थीं। इनकी सेवाएं अलग प्रकार के उपयोगकर्ताओं और आवश्यकताओं के लिए होती थीं । हाल के वर्षों में यह स्थिति बदल गई है, क्योंकि पृथ्वी एवं अंतरिक्ष नेटवर्क के बीच अधिक अतरसंबद्धों के कारण प्रणालियाँ अधिक जटिल हो गई हैं। अंतरिक्ष-आधारित सेवाएं सैन्य, उपयोगिताओं, विमानन और आपातकालीन संचार जैसी आवश्यक सेवाओं की सहायता करती हैं इसलिए पृथ्वी पर भू-राजनीतिक संघर्षों का कारक बन जाती हैं। यही कारण है कि अंतरिक्ष-आधारित सेवाओं में सभी हितधारकों के सहयोग से साइबर सुरक्षा बढ़ाने की आवश्यकता उत्पन्न हुई है।

साइबर सुरक्षा सिस्टम, नेटवर्क, प्रोग्राम, युक्ति और डेटा को साइबर हमलों से बचाने के लिए प्रौद्योगिकियों, प्रक्रियाओं और नियंत्रण का अनुप्रयोग है। इसका उद्देश्य साइबर हमलों के जोखिम को कम करना और सिस्टम, नेटवर्क और प्रौद्योगिकियों के अनधिकृत शोषण से बचाव करना है।

खतरा एक ऐसी चीज है जो हो भी सकता है और नहीं भी हो सकता है, लेकिन इसमें गंभीर क्षति होने की संभावना होती है। जबकि भेद्यता किसी अनुप्रयोग में एक कमजोरी है जो गलती से या जानबूझकर हो जाती है। खतरों से हमले हो सकते हैं, वे हमारे संसाधनों की कमजोरियों का फायदा उठा सकते हैं।

अंतरिक्ष प्रणालियाँ कई प्रकार के हमलों का सामना करती हैं, जिनमें कक्षीय, गतिक और इलेक्ट्रॉनिक युद्ध के साथ - साथ साइबर खतरे भी शामिल हैं। साइबर हमले अंतरिक्ष, संचार लिंक, भू तथा अंतरिक्ष प्रणाली जैसे कई खंडों में हो सकते हैं । इसलिए साइबर प्रतिरोध क्षमता से पूर्ण अंतरिक्ष यान का अभिकल्पन करना बहुत महत्वपूर्ण है।

2. साइबर सुरक्षा के सिद्धांत

2.1.1 साइबर सुरक्षा सिद्धांतों का उद्देश्य

कोई संगठन अपने सिस्टम और डेटा को साइबर खतरों से कैसे बचा सकता है इसके लिए रणनीतिक मार्गदर्शन प्रदान करना साइबर सुरक्षा सिद्धांतों का उद्देश्य है। इन साइबर सुरक्षा सिद्धांतों को चार प्रमुख गतिविधियों में बांटा गया है: नियंत्रित करना, सुरक्षित करना, पता लगाना और प्रतिक्रिया देना ।

- **नियंत्रित करना:** सुरक्षा जोखिमों की पहचान करना और उनका प्रबंधन करना।

- **सुरक्षा करना**: सुरक्षा जोखिमों को कम करने के लिए नियंत्रण लागू करना।
- **पता लगाना**: साइबर सुरक्षा घटनाओं की पहचान करने के लिए साइबर सुरक्षा स्थिति का पता लगाना और समझना।
- **प्रतिक्रिया देना** : साइबर सुरक्षा घटनाओं पर प्रतिक्रिया देना और उनसे उभरना।

2.1.2 नियंत्रण सिद्धांत

नियंत्रण सिद्धांत हैं:

- G1: प्रधान सूचना सुरक्षा अधिकारी साइबर सुरक्षा का नेतृत्व और निरीक्षण प्रदान करता है।
- G2: प्रणाली, अनुप्रयोग और डेटा की पहचान, निर्धारण और प्रलेखन किया जाता है।
- G3: प्रणाली, अनुप्रयोग और डेटा की गोपनीयता, अखंडता और उपलब्धता आवश्यकताओं का निर्धारण और प्रलेखन किया जाता है।
- G4: सुरक्षा जोखिम प्रबंधन प्रक्रियाएं संगठनात्मक जोखिम प्रबंधन ढांचे में अंतर्निहित हैं।
- G5: उपयोग के लिए प्रणाली और अनुप्रयोग दोनों को अधिकृत करने से पहले सुरक्षा जोखिमों की पहचान, प्रलेखन, प्रबंधन और स्वीकृति की जाती है और यह लगातार की जाती है।

2.1.3 सुरक्षा सिद्धांत:

सुरक्षा सिद्धांत हैं:

- P1: प्रणाली और अनुप्रयोग का अभिकल्पन, परिनियोजन, अनुरक्षा और निष्क्रियन उनके मूल्य और उनकी गोपनीयता, अखंडता और उपलब्धता आवश्यकताओं के अनुसार किया जाता है।
- P2: प्रणाली और अनुप्रयोग की सुपुर्दगी और सहायता विश्वसनीय आपूर्तिकर्ताओं द्वारा की जाती हैं।
- P3: प्रणाली और अनुप्रयोग का संरूपण उनके हमले के विस्तार को कम करने के लिए किया जाता है।
- P4: प्रणाली और अनुप्रयोग का नियंत्रण सुरक्षित और जवाबदेह तरीके से किया जाता है।
- P5: प्रणाली और अनुप्रयोग में सुरक्षा कमजोरियों की पहचान की जाती है और उन्हें समयबद्ध तरीके से कम किया जाता है।
- P6: प्रणाली पर केवल विश्वसनीय और समर्थित ऑपरेटिंग सिस्टम, अनुप्रयोग और कंप्यूटर कोड ही निष्पादित हो सकते हैं।
- P7: विभिन्न प्रणालियों में डेटा प्राप्ति और पारगमन के बीच डेटा एन्क्रिप्ट किया जाता है।
- P8: विभिन्न प्रणालियों के बीच संप्रेषित डेटा का नियंत्रण किया जाता है और यह निरीक्षण योग्य होता है।
- P9: नियमित आधार पर सुरक्षित और सिद्ध तरीके से प्रणाली, अनुप्रयोग और कॉन्फ़िगरेशन सेटिंग्स का बैकअप लिया जाता है।
- P10: केवल विश्वसनीय और सत्यापित कार्मिकों को ही प्रणाली, अनुप्रयोग और डेटा रिपॉजिटरी तक पहुंच प्रदान की जाती है।
- P11: प्रणाली, अनुप्रयोग और डेटा रिपॉजिटरी तक कार्मिकों को उनके कर्तव्यों के लिए आवश्यक न्यूनतम पहुंच प्रदान की जाती है।

- P12: प्रणाली, अनुप्रयोग और डेटा रिपॉजिटरी में कार्मिकों को पहचानने और प्रमाणित करने के लिए कई तरीकों का उपयोग किया जाता है।
- P13: कार्मिकों को प्रवर्तमान साइबर सुरक्षा जागरूकता प्रशिक्षण प्रदान किया जाता है।
- P14: प्राधिकृत कार्मिकों को ही प्रणाली, सहायक अवसंरचनाओं और सुविधाओं तक पहुँच है।

2.1.4 सिद्धांतों का संसूचन

संसूचन सिद्धांत हैं:

- D1: साइबर सुरक्षा घटनाओं का पता लगाने के लिए समयबद्ध तरीके से ईवेंट लॉग एकत्रित किए जाते हैं और उनका विश्लेषण किया जाता है।
- D2: साइबर सुरक्षा घटनाओं की पहचान करने के लिए साइबर सुरक्षा स्थतियों का समयबद्ध तरीके से विश्लेषण किया जाता है।

2.1.5 प्रतिक्रिया सिद्धांत

प्रतिक्रिया सिद्धांत हैं:

- R1: साइबर सुरक्षा के अतिक्रमण के घटनाओं की सूचना आंतरिक और बाह्य दोनों तरह से संबंधित निकायों को समय पर दी जाती है।
- R2: साइबर सुरक्षा के अतिक्रमण की घटनाओं पर समयबद्ध तरीके से नियंत्रण पाया, उन्हें दूर किया और उसकी सुरक्षा को पुन: स्थापित किया जाता है।
- R3: व्यापार निरंतरता और आपदा पुनर्प्राप्ति योजनाएँ आवश्यकता पड़ने पर अधिनियमित की जाती हैं।

3. अंतरिक्ष प्रणाली में साइबर सुरक्षा का दायरा

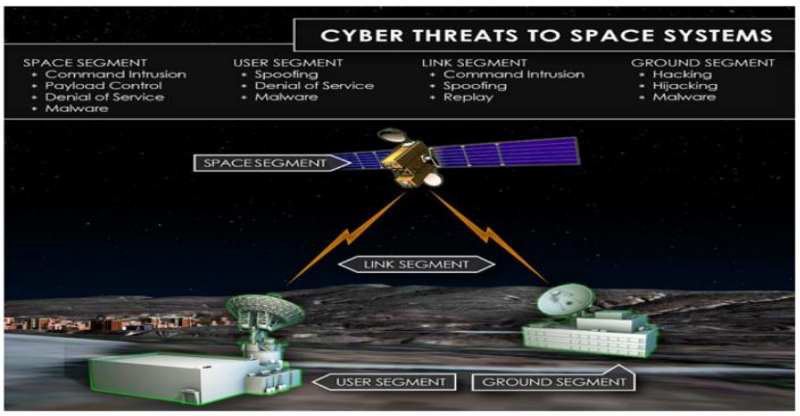
- मजबूत और सुरक्षित एंड-टू-एंड अंतरिक्ष प्रणाली और सूचना। विमानन, मोबाइल, परिवहन, दूरसंचार और ऊर्जा में कई महत्वपूर्ण अनुप्रयोग उपग्रहों से प्राप्त जानकारी पर निर्भर करते हैं।
- अंतरिक्ष और भू प्रणाली की साइबर सुरक्षा जोखिमों का शमन और प्रयोक्ता समूह की सुरक्षा पर संभावित प्रभाव।
- अंतरिक्ष और भू खंडों के अभिकल्पन में साइबर सुरक्षा समाधानों में विश्वास।
- एंड-टू-एंड अंतरिक्षप्रणाली में साइबर सुरक्षा घटनाओं और परिणामों के बारे में निरंतर जागरूकता
- साइबर सुरक्षा समाधान और कानून से संबंधित विकास और अंतरिक्ष पर प्रभाव के बारे में जानकारी

4. अंतरिक्ष प्रणालियों के लिए साइबर खतरा

अंतरिक्ष प्रणाली में भू खंड, लिंक खंड और अंतरिक्ष खंड शामिल होते हैं। अंतरिक्ष प्रणाली पर हमला करने की रणनीति प्रवेश बिंदु या लक्ष्य के आधार पर भिन्न होती है।

4.1.1भू-खंड

भू-खंड में अधिकांश रूप से परंपरागत सूचना प्रौद्योगिकी जैसे विंडोज और लिनक्स वर्कस्टेशन और सर्वर शामिल हैं, इसलिए परंपरागत रणनीति, तकनीक और प्रक्रियाएं (टीटीपी) भू प्रणाली से मोडेम और एंटेना के स्तर तक काम करेंगी। मॉडेम और एंटेना पर हमले औद्योगिक नियंत्रण प्रणाली (आईसीएस) हमले के समान होते हैं।



अंततः उपयोग की जानेवाली रणनीति उन उद्देश्यों के लिए तैयार की जाएगी जो एक विरोधी हासिल करना चाहता है - इसमें भू दूरमिति और मिशन डेटा प्रक्रमण काटना, उपग्रह तक सभी संप्रेषण काटना, उपग्रह कमांडिंग करने की भू क्षमता काटना, प्रणाली की स्वास्थ्य उपकरणों में आत्मविश्वास कम करना, मिशन डेटा से समझौता करना, मिशन डेटा को बाहर निकालना या यहां तक कि उपग्रह पर कमांड निष्पादित करना शामिल हो सकता है। ।

4.1.2 लिंक खंड

उपग्रह प्रदाताओं के लिए एक लंबे समय से चली आ रही प्रक्रिया है-संचार सुरक्षा (COMSEC) और प्रसारण सुरक्षा (TRANSEC)के साथ लिंक खंड की रक्षा करना। संचार सुरक्षा (COMSEC), जिसका उपयोग डेटा की गोपनीयता को भंडारण (डेटा अट रेस्ट) या गति (ट्रांसमिशन) में सुरक्षित करने के लिए किया जाता है और प्रसारण सुरक्षा (TRANSEC) जिसका उपयोग प्रसारण की उपलब्धता सुनिश्चित करने के लिए और आसूचना संग्रह को सीमित करने के लिए किया जाता है। इन सुरक्षाओं के बिना, उपग्रह को प्रभावित करने के लिए जैमिंग, स्पूफिंग, कमांड लिंक अनुदेश, रेडियो आवृत्ती रीप्ले अटैक आदि जैसी रणनीति का उपयोग किया जा सकता है। लिंक परत हमले साइबर की तुलना में अधिक इलेक्ट्रॉन आधारित युद्ध हैं, जिसपर अंतरिक्ष प्रणाली रणनीति विकसित करते समय विचार किया जाना चाहिए।

4.1.3 अंतरिक्ष खंड

अंतरिक्ष खंड के लिए, उपग्रह परंपरागत रूप से कई तत्वों से बने होते हैं जो डेटा को संसाधित, संग्रहीत और संचारित करते हैं, जिनमें से प्रत्येक संभावित रूप से एक हमले की सतह के रूप में काम कर सकता है। उपग्रह एम्बेडेड हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर का एक संयोजन है जो अंतरिक्ष के भौतिक रूप से पृथक वातावरण में संचालित होते हैं।

एक उपग्रह को लक्षित करते समय, उड़ान सॉफ्टवेयर को अन्य उप-प्रणालियों की तुलना में अधिक लक्षित किया जाएगा, जो कि उपग्रह की वास्तुकला के भीतर सी एंड डीएच और अन्य उप-प्रणालियों के साथ एकीकरण को देखते हुए किया जाता है। उड़ान सॉफ्टवेयर (FSW) आधारित हमले मिशन के पूरे जीवनचक्र में होते हैं। यह मिशन के जीवन के दौरान पुन: प्रोग्राम करने योग्य है; इसलिए विरोधियों के पास ग्राउंड पर विकास के दौरान पश्च प्रमोचन प्रचालन के माध्यम से दोषपूर्ण तर्क डालने या सक्रिय करने का समय होता है।

किसी भी अभिकलनात्मक प्रणाली की तरह, इंजीनियरी, परिनियोजन और प्रचालन के सभी चरणों के दौरान उपग्रहों में साइबर हमले होने की संभावना है । अनुप्रयोज्य साइबर खतरों और कमजोरियों का अध्ययन करते समय, एक हमलावर के वांछित लक्ष्यों की पहचान करना महत्वपूर्ण है ताकि यह निर्धारित किया जा सके कि एक विरोधी कैसे और कहां से उपग्रह को लक्षित कर सकता है।

अंतरिक्ष वाहन उप-प्रणालियों में होने वाले साइबर हमले के तहत निम्नलिखित शामिल हैं:

- अभिवृत्ति निर्धारण व नियंत्रण ऐटीट्यूड डिटर्मिनेशन ऐन्ड कंट्रोल (एडी एंड सी)
- समादेश व आंकड़ा प्रबंधन कमांड और डेटा हैंडलिंग (सी एंड डीएच)
- विद्युत शक्ति और वितरण उपप्रणाली (ईपीडीएस)
- नोदन उपप्रणाली (PS)
- संरचनाएं और क्रियाविधि उपप्रणाली (एसएमएस)
- टेलीमेट्री, ट्रैकिंग और आदेश (TT&C)
- ऊष्मा नियंत्रण उप प्रणाली (TCS)

5. अंतरिक्ष प्रणालियों के लिए साइबर सुरक्षा उपाय

सुरक्षा उपाय खंड के आधार पर अलग-अलग होंगे। आप भू खंड और लिंक खंड पर जो नियंत्रण लागू करते हैं, वे अंतरिक्ष खंड से भिन्न होते हैं। हालांकि, कुछ ऐसे परीक्षित एवं सटीक सुरक्षा सिद्धांत हैं जो एकाधिक खंडों पर लागू होते हैं। अभिगम नियंत्रण, प्रमाणीकरण, प्राधिकरण, कम से कम विशेषाधिकारआदि किसी भी खंड पर लागू हो सकते हैं।

5.1.1 सुरक्षा, पता लगाने, प्रतिक्रिया देने और पुनर्प्राप्ति के लिए लागू किए जानेवाले सुरक्षा नियंत्रण

- भूतंत्र को साइबर हमले से बचाएं
- भू से अंतरिक्ष कमांड लिंक और किसी भी क्रॉस-लिंक को सुरक्षित रखें
- क्रिप्टोग्राफी key प्रबंधन के लिए ठोस रणनीति स्थापित करें। यदि key प्रबंधन खराब है या key चोरी हो जाती है, तो सुरक्षा के लिए एन्क्रिप्शन का महत्व बहुत कम हो जाता है।
- आपूर्ति श्रृंखला की रक्षा करें और विकास वातावरण को समझौता से बचाएं। अंतरिक्ष वाहन आपूर्ति श्रृंखलाओं की जटिल प्रकृति और अंतरिक्ष के बढ़ते व्यावसायीकरण को देखते हुए, आपूर्ति श्रृंखला की रक्षा करना अत्यंत महत्वपूर्ण होता जा रहा है।
- सुनिश्चित करें कि सुरक्षित सॉफ़्टवेयर विकास प्रक्रियाएँ डिज़ाइन की खामियों, असुरक्षित तर्क और कोडिंग दोषों को रोकने के लिए मौजूद हैं जो फ़्लाइट सॉफ़्टवेयर को प्रभावित कर सकती हैं।
- ऑटोमेशन, मशीन लर्निंग और कृत्रिम बुद्धि के अन्य रूपों का उचित पता लगाने, पुनर्प्राप्ति करने और प्रतिक्रिया लीवरेजिंग सुनिश्चित करने के लिए उपग्रहों की अभिकल्पना के समय हीं ऑनबोर्ड साइबर आक्रमण प्रतिरोध क्षमता को जोड़ें ।

6. साइबर आक्रमण प्रतिरोध क्षमता युक्त अंतरिक्ष यान का अभिकल्पन

साइबर आक्रमण प्रतिरोध क्षमता का अर्थ "साइबर संसाधनों का उपयोग करनेवाले या सक्षम प्रणालियों पर प्रतिकूल परिस्थितियों, तनाव, हमलों का अनुमान करने, सामना करने, उबरने और अनुकूलन करने की क्षमता है।" अंतरिक्ष यान में प्रतिरोध क्षमता के अनुप्रयोग का तात्पर्य अनुकूलन, अवशोषण, पूर्वानुमान और पुनर्प्राप्ति करना है। ये शब्द पहचान करने, सुरक्षा, पता लगाने, पुनर्प्राप्त करने और प्रतिक्रिया देने जैसे परंपरागत साइबर सुरक्षा सिद्धांतों के समान हैं। एक अंतरिक्ष यान को साइबर हमले का सामना करने के साथ-साथ स्वयं ठीक होने और अनुकूलन करने में सक्षम होने की आवश्यकता होगी, इसके अलावा, पहले से नहीं देखे गए हमलों का पूर्वानुमान भी लगाना होगा । इस लक्ष्य को प्राप्त करने के लिए अंतरिक्ष यान पर साइबर आक्रमण प्रतिरोध क्षमता के लिए यंत्र अधिगम /कृत्रिम बुद्धि के पहलुओं की आवश्यकता हो सकती है।

6.1.1साइबर आक्रमण प्रतिरोध क्षमता युक्त अंतरिक्ष यान का अभिकल्पन करने के सिद्धांत

मजबूत	एक प्रणाली या वास्तुकला पर निर्भर नहीं है ।
1. अतिरेकता	सिस्टम, विफलताओं या सेवा हमलों का निराकरण करने की प्रतिरोध क्षमता युक्त है ।
2. विविधता	क्षमता एकल प्रकार के घटकों या वास्तुकला पर निर्भर नहीं है।
अपारदर्शी	हमलावर इंटेल और पूर्व परीक्षण को कम करता है
3. अदृढ़ता	वास्तविक हमले में प्रणाली और/या वास्तुकला के बारे में विरोधी के पूर्व-ज्ञान का आसानी से लाभ नहीं उठाया जाता है।
4. धोखा	प्रणाली जांच करने में अपारदर्शी है और झूठी कमजोरियां पेश कर सकती हैं।
बाधाएं	हमलावर की गतिशीलता और कार्य करने की क्षमता को सीमित करता है
5. विभाजन	एक उप प्रणाली या घटक पर आया खतरा आसानी से इतर उप प्रणालियों तक नहीं पहुँचता है।
6. कम से कम विशेषाधिकार	प्रणाली, संसाधनों तथा आंकड़ों का प्राधिकृत उपयोग भूमिका के अनुसार सीमित किया जाना चाहिए।
7. स्तरित रक्षा	संभावित विरोधी और संरक्षित प्रणालियों और डेटा के बीच बहुस्तरीय रक्षा स्तर
प्रतिक्रियाशील	संभावित खतरों की पहचान कर उनका मुकाबला करता है
8. साइबर स्थितिजन्य जागरूकता	सिस्टम हमले के बारे में संभाव्य संकेत और नेटवर्क गतिविधि में एंड-टू-एंड ज्ञान और दृश्यता प्रदान करता है।
9. अनुकूली प्रतिक्रिया	सिस्टम हमले के बारे में संभाव्य संकेत देने, हमले को कम करने और हमलावरों को निष्कासित करने में सक्षम है।
10. इवॉल्वेबिलिटी	सिस्टम मॉड्यूलर है और भविष्य में उभर कर आने वाले खतरों के संबंध में संवर्धित साइबर सुरक्षा लागू करने के लिए सक्षम है।

7. अंतरिक्ष प्रणालियों का अभिकल्पन करने में भविष्य की चुनौतियां

वर्तमान में प्रचालनात्मक प्रणाली अर्थात, कक्षा में और जो सक्रिय अभिकल्पन या विकास की स्थिति में हैं, उनकी साइबर सुरक्षा चुनौतियों के बीच एक अंतर होने की आवश्यकता है। मिशन मालिकों के बाधाओं और अंतरिक्ष से संबंधित संभावित समाधान के कारण इन दोनों स्थितियों के बीच मार्गदर्शन भिन्न हो सकता है। विशेष रूप से उपग्रह के लिए, चुनौतियों की चर्चा मुख्य रूप से भविष्य के सिस्टम परिनियोजन पर केंद्रित है। वर्तमान में प्रचालनात्मक प्रणाली के लिए, साइबर सुरक्षा की समस्याएं ज्यादातर भू खंड से प्राप्त अपडेट से संबंधित हैं । सॉफ़्टवेयर अद्यतनीकरण कक्षा में किए जा सकते हैं, लेकिन ये जोखिम भरे हो सकते हैं इसलिए आमतौर पर संभावित मिशन हानि के कारण निष्पादित नहीं किया जाता है।

भू सुरक्षा के लिए सबसे बड़ी चुनौती ज्ञान और बजट है। चूंकि भू स्टेशन अधिक परंपरागत आईटी प्रणाली का अनुकरण करता है, इसलिए बजट, मानकों/आवश्यकताओं का विकास और ज्ञान का अंतरण आवश्यक है। उपग्रहों की सुरक्षा के लिए, सबसे बड़ी चुनौती खतरों और ऑन-बोर्ड साइबर प्रौद्योगिकी के विकास के बारे में शिक्षा देना है जो उपग्रह के आकार, वजन, शक्ति और कम्प्यूटेशनल सीमाओं के भीतर फिट आता है। सैटेलाइट इंजीनियरों में अतीत में सफक कार्यों का अनुप्रयोग करने की तीव्र इच्छा होती है; इसलिए, " ऑन-बोर्ड सुरक्षा " को लागू करने के लिए परिवर्तन की आवश्यकता होगी। सुरक्षा समाधान विकसित करने के लिए सरकार और वाणिज्यिक संस्थाओं द्वारा अधिक निवेश की आवश्यकता है जो एक उपग्रह के भीतर काम कर सकते हैं । इसमें सुरक्षा, पता लगाने, पुनर्प्राप्त करने और प्रतिक्रिया देने के लिए साइबर प्रतिरोध क्षमता होनी चाहिए ।

8. निष्कर्ष

जैसे-जैसे स्थलीय और अंतरिक्ष प्रणालियाँ अधिक घनिष्ठ रूप से एकीकृत होती जाती हैं, इसलिए परंपरागत रूप से साइबर खतरे प्रबंधन के अलग-अलग क्षेत्रों में सूचना के आदान-प्रदान की आवश्यकता होती है। हम उपग्रह नेटवर्क पर निर्भर अंतरिक्ष-आधारित सेवाओं की साइबर सुरक्षा में सुधार के लिए एक गतिशील और

पदानुक्रमित दृष्टिकोण के माध्यम से अद्वितीय साइबर सुरक्षा जोखिम का निर्धारण कर सकते हैं। इसके लिए सरकार, उपग्रह निर्माताओं, ऑपरेटरों, सॉफ्टवेयर डेवलपरों और सेवा उपयोगकर्ताओं के बीच सहयोग की आवश्यकता होगी। प्रत्येक को एक भूमिका निभानी है, जिसमें प्रत्येक क्षेत्र से पाठ और अनुभवों को साझा करना शामिल है। साइबर सुरक्षा उद्योग में क्या हो रहा है, इस पर अद्यतित रहने से, हम अंतरिक्ष प्रणालियों की बेहतर सुरक्षा करने में सक्षम होंगे।

कोई भी सिस्टम पूरी तरह से सुरक्षित नहीं है। लेकिन सुरक्षा सबसे बड़ी चिंता है जिसे आप नज़रअंदाज़ नहीं कर सकते। अंतरिक्ष एजेंसी अब अपने प्रणाली की सुरक्षा को अधिक मजबूत करने और साइबर खतरों का सामना करने में बेहतर सक्षम बन सकती हैं।उपकरण को कक्षा में भेजे जाने से पहले निजी और सार्वजनिक क्षेत्रों को कई साइबर सुरक्षा परिदृश्यों को सहयोजित और संचालित करने की आवश्यकता है।

9. आभार

यह लेख तैयार करने में सॉफ्टवेयर सहायता ग्रुप के श्री. संजित आर. एस., तकनीकी सहायक और हिंदी अनुभाग के हम आभारी हैं।

10. संदर्भ

1. https://www.boozallen.com/markets/space/secure-space-systems-from-cyber-threats.html
2. https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/08/20/why-space-is-the-next-frontier-for-cybersecurity/?sh=81d47ec41b15
3. https://www.weforum.org/agenda/2022/05/increased-cybersecurity-for-space-based-services/
4. https://aerospacecorp.medium.com/protecting-space-systems-from-cyber-attack-3db773aff368
5. https://www.cyber.gov.au/acsc/view-all-content/advice/cyber-security-principles
6. https://www.techopedia.com/definition/24377/web-application-security
7. https://www.nlr.org/capabilities/cyber-security-for-space-systems/#tab-id-1

लेखक परिचय:



श्रीजा जे. जे. भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान के सोफ्टवेयर सहायता ग्रुप में तकनीकी सहायक 'सी' के रूप में कार्यरत है। उन्होंने साल 2011 को आईआईएसटी में कार्यारंभ किया था। वे आईआईएसटी के विभिन्न विभागों में विभिन्न सोफ्टवयर समाधान एवं तकनीकी सहायता प्रदान करने में महतपूर्ण भूमिका निभाती है।

सूचना सम्प्रेषण की आधुनिक विधियाँ और उनका सुरक्षा पहलू

डॉ. गिरीश पाण्डेय, वैज्ञानिक 'ई.'
वैज्ञानिक विश्लेषण समूह
डी.आर.डी.ओ. दिल्ली – 110054

सारांश

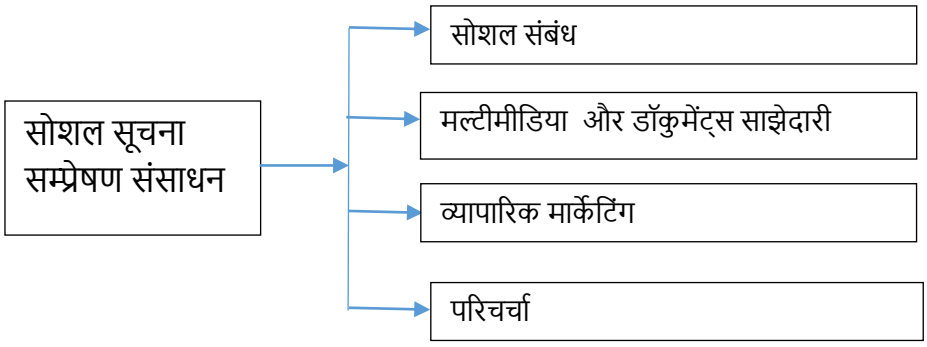
प्रस्तुत लेख में हम वर्तमान समय में उपयोग होने वाले विभिन्न प्रकार के सूचना सम्प्रेषण साधनों की कार्यविधि और उनकी सुरक्षा पहलू की संक्षेप में चर्चा करते हैं।

1. प्रस्तावना :

सूचना सम्प्रेषण के साधनों का उपयोग वर्तमान समाज का एक अभिन्न अंग हो गया है। मोबाइल फोन में इंटरनेट की सुगम उपलब्धता द्वारा इनके उपभोक्ताओं की संख्या में दिनों – दिन वृद्धि होती जा रही है। प्रौद्योगिकी के उत्तरोत्तर विकास ने इन ऑनलाइन सोशल नेटवर्कों को आम लोगों में भी काफी प्रसिद्धि प्रदान की है। इस प्रसिद्धि का एक प्रमुख कारण यह है कि इसके माध्यम से व्यक्ति संदेशों, फोटो, वीडियो और डॉक्यूमेंट्स को अत्यंत सुगमता से एवं सुरक्षित रूप में अपने परिवार, मित्रों, सम्बंधियों अथवा व्यापारिक साझीदारों को प्रेषित कर सकता है। वर्तमान समय में उपयोग होने वाले कुछ प्रमुख ऑनलाइन सोशल नेटवर्क अधोलिखित हैं।

- व्हाट्सऐप
- फ़ेसबुक
- ट्विटर
- इंस्टाग्राम
- लिंक्डइन

एक सर्वे के अनुसार लोग इन साधनों का अधिकतर उपयोग अपने व्यक्तिगत सूचनाओं के आदान-प्रदान के लिये करते हैं। अत: उनकी गोपनीयता एवं अक्षुण्णता को बनाये रखना एक बहुत ही महत्वपूर्ण विषय बन जाता है। सोशल सूचना सम्प्रेषण संसाधनों को उनकी विशेषताओं और उपयोगिता के आधार पर चार प्रमुख आयामों में विभाजित कर सकते है।



हाल ही में हुए एक सर्वेक्षण के अनुसार लगभग 4 बिलियन इंटेरनेट उपभोक्ताओं की संख्या में से भिन्न – भिन्न सोशल सूचना सम्प्रेषण संसाधनों के उपयोगकर्ताओं की संख्या निम्नलिखित तालिका में वर्णित की गई है।

क्रम सं०	सोशल संसाधन का नाम	उपयोगकर्ताओं की संख्या (मिलियन में)
1.	फ़ेसबुक	3500
2.	ट्विटर	370
3.	लिंक्डइन	300
4.	पिन्टेरेस्ट	200

5.	यूट्यूब	1900
6.	व्हाट्सऐप	1500
7.	इंस्टाग्राम	1000
8.	टिन्डर	100

2. सुरक्षा प्रदान करने के मूलभूत घटक :

सूचनाओं के डिजिटल आदान-प्रदान में प्रेषक और ग्राही को सूचना सुरक्षा के संदर्भ में निम्नलिखित घटकों की अपेक्षा रहती है।

[i] गोपनीयता: सूचना का आशय केवल जिस व्यक्ति को भेजा गया है, उसी को पठनीय हो । किसी अन्य व्यक्ति द्वारा उस संदेश का आशय नहीं समझा जा सके।

[ii] अक्षुणता: सूचना को प्रेषक और ग्राही के बीच माध्यम में किसी अन्य व्यक्ति द्वारा परिवर्तित नहीं किया जा सके।

[iii] सत्यापन: सूचना भेजने वाले की प्रमाणिकता की जांच किया जा सके।

[iv] अस्वीकार्यता: सूचना प्राप्त करने वाला इस बात से इन्कार न कर सके की उसे सूचना नहीं मिली है।

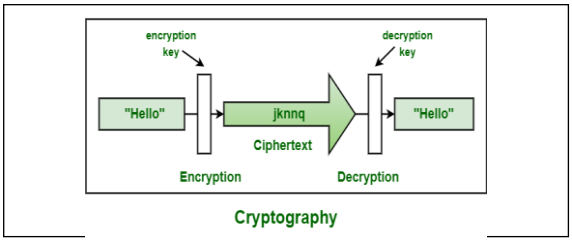
सूचना सुरक्षा के उपरोक्त वर्णित घटकों को सोशल सूचना सम्प्रेषण संसाधनों में प्राप्त करने के लिए क्रिप्टोग्राफिक विधियों और प्रोटोकालों का उपयोग किया जाता है।

क्रिप्टोग्राफी:

यह विज्ञान की वह शाखा है जिसमें हम अपनी सूचनाओं को गणितीय विधियों और एक गोपनीय डाटा, जिसे **कुंजी** कहा जाता है ,द्वारा इस प्रकार रूपांतरित कर देते हैं कि यह केवल ग्राही को ही पठनीय हो। अपनी सूचना को **मूलसंदेश** तथा रूपांतरित सूचना को **साइफर** कहते हैं।

- मूलसंदेश को कुंजी की सहायता से साइफर में परिवर्तित करने की प्रक्रिया को **इनक्रिप्सन** कहते हैं।
- साइफर को पुन: कुंजी की सहायता से मूलसंदेश में परिवर्तित करने की प्रक्रिया को **डिक्रिप्सन** कहते हैं।
- क्रिप्टोग्राफिक विधियों को संचालित करने वाले सिस्टमों को **क्रिप्टोसिस्टम** कहते हैं।

इस सम्पूर्ण प्रक्रिया का एक सरल चित्रण नीचे दिया गया है।



कुंजी की प्रकृति के आधार पर क्रिप्टोग्राफी को दो प्रमुख भागों में विभक्त किया जाता है।

[i] गोपनीय कुंजी क्रिप्टोग्राफी
[ii] सार्वजनिक कुंजी क्रिप्टोग्राफी

वर्तमान समय में सूचनाओं के सुरक्षित डिजिटल आदान-प्रदान के लिये इन दोनों प्रकार के क्रिप्टोग्राफी के समुचित सम्मिश्रण का प्रयोग किया जाता है जिसे **सम्मिश्र क्रिप्टोसिस्टम** कहते हैं। इस प्रकार के सम्प्रेषण में

मूलसंदेश के इनक्रिप्सन और डिक्रिप्सन के लिये गोपनीय कुंजी क्रिप्टोग्राफी का उपयोग करते हैं तथा इस गोपनीय कुंजी के प्रेषक और ग्राही के मध्य आदान-प्रदान के लिये सार्वजनिक कुंजी क्रिप्टोग्राफी का उपयोग करते हैं।

3. सुरक्षा प्रदान करने के प्रोटोकॉल :

सूचना सम्प्रेषण संसाधनों में संदेशों को सुरक्षित करने के लिये कुछ प्रमुख क्रिप्टोग्राफिक प्रोटोकॉलों का प्रयोग किया जाता है जिसका संक्षिप्त विवरण नीचे प्रस्तुत किया गया है।

3.1. पी.जी.पी. प्रोटोकॉल:

यह एक मिश्रित क्रिप्टोग्राफिक विधि है जिसमें सम्मिश्र क्रिप्टोसिस्टम का उपयोग करके संदेशों के इंटरनेट माध्यम द्वारा स्थानांतरण में गोपनीयता और अक्षुणता आयामों को प्राप्त किया जाता है। इस प्रोटोकॉल को सन् 1991 में फिलजिमरमैन महोदय ने प्रतिपादित किया था। इसमें सार्वजनिक कुंजी क्रिप्टोसिस्टम के लिये आर.एस.ए., डी.एच.के.इ. एवं डी.एस.एस. और गोपनीय कुंजी क्रिप्टोसिस्टम के लिये कास्ट-128, 3-डी.इ.एस. एवं आइडिया का उपयोग होता है। इसके अतिरिक्त संदेश अथवा डाटा को कम्प्रेस करने के लिये शॉ -1 नामक हैशफलन का उपयोग करते हैं।

पी.जी.पी. सर्वप्रथम संदेश को कम्प्रेस करता है और एक सेसन कुंजी बनाता है। इस सेसन कुंजी का गोपनीय कुंजी क्रिप्टोसिस्टम में उपयोग करके कम्प्रेस्ड संदेश को इनक्रिप्टेड संदेश में परिवर्तित करता है। तत्पश्चात, सेसन कुंजी को ग्राही के सार्वजनिक कुंजी द्वारा सार्वजनिक कुंजी क्रिप्टोसिस्टम का उपयोग करके इनक्रिप्ट करता है। अब इन दोनों इनक्रिप्टेड डाटा को ग्राही के पास भेजता है।

ग्राही अपनी गोपनीय कुंजी का उपयोग करके प्रेषक की सेसन कुंजी को निकालता है। इसके बाद इस सेसन कुंजी और गोपनीय कुंजी क्रिप्टोसिस्टम को इनक्रिप्टेड संदेश पर आरोपित करके मूल संदेश को पुन: प्राप्त कर लेता है।

डिजिटल हस्ताक्षर:

किसी डॉक्यूमेंट की मौलिकता को परखने के लिये उसके निर्गम संस्थान के प्राधिकारी का हाथ द्वारा किया गया हस्ताक्षर देखा जाता है। उसी प्रकार डिजिटल माध्यम से सम्प्रेषण में सूचना की मौलिकता को जाँचने के लिये डिजिटल हस्ताक्षर का प्रयोग किया जाता है। अत:, डिजिटल हस्ताक्षर हस्तलिखित हस्ताक्षर का इलेक्ट्रॉनिक रूपांतरण है जिसको सार्वजनिक कुंजी क्रिप्टोसिस्टम द्वारा प्राप्त किया जाता है। डिजिटल हस्ताक्षर द्वारा हम सूचना सुरक्षा के अक्षुणता, प्रमाणिकता और अस्वीकार्यता आयामों को निर्धारित करते है। हस्त लिखित हस्ताक्षर को बदलकर जालसाजी करने का उदाहरण अक्सर समाचारों में मिलता है परंतु डिजिटल हस्ताक्षर को बदलना अत्यंत ही कठिन कार्य है।

3.2. इंटरनेट प्रोटोकॉल सुरक्षा (आइ.पी. सेक):

यह प्रोटोकॉल इंटरनेट पैकेटों को गोपनीयता और प्रमाणिकता प्रदान करता है। यह संचार में उपयोग होने वाले दो यंत्रों की परस्पर प्रमाणिकता निर्धारित करने के लिये प्रयोग में लाया जाता है। वर्तमान में यह प्रोटोकॉल दो प्रारूपों आई.पी. सेक-4 और आई.पी. सेक-6 में उपलब्ध है। प्राय: इसका उपयोग वर्चुअल प्राइवेट नेटवर्क (वी.पी.एन.) को बनाने एवं सुदूर स्थित सर्वर / मशीन को जोड़ने के लिये किया जाता है।

3.3. सिक्योर सॉकेट लेयर / ट्रांसपोर्ट लेयर सिक्योरिटी (एस.एस.एल./ टी.एल.एस.):

यह प्रोटोकॉल मुख्य तौर पर इंटरनेट और वेब (एच.टी.टी.पी./ डब्लू.डब्लू.डब्लू.) ट्रान्जैक्सन को सुरक्षा प्रदान करने के लिये प्रयोग में लाया जाता है। यह उपभोक्ता और सर्वर के बीच गोपनीयता और प्रमाणिकता द्वारा एक सुरक्षा कवच बनाता है। किसी भी सर्वर के यू.आर.एल. (उदाहरण के लिये भारतीय स्टेट बैंक का एच.टी.टी.पी.एस.:// एस.बी.आई.काम) पर अंकित 'एस.' चिन्ह को देखकर इसे आसानी से पहचाना जा सकता है। अभी तक एस.एस.एल. के तीन संस्करण एस.एस.एल.-1, एस.एस.एल.-2, एस.एस.एल.-3 और टी.एस.एल. के चार संस्करण टी.एस.एल.-1.0, टी.एस.एल.-1.1, टी.एस.एल.-1.2, टी.एस.एल.-1.3 बनाये जा चुके है। यदि किसी सर्वर के यू.आर.एल. पर 'एस.' चिन्ह नहीं लिखा है तो इसका तात्पर्य यह है कि सर्वर और वेब ब्राउजर के बीच

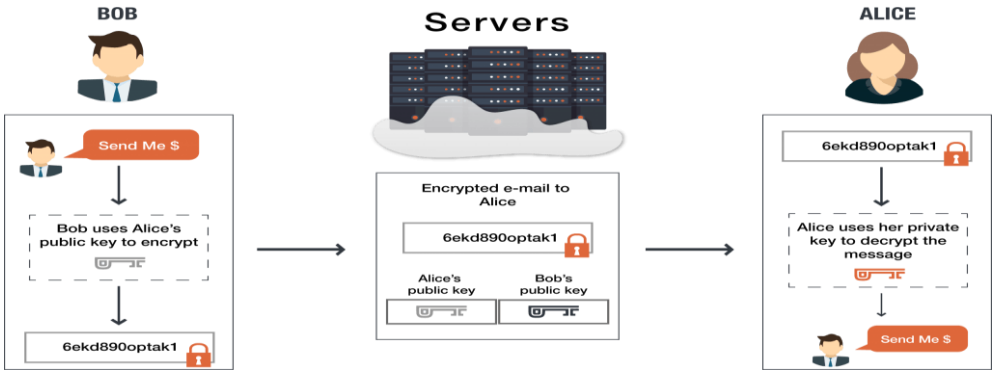
का लिंक इंक्रिप्टेड नहीं है जिस कारण इनके मध्य स्थानांतरित सूचना अथवा डाटा की गोपनीयता सुरक्षित नहीं है। अत: ऐसी वेबसाइटों पर अपनी व्यक्तिगत और संवेदनशील सूचनाओं को देने से बचना चाहिए।

3.4. एंड टू एंड इनक्रिप्सन प्रोटोकॉल (इ.2इ.इ. प्रोटोकॉल):

जब संवेदनशील संदेशों जैसे व्यापारिक डाटा, वाणिज्यिक विवरण , चिकित्सीय विवरण , लीगल डाटा और व्यक्तिगत वार्तालाप के आदान-प्रदान की बात होती है, तो उसकी गोपनीयता अत्यंत महत्वपूर्ण हो जाती है। इस प्रकार के संदेशों के स्थानांतरण में यह प्रोटोकॉल अत्यंत उपयोगी सिद्ध होता है। यह प्रोटोकॉल साइबर हमलों के विरुद्ध भी सुरक्षा प्रदान करने में सहायक होता है।

इस प्रोटोकॉल में डाटा को प्रेषक छोर पर ही इनक्रिप्ट कर दिया जाता है। अर्थात सर्वर पर इंक्रिप्टेड डाटा जाता है और वहां से ग्राही को भेजा जाता है जिसे वह डिक्रिप्ट करके मूल संदेश निकालता है। दूसरे शब्दों में , इस प्रोटोकॉल में मूल संदेश (जैसे एस.एम.एस., फोन काल, वीडियो इत्यादि को केवल प्रेषक और ग्राही ही समझ पाते हैं, अन्य कोई नहीं ।

इस प्रोटोकॉल का सरल चित्रण नीचे दिया गया है।



चित्र-4 : **इ2इइ** प्रोटोकॉल का सरल चित्रण

इसमें इनक्रिप्सन एवं डिक्रिप्सन के लिये सार्वजनिक कुंजी क्रिप्टोसिस्टम का प्रयोग करते है। यहां सर्वर पर प्रेषक और ग्राही की केवल सार्वजनिक कुंजी स्टोर रहती है। प्रेषक सर्वर से ग्राही की सार्वजनिक कुंजी लेकर संदेश को इनक्रिप्ट करता है तथा ग्राही इस इंक्रिप्टेड संदेश को अपनी गोपनीय कुंजी से डिक्रिप्ट करके मूल संदेश को प्राप्त करता है।

इस प्रोटोकॉल का वर्तमान में मोबाइल फोन के लिये उपलब्ध त्वरित संदेश सम्प्रेषण संसाधनों जैसे सिग्नल्स, व्हाट्सऐप, साइलेन्स , थ्रीमा , गूगल डुओ , वीबर में प्रयोग किया जाता है। ध्यान रहे की आजकल प्रचलित संदेश सम्प्रेषण संसाधनों ट्विटर, इंस्टाग्राम स्नैपचैट फेसबुक मैसेंजर में यह प्रोटोकॉल प्रयुक्त नहीं होता है, अत: इसके माध्यम से प्रेषित संदेशों को इनके सर्वर चाहें तो आसानी से पढ़ सकते हैं।

4. निष्कर्ष :

इस लेख में हमने सूचना के आदान-प्रदान के लिये उपयोगी कुछ महत्वपूर्ण प्रोटोकॉलों और क्रिप्टोग्राफिक विधियों द्वारा प्राप्त सुरक्षा आयामों की चर्चा किया है। इन संदेश सम्प्रेषण संसाधनों का डाटा की संवेदनशीलता के अनुसार एवं उस पर निर्देशित प्रयोग विधि के आधार पर उपयोग करना चाहिए।

आभार ज्ञापन : इस लेख को लिखने में अपनी प्रयोगशाला के निदेशिका महोदया, विभाग प्रमुख और समूह प्रमुख के प्रोत्साहन और मार्गदर्शन के लिये धन्यवाद ज्ञापित करता हूँ।

संदर्भ सूची:

[1] जेम्स हेंडिएर, "व्हाट्सप्प सिक्योरिटी एंड रोल ऑफ़ मेटाडाटा इन प्रेसेर्विंग प्राइवेसी", आर.पी.वाई., यू.एस.ए., 2018.
[2] लींग डाँग एंड केफेई चेन, " इंट्रोडक्शन ऑफ़ क्रिप्टोग्राफ़िक प्रोटोकॉल्स ", स्प्रिंगर बर्लिन, 2012.
[3] "हैंडबुक ऑफ़ इनफार्मेशन सिक्योरिटी", एन.आई.एस.सी., 2017.
[4] विलियम स्टॉलिंग्स, "क्रिप्टोग्राफ़ी एंड नेटवर्क सिक्योरिटी : प्रिंसिपल्स एंड प्रैक्टिस", पाँचवा एडिशन, पियरशन, 2011.
[5] एस.और एच., जे. सिम्मोंस इत्यादि, "यूजर पर्सेप्शन्स ऑफ़ सिक्योरिटी एंड प्राइवेसी फॉर ग्रुप चैट्स ", डिजिट्स. थ्रेटिकल रिसर्च प्रैक्टिसेज, 2022.

लेखक परिचय:



मैंने इलाहाबाद विश्वविद्यालय से सन् 1999 में गणित , भौतिकी और रसायन शास्त्र से स्नातक की उपाधि प्राप्त किया। काशी हिन्दू विश्वविद्यालय से सन् 2001 में गणित विषय से परास्नातक एवं सन् 2006 में डाक्टरेट की उपाधि प्राप्त करने के बाद वैज्ञानिक विश्लेषण समूह, डी.आर.डी.ओ. दिल्ली में वैज्ञानिक बी. के पद में कार्य प्रारंभ किया। यहाँ विगत 16 वर्षों से क्रिप्टोग्राफी के क्षेत्र में शोध कार्य कर रहे हैं।

'यूएसबी' फर्मवेयर मालवेयर : खतरनाक और अगम्य

रविशंकर यादव, वैज्ञा. 'एफ'
कृत्रिम ज्ञान तथा रोबोटिकी केन्द्र, बेंगलूरू
ravi.yadav.cair@gov.in

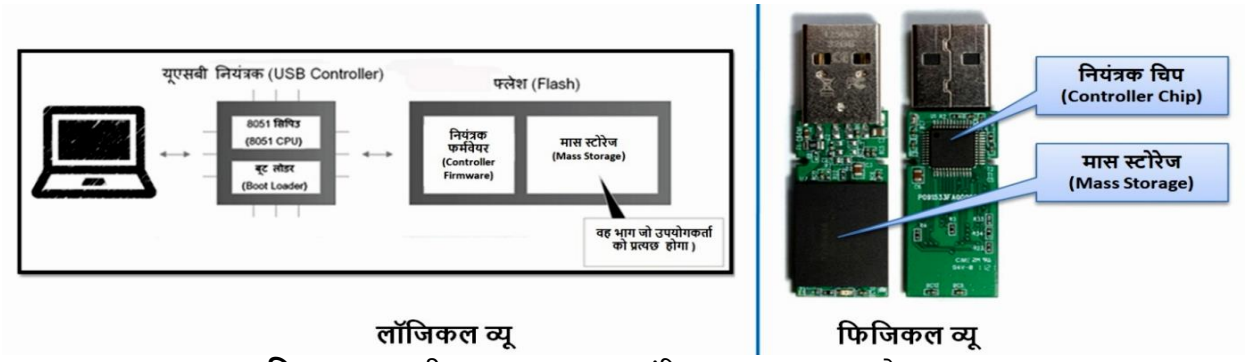
सारांश

आज के युग में शायद ही कोई होगा जो कि मालवेयर (वायरस, वर्म, रूटकिट इत्यादि) के द्वारा जनित सूचना सुरक्षा (information security) खतरों से विदित न हो। हालांकि एंटीवायरस/ एंटीमालवेयर सॉफ्टवेयर काफी हद तक परिपक्व हो गए हैं, परन्तु हमलावर भी नित्य नए प्रकार के मालवेयर की खोज कर रहें हैं। हमलावरों ने यूएसबी उपकरण के फर्मवेयर (firmware) को संशोधित करने की जो आवश्यकता होती है और यूएसबी प्रोटोकॉल के कुछ प्रावधानों के दुरुपयोग से एक प्रकार के उन्नत (sophisticated) मालवेयर की रचना की है। यह मालवेयर इतना उन्नत है कि कोई भी मौजूदा एंटीवायरस सॉफ्टवेयर इसे नहीं पकड़ सकता है। इसकी गंभीरता का अनुमान इसी से लगाया जा सकता है कि सीईआरटी-यूके (Cyber Emergency Response Team) और बीबीसी तकनीकी न्यूज़ द्वारा पब्लिश अलग-अलग रिपोर्ट [1, 5] में इसे अगम्य (un-patchable) बताया है। यूएसबी उपकरणों की सुलभता, इनकी उपयोगिता और इनका अत्यधिक प्रयोग, इस मालवेयर के खतरे को और भी चिंताजनक बना देता है। इस शोध पत्र में इस मालवेयर की गहन अध्यन पर आधारित विस्तृत जानकारी एवं इसके द्वारा प्रमुख संभावित हमलों को प्रस्तुत किया गया है। साइबर सुरक्षा में अपने अनुभवों के आधार पर इस मालवेयर से बचाव के उपाय भी सुझाये गए हैं।

मुख्य शब्द- यूएसबी फर्मवेयर मालवेयर, यूएसबी फर्मवेयर उन्नयन वलनरेबिलिटी, सूचना सुरक्षा

1 प्रस्तावना

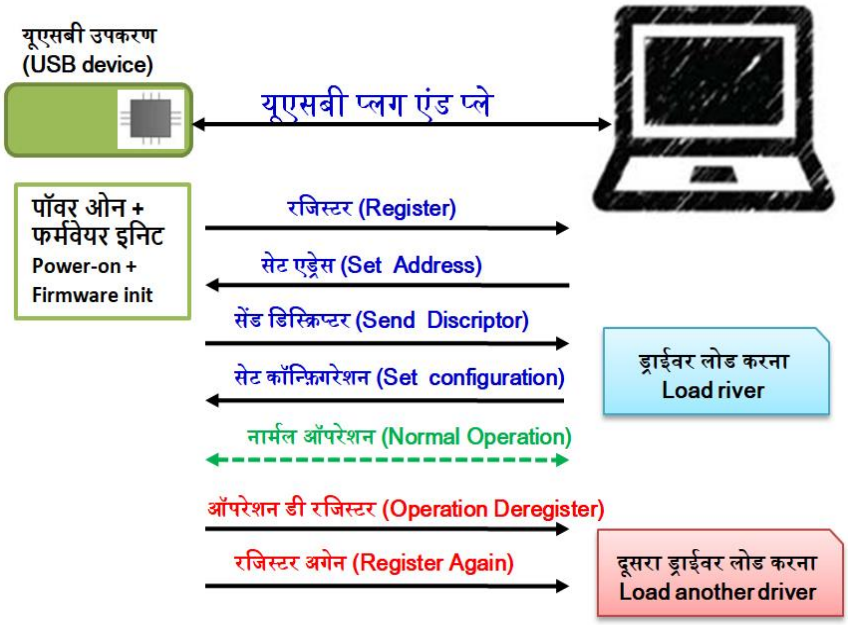
कंप्यूटर को विविध उपकरणों से जोड़ने के लिए यूएसबी एक सरल और मानकीकृत तरीका बन गया है। यूएसबी की 'प्लग एंड प्ले' प्रकृति के कारण विविध उपकरणों की प्रतिस्थापना बहुत सरल हो जाती हैं तथा यह उपकरण त्वरित उपयोग में लाए जा सकते हैं। यूएसबी उपकरणों में एक छोटी सी नियंत्रक चिप (controller chip) होती है जिसमें फर्मवेयर (firmware) होता हैं। यूएसबी थम्ब ड्राइव का आतंरिक *आलोकन* (internal view) चित्र-1 में दर्शाया गया है।



चित्र -1:यूएसबी थम्बड्राइव का आतंरिक (internal) आलोकन

नियंत्रक चिप (controller chip) यूएसबी उपकरणों के कंप्यूटर से कनेक्ट होते ही पॉवर ऑन हो जाती है और फर्मवेयर को प्रारंभ (initialize) करती है (चित्र-2)। यह फर्मवेयर यूएसबी उपकरण और कंप्यूटर के बीच संचार स्थापित करने के लिए महत्वपूर्ण होता है। यह फर्मवेयर संचार के प्रारंभ में उपकरण का प्रकार और क्षमताओं को कंप्यूटर को बताता है। इसी फर्म वेयर के द्वारा यूएसबी उपकरण का पहचान (ID), '*सेंड डिस्क्रिप्टर*' संदेश के द्वारा कंप्यूटर को बताया जाता है। फर्मवेयर द्वारा बताये गए पहचान (ID) और विन्यास (कॉन्फ़िगरेशन) के आधार पर ही कंप्यूटर का ऑपरेटिंग सिस्टम (OS), यूएसबी उपकरण का प्रकार ज्ञात करता है तथा उसके लिए उपयुक्त ड्राइवर लोड करता है, जैसा कि (चित्र-2) में दर्शाया गया है।

कई बार यूएसबी उपकरणों के उत्पाद विमोचन (Product release) के बाद उपकरण के फर्मवेयर (firmware) को संशोधित करने की आवश्यकता आ जाती है। इस समस्या के निदान के लिए एक कार्य विधि विकसित की गयी है, जिसमें उपयोगकर्ता उपकरण को मेजबान कंप्यूटर के यूएसबी पोर्ट से जोड़कर आसानी से फर्मवेयर उन्नयन (update)/ रिप्रोग्रामिंग (re-program) कर सकते हैं। इस पद्धति के कई लाभ हैं:



चित्र- 2: यूएसबी प्रोटोकॉल के मुख्य चरण

- उत्पाद विमोचन (Product release) के बाद पता चलने वाली समस्याओं का निवारण
- तकनीकी समर्थन (Technical support) के कार्य को कम करने के लिए उपयोगकर्ता को फर्मवेयर उन्नयन (update) करने का निर्देश देकर हल किया जा सकता है
- उपयोगकर्ता द्वारा अधिक सकारात्मक अनुभव और उपभोक्ताओं द्वारा उत्पाद लौटने में कमी

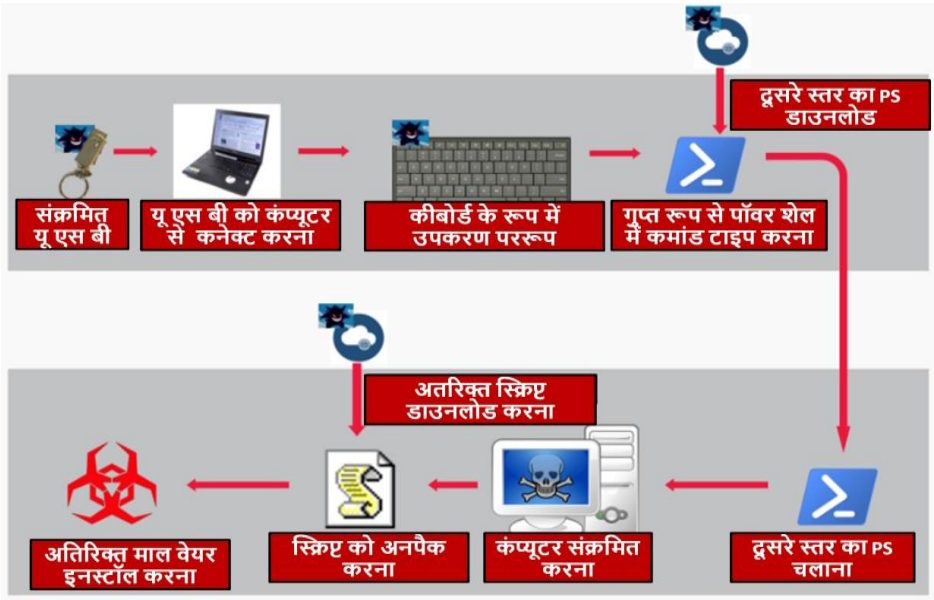
हालांकि यूएसबी नियंत्रक चिप्स (controller chips) के फर्मवेयर उन्नयन (update) या रिप्रोग्रामिंग विशेषता यूएसबी उपकरणों को और उपयोगी बना देती है परन्तु यह यूएसबी उपकरणों को सुरक्षा हमलों के लिए भेद्य (vulnerable) तथा स्वाभाविक रूप से असुरक्षित कर देती है [1,2,3]। हमलावर (attacker) द्वारा यह तकनीक एक वास्तविक उपकरण के प्रतिरूपण करके विभिन्न गंभीर हमले (attack) करने के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है। अधिकांश लोकप्रिय यूएसबी उपकरण कम लागत वाली प्रोग्रामेबल (programmable) नियंत्रक चिप्स का उपयोग करते हैं जो कि फर्मवेयर को रिप्रोग्रामिंग (re-programming) के खतरे से सुरक्षा प्रदान नहीं करते [2]।

2 'यूएसबी' फर्मवेयर मालवेयर (बैड-यूएसबी)

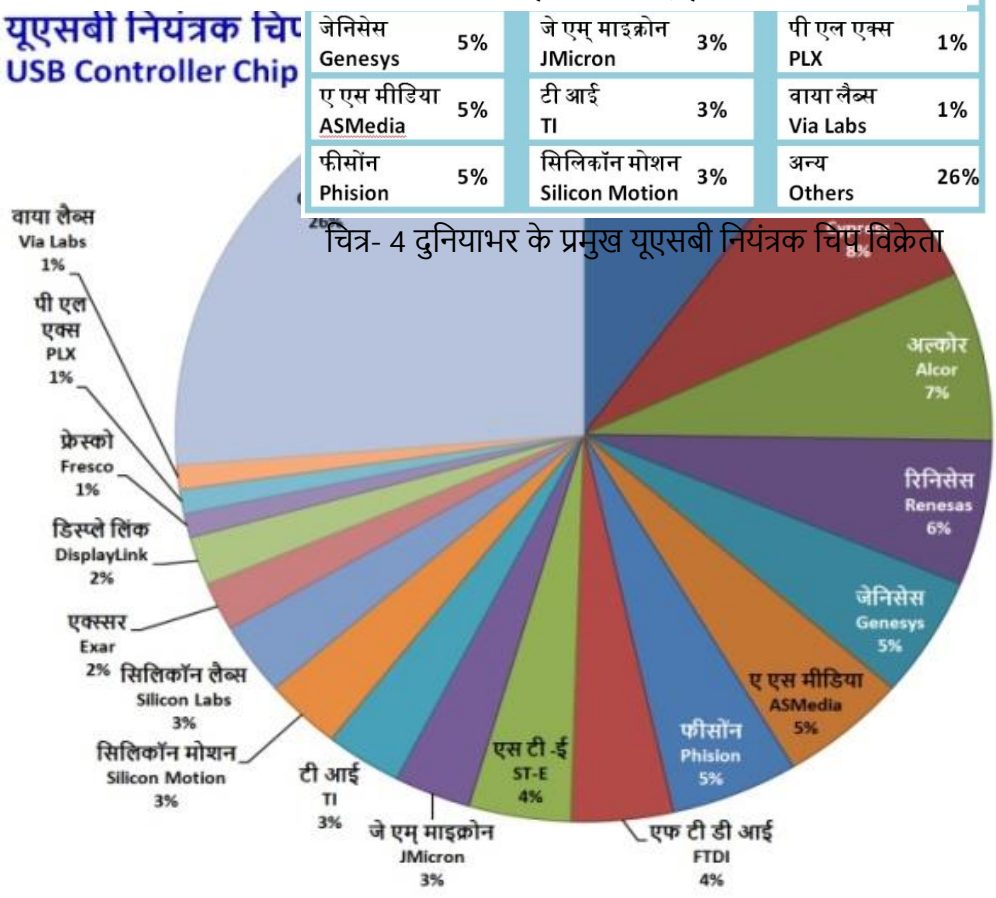
असुरक्षित यूएसबी नियंत्रक चिप्स के फर्मवेयर में बदलाव करके हमलावर (attacker) यूएसबी प्रोटोकॉल के कुछ प्रावधानों का दुरपयोग कर सकता है। उदाहरण के तौर पर चित्र-2 में लाल रंग से दर्शाया गया यूएसबी प्रोटोकॉल प्रावधान। सुरक्षा शोधकर्ता चयनित यूएसबी उपकरणों के फर्मवेयर पर रिवर्स इंजीनियरिंग और रिप्रोग्रामिंग करने में सक्षम हो चुके हैं, इसका उपयोग करके वे द्वेषी कोड (malicious code) डाल कर कंप्यूटर/ नेटवर्क से छेड़छाड़ कर सकते हैं। इस द्वेषी फर्मवेयरकोड को बैड-यूएसबी के नाम दिया गया है जो कि यूएसबी फर्मवेयर मालवेयर है। इस भेद्यता (vulnerability) के चलते हमलावर यूएसबी से जुड़े किसी भी उपकरण पर बिना पता चले स्वैच्छिक कोड चलाने में सक्षम हो सकता है। यह तकनीक एक वास्तविक उपकरण के प्रतिरूपण (impersonate) धारण करने के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है। द्वेषी कोड पर निर्भर रहकर ऐसे उपकरण कई तकनीकों का उपयोग करके अपने आप को हमला करने से पहले छिपाते हैं। फर्मवेयर मालवेयर हमले का एक उदाहरण

चित्र-3 में दर्शाया गया है।

बाज़ार में फर्मवेयर नियंत्रकों और फर्मवेयर मॉडल की एक बड़ी संख्या में उपलब्धता (चित्र-4) हमलावरों (attackers) को उनके उद्देश्य में सफल होने में सहायता करते हैं।



चित्र- 3 फर्मवेयर मालवेयर हमले का उदाहरण



चित्र- 4 दुनियाभर के प्रमुख यूएसबी नियंत्रक चिप विक्रेता

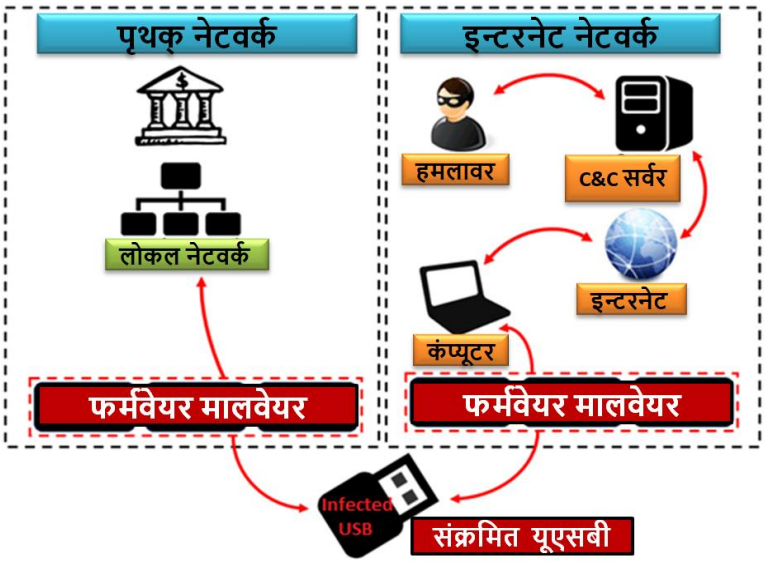
नियंत्रक चिप (controller chip) पर फर्मवेयर को शोधकर्ताओं द्वारा निशाना इसलिए बनाया गया हैं क्योंकि उपयोगकर्ता या मेजबान अनुप्रयोगों (host applications) के लिए यह सामान्य रूप से दिखाई नहीं देता। पारंपरिक एंटी-वायरस प्रौद्योगिकियाँ इन द्वेषी फर्मवेयर का पता लगाने में सक्षम नहीं हैं। फर्मवेयर स्कैनिंग आधुनिक सुरक्षा उत्पादों की क्षमता नहीं हैं, इसके लिए इन उत्पादों को हर निर्मित फर्मवेयर के बारे में पता होना अनिवार्य होता है। बैड-यूएसबी का उसके व्यवहार से पता लगाना बहुत कठिन हैं, क्योंकि यह अपना रूप बदलने में सक्षम हैं और उपयोगकर्ता को दिखने में यह प्रतीत होता है जैसे कोई नया उपकरण लगाया हो। संक्रमित होने पर उपयोगकर्ता के पास कंप्यूटर को स्वरूपण (format) करने और ऑपरेटिंग सिस्टम को पुनर्स्थापित (reinstall) करने के अलावा कोई रास्ता नहीं बचाता। यह किसी भी तरीके से इस समस्या से निपटने का सही उपाय नहीं है। बैड-यूएसबी का खतरा केवल बाहरी यूएसबी कनेक्शन से नहीं है। अगर कंप्यूटर के अंदर संलग्न यूएसबी घटक जैसे की वेब कैमरा अगर इस दोष से पहले से संक्रमित हैं तो ऑपरेटिंग सिस्टम के पुनर्स्थापना (reinstallation) के बाद भी संक्रमण (infection) फैल सकता है।

3 'यूएसबी' फर्मवेयर मालवेयर (बैड-यूएसबी) के संभावित हमले

हमलवार इस मालवेयर के द्वारा कंप्यूटर सिस्टम पर अनेकों तरह के गंभीर आक्रमण (attack) कर सकते हैं। इनमें से प्रमुख आक्रमणों को संक्षिप्त रूप में बताया गया है।

3.1 यूएसबी थम्ब ड्राइव पर सीक्रेट डेटा छुपाकर डेटा लीकेज

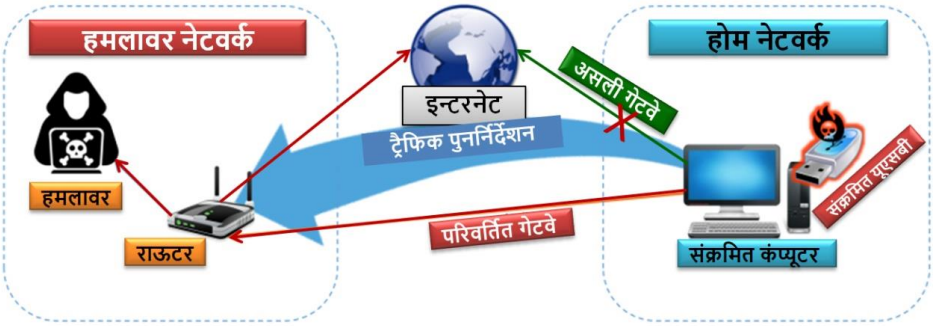
- यूएसबी थम्ब ड्राइव में उपस्थित फाइलस की सूची (list) जो कि उपयोगकर्ता कंप्यूटर पर देखते हैं यूएसबी फर्मवेयर के द्वारा ही कंप्यूटर को दी जाती है
- संक्रमित यूएसबी थम्ब ड्राइव सीक्रेट डेटा को डिलीट करने के बावजूद उसे डिलीट नहीं करते हैं और उसको उपयोगकर्ता से छुपा सकते हैं,
- ऐसा करने के लिए संक्रमित यूएसबी सीक्रेट फाइल को डिलीट नहीं करती है परन्तु फाइल लिस्ट से उसे हटा देती है ताकि उपयोगकर्ता को लगे कि फाइल डिलीट हो गयी है,
- इंटरनेट कनेक्शन मिलते ही ऐसे डाटा तो अपने सर्वर पर गुप्त रूप से अपलोड कर देता है , एक उदहारण चित्र-5 में दर्शाया गया है।



चित्र- 5: फर्मवेयर मालवेयर द्वारा डाटा लीकेज

3.2 यूएसबी थम्ब ड्राइव में डिफाल्ट गेटवे की सेटिंग्स में परिवर्तन

- जब एक उपयोगकर्ता संक्रमित (infected) यूएसबी थम्ब ड्राइव कंप्यूटर में लगता है, यूएसबी थम्ब ड्राइव फर्मवेयर के अंदर उपस्थित मालवेयर ईथरनेट एडाप्टर को स्पूफ (spoof) कर सकता है
- इसके बाद डिफ़ॉल्ट गेटवे (default Gateway) अपने सर्वर को सेट कर देता है
- इंटरनेट यातायात अभी भी सामान्य वाई-फाई कनेक्शन के माध्यम से जाएगा परन्तु यूएसबी द्वारा उपलब्ध कराए गए राऊटर से, यह पुनर्निर्देशन हमलों (redirection attacks) को सक्षम कर देगा, जैसा कि चित्र- 6 में दर्शाया गया है।



चित्र-6: यूएसबी फर्मवेयर मालवेयर द्वारा पुनर्निर्देशन हमला (redirection attack)

3.3 एंड्रॉयड विंडोज मशीन से डेटा यातायात पथ (data traffic route) में परिवर्तन

- एंड्रॉयड एक ईथरनेट ओवर यूएसबी (Ethernet-over-usb) अनुकरण (emulation) के साथ आता है फ़ोन डिफ़ॉल्ट राउट (default route) यूएसबी पर प्रदान करता है, अतः संक्रमित फर्मवेयर प्रभावी रूप से यह सभी इंटरनेट ट्रैफिक को भेद सकता है

3.4 द्वेषी कोड (Malicious Code) को वायरस स्कैन के बाद लिखना

- वायरस स्कैन सिर्फ थम्ब ड्राइव स्टोरेज का होता है इसके फर्मवेयर का नहीं

- अतः संक्रमित यूएसबी थम्ब ड्राइव द्वेषी कोड (malicious code) को फर्मवेयर के स्टोरेज में ही रखता है और डेटा फ़ाइल में केवल पहले उपयोग के दौरान होने वाले वायरस स्कैन के बाद लिखता है

3.5 स्क्रीनसेवर में पासवर्ड चोरी

- संक्रमित (infected) यूएसबी डिवाइस के फर्मवेयर अंदर उपस्थित मालवेयर स्क्रीनसेवर को पुनः आरंभ (start) कर सकता है
- उपयोगकर्ता स्क्रीन अनलॉक करने के लिए पासवर्ड डालेगा
- मालवेयर बीच में ही पासवर्ड पढ़ कर पासवर्ड की चोरी कर लेता है

3.6 पीसी बायोस का नवीनीकरण (PC BIOS update)

- संक्रमित यूएसबी बूट के दौरान एक नए कीबोर्ड का अनुकरण (emulate) करके नए बायोस को यूएसबी के गोपनीय भाग में छुपाए गए फाइल से स्थापित कर सकता है

3.7 स्पूफ डिस्प्ले (spoof display)

- संक्रमित यूएसबी उपकरण कंप्यूटर डिस्प्ले को स्पूफ करके कैप्चा (captcha), पिन (PIN) या पासवर्ड की चोरी कर सकता है

4 यूएसबी फर्मवेयर मालवेयर से बचाव हेतु सुझाव

यूएसबी फर्मवेयर मालवेयर (बैड-यूएसबी) एक बहुत ही उन्नत (Shopisticated) मालवेयर है और आज की तारीख में इन हमलों के लिए कोई प्रभावी बचाव उपाय नहीं है, कुछ सुरक्षा सुझाव हैं लेकिन उनकी भी सीमाएं हैं। यह सुझाव और उनकी सीमायें नीचे तालिका में प्रस्तुत की गयी हैं। हालांकि निम्न विधियों से काफी हद तक फर्मवेयर मालवेयर द्वारा जनित जोखिम को कम किया जा सकता है।

सुरक्षा सुझाव	सीमाएं
यूएसबी उपकरणों को व्हाइट लिस्ट करना	• ऑपरेटिंग सिस्टम के पास व्हाइट लिस्टिंग की अभी तक कोई पद्धति नहीं है इस कार्य के लिए थर्ड पार्टी सॉफ्टवेयर पर निर्भर रहना पड़ सकता है • व्हाइट लिस्ट करने के लिए अद्वितीय (unique) पहचान (ID) की आवश्यकता होती है परन्तु इन्हें स्पूफ किया जा सकता है
फर्मवेयर में मालवेयर (malware) की जाँच	• किसी भी यूएसबी उपकरण के फर्मवेयर को केवल उसी के द्वारा पढ़ कर जाँचा जा सकता है, एक द्वेषी (malicious) फर्मवेयर अपने आप को वैध (legitimate) बना कर प्रस्तुत कर सकता है
फर्मवेयर उन्नयन के लिए सत्यापित (Signed) कोड का इस्तेमाल करना	• कार्यान्वयन के दौरान होने वाली असावधानियों के कारण अनाधिकृत फर्मवेयर उन्नयन संभव है • सूक्ष्म नियंत्रक में सुरक्षित क्रिप्टोग्राफी (cryptography) का कार्यान्वयन कठिन हो सकता है
फर्मवेयर उन्नयन पर प्रतिबंध (Banning Firmware Update)	• सहज और प्रभावकारी परन्तु केवल नवीन उपकरणों के लिए सीमित
संदिग्ध उपकरण वर्गों (device classes) को ब्लॉक करना, या यूएसबी को पूरी तरह से ब्लॉक करना	• इससे कंप्यूटर की उपयोगिता कम हो सकती है

5 अतिरिक्त सुझाव

यूएसबी निर्माता केवल डिजिटल हस्ताक्षरित (signed) फर्मवेयर उन्नयन की ही अनुमति दें। साथ ही साथ अतिरिक्त सुरक्षा प्रदान करने हेतु, फर्मवेयर उन्नयन के लिए विशिष्ट आंतरिक हार्डवेयर यंत्र का प्रावधान किया जा सकता है। जब तक कि उपरोक्त उपाय व्यवहारिक नहीं हो जाते, तब तक हम निम्नलिखित सुझावों का पालन कर बैड-यूएसबी के प्रभावों को सीमित कर सकते हैं। ये सुझाव इस प्रकार से हैं:-

5.1 आईटी सुरक्षा नीति

निम्नलिखित सुझावों को आईटी सुरक्षानीति में शामिल करने से बहुत हद तक बचाव संभव है।

- स्वचालित उन्नयन (automatic updates) की सुविधा को कंप्यूटर पर बंद कर दें या अशक्त (disable) कर दें, और नियमित रूप से एंटी वायरस उत्पादों का अद्यतनीकरण (updates) करते रहें।
- यूएसबी नीतियों को बदल कर केवल विश्वसनीय निर्माताओं के यूएसबी उपकरणों के उपयोग की अनुमति दें, विक्रेताओं पर जोर डालें कि वे डिजिटल हस्ताक्षरित (signed) सुरक्षा को अपने कंप्यूटर या नेटवर्क पर लागू करें।

5.2 अभिगम नियंत्रण (Access control)

- अविश्वस्त व्यक्तियों द्वारा अपने कंप्यूटर को उपयोग से बचाएं, साथ ही उपयोगकर्ताओं और कंप्यूटर के बीच यूएसबी उपकरणों के बंटवारे को सीमित करें।
- यूएसबी पोर्ट की सुविधा युक्त कंप्यूटर को कभी लॉग इन कर या असुरक्षित न छोड़ें।
- अगर एक साझा यूएसबी डिवाइस अविश्वसनीय कंप्यूटर पर इस्तेमाल हुआ है, तो उसे अविश्वस्त मान कर उसके फर्मवेयर की जाँच कर उसके सुरक्षित होने की पुष्टि करनी चाहिए।

5.3 उपकरण मानक

- केवल उच्च गुणवत्ता वाले प्रदाताओं से यूएसबी उपकरणों की खरीद करें और अपने संगठन के भीतर उनके उपयोग पर नज़र रखें।
- वही यूएसबी उपकरणों को खरीदें जो कि फर्मवेयर उन्नयन (update) की सुविधा नहीं देते।
- यूएसबी उपकरणों का मानकीकरण करें जो कि कॉर्पोरेट सुरक्षा नीतियों के तदनुसार सुरक्षा प्रदान करते हैं।

5.4 नेटवर्क रक्षा

- यूएसबी पोर्ट सुरक्षा प्रदान करने वाले उत्पादों की स्थापना करें तथा कॉर्पोरेट अधिकृत यूएसबी उपकरणों को व्हाइटलिस्ट कर उन्हीं का उपयोग करें।
- आईटी सुरक्षा कंपनियां जो कि एंटीवायरस और नेटवर्क सुरक्षा सेवाएं उपलब्ध कराती हैं, वे अपनी सेवाओं में अनधिकृत फर्मवेयर परिवर्तन की जाँच का प्रावधान भी दें।



चित्र-7: यूएसबी निरोधक आवरण

5.5 स्वतंत्र हार्डवेयर (Independent H/W) समाधान

बैड-यूएसबी असुरक्षा के लिए कई विशेष उपकरण बचाव की कुछ आशा प्रदान करते हैं। 'यूएसबी निरोधक आवरण' एक ऐसा उपकरण हैं जो की विश्वस्त टर्मिनल (Trusted Terminal) और अविश्वस्त यूएसबी डिवाइस (Untrusted USB device) के बीच एक डिजिटल बाधा प्रदान करता है, जैसा कि चित्र-7 में दर्शाया गया है।

6 निष्कर्ष

यूएसबी उपकरणों की बहुमुखी प्रतिभा और प्रयोग की सुलभता इसके प्रचलित होने का मुख्य कारण है परन्तु फर्मवेयर मालवेयर सुरक्षा कि दृष्टि से उसकी अपनी दुखती रग है और कोई भी विक्रेता या निर्माता इसको बदलने की स्थिति में नहीं है। फोरम5 [4] यूएसबी कार्यान्वयन-कर्ताओं का एक प्रतिष्ठित समूह, जो कि यूएसबी

निर्माताओं के लिए एक सहायक संगठन और मंच प्रदान करता है, यूएसबी के इस जोखिम पर कोई सलाह प्रकाशित नहीं कर पाया है। कुछ विक्रेता हैं, जो ऐसे उत्पादों की पेशकश करते हैं जो कि फर्मवेयर रिप्रोग्रामिंग से सुरक्षा प्रदान करते हैं, परन्तु इनकी कीमत बहुत अधिक है। इस समस्या से उपयोगकर्ता भेद्यता का खतरा बढ़ जाता है। इसलिए बैड-यूएसबी के खतरे को कम करने के लिए बताए गए सुझावों के अलावा एक और कारगर समाधान अविश्वस्त व्यक्तियों द्वारा अपने कंप्यूटर को उपयोग से बचाना है। साथ ही यूएसबी पोर्ट की सुविधा युक्त कंप्यूटर को कभी लॉगइन कर या असुरक्षित न छोड़े। इसके साथ ही आज के परिवेश में यूएसबी असुरक्षा से बचाव के लिए एक अतिरिक्त विश्लेषण की जरुरत भी है, जो यह निर्धारित करने में सहायक हो कि क्या प्रत्येक यूएसबी उपकरण प्रकार के लिए अलग कोड होना चाहिए, जो कि उपकरण के प्रतिरूपण (impersonation) को पकड़ने में सहायक हो।

संदर्भ:

1. CERT-UK PUBLICATION,https://www.cert.gov.uk/cisp/
2. SR Labs Turning USB peripherals into BadUSB https://srlabs.de/badusb/
3. ZDNet “BadUSB: Big, bad USB security problems ahead”http://www.zdnet.com/badusb-big-bad-usb-security-problems-ahead-7000032211/
4. USB Implementers Forum,http://www.usb.org
5. BBC News “Attack code for 'unpatchable' USB flaw released” http://www.bbc.co.uk/news/technology-29475566

लेखक परिचय:



श्री रवि शंकर यादव, वैज्ञा. ‘एफ’, ने एनआईटी, इलाहाबाद से कंप्यूटर साइंस तथा इंजीनियरिंग में बी.ई. की तथा भारतीय विज्ञान संस्थान (आईआईएससी) बेंगलुरू से कंप्यूटर साइंस तथा इंजीनियरिंग में एम.ई. की उपाधि प्राप्त की है। इन्होंने मसरिक यूनिवर्सिटी, चेक गणराज्य से आईटी सिक्यूरिटी में एम.एस. की उपाधि प्राप्त की है। सन् 2001 मैं कृत्रिम ज्ञान तथा रोबोटिकी केन्द्र, बेंगलूरु (केयर) में वैज्ञानिक का पदग्रहण किया तथा वर्तमान मैं वैज्ञानिक एफ के पद पर कार्यरत हैं। आप क्रिप्टोलोजी रिसर्च सोसाईटी ऑफ़ इंडिया (सीआरएसआई) तथा इंटरनेट सोसाइटी एशिया पेसिफिक के लाइफ टाइम मेम्बर हैं।

वी.एफ.एक्स (VFX) फिल्म निर्माण में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

अरविन्द कुमार मिश्र , हिमांशु चौरसिया
वैज्ञानिक सहायक-बी (मल्टीमीडिया), एम. टी. डी. / एस.एम.टी.जी., डेकू
भारतीय अंतरीक्ष अनुसंधान संगठन, अहमदाबाद
(arv, hexhimanshu)@sac.isro.gov.in

सारांश

यह लेख कृत्रिम बुद्धिमत्ता की अवधारणा की उत्पत्ति पर प्रकाश डालेगा और इसके सबसे व्यापक अनुप्रयोगों के कुछ नमूने प्रस्तुत करेगा। अंत में, यह वी.एफ.एक्स (VFX) फिल्म उद्योग में कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) के उपयोग पर ध्यान केंद्रित करेगा, और वी.एफ.एक्स (VFX) फिल्मों के निर्माण के विभिन्न चरणों में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के (AI) उपयोग पर चर्चा करेगा जैसे कि, पटकथा (स्क्रिप्ट) लिखना, स्टोरी बोर्ड बनाना ,अभिनेताओं और स्थानों का चयन करना, दृश्य प्रभाव (विज़ुअल इफेक्ट्स) और एनीमेशन बनाना, मोशन कैप्चर बनाना, संगीत बनाना और फिल्म का प्रचार करना।

सूचक शब्द- कृत्रिम बुद्धिमत्ता, वी.एफ.एक्स में ए.आइ., फिल्म में ए.आइ.

1. प्रस्तावना

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस या AI) मशीनों द्वारा दिखाया गया ज्ञान है, जो लोगों और प्राणियों द्वारा दिखाई गई सामान्य अंतर्दृष्टि से भिन्न है। सर्वप्रथम जॉन मैकार्थी ने इस शब्द 'कृत्रिम बुद्धिमत्ता (आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस)' का उपयोग किया और इसीलिए उन्हें कृत्रिम बुद्धिमत्ता का जनक कहा जाता है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता सॉफ्टवेयर इंजीनियरिंग के प्रसंग का एक व्यापक हिस्सा है, जो ऐसे कार्यों को करने के लिए सुसज्जित चतुर मशीनों का निर्माण करता है, जिन्हें आमतौर पर मानव ज्ञान की आवश्यकता होती है। यह कई पद्धतियों वाला एक अंतःविषय विज्ञान है, फिर भी कृत्रिम बुद्धिमत्ता और मशीन लर्निंग, तकनीकी व्यवसाय के लगभग हर हिस्से के परिप्रेक्ष्य में बदलाव कर रही है। यह कंप्यूटर विज्ञान, सॉफ्टवेयर इंजीनियरिंग और गतिविधियों के अनुसंधान में कई परीक्षण मुद्दों और परिणामों की देखभाल करने में सहायता करता है।

यदि आप सोचते हैं कि क्या कृत्रिम बुद्धिमत्ता आपके जीवन का हिस्सा हो सकता है, तो इसका उत्तर बहुत ही सरल है। आप सोच रहे हैं कि ऐसा कब होगा? इसका उत्तर भी बहुत ही सरल है: यह पहले ही हो चुका है। वर्तमान में उपयोग किए जाने वाले बुनियादी उपकरणों से लेकर अंतरिक्ष कार्यक्रम तक, हर जगह कृत्रिम बुद्धिमत्ता उपयोग में है, आपने जहाँ कभी सोचा भी नहीं होगा वहाँ भी यह उपस्थित है।

क्या आपने कभी कृत्रिम बुद्धिमत्ता द्वारा लिखित और डीप लर्निंग एल्गोरिथम द्वारा एनिमेटेड फिल्म देखी है? भविष्यवादी लगता है, ना ? लेकिन वास्तविकता यह है कि फिल्मों की सफलता की भविष्यवाणी करने, स्क्रिप्ट लिखने, ग्राफिक्स डिजाइन करने, कलाकारों का चयन करने और यहां तक कि फिल्मों को बढ़ावा देने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता को पहले ही फिल्म उद्योग के कई पहलुओं में एकीकृत कर दिया गया है।

वर्तमान में, अधिकांश बेहतर प्रदर्शन करने वाली फिल्में जो विसुअल इफेक्ट्स श्रेणी में आती हैं, वे फिल्म निर्माण के लिए मशीन लर्निंग और कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग कर रही हैं। 'सोलो: ए स्टार वार्स स्टोरी' और 'एवेंजर्स: एंडगेम' जैसी अहम फिल्मों में कृत्रिम बुद्धिमत्ता का बहुत बखूबी उपयोग किया गया था। यह कोई आश्चर्य की बात नहीं होगी कि अगली फिल्म जो आप देखेंगे वह कृत्रिम बुद्धिमत्ता द्वारा लिखी गई हो, रोबोट द्वारा तैयार की गई हो, और एक गहन शिक्षण एल्गोरिथम द्वारा एनिमेटेड और प्रस्तुत की गई हो।

2. कृत्रिम बुद्धिमत्ता के विचार की शुरुआत

कृत्रिम बुद्धिमत्ता की एक सामान्य परिभाषा है "एक मशीन की क्षमता जो हम मानव मस्तिष्क के साथ जुड़े संज्ञानात्मक कार्यों को करते हैं, जैसे कि धारणा, तर्क, सीखना, पर्यावरण के साथ पारस्परिक विचार-विमर्श, समस्या-समाधान और यहां तक कि रचनात्मकता का प्रयोग करना"।

हालांकि, पिछले कुछ दशकों में कृत्रिम बुद्धिमत्ता की लोकप्रियता बढ़ी है, लेकिन इस अवधारणा को पिछली शताब्दी के मध्य में ही पेश किया गया था। इस शब्द का प्रयोग पहली बार 1955 में प्रोफेसर जॉन मैकार्थी (डार्टमाउथ कॉलेज), मार्विन मिन्स्की (हार्वर्ड विश्वविद्यालय), नथानिएल रोचेस्टर (आइ.बी.एम.) और क्लाउड शैनन (बेल टेलीफोन लेबोरेटरीज) के सुझाव पर किया गया था।

3. लोकप्रियता का कारण

सरल शब्दों में, कृत्रिम बुद्धिमत्ता प्रौद्योगिकियों का एक समूह है जो डेटा, एल्गोरिदम और कंप्यूटिंग शक्ति को जोड़ती है। यदि AI हाल में इतना लोकप्रिय हुआ है, तो यह कई महत्वपूर्ण तकनीकी विकासों के कारण हुआ है, जिनमें शामिल हैं:

3.1. बढ़ी हुई कंप्यूटिंग शक्ति और भंडारण क्षमता

एक्सपर्ट एक्सचेंज के मुताबिक 1956 से 2015 तक कंप्यूटिंग पावर में 1 ट्रिलियन की बढ़ोतरी हुई और इसके साथ टेक्नोलॉजी की लागत में कमी आई, यह प्रवृत्ति आज भी कायम है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता में मौजूदा उछाल, क्लाउड कंप्यूटिंग की सामर्थ्य और डेटा की बढ़ती उपलब्धता के कारण ही हैं।

3.2. बिग डेटा का विस्फोट

क्या आप जानते हैं कि 2020 में यूट्यूब क्रिएटर्स हर मिनट 500 घंटे का वीडियो अपलोड करते हैं? सबसे प्रभावशाली बात यह है कि ये संख्या 2010 की तुलना में 10 गुना अधिक है? 2020 की शुरुआत में, डेटा की वैश्विक मात्रा 44 ज़ेटाबाइट्स (44 ट्रिलियन गीगाबाइट के बराबर) होने का अनुमान लगाया गया था। कृत्रिम बुद्धिमत्ता अनुप्रयोगों के लिए डेटा ईंधन है क्योंकि सटीक परिणाम उत्पन्न करने के लिए गहन शिक्षण (कृत्रिम बुद्धिमत्ता के केंद्र में मशीन लर्निंग की प्रक्रिया) को संसाधित करना होता है, अधिक से अधिक डेटा संसाधित करने से परिणाम श्रेष्ठतर होते हैं। डीप लर्निंग में कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क होते हैं जो मानव मस्तिष्क में पाए जाने वाले नेटवर्क के समरूप तैयार किए जाते हैं। "न्यूरॉन्स" की प्रत्येक परत डेटा के एक पहलू को संसाधित करती है और एक अंतिम आउटपुट तैयार करती है। उदाहरण के लिए, जब नेटवर्क सीखते हैं कि वस्तुएं कैसी दिखती हैं, तो वे नई छवियों में वस्तुओं की पहचान कर सकते हैं।

4. इसके सबसे व्यापक उपयोगों के कुछ उदाहरण

कृत्रिम बुद्धिमत्ता पहले ही हमारे व्यक्तिगत और पेशेवर जीवन के कई पहलुओं में प्रवेश कर चुकी है। क्या आपने कभी गौर किया है कि चैट संदेश टाइप करते समय आपका अगला शब्द कैसे सुझाया जाता है? सही पहचाना- कृत्रिम बुद्धिमत्ता!

हर कोई ट्रैफिक जाम से बचने के लिए सबसे अच्छा मार्ग खोजने के लिए गूगल मानचित्र का उपयोग करना पसंद करता है, फिर से कृत्रिम बुद्धिमत्ता।

कभी आपके इनबॉक्स में स्पैम आया है? यह कृत्रिम बुद्धिमत्ता अवांछित संदेशों को फ़िल्टर करने की पूरी कोशिश कर रही है।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता कई कंपनियों जैसे परिवहन, स्वास्थ्य साई, शहरी नियोजन और विनिर्माण में मौजूद है, जब भी संस्थानों को जटिल डेटासेट का विश्लेषण करना और पूर्वानुमान करना हो, जो मनुष्यों के लिए उचित समय में संसाधित करना बहुत जटिल हो, तो कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग करने की आवश्यकता होती है।

5. फिल्म निर्माण में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

फिल्म निर्माण एक चुनौतीपूर्ण क्षेत्र है और फिल्म निर्माण में बिताया गया 60% समय फिल्म के मंच पर आने से पहले के प्री-प्रोडक्शन में खर्च होता है, जो एक अत्यधिक जटिल कार्य है। इसमें स्थानों की खोज करना, कलाकारों को रोल देना और शूटिंग का नियत समय तैयार करना आदि, सभी इस काम का हिस्सा हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग करके प्री-प्रोडक्शन प्रक्रिया को और अधिक कुशल बनाया जा सकता है। उदाहरण के लिए, कृत्रिम बुद्धिमत्ता शूटिंग शेड्यूल और अन्य प्री-प्रोडक्शन गतिविधियों की योजना बनाने में मदद कर सकता है। आप विभिन्न अभिनेताओं के लिए उपलब्ध तिथियों की जांच कर सकते हैं और तदनुसार समय नियत कर सकते हैं। परिणामस्वरूप, आप दक्षता को अधिकतम करने के लिए अपनी शूटिंग समय सारिणी को समायोजित कर सकते हैं। इसके बाद यह वास्तविक दुनिया के स्थानों के सुझाव दे सकती है, जहाँ दृश्यों को शूट किया जा सकता है, अंततः आपका बहुत समय बचा सकता है। इसके अतिरिक्त, इस विधि का उपयोग कास्टिंग के निर्माण के लिए भी किया जा सकता है। निर्माता और कास्टिंग निर्देशक सही अभिनेता खोजने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग कर सकते हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता सिस्टम का उपयोग करके अभिनेताओं के पिछले प्रदर्शन का विश्लेषण किया जा सकता है, जिससे यह पता लगाने का अवसर मिलेगा कि उनकी फिल्में कहाँ सफल होती हैं और कहाँ अभिनेताओं के पास कई विज्ञापन हैं। निर्माता तब अपनी आवश्यकताओं के अनुरूप प्रचार और विपणन रणनीतियों को अनकूलित कर सकते हैं।

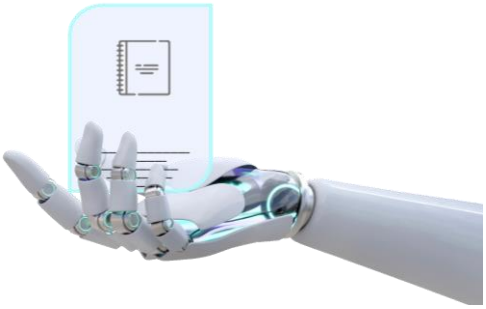


सोर्स – fxguid.com

आइए, अब विजुअल इफेक्ट्स के कार्यों और इस क्षेत्र में कृत्रिम बुद्धिमत्ता और उभरती हुई तकनीक पर चर्चा करें। इनमें से कुछ प्रणालियाँ एक-दूसरे पर आधारित हैं, इसलिए मैंने उन्हें तदनुसार व्यवस्थित करने का भरसक प्रयास किया है।

5.1. पटकथा (स्क्रिप्ट) लिखने में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

ऐसी स्क्रिप्ट का चयन करना बहुत ही महत्वपूर्ण है जो दर्शक पर प्रभाव डाले और राजस्व उत्पन्न करे। नई स्क्रीनप्ले बनाने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग करके, फिल्म निर्माता इस कार्य को अधिक कुशलता से पूरा कर सकते हैं। फिल्म निर्माता मूवी स्क्रिप्ट के रूप में बड़ी मात्रा में डेटा इनपुट करते हैं और मशीन लर्निंग एल्गोरिदम डेटा का विश्लेषण करता है और एक अनूठी स्क्रिप्ट बनाने के लिए उससे सीखता है। यह प्रक्रिया को बहुत तेज करता है और फिल्म निर्माताओं का बहुत समय और संसाधनों की बचत करता है।



5.2. प्री-प्रोडक्शन में सहायता करने में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग कर प्री-प्रोडक्शन प्रक्रिया को सरल बनाने की काफी संभावनाएँ हैं, यह समय नियत करने, कहानियों के लिए सर्वोत्तम स्थान खोजने और अन्य तैयारी प्रक्रियाओं में पहले से ही मदद करता आ रहा है। यह कार्यान्वयन अभिनेता की उपलब्धता, समय की बचत और दक्षता बढ़ाने के अनुसार शूटिंग शेड्यूल की योजना को स्वचालित करता है। इसके अलावा, कृत्रिम बुद्धिमत्ता सिस्टम स्क्रिप्टेड स्थानों का विश्लेषण करता है और वास्तविक दुनिया के स्थानों की अनुशंसा करता है, कहानी के लिए सर्वोत्तम स्थान ढूंढता है, और तैयारी प्रक्रिया में सहायता के लिए कई अन्य संसाधनों की अनुशंसा करता है।

5.3. स्टोरी बोर्डिंग निर्माण में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

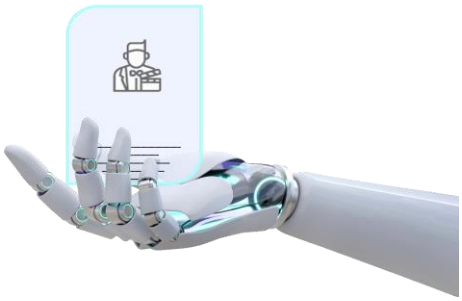
स्टोरीबोर्ड किसी भी कहानी या वी.एफ.एक्स. शॉट की पहली दृश्य प्रस्तुति होती है। RivetAI वर्तमान में उपलब्ध एक पर्कार की कृत्रिम बुद्धिमत्ता है जो निर्माता द्वारा अपलोड की गई स्क्रिप्ट के आधार पर स्टोरीबोर्ड और शॉट लिस्ट को स्वचालित रूप से उत्पन्न करता है, यह प्री-विज़ुअलाइज़ेशन के लिए प्रदान की गई लाइब्रेरी के भीतर सामग्रियों की खोज करते हुए कार्य को संपादित करता है।

5.4. फिल्म की सफलता की भविष्यवाणी करने में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग मूवी स्क्रिप्ट का विश्लेषण करने और फिल्म के राजस्व का अनुमान लगाने के लिए भी किया जा सकता है। एल्गोरिथम भविष्यवाणियाँ हमेशा पूरी तरह से सटीक साबित नहीं होती हैं, लेकिन वे पहले से ही प्रमुख फिल्म स्टूडियो से रुचि आकर्षित कर रही हैं। उदाहरण के लिए, वार्नर ब्रदर्स ने फिल्म और बॉक्स ऑफिस की सफलता की भविष्यवाणी करने के लिए अपने ए.आइ.-आधारित प्लेटफॉर्म 'सिनेलिटिक' का इस्तेमाल किया। स्क्रिप्ट बुक एक ए.आइ.-आधारित मूवी प्रेडिक्शन सिस्टम है जिसका उपयोग सोनी पिक्चर्स द्वारा 62 फिल्मों का विश्लेषण करने के लिए किया गया।

5.5. अभिनेताओं के चयन में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

कृत्रिम बुद्धिमत्ता स्वचालित रूप से ऑडिशन आयोजित करके अभिनेताओं की भूमिका निर्धारण में तेजी ला सकती है। ये प्लेटफॉर्म छवि के निर्दिष्ट मानदंडों और पाठ विवरण के अनुसार डेटाबेस में अभिनेताओं की खोज करता है। जब एल्गोरिदम विभिन्न भावनाओं में अभिनेता के चेहरे की विशेषताओं को दर्शाने वाले डेटा का बड़ी मात्रा में अध्ययन करता है, तो मूल अभिनेता की प्राकृतिक अभिव्यक्तियों को संरक्षित करने के लिए अभिनेता के डिजिटल चेहरे को शरीर की प्रतिकृति पर आरोपित किया जा सकता है। इस तरह, कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग विभिन्न भावनाओं वाले फिल्म अभिनेताओं, या विशिष्ट भूमिकाओं में उम्र के अभिनेताओं को डिजिटल रूप से जोड़ने के लिए भी किया जा सकता है।



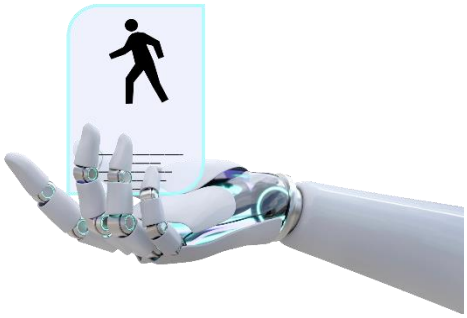
5.6. विजुअल इफेक्ट्स और एनिमेशन में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

आपने अभिनेताओं के चेहरे को डिजिटल रूप से हटाने और बदलने के लिए वीडियो संपादित करने वाले लोगों के लोकप्रिय वीडियो देखे होंगे। जैसे, डीप फेक बैक टू द फ्यूचर विद टॉम हॉलैंड और रॉबर्ट डाउनी जूनियर या नेता गाना गा रहे हैं। डीप फेक प्रोग्राम ए.आइ. है, जो कन्वेन्शनल न्यूरल नेटवर्क (सी.एन.एन.), ऑटो एनकोडर और जनरेटिव एडवरसैरियल नेटवर्क (जी.ए.एन.) से बने हैं। ये प्रणालियाँ अत्यधिक जटिल लगती हैं, लेकिन यहाँ उनका एक सामान्य विवरण दिया गया है। हालाँकि, डीप फेक रैंडम इमेज डेटा के आधार पर फोटोरिअलिस्टिक इमेज भी बना सकता है, जिसे वह डीप फेक प्रोग्राम में मापता है। मान लें कि क्लाइंट की एक परियोजना है और वे कहते हैं कि वे बैकग्राउंड में एक एप्पल स्टोर चाहते हैं। हालांकि, मैं कॉपीराइट उल्लंघनों

से बचना चाहता था, फिर उन्हें एक समान इमारत बनाने के लिए एक गहरे नकली कार्यक्रम में इस्तेमाल किया जा सकता था, लेकिन दर्शकों को पता था कि यह एक एप्पल स्टोर था।

किसी फिल्म के सेट पर किसी अभिनेता की मृत्यु होने की स्थिति में फिल्म स्टूडियो के लिए डीप फेक तकनीक भी बहुत महत्वपूर्ण है। एक 3डी मॉडल बनाने, एक अभिनेता के चेहरे को एनिमेट करने और फिर चित्र बनाने के बजाय, स्टूडियो अब प्लेसहोल्डर्स का उपयोग करके समान छवियों पर एक अभिनेता के चेहरे को बस ओवर ले कर सकते हैं।

5.7. सी.जी.आइ. मॉडलिंग में कृत्रिम बुद्धिमत्ता



परंपरागत रूप से, अधिकांश स्टूडियो एक मॉडलर को किसी व्यक्ति को तराशने के लिए कहकर, फिर उसे पोज देने के लिए रिगर को देकर, और फिर एनिमेटर को उसे स्थानांतरित करने के लिए कहकर एक चरित्र बनाते हैं। डीप लर्निंग कैरेक्टर प्रोग्राम के साथ, यह प्रक्रिया थोड़ी बदल जाती है।
एक चरित्र को स्थानांतरित करने और बनाने के लिए डीप लर्निंग को मॉडल, रिग या मांसपेशियों की आवश्यकता नहीं होती है। कार्यक्रम को लोगों की छवियों या फिल्मों का एक सेट दिया जा सकता है, और चुने हुए व्यक्ति की संरचना, चलने, सुविधाओं और अभिव्यक्तियों का विश्लेषण किया जा सकता है। फिर कार्यक्रम एक उत्पन्न चेहरे और शरीर की बनावट के साथ-साथ व्यक्ति के डिफ़ॉल्ट पोज़ बनाता है, और उन्हें एनिमेट करना शुरू कर देता है। संपादित चरित्र को अधिक वास्तविक बनाने के लिए यह विषयों के आसपास के प्रकाश की नकल भी करता है। इस कार्यक्रम का एक बहुत अच्छा उदाहरण इंस्टाग्राम चेहरे की अदला-बदली टूल (फेस स्वैप टूल) है। यह आपके चेहरे को देखता है और उसका मानचित्रण करता है, और फिर इसे किसी अन्य व्यक्ति की गतिविधि के लिए मानचित्रित करता है।
इन मॉडलों को बनाने के लिए आवश्यक मॉडलिंग, एनिमेटिंग और ट्रैकिंग की कमी के कारण, डिजिटल डोमेन जैसी कंपनियां सक्रिय रूप से गहन शिक्षण (डीप लर्निंग) को भविष्य की संभावना के रूप में देख रही हैं।

5.8. पर्यावरण डिजाइन में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

यह कुछ ऐसा है, जो पहले से ही वीडियो खेलों में लागू किया जाता रहा है। अधिकांश वीडियो खेलों के इलाके प्रक्रियात्मक रूप से उत्पन्न होते हैं। लाखों अद्वितीय चट्टानों को बनाने की तुलना में अपने दृश्य के बारे में स्केल करने और बिखरने के लिए एक चट्टान बनाना आसान है जिस परह शायद खिलाड़ी का ध्यान भी नहीं जाएगा। वर्तमान में, यदि आप अपने दृश्य को बिखेरने के लिए एक चट्टान बनाना चाहते हैं, तो आपको अभी भी इसे मॉडल करना होगा, इसे खोलना होगा और इसे बनावट देनी होगी, लेकिन अब एक आसान तरीका हो सकता है। एन.वी.आइ.डी.आइ.ए. (NVIDIA), गौगन(GauGAN) नामक एक मशीन लर्निंग टूल बना रहा है। इसे एक फ़ोटोशॉप टूल के रूप में सोचें जो रंगीन टोन से एक 3 डी भूभाग उत्पन्न करता है, जिसे आप 2 डी प्लेन पर चित्रित कर सकते हैं। हालांकि, बहुत सारे कलाकार इस उपकरण के खिलाफ हैं क्योंकि यह किसी को भी रचनात्मक या तकनीकी जानकारी के बिना एक वरिष्ठ और कुशल कलाकार की तरह दिखने की अनुमति देता है।

5.9. रोटोस्कोपिंग और रोटोमेशन में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

रोटोस्कोपिंग एक शॉट की पृष्ठभूमि से अलग-अलग तत्वों को निकालने की कला है। तत्वों को एक दूसरे से अलग करने के लिए लोगों ने परंपरागत रूप से हरे और नीले रंग की स्क्रीन का उपयोग किया है, और शुरुआती एनीमेशन के दिनों में, यह कागज़ और स्क्रीन की विभिन्न परतों के साथ किया गया था। कंप्यूटर प्रोग्राम के लिए

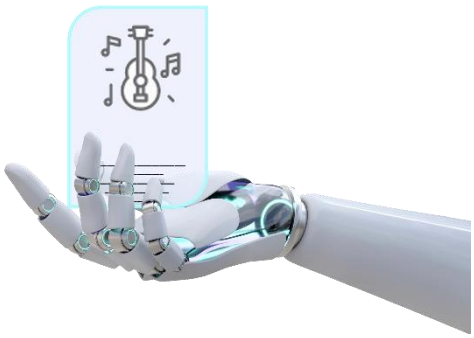
अब इन उपकरणों के उपयोग के बिना एक शॉट से पात्रों और वस्तुओं को निकालना संभव है। कुछ लोग शॉट को चेहरों के लिए स्कैन करके, यह पहचान कर करते हैं कि व्यक्ति क्या है या नहीं है, फिर कार्यक्रम व्यक्ति को शॉट से बाहर निकालता है। इस तकनीक को सबसे पहले सरकारी और निजी सुरक्षा प्रणालियों के लिए विकसित किया गया था। ओपन एफ.एक्स (OpenFX) द्वारा विकसित एक प्रणाली इस प्रक्रिया को काफी अच्छी तरह से करती है।

5.10. मोशन कैप्चर में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

आपने वीडियो खेल उद्योग में 'मोशन कैप्चर' का व्यापक रूप से उपयोग किए जाने के बारे में सुना होगा। इस प्रणाली को ट्रैकिंग मार्करों के उपयोग से एक अभिनेता की गतिविधियों को पकड़ने के लिए डिज़ाइन किया गया है। यह तब अभिनेताओं की हरकतों को लेता है और इसे 3डी रिग (rigg) वाले चरित्र पर रखता है। हालांकि, मोशन कैप्चर से एनीमेशन को अंतिम रूप देने और लय में लाने के लिए एनिमेटरों की अभी भी आवश्यकता है क्योंकि यह अवास्तविक लग सकता है। हालांकि, कैलिफोर्निया विश्वविद्यालय यादृच्छिक यूट्यूब वीडियो और वीडियो से नमूना आंदोलनों को स्कैन करने के लिए एक 'मशीन लर्निंग प्रोग्राम' के साथ काम कर रहा है। लेकिन वे MoCap डेटा को साफ करने के लिए इस एल्गोरिथम को विकसित कर रहे हैं, और गतिविधियों में और सुधार जोड़ रहे हैं।

5.11. संगीत बनाने में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित संगीत निर्माण उपकरण एक वास्तविकता बन रहे हैं, और एक दिन उनका उपयोग फिल्म स्कोर बनाने के लिए भी किया जा सकता है। सुदृढीकरण सीखने की मदद से, कृत्रिम बुद्धिमत्ता विभिन्न रचनाओं के डेटा का विश्लेषण कर सकती है और फिल्म के वातावरण के अनुकूल संगीत मॉडल विकसित कर सकती है, जो फिल्म की शैली और फिल्म में अपेक्षित स्थितियों पर निर्भर करता है। कई प्रौद्योगिकी कंपनियां ऐसी प्रणालियाँ विकसित करने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता तकनीकों को अपना रही हैं जो गानों के एक बड़े डेटाबेस से विभिन्न संगीत शैलियों को सीख सकते हैं और नया संगीत बना सकते हैं। उदाहरण के लिए, जापानी तकनीकी दिग्गज सोनी ने बीटल्स-शैली की ए.आइ. कहानी बनाने के लिए फ्लो मशीन्स नामक कृत्रिम बुद्धिमत्ता सॉफ्टवेयर का उपयोग किया।



5.12. फिल्मों को बढ़ावा देने में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

मूवी स्टूडियो ने प्रभावी प्रचार और विज्ञापन के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग किया है। दर्शकों, दुनिया के विभिन्न हिस्सों में अभिनेताओं की लोकप्रियता जैसे विभिन्न कारकों का विश्लेषण करके, फिल्म स्टूडियो उन विशिष्ट स्थानों के अनुसार अपने अभियानों की योजना बना सकते हैं, जहां उनके सबसे बड़े दर्शक हो सकते हैं। फिल्म स्टूडियो ने 'मॉर्गन' फिल्म के लिए एक विज्ञापन बनाने के लिए आइ.बी.एम. सुपरकंप्यूटर का भी इस्तेमाल किया।

5.13. डेकू वीडियो प्रोडक्शन में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

डेकू हर साल 100 से अधिक वीडियो प्रोग्राम तैयार करता है, जिसमें विभिन्न प्रकार के एनिमेशन, ग्राफिक्स और वी.एफ.एक्स. शामिल हैं। जैसा कि फिल्म उद्योग में कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग हो रहा है, डेकू ने भी वी.एफ.एक्स, एनिमेशन, ग्राफिक्स और वीडियो संपादन बनाने की प्रक्रिया को आसान बनाने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग करना शुरू कर दिया है। वर्तमान में, डेकू 2 डी कैरेक्टर एनिमेशन, वी.एफ.एक्स.वी. एफ.एक्स बनाने और डमी वॉयस ओवर उत्पन्न करने के लिए एडोब सेंसेई (Adobe Sensei) (एडोब द्वारा प्रदान किया गया कृत्रिम बुद्धिमत्ता) का उपयोग कर रहा है।



डेकू पहले से ही वीडियो प्रोग्राम से विशिष्ट छवि या वीडियो निष्कर्षण के हिस्से के लिए स्वयं की कृत्रिम बुद्धिमत्ता बनाने पर काम कर रहा है जो एक और कृत्रिम बुद्धिमत्ता बनाने की पहल करेगा, जो स्क्रिप्ट से अंतिम आउटपुट तक वीडियो उत्पादन पाइपलाइन के सभी चरणों में पूर्ण वीडियो प्रोग्राम बनाने में मदद करेगा।

6. सारांश

यह देखना आश्चर्यजनक है कि कैसे प्रौद्योगिकी ने फिल्म उद्योग को बदल दिया है, जहां फिल्म निर्माण प्रक्रिया के लगभग सभी पहलुओं को प्रौद्योगिकी द्वारा छुआ गया है। एडिटिंग और रिकॉर्डिंग सॉफ्टवेयर, 4 के. और 3डी मूवी टेक्नोलॉजी, ड्रोन और कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित टूल्स में प्रगति ने फिल्म बनाने की प्रक्रिया पर बड़ा प्रभाव डाला है। दृश्य प्रौद्योगिकियाँ और अधिक नवीन फिल्म देखने के अनुभव, बेहतर ध्वनि प्रभाव, नए स्क्रीनिंग इंटरफेस, आधुनिक संपादन उपकरण पहले कभी नहीं देखे गए फिल्म अनुभव का उत्पादन करने के लिए आते हैं।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता के उद्भव ने पूरे उद्योग के लिए और भी अधिक नवीन अनुप्रयोगों को खोल दिया है, साथ ही साथ फिल्म निर्माण की दुनिया में इसके कई लाभ भी लाए हैं। वर्तमान में उपलब्ध सभी कृत्रिम बुद्धिमत्ता टूल्स जो फिल्म निर्माण में सहयोगी हो रहे हैं या भविष्य में सहयोगी हो सकते हैं, वो या तो विकास के बहुत ही प्रारंभिक चरण में हैं या फिर बहुत ही सिमित रूप में उपयोग हो रहे हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता लोगों को स्वचालित और सूचित निर्णय लेने और फिल्म निर्माण को सुव्यवस्थित करने में मदद कर सकता है, जिससे कंपनियां अधिक कुशल बन सकती हैं, श्रम लागत कम कर सकती हैं और अधिक राजस्व उत्पन्न कर सकती हैं।

7. आभार

हिंदी तकनीकी संगोष्ठी में मेरा लेख प्रस्तुत करने का अवसर प्रदान करने हेतु संगोष्ठी समिति का आभार व्यक्त करता हूँ। मैं निदेशक, डेकू श्री राजेश खंडेलवाल तथा एस.एम.टी.जी. प्रधान श्री राहुल शर्मा का विशेष आभार व्यक्त करता हूँ, जिन्होंने इस मंच पर अपने लेख प्रस्तुत करने का मौका एवं मार्गदर्शन प्रदान किया।

8. संदर्भ

1. अनंत रोंगता . "स्टूडियो को कुशलतापूर्वक फिल्म बनाने के लिए सक्षम करते हुए AI कैसे फिल्म निर्माण को फिर से आकार देगा." *MediaNews4U*, 1 जून 2021, www.medianews4u.com/how-ai-will-reshape-film-production-while-enabling-studios-to-create-films-efficiently/.

2. अन्योहा रोच्केल्ल. "आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस का इतिहास." *Science in the News*, Harvard University, 28 अगस्त 2017, sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/.
3. अर्नाल्ड बेन. "टॉम हॉलैंड और रॉबर्ट डाउनी जूनियर के साथ "बैक टू द फ्यूचर" का यह नया डीपफेक भयानक है." *Uk.movies.yahoo.com*, 17 फरवरी 2020, uk.movies.yahoo.com/deepfake-back-to-the-future-tom-holland-robert-downey-jr-120237859.html.
4. "आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस शब्दावली: शर्तें जिन्हें आपको जानना चाहिए." *Living Actor*, 26 जून 2018, corporate.livingactor.com/en/glossary-artificial-intelligence-vocabulary/.
5. दर्लिंग्तों कैथ. "एआई के युग का उदय." *OpenMind*, 4 जनवरी 2017, www.bbvaopenmind.com/en/technology/artificial-intelligence/the-emergence-of-the-age-of-ai/.
6. फ्लिच्य क्ग्रिल्ले. "फिल्म उद्योग में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस." *DAA Capital Partners*, 4 जून 2021, www.daacap.com/the-film-industry-is-starting-to-rely-on-artificial-intelligence/.
7. "फिल्म उद्योग में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस का उपयोग कैसे किया जाता है." *SmartClick*, 25 अगस्त 2020, smartclick.ai/articles/how-artificial-intelligence-is-used-in-the-film-industry/.
8. "AI . के साथ फिल्म निर्माण में असंभव को संभव बनाना." *Www.analyticsinsight.net*, 20 मई 2022, www.analyticsinsight.net/making-the-impossible-possible-in-film-production-with-ai/.
9. "तंत्रिका नेटवर्क - वे क्या हैं और वे क्यों मायने रखते हैं?" *Sas.com*, 2019, www.sas.com/en_us/insights/analytics/neural-networks.html.
10. ओरेकल. "क्या है आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस (AI)?" *Www.oracle.com*, 2022, www.oracle.com/artificial-intelligence/what-is-ai/.
11. पोद्दीअच्यी अलेक्सी . "सुदृढीकरण सीखना, मस्तिष्क और मनोविज्ञान: परिचय." *Medium*, 3 मई 2020, towardsdatascience.com/reinforcement-learning-brain-and-psychology-part-1-introduction-b5f79a0475ab.
12. वैभव शर्मा . "वित्त उद्योग में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस (एआई) के शीर्ष 11 उपयोग के मामले." *Quytech Blog*, 8 जुलाई 2022, www.quytech.com/blog/artificial-intelligence-in-finance-industry/.
13. स्मार्टक्लिक . "फिल्म उद्योग में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस का उपयोग कैसे किया जाता है." *CARRE4*, 19 नवम्बर 2020, medium.com/carre4/how-artificial-intelligence-is-used-in-the-film-industry-eeaf91d4165a.
14. स्त्रुएलेन्स दिएथर्द. "11 बुरी आदतें जो ज्यादातर कलाकारों में होती हैं और उन्हें कैसे ठीक करें." *Www.linkedin.com*, 16 फरवरी 2016, www.linkedin.com/pulse/11-bad-habits-most-artists-have-how-fix-them-diethard-struelens.
15. "बिग डेटा और बिग डेटा स्रोतों का धमाका - असाइनमेंट डीलर।." *Assignment Dealer*, 5 मई 2020, www.assignmentdealer.com/big-data/.
16. वुलेता बरंका. "हर दिन कितना डेटा बनाया जाता है? [27 शक्तिशाली आँकड़े]." *SeedScientific*, 30 जनवरी 2020, seedscientific.com/how-much-data-is-created-every-day/.
17. "परिभाषा के अनुसार एआई क्या है | एआई कैसे काम करता है." *Master's in Data Science*, नवम्बर 2020, www.mastersindatascience.org/learning/what-is-ai/.
18. मैथ्यू वुल्फ. "उत्पादन अनुसूची बनाना." *Valoso.com*, 2022, valoso.com/ultimate-guide-to-video-marketing/chapter-12.html.

19. योगनिन्ग्रुम, एम्बर. "पुस्तकालय सेवाओं में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस का अतीत, वर्तमान और भविष्य." *Www.igi-Global.com*, 2022.

लेखक परिचय:



अरविन्द कुमार मिश्र ने मल्टीमीडिया एनीमेशन में अपनी स्नातकोत्तर की डिग्री जवाहरलाल नेहरु तकनिकी विश्वविद्यालय से प्राप्त की। वह मार्च 2018 में विकास एवं शैक्षिक संचार यूनिट, भारतीय अंतरीक्ष अनुसंधान संगठन, अहमदाबाद में शामिल हुए। वह वर्तमान में मल्टीमीडिया प्रौद्योगिकी प्रभाग में डेकू के विडियो प्रोग्राम्स के लिए एनीमेशन, विडियो एडिटिंग और ग्राफिक डिजाईन से सम्बंधित कार्य करते हैं।



हिमांशु चौरसिया ने मल्टीमीडिया एनीमेशन में अपनी स्नातक की डिग्री सिक्किम मनिपाल उनिवेर्सित्य से प्राप्त की वह दिसम्बर 2017 में विकास एवं शैक्षिक संचार यूनिट, भारतीय अंतरीक्ष अनुसंधान संगठन, अहमदाबाद में शामिल हुए। वह वर्तमान में मल्टीमीडिया प्रौद्योगिकी प्रभाग में डेकू के विडियो प्रोग्राम्स के लिए एनीमेशन, विडियो एडिटिंग और ग्राफिक डिजाईन से सम्बंधित कार्य करते हैं।

अंतरिक्ष विज्ञान के क्षेत्र में वर्चुअल रियलिटी के अनुप्रयोग

गौरव कुमार, वैज्ञानिक/अभियंता-एस.एफ.
क्षेत्रीय सुदूर संवेदन केंद्र-पश्चिम, जोधपुर

प्रस्तावना

मनुष्य जाति के सतत विकास के पीछे उसकी जिज्ञासु प्रवृत्ति का योगदान सर्वोपरि है। क्या, कहाँ, क्यों और कैसे के प्रश्नों ने हमें सदैव चीज़ों और घटनाओं के पीछे के रहस्यों को समझने के लिए प्रेरित किया है। लेकिन जिज्ञासा तो शायद हर जानवर में भी होती है। जो बात हम मनुष्यों को जानवरों से अलग करती है, वह ये है कि हम जो भी खोज-बीन कर समझते हैं, उस बात को अपने तक ही सीमित नहीं रखते। हम में क्षमता है उस ज्ञान को संचय करने की और दूसरों के साथ साझा कर पाने की। फिर चाहे वो हमारे ऋषि मुनियों के गुरुकुल में श्रुति के माध्यम से हो या पुस्तकों में लिखे हुए श्लोकों, भाष्यों, गीतों और गणितीय सूत्रों के द्वारा हो। ये परंपरा सदियों में परिष्कृत हुयी और सधी हुई गति से चली आ रही है। इसमें आमूलचूल बदलाव आया। उन्नीसवीं और बीसवीं सदी के असाधारण वैज्ञानिक युग में एक के बाद एक नयी खोजों ने कई उपकरणों की खोज को संभव बनाया। एक तरफ़ जहाँ पुस्तकों की छपाई सुलभ हो गयी जिस से पुस्तकें सस्ती और आम जनता की पहुँच में आ गयीं, वहीं दूसरी तरफ़ जानकारी को दृश्य और श्रव्य माध्यमों में संचयित व प्रसार करना संभव हो गया। उदाहारण के लिए, इससे पहले जो केवल चित्रकला में निपुण कलाकारों के द्वारा संभव था, वह स्थिर व चलचित्रों के माध्यम से सर्व-सुलभ हो गया। दूसरा, इन माध्यमों के उपयोग से चीज़ों व घटनाओं का सटीक व वैज्ञानिक शुद्धता से संचयन संभव हो पाया। इन माध्यमों का यही गुण इन्हें ज्ञान विज्ञान के प्रसार के लिए सर्वोप्युक्त बनाता है।

इसके बाद का सबसे बड़ा बदलाव आया कंप्यूटर क्रांति के आने से। घंटों, दिनों,और हफ़्तों में होने वाली गणनाओं को अब चुटकी बजाते करना संभव हो गया। वैज्ञानिक डाटा के निरूपण के क्षेत्र में कंप्यूटर के आने से बहु-आयामी आंकड़ों की न केवल गणना संभव हो गई, बल्कि उन्हें बेहतर रूप से दर्शाने और समझने के लिए त्रि-आयामी मॉडलों जैसे रूपों में सरलता से प्रतिबिंबित कर पाना भी संभव हुआ। इंटरनेट और मोबाइल के आने से तो इस क्रांति की गति को जैसे पंख लग गए। नतीजतन, आज हम इस पड़ाव पर हैं जहाँ कंप्यूटर तकनीकि का प्रयोग न केवल ज्ञान विज्ञान के क्षेत्र में होता है, अपितु जन-साधारण के जीवन के कई आयाम पूर्ण रूप से इस पर निर्भर हैं।

वर्चुअल रियलिटी, ऑगमेंटेड रियलिटी और मिक्स्ड रियलिटी ज्ञान विज्ञान के इसी संचयन और प्रसार की अगली कड़ी है जो हाल के परिपेक्ष्य में जोर शोर से उभरी है।

वर्चुअल रियलिटी क्या है?

वर्चुअल रियलिटी अंग्रेजी के दो शब्दों से बना है, जिसमें रियलिटी का अर्थ वास्तविकता है और वर्चुअल का मतलब आभासी है। एक साथ पढ़ने पर तो ये शब्द, 'आभासी वास्तविकता' बड़े बेमेल लगते हैं, लेकिन अगर हम इसके पीछे के सन्दर्भ को जानें तो इसे समझना बड़ा आसान है। आम तौर पर हम वास्तविकता उसे ही मानते हैं जो हमारी इन्द्रियाँ (आँखों द्वारा देख कर, कानों द्वारा सुन कर, नाक द्वारा सूंघ कर, जीभ द्वारा स्वाद लेकर और त्वचा द्वारा स्पर्श कर के) हमारे मस्तिष्क को बताती हैं। अगर किसी इन्द्रिय को कुछ ऐसा अनुभव करवाया जाये जो उस जगह पर मौजूद नहीं है, तो कई बार भ्रम हो जाता है। आम तौर पर हम ऐसा अनुभव करते हैं जब किसी अच्छी तरह से फिल्माए गये सिनेमा के सीन में डर जाते हैं, या आँखें बंद कर के किसी गाने को सुनते हुए सुन्दर दृश्य की कल्पना में डूब जाते हैं| लेकिन इन सबके दौरान हमारे दिमाग का एक बड़ा हिस्सा ये जानता है कि ये सिर्फ आभास है और परदे पर से नज़र हटाते ही भ्रम टूट जाता है और आप अपने साथ बैठे लोगों को देख सकते हैं। लेकिन अगर कोई ऐसी युक्ति लगायी जाये जिससे एक से ज्यादा इन्द्रियों को एक साथ भ्रमित किया जा सके और जिससे अलग होना नज़र हटाने जितना आसान न हो तो शायद उस आभासी दुनिया और वास्तविकता की दूरी घट जाएगी।

कंप्यूटर हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर से बनी कुछ ऐसी ही युक्ति का नाम वर्चुअल रियलिटी है। इसमें प्रायः एक कंप्यूटर से जुड़ी चश्मे रुपी स्क्रीन होती है जो आँखों को ढक लेती है और हर दिशा में आभासी दुनिया के त्रि-आयामी दृश्य दिखाती है। ये त्रि-आयामी दृश्य कंप्यूटर जनित होते हैं जो इस्तेमालकर्ता के देखने की दिशा के अनुरूप छवि बनाते हैं, जिस से वे बिलकुल सजीव लगते हैं। इनके अलावा कानों में लगे हेडफोन, स्पर्श का एहसास कराने वाले दस्ताने आदि उपकरण विशेष सॉफ्टवेयर की सहायता से ऐसा वातावरण तैयार करते हैं जिससे आभासी दुनिया के साथ तारतम्यता बन जाती है और वही वास्तविकता लगने लगती है।

वर्चुअल रियलिटी का इतिहास

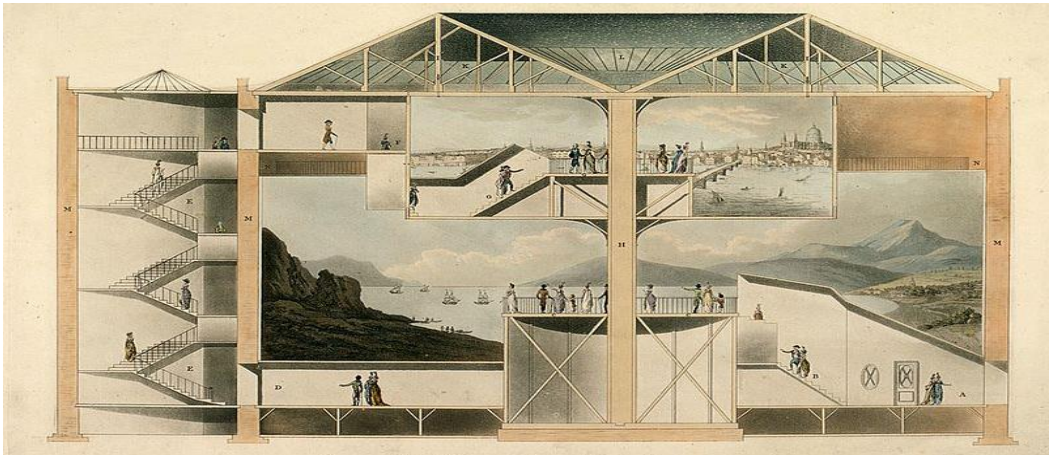
यद्यपि वर्चुअल रियलिटी पिछले आठ-दस सालों में लोकप्रिय हुयी है और ये विज्ञान गल्प कथाओं से निकली अत्याधुनिक तकनीक जान पड़ती है लेकिन इसका इतिहास, कम से कम कंप्यूटर विज्ञान के सन्दर्भ में, पुराना है। वर्चुअल रियलिटी का एक प्रमुख उपयोग 360° पैनोरमिक चित्रों को दर्शाना है। ऐसी तस्वीरें डिजिटल युग से बहुत पहले उन्नीसवीं शताब्दी में ही यूरोप और चीन में लोकप्रिय हो गयी थीं जहाँ उन्हें बड़ी लड़ाइयों और ऐतिहासिक प्रसंगों के चतुर्दिक चित्रण में किया जाता था।



वेन्सेस्लास हॉलर द्वारा 1647 में बनाई गयी लंदन की ये तस्वीर सबसे पुरानी पैनोरमिक तस्वीर मानी जाती है

(साभार: विकिमीडिया कॉमन्स - https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5f/1647_Long_view_of_London_From_Bankside_-_Wenceslaus_Hollar.jpg/1920px-1647_Long_view_of_London_From_Bankside_-_Wenceslaus_Hollar.jpg)

इसके बाद, स्कॉटलैंड के चित्रकार रॉबर्ट बार्कर ने 1787 भवन नुमा उपकरण की खोज की जिसे उन्होंने 'The Panorama' नाम से पेटेंट कराया। इस सिलिंडर की आकृति के भवन की दीवारों पर पैनोरमिक तस्वीर उकेरी जाती थी और प्रकाश के उपयोग से ऐसा आभास कराया जाता था कि दर्शक तस्वीर में दिखाई गयी जगह पर उपस्थित है। यह उपकरण आम जनता में बहुत प्रसिद्ध हुआ।



रोबर्ट बार्कर की 'The Panorama' का प्रारूप
(साभार: विकिमीडिया कॉमन्स
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Cross-section-of-the-rotund_0.jpg/800px-Cross-section-of-the-rotund_0.jpg?20160801125739)

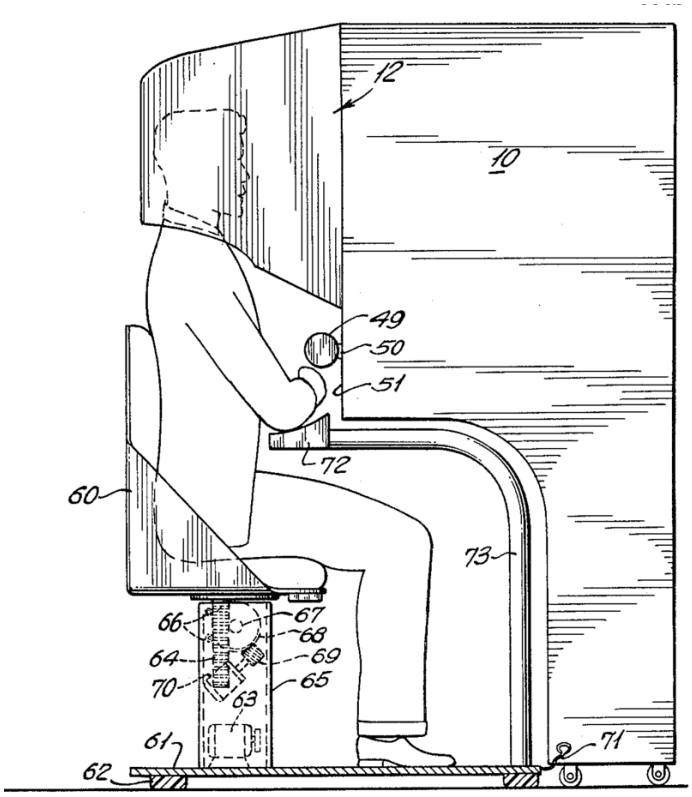
उन्नीसवीं सदी वर्चुअल रियलिटी की दुनिया में पहली बार त्रि-आयामी चित्रों को दर्शाने वाले यन्त्र ले कर आयी। 1938 में चार्ल्स व्हीटस्टोन ने स्टीरियोस्कोप बनाया जिसमें एक ही स्थान के लिए गए दो चित्रों द्वारा त्रि-आयामी होने का आभास होता था। इसी तकनीक के इस्तेमाल से विलियम ग्रुबर ने 1939 में व्यू-मास्टर नामक यन्त्र बनाया जिसमें तस्वीरें आसानी से बदली जा सकती थीं और जो आज भी खिलौने के रूप में प्रचलित है। वास्तव में आज के मोबाइल आधारित वर्चुअल रियलिटी का जनक इसी यन्त्र को माना जा सकता है।



व्यू-मास्टर यन्त्र का चित्र

(साभार: विकिमीडिया कॉमन्स
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f5/View-Master_with_Reel.jpg/698px-View-Master_with_Reel.jpg)

इस तकनीक ने एक लम्बी छलांग 1950 के दशक के मध्य में मॉर्टन हेलिग द्वारा विकसित सेंसोरामा उपकरण के रूप में लगायी। मॉर्टन स्वयं एक फिल्म सिनेमेटोग्राफर थे और फिल्मों की आभासी शक्ति को भली भांति समझते थे। उनके इस थिएटर कैबिनेट-नुमा उपकरण में न सिर्फ त्रि-आयामी चलचित्र दिखते थे अपितु स्पीकरों से उनसे संबंधित आवाज़ें, पंखों के माध्यम से गंध और कुर्सी के हिलने से एक अविस्मरणीय अनुभव प्राप्त होता था। एक से ज्यादा इन्द्रियों को भ्रमित करने में सक्षम यह मशीन वाकई में शुरुआती वर्चुअल रियलिटी उपकरण मानी जा सकती है।



मॉर्टन हेलिग द्वारा विकसित सेंसोरामा की कार्यप्रणाली

(साभार: विकिमीडिया कॉमन्स
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ae/Sensorama_patent_fig5.png/800px-Sensorama_patent_fig5.png)

1960 का दशक पहली बार सर पर पहनने लायक इलेक्ट्रॉनिक डिस्प्ले सिस्टम ले कर आया जिसमें क्रमशः त्रि-आयामी चित्र दिखाने की क्षमता (Telesphere Mask, पेटेंट 1960)और फिर देखने की दिशा से सम्बंधित जानकारी प्रदर्शित करने की क्षमता विकसित हुयी (Headsight, 1961)। इसके बाद कई उत्पाद जल्दी जल्दी आये जो मुख्यतः वायु सेना के पायलटों की ट्रेनिंग के लिए विकसित किये जा रहे थे। 1981 में पहले दस्ताने आये जो उंगलिओं की स्थिति कंप्यूटर को प्रेषित कर उनका उपयोग आभासी दुनिया को नियंत्रित करने को सक्षम थे। इन सब के बीच ध्यान देने की बात यह है कि अब तक इस तरह की तकनीक का अलग से कोई नाम नहीं था। यह श्रेय जाता है 1980 के दशक में थॉमस ज़िमरमैन द्वारा स्थापित वी.पी.एल. रिसर्च कंपनी को जिन्होंने 1987 में 'वर्चुअल रियलिटी' उक्ति को इस सन्दर्भ में प्रचलित बनाया।

जैसा कि आम तौर पर इलेक्ट्रॉनिक उपलब्धियों के साथ देखा गया है, ऐसी तकनीकें अंतरिक्ष विज्ञान और गेमिंग उद्योग में बहुत प्रचलित होती हैं और इनका विकास भी इनके द्वारा ही होता है। इस तकनीक को भी पहले अमेरिकी अंतरिक्ष संस्था नासा (NASA) ने अपनाया जहाँ उन्होंने इसका उपयोग अपने अंतरिक्ष यात्रियों की ट्रेनिंग के लिए किया और फिर गेमिंग कंपनियों ने तरह तरह के वर्चुअल रियलिटी आधारित उपकरण व गेम

बनाये जो आम जनता के घरों तक इस तकनीक को लाने में सहायक रहे। 1990 के दशक मे सेगा और नाइनटेंडो जैसी प्रसिद्ध गेमिंग कम्पनियों के द्वारा एक के बाद एक लाये गए उपकरण इसका उदाहरण हैं।

हाल के वर्षों में वर्चुअल रियलिटी की लोकप्रियता के कारण

वर्चुअल रियलिटी को सबसे बड़ी सहायता मिली इक्कीसवीं सदी के पहले दशक में विकसित मोबाइल उपकरणों से। पुराने मोबाइल फ़ोनों की तुलना में नए फ़ोनों में कई ऐसी विशेषताएं हैं, जो उन्हें वर्चुअल रियलिटी के लिए उपयुक्त बनाती हैं। आज के सस्ते से सस्ते फ़ोन भी, उस से एक दशक पहले आम तौर पर उपलब्ध कम्प्यूटरों की तुलना में ज्यादा खूबियां समेटे हुए होते हैं। सबसे पहले तो इन फ़ोनों में एक बड़ी और बेहद साफ़ तस्वीर दिखाने में सक्षम स्क्रीन होती है। इससे वर्चुअल रियलिटी में उपयोग के दौरान जब फ़ोन को आँखों के बिलकुल निकट रख कर देखा जाता है तब भी तस्वीर बिलकुल साफ़ दिखती है। आज के मोबाइल फ़ोन मैग्नेटोमीटर और एक्सेलेरोमीटर जैसे कई सेंसरों से लैस होते हैं। मैग्नेटोमीटर एक चुम्बकीय दिशासूचक सेंसर के रूप में कार्य करता है जिसका उपयोग आभासी दुनिया में सही कोण और दिशा की वस्तुओं के चित्र दर्शाने के लिए होता है। इसी प्रकार एक्सेलेरोमीटर एक त्वरण मापी सेंसर है, जिस से वर्चुअल रियलिटी के प्रयोग के दौरान उपयोगकर्ता के हिलने डुलने को आभासी दुनिया में तदनुसार गति दर्शाने के लिए किया जाता है।

मोबाइल फ़ोन की इन विशेषताओं का सदुपयोग करते हुए 2010 के करीब पहले अमेरिका के पामर लकी ने प्रोटोटाइप हेडसेट बनाये जो बाद में ऑक्युलस के नाम से जानी गयी और जिसे 2015 में फेसबुक ने ख़रीद लिया। इसी दौरान गूगल कंपनी ने गूगल कार्डबोर्ड की घोषणा की। गूगल कार्डबोर्ड, काग़ज़ के पतले गत्ते से बनायी जा सकने वाली ऐसी जुगत थी जिसमें बाजार में आसानी से उपलब्ध उत्तल लेंस लगे थे और फ़ोन रखने की जगह थी। इसके अलावा गूगल ने मोबाइल इंटरनेट ब्राउज़र में दर्शाने योग्य वर्चुअल रियलिटी अनुभव बनाने के लिए सॉफ्टवेयर भी मुफ्त मुहैया करा दिए। इस इकलौते कदम ने आभासी दुनिया के जादुई दरवाज़े आम जनता के लिए खोल दिए। इसी का प्रभाव हुआ की 2016-17 के दौरान कई कंपनियों ने एक से बढ़ कर एक वर्चुअल रियलिटी उपकरण बाज़ार में उपलब्ध कराये।



गूगल कार्डबोर्ड

(साभार: विकिमीडिया कॉमन्स
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ad/Google-Cardboard.jpg/1024px-Google-Cardboard.jpg)

वर्चुअल रियलिटी अनुभव करने के लिए जरूरी हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर

मोबाइल आधारित वर्चुअल रियलिटी की लोकप्रियता के बावजूद इसका प्रचलन पिछले 2-4 सालों में कम हुआ है। इसका सबसे बड़ा कारण मोबाइल उपकरणों की सीमित प्रसंस्करण (processing) क्षमता है जिससे आभासी दुनिया में बहुत जटिल मॉडल नहीं दर्शाये जा सकते। इसके अलावा यद्यपि मोबाइल फ़ोनों में मैग्नेटोमीटर द्वारा तीनों अक्षों (x, y, z axis) पर झुकाव मापने की बहुत सटीक क्षमता होती है, लेकिन एक्सेलेरोमीटर द्वारा इन अक्षों पर गति और दूरी उतनी सटीकता से नहीं मापी जा सकती। इसकी वजह से आभासी दुनिया में गति सम्बन्धी अनुभव फीके पड़ जाते हैं और भ्रम टूटने लगता है।

इसीलिए, आज बाज़ार में सिर्फ वर्चुअल रियलिटी के लिए समर्पित कई प्रकार के हार्डवेयर उपकरण मौजूद हैं। इन सबमें एक चीज़ सामान है और वह है सर व आँखों पर पहने जा सकने वाले स्क्रीन युक्त चश्मे जिन्हें हेड माउंटेड डिस्प्ले (Head Mounted Display) के नाम से जाना जाता है। अच्छी गुणवत्ता वाले वर्चुअल रियलिटी अनुभव के लिए ये चश्मे हाई या अल्ट्रा हाई डेफिनिशन (HD/UHD) स्क्रीन से लैस होते हैं और उच्च प्रसंस्करण क्षमता और बढ़िया ग्राफ़िक्स कार्ड वाले कंप्यूटर से जुड़े होते हैं जिससे जटिल से जटिल मॉडलों का उपयोग कर के बिलकुल असली लगने वाली आभासी दुनिया का निर्माण संभव है। इसके साथ तीनों अक्षों पर झुकाव के साथ-साथ गति को सटीक रूप से मापने हेतु दो या अधिक बेस स्टेशन लगाए जाते हैं, जो कंप्यूटर को प्रति-क्षण सैंकड़ों बार उपयोगकर्ता की स्थिति से अवगत कराते हैं, जो उसी के अनुसार आभासी दुनिया में प्रतिबिंबित होती है। एक और जरूरी उपकरण है, ऐसा यंत्र जिससे आभासी दुनिया की वस्तुओं को छुआ, पकड़ा, उठाया या फेंका जा सकता है। वीडियो गेम की भांति इस कार्य हेतु रिमोट या जॉयस्टिक वर्चुअल रियलिटी में भी उपयोग किये जाते हैं, लेकिन यहाँ इसका स्वरुप थोड़ा अलग होता है। इस कार्य के लिए आज कल हाथों के दस्ताने और पूरे शरीर के आवरण भी आते हैं जिनसे न केवल इनपुट लेने की सुविधा होती है बल्कि कम्पन द्वारा, जिसे तकनीकी भाषा में हेप्टिक फीडबैक कहते हैं, उपयोगकर्ता को आभासी दुनिया में पूरी तरह डूब जाने में मदद मिलती है।



वर्चुअल रियलिटी के हार्डवेयर का नमूना

(साभार: https://www.vive.com/media/filer_public/vive/homepage-v4/top_banner/1212-promo/2019/pdp-images/starter-kit.png)

आभासी दुनिया के अनुभव के लिए जितना जरूरी हार्डवेयर का अच्छा होना है, उतना ही जरूरी है उस दुनिया में दिखने वाली वस्तुओं का वास्तविक दिखना और उपयोगकर्ता की क्रिया के अनुसार प्रतिक्रिया करना। ये दायित्व सॉफ्टवेयर का होता है। फोटोग्रामेट्री और कंप्यूटर आधारित डिजाइनिंग (CAD) की सुविधा से आज सजीव दिखने वाले मॉडलों का निर्माण संभव है और इनका उपयोग गेमिंग के अलावा सिनेमा में दशकों से होता आया है। आभासी दुनिया के निर्माण के लिए यूनिटी (Unity) और अनरियल इंजन (Unreal Engine) जैसे वीडियोगेम बनाने वाले सॉफ्टवेयर का उपयोग इस कार्य को सहज बनाता है। इन सॉफ्टवेयरों में कंप्यूटर प्रोग्रामिंग द्वारा उपयोगकर्ता से इनपुट ले कर मॉडलों को जीवंत बनाया जाता है।

वर्चुअल रियलिटी का जनसाधारण में उपयोग

ये इन हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर के बीच का परस्पर जादू ही है, जो आज वर्चुअल रियलिटी के माध्यम से कई ऐसे अनुभव उपलब्ध कराता है जो अन्यथा कभी भी संभव नहीं होते। इनके उपयोग से आप बिना अपने कमरे की सुरक्षा को छोड़े हिमालय की ऊंचाइयों को छू सकते हैं, समुद्र में मछलियों के साथ तैर सकते हैं, दुनिया के किसी कोने पर खड़े होकर वहां के नज़ारे ले सकते हैं आदि। आइये देखें कि इस तकनीक का विभिन्न क्षेत्रों में क्या उपयोग हो सकता है:

- **कंप्यूटर गेमिंग:** का क्षेत्र वर्चुअल रियलिटी का सबसे प्रचलित उपयोग है और आज के युग में यही इस तकनीक का पथ प्रदर्शन कर रहा है। जहाँ कार रेसिंग, निशानेबाज़ी जैसे कंप्यूटर गेम वर्चुअल रियलिटी की सहायता से आयताकार स्क्रीन की सीमाएं तोड़ कर हर दिशा में देख और खेल सकने का अनूठा अनुभव प्रदान करने लगे हैं, वहीँ इस माध्यम ने कई नए प्रकार के कंप्यूटर गेम्स बनाने के लिए भी दरवाज़े खोल दिए हैं।
- **शिक्षा:** प्रयोगात्मक प्रशिक्षण, हमेशा से शिक्षा का सबसे सशक्त जरिया माना गया है। कंप्यूटर की सहायता से कई नए प्रकार के प्रयोग करना संभव हो पाया और आभासी प्रयोगों से शिक्षा का ये माध्यम और भी सशक्त हो गया है। उदहारण के लिए अभियांत्रिकी के छात्र, न केवल CAD की सहायता से त्रिआयामी मॉडल बना सकते हैं बल्कि वर्चुअल रियलिटी की सहायता से उनकी वास्तविक उपयोगिता को भी बेहतर समझ सकते हैं।
- **सैन्य प्रशिक्षण:** सेना के लिए हर समय मुस्तैद और तैयार रहना परम आवश्यक होता है। इसके लिए शांति के समय में भी सैनिकों का निरंतर अभ्यास और प्रशिक्षण बहुत जरूरी होता है। सैन्य अभ्यास आम तौर पर महंगे होते हैं और शारीरिक क्षति की संभावना भी हमेशा बनी रहती है | इन कारणों से ये अभ्यास अगर वर्चुअल रियलिटी के माध्यम से कराये जाएँ तो बेहतर रूप से उद्देश्य सफल हो सकते हैं। दुनिया के कई विकसित देश आज ऐसा कर भी रहे हैं। नए पायलटों व पुराने पायलटों के अभ्यास व विमानों पर प्रशिक्षण आभासी रूप में करने पर ये देखा गया है की न केवल समय और संसाधनों की बचत होती है, बल्कि प्रशिक्षण की गुणवत्ता पर भी किसी प्रकार का बुरा असर नहीं पड़ता।



वर्चुअल रियलिटी के माध्यम से प्रशिक्षण प्राप्त करते पायलट

(स्रोत:

https://images01.military.com/sites/default/files/2021-03/mil-virtual-realty-flight-simulator-1800.jpg)

- **खेल कूद, व्यायाम:** वर्चुअल रियलिटी का एक अनूठा उपयोग प्रशिक्षु खिलाड़ियों द्वारा खेल की तकनीकी बारीकियां समझने के लिए किया जा रहा है। उदहारण के तौर पर VR का एक प्रचलित खेल टेबल टेनिस है जो बिना टेबल, रैकेट या प्रतिद्वंदी के अनुभव किया जा सकता है। अगर खेल में आपका बैकहैंड स्ट्रोक कमज़ोर है तो आप घंटों सिर्फ उसी का अभ्यास कर के खुद को बेहतर कर सकते हैं। व्यायाम में हार्डवेयर आपके आसन की मुद्रा का विश्लेषण कर उसे सुधारने के उपाय बता सकता है।

मज़े की बात यह है की वर्चुअल रियलिटी में आप ये सब गाने सुनते हुए अपनी टेबल को मंगल ग्रह की सतह जैसे नज़ारे में स्थापित कर सकते हैं।

- **चिकित्सा विज्ञान:** इस क्षेत्र में वी.आर. बड़े बदलाव लाने के कगार पर है। इस क्षेत्र की शिक्षा के लिए मानव शरीर के त्रिआयामी मॉडल मौजूद हैं जिनके उपयोग से छात्र कभी भी, कहीं भी प्रयोगात्मक प्रशिक्षण प्राप्त कर सकते हैं। अब तो कुछ ऑपरेशन भी चिकित्सकों ने सुदूर बैठ कर वर्चुअल रियलिटी के माध्यम से किये हैं। अगर ये आने वाले दिनों का संकेत है तो वो दिन दूर नहीं जब दुनिया की बेहतरीन चिकित्सा सुविधाएं सभी जरूरतमंदों के पहुँच में होंगी।
- **वर्चुअल पर्यटन:** वर्चुअल रियलिटी की सहायता से आप देश विदेश का भ्रमण बिना अपनी कुर्सी से उठे हुए कर सकते हैं। इसके लिए गूगल कार्डबोर्ड और आपका इंटरनेट से जुड़ा मोबाइल फ़ोन ही काफी है। गूगल के ही स्ट्रीट-व्यू और उस जैसे कई वेबसाइटों में मौजूद 360° पैनोरमिक चित्रों से लगभग पूरी दुनिया के पर्यटन क्षेत्रों का भ्रमण किया जा सकता है।
- **फैशन:** यह क्षेत्र भी इस नयी तकनीक से अछूता नहीं रह गया है | इसके प्रयोग से आप घर बैठे अलग-अलग कपड़े पहन के देख सकते हैं और खरीदने से पहले अपने मित्रों की राय ले सकते हैं।

अंतरिक्ष विज्ञान और वर्चुअल रियलिटी

उपरोक्त क्षेत्रों के सामान, अंतरिक्ष विज्ञान में भी वर्चुअल रियलिटी के उपयोग की असीम संभावनाएं हैं। इन में से कुछ निम्न हैं:

- **अंतरिक्ष यात्रियों के प्रशिक्षण हेतु:** वायुसेना पायलटों के सामान अंतरिक्ष यात्रियों का प्रशिक्षण भी अत्यंत जटिल होता है और इसमें कई संसाधनों की ज़रूरत होती है। ये प्रशिक्षण यात्रियों को वातांतरिक्ष के नए माहौल में घटित हो सकने वाली संभावनाओं के प्रति सिमुलेशन के द्वारा तैयार कर सकता है। वर्चुअल रियलिटी के उपयोग से इनमे से कई प्रशिक्षण सुलभ बनाये जा सकते हैं।
- **रोबोटिक रोवर यानों के संचालन के लिए:** हाल के वर्षों में कई राष्ट्रों ने अन्य अंतरिक्ष पिंडों पर जैसे चन्द्रमा, मंगल और उल्कापिंडों पर रोबोट और रोवर भेजे हैं या इसकी तैयारी कर रहे हैं। इन रोबोटिक उपकरणों की सुरक्षा के लिए उनका सहज रूप से संचालन कर पाना हमेशा से एक चुनौती रही है। इस दिशा में रोबोटों पर लगे 360° पैनोरमिक चित्र लेने में सक्षम कैमरों की सहायता से संचालन वर्चुअल रियलिटी का एक अच्छा उपयोग हो सकता है। कुछ अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष एजेंसियों ने इस दिशा में प्रयोग भी किये हैं।
- **सुदूर संवेदन डाटा का अवलोकन:** सुदूर संवेदन के माध्यम से हमारी धरती के चित्र आज सहजता से प्राप्त किये जा रहे हैं। हाल के वर्षों में उभरे ड्रोन और UAV की तकनीक ने इस क्षेत्र में नए आयाम जोड़े हैं। इन चित्रों के सीधे विश्लेषण एवं त्रिआयामी मॉडलों के निर्माण से कई जानकारियां हासिल हो रही हैं | आज जरूरत है इस डाटा के बेहतर प्रसंस्करण की जिस से आम जनता को इनका बेहतर लाभ प्राप्त हो सके। इस प्रयोजन में वर्चुअल रियलिटी का भी बड़ा योगदान हो सकता है। इस तकनीक के उपयोग से 3D मॉडलों का अवलोकन करने के साथ उनपर विभिन्न प्रकार का मापन और सिमुलेशन आसानी से किया जा सकता है।

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) भी इस नयी तकनीक के उपयोग में अग्रणी रहा है। इसरो के विभिन्न केंद्रों ने वर्चुअल और ऑगमेंटेड रियलिटी के प्रयोगात्मक अनुप्रयोग विकसित किये हैं। इनमें अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, सैक द्वारा 3D राकेट मॉडलों के अवलोकन हेतु विकसित साकार मोबाइल ऍप और राष्ट्रीय सुदूर संवेदन केंद्र द्वारा विकसित भुवन गुरुकुल व ऑगमेंटेड रियलिटी सैंडबॉक्स इसके उदहारण हैं। आने वाले वर्षों में इस तकनीक के और विकसित होने पर अंतरिक्ष अनुप्रयोग भी बढ़ने की प्रबल संभावना है।

लेखक परिचय:



श्री गौरव कुमार, सुदूर संवेदन में प्रौद्योगिकी निष्णात (एम.टेक) की उपाधि बी.आई.टी. मेसरा से प्राप्त करने के पश्चात् सन् 2008 में क्षेत्रीय सुदूर संवेदन केंद्र-पश्चिम (एनआरएससी/इसरो) में वैज्ञानिक/अभियंता-एससी के पद पर कार्यभार-ग्रहण किया। वर्तमान में, वैज्ञानिक/अभियंता-एसएफ के पद पर क्षेत्रीय सुदूर संवेदन केंद्र-पश्चिम, जोधपुर में कार्यरत है। अपने कार्यकाल के दौरान इन्होनें विभिन्न राष्ट्रीय महत्व के विभिन्न परियोजनाओं पर कार्य किया। जैसे- इंडिया-वारिस, सिस-डीपी, एन.एच.आर.आर.। इन्होनें अंतरिक्ष विज्ञान के क्षेत्र में अभिनव प्रौद्योगिकियों का प्रयोग कर विभिन्न परियोजनाओं में अपनी पहचान बनाई है। इस हेतु, इन्हें दो बार इसरो-टीम पुरस्कार से सम्मानित किया जा चुका है।

बाइस्पेक्ट्रम विशेषताएँ और कृत्रिम तंत्रिका (आर्टिफिशियल न्यूरल) नेटवर्क का उपयोग करके बेयररिंग दोष वर्गीकरण

अंजू शर्मा, वी. विष्णु प्रिया, वी.पी.एस नायडू
सी.एस.आई.आर- राष्ट्रीय वांतरिक्ष प्रयोगशालाएं, बेंगलूरु, 560017, भारत
anjus@nal.res.in, vishnupriya.vv1992@gmail.com, vpsnaidu@nal.res.in

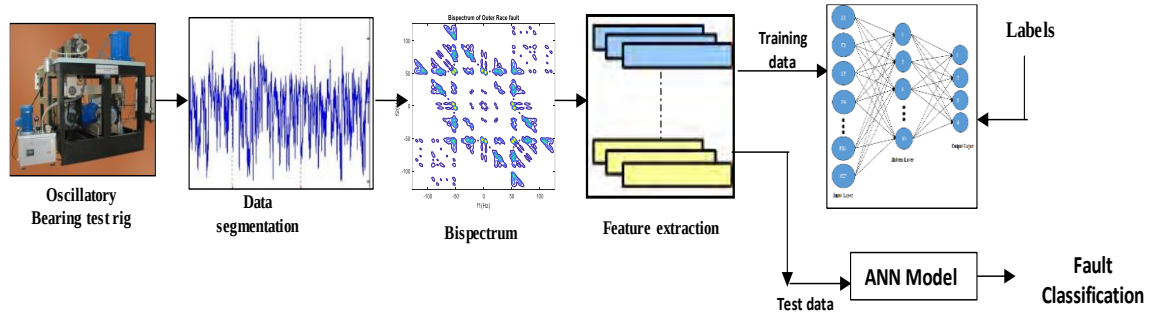
सारांश

बेयररिंग औद्योगिक मशीनों के प्रमुख घटक हैं। स्थिति-निगरानी तकनीकों की सहायता से इन मशीनों के स्वास्थ्य, स्थायित्व और विश्वसनीयता की निरंतर निगरानी करने की आवश्यकता है। दोष निदान के क्षेत्र में उच्च-क्रम वर्णक्रमीय विश्लेषण (हायर -आर्डर स्पेक्ट्रल एनालिसिस) लोकप्रिय हो गया है। यह लेख घूर्णन तत्व बेयरिंग के दोष निदान के लिए कंपन (वाइब्रेशन) सिग्नल के बाइस्पेक्ट्रम विश्लेषण के उपयोग के बारे में है। सांख्यिकीय और उच्च-क्रम वाली सांख्यिकीय विशेषताओं को बाइस्पेक्ट्रम से निकाला गया है और फिर दोष वर्गीकरण के लिए एक कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क (ए एन एन) के माध्यम से वर्गीकृत किया गया है और 100% की सटीकता हासिल की गई है।

मुख्य शब्द - घूर्णन तत्व बेयरिंग, कंपन संकेत विश्लेषण, फीचर निष्कर्षण, स्थिति निगरानी, दोष निदान, कंपन संकेत विश्लेषण।

I.परिचय

मशीनों की क्षमता प्रदर्शन, सुरक्षा और विश्वसनीयता में सुधार के लिए हर उद्योग में घूर्णन मशीनों की स्थिति-आधारित निगरानी लागू की जा रही है। बेयररिंग घूर्णन मशीनों के सबसे आवश्यक और महत्वपूर्ण घटक हैं। बेयररिंग के दोष निदान के लिए विभिन्न विधियों का उपयोग किया गया है। कंपन विश्लेषण व्यापक रूप से और प्रभावी रूप से बेयररिंग दोष वर्गीकरण में उपयोग किया जाता है। जब भी बेयरिंग में कोई खराबी होती है, तो कंपन के संकेत अपने चरम स्तरों में काफी बढ़ जाते हैं। इन कंपन संकेतों का अध्ययन टाइम डोमेन में विभिन्न सांख्यिकीय विशेषताओं जैसे आरएमएस, माध्य, विचरण, मानक विचलन, कर्टोसिस आदि, फ्रीक्वेंसी डोमेन में एफ एफ टी, एनवलप विश्लेषण, पावर स्पेक्ट्रम विश्लेषण इत्यादि जबकि शॉर्ट टाइम फॉरिएर ट्रांसफॉर्म (एस टी एफ टी), विगनर -विले डिस्ट्रीब्यूशन (डब्ल्यू वी डी) [1], आदि टाइम-फ्रीक्वेंसी डोमेन का उपयोग करके किया गया है [1-3]। पावर स्पेक्ट्रम में उपयोगी जानकारी होती है, लेकिन यह केवल गॉसियन संकेतों के लिए उपयोगी है। लेकिन कंपन संकेतों में गैर-स्थिर और गैर-गॉसियन सिग्नल शामिल होते हैं, और पावर स्पेक्ट्रम फेज सिग्नल की जानकारी प्रदान नहीं करता है, जो कि पावर स्पेक्ट्रम विश्लेषण की कमी है। उच्च-क्रम सिग्नल विश्लेषण (हायर आर्डर सिग्नल एनालिसिस) फेज सिग्नल का पता लगाने की समस्या को हल करने में मदद करता है। उच्च-क्रम सिग्नल विश्लेषणों में , बाइस्पेक्ट्रम गैर-गॉसियन संकेतों को संसाधित कर सकता है। यह समय-श्रृंखला संकेतों में गैर-रैखिकता का पता लगाने और गणना करने में मदद करता है [2]। संदर्भ [3] प्रारंभिक प्लेनेटरी गियरबॉक्स दोष निदान के लिए एक विधि का प्रस्ताव करता है। यह विधि दोष निदान के लिए वेवलेट पैकेट



चित्र 1 . प्रस्तावित कार्यप्रणाली का ब्लॉक आरेख

एनर्जी (WPE) और मॉड्यूलेशन सिग्नल बाइस्पेक्ट्रम (MSB) विश्लेषण का उपयोग करता है। [4] में बाइस्पेक्ट्रल विश्लेषण का उपयोग करके रनिंग बेयरिंग के लिए दोष निदान का प्रस्ताव है। [5] में बाइस्पेक्ट्रम छवि और सी.एन.एन का उपयोग करके दोष का पता लगाने का एक नया तरीका प्रस्तावित किया गया है। बेयरिंग की वाहक आवृत्ति (कैरिएर फ्रीक्वेंसी) को सटीक रूप से खोजने के लिए एक स्पार्स मॉड्यूलेशन सिग्नल बाइस्पेक्ट्रम विधि का उपयोग किया गया है [6]। एक संशोधित बाइस्पेक्ट्रम का उपयोग करते हुए एक आयाम मॉडुलन सुविधा का उपयोग वर्तमान सिग्नल का वर्णन करने के लिए उच्च और निचले साइडबैंड को एक साथ संयोजित किया गया है [7]। बाइस्पेक्ट्रल विशेषताओं का उपयोग करके विभिन्न रोगों का पता लगाने के लिए चिकित्सा के क्षेत्र में बहुत काम किया गया है। संदर्भ [8] में, सामान्य और पैथोलॉजिकल हृदय ध्वनियों के बीच परिवर्तनों को मापने के लिए बाइस्पेक्ट्रल -आधारित सुविधाओं को निकाला गया है। [9] ब्रेन-कंप्यूटर इंटरफेस के लिए एक बाइस्पेक्ट्रम विशेषता-आधारित चैनल चयन पद्धति का प्रस्ताव करता है। इस पत्र में, रोलर बेयरिंग सिग्नल के बाइस्पेक्ट्रम से कई विशेषताओं को निकाला गया है और दोषों को कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क (ए.एन.एन) का उपयोग करके वर्गीकृत किया गया है।

II. कार्यप्रणाली

इस पेपर में उपयोग की जाने वाली कार्यप्रणाली को चित्र में दिखाया गया है। यहां, सी.एस.आई.आर-एन.ए.एल में ऑसिलेटरी बेयरिंग टेस्ट सुविधा का उपयोग करके कंपन डेटा प्राप्त किया गया है। यहां बॉल बेयरिंग के कंपन सिग्नल के बाइस्पेक्ट्रम की गणना की जाती है और फिर सांख्यिकीय और उच्च-क्रम वाली सांख्यिकीय विशेषताओं को बाइस्पेक्ट्रम से निकाला जाता है। फिर इन सुविधाओं को दोष वर्गीकरण के लिए ए.एन.एन के माध्यम से वर्गीकृत किया जाता है।

क डेटा अधिग्रहण और पूर्व प्रसंस्करण

बेयरिंग दोषों का अध्ययन करने के लिए सी.एस.आई.आर-एन.ए.एल में एक ऑसिलेटरी बेयरिंग टेस्ट रिग स्थापित किया गया है। गेंदों की एक पंक्ति के साथ बेयरिंग का उपयोग परीक्षण नमूने के रूप में किया गया है। विभिन्न दोषों को कृत्रिम रूप से बेयरिंग में डाला गया है। बेयरिंग का परीक्षण करने के लिए 10 किलोग्राम के चरणों में 0-40 किलोग्राम के बीच भार लागू किया गया है। चित्र 2 सी.एस.आई.आर-एन.ए.एल में बेयरिंग परीक्षण रिंग की तस्वीर दिखाता है। एक कंपन सेंसर (मॉडल 352C33) ऊर्ध्वाधर दिशा में बेयरिंग वाले आवास पर लगाया गया है, और डेटा 51200Hz की दर से प्राप्त किया गया है।

ख बाइस्पेक्ट्रम विश्लेषण

बाइस्पेक्ट्रम विश्लेषण उच्च-क्रम संकेत विश्लेषण तकनीक से संबंधित है। यह तीन आवृत्तियों की अपेक्षा है, जहां दो प्रत्यक्ष आवृत्तियां हैं, जबकि दूसरा दो प्रत्यक्ष आवृत्तियों के योग का जटिल युग्म है। एक सिग्नल का बाइस्पेक्ट्रम जो नियतात्मक है और जिसका शून्य माध्य है, उसकी गणना Eq 1 के रूप में की जा सकती है।

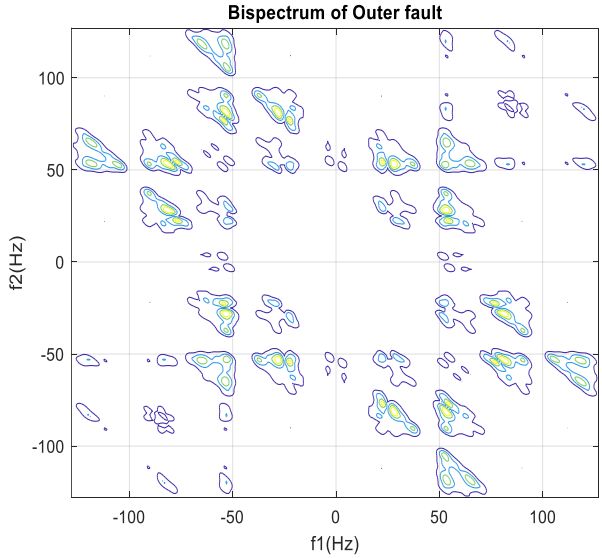
$$B(f_1, f_2) = \mathrm{E}[\mathrm{X}(f_1)\mathrm{X}(f_2)X^*(f_1 + f_2)] \qquad Eq.1$$

जहाँ B दो आवृत्तियों f1 और f2 का बाइस्पेक्ट्रम है। X(f) सिग्नल x(n), का फूरियर ट्रांसफॉर्म है, X*(f) , X(f) का जटिल युग्म है, और E[.] सांख्यिकीय अपेक्षा ऑपरेटर का प्रतिनिधित्व करता है। X(f) असतत-समय फूरियर ट्रांसफॉर्म है और एफ.एफ.टी एल्गोरिदम का उपयोग असतत फूरियर ट्रांसफॉर्म (डी.एफ.टी) के रूप में किया जाता है। निक्विस्ट आवृत्ति का उपयोग करते हुए, आवृत्तियों को 0 और 1 के बीच में ट्यून किया जा सकता है। चूंकि, बाइस्पेक्ट्रम दो आवृत्तियों का एक कार्य है, यह उनके बीच चरण युग्मन का पता लगा सकता है। बाइस्पेक्ट्रम आवृत्ति घटकों के बीच संबंध को मापता है। बाहरी रेस फॉल्ट का एक विशिष्ट बाइस्पेक्ट्रम चित्र 3 में दिखाया गया है। बाइस्पेक्ट्रम की गणना त्रिकोणीय क्षेत्र में की जाती है, जिसे गैर-अनावश्यक क्षेत्र Ω [8 ,9] कहा जाता है। चूंकि फूरियर ट्रांसफॉर्म में संयुग्म समरूपता है, बाइस्पेक्ट्रम में सममित गुण होंगे और गणना

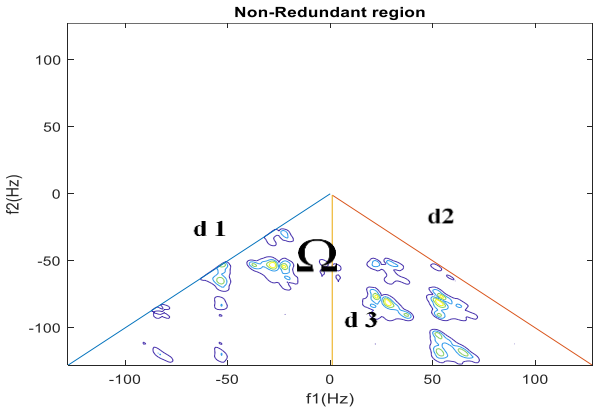
केवल प्रमुख डोमेन के बाहरी मानों का उपयोग करके की जाती है, अर्थात गैर-अनावश्यक क्षेत्र, जैसा कि चित्र 4 में दिखाया गया है।

III. बाइस्पेक्ट्रम आधारित सुविधा निष्कर्षण

इसमें, बाइस्पेक्ट्रम का सीधे वर्गीकरण के लिए उपयोग नहीं किया गया है। सांख्यिकीय और उच्च-क्रम की विशेषताओं को चार अलग-अलग दोषपूर्ण डेटा को बाइस्पेक्ट्रम से निकाला गया है और फिर वर्गीकरण के लिए वर्गीकृत किया गया है। निकाली गई विशेषताओं का विवरण [8 -11] तालिका 1 में दिया गया है। गैर-अनावश्यक क्षेत्र के लिए द्विवर्णीय विशेषताएं निकाली गई हैं। 256 नमूनों के लिए बाहरी रेस फॉल्ट के लिए गैर-अनावश्यक क्षेत्र का एक विशिष्ट भूखंड चित्र 4 में दिखाया गया है। यहां, d1 और d2 विकर्ण तत्व हैं, और d3 केंद्र रेखा है जहां d1 और d2 मिलते हैं। यह रेखा गैर-अनावश्यक क्षेत्र को दो हिस्सों में विभाजित करती है।



चित्र 3. बाहरी रेस दोष का बाइस्पेक्ट्रम



चित्र 4 आउटर रेस दोष बाइस्पेक्ट्रम का गैर-निरर्थक क्षेत्र

तालिका 1. *बाइस्पेक्ट्रम विशेषताएं*

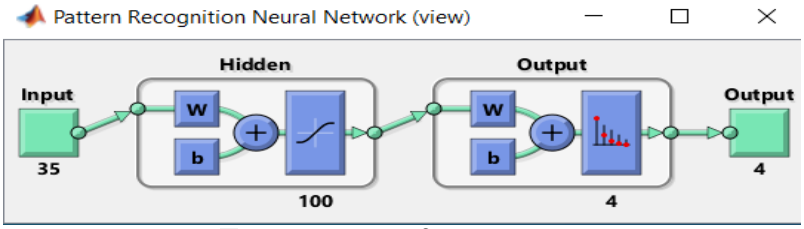
क्रम संख्या	***विशेताओं का नाम***	***समीकरण***
1.	*सामान्यीकृत बाइस्पेक्ट्रल एन्ट्रापी* BE *1*[*11*] (Normalised Bispectral entropy	$BE_1 = -\sum_n p_n \log p_n$ जहां $p_n = \lceil B(f_1,f_2)\rceil / \sum_\Omega \lvert B(f_1,f_2)\rvert$
2.	*सामान्यीकृत बाइस्पेक्ट्रल वर्ग एन्ट्रापी* BE*2* [*11*] (Normalised Bispectral squared entropy)	$BE_2 = -\sum_n q_n \log q_n$ जहां $q_n = \lceil B(f_1,f_2)\rceil^2 / \sum_\Omega \lvert B(f_1,f_2)\rvert^2$
3.	*बाइस्पेक्ट्रल का मानक विचलन* (Standard deviation of Bispectrum)	*2डी मानक विचलन*
4.	*बाइस्पेक्ट्रम का औसत परिमाण* (MMOB)[*10*] (Mean magnitude of Bispectrum)	$MMOB = \frac{1}{L}\sum_\Omega \lvert B(f_1,f_2)\rvert$ L *क्षेत्र* Ω *बिंदुओं की संख्या है*
5.	f*1आवृत्ति के लिए बाइस्पेक्ट्रम का भारित केंद्र* [*11*] (Weighted Center of Bispectrum WCOB for f *1* frequency)	$WCOB = \sum_\Omega iB(i,i) / \sum_\Omega B(i,i)$
6.	f*2आवृत्ति के लिए बाइस्पेक्ट्रम का भारित केंद्र* [*11*](Weighted Center of Bispectrum WCOB for f*2* frequency)	$WCOB = \sum_\Omega jB(j,j) / \sum_\Omega B(j,j)$
7.	*बाइस्पेक्ट्रम के लघुगणकीय आयामों का योग* (SOLA)[*11*] (Sum of logarithmic amplitudes of Bispectrum)	$SOLA = \sum_\Omega \log(B\lvert f_1,f_2\rvert)$
8.	*विकर्ण तत्वों के लघुगणकीय आयामों का योग* d *1* (SOLADE)[*11*](Sum of logarithmic amplitudes of diagonal elements d *1*)	$SOLADE(d1) = \sum_\Omega \log(B\lvert d_1,d_1\rvert)$
9.	*विकर्ण तत्वों के लघुगणकीय आयामों का योग* d2 (SOLADE)[*11*] (Sum of logarithmic amplitudes of diagonal elements d2)	$SOLADE(d2) = \sum_\Omega \log(B\lvert d_2,d_2\rvert)$
10.	*विकर्ण तत्वों के लघुगणकीय आयामों का योग* d*3* (SOLADE)[*11*] (Sum of logarithmic amplitudes of diagonal elements d *1*)	$SOLADE(d3) = \sum_\Omega \log(B\lvert d_3,d_3\rvert)$
11.	d *1 का पहला क्रम वर्णक्रमीय क्षण* (FOSM)[*11*] (First order Spectral Moment of d *1*)	$FOSM(d1) = \sum_{k=1}^{N} k\log\lvert B(d_1,d_1)\rvert$
12.	d*2 का पहला क्रम वर्णक्रमीय क्षण* (FOSM)[*11*] (First order Spectral Moment of d*2*)	$FOSM(d2) = \sum_{k=1}^{N} k\log\lvert B(d_2,d_2)\rvert$

13.	D*3का पहला क्रम वर्णक्रमीय क्षण* (FOSM)[*11*] (First order Spectral Moment of d*3*)	$FOSM(d३) = \sum_{k=१}^{N} klog\lvert B(d_३, d_३)\rvert$
14.	d*1 का दूसरा क्रम वर्णक्रमीय क्षण* (SOSM) [*11*] (Second order Spectral Moment of d *1*)	$SOSM(d१) = \sum_{k=१}^{N} (k - FOSM)^२ log\lvert B(d_१, d_१)\rvert$
15.	d*2 का दूसरा क्रम वर्णक्रमीय क्षण* (SOSM) [*11*] (Second order Spectral Moment of d*2*)	$SOSM(d२) = \sum_{k=१}^{N} (k - FOSM)^२ log\lvert B(d_२, d_२)\rvert$
16.	d*3 का दूसरा क्रम वर्णक्रमीय क्षण* (SOSM) [*11*] (Second order Spectral Moment of d*3*)	$SOSM(d३) = \sum_{k=१}^{N} (k - FOSM)^२ log\lvert B(d_३, d_३)\rvert$
17.	d*1 के विकर्ण तत्वों के आयामों का योग* (Sum of amplitudes of diagonal elements of d *1*)	$sum(d१) = \sum_{i=0}^{n} d१_i$
18.	d*2 के विकर्ण तत्वों के आयामों का योग* (Sum of amplitudes of diagonal elements of d*2*)	$sum(d२) = \sum_{i=0}^{n} d२_i$
19.	d*3 के विकर्ण तत्वों के आयामों का योग* (Sum of amplitudes of diagonal elements of d*3*)	$sum(d३) = \sum_{i=0}^{n} d३_i$
20.	d *1 के सरल वर्ग अभिन्न* (SSI) [*12*]	$SSI(d१) = \sum_{n=१}^{N} \lvert d१_n^२\rvert$
21.	d*2 के सरल वर्ग अभिन्न* (SSI) [*12*]	$SSI(d२) = \sum_{n=१}^{N} \lvert d२_n^२\rvert$
22.	d*3 के सरल वर्ग अभिन्न* (SSI) [*12*]	$SSI(d३) = \sum_{n=१}^{N} \lvert d३_n^२\rvert$
23.	d *1 विकर्ण तत्वों का मूल माध्य वर्ग* (Root mean square of d *1* diagonal elements)	$rms\ (d१) = sqrt(\frac{१}{N}\sum_{n=१}^{N} d१_n{}^२)$
24.	d*2 विकर्ण तत्वों का मूल माध्य वर्ग* (Root mean square of d*2* diagonal elements)	$rms\ (d१) = sqrt(\frac{१}{N}\sum_{n=१}^{N} d२_n{}^२)$
25.	d*3 विकर्ण तत्वों का मूल माध्य वर्ग* (Root mean square of d*3* diagonal elements)	$rms\ (d१) = sqrt(\frac{१}{N}\sum_{n=१}^{N} d३_n{}^२)$
26.	d *1 का प्रसरण* (Variance (VAR) of d *1*)[*12*] [*13*]	$VAR\ (d१) = \frac{१}{N-१}\sum_{n=१}^{N} d१_n^२$
27.	d*2 का प्रसरण* (Variance (VAR) of d*2*)	$VAR\ (d२) = \frac{१}{N-१}\sum_{n=१}^{N} d२_n^२$
28.	d*3 का प्रसरण* (Variance (VAR) of d*3*)	$VAR(d३) = \frac{१}{N-१}\sum_{n=१}^{N} d३_n^२$
29.	d *1 का प्रसरण* V*3 क्रम* (Var V*3* order of d *1*)	$V३(d१) = \left(\frac{१}{N}\sum_{i=१}^{N} d१_i^२\right)^{\frac{१}{२}}$

30.	d*2 का प्रसरण* V*3 क्रम* (Var V*3* order of d*2*)	$V३(d२) = \left(\frac{१}{N}\sum_{i=१}^{N} d२_i^३\right)^{\frac{१}{३}}$
31.	D*3 का प्रसरण* V*3 क्रम* (Var V*3* order of d*3*)	$V३(d३) = \left(\frac{१}{N}\sum_{i=१}^{N} d३_i^३\right)^{\frac{१}{३}}$
32.	d *1 का लॉग डिटेक्ट* (Log Detector (LOG) of d *1*)	$LOG = e^{\frac{१}{N}\sum_{n=१}^{N}\log\lvert d१_n\rvert}$
33.	d*2 का लॉग डिटेक्ट* (Log Detector (LOG) of d*2*)	$LOG = e^{\frac{१}{N}\sum_{n=१}^{N}\log\lvert d२_n\rvert}$
34.	d*3 का लॉग डिटेक्ट* (Log Detector (LOG) of d*3*)	$LOG = e^{\frac{१}{N}\sum_{n=१}^{N}\log\lvert d३_n\rvert}$
35.	*बाइस्पेक्ट्रम -परिमाण परिवर्तनशीलता* (Bispectrum-magnitude variability)	$A_{var} = \frac{१}{L}\sum_{\Omega}\lvert B(f_१, f_२)\rvert - MMOB$

IV. दोष वर्गीकरण

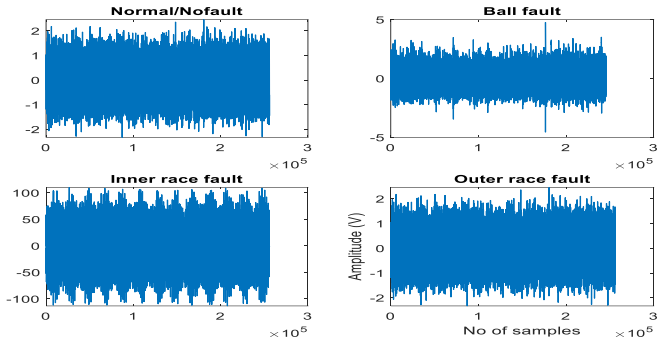
कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क में तीन परतें होती हैं- इनपुट, छिपी और एक आउटपुट परत। वे मस्तिष्क के कार्य पर आधारित होते हैं और जटिल पैटर्न को मॉडलिंग करने और दोषों को वर्गीकृत करने में बहुत सहायक होते हैं। उनका उपयोग पैटर्न पहचान, छवि प्रसंस्करण, भाषण मान्यता और पूर्वानुमान के लिए किया जाता है। इस पेपर में, एक इनबिल्ट पैटर्न रिकग्निशन न्यूरल नेटवर्क जिसे पैटर्नेट कहा जाता है, उसका उपयोग बेयरिंग फॉल्ट को वर्गीकृत करने के लिए किया गया है। यहां, निकाले गए विशेषताओं का वर्गीकरण के लिए एक कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क (ए.एन.एन) के माध्यम से उन्हें वर्गीकृत किया गया है। तंत्रिका नेटवर्क का ब्लॉक आरेख चित्र 5 में दिखाया गया है । इसमें इनपुट परत में 35 इनपुट नोड और हिडन परत में 10 नोड हैं। यहां एक छिपी हुई परत का उपयोग किया जाता है। चार दोषों को वर्गीकृत किया जाना है, इसलिए आउटपुट परत में चार नोड हैं।



चित्र 5. तंत्रिका नेटवर्क का ब्लॉक आरेख

IV. परिणाम और चर्चा

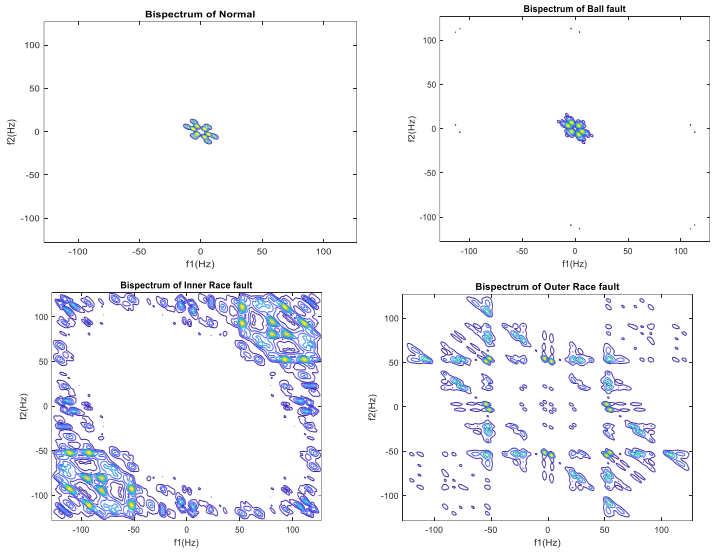
इस लेख में उपयोग किए गए डेटा सी.एस.आई.आर-एन.ए.एल बेयरिंग परीक्षण रिंग पर 40 किलो भार और 1500 आर.पी.एम की घूर्णन गति के साथ एकत्र किये गए हैं । बेयरिंग टेस्ट के दौरान चार अलग-अलग सिग्नल प्राप्त किए गए हैं, जैसे सामान्य डेटा (बिना दोष के), बॉल डिफेक्ट डेटा, इनर रेस फॉल्ट डेटा और आउटर रेस फॉल्ट डेटा। इन दोषों के कच्चे संकेतों को चित्र 6 में दिखाया गया है।



चित्र 6. नॉर्मल/नो फॉल्ट, बॉल फॉल्ट, इनर फॉल्ट और आउटर फॉल्ट का कच्चा डेटा

इन कच्चे कंपन संकेतों को बिना किसी अधिव्यापन के 256 नमूनों में विभाजित किया गया है, और फिर इन संकेतों के बाइस्पेक्ट्रम की गणना HOSA टूलबॉक्स [12] का उपयोग करके किया गया है । सामान्य फॉल्ट, बॉल फॉल्ट, इनर रेस फॉल्ट और आउटर रेस फॉल्ट का बाइस्पेक्ट्रम, चित्र 7 में दिखाया गया है। फीचर नंबर 2 और 6 के एरर बार प्लॉट्स को चित्र 8 में दिखाया गया है, जो y-अक्ष पर माध्य ± एस.टी.डी विचलन और x-अक्ष पर दोषों को दर्शाता है। चित्र 8 से यह देखा जा सकता है कि अलग-अलग दोषों के लिए फीचर दो का माध्य ± एस.टी.डी एक दूसरे पर ओवरलैपिंग कर रहा है, जबकि फीचर 6 के लिए यह देखा जा सकता है कि विभिन्न दोषों का माध्य ± एस.टी अधिव्यापन नहीं कर रहा है। इसका मतलब है कि फीचर नंबर 2 की तुलना में फॉल्ट वर्गीकरण के लिए यह एक उत्कृष्ट विशेषता है। अधिव्यापन के साथ भी, ए.एन.एन दोषों को पूरी तरह से वर्गीकृत कर सकता है। इससे पता चलता है कि ए.एन.एन नमूना का बहुत अच्छी तरह से समस्वरण किया गया है।

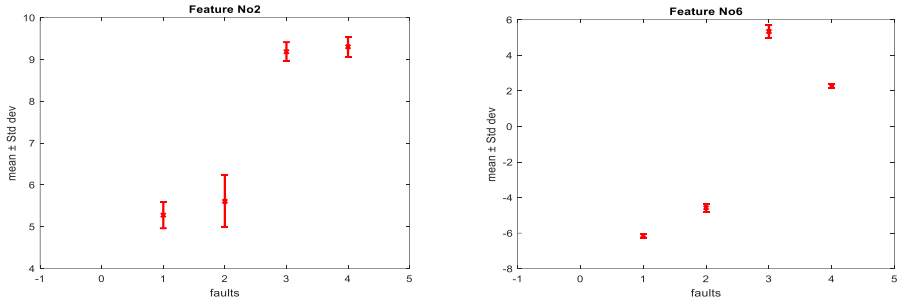
नेटवर्क के प्रदर्शन का मूल्यांकन करने के कई तरीके हैं। कन्फ्यूजन मैट्रिक्स उन मैट्रिक्स में से एक है जो नमूना के प्रदर्शन को दर्शाता है। यह एक NxN मैट्रिक्स है, जहां N आउटपुट की संख्या है।



चित्र 7. सामान्य, बॉल फॉल्ट, इनर रेस फॉल्ट और आउटर रेस फॉल्ट का बाइस्पेक्ट्रम

यह मैट्रिक्स तंत्रिका नेटवर्क नमूना द्वारा अनुमानित आउटपुट के साथ वास्तविक आउटपुट की तुलना करता है। यह इस बात का पूरा दृश्य देता है कि वर्गीकरण नमूने ने कितना अच्छा प्रदर्शन किया है। इस पेपर में चूंकि चार लक्ष्य/आउटपुट हैं, कन्फ्यूजन मैट्रिक्स एक 4x4 मैट्रिक्स है जो चित्र 9 में दिखाया गया है। हरे रंग में विकर्ण तत्व प्रतिशत में सही ढंग से वर्गीकृत मान दिखाते हैं, और गुलाबी रंग तत्व गलत वर्गीकृत मान दिखाते हैं । यह देखा

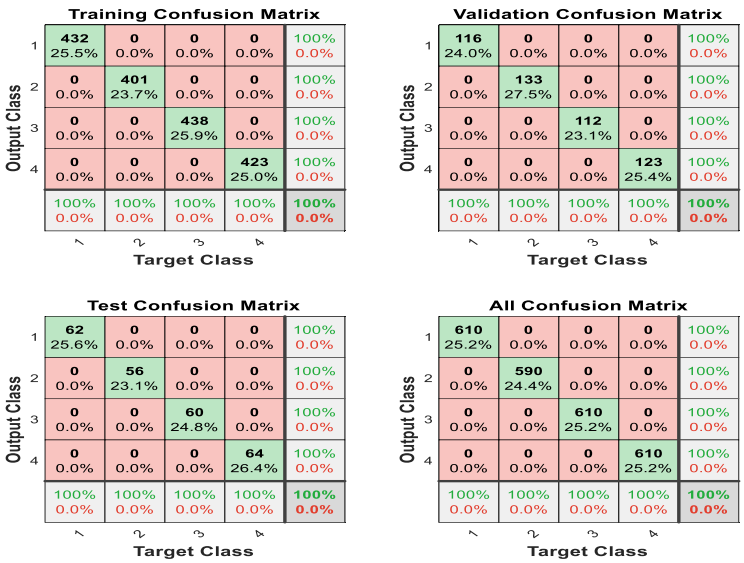
जा सकता है कि प्रशिक्षण, सत्यापन और परीक्षण डेटासेट के लिए, 100% की सटीकता प्राप्त की गयी है। साथ ही, समग्र प्रदर्शन कन्फ्यूजन मैट्रिक्स द्वारा दिखाया गया है, जो कि 100% है। रिसीवर ऑपरेटिंग विशेषता (आर.ओ.सी) वक्र नमूना के प्रदर्शन को दिखाने का एक और तरीका है। यह एक ग्राफ है जो सभी वर्गीकरण थ्रेसहोल्ड पर मॉडल के प्रदर्शन को दर्शाता है। चित्र 10 इस कार्य में प्राप्त आर.ओ.सी वक्र को दर्शाता है। सभी मान प्लॉट के चरम बाईं ओर स्थित हैं, जो अधिकतम प्रदर्शन दिखाता है और वक्र के नीचे का क्षेत्र 1 है। नमूना का प्रदर्शन, प्रदर्शन प्लॉट चित्र 11 में दिखाया गया है। यह प्रशिक्षण, सत्यापन और परीक्षण डेटासेटके प्रदर्शन को दर्शाता है। यह देखा



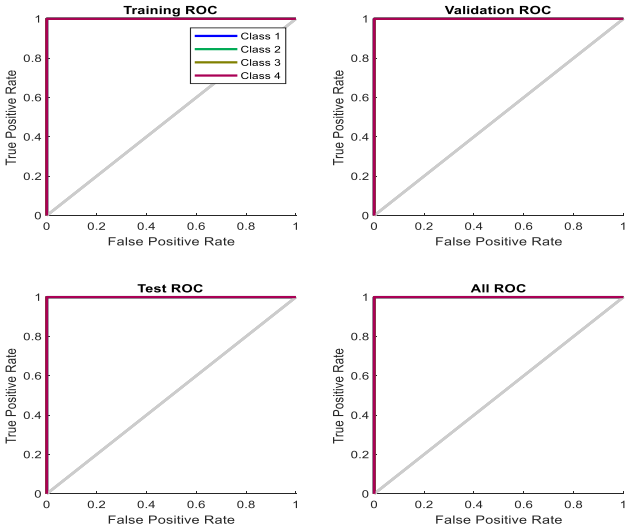
चित्र 8. त्रुटि प्लॉट माध्य +/- दोषों का मानक विचलन (1-सामान्य, 2-गेंद दोष, 3- आंतरिक दौड़ दोष और 4-बाहरी दौड़ दोष) दिखा रहा है

गया है कि जैसे-जैसे युगों की संख्या बढ़ती है, क्रॉस एन्ट्रापी कम होती जाती है। यहां, 54 के युग में 5 .4577 e-08 के रूप में सबसे अच्छा सत्यापन प्रदर्शन हासिल किया गया है। नमूनाओवरफिटिंग से बचने के लिए एक बिंदु से आगे प्रशिक्षण नहीं लेता है।

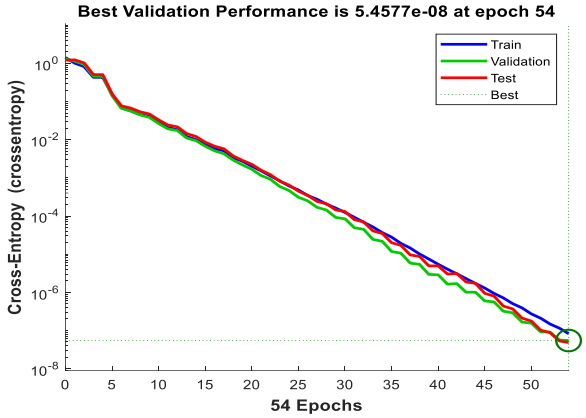
प्रशिक्षण, सत्यापन और परीक्षण डेटा के लिए 20 बिन्स के साथ त्रुटि मान दिखाने वाला हिस्टोग्राम चित्र 12 में दिखाया गया है। इसने -1.7e-05 की अधिकतम त्रुटि उत्पन्न की है जो शून्य त्रुटि मान के बहुत करीब है।



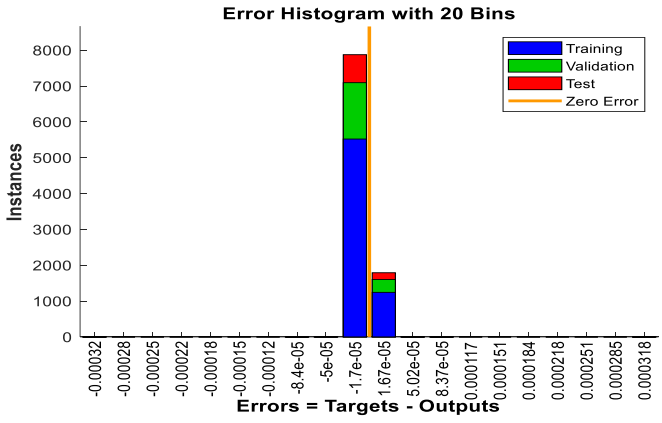
चित्र 9. प्रशिक्षण, सत्यापन, परीक्षण और डेटा सेट के समग्र प्रदर्शन के लिए कन्फ्यूशन मैट्रिक्स



चित्र 10. आर.ओ.सी वक्र चार दोषों के लिए



चित्र 11. प्रदर्शन प्लॉट



चित्र 12. त्रुटि हिस्टोग्राम का प्लॉट

निष्कर्ष

इस लेख में, हमने फॉल्ट डिटेक्शन को प्रभावित करने के लिए एक बाइस्पेक्ट्रम आधारित दोष वर्गीकरण पद्धति का विवरण दिया है। पैंतीस सांख्यिकीय और उच्च-क्रम की विशेषताओं को बेयरिंग कंपन संकेत के बाइस्पेक्ट्रम से निकाला गया है। इन सुविधाओं को बेयरिंग दोष वर्गीकरण के लिए ए.एन.एन का उपयोग करके संसाधित किया गया था और 100% सटीकता हासिल की गयी है। कुल मिलाकर यह बहुत स्पष्ट है कि बाइस्पेक्ट्रल विश्लेषण दोष वर्गीकरण को प्रभावित करने के लिए एक कुशल तरीका है।

संदर्भ

1. ए. डी. नेम्बहार्ड, जे. सिन्हा, ए. पिंकर्टन, और के. एल्भाह "कण्डीशन मॉनीटरिंग ऑफ़ रोटेटिंग मशीन्स यूसिंग वाइब्रेशन अंड बेयरिंग टेम्परेचर्स ", अक्टूबर, 2014
2. जेड ली , एक्स यान , सि युआन, जे झा ओऔर जेड पेंग, "फॉल्ट डिटेक्शन एंड डायग्नोसिस ऑफ़ ए गियरबॉक्स इन मरीन प्रोपल्शन सिस्टम्स यूजिंग बाइस्पेक्ट्रम एनालसिस एंड आर्टिफिशियल न्यूरल नेटवर्क्स," जे. मार्च सय. एपल, वॉल्यूम। 10, पीपी. 17–24, 2011.
3. जे. गुओ, जेड. शि, एच. ली , डी. झेन, एफ. गु., और ए. डी. बॉल, "एअरली फाल्ट डायग्नोसिस फॉर प्लेनेटरी गेयरबॉक्स बेस्ड वेवलेट पेकेट एनर्जी अंड मॉड्यूलेशन सिग्नल बईस्पेक्ट्रम एनलसिस", doi: 10.3390/s18092908.
4. आर. झांग, के.सी. वांग, एल. वू, और एच. गाओ,"नोवेल फॉल्ट डायग्नोसिस अप्रोच फॉर रोलिंग-एलिमेंट बेयरिंग्स बेस्ड ऑन बाइस्पेक्ट्रम एनालसिस,," सेंसर मेटर।, खंड 34, संख्या 2, पीपी 764 –778, 2022.
5. सी. ग्रोवर और एन. तुर्क, "ए नोवेल फॉल्ट डायग्नोस्टिक सिस्टम फॉर रोलिंग एलिमेंट बेयरिंग्स यूसिंग डीप ट्रांसफर लर्निंग ऑन बाइस्पेक्ट्रम कॉन्टूर मेप्स," इंजी. विज्ञान। प्रौद्योगिकी। एक इंट। जे। खंड 31, पीपी 101049, 2022, doi: 10.1016./j.jestch.2021.08.006.
6. जी. वांग, एफ. गु., आई. रिहैब, ए. बॉल, और एल. ली, "ए स्पैरस मॉड्यूलेशन सिग्नल बाइस्पेक्ट्रम एनालसिस मेथड फॉर रोलिंग एलीमेंट बेयरिंग डायग्नोसिस," मैथ। समस्या। इंजी।, खंड 2018, 2018, doi: 10.1155 /2018 /2954094
7. एफ. गु, वाई. शो , एन. हू, बी. फजेंडा, और ए. बॉल, "मोटर करंट सिग्नल एनालिसिस यूजिंग ए मॉडिफाइड बाइस्पेक्ट्रम फॉर मशीन फॉल्ट डायग्नोसिस," आईसीसीएएस-एसआईसीई 2009 - आईसीआरओएस-एसआईसीई इंट। संयुक्त। कॉन्फ। 2009, प्रोक।, संख। सितंबर, पीपी 4890 – 4895, 2009.
8. एस. ए. बेरैह, वाई. एन. ई. बाकेक, और एस. एम. ई. ए. देब्बाल, "प्रिलिमिनारी स्टडी इन द एनालसिस ऑफ़ द सिवरिटी ऑफ़ कार्डियाक पेथोलोजीस यूसिंग द हयर ऑर्डर स्पेक्ट्रा ऑन द हारट- बीट्स सिग्नल्स," पोलिश जे. मेड। भौतिक। इंजी।, खंड। 27, संख।1, पीपी. 73-85 2021, doi: 10.2478/pjmpe-2021-0010.
9. जे जिन एट अल।, "बाइस्पेक्ट्रम बेस्ड चॅनेल सेलेक्शन फॉर मोटर इमेजरी बेस्ड ब्रैन-कंप्यूटर इंटरफेसिंग" आईईईई ट्रांस। तंत्रिका सिस्ट। पुनर्वास। इंजी।, खंड। 28, संख। 10, पीपी 2153–2163, 2020, doi: 10.1109/TNSRE.2020.3020974 .
10. एम. मिश्रा, एस. प्रतिहार, एस. बनर्जी, और ए. मुखर्जी, "ग्रेडिंग हार्ट साउंड्स थ्रू वेरिएशनल मोड डीकंपोजिशन एंड हायर ऑर्डर स्पेक्ट्रल फीचर्स," । *2 एम् टी स* 2018 - 2018 आईईईई इंट । साधन। उपाय। प्रौद्योगिकी। कॉन्फ। डिस्कोव। न्यू होरिज़िनस इंस्ट्रुमेंट। उपाय। प्रोक।, संख। फरवरी 2020, पीपी. 1–5, 2018, doi: 10.1109/I 2 एम् टी स.2018. 8409620.
11. बी. दास, एम. तालुकदार, आर. सरमा, और एस. एम. हजारिका, "मल्टीपल फ़ीचर एक्सट्रैक्शन ऑफ़ इलेक्ट्रोएन्सेफलोग्राफ सिग्नल फॉर मोटर इमेजरी क्लासिफिकेशन थ्रू बईस्पेक्ट्रल एनालसिस," प्रोसेडिया

कंप्यूट। विज्ञान।, खंड। 84, पीपी।192 –197, 2016
12. https://labcit.ligo.caltech.edu/~rana/mat/HOSA/ 27 अक्टूबर 2022 को एक्सेस किया गया था

लेखक परिचय:



अंजू शर्मा, CSIR-राष्ट्रीय एयरोस्पेस प्रयोगशालाओं में एन टी ए एफ (राष्ट्रीय ट्राइसोनिक एरोडायनामिक सुविधा) विभाग के इंस्ट्रुमेंटेशन और नियंत्रण में एक प्रधान वैज्ञानिक के रूप में कार्यरत हैं। उन्होंने इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार में बी ई और आईआईटी बॉम्बे से डायनेमिक्स एंड कंट्रोल्स (एयरोस्पेस इंजीनियरिंग) में एम.टेक प्राप्त किया है। वह वर्तमान में AcSIR (एकेडमिक काउंसिल ऑफ साइंटिफिक एंड इनोवेटिव रिसर्च) से पीएचडी कर रही हैं। उनकी शोध रुचियां इंस्ट्रुमेंटेशन, कंडीशन मॉनिटरिंग और डिजिटल सिग्नल प्रोसेसिंग हैं।

अंतरिक्ष अन्वेषण में कृत्रिम बुद्धिमत्ता की झलक

महिमा एस., तकनीकी अधिकारी – सी , श्रीजा जे.जे, दीपक मिश्रा
सॉफ्टवेयर सहायता ग्रुप
भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान

सारांश

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (ए.आइ.) का प्रभाव अंतरिक्ष में पहले से ही उच्च प्रासंगिकता का विषय बन गया है। इसकी संभावनाएं अंतरिक्ष क्षेत्र के लिए कई तरह के अवसर प्रदान करती है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता हमें परंपरागत कंप्यूटिंग की तुलना में तेज़ी से समस्याओं को हल करने में सक्षम बनाता है। दुनिया भर के संगठन बेहतर निर्णय लेने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता की सहायता ले रहे हैं। यह लेख अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के अवसरों को उजागर करने का प्रयास करता है।

मुख्य शब्द- कृत्रिम बुद्धिमत्ता, यंत्र अधिगम, अंतरिक्ष, अन्वेषण

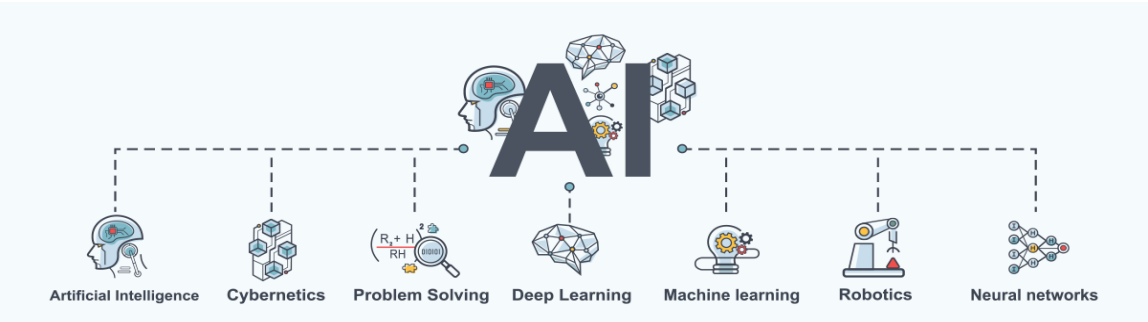
1. प्रस्तावना

भारतीय अंतरिक्ष उद्योग जीवंत एवं आत्मनिर्भर है तथा अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में अग्रणी देशों में से एक है। इस क्षेत्र में अंतरिक्ष विभाग एवं इसरो बेहद सक्रिय रहे हैं और भारतीय अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के विकास के लिए उनके पास महत्वाकांक्षी योजनाएं भी हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता अंतरिक्ष यात्राओं एवं अंतरिक्ष अन्वेषण में एक महत्वपूर्ण घटक है। यह ब्रह्मांड की घटनाओं, तंत्र नियंत्रण, ब्लैक होल एवं विश्लेषण जैसे कार्य करने में सहायता प्रदान करता है, जिसे मानव अंतरिक्ष में नहीं कर सकते।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (ए.आइ.) यंत्रों में मानव बुद्धिमत्ता का अनुकरण करती है । इसे मनुष्यों की तरह सोचने एवं उनके कार्यों की नकल करने के लिए प्रोग्राम किया जाता है। इस शब्द को अध्ययन एवं समस्या- निरूपण जैसे मानव मस्तिष्क से जुड़े लक्षण दर्शाने वाले किसी भी यंत्र पर लागू किया जा सकता है।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता का सबसे बडा लाभ उसका स्वचालन है, जिसका उद्योगों पर काफी महत्वपूर्ण प्रभाव है । स्वचालन का उपयोग उत्पादकता में सुधार एवं उत्पादन बढ़ाने के लिए किया जाता है तथा यह सामग्रियों के कुशल उपयोग को बढ़ाकर समय को बचाता है। स्वचालन में कृत्रिम बुद्धिमत्ता अधिक महत्वपूर्ण या जटिल कार्यों को करने के लिए और संसाधनों को सुव्यवस्थित करने में सहायक होती है।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता की सबसे बड़ी विशेषता उसकी युक्ति संगतता एवं उन कार्यों को करने की क्षमता है, जिससे किसी विशिष्ट लक्ष्य को प्राप्त किया जा सकता है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता का एक सबसे बड़ा उपसमुच्चय, यंत्र अधिगम (एम.एल.) है, जो इस अवधारणा को संदर्भित करता है कि कंप्यूटर प्रोग्राम मानव की सहायता के बिना स्वचालित रूप से सीख भी सकता है और नए डेटा का अनुकूलन भी कर सकता है।



चित्र 1: कृत्रिम बुद्धिमत्ता और यंत्र अधिगम

2. अंतरिक्ष में यंत्र अधिगम का कार्यक्षेत्र

कृत्रिम बुद्धिमत्ता की उन्नति से हम सभी प्रकार के विषयों में प्रगति पा सकते हैं और ये इस ग्रह के अनुप्रयोगों तक ही सीमित नहीं हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता ने अज्ञात आकाशगंगाओं, सितारों, ब्लैक होल, ब्रह्मांड की घटनाओं के अध्ययन, के साथ ही संचार, स्वायत्त स्टारक्राफ्ट नौसंचालन, निगरानी एवं तंत्र नियंत्रण जैसे अंतरिक्ष अन्वेषण में अपनी क्षमता को साबित किया है ।

इसरो कृत्रिम बुद्धिमत्ता के साथ अंतरिक्ष अभियानों को भी बढ़ावा देता है। इसरो में कृत्रिम बुद्धिमत्ता कार्यान्वयन ने इसे चंद्रयान 2, बहु वस्तु अनुवर्तन रेडार, प्रतिबिंब संसाधन एवं प्रतिरूप अभिज्ञान, वन संरक्षण के लिए मॉनिटरन प्रणाली एवं स्वायत्त रूप से नौसंचालन करने वाले रोबोट को शिखर तक पहुंचने में सक्षम बनाया है।

मिशन के अभिकल्पन से लेकर पृथ्वी की कक्षा के मलबे को साफ करने तक का काम कृत्रिम बुद्धिमत्ता कर सकती है। यहाँ कृत्रिम बुद्धिमत्ता के कुछ उदाहरण दिए गए हैं, जो अंतरिक्ष में आगे बढ़ने में हमारी मदद कर सकती है।

3. अंतरिक्ष अन्वेषण में कृत्रिम बुद्धिमत्ता

3.1 अंतरिक्षयात्री के सहायक एवं रोबोट

शोधकर्ता, अंतरिक्ष यात्रियों की सहायता करने के लिए प्रज्ञ सहायकों पर काम कर रहे हैं। ये कृत्रिम बुद्धिमत्ता-आधारित सहायक, अंतरिक्ष अन्वेषण के लिए अविश्वसनीय रूप से उपयोगी हो सकते हैं। वे लंबे अंतरिक्ष मिशनों में किसी भी खतरे का पता लगा सकते हैं, जैसे कि अंतरिक्ष यान के वातावरण में परिवर्तन, कार्बन डाईऑक्साइड में वृद्धि या एक संवेदक की खराबी, जो संभावित रूप से हानिकारक हो सकती है। इसके बाद यह चालक दल को निरीक्षण के लिए सुझावों के साथ सचेत करता है। डॉकिंग, अंतरिक्ष यान नौसंचालन जैसे भौतिक कार्यों को पूरा करने के लिए भी रोबोट सहायक हो सकते हैं।

'सिमोन' नामक एक कृत्रिम बुद्धिमत्ता सहायक को दिसंबर 2019 को अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आइ.एस.एस.) में भेजा गया था, जहाँ इसका तीन सालों से परीक्षण किया जा रहा है। धीरे-धीरे, सिमोन का उपयोग अंतरिक्ष यात्रियों के तनाव को कम करने के लिए भी किया जाएगा ।



चित्र 2: 'सिमोन' अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन पर अंतरिक्ष यात्रियों की सहायता करेगा

इसरो का 'व्योममित्र' एक महिला जैसे दिखने वाली अंतरिक्ष यात्री ह्यूमनॉइड रोबोट है, जिसे माइक्रोग्रैविटी प्रयोग करने, मॉड्यूल मापदंडों की निगरानी करने और कृत्रिम बुद्धिमत्ता कलन विधि का उपयोग करके मानव की तरह सटीक कार्यों का अनुकरण करके चालक दल मिशनों में अंतरिक्ष यात्रियों का समर्थन करने के लिए विकसित किया जा रहा है।



चित्र 3: व्योमित्रा

3.2 उपग्रह डेटा संसाधन

पृथ्वी प्रेक्षण उपग्रह अधिक मात्रा में डेटा उत्पन्न करते हैं। यह भू-स्टेशनों द्वारा लंबी अवधि में टुकड़ों में प्राप्त किया जाता है और इसका विश्लेषण करने से पहले इसे एक साथ एकत्रित करना पड़ता है। जबकि बहुत छोटे पैमाने पर बुनियादी उपग्रह प्रतिबिंब विश्लेषण करने के लिए कुछ क्राउडसोर्सिंग परियोजनाएं हैं, विस्तृत उपग्रह डेटा विश्लेषण के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता हमारी सहायता कर सकती है।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता विशाल मात्रा में प्राप्त डेटा को प्रभावी तरीके से संसाधित करती है। डेटा संसाधन के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग स्वयं उपग्रह भी कर सकता है। हाल में हुए अनुसंधान में, वैज्ञानिकों ने सुदूर उपग्रह स्वास्थ्य निगरानी प्रणाली के लिए विभिन्न कृत्रिम बुद्धिमत्ता तकनीकों का परीक्षण किया है। यह उपग्रहों से प्राप्त डेटा से किसी भी समस्या का पता लगाने, उपग्रह प्रदर्शन का पूर्वानुमान करने एवं निर्णय लेने के लिए एक दृश्य भी प्रस्तुत करने में सक्षम है। आइ.आइ.एस.टी. में, संरचनात्मक स्वास्थ्य मॉनिटरन में गहन अध्ययन द्वारा प्राप्त संकेतों का पूर्वानुमान करके प्रभावी कार्य किए जाते हैं, जिससे हस्त निर्मित इंजीनियरी लक्षण निष्कर्षण द्वारा दूर किया जा सकता है।

3.3 उपग्रहों एवं अंतरिक्षयानों का विकास

उपग्रहों एवं अंतरिक्षयानों का निर्माण कार्य कठिन है। निर्माण प्रक्रिया में कई बार पुनरावृत्ति प्रवर्तन शामिल हैं, जिसमें उच्च परिशुद्धता की आवश्यकता होती है। इसके अलावा, सूक्ष्म जीव रूपों द्वारा भावी तंत्रों के तत्वों के संभावित संदूषण से बचने के लिए उनमें से अधिकांश प्रवर्तन अलग कमरों में किया जाना चाहिए। हाल ही में, अंतरिक्ष यान का संयोजन करते समय, कंपनियों ने मनुष्य संपर्क को कम करने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता कलन विधि पर आधारित सिस्टम का उपयोग शुरू किया है। जैविक संदूषण की संभावना को दूर करने के अलावा, कृत्रिम बुद्धिमत्ता के उपयोग से उत्पादन प्रक्रियाओं में काफी वृद्धि ला सकती है। इसके अतिरिक्त, कृत्रिम बुद्धिमत्ता तंत्र, नियमित रूप से प्रवर्तनों के प्रदर्शन का मूल्यांकन करता है, जिसका परिणाम बहुत सारी प्रक्रियाओं के अनुकूलन करने में सहायता प्रदान करता है। मानवी घटक को दूर करना भी उत्पादन में उत्पादकता बढ़ाने के लिए उतना ही महत्वपूर्ण है।

3.4 डेटा संग्रह

कृत्रिम बुद्धिमत्ता स्वचालन, गहन अंतरिक्ष अन्वेषक, भू-प्रेक्षण अंतरिक्ष यान एवं रोवर जैसे वैज्ञानिक मिशनों से बड़ी मात्रा में एकत्रित डेटा का अनुकूलन करने में सहायक होगा। यह इस डेटा का मूल्यांकन करने और इसे अंतिम उपभोक्ताओं को वितरित करने में भी सहायता करेगा।

अंतरिक्ष यान पर कृत्रिम बुद्धिमत्ता स्थापित करने से, डेटासेट एवं मानचित्र बनाना संभव होगा, क्योंकि कृत्रिम बुद्धिमत्ता स्वतः ज्वालामुखीय गतिविधि से धुआं निकलना जैसे विशेष पैटर्न से सामान्य मौसम पैटर्न जैसे सामान्य विशेषताओं को खोज कर वर्गीकृत कर सकती है।

3.5 नौसंचालन तंत्र

पृथ्वी पर, हम गूगल मानचित्र जैसे उपकरणों के अभ्यस्त हैं, जो जी.पी.एस. या अन्य नौसंचालन तंत्र का उपयोग करते हैं। किंतु अन्य अपार्थिव पिंड के लिए ऐसी कोई व्यवस्था नहीं है।

जैसा कि हमने पर्सिवरेंस के मंगल ग्रह पर आगमन के दौरान देखा कि भू - संचालन संचार क्षमताएं अंतरिक्ष यानों की निरंतर मानव निगरानी एवं संचालन की अनुमति नहीं देता है। नौसंचालन में स्वायत्तता अंतरिक्षयान को अंतरतारकीय अंतरिक्ष के माध्यम से यात्रा करने और दूरस्थ खगोलीय पिंडों पर पहुंचने एवं उतरने के लिए जटिल युक्तिचालन करने की अनुमति देता है। गहन अंतरिक्ष में संचार में अंतराल के कारण भू-तल से वास्तविक काल में अंतरिक्ष यान को नियंत्रित करने के लिए मानव हस्तक्षेप संभव नहीं है। चूँकि अंतरिक्षयान ऐसी स्थितियों में आदेशों की प्रतीक्षा नहीं कर सकता है जिसके लिए तत्काल निर्धारण की आवश्यकता होती है, इसलिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता एवं यंत्र अधिगम सुविधाओं का उपयोग करके अंतरिक्षयान का प्रभावी मार्गदर्शन किया जा सकता है। इससे मानव घटकों को अन्य मिशन गतिविधियों के उपयोग में लाया जा सकता है।

3.6 मिशन कार्यनीति

तंत्र को या तो जटिल योजना की या अधिक मात्रा में जनशक्ति की आवश्यकता होती है, इसलिए इंजीनियर एवं वैज्ञानिक कृत्रिम बूद्धिमत्ता की सहायता लेने के बारे में सोच-विचार कर रहे हैं।

अंतरिक्षयान को पिछले डेटा एवं पर्यावरण के आधार पर विशिष्ट कार्यों के अनुरूप आदेशों को निष्पादित करने के तरीकों को स्वायत्त रूप से निर्धारित करने के लिए प्रोग्राम किया जा सकता है।

3.7 स्वायत्त रोवर

नासा के स्वायत्त रोवर सबसे महत्वपूर्ण कृत्रिम बुद्धिमत्ता अनुप्रयोगों में से एक हैं। ये रोवर वर्तमान में मंगल ग्रह की सतहों पर घूमते हैं और इन्हें सर्वोत्तम मार्गों की गणना करते समय मिशन नियंत्रण के बिना निर्णय लेना है और बाधाओं से बचना है। मंगल ग्रह पर की गई कुछ सबसे महत्वपूर्ण खोजों के पीछे स्वायत्त रोवरों का हाथ है।

3.8 प्रणाली की निगरानी करना

किसी भी अन्य जटिल प्रणाली की तरह, उपग्रहों एवं अंतरिक्ष यानों में बहुत अधिक प्रणाली निगरानी की आवश्यकता होती है। संभावित समस्याओं की सूची के असंख्य विक्लप हैं, जो कि सबसे अधिक अनुमानित से आरंभ होकर सबसे असंभाव्य तक, कक्ष की लघु खराबी से लेखर संघटन तक हैं। कृत्रिम उपग्रहों की स्थिति की निगरानी के लिए, वैज्ञानिक उन प्रणालियों का उपयोग करते हैं जो सभी प्रकार के संवेदक के प्रदर्शन की लगातार निगरानी करते हैं। ऐसी प्रणालियाँ न केवल किसी भी समस्या के बारे में भू नियंत्रण को सूचित कर सकती हैं, बल्कि उन्हें स्वतंत्र रूप से हल भी कर सकती हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग अंतरिक्ष यान, अन्वेषकों और यहां तक कि रोवरों के नौसंचालन के लिए किया जा रहा है। विशेषज्ञों के अनुसार, इन उपकरणों को नियंत्रित करने के लिए इस्तेमाल की जाने वाली तकनीक उन प्रणालियों के समान है जो स्वायत्त वाहनों का चलन सुनिश्चित करता है। हमारे ग्रह के बाहर, कृत्रिम बुद्धिमत्ता विभिन्न मापदंडों को ट्रैक करने के लिए संवेदकों और मानचित्रों की एक प्रणाली के संयुक्त डेटा पर भी निर्भर करती है।

4. अंतरिक्ष अन्वेषण में कृत्रिम बुद्धिमत्ता का भविष्य

अगले आने वाले वर्षों में, नई उपग्रह प्रणालियों या नई सेवाओं के उद्भव के साथ अंतरिक्ष गतिविधियों में आमूल-चूल परिवर्तन होने की उम्मीद है, जिसमें कृत्रिम बुद्धिमत्ता एवं यंत्र अभिगम के योगदान को शामिल किया जाएगा। इसमें स्वयं निर्णय लेने की शक्ति के साथ स्वायत्त वस्तुओं से नवाचारों की एक विस्तृत श्रृंखला से लेकर अंतरिक्ष से बहुत बड़ी मात्रा में सूचना का दोहन करते हुए तेजी से परिष्कृत सेवाएँ शामिल हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता सितारों और सूरज तक पहुंचने में सहायता प्रदान कर सकता है और भी बहुत कुछ है जिसे खोजने की उम्मीद की जा सकती है। प्रभावी प्रगति के लिए, सार्वजनिक-निजी भागीदारी महत्वपूर्ण है, क्योंकि वैज्ञानिक संस्थानों से अधिक, उद्योग ही परीक्षण के लिए वैज्ञानिकों के साथ साझा किए गए कृत्रिम बुद्धिमत्ता और यंत्र अधिगम उपकरणों के विकास में निवेश करने में सक्षम हैं।

5. निष्कर्ष

कृत्रिम बुद्धिमत्ता एवं यंत्र अधिगम क्षमताएं, मिशन योजना तथा नौसंचालन में दक्षता पैदा करके तथा वैज्ञानिकों को गहन अंतरिक्ष की खोज करने में क्षमता प्रदान करके अंतरिक्ष उद्योग में महत्वपूर्ण प्रभाव डाल रही हैं। कार्यों का स्वचालन कृत्रिम बुद्धिमत्ता के उपयोग का मार्ग प्रशस्त करता है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता अंतरिक्ष यान को पूरी तरह से संज्ञानात्मक यंत्र बनने की क्षमता प्रदान करता है। भू - प्रणालियों पर निर्भर रहे बिना अपने वर्तमान वातावरण के आधार पर महत्वपूर्ण निर्णय लेने और आवश्यक कार्यों को करने के लिए सक्षम बनाता है। इससे मनुष्य मूल्यवान एवं अधिक जटिल अनुसंधान गतिविधियों पर अपना ध्यान केन्द्रित कर सकता है।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता न केवल खोज करने के लिए एक शक्तिशाली उपकरण बन रही है, बल्कि यह भावी अंतरिक्ष अभियानों की योजना बनाने में भी सहायता दे सकती है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता उपकरणों को ऑनबोर्ड एवं अंतरिक्ष मौसम का पूर्वानुमान, दोनों के लिए उपयोग किया जाना चाहिए।

6. आभार

इस लेख को तैयार करने में सॉफ्टवेयर सहायता ग्रुप के श्री. संजित आर. एस., तकनीकी सहायक को आभार व्यक्त करती हूँ।

7. संदर्भ

[1] Machine learning, Tom M Mitchell, 1997.

[2] Project report on Deep Learning Based Damage Assessment for Structural Health Monitoring, H. Viji, 2018.

[3] isro set to develop smart propellants for reusable launches Avए.आइ.lable: [Online]: https://timesofindia.indiatimes.com /home/science/isro-set-to-develop-smart-propellants-for-reusable-launches/articleshow/64128723.cms

[4] https://www.allerin.com/blog/this-is-how-machine-learning-can-drive-space-exploration

[5] https://medium.com/syncedreview/the-new-age-of-discovery-space-exploration-and-machine-learning-64883f7dc7f9

[6] https://www.datascience.com/blog/machine-learning-and-deep-learning-what-is-the-difference

[7] https://insights.sei.cmu.edu/sei_blog/2017/06/machine-learning-in-cybersecurity.html

[8] https://www.ieee.org/content/dam/ieee-org/ieee/web/org/about/industry/ieee_confluence_report.pdf

[9] https://www.csoonline.com/article/3240925/machine-learning/5-top-machine-learning-use-cases-for-security.html

लेखक परिचय:



महिमा एस भारतीय भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान के सोफ्टवेयर सहायता ग्रुप में तकनीकी सहायक 'सी' के रूप में कार्यरत है। उन्होंने आईआईएसटी में साल 2010 को कार्यारंभ किया था। वे आईआईएसटी के विभिन्न विभागों में विभिन्न सोफ्टवेयर समाधान एवं तकनीकी सहायता प्रदान करने में महतपूर्ण भूमिका निभाती है।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता तथा मशीन लर्निंग

डी संतोष, तकनीकी अधिकारी बी
कृत्रिम ज्ञान तथा रोबोटिकी केन्द्र, बेंगलूर – 93
santhosh.cair@gov.in

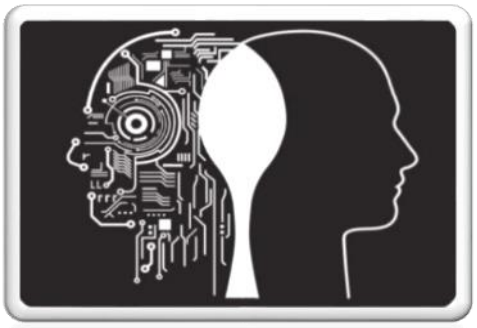
आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस

आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस का हिंदी में अर्थ होता है 'कृत्रिम बुद्धिमत्ता'। आसान शब्दों में कहें तो "मानव निर्मित दिमाग" जो खुद से सोच सकता है, समझ सकता है और फिर निर्णय भी ले सकता है। जिस तरह एक इंसान के दिमाग में किसी विषय पर सोचने, उसे समझने और निर्णय लेने की क्षमता होती है उसी तरह की दिमागी क्षमता को मशीनो के अंदर कार्यान्वित करने को आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस कहते हैं।

आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस को ए.आइ. भी कहा जाता है। आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस कंप्यूटर विज्ञान की एक शाखा है जिसका उद्देश्य है कि कैसे एक समझदार प्रणाली बनायी जाए, जो इंसानो की ही तरह सोच और समझ सके, और खुद से निर्णय ले सके।

1955 में सबसे पहले **जॉन मैकार्थी** ने **आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस** शब्द का प्रयोग किया था, इसलिये इन्हें फादर ऑफ आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस भी कहा जाता है। वैसे देखा जाए तो, आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस की संकल्पना बहुत पुरानी है। ग्रीक मिथकों में **'मैकेनिकल मैन'** की अवधारणा से संबंधित कहानियाँ मिलती हैं यानी एक ऐसा व्यक्ति जो हमारे किसी व्यवहार की नकल करता है। आज मनुष्य अपनी बुद्धि की मदद से मशीनों को भी बुद्धिमान बना रहा है और मशीनों को बुद्धिमान बनाने को ही आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस का नाम दिया गया है। आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस का सीधा और सरल अर्थ है, बनावटी या कृत्रिम तरीके से विकसित की गई बौद्धिक क्षमता।

1. जब कोई मशीन या उपकरण परिस्थितियों के अनुकूल सीखकर समस्याओं को हल करता है तो यह आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस के दायरे में आता है। इसे विचार करने, नियोजन, सीखने, भाषा की प्रॉसेसिंग, अवधारणा, गति, रचनात्मकता आदि का मिश्रण कहा जा सकता है।
2. आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस कोई नया विषय नहीं है, दशकों से दुनियाभर में इस पर चर्चा होती रही है। मैट्रिक्स, आई रोबोट, टर्मिनेटर, ब्लेड रनर जैसी फिल्मों का आधार आर्टिफिशियल इंटेलीजेंस ही है।
3. इसके ज़रिये कंप्यूटर सिस्टम या रोबोटिक सिस्टम तैयार किया जाता है, जो उन्हीं तर्कों के आधार पर चलता है, जिनके आधार पर मानव मस्तिष्क काम करता है।
4. आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस में अब वैसी मशीनें शामिल नहीं की जाती, जो कैमरे की सहायता से स्थिति का विश्लेषण करती हैं, बल्कि इसमें इससे भी उन्नत तकनीक शामिल की जाती है, जो किसी की भाषा को समझकर निर्णय ले सके।



कैसे काम करता है ए.आइ. और उसके फायदे तथा नुकसान

- आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस की सबसे बड़ी खूबी है मनुष्यों की तरह सोचना तथा व्यवहार करना और तथ्यों को समझ कर तर्क एवं विचारों पर अपनी प्रतिक्रिया देना।

फायदे

मशीनों का प्रयोग जटिल तथा दुरूह कामों को करने के लिये किया जाता है और यह सर्वविदित है कि मनुष्य की तुलना में मशीनों की सहायता से काम जल्दी पूरा किया जा सकता है। इसे भविष्य की तकनीक इसलिये कहा जा रहा है क्योंकि इससे दुनिया में क्रांतिकारी बदलाव आने की उम्मीद की जा रही है। इसके इस्तेमाल से संचार,

रक्षा, स्वास्थ्य, आपदा प्रबंधन और कृषि आदि क्षेत्रों में बड़ा बदलाव आ सकता है। वैसे इससे होने वाले फायदे और नुकसान पर वैज्ञानिक दो खेमों में बंटे हुए हैं। इसके लाभ अभी बहुत स्पष्ट नहीं हैं, लेकिन इसके खतरों को लेकर कहा जा सकता है कि आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस के आने से सबसे बड़ा नुकसान मनुष्य को ही होगा।

नुकसान

- आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस में मनुष्यों के स्थान पर मशीनों से काम लिया जाएगा...मशीनें स्वयं ही निर्णय लेने लगेंगी और उन पर नियंत्रण नहीं किया गया, तो इससे मनुष्य के लिये खतरा भी उत्पन्न हो सकता है।
- आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस के व्यापक इस्तेमाल के ऐसे परिणाम हो सकते हैं, जिनकी कल्पना नहीं की गई है।
- वैज्ञानिक इसे सबसे बड़ा खतरा तब मानते हैं जब आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस के ज़रिये मशीनें बिना मानवीय हस्तक्षेप के नैतिक प्रश्नों पर फैसला लेने लगेंगी। जैसे जीवन, सुरक्षा, जन्म-मृत्यु, सामाजिक संबंध आदि फैसले।
- **बिल गेट्स** का मानना है कि यदि मनुष्य अपने से बेहतर सोच वाली मशीन बना लेगा तो मनुष्य के अस्तित्व के लिये ही सबसे बड़ा खतरा उत्पन्न हो जाएगा।
- सैद्धांतिक भौतिक विज्ञानी स्टीफन हॉकिन्स का भी यही कहना था कि मनुष्य हज़ारों वर्षों के धीमे जैविक विकासक्रम की सीमा है, जो आर्टिफिशियल इंटेलीजेंस का मुकाबला नहीं कर सकती।

कहाँ होगा इसका इस्तेमाल?

- आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस कंप्यूटर साइंस का एक हिस्सा है, जिसके तहत इंटेलिजेंट मशीन तैयार की जाती है, जो मनुष्यों की तरह प्रतिक्रया और काम करती है।
- आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस के ज़रिये मशीन मनुष्यों की तरह किसी समस्या को हल कर सकती है।
- जिस तरह मनुष्य अपने अनुभव से अपनी क्षमता को बेहतर करते हैं, ठीक उसी तरह आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस के प्रोग्राम भी हैं, जिसके ज़रिये मशीन भी सीखने का काम कर सकती है।
- स्मार्टफोनों में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस आधारित सहायता दी जाती हैं, जैसे कि गूगल असिस्टेंट। इसे आप जितना इस्तेमाल करेंगे यह उतना सटीक होगा यानी यह आपसे सीखता है।

मशीन लर्निंग:

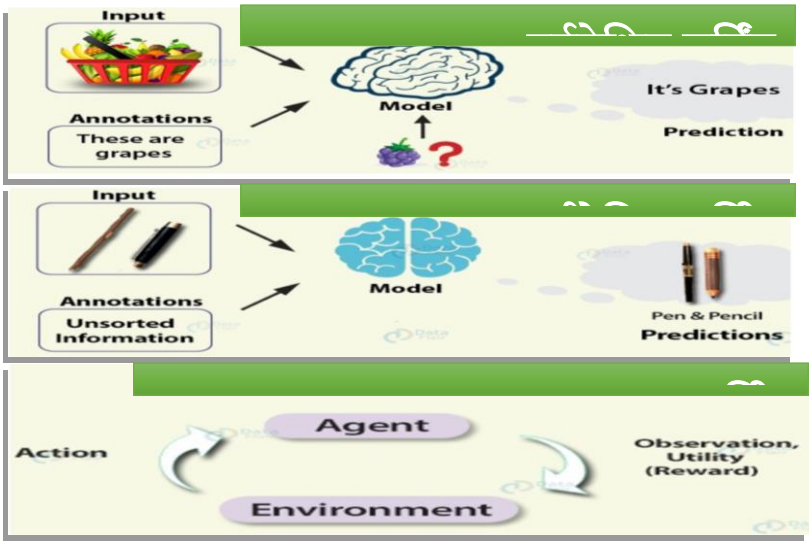
मशीन लर्निंग ; आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस की एक शाखा है जिसमें हम कंप्यूटर या मशीन को इस तरह से प्रोग्राम करते हैं कि प्रयोक्ता इस मशीन से जैसा काम चाहता है यह वैसा काम कर के दे सके और इस प्रोसेस मे कंप्यूटर अपने पास पहले से मौजूद डेटा के दम पर अपना काम करता है और कार्यनिष्पादन करता है।

परिभाषिक रूप में मशीन लर्निंग एक ऐसा अनुप्रयोग है, जो सिस्टम को स्पष्ट रूप से बिना प्रोग्राम किए स्वचालित रूप से सीखने और खुद में सुधार करने की क्षमता प्रदान करती है।

मशीन को या कंप्यूटर को प्रोग्राम करने की प्रक्रिया को प्रशिक्षण कहा जाता है, जिसमें हम मशीन को कुछ डेटा देते है और वह मशीन इस डेटा को अपने डेटाबेस मे स्टोर कर लेता है, जिसे लर्निंग कहते हैं और एक बार जब मशीन यह डेटा अपने पास स्टोर कर लेती है तो फिर इसे प्रशिक्षित मशीन बोलते हैं। अब यह मशीन अपने पास मौजूद इस डेटा के दम पर अपना काम करती है।

मशीन **लर्निंग** को भी आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस का एक हिस्सा माना गया है। मूल रूप से मशीन लर्निंग एक प्रकार का एल्गोरिदम है, जो किसी सॉफ्टवेयर को सही रूप से चलाने में मदद करता है। इसके लिए वह प्रयोक्ता द्वारा देखे गए कुछ परिणामों के आधार पर एक नमूना तैयार करता है और उस नमूने के आधार पर भावी पूछे जाने वाले प्रश्नों के पैटर्न को तैयार कर लेता है। इस प्रकार कम्प्यूटर मानव मस्तिष्क की भांति सोचने और कार्य करने की क्षमता प्राप्त कर लेते हैं, जिसमें समय के साथ निरंतर विकास होता रहता है।

इसे कभी कभी इंडक्टिव लर्निंग भी कहा जाता है। इंडक्टिव लर्निंग एक ऐसी पद्धति है, जिसे प्रेक्षण तथा ज्ञान (नियमों तथा निष्कर्षो की) से प्राप्त किया जाता है. दसूरे शब्दों में कहे तो, इंडक्टिव लर्निंग उदाहरणों के द्वारा सीखने की एक प्रक्रिया है।



चित्र – मशीन लर्निंग के प्रकार

मशीन लर्निंग कैसे काम करती है?



मशीन लर्निंग (एम.एल.) एल्गोरिदम को डेटा देकर एक मॉडल बनाया जाता है और इस एल्गोरिदम में जब कोई इनपुट आता है, तो बनाए गए मॉडल के अनुसार आउटपुट को उपलब्ध कराया जाता है।

आज **लर्निंग** कई तरह के काम के लिये उपयोग किए जाते हैं। प्रॉब्लम जैसे कि चेहरा अभिज्ञान के लिये मनुष्य के द्वारा प्रोग्राम लिखना बहुत कठिन है। हम नहीं जानते कि क्या प्रोग्राम लिखना है क्योंकि इस दुनिया में बहुत तरह के चेहरे हैं और हर चेहरे के लिये प्रोग्राम लिखना बहुत ही मुश्किल काम होगा, तो हम यहाँ **मशीन लर्निंग की सहायता लेते हैं।**

हम बहुत सारा डेटा एकत्रित करते हैं ताकि बहुत सारे चेहरों को विश्लेषित करके डेटा प्राप्त होता है, फिर यह डेटा एक एल्गोरिदम में डालते हैं, फिर ये एल्गोरिदम और डेटा को मशीन को देता है जिससे, एम.एल. के द्वारा प्रोग्राम बनाया जाता है। यह प्रोग्राम हाथों से लिखे गये प्रोग्राम से बहुत अलग होता है, यह बहुत तरह के कैरेक्टर, करोड़ों संख्या को शामिल करता है, जिसे किसी विशेष मशीन के द्वारा आसानी से प्रोसेस करके चेहरा अभिज्ञान किया जा सकता है।

मशीन लर्निंग के प्रकार

इसको मुख्य रूप से तीन भागों में विभाजित किया गया है –

1) पर्यवेक्षित लर्निंग

मशीन लर्निंग का ये सबसे सामान्य भाग है, जिसमें प्रोग्राम का आउटपुट निर्धारित रहता है। ये पूरी तरीके से प्रोग्रामर के दिशा-निर्देश पर काम करता है, जैसे टीचर एक बच्चे को सिखाता है। सबसे पहले इसमें एल्गोरिदम का एक मॉडल तैयार किया जाता है और फिर एक डेटासेट को सृजित किया जाता है और इसी डेटासेट से मशीन अनुमान लगता है या निर्णय लेता है। जैसे, माना कि एक हमने एक प्रोग्राम बनाया जिसमें बताया गया है कि मोहन 5 वर्ष का है, सोहन 10 वर्ष का है, रमेश 15 वर्ष का है, तो अगर हम इस मशीन से पूछते है कि 15

वर्ष का कौन है तो मशीन अपने डेटासेट के आधार पर ये तुरंत बता देगी कि रमेश 15 वर्ष का है। इसलिए इसमें आउटपुट सटीक होता है।

2) अपर्यवेक्षित लर्निंग

मशीन लर्निंग के इस एल्गोरिदम में डेटासेट को पूरी तरीके से लेब्ल्ड नहीं किया जाता है, जिससे कि आउटपुट पूरी तरह से पुष्ट नहीं होता है। इस एल्गोरिदम का इस्तेमाल बड़े डेटासेट से छिपे डेटा को निकालने में होता है। अपर्यवेक्षित लर्निंग में मशीन खुद ही डेटा में से नए पैटर्न और संबंध को ढूंढती रहती है और अपने डेटासेट में बदलाव करती रहती है। इसमें बहुत कम सूचना दी जाती है। मशीन उतने ही डेटा से काफी कुछ सीखती रहे।

3) अर्धपर्यवेक्षित मशीन लर्निंग एल्गोरिदम

ये एल्गोरिदम दोनों पर्यवेक्षित और अपर्यवेक्षित लर्निंग के बीच आता है। प्रशिक्षण के लिए ये दोनों लेब्ल्ड और अनलेब्ल्ड डेटा का प्रयोग करते हैं। वो प्रणाली जो कि इस पद्धति का प्रयोग करती है वो बड़ी ही आसानी से लर्निंग को सटीक बनाने में सुधार कर सकती है। सामान्यतः अर्धपर्यवेक्षित लर्निंग को तब चयनित किया जाता है जब अर्जित लेब्ल्ड डेटा की जरुरत होती है। कुशल और प्रासंगिक संसाधन की जिससे ये उन्हें प्रशिक्षित कर सके और उनसे सीख भी सके अन्यथा, अनलेब्ल्ड डेटा को अर्जित करने के लिए अतिरिक्त संसाधन की जरुरत नहीं होती है।

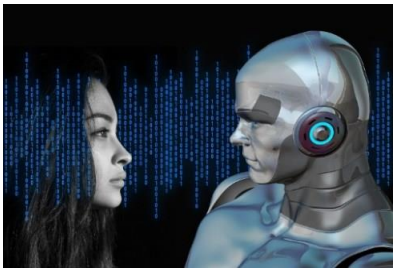
4) **प्रबल लर्निंग**

ये एल्गोरिदम काफी अलग होते हैं और आज की उन्नत प्रौद्योगिकी में इन्हीं का सबसे ज्यादा प्रयोग हो रहा है। ये स्व निर्भर एल्गोरिदम होते हैं, जो स्वयं बिल्कुल अलग तरह का निर्णय लेने में सक्षम होते है। इस तरह के प्रोग्राम कई गलतियां करते है और अपने गलतियों और अनुभव से अपने प्रोग्राम को सुधारते रहते हैं।

प्रबल लर्निंग काफी जटिल होते हैं, जो जरूरत पड़ने पर बनाए गए सॉफ्टवेयर को भी संशोधित कर सकते हैं इसका एक उदाहरण स्वचालित ड्राइविंग कार को मान सकते हैं, जो हमेशा नए क्षेत्र में जाती है और हमेशा अलग चीजों को देखती है और समझती है।

इसलिए इसका डेटाबेस भी बदलता रहता है। उदाहरण के लिए कोई एक मशीन लर्निंग पर आधारित कार है, जो चलते समय सड़क पर लगे किसी बोर्ड से टकरा गई तो इससे उसके एल्गोरिदम में एक फीडबैक जाएगा कि बोर्ड को बचाते हुए चलना है। मतलब मशीन इसमें एकदम नई चीज़ को सीखती है और स्थिति के अनुसार उसे लागू करती है।

मशीन लर्निंग का उपयोग कहां – कहां हो रहा है?



गूगल और एप्पल जैसी बड़ी कंपनियां इसका उपयोग बड़े पैमाने पर कर रहीं है जिससे वे अपने बहुत बड़े यूज़रबेस को आसानी से समझ सके। आप तो जानते ही होंगे कि इन कंपनियों के करोड़ों प्रयोक्ता है और हर प्रयोक्ता को उनकी सुविधा के हिसाब से सेवा देना मुश्किल है क्योंकि इसके लिए बहुत बड़ा स्टाफ चाहिए।

मशीन लर्निंग एल्गोरिदम का उपयोग करके बड़े से बड़े बिग डेटा को आसानी से सुलझा सकते हैं और उनसे जुड़ी महत्वपूर्ण जानकारियां निकली जा सकती है। गूगल सर्च इंजन भी एम.एल. एल्गोरिदम का प्रयोग करता है क्योंकि गूगल में लाखों वेबसाइट इंडेक्स है और कौन सी वेबसाइट यूज़र के लिए महत्पूर्ण है और कौन सी नहीं ये मैनुअली जाँचना मुश्किल है।

गूगल का मशीन लर्निंग काफी उन्नत है, जो एक सेकंड से भी कम समय में हजारों वेबसाइट को खोजकर सही वेबसाइट को ढूँढती है। इसके अलावा e-commerce कंपनियां भी मशीन लर्निंग का उपयोग करती हैं, जिससे कि वो अपने ग्राहक के रुचि के अनुसार उत्पाद दिखा सकें और उन्हें बेच सकें।

निष्कर्ष

अब बात करें आने वाले समय में आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस या ए.आइ. के भविष्य के बारे में तो आने वाला समय ए.आइ. का ही होगा। आने वाले 10 सालों में आर्टिफिशियल टेक्नोलॉजी का विकास काफी हद तक बढ़ जाएगा

और दुनियां के हर बड़े सेक्टर में इस टेक्नोलॉजी का इस्तेमाल किया जाएगा। आने वाला समय आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस टेक्नोलॉजी से बनी मशीनों व रोबोट्स का होगा।

संदर्भ

1) http://e-mahashabdkosh.rb-aai.in/
2) https://translate.google.co.in
3) https://en.wikipedia.org
4) https://www.geeksforgeeks.org

लेखक परिचय:



1	नाम : (कृपया डॉ / श्री / श्रीमती / कुमारी लिखें)	श्री डी संतोष कुमार
2	Name : (Please write Dr / Shri /Smt / Kum)	Shri D Santhosh Kumar
3	वर्तमान पदनाम	तकनिकी अधिकारी 'बी'
4	संस्थान का नाम व शहर	कृत्रिम ज्ञान तथा रोबोटिकी केन्द्र, बेंगलूर
5	शैक्षणिक योग्यताएं :	
	a)	डिप्लोमा (ई.सी.ई)
6	सम्मान/उपलब्धियां :	
	a)	National Science Day -2010 – 1st Place
	b)	अग्नि पुरस्कार /AGNI Award – 2011 (सदस्य) Team Member
	c)	उत्कृष्ट प्रदर्शन -2021 : All India Hindi Technical Seminar
	d)	Lab level Awards – 05 times

रिमोट सेंसिंग इमेज में एयरक्राफ्ट और अन्य ऑब्जेक्ट का पता लगाने में डीप लर्निंग मॉडल की आंतरिक अंतर्दृष्टि

देवेश कुमार
वैज्ञानिक 'एस.डी.'
ऑप्टिकल इमेज प्रोसेसिंग डिवीजन
एड्रिन, सिकंदराबाद

सारांश

डीप लर्निंग मॉडल को समझना मुश्किल है। किस भी वस्तु जैसे, उपग्रह चित्र में हवाई जहाज की पहचान लंबे समय से एक सार्थक विषय रहा है। अधिकांश संबंधित विधियां संपूर्ण छवियों को समग्र रूप से मानती हैं और भागों की विशेषताओं पर ध्यान केंद्रित नहीं करती हैं। हमने वर्गीकरण के लिए वी.जी.जी.16(VGG16), एलेक्स नेट (Alex net) और रेसनेट34 (resnet34) का उपयोग किया है। इस पत्र में, हम रिमोट सेंसिंग छवियों में विभिन्न वस्तुएं पहचान तथा उन पिक्सेल की पहचान करते हैं, जो विभिन्न वस्तुओं के वर्गीकरण के लिए जिम्मेदार हैं, पर बात करेंगे। उपग्रह छवि तो एक उदाहरण है,हम इसे किसी वस्तु पर लागू कर सकते हैं।

इस पत्र में, हम उन तरीकों का परिचय देंगे, जो उपग्रह चित्रों में विभिन्न वस्तुओं को वर्गीकृत करने में मदद करते हैं और यह भी दिखाते हैं कि हम वर्गीकरण की व्याख्या कैसे कर सकते हैं। वर्गीकरण के पीछे के तर्क को समझाने के लिए वर्ग सक्रियण मानचित्र (क्लास एक्टिवेशन मैप), धनात्मक सामर्थ्य मानचित्र (सेलिएंसी मैप) और वर्ग सक्रियण मानचित्रों का उपयोग किया जाता है। विभिन्न श्रेणियों की विभिन्न वस्तुओं के विभेदक भागों को निकालने के लिए वर्ग सक्रियण मानचित्रण का प्रस्ताव है। हमने इन मॉडलों की अंतर्दृष्टि को समझाने के लिए उपग्रह डेटा पर वी.जी.जी.16, एलेक्स नेट और रेसनेट34 का जैसे विभिन्न मॉडलों का उपयोग किया है। हमने मॉडल के व्यवहार को समझाने के लिए सेलेंसी मैप्स और क्लास एक्टिवेशन मैप्स का इस्तेमाल किया है। इन तकनीकों का उपयोग किसी भी मॉडल के विवरण को समझने के लिए किया जा सकता है। एक इनपुट में विशेषताओं को उजागर करने के लिए सामर्थ्य विधियाँ (saliency map) एक लोकप्रिय उपकरण के रूप में उभरी हैं। व्यापक प्रयोगों के माध्यम से हम दिखाते हैं कि प्रमुखता नक्शा, वर्ग सक्रियण नक्शा प्रक्रिया, मॉडल और डेटा जनरेटिंग दोनों से स्वतंत्र हैं। मॉडल को सही वर्गीकरण करने में परेशानी क्यों हुई, इसका सुराग देने के लिए हम ग्रैड-सी.ए.एम. हीट-मैप्स का उपयोग कर सकते हैं।

कीवर्ड:- **डीप लर्निंग मॉडल की आंतरिक अंतर्दृष्टि उपग्रह चित्र में वस्तु की पहचान**; **एक्सप्लेनेबल डीप लर्निंग**; **वर्ग सक्रियण मानचित्रण**;

1. परिचय

कृत्रिम बुद्धिमत्ता का अर्थ है- कृत्रिम तरीके से विकसित की गई बौद्धिक क्षमता। कृत्रिम बुद्धिमत्ता के जनक जॉन मैकार्थी के अनुसार यह बुद्धिमान मशीनों, विशेष रूप से बुद्धिमान कंप्यूटर प्रोग्राम को बनाने का विज्ञान और अभियांत्रिकी है, अर्थात् यह मशीनों द्वारा प्रदर्शित की गई बुद्धिमत्ता है। डीप लर्निंग, मशीन लर्निंग की एक शाखा है, जो की पूरी तरह से कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क पर आधारित है। कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क अल्गोरिथम को इंसानी दिमाग से प्रेरित होकर तैयार किया गया है। आप यह भी कह सकते हैं कि काफी जटिल न्यूरल नेटवर्क को ही डीप लर्निंग का नाम दिया गया है और इसे आप मशीन लर्निंग में की गई उन्नति की तरह भी देख सकते हैं। बुनियादी मशीन लर्निंग की बात की

जाए तो उसमें एक सीमित डाटा प्रोसेस करने की ही क्षमता थी और आम तौर पर स्ट्रक्चर डाटा की आवश्यकता पड़ती थी। जबकि डीप लर्निंग अल्गोरिथम की डाटा प्रोसेसिंग क्षमता काफी ज्यादा होती है, और परंपरागत मशीन लर्निंग की तुलना में इसे स्ट्रक्चर डाटा की आवश्यकता नहीं पड़ती है, बल्कि डाटा चाहे स्ट्रक्चर्ड हो या अनस्ट्रक्चर्ड यह दोनों को ही साथ कार्य कर सकता है।

जैसे-जैसे रिमोट सेंसिंग तकनीक विकसित होती है, रिमोट सेंसिंग इमेज बेहतर रिज़ॉल्यूशन के कारण किसी वस्तु की विस्तृत विशेषताओं को पकड़ सकती है, जो रिमोट सेंसिंग इमेज इंटरप्रिटेशन की नींव रखता है। रिमोट सेंसिंग इमेज इंटरप्रिटेशन के उपक्षेत्र पर वस्तु मान्यता ने काफी शोध ध्यान आकर्षित किया है क्योंकि रिमोट सेंसिंग इमेज में वस्तु की पहचान वायुमंडलीय अनुप्रयोगों, मौसम की भविष्यवाणी आदि में बहुत महत्व रखती है। प्रारंभिक चरण में, रिमोट सेंसिंग छवियों के लिए वस्तु पहचान विधियां मुख्य रूप से हस्तशिल्प सुविधाओं पर निर्भर करती हैं, जैसे कि ओरिएंटेड ग्रेडियेंट के हिस्टोग्राम (एच.ओ.जी.) [1] और स्केल इनवेरिएंट फीचर ट्रांसफॉर्म (एस.आइ.एफ.टी.) [2,3]। हसीह एट अल। [4] कई प्रीप्रोसेसिंग विधियों का परिचय देता है और वस्तु को वर्गीकृत करने के लिए चार फीचर निष्कर्षण विधियों का उपयोग करता है। कुछ विधियाँ टेम्पलेट मिलान विधियों पर आधारित होती हैं [5,6],हाल के वर्षों में, हार्डवेयर प्रदर्शन में सुधार के साथ, गहरे तंत्रिका नेटवर्क में जबरदस्त विकास का हुआ है और इसे व्यापक रूप से विभिन्न क्षेत्रों में लागू किया गया है, जैसे कि वर्गीकरण [7,8], पहचान [9,10], और विभाजन [11,12]। विशेष रूप से, गहरे तंत्रिका नेटवर्क ने रिमोट सेंसिंग छवियों में वस्तु की पहचान में सफलता हासिल की है। ज़ूओ एट अल। सिमेंटिक सेगमेंटेशन के लिए एक कन्वेन्शनल न्यूरल नेटवर्क (सी.एन.एन) का उपयोग करता है और फिर सेगमेंटेड मास्क को टेम्प्लेट मिलान के आधार पर एक वर्गीकरण एल्गोरिथम में फीड करता है। झांग एट अल सशर्त जनरेटिव एडवर्सरी अल नेटवर्क से निकाली गई विशेषताओं के आधार पर वस्तु वर्गीकरण का एहसास करता है। कन्वेन्शनल न्यूरल (convolutional) नेटवर्क पर आधारित कुछ लोकप्रिय वर्गीकरण विधियां, जैसे कि ResNet और GoogLeNet, सामान्य वस्तु पहचान में अत्याधुनिक प्रदर्शन करती हैं। उपश्रेणी वर्गीकरण के लिए केवल संपूर्ण वस्तु सुविधाओं पर ध्यान केंद्रित करना पर्याप्त नहीं है। इस पत्र में, हम रिमोट सेंसिंग छवियों में वस्तु पहचान तथा उन पिक्सेल की पहचान करते हैं, जो भविष्यवाणी के लिए जिम्मेदार हैं और भेदभावपूर्ण वस्तु भागों से सुविधाओं का उपयोग करने का प्रयास करते हैं।

हम कैम के आधार पर रिमोट सेंसिंग इमेज के लिए एक बढ़िया वस्तु रिकग्निशन कार्य प्रणाली का प्रस्ताव करते हैं। हमारी जानकारी के अनुसार, रिमोट सेंसिंग छवियों के लिए उपरोक्त वस्तु पहचान विधियाँ, सभी इस कार्य को एक सामान्य वस्तु वर्गीकरण समस्या के रूप में मानते हैं, लेकिन हमारी विधि वस्तु पहचान समस्या को हल करने के लिए डीप लर्निंग मॉडल का उपयोग करने का प्रयास करती है। सबसे पहले, लक्ष्य शुद्ध मूल संपूर्ण छवि से विशेषताएं निकालता है। लक्ष्य नेट के आधार पर कई वर्ग सक्रियण मानचित्रों को फ़्यूज़ करके, मल्टीकैम मूल छवि में भेदभावपूर्ण वस्तु भागों का पता लगाने में सक्षम है। फिर, ऑब्जेक्ट नेट एक्सट्रैक्ट्स भेदभावपूर्ण ऑब्जेक्ट भागों के संयोजन से फीचर करता है। इसके अलावा, हमारी पद्धति केवल छवि-स्तरीय एनोटेशन का उपयोग करती है और कमजोर निगरानी वाले तरीके से काम करती है।

मुख्य योगदान इस प्रकार हैं:-

1. पहली विधि में, सल्यून्सी मैप्स तैयार किए गए हैं, जो अनुमान लगाते हैं कि भविष्यवाणी के दौरान उपग्रह छवि का कौन सा हिस्सा उच्च ग्रेडिएंट में योगदान दे रहा है।
2. दूसरी विधि में, निर्देशित बैकप्रोपेगेशन का उपयोग करके, नकारात्मक सामर्थ्य मानचित्र बनाए गए हैं, जो हमें बताते हैं कि एक मॉडल के लिए वस्तु कैसी दिखती है।

3. तीसरे तरीके में, ग्रैड-सी.ए.एम. का उपयोग करते हुए, वर्ग सक्रियण मानचित्र तैयार किए गए हैं, जो महत्वता स्कोर बताते हैं।
4. हम भेदभावपूर्ण वस्तु भागों के स्थानीयकरण के लिए कैम विधि का प्रस्ताव करते हैं। कैम सी.ए.एम. में एकल पूर्वानुमानित प्रकार के वर्ग सक्रियण मानचित्र की समस्या को सुलझता है।
5. यह सत्यापित करने के लिए प्रायोगिक परिणाम प्रदान किए जाते हैं कि हमारी पद्धति वस्तु भविष्यवाणी के लिए जिम्मेदार पिक्सेल कि पहचान में अच्छा प्रदर्शन प्राप्त करती है।

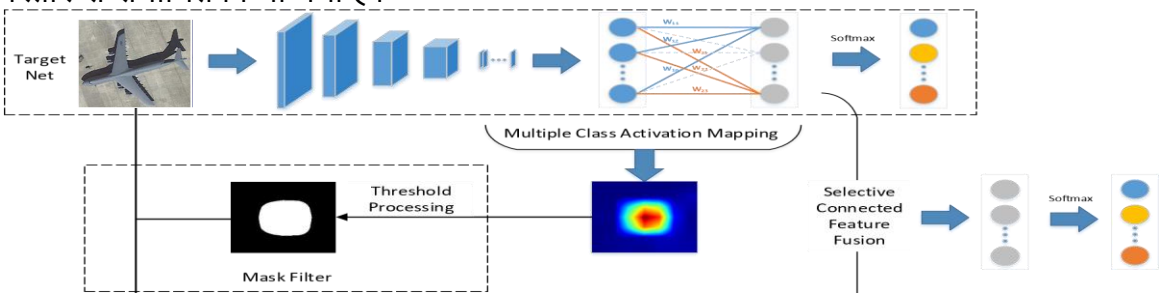
2. सामग्री और तरीके

एक परंपरागत न्यूरल नेटवर्क का उपयोग आम तौर पर पूरी छवियों से ऑब्जेक्ट सुविधाओं को निकालने के लिए किया जाता है, और बाद का क्लासिफायरियर पूरी तरह से जुड़ी परतों, समर्थन वेक्टर मशीन, या किसी अन्य मशीन सीखने की विधि के आधार पर बनाया जाता है। एक मूल्यांकन मानदंड के रूप में, हानि फ़ंक्शन (cost function) जमीनी सच्चाई और अनुमानित श्रेणी के बीच के नुकसान की गणना करता है। प्रशिक्षित नेटवर्क तब तक प्राप्त नहीं किया जा सकता जब तक कि हानि फ़ंक्शन अभिसरण न हो जाए। प्रत्येक छवि के लिए, हम प्रशिक्षित नेटवर्क के आगे प्रसार के माध्यम से प्रत्येक परत में फीचर मैप निकाल सकते हैं। निचली परत में फीचर मैप सीमांत जानकारी का प्रतिनिधित्व करता है, जबकि उच्च परत में फीचर मैप में अधिक अर्थ संबंधी जानकारी होती है। सिमेंटिक जानकारी से, हम मूल छवि में क्षेत्र के अनुरूप फीचर मैप में सक्रिय क्षेत्र प्राप्त कर सकते हैं, जो हमें सिमेंटिक जानकारी से भेदभावपूर्ण वस्तु भागों को निकालने के लिए प्रेरित करता है।

1. सामर्थ्य मैप(Saliency Maps) - कंप्यूटर विज़न में, सामर्थ्य मैप एक ऐसी छवि है जो उस क्षेत्र को हाइलाइट करती है, जिस पर लोगों की नज़र सबसे पहले केंद्रित होती है। प्रमुख मानचित्र प्रत्येक छवि में किसी विशेष वर्ग के स्थानिक समर्थन को मापने का एक तरीका है। सी.एन.एन. में छिपी परतों की जांच के लिए व्याख्यात्मक तकनीक प्रदान करके, भविष्यवाणियों की व्याख्या करने के लिए सबसे पुराना और सबसे अधिक इस्तेमाल किया जाने वाला स्पष्टीकरण तरीका है। सामर्थ्य मानचित्र इनपुट पर आउटपुट के ग्रेडिएंट्स का उपयोग करके बनाया गया है। यह छवियों के उन क्षेत्रों पर प्रकाश डालता है, जो वर्गीकरण के लिए प्रासंगिक थे। उदाहरण के लिए, हम देख सकते हैं कि सक्रिय वस्तु को पहचानते समय लावा एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। हो सकता है कि मॉडल इतना सफल न हो अगर उसे वस्तु दी जाए जिसमें लावा न हो। यह अवलोकन विभिन्न पर्यावरणीय परिस्थितियों में वस्तु की अतिरिक्त छवियों के साथ मॉडल को फिर से प्रशिक्षित करने की आवश्यकता के बारे में महत्वपूर्ण सुराग प्रदान करता है।
2. लॉगिट (logit) - कच्ची भविष्यवाणियाँ, जो तंत्रिका नेटवर्क की अंतिम परत से निकलती हैं।
3. नकारात्मक सामर्थ्य मानचित्र का उपयोग करके हम यह पता लगा सकते हैं कि कौन सा पिक्सेल आउटपुट में नकारात्मक ढाल में योगदान देता है।
4. ग्रैड-सी.ए.एम. किसी भी लक्ष्य के ग्रेडिएंट का उपयोग करता है, स्थानीयकरण मानचित्र बनाने के लिए अंतिम दृढ़ परत में बहता है, जो भविष्यवाणी के लिए छवि में महत्वपूर्ण क्षेत्रों को उजागर करता है।

मॉडल को सही वर्गीकरण करने में परेशानी क्यों हुई, इसका सुराग देने के लिए हम ग्रैड-सी.ए.एम. हीट-मैप्स का उपयोग कर सकते हैं। सबसे पहले, लक्ष्य नेट का उपयोग मूल छवि से सुविधाओं को निकालने के लिए किया जाता है। दूसरा, कैम की मदद से, विभेदक वस्तु भाग स्थित होते हैं, और वस्तु सामर्थ्य मानचित्र प्राप्त होता है। तीसरा, ऑब्जेक्ट सैलेंसी मैप के आधार पर, मूल छवि पर मास्क फ़िल्टर लगाने से ऑब्जेक्ट इमेज उत्पन्न होती है, जो ऑब्जेक्ट को पुनर्स्थापित करता है और पृष्ठभूमि

को फ़िल्टर करता है। फिर, ऑब्जेक्ट इमेज को ऑब्जेक्ट नेट में फीड किया जाता है ताकि फीचर निष्कर्षण को महसूस किया जा सके और ऑब्जेक्ट पर ध्यान केंद्रित किया जा सके। अंत में, दो सबनेटवर्क से सुविधाओं को फ़्यूज़ करके छवियों को वर्गीकृत करने के लिए चयनात्मक कनेक्टेड फ़ीचर फ़्यूज़न लागू किया जाता है। प्रस्तावित नेटवर्क के प्रमुख भागों को निम्नलिखित अनुभागों में विस्तार से संबोधित किया गया है।



चित्र 1. लक्ष्य नेट सहित हमारे नेटवर्क आर्किटेक्चर का अवलोकन।

2.1. क्लास एक्टिवेशन मैपिंग

लोकप्रिय सी.एन.एन. के समान, प्रस्तावित नेटवर्क अंतिम पूलिंग परत में वैश्विक औसत पूलिंग का उपयोग करता है और दो सब-नेटवर्क में बाद में पूरी तरह से जुड़ा सॉफ्टमैक्स परत होती है। प्रत्येक छवि (I) के लिए, प्रत्येक छवि का अंतिम दृढ़ सुविधा मानचित्र (f) सी.एन.एन. द्वारा प्राप्त किया जा सकता है:

छोटा एफ. = एफ. (आई.), (f = F(I),)

3. प्रयोग और परिणाम

3.1. डेटासेट

इमेजनेट (ILSVRC) 2012-2017, सबसे अधिक उपयोग किया जाने वाला इमेज वर्गीकरण और स्थानीयकरण डेटासेट है। यह डेटासेट 1000 ऑब्जेक्ट क्लासेस तक फैला है और इसमें 1,281,167 प्रशिक्षण चित्र, 50,000 सत्यापन चित्र और 100,000 परीक्षण चित्र शामिल हैं। भविष्यवाणी के लिए जिम्मेदार पिक्सल खोजने की तकनीक उस डेटासेट पर काम करेगी जिस पर मॉडल को प्रशिक्षित किया गया था। फ्लडनेट डाटासेट का भी इस्तेमाल किया गया, जिसमें 2343 छवि हैं।

चूंकि विभिन्न रिमोट सेंसिंग छवियों का रिज़ॉल्यूशन भिन्न हो सकता है, हम छवि रिज़ॉल्यूशन को 0.5 मीटर तक समायोजित करने के लिए बिलिनियर इंटरपोलेशन का उपयोग करते हैं और पैडिंग या क्रॉपिंग द्वारा 156 × 156 के स्लाइस आकार को बनाए रखते हैं। इसके अतिरिक्त, हमारे डेटासेट को और समृद्ध करने के लिए, डेटा वृद्धि संचालन की एक श्रृंखला लागू की जाती है, जिसमें छवि मिररिंग, 0◦, 90◦, 180◦ और 270◦ द्वारा छवि रोटेशन, चमक परिवर्तन, कंट्रास्ट परिवर्तन और रंग परिवर्तन शामिल हैं।

3.2. परिणाम

3.2.1. हार्डवेयर का इस्तेमाल

नेटवर्क के लिए इनपुट छवि आकार की आवश्यकता को पूरा करने के लिए, प्रशिक्षण नमूने को प्रक्षेप द्वारा 224 × 224 में बदल दिया जाता है। हम मूल्यांकन फ़ंक्शन के रूप में क्रॉस एन्ट्रॉपी लॉस का उपयोग करते हैं और एक मीट्रिक के रूप में चयन करते हैं।

ऑप्टिमाइज़र 0.9 [22] की गति के साथ स्टोकेस्टिक ग्रेडिएंट डिसेंट (एस.जी.डी.) है। प्रशिक्षण के दौरान, सीखने की दर शुरू में 0.001 पर सेट होती है और समय-समय पर घटती रहती है, जब तक कि नुकसान फ़ंक्शन (cost function) परिवर्तित नहीं हो जाता। प्रशिक्षण और परीक्षण प्रयोग एक NVIDIA Tesla P100 GPU पर कार्यान्वित किए जाते हैं, जो यूनाइटेड स्टेट्स NVIDIA के माध्यम से निर्मित होता है। CAM की श्रेष्ठता को प्रमाणित करने के लिए, हमारे तरीकों और अन्य एल्गोरिदम के प्रदर्शन की तुलना खंड 3.2.2 में की गई है। धारा 3.2.3 मुख्य नेटवर्क के रूप में ResNet और GoogLeNet का उपयोग करके MultiCAM की सार्वभौमिकता को प्रदर्शित करती है।

3.2.2. प्रस्तावित विधि के परिणाम

हमने ऊपर सूचीबद्ध डेटासेट से वस्तु के विभिन्न चित्र लिए हैं, फिर हमने भविष्यवाणी के लिए इन मॉडलों का परीक्षण किया है।

विभिन्न विधियों के सटीकता परिणाम तालिका में सूचीबद्ध हैं।

तरीका	शुद्धता
vgg16	89.75%
Alexnet	89.85%
ResNet	92.80%

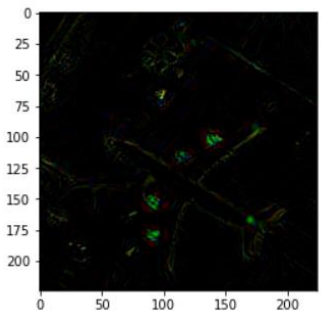
Figure 5. विधियों के सटीकता परिणाम

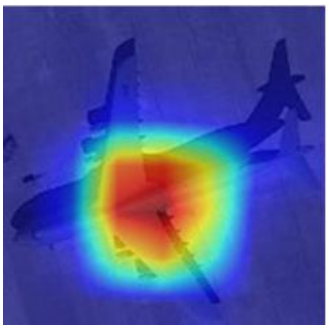
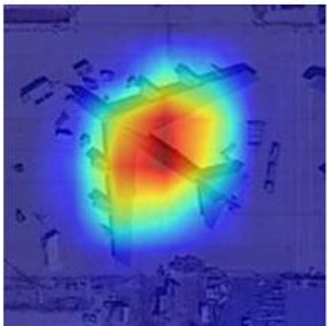
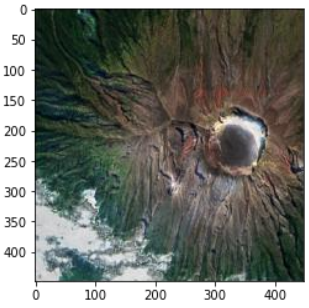
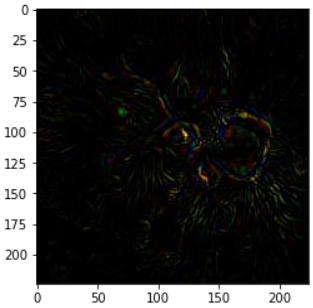
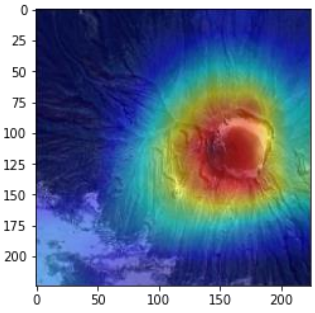
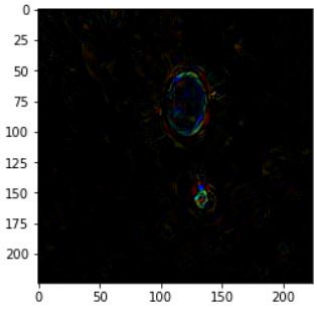
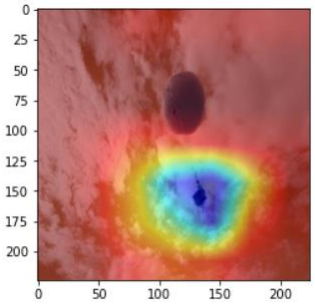
3.2.3. वर्गीकरण में योगदान करने वाले प्रासंगिक क्षेत्र की बैकट्रैकिंग

हमने विभिन्न वाल्कैनोस छवियां ली हैं और इस छवि को वस्तु के रूप में वर्गीकृत करने के लिए पिक्सल रिपॉन्सिल्बे का पता लगाया है। हम किसी भी वस्तु का विश्लेषण कर सकते हैं, जो वायुमंडलीय अनुसंधान में सहायक हो।

हमने अपने विश्लेषण का कोड ओपन सोर्स प्लेटोफ्रॉम जैसे गिटहब (github) में प्रदान किया है।

परिणाम तालिका:-

इनपुट छवि **Input Image.**	**गाइडेड बैकप्रॉप का उपयोग करके नकारात्मक सामर्थ्य मानचित्र** **Negative Saliency Map using Guided Backprop using AlexNet.**	**ग्रैड-सीएएम का उपयोग कर वर्ग सक्रियण मानचित्र** **Class Activation Map using Grad-CAM using resnet34.**
		लागू नहीं

	लागू नहीं	
	लागू नहीं	
		
		

4. बहस

प्रयोगात्मक परिणामों और विश्लेषण के अनुसार, प्रस्तावित तकनीकें गहन शिक्षण मॉडल की व्याख्या करने में अन्य विधियों की तुलना में बेहतर प्रदर्शन करती हैं। हालाँकि, परिणामों में कुछ असंतोषजनक उदाहरण बने हुए हैं, यदि वस्तु का सामर्थ्य क्षेत्र छोटा है, जिससे छवि में वस्तु का लोप हो जाता है। एक छोटी वस्तु के लिए, वस्तु सामर्थ्य क्षेत्र बहुत बड़ा है, जिसके परिणामस्वरूप अधिक पृष्ठभूमि हस्तक्षेप होता है।

उपरोक्त घटना के लिए दो स्पष्टीकरण दिए गए हैं। एक यह है कि वस्तु सामर्थ्य क्षेत्र संबंधित क्षेत्र से प्रभावित होता है। आम तौर पर, सी.एन.एन. में प्रभावी ग्रहणशील क्षेत्र का आकार सैद्धांतिक ग्रहणशील

क्षेत्र [39] से छोटा होता है, जो कुछ वस्तु आकारों के लिए उपयुक्त हो सकता है। हालांकि, एक बड़ी वस्तु के लिए, वस्तु सामर्थ्य क्षेत्र अक्षुण्ण वस्तु को कवर करने के लिए बहुत छोटा हो सकता है, और वस्तु सामर्थ्य क्षेत्र में एक छोटी वस्तु के लिए पर्याप्त अनावश्यक स्थान होगा। दूसरा कारण यह है कि सी.एन.एन. में कई कनवल्शन, पूलिंग और ReLU फ़ंक्शन के बाद मूल छवि से फीचर मैप तक की मैपिंग काफी जटिल है। मोटे तौर पर निर्मित सामर्थ्य क्षेत्र एक महीन सामर्थ्य क्षेत्र के बजाय एक मोटे लवणता क्षेत्र का प्रतिनिधित्व करता है हमारे भविष्य के काम में असंतोषजनक उदाहरणों के कारणों की जांच की जाएगी।
इसके अतिरिक्त, हम वस्तु की पहचान के प्रदर्शन को बेहतर बनाने के लिए आंशिक सामर्थ्य मानचित्र के उपयोग का पता लगाएंगे।

5. निष्कर्ष

डीप लर्निंग मॉडल की व्याख्या और व्याख्यात्मकता प्रमुख चिंता का विषय है। सी.एन.एन. वेरिएंट कुछ आउटपुट देगा लेकिन मॉडल ने वही आउटपुट क्यों दिया है, यह अभी भी चर्चा का विषय है। हमने वस्तु पर मॉडल के वर्गीकरण परिणामों की व्याख्या करने के तीन प्रमुख तरीकों को दिखाया है।

सरल ग्रेडिएंट बैकट्रैकिंग विधि का उपयोग करते हुए पहली विधि में, हमने सल्यून्सी मैप्स तैयार किए हैं, जो अनुमान लगाते हैं कि भविष्यवाणी के दौरान उपग्रह छवि का कौन सा हिस्सा उच्च ग्रेडिएंट में योगदान दे रहा है। प्रत्येक पिक्सेल (i, j) के लिए एकल वर्ग सामर्थ्य मान प्राप्त करने के लिए, हमने सभी रंग चैनलों में अधिकतम परिमाण लिया है। इनपुट छवि के संबंध में सामर्थ्य ढाल है। लेकिन ध्यान दें कि इनपुट इमेज में 3 चैनल हैं,

आर., जी. और बी.। प्रत्येक पिक्सेल (i, j) के लिए एकल वर्ग सामर्थ्य मान प्राप्त करने के लिए, हम सभी रंग चैनलों में अधिकतम परिमाण लेते हैं। दूसरी विधि में, निर्देशित बैकप्रोपेगेशन का उपयोग करके, हमने नकारात्मक सामर्थ्य मानचित्र बनाए हैं, जो हमें बताते हैं कि एक मॉडल के लिए वस्तु कैसा दिखता है। तीसरे तरीके में, ग्रैड-सी.ए.एम. का उपयोग करते हुए, हमने वर्ग सक्रियण मानचित्र तैयार किए हैं, जो हमें महत्व स्कोर बताते हैं। ग्रैड-सीएएम फीचर मैप एक्टिवेशन के भारित संयोजन का उपयोग करके अंतिम हीटमैप तैयार करता है, जहां वजन महत्व स्कोर से मेल खाता है।

6. आभार
मुझे इस पत्र को लिखने के लिए प्रेरित करने और मार्गदर्शन करने के लिए मेरे पर्यवेक्षक श्री वाघ गणेश, श्री पी सुरेश कुमार और मेरे समूह प्रमुख श्री चंद्रकांत का विशेष धन्यवाद करता हूं। लेखक प्रयोगशाला में सभी सहयोगियों को धन्यवाद देना चाहते हैं, जिन्होंने उदारतापूर्वक अपनी छवियां प्रदान कीं। लेखक गुमनाम समीक्षकों के उनके उपयोगी सुझावों के लिए आभारी हैं।

7. संदर्भ

1. दलाल, एन.; ट्रिग्स, बी। हिस्टोग्राम्स ऑफ ओरिएंटेड ग्रेडिएंट्स फॉर ह्यूमन डिटेक्शन। कम्प्यूटर विजन और पैटर्न रिकग्निशन (सीवीपीआर) पर आईईईई सम्मेलन की कार्यवाही में, सैन डिएगो, सीए, यूएसए, 20-25 जून 2005।
2. लोव, डी.जी. स्थानीय स्केल-इनवेरिएंट सुविधाओं से वस्तु की पहचान। कम्प्यूटर विजन (आईसीसीवी) पर सातवें आईईईई अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही में, केरकेरा, ग्रीस, 20-27 सितंबर 1999।

3. लोव, डी.जी. स्केल-इनवेरिएंट कीपॉइंट्स से विशिष्ट छवि सुविधाएँ। इंट। जे कम्प्यूट। विस। 2004, 60, 91–110।
Lowe, D.G. Distinctive image features from scale-Invariant keypoints. *Int. J. Comput. Vis.* **2004**, *60*, 91–110.
4. सीह, जे.; चेन, जे.; चुआंग, सी.; फैन, के. उपग्रह चित्रों में विमान प्रकार की पहचान। आईईई प्रो.-विज़। छवि संकेत प्रक्रिया। 2005, 152, 307–315।
Hsieh, J.; Chen, J.; Chuang, C.; Fan, K. Aircraft type recognition in satellite images. *IEE Proc.-Vis. Image Signal Process.* **2005**, *152*, 307–315.
5. जू, सी.; डुआन, एच। कृत्रिम मधुमक्खी कॉलोनी (एबीसी) ने कम ऊंचाई वाले विमानों के लिए पहचान को लक्षित करने के लिए एज पोटेंशियल फंक्शन (ईपीएफ) दृष्टिकोण को अनुकूलित किया। पैटर्न पहचान। लेट। 2010, 31, 1759–1772।
Xu, C.; Duan, H. Artificial bee colony (ABC) optimized edge potential function (EPF) approach to target recognition for low-altitude aircraft. *Pattern Recognit. Lett.* **2010**, *31*, 1759–1772.
6. लियू, जी.; सन, एक्स।; फू, के.; वांग, एच। मोटे-से-ठीक आकार का उपयोग करते हुए उच्च-रिज़ॉल्यूशन वाले उपग्रह चित्रों में विमान की पहचान पूर्व। आईईईई जियोस्की। रिमोट सेंसर लेट। 2013, 10, 573–577।
Liu, G.; Sun, X.; Fu, K.; Wang, H. Aircraft recognition in high-resolution satellite images using coarse-to-fine shape prior. *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.* **2013**, *10*, 573–577.
7. डांग, एल.एम.; हसन, एस.आई.; सुह्योन, आई.; संगैया, ए.के.; महमूद, आई.; रो, एस.; सेओ, एस.; मून, एच। यूएवी आधारित विल्ट डिटेक्शन सिस्टम विथ कन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क। कायम रखना। गणना। सूचित करना। सिस्ट। 2018.
Dang, L.M.; Hassan, S.I.; Suhyeon, I.; Sangaiah, A.K.; Mehmood, I.; Rho, S.; Seo, S.; Moon, H. UAV based wilt detection system via convolutional neural networks. *Sustain. Comput. Inform. Syst.* **2018**.
8. हा, जे.जी.; चंद्रमा, एच.; क्वाक, जेटी; हसन, एस.आई.; डांग, एम.; ली, ओएन; पार्क, एच.वाई. मानव रहित हवाई वाहनों से मूली के फ्यूजेरियम विल्ट को वर्गीकृत करने के लिए गहरा दृढ़ तंत्रिका नेटवर्क। जे। अप्पल। रिमोट सेंसर 2017, 11, 042621।
Ha, J.G.; Moon, H.; Kwak, J.T.; Hassan, S.I.; Dang, M.; Lee, O.N.; Park, H.Y. Deep convolutional neural network for classifying Fusarium wilt of radish from unmanned aerial vehicles. *J. Appl. Remote Sens.* **2017**, *11*, 042621.
9. यांग, एक्स।; सन, एच.; फू, के.; यांग, जे.; सन, एक्स।; यान, एम.; गुओ, जेड। मल्टीस्केल रोटेशन डेंस फीचर पिरामिड नेटवर्क के आधार पर जटिल दृश्यों के गूगल अर्थ से रिमोट सेंसिंग छवियों में स्वचालित जहाज का पता लगाना। रिमोट सेंसर 2018, 10, 132।
Yang, X.; Sun, H.; Fu, K.; Yang, J.; Sun, X.; Yan, M.; Guo, Z. Automatic ship detection in remote sensing images from google earth of complex scenes based on multiscale rotation dense feature pyramid networks. *Remote Sens.* **2018**, *10*, 132.
10. फू, के.; ली, वाई.; सन, एच.; यांग, एक्स।; जू, जी.; ली, वाई.; सन, एक्स। फीचर फ्यूजन पिरामिड नेटवर्क और डीप रीइन्फोर्समेंट लर्निंग पर आधारित रिमोट सेंसिंग इमेज में एक शिप रोटेशन डिटेक्शन मॉडल। रिमोट सेंसर 2018।

Fu, K.; Li, Y.; Sun, H.; Yang, X.; Xu, G.; Li, Y.; Sun, X. A ship rotation detection model in remote sensing images based on feature fusion pyramid network and deep reinforcement learning. *Remote Sens.* **2018**, *10*, 1922.

11. सेजेडी, सी.; लियू, डब्ल्यू।; जिया, वाई.; सरमानेट, पी.; रीड, एस.ई.; एंगुएलोव, डी.; एर्हान, डी.; वनहोके, वी.; रैबिनोविच, ए. कनवल्शन के साथ गहराई में जाना। कम्प्यूटर विजन और पैटर्न रिकग्निशन (सीवीपीआर), बोस्टन, एमए, यूएसए, 7-12 जून 2015 पर आईईईई सम्मेलन की कार्यवाही में; पीपी। 1-9।

Szegedy, C.; Liu, W.; Jia, Y.; Sermanet, P.; Reed, S.E.; Anguelov, D.; Erhan, D.; Vanhoucke, V.; Rabinovich, A. Going deeper with convolutions. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Boston, MA, USA, 7–12 June 2015; pp. 1-9.

12. हुआंग, एस.; जू, जेड।; ताओ, डी.; झांग, वाई. सूक्ष्म दृश्य वर्गीकरण के लिए आंशिक रूप से स्टैक्ड सीएनएन। कम्प्यूटर विजन और पैटर्न पहचान (सीवीपीआर), लास वेगास, एनवी, यूएसए, 27-30 जून 2016 पर आईईईई सम्मेलन की कार्यवाही में; पीपी। 1173-1182।

लेखक परिचय:



श्री देवेश कुमार (प्राथमिक लेखक) ने कंप्यूटर विज्ञान और इंजीनियरिंग में बी-टेक की डिग्री प्राप्त की है। वह भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, हैदराबाद से "डेटा साइंस" की डिग्री में एमटेक कर रहे हैं। उनके पास सैटेलाइट रिमोट सेंसिंग डोमेन में काम करने का 6 सालों से अधिक का अनुभव है। उनकी शोध रुचि का सक्रिय क्षेत्र ऑप्टिकल इमेज प्रोसेसिंग, डीप लर्निंग और डेटा साइंस एप्लिकेशन है। सभी लेखक (श्री देवेश कुमार, श्री पी. सुरेश कुमार, डॉ. आर. चंद्रकांत, डॉ. पी. वी. राधादेवी) ADRIN, अंतरिक्ष विभाग में कार्यरत हैं और उनके पास रिमोट सेंसिंग और इमेज प्रोसेसिंग डोमेन में कई वर्षों का अनुभव है। सभी लेखकों ने पांडुलिपि के प्रकाशित संस्करण को पढ़ लिया है और उससे सहमत हैं। लेखक दिनांक 30 सितंबर 2022 को हितों के टकराव की घोषणा नहीं करते हैं।

भारतीय समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए सॉफ्टवेयर अभियंत्रण का प्रस्तावित अष्ट आयामी निदर्श

जगदम्बा प्रसाद सिंह, अखिलेश शर्मा, एस एम त्रिवेदी, अजय कुमार लाल
{jpsingh, akhilesh, sanjay, aklal}@sac.isro.gov.in
प्रणाली विश्वसनीयता क्षेत्र, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद – 380015

सारांश

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) ने गगनयान कार्यक्रम के तहत भारतीय अंतरिक्षयात्रियों को अंतरिक्ष में भेज कर सुरक्षित वापस लाने का कार्य अपने हाथ में लिया है। समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए कुशल, उच्च गुणवत्ता युक्त एवं विश्वसनीय सॉफ्टवेयर प्रणालियों की आवश्यकता होगी। किन्तु समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए सॉफ्टवेयर अभिकल्पना, निर्माण, परीक्षण एवं प्रमाणन एक चुनौतीपूर्ण कार्य है। लेखक गण इस शोध पत्र के माध्यम से सॉफ्टवेयर अभियंत्रण का अष्ट आयामी निदर्श प्रस्तावित करते हैं। आशा है कि प्रस्तावित निदर्श के सहयोग से समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए सॉफ्टवेयर अभियंत्रण में प्रभावी मदद मिलेगी।

1. प्रस्तावना:

मानव की अपने खगोलीय पड़ोस को खोजने की प्रवृत्ति सदियों पुरानी है। इस दिशा में मानव ने पहले दूरबीन का आविष्कार कर पृथ्वी से ही खगोलीय पड़ोस को खंगाला। फिर कृत्रिम उपग्रह विमोचित किए और तदुपरांत मानवयुक्त अंतरिक्ष अभियान भेजे। यह यात्रा रोमांचक होने के साथ साथ चुनौतीपूर्ण भी रही। भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम मानव जीवन को बेहतर बनाने के लिए केंद्रित है। इस दिशा में भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) ने अनेकों कार्यक्रम सुनियोजित स्वरूप में निष्पादित किए। इसरो ने प्रमोचित उपग्रहों के सहयोग से सर्व साधारण जन मानस के जीवन को विविध रूप से स्पर्श किया और जीवन की दैनिक आवश्यकताओं को परिपूर्ण करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई।

संवाद एवं दूरसंवेदी उपग्रहों के बहुआयामी नीतभारों ने एक ओर किसानों और मछुआरों की आजीविका में सहयोग किया तो दूसरी ओर देश में पोषण की जरूरत को पूरा किया। भारत जैसे विशाल देश के दूरस्थ अंचलों को एक दूसरे से संवाद हेतु एकीकृत किया। प्राकृतिक आपदाओं में भी उल्लेखनीय सहयोग किया। इस दिशा में अनेकों अनुप्रयोग मानव मात्र की सेवा पूरी धरती पर प्रदान कर रहे हैं।

अपने खगोलीय पड़ोस की जिज्ञासा के फलस्वरूप इसरो ने चंद्रयान एवं मंगल मिशन अंतरिक्ष में भेजे। इन प्रयासों के परिणामस्वरूप इसरो ने कई वैज्ञानिक ख्यातियां प्राप्त कीं। चंद्र सतह पर जल के अणुओं के हस्ताक्षर प्राप्त होना इनमें उल्लेखनीय है। आज भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम इस सोपान पर पहुच गया है जहां से हम भारतीय अंतरिक्षयात्रियों को अंतरिक्ष में भेज कर सुरक्षित वापस ला सकते हैं। इस दिशा में इसरो ने गगनयान नामक महत्वाकांक्षी कार्यक्रम के माध्यम से प्रगति प्रारंभ कर दी है।

समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए सॉफ्टवेयर की महत्वपूर्ण भूमिका होगी। किन्तु समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए अभीष्ट गुणवत्ता एवं विश्वसनीयता के सॉफ्टवेयर का निर्माण कठिन कार्य है। इस कार्य को सुगम बनाने के लिए सर्वोत्तम प्रथाओं पर आधारित सॉफ्टवेयर अभियंत्रण के निदर्श की आवश्यकता है। लेखकों ने उपलब्ध तकनीकी साहित्य और अपने व्यवसायिक अनुभव के आधार पर एक अष्ट आयामी निदर्श का प्रस्ताव किया है। प्रस्तावित निदर्श किसी भी प्रकार के सॉफ्टवेयर अभियंत्रण के लिए सहयोगी होगा। किन्तु यह निदर्श समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए विशेष रूप से उपयोगी होगा।

2. समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए सॉफ्टवेयर की भूमिका:

आज सॉफ्टवेयर प्रणालियां अधिकांश अभियांत्रिकी प्रणालियों के अपरिहार्य अंग बन गए हैं। किसी अंतरिक्ष अभियान के लिए विशेषत: समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए सॉफ्टवेयर प्रणालियों की भूमिका और भी गुरुतर हो जाती है। सॉफ्टवेयर प्रणालियों की उपादेयता के विविध आयाम अधोलिखित हैं:

क **स्वायत्तता एवं आत्म अनुकूलन (Autonomy and Self Adaptation):** रोबॉटिक अथवा समानव अंतरिक्ष अभियान की सफलता के लिए अंतरिक्षयात्रियों एवं उनके प्रयोग में आने वाली प्रणालियों को स्वायत्त रूप से कार्य कर पाने में सक्षम होना होगा। साथ ही साथ इन प्रणालियों को परिस्थितियों के अनुसार अपने व्यवहार को गतिशील रूप से आत्म अनुकूलित करने में भी सक्षम होना होगा [1]। सॉफ्टवेयर किसी प्रणाली को स्वायत्त एवं आत्म अनुकूलित बनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

ख **त्वरित निर्णय (Quick Decision Making):** समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए अंतरिक्षयात्रियों के साथ साथ भू-स्थित वैज्ञानिकों का दल नियंत्रण, निगरानी एवं मार्गदर्शन प्रदान करते हैं [2]। मिशन की सतत एवं सजीव निगरानी के साथ साथ अंतरिक्षयात्रियों की सुरक्षा एवं सकुशल भू वापसी प्रयुक्त सॉफ्टवेयर प्रणालियों का प्रमुख उत्तरदायित्व होता है। मिशन प्रबंधन को किसी भी अकस्मात परिस्थिति हेतु तैयार रहना पड़ता है। विपरीत परिस्थितियां अंतरिक्षयात्रियों के निर्णय क्षमता को प्रतिकूल रूप से प्रभावित कर सकती हैं। मानवीय भूल अथवा अन्य कारणों जनित संभावित विपत्तियों से बचने के लिए अंतरिक्ष अभियान को त्वरित निर्णय की आवश्यकता होगी। किसी अप्रत्याशित परिस्थिति से निपटने की जिम्मेदारी मुख्यतः मनुष्य की ही होगी [2] तथापि सॉफ्टवेयर प्रणालियों के माध्यम से उपयुक्त निर्णय सहयोगी (decision aid) प्रणालियों का विकास किया जा सकता है [3]। ए निर्णय सहयोगी अंतरिक्ष अभियान को स्वायत्त बनाने एवं त्वरित निर्णय में सहयोग प्रदान करेंगें। सॉफ्टवेयर प्रणालियों को मानव केंद्रित संगणन की प्रथा अपनाते हुए मानव की दक्षता, क्षमता एवं निर्णय के प्रति आश्वाशन को उत्कृष्ट बनाना होगा [2]।

ग **जटिल कलन विधियां (Complex Algorithm):** अंतरिक्ष अभियान को संपादित करने के लिए अनेकों जटिल कलन विधियों के क्रियान्वयन की आवश्यकता होती है। सॉफ्टवेयर इन कलन विधियों के सफल क्रियान्वयन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

घ **मानवयुक्त अंतरिक्ष अभियान हेतु अत्यधिक सूचना की अवश्यकता (Requirement of huge information for human spaceflight missions)**: मानवयुक्त अंतरिक्ष अभियान हेतु अत्यधिक सूचना की अवश्यकता होती है। सॉफ्टवेयर इन सूचनाओं के संकलन, विश्लेषण एवं प्रस्तुतीकरण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

ङ **प्रशिक्षण (Training):** समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए भारी संख्या में मानवीय संसाधनों की आवश्यकता होती है। इन मानवीय संसाधनों एवं अंतरिक्ष यात्रियों के प्रशिक्षण में सॉफ्टवेयर एवं सॉफ्टवेयर पोषित अनुकारक (simulator) बहुत उपयोगी होते हैं।

3. समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए सॉफ्टवेयर अभियंत्रण में चुनौतियां :

सॉफ्टवेयर अभियंत्रण एक चुनौतीपूर्ण कार्य है। समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए ए चुनौतियां और भी बढ़ जाती हैं। सॉफ्टवेयर अमूर्त एवं आभासी प्रणाली होते हैं। इन प्रणालियों एवं इनके व्यवहार का पूर्व प्रत्यक्षीकरण (visualization) दुष्कर होता है। फलस्वरूप इनकी अभिकल्पना एवं विकास भी चुनौतीपूर्ण हो जाते हैं। साथ ही साथ प्रायः सॉफ्टवेयर आवश्यकताएं महत्वाकांक्षी एवं गतिशील होती हैं। कई बार निष्पादन की आवश्यकताएं अनावश्यक रूप से कठोर (stringent) होती हैं, जिससे प्रणाली की अन्य किसी आवश्यकता की पूर्ति होने में

कठिनाई पैदा होती है [4]।

सॉफ्टवेयर प्रणालियों का अंतरिक्ष अभियान के अन्य अवयवों के साथ अन्तरापृष्ठ एवं परस्पर निर्भरता होती है। अन्य अवयवों के साथ परस्पर निर्भरता के कारण सॉफ्टवेयर की त्रुटियां अन्य प्रणालियों को भी प्रभावित कर सकती हैं। इन विषयों की चिंता अभिकल्पना का भाग होती हैं। साथ ही साथ, उड़ान के दौरान परिकलन संसाधन सीमित मात्रा में उपलब्ध होते हैं [4]। अभिकल्पित सॉफ्टवेयर को निर्धारित कार्य इन्हीं सीमित संसाधनों के सहयोग से निष्पादित करना होता है।

अंतरिक्ष में सेवारत प्रणालियों के किसी दोष की परिशोधन की अल्प अथवा नगण्य संभावना होती है। अतः संबधित सॉफ्टवेयर प्रणालियों की गुणवत्ता एवं विश्वसनीयता उच्च कोटि की होनी चाहिए। उच्च गुणवत्ता एवं विश्वसनीयता की आवश्यकताओं की वजह से समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए सॉफ्टवेयर अभियंत्रण की चुनौतियां कई गुना बढ़ जाती हैं। किसी सॉफ्टवेयर के वैधीकरण के लिए वास्तविक अथवा अनुरूपित वातावरण की आवश्यकता होती है। समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए सदैव प्रभावी वातावरण की व्यवस्था कर पाना कठिन होता है। फलस्वरूप समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए सॉफ्टवेयर वैधीकरण एवं प्रमाणन की चुनौतियां कई गुना बढ़ जाती हैं।

समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए सॉफ्टवेयर अभियंत्रण में उपर्युक्त कारक अतिरिक्त चुनौती प्रस्तुत करते हैं। इन कारकों को सॉफ्टवेयर अभिकल्पना, विकास, वैधीकरण एवं प्रमाणन के विविध आयामों में समायोजित कर समुचित समाधान खोजा जाना चाहिए।

4. सॉफ्टवेयर मानकीकरण

सॉफ्टवेयर मानक सॉफ्टवेयर अभिकल्पना, विकास, वैधीकरण एवं प्रमाणन के लिए एक समान रूपरेखा प्रदान करते हैं। यह परियोजना के सभी सहभागियों, जिसमें वाह्य अभिकरण भी सम्मिलित हैं, को समान परिभाषिक शब्दावली प्रदान करते हैं। साथ ही साथ मानक किसी परियोजना के सफल निष्पादन हेतु आवश्यक अनुशासन भी प्रदान करते हैं [5]। मानक हमें परियोजना में अपव्ययी विलंब से बचाते हैं तथा चरम प्रतिकूल परिस्थितियों में अनर्थकारी विफलताओं से भी बचाते हैं। सॉफ्टवेयर मानक का अनुपालन कर हम सॉफ्टवेयर विकास के विविध चरणों को नियंत्रित कर उच्च गुणवत्ता के सॉफ्टवेयर का निर्माण कर सकते हैं।

क सॉफ्टवेयर सुरक्षा मानक :

सॉफ्टवेयर सुरक्षा मानक सुरक्षा क्रांतिक सॉफ्टवेयर की अभिकल्पना एवं विकास का मार्गदर्शन करते हैं। अंतरिक्ष अभियानों में सॉफ्टवेयर की भूमिका लगातार गुरुतर होती जा रही है। अतएव हमें उच्च गुणवत्तायुक्त एवं मितव्ययी सॉफ्टवेयर निर्माण के मार्गदर्शन हेतु उपयुक्त एवं प्रभावशाली प्रथाओं की आवश्यकता है [6]। इन प्रथाओं को उच्च सुरक्षा आवश्यकता के सॉफ्टवेयर विकास को विश्वसनीय एवं मितव्ययी रूप से निष्पादित करना होगा। इन प्रथाओं को सॉफ्टवेयर सुरक्षा मानक के रूप में संकलित किया जाता है। सम्यक विचार के पश्चात समग्र, समुचित एवं उपयुक्त सुरक्षा मानक का चयन किया जाना चाहिए।

इस दिशा में प्रमुख अंतरिक्ष एजेंसियां अपने सॉफ्टवेयर सुरक्षा मानक का विकास एवं प्रवर्तन करती हैं। अमेरिकी अंतरिक्ष एजेंसी नासा (NASA) ने NASA-STD-8719.13C सॉफ्टवेयर सुरक्षा मानक को स्वीकृत किया है, जिसका विलय NASA-STD-8739.8A सॉफ्टवेयर मानक के साथ 2020 में कर दिया गया [7]। यह मानक संपूर्ण सॉफ्टवेयर जीवन चक्र की गतिविधियों के लिए मार्गदर्शन प्रदान करता है। सॉफ्टवेयर जोखिम विश्लेषण से यह पता चलता है कि क्या सॉफ्टवेयर किसी सुरक्षा क्रांतिक गतिविधि में योगदान दे रहा है अथवा संभावित जोखिम को नियंत्रित करता है। सॉफ्टवेयर सुरक्षा आवश्यकता एवं जोखिम के मध्य संबंध का द्वि-दिशीय अनुरेख (Bi-directional traceability) रखा जाता है। यह अनुरेख समग्र आवश्यकता, सुरक्षा आवश्यकता, अभिकल्पना, क्रियान्वयन एवं वैधीकरण के विविध आयामों के परिप्रेक्ष्य में रखा जाता है। आवश्यकता में कोई शिथिलता (tailoring) प्रक्रियाबद्ध होती है और समुचित अनुमोदन के पश्चात ही दी जाती है। नासा सुरक्षा मानकों के प्रभावी अनुप्रयोग के फलस्वरूप अनेकों समानव अंतरिक्ष अभियानों को सुरक्षित रूप से सफलता के साथ निष्पादित कर सका।

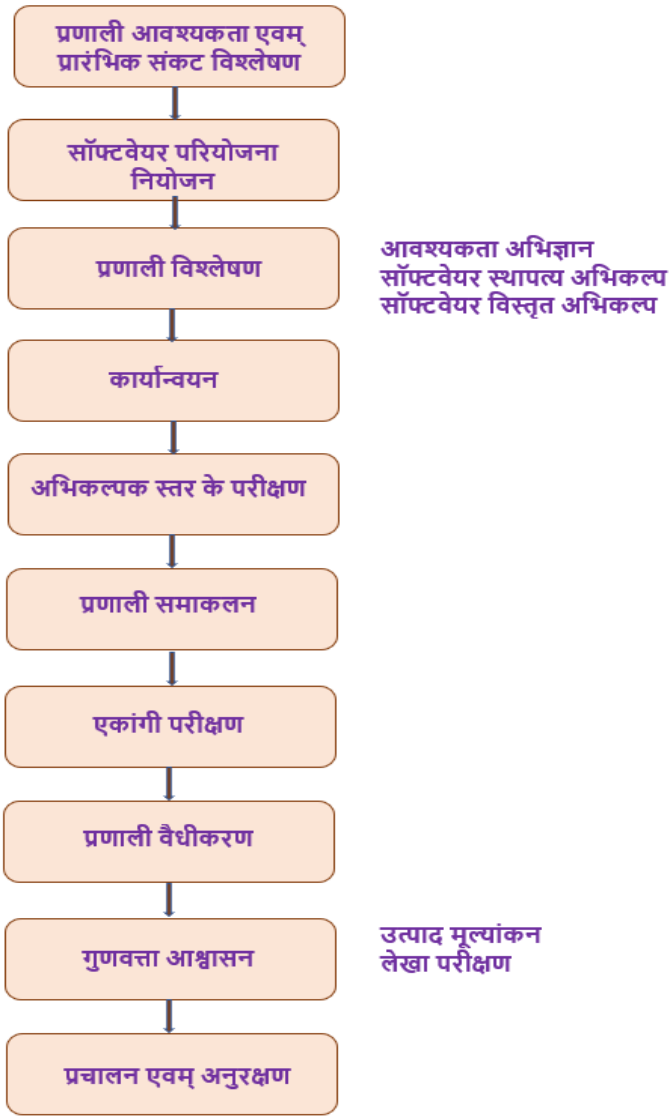
ख इसरो सॉफ्टवेयर सुरक्षा मानक:

इसरो में सॉफ्टवेयर मानकों का इतिहास काफी पुराना है। सर्वप्रथम मिशन क्रांतिक सॉफ्टवेयर के लिए इसरो सॉफ्टवेयर प्रक्रिया प्रलेख (ISRO Software Process Document-ISPD) अंक -1, सन् 2006 में स्वीकृत हुआ। अंक -1 का पुनरीक्षित संस्करण इसरो सॉफ्टवेयर प्रक्रिया प्रलेख (ISPD-2) अंक -2, सन् 2016 में स्वीकृत हुआ [8]।

किन्तु मिशन क्रांतिक सॉफ्टवेयर मानक सुरक्षा क्रांतिक सॉफ्टवेयर के विकास के लिए पर्याप्त नहीं हैं। अतः इसरो सॉफ्टवेयर नियंत्रण बोर्ड ने सॉफ्टवेयर सुरक्षा मानकों के व्यापक अध्ययन एवं गहन मंत्रणा के पश्चात् इसरो सॉफ्टवेयर सुरक्षा मानक के प्रथम अंक को 2019 में अंगीकार किया [9]।

इस मानक का संक्षिप्त विवरण चित्र:1 के माध्यम से किया गया है। सर्वप्रथम प्रणाली आवश्यकता विश्लेषण, जिसमें प्रारंभिक संकट विश्लेषण भी शामिल है, किया जाता है। इस प्रक्रिया की परिणति प्रणाली आवश्यकता प्रलेख के रूप में होती है।

तत्पश्चात सॉफ्टवेयर परियोजना नियोजन की गतिविधि संपादित की जाती है जिसके परिणामस्वरूप परियोजना के प्रबंधन संबधी प्रलेख संपादित होते हैं। इसके पश्चात् प्रणाली विश्लेषण की गतिविधि निष्पादित की जाती है। आवश्यकता अभिज्ञान, सॉफ्टवेयर स्थापत्य अभिकल्प एवं सॉफ्टवेयर विस्तृत अभिकल्प इस गतिविधि के भाग हैं।



चित्र 1: क्षेम क्रांतिक साफ्टवेयर प्रक्रिया प्रवाह
(ISRO सॉफ्टवेयर सुरक्षा मानक पर आधारित)

क्रियान्वयन गतिविधि अभिकल्प का अनुसरण करती है। तत्पश्चात अभिकल्पक स्तर के परीक्षण किए जाते हैं। इसके बाद प्रणाली समाकलन कर एकांगी परीक्षण किए जाते हैं। इसके पश्चात् प्रणाली वैधीकरण की गतिविधि निष्पादित की जाती है। इसके बाद गुणवत्ता आश्वासन की गतिविधि की जाती है जिसमें सॉफ्टवेयर प्रक्रिया एवं उत्पाद का मूल्यांकन एवं लेखा परीक्षा समाहित हैं। इसके पश्चात् सॉफ्टवेयर का प्रचालन एवं अनुरक्षण किया जाता है।

इस प्रकार से हम देखते हैं कि इसरो सॉफ्टवेयर सुरक्षा मानक सुरक्षा क्रांतिक सॉफ्टवेयर के विकास के लिए सॉफ्टवेयर जीवन चक्र के विविध चरणों के लिए दिशा दर्शन प्रदान करता है। इसरो सॉफ्टवेयर सुरक्षा मानक भारतीय समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए एक प्रमुख मील का पत्थर साबित होगा।

5. सॉफ्टवेयर अभियंत्रण का प्रस्तावित अष्ट आयामी निदर्श (Proposed Eight-Dimensional Model of Software Engineering):

भारतीय समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए इस शोध पत्र में सॉफ्टवेयर अभियंत्रण का प्रस्तावित अष्ट आयामी निदर्श प्रस्तावित किया गया है। इस निदर्श को चित्र 2 में दर्शाया गया है। इस निदर्श के तीन प्रमुख अवयय हैं:

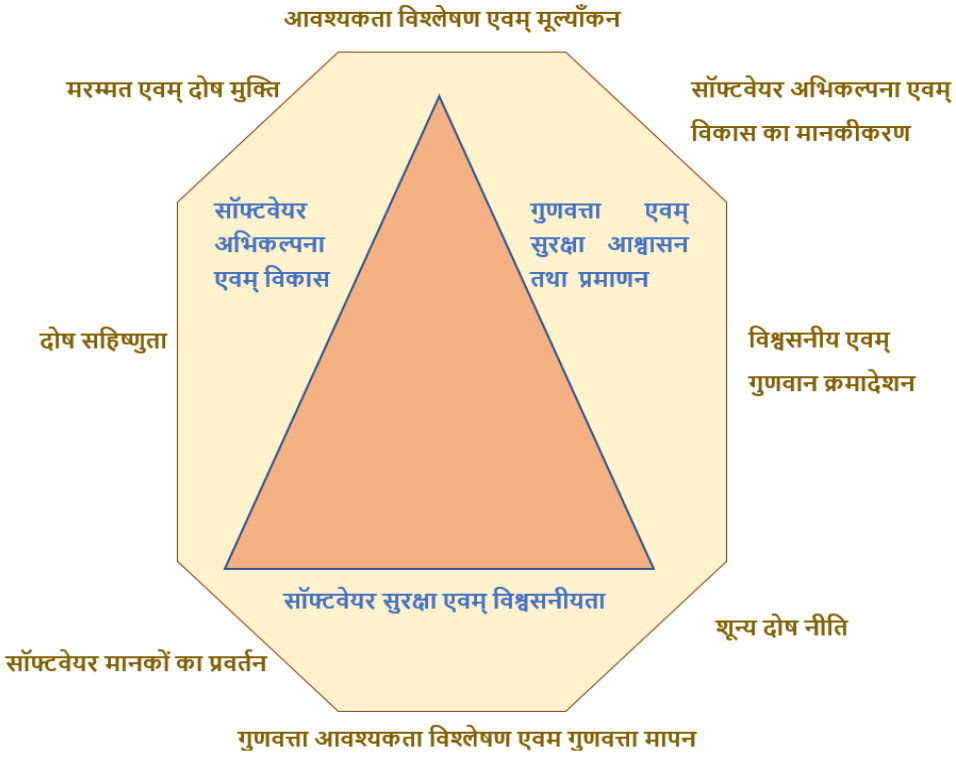
क सॉफ्टवेयर अभिकल्पना एवं विकास
ख गुणवत्ता एवं सुरक्षा आश्वासन तथा प्रमाणन
ग सॉफ्टवेयर सुरक्षा एवं विश्वसनीयता

क <u>सॉफ्टवेयर अभिकल्पना एवं विकास</u>

I. आवश्यकता विश्लेषण एवं मूल्यांकन: आवश्यकता विश्लेषण एवं आवश्यकता निर्धारण के समय अधोलिखित बिंदुओं पर विशेष बल दिए जाने की आवश्यकता है:

अ आवश्यकता प्रलेख स्पष्ट एवं परिशुद्ध हों। विभिन्न व्यक्तियों द्वारा इनका एक ही अर्थ निकाला जाना चाहिए।

आ आवश्यकता निर्धारण प्रक्रिया तर्कसंगत एवं विवेकपूर्ण होनी चाहिए। अनावश्यक रूप से महत्वाकांक्षी आवश्यकताओं से बचना चाहिए। किसी आवश्यकता के क्रियान्वयन का अन्य प्रणालियों पर होने वाले संभावित परिणामों का पूर्व अध्ययन करना चाहिए।



चित्र 2: सॉफ्टवेयर अभियंत्रण का प्रस्तावित अष्ट आयामी निदर्श

इ आवश्यकता निर्धारण के पश्चात् इनका समुचित सत्यापन एवं वैधीकरण अपेक्षित है।

ई आवश्यकता निर्धारण के पश्चात् इनमें यथासंभव परिवर्तन से बचना चाहिए।

साथ ही साथ परियोजना के आरम्भिक चरण में ही संभावित खतरे का वस्तुनिष्ठ आकलन करना चाहिए, जिससे कि इनसे मिशन को क्षति होने से रोका जा सके। इसके लिए आवश्यकता अनुरूप विफलता विधाएं उनके प्रभाव एवं क्रांतिकता विश्लेषण (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis-FMECA), संभाव्य जोखिम मूल्यांकन (Probabilistic Risk Assessment-PRA) जैसी पद्धतियों का प्रयोग किया जा सकता है।

एफ.एम.ई.सी.ए. (FMECA) के माध्यम से संभावित विफलता के तरीकों की पहचान की जाती है। साथ ही साथ संभावित विफलता के घटित होने की प्रायिकता का भी आकलन किया जाता है [10]। ए आकलन संभावित जोखिम के प्रति सतर्क कर जोखिम से बचने एवं उनके होने वाले संभावित दुष्प्रभाव को कम करने में सहयोगी होते हैं।

पी.आर.ए. (PRA) के अन्तर्गत संभावित विफलता की परिस्थितियों का पुर्वनामन लगाया जाता है। प्रत्येक परिस्थिति के घटित होने की प्रायिकता का आकलन किया जाता है। साथ ही साथ प्रत्येक संभावित विफलता की परिस्थिति घटित हो जाने पर होने वाले दुष्परिणाम का पूर्वानुमान लगाया जाता है। प्रत्येक परिस्थिति का अन्य परिस्थितियों के सापेक्षिक अध्ययन कर संभावित विफलता के मुख्य अवयवों की पहचान की जाती है [11]।

II. **सॉफ्टवेयर अभिकल्पना एवं विकास का मानकीकरण**: जैसा की पूर्व विवरण में बताया गया है की सॉफ्टवेयर विकास के मानक परियोजना के सभी सदस्यों के लिए एक साझा शब्दकोश का कार्य करते हैं। परिणामतः परियोजना के समस्त सदस्यों में सहयोग की भावना अभिवर्धित होती है। परियोजना प्रगति के मार्ग एवं लक्ष्य के प्रति स्पष्टता प्रदान कर परियोजना को सफलतापूर्ण निष्पादित करने में सहयोग प्रदान करते हैं। सॉफ्टवेयर विकास के मानक परियोजना सिद्धि के मार्ग को आशा अनुरूप एवं पूर्वानुमेय (predictable) बनाते हैं।

सॉफ्टवेयर अभिकल्पना एवं विकास सर्वोत्तम प्रथाओं के अनुरूप होनी चाहिए। प्रतिरूपकता (modularity), सरलता (simplicity), सुसंगति (coherence), सामयिक समीक्षा (periodic review), प्रलेखन (documentation), सॉफ्टवेयर का प्रतिरूपण (modelling the software), विन्यास प्रबंधन (configuration management), परिवर्तन प्रबंधन (change management), सत्यापन एवं वैधीकरण (verification and validation) इत्यादि सर्वोत्तम प्रथाएं सॉफ्टवेयर अभिकल्पना एवं विकास को त्रुटियों से संरक्षित कर परियोजना को सफल बनाती हैं।

III. **विश्वसनीय एवं गुणवान क्रमादेशन (Reliable and Quality Programming):** क्रमादेशन सॉफ्टवेयर अभिकल्पना को मूर्त रूप प्रदान करते हैं। यह सॉफ्टवेयर विकास का सबसे चुनौतीपूर्ण एवं क्रांतिक भाग है। यह परियोजना को सफल अथवा विफल बना सकता है। इस दिशा में अधोलिखित निर्देश सहयोगी साबित होंगे:

अ : दोष जनक अवयवों के प्रति सतर्कता: दोष उत्पन्न करने वाले अवयवों उदाहरणार्थ pointers, recursion, dynamic memory allocation के प्रयोग से बचने का प्रयास करना चाहिए। अत्यावश्यक होने पर इनका प्रयोग सावधानी पूर्वक करना चाहिए [12]।

आ : अभिकल्पना विविधता (Design Diversity): यह सिद्धांत हमें किसी सॉफ्टवेयर के विविध संस्करणों के विकास का परामर्श देता है [12]। प्रत्येक संस्करण अलग अलग कार्य समूहों द्वारा स्वतंत्र रूप से विकसित किए जाते हैं। इन संस्करणों के विकास में अलग अलग कलन विधियों का क्रियान्वयन अलग अलग

प्रौद्योगिकियों के सहयोग से होता है। इस अवधारणा को स्पष्ट करने के लिए अधोलिखित उदाहरणों की विवेचना की गयी है:

i. **N-आरूप क्रमादेशन** (**N-version Programming)**: इस प्रक्रिया में किसी सॉफ्टवेयर के तीन या अधिक विभिन्न संस्करणों का विकास किया जाता है। इन संस्करणों का समानान्तर क्रियान्वयन होता है जिनके परिणामों की तुलना बहुमत के आधार पर की जाती है [12]। बहुमत परिणाम के आधार पर सॉफ्टवेयर का आगे का क्रियान्वयन होता है।

ii. **पुनःप्राप्ति खंडक (Recovery blocks:)**: इस प्रक्रिया में सॉफ्टवेयर के कलन विधि के अनेक क्रियान्वयन खंडक विकसित किए जाते हैं जिनका निष्पादन अनुक्रमिक आधार पर होता है [13]। प्रथमतः पहले खंडक को क्रियान्वित होने का अवसर प्राप्त होता है। यदि खंडक के निष्पादन में कोई त्रुटि होती है अथवा खंडक के निष्पादन का परिणाम स्वीकृति परीक्षण में विफल पाया जाता है, तब अगले खंडक को क्रियान्वित होने का अवसर प्राप्त होता है। यदि खंडक का निष्पादन पूर्णतया सफल रहता है तब अगले खंडक के क्रियान्वयन की आवश्यकता नहीं रहती है। यदि आखिरी खंडक का क्रियान्वयन भी विफल होता है तब त्रुटि खंडक का क्रियान्वयन होता है जिससे की उसका प्रहस्तन (handling) किया जा सके। इस प्रणाली में त्रुटि प्रहस्तन एवं स्वीकृति परिक्षण का निर्माण महत्वपूर्ण एवं चुनौतीपूर्ण होता है।

इ : त्रुटि एवं आपत्ति प्रहस्तन (Error and Exception Handling): समस्त सावधानी एवं सतर्कता बरतने के बावजूद भी सॉफ्टवेयर निष्पादन के दौरान त्रुटि अथवा आपत्ति जैसी परिस्थितियों की सम्भावना बनी रहती है। ऐसी परिस्थितियों के उत्पन्न होने के बाद भी सॉफ्टवेयर का व्यवहार सुरक्षित रहना चाहिए [12]। सॉफ्टवेयर क्रमादेशन को इन परिस्थितियों का प्रहस्तन कुशलता पूर्वक करना चाहिए और सॉफ्टवेयर को सामान्य परिस्थितियों पर लाकर उसे पूर्ण क्षमता के साथ कार्य निष्पादन हेतु संचालित करना चाहिए।

ख : गुणवत्ता एवं सुरक्षा आश्वासन तथा प्रमाणन

IV. शून्य दोष नीति: शून्य दोष नीति अंतरिक्ष कार्यक्रम में अपरिहार्य है। प्रमोचन के पश्चात् किसी भी प्रणाली में परिष्करण की कोई संभावना नहीं रहती है। सॉफ्टवेयर भी अंतरिक्ष प्रणालियों में एक महत्वपूर्ण प्रणाली हैं। अतः अंतरिक्ष कार्यक्रम की सॉफ्टवेयर प्रणालियों को भी शून्य दोष सॉफ्टवेयर की नीति का अनुपालन करना चाहिए। इस दिशा में स्वच्छ कक्ष सॉफ्टवेयर अभियंत्रण (cleanroom software engineering) की प्रथाओं का प्रयोग किया जा सकता है। स्वच्छ कक्ष सॉफ्टवेयर अभियंत्रण [14] एक सिद्धांत आधारित एवं कार्य समूह उन्मुखी प्रक्रिया है। इसका लक्ष्य सांख्यिकीय गुणवत्ता के अधीन उच्च गुणवत्ता के सॉफ्टवेयर का विकास है। स्वच्छ कक्ष सॉफ्टवेयर अभियंत्रण प्रक्रिया तथा इस प्रक्रिया की मूल भावना भी शून्य दोष सॉफ्टवेयर के निर्माण में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकती हैं।

V. गुणवत्ता आवश्यकता विश्लेषण एवम गुणवत्ता मापन : उच्च गुणवत्ता के लिए गुणवत्ता आवश्यकता का पूर्व विश्लेषण एवं निर्धारण परम आवश्यक तत्व है। गुणवत्ता विश्लेषण वस्तुनिष्ठ, तार्किक एवं तर्कसंगत होना चाहिए। गुणवत्ता विशेषताओं के प्राचल के निर्धारण से पूर्व यह सुनिश्चित करना चाहिए कि:

अ : प्रस्तुत गुणवत्ता आवश्यकताओं की सूची एवं निर्धारित सीमा क्या परियोजना के लक्ष्य के अनुरूप अभीष्ट गुणवत्ता के लिए पर्याप्त हैं?

आ : क्या गुणवत्ता आवश्यकता की पूर्ती हेतु अन्य प्रणालियों पर संभावित प्रभाव का मूल्यांकन एवं अध्ययन किया गया है? क्या यह अध्ययन अन्य प्रणालियों के सफल निष्पादन में बाधा का संकेत देता है? क्या किसी अन्य प्रणाली में किसी संसोधन की आवश्यकता पैदा करता है?

इ : क्या कोई गुणवत्ता आवश्यकता किसी अन्य गुणवत्ता आवश्यकता के साथ विरोधाभास को जन्म देती है?

ई : प्रस्तुत गुणवत्ता विशेषता के प्राचल की निर्धारित सीमा क्या वस्तुतः आवश्यक है? क्या इससे शिथिल सीमाएं अभीष्ट गुणवत्ता के साथ परियोजना के लक्ष्य को सफलता के साथ पूरा कर सकती हैं?

गुणवत्ता आवश्यकता के साथ साथ गुणवत्ता मापन के प्राचलों का भी पूर्व निर्धारण होना चाहिए। इन प्राचलों के आधार पर सतत गुणवत्ता मापन अपेक्षित है।

इस प्रकार से हम देखते हैं की गुणवत्ता आवश्यकता का विश्लेषण, निर्धारण एवं मापन एक चुनौतीपूर्ण कार्य है। इसके लिए सभी कार्यदलों में परस्पर समन्वय अत्यावश्यक है। विविध प्राचलों में विपणन (bargaining) एवं संतुलन की महती आवश्यकता है।

VI. **सॉफ्टवेयर मानकों का प्रवर्तन**: जैसा की ऊपर बताया गया है कि सॉफ्टवेयर मानक उच्च गुणवत्ता के लक्ष्य पूर्ति में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। किन्तु यदि इन मानकों का समुचित प्रवर्तन न किया जाय तो ए मानक मात्र कपोल कल्पना बन कर रह जायेंगे। अतः इन मानकों का समग्र एवं समुचित प्रवर्तन अति महत्वपूर्ण है। अतः यह सुनिश्चित किया जाना चाहिए कि परियोजना के लिए उपयुक्त मानक का ही प्रयोग किया गया है। सॉफ्टवेयर मानक के अनुप्रयोग का सतत मूल्यांकन एवं प्रवर्तन सॉफ्टवेयर मानक का वांछित लाभ दिला पाने में सार्थक भूमिका निभाएगा।

ग <u>सॉफ्टवेयर सुरक्षा एवं विश्वसनीयता</u>

VII. **दोष सहिष्णुता (Fault tolerance:):** समानव अंतरिक्ष अभियान के लिए प्रयुक्त सॉफ्टवेयर को दोष सहिष्णु होना चाहिए। अथक प्रयत्न के बावजूद भी वास्तविक परियोजना क्रियान्वयन के दौरान सॉफ्टवेयर में दोष उत्पन्न हो सकता है। अतः सॉफ्टवेयर प्रणाली का दोष की स्थिति में व्यवहार अभिकल्पित एवं पूर्व निर्धारित होना चाहिए। दोष सहिष्णुता का उद्ध्येश्य दोष के प्रभाव को न्यूनतम रखना है [15]। इस दिशा में दोष अभिज्ञान, दोष परिरोधन (containment), दोष निदान दोष सहिष्णुता के महत्वपूर्ण आधार स्तम्भ हैं। दोष सहिष्णुता दोष के प्रभाव को सीमित कर प्रणाली को दोष पूर्व स्थिति की पुनः प्राप्ति कराती है।

VIII. **मरम्मत एवं दोष मुक्ति (Fault recovery and repair)**: हमें यह दृष्टिगत करना होगा की दोष मुक्ति एवं आरोग्य (recovery) आवश्यकता विश्लेषण का अभिन्न भाग है। सॉफ्टवेयर अभिकल्पना के चरण में हमें इन विषयों का ध्यान रखना होगा। इस दिशा में प्रणाली पुनर्विन्यास, दोष मुक्ति,आरोग्य (recovery), पुनरारंभ, मरम्मत एवं मातृ प्रणाली से पुनः समाकलन मरम्मत एवं दोष मुक्ति प्रक्रिया के प्रमुख अंग हैं [15]।

6. उपसंहार

समानव अंतरिक्ष अभियान में सॉफ्टवेयर प्रणालियों की महत्वपूर्ण भूमिका होगी। विश्वसनीय सॉफ्टवेयर प्रणालियों की अभिकल्पना, विकास, परीक्षण एवं प्रमाणन समानव अंतरिक्ष अभियान की सफलता के लिए अपरिहार्य है। इस दिशा में इसरो ने कई महत्वपूर्ण कदम उठाए हैं, उदाहरणार्थ इसरो सॉफ्टवेयर प्रक्रिया प्रलेख एवं इसरो सॉफ्टवेयर सुरक्षा मानक का अंगीकरण। प्रस्तुत शोध पत्र में लेखकों ने सॉफ्टवेयर अभियंत्रण का अष्ट आयामी निदर्श प्रस्तावित किया है। यह निदर्श समानव अंतरिक्ष अभियानों हेतु उच्च गुणवत्ता एवं विश्वसनीयता के सॉफ्टवेयर निर्माण को अभिप्रेरित करेगा। साथ ही साथ यह निदर्श अन्य अंतरिक्ष अभियानों के लिए भी सॉफ्टवेयर निर्माण प्रक्रिया का मार्गदर्शन भी करेगा।

समानव अंतरिक्ष अभियान की जटिलता एवं क्रांतिकता को ध्यान में रखते हुए, प्रस्तावित निदर्श का वैधीकरण परम आवश्यक है। अतः इसको भविष्य में वैधीकृत करने का प्रयास किया जायेगा। इस दिशा में सर्वप्रथम इस निदर्श का प्रयोग भू-सॉफ्टवेयर एवं मिशन क्रांतिक सॉफ्टवेयर प्रणालियों पर किया जाना चाहिए। इन प्रयोगों के

अनुभवों से प्रस्तावित निदर्श में यथा आवश्यक संशोधन किया जाना चाहिए। अंततः इस निदर्श का वैधीकरण एवं प्रयोग समानव अंतरिक्ष अभियान की सॉफ्टवेयर प्रणालियों पर किया जाना चाहिए।

आभार

लेखक गण माननीय निदेशक, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद का उनके मार्गदर्शन एवं प्रोत्साहन के लिए आभार प्रकट करते हैं। साथ ही साथ लेखक गण जीएसक्यूएडी, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के अन्य सहकर्मियों का भी आभार प्रकट करते हैं।

संदर्भ

[1] E. Vassev and M. Hinchey, "On the autonomy requirements for space missions," 16th IEEE International Symposium on Object/component/service-oriented Real-time distributed Computing (ISORC 2013), 2013, pp. 1-10, doi: 10.1109/ISORC.2013.6913242.

[2] E. E. Smith and D. J. Korsmeyer, "Intelligent Systems Technologies for Human Space Exploration Mission Operations," 2011 IEEE Fourth International Conference on Space Mission Challenges for Information Technology, Palo Alto, CA, USA, 2011, pp. 169-176, doi: 10.1109/SMC-IT.2011.12

[3] J. D. Frank, K. McGuire, H. R. Moses and J. Stephenson," Developing Decision Aids to Enable Human Spaceflight Autonomy," AI Magazine, 37(4), 46-54, 2017, https://doi.org/10.1609/aimag.v37i4.2683

[4] Daniel L. Dvorak, "NASA Study on Flight Software Complexity", [online]. (2022, Sep. 19). Available: https://www.nasa.gov/pdf/418878main_FSWC_Final_Report.pdf

[5] M. Jones, E. Gomez, A. Mantineo and U.K. Mortensen, "Introducing ECSS software-engineering standards within ESA: Practical approaches for space- and ground-segment software." (2002). [online]. (2022, Sep. 19). Available: https://www.esa.int/esapub/bulletin/bullet111/chapter21_bul111.pdf

[6] W. E. Wong, T. Gidvani, A. Lopez, R. Gao and M. Horn, "Evaluating Software Safety Standards: A Systematic Review and Comparison," 2014 IEEE Eighth International Conference on Software Security and Reliability-Companion, 2014, pp. 78-87, doi: 10.1109/SERE-C.2014.25.

[7] *Software Assurance and Software Safety Standard*, NASA-STD-8739.8A, NASA, 2020, [online]. (2022, Sep. 19). Available: https://s3vi.ndc.nasa.gov/ssri-kb/static/resources/nasa-std-8739.8a.pdf

[8] *ISRO Software Process Document*, issue-2, ISRO,2016

[9] *ISRO Software Safety Standard*, issue-1, ISRO,2019

[10] M. S. Feather, "Towards a unified approach to the representation of, and reasoning with, probabilistic risk information about software and its system interface," 15th International Symposium on Software Reliability Engineering, 2004, pp. 391-402, doi: 10.1109/ISSRE.2004.42.

[11] S. Pansini, N. Viola and C. Paissoni, "Risk Assessment of an On Orbit Servicing mission based on space tug concept", Master Thesis, Polytechnic of Turin, Master's degree program in Aerospace Engineering, 2021. [online]. (2022, Sep. 27). Available: http://webthesis.biblio.polito.it/id/eprint/18936

[12] Ian Sommerville, *Software Engineering*, 9th edition. 2011, pp 341-364

[13] A. M. Tyrrell, "Recovery blocks and algorithm-based fault tolerance," Proceedings of EUROMICRO 96. 22nd Euromicro Conference. Beyond 2000: Hardware and Software

Design Strategies, 1996, pp. 292-299, doi: 10.1109/EURMIC.1996.546394.
[14] R. C. Linger, "Cleanroom software engineering for zero-defect software," Proceedings of 1993 15th International Conference on Software Engineering, 1993, pp. 2-13, doi: 10.1109/ICSE.1993.346060.
[15] D. P. Siewiorek and P. Narasimhan," Fault-Tolerant Architectures for Space and Avionics Applications", [online]. (2022, Sep. 19). Available: https://www.cs.unc.edu/~anderson/teach/comp790/papers/Siewiorek_Fault_Tol.pdf

लेखक परिचय :



जगदम्बा प्रसाद सिंह ने एम् टेक (संगणक अनुप्रयोग) की उपाधि 2003 में ग्रहण कर इन्फोसिस टेक्नोलॉजीज लिमिटेड में साफ्टवेयर अभियन्ता के रूप में कार्य प्रारम्भ किया। तत्पश्चात 2005 में, यू आर राव उपग्रह केंद्र में वैज्ञानिक/अभियंता के रूप मे कार्य किया। स्थानान्तरण के फलस्वरूप 2021 से, प्रणाली विश्वसनीयता क्षेत्र, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में ग्राउंड साफ्टवेयर गुणवत्ता आश्वासन प्रभाग के साथ कार्य कर रहे हैं। आपने प्रमुखतः साफ्टवेयर विकास एवं साफ्टवेयर गुणवत्ता आश्वासन के क्षेत्र में योगदान दिया है। आपने 2 साफ्टवेयर कापीराइट प्राप्त किया एवं 14 शोधपत्र प्रकाशित किए हैं।



अखिलेश शर्मा ने आई.आई.टी.- रुड़की से एम.टेक (संगणक विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी) किया और वर्तमान में प्रणाली विश्वसनीयता क्षेत्र, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, में ग्राउंड साफ्टवेयर गुणवत्ता आश्वासन प्रभाग के प्रमुख के रूप में कार्यरत हैं। अहमदाबाद में उनके काम में साफ्टवेयर अभियंत्रण मानकों के क्रियान्वयन, परीक्षण स्वचालन, साफ्टवेयर गुणवत्ता आश्वासन की गतिविधियां शामिल हैं, जैसे कि विभिन्न ग्राउंड और आनबोर्ड साफ्टवेयर परियोजनाओं में समीक्षा, निरीक्षण,परीक्षण एवं सत्यापन।



संजय त्रिवेदी ने वर्ष 1982 में AVPT कॉलेज, राजकोट से इलेक्ट्रानिक्स में डिप्लोमा प्राप्त किया। वर्ष 1984 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद में अंकीय संचार कार्यक्रम में कार्य आरम्भ किया। वर्ष 1992 में गुजरात विश्वविद्यालय से बी.ई. और 2013 में SVNIT, सूरत से एम् टेक की उपाधि ग्रहण की। वर्तमान में प्रणाली विश्वसनीयता क्षेत्र, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, में साफ्टवेयर गुणवत्ता आश्वासन समूह के समूह प्रधान हैं।



अजय कुमार लाल प्रणाली विश्वसनीयता क्षेत्र, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के उपनिदेशक (सेवानिवृत्त) हैं। आपने 1986 में दिल्ली विश्वविद्यालय से माइक्रोवेव में एम.टेक. की उपाधि ग्रहण की और 1987 में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद में कार्य आरम्भ किया। आपके काम में विश्वसनीयता अभियंत्रण, इलेक्ट्रॉनिक घटकों के लिए गुणवत्ता आश्वासन और पेलोड प्रणालियों के लिए निर्माण प्रक्रियाएं एवं गुणवत्ता सुधार के लिए अभियांत्रिक प्रथाओं का क्रियान्वयन शामिल है। आपने 18 शोधपत्र प्रकाशित किए हैं। आपको अनेकों पुरस्कारों से सम्मानित किया गया है, 'लाल सी वर्मन 2018 पुरस्कार', इसरो टीम एक्सेलेंस पुरस्कार-2007, 2009, 2012 प्रमुख हैं।

सुदूर संवेदन छवि प्रसंस्करण समाधान के लिए मज़बूत मशीन लर्निंग तकनीक विकास

इंद्रनील मिश्रा, एस. मंथिरा मूर्ति और देबज्योति धर
संकेत और छवि प्रसंस्करण समूह, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, इसरो, अहमदाबाद
indranil@sac.isro.gov.in

सारांश

सुदूर संवेदन छवि प्रसंस्करण कार्यक्षेत्र में जटिल समस्याओं को हल करने के लिए मशीन लर्निंग नए रास्ते खोलता है। पारंपरिक छवि प्रसंस्करण तकनीकों में आम तौर पर सांख्यिकीय प्रक्रिया को परिभाषित किया है। मशीन लर्निंग मॉडल डेटा से सीखता है और विविध सुदूर संवेदन उपयोग के लिए मजबूत तकनीक का विकास किया जा सकता है। इस लेख में सुदूर संवेदन छवि प्रसंस्करण समाधान के लिए मशीन लर्निंग तकनीकों का व्यापक विवरण प्रस्तुत किया है। प्रिंसिपल कंपोनेंट एनालिसिस (पीसीए) एक आयाम कम करने की तकनीक है और इसे मशीन लर्निंग का पहला बिल्डिंग ब्लॉक माना जाता है। पीसीए का उपयोग बर्फ और ग्लेशियर क्षेत्रों पर फीचर ट्रैकिंग, फीचर मिलान, परिवर्तन का पता लगाने और छवि संलयन के लिए प्रदर्शित किया गया है। सपोर्ट वेक्टर मशीन (एसवीएम) एक पर्यवेक्षित अध्ययन मॉडल है और वर्गीकरण के लिए मल्टीस्पेक्ट्रल सुदूर संवेदन छवि पर लागू होता है। विभिन्न प्रकार के एसवीएम मॉडल का वर्णन किया गया है और वर्गीकृत छवियों की दृश्य गुणवत्ता का मूल्यांकन किया गया है। इसके अलावा, छवि वर्गीकरण गुणवत्ता मीट्रिक, जैसे समग्र सटीकता और कप्पा गुणांक की गणना की गई है। यह पाया गया है कि बहुपद मॉडल कर्नेल के साथ एस.वी.एम. तकनीक छवि वर्गीकरण में बेहतर प्रदर्शन करता है।

कीवर्ड: मशीन लर्निंग, पी.सी.ए., एस.वी.एम., छवि प्रसंस्करण, सुदूर संवेदन

1. परिचय

मशीन लर्निंग (एम.एल.) एक रोचक अनुसंधान क्षेत्र है, जिसमें विभिन्न वैज्ञानिक कार्यक्षेत्र में अंतहीन उपयोग हैं [1]। हमने सुदूर संवेदन छवि प्रसंस्करण समस्याओं [2] को हल करने के लिए मशीन लर्निंग एल्गोरिदम के कुछ विशिष्ट अनुप्रयोगों को सामने लाने की कोशिश की है। मशीन लर्निंग युग से पहले, आमतौर पर विकसित किए गए समाधान दस्तकारी होते हैं, जिनमें व्यवस्थित सांख्यिकीय कम्प्यूटेशनल चरणों की श्रृंखला होती है। सुदूर संवेदन छवि से मुख्य विशेषताओं को निकालने के लिए एक उदाहरण पर विचार किया जा सकता है। बहु-अस्थायी छवि पंजीकरण, जैसे विभिन्न प्रकार के छवि प्रसंस्करण कार्यों के लिए मुख्य विशेषता बिंदुओं की आवश्यकता होती है। हैरिस कॉर्नर [3], एस,आई.एफ.टी. [4], सर्फ [5] और ओ.आर.बी. [6] हैंडक्राफ्ट फीचर डिटेक्टर हैं, जो सह-पंजीकृत डेटा उत्पाद उत्पन्न करने के लिए इनपुट छवि के मिलान और परिवर्तन के लिए बहुत सारे फीचर पॉइंट निकालने में सक्षम हैं। लेकिन नये युग में हमारे पास बहुत उच्च स्थानिक (विभेदन) रिज़ॉल्यूशन वाली छवियां हैं, जिनमें समृद्ध फीचर सामग्री की जानकारी है। यह पाया गया है कि कभी-कभी हस्तशिल्प आधारित फीचर डिटेक्टर अच्छा प्रदर्शन नहीं करते हैं। ऐसे मामलों में, सुपरपॉइंट [7] आधारित मशीन लर्निंग फीचर डिटेक्टर तकनीक कार्यरत है, जो बड़ी संख्या में विश्वसनीय फीचर पॉइंट निकालने के लिए स्वयं पर्यवेक्षित है। मशीन लर्निंग मज़बूत है और अगर इसे ठीक से ट्यून किया जाए तो इसे प्रशिक्षण नमूनों से लेकर समस्या क्षेत्र के किसी भी डेटा पर अच्छी तरह से सामान्य किया जा सकता है।

आयाम में कमी एक अन्य क्षेत्र है, जहां मशीन सीखने की तकनीक वांछित आउटपुट उत्पन्न करने में सक्षम हो सकती है। उनमें से, प्रिंसिपल कंपोनेंट एनालिसिस (पी.सी.ए.) आयाम में कमी [8] के लिए अधिक उपयोग की जाने वाली एम.एल. तकनीक है। आमतौर पर, सुदूर संवेदन छवियों में कई चैनल होते हैं और हमें चैनल को कम करने की आवश्यकता होती है ताकि अधिकतम विचरण जानकारी रूपांतरित चैनल घटक का हिस्सा हो सके। पी.सी.ए. का उपयोग सुदूर संवेदन डेटा पूर्व-प्रसंस्करण विधि के रूप में हिमालय क्षेत्र के बर्फ और ग्लेशियर क्षेत्रों

में फीचर डिमार्किंग को बढ़ाने के लिए किया जाता है [9]। पी.सी.ए. आउटपुट को ग्लेशियर फीचर ट्रैकिंग और यहां तक कि सुदूर संवेदन छवि रजिस्ट्रेशन में फीचर डिटेक्शन के लिए सीधे उपयोग में लाया जा सकता है। परिवर्तन का पता लगाना एक विशेष समस्या है, जहाँ परिवर्तनों का पता लगाने के लिए बहु-अस्थायी सुदूर संवेदन छवि जोड़े का उपयोग किया जाता है [10]। पी.सी.ए. को परिवर्तन का पता लगाने वाले मानचित्र निर्माण के लिए नियोजित किया जा सकता है, जो नीति निर्माताओं को शहरी नियोजन और प्रबंधन के लिए सही निर्णय लेने में मदद कर सकता है। पी.सी.ए. आधारित छवि संलयन पैनक्रोमेटिक और मल्टीस्पेक्ट्रल (बहुस्पेक्ट्रमी) सुदूर संवेदन छवियों को मर्ज डेटा उत्पाद उत्पन्न करने के लिए जोड़ सकता है, जिसमें बेहतर स्थानिक विभेदन (रिज़ॉल्यूशन) होता है, जबकि वर्णक्रमीय विशेषताओं को भी संरक्षित किया जाता है [11]।

सुदूर संवेदन छवि वर्गीकरण एक आकर्षक क्षेत्र है, जहां कई शोधकर्ता वर्णक्रमीय विशेषताओं के अनुसार पिक्सेल को वर्गीकृत करने के लिए नई तकनीक विकसित की जाती है।[12]। अधितकम संभाव्यता (मेक्सिमम लाइकलिहुड) (एम.एक्स.एल.), जैसी पारंपरिक विधि समूह पिक्सल के लिए एक शुद्ध सांख्यिकीय दृष्टिकोण है [13]। मशीन लर्निंग एल्गोरिथ्म के उदय से सपोर्ट वेक्टर मशीन (एस.वी.एम.) पर आधारित शक्तिशाली क्लासिफायर तकनीक की डिजाइन तैयार की गई है, जो सुदूर संवेदन छवियों [14] से प्रभावशाली वर्गीकृत मानचित्र बनाने में सक्षम है। आजकल, एन्सेम्बल क्लासिफायर भी तैनात किए जाते हैं, जहां ऐसे क्लासिफायर का सेट होता है, जिनके व्यक्तिगत निर्णय, पिक्सेल को वर्गीकृत करने के लिए एक इष्टतम तरीके से संयुक्त होते हैं [15]। पर्यवेक्षित अध्ययन में अनुसंधान के सबसे सक्रिय क्षेत्रों में से एक सुदूर संवेदन छवि क्लासिफायर की अच्छी तकनीक निर्माण के तरीकों का अध्ययन किया गया है। यह पाया गया है कि विभिन्न छवि वर्गीकरण गुणवत्ता पैरामीटर, जैसे समग्र सटीकता और कप्पा गुणांक पारंपरिक विधियों की तुलना में मशीन लर्निंग एल्गोरिथ्म के लिए बेहतर परिणाम दिखाते हैं। इस लेख के प्रमुख वस्तुनिष्ठ निम्लिखित हैं:

i. ऑपरेशनल सुदूर संवेदन छवि प्रसंस्करण सॉल्यूशंस के लिए मशीन लर्निंग एल्गोरिथ्म पर एक व्यापक विवरण प्रस्तुत किया गया है।
ii. सुदूर संवेदन छवि प्रसंस्करण टास्क के लिए पी.सी.ए. तकनीक का विस्तार से वर्णन किया गया है।
iii. बदलाव का पता लगाने, फीचर मैचिंग और इमेज फ्यूजन के लिए पी.सी.ए. का उपयोग प्रस्तुत किया है।
iv. सुदूर संवेदन छवि वर्गीकरण के लिए एस.वी.एम. एल्गोरिथ्म डिजाइन और विकास।
v. विभिन्न प्रसिद्ध तरीकों से छवि वर्गीकरण आउटपुट के दृश्य गुणवत्ता विश्लेषण और मात्रात्मक तुलना।
vi. जटिल छवि प्रसंस्करण समस्याओं को हल करने के लिए मशीन लर्निंग तकनीकों की मज़बूती का प्रदर्शन किया गया है।

2. सुदूर संवेदन छवि प्रसंस्करण के लिए प्रिंसिपल कंपोनेंट एनालिसिस (पी.सी.ए.)

प्रिंसिपल कंपोनेंट एनालिसिस (पी.सी.ए.) एक गैर-पर्यवेक्षित, गैर-पैरामीट्रिक सांख्यिकीय तकनीक है, जिसका उपयोग मुख्य रूप से मशीन लर्निंग में डायमेंशनलिटी (विमीय) में कमी के लिए किया जाता है। पी.सी.ए. का उपयोग शोर वाले डेटासेट को फ़िल्टर करने के लिए भी किया जा सकता है और इसे एक महत्वपूर्ण छवि प्रसंस्करण तकनीक के रूप में उपयोग किया जा सकता है। पी.सी.ए. के मुख्य लक्ष्य निम्नलिखित हैं:

i. छवि डेटा से सबसे महत्वपूर्ण जानकारी निकलना।
ii. केवल इस महत्वपूर्ण जानकारी को रखकर डेटा सेट के आकार को संपीड़ित करना।
iii. डेटा सेट के विवरण को सरल बनाना।
iv. अवलोकनों और चर (वेरियेबल) की संरचना का विश्लेषण करना।

इन लक्ष्यों को प्राप्त करने के लिए पी.सी.ए. प्रमुख घटकों नामक नए चर की गणना करता है, जो मूल चर के रैखिक संयोजन के रूप में प्राप्त होते हैं। पहले प्रमुख घटक के लिए सबसे बड़ा संभव विचरण होना आवश्यक है। यह जड़ता को दर्शाता है और इसलिए यह घटक छवि डेटा की जड़ता का सबसे बड़ा हिस्सा होता है। दूसरे घटक की गणना पहले घटक के लिए ऑर्थोगोनल होने और सबसे बड़ी संभव जड़ता होने की बाधा के तहत की

जाती है। अन्य घटकों की भी इसी तरह गणना की जाती है। प्रेक्षणों के लिए इन नए चरों के मूल्यों को आमतौर पर कारक स्कोर कहा जाता है। इन कारकों के अंकों की व्याख्या ज्यामितीय रूप से प्रमुख घटकों पर टिप्पणियों के अनुमानों के रूप में की जा सकती है। यह पाया गया है कि प्रत्येक अतिरिक्त घटक कम विचरण और अधिक शोर व्यक्त करता है, इसलिए प्रमुख घटकों के एक छोटे उप समुच्चय के साथ डेटा का प्रतिनिधित्व सिग्नल को संरक्षित करता है और शोर को छोड़ देता है।

पी.सी.ए. में, घटक डेटा तालिका के एकल मूल्य अपघटन X से प्राप्त होते हैं। X को निम्नानुसार परिभाषित किया गया है:

$$X = P\Delta Q^T \quad (1)$$

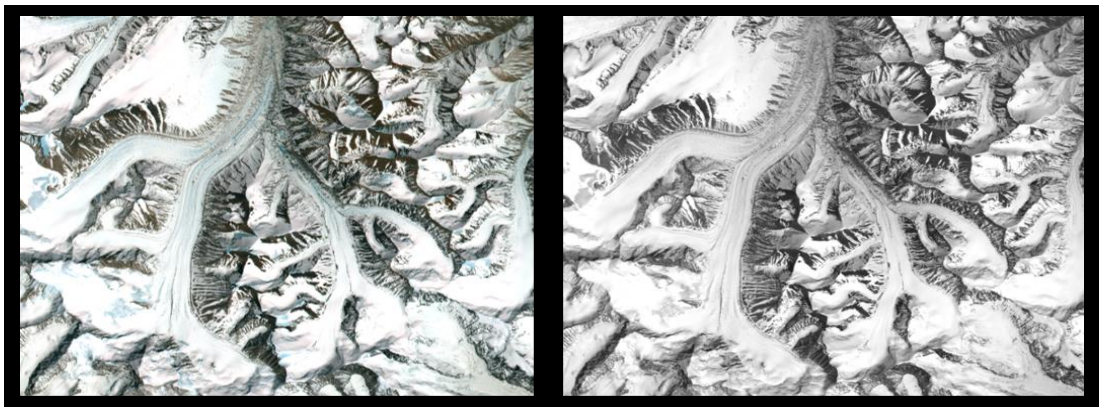
जहाँ P बाएँ एकल सदिशों का I×L आव्यूह है, Q दाएँ एकल सदिशों का J×L आव्यूह है, और Δ एकल मानों का विकर्ण आव्यूह है।

किसी स्तंभ की जड़ता को इस स्तंभ के वर्गित तत्वों के योग के रूप में परिभाषित किया जाता है और इसकी गणना निम्नलिखित प्रकार से की जाती है:

$$\gamma_j^2 = \sum_i^I x_{i,j}^2 \quad (2)$$

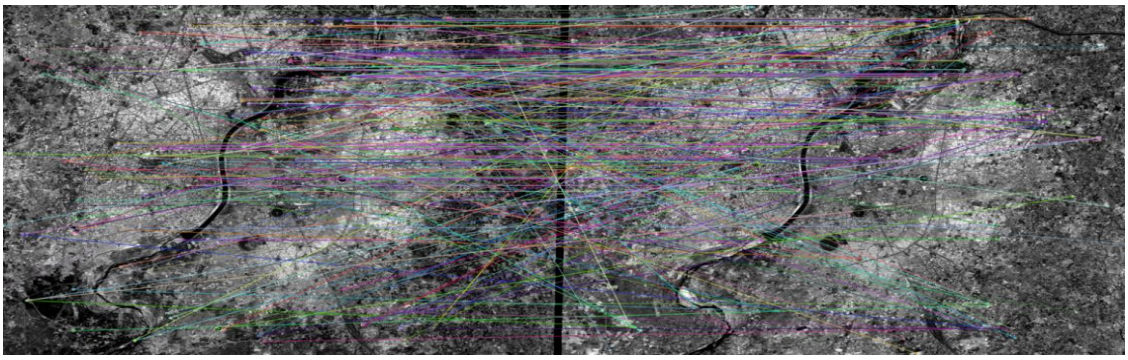
सभी का योग γ_j^2 द्वारा निरूपित किया जाता है I और इसे डेटा तालिका की जड़ता या कुल जड़ता कहा जाता है। यहाँ पर कुल जड़त्व भी डेटा तालिका के वर्गित एकल मानों के योग के बराबर है।

डेटा की दृश्यता में सुधार और फीचर ट्रैकिंग एल्गोरिथ्म की सटीकता में सुधार करने के लिए बर्फ और ग्लेशियर क्षेत्र में सुदूर संवेदन छवि को और बढ़ाया जा सकता है। पी.सी.ए. तकनीक बहुस्पेक्ट्रमी (मल्टीस्पेक्ट्रल) डेटासेट की आयामीता को कम करती है। रिसोर्ससैट 2ए के लिस-3 सेंसर में 4 बहुस्पेक्ट्रमी (मल्टीस्पेक्ट्रल) बैंड हैं, जिनका नाम ग्रीन, रेड, नियर इंफ्रा-रेड और शॉर्ट वेव इंफ्रा-रेड है। पी.सी.ए. का उपयोग चार अलग-अलग बैंड के मानों को एक एकल मान में संयोजित करने के लिए किया जाता है। पी.सी.ए. के परिणाम बर्फ के आवरण के आधार पर भिन्न होते हैं। पी.सी.ए. स्वचालित आइस फ्लो फीचर ट्रैकिंग एल्गोरिथ्म [16] के लिए फीचर बोधगम्यता को बेहतर बनाने में मदद करता है। नीचे दिया गया चित्र-1 बहुस्पेक्ट्रमी (मल्टीस्पेक्ट्रल) छवि और पी.सी.ए. पहला घटक दर्शाता है, जिसमें बहुस्पेक्ट्रमी (मल्टीस्पेक्ट्रल) छवि के चार तरंगदैर्ध्य चैनलों से अधिकतम विचरण की जानकारी होती है, जिसका उपयोग सीधे फीचर ट्रैकिंग और फीचर मिलान संचालन के लिए किया जा सकता है। चित्र-2: पी.सी.ए. छवियों पर मुख्य विशेषताएं फीचर मिलान ऑपरेशन दर्शाता है।



बहुस्पेक्ट्रमी (मल्टीस्पेक्ट्रल) छवि पी.सी.ए. छवि

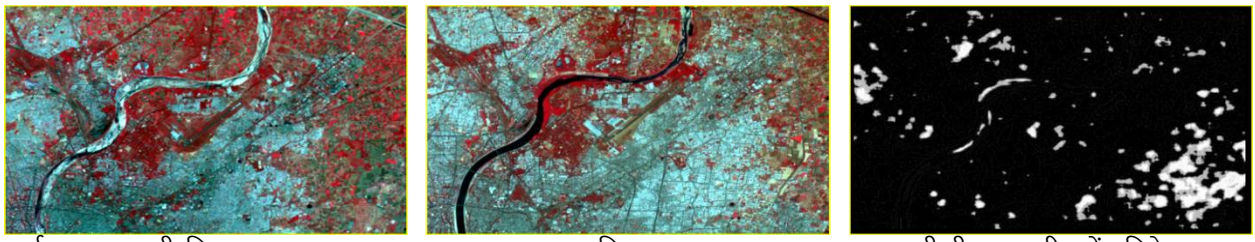
चित्र-1। बर्फ और ग्लेशियर क्षेत्र में फीचर ट्रैकिंग के लिए पी.सी.ए.



पी.सी.ए. छवि-1 पी.सी.ए. छवि-2

चित्र-2: पी.सी.ए. छवियों पर मुख्य विशेषताएं फीचर मिलान संचालन

पी.सी.ए. बहुकालिक (मल्टी-टेम्पोरल) सुदूर संवेदन छवि का उपयोग करते हुए परिवर्तन का पता लगाने के लिए एक शक्तिशाली तकनीक है। मल्टी-डिकैडल टाइम-लैप्स सुदूर संवेदन छवि दशकों से धीरे-धीरे हुए सतही फीचर परिवर्तनों का अध्ययन करने के लिए महत्वपूर्ण जानकारी प्रदान करते हैं। शहरी फैलाव, वनों की कटाई के क्षेत्रों, नए बुनियादी ढांचों के स्थान, कृषि भूमि क्षेत्रों में परिवर्तन, अंतरदेशीय जल निकायों पर आर्द्रभूमि वितरण और पृथ्वी ग्रह को रहने योग्य बनाने के लिए विभिन्न अन्य अंतरिक्ष जनित अनुप्रयोगों की पहचान करने के लिए पृथ्वी अवलोकन उपग्रहों का उपयोग करते हुए क्रमिक भूमि कवर परिवर्तन की निगरानी की आवश्यकता है [17]। परिवर्तन की जानकारी भूमि/शहरी नियोजन के लिए एक महत्वपूर्ण इनपुट बन जाती है और एक बड़े भौगोलिक क्षेत्र के लिए सही नीति स्तर के निर्णय लेने में मदद करती है। इस परिप्रेक्ष्य में, भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रहों के पास विशाल डेटा संग्रह हैं, जो 1988 में आई.आर.एस.-1ए के प्रक्षेपण से शुरू होकर नवीनतम कक्षा में रिसोर्ससैट-2ए (आर.एस.-2ए) 2016 में लॉन्च (प्रकाशित) किए गए [18,19]। चित्र-3: मल्टी-डिकैडल आई.आर.एस. सुदूर संवेदन छवि और पी.सी.ए. आधारित चेंज डिटेक्शन मैप दर्शाता है। अहमदाबाद हवाई अड्डे के पूर्वी क्षेत्र में हुए परिवर्तनों को नक्शा दर्शाता है, जहाँ दो दशक पहले की समय सीमा की जानकारी की तुलना में प्रमुख शहरीकरण वृद्धि हुई है।



आई.आर.एस.-1सी, लिस-3, 12 नवम्बर 1998 आर.एस.-2ए, लिस-3, 26 नवम्बर 2017 पी.सी.ए. आधारित चेंज डिटेक्शन मैप

चित्र-3। शहरी क्षेत्र में बहु-दशकीय परिवर्तन का पता लगाने के लिए पी.सी.ए.



सार्ववर्णी (पैनक्रोमेटिक) छवि बहुस्पेक्ट्रमी (मल्टीस्पेक्ट्रल) छवि पी.सी.ए. संलयन छवि

चित्र-4: बहुस्पेक्ट्रमी (मल्टीस्पेक्ट्रल) छवि के स्थानिक संकल्प को बढ़ाने के लिए पी.सी.ए आधारित पैन-शार्पनिंग

पैन-शार्पनिंग या छवि संलयन, उच्च स्थानिक विभेदन (रिज़ॉल्यूशन) वाली सार्ववर्णी (पैनक्रोमेटिक) छवि को कम स्थानिक विभेदन (रिज़ॉल्यूशन) वाली बहुस्पेक्ट्रमी (मल्टीस्पेक्ट्रल) सुदूर संवेदन छवि के साथ संयोजित करने का एक तरीका है, जिसमें फ़्यूज्ड छवि उत्पन्न होती है, जिसमें इष्टतम स्थानिक और वर्णक्रमीय स्थानिक विभेदन (रिज़ॉल्यूशन) होता है। पैन-शार्पनिंग का मुख्य लाभ यह है कि उच्च स्थानिक विवरण एम्बेडेड होते हैं, जो बदले में वैज्ञानिक विश्लेषण के लिए समग्र छवि गुणवत्ता में सुधार करते हैं [11]। घटक प्रतिस्थापन आधारित छवि संलयन विधियां बहुस्पेक्ट्रमी (मल्टीस्पेक्ट्रल) सुदूर संवेदन छवियों [20] के साथ उच्च स्थानिक संकल्प पैनक्रोमेटिक डेटा को मिश्रित करने का लोकप्रिय और कुशल तरीका हैं। पी.सी.ए. घटक प्रतिस्थापन आधारित छवि संलयन तकनीक के अंतर्गत आता है, जो एक अनुकूलित तरीके से सार्ववर्णी (पैनक्रोमेटिक) और बहुस्पेक्ट्रमी (मल्टीस्पेक्ट्रल) को मर्ज कर सकता है। प्रिंसिपल कंपोनेंट एनालिसिस (पी.सी.ए.) ट्रांसफॉर्मेशन एक बहुभिन्नरूपी डेटासेट की एक आयाम कमी विधि है, जो बड़े डेटा सेट को प्रमुख घटकों में बदल देती है, जिसमें सभी प्रासंगिक जानकारी होती है। पहला प्रमुख घटक उच्च विभेदन (रिज़ॉल्यूशन) डेटा के साथ हिस्टोग्राम से मेल खाता है। पी.सी.ए. फ़्यूज्ड आउटपुट उत्पन्न करने के लिए इसे वापस उल्टा करते है। पी.सी.ए. छवि संलयन को ब्रोवी ट्रांसफॉर्म [21] से बेहतर माना जाता है। चित्र-4: पी.सी.ए. का उपयोग करते हुए सार्ववर्णी (पैनक्रोमेटिक), बहुस्पेक्ट्रमी (मल्टीस्पेक्ट्रल) छवि और फ़्यूज्ड छवि दर्शाता है।

3. सुदूर संवेदन छवि वर्गीकरण के लिए सपोर्ट वेक्टर मशीन (एस.वी.एम.)

वैपनिक और उनके समूह द्वारा 1970 के दशक के अंत में पहली बार प्रस्तुत की गई सपोर्ट वेक्टर मशीन (एस.वी.एम.) एल्गोरिथ्म, विभिन्न प्रकार के मशीन लर्निंग अनुप्रयोगों और विशेष रूप से छवि वर्गीकरण [22] में सबसे व्यापक रूप से उपयोग किए जाने वाले कर्नेल आधारित लर्निंग एल्गोरिथ्म में से एक है। एस.वी.एम. में, मुख्य लक्ष्य सिद्धांत में विश्व स्तर पर इष्टतम समाधान प्राप्त करने के लिए उत्तल द्विघात अनुकूलन समस्या को हल करना है और इस प्रकार, अन्य मशीन लर्निंग की तकनीकों की स्थानीय चरम दुविधा पर नियंत्रण प्राप्त करना है। एस.वी.एम. गैर पैरामीट्रिक पर्यवेक्षित तकनीकों से संबंधित है, जो अंतर्निहित डेटा के वितरण के प्रति असंवेदनशील हैं। यह अन्य मशीन लर्निंग तकनीकों की तुलना में एस.वी.एम. के फायदों में से एक है, जिसमें डेटा वितरण पहले से पता होना चाहिए।

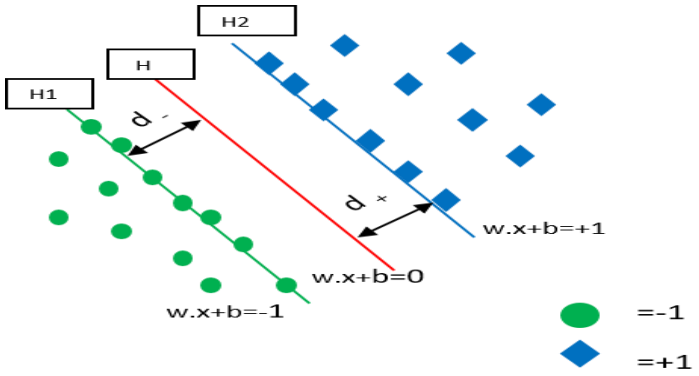
मशीन लर्निंग में, सपोर्ट वेक्टर मशीन (एस.वी.एम.) [22] संबद्ध लर्निंग एल्गोरिथ्म के साथ पर्यवेक्षित अध्ययन मॉडल हैं, जो वर्गीकरण और प्रतिगमन विश्लेषण के लिए उपयोग किए गए डेटा का विश्लेषण करते हैं। प्रशिक्षण उदाहरणों के एक सेट को देखते हुए, प्रत्येक को एक या दो श्रेणियों में से एक के रूप में चिह्नित किया जाता है, एक एस.वी.एम. प्रशिक्षण एल्गोरिथ्म एक मॉडल बनाता है, जो एक श्रेणी या दूसरे को नए उदाहरण प्रदान करता है, जिससे यह एक गैर-संभाव्य बाइनरी रैखिक क्लासिफायर बन जाता है। एक एस.वी.एम. मॉडल आयामी स्थान में बिंदुओं के रूप में उदाहरणों का प्रतिनिधित्व करता है, मैप करता है, ताकि जितना संभव हो सके, अलग-अलग श्रेणियों के उदाहरणों को एक स्पष्ट अंतर से विभाजित किया जा सके जो। फिर नए उदाहरणों को उसी स्थान में मैप किया जाता है और अनुमान लगाया जाता है कि वे उस अंतराल के किनारे के आधार पर एक श्रेणी से संबंधित हैं, जिस पर वे गिरते हैं। रैखिक वर्गीकरण करने के अलावा, एसवीएम कुशलता से एक गैर-रेखीय वर्गीकरण का प्रदर्शन कर सकते हैं जिसे कर्नेल ट्रिक कहा जाता है, जो उनके इनपुट को उच्च-आयामी फीचर स्पेस में परोक्ष रूप से मैप करता है। जब डेटा को लेबल नहीं किया जाता है, तो पर्यवेक्षित अध्ययन संभव नहीं होता है, और एक अनुपयोगी अध्ययन दृष्टिकोण की आवश्यकता होती है, जो समूहों के लिए डेटा के प्राकृतिक क्लस्टरिंग को खोजने का प्रयास करता है, और फिर इन गठित समूहों के लिए नए डेटा को मैप करता है। सपोर्ट वेक्टर क्लस्टरिंग बिना लेबल वाले डेटा को वर्गीकृत करने के लिए सपोर्ट वेक्टर मशीन एल्गोरिथम में विकसित सपोर्ट वैक्टर के आँकड़ों को लागू करता है, और औद्योगिक अनुप्रयोगों में सबसे व्यापक रूप से उपयोग किए जाने वाले क्लस्टरिंग एल्गोरिदम में से एक है ।

एस.वी.एम. वर्गीकरण का सिद्धांत डेटा को प्रशिक्षण सेट और परीक्षण/पूर्वानुमान सेट में अलग करना है। प्रशिक्षण सेट में प्रत्येक उदाहरण में एक लक्ष्य मान और कई विशेषताएँ होती हैं, जो सुविधाएँ और पूर्वानुमान चर [7] हो सकते हैं।

उदाहरणार्थ: यदि X और Y इनपुट और आउटपुट डेटासेट हैं और प्रशिक्षण सेट $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2).....(x_m, y_m)\}$ हैं। सामान्य तौर पर, पहले देखे गए मूल्य के अनुसार $x \in X$, हम एक उपयुक्त खोजने की कोशिश करते हैं। $y \in Y$ इसलिए हम एक क्लासिफायर सीखने की कोशिश करते हैं या एक एस.वी.एम. मॉडल तैयार करते हैं।

$$Y = f(x, \alpha) \quad (3)$$

यहाँ पर α कर्नेल फ़ंक्शन के पैरामीटर हैं, जिन्हें अधिक सटीक छवि वर्गीकरण परिणामों के लिए फ़ाइन-ट्यून करने की आवश्यकता है। एस.वी.एम. क्लासिफायर प्रभावी छवि वर्गीकरण के लिए विभिन्न प्रकार के कर्नेल फ़ंक्शन, जैसे कि रैखिक, बहुपद और रेडियल आधार फ़ंक्शन के साथ अध्ययन कर सकता है।



चित्र-5। रैखिक एस.वी.एम. कार्यप्रणाली

चित्र -5: सभी अति तलों को एक सदिश (w) और एक स्थिरांक b द्वारा परिचालित किया जाता है। इसे **के** रूप में व्यक्त किया जा सकता है।

$$f(x) = w.x + b \quad (4)$$

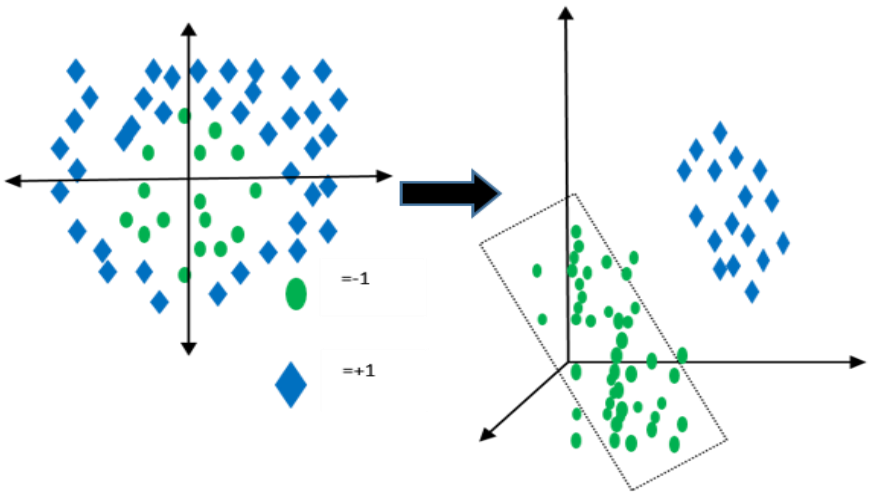
H इष्टतम हाइपर प्लेन है जिसे **के** रूप में व्यक्त किया जा सकता है ।

$$H: xi.w + b = 0 \quad (5)$$

H1 और H2 वे तल हैं जिन्हें **के** रूप में व्यक्त किया जा सकता है ।

$$H1: x_i.w + b = -1 \quad (6)$$
$$H2: x_i.w + b = +1 \quad (7)$$

समतल H1 और H2 पर स्थित बिंदु समर्थन सदिश हैं। पृथक करने वाले हाइपर प्लेन का मार्जिन $d_- + d_+$ है। मार्जिन जितनी बड़ी होगी, एस.वी.एम. क्लासिफायर उतना ही बेहतर होगा।



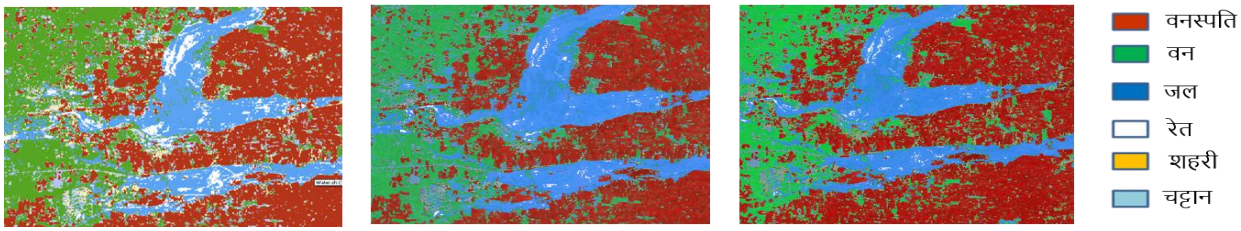
चित्र-6: बहुपद एस.वी.एम. पद्धति

चित्र-6: यह दर्शाता है कि रैखिक कर्नेल मॉडल लागू नहीं होता है और बहुपद कर्नेल विधि का उपयोग किया जाना चाहिए, जो अधिक जटिल डेटा को प्रभावी ढंग से वर्गीकृत कर सकता है। बहुपद कर्नेल विधि व्यंजक इस प्रकार है:

$$f(x) = w.\Phi(x) + b \quad (8)$$

यहाँ, $\Phi(x)$ उच्च आयामी स्थान में मैपिंग फ़ंक्शन है।

विभिन्न वर्णक्रमीय वर्गों को वर्गीकृत करने के लिए मॉडल की प्रभावकारिता की जांच करता है। यहाँ पर एस.वी.एम. मॉडल का इनपुट रिसोर्ससैट ऑर्थो-रेक्टिफाइड छवि डेटा उत्पाद है। वर्ग वनस्पति, वन, जल, रेत, शहरी और चट्टान हैं। प्रशिक्षण नमूनों का चयन मल्टीस्पेक्ट्रल डेटासेट की वर्णक्रमीय विशेषताओं के अनुसार नियमावली रूप से किया जाता है। प्रत्येक वर्ग के लिए प्रशिक्षण पिक्सेल की संख्या समान वितरण के लिए छवि के विभिन्न क्षेत्रों से चयनित क जाती है। अध्ययन क्षेत्र एम.एक्स.एल. वर्गीकृत छवि इससे संबंधित किंवदंती के साथ चित्र 7 में दर्शाई गई है। चित्र 7 में ही विभिन्न कर्नेल प्रकारों का उपयोग करते हुए एस.वी.एम. सीखने की विधि द्वारा वर्गीकृत एक ही क्षेत्र को दर्शाया गया हैं। एम.एक्स.एल. क्लासिफायर में यह स्पष्ट रूप से देखा गया है कि नदी के केंद्र में रेत के हस्ताक्षर के अपेक्षाकृत बड़े पैच का पता लगाया जाता है, जो आमतौर पर सामान्य परिस्थितियों में नहीं होता है। एस.वी.एम. कर्नेल प्रकारों में, बहुपद मॉडल बेहतर दृश्य वर्गीकरण मानचित्र दर्शाता है। एम.एक्स.एल. और एस.वी.एम. कर्नेल क्लासिफायर के लिए गणना समय एक ही क्रम का पाया गया है।



एम.एक्स.एल. वर्गीकृत छवि **रैखिक एस.वी.एम. वर्गीकृत छवि** **बहुपद एस.वी.एम. वर्गीकृत छवि**

चित्र-7: पारंपरिक एम.एक्स.एल. और एम.एल. आधारित एस.वी.एम. तकनीक के बीच सुदूर संवेदन छवि वर्गीकरण तुलना

तालिका -1: एम.एक्स.एल. विधि द्वारा और एस.वी.एम. मॉडल में विभिन्न प्रकार के कर्नेल फ़ंक्शन का उपयोग करके वर्गीकृत छवियों की समग्र सटीकता और कप्पा गुणांक को संग्रहीत करता है। समग्र सटीकता को प्रशिक्षण नमूना सेट निर्माण के दौरान किए गए अवलोकन की कुल संख्या के लिए सही रूप से वर्गीकृत अवलोकन के अनुपात के रूप में परिभाषित किया गया है। कप्पा गुणांक संयोग समझौते के प्रभावों को घटाने

के बाद समग्र सटीकता के समान है [23]। यह स्पष्ट रूप से दिखाता है कि बहुपद कर्नेल फ़ंक्शन वाले एस.वी.एम. मॉडल में उच्चतम समग्र सटीकता है और एम.एक्स.एल. तकनीक में सबसे कम समग्र सटीकता है।

तालिका-1: शुद्धता आकलन तालिका

तरीका	कर्नेल प्रकार	समग्र शुद्धता	कप्पा गुणांक
एम.एक्स.एल.	-	87.52	85.63
एस.वी.एम.	रैखिक	91.43	88.85
एस.वी.एम.	बहुपद	92.82	90.53

4. निष्कर्ष और भविष्य का दायरा

लेख में सुदूर संवेदन छवि प्रसंस्करण के लिए मशीन लर्निंग एल्गोरिथ्म की शक्ति का वर्णन किया गया है। पी.सी.ए. एक मज़बूत आयाम कमी तकनीक है, जो मल्टीस्पेक्ट्रल सुदूर संवेदन छवियों पर लागू होती है। पी.सी.ए. आउटपुट का उपयोग सीधे बर्फ के प्रवाह और ग्लेशियर विस्थापन सुविधा ट्रैकिंग और फीचर मिलान के लिए किया जा सकता है। इसके अलावा, पी.सी.ए. आधारित छवि संलयन, मल्टीस्पेक्ट्रल चैनलों के साथ पैनक्रोमेटिक छवि को मर्ज करता है, ताकि संलयन छवि जेनरेट की जा सके जो कि एक प्रतिनिधि वर्धित छवि है। यहां तक कि पी.सी.ए. आधारित परिवर्तन का पता लगाने की विधि द्वि-अस्थायी सुदूर संवेदन छवियों का उपयोग करते हुए परिवर्तन का पता लगाने वाला नक्शा तैयार करती है, जिसमें परिदृश्य में हुए बड़े बदलावों का विवरण होता है। मशीन लर्निंग आधारित छवि वर्गीकरण अधिक मज़बूत है और भारतीय रिसोर्ससैट मल्टीस्पेक्ट्रल छवि पर एस.वी.एम. क्लासिफायर पिक्सेल को सटीक रूप से वर्गीकृत करता है। समग्र सटीकता और कप्पा गुणांक के संदर्भ में, एस.वी.एम. बहुपद कर्नेल प्रकार रैखिक एस.वी.एम. और एम.एक्स.एल. क्लासिफायर से बेहतर पाया गया है। भविष्य के काम में, ऑपरेशनल सुदूर संवेदन छवि प्रसंस्करण समाधान विकास (डेवलपमेंट) के लिए एन्सेम्बल क्लासिफायर और डीप लर्निंग मॉडल का उपयोग किया जा सकता है।

संदर्भ

1. मिशेल, टॉम एम., और टॉम एम. मिशेल। *मशीन लर्निंग* । वॉल्यूम। 1, नहीं। 9. न्यूयॉर्क: मैकग्रा-हिल, 1997।
2. शिविर- वाल्स, गुस्तावो। "सुदूर संवेदन डेटा प्रसंस्करण में मशीन लर्निंग।" 2009 में *संकेतप्रसंस्करण के लिए मशीन लर्निंग पर आई.ई.ई.ई. IEEE अंतरराष्ट्रीय कार्यशाला*, पीपी। 1-6। आई.ई.ई.ई., 2009।
3. हैरिस, क्रिस और माइक स्टीफेंस। "एक संयुक्त कोने और किनारे डिटेक्टर।" *अलवे विजन सम्मेलन* में, वॉल्यूम। 15, नहीं। 50, पीपी। 10-5244। 1988.
4. लोव, डेविड जी। "स्केल-इनवेरिएंट कीपॉइंट्स से विशिष्ट छवि सुविधाएँ।" *इंटरनेशनल जर्नल ऑफ़ कंप्यूटर विज़न* 60, नं। 2 (2004): 91-110.
5. बे, हर्बर्ट, एंड्रियास एएस, टिन्ने्स टुयटेलर्स, और ल्यूक वैन गूल। "स्पीड-अप मजबूत विशेषताएं (एसयूआरएफ)।" *कंप्यूटर दृष्टि और छवि समझ* 110, नहीं। 3 (2008): 346-359।
6. रूबली, एथन, विंसेंट रबौड , कर्ट कोनोलिगे और गैरी ब्रैडस्की। "ओआरबी: एसआईएफटी या सर्फ के लिए एक कुशल विकल्प।" 2011 में *कंप्यूटर विज़न पर अंतरराष्ट्रीय सम्मेलन* , पीपी। 2564-2571। आईईई , 2011।
7. डीटोन, डेनियल, टोमाज़ मालिसिविज़ और एंड्रयू राबिनोविच। " सुपरपॉइंट : स्व-पर्यवेक्षित रुचि बिंदु पहचान और विवरण।" *कंप्यूटर विजन और पैटर्न मान्यता कार्यशालाओं पर आईईईई सम्मेलन की कार्यवाही में*, पीपी 224-236। 2018।
8. बर्गेस, क्रिस्टोफर जे.सी. "आयाम में कमी: एक निर्देशित यात्रा।" *मशीन लर्निंग 2 में फ़ाउंडेशन और रुझान*, नहीं। 4 (2010): 275-365।

9. एस्टोर्नेल, जेवियर, जीसस एम. मार्टी-गैविला, एम. टेरेसा सेबेस्टिया, और जीसस मेंगुअल। "प्रमुख घटक विश्लेषण सुदूर संवेदन पर लागू होता है।" *विज्ञान शिक्षा और अध्ययन में मॉडलिंग* 6 (2013): 83-89।
10. जियान्या, गोंग, सुई हैगैंग, मा गुओरुई और झोउ किमिंग । "मल्टी-टेम्पोरल सुदूर संवेदन डेटा चेंज डिटेक्शन एल्गोरिथ्म की समीक्षा।" *फोटोग्रामेट्री, सुदूर संवेदन और स्थानिक सूचना विज्ञान के अंतरराष्ट्रीय अभिलेखागार* 37, संख्या। बी7 (2008): 757-762।
11. घासेमियान , हसन. "सुदूर संवेदन छवि फ्यूजन विधियों की समीक्षा।" *सूचना फ्यूजन* 32 (2016): 75-89।
12. ली, मियाओ, शुइंग जांग , बिंग झांग, शानशान ली और चांगशान वू। "रिव्यू ऑफ सुदूर संवेदन छवि वर्गीकरण टेक्निक्स: द रोल ऑफ स्पैटो-प्रासंगिक जानकारी।" *सुदूर संवेदन के यूरोपीय जर्नल* 47, नहीं। 1 (2014): 389-411।
13. सन, जियाबो, जियान्यु यांग, चाओ झांग, वेनजू यूं, और जीकिंग क्व। "अधिकतम संभावना विधि के आधार पर ग्रिड वातावरण में स्वचालित दूरस्थ रूप से संवेदी छवि वर्गीकरण।" *गणितीय और कंप्यूटर मॉडलिंग* 58, नहीं। 3-4 (2013): 573-581।
14. नोबल, विलियम एस. "व्हाट इज ए सपोर्ट वेक्टर मशीन? " *नेचर बायोटेक्नोलॉजी* 24, नहीं। 12 (2006): 1565-1567।
15. डिएटेरिच, थॉमस जी। "मशीन लर्निंग में एन्सेम्बल मेथड्स।" *मल्टीपल क्लासिफायर सिस्टम पर अंतरराष्ट्रीय कार्यशाला में*, पीपी 1-15। स्प्रिंगर, बर्लिन, हीडलबर्ग, 2000।
16. फेनस्टॉक, मार्क, टेड स्कैम्बोस, ट्विला मून, एलेक्स गार्डनर, टेरी हारान और मारिन क्लिंगर। "लैंडसैट 8 का उपयोग करके बर्फ के प्रवाह का तेजी से बड़े क्षेत्र का मानचित्रण।" *पर्यावरण का सुदूर संवेदन* 185 (2016): 84-94।
17. सिंह, अशबिंदू । "रिमोट-सेंस्ड डेटा का उपयोग करके डिजिटल परिवर्तन का पता लगाने की तकनीक की समीक्षा करें।" *इंटरनेशनल जर्नल ऑफ सुदूर संवेदन* 10, नं। 6 (1989): 989-1003।
18. आईआरएस अंतरिक्ष यान। 2022. [2022 अक्टूबर 12 को एक्सेस किया गया]। https://www.sac.gov.in/Vyom/edpp.jsp
19. किरण कुमार, एएस, और डीआरएम समुद्रैया। "रिमेम्बरिंग आईआरएस-1सी इमेजिंग पेलोड्स: ए जाइंट लीप इन इंडियन स्पेस इमेजिंग सिस्टम इवोल्यूशन।" *जर्नल ऑफ़ द इंडियन सोसाइटी ऑफ़ सुदूर संवेदन* 49, नं। 1 (2021): 23-40।
20. जावन, फरज़ानेह दादरास, फरहादी समदज़ादेगन, सोरोशो मेहरावर, अहमद तोसी, रेजा खतामी और अल्फ्रेड स्टीन। "उच्च-रिज़ॉल्यूशन उपग्रह छविरी के पैन-शार्पनिंग के लिए छवि फ़्यूज़न तकनीकों की समीक्षा।" आईएसपीआरएस जर्नल ऑफ फोटोग्रामेट्री एंड सुदूर संवेदन 171 (2021): 101-117।
21. एआर गिलेस्पी, एबी काहले , और आरई वॉकर, "अत्यधिक सहसंबद्ध छवियों का रंग वृद्धि चैनल अनुपात और वर्णिकता परिवर्तन तकनीक," *पर्यावरण का सुदूर संवेदन* , वॉल्यूम। 22, नहीं। 3, पीपी। 343-365, अगस्त 1987।
22. कोरिना कोर्टेस और व्लादिमीर वापनिक, "वेक्टर नेटवर्क का समर्थन," मशीन लर्निंग, 20: 273-297, 1995।
23. जीन कार्लेटा, "वर्गीकरण कार्यों पर समझौतों का आकलन: कप्पा सांख्यिकी," कम्प्यूटेशनल भाषाई, 22 (2), पीपी। 249-254।

लेखक परिचय:



इंद्रनील मिश्रा: इंद्रनील मिश्रा प्रकाशिकी डेटा संसाधन प्रभाग में वैज्ञानिक/अभियंता-'एसफ' के रूप में कार्यरत हैं। उन्होंने कई दूरस्थ संवेदी डाटा प्रसंस्करण परियोजनाओं में छवि प्रसंस्करण और भू-स्थानिक कार्यों के लिए एल्गोरिथ्म और सॉफ्टवेयर मॉड्यूल के विकास पर कार्य किया है। उनके प्रमुख योगदानों के रूप में रिसोर्ससैट छवियों का ज्यामितीय अंशांकन, ऑटोमैटिक छवि रजिस्ट्रेशन सॉफ्टवेयर, छवि फ्यूजन तकनीक डेवलपमेंट, ऑटोमैटिक चेंज डिटेक्शन सॉफ्टवेयर डेवलपमेंट, टोपोग्राफिकल करेक्शन सॉफ्टवेयर मॉड्यूल और छवि मॉसकंटिंग सॉफ्टवेयर सिस्टम का डेवलपमेंट शामिल है।



एस. मंथिरा मूर्ति: एस. मंथिरा मूर्ति वैज्ञानिक/अभियंता'जी' और प्रधान, प्रकाशिकी डेटा संसाधन प्रभाग के रूप में कार्यरत हैं। उन्होंने छवि पूर्व-प्रसंस्करण मॉडल के विकास पर कार्य किया है, जिसमें रेडियोमैट्रिक, ज्यामितीय और फोटोमेट्रिक सुधार, तीव्रता और फीचर आधारित सैटेलाइट छवि पंजीकरण तकनीक, ग्रहों के डेटा सुधार के लिए फोटोमेट्रिक मॉडल, कम्प्यूटेशनल इमेजिंग, छवि वर्गीकरण तकनीक और ग्रहों के डेटा सिस्टम के मानक शामिल हैं।



देबज्योति धर: देबज्योति धर उत्कृष्ट वैज्ञानिक हैं तथा समूह निदेशक, संकेत और छवि प्रसंस्करण समूह के रूप में कार्यरत हैं। उन्होंने कंप्यूटर विज़न में तकनीकों के विकास पर कार्य किया है, जिसमें सुदूर संवेदन छवियों की विशेषता का पता लगाना, उन्नत जियोफेरेंसिंग मॉडल विकास, कम्प्यूटेशनल फ़ोटोमेट्री, छवि डीनोइजिंग और छवि पुनर्निर्माण के लिए डीप लर्निंग मॉडल डेवलपमेंट, सुदूर संवेदन छवियों के लिए 3 डी विज़ुअलाइज़ेशन सिस्टम और जटिल छवि प्रसंस्करण समस्याओं के लिए अनुकूलन एल्गोरिथ्म का विकास शामिल है।

समानव अंतरिक्ष मिशन के लिए मिशन नियंत्रण केंद्र की प्रारूप संबंधी चुनौतियाँ

आलोक कुमार गुप्ता, वैज्ञानिक/अभियंता- एस.एफ.
जॉयदीप भौमिक, वैज्ञानिक/अभियंता- एस.एफ.
इस्ट्रैक, बेंगलूरु

"समानव अंतरिक्ष मिशन", अंतरिक्ष संस्थाओं के लिए अंतरिक्ष यात्रा के दौरान मानव जीवन का समर्थन करने और मिशन के उद्देश्य के अनुसार अग्रिम वैज्ञानिक अध्ययन आयोजित करने हेतु मिशन के चुनौतीपूर्ण पहलुओं का समर्थन करने के लिए अंतरिक्ष और भू खंड में उन्नत क्षमताओं के निर्माण के अवसर खोलता है। जैसे ही इसरो ने गगनयान नामक अपने पहले मानव युक्त अंतरिक्ष मिशन की घोषणा की तभी से इसरो की विभिन्न इकाइयाँ इस मिशन की सफलता के लिए आवश्यक तकनीकी क्षमताएं सृजित करने के लिए कमर कस चुकी हैं। गगनयान मिशन इसरो का पहला मानव अंतरिक्ष मिशन है जिसमें दो मानव रहित उड़ान और एक मानव-युक्त उड़ान शामिल है और इसे 2024 तक पूरा करने का लक्ष्य है। इस्ट्रैक इसरो की एक इकाई है और मुख्यतः अप-लिंक / डाउन-लिंक स्टेशनों, जमीनी संचार और मिशन नियंत्रण केंद्र का समर्थन करने के लिए भू-खंड के बुनियादी ढांचे की स्थापना के लिए जिम्मेदार है। इस्ट्रैक का मिशन नियंत्रण केन्द्र (एमसीसी), विभिन्न दूरस्थ स्टेशनों से जमीनी संचार नेटवर्क के संग्रह-कर्ता के रूप में कार्य करता है। यह मिशन नियंत्रण केन्द्र अंतरिक्ष यान के विभिन्न चरणों, जैसे कि पूर्व-प्रक्षेपण, प्रक्षेपण, आरोहण, कक्षा में और अन्य चरणों के दौरान मिशन संचालन में मदद करता है। मिशन नियंत्रण केंद्र में विभिन्न आंकड़ों का प्रसंस्करण, प्रसार, निगरानी, आदेश (कमांडिंग), कक्षा निर्धारण संबंधी प्रक्रिया, आकस्मिक निरस्त और महत्वपूर्ण संचालन के लिए आकस्मिक सहायता सुविधाएं और अंतरिक्ष यान के नियंत्रण के लिए आवश्यक सहायक सुविधाएं प्रदान की जाती हैं। यह यथार्थ रूप (लाइव) में चालक-दल के साथ श्रव्य-दृश्य (ऑडियो-वीडियो) के आदान-प्रदान के लिए निरंतर और विश्वसनीय संचार जाल का भी समर्थन करता है। मिशन नियंत्रण केंद्र, आकडों के विश्लेषण और प्रत्यक्षीकरण (विज़ुअलाइज़ेशन) के लिए गणना सुविधाएं भी प्रदान करता है। ये सभी आधारभूत संरचनाएँ, "मानव युक्त अंतरिक्ष मिशन" के विभिन्न चरणों के दौरान सभी महत्वपूर्ण कार्यों के लिए रीढ़ की हड्डी की तरह काम करेंगी।

मिशन नियंत्रण केंद्र के बुनियादी ढांचे के प्रारूप और योजना के लिए नियोजित अभियांत्रिकी निर्णय के साथ योजना का परिदृश्य और अन्य सभी तत्वों [विभिन्न हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर घटकों] की पूरी समझ होना अनिवार्य है।

यह लेख गगनयान मिशन के मिशन नियंत्रण केंद्र में कंप्यूटर और संचार अवसंरचना के विभिन्न घटकों के डिजाइन पहलुओं को प्रस्तुत करता है। यह वास्तविक-समय में और ऑफलाइन समय में आकडों का वितरण, कंप्यूटिंग और संचार सुविधाओं, अतिरिक्तता और विश्वसनीयता पहलुओं और आपदा प्रबंधन की योजनाओं का संक्षेप में वर्णन करता है। संसाधनों का चयन, प्रदर्शन, विश्वसनीयता कारक, सेवा की गुणवत्ता (क्यूओएस) और

सूचना की सुरक्षा पहलू डिजाइन योजना का हिस्सा हैं। भू खण्ड संचार जाल के विकास की विस्तारित योजना पहलूओं को भी संक्षेप में प्रस्तुत किया गया है।

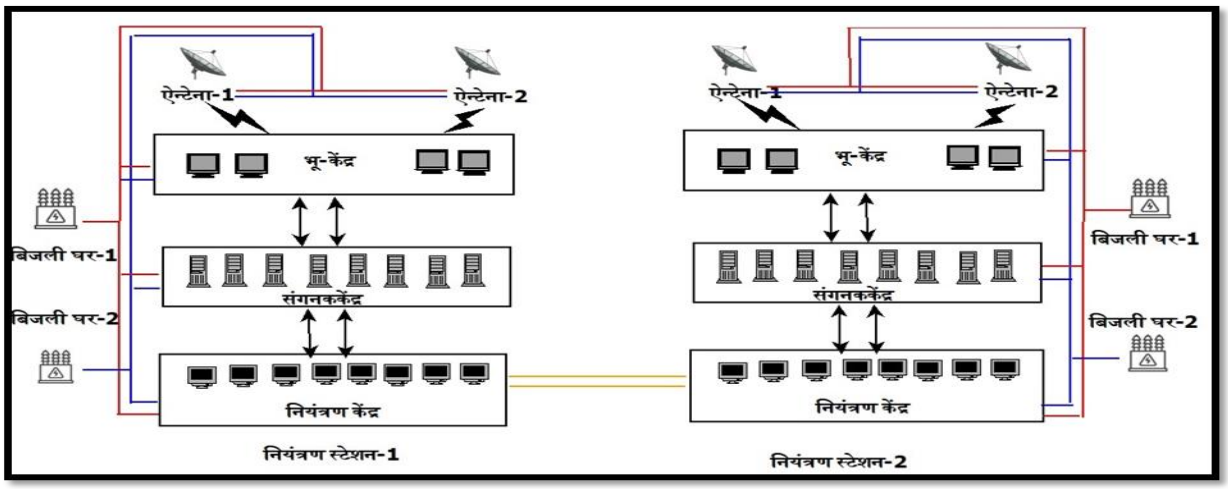
गगनयान अभियान का प्रयोजन

इस मिशन की अवधारणा चरण के दौरान गगनयान मिशन के लिए मिशन नियंत्रण केंद्र का नमूना और उच्च स्तरीय आवश्यकताओं की रूपरेखा तैयार कर ली गई है। अंतिम रूपरेखा प्राप्त करने के लिए सभी इसरो संस्थाओं और बाहरी विशेषज्ञों को शामिल करके विभिन्न समितियों और टीमों का गठन किया गया है। दो अलग-अलग भू-स्थानों पर दो एमसीसी भू आधारित टीटीसी स्टेशनों के साथ संचार करने में सक्षम होंगे तथा अंतरिक्षयान और नियंत्रण केंद्रो के बीच निर्बाध संचार प्रदान करेंगे। यह केंद्र डेटा प्रसंस्करण, प्रसार, वितरण, प्रदर्शन, संग्रह के लिए आवश्यक सामंजस्य प्रदान करेगा और सभी अनुप्रयोगों के लिए मेजबनी का वातावरण प्रदान करेगा। इस केंद्र में चालक-दल और सेवा मॉड्यूल की विभिन्न उप-प्रणाली विशेषज्ञों, चिकित्सक दल और चालक-दल श्रव्य-दृश्य संचार सुविधाओ के लिए विशेष एप्लिकेशन कंसोल उपलब्ध कराए जायेंगे, जिससे चालक-दल मॉड्यूल के साथ वास्तविक-समय में संचार बना रहेगा और चालक-दल को कोई भी असुविधा नहीं होगी । इस मिशन के हिस्से के रूप में, अन्य अंतरिक्ष एजेंसियों के साथ भू केन्द्र सहयोग को भी परिभाषित समय सीमा में स्थापित करने की आवश्यकता है। मानव युक्त अंतरिक्ष मिशन के लिए संसाधनों की उपलब्धता और भू खंड प्रणाली की विश्वसनीयता की आवश्यकता भी एक विशिष्ट योजना (डिजाइन) दिशानिर्देश है। भौगोलिक रूप से अलग नियंत्रण केंद्रों का आंतरिक संसाधन अतिरिक्तता के साथ स्वतंत्र परिचालन क्षमता से युक्त होना भी एक विशिष्ट योजना (डिजाइन) दिशानिर्देश है।

संक्षिप्त वास्तुकला

इस तरह के किसी भी जटिल अभियान की रूपरेखा अंतरिक्ष और जमीनी दोनों खंडों में मौजूदा सिद्ध प्रौद्योगिकियों की क्षमता का लाभ उठाती है। इसलिए कई मौजूदा प्रणालियों को जमीनी खंड के डिजाइन में अपनाया गया है। इसरो के पास भारतीय सुदूर संवेदन, संचार और नौ-परिवहन उपग्रहों के लिए कई नियंत्रण केंद्र हैं और विश्वसनीय भू खंडों के डिजाइन और वितरण का समृद्ध अनुभव है। गगनयान नियंत्रण केंद्र की मूल वास्तुकला बेहतर डिजाइन के साथ विरासत में मिली सिद्ध प्रणालियों का संयोजन है। हालांकि मूल वास्तुकला बनी रहेगी, अपितु प्रत्येक उप-प्रणाली स्तर पर बहुत सारे सुधार कर आवश्यक विश्वसनीयता सुनिश्चित की जाएगी।

यह भी सुनिश्चित किया जाना चाहिए कि सभी भू केंद्रों, नियंत्रण केंद्रों एवं अन्य सम्मिलित प्रणालियाँ जो कि इस मिशन के लिए इस्तेमाल होने वालीं हैं उनमें किसी भी प्रकार की त्रुटि की भी संभावना न हो। निम्न आलेख क़े द्वारा एक संभावना को दर्शाया गया है।



उक्त आलेख, समग्र नियंत्रण केंद्र की वास्तुकला को संक्षेप में दिखाता है, जिसमें दो स्वतंत्र नियंत्रण केंद्र हैं जिनमें से एक केंद्र पूरी क्षमता के साथ और दूसरा भौगोलिक रूप से एक अन्य स्थान पर स्थित है और सीमित संसाधनों के साथ मुख्य केंद्र का समर्थन करेगा। विभिन्न संचार जालों (ग्राउंड लिंक) के द्वारा दोनों नियंत्रण केंद्रों (एमसीसी) और दूरस्थ भू.-केंद्रों (स्टेशन) के बीच संचार की उच्च उपलब्धता सुनिश्चित रहेगी। दोनों नियंत्रण केंद्रों (एमसीसी) के बीच का संचार जाल, एक अतिरिक्त संचार पथ प्रदान करने के साथ-साथ दोनों केंद्रों को हमेशा एक स्तर पर बनाए रखता है।

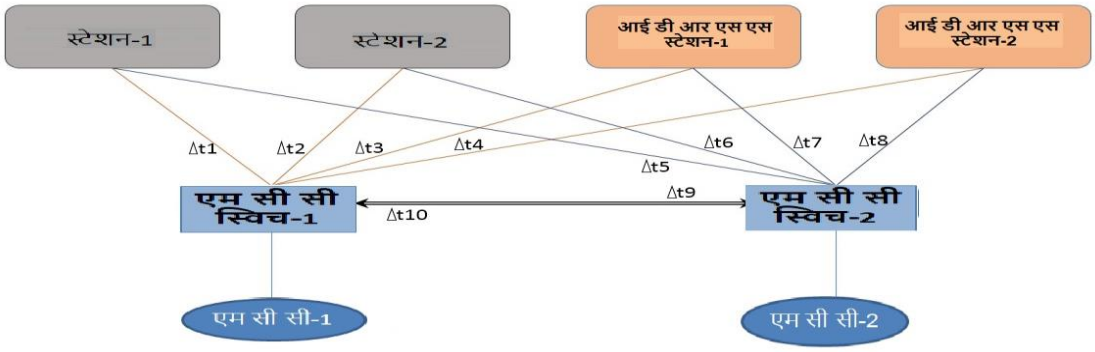
दूरस्थ (वाइड एरिया नेटवर्क) लिंक और दूरस्थ स्टेशनों और नियंत्रण केंद्रों के बीच इंटरकनेक्ट हार्डवेयर, नियंत्रण केंद्र के लिए दूरस्थ)वाइड एरिया नेटवर्क) इंटरकनेक्ट मॉड्यूल का गठन करता है।

दूरस्थ (वाइड एरिया नेटवर्क)

गगनयान मिशन के लिए संचार लिंक इस तरह के होने चाहिए कि नियंत्रण केंद्रों से चालक-दल मॉड्यूल निरंतर संचार रख सके। चालक-दल मॉड्यूल से टीटीसी डेटा को ग्राउंड स्टेशनों से होते हुए नियंत्रण केंद्रों तक वास्तविक-समय में ले जाने की जरूरत है और उसी प्रकार से ही वापस नियंत्रण केंद्रों से भू केन्द्रों से होते हुए चालक-दल मॉड्यूल तक। सूचना के आदान-प्रदान में विभिन्न उप-प्रणाली के मापदंडों और चालक-दल स्वास्थ्य संबंधी मापदंडों, चालक-दल श्रव्य-दृश्य आंकड़े शामिल हैं।

नियंत्रण केंद्र से कमांड भेजे जाएंगे और चालक-दल प्रसार केंद्र संवादात्मक संचार अनुभव प्रदान करेगा। चूंकि ग्राउंड स्टेशन, नियंत्रण केंद्र और अंतरिक्ष यान के बीच मुख्य कड़ी का काम करता है इसलिए स्टेशन और चालक-दल मॉड्यूल के बीच विश्वसनीय संचार व्यवस्था अनिवार्य है। लिंक/कनेक्टिविटी/संचार आवश्यकता की योजना बनाते समय एप्लिकेशन विशिष्ट आवश्यकताओं पर भी विचार किया जाना चाहिए। ऑडियो-वीडियो और टीटीसी डाटा के लिए वास्तविक-समय में स्ट्रीमिंग एप्लिकेशन को दूरस्थ लिंक पर स्थिर बैंड विस्तार की आवश्यकता होती है, जिसे लिंक सेवा प्रदाताओं के लिए न्यूनतम बैंड विस्तार समर्थन (सर्विस लेवल एग्रीमेंट) का हिस्सा होना चाहिए क्योंकि वास्तविक जीवन परिदृश्य में, लिंक गुंणवत्ता में उतार-चढ़ाव अपरिहार्य घटनाएं हैं। इसलिए डेटा पथ डिजाइन और एप्लिकेशन की संरचना पता होना स्ट्रीमिंग आवश्यकताओं के लिए एक

महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इसरो रिमोट स्टेशनों और प्राथमिक एवं वैकल्पिक नियंत्रण केंद्रों के बीच कई सक्रिय लिंक रखने की योजना बना रहा है।



परिवर्तनीय लिंक विलंब परिदृश्य

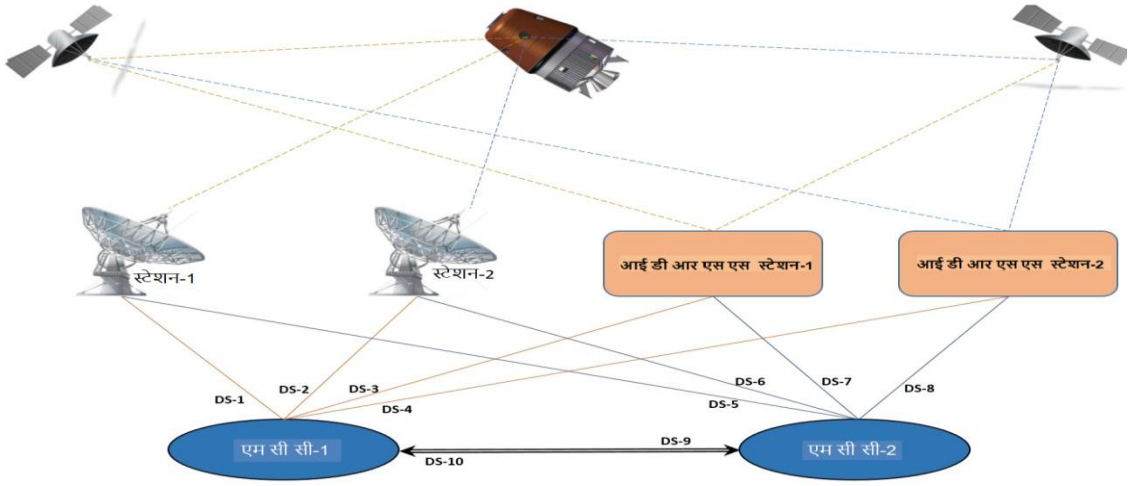
मल्टीकास्ट डेटा वितरण समूह के माध्यम से नेटवर्क डेटा पथ के रूप में या वैकल्पिक रूप से एक एप्लिकेशन क्षमता के रूप में कई सक्रिय डेटा लिंक डिजाइन किए जा सकते हैं जहां प्रत्येक सक्रिय लिंक पर प्रतिलिपि डेटा स्ट्रीम उत्पन्न होते हैं और अंत में एप्लिकेशन द्वारा अनावश्यक फ्रेम को अस्वीकार कर दिया जाता है। विभिन्न संचार लिंको पर विभिन्न लिंक विलंब भी सक्रिय स्ट्रीम वितरण के लिए चुनौती उत्पन्न करते हैं।

उक्त आलेख, परिवर्तनीय लिंक विलंब परिदृश्य के साथ केंद्र को नियंत्रित करने के लिए कई सक्रिय लिंक के परिदृश्य को दर्शाता है। प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष पथ पर नियंत्रण केंद्र के लिए डेटा वितरण भी स्ट्रीमिंग अनुप्रयोगों (एप्लिकेशन) में चुनौती प्रस्तुत करता है। लिंक बैंड विस्तार के चयन की योजना डेटा स्ट्रीम, फाइल स्थानांतरण, टर्नअराउंड समय और उपयोगकर्ता पहुंच आवश्यकताओं के साथ लिंक भार को ध्यान में रखते हुए बनाई गई है। सेवा की गुणवत्ता और यातायात को आकार देने वाले मापदंडों को उपयुक्त रूप से डिज़ाइन किया जाना चाहिए और प्रत्येक दूरस्थ लिंक पर ट्रैफिक आवश्यकता के आधार पर चयन किया जाना चाहिए। चूंकि स्ट्रीमिंग एप्लिकेशन बफरिंग करने में सक्षम हैं, इसलिए लिंक बैंड विस्तार डिजाइन निर्णय में ऐसे बफरिंग मापदंडों पर भी विचार करने की आवश्यकता है। ऐसी एप्लिकेशन, बफर किए गए सारे डेटा को एक ही बार में धकेलने का प्रयास कर सकता है, उपयुक्त ट्रैफिक आकार देने वाली नीति को ऐसी घटना को प्रतिबंधित करना चाहिए। जाल-तंत्र (नेटवर्क) डिजाइनर को सभी एप्लिकेशन विशिष्ट आवश्यकताओं का अध्ययन करके, दूरस्थ लिंक और डेटा पथ को डिजाइन करने की आवश्यकता होती है। स्ट्रीमिंग एप्लिकेशन के एप्लिकेशन डिजाइनरों के लिए एक और चुनौती होगी जहां डेटा, प्रसारण उपग्रह से वितरित किया जाएगा और सीधे ग्राउंड संचार के माध्यम से भी वितरित किया जाएगा। ऐसे मामलों में एप्लिकेशन को फ्रेम पहचानकर्ता के आधार पर प्राप्त फ्रेमों को संयोजित करने, लापता फ्रेमों को संयोजित करने और डुप्लिकेट डाटा का त्याग करने की आवश्यकता होती है।

इस तरह की जटिल व्यवस्था के लिए एप्लिकेशन कतारबद्ध पैरामीटर शुरू से अंत तक वितरण के लिए संयुक्त लिंक विलंब उत्पाद (प्रत्यक्ष और डेटा रिले उपग्रहों के माध्यम से) पर निर्भर करता है। गगनयान मिशन के लिए आवश्यक आवृत्त-क्षेत्र प्रदान करने के लिए इसरो, प्रत्यक्ष जमीन आधारित स्टेशनों और भारतीय डेटा रिले उपग्रह प्रणाली (आइ.डी.आर.एस.एस.) के संयोजन की योजना बना रहा है।

दो आइ.डी.आर.एस.एस. स्टेशन, एक बेंगलूरु में और एक एस.डी.एस.सी./ शार में स्थापित किए जाएंगे। प्रत्येक ग्राउंड आधारित स्टेशन में बेंगलूरु एमसीसी के लिए दो सक्रिय लिंक होंगे और एस.डी.एस.सी./शार एमसीसी के लिए एक श्रृंखला/लिंक होगा। सभी श्रृंखला/लिंक समर्पित फाइबर, एमपीएलएस (मल्टी-प्रोटोकॉल लेवल स्विचिंग) या सैटेलाइट लिंक ही होंगे। सुरक्षा कारणों से अनिवार्य रूप से किसी भी इंटरनेट लिंक की योजना नहीं है। बेंगलूरु एमसीसी और एस.डी.एस.सी./ शार एमसीसी में रियल-टाइम डेटा की उपलब्धता सुनिश्चित करने के लिए, दोनो एमसीसी को मल्टीपल लिंक के साथ जोड़ा जाएगा। एमसीसी से एमसीसी इंटरकनेक्ट के माध्यम से रियल-टाइम और ऑफलाइन डेटा वितरण के लिए एक अतिरिक्त श्रृंखला प्रदान करता है। हालांकि, एमसीसी के बीच इस तरह की डेटा वितरण प्रणाली, स्ट्रीमिंग एप्लिकेशन को डेटा वितरण श्रृंखला में लूप को हटाने के लिए डेटा स्रोत पथ के बारे में जागरूक होने की मांग करती है।

दूरस्थ (वाइड एरिया नेटवर्क) लिंक और दूरस्थ स्टेशनों और नियंत्रण केंद्रों के बीच इंटरकनेक्ट हार्डवेयर, नियंत्रण केंद्र के लिए दूरस्थ (वाइड एरिया नेटवर्क) इंटरकनेक्ट मॉड्यूल का गठन करता है। दूरस्थ (वाइड एरिया नेटवर्क) अंतराफलक (इंटरफेस) मॉड्यूल का प्राथमिक उद्देश्य डेटा वितरण के लिए नियंत्रण केंद्र और दूरस्थ स्टेशनों के बीच पर्याप्त संचार जाल प्रदान करना है।



विभिन्न (भू आधारित) स्रोत से डुप्लिकेट डेटा स्ट्रीम दर्शाता परिदृश्य

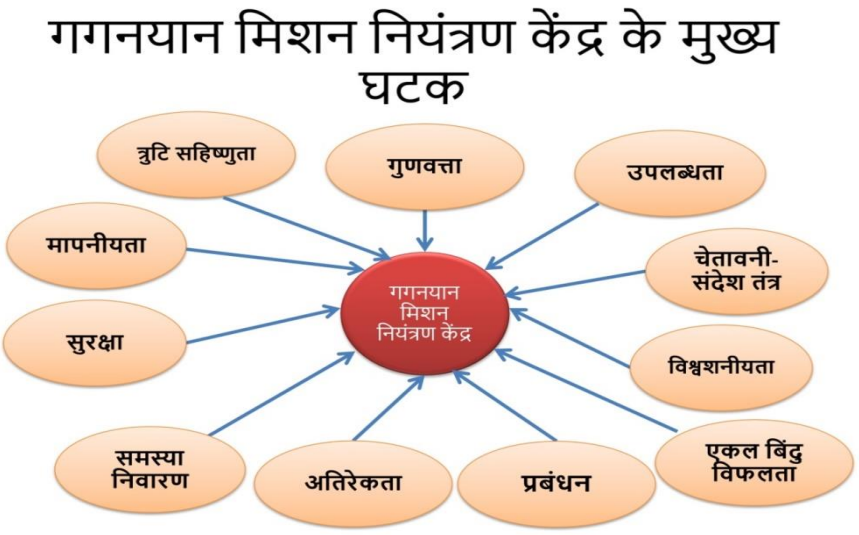
दूरस्थ (वाइड एरिया नेटवर्क) इंटरकनेक्ट विभिन्न डेटा श्रंखलाओं और एप्लिकेशन ट्रैफिक के लिए सेवा स्तर के समझौतों के कार्यान्वयन को भी सुनिश्चित करेगा। दूरस्थ (वाइड एरिया नेटवर्क) इंटरकनेक्ट एमसीसी संचालन के लिए इंटरकॉम और टेलीफोन ट्रैफिक के लिए अंतराफलक(इंटरफेस) भी प्रदान कर सकता है। ऐसे परिदृश्य में राउटर को इंटरकॉम और वॉयस टेलीफोनी नेटवर्क से जोड़ने के लिए उपयुक्त इंटरफेस के साथ योजना बनाई जानी चाहिए। इतने बड़े दूरस्थ (वाइड एरिया नेटवर्क-WAN) इंटरकनेक्ट सेगमेंट को लिंक प्रदर्शन और चेतावनी-संदेश तंत्र के लिए समर्पित निगरानी और प्रबंधन अंतराफलक (इंटरफेस) की भी आवश्यकता होगी।

चूंकि कई बाहरी कारकों के कारण लिंक में गिरावट का अनुभव हो सकता है, ऐसे मापदंडों (सीआरसी त्रुटि, इनपुट / आउटपुट कतार ड्रॉप आदि) की निगरानी की आवश्यकता है और परिभाषित गुणवत्ता के आधार पर चेतावनी-संदेश उत्पन्न करने की आवश्यकता है। प्रत्येक डब्ल्यू ए एन इंटरकनेक्ट में एप्लिकेशन विशिष्ट ट्रैफ़िक

के लिए आवधिक लिंक परीक्षण आयोजित करने के लिए लिंक प्रदर्शन मापदंडों का परीक्षण करने के लिए तंत्र भी तैनात किया जाएगा।

नियंत्रण केंद्र (एम.सी.सी) का आंतरिक संचार जाल और कंप्यूटर सिस्टम की योजना

मिशन नियंत्रण केंद्र में नेटवर्क डिजाइन में डेटा अधिग्रहण, प्रसंस्करण, वितरण और प्रदर्शन हेतु संसाधनों के लिए नेटवर्क कनेक्टिविटी प्रदान करने के लिए मूल या कोर और वितरण स्विच का उपयोग होगा। आंकड़े की अधिग्रहण और वितरण प्रणालियां , प्रत्येक डेटा या आंकड़ा अभिग्रहण श्रृंखला के लिए स्वतंत्र रूप से काम करेंगी। नेटवर्क के एकाधिक खंड को नेटवर्क में नोड की भूमिका और डेटा विनिमय इंटरफ़ेस आवश्यकताओं के आधार पर परिभाषित किया गया है। नियंत्रण केंद्र के अंदरूनी नेटवर्क को आवश्यक क्षेत्र के भीतर एक नोड के जोखिम को सीमित करने के लिए खंडित किया गया है। कोई भी सिस्टम या नोड जो नियंत्रण केंद्रों के भीतर और उसके पार संचार करता है, उसे लिंक परत में दो स्वतंत्र नेटवर्क पोर्ट के साथ आंतरिक और नियंत्रण केंद्र के बाहर समर्पित अंतराफलक(इंटरफेस) के माध्यम से जोड़ा जाता है। जिन सिस्टम या नोड्स को केवल नियंत्रण केंद्र के अंदरूनी नेटवर्क के साथ संचार की आवश्यकता होती है, उन्हें मूल या कोर नेटवर्क खंड में रखा जाता है और मूल या कोर स्तर से परे उनकी पहुंच नहीं होती है। नेटवर्क पथों पर कोई अंतर्निर्भरता सुनिश्चित करने के लिए स्वतंत्र नेटवर्क पथों को बनाए रखा जाता है और यह सुनिश्चित करने के लिए कि एक पथ खंड में विफलता वैकल्पिक श्रृंखलाओं में पथ व्यवधान को ट्रिगर या चालू नहीं करती है। आकड़ों का प्रसंस्करण, स्थानीय वितरण और प्रदर्शन सेवाओं को मूल या कोर नेटवर्क मे ही रखा जाएगा जो सभी आकड़ों के संचालन और प्रदर्शन के लिए एकत्रीकरण बिंदु है।



गगनयान मिशन नियंत्रण केंद्र के मुख्य घटक

मिशन नियंत्रण केंद्र में कंप्यूटर के बुनियादी ढांचे को उपयोगकर्ताओं के लिए आवश्यक प्रदर्श कंसोल और विशेष कंसोल की संख्या से परिभाषित किया जाता है। चूंकि मानव युक्त अंतरिक्ष मिशन में कई जटिल प्रौद्योगिकियां और चालक दल संचार प्रसार केन्द्र, चालक दल स्वास्थ्य निगरानी, आकड़ों का विश्लेषण और

प्रत्यक्षीकरण सुविधा, कक्षा निर्धारण जैसी कई सुविधाएं शामिल हैं, उपयोगकर्ता पटल (कंसोल) के लिए सिस्टम की संख्या काफी बड़ी होगी। मुख्य प्रसंस्करण सर्वर/ब्लेड नुमा सिस्टम पर होगा जोकि आकड़ों को उच्च प्रसंस्करण क्षमता के लिए आवश्यक गणना प्रदान करेगा।

नियंत्रण केंद्र के अंदर, मुख्य आंकड़ा केंद्र में सभी सॉफ्टवेयर, स्रोत कोड और आकड़ों की उपलब्धता सुनिश्चित करने के लिए एक उच्च स्तरीय भंडारण सिस्टम, जिसमें कोई एकल बिंदु विफलता नहीं होगी, उसे तैनात किया जाएगा। आकड़ों की सुरक्षा को और पुख्ता करने के लिए भंडारण स्नैपशॉट (प्रति घंटा, दैनिक और साप्ताहिक नीति) नामक तकनीक का भी उपयोग किया जाएगा। साथ ही, ऑफलाइन टेप बैकअप, ऑनलाइन स्टोरेज प्रतिकृति (सिंक), और एक द्वितीयक भंडारण पर कॉपी के माध्यम से संरक्षित किया जाएगा। प्रत्येक नियंत्रण केंद्र पर हर आंकड़े (डेटा) की एक प्रति उपलब्ध होगी। यह सुनिश्चित करने के लिए एप्लिकेशन डेटासेट को प्राथमिक और द्वितीयक नियंत्रण केंद्र में भी समाकलित किया जाएगा।

विश्वसनीयता पहलू पर एक नजर

चूंकि गगनयान नियंत्रण केंद्र को मानव जीवन का समर्थन करना है, इसलिए विश्वसनीयता और उपलब्धता डिजाइन और योजना के लिए एक प्रमुख मापदंड है। समग्र प्रणाली डिजाइन को जीवन के लिए महत्वपूर्ण समर्थन प्रदान करनेवाले बुनियादी ढांचे के योग्य होना चाहिए। सात दिनों की उड़ान अवधि के प्रारंभिक मिशन उद्देश्य को ध्यान में रखते हुए, सिस्टम डिजाइन को परिभाषित मानक के लिए महत्वपूर्ण बुनियादी ढांचे की उपलब्धता सुनिश्चित करनी चाहिए।

डिजाइन के उद्देश्यों को प्राप्त करने के लिए हार्डवेयर और प्रौद्योगिकियों का चयन किया जाता है। इतनी बड़ी प्रणाली के डिजाइन को सरल रखा जाना चाहिए और डेटा पथ की विश्वसनीयता में सुधार के लिए श्रृंखला में तत्वों की तैनाती को कम किया जाना चाहिए।

निम्न आलेख, एकल डेटा-पथ के लिए श्रृंखला में परिनियोजित घटकों की उपलब्धता मूल्यों को दर्शाता है, जहाँ उपलब्धता लक्ष्य 99.99% है।

डेटा अधिग्रहण से लेकर अंतिम सिस्टम/घटक (नोड) तक वितरण मे कई स्वतंत्र डेटा श्रृंखलाओ को आवश्यक अतिरिक्तता के साथ डिजाइन किया गया है ताकि ग्राउंड सेगमेंट में कुछ घटक विफलता के बावजूद सुचारु समर्थन सुनिश्चित किया जा सके। विभिन्न श्रृंखलाओ के माध्यम से डेटा सुपुर्दगी की संरचना से ग्राउंड सेगमेंट संरचना जटिल बन जाती है। प्रौद्योगिकियों का चयन भी डिजाइन निर्णय में एक प्रमुख भूमिका निभाता है। चूंकि सूचना प्रौद्योगिकी प्रत्येक क्षेत्र में तकनीकी स्पेक्ट्रम की एक विस्तृत श्रृंखला प्रदान करती है, इसलिए सबसे उपयुक्त प्रौद्योगिकी का चयन एक महत्वपूर्ण विकल्प बन जाता है। मानव अंतरिक्ष मिशन की गुणवत्ता और विश्वसनीयता पहलू वास्तुशिल्प पसंद और प्रौद्योगिकी चयन करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। निरंतर उपलब्धता और परिभाषित पुनर्प्राप्ति समय प्रौद्योगिकी चयन के लिए बाधा उत्पन्न करता है। चित्र 5 बेहतर विश्वसनीयता सुविधा के लिए विभिन्न आईटी हार्डवेयर की आंतरिक विशेषताओं को दर्शाता है।

आंकड़ा केंद्र में आई. टी. हार्डवेयर	एम. टी.बी. एफ. (घंटों में)	एम. टी.टी. आर (घंटो में)	उपलब्धता (उपलब्धता = एम. टी.बी. एफ./ (एम. टी.बी. एफ.+एम. टी.टी. आर))
स्टेशन कम्प्यूटर	520000	4	0.999992308
लेयर-2 स्विच	399973	96	0.999760041
दूरस्थ राउटर	519970	4	0.999992307
मूल राउटर	519970	4	0.999992307
सुरक्षा यंत्र	812000	24	0.999970444
कोर स्विच	928910	24	0.999974164
लिंक स्विच	928910	24	0.999974164
एमपीएस सर्वर	675000	4	0.999994074
भंडारण यंत्र	712000	24	0.999966293
सर्वर	675000	24	0.999964446
आर.टी.पी°	520000	4	0.999992308

नियंत्रण केंद्र तत्वों की विफलता संभावना, प्रभाव और आलोचनात्मकता विश्लेषण डिजाइन योजना के अनुसार किए जाने की आवश्यकता है। नियंत्रण केंद्र के घटकों के लिए विफलता प्रभाव विश्लेषण को कई श्रृंखलाओं में तत्वों के विभिन्न संयोजनों के साथ किया जाना चाहिए और विभिन्न मिशन चरणों के लिए प्रभाव विश्लेषण किया जाना चाहिए। जीवन-महत्वपूर्ण आधारभूत संरचना की विफलता की संभावना का पता होना एक महत्वपूर्ण डिजाइन उद्देश्य है और सिस्टम डिजाइन को ऐसी प्रणालियों के लिए उपयुक्त डिजाइन आधारभूत संरचना सुनिश्चित करना चाहिए। चूंकि मिशन नियंत्रण केंद्र में बड़ी संख्या में सिस्टम और नेटवर्किंग तत्व शामिल हैं, ऐसे प्रत्येक सिस्टम की विश्वसनीयता मीट्रिक को परिभाषित करना आवश्यक है। उन्नत वर्ग या उद्यम-वर्ग के कंप्यूटर और नेटवर्किंग तत्वों में बेहतर विश्वसनीयता होती है और ये सभी आंतरिक अतिरिक्तता प्रदान करते हैं। दोष सहिष्णु हार्डवेयर सिस्टम उच्च स्तर की विश्वसनीयता प्रदान करते हैं जबकि हार्डवेयर पूरी तरह से प्रतिकृत या दोहराया जाता है और हार्डवेयर इंटरकनेक्ट, आंतरिक अतिरिक्तता और अधिक सक्षम फर्मवेयर/सॉफ्टवेर, सिस्टम के मुख्य कारकों की विफलता के बाद भी सिस्टम की उपलब्धता सुनिश्चित करता है।

इसी तरह आंकड़ा केंद्र के विशेष मूल स्विच मे प्रतिकृत (रिडंडेंट) मैनेजमेंट कार्ड और फैब्रिक रिडंडेंसी यह सुनिश्चित करता है कि स्विचिंग फैब्रिक का प्रतिस्थापन आसानी से हो जबकि उपकरण या स्विच प्रतिकृत (रिडंडेंट) प्रणाली पर काम कर रहा होता है। बेहतर सेवा आश्वासन के लिए प्रवेश स्तर वाले सर्वर या सिस्टम्स पर प्रतिकृत (रिडंडेंट) पावर व्यवस्था, शीतलन, डिस्क प्रतिकृत आमतौर पर उपलब्ध होता है। अति अभिसरण वाली व्यवस्था (हाइपर कन्वर्ज्ड इन्फ्रास्ट्रक्चर), सिस्टम डिजाइन टीम को थोड़ा लचीलापन प्रदान करता है ताकि आवश्यक मात्रा में अतिरिक्तता की पेशकश की जा सके और बेहतर विश्वसनीयता सुनिश्चित की जा सके। इस तरह के बड़े इंफ्रास्ट्रक्चर सिस्टम की योजना या डिजाइन करते समय नियंत्रण केंद्र (एम. सी. सी) इंटरफेस के लिए तैनात प्रत्येक घटक के लिए रिकवरी के लिए औसत समय (एमटीटीआर) पर भी विचार करना चाहिए।

दूरस्थ स्टेशनों पर तैनात उपकरणों को अलग-अलग अतिरिक्त संसाधन प्रबंधन की आवश्यकता हो सकती है क्योंकि प्रतिस्थापन के लिए एक सप्ताह से अधिक समय की आवश्यकता हो सकती है। जहाज आधारित टर्मिनल पर ट्रैकिंग स्टेशन किसी भी अप्रत्याशित विफलता को रोकने के लिए प्रत्येक प्रकार के हार्डवेयर के लिए कम से कम एक सामान्य अतिरिक्त विकल्प रखना आदर्श व्यवस्था होगी। उत्पाद विस्तृत-विवरण दस्तावेज़ में एम.टी.बी.एफ. के आंकड़े ऐसी प्रणालियों के लिए प्रमुख डिजाइन इनपुट प्रदान करते हैं और प्रारंभिक डिजाइन आई.टी. हार्डवेयर के प्रतिष्ठित निर्माताओ से प्रकाशित आंकड़ों के आधार पर प्रस्तावित है। नियंत्रण केंद्र की केंद्रीय कंप्यूटिंग सुविधा, आकड़ों के प्रसंस्करण और वितरण के लिए महत्वपूर्ण सेवाओं और नियंत्रण केंद्र के लिए सभी नेटवर्क नियंत्रकों की मेजबानी करेगी। इसलिए केंद्रीय कंप्यूटिंग क्षेत्र के आंकड़ा केंद्र की इंफ्रास्ट्रक्चर योजना भी डिजाइन मानकों के अनुरूप होनी चाहिए और यह सुनिश्चित करना चाहिए कि तदनुसार बिजली और शीतलन की योजना बनाई गई हो।

निष्कर्ष

गगनयान जैसे चुनौतीपूर्ण मिशन के लिए कंप्यूटर और नेटवर्क के बुनियादी ढांचे का डिजाइन या योजना मिशन के विभिन्न चरणों में नई आवश्यकताओं को समायोजित करने के लिए वास्तुशिल्प में लचीलेपन की मांग करती है। कंप्यूटिंग, भंडारण, सुरक्षा और नेटवर्किंग क्षेत्र या डोमेन जैसी विभिन्न तकनीकों पर कुशल मानव संसाधन ऐसे महत्वपूर्ण मिशन के लिए एक प्रमुख कारक के रूप में कार्य करता है। इसलिए प्रत्येक समूह या टीम के पास तकनीकी जनशक्ति के लिए उपयुक्त कौशल वृद्धि की योजना होनी चाहिए और प्रत्येक विफलता परिदृश्य के लिए सोच-समझकर प्रतिक्रिया का दस्तावेजीकरण करें। ऐसे मिशन के लिए सुपुर्दिगी का नियत समय एक महत्वपूर्ण पहलू है। इंजीनियरिंग और गुणवत्ता समूह या टीम (क्यूए) नियंत्रण केंद्र के गुणवत्ता पहलू को परिभाषित मानक और डिजाइन योजना के अनुसार सुनिश्चित करेगी। विभिन्न समीक्षा समितियां भी अपनी प्रतिक्रिया प्रदान करेगी और योजना के अनुसार कार्यान्वयन के नियत समय में डिजाइन में सुधार लाने मे सहयोग करेगी। अंत में इस तरह के मिशन की सफलता पूरी टीम को अपार संतुष्टि प्रदान करती है और कड़ी मेहनत से किए गए काम को प्रशंसनीय बनाती है।

लेखक परिचय:



आलोक कुमार गुप्ता ने वर्ष 2005 में पंजाब विश्वविद्यालय से बी.टेक. (कंप्यूटर विज्ञान) की उपाधि ग्रहण की है। वर्तमान में सी.एन.डी./सी.एस.एस.जी. वैज्ञानिक/अभियंता- एस.एफ., के रूप में कार्यरत हैं। प्रणाली, स्टोरेज एवं नेटवर्क प्रशासन, डेटा सुरक्षा, डेटा-सेंटर प्रबंधन में विशेषज्ञता प्राप्त है।

गगनयान अभियान में माक 0.5 पर भिन्न आपात कोण पर क्रूमॉड्यूल एपेक्स ढांचे पर वायुगतिकीय गुणांक

बी वेंकट शिवराम जादव,
वैज्ञानिक-एस.एफ. , ए.सी.एम.डी./ए.डी.एस.जी./एयरो
विक्रम साराभाई अन्तरिक्ष केंद्र, तिरुवनंतपुरम
shivaram_jadav@vssc.gov.in, 0471-2564082/2565887

सारांश:

एपेक्स कवर पृथक्करण किसी भी पुन: प्रवेश (री-एंट्री) मिशन के महत्वपूर्ण पहलुओं में से एक है। एपेक्स कवर क्रू मॉड्यूल के प्रमुख उप प्रणालियों में से एक है। मिशन के पुन: प्रवेश चरण के दौरान पृथक्करण के समय शीर्ष कवर और क्रू मॉड्यूल का वायुगतिकीय अध्ययन एक महत्वपूर्ण विषय है। ये अध्ययन विभिन्न वायुगतिकीय मापदंडों का विवरण देंगे जिनका उपयोग क्रू मॉड्यूल से एपेक्स कवर के टकराव मुक्त पृथक्करण को डिजाइन करने के लिए किया जाएगा। पुन: प्रवेश के दौरान क्रू मॉड्यूल का वेग बाहरी-आंतरिक वातावरण में हाइपरसोनिक माक संख्या से सुपरसोनिक, ट्रांसोनिक और अंत में सबसोनिक (उच्च और निम्न) माक संख्या तक बदलता रहता है, जब तक कि यह पृथ्वी पर स्पर्श न कर ले। यह पृथक्करण घटना तब होती है जब ड्रैग चूट्स की तैनाती से पहले शीर्ष कवर को री-एंट्री मॉड्यूल से अलग किया जाता है। इस अध्ययन में री-एंट्री मॉड्यूल को अग्रकाय और एपेक्स कवर को पुच्छकाय के रूप में माना गया है। वाणिज्यिक सॉफ्टवेयर FLUENT का उपयोग करके विभिन्न आपात कोणों (0^0, 15^0 और 30^0) के लिए क्रू मॉड्यूल से छह अलग-अलग अक्षीय दूरी पर शीर्ष कवर के विभिन्न वायुगतिकीय गुणांक का अनुमान लगाने के लिए सीएफडी अध्ययन किए गए हैं। अध्ययन में प्रयुक्त टर्बूलन्स मॉडल एसएसटी K-ω है। अक्षीय दूरी (गैप) के प्रभाव (आगे और पीछे के पिंडों के बीच अक्षीय दूरी) और भिन्न आपात कोण में, वायुगतिकीय गुणांकों जैसे अक्षीय बल, अभिलंब बल और निम्न सब सोनिक माक संख्या पर आगे और पीछे के पिंडों पर कर्ष गुणांक (ड्रैग), इस पत्र में बताया गया है।

परिचय:

वायुमंडलीय प्रवेश सभी पुन: प्रवेश निकायों से जुड़ा एक अनिवार्य पहलु है। कोई भी पुन: प्रवेश निकाय जो घने वातावरण में प्रवेश करता है उसे नियंत्रित या अनियंत्रित निकायों के रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है। आकाशीय पिंड जैसे उल्कापिंड या अंतरिक्ष का मलबा जो वायुमंडल में प्रवेश करता है, एक अनियंत्रित पुन: प्रवेश पिंड के रूप में परिभाषित किया जा सकता है, जबकि एक नियंत्रित पुन: प्रवेश निकाय जैसे क्रू मॉड्यूल / एक अंतरिक्ष कैप्सूल उचित नियंत्रण, नौसंचालन के साथ एक परिभाषित प्रक्षेप वक्र का अनुसरण करता है। सुरक्षित लैंडिंग के लिए चरणबद्ध पैराशूटों की एक श्रृंखला का उपयोग करके पृथ्वी के वायुमंडल में फिर से प्रवेश करने वाले क्रूमॉड्यूल को धीमा कर दिया जाता है।

क्रूमॉड्यूल और एपेक्स कवर आकार में दो ब्लफ़बॉडी हैं। निकटता में एकाधिक ब्लफ़ निकायों (दो या अधिक) पर प्रवाह एक बहुत ही रोचक विषय है और इसमें एयरोस्पेस इंजीनियरिंग के क्षेत्र में विभिन्न प्रकार के अनुप्रयोग हैं [1]। एपेक्स कवर एक सुरक्षात्मक आवरण है जिसे पैराशूट की तैनाती से पहले वातावरण के माध्यम से पुन: प्रवेश के दौरान खोला जाता है। शीर्ष कवर की वायुगतिकीय विशेषताओं को मिशन के दौरान सुरक्षित पृथक्करण सुनिश्चित करने के लिए निर्धारित किया जाना चाहिए ताकि गतिमान निकाय के साथ किसी भी पुन: संपर्क से बचा जा सके।

पुन: प्रवेश निकाय के वेग को कम करने के लिए शीर्ष कवर को हटाना पैराशूट परिनियोजन अनुक्रम में पहला कदम है। इस प्रक्रिया में, शीर्ष कवर पुन: प्रवेश निकाय से अलग होने के दौरान उल्टा प्रवाह / पुनः संचरण प्रवाह का अनुभव करता है। शीर्ष कवर का वायुगतिकीय लक्षण वर्णन जेटीसनिंग और पृथक्करण गतिशील विश्लेषण के लिए आवेगी बल के निर्धारण के लिए इनपुट प्रदान करेगा।

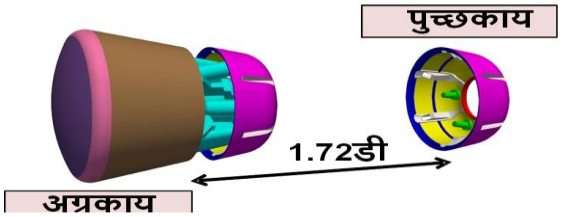
वर्तमान अध्ययन में, अलगाव के बाद शीर्ष कवर वाले क्रूमॉड्यूल को दो निकायों के रूप में माना जाता है। सबसोनिक माक संख्या के लिए $\alpha=0^0$ पर एपेक्स कवर पृथक्करण पर अध्ययन पहले बी.वेंकटशिवरमजादव [2,3] और अन्य द्वारा किया गया था और यह पता लगाया कि पश्च शरीर का अक्षीय बल गुणांक $\alpha = 0$ पर, अग्र शरीर के प्रभाव में होगा। अग्र शरीर के प्रभाव से बचने के लिए, पश्च शरीर को x-दिशा में 10D की यात्रा करनी होती है, अन्यथा उसे y-दिशा में 1.1D को पार करना पड़ता है।

इस पत्र के माध्यम से इन दोनों निकायों पर दो अलग-अलग अक्षीय दूरी (0.286D से 1.72D) पर तीन आपात कोण ($\alpha=0^0$, 15^0 और 30^0) पर अक्षीय बल, सामान्य बल और ड्रैग गुणांक जैसे वायुगतिकीय गुणांक और उनके प्रभाव को सामने लाया गया है। इस पत्र में अग्र शरीर पर पश्च शरीर के प्रभाव की भी चर्चा की गई है।

मॉडलिंग और अनुकरण :

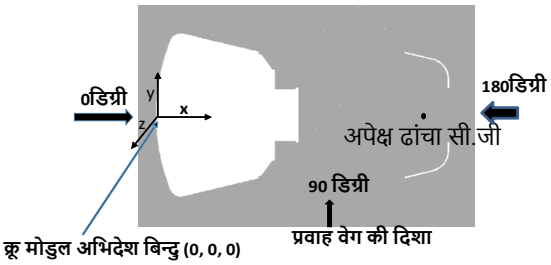
अग्रकाय क्रू मॉड्यूल विन्यास है और पुच्छकाय एपेक्स कवर (ढांचा) विन्यास है। चित्र 1 में 1.72D के अक्षीय दूरी पर क्रू मॉड्यूल और एपेक्स ढांचा को देखा जा सकता है।

निर्देश तंत्र के साथ साइन कन्वेंशन चित्र 2 में दिए गए हैं। $\alpha=0^0$ पर, अग्रकाय प्रवाह (विंड वार्ड) का सामना करता है और पुच्छकाय प्रतिपवन दिशा में होता है, जबकि $\alpha = 90^0$ पर, दोनों शरीर प्रवाह के लिए सामान्य होते हैं। $\alpha=180^0$ पर, पुच्छकाय प्रवाह का सामना करता है।



चित्र 1 : अक्षीय दूरी (ΔX/D) के साथ अध्ययन विन्यास (3D मॉडल)

शरीर के चारों ओर कम्प्यूटेशनल ग्रिड, वाणिज्यिक सॉफ्टवेयर ANSYS का उपयोग करके उत्पन्न किया गया है। सीमा परत प्रवाह को हल करने के लिए सीमा से त्रिकोणीय प्रिज्म उत्पन्न किया गया है। उत्पन्न अध्ययन विन्यास के चारों ओर जाली असंरचित चतुष्फलकीय है, जिसमे 15 प्रिज्म परतों और 1.2 की वृद्धि दर के साथ रचना की गयी है।



चित्र.2: आपात कोण, अक्षीय दूरी और समन्वय प्रणाली के लिए कन्वेंशन

सेल की कुल संख्या 36 मिलियन है। वर्तमान समस्या के लिए कम्प्यूटेशनल डोमेन को क्रमशः X, Y और Z दिशा में 30D के रूप में लिया गया है। एक्स, वाई और जेड दिशाओं में सीमा की स्थिति दबाव सुदूर क्षेत्र है अर्थात डोमेन के इनलेट, आउटलेट, ऊपर और नीचे सीमाओं में निर्देश लगाया गया है। चित्र 3 में पुन: प्रवेश शरीर और समरूपता विमा (Z = 0) में शीर्ष कवर पर सतह त्रिभुज दिखाया गया है। प्रत्येक अक्षीय दूरी के लिए अलग से ग्रिड (जाल) तैयार किया गया है। चित्र में 0.286D और 1.72D की अक्षीय दूरी के लिए उत्पन्न जाल (शोधन क्षेत्र और दोनों ग्रिड से दोनों अक्षीय दूरी के लिए शोधन क्षेत्र के ज़ूम किए गए दृश्य) को भी देखा जा सकता है।

FLUENT में हल किए गए बुनियादी शासी समीकरण नेवियर-स्टोक्स समीकरण है। *FLUENT [4]* में हल किए गए द्रव्यमान या निरंतरता समीकरण (1) में दिया गया है।

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla.\left(\rho \vec{V}\right) = S_m \qquad (1)$$

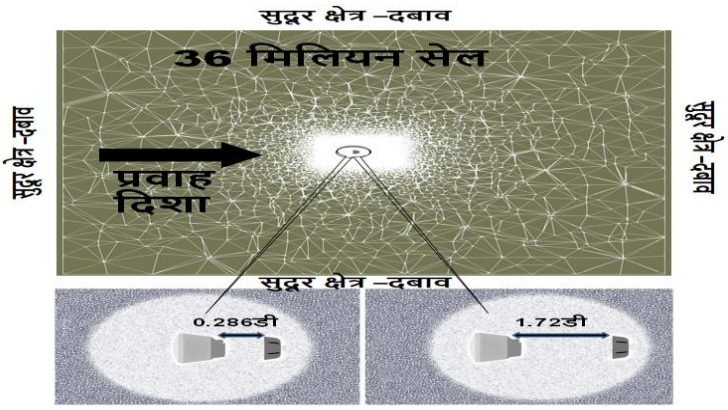
इसी प्रकार *FLUENT* सॉल्वर में प्रयुक्त संवेग समीकरण (2) में दिया गया है।

$$\frac{\partial(\rho \vec{V})}{\partial t} + \nabla.\left(\rho \vec{V}\vec{V}\right) = -\nabla p + \nabla.(\bar{\bar{\tau}}) + \left(\rho \vec{g} + \vec{F}\right)$$

$$\frac{\partial(\rho \vec{V})}{\partial t} + \nabla.\left(\rho \vec{V}\vec{V}\right) = -\nabla p + \nabla.(\bar{\bar{\tau}}) + \left(\rho \vec{g} + \vec{F}\right)$$

(2)

FLUENT में कई टर्बुलेंस मॉडल उपलब्ध हैं। लेकिन हमारे अध्ययन के लिए हमने एसएसटी-के-ओमेगा (SST K-ω) टर्बुलेन्स मॉडल पर विचार किया है। दबाव दूर क्षेत्र की स्थिति इनलेट, आउटलेट, ऊपर और नीचे डोमेन के लिए सीमा की स्थिति के रूप में लगाई गई है। अध्ययन में उपयोग किए गए इनपुट 2-3 किमी के बीच की ऊंचाई, 170 मीटर/सेकेंड की मुक्त धारा वेग के अनुरूप हैं।

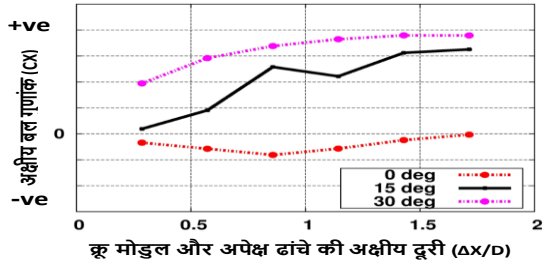


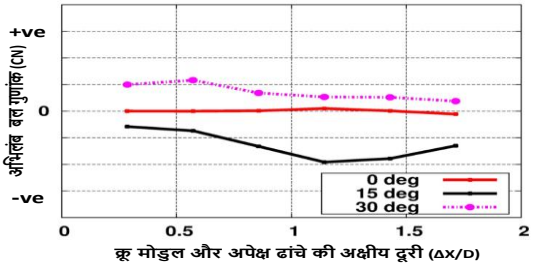
चित्र.3: समरूपता तल में ग्रिड, सीमा की स्थिति और प्रवाह की दिशा

परिणाम और चर्चा

समाधान में अभिसरण प्राप्त होने तक सभी अनुकरण किए गए। पुच्छकाय (एपेक्स कवर) के लिए अक्षीय बल गुणांक मान X/D = 0.286डी से 1.72D तक अग्रकाय की उपस्थिति में दिया गया है। सीएफडी सिमुलेशन का उपयोग करके अकेले पश्च शरीर के लिए वायुगतिकीय गुणांक का पता लगाने के लिए अध्ययन भी किए गए है। अग्रकाय की उपस्थिति में पुच्छकाय के लिए अक्षीय बल गुणांक को चित्र 4 में देखा जा सकता है।

आपात कोण ($\alpha=0^0$) पर अक्षीय बल गुणांक सारे नकारात्मक ही है, 0.286D से 0.857D तक सारे गुणांक शून्य से नीचे होने लगे, न्यूनतम बल 0.857D पर ही पाया गया, जिसके पश्चात बल गुणांक में वृद्धि होकर फिर से शून्य के तरफ बढ़ने लगे। इसका मतलब यह है की आपात कोण ($\alpha=0^0$) पुच्छकाय, अग्रकाय के प्रभाव में है। लेकिन $\alpha=15^0$ और 30^0 पर सारे अक्षीय बल गुणांक सकारात्मक ही पाये गए, यानि आपात कोण के वजह से पुच्छकाय अग्रकाय के प्रभाव से बाहर आया है। इसी प्रकार अभिलंब बल गुणक को विविध अक्षीय दूरी से माप कर देखा गया और हम इन परिणामों को चित्र 5 में देख सकते हैं। इस चित्र में हम यह देख सकते हैं कि सारे बल गुणांक तीन आपात कोण के लिए, शून्य के आसपास ही हैं, जिससे ज्यादा आउटपुट की प्राप्ति नहीं हुई।





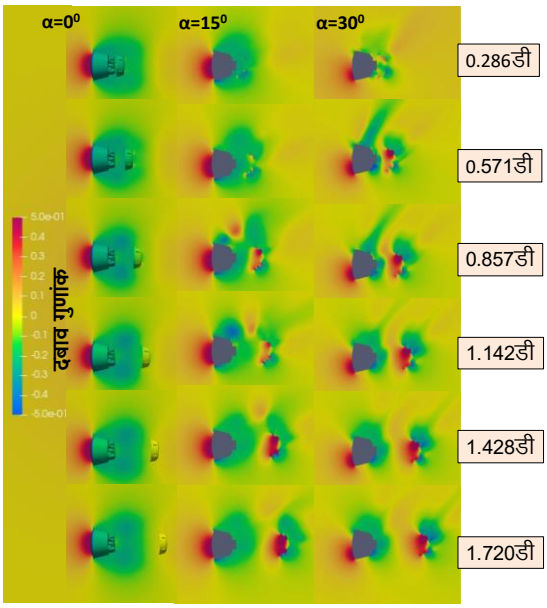
चित्र 4: पुच्छकाय (एपेक्स कवर (ढांचा)) के लिए अक्षीय बल गुणांक
चित्र 5: पुच्छकाय (एपेक्स कवर (ढांचा)) के लिए अभिलंब बल गुणांक

अग्र और पुच्छ काय के ऊपर दाब गुणांक को रंग पट्टिकाओं में हम चित्र 6 में देख सकते हैं। इसमे भिन्न अक्षीय दूरी पर तीन आपात कोण 0, 15 और 30 डिग्री पर क्रू मॉड्यूल और एपेक्स ढांचे पर प्रवाह को देख सकते है। शून्य डिग्री आपात कोण में यह दिखता है कि एपेक्स ढांचा अग्रकाय के प्रभाव 0.286D से 1.142D तक है जिससे एपेक्स ढांचे का दाब गुणांक नकारात्मक हो गया और 1.428D से क्रू मॉड्यूल के प्रभाव से बाहर आ रहा है, जिससे एपेक्ष ढांचे का दाब गुणांक में वृद्धि होकर शून्य से सकारात्मक हो रहा है, जबकि आपात कोण 15 और 30 डिग्री में 0.571D से ही क्रू मॉड्यूल का प्रभाव कम था, इसलिए एपेक्स ढांचे का दाब गुणांक हमेशा सकारात्मक ही है। इसका असर अक्षीय बल और कर्ष गुणांक पर देखा जा सकता है।

अक्षीय बल गुणांक (C_A) और अभिलंब गुणांक (C_N) का इस्तेमाल कर कर्ष गुणांक (C_D) को आबंटित किया गया है। कर्ष गुणांक को नीचे दिये गए समीकरण (3) से प्राप्त कर, एपेक्स ढांचे को क्रू मॉड्यूल से अलग करनेवाली प्रक्रिया में इस्तेमाल करते हैं।

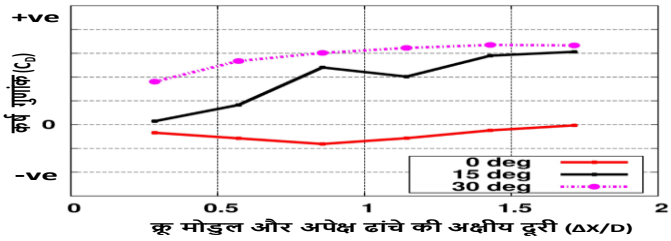
$$C_D = C_A * \cos\alpha + C_N * \sin\alpha \quad (3)$$

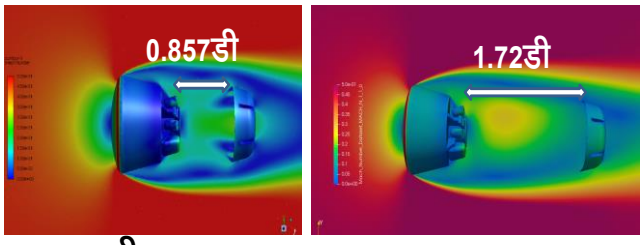
चित्र 7 में हम एपेक्स ढांचे के कर्ष गुणांक को देख सकते हैं। चित्र 8 में 0.857D और 1.72D का माक संख्या रंगपट्टिका देख सकते हैं। चित्र में यह साफ पता चल रहा है कि किस प्रकार 0.857D पर एपेक्स ढांचा, क्रू मॉड्यूल के प्रभाव में है और 1.72D पर उसका प्रभाव कम होते देख सकते हैं।



चित्र 6: Z=0 विभाग में विविध पर दाब गुणांक रंगपट्टिका

चित्र 7: पुच्छकाय (एपेक्स कवर (ढांचा)) के लिए कर्ष गुणांक
चित्र 8: Z=0 विभाग में विविध पर माक संख्या की रंगपट्टिका





नामावली :

ΔX	अक्षीय दूरी		D(डी)	व्यास (मीटर)		u	X दिशा में प्रवाह वेग
α (Alpha)	आपात कोण (डिग्री)		S_m	मूल अवधि		u_{inf}	X दिशा में मुख्त धारा का वेग
C_x, C_A	अक्षीय बल गुणांक		$\vec{v}$	प्रवाह वेग		$\rho \vec{g}$	गुरुत्वीय शरीर बल
C_D	कर्ष गुणांक		ρ	घनत्व		$\vec{F}$	बाहरी शरीर बल
C_N	अभिलंब गुणांक		t	समय			
Cp	दाब गुणांक		τ	प्रतिबल तनिका			

निष्कर्ष:

- कम सबसोनिक माक संख्या पर अलग-अलग पिंडों की जोड़ी के वायुगतिकी का अध्ययन करने का प्रयास किया गया है। अग्रकाय क्रू मॉड्यूल है और पुच्छकाय एपेक्स कवर है।
- विविध अक्षीय दूरी (ΔX/D) 0.286डी से 1.72डी पर, तीन आपात कोण (0^0, 15^0, और 30^0) में इन दो विन्यास का वायुगतिकीय गुणांक की गणन और उनका प्रभाव, क्रू मॉड्यूल एपेक्स कवर पृथक्करण के लिए वायुगतिकीय गुणांक का पता FLUENT का उपयोग करके किया गया है। अध्ययन में प्रयुक्त टर्बुलेन्स मॉडल एसएसटी के-ω (SST K- ω) है।
- एपेक्स कवर के लिए अक्षीय बल गुणांक, आपात कोण शून्य डिग्री के लिए अक्षीय दूरी 0.286D से 0.857D तक सारे गुणांक शून्य से नीचे होने लगे, न्यूनतम बल 0.857D पर ही पाया गया, जिसके पश्चात बल गुणांक में वृद्धि होकर फिर से शून्य के तरफ बढ़ने लगे। इसका मतलब यह है कि आपात कोण ($\alpha=0^0$) पर पुच्छकाय, अग्रकाय के प्रभाव में है।
- आपात कोण (α)=15^0 और 30^0 पर सारे अक्षीय बल गुणांक सकारात्मक ही पाये गए, यानि आपात कोण की वजह से पुच्छकाय अग्रकाय के प्रभाव से बाहर हो गया है।

संदर्भ :

1. Keith Koenig, Anatol Roshko, J. Fluid Mech, Vol 156, PP, 167-204, 1985.
2. "Numerical analyses of re-entry module - Apex cover separation aerodynamics at subsonic Mach number", B.Venkat Shivaram Jadav, Amit Kumar singh, Vidya.G, Patil.M.M, V.Ashok, IHMTC 2021, December 17-20, IIT Madras, India.
3. "Numerical analyses of re-entry module - Apex cover separation aerodynamics at low subsonic Mach number for various angles of attack", B.Venkat Shivaram Jadav, Babu.C, Vidya.G, Patil.M.M, V.Ashok, ICTACEM 2021, December 20-24, IIT Kharagpur, India
4. *ANSYS FLUENT Theory Guide-17.1*

लेखक परिचय:



श्री वेंकट शिवराम जादव विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र के ऐरोनौटिक्स एंटिटी में वैज्ञानिक-एस.एफ. हैं। वे प्रक्षेपण यान के वायुगतिकीय अभिकल्पना के क्षेत्र में काम करते हैं। सीएफ़डी और एंगीनीरी तकनीकी का इस्तेमाल कर अभिकल्पना करते हैं। उन्होंने 2006 में जेएनटीयू हैदराबाद से एरोनॉटिकल इंजीनियरिंग में बी.टेक डिग्री प्राप्त की और 2008 में आईआईटी खड़गपुर से एम.टेक एयरोस्पेस इंजीनियरिंग में डिग्री प्राप्त किया। वे 2008 से विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, इसरो में वैज्ञानिक के तौर पर सेवा में हैं। पर्वतारोहण, संगीत और नाट्य कला में भी इनकी रुचि है।

अन्तर्ग्रहीय धूल के अध्ययन के लिए वीनस ऑर्बिटर डस्ट एक्सपेरिमेंट (VODEX) का विकास

सोनम जीतरवाल
वैज्ञानिक/इंजीनियर 'एस.सी.'
ग्रहीय विज्ञान प्रभाग (पी.एस.डी.एन.),
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद

सारांश

हम भविष्य के वीनस ऑर्बिटर मिशन के लिए डस्ट डिटेक्टर विकसित कर रहे हैं। VODEX उपकरण में, शुक्र पर और उसके आसपास अन्तर्ग्रहीय धूल कणों का पता लगाने में डिटेक्टर एक प्रमुख भूमिका निभाता है। हमनें आने वाले धूल कणों के संग्रह के लिए प्रभाव आयनीकरण धूल डिटेक्टर तैयार किया है। इस लेख में अनुकारी VODEX के कार्य सिद्धांत, डिजाइन, विकास और प्रारंभिक परीक्षण के परिणाम प्रस्तुत किए गए हैं। साथ ही, इस लेख में नैनो-सेकंड पल्स लेजर का उपयोग करके परीक्षण के परिणाम प्रस्तुत किए गए हैं।

परिचय

धूल किसी भी ग्रह प्रणाली में एक प्रमुख घटक है और यह एक विविध स्रोत से उत्पन्न होता है, जैसे क्षुद्रग्रह, धूमकेतु, अन्य खगोलीय पिंड और यहाँ तक कि तारा बनाने वाले क्षेत्र। हमारे सौर मंडल में, ये धूल के कण क्षुद्रग्रह बेल्ट, धूमकेतु, कूपर बेल्ट और कुछ अन्य छोटे स्रोतों से उत्पन्न होते हैं। सूर्य के गुरुत्वाकर्षण बल और विकिरण बल, ग्रह गुरुत्वाकर्षण बल और चुंबकीय बल जैसे विभिन्न बलों के प्रभाव में, ये कण गतिशील रूप से विकसित होते हैं और सौर मंडल से टकराव, वाष्पीकरण या निष्कासन से अक्सर खो जाते हैं। ये अन्तर्ग्रहीय धूल कण(आई.डी.पी.) नैनो मीटर-माइक्रोन आकार के धूल के कण हैं जो हाइपरवेलॉसिटी यानी 1-100 किलो मीटर/सेकेंड पर यात्रा कर रहे हैं। कण का द्रव्यमान और वेग एक विपरीत संबंध का पालन करता है, जिसका अर्थ है कि छोटा कण बड़ी गति और बड़ा कण धीमी गति से यात्रा करता है। कणों का प्रवाह भी कण के द्रव्यमान के साथ समान संबंध का पालन करता है। पृथ्वी के निकट अनुमानित विभिन्न द्रव्यमानों के लिए कणों के प्रवाह को दर्शाता है। छोटे कणों का प्रवाह बड़े कणों की तुलना में अधिक होता है (ग्रुन और अन्य, 1985)।

पृथ्वी और शुक्र के बीच अन्तर्ग्रहीय धूल कण (IDPs) काफी समय से चर्चा में हैं। मुख्य रूप से, धूल का स्रोत प्रकृति में अन्तर्ग्रहीय होने की उम्मीद है। पृथ्वी की कक्षा (~1.0 ए.यू.) के अंदर ब्रह्मांडीय धूल के सूर्यकेंद्री प्रवाह (हेलियोसेंट्रिक फ्लक्स) विचरण का मापन लगातार शुक्र के आसपास (~0.7 ए.यू.) तक, और पृथ्वी और शुक्र के पास सर्कुलर डस्ट रिंग जैसी संभावित महीन धूल संरचनाओं का समय सापेक्षी पता लगाना अन्तर्ग्रहीय विज्ञान में महत्वपूर्ण है। पृथ्वी पर आई.डी.पी. के माप हैं (ग्रुन और अन्य,1985), और शोधकर्ता विभिन्न ग्रहों के लिए इसके स्केल किए गए संस्करण का उपयोग करते हैं। हालाँकि, इस तरह के एक्सट्रैप्लेटेड (बहिर्वेशी) अनुमान से अलग धूल प्रवाह की उम्मीद है। हेलिओस और स्टीरियो प्रकाशिक मापन ने शुक्र हेलियोसेंट्रिक कक्षा के चारों ओर सर्कमसोलर (सौरपरिवृत्ताकार) डस्ट रिंग के अस्तित्व का सुझाव दिया। स्टीरियो अंतरिक्ष यान द्वारा, राशि चक्र प्रकाश की प्रकाशमीति के माध्यम से, पृथ्वी के चारों ओर धूल के छल्ले के विपरीत शुक्र के चारों ओर दो चरण-समान घनत्व वाले एक वलय का अवलोकन किया गया। इनमें से एक चरण शुक्र की कक्षा के अंदर है जबकि दूसरा इसके बाहर स्थित है और माना जाता है कि यह पृथ्वी और शुक्र की कक्षाओं में है (जोन्स और अन्य, 2013)।

जापानी अंतरिक्ष एजेंसी (JAXA) IKAROS मिशन के बोर्ड पर इंटरप्लैनेटरी स्पेस (ALADDIN) में बड़े क्षेत्र के धूल डिटेक्टरों को 0.7 ए.यू. और 1.1 ए.यू. के बीच कक्षा में रखा गया और इसका उद्देश्य 1 ए.यू. हेलियोसेंट्रिक दूरी (हिराई टी. और अन्य, 2017) के अंदर धूल परिसर का अध्ययन करना था। पॉलीविनाइलिडीन फ्लोराइड (पी.वी.डी.एफ.) टाइप डिटेक्टरों के साथ यह 10 माइक्रोन से अधिक कणों को माप सकता है। हेलीओस

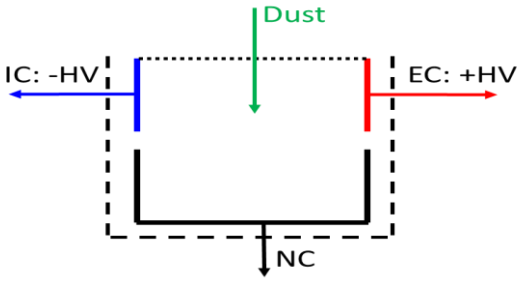
अंतरिक्ष यान 0.3 ए.यू. और 1 ए.यू. के बीच हेलियोसेंट्रिक कक्षा में घूमता है। दो अंतरिक्ष यान हेलिओस ए. और बी. में राशि चक्र प्रकाश के माध्यम से धूल के बादल का अध्ययन करने के लिए प्रत्येक में तीन फोटोमीटर थे।

शुक्र पर आई.डी.पी. का कोई प्रत्यक्ष माप नहीं है और शुक्र पर धूल की बहुतायत, प्रवाह और वितरण ज्ञात नहीं है। धूल माप हमें एक विश्वसनीय नया धूल मॉडल बनाने की अनुमति दे सकता है, जो नेपच्यून जैसे अन्य ग्रहों के लिए औसत गति अनुनाद और धूल-धूल टकराव से संबंधित है। शुक्र में प्रवेश करने वाले IDPs जल जाते हैं और वायुमंडलीय प्रोफ़ाइल में धातु आयन परत बनाते हैं और इस प्रकार, रेडियो ग्रहण जैसे प्रयोगों के परिणामों की व्याख्या करने में मदद कर सकते हैं। भविष्य के वीनस ऑर्बिटर पर एक समर्पित धूल उपकरण इन विषयों को हल करने में मददगार होगा। इसके अलावा, आई.डी.पी. के गतिशील विकास की समस्या का उद्देश्य अंतरिक्ष और समय के कार्य के रूप में कणों की संख्या घनत्व का पता लगाना है। अतीत में, कुछ मिशनों ने शुक्र के पास की धूल को मापने का प्रयास किया, हालाँकि, शुक्र पर कक्षीय ऊंचाई पर धूल का कोई माप नहीं है।

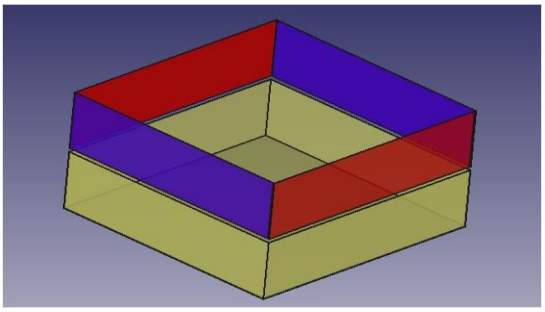
डिटेक्टर का कार्य सिद्धांत

सामान्य तौर पर, विभिन्न आकारों के अन्तर्ग्रहीय धूल कणों का अध्ययन करने के लिए विभिन्न तकनीकों का उपयोग किया जाता है (क्रूगर, 2010)। इन तकनीकों में से अधिकांश अप्रत्यक्ष प्रकृति (यानी, उत्सर्जन, प्रकाशिक या रेडियो) हैं। 10^{-18} से 10^{-12} किलो ग्राम के कण द्रव्यमान के लिए, IDP माप के लिए एक प्रभाव आयनीकरण डिटेक्टर (IID) का उपयोग किया जाता है।

IID विश्लेषण करने के लिए हाइपरवेलॉसिटी कण की गतिज ऊर्जा का उपयोग करता है। IID के मामले में (नीचे दिए गए चित्र में दिखाया गया है), जब भी एक धूल कण सोने की लक्ष्य प्लेट पर प्रभाव डालता है, तो आयनों और इलेक्ट्रॉनों से युक्त एक प्रभाव प्लाज्मा उत्पन्न होता है। ये आयन और इलेक्ट्रॉन क्रमशः ऋणात्मक पक्षपाती संग्राहक (IC) और धनात्मक पक्षपाती संग्राहक (EC) पर एकत्रित होते हैं। तब उत्पन्न चार्ज को कणों के वेग और द्रव्यमान पर पहुँचने के लिए इलेक्ट्रॉनिकी द्वारा संसाधित और विश्लेषण किया जाता है। आई.आई.डी. प्रकार के धूल डिटेक्टर व्यावसायिक रूप से उपलब्ध नहीं हैं और इसलिए, पी.आर.एल. में विकसित किया जा रहा है।



ई.सी. (EC) और आई.सी. (IC) के अनुरूप कलेक्टर प्लेट्स क्रमशः लगभग +200V और -200V पर वोल्टेज बायस हैं। नीचे दिया गया आँकड़ा डिटेक्टर के बायस को दर्शाता है, जहाँ लाल रंग सकारात्मक पूर्वाग्रह का प्रतिनिधित्व करता है और नीला नकारात्मक पूर्वाग्रह का प्रतिनिधित्व करता है। डिटेक्टर का निचला हिस्सा, जो लक्ष्य के रूप में कार्य करता है, जहाँ धूल के कण प्रभावित होते हैं और आयनों और इलेक्ट्रॉनों को उत्पन्न करते हैं, हरे रंग में दिखाया गया है।



इगेनबर्ग्स और अन्य (ई.पी.एस., 1998) ने मंगल धूल काउंटर के लिए प्रभाव पल्स के उदय समय (t) और अधिकतम चार्ज (Q) का उपयोग धूल कणों को प्रभावित करने के वेग और द्रव्यमान को प्राप्त करने के लिए किया है। इगेनबर्ग्स और अन्य द्वारा इम्पैक्ट पल्स का उदय समय और चार्ज दिया गया है। (ई.पी.एस., 1998)

$$t = c_g v^{\eta} \quad (1)$$

तथा

$$\pm Q/m = c_r v^{\beta} \quad (2)$$

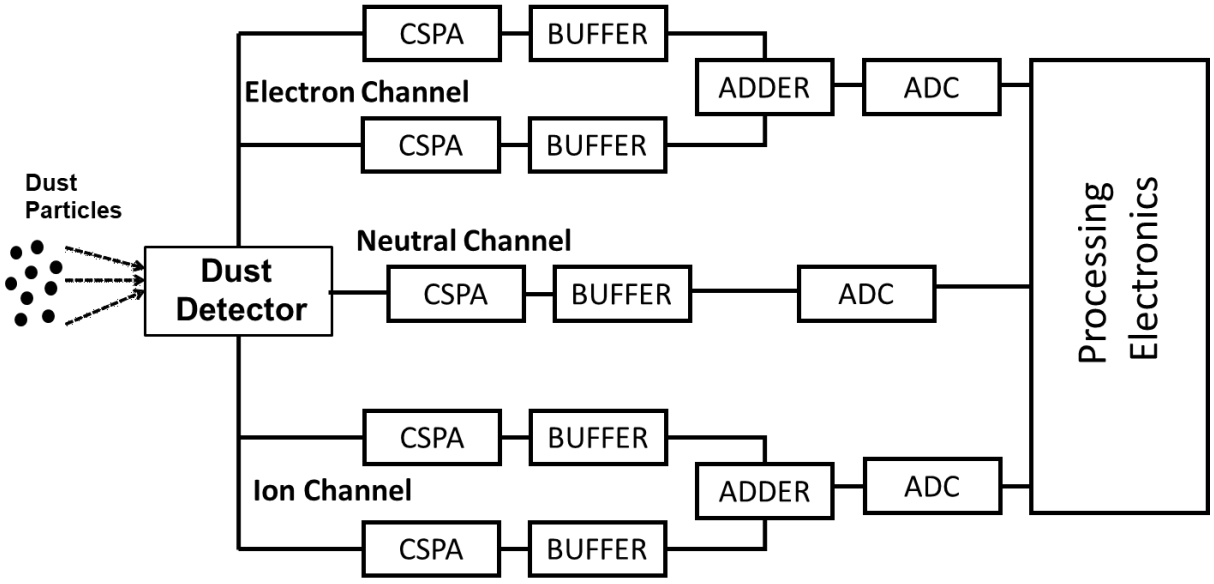
क्रमशः, Q और t दोनों का अनुमान सीधे प्रभाव आवेश संकेतों से लगाया जा सकता है। उपरोक्त में, cg, cr, और β स्थिरांक हैं जिन्हें धूल त्वरक (इगेनबर्ग और अन्य, 1996) का उपयोग करके अंशांकन प्रयोगों द्वारा निर्धारित किया जाना चाहिए। सबसे पहले, वृद्धि समय का उपयोग करते हुए, प्रभाव वेग का अनुमान Eq से लगाया जाता है। (1), और फिर कण द्रव्यमान Eq से प्राप्त होता है। (2).

शुक्र के चारों ओर धूल के कणों की संख्या घनत्व का पता लगाना एक अन्य वैज्ञानिक रुचि है। धूल संख्या घनत्व n धूल यंत्र द्वारा दर्ज की गई प्रभाव दर ΔN/Δt के समानुपाती होता है, और दोनों मात्राओं के बीच संबंध क्रूगर और अन्य द्वारा दिया जाता है। (इकारस, 2009)

$$n = \frac{\Delta N}{\Delta t} \frac{1}{v\, A_s(\psi)} \quad (3)$$

जहाँ (ψ) अंतरिक्ष यान स्पिन अक्ष के संबंध में कोण के कार्य के रूप में सेंसर क्षेत्र है, और v प्रभाव गति है। संवेदनशीलता सबसे छोटे चार्ज डिटेक्शन से संबंधित है और यह लगभग 5 fC के स्तर पर है, जो एक कण द्वारा लगभग 20 किलो मीटर /सेकंड की गति से लगभग 100 नैनो मीटर कण द्वारा उत्पन्न किया जा सकता है।

डिटेक्टर डिजाइन



चित्र: VODEX का ब्लॉक आरेख

डिटेक्टर द्वारा पता लगाया गया प्रभाव संकेत फ्रंट एंड इलेक्ट्रॉनिकी द्वारा बढ़ाया जाता है जिसे बाद में उच्च गति पर प्रॉसेस किया जाता है। डिजिटलीकरण के बाद सिग्नल को FPGA का उपयोग करके संसाधित किया जाता है और संबंधित सिग्नल को मेमोरी में संग्रहित किया जाता है जिसे बाद में अंतरिक्ष यान मेमोरी में स्थानांतरित कर

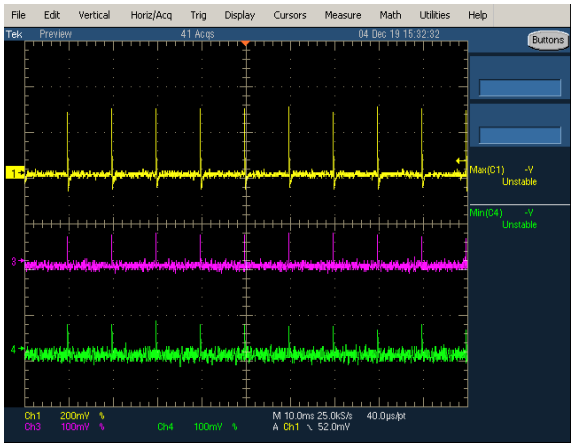
दिया जाता है। डी.सी.-डी.सी. कन्वर्टर्स का उपयोग उचित वोल्टेज पर डिटेक्टर को बायस करने के लिए किया जाता है जो बदले में दो डिजिटल से एनालॉग कंट्रोलर (डी.ए.सी.) द्वारा नियंत्रित होता है। फ्रंट एंड और प्रोसेसिंग पैकेज अन्य दो डी.सी.-डी.सी. कन्वर्टर्स का उपयोग करके संचालित होते हैं जहाँ लीनियर ड्रॉप-आउट (एल.डी.ओ.) वोल्टेज नियामकों का उपयोग महत्वपूर्ण घटकों को आपूर्ति वोल्टेज को विनियमित करने के लिए किया जाता है। घटकों को नुकसान पहुंचाने वाली आपूर्ति में किसी भी उछाल से बचने के लिए अंतरिक्ष यान सप्लाई और डी.सी.-डी.सी. के बीच एक ई.एम.आई. फ़िल्टर का उपयोग किया जाता है।

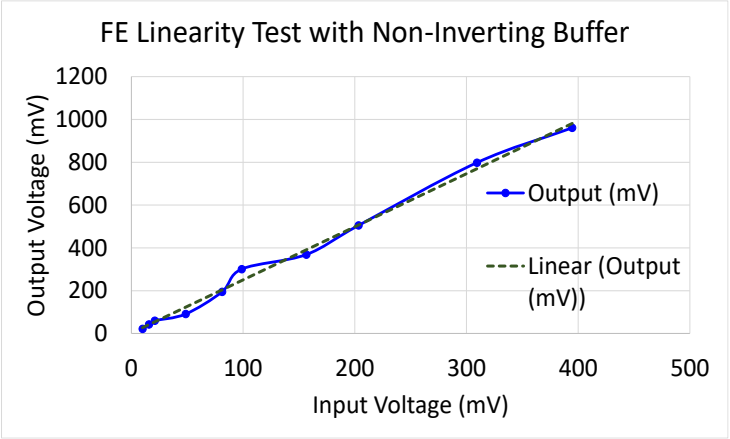
परीक्षण सेटअप और परिणाम

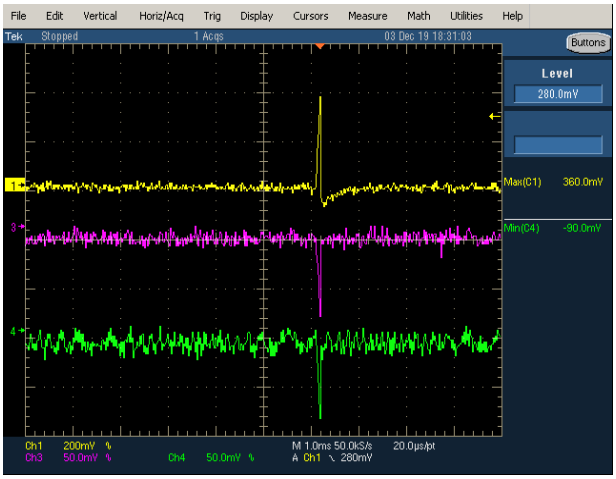
फंक्शन जेनरेटर का उपयोग करके एक ज्ञात इनपुट प्रदान करके और इलेक्ट्रॉनिकी के आउटपुट का विश्लेषण करके प्रयोगशाला में इलेक्ट्रॉनिकी का परीक्षण किया गया है। फ्रंट एंड इलेक्ट्रॉनिकी में प्रत्येक घटक का अलग-अलग रूप से परीक्षण किया गया था और पूरे सिस्टम के प्रदर्शन की भी जाँच की गई थी।

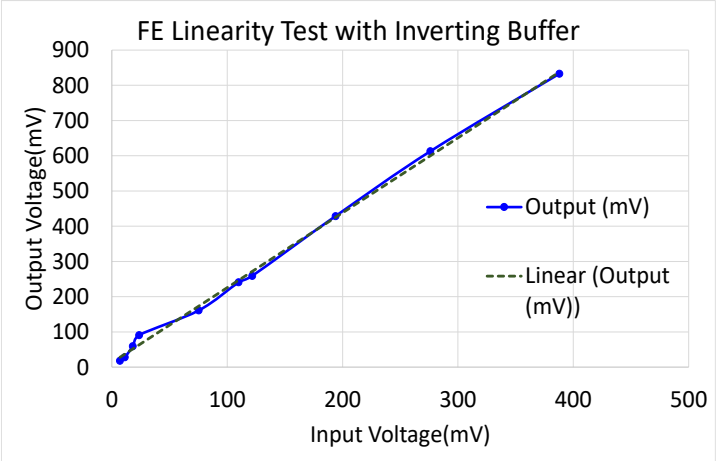
नीचे दिया गया आँकड़ा सिस्टम के परिकल्पित सीमा से अधिक आउटपुट और रैखिकता का स्नैपशॉट दिखाता है:

1. सी.एस.पी.ए. + नॉन इनवर्टिंग बफर + योजक (जो EC के लिए उपयोग किया जाता है)
2. सी.एस.पी.ए. + इनवर्टिंग बफर + योजक (जो IC के लिए उपयोग किया जाता है)









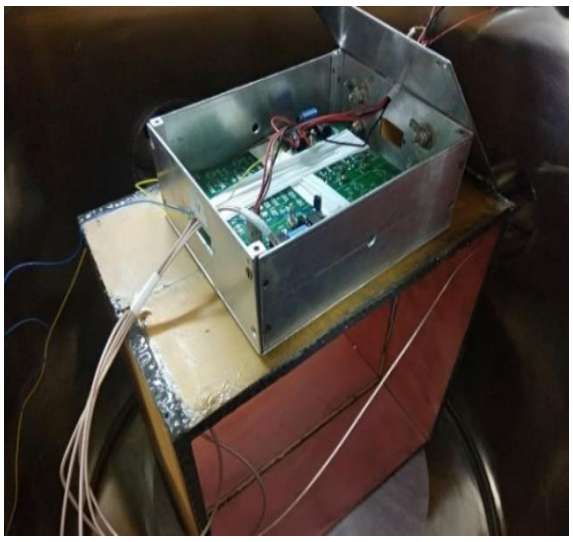


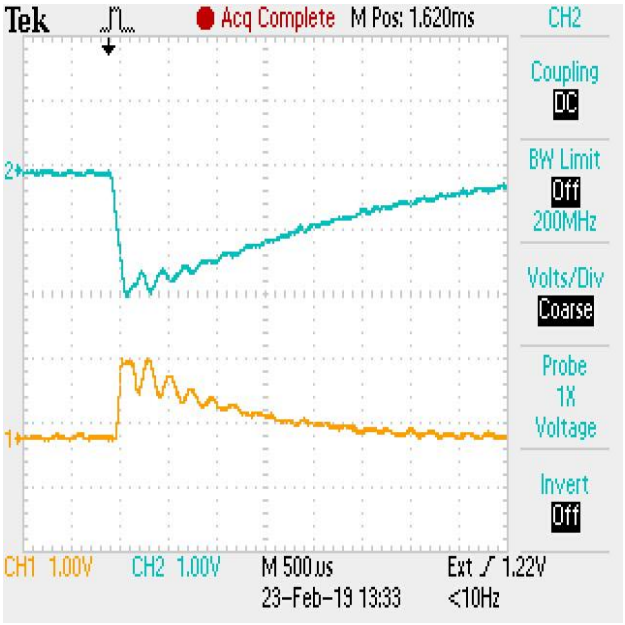
चित्र: VODEX का टेस्टिंग सेट अप

पल्स लेजर का उपयोग करके डिटेक्टर का परीक्षण और परिणाम

VODEX जैसे प्रभाव आयनीकरण डिटेक्टर को धूल त्वरक का उपयोग करके अंशांकित (कैलिब्रेट) किया जाना है जहाँ द्रव्यमान और वेग की एक सीमा वाले कणों को त्वरित किया जाएगा और डिटेक्टर पर प्रभाव डाला जाएगा और प्रतिक्रिया का विश्लेषण किया जाएगा। हालाँकि, पूरी दुनिया में बहुत कम त्वरक सुविधाएं मौजूद हैं। इसलिए उपकरण के प्रारंभिक अनुकूलन के लिए एक स्पंदित लेजर सुविधा का उपयोग किया जाता है, जो कि अधिक आसानी से सुलभ है। इस उद्देश्य के लिए कण-लक्ष्य संपर्क समय (~10 ns) और धूल कण की ऊर्जा के साथ तुलनीय अवधि और ऊर्जा के साथ एक स्पंदित लेजर का उपयोग किया जा सकता है। इंस्टीट्यूट फॉर प्लाज्मा रिसर्च (IPR), भाट, गांधीनगर में नैनोसेकंड स्पंदित लेजर सुविधा का उपयोग VODEX के लिए किया जा रहा है।

परीक्षण सेटअप नीचे दिए गए चित्र में दिखाया गया है। इलेक्ट्रॉनिकी के साथ डिटेक्टर को वैक्यूम चैंबर के अंदर रखा गया है। डी.सी. आपूर्ति का उपयोग करके बाहर से आपूर्ति और पूर्वाग्रह दिया जाता है। प्रयोग के दौरान चैम्बर को 10^{-3} मिली बार से कम दबाव पर बनाए रखा जाता है। डिटेक्टर के लक्ष्य पर लगने वाली लेजर ऊर्जा को नियंत्रित करने के लिए एक क्वार्टर वेव प्लेट का उपयोग किया जाता है। प्रभाव पर उत्पन्न संकेत एक ऑसिलोस्कोप का उपयोग करके देखा और रिकॉर्ड कर लिया जाता है।





चित्र : बायाँ पैनल वैक्यूम चैंबर के अंदर डिटेक्टर के साथ-साथ इलेक्ट्रॉनिक्स को दिखाता है। दायाँ पैनल निम्नलिखित भाग सेटिंग्स के साथ स्पंदित लेजर का उपयोग करके उत्पन्न संकेत दिखाता है: पूर्वाग्रह = 100 V; लेजर ऊर्जा = 600 µJ; Cf = 2 pF

निष्कर्ष

इस प्रकार VODEX उपकरण की सहायता से हम शुक्र पर और उसके आसपास IDP के प्रभाव को विस्तार से समझ सकते हैं। इसके अलावा, हम IDPs के द्रव्यमान, प्रवाह और वेग को प्राप्त करने में सक्षम हो सकते हैं। प्रयोगशाला में अनुकारी पल्स का उपयोग करके और पल्स लेजर का उपयोग करके प्रारंभिक परीक्षण पूरा हो गया है। आगे का काम जारी है।

अभिस्वीकृति

मैं इस काम में योगदान देने वालों मेरे सभी साथियों को धन्यवाद देती हूं।

संदर्भ

1) बर्ग, ओई, और ई. ग्रुन, 1973, "अतिशयोक्तिपूर्ण ब्रह्मांडीय धूल कणों के साक्ष्य" अंतरिक्ष अनुसंधान 13, 1047-1055।
2) बर्ग ई. और गेरलॉफ यू. 1971 स्पेस रेस। 11 225
3) सेप्लेचा जेड., बोरोविका जे., एलफोर्ड डब्ल्यू., रेवेल डी., हॉक्स आर., पोरबकन वी., और अन्य "उल्का घटनाएँ और पिंड" अंतरिक्ष विज्ञान रेव,1998, 84(3e4), 327e471।
4) ग्रुन, ई., और हा ज़ूक, 1980, "आंतरिक सौर मंडल में माइक्रोमीटरोइड्स की गतिशीलता। इन सॉलिड पार्टिकल्स इन सोलर सिस्टम", 293-298, रीडेल, डॉर्ड्रेक्ट।
5) टी. हिराई, एच. यानो, एम. फुजी, एस. हसेगावा, एन. मोरियामा, सी. ओकामोटो, एम. तनाका, डेटा स्क्रीनिंग और इकारोस-अलादीन द्वारा इंटरप्लेनेटरी डस्ट मापन में कमी, सलाह अंतरिक्ष रेस, 2017, 59, 1450-1459।
6) लाई एस.टी., हैक्सर्ड्स ऑफ हाइपरवेलॉसिटी प्रभाव अंतरिक्ष यान पर, 2002 ।
7) नौमान आर.जे. 1965 नासा तकनीकी ज्ञापन नासा टी.एम.एक्स.,1192 ।
8) पिफ्को एस., जांच डी., क्लोज एस., स्पार्क्स जे., नाकामुरा टी., नेस्वोर्नी डी., "एम.यू. रडार द्वारा उल्कापिंड इनपुट फ़ंक्शन और मध्य-अक्षांश उल्का अवलोकनों की भविष्यवाणी", इकारस 2013, 223(1), 444e59।
9) रितमेइजर, एफ.जे.एम.,1998, इंटरप्लेनेटरी डस्ट पार्टिकल्स, इन: पपीके, जे.जे. (एड), प्लैनेटरी मैटेरियल्स, रिव्यु इन मिनरलॉजी 36, मिनरलोजिकल सोक, अमेरिका का, वाशिंगटन, 2-01-2-95।
10) रूसेन आर.जी., बर्ग ई. और फर्लो एन.एच., 1973, "उल्कापिंडों के विकासशील और भौतिक गुण", एड सी.एल. हेमेनवे, पी.एम. मिलमैन और ए.एफ. कुक।

लेखक परिचय:



मैं सोनम जीतरवाल, भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद के ग्रहीय विज्ञान (पी. एस.डी.एन.), विभाग में वैज्ञानिक/इंजीनियर 'एस.सी.' के पद पर कार्यरत हूँ। मैं हाल में शुक्र ग्रह के लिए ऑर्बिटर मिशन के लिए प्रस्तावित उपकरणों पर काम कर रही हूं जो कि वीनस ऑर्बिटर डस्ट एक्सपेरिमेंट (VODEX) और शुक्र ग्रह पर बिजली मापन हेतु उपकरण (LIVE) हैं।

मानव अंतरिक्ष मिशन की चुनौतियां, अनुप्रयोग और भावी संभावनाएं

शोमा चाँदोरकर
वैज्ञानिक/इंजीनियर-एस.एफ.
इसरो दूरमिति अनुवर्तन तथा आदेश संचार जाल (इसट्रैक, बेंगलूरु)

1950 के दशक के अंत में मानव अंतरिक्ष उड़ान के आगमन के बाद, 200 से अधिक लोग अंतरिक्ष में उप-कक्षीय उड़ानों और अपोलो मिशन से चंद्रमा तक, अंतरिक्ष स्टेशनों स्काईलैब, सोयुज और अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन तक उड़ान भर चुके हैं। यहां तक कि पर्यटक भी अंतरिक्ष की यात्रा करने लगे हैं। जैसे-जैसे प्रौद्योगिकी आगे बढ़ती है, मानव अंतर्ग्रहीय मिशनों को अंतरिक्ष अन्वेषण के अगले चरण के रूप में देखा गया है, अंतरिक्ष में पहले मानव सोवियत अंतरिक्ष यात्री यूरी गगारिन थे, जिन्होंने 12 अप्रैल, 1961 को 108 मिनट की उड़ान पर पृथ्वी के चारों ओर एक कक्षा बनाई थी।

हाल ही में, अधिक से अधिक देशों में अंतरिक्ष में मानव पहुंच की क्षमता विकसित करने के लिए गंभीर अध्ययन किए जा रहे हैं। मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम के लिए कई चुनौतियाँ हैं, खासकर जब लक्ष्य पृथ्वी से परे हो। शामिल लागत के अलावा, विश्वसनीय परिवहन प्रणालियों का विकास, अत्याधुनिक तकनीकी की आवश्यकता और गंतव्य विकास भी महत्त्वपूर्ण विषय है। २१ वी सदी ने अंतरिक्ष परिवहन प्रणाली - अंतरिक्ष शटल और अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष परिवहन प्रणाली (आइ.एस.एस.) के निर्माण में प्रवेश और निकास भी देखा है।

अंतरिक्ष का खराब वातावरण मानव जीवन के अनुकूल नहीं है। वर्तमान में उपलब्ध तकनीक लोगों के शारीरिक और मनोवैज्ञानिक स्वास्थ्य पर पड़ने वाले प्रभावों को केवल आंशिक रूप से ही कम कर सकती है। लंबे समय तक अंतरिक्ष में रहने और प्रभावी ढंग से काम करने के लिए, अंतरिक्ष के नकारात्मक प्रभावों को कम करने के लिए लोगों को विकसित प्रौद्योगिकियों की आवश्यकता होती है, जो उन्हें खराब चरम वातावरण में जीवित रहने में सक्षम बनाती हैं। मानव और रोबोटिक प्रणालियों को बड़े पैमाने पर ग्रहों की सतहों पर वितरित करने, प्रवेश और निकास और अवतरण प्रणाली को विकसित करना एक चुनौतीपूर्ण संचालन है।

मानव अंतरिक्ष मिशन की भावी संभावनाओं में निम्न लिखित चुनौतियां हैं

<u>अंतरिक्ष के खराब वातावरण में जीवित रहना</u>

अंतरिक्ष यात्रा में, मशीनों के संचालन और अस्तित्व को चरम वातावरण का सामना करना पड़ता है, जो मशीनों के कार्यान्वयन को प्रभावित करती है। इंसानों की तरह, उपग्रह संस्थित उपप्रणालियाँ गुरुत्वाकर्षण, प्रणोदक बल, विकिरण, गैसों, विषाक्त पदार्थों, स्थिर निर्वहन, धूल, अत्यधिक तापमान, बारंबार तापमान भिन्नता रासायनिक रूप से प्रभावित होती हैं। हमारे सौर मंडल के असंख्य लक्ष्यों की एक विस्तृत श्रृंखला की खोज को पूरा करने के लिए खराब वातावरण में जीवित रहने की क्षमता की आवश्यकता है।

<u>अंतरिक्ष मलबे के खतरे का शमन</u>

अंतरिक्ष मलबे की बढ़ती आबादी मानव अंतरिक्ष उड़ान के साथ साथ, अंतरिक्ष यान सहित सभी अंतरिक्ष वाहनों के लिए संभावित खतरे को बढ़ा देती है। अंतर-एजेंसी अंतरिक्ष मलबे समन्वय समिति (आइ.ए.डी.सी.) द्वारा शमन दिशानिर्देशों का एक सेट विकसित किया गया है, जो कई राष्ट्रीय और अंतरराष्ट्रीय संगठनों द्वारा विकसित

मौजूदा प्रथाओं, मानकों, कोड और हैंडबुक की एक श्रृंखला के मौलिक शमन तत्वों को दर्शाता है।

एक निकट-पृथ्वी वस्तु का पता लगाना और शमन

पृथ्वी के पास की वस्तुएं धूमकेतु या क्षुद्रग्रह हैं जो 45 मिलियन किलोमीटर की दूरी पर पृथ्वी की कक्षा के भीतर से गुजरते हैं. धूमकेतु या क्षुद्रग्रह को मोड़ने की संभावना के लिए तैयारी के रूप में इन दूरस्थ घटनाओं की संभावना और परिणाम की बेहतर समझ आवश्यक है।

कुशल अंतरिक्ष परिवहन

आज की प्रणोदन प्रणाली मानव और रोबोटिक अन्वेषण के लिए पूरे सौर मंडल में परिवहन को सीमित करती है। एक ऐसी प्रणाली विकसित करने की आवश्यकता है, जो अंतरिक्ष स्थलों से और उसके आसपास तीव्र, कुशल और किफायती परिवहन प्रदान करें।

अब तक, केवल तीन देशों ने मानव को अंतरिक्ष में भेजा है, अमरीका, रूस (पूर्व सोवियत संघ), और, 21 वीं सदी में चीन ने इसके आगे चौथा अनुसरण करने के लिए भारत की अंतरिक्ष अन्वेषण एजेंसी भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) तैयार है। गगनयान भारतीय समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम है, जिसमें तीन अंतरिक्ष यात्रियों को जी.एस.एल.वी. एम.के.-III या एल.वी.एम.-3के द्वारा 400 कि.मी. पर पृथ्वी की कक्षा में स्थापित करने और सात दिन अंतरिक्ष में बिताने के बाद उन्हें सुरक्षित रूप से पृथ्वी पर वापस लाने की परिकल्पना की गई है। कक्षीय मॉड्यूल में दो भाग होते हैं - क्रू मॉड्यूल, जहां चालक दल निवास करेगा; और, सर्विस मॉड्यूल, जो कक्षीय चरण के दौरान क्रू मॉड्यूल की सेवा करेगा। लॉन्च व्हीकल एक क्रू मॉड्यूल को कक्षा में ले जाने में सक्षम है। एक समानव अंतरिक्ष मिशन इसरो द्वारा अब तक पूरे किए गए अन्य सभी मिशनों से बहुत अलग है। जटिलता और महत्वाकांक्षा के मामले में, यहां तक कि चंद्रमा (चंद्रयान) और मंगल (मंगलयान) के मिशन से भी मुश्किल है।

किसी भी समानव मिशन के लिए, जिन विशिष्ट क्षमताओं को विकसित करना होता है वे होती हैं: उड़ान के बाद अंतरिक्ष यान को वापस पृथ्वी पर लाने की क्षमता: एक अंतरिक्ष यान का निर्माण में जिसमें अंतरिक्ष यात्री अंतरिक्ष में पृथ्वी जैसी परिस्थितियों में रह सकें, वजन की समस्या मौलिक चुनौती है। इसरो द्वारा प्रमोचित किये गए संचार उपग्रहों की तुलना में एक क्रू मॉड्यूल का वजन संचार उपग्रहों और सुदूर संवेदन नीतभार से दो या तीन गुना अधिक होता है।

अंतरिक्ष मिशन में मानवों को भेजते वक्त उड़ान के किसी भी चरण में चालक दल की सुरक्षा पर ध्यान केंद्रित किया जाता है। किसी भी आपात स्थिति के मामले में चालक दल की सुरक्षित जमानत सुनिश्चित करने के लिए व्यवहार्य भागने के प्रावधानों को प्रमोचन वाहन में शामिल किया जाना चाहिए।

समानव मिशन में, चालक दल की सुरक्षा और आराम सुनिश्चित करने के लिए तंत्र और प्रक्रियाओं को विकसित करने के लिए तंत्र अभिकल्प, संरचना निर्माण जैव अंतरिक्ष विज्ञान और चिकित्सा पेशेवरों दोनों के लिए कई चुनौतियां हैं। चिकित्सा संस्थानों की भागीदारी के साथ जैव अंतरिक्ष विज्ञान में अनुसंधान शुरू करना और इस क्षेत्र में निरंतर गतिविधियों के लिए दीर्घकालिक योजना तैयार करना अधिक महत्वपूर्ण है।

जैव चिकित्सा पेशेवरों के लिए मानव विज्ञान के कई विषयों में गतिविधियों को शुरू करने की पर्याप्त गुंजाइश है जिससे भारत की मानव अंतरिक्ष उड़ान गतिविधियों को लाभ होगा। समानव अंतरिक्ष के प्रमोचन में अंतर्राष्ट्रीय भागीदारी ,व्यापक मानवीय लक्ष्यों को आगे बढ़ाने के लिए, विज्ञान और प्रौद्योगिकी का सर्वोत्तम उपयोग, राष्ट्रों को समान मूल्यों के पास लाता है।

अगले 50 वर्षों के भीतर अंतरिक्ष यान ग्रह के चारों ओर हमारी दिन-प्रतिदिन की यात्रा का एक नियमित हिस्सा बन सकता है, अंतरिक्ष पर्यटन वाणिज्यिक अवसरों के लिए प्रमुख संसाधन हो सकता है। कीमती धातुओं के लिए क्षुद्रग्रहों का खनन, या रॉकेट ईंधन का उत्पादन करने के लिए चंद्रमा के पर्याप्त पानी के भंडार को निकालना, अन्य व्यावसायिक अवसरों में शामिल हो सकते हैं ।

अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के संदर्भ में, एक समानव अंतरिक्ष कार्यक्रम भारत के लिए अगला कदम है। गगनयान की सफलता भारत को अंतरिक्ष महाशक्तियों के दल में डाल देगी। यह भारत को अपना अंतरिक्ष स्टेशन विकसित करने के एक कदम आगे बढ़ाने में मदद करेगा। एक सुरक्षित, सफल मानवयुक्त अंतरिक्ष मिशन सुनिश्चित करने के लिए तकनीकी चुनौतियों से पार पाना महत्वपूर्ण है। आवश्यक प्रौद्योगिकी प्राप्त करने के लिए अंतर्राष्ट्रीय सहयोग महत्वपूर्ण है। गगनयान कार्यक्रम एक राष्ट्रीय प्रयास है और इसमें शैक्षणिक और राष्ट्रीय माध्यमों की भागीदारी शामिल होगी। यह इसरो, शिक्षाविदों, उद्योग, राष्ट्रीय माध्यमों और अन्य वैज्ञानिक संगठनों के बीच सहयोग के लिए एक व्यापक ढांचा स्थापित करेगा।

यह अच्छे अनुसंधान और प्रौद्योगिकी विकास को बढ़ावा देगा। उचित उपकरणों के साथ बड़ी संख्या में शोधकर्ताओं के साथ, यह सामग्री प्रसंस्करण, खगोल-जीव विज्ञान, संसाधन खनन, ग्रह रसायन विज्ञान, ग्रहीय कक्षीय कलन और कई अन्य क्षेत्रों जैसे क्षेत्रों में महत्वपूर्ण शोध पर जोर देगा।

मानव अंतरिक्ष उड़ान युवाओं और राष्ट्रीय जनता को भी प्रेरणा प्रदान करेगी। यह बड़ी संख्या में युवा छात्रों को राष्ट्रीय विकास के लिए विज्ञान और प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में अपना भविष्य बनाने के लिए प्रेरित करेगा। भारत मानव अंतरिक्ष मिशन शुरू करने वाला चौथा देश होगा। गगनयान न केवल राष्ट्र की प्रतिष्ठा में वृद्धि करेगा बल्कि अंतरिक्ष उद्योग में एक प्रमुख खिलाड़ी के रूप में भारत की भूमिका भी स्थापित करेगा।

लेखक परिचय:



शोमा चंदोर्कर ने राजीव गांधी तकनीकी विश्वविद्यालय, मध्य प्रदेश से वर्ष 2000 में बी.ई. एवं वर्ष 2004 में माइक्रोवेव इंजीनियरिंग में एम.टेक की डिग्री प्राप्त की हैं। वर्तमान में राडार विकास क्षेत्र/इसरो दूरमिति अनुवर्तन तथा आदेश संचार जाल, बैंगलोर में वैज्ञानिक/अभियंता-एस.एफ. के पद पर कार्यरत हैं। उनके कार्य क्षेत्र में मौसम रडारों और पवन प्रोफाइलरों के आर.एफ. और माइक्रोवेव उप प्रणालियों के डिजाइन प्राप्ति और विकास शामिल हैं।

भारत "गगनयान" मिशन के लिए कर्मीदल प्रतिरूपक

अनिल कुमार गर्ग
डी.जी.एम., ए.एम.एफ.
वी.एस.एस.सी.,तिरुवनंतपुरम

परिचय:

"गगनयान" मिशन का उद्देश्य तीन भारतीय अंतरिक्ष यात्रियों को एक कक्षीय मॉड्यूल में 3 दिनों की मिशन अवधि के लिए लो अर्थ ऑर्बिट (LEO) में ले जाना और उन्हें पृथ्वी पर एक पूर्व निर्धारित स्थान पर सुरक्षित रूप से वापस लाना है। कक्षीय मॉड्यूल (OM) में क्रू मॉड्यूल (CM) और सर्विस मॉड्यूल (SM) शामिल हैं। गगनयान मिशन के लिए OM को SDSC-SHAR से दूसरे लॉन्च पैड (SLP) से एलवीएम3 लॉन्च वाहन के मानव अनुकूलित संस्करण का उपयोग करके लॉन्च किया जाना है।

सीएम (CM) एक आंतरिक धातु के दबाव वाले क्रू केबिन और एक के साथ एक दोहरी दीवार वाला निर्माण है। थर्मल प्रोटेक्शन सिस्टम (TPS) के ओवरले के साथ बिना दबाव वाली बाहरी मिश्रित संरचना है, जबकि क्रू मॉड्यूल आंतरिक संरचना चालक दल के आवास के लिए आवश्यक दबाव वाली मात्रा प्रदान करती है। टीपीएस के साथ सीएम की बाहरी संरचना मॉड्यूल के वायुगतिकीय विन्यास को परिभाषित करती है। यह पुन: प्रवेश चरण के दौरान सीएम को गतिकतपन से भी बचाता है।

इसमें ईसीएलएसएस, प्रणोदन प्रणाली, पैराशूटऔर पृथक्करण जैसी अन्य उपप्रणालियां भी हैं।

1.0 समग्र आवश्यकताएं:

1.1 कार्यात्मक आवश्यकताएं:

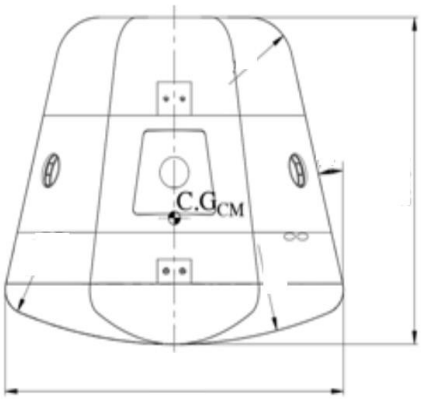
•क्रू मॉड्यूल को तीन लोगों के चालक दल को समायोजित करने के लिए डिजाइन किया गया है। इसलिए आरामदायक रहने/काम करने की जगह के लिए प्रतिचालक दल के सदस्य के लिए आवश्यक मात्रा न्यूनतम 1.5 मिटर क्यूब है।
• सीएम सब सिस्टम का अनुकलन अनुकूलित द्रव्यमान, आयतन, शक्ति और चालक दल के लिए उपलब्ध मुक्त रहने योग्य मात्रा को अधिकतम करने पर आधारित है।
• सीएम मिशन के सभी चरण लॉन्च से लैंडिंग के दौरान चालक दल के लिए एक सुरक्षित आवास प्रदान करते हैं।
•दवित घनत्व के अंदर उपयोग की जाने वाली सभी सामग्री जैव-संगत है। क्रमशः 1% और 0.1% की टीएमएल/सीवीसीएम सीमा को पूरा करते हुए आग प्रतिरोधी (एलओआई> 30 है।
•सीएम3 कर्मीदल के 3 दिन के मिशन के लिए आवश्यक लाइफ सपोर्ट सिस्टम प्रदान करेंगे, जिसमें पोस्ट टच डाउन आवश्यकताएं भी शामिल हैं।
•सीएम3 के पास दो हैच होंगे अर्थात साइड में नोमिनल के संचालन के लिए क्रू इंग्रेस/इग्रेस हैच और शीर्ष पर आपातकालीन निकास के लिए फॉरवर्ड हैच।
•सबसे खराब स्थिति में प्रभाव भार को कम करने के लिए इसमें उपयुक्त क्षीणन प्रणाली (या तो फर्श पर या निलंबित) के साथ चालक दल सीट है।
• कर्मीदल को मनोवैज्ञानिक सहायता प्रदान करने के अलावा बाहरी अंतरिक्ष और पृथ्वी को देखने और फोटोग्राफी या वीडियोग्राफी और वैज्ञानिक अवलोकन, यदि कोई हो, करने के लिए 3 व्यूपोर्ट प्रदान किए गए हैं।
• सभी व्यवस्थाओं के दौरान एवियोनिक प्रणाली में विफलता-सुरक्षित दर्शन होगा।
• पुनः प्रवेश के दौरान नति-अक्ष नियंत्रण प्रदान करने के लिए सीएम के पास हरित प्रणोदन आधारित आरसीएस होगा।
• सीएम के पास अवरोही सीएम के वेग को कम करने के लिए आवश्यक पैराशूट सिस्टम होगा।
• पैराशूट का अभिकल्प मानव शारीरिक सहनशीलता की सीमा पर विचार करता है।

• सीएम के पास कक्षा में आपात स्थितियों के लिए अग्निशमन और दबाव वृद्धि नियंत्रण के लिए वेंटिंग और सुरक्षा राहत प्रणाली होंगी।
• टच डाउन के बाद सीएम में हाइड्रो डायनामिक मोनो स्थिरता होगी और साइड हैच उचित रूप से समुद्री जलस्तर से ऊपर शंक्वाकार क्षेत्र पर स्थित होगा। समुद्र में उतरने के बाद सीएम के लिए अनुकूल अभिविन्यास बनाए रखने के लिए यदि आवश्यक हो तो सीएम के पास एक अप-राइट फ्लोटेशन सिस्टम होगा।

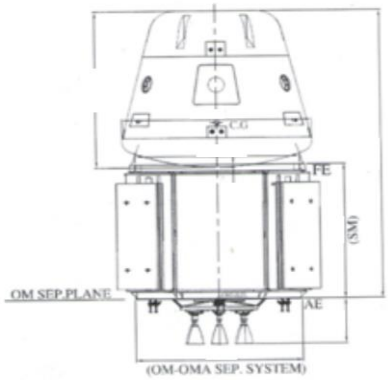
1.2 वायु गतिकीय आवश्यकताएं:

1.2.1 सीएम विन्यास

सीएम का विन्यास एलट्रिम कोण जैसे विभिन्न कारकों के आधार पर किया जाता है। सीएम का समग्र विन्यास चित्र 1में दिखाया गया है। क्रू ओरिएंटेशन के संबंध में अगले और पिछले छोर को संदर्भित किया जाता है। गुंबद का क्षेत्र पुनःप्रवेश प्रवाह का सामना करेगा और इसे आफ्ट छोर कहा जाता है।



(चित्र 1)



(चित्र2)

1.2.2 कक्षीय मॉड्यूल

कक्षीय मॉड्यूल में क्रू मॉड्यूल और सर्विस मॉड्यूल होते हैं जैसा कि चित्र2 में दिखाया गया है। अक्ष (Y+ अक्ष) को प्रवेश/निकास हैच के केंद्र से गुजरने के लिए बनाया गया है। सकारात्मक रोल अक्ष OM के थ्रस्ट अक्ष के साथ शीर्ष कवर की ओर है और यह मानव अनुकूलित जैसा है। प्रक्षेपण यान रोल अक्ष सकारात्मक पिच अक्ष हैच के बाईं ओर है जब इसे Y+ से देखा जाता है। चित्र 3 कक्षीय मॉड्यूल अक्ष सम्मेलन को प्रदर्शित करता है।

2.0 सामान्यआवश्यकताएं:

2.1 मानव दर (रेटिंग) आवश्यकताएँ

- मानव रेटिंग के रूप में सुरक्षा मार्जिन में वृद्धि, अतिरिक्त/असमान अतिरेक, विश्वसनीयता के उच्च क्रम, वंशावली के साथ प्रणालियों पर विचार किया गया है।
- सभी उप-प्रणालियों को संबोधित करते हुए उपयुक्त फ्रैक्चर नियंत्रण योजना विकसित की गई और घटकों और उसीको आपदा के जोखिम को कम करने के लिए हार्डवेयर के पूरे सेवा काल में खामियों के कारण विफलता से बचाने के लिए लागू किया गया।
- जमीनी परीक्षण और परीक्षण की श्रृंखला के माध्यम से सत्यापित किए जाने वाले डिजाइन मार्जिन में पर्याप्त उड़ान।
- उपयुक्त अतिरेक/डिजाइन दर्शन को पूरा करने के लिए सभी उप-प्रणालियों के असफल होने की न्यूनतम आवश्यकता – सुरक्षित मानदंड को नियोजित किया गया।

- एवियोनिक्स न केवल न्यूनतम विफलता सुरक्षित संचालन की पुष्टि करता है बल्कि यह भी प्रदान करता है कि फॉल्ट डिटेक्शन और आइसोलेशन सहित एवियोनिक्स की विफलता का संकेत प्रदान कर सके।
- सभी मिशन चरणों के दौरान त्वरण चालक दल के सहनीय स्तरों के भीतर सीमित है (आयाम और अवधि)
- जहां कभी भी चालक दल के हस्तक्षेप/संचालन शामिल हैं उपप्रणालियों का स्थान क्रू एर्गोनॉमिक्स द्वारा नियंत्रित किया गया है।
- क्रू मॉड्यूल में सभी प्रणालियों को मानव रेटिंग आवश्यकताओं सहित डिजाइन कारक के अनुपालन के साथ डिजाइन किया गया है।

2.2 अभिकल्प संबंधी आवश्यकताएँ

• संरचना विभिन्न मिशन चरणों के दौरान भार वातावरण द्वारा निर्धारित आवश्यकताओं को पूरा करती है। महत्वपूर्ण उड़ान घटनाओं की पहचान की गई है और उनके प्रत्येक सबसिस्टम का डिजाइन किया गया है।
•प्रमाणित प्रौद्योगिकी, सामग्री और डिजाइन की जाने वाली संरचना प्रक्रियाएं का उपयोग करके संरचनात्मक डिजाइन एवं इंटरफेस आवश्यकताओं को ध्यान में रख कर किया गया है।
• सभी महत्वपूर्ण उड़ान हार्डवेयर को फ्रैक्चर नियंत्रण मानदंड को पूरा करने के लिए डिजाइन/सत्यापित किया गया है।
• डिजाइन निर्वात स्थितियों के अनुकूल है और सिस्टम में केबिन डिप्रेसराइजेशन के मामले में प्रतिकूल प्रभाव नहीं होना चाहिए इसका भी ध्यान रखा गया है।

2.3 सामग्री और विनिर्माण संबंधी आवश्यकताएं

• चुनी गई सामग्री जहां भी संभव हो A आधार संपत्तियों के अनुरूप होगी। मामले में A आधार गुण उपलब्ध नहीं है तो एस आधार या उपयुक्त विनिर्देशों के रूप में अनुशंसित गगनयान सामग्री विनिर्देश दस्तावेज का पालन किया जाएगा।
• जहां तक संभव हो, फोर्जिंग की रूलिंग मोटाई गगनयान सामग्री विनिर्देश में भौतिक गुण निर्दिष्ट दस्तावेज तक सीमित होगी।
• क्रू मॉड्यूल के अंदर उपयोग की जाने वाली सामग्री (ज्वलनशीलता, गंध, ऑफ गैसिंग और अनुकूलता आवश्यकताएं) नासा एसटीडी 6001 आवश्यकताओं को पूरा करेगी।
• सीएम की उप-प्रणालियों के लिए उपयोग की जाने वाली सामग्री टीएमएल/सीवीसीएम के विनिर्देशों क्रमशः 1% और 0.1% का अनुपालन करेगी।
• विरासत वाली निर्माण प्रक्रियाओं का चयन किया जाएगा। यदि नया विनिर्माण प्रौद्योगिकियों को अपनाने की आवश्यकता है तो उन्हें आवश्यक समीक्षा और योग्यता परीक्षण से गुजरना होगा तथा मानव रेटिंग दिशा निर्देशों को पूरा करना होगा।
• सृजित फैब्रिकेशन ड्राइंग स्पष्ट रूप से सभी कार्यात्मक रूप से महत्वपूर्ण आयाम (एफसीडी)को इंगित करेगा।
•विस्तृत प्रक्रिया योजना और निरीक्षण योजना को मैन्युफैक्चरिंग और पोस्ट के दौरान फ्री इश्यू मैटेरियल सप्लाई जैसे मैन्युफैक्चरिंग निर्माण कार्यों के विभिन्न चरणों के दौरान लाया जाएगा।
• प्राथमिक संरचना में टाइटेनियम फास्टनरों और उच्चशक्ति फास्टनरों>12.9, कोटिंग फास्टनरों का प्रेशराइज्ड केबिन के अंदर उपयोग नहीं किया जाएगा।

2.4 गुणवत्ताऔर विश्वसनीयता की आवश्यकता

उप-प्रणालियों के लिए उच्च विश्वसनीयता मानव युक्त मिशनों में प्रमुख आवश्यकताओं में से एक है। डिजाइन में आमतौर पर सुरक्षाकारक और संबंधित डिजाइन और सत्यापन दृष्टिकोण के उपयोग के माध्यम से विश्वसनीयता पहलुओं को ध्यान में रखा जाएगा जैसे:

- भार के ऊपरी बाध्य मूल्य, रूढ़िवादी और A आधार सामग्री गुण और विफलता मानदंड, अनुमोदित विश्लेषण पद्धतियों और उपकरणों का अनुप्रयोग।

- विफलता मोड, प्रभाव, क्रिटिकलिटी विश्लेषण (एफएमईसीए), फॉल्ट ट्री विश्लेषण करना (एफटीए) और महत्वपूर्ण उपप्रणाली के लिए संभाव्य जोखिम मूल्यांकन (पीआरए)।
- क्रू मॉड्यूल – क्रू सुरक्षा के लिए डिजाइन संबंधी विचार और दिशा निर्देश।
- केबिन को 101 kPa के मामूली दबाव और ऊपरी बाउंड हवा/नाइट्रोक्स के साथ 120kPa का दबाव के लिए डिज़ाइन किया जाना है।
- क्रू एर्गोनॉमिक्स जैसे पहुंच/दृश्यता/खिड़कियों का आकार और स्थान, गतिशीलता, प्रेरित भार, उपयुक्त स्थिति में चालक दल के साथ चालक दल से संबंधित संचालन।
- नाममात्र और नाममात्र की शर्तों के तहत कर्मीदल का प्रवेश/बहिष्करण।
- त्वरण और मंदी की सीमा को समायोजित करने के लिए चालक दल का उन्मुखीकरण वातावरण (शारीरिक सहिष्णुता सीमा)।
- क्रू केबिन ले आउट और केबिन लाइनर कोने जो चालकदल को घायल कर सकते हैं या उड़ान सूट को नुकसान पहुंचा सकते हैं उससे बचने के लिए चिकनी सतह प्रदान करेगा।
- कर्मीदल हस्तक्षेप पहलू (ईसीएलएसएस और अन्य प्रणालियों के साथ।
- चालक दल के मनोवैज्ञानिक पहलू (केबिन लाइटिंग, व्यूपोर्ट तक पहुंच आदि)।
- सीएम की प्रत्येक उप-प्रणाली के आकार, द्रव्यमान, आयतन और आकार पर प्रतिबंध।
- आकार और नियंत्रण तथा डिस्प्ले के स्थान आवश्यक हैं।
- प्रकाश रोशनी, रोशनी का स्थान, छायांकन प्रभाव।
- सामग्री ज्वलनशीलता और बाहर गैसिंग पर विचार।
- क्रू सीट का प्रकार और रेस्ट्रेंट हार्नेस सिस्टम और क्रू सीट प्रभावक्षीणन प्रणाली का स्ट्रोकिंग लिफाफा।
- सूट के साथ और बिना चालक दल की सीट के कार्य, चालक दल पर भार राहत, और पथ पाकर लिफाफा / जीस्तर की आवश्यकताएं।
- ऑपरेशन मैनुअल, समर्थन, उत्तरजीविता, आदि के लिए भंडारण।
- बाहरी संरचना को मलबे के खिलाफ एवियोनिक्स पैकेजों में प्रभाव के कारण खराबी से बचाने के लिए उपयुक्त MMOD शील्ड प्रदान की जाएगी

3.0 सीएम संरचना

सीएम संरचना एक दोहरी दीवार वाली संरचना है, जिसमें धातु के दबाव वाले आंतरिक संरचना शामिल हैं एवं थर्मल सुरक्षा प्रणाली के साथ सीएफआरपी बाहरी संरचना। प्रत्येक का विवरण सिस्टम नीचे वर्णित हैं।

3.1 आंतरिक संरचना

3.1.1 आवश्यकताएँ:

• डिजाइन वेल्डजोड़ों की कुल संख्या को कम करने के लिए होगा और सभी वेल्ड स्थान 100% एनडीटी के लिए सुलभ होंगे।
• आंतरिक संरचना एमईओपीके 1.1 गुना परीक्षण दबाव को सत्यापित करेगी।
• आंतरिक संरचना (दबाव वाली मात्रा) लीक प्रूफ होगी और हैच, व्यूपोर्ट औरअन्य कट-आउट के माध्यम से अनुमेय रिसाव दर 50 ग्राम / दिन से अधिक नहीं होगी।

3.1.2 विन्यास:

आंतरिक संरचना एक धातु संरचना है जिसमें तीन उप-असेंबली होते हैं, अर्थात् एपेक्स क्षेत्र, आगे और पीछे शंक्वाकार क्षेत्र और वैमानिकी खाड़ी क्षेत्र। आंतरिक संरचना एल्यूमीनियम मिश्रधातु AA2219 वेल्डे डसंरचना के लिए उपयुक्त धातु से बनी है। डिजाइन टीआई जीआई बी वेल्डिंग निर्माण मार्गों के लिए अनुकूल होना चाहिए।

3.2 बाहरी संरचना

बाहरी संरचना में एपेक्स कवर, शंक्वाकार पैनल और आफ्ट हीटशील्ड गुंबद आंतरिक संरचना से संलग्न होते हैं। बाहरी संरचना सभी कार्यात्मक आवश्यकताओं कट-आउट, असेंबली और एक्सेस आवश्यकताओं सहित सभी आवश्यकताओ को पूरा करेगी। यह थर्मल प्रोटेक्शन सिस्टम को जोड़ने और बाहरी कॉन्फिगरेशन को बनाए रखने का भी काम करेगी। इसको एल्युमिनियम हनीकॉम्ब के साथ उड़ान विरासत और द्रव्यमान का अनुकूलन करने के लिए सीएफआरपी से बनाया जाना प्रस्तावित है।

3.2.1 आवश्यकताएँ

• सीएम संरचना बाहरी ज्यामिति के अनुरूप होगी और बाहरी क्रू मॉड्यूल की लाइन (ओएमएल) मोल्ड को बनाए रखेगी।
• चढ़ाई, कक्षीय और अवरोही थर्मल वातावरण और वायुगतिकीय भार का सामना करेगी।
• सभी जोड़ों को अवतरण के दौरान और पानी के प्रवेश के दौरान गर्म गैस के प्रवेश की रोक थाम सुनिश्चित करने के लिए डिजाइन किया जाएगा (आरसीएस सहित)।
• शंक्वाकार पैनल असेंबली, परीक्षण, निरीक्षण और पहुंच की आवश्यकताओं को सक्षम बनाने के लिए हटाने योग्य पैनल होंगे।
• पैनल बंधन योजना को त्वरित असेंबली/डिससेप्शन का ध्यान रखने के लिए डिजाइन किया जाएगा। यह असेम्बली/डिससेप्शन ऑपरेशंस को कई बार सपोर्ट करेगा।
• बाहरी संरचना को एमएम ओडी सुरक्षा के लिए इंटरफेस के साथ डिजाइन/उपलब्ध कराया जाएगा।

3.2.2 एपेक्सकवर (अलग करने योग्य इंटरफेस):

वायुगतिकीय आकार प्रदान करने के अलावा, एपेक्स कवर शीर्ष क्षेत्र में स्थित पैराशूट, संबंधित पायरोस और एवियोनिक्स सिस्टम के लिए आवश्यक सुरक्षा प्रदान करता है। यह एक सीएम आंतरिक संरचना के साथ वियोज्य इंटरफेस और पृथक्करण के लिए इंटरफेस है। एपेक्स कवर सेपरेशन सिस्टम, एसीएस मोर्टार और सीएम-सीईएस सेपरेशन इंटरफेस, आरसीएस थ्रस्टर (पिच) इंटरफेस के लिए उपयुक्त कट-आउट तैयार किया जाएगा। उपरोक्त सभी इंटरफेस पृथक्करण गतिकी आवश्यकताओं को पूरा करेगा और संचालन अवधि के दौरान कम आघात प्रदान करेगा। सीएम-सीईएसकी सेपरेशन सिस्टम, एपेक्स कवर सेपरेशन सिस्टम और एपेक्स कवर सेपरेशन प्लेन आवश्यकताओं को पूरा करते हुए उचित संयोजन अनुक्रम तैयार किया जाएगा। साथ ही क्रिटिकल सेपरेशन सिस्टम असेंबली के लिए संचालन के दौरान स्पष्ट पहुंच और दृश्यता के साथ प्रावधान किए जाएंगे। एसीएस मोर्टार इस तरह लगाया जाएगा कि प्रतिक्रिया भार पथ सीएम के सीजी के करीब रहे।

3.2.3 शंक्वाकार पैनल:

शंक्वाकार पैनल में 60 ° के छह सेक्टर होते हैं, जिनमें से प्रत्येक को फास्टनरों द्वारा आंतरिक संरचना से जोड़ा जाता है। शंक्वाकार पैनलों को एआईटी और एक्सेस आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए फॉरवर्ड कॉनिकल पैनल (एफसीपी) और आफ्ट कॉनिकल पैनल (एसीपी) से मिलकर 2 भागों में कॉन्फिगर किया जाएगा। हैच, व्यूपोर्ट, रिएक्शन कंट्रोल थ्रस्टर्स को समायोजित करने के लिए उपयुक्त स्थानों पर आवश्यक कट-आउट प्रदान किए जाएंगे। हैच, व्यूपोर्ट, सीएस-सीडीएस कट-आउट और आरसीएस थ्रस्टर कट-आउट सीएम के लेवर्ड साइड पर उपलब्ध कराए जाएंगे।

3.2.4 आफ्ट हीटशील्ड गुंबद (बन्धन इंटरफेस):

आफ्ट हीटशील्ड डोम को समुद्र में उतरने के दौरान प्रभाव भार सहित विभिन्न भार स्थितियों का सामना करने के लिए डिजाइन किया गया है। यह थर्मल प्रोटेक्शन सिस्टम को जोड़ने के लिए एक बैक अप संरचना के रूप में

कार्य करता है। आफ्ट एचएसडोम सीएम-एसएम सेपरेशन सिस्टम के माध्यम से सर्विस मॉड्यूल के साथ इंटरफेस प्रदान करेगा। इसे साइड टक्कर के लिए डिजाइन किया गया है और शून्य डिग्री प्रभाव के अनुरूप सीमा भार के लिए सत्यापित किया गया है।

4.0 सी एम का 3Dमॉडलिंग (Modeling):

CATIA (कंप्यूटर एडेड थ्री डायमेंशनल इंटरएक्टिव एप्लिकेशन) एक मल्टी-प्लेटफॉर्म PLM/CAD/CAM/CAE कमर्शियल सॉफ्टवेयर है जिसे डसॉल्ट सिस्टम्स द्वारा विकसित किया गया है और आईबीएम द्वारा दुनिया भर में विपणन किया जाता है। यह कंप्यूटर एडेड डिजाइन (CAD), कंप्यूटर एडेड इंजीनियरिंग (CAE) और कंप्यूटर एडेड मैन्युफैक्चरिंग (CAM) जैसे उत्पाद विकास के कई चरणों का समर्थन करते हैं। यह कई इन-बिल्ट फीचर्स प्रदान करता है जो 3D मॉडलिंग प्रक्रिया के कुछ चरणों को स्वचालित करने की व्यवहार्यता सुनिश्चित करता है। CATIA अपने 3D अनुभव प्लेटफॉर्म के आसपास के विषयों में सहयोगी इंजीनियरिंग की सुविधा प्रदान करता है, जिसमें सरफेसिंग और शेप डिजाइन, इलेक्ट्रिकल फ्लूड और इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टम डिजाइन, मैकेनिकल इंजीनियरिंग और सिस्टम इंजीनियरिंग शामिल हैं। भाग के आकार और आकार को नियंत्रित करने के लिए कुछ मापदंडों, सूत्रों, डिजाइन तालिकाओं, इन-बिल्ट सुविधाओं और अन्य ड्राइविंग ग्राफिक्स को परिभाषित करके पैरामीट्रिक मॉडलिंग की जा सकती है। CATIA 3D अनुभव में इसे निम्नलिखित तरीकों से प्राप्त किया जा सकता है।

1. इन-बिल्ट सिस्टम पैरामीटर और बाधाओं द्वारा मॉडल को चलाना।
2. मॉडल को चलाने के लिए उपयोगकर्ता मापदंडों, सूत्रों और संबंधों को परिभाषित करना।
3. मॉडल को चलाने के लिए सारणीबद्ध डेटा का उपयोग करना।

आंतरिक संरचना और बाहरी संरचना के लिए अलग-अलग 3डी मॉडलिंग की गई और कैटिया सॉफ्टवेयर का उपयोग करके आगे की असेंबली की गई। नीचे चित्र-3 में क्रू मॉड्यूल की आंतरिक संरचना, बाहरी संरचना और संयोजन के 3डी मॉडल को दर्शाया गया है।



(आंतरिक संरचना) (बाहरी संरचना) (असेंबली)

(चित्र3)

निष्कर्ष:

अभिकल्पना की अपेक्षाओं से लेकर कुसंक्रिय प्रमोचन यान से कर्मीदल को सफलतापूर्वक प्रमोचित करने तक की प्रणाली का विकास, इंजीनियरिंग समुदाय के लिए सार्थक चुनौतियों का प्रतीक है। इंजीनियरी, निर्माण तथा उड़ान प्रचालन जैसे बहुविधा के निकट सहयोग और प्रयास इसके लिए आवश्यक है। पलायन प्रणाली अपेक्षाओं के विकास के लिए पलायन प्रणाली का अंतरापृष्ठीय प्रणालियों के साथ पारस्परिक प्रभाव पर विशेष ध्यान देते हुए एक समग्र प्रणाली विश्लेषण आवश्यक है। प्रचालन के दौरान प्रणाली के संपूर्ण व्यवहार को वर्णित करने के लिए अभिकलनीय और पवन सुरंग परीक्षण को शामिल करते हुए विस्तृत अध्ययन अपेक्षित है। परिस्थिति,

गतिक व्युत्पन्न अभिलक्षणन, पृथक्करण के बाद प्रतिरूपक और पलायन प्रणाली, दोनों की गतिक पर जेट द्वारा अनुकरण, इनमें से कुछ हैं। कर्मीदल प्रतिरूपक फेयरिंग आदि संकर हार्डवेयरों के प्रापण के लिए नई निर्माण प्रौद्योगिकियों को विकसित किया जा रहा है।

गगनयान इस कार्यक्रम के तहत पहला चालक दल अंतरिक्ष यान होगा। अंतरिक्ष कैप्सूल में जीवन समर्थन और पर्यावरण नियंत्रण प्रणाली होगी। यह आपातकालीन प्रावधानों से लैस होगा ताकि मिशन विफलन और आपातकालीन पलायन रॉकेट जलने के पहले चरण या दूसरे चरण में इसका उपयोग किया जा सके। अंतरिक्ष यान के दो बिना चालक वाली उड़ान प्रदर्शनों के बाद मानव सहित गगनयान को लॉन्च किया जाना है। उड़ान के लगभग 16 मिनट के बाद यान उपग्रह को पृथ्वी से 300-400 किलोमीटर ऊपर कक्षा में स्थापित करेगा एवं जब यह वापस आने को तैयार होगा तो इसके सर्विस मॉड्यूल और सोलर पैनल को अलग कर दिया जायगा। कैप्सूल बंगाल की खाड़ी में एक पैराशूट के माध्यम से वापस आएगा।

लेखक परिचय:



अनिल कुमार गर्ग, इंजीनियर एस.जी., 1987 के दौरान वी.एस.एस.सी. में MCAD/MME में शामिल हुए और IDEAS, CATIA और ऑटोडेस्क मैकेनिकल डेस्कटॉप आदि जैसे उच्च कोटि के सॉफ्टवेयर्स का उपयोग करके लॉन्च वाहन घटकों, उप-समुच्चयों और समुच्चयों के 3 डी. मॉडल बनाने पर काम कर रहे थे। मैं हमारे M-CAD डिवीजन में एक उत्पाद जीवन चक्र प्रबंधन (पी.एल.एम.) सॉफ्टवेयर को लागू करने में सहायक था। मैंने कुछ प्रभागों के लिए फैब्रिकेशन क्षेत्र में भी काम किया है और सी.एन.सी. मशीनों के संचालन में अनुभव हासिल किया है। बाद में मैंने एन.आइ.सी., नई दिल्ली और बी.ए.आर.सी., मुंबई के साथ स्वदेशी 3 डी. मॉडलिंग और 2 डी. ड्राइंग जनरेशन पैकेज CollabCAD को भारत में एस.एम.ई. संस्थानों के लिए विकसित किया। इसके बाद 2012 से मैं जी.एस.एल.वी., पी.एस.एल.वी., जी.एस.एल.वी.एम.3, एच.एस.पी. आदि विभिन्न परियोजनाओं के लिए बाहरी कार्य केंद्रों के माध्यम से लाइट एलॉय स्ट्रक्चर्स फैब्रिकेशन के निर्माण को देख रहा था। अब मैं उप महा प्रबंधक के रूप में M-CAD में काम कर रहा हूँ।

कक्षीय जीवनकाल का अनुमान लगाना और कक्षीय सुनियोजित परिचालन का वेग वृद्धि पर प्रभाव

शिवम सौरव, ज्ञानी अंकति
वैज्ञानिक/अभियंता एस.सी., वैज्ञानिक/अभियंता एस.सी.
एस.आर.क्यू., एच.एस.एफ.सी., बेंगलूरु

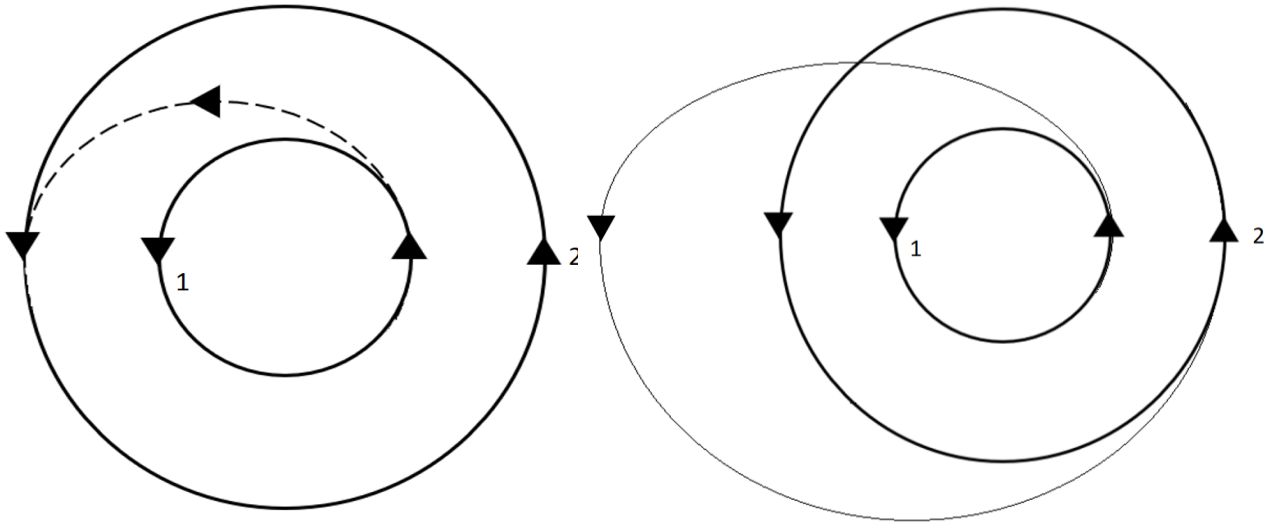
सारांश

अंतरिक्ष में दीर्घकालीन मानव गतिविधि के लिए यह आवश्यक है कि अंतरिक्षयान का कार्यकाल लंबा हो और अंतरग्रहीय अंतरिक्ष यात्रा में प्रक्षेपवक्र युक्तिचालन हो जोकि काफी चुनौतीपूर्ण हैं। आम तौर पर, भू-केंद्रित निम्न भू कक्षा (लियो-LEO) के उपग्रहों के जीवनकाल का अनुमान लगाने के लिए पारंपरिक तरीकों और अंतरग्रहीय (Inter-planetary) युक्तिचालन का प्रदर्शन किया जाता है। लियो उपग्रहों के जीवनकाल के आकलन के लिए सामान्यतः कक्षीय क्षय तकनीक जैसी पारंपरिक विधियों का उपयोग किया जाता है। इन तकनीकों में वायुमंडलीय ड्रैग का कक्षीय निकायों पर क्या प्रभाव है, इसका अध्ययन करने के लिए एक विशेष पैरामीटर की मदद ली जाती है, जिसे बैलिस्टिक गुणांक (coefficient) कहा जाता है। इस लेख में विभिन्न कक्षीय त्रिज्या और विभिन्न बैलिस्टिक गुणांक के अनुरूप कक्षीय जीवनकाल की गणना की गई है। इसके अलावा, कक्षीय जीवनकाल केवल लियो से बंधे उपग्रहों के डिजाइन में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इसलिए, अंतरग्रहीय मिशनों के अनुरूप अंतरिक्षयान के डिजाइन के लिए कक्षीय जीवनकाल, एक डिजाइन महत्वपूर्ण पैरामीटर नहीं है क्योंकि कक्षीय पिंड वायुमंडलीय ड्रैग के प्रभावों के लिए बाध्य नहीं होता है। हालांकि, अंतरग्रहीय अंतरिक्षयान का डिजाइन, प्रक्षेपवक्र डिजाइन द्वारा नियंत्रित किया जाता है। इसलिए, अंतरग्रहीय अंतरिक्षयान डिजाइन को समझने के लिए होहमान अंतरण (transfer) और द्वि-दीर्घवृतीय अंतरण जैसे विभिन्न कक्षीय युक्तिचालन से युक्त प्रक्षेपवक्र डिजाइन का विश्लेषण करने की आवश्यकता है। इस लेख में एक उदाहरण के रूप में होहमान अंतरण और द्वि-दीर्घवृतीय अंतरण का युक्तिचालन एक भू-केंद्रित कक्षा में प्रदर्शित किया गया है।

1. परिचय

पृथ्वी के चारों ओर समानव अंतरिक्षयान के सापेक्ष आकार में छोटे उपग्रह हमेशा वायुमंडल और सौर विकिरण के प्रभाव से ग्रस्त होते हैं इससे कक्षीय आकार और कक्षीय स्थिति (position) प्रभावित होते हैं। अंततः उपग्रहों द्वारा उत्पन्न संचार और नौसंचालन डेटा पर आधारित प्रौद्योगिकी को प्रभावित करता है। परिणामस्वरूप, उपग्रह प्रौद्योगिकी के डिजाइन के लिए कक्षीय जीवनकाल का पूर्वानुमान बहुत महत्वपूर्ण हो गया है और इसने उपग्रह डिजाइनरों को विभिन्न तकनीकों का उपयोग करके उपग्रह के जीवनकाल का अनुमान लगाने हेतु उपकरण विकसित करने के लिए प्रेरित किया। वायुमंडलीय-कक्षीय ढलान (डिसेंट) जैसी तकनीकों का उपयोग पहले किया गया था [1], जो वायुमंडलीय ड्रैग और बैलिस्टिक गुणांक पर आधारित था। मॉडल उपग्रह की कक्षीय दिशा में ड्रैग की उपस्थिति का उप्योग किया गया है जो अंततः उपग्रह वेग में कमी का कारण बना। इसलिए, कक्षीय गति के दौरान खो जाने वाली ऊर्जा का उपयोग कक्षीय त्रिज्या परिवर्तन की अवधि के मूल्यांकन में किया जाता है। प्रारंभिक कक्षा से वॉन कार्मन लाइन[2] तक की त्रिज्या की कमी में शामिल अवधि प्राप्त करने के लिए कक्षीय त्रिज्या में परिवर्तन की दर का उपयोग किया जाता है जो कि संख्यात्मक एकीकरण के द्वारा प्राप्त किया जाता है।

लियो उपग्रहों के डिजाइन के लिए कक्षीय जीवनकाल अनुमान उपकरण का उपयोग किया जाता है। अंतरग्रहीय मिशन की प्राप्ति के लिए वे कोई बड़ा योगदान देने वाले संसाधन नहीं हैं। इसके अलावा, अंतरग्रहीय अंतरिक्षयान मुख्य रूप से प्रक्षेपवक्र पर निर्भर है, जो विभिन्न प्रकार के कक्षीय युक्तिचालनों से प्रभावित होता है। परिणामस्वरूप, अंतरग्रहीय मिशन के प्रक्षेपवक्र के प्रभाव को समझने के लिए होहमान अंतरण और द्वि-दीर्घवृतीय अंतरण जैसे युक्तिचालन का मूल्यांकन किया गया था। होहमान अंतरण एक समतलीय अंतरण है जो अंतरिक्ष यान को प्रारंभिक और अंतिम अण्डाकार कक्षा[3] के बीच ले जाता है। हालांकि, गैर प्रतिच्छेदन, समतलीय और कक्षाओं के बीच समान फोकस जैसी धारणाएं हमेशा अनिवार्य होती हैं [3]। होहमान अंतरण, एक डबल इंपल्स युक्तिचालन है जिसमें कक्षाओं के बीच एकल अंतरण दीर्घवृत्त होता है [3]। द्वि-दीर्घवृतीय अंतरण, होहमान अंतरण का एक संशोधित रुप है, जिसमें प्रारंभिक और अंतिम कक्षा [3] के बीच दो प्रकार के स्थानांतरण दीर्घवृत्त शामिल हैं। होहमान अंतरण और द्वि-दीर्घवृतीय अंतरण के युक्तिचालन के बीच का अंतर चित्र 1 में दिखाया गया है।



चित्र 1 (अ**):** होहमैन अंतरण **चित्र 1 (**ब**):** बाई-इलिप्टिक अंतरण

चित्र 1 : होहमैन और बाई-इलिप्टिक अंतरण का युक्तिचालन

2. ग्रहपथ के जीवनकाल का अनुमान लगाना

लियो कक्षा में अंतःक्षेपित उपग्रह, वायुमंडलीय ड्रैग, परिवर्तनीय गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र, सौर विकिरण दबाव और ज्वारीय प्रभाव जैसी विक्षोभ के संपर्क में होता है। उपग्रह कक्षीय गति पर प्रमुख विक्षोभ वायुमंडलीय खिंचाव और सौर विकिरण दबाव के कारण होता है। वर्तमान अध्ययन में उपग्रह की कक्षीय गति पर वायुमंडलीय खिंचाव के प्रभाव का विश्लेषण किया गया है। विश्लेषण को आगे उपग्रह के जीवनकाल की गणना के लिए बढ़ाया गया है। फॉर्मूलेशन कक्षीय त्रिज्या पर वायुमंडलीय ड्रैग के प्रभाव से शुरू होता है, जिसे समीकरण 1 में दिखाया गया है।

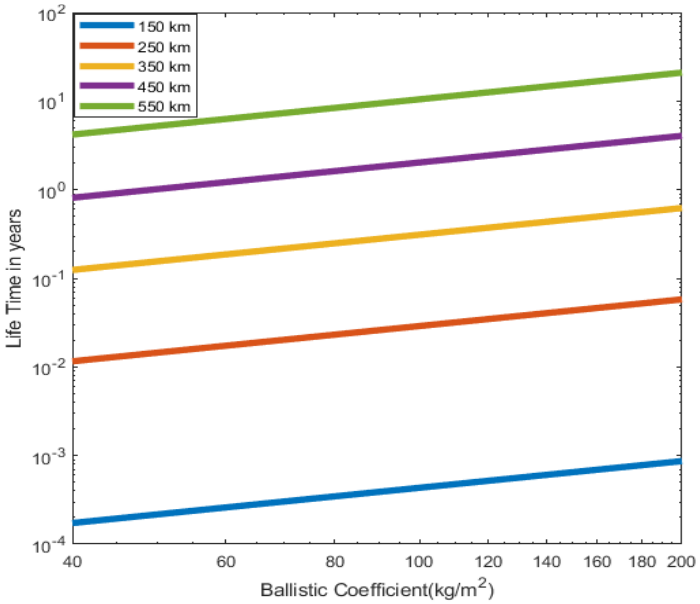
$$\frac{dR}{dt} = -\sqrt{\mu R}\frac{\rho}{B} \qquad (1)$$

जहाँ, R = कक्षा की त्रिज्या, μ = पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक, = वायु का घनत्व, और B = बैलिस्टिक गुणांक। समीकरण 1 में, ρ कक्षा की ऊंचाई का एक फलन है [4] और 'B' कक्षीय गति के संबंध में वस्तु के सापेक्ष अभिविन्यास का कार्य है। वर्तमान अध्ययन के लिए, समीकरण 1 का उपयोग कक्षा की समय अवधि की गणना R_0 से 80 किमी (कार्मन रेखा के आकार [2]) के प्रारंभिक आकार से करने के लिए किया जाता है।

समय अवधि की गणना, जिसे कक्षा का जीवन काल भी कहा जाता है, का मूल्यांकन विभिन्न आकार की कक्षाओं (150 किमी - 550 किमी) के लिए किया जाता है। 70 किग्रा/मी^2 का बैलिस्टिक गुणांक माना जाता है।

जीवनकाल = $\int_{R_0}^{80} -\frac{B}{\rho\sqrt{\mu R}}\, dR$ (2)

चित्र 2 में यह स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है कि वायुमंडलीय खिंचाव का कक्षा के जीवनकाल पर प्रभाव पड़ता है। कक्षा की ऊंचाई और बैलिस्टिक गुणांक के साथ जीवनकाल बढ़ता है। वायुमंडलीय खिंचाव कम होने पर बैलिस्टिक गुणांक बढ़ता है, जो कक्षा के जीवन काल में वृद्धि के साथ देखा जाता है।



चित्र 2 : विभिन्न कक्षाओं के लिए बैलिस्टिक गुणांक के साथ जीवनकाल में बदलाव

3. प्रक्षेप पथ का सुनियोजित रूप से परिचालन करना

अंतरग्रहीय मिशनों में, अंतरिक्षयान विभिन्न प्रकार के कक्षीय युक्तिचालन करता है, जिनमें से होहमान अंतरण और द्वि-दीर्घवृतीय अंतरण ज्यादातर[3] किए जाते हैं। हालांकि, विभिन्न प्रकार के युक्तिचालन के लिए आवश्यक वेग वृद्धि का विवरण अनिवार्य है। इसे दर्शाने हेतु इस अनुसंधान में एक संख्यात्मक उदाहरण का उपयोग किया गया है। इस अनुसंधान में जो संख्यात्मक उदाहरण दर्शाया गया है वह ऊंचाई की प्रारंभिक गोलाकार कक्षा (R_i = 2000 किमी) से अंतिम गोलाकार कक्षा (R_f = 200000 किमी) तक अंतरिक्षयान के अंतरण पर आधारित है। वर्तमान विश्लेषण में जिन कक्षाओं पर विचार किया गया है, वे भू-केंद्रित हैं। कक्षीय युक्तिचालन के दौरान मांग की गई वेग वृद्धि अण्डाकार कक्षा समीकरण (3) पर आधारित है, जिसे समीकरण 3 में दिखाया गया है।

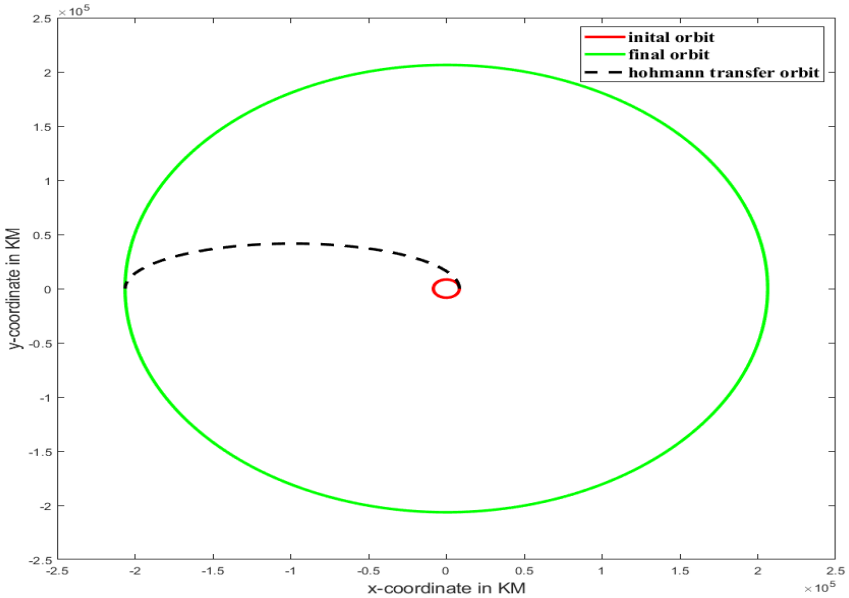
$$\Delta V = \sqrt{\mu\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)} \quad (3)$$

जहां ΔV अर्ध दीर्घ अक्ष के साथ त्रिज्या (r) पर कक्षीय वेग है।

3.1 होहमान अंतरण

होहमान अंतरण प्रारंभिक और अंतिम गोलाकार कक्षा के बीच अर्ध अण्डाकार अंतरण कक्षा से संबंधित है। इसे स्पष्ट रूप से चित्र 3 में दिखाया गया है।

होहमान अंतरण में वेग की आवश्यकता $\Delta V_{\text{होहमान}}$ = 3.6665 किमी/सेकेंड है। चूंकि यह प्रारंभिक

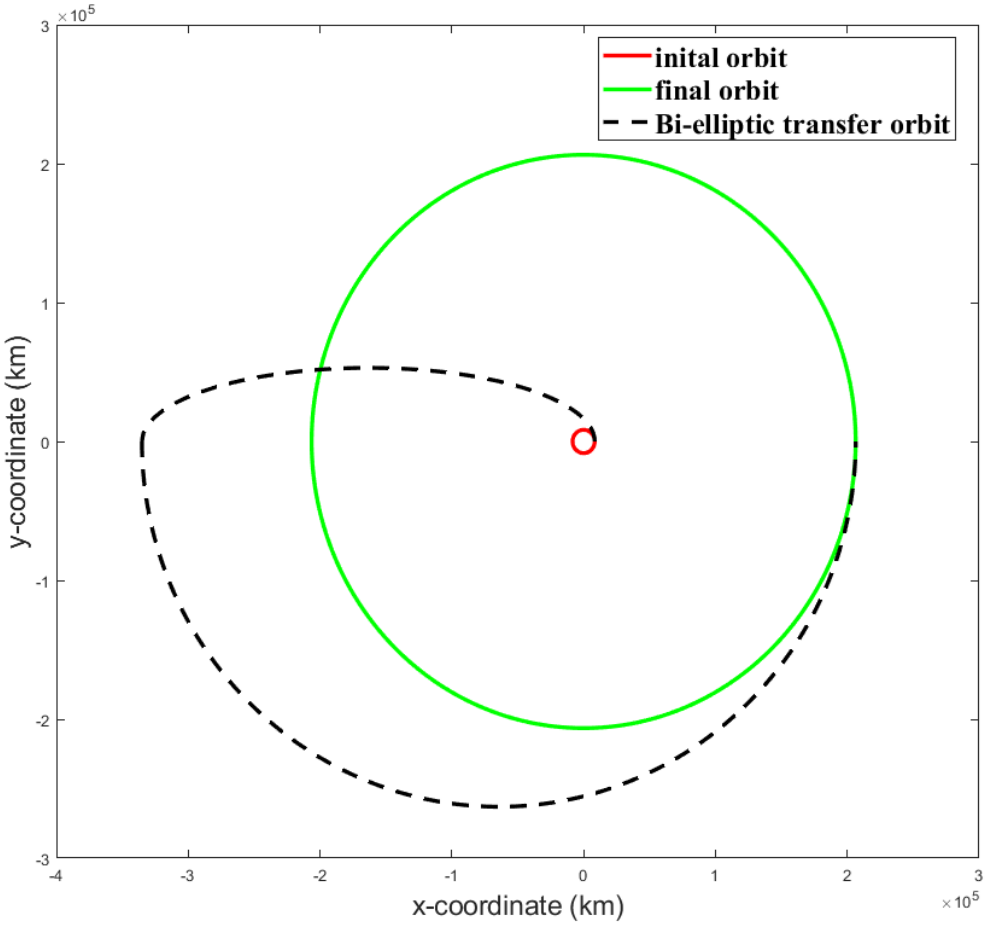


चित्र 3: प्रारंभिक वृत्ताकार कक्षा और अंतिम वृत्ताकार कक्षा के बीच होहमैन **अंतरण**

कक्षा के कक्षीय वेग का लगभग 53% है, इसलिए अल्प वेग वृद्धि के साथ एक युक्तिचालन को डिज़ाइन किया गया है जिसे बाई-इलिप्टिक अंतरण कहा जाता है।

3.2 द्वि-दीर्घवृतीय अंतरण

द्वि-दीर्घवृतीय अंतरण दो अर्ध-अण्डाकार अंतरण कक्षाओं से संबंधित है जिसमें प्रारंभिक वृत्ताकार कक्षा से अंतिम वृत्ताकार कक्षा में युक्तिचालन किया जाता है। चित्र 4 में मध्यवर्ती अण्डाकार कक्षाओं के लिए द्वि-दीर्घवृतीय अंतरण को प्रारंभिक और अंतिम वृत्ताकार कक्षा के किसी भी आकार से बड़े आकार का दर्शाया गया है।



चित्र 4: प्रारंभिक वृत्ताकार और अंतिम वृत्ताकार कक्षा के बीच द्वि-दीर्घवृतीय अंतर

द्वि-दीर्घवृतीय अंतरण में वेग की आवश्यकता $\Delta V_{\text{बायलिप्टिक}}$ = 3.6051 किमी/सेकंड है, जो $\Delta V_{\text{होहमान}}$ से छोटा है। इसलिए, दिए गए उदाहरण की कक्षीय स्थितियों के लिए, द्वि-दीर्घवृतीय अंतरण ऊर्जा कुशल युक्तिचालन है।

4. निष्कर्ष

इस लेख के द्वारा अंतरिक्षयान प्रौद्योगिकी में इस्तेमाल किए जा रहे विभिन्न डिजाइन दर्शन पर एक शोध पूरा किया गया है। उपग्रह के डिजाइन के लिए उसके जीवनकाल का पूर्वानुमान लगाना महत्वपूर्ण होता है, जो वर्तमान अध्ययन में उपग्रह की कक्षीय विशेषताओं और वायुमंडलीय ड्रैग मॉडलिंग की सहायता से किया गया है। उपग्रह के जीवनकाल का पूर्वानुमान लगाने से संबंधित विश्लेषण से यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि वायुमंडलीय ड्रैग और उपग्रह की ऊंचाई मुख्य पैरामीटर हैं। बाद में यह अध्ययन अंतरग्रहीय अंतरिक्षयान के मिशन डिजाइन में उपयोग किया जाने लगा जिसमें, होहमान अंतरण और द्वि-दीर्घवृतीय अंतरण जैसे कक्षीय युक्तिचालन मुख्य रूप से इस्तेमाल किए जाने लगे। इस लेख के माध्यम से यह दिखाया गया है कि द्वि-दीर्घवृतीय अंतरण, होहमान अंतरण के मुकाबले ज्यादा ऊर्जा कुशल है।

5. संदर्भ

[1] Low, Samuel, and Yong Xian Chia. "Assessment of orbit maintenance strategies for small satellites." (2018).

[2] McDowell, Jonathan C. "The edge of space: Revisiting the Karman Line." Acta Astronautica 151 (2018): 668-677.

[3] Curtis, Howard. Orbital mechanics for engineering students. Butterworth-Heinemann, 2013.

[4] "Models of the Earth's Upper Atmosphere", COSPAR International Reference Atmosphere -2012, CIRA-2012

लेखक परिचय:



शिवम् सौरव, समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, इसरो, अंतरिक्ष विभाग, बेंगलूरु में वैज्ञानिक/इंजीनियर 'एस सी' के पद पर कार्यरत हैं। उन्होंने भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी संस्थान से एवियोनिकी (उड्डयानिकी) में बी.टेक की डिग्री प्राप्त की है।



ज्ञानी अंकति, समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, इसरो, अंतरिक्ष विभाग, बेंगलूरु में वैज्ञानिक/इंजीनियर 'एस सी' के पद पर कार्यरत हैं। उन्होंने भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी संस्थान से वांतरिक्ष में बी.टेक की डिग्री प्राप्त की है।

मंगल ग्रह के त्रिपरिणाम मॉडल पर रोवर के संचालन एवं सुनिश्चित पथ पर गति का दृश्यीकरण

हेतल पंड्या और दर्शनकुमार कीर्तिभाई पटेल
वैज्ञानिक/अभियंता एस-ई, समूह प्रधान
ए.वी.टी.डी./ सी.एस.आई.जी./एम.आई.एस.ए./सैक

सारांश

इसरो के वैज्ञानिक मंगल ग्रह के वातावरण एवं भूपृष्ठ को समझने के सतत प्रयत्न कर रहें हैं। उसके लिए आवश्यक उपकरण एवं तौर-तरीकों के प्रकार को समझने के लिए मंगल ग्रह के पर्यावरण के यथार्थवादी प्रभावों का अनुकरण करना महत्वपूर्ण हो गया है। चर्चा किए गए कार्य में मंगल के गेल क्रेटर पर रोवर के युक्तिचालन (मेनुवरिंग) एवं मंगल ग्रह के उस क्षेत्र के विभिन्न रूपों पर रोवर के दस्तावेज में पहले से दिए गए पथ पर भ्रमण शामिल है। यह कार्य में त्रिवीमिय (3D) मॉडल को-ओर्डिनेट-फाईनडर अनुप्रयोग का आदि प्ररूप भी शामिल है ताकि मूल आभासी दुनिया (वर्चुअल वर्ल्ड) के संदर्भ में त्रिविमीय निर्देशांकों (को–ओर्डिनेट) की गणना की जा सके। सटीक स्थान प्राप्त करने के लिए क्रमशः मंगल के अक्षांश, ऊंचाई और रेखांश में मानचित्रण (मैपिंग) किया जा सकता है।

मुख्य शब्द: गेल क्रेटर, रोवर, विजार्ड 5, 3D, मानस-प्रत्यक्षीकरण, टकराव, समन्वय

पृष्ठभूमि:

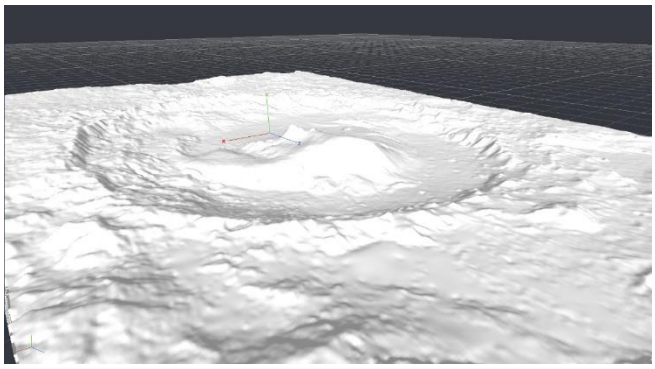
त्रिविमीय मानस-प्रत्यक्षीकरण के अनुप्रयोग पिछले कुछ दशकों से चिकित्सा प्रौद्योगिकी, निर्माण एवं गेमिंग जैसे क्षेत्रों में उपयोगी साबित हुए हैं। हाल ही में त्रिविमीय मानस-प्रत्यक्षीकरण के ऐसे अनुप्रयोग अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में भी विकसित किए गए हैं। इन अनुप्रयोगों से वैज्ञानिक मंगल के विभिन्न भूभागों पर रोवर की गति की कल्पना कर सकता है और उसके उपयोग से नियंत्रित भ्रमण का अनुकरण एवं निरिक्षण कर सकता है। अनुकरण हमें रोवर की विभिन्न गतियों का परीक्षण करने में मदद कर सकता है जो प्रायोगिक तरीके से अधिक महंगा हो सकता है।

आज के युग में वैज्ञानिक प्रयोगों का परिणाम देखने के लिए अनुकरण एवं आभासी वास्तविकता (वर्चुअल रियालिटी) का उपयोग कर रहें हैं जो मानस-प्रत्यक्षीकरण (विजुलाईजेशन) की एक आधुनिक तकनीकी है। आभासी वास्तविकता उपकरणों की उपलब्धता की तुलना में तेजी से अनुभव प्रदान करती है और अनुभव को अधिक यथार्थवादी बनाती है।

आभासी वास्तविकता के बढ़ते दायरे के साथ, त्रिविमीय मॉडल विकसीत करने के लिए सॉफ्टवेयर अनुप्रयोग भी उपलब्ध हो रहे हैं। यहां रोवर की गति के अनुकरण के लिए विजार्ड वी.आर. टूलकिट और स्वतंत्र रूप से उपलब्ध अनुकरण सॉफ्टवेयर तंत्र मेश लेब और ब्लेंडर का उपयोग किया गया है। विजार्ड को द्रुत आदि प्ररूपण के लिए विकसित किया गया है, और यह त्रिविमीय मानस-प्रत्यक्षीकरण के चुनौतीपूर्ण अभिकल्पन के लिए संसाधन प्रदान करता है। विजार्ड त्रिविमीय कंप्यूटर ग्राफिक्स को अनुकरण के लिए विजार्ड अनुप्रयोग प्रक्रम अंतरापृष्ठ के रूप में पायथन लिपि में इस्तमाल के लिए आपको देता है[1]। विजार्ड पायथन का लिपि की भाषा के रूप में उपयोग करता है। पायथन एक शक्तिशाली भाषा है जिसका उपयोग विभिन्न त्रिविमीय मानस-प्रत्यक्षीकरण के अनुप्रयोगों के लिए किया जा सकता है।

योगदान:

यह कार्य मंगल के गेल क्रेटर के मानस-प्रत्यक्षीकरण के लिए अनुकरण पर केंद्रित है, जिसमें निम्नलिखित प्रमुख योगदान हैं:-



चित्र-1 गेल क्रेटर का अक्षों के साथ दृश्य

- मुख्य अनुप्रयोग जहां उपयोगकर्ता रोवर को एक निश्चित बिंदु से दूसरे स्थान पर ले जा सकता है। कुंजी पटल पर आगे (फॉरवर्ड) और पीछे (बेकवर्ड) कुंजी (एरो कुंजी) की मदद से रोवर को आगे या पीछे गति दे सकता है, दांयें और बाएं एरो के प्रयोग से रोवर को 360डिग्री में कोई भी कोण पर घुमा कर दिशा बदल सकता है।
- बिंदुओं को दस्तावेज में लिखना।
- रोवर की स्वचालित गति का अनुकरण।

अनुकरण क्रियाविधि:

अनुकरण ओपन सीन ग्राफ दस्तावेज के रूप में आयातित त्रिवीमिय मॉडलों पर आधारित है।

यहां एक बुनियादी आभासी दुनिया बनाकर उसमें सुविधाओं को जोड़कर शुरुआत की गयी है। विजार्ड अन्योन्यक्रिया आभासी दुनिया बनाने के लिए पायथन का उपयोग करता है। पायथन एक व्याख्या की गयी लिपि भाषा है, जिसकी खास बात यह है की आप अपनी आभासी दुनिया में बदलाव कर सकते हैं और तुरंत प्रभाव देख सकते हैं क्योंकि सॉफ़्टवेयर को कभी भी पुनः संकलित करने की आवश्यकता नहीं होती है। वहीं जहां पायथन सबसे लोकप्रिय लिपि भाषाओं में से एक है। उसमें अतिरिक्त कार्यक्षमता जोड़ने के लिए कई तृतीय पक्ष पुस्तकालय भी उपलब्ध हैं। विजार्ड उद्योग मानक त्रिविमीय मॉडल प्रारूप के साथ-साथ अधिकांश मानक चित्र प्रारूपण को आयात करता है, जिससे आप मौजूदा सामग्री का लाभ उठा सकते हैं या आसानी से नया आयात कर सकते हैं।

जब हम मुख्य दृश्य के टकराव को 'ऑन' पर सेट करते हैं तो विजार्ड स्वचालित रूप से प्राचल सेट करता है और भौतिकी को सक्षम बनाता है। मूल गुरुत्वाकर्षण डिफॉल्ट पर सेट है और हम इसे भी समायोजित कर सकते हैं। यहां एंटी-ऐलियासिंग के लिए कई नमूने (मल्टी-सेम्पल) सेट करते हैं। इसका मतलब है की सभी दांतेदार किनारों को एक रूप कर दिया जाएगा ताकि बड़ा (ज़ूम इन) करने पर भी मॉडल विकृत न हो। देखने का क्षेत्र एक निश्चित मान पर सेट होता है जो प्रदर्शित होने वाली देखने योग्य दुनिया की सीमा निर्धारित करता है। दृश्य को टॉगल करने के लिए संदर्भ अक्ष को आभासी दुनिया में जोड़ा जा सकता है।

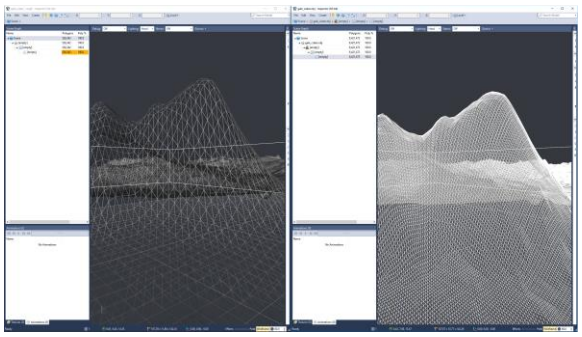
a) जाल को सघन बनाना और टक्कर का पता लगाना

रोवर कायनेमेटिक की सटीकता और चिकनाप में सुधार करने के लिए चरण के नाप को कम किया गया है, जो कि भौतिकी से संबंधित प्रत्येक गणना के बीच का समय है। की गयी प्रत्येक गणना के लिए सटीकता को भी बढ़ाया गया है। उपरोक्त विधिओं को शामिल करने से समय और स्थान की जटिलता के संदर्भ में कंप्यूटर की केंद्रीय प्रसंस्करण इकाई के उपयोग में वृद्धि होती है।

चरण के नाप को कम करने का मतलब है जाल के फुटप्रिंट आकार को कम करना, जो हर एक दृश्य में माहिती बढ़ाता है। उसी तरीके से चरण के नाप को कम करने से प्रत्येक सेकंड में भौतिकी गणना की पुनरावृत्ति में वृद्धि होती है।

सटीकता बढ़ाने से भौतिक गणना में भी सटीकता बढ़ती है और त्रुटि कम होती है। सीधे तौर पर अगर वस्तु की गति एकसमान नहीं है तो सटीकता बढ़ाने से उसकी गति एकसमान होगी। रोवर की एकसमान गति के मानस-प्रत्यक्षीकरण के लिए जाल को सघन बनाना पड़ता है।

b) सघन जाल प्राप्त करना



चित्र-2 मूल जाल सघन जाल

उपरोक्त चर्चा के आधार पर जाल को सघन बनाने के लिए नए बिंदुओं को जाल में प्रक्षेपित करके जाल को सघन बनाया गया है। इस काम के लिए स्वतंत्र रूप से उपलब्ध अनुकरण सॉफ्टवेयर तंत्र मेश लेब का उपयोग किया गया है। पहले 5, 26, 342 के बदले में नए उतने ही बिंदुओं को प्रक्षेपित करके कुल बिंदु संख्या 10, 52, 685 पर लायी गयी है। मूल जाल और सघन जाल को चित्र-2 में दर्शाया गया है।

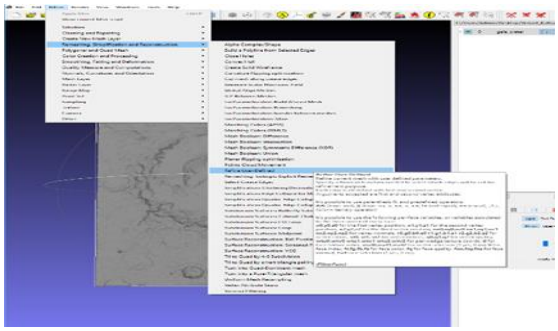
क्रियाविधि:

यहां गेल क्रेटर के त्रिविमीय मॉडल को मेष-लेब में आयात करना है।मेष-लेब एक त्रिवीमिय जाल संसाधन सॉफ्टवेयर तंत्र है जो जालों के प्रबंधन और प्रसंस्करण के लिए उपयोग में लिया जाता है। यह ओपन सोर्स सॉफ्टवेयर है। मेष लेब में मॉडल आयात करने के बाद गेल क्रेटर को अक्ष के साथ देखा जा सकता है। इसके उपयोग से हम अक्ष के संदर्भ में मॉडल को घुमा सकते हैं।

शीर्ष पर मेनू बार में क्रमशः बॉन्डिंग बोक्स, पॉइंट्स और वायरफ्रेम के तीन विकल्प देख सकते हैं। उस पर क्लिक करके वायरफ्रेम को सक्रिय करें, बटन के नीले होने पर वायरफ्रेम दिखाई देगा, कोने और फ्रेम देखने के लिए बड़ा करें।

जाल में बिंदुओं को सघन बनाने के मुख्य चरण चित्र-3 में दिखाए गए हैं। जैसा कि नीचे दर्शाया गया है जाल में बिंदुओं का अंतर्वेशन करने के लिए

फिल्टर------→ रि-मेशिंग, सिम्प्लीफिकेशन एंड रि-कंस्ट्रक्शन----------→रिफाइन यूसर डिफाइंड



चित्र-3 जाल में बिंदुओं को सघन बनाने के मुख्य चरण

उपयोगकर्ता परिभाषित प्राचल के साथ मेश लेब के उपयोग से वर्तमान जाल को बदला जा सकता है। यहां शीर्ष चुनने के लिए एक बुलियन फंक्शन को परिभाषित कर सकते हैं। यहां हमने बुलियन फंक्शन को q0 >= 0 && q1 >= 0 माना है जहां q0 और q1 शीर्ष गुणवत्ता है। बिंदुओं को पहले शीर्ष के लिए x0, y0, z0 और दूसरे शीर्ष के लिए x1, y1, z1 के रूप में परिभाषित किया गया है।

प्रक्षेपित किए गए नए बिंदुओं की गणना नीचे दिए गए सूत्र का उपयोग करके की जाती है।

सूत्र:

$$x_n = \left(\frac{x_0 + x_1}{2}\right)$$

$$y_n = \left(\frac{y_0 + y_1}{2}\right)$$

$$z_n = \left(\frac{z_0 + z_1}{2}\right)$$

नए बिंदुओं को मध्य बिंदु में पेश किया जाता हैं ताकि सघन जाल टक्कर की समस्या न होने दें और रोवर क्रेटर की सतह के अंदर न चला जाएं।

यहां रैखिक अंतर्वेशन तर्क प्रयुक्त किया जाता है और बिंदुओं का रैखिक पथ में अंतर्वेशन किया जाता है। यह गुरुत्वाकर्षण प्रभाव का अनुकरण करने में भी मदद करता है जिस से रोवर को पहाड़ी पर चढ़ाना और कुछ मामलों में अतिरिक्त ऊंचाई पर उछाल का सचोट अनुकरण शक्य होता है। इस तरह के और बिंदुओं को प्रक्षेपित करके जाल को और भी घना बनाया जा सकता है। हमने जाल को और भी बड़े पैमाने पर सघन बनाने की कोशिश की, लेकिन इसमें अधिक अभिकलन शक्ति लगती है जो वर्तमान उपलब्ध कंप्यूटर सिस्टम विनिर्देश कुशलता से समर्थन नहीं कर सकता।

इसके आलावा, कुछ पिक्सल युक्त कोने हैं जो नए बिंदुओं की शुरुआत के कारण देखे जा सकते हैं उसके कारण दृश्य इतना असली के करीब नहीं लगता।

टकराव का पता लगाके रोवर को घुमाने के लिए ओपल भौतिक आमूर्त परत का उपयोग किया जाता है। उसका विवरण नीचे दिया गया है।

c) ओपीएएल पुस्तकालय

ओपल भौतिक आमुर्त परत c++ में है जो ओपन सोर्स भौतिकी इंजन अनुप्रयोग प्रक्रिया अंतरापृष्ठ की तरह उपयोग में लिया जाता है। यह ज्यादातर खेलों, यंत्रमानववत अनुकरण और कोई भी त्रिविमीय मानस-प्रत्यक्षीकरण सॉफ़्टवेयर अनुप्रयोग में निम्न स्तर के भौतिकी इंजन के लिए उच्च-स्तरीय अंतरापृष्ठ के रूप में वास्तविकता के करीब अनुकरण के लिए उपयोग किया जाता है। वर्तमान में ओपल केवल ओ.डी.आई. द्वारा समर्थित है। ओ.डी.आई. के मुख्य दो घटक है, एक कठोर शरीर की गतिशीलता और टक्कर का पता लगाने वाला इंजन।

सॉफ्टवेयर अनुप्रयोगको वास्तविक के नजदीक मानस-प्रत्यक्षीकरण-सक्षम बनाने के लिए भौतिकी को लागू करना होगा। यहां वस्तु को ठोस माना जाता है और इसमें आयतन होता है इसीलिए ए घूर्णन, रूपांतरण और गति जैसे सभी कार्यों को कर सकती है। कठोर शरीर की गति को न्यूटोनियन यांत्रिकी का प्रयोग करके प्रतिरूपित किया जा सकता है।

गति के तीन नियम हैं:-

- जड़त्व
- बल
- क्रिया और प्रतिक्रिया

प्रत्येक बल वस्तु के द्रव्यमान के केंद्र पर लगाया जाता है और बल की गणना रोवर के वजन के आधार पर की जाती है। रोवर का वजन लगभग 337 किलोग्राम है और गुरुत्वाकर्षण त्वरण लगभग 3.721 m/s^2 है। रोवर पर 3.721 N/m^2 बल केवल Y दिशा में लगाया गया है और सतह पर स्थिर है। बल का सदिश वस्तु के द्रव्यमान के

केंद्र पर लगाया जाता है। वस्तुतः रोवर के लिए Y दिशा में लगाया जाने वाला बल -mg होगा, जहां m रोवर का द्रव्यमान है और g मंगल का गुरुत्व है। परिभ्रमण Y अक्ष के परिवर्तन के सम्बन्ध में X अक्ष के व्युत्पन्न द्वारा गणना किए गए कोण के tan व्युत्क्रम के मूल्य पर आधारित है। चक्रण कोण के मान पर निर्भर करता है।

$$\theta = tan^{-1}\left(\frac{dx}{dz}\right)$$

यदि चक्रण की दिशा अक्ष की दिशा पर निर्भर करती है और कोण एवं समय की गणना कोण में परिवर्तन के आधार पर की जाती है तो कह सकते हैं कि चक्रण कोण के नाप पर निर्भर करता है। रोवर को सतत जमीन पर रखने और उसे वापस उछलने से रोकने के लिए लगातार बल और टॉर्क लगाया जाता है। इसके अलावा अन्य बलों को अधिक वास्तविक-काल प्रभाव जोड़ने के लिए रोवर पर किसी भी दिशा में लागू किया जा सकता है।

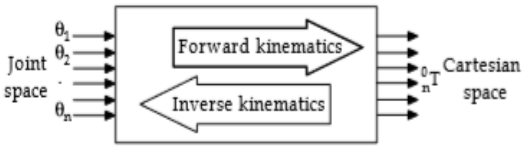
सीमा का पता लगाना:

सीमा निर्देशांक का पता लगाकर सीमा का पता लगाया जा सकता है।यदि रोवर सीमा निर्देशांक तक पहुंच जाता है तो वह स्वचालित अपनी प्रारंभिक स्थिति में हो जाता है। गेल क्रेटर के परिबंध को आखिरी सीमा माना जाता है। जब भी रोवर की स्थिति के X और Z दिशा के निर्देशांक न्यूनतम से कम और महत्तम से आधिक हैं तो उसे सीमा रेखा माना जाता है और रोवर को प्राम्भिक स्थिति में लाया जाता है।

ब्लेंडर के उपयोग से अनुकरण:

ब्लेंडर एक ओपन सोर्स सॉफ्टवेयर है और उसे 2D/3D वस्तु के मॉडलिंग, नकाशी, प्रतिपादन, हलन चलन के अनुकरण आदि के लिए इस्तेमाल किया जाता है। वह इस कार्य के लिए सक्षम साधन माना जाता है। ब्लेंडर की मदद से हम वस्तु की निश्चित दिशा में गति का मानस-प्रत्यक्षीकरण कर सकते हैं। ब्लेंडर को कंप्यूटर में इनस्टॉल करने के लिए उपयोग किए जाने वाले मशीन की न्यूनतम जरूरी क्षमता नीचे दी गयी है:-

- विंडोस 8 या उससे ज्यादा ऑपरेटिंग सिस्टम
- 64 बिट क्वाड कोर सी.पी.यू.
- 8 जी.बी. रेंडम एक्सेस मेमोरी
- फुल एच. डी. डिस्प्ले
- माउस, ट्रेक पेड
- ग्राफिक्स कार्ड 2 जी.बी. रेंडम एक्सेस मेमोरी
- ओपन ग्राफिक्स लायब्रेरी 4.3



चित्र-4 फॉरवर्ड एवं इनवर्स कायनेमेटीक

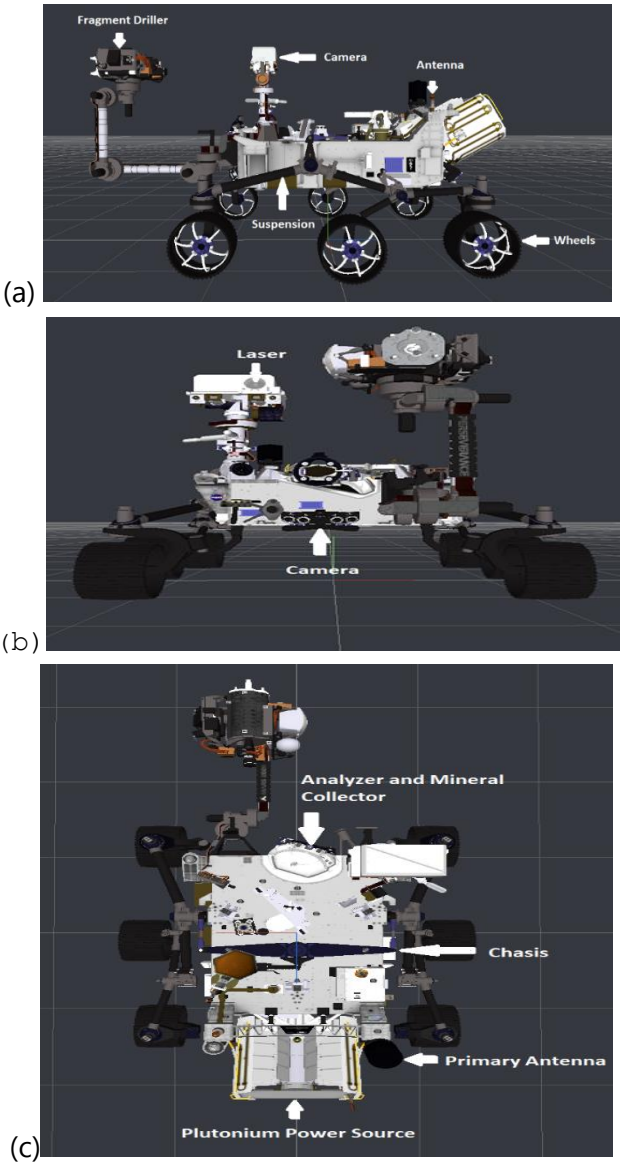
ब्लेंडर में अनुकरण जोड़ने के लिए सभी अनुकरण अग्र शुद्ध गतिक एवं प्रतिलोम शुद्ध गतिक पर आधारित होती है जो कि आयोजन एवं अनुकरण को कार्यान्वित करने के लिए जरूरी प्रक्रिया है। अग्र शुद्ध गतिक अनुकरण के आयोजन में काम आता है जबकि प्रतिलोम शुद्ध गतिक से अनुकरण को आयोजन अनुसार गतिबद्ध करने के लिए प्रयोग किया जाता है।

रोवर का मॉडल त्रिविमीय प्रदेश में 6 दिशा में स्वतंत्र गति कर सकता है।

नेविगेशन काइनेमेटिक्स रोवर की स्थिति/ हेडिंग रेट को और अनजान मानक को जानकारी वाले मानक जैसे की पिच और रोल रेट के साथ जोड़ता है जो एक्सिलरोमिटर, जोइंट एंगल एवं रोलिंग एंगल से नापा जाता है।

रोवर के पुर्जों की सचित्र जानकारी:

मानस-प्रत्यक्षीकरण के लिए इस्तेमाल किए गए रोवर का मॉडल नासा द्वारा बनाया गया क्यूरियोसिटी रोवर है। नासा की साइट (nasa3d.arc.nasa.gov/detail/curiosity-clean) पर इसकी .stl फाइल उपलब्ध है। यह फाइल विजार्ड इंस्पेक्टर द्वारा .osgb फोर्मेट में बदली जा सकती है। रोवर के नामांकित चित्र (a, b, c) में दिए गए हैं।

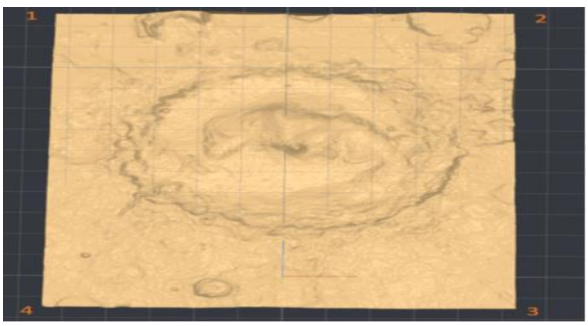


चित्र-5 रोवर के पुर्जों की सचित्र जानकारी

निर्देशांक मानचित्रण:

मंगल ग्रह की सतह, उस पर स्थानीय भौगोलिक जानकारी के लिए यूनाइटेड स्टेट्स जिओलॉजिकल सर्वे द्वारा तिस मानचित्र कार्टोग्राफिक चतुर्भुजों में विभाजित की गयी है। हर एक चतुर्भुज निश्चित सीमा में अक्षांश और रेखांश को शामिल करता है। वस्तुतः गेल क्रेटर एइओलिस चतुर्भुज के उत्तर-पश्चिमी क्षेत्र (0 TO 30°S and 135-180°E) में स्थित है और क्रेटर का मध्य बिंदु 5.4°S 137.8°E है। उसका व्यास 154 किलोमीटर है। यह क्रेटर वैज्ञानिक दृष्टिकोण से अभ्यास के लिए महेत्वपूर्ण स्थान है क्यूँ की इस क्रेटर पर और उसके नजदीकी क्षेत्र में ऐतिहासिक रूप से पानी की मौजूदगी के सबूत देखे गए हैं।

लिया गया त्रिविमीय मॉडल गेल क्रेटर का HRSC कैमेरा द्वारा लिया गया 3x ऊंचाई के एक्सागरेशन वाला स्थलाकृतिक मॉडल है। इस मॉडल का स्केल 1.9 1000000:1 अर्थात् 1 cm = 19 Km है। मॉडल https://nasa3d.arc.nasa.gov/detail/gales-crater लिंक से लिया गया है। गेल क्रेटर के वास्तविक अक्षांश और रेखांश साइट पर से लिए गए हैं: https://marsoweb.nas.nasa.gov/landingsites/msl/topsites/gale_crater/



चित्र-6 गेल क्रेटर का चार कोनों में तय किए गए बिंदुओं का चित्र

मंगल ग्रह के आभासी मॉडल का वास्तविक अक्षांश–रेखांश के साथ मानचित्रण:

मंगल ग्रह के गेल क्रेटर के अक्षांश-रेखांश की माहिती नीचे दिए गए लिंक से प्राप्त की गयी है।

https://marsoweb.nas.nasa.gov/landingsites/msl/topsites/gale_crater/

क्रेटर के त्रिविमीय मॉडल के चार कोनों के अंदाजित अक्षांश-रेखांश लिए गए हैं और त्रिविमीय मॉडल के हर बिंदु के लिए उसके नाप का अंतर्वेशन किया गया है। चार कोनों पर के अक्षांश-रेखांश नीचे दिए गए हैं।

तालिका 1 गेल क्रेटर के चार कोनों के औसत अक्षांश-रेखांश

बिंदु	Longitude	Latitude
1st corner	136.07208°	-3.21641°
2ndcorner	139.40094°	-3.22737°
3rd corner	139.53827°	-7.82984°
4th corner	135.95123°	-7.80807°

तालिका – 1 में दिए गए चार कोनों के X – Z निर्देशांक नीचे दिए गए हैं।

तालिका 2 त्रिविमीय गेल क्रेटर के चार कोनों के X और Z निर्देशांक

बिंदु	X	Z
1st corner	-49.5795	-54.7643
2nd corner	57.4904	-54.7643
3rd corner	57.4904	87.4783
4th corner	-49.5795	87.4783

ऊपर दिए गए बिंदुओं का उपयोग करके हम एक परिवर्तन आव्यूह बना सकते हैं जो X-Z समतल में आभासी दुनिया के निर्देशक के साथ वास्तविक दुनिया के अक्षांश और रेखांश का सीधा मानचित्रण कर सकते हैं। इसी के लिए समीकरण बनाते हुए,

A*T + C = B

जहां A एक आव्यूह है जिसमें आभासी प्लेन X-Z निर्देशक हैं, B मंगल के अक्षांश-रेखांश निर्देशक का आव्यूह है और T परिवर्तन आव्यूह है जिसमें नियतांक गुणांक है जो परिवर्तन आव्यूह को व्याख्यायित करता है। T विकर्ण आव्यूह है क्योंकि मूल्य सिर्फ एक गुणांक पर निर्भर हैं तो बाकी का हिस्सा कोई मायने नहीं रखता। यहां परिवर्तन आव्यूह T और नियतांक गुणांक आव्यूह की गणना करने के लिए रैखिक परिवर्तन का उपयोग किया जाता है। इसके आधार पर हमने एफाइन परिवर्तन के समान एक फलन विकसित किया। एफाइन परिवर्तन का उपयोग एक निर्देशांक व्यवस्था से दूसरी निर्देशांक व्यवस्था का मानचित्रण करके अक्षांश–रेखांश आव्यूह प्राप्त करने के लिए किया जाता है।

[x y]* $\begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & b \end{bmatrix}$ + [c1 c2] = [LT LG]

$ax + c_1 = L_T$..... (1)

$by + c_2 = L_G$..... (2)

तालिका 1 और 2 के मान समीकरण 1 में रखते हुए

$-49.5795a + c_1 = 136.07208$,

$57.4904a + c_1 = 139.45095$

ऊपर के दो समीकरणों का हल निकालने से हमें मिलता है:

$a = 0.03156$

$c_1 = 137.6366$

उसी तरह समीकरण 2 में मान को रखते हुए हमें मिलता है:

$87.4783b + c_2 = -3.22737$,

$-54.7643b + c_2 = -7.81807$

ऊपर के समीकरणों को सुलझाते हुए हमें मिलता है:

$b = 0.03227$

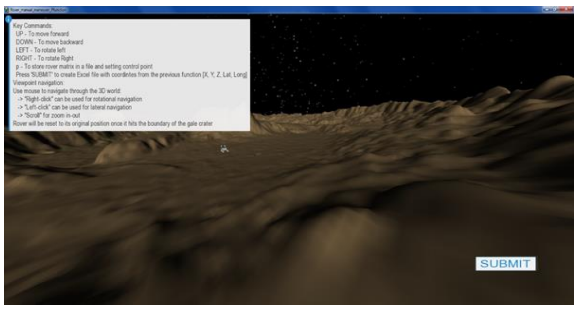
c_2 = -6.0506

ऊपर के समीकरणों से परिवर्तन आव्यूह (मैट्रिक्स) के गुणांक मिलते है:

$$\begin{bmatrix} 0.03156 & 0 \\ 0 & 0.0323 \end{bmatrix}$$

और नियतांक आव्यूह मिलता है

[137.6366, -6.0506].



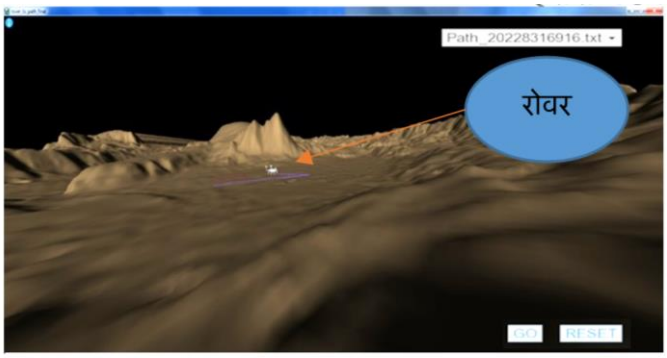
चित्र-7 मंगल ग्रह पर रोवर के भ्रमण दृश्यीकृत कराने वाले अनुप्रयोग का चित्र

नियतांक आव्यूह और कुछ नहीं, परन्तु विजार्ड में मॉडल के X-Z निर्देशक के अक्षांश-रेखांश हैं।

बिंदुओं को दस्तावेज में लिखना:

इसमें मूल पथ फलन इस्तेमाल किया गया है। जब भी 'P' बटन दबाया जाता है तब रोवर के बिलकुल नीचे सतह पर छोटा रोवर का प्रतिबिंब बन जाता है जिसकी मदद से रोवर की उस बिंदु पर की दिशा और स्थिति दृश्यीकृत की जा सके। जितनी बार 'P' बटन दबाया जाता है उतने X-Y-Z-अक्षांश-रेखांश निर्देशक Path_सिस्टम टाइम स्टेम्प eg. Path_2022728112011 नामक दस्तावेज में उसी फोल्डर में जहां .exe, .py फाइल सुरक्षित की गयी है वहां कोओर्डिनेट नामक फोल्डर में सबमिट बटन से सुरक्षित हो जाते हैं। इस दस्तावेज को दूसरे सॉफ्टवेयर अनुप्रयोग में रोवर के पूर्व आयोजित पथ के रूप में इस्तेमाल किया जायेगा। सबमिट बटन के बाद के बिंदु दूसरे नए दस्तावेज में सुरक्षित किए जाते हैं मतलब की वह रोवर का दूसरा पथ आयोजन होता है।

रोवर का स्वचालित प्रचालन:



चित्र-8 मंगल ग्रह पर रोवर का स्वचालित पथ अलग रंगों में ऊपर की चित्र में लाल रेखा एक दस्तावेज से और जामुनी रेखा दूसरे दस्तावेज से रोवर के पथ को दर्शाती है।

बिंदुओं को दस्तावेज में लिखने वाले अनुप्रयोग में सबमिट बटन से सुरक्षित किया गया दस्तावेज इस अनुप्रयोग में इनपुट है। इस अनुप्रयोग में एक ड्रॉप डाउन मेनू दिया गया है जिस से रोवर के सुनिश्चित पथ वाले दस्तावेज का चयन किया जा सकता है। 'GO' बटन से रोवर का फाइल में दिए गए बिंदुओं के पथ पर स्वचालित भ्रमण दृश्यीकृत किया जा सकता है। इस अनुप्रयोग में हर एक फाइल के बिंदुओं पर के भ्रमण को जोड़ती हुई रंगीन रेखा भी दिखाई जाती है, जिससे अलग अलग दस्तावेज के पथ दृश्यीकृत होते हैं। रोवर को मूल स्थिति में लाकर भी नए पथ दस्तावेज का चयन किया जा सकता है और इस तरीके से हर एक दस्तावेज के लिए रोवर का अवतरण बिंदु से भ्रमण दृश्यीकृत किया जा सकता है।

समापन:

इस कार्य में रोवर की मंगल ग्रह की सतह पर गति का अनुकरण किया गया है और वह गति के दरम्यान कुछ बिंदुओं को दस्तावेज में लिखने की सुविधा दी गयी है। एक अनुप्रयोग से रोवर को 360 डिग्री में कोई भी कोण

पर घुमा कर आगे या पीछे चलाया जा सकता है और सुनिश्चित बिंदुओं को एक दस्तावेज में लिखा जाता है। दूसरे अनुप्रयोग में पहले अनुप्रयोग से बनाए गए दस्तावेज के उपयोग से रोवर की स्वचालित गति को दृश्यीकृत किया जा सकता है। भविष्य में रोवर के ऊपर अनुप्राणन का उपयोग करके अनुप्रयोग को मानस-प्रत्यक्षीकरण के लिए अधिक सक्षम बनाया जा सकता है।

संदर्भ:

[1] Vizard Documentation

[2] Python documentation

[3] Extension of Cal3D available on Blender:

[4] https://blenderartists.org/t/cal3d-exporter-for-blender-2-8/1374534

[5] **अंतरिक्ष विज्ञान शब्दावली, अंतरिक्ष विभाग**

[6] Worldviz help: https://worldviz.com

अभीस्वीकृति:

मंगल ग्रह के त्रिविमीय मॉडल पर रोवर के युक्तिचालन एवं सुनिश्चित पथ पर गति के मानस-प्रत्यक्षीकरण के अनुप्रयोग विकसित करने के कार्य में प्रोत्साहित करने के लिए लेखक निदेशक सैक का तहे दिल से शुक्रिया अदा करते हैं। अहमदाबाद विश्वविद्यालय के दो छात्रों के साथ सेक-बोपल स्थित वैज्ञानिक अनुसंधान एवं प्रशिक्षण प्रभाग के प्रयोगशाला में यह कार्य किया गया है, उनका लेखक तहे दिल से शुक्रिया करते हैं।

लेखक परिचय:



हेतल पंड्या अहमदाबाद में इसरो के अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में वैज्ञानिक के तौर पर कार्यरत हैं। उन्होंने सैक सन् 1987 में कार्यग्रहण किया था। वे उन्नत दृश्यीकरण प्रौद्योगिकी प्रभाग (एवीटीडी), सायबर सेवा एवं सूचना सुरक्षा समूह, (सीएसआईजी), प्रबंधन एवं सूचना प्रणाली क्षेत्र, (मीसा) में कार्यरत हैं। मुख्यतः उन्नत दृश्यीकरण के लिए कंटेंट एवं एप्लिकेशन बनाने में उनका योगदान है। आप में से कई लोगों ने सैक में प्लासिव लेब देखी होगी। यहां मुलाकातियों के दृश्यीकरण के लिए कैसे उपग्रह डाटा का उपयोग किया जाता है वह दर्शाया जाता है। यहां की खासियत यह है कि दृश्यीकरण के सभी एप्लिकेशन सैक में ही बनाए गए हैं। रोवर को दूसरे ग्रह की सतह पर उतारना और उस पर चलाना एक चुनौतीपूर्ण कार्य है। इसके लिए पहले से रोवर का पथ तय करने के लिए उन्होंने एक एप्लिकेशन बनाया है जो वैज्ञानिक तरीके से उसका त्रिविमीय दृश्यीकरण करने में मदद करता है। यहां प्रथम प्रयोग के लिए मंगल ग्रह का 3D मॉडल लिया गया है।

बल सीमित कंपन परीक्षण (ब.स.क.) का वर्तमान और भविष्य परिदृश्य

शशांक तिवारी,
प्रशांत ए. आर., डॉ. बी. आर. नागेंद्र, रामकृष्णन एस., कुरुवा श्री रामुलु, सुधा पाण्डेय, काकी रामप्रसाद
पर्यावरण परीक्षण सुविधा, यू. आर. राव उपग्रह केंद्र, बेंगलुरु-५६००१७
stiwari@ursc.gov.in

सारांश

बल सीमित कंपन परीक्षण (ब.स.क.) विधि को कंपन परीक्षण के दौरान महत्वपूर्ण सबसिस्टम्स को अति-कंपन परीक्षण से बचाने के लिए विकसित किया गया है। इस अति-कंपन परीक्षण का मुख्य कारण उड़ान और परीक्षण विन्यास में प्रतिबाधा बेमेल की वजह से है। यहाँ नमूने के आधार पर कुल बल का मापन और नियंत्रण करके परीक्षण किया जाता है। यह आधार बल को नमूने की डिज़ाइन सीमा तक सीमित करके, सी.जी. प्रतिक्रिया को सीधे सीमित करने में मदद करता है। प्रस्तुत लेख में बल सीमित कंपन परीक्षण की अवधारणा प्रस्तुत की गई है। ब.स.क. परीक्षण पारंपरिक त्वरण नियंत्रित कंपन परीक्षण की तुलना में एक बल नियंत्रित परीक्षण है। हम हाइब्रिड दृष्टिकोण के साथ भी, महत्वपूर्ण स्थानों पर दूसरी बाधित सीमा लगा कर ब.स.क. प्रदर्शन का निरीक्षण कर सकते है।

संकेत शब्द : बल सीमित कंपन, अंतरिक्ष यान कंपन परीक्षण, कंपन परीक्षण, डेटा अधिग्रहण प्रणाली, संकेत अनुकूलन

प्रस्तावना

उपग्रह का उच्च मूल्य होने के कारण, कंपन योग्यता परीक्षण दुनियाभर में अधिक निगरानी तथा सावधानीपूर्वक किये जाते हैं। चूँकि ये परीक्षण वास्तविक उड़ान हार्डवेयर पर किए जाते हैं, अतः अति-परीक्षण से बचना महत्वपूर्ण है क्योंकि इसके अनावश्यक परिणाम हो सकते हैं, जो परीक्षण नमूने का विनाश या उसे अवांछित परिश्रम से गुजार सकता है। दुर्भाग्यवश, ऐसे उदाहरणों से उद्योग जगत भरा हुआ है, जहां ऐसे परीक्षणों के दौरान उपग्रह और अंतरिक्ष यान क्षतिग्रस्त हो चुके हैं।[५]

इन अनूठी या महंगी परीक्षण वस्तुओं की सुरक्षा के लिए, किसी विशेष बंद में या पूर्ण बंद में सीमा लगाने का प्रयोग किया जाता है, ताकि उपग्रह या अंतरिक्ष यान संरचना पर अति-परीक्षण और अत्याधिक लोडिंग को रोका जा सके। ये काम परीक्षण नमूने के प्रमुख स्थानों पर प्रतिक्रिया स्तरों को सीमित करके या शेकर प्रणाली पर आपत्तिजनक आवृत्तियों पर चालन सिग्नल को कम करके किया जाता है। हालांकि, हर संभव परिस्थिति को ध्यान में रखते हुए (जैसे अंतरिक्ष में प्रक्षेपण एवं उपयोग के दौरान) सीमा बंधित परीक्षण से अंतरिक्ष यान की उपयुक्त-से-कम-स्तर के परीक्षण का जोखिम भी रहता है। विशेष रूप से जब सीमा उपकरणों या सबसिस्टम्स की सुरक्षा के उद्देश्य से स्थानीय त्वरण को सीमित करने के लिए लगाया गया हो।

अंतरिक्षयान और अंतरिक्षयान उप प्रणालियों पर पारंपरिक कंपन परीक्षण में वास्तविक उड़ान के दौरान की तुलना में अलग परीक्षण-इंटरफ़ेस-कठोरता होती है। यह दोनों ही विन्यासों के बीच विभिन्न यांत्रिक प्रतिबाधा का कारण बनता है। इसके परिणामस्वरूप वास्तविक उड़ान के दौरान शेकर प्रणाली पर कंपन परीक्षण के दौरान उच्च प्रवर्धन और आवृत्ति बदलाव होते हैं। इसके अलावा अंतरिक्ष हार्डवेयर के पारंपरिक कंपन परीक्षण में, परीक्षण नमूने के आधार लागू किये गए त्वरण को विनिर्देश द्वारा नियंत्रित किया जाता है। यहाँ विनिर्देश विवरण अर्थात्, उड़ान वातावरण के त्वरण चोटियों द्वारा बनाये लिफ़ाफेदार स्तर से है। परीक्षण के लिए यह पारंपरिक दृष्टिकोण दशकों से अपनी स्वयं की गुंजयमान आवृत्तियों पर परीक्षण नमूने को पर्याप्त से अधिक परीक्षण करने के लिए जाना जाता है। इसलिए अंतरिक्ष संरचनाओं को आम तौर पर कंपन परीक्षण के साथ-साथ उड़ान वातावरण से बचने के लिए डिज़ाइन किया जाता है, इस प्रकार पारंपरिक परीक्षण का तरीका आम तौर पर सीधे ओवर डिज़ाइन परीक्षण की ओर ले जाता है। एक बेहतर कंपन परीक्षण दृष्टिकोण विकसित किया गया

है और इस दृष्टिकोण को बल-सीमित कंपन परीक्षण (ब.स.क.) कहा जाता है। ब.स.क. परीक्षण लगाए त्वरण के वास्तविक-काल-सीमा के माध्यम से परीक्षण नमूने और शेकर के बीच प्रतिक्रिया बलों को मापता तथा सीमित करता है।

पारंपरिक तरीका बनाम ब.स.क. परीक्षण

आम तौर पर वैश्विक मोड को सी.जी. प्रतिक्रिया के अप्रत्यक्ष माप के आधार पर सीमित किया जाता है। अंतरिक्षयान/उपप्रणाली की सी.जी. प्रतिक्रिया का सटीक मापन त्वरणमापी नियंत्रित परीक्षणों से संभव नहीं है। ब.स.क. कंपन परीक्षण के दौरान आधार बलों को मापकर सी.जी. प्रतिक्रिया को मापा जाता है। यह सम्पूर्ण नमूने के द्रवमान द्वारा विभाजित कुल आधार बल सटीक सी.जी. प्रतिक्रिया देता है। इस प्रकार आधार पर कुल बल को सीमित करके, सी.जी. प्रतिक्रिया को भी सीमित किया जा सकता है और यह कंपन परीक्षण के दौरान पर्याप्त-से-अधिक परीक्षण की समस्या भी बचाता है। यह यादृच्छिक कंपन परीक्षणों के दौरान विशेष रूप से उपयोगी होता है, जहां युग्मित प्रणाली के बारे में कोई जानकारी उपलब्ध नहीं होती है।

त्वरित सीमित कंपन परीक्षण

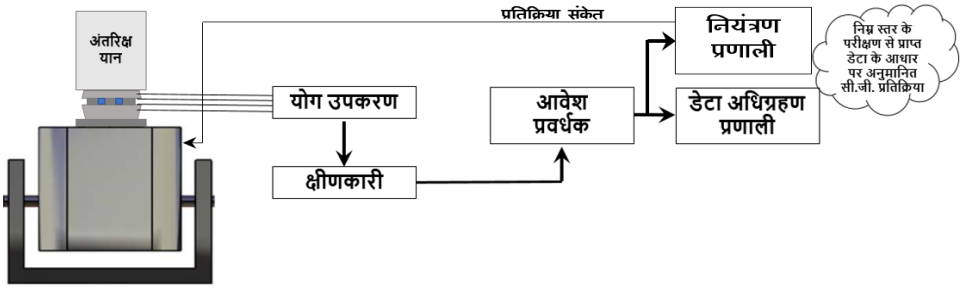
- यह एक बंद लूप त्वरण नियंत्रित परीक्षण होता है।
- नमूने के महत्वपूर्ण स्थानों पर माप और स्तर को सीमित करने के लिए केवल त्वरणमापियों का उपयोग किया जाता है।
- यहाँ अति-परीक्षण की संभावना अधिक होती है, विशेष रूप से वैश्विक मोड के दौरान नमूने के महत्वपूर्ण स्थानों पर।
- वास्तविक उड़ान के दौरान अनुमानित सी.जी. प्रतिक्रिया के अनुसार अप्रतक्ष्य रूप से त्वरित नियंत्रित कंपन होता है।

बल सीमित कंपन परीक्षण (ब.स.क.)

- बंद लूप बल द्वारा नियंत्रित परीक्षण।
- त्वरणमापी और बल मापक उपकरण (ब.म.उ.) का उपयोग कर महत्वपूर्ण स्थानों पर मापन और स्तर को सीमित किया जाता है।
- अति-परीक्षण की संभावना नगण्य होती है, फिर भी वैश्विक मोड के दौरान नमूने के महत्वपूर्ण स्थान पर अधिक सावधानी के लिए दुतीय त्वरित सीमा लगाई जा सकती है।
- नमूना और स्थिर जोड़ के बीच बल संवेदक लगाए जाते हैं।
- वास्तविक उड़ान के दौरान अनुमानित सी.जी. प्रतिक्रिया के अनुसार आधार बल सीमित होता है।

वर्तमान में आधार बल का अनुमान लगाने की क्षमताएं

वर्त्तमान में अंतरिक्षयान और अंतरिक्षयान उप प्रणालियों के कंपन परीक्षण में अप्रत्यक्ष ब.म.उ. विधि का उपयोग करते है। ब.म.उ. में बल संवेदक निहित होते हैं, जो आधार बल को मापते हैं। ब.म.उ. शेकर और परीक्षण नमूने को जोड़ प्रदान करते हैं। निम्न स्तर के परीक्षण के दौरान किए गए आधार बल माप के आधार पर प्रमुख मोड पर लगने वाले बल को सीमित किया जाता है। मापे गए बल के आधार पर सी.जी. प्रतिक्रिया अलग से अनुमानित की जाती है।



चित्र-1: वर्तमान सी.जी. प्रतिक्रिया अनुमान की प्ररूपी व्यवस्था

वर्तमान ब.स.क. परीक्षण और इसकी सीमाएं

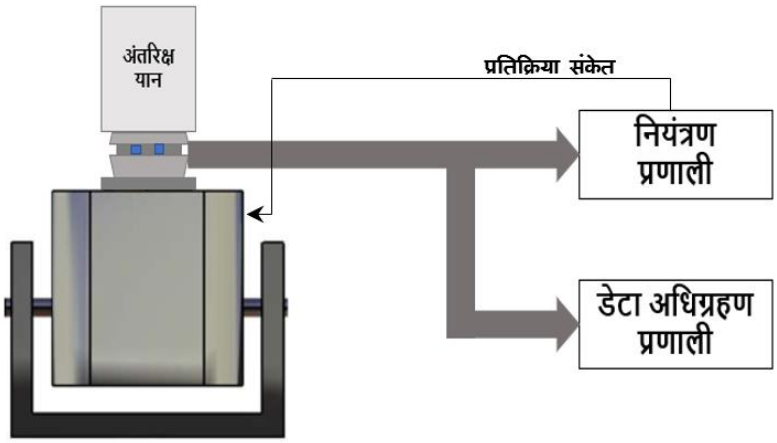
अंतरिक्षयान और अंतरिक्षयान उप प्रणालियों के कंपन मापन परीक्षण में वर्तमान सी.जी. प्रतिक्रिया के अनुमान में तत्कालीन सीमाएं कुछ इस प्रकार हैं-

- कोई वास्तविक-काल आधार बल अनुमान नहीं।
- कोई वास्तविक-काल आवेश आधारित बल संवेदकों की विफलता पहचान नहीं।
- बाह्य योग उपकरण इकाई की आवश्यकता

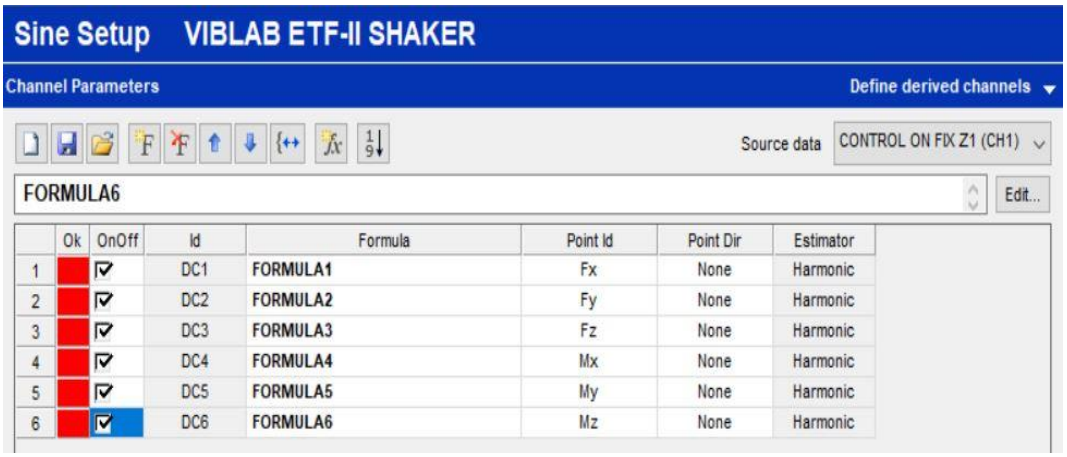
व्युत्पन्न चैनल की अवधारणा से भविष्य ब.स.क. परीक्षण

भविष्य ब.स.क. परीक्षण को व्युत्पन्न चैनलों की अवधारणा से संचालित करने की योजना है। यहाँ व्युत्पन्न चैनल एक आभासी मापन चैनल होता है, जिसमें वास्तविक-काल गणितीय संचालन और भौतिक इकाई को सीमित किया जा सकता है।

- **संभव गणितीय संक्रियाँ :**- योग, घटाव, गुणा और एक स्थिर गुणक द्वारा गुणा
- इस व्युत्पन्न चैनल पर ऊपरी और निचली सीमा निर्धारित की जा सकती है।
- संवेदक और सूचना तार की विफलता की पहचान संभव है।
- कोई बाह्य योग उपकरण इकाई की आवश्यकता नहीं है।



चित्र-2: व्युत्पन्न चैनलों द्वारा ब.स.क. परीक्षण व्यवस्था



चित्र-3: व्युत्पन्न चैनल व्यवस्था का प्ररूपी चित्र

निष्कर्ष

वर्तमान में, अप्रत्यक्ष ब.स.क. परीक्षण व्यवस्था की तुलना में, आइ.ई.पी.ई. आधारित बल संवेदक के साथ व्युत्पन्न चैनल का उपयोग करके प्रत्यक्ष बल सीमित कंपन परीक्षण अंतरिक्ष यान और उसके उपतंत्र के लिए एक सुरक्षित कंपन परीक्षण विधि है। इसके अतिरिक्त, प्रत्यक्ष ब.स.क. परीक्षण में, बल योग उपकरण तथा संकेत अनुकूलन से बचा जा सकता है, जिससे परीक्षण की विश्वसनीयता बढ़ जाती है। प्रस्तावित प्रत्यक्ष ब.स.क. परीक्षण विधि विशेष रूप से बड़े विषम संरचना वाले नमूनों और सबसिस्टम्स के परीक्षणों के लिए बहुत उपयोगी कंपन परीक्षण पद्धति रहेगी।

आभार

अभी तक के इस परीक्षण में कंपन मापन को सफलतापूर्वक स्वरुप देने के लिए हम श्री मधेश्वरन एम. और श्री गोविंदन पी. द्वारा दिए गए योगदान, मार्गदर्शन और ज्ञान के लिए विशेष धन्यवाद देते हैं। हम सुविधा क्षेत्र के मुख्य महाप्रबंधक श्री वेंकटगोविन्दा राव डी. के अमूल्य मार्गदर्शन के लिए आभारी हैं। हम संरचना समूह और गुणवत्ता आश्वासन टीम के वैज्ञानिकों का भी धन्यवाद करते हैं, जो हमारे साथ ब.स.क. परीक्षण की अवधारणा को सफल बनाने में अहम भूमिका निभा रहे हैं।

संदर्भ

1. SIEMENS, Mostapha Choukri, Force and Moment Limiting Methods for Spacecraft Protection, Spacecraft and launch vehicle dynamic environments workshop June 21 - 23, 2021

2. Sameer Deshpande, M N M Patnaik, S. Shankar Narayan, Vaibhav Mittal, Force Measurement Device for Spacecraft Vibration Tests, Journal of Spacecraft Technology, January 2012

3. Sameer Deshpande, M N M Patnaik, S. Shankar Narayan, Implementation of Force Limited Vibration Testing

4. https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/simcenter/scadas.html

5. T.D. Scharton, Force limited vibration testing monograph, NASA Reference publication, RP-1403, May 1997

लेखक परिचय:



शशांक तिवारी वर्तमान में यू.आर.एस.सी. के ई.टी.एफ. समूह में वैज्ञानिक/अभियंता-'एस.डी.' के पद पर कार्यरत हैं।



प्रशांत ए.आर. वर्तमान में यू.आर.एस.सी. के ई.टी.एफ. समूह में वैज्ञानिक/अभियंता-'एस.जी.' के पद पर कार्यरत हैं।



डॉ. बी. आर. नागेंद्र वर्तमान में यू.आर.एस.सी. के ई.टी.एफ. समूह में कंपन प्रयोगशाला के उप-प्रबंधक तथा वैज्ञानिक/अभियंता-'एस.जी.' के पद पर कार्यरत हैं।



रामकृष्णन एस. वर्तमान में यू.आर.एस.सी. के ई.टी.एफ. समूह में वैज्ञानिक/अभियंता-'एस. एफ.' के पद पर कार्यरत हैं।



कुरुवा श्री रामुलु वर्तमान में यू.आर.एस.सी. के ई.टी.एफ. समूह में वैज्ञानिक/अभियंता-'एस.ई.' के पद पर कार्यरत हैं।



सुधा पाण्डेय वर्तमान में यू.आर.एस.सी. के ई.टी.एफ. समूह में वैज्ञानिक/अभियंता-'एस.ई.' के पद पर कार्यरत हैं।



काकी रामप्रसाद वर्तमान में यू.आर.एस.सी. के ई.टी.एफ. समूह में वरिष्ठ तकनीकी सहायक-'ए' के पद पर कार्यरत हैं।

मानव अंतरिक्ष मिशन के संबंध में ग्राउंड सेगमेंट की चुनौतियां और भविष्य

देबदास पाईक, वैज्ञानिक/अभियंता-'एस.-ई.'
कल्लू खान, वैज्ञानिक/अभियंता-'एस.-ई.'
इस्ट्रैक, पोर्ट ब्लेयर

अंतरिक्ष अन्वेषण, जांच, चालक दल और बिना चालक के अंतरिक्ष यान के माध्यम से, पृथ्वी के वायुमंडल से परे ब्रह्मांड की पहुंच और ब्रह्मांड के ज्ञान को बढ़ाने और मानवता को लाभ पहुंचाने के लिए प्राप्त जानकारी का उपयोग करते करते हैं।

मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम कई देशों और कंपनियों द्वारा संचालित, शुरू या नियोजित किए गए हैं। 21वीं सदी तक, मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम विशेष रूप से सरकारों द्वारा, सैन्य या नागरिक अंतरिक्ष एजेंसियों के माध्यम से प्रायोजित किए जाते थे। 2004 में निजी रूप से वित्त पोषित स्पेसशिप-वन के शुभारंभ के साथ, मानव अंतरिक्ष यान कार्यक्रमों की एक नई श्रेणी - वाणिज्यिक मानव अंतरिक्ष उड़ान - का आगमन हुआ है।

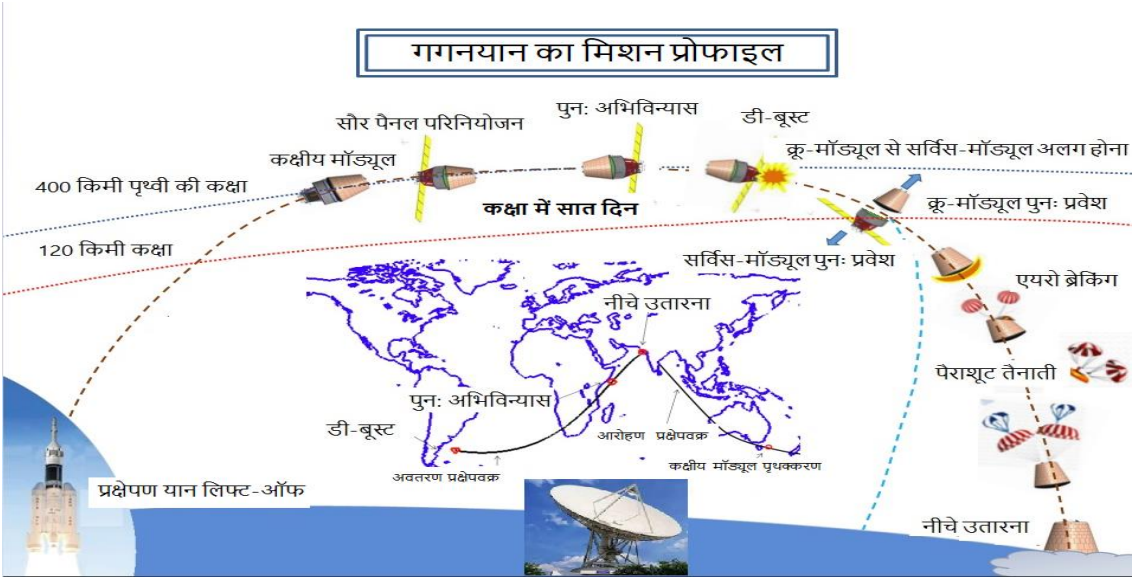
जुलाई 2021 तक, तीन देशों (सोवियत संघ/रूस, संयुक्त राज्य अमेरिका और चीन) और एक निजी कंपनी (स्पेस-एक्स) ने मनुष्यों को पृथ्वी की कक्षा में लांच किया है, और दो निजी कंपनियों (स्केल्ड कंपोजिट्स और ब्लू ओरिजिन) ने मनुष्यों को एक सबऑर्बिटल प्रक्षेप वक्र पर लॉन्च किया है। मानव अंतरिक्ष यान का गठन करने वाले मानदंड अलग-अलग हैं। फेडरेशन एरोनॉटिक इंटरनेशनेल अंतरिक्ष यान को 100 किलोमीटर (62 मील) से अधिक की किसी भी उड़ान के रूप में परिभाषित करता है। संयुक्त राज्य अमेरिका में 80 किलोमीटर (50 मील) की ऊंचाई से ऊपर यात्रा करने वाले पेशेवर, सैन्य और वाणिज्यिक अंतरिक्ष यात्रियों को संयुक्त राज्य अंतरिक्ष यात्री बैज से सम्मानित किया जाता है।

भारतीय मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम, गगनयान

गगनयान एक भारतीय चालित कक्षीय अंतरिक्ष यान है जिसका उद्देश्य भारतीय मानव अंतरिक्ष यान कार्यक्रम हेतु प्रारंभिक अंतरिक्ष यान का निर्माण करना है। अंतरिक्ष यान को तीन लोगों को ले जाने के लिए डिजाइन किया जा रहा है, और एक नियोजित उन्नत संस्करण और डॉकिंग क्षमता से लैस होगा।

अपने पहले चालक दल के मिशन में, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) के बड़े पैमाने पर स्वायत्त 5.3 मीट्रिक टन कैप्सूल दो या तीन-व्यक्ति चालक दल के साथ सात दिनों तक 400 किमी की ऊंचाई पर पृथ्वी की परिक्रमा करेगा।

पहले चालक दल के मिशन को मूल रूप से दिसंबर 2021 में इसरो के जी.एस.एल.वी. एम.के. III पर लॉन्च करने की योजना थी, लेकिन कुछ कारणों से इसमें देरी हो रही है और 2024 में होने की उम्मीद है।



उपर्युक्त तस्वीरें भारतीय मानव अंतरिक्ष मिशन प्रोफ़ाइल दिखाती हैं

ग्राउंड सेगमेंट

स्पेस और ग्राउंड सेगमेंट एक ही सिक्के के दो पहलू हैं। प्रत्येक उपग्रह, चाहे वह कितना भी उन्नत क्यों न हो, अभी भी एक बड़ी प्रणाली का एक हिस्सा है। यह अच्छी तरह से कहा गया है कि ग्राउंड सेगमेंट अंतरिक्ष यान के कान और आंखें दोनों हैं। प्राप्त जानकारी का बहुत महत्व है और अंतरिक्ष यान को भेजे गए आदेश इसे नियंत्रित करते हैं, इसलिए इसका तात्पर्य बड़ी मात्रा में जिम्मेदारी है।

ग्राउंड स्टेशन से, डेटा का विश्लेषण किया जा सकता है (या विश्लेषण के लिए किसी अन्य स्थान पर रिले किया जा सकता है), उपग्रह की ऊंचाई और गति और इसकी महत्वपूर्ण प्रणालियों के बारे में जानकारी की निगरानी की जा सकती है, और उपग्रहों को निर्णय निर्माताओं द्वारा नियंत्रित किया जा सकता है। यदि किसी उपग्रह में कुछ गड़बड़ी होती है, तो इन स्टेशनों पर चालक दल के सदस्यों को सबसे पहले पता चलेगा। वे समस्या के स्रोत की पहचान करने और समाधान निकालने का प्रयास करेंगे।

सीधे शब्दों में कहें तो ग्राउंड स्टेशन (या स्टेशनों का नेटवर्क) पूरे उपग्रह नेटवर्क का "मस्तिष्क" है। उपग्रह स्वयं ठीक काम कर सकते हैं, लेकिन इससे कोई फर्क नहीं पड़ता कि कोई भी यहां पृथ्वी पर नीचे नहीं है जो डेटा एकत्र करता है और उपयोग करने के लिए प्रसारित करता है और सुनिश्चित करता है कि पूरी प्रणाली ठीक से काम कर रही है।



उपरोक्त चित्र अंतरिक्ष संचार प्रणालियों में शामिल प्रणालियों को दर्शाता है

टेलीविजन शो और फिल्मों से पता चलता है कि अंतरिक्ष में टेली कम्युनिकेशन आसान है, लेकिन ऐसा नहीं है। दूर के ग्रहों पर अंतरिक्ष यात्री स्पष्ट गुणवत्ता और बिना किसी देरी के पृथ्वी पर प्रियजनों के साथ वीडियो चैट करते हैं। क्या ये कल्पना की गई संचार क्षमताएं वास्तविकता से मेल खाती हैं? जरूरी नहीं। अंतरिक्ष से संचार करना एक चुनौतीपूर्ण प्रयास है। सौभाग्य से, इसरो के पास अंतरिक्ष डेटा को धरती पर लाने का अनुभव और विशेषज्ञता है।

आइए उन प्रौद्योगिकियों और क्षमताओं के साथ-साथ अंतरिक्ष संचार की कुछ चुनौतियों पर नजर डालें, जिनका उपयोग नासा और रूस ने उनसे पार पाने के लिए किया है।

1. मुख्य बातें

अपने सरलतम रूप में, अंतरिक्ष संचार दो चीजों पर निर्भर करता है: एक ट्रांसमीटर और एक रिसीवर। एक ट्रांसमीटर मॉड्यूलेशन के माध्यम से विद्युत चुम्बकीय तरंगों पर एक संदेश को एन्कोड करता है, जो डेटा का प्रतिनिधित्व करने के लिए तरंग के गुणों को बदलता है। ये तरंगें अंतरिक्ष से होकर रिसीवर की ओर प्रवाहित होती हैं। रिसीवर विद्युत चुम्बकीय तरंगों को एकत्र करता है और उन्हें डिमॉड्यूलेट करता है एवं प्रेषक के संदेश को डिकोड करता है

2. ग्राउंड नेटवर्क

अंतरिक्ष से संचार में, पृथ्वी पर एक अंतरिक्ष यान के एंटीना को इंगित करने से कहीं अधिक शामिल है। अंतरिक्ष यान से प्रसारण प्राप्त करने के लिए इसरो के पास दुनिया भर में एंटीना का एक व्यापक नेटवर्क है। यह सुनिश्चित करते हुए कि एंटीना डेटा प्राप्त करने के लिए तैयार है, नेटवर्क इंजीनियर ग्राउंड स्टेशनों और मिशनों के बीच संचार की सावधानीपूर्वक योजना बनाते हैं क्योंकि अंतरिक्ष यान ओवरहेड पास करता है।

अंतरिक्ष यान के साथ संचार न केवल पृथ्वी पर एक अंतरिक्ष यान के एंटीना को इंगित करना हैं बल्कि और भी बहुत सारे संचार प्रणालियों को तैयार करना पड़ता हैं।

3. अंतरिक्ष रिले उपग्रह

प्रत्यक्ष-से-पृथ्वी संचार के अलावा, कई मिशन अपने डेटा को धरती पर लाने के लिए रिले उपग्रहों पर निर्भर करते हैं। उदाहरण के लिए, अंतरिक्ष स्टेशन ट्रैकिंग और डेटा रिले उपग्रहों (टी.डी.आर.एस.) के माध्यम से संचार करता है, जो न्यू मैक्सिको और गुआम में ग्राउंड स्टेशनों पर डेटा संचारित करता है। हाल ही में लॉन्च किया गया मार्स 2020 पर्सवेरेंस रोवर, मंगल के चारों ओर ऑर्बिटर्स के माध्यम से डेटा भेजेगा, जो डेटा को पृथ्वी पर फॉरवर्ड करेगा।

संचार उपलब्धता के मामले में रिले अद्वितीय लाभ प्रदान करते हैं। उदाहरण के लिए, पृथ्वी के ऊपर तीन अलग-अलग क्षेत्रों में टी.डी.आर.एस. की नियुक्ति वैश्विक कवरेज प्रदान करती है और एल.ई.ओ. उपग्रह मिशन और पृथ्वी के बीच निरंतर संचार प्रदान करती है।

उपग्रह ग्राउंड स्टेशन के ऊपर से गुजरने की प्रतीक्षा करने के बजाय, टी.डी.आर.एस. के माध्यम से दिन में 24 घंटे, सप्ताह के सातों दिन डेटा रिले कर सकते हैं।

4. बैंडविड्थ

इसरो विद्युत चुम्बकीय आवृत्तियों के विभिन्न बैंडों पर डेटा को एन्कोड करता है। इन बैंडविड्थ की अलग-अलग क्षमताएं हैं। उच्च बैंडविड्थ प्रति सेकंड अधिक डेटा ले जा सकता है, जिससे अंतरिक्ष यान डेटा को और अधिक तेजी से डाउनलिंक कर सकता है।

वर्तमान में, इसरो संचार के लिए मुख्य रूप से रेडियो तरंगों पर निर्भर है, लेकिन इसरो इन्फ्रारेड लेजर के साथ संचार करने के तरीके विकसित कर रहा है। ऑप्टिकल संचार का उपयोग करते हुए इस प्रकार का संचरण मिशन को पहले से कहीं अधिक उच्च डेटा दर प्रदान करेगा।

5. डेटा दरें

उच्च बैंडविड्थ का मतलब मिशन के लिए उच्च डेटा दर हो सकता है। अपोलो रेडियो ने चंद्रमा से दानेदार ब्लैक एंड व्हाइट वीडियो भेजा था और भविष्य में आने वाले आर्टेमिस-2 मिशन पर एक आगामी ऑप्टिकल टर्मिनल चंद्र कक्षा से 4-के, अल्ट्रा-हाई डेफिनिशन वीडियो भेजने हेतु प्रयासरत है।

लेकिन बैंडविड्थ डेटा दरों पर एकमात्र बाधा नहीं है। डेटा दरों को प्रभावित करने वाले अन्य कारणों में ट्रांसमीटर और रिसीवर के बीच की दूरी, उनके द्वारा उपयोग किए जाने वाले एंटीना या ऑप्टिकल टर्मिनलों का आकार और दोनों छोर पर उपलब्ध शक्ति शामिल हैं। डेटा दरों को अधिकतम करने के लिए इसरो संचार इंजीनियरों को इन में संतुलित करना चाहिए।

6. विलंबता

संचार तुरंत नहीं होता है। वे एक सार्वभौमिक गति सीमा से बँधे हैं: प्रकाश की गति, लगभग 186,000 मील प्रति सेकंड। पृथ्वी के करीब अंतरिक्ष यान के लिए देरी या संचार विलंबता लगभग शून्य है।

हालांकि, पृथ्वी से दूर, विलंबता एक चुनौती बन सकती है। मंगल के निकटतम दूरी- लगभग 35 मिलियन मील - लगभग चार मिनट की देरी होती है। जब ग्रह अपनी सबसे बड़ी दूरी पर होते हैं - लगभग 250 मिलियन मील दूर - लगभग 24 मिनट की देरी होती है। इसका मतलब है कि अंतरिक्ष यात्रियों को अपने संदेशों को मिशन नियंत्रण तक पहुंचने के लिए चार से 24 मिनट और प्रतिक्रिया प्राप्त करने के लिए चार से 24 मिनट के बीच इंतजार करना होगा।

7. हस्तक्षेप

चूंकि संचार प्रसारण लंबी दूरी या वातावरण के माध्यम से यात्रा करते हैं, उनके डेटा की गुणवत्ता खराब हो सकती है, संदेश को विकृत कर सकती है। अन्य मिशनों, सूर्य या अन्य खगोलीय पिंडों से विकिरण भी प्रसारण की गुणवत्ता में हस्तक्षेप कर सकता है।

यह सुनिश्चित करने के लिए कि मिशन संचालन केंद्र सटीक डेटा प्राप्त करते हैं, इसरो त्रुटि का पता लगाने और सुधार के तरीकों का उपयोग करता है। त्रुटि सुधार के तरीकों में कंप्यूटर एल्गोरिदम शामिल हैं जो शोर संचरण को प्रयोग करने योग्य डेटा के रूप में व्याख्या करते हैं।

जहां बॉलीवुड ऐसी कहानियों का सपना देखता है जो आकाशगंगा के लोगों को आसानी से जोड़ती हैं, वहीं इसरो के इंजीनियर उन सपनों को हकीकत में बदलने का प्रयास करते हैं।

इसरो मजबूत संचार सेवाओं के साथ विज्ञान और अन्वेषण मिशनों को सशक्त बनाने के साथ-साथ अंतरिक्ष संचार की वास्तविक दुनिया की चुनौतियों का समाधान करने वाली प्रौद्योगिकियों और क्षमताओं का विकास कर रहा है।

इसरो गगनयान मिशन के लिए टेलीमेट्री, ट्रैकिंग और कमांड (टी.टी.सी.) संचालन के लिए दुनिया भर से ग्राउंड स्टेशनों के नेटवर्क को किराए पर लेने के लिए समझौतों पर हस्ताक्षर करना चाहता है। इसरो /इस्ट्रैक, एसेंट, ऑन-ऑर्बिट और डिसेंट फेज कवरेज सहित एंड-टू-एंड गगनयान मिशन के लिए समग्र नेटवर्क योजना के लिए जिम्मेदार है।

<u>निकट भविष्य के लिए आवश्यकताएँ</u>

- ग्राउंड सेगमेंट का विस्तार, उन्नयन और रख-रखाव अथवा टी.टी.सी. संचालन भाड़े में।

- उपग्रह प्रक्षेपण यान समर्थन की संख्या में वृद्धि।
- उपग्रह पेलोड डेटा की बढ़ी हुई संख्या का समर्थन करने के लिए प्रसंस्करण और भंडारण के लिए विज्ञान डेटा केंद्र का उन्नयन।
- डेल्टा-डी.ओ.आर. प्रसंस्करण।
- बड़ी संख्या में उपग्रहों का संचालन - स्वचालन और उपयुक्त विन्यास।
- अनेक विज्ञान/अंतर-ग्रहीय मिशनों का समर्थन करने के लिए अधिक आई.डी.एस.एन. प्रणालियों की स्थापना।
- नए रेडार का विकास।

<u>भविष्य की योजनाएं (दीर्घकालिक) - आवश्यकताएँ</u>

- मेगा लो अर्थ ऑर्बिट उपग्रह समूह का प्रबंधन मानवयुक्त मिशन (अंतरिक्ष में मानव) के लिए निरंतर निर्बाध संचार सहायता।
- के.ए. बैंड संचालन के लिए भारतीय डीप स्पेस नेटवर्क सिस्टम का उन्नयन।
- अंतर-ग्रहीय मिशनों का समर्थन करने के लिए भारतीय डीप स्पेस नेटवर्क क्षमता को 10 डी.बी. तक बढ़ाना।
- लो अर्थ ऑर्बिट मिशन के लिए एक्स-बैंड टी.टी.सी. समर्थन।
- परिचालन लागत न्यूनीकरण।

लेखक परिचय:



मैं देबदास पाइक, वैज्ञानिक अभियंता-एस.ई., पोर्ट ब्लेयर स्थित इसरो भू-केंद्र पर कार्यरत हूँ। मैं वर्ष 2008 इस्ट्रैक में शामिल हुआ हूँ। मुझे ग्राउंड स्टेशन कमीशन, संचालन और रखरखाव के क्षेत्र में 14 साल का अनुभव है। मैंने इसरो के विभिन्न मिशनों के लिए भारतीय और विदेशी स्टेशनों से टी.टी.सी. संचालन का समर्थन किया है। मैंने एन.आइ.टी. त्रिची से वी.एल.एस.आई. में मास्टर्स (एम.एस.) किया है और बेसबैंड सबसिस्टम, एस.डी.आर. और डेटा अधिग्रहण सिस्टम में विशेषज्ञता हासिल की है।



मैं कल्लू खान, वर्तमान में पोर्ट ब्लेयर स्थित इसरो भू-केंद्र में प्रबंधक के पद पर कार्यरत हूँ। मैं वर्ष 1986 में इस्ट्रैक में शामिल हुआ हूँ। मैंने विगत 36 वर्षों से भू-केंद्र के संचालन और रख रखाव में अपना योगदान दिया। मैंने लखनऊ इस्ट्रैक भू-केंद्र की आंतरिक एवं बाह्य संचार व्यवस्था के संचालन कार्य का निर्वाह भली-भाँति किया। मैंने इसरो के विभिन्न मिशनों के लिए भारतीय और विदेशी स्टेशनों से टी.टी.सी. संचालन का समर्थन किया है। इसके अतिरिक्त उपग्रह नियंत्रक के तौर पर अपनी सेवाएं प्रदान की है।

मानवसहित उड़ानों में अमेच्योर रेडियो का योगदान तथा आवश्यकताएँ

राहुल गौ. वाघमारे, योगेश प्रसाद के.आर., सुमन आर. वालके, रामलक्ष्मी एन., और वेंकटरमणा डी.वी.
संचार प्रणाली समूह, यू.आर.राव उपग्रह केंद्र, इसरो, बेंगलूरु – 560 017

सारांश

अमेच्योर रेडियो, जिसे हैम रेडियो के नाम से भी जाना जाता है, एक तकनीकी छंद है जिसमें लोग तारहित उपकरणों द्वारा एक-दूसरे के साथ संबंध स्थापितकरते हैं तथा वार्तालाप करते हैं। मानवनिर्मित उपग्रहों की मदद से रेडियो हैम कुछ ही वाट के प्रेषित्र से दो से तीन हजार कि.मी. तक वार्तालाप तथा सम्बन्ध प्रस्थापित कर सकते हैं। इन सुविधाओं के लिए जरुरी उपकरण दुनिया के ज्यादातर हैम्स के घर पे उपलब्ध होते हैं तथा वे उन उपकरणों द्वारा नियमित तौर पर दूसरे हैम के साथ वार्तालाप करते रहते हैं। इसी तकनीक का उपयोग करते हुए अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष केंद्र (आई.एस.एस.) पर भी एक अमेच्योर रेडियो रखा गया है, जिसे ARISS (अमेच्योर रेडियो ऑन-बोर्ड इंटरनेशनल अंतरिक्ष स्टेशन) के नाम से जाना जाता है। यह स्टेशन अंतरिक्ष यात्रियों को विभिन्न देशों के हैम्स के साथ वार्तालाप करने का मौका देता है। भारत के आगामी गगनयान में इस तरह के रेडियो स्टेशन के उपयोग से भारतीय अंतरिक्ष यात्रियों, भारत के हैम समाज एवं युवा विद्यार्थियों के लिए प्रोत्साहन के नयी धाराएँ खोल देगा। प्रस्तुत लेख में हमने मानवसहित उड़ानो में अमेच्योर रेडियो के योगदान के सक्षिप्त इतिहास का वर्णन तथा वर्तमान स्थिति का अवलोकन करने का प्रयास किया है।

1. हैम रेडियो का परिचय

अमेच्योर रेडियो, लोगों का एक समूह है जो रेडियो ट्रांसरिसीवर की मदद से एक-दूसरे से वार्तालाप तथा अन्य संचार सम्बन्धी प्रयोगों में रुचि रखते हैं। अमेच्योर रेडियो प्रचालक सामान्यतः हैम के नाम से भी जाने जाते है। अमेच्योर रेडियो का आरंभ 1898 के एक लेख के साथ हुआ था जिसमें लेसली मिलर नामक एक ब्रिटिश ने ट्रांसरिसीवर बनाने की विधि के बारे में लिखा था। तब से लेकर वर्तमान समय तक अनगिनत हैम्स ने अमेच्योर रेडियो को धरती पर ही नहीं बल्कि आसमान के परे अंतरिक्ष में पहुँचा दिया।

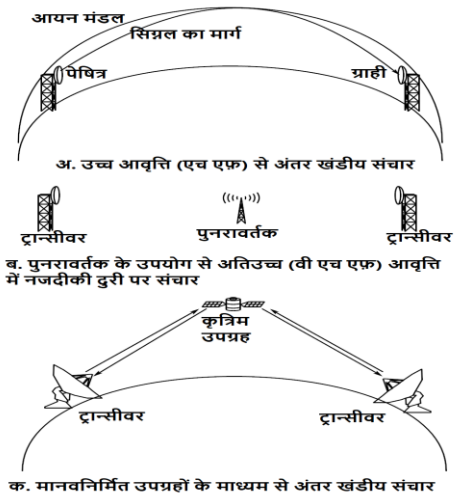
हैम रेडियो मुख्यतः धरती से धरती पर वार्तालाप करने के लिए उपयोग में लाया जाता है। जिसमें आवृत्ति (फ्रिक्वेन्सी) पर और प्रेषित्र की उर्जा पर निर्भर करता है की, कितनी दूरी पर वार्तालाप कर सकते हैं। उच्च आवृत्ति (हाई फ्रीक्वेंसी) तथा 1000 वाट की उर्जा के साथ कई हैम्स अंतरभूखंडीय (एक भूखंड से दूसरे भूखंड तक) वार्तालाप कर सकते हैं। जबकि, अति उच्च आवृत्ति (वी.एच.एफ़.) की सहायता से अपने नजदीकी हैम्स के साथ वार्तालाप कर सकते हैं। ज्यादातर हैम्स इस वार्तालाप के लिए जरुरी उपकरण खरीदते हैं, पर कुछ हैम्स इन उपकरणों का निर्माण अपने घर पर भी करते रहते हैं। इस विधि को होम ब्रेविंग (Home Brewing) कहा जाता है।

जैसे-जैसे हैम रेडियो की तकनीक में सुधार आया, हैम्स वार्तालाप के साथ-साथ अन्य सूचनाओं को भी एक दूसरे के साथ विनिमय किया जाने लगा। इसमें अक्षर, चित्र तथा चलचित्रों का समावेश होने लगा। इस संचार के लिए तरह- तरह के तकनीकों का निर्माण होने लगा। स्लो स्कैन टेलीविज़न (slow scan television), आटोमेटिक पैकेट रिपोर्टिंग सिस्टम (Automatic packet reportingsystem), विभिन्न पद्धति के अंकीय कोडन, इत्यादि का अविष्कार हैम रडियो प्रचालकों ने किया है।

आज हैम्स मानवनिर्मित उपग्रहों की सहायता से कुछ ही वाट (watt) के प्रेषित्र से ज्यादा दूरी तक वार्तालाप तथा सूचना संचार कर रहे हैं। हैम्स ने इस उपयोग के लिए बनाए गए उपग्रहों को ओस्कर (ओर्बिटिंग सैटेलाइट कैरिंग अमेच्योर पेलोड) के नाम से संबोधित किया जाता है। इसी तकनीक का उपयोग करते हुए अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष केंद्र (आई.एस.एस.) पर भी एक अमेच्योर रेडियो रखा गया है, जिसे ARISS (अमेच्योर रेडियो ऑन-बोर्ड इंटरनेशनल अंतरिक्ष स्टेशन) के नाम से जाना जाता है। यह स्टेशन अंतरिक्ष यात्रियों को विभिन्न देशों के हैम्स के साथ वार्तालाप करने का मौका देता है। इतना ही नहीं बल्कि एक आम हैम अपने घर बैठे अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष केंद्र (आई.एस.एस.) पर सवार अंतरिक्षयात्री से बात कर सकता है। अमेरिका में एक आठ वर्षीय बालिका ने

अपने पिता के रेडिओ स्टेशन से अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष केंद्र (आई.एस.एस.) के अंतरिक्ष यात्री से वार्तालाप करने की बात अख़बारों की सुर्खियाँ बन चुकी हैं।

टेबल क्र. (1) में हैम्स द्वारा उपयोग किये जाने वाले सूचना संचार के विभिन्न तरीकों को संक्षेप में दिखाया गया है।



आकृति 1: हैम्स द्वारा उपयोग किये जाने वाले सूचना संचार के विभिन्न तरीके

2. सरेक्स (शटल अमेच्योर रेडियो एक्सपेरिमेंट, SAREX)

नासा के स्काईलैब में जब ओवेन गैरेट को अंतरिक्ष यात्री के तौर पर चुना गया, और ओवेन गैरेट जिनके पास हैम रेडियो लाइसेन्स होने की वजह से, एमसैट तथा अमेरिकन रेडिओ रिले लीग के हैम्स ने ओवेन को उनका अमच्योर रेडियो साथ लेकर जाने का सुझाव दिया। किन्तु जब तक यह सुझाव नासा तक पहुँचा, स्काईलैब की तैयारियाँ काफी आगे निकल चुकी थी। दस साल बाद जब ओवेन फिर से STS-9 के कोलंबिया शटल के अंतरिक्ष यात्री बने, उन्हें अपना रेडियो साथ लेने की अनुमति मिल गयी। और इस तरह यह दुनिया का पहला मिशन बना जिसमें कोई अंतरिक्ष यात्री दुनियाभर के आम हैम्स के साथ सीधे बात कर रहा था। दस दिन लम्बे चले इस सफ़र में ओवेन ने दुनियाभर में कई हैम्स के साथ बातचीत की। इनमें जोर्डन के राजा हुसैन (call sign JY1) तथा अमेरिकी सेनेटर, बैरी गोल्डवाटर (call sign K7UGA) का समावेश था। इस मिशन की सफलता के बाद नासा को अमेच्योर रेडियो के योगदान का एहसास हो गया और सरेक्स (शटल अमेच्योर रेडियो एक्सपेरिमेंट) का जन्म हुआ। इसके बाद कई सालों तक सरेक्स ने दुनियाभर के अनगिनत छात्रों तथा आम हैम्स को धरती के चक्कर लगाते अंतरिक्ष यात्रियों से सीधे वार्तालाप करना संभव बन दिया। बिना किसी शक के इस बातचीत से छात्रों को अपने जीवन में कुछ कर गुजरने की प्रेरणा मिली ही होगी। इतना ही नहीं बल्कि लोगों को विज्ञान तकनीकी अभियांत्रिकी तथा मैथ्स (स्टेम) में अपना करियर बनाने के लिए प्रोत्साहन मिल गया।

3. हैम रेडियो और मीर

अमेच्योर रेडियो को मानवसहित उड़ानों में ले जाने की बात सिर्फ नासा तक ही सीमित नहीं रही। 1988 के दौरान रशियन अंतरिक्ष स्टेशन मीर के टीम कमांडर व्लादिमिर तितोव और डॉ. वलेरी पलिकोव ने दुनियाभर के हैम्स के साथ सम्पर्क स्थापित किया। बात यहीं पर नहीं रुकी जब पैकेट रडियो तथा स्लो स्कैन टेलीविज़न (SSTV) के जरिये अंतरिक्ष यात्रियों ने अपने सन्देश तथा चित्रों का प्रसारण किया जाता था। मीर स्टेशन पर अमेच्योर रेडियो लगभग 10 साल तक चलता रहा इसके दौरान इन उपकरणों का इस्तमाल सिर्फ तब के सोवियत अंतरिक्ष यात्री ही नहीं बल्कि जापान, इंग्लैंड, ऑस्ट्रिया, फ्रांस, तथा अमेरिका के लाइसेंस्ड अमेच्योर अंतरिक्ष यात्रियों ने भी किया।

4. अमेच्योर रेडियो ऑन-बोर्ड इंटरनेशनल अंतरिक्ष स्टेशन (एरिस - ARISS)

वर्ष 1986 के दौरान नासा, एमसैट, और अमेरिकन रेडियो रिले लीग ने एक मीटिंग में अमेच्योर रेडियो को अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष केंद्र (आई.एस.एस.) पर, जिसका निर्माण उस समय प्रगति पर था, स्थायी रूप से इनस्टॉल

करने का फैसला लिया गया। एरिस का प्रथम लक्ष्य दुनियाभर के छात्रों को अमेच्योर रेडियो द्वारा अंतरिक्ष यात्रियों के साथ संचार स्थापित कर विज्ञान तंत्रज्ञान, अभियांत्रिकी तथा मैथ्स (स्टेम) में प्रोत्साहन देना है। इस प्रक्रिया से छात्र अपने स्कूल से अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष केंद्र (आई.एस.एस.) का अनुवर्तन तथा तारारहित संचार की बारीकियों को बखूबी समझ सकते हैं। उन्हें अंतरिक्ष संचार के विभिन्न संज्ञाओ जैसे डॉपलर शिफ्ट, कक्षीय मापदंडो तथा रडियो तरंग के प्रचालन के बारे में प्रायोगिक तत्व पर ज्ञान मिल जाता है।

अमेच्योर रेडियो सिर्फ छात्रों के साथ वार्तालाप करने के लिए सीमित नहीं है। बल्कि यह एक आपातकालीन संचार माध्यम की तरह अंतरिक्ष यात्रियों के काम आ सकता है। इस तरह की आपातकालीन स्थिति की संभावना काफी दुर्लभ होती है। फिर भी अब तक कम से कम दो बार अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष केंद्र (आई.एस.एस.) ने अमेच्योर रेडियो संचार का उपयोग आपातकालीन वार्तालाप के लिए किया है। इतना ही नहीं, अमेच्योर रेडियो अंतरिक्ष यात्रियों को अपने दोस्त एवं रिश्तेदारों से सीधे सम्पर्क स्थापित करने तथा बातचीत करने का मौका प्रदान करता है। जिससे उन्हें मानव जीवन से दूर रहते हुए भी साथ होने का एहसास दिलाकर उनका मनोबल बढ़ने का काम करता है।

आम हैम्स को अंतरिक्ष स्टेशन के साथ वार्तालाप करने के लिए आवश्यक चीजों को समझाते हुए अपने गतिविधियों के वर्णन के लिए नासा ने एक YouTube विडियो बनाया है, जिसमें अंतरिक्ष स्टेशन यात्रा – 25 के कमांडर कर्नल डग व्हीलोक्क अपने अमेच्योर रेडियो उपकरणों का उपयोग करते हुए दिखाई देते हैं। अंतरिक्ष स्टेशन का संक्षिप्त विवरण देते हुए डग उत्तरी अमेरिका के एक हैम्स के साथ बातचीत करके प्रत्यक्ष उदाहरण प्रस्तुत करते हैं।

5. ARISS के साथ वार्तालाप की प्रक्रिया

अंतरिक्ष स्टेशन पर उपस्थित अमेच्योर रेडियो द्वारा उपयोग की जाने वाली आवृत्ति का ब्यौरा हमें इन्टरनेट की सहायता से मिल जाता है। इतना ही नहीं, ARISS द्वारा भेजे गए सिग्नल्स प्राप्त करने के लिए आपको मात्र कुछ ही सामग्री चाहिए जो की ऑनलाइन भंडार पर आसानी से मिल जाता है। टेबल क्र. (1) में ऐसे विभिन्न आवृत्ति तथा उसके साथ उपयोग किये जाने वाले तरीकों के बारे में संक्षेप में दिया हुआ है। एक आम हैम को जिन बातों का ज्ञान आवश्यक है उसका विवरण निचे दिए गए कुछ परिच्छेदों में दिया है।

टेबल 1: ARISS के संचार की आवृत्ति

आवृत्ति	तरीका	उपयोग
अपलिंक: 144.490 MHz डाउनलिंक: 145.800 MHz	आवृत्ति मोडुलेशन यात्री सम्बन्ध	अंतरिक्ष यात्रियों के साथ सीधी बातचीत
145.800 MHZ	स्लो स्कैन टेलीविज़न	अंतरिक्ष स्टेशन से प्रसारित चित्र
145.825 MHZ	आटोमेटिक पैकेट रिपोर्टिंग सिस्टम (APRS)	अंतरिक्ष स्टेशन से प्रसारित सन्देश
अपलिंक: 437.800 MHZ डाउनलिंक: 145.800 MHz	आवृत्ति मोडुलेशन वायस रिपीटर	अंतरिक्ष स्टेशन का रिले स्टेशन की तरह उपयोग

अ. वार्तालाप का समय

एक लियो उपग्रह होने की वजह से अंतरिक्ष स्टेशन पृथ्वी का हर 90 मिनट में एक चक्कर लगाता है। इस दौरान पृथ्वी की अपने परिवलन गति की वजह से अपनी जगह बदल जाती है। इंटरनेट पर बहुत सारे ऑनलाइन वेब मिल जायेंगे जो अंतरिक्ष स्टेशन का वर्तमान स्थान तथा आकाश में आने का समय बता देंगे। यह बात ध्यान में रखना जरुरी है की जब अंतरिक्ष केंद्र आकाश में होता है तो वह समय 10-15 मिनिट से ज्यादा नहीं होता।

आ. सिग्नल के तरीके

अंतरिक्ष स्टेशन पर स्थित अमेच्योर रेडियो का उपयोग आवाज, सन्देश तथा चित्र प्रसारण करने के लिए बनाये गए है। इन तरीको में APRS (आटोमेटिक पैकेट रिपोर्टिंग सिस्टम) हमेशा चालू रहता है। जिसमें अंतरिक्ष स्टेशन द्वारा बुलेटिन मेसेज तथा शोर्ट टेक्स्ट प्रसारित किया जाता है। इस अमेच्योर रेडियो उपकरण से वयक्तिक सन्देश भी प्रसारित कर सकते है। इसके लिए हैम होना जरुरी है। और पास APRS सन्देश बनाने वाले उपकरण उदा. UISS सॉफ्टवेर और रेडियो ट्रांसरिसीवर की जरुरत पड़ेगी।

कभी कभी अंतरिक्ष स्टेशन के यात्री 10 से 12 चित्र स्लो स्कैन टेलीविज़न तरीके से प्रसारित करते है। इन्हें आप सॉफ्टवेअर डिफाइंड रेडिओ के जरिये प्राप्त कर सकते है। इस प्रसारण का समय ARISS के वेब [4] पर मिल जायेगा तथा इस प्रसारण को प्राप्त करने की विधि सॉफ्टवेर डिफाइंड रेडियोके वेब [7] पर मिल जाएगी।

इ. सिग्नल्स प्राप्त करने की विधि

अंतरिक्ष स्टेशन से सम्बन्ध स्थापित करने के लिए निम्नलिखित सामग्री की जरुरत होगी।

1. रेडियो ट्रांसरिसीवर जो 5 से 10 वाट की रेडियो उर्जा और जो टेबल क्र. (1) में दी गई आवृत्ति बैंड में कार्यक्षम हो,
2. ऐन्टेना जो ऊपर दिए गए आवृत्ति पर काम करे,
3. भारत सरकार के दूरसंचार विभाग से प्राप्त किया हुआ हैम लाइसेंस। यह लाइसेंस हैम रेडियो सम्बन्धी नियमों का ज्ञान अवगत कर, कम शुल्क पर प्राप्त कर सकते है।

अगर आप हैम नहीं है तो आप बन सकते है। जिसके लिए आपको नाममात्र शुल्क तथा रेडियो तकनीक और हैम रेडियो सम्बन्धी नियमों सम्बंधी ज्ञान इस बात का स्पष्टीकरण देना पड़ेगा। अगर आप सिर्फ सन्देश प्राप्त करना चाहते हैं तो आप यह काम एक सॉफ्टवेर डिफाइंड रेडियो और ऐन्टेना के जरिये कर सकते है। इस काम के लिए आपको किसी भी लाइसेंस की जरुरत नहीं पड़ेगी।

6 . गगनयान में अमेच्योर रेडियो

भारत के आगामी गगनयान मिशन पर पुरे विश्व की निगाहे टिकी हुई है। इसके चलते अगर हम अपने अंतरिक्ष यात्रियोंको अमेच्योर लाइसेंस के लिए तैयार करे तथा गगनयान में अमेच्योर रेडियो की सुविधा बनाये तो हमारे अंतरिक्ष यात्री दुनियाभर के हैम्स के साथ सीधे अंतरिक्ष से बातचीत कर सकते है। इस कार्य के लिए हमें इसरो के विभिन्न केन्द्रों में स्थित हैम रेडियो क्लब्स (club) उदा. यू.आर. राव उपग्रह केंद्र का उपग्रह अमेच्योर रेडियो क्लब की सहायता ले सकते है।

अमेच्योर रेडियो की सहायता से वार्तालाप के अलावा बुलेटिन सन्देश तथा चित्रों का प्रसारण भी किया जा सकता है। जिसे दुनियाभर के छात्र अपने स्कूलों तथा महाविद्यालायों से अत्यंत किफ़ायती उपकरणों द्वारा प्राप्त कर सकते है। जिससे उन्हें उपग्रह संचार तथा संचार प्रणाली संबंधी विषयों में प्रोत्साहन तथा रुचि निर्माण करने का महत्वपूर्ण काम अमेच्योर रेडियो द्वारा किया जा सकता है।

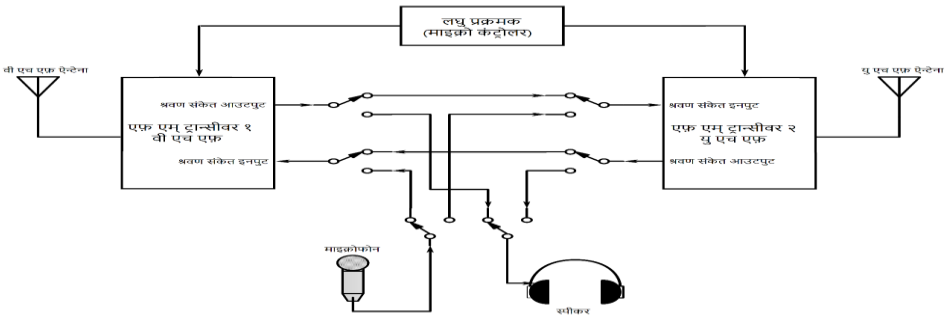
वार्तालाप की सुविधा को भी भारतीय छात्रों के लिए विस्तृत किया जा सकता है, जिससे वे अपने नज़दीकी हैम्स की सहायता से गगनयान के यात्रियों से सीधे बातचीत कर सकेंगे। इसके लिए भारत सरकार के दूरसंचार विभाग द्वारा अनुसूचित नियमावली में सुधार की आवश्यकता होगी। वर्तमान नियमावली किसी भी हैम को अपने रेडियो स्टेशन से किसी गैर-हैम को बात करवाने की अनुमति नहीं देती। जिसकी वजह से भारतीय छात्र, जिनके पास हैम लाइसेंस नहीं है वे इन सुविधावों का लाभ नहीं उठा सकते।

7. प्रस्तावित नीतभार

प्रस्तुत लेख में अमेच्योर रेडियो की गतिविधियों को गगनयान से उपलब्ध कराने हेतु एक नीतभार का प्रस्ताव रखा गया है, जिस की सहायता से अंतरिक्ष यात्री दुनियाभर के हैम्स से बातचीत कर सकते है। इतना ही नहीं, बल्कि इसी नीतभार की सहायता से, प्रयोगों में व्यस्त अंतरिक्ष यात्रियों अपने हैम्स की सहायता से एक दूसरे से काफी अंतर तक अपनी बातचीत रिले कर सकते है।

प्रस्तावित नीतभार की अंदरूनी संरचना को आकृति 2 में दर्शाया गया है। इस संरचना में दो एफ़. एम. ट्रांसरिसीवर की सहायता से फ्रीक्वेंसी रिपीटर का अनुशोधन किया गया है, जो दो फ्रीक्वेंसी बैंड्स (वी.एच.एफ़.

तथा यू.एच.एफ़.) में अपना काम करता है। एक लघु प्रक्रमक (माइक्रो कंट्रोलर/प्रोसेसर) द्वारा एफ़.एम. ट्रांसरिसीवर की अलग-अलग रीति में क्रमादेशित किया जा सकता है।



आकृति 2: गगनयान के लिए अमेच्योर रेडियो के प्रस्तावित नीतभार की संरचना

नीतभार की विभिन्न रीतियों को आकृति क्र. 1 में संक्षिप्त में दर्शाया गया है। इस नीतभार को वी.एच.एफ़./यु.एच. एफ़. बैंड में अभिग्राहक तथा प्रेषित्र के रूप में क्रमादेशित किया जा सकता है। एक ट्रांसरिसीवर का श्रवण संकेत आउटपुट दूसरे ट्रांसरिसीवर को देने मात्र से यह वॉयस रिपीटर बन जायेगा जिसकी सहायता से हैम्स लाबी अंतरिक्ष यात्री के हस्तक्षेप के बिना दूर तक वार्तालाप कर सकती है। ट्रांसरिसीवर द्वारा प्रक्रमण किये जाने वाले श्रवण संकेतों को माइक्रोफोन तथा स्पीकर से जोड़े जाने से अंतरिक्ष यात्री हैम्स से वार्तालाप कर सकते हैं।

टेबल 1: प्रस्तावित नीतभार की परिचालन रीतियों का संक्षिप्त विवरण।

अनु. क्र.	**एफ़.एम. ट्रांसरिसीवर 1 (वी.एच.एफ़.)**	**एफ़.एम. ट्रांसरिसीवर 2 (यू.एच.एफ़.)**	**विमाडूलन संकेत का सम्बन्ध**	**रीति**
1	प्रेषित्र	अभिग्राहक	माइक्रोफोन तथा स्पीकर्स	U/V बैंड्स द्वारा अंतरिक्ष यात्री से बातचीत
2	प्रेषित्र	अभिग्राहक	अन्तर ट्रांसरिसीवर जोड़	U/V बैंड्स में ध्वनि पुनरावर्तक
३	अभिग्राहक	प्रेषित्र	माइक्रोफोन तथा स्पीकर्स	V/U बैंड्स द्वारा अंतरिक्ष यात्री से बातचीत
४	अभिग्राहक	प्रेषित्र	अन्तर ट्रांसरिसीवर जोड़	V/U बैंड्स में ध्वनि पुनरावर्तक

प्रस्तावित नीतभार के कार्य का परिक्षण करने हेतु 95 सेमी x 96 सेमी के मुद्रित परिपथ बोर्ड पर इस संरचना का अदि प्रारूप बनाया गया है। इस नीतभार का प्राथमिक परिक्षण हमें गगनयान के प्रयोग के लिए प्रोत्साहित करता है।

8. निष्कर्ष

दुनियाभर के मानवसहित उड़ानों में अमेच्योर रेडियो ने अंतरिक्ष यात्रियों को अपने यात्रा के दौरान दुनियाभर के हैम्स से बातचीत का मौका देकर अंतरिक्ष यात्रियों का मनोबल बरकरार रखा है। ST-9 मिशन से लेकर सरेक्स, मीर तथा अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष केंद्र (आई.एस.एस.) जैसे कई मानवसहित उड़ानों में अमेच्योर रेडियो ने एक आपातकालीन दूरसंचार साधन की तरह अपना कार्य किया है। अमेच्योर रेडियो ने दुनियाभर के छात्रों एवं आम नागरिकों को विज्ञान, तंत्रज्ञान इत्यादि विषयों में रुचि उत्पन्न करने का महत्त्वपूर्ण काम किया है। अमेच्योर रेडियो के पूर्वी मिशन में दिए गए इन योगदानों को ध्यान में रखकर इसे गगनयान मिशन में उपयोग में लाने के लिए आग्रह किया गया है।

सन्दर्भसूची

[1] https://www.republicworld.com/science/space/8-yr-old-connects-fathers-radio-to-international-space-station-nasa-astronaut-responds-articleshow.html, अंतिम समय: 16-अक्टूबर-2022।
[2] Jim Maxwell (W6CF), Amateur Radio: 100 Years of Discovery, QST Magazine, Jan 2000.
[3] Frank H. Bauer (KA3HDO), Amateur Radio on Human Spaceflight Missions—30 Years
[4] Keith Baker, Manned Space and Amateur Radio, Monitoring Times, May 2010
[4] https://www.youtube.com/watch?v=h73EYcyszf8 अंतिम समय: 16-अक्टूबर-2022।
[5] https://www.n2yo.com/satellite/?s=25544 अंतिम समय: 16-अक्टूबर-2022।
[6] Sandeep Baruah, A guide to Ham Radio, Vigyan Prasar, New Delhi
[7] https://ariss-sstv.blogspot.com/ अंतिम समय: 16-अक्टूबर-2022।
[8] https://www.rtl-sdr.com/receiving-sstv-with-rtl-sdr/ अंतिम समय: 16-अक्टूबर-2022।

लेखक परिचय:



डॉ. राहुल गौतम वाघमारे वर्तमान में उन्नत संचार प्रौद्योगिकी प्रभाग, संचार प्रणाली समूह, यू.आर. राव उपग्रह केंद्र में कार्यरत हैं। आप चरणबद्ध सारणी एंटेना (Phased Array Antenna) तथा आँकड़ा प्रेषित्र आदि प्रणालियों पर काम कर चुके हैं। आप सीमित श्रेणी के अमेच्योर रेडियो प्रचालक हैं और हैम्स सम्बन्धी विषयों में रुचि रखते हैं।



डॉ योगेश प्रसाद के.आर. वर्तमान में संचार प्रणाली समूह, यू.आर. राव उपग्रह केंद्र के उन्नत संचार प्रौद्योगिकी प्रभाग के प्रधान हैं। आप चरणबद्ध सारणी एंटेना (Phased Array Antenna), आँकड़ा प्रेषित्र, माइक्रोवेव फोटोनिक्स तथा क्वांटम संचार आदि क्षेत्र में काम कर चुके हैं। आप सीमित श्रेणी के अमेच्योर रेडियो प्रचालक हैं और हैम्स सम्बन्धी विषयों में रुचि रखते हैं।



श्रीमती सुमन आर. वालके वर्तमान में संचार प्रणाली समूह, यू.आर. राव उपग्रह केंद्र के जिओ प्रेषानुकर प्रभाग की प्रधान हैं। आप ने जिओ तथा लिओ उपग्रहों के लिये दूरमिति प्रेषित्र, शक्ति प्रवर्धक तथा कला माड्युलक अदि प्रणालियों पर काम किया है। आप सीमित श्रेणी की अमेच्योर रेडियो प्रचालक हैं और हैम्स सम्बन्धी विषयों में रुचि रखते हैं।



श्रीमती रामलक्ष्मी एन वर्तमान में यू.आर. राव उपग्रह केंद्र के संचार प्रणाली समूह की समूह निदेशक हैं। आपने चरणबद्ध सारणी एंटेना (Phased Array Antenna), एक्स. तथा के.ऐ. (X/Ka) बैंड फ्रीक्वेंसी पर कार्यान्वित आँकड़ा प्रेषित्र आदि क्षेत्र में काम किया है।



डॉ वेंकटरमणा डी.वी. संचार प्रणाली समूह, यू.आर. राव उपग्रह केंद्र के उप निदेशक हैं। आपने चरणबद्ध सारणी एंटेना (Phased Array Antenna), आँकड़ा प्रेषित्र, माइक्रोवेव फोटोनिक्स आदि क्षेत्र में काम किया है। आप संचार प्रणाली समूह के समूह निदेशक रहे हैं।

चालक दल के अभियान के विभिन्न चरणों के दौरान संचार

विजयश्री
मानव-अनुमत प्रमाणीकरण समूह
यू आर राव उपग्रह केंद्र

सारांश

एक क्रू प्रणाली वह है जो मानवीय आवश्यकताओं को समायोजित करता है, मानव संचालन के लिए सुरक्षित माने जाने के लिए पर्याप्त निश्चितता के साथ खतरों को नियंत्रित करता है और अधिकतम सीमा तक व्यावहारिक, खतरनाक स्थितियों से चालक दल को सुरक्षित रूप से पुनर्प्राप्त करने की क्षमता प्रदान करता है। चालक दल की सुरक्षित वसूली को सक्षम करने के लिए इसे सुरक्षा सुविधाओं और क्षमताओं को भी शामिल करना होगा। सुरक्षा प्रणाली के पूरे जीवन चक्र में सभी कार्यक्रम गतिविधियों का एक अभिन्न अंग हैं, जिसमें आवश्यकताएं, डिजाइन और विकास, परीक्षण और सत्यापन, कार्यक्रम प्रबंधन और नियंत्रण, अभियान संचालन शामिल हैं।

चालक दल के अभियान में अभियान के विभिन्न चरण हैं, जैसे चढ़ाई चरण, कक्षीय चरण, अपवर्धन चरण और पुनः प्रवेश चरण। विभिन्न चरणों के लिए संचार आवश्यकताएं अलग-अलग हैं। यह पत्र टेलीमेट्री, दूरसंचार, चालक दल के अभियान की श्रवण वीडियो आवश्यकता और अभियान के विभिन्न चरणों के लिए संचार विन्यास प्रदान करता है।

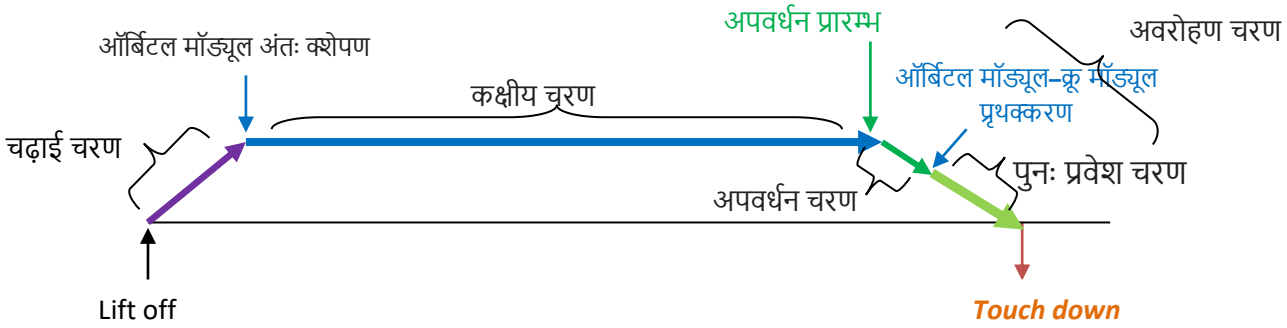
1. परिचय

गगनयान कार्यक्रम का उद्देश्य तीनों चालक दल के सदस्यों को निम्न भू कक्ष (एल.ई.ओ.) तक ले जाने और पृथ्वी पर पूर्व-निर्धारित गंतव्य पर सुरक्षित रूप से लौटाने के लिए, मानव के रहने योग्य अंतरिक्ष कैप्सूल विकसित करना है। अभियान के लिए स्पेस कैप्सूल को ऑर्बिटल मॉड्यूल (ओ.एम.) कहा जाता है, जिसमें क्रू मॉड्यूल (सी.एम.) और सर्विस मॉड्यूल (एस.एम.) शामिल होते हैं। सी.एम. में क्रू और सभी मुख्य एवियोनिक्स पैकेज हैं और एस.एम. में एसेंट, ऑर्बिटल और डी-बूस्ट ऑपरेशंस के लिए आवश्यक प्रणाली हैं। गगनयान-जी1 गगनयान कार्यक्रम का पहला मानवरहित अभियान है।
गगनयान-जी1 अभियान का उद्देश्य नाममात्र चढ़ाई अभियान अनुक्रम (बिना किसी विफलता प्रेरित विफलता की संभावनाओं के) और ऑन-ऑर्बिट, डी-बूस्ट, डिसेंट और रीएंट्री का प्रदर्शन है। नाममात्र चढ़ाई अभियान अनुक्रम के निष्पादन में लॉन्च वाहन की नई डिज़ाइन के वायुगतिकीय प्रदर्शन का प्रदर्शन, क्रू एस्केप प्रणाली को नाममात्र अभियान के रूप में अलग करना और सर्विस मॉड्यूल एल.ए.एम. इंजन का उपयोग करके सर्कुलराइजेशन शामिल है। ऑन-ऑर्बिट, डी-बूस्ट, डिसेंट और री-एंट्री के प्रदर्शन में कक्षीय अवधि के दौरान ऑन-ऑर्बिट अभियान प्रबंधन का प्रदर्शन, ऑन-ऑर्बिट विकिरण स्तरों का आकलन और मानव शारीरिक स्तरों से संबंधित डेटा, टेलीमेट्री सहित आर.एफ. संचार का प्रदर्शन शामिल है। ट्रैकिंग और कमांडिंग के साथ-साथ वीडियो लिंक इस प्रकार जी 1 के लिए परिभाषित ग्राउंड स्टेशन नेटवर्क को मान्य करते हैं और पुन: प्रवेश के दौरान संचार ब्लैक आउट शासन का आकलन करते हैं, सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण प्रयोग करते हैं, कक्षीय पुन: प्रवेश के लिए थर्मल सुरक्षा प्रणाली के प्रदर्शन को मान्य करते हैं, प्रदर्शन करते हैं संवृत पाश (क्लोज्ड लूप) नौसंचालन निर्देशन व नियंत्रण (एन.जी.सी.) के माध्यम से सीएम के वायुमंडलीय चरण नियंत्रण, सी.एम. के 3 चरण पैराशूट ब्रेकिंग का प्रदर्शन और समुद्र में स्पलैश डाउन और रिकवरी ऑपरेशन के मानक संचालन प्रक्रियाओं (एस.ओ.पी.एस.) को निष्पादित करना और सभी एजेंसियों की भागीदारी के साथ क्रू मॉड्यूल को पुनर्प्राप्त करना।

2. अभियान सिंहावलोकन:

I. चढ़ाई चरण (च. च.)
II. कक्षीय चरण (क. च.)
III. अपवर्धनफेज चरण (अ. च.)
IV. पुनः प्रवेश चरण (पु. च.)

चरणों का विवरण चित्र में देखा जा सकता है।



चित्र 1 विशिष्ट कर्मीदल अभियान के चरण

2.1 चढ़ाई चरण (च च)

यह गगनयान अभियान का पहला चरण है। यह लिफ्टऑफ से ऑर्बिटल मॉड्यूल इंजेक्शन तक शुरू होता है। नामीय के परिदृश्य में यह लगभग 15-17 मिनट तक रहता है। यह एक विशिष्ट प्रक्षेपण यान उड़ान अवधि है। अवधि अभियान से अभियान में भिन्न होगी। गैर-नामीय मामले में यानी यदि कोई असफलता होती है तो इसे आरोही असफलता कहा जाएगा। हालाँकि हम लेख में नाममात्र के मामले तक ही सीमित रहेंगे। चढ़ाई के चरण को आमतौर पर गतिशील स्थितियों में बड़े बदलाव की विशेषता होती है, जो स्थिर अवस्था से सुचारू लिफ्ट-ऑफ से शुरू होती है और 7.8 किमी/सेकंड के क्रम के कक्षीय वेग को प्राप्त करने के लिए त्वरित मोड है।

2.2 कक्षीय चरण (क च)

अभियान का ऑन-ऑर्बिट चरण ऑर्बिटल मॉड्यूल के इंजेक्शन से कक्षा में शुरू होता है, जब तक कि इसे डी-बूस्ट अभियान के लिए तैयार नहीं किया जाता है। सर्विस मॉड्यूल के रिएक्शन कंट्रोल प्रणाली थ्रस्टर्स की मदद से कक्षीय मॉड्यूल को त्रिअक्षीय स्थिर मोड में बनाए रखा जाएगा। यह कक्षा में कक्षीय वाहन को बनाए रखने के लिए आवश्यक नीतभार संचालन, चालक दल/अंतरिक्षयान स्वास्थ्य निगरानी, कक्षा सुधार संचालन, अंशांकन और नियंत्रण गतिविधियों को समायोजित करता है।

2.3 अपवर्धन चरण (अ च)

सभी प्रयोग समाप्त होने और उतरने का निर्णय लेने के बाद डीबूस्ट गतिविधि शुरू होती है। अभियान का यह चरण नेविगेशन प्रणाली के आरंभ और डी-बूस्ट के लिए ऑर्बिटल मॉड्यूल की तैयारी से शुरू होता है, जिसमें ओ.एम. का एक बड़ा कोण युक्तिकौशल शामिल है, जैसे कि थ्रस्टर्स को नकारात्मक वेग दिशा के साथ निकाल दिया जा सकता है। डी-बूस्ट बर्न ऑपरेशन के बाद, यह चरण एस.एम. से सीएम के अलग होने के बिंदु तक डी-बूस्ट के बाद तक फैला हुआ है। इस चरण के दौरान अभिवृत्ति नियंत्रण के लिए आर.सी.एस. थ्रस्टर्स लगाए जाते हैं।

2.4 पुनः प्रवेश चरण (पु च)

लगभग 170 किमी पर क्रू मॉड्यूल (सी.एम.) से अलग होने के बाद, सर्विस मॉड्यूल (एस.एम.) वातावरण में फिर से प्रवेश करता है और सुरक्षित रूप से निपटाया जाता है। सी.एम. का अवतरण चरण सी.एम.-एस.एम. अलगाव से शुरू होता है।

i. एक्सो-वायुमंडलीय चरण जहां सी.एम. संवृत पाश निर्देशन (क्लोज लूप गाइडेंस – सी.एल.जी.) के अधीन है और सी.एम. में रिएक्शन कंट्रोल प्रणाली (आर.सी.एस.) थ्रस्टर्स के साथ नियंत्रित होता है, ताकि लक्ष्य प्रवेश आपात कोण (angle of attack) और बैंक कोण की स्थिति तक पहुंच सके, और

ii. वायुमंडलीय पुन: प्रवेश चरण, जो 120 किमी से शुरू होता है। पुन: प्रवेश प्रक्षेपवक्र उथले उड़ान पथ कोण से शुरू होता है और समुद्र तक प्रभाव फैलता है। इस चरण के दौरान, सी.एम. रवैया नियंत्रण के लिए और वांछित प्रभाव के लिए सी.एम. को लक्षित करने के लिए, आर.सी.एस. थ्रस्टर्स द्वारा नियंत्रित बैंक एंगल युक्तिकौशल के साथ हाइपरसोनिक री-एंट्री करता है। सक्रिय नियंत्रण अवधि 120 किमी से

लेकर पैराशूट परिनियोजन की शुरुआत के बिंदु तक फैली हुई है। न्यूनतम फैलाव के साथ समुद्र में पूर्व निर्धारित स्थान पर सी.एम. प्रभाव?

ऊपर वर्णित सभी चरणों के लिए, टेलीमेट्री और दूरसंचार की आवश्यकता लगभग पूरी अवधि के लिए मौजूद रहनी चाहिए। टी.एम.-टी.सी. के अलावा, चालक दल के स्वास्थ्य की निगरानी के लिए पूरी अवधि के लिए निरंतर श्रवण-वीडियो लिंक की उपलब्धता होनी चाहिए।

3. टेलीमेट्री और दूरसंचार विन्यास

3.1 आवश्यकताएँ

चालक दल के अभियान में आर.एफ. संचार प्रणाली की आवश्यकताओं को तालिका 1 में संक्षेपित किया गया है। मुख्य आवश्यकताएं निम्नलिखित हैं:

1) कक्षा चरण के दौरान टेली-कमांड (टी.सी.) और टेली-मेट्री (टी.एम.) के लिए 90% संचार कवरेज
2) चढ़ाई के दौरान टी.एम. समर्थन (क्रू मॉड्यूल फेयरिंग सेपरेशन से पहले) और इंस्ट्रूमेंटेशन डेटा डाउनलिंक के लिए डिसेंट चरण
3) अभियान के नामीय और गैर-नामीय चरण के दौरान कक्षा निर्धारण के लिए दो-तरफा डॉपलर
4) प्रारंभिक कक्षा निर्धारण (पी.ओ.डी.) के लिए लॉन्च पैड, चढ़ाई और इंजेक्शन चरण के दौरान एस.पी.एस. समर्थन

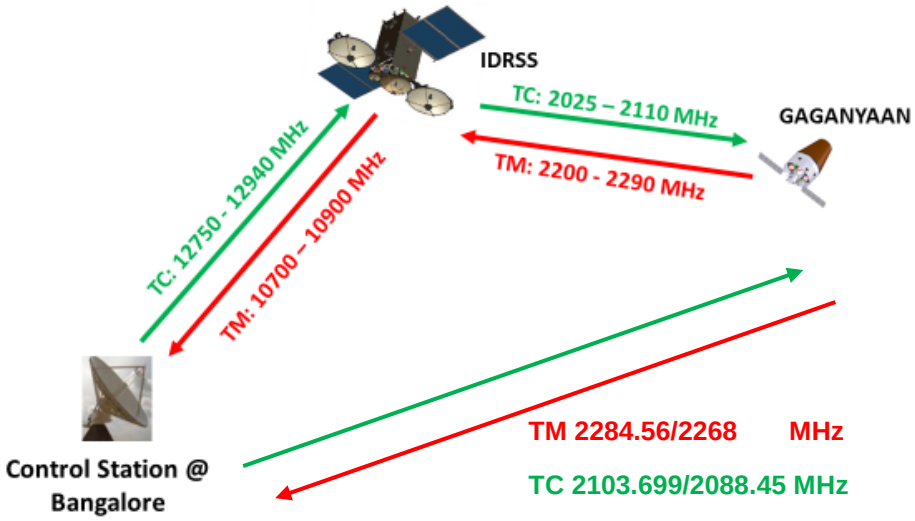
कार्यक्षमता	लॉन्च पैड (एलपी)	चढ़ाई चरण(च च)	कक्षीय चरण (क च)	अवरोहण चरण (अ च)
टेली-आदेश	हाँ	हाँ	हाँ	नहीं
टेली-मेट्री	हाँ	हाँ	हाँ	हाँ
दो तरफा डॉपलर	हाँ	हाँ	हाँ	हाँ
राज्य वेक्टर (एसपीएस)	नहीं	हाँ	हाँ	हाँ

तालिका 1 आर.एफ. संचार प्रणाली की आवश्यकताएं

3.1 समग्र आरएफ विन्यास

ओ.एम. में आर.एफ. संचार प्रणालियों को टी.टी. एंड सी. संचार लिंक स्थापित करने के लिए कॉन्फ़िगर किया गया है और अभियान के सभी चरणों के दौरान उपग्रह पोजिशनिंग प्रणाली का उपयोग करके कक्षीय मॉड्यूल प्रदान करता है। आर.एफ. विन्यास संचार लिंक चित्र 2 में दिखाए गए हैं। ओ.एम. में आर.एफ. प्रणाली को निम्नलिखित लिंक स्थापित करने के लिए कॉन्फ़िगर किया गया है।

1. डेटा रिले लिंक यानी आई.डी.आर.एस.एस. उपग्रह के माध्यम से। यह टी.सी.-टी.एम. संचार के लिए प्रमुख कड़ी है। ग्राउंड स्टेशन से आई.डी.आर.एस.एस. से गगनयान-जी.1 तक के टी.सी. लिंक को फॉरवर्ड लिंक (एफ.एल.) कहा जाता है और गगनयान-जी.1 से आई.डी.आर.एस.एस. से ग्राउंड स्टेशन तक के टी.एम. लिंक को रिटर्न लिंक (आर.एल.) कहा जाता है।
2. डायरेक्ट टू ग्राउंड लिंक यानी ग्राउंड स्टेशन के माध्यम से।



चित्र 2 आर.एफ. विन्यास

आर.एफ. प्रणाली कॉन्फ़िगरेशन को चित्र 2 में दर्शाया गया है और इस में संक्षेपित किया गया है। ओ.एम. में आर.एफ. प्रणाली में निम्न शामिल हैं:

- एस-बैंड स्प्रेड स्पेक्ट्रम टी.सी. रिसीवर और एस-बैंड स्प्रेड स्पेक्ट्रम टी.एम. ट्रांसमीटर, जो आई.डी.आर.एस.एस. उपग्रह के माध्यम से 90% कवरेज प्रदान करता है।
- एस-बैंड टी.टी.सी. ट्रांसमीटर और एस-बैंड सुसंगत टी.टी.सी. रिसीवर, जो ग्राउंड स्टेशन दृश्यता के दौरान टी.एम., टी.सी. और दो-तरफा डॉपलर समर्थन प्रदान करते हैं।
- सैटेलाइट पोजिशनिंग प्रणाली, जो अभियान के सभी चरणों के दौरान अवस्था संदेश देता है।
- संबद्ध निष्क्रिय और एंटेना तत्व

व्यवस्था	आवृत्ति (मेगाहर्ट्ज)	प्रणाली	मॉडुलन योजना	डेटा गति (के.बी.पी.एस.)	अभियान सहायता चरण	टिप्पणियां
एस-बैंड सी.डी.एम.ए.	2100.38	3	एस.एस.-बी.पी.एस.के.	4	ओ.पी., डी.पी.	G1-IDRSS लिंक एस.-बैंड सी.डी.एम.ए.
टी.एम.	2277	2	एस.एस.-बी.पी.एस.के.	16	ओ.पी., डी.पी.	G1-IDRSS लिंक
एस बैंड सुसंगत टी.टी. एंड सी. रिसीवर	2103.699 Rx1 2088.45 RX2	2	पी.एम./पी.एस.के.	4	एल.पी., ए.पी., ओ.पी.	G1-ग्राउंड लिंक
एस. बैंड सुसंगत टी.टी. एंड सी. ट्रांसमीटर	टी.एक्स.1-2284.56 टी.एक्स.2-2268	2	बी.पी.एस.के.	16-1200	एल.पी., ए.पी., ओ.पी., डी.पी.	G1-ग्राउंड लिंक
एस.पी.एस.	एल.1, एल.5	3	एस.एस.-बी.पी.एस.के.	0.050	एल.पी., ए.पी., ओ.पी., डी.पी.	जी.पी.एस.-नाविक

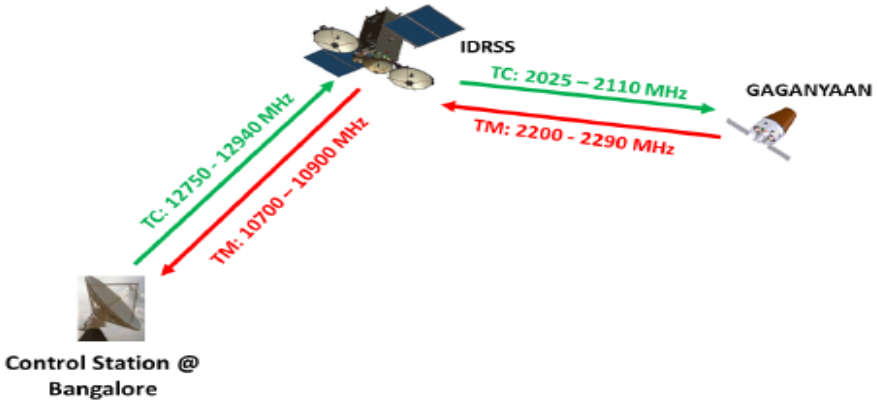
तालिका 2 कक्षीय मॉड्यूल में आरएफ विन्यास

4. भारतीय डेटा रिले उपग्रह प्रणाली या आई.डी.आर.एस.एस. संचार प्रणाली डिज़ाइन।

आईडीआरएसएस तारामंडल को इसरो के निम्न भू कक्षीय (एल.ई.ओ.) उपग्रह तारामंडल और ओ.एम. की निरंतर दृश्यता आवश्यकता को पूरा करने के लिए प्रस्तावित किया गया है। 360-डिग्री आवृत्त क्षेत्र के अलावा सर्वोत्तम नक्षत्र तीन उपग्रह 120-डिग्री पर है। एक लागत प्रभावी प्रणाली के लिए, सर्वोत्तम संभव आवृत्त क्षेत्र के लिए एक समूह में दो उपग्रहों का विश्लेषण किया जाता है। दो आई.डी.आर.एस.एस. उपग्रहों के लिए पहचाने गए कक्षीय स्थिति 42.5 डिग्री पू हैं और 148.5 डिग्री पू अभियान के लिए वास्तविक समय संचार/डेटा संचरण के लिए और बदले में अधिकतम आवृत्त क्षेत्र प्रदान करने के लिए।

4.1 टेलीमेट्री/ टेली-कमांड सेवाओं के लिए गगनयान संयोजकता

गगनयान संयोजकता क्रमशः टेली-कमांड और टेलीमेट्री सेवाओं के लिए आगे की ओर के लिंक (ग्राउंड – आई.डी.आर.एस.एस. - गगनयान) और वापसी का पथ के लिंक (गगनयान – आई.डी.आर.एस.एस. - ग्राउंड) के माध्यम से हासिल की जानी है। हब लिंक केयू-बैंड में हैं और उपयोगकर्ता लिंक एस-बैंड में हैं, इस प्रकार आगे की ओर के लिंक को केयू X एस चैनल और वापसी का पथ के लिंक को एस X केयू-चैनल ऑन-बोर्ड आई.डी.आर.एस.एस. के रूप में पहचाना जाता है।

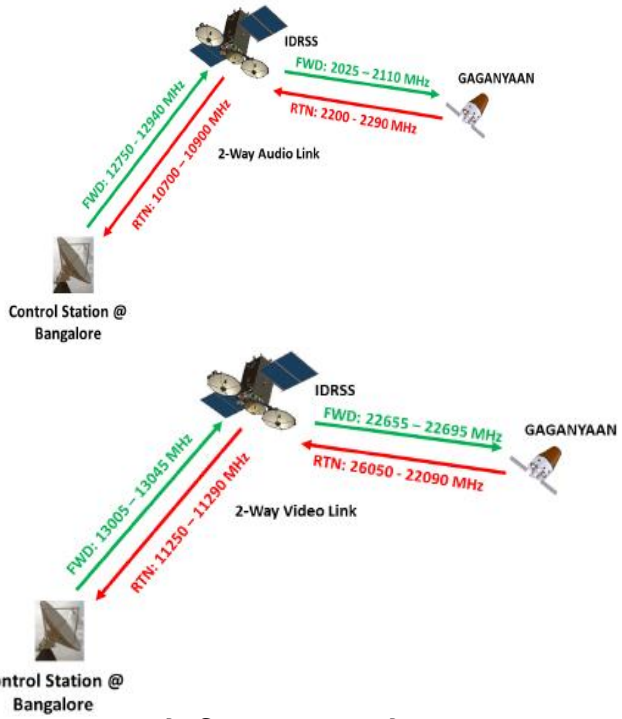


चित्र 3 टेलीमेट्री/टेली-कमांड सेवाओं के लिए गगनयान संयोजकता

नीतभार को आगे की ओर के लिंक में टेली-कमांड चैनल (आर.एच.सी.पी. और एल.एच.सी.पी. दोनों में) और वापसी के पथ के लिंक में टेलीमेट्री चैनल (एल.एच.सी.पी. और आर.एच.सी.पी. दोनों में) प्रदान करने के लिए आकार देना या कॉन्फ़िगर किया गया है। आगे की ओर और वापसी का पथ के लिंक डिज़ाइन चित्र 3 में दिखाया गया है। गगनयान अभियान के दौरान, दोनों Ka/S बैंड एंटीना ऑन-बोर्ड आई.डी.आर.एस.एस. अतिरिक्त अतिरेक प्रदान करने के लिए एक साथ गगनयान पर नज़र रखेंगे।

1.1 श्रव्य संचार के लिए गगनयान संयोजकता

दो तरफा श्रव्य लिंक के लिए गगनयान संयोजकता आगे की ओर के लिंक (ग्राउंड – आई.डी.आर.एस.एस. - गगनयान) और वापसी का पथ के लिंक (गगनयान- आई.डी.आर.एस.एस. - ग्राउंड) के माध्यम से हासिल की जानी है। हब लिंक केयू-बैंड में हैं और उपयोगकर्ता लिंक एस-बैंड में हैं, इस प्रकार आगे की ओर के लिंक को केयू X एस चैनल के रूप में और वापसी का पथ के लिंक को एस X केयू-चैनल ऑन-बोर्ड आई.डी.आर.एस.एस. के रूप में पहचाना जाता है। पेलोड को आगे की ओर के लिंक और वापसी का पथ के लिंक दोनों में श्रव्य चैनल (आर.एच.सी.पी. और एल.एच.सी.पी. दोनों में) प्रदान करने के लिए कॉन्फ़िगर किया गया है।



चित्र 4 श्रव्य संचार के लिए गगनयान संयोजकता

आगे की ओर के और वापसी के पथ का लिंक आर्किटेक्चर चित्र 4 में दिखाया गया है। गगनयान अभियान के दौरान, दोनों Ka/S बैंड एंटीना ऑन-बोर्ड आई.डी.आर.एस.एस. अतिरिक्त अतिरेक प्रदान करने के लिए एक साथ गगनयान पर नज़र रखेंगे।

यह आंकड़ा आई.डी.आर.एस.एस._42.5E और आई.डी.आर.एस.एस._148.5E से व्यक्तिगत और संयुक्त कवरेज अनुमान दिखाता है। तालिका 3 आई.डी.आर.एस.एस. और उपयोगकर्ता यानी **गगनयान** अनुशंसित कवरेज सारांश दिखाती है। दोनों आई.डी.आर.एस.एस. उपग्रहों से गगनयान तक पहुंच की गणना की जाती है। इस अध्ययन के लिए अनुमानित कक्षा 50° झुकाव के साथ 400 किमी की ऊंचाई पर मानी जाती है।

क्रम संख्या	उपयोगकर्ता	ऊंचाई	झुकाव	% आई.डी.आर.एस.एस. से कवरेज - **42.5**	% आई.डी.आर.एस.एस. से कवरेज - **148.5**	आई.डी.आर.एस.एस. से कुल कवरेज **42.5** और **148.5**
1.	गगनयान	400 किमी	50 डिग्री	57.7	58.8	87.6

तालिका 3 आई.डी.आर.एस.एस. और **गगनयान** अनुशंसित कवरेज

5. निष्कर्ष

यह देखा जा सकता है कि आईडीआरएसएस के साथ कवरेज लगभग 87.6% है। बाकी दुनिया भर में फैले ग्राउंड स्टेशनों द्वारा कवर किया जा सकता है। यह टीटीसी, श्रवण और वीडियो डाउनलोड कॉन्फ़िगरेशन पर प्रारंभिक विश्लेषण है। हालांकि, जैसे-जैसे कार्यक्रम आगे बढ़ेगा, संख्या और स्पष्ट होती जाएगी।

6. संदर्भ

[i] रक्षा निर्देश विभाग (डीओडीआई): 5000.02 26 नवंबर, 2013
[ii] एमआईएल-एसटीडी-882ई 11 मई 2012: एमआईएल-एसटीडी-882डी का स्थान लेना 10 फरवरी 2000; रक्षा मानक अभ्यास प्रणाली सुरक्षा विभाग
[iii] प्रणाली सुरक्षा के लिए खतरा विश्लेषण तकनीक, क्लिफ्टन ए. एरिक्सन द्वारा, II
[iv] प्रणाली सेफ्टी सोसाइटी द्वारा प्रकाशित प्रणाली सेफ्टी एनालिसिस हैंडबुक
[v] आईडीआरएसएस PDR संचार पेलोड मार्च 2020 ISRO-SAC-IDRSS-PDR-001-Rev1

[vi] G1 अभियान के लिए अभियान आवश्यकताएँ, विशिष्टताएँ और एकीकृत अभियान प्रबंधन योजना (अंक 1, रेव 0) GY-HSFC-MA-REQ-TR-31-21
[vii] गगनयान जी1 के लिए आरएफ प्रणाली का पीडीआर। इसरो-यूआरएससी-गगनयान-आरआर-1746

7. लेखक परिचय:



श्रीमती विजयश्री, इलेक्ट्रॉनिक्स और दुरसंचार के क्षेत्र में, गुल्बर्गा विश्व विध्यालय से स्नातक उपाधि प्राप्त करके 1999 में सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र में शार कंप्यूटर सुविधाएँ समूह में शामिल हुईं। 2015 में भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान और प्रोद्योगिकी संस्थान से अंकीय संकेत संसाधन विषय में स्नातकोत्तर की उपाधि प्राप्त की। एस.डी.एस.सी. शार से इसरो उपग्रह केंद्र में अभियान संचालन योजना में करीब 20 साल में भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रहों जैसे रिसोर्ससैट, कार्टोसैट और रिसैट श्रृंखला का समर्थन करते हुये कई उपग्रहों की संचालन निदेशक, अभियान निदेशक और उप परियोजना निदेशक के रूप में काम किया। चंद्रयान-2 के गतिविधियों के लिए स्टेशन समर्थन आवश्यकताओं के लिए इसरो-नासा जे.पी.एल. समर्थन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई। वर्तमान में वे, यू.आर.एस.सी. के गगनयान तत्वों के प्रमाणीकरण के लिए मानव रेटिंग प्रमाणन हेतु उत्तरदायी हैं।

भारतीय डेटा रिले उपग्रह तंत्र के लिए के.यू.-बैंड प्रेषानुकर

राजीव रंजन, दीपांकर रॉय तथा ए. आर. खान
यू. आर. राव उपग्रह केंद्र, बेंगलूरु

सारांश

प्रथम भारतीय समानव अभियान गगनयान भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) के अब तक के अभियानों से अलग है। यह अभियान मानव को अंतरिक्ष में भेजने, किसी संचार, सूद्रर संवेदन उपग्रह या चंद्रयान , मंगलयान अभियानों से पूर्णत: भिन्न एक नवीन एवं अति जटिल अभियान है। उसकी सफलतापूर्वक उड़ान और अवतरण के निमित उपकरणों, उप तंत्रों का संपूर्ण गुणता, शून्य-दोष एवं अति उच्च विश्वसनीयता के साथ निष्पादन, गगनयान अभियान को चुनौतीपूर्ण बनाता है। इस परिप्रेक्ष्य में गगनयान से अति विश्वसनीय एवं दृढ़ संचार हर हाल में कायम रखना अहम हो जाता है। इस संचार में दूरमिति, दूरादेश, श्रव्य एवं दृश्य सूचनाएँ शामिल हैं। भारतीय डेटा रिले उपग्रह तंत्र की परिकल्पना इसी संचार की एक मुख्य कड़ी है। दूरमिति, अनुवर्तन तथा दूरादेश - प्रेषानुकर (टेलीमिट्री, ट्रैकिंग एंड कमांडिंग – टी.टी.सी. ट्रांसपॉन्डर) (Telemetry Tracking and Commanding -TTC Transponder) इस संचार को संभव बनाता है।

शब्द - संकेत

दूरमिति- Telemetry, दूरादेश – Telecommand, अनुवर्तन – tracking, भू-केंद्र – ground station, छननी - फ़िल्टर, प्रेषानुकर – transponder, संसाधन – processing, परासन – ranging, परावर्तक – reflector, सार्वदैशिक - omni directional, व्यास – diameter, दोलित्र – oscillator, आवृत्ति – frequency, निम्न रव प्रवर्धक – low noise amplifier, सुग्राहिता – sensitivity, अभिग्राही – receiver, प्रेषक – transmitter दूरमिति, अनुवर्तन तथा दूरादेश प्रेषानुकर (Telemetry Tracking and Commanding Transponder), उर्ध्व कड़ी (Uplink), अधो कड़ी (downlink), आवृत्ति (Frequency), परास प्रकार्य (Ranging function) ,विलगक (isolator), कलाबद्ध पाश - पी एल एल – (phase lock loop).

प्रस्तावना

गगनयान के प्रक्षेपण के समय से लेकर उसके वापस आने तक हर समय आवश्यक संचार सुविधा उपलब्ध रहना आवश्यक है, जिससे कि गगनयान और उसमे उपस्थित अंतरिक्षयात्रियों से हर समय आवश्यकतानुसार विभिन्न रूपों में संवाद / संचार किया जा सकता है। गगनयान से निम्नलिखित विधाओं में संचार की आवश्यकता हैं :

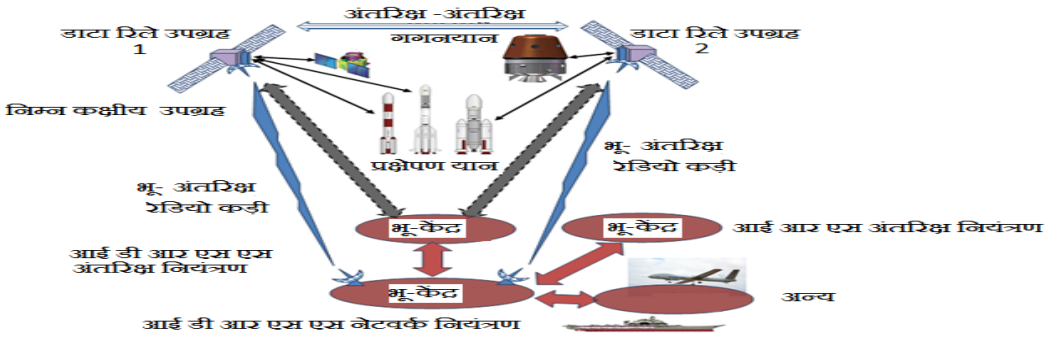
1. दूरमिति 2 . दूरादेश 3 . श्रव्य संकेत 4. दृश्य संकेत

दूरमिति, सामान्यतः उपग्रह से प्राप्त आकड़े हैं, जिसका संबंध इसकी प्रणालियों की स्वास्थ्य-स्थिति से होता है। इसके साथ ही उपग्रह प्रचालन संबंधी सूचना, उपग्रह स्थित मापन परिणामों, दूरादेशों के निष्पादन की जाँच आदि कार्य भी दूरमिति के माध्यम से की जाती है। इसके साथ ही इस आधार पर ही किसी तंत्र या उपतंत्र को आवश्यकतानुसार दूरादेश भी भेजा जा सकता है। गगनयान से अंतरिक्षयात्रियों का श्रव्य एवं दृश्य संकेतो के माध्यम से भी संचार आवश्यक होता है।

अन्य निम्न कक्षीय उपग्रहों की तरह गगनयान से सीधे भू-केंद्रों का संपर्क उसकी निम्न कक्षा, परिक्रमण काल के कारण हर समय संभव नहीं हो सकता है। इसलिए गगनयान से हर समय सतत संचार के लिए हमे, भू-केंद्र से हमेशा दृश्य रहने वाले भू-स्थिर उपग्रहों की आवश्यकता पड़ती है। भारतीय डेटा रिले उपग्रह तंत्र की परिकल्पना इसी आवश्यकता पर आधारित है।

विन्यास

भारतीय डेटा रिले उपग्रह तंत्र के अंतर्गत दो भू-स्थिर उपग्रह अंतरिक्ष में प्रक्षेपित किए जाएंगे, जो अन्य निम्न कक्षीय उपग्रहों के साथ-साथ गगनयान के लिए भी भू-केंद्रों से संचार के लिए सतत सतत संचार सेवाएँ (दूरमिति, दूरादेश, श्रव्य और दृश्य संचार सेवाएँ) की अंतरिक्ष कड़ी प्रदान करेंगे। आई.डी.आर.एस.एस. का मुख्य कार्य भू-केंद्रों और निम्न कक्षीय उपग्रहों से सूचनाएं प्राप्त करना और भेजना है, जिससे निम्न कक्षीय उपग्रहों की बहु-भू-केंद्रों पर निर्भरता भी कम हो जाएगी। इसके साथ ही कम समय में अधिक सूचनाएं गगनयान से भू-केंद्रों पर आ सकती हैं, जो कि गगनयान अभियान की सफलता के किए अत्यावश्यक है।
आई.डी.आर.एस.एस. उपग्रह द्वारा गगनयान से सभी संचार वास्तविक समय में संभव हो पाएंगे। कोई भी दूरादेश आई.डी.आ.एस.एस. उपग्रह के माध्यम से गगनयान को कभी भी भू-केंद्र से भेजा जा सकता है। दूरमिति भी इसी प्रकार हमेशा भू-केंद्रों पर प्राप्त हो सकेंगे, चाहे गगनयान भू-केंद्रों से रडियो दृश्य हो, या न हो। आई.डी.आर.एस.एस. प्रक्षेपण यान पर भी प्रक्षेपण के समय से ही निगरानी रख पाएगा। एक डेटा रिले उपग्रह लगभग अर्धकक्षा – काल तक गगनयान से संचार कर सकता है। इसके बगैर अन्य निम्न कक्षीय उपग्रहों के समान किसी एक भू-केंद्र से 10-15 मिनट ही संचार संभव हो पाएगा तथा एक भू-केंद्र से दूसरे भू-केंद्र के बीच लंबे अंतराल के लिए रेडियो अदृश्यता रहेगी अर्थात् संचार संभव नहीं हो पाएगा, जो कि किसी भी समानव अभियान के लिए अवांछनीय है। भारतीय डेटा रिले उपग्रह तंत्र की सहायता से गगनयान की निगरानी और संचार के लिए दृश्यता बढ़ जाएगी।



चित्र 1. आई.डी.आर.एस.एस. संचार कड़ियाँ

नासा ने भी इसी तरह का टी.डी.आर.एस.एस.-अनुवर्तन और डेटा (आकड़े) रिले तंत्र की अंतरिक्ष में स्थापना की है। आई.डी.आ.एस.एस. मुख्यतः, वर्तमान भू-केंद्रों की सेवा एवं क्षमता में अति-विस्तार है। इसके माध्यम से रेडियो दृश्यता एवं आकड़े भेजने की क्षमता दोनों में विस्तार हुआ है।



चित्र 2 . आई.डी.आर.एस.एस. की भौगौलिक स्थिति

क्रियान्वयन

120 डिग्री पार्थक्य के साथ दो आई.डी.आर.एस.एस. उपग्रह के माध्यम से गगनयान की 90% रेडियो दृश्यता संभव है और दोनों कक्षीय कोण इस प्रकार चयनित किए गए हैं कि दोनों उपग्रह भारतीय भू-केंद्रों से दृश्य हो। आई.डी.आर.एस.एस. उपग्रह में 2.2 मीटर संचालित परावर्तक ऐंटेना रहेंगे, जिनसे गगनयान का सतत

अनुवर्तन एस (S) और के.ए. (Ka) बैंड में संभव हो सकेगा। इसके अलावा आई.डी.आर.एस.एस. में स्थिर परावर्तक भू-केंद्रों से संचार करने के लिए आवश्यक है। आई.डी.आर.एस.एस. उपग्रहों की अनुमानित कक्षा 42 डिग्री और 161 डिग्री है।

अदृश्यता क्षेत्र गगनयान की कक्षा एवं तुंगता, आनति पर निर्भर करेगा। हमेशा संचार के लिए 100% दृश्यता के साथ तीन आई.डी.आर.एस.एस. उपग्रहों की आवश्यकता पड़ेगी। आई.डी.आर.एस.एस. में गगनयान से संचार के लिए सार्वदैशिक ऐंटेना होंगे।

प्रेषानुकर

आवृत्ति निर्धारण - आवृत्ति बैंड की उपलब्धता उपग्रह संचार तंत्र के लिए अति महत्वपूर्ण है। रेडियो आवृत्ति संचरण के लिए आवश्यक आवृत्ति स्पेक्ट्रम का निर्धारण और नियमन अंतरराष्ट्रीय दूरसंचार संघ (आई.टी.यू.) करता है। अंतरिक्ष संगठनो को आपस में सहयोग और समन्वय के द्वारा उपलब्ध एवं आबंटित आवृत्तियों का उपयोग करना होता है। उपग्रह में उपयोग की जाने वाले आवृत्ति बैंड का निर्धारण, उसके संचरण, प्रदर्शन और नियमन पर निर्भर करता है। अधिकांश दूरमिति, अनुरेखन और दूरादेश तंत्र एस-बैंड तथा सी-बैंड आवृति का उपयोग करते हैं, जिससे पृथ्वी के वायुमंडल में न्यूनतम संचरण क्षति होती है तथा आवश्यक आकड़ा गति भी आसानी से प्राप्त हो जाती है। उपग्रहों की बढ़ती संख्या के कारण भविष्य के सभी अभियानों में के.यू. (ku) बैंड के उपयोग की आवश्यकता होगी। के.यू.-बैंड प्रेषित्र का निर्माण इस तरह से किया गया है कि इसके प्रचालन से उपग्रह के किसी अन्य नीतभार या उपतंत्र के क्रियान्वयन में कोई व्यवधान न हो। उपग्रह के लिए चयनित कक्षा में उपस्थित उपग्रहों की आवृत्तियों के आधार पर प्रेषानुकर की आवृत्ति का चयन किया जाता है।

प्रेषित्र - कला मॉड्यूलन के.यू.-बैंड दूरमिति प्रेषित्र उपग्रह के दूरमिति आकड़े भू-केंद्रों को प्रेषित करता है। ये आकड़े कला मॉड्यूलन के.यू.-बैंड के वाहक द्वारा भेजे जाते हैं। इस प्रेषित्र में कलाबद्ध पाश (पी.एल.एल.) द्वारा स्थिर वाहक को उत्पन्न किया जाता है। वैरेक्टर डायोड द्वारा कला मॉड्यूलन, बी.जे.टी. तथा मेसफेट आधारित आवृत्ति गुणक एवं एम.एम.आई.सी. प्रवर्धक का प्रयोग किया गया है।

तंत्र विन्यास

[1] कला अनुबंधक पाश : इस प्रतिरूपक में ताप प्रतिपूरित क्रिस्टल दोलित्र, कला अनुबंधक पाश एवं विलगक का प्रयोग किया जाता है। कलाबद्ध पाश प्रेषित्र के निर्माण में ताप प्रतिपूरित रव दोलित्र, कलाबद्ध पाश परिपथ के लिए संदर्भ या निर्देश स्रोत का काम करता है। कलाबद्ध पाश द्वारा एस-बैंड की आवृत्ति को उत्पन्न किया जाता है। के.यू.-बैंड की आवृत्ति भी अति स्थिर ताप प्रतिपूरित रव दोलित्र के गुणधर्मों का अनुपालन करती है, जिससे प्रेषित संकेत की गुणवत्ता बढ़ जाती है। वाहक के खराब कला रव के कारण संकेतों का विरूपण हो जाता है। अतः, निम्न कला रव और इतर मुक्त संकेत प्राप्त करना आवश्यक हो जाता है।

[2] कला मॉड्यूल : पी.एल.एल. परिपथ के निर्गम एस-बैंड को कला मॉड्यूलन में निवेशित किया जाता है। उभय प्रतिरोधी प्रवर्धक द्वारा विलगन में सुधार किया जाता है तथा मॉड्यूलन के कारण होने वाले क्षय को भी पूरा किया जाता है। इस प्रवर्धक का निर्माण द्विध्रुवीय संधि ट्रांसिस्टर के माध्यम से किया जाता है। इस प्रवर्धक के निर्गम को परावर्तन तकनीक पर आधारित कला मॉड्यूलन परिपथ में निवेशित किया जाता है। आवृत्ति संश्लेष्क और कला मॉड्यूलन के बीच में विलगन को बढ़ाने के लिए उभय प्रतिरोधी प्रवर्धक और क्षीणकारक जोड़े जाते हैं।

[3] के.यू.-बैंड मॉड्यूल : यह मॉड्यूल आवृत्ति त्रियक (तृतीयक आवृत्ति), के.यू.-बैंड प्रवर्धक एवं के.यू.-बैंड एम.एम.आई.सी. प्रवर्धक से मिलकर बना होता है। आवृत्ति त्रियक सी-बैंड आवृत्ति को के.यू.-बैंड आवृत्ति में परिवर्तित करता है। इस परिपथ को क्षेत्र प्रभावी ट्रांसिस्टर (जे-फेट) से बनाया जाता है और के.यू.-बैंड संकेत को प्राप्त करने के लिए मैक्रोस्ट्रिप बैंड पारक चैनल छननी का प्रयोग किया जाता है।

प्रवर्धक के निर्गम को आवृत्ति त्रियक (तृतीयक आवृत्ति) के माध्यम से आवश्यक के.यू.-बैंड की आवृत्ति प्राप्त की जाती है, जिसके निर्गम को मेसफेट और एम.एम.आई.सी. प्रवर्धक के माध्यम से प्रवर्धित किया जाता है। इस

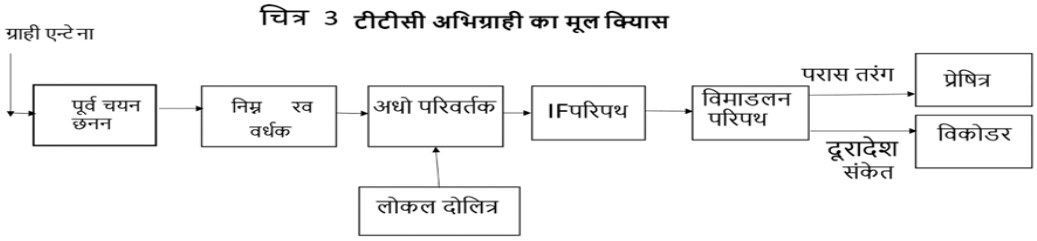
तरह आवश्यक निर्गत प्राप्त होता है। प्रत्येक चरण के निवेश/निर्गम पर उचित आवृत्ति के विलगक द्वारा आवश्यक विनिर्देश प्राप्त किए जाते हैं।

[4] नियंत्रक परिपथ मॉड्यूल : इस मॉड्यूल में अभिनिति कार्ड एवं नियंत्रण कार्ड का प्रयोग किया जाता है, जो कि शेष सभी कार्ड के प्रचालन के लिए आवश्यक विभव और निर्देश प्रदान करते हैं। अभिनिति कार्ड में प्रतिरोधी विभाजक जाल का प्रयोग किया जाता है, जो आवृत्ति गुणक एवं प्रवर्धकों को अभिनिति विभव प्रदान करता है। नियंत्रण कार्ड में रिले एवं योजक परिपथ होते हैं, जो दूरमिति डेटा एवं परास डेटा को संयुक्त करते हैं और कला मॉड्यूल को देते हैं।

अभिग्राही

दूरादेश अभिग्राही सूचना और वाहक का पृथकन करता है। इसमें दो प्रकार की सूचनाएं शामिल होती हैं। दूरादेश सूचना को विकोडर को दिया जाता है। विकोडन के बाद अनुपालन करने के लिए उप प्रणालियों तक पहुँचा जाता है। दूसरी सूचना परास तरंग को प्रेषित्र के मॉड्यूलक को दिया जाता है।
सबसे पहले रेडियो तरंगे ऐंटेना से होकर निवेश छननी में जाती हैं, जहाँ अवांछित रव आगे संचारित होने से रोके जाते हैं। इसके बाद इन्हें निम्न रव प्रवर्धक द्वारा प्रवर्धित कर मिश्रक में आवृत्ति रूपांतरण के लिए भेजा जाता है, जिससे कि वांछित प्रेषण आवृत्ति प्राप्त की जा सके। मिश्रक में अभिग्रहित आवृत्ति के साथ लोकल दोलित्र से जनित आवृत्ति को निवेशित किया जाता है। लोकल दोलित्र की आवृत्ति इस का निर्धारण अभिग्राहित आवृत्ति और प्रेषित की जाने वाली आवृत्ति पर निर्भर होती है। इसके बाद रूपांतरित आवृत्ति के संकेत को पर्याप्त मान तक प्रवर्धित कर भू-केंद्र या गगनयान को भेजा जाएगा।

चित्र 3 **टीटीसी अभिग्राही का मूल क्यिास**



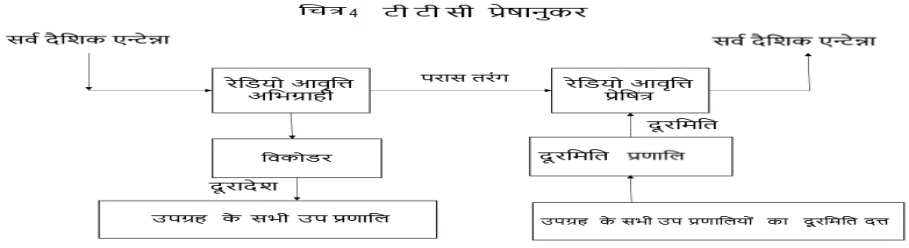
परास प्रकार्य (रेंजिंग फंक्शन)

उपग्रह अनुवर्तन या उपग्रह की दूरी का मापन करने के लिए एक निर्धारित परास तरंग या परास आवृत्ति का उपयोग किया जाता है। निम्न आवृत्ति परास तरंग को भू-केंद्र से, उच्च आवृत्ति वाहक के साथ मॉड्यूलन करते हुए उर्ध्व कड़ी पर प्रेषित किया जाता है। उपग्रह पर स्थित अभिग्राही इसे प्राप्त करके, प्रेषक द्वारा पुनः भू केंद्र को प्रेषित किया जाता है। उर्ध्व कड़ी पर प्रेषित किए गए तरंग तथा अधो कड़ी पर प्राप्त किए गए तरंग की कला की तुलना करके कला विचलन (फेज़ डेविएशन) प्राप्त किया जाता है। कला विचलन से उपग्रह की दूरी की सूचना प्राप्त होती है। निम्नलिखित समीकरण का उपयोग करते हुए उपग्रह की दूरी अर्थात् परास सूचना प्राप्त की जा सकती है।

$$\Delta\phi = \frac{2\pi f(2R)}{c}$$

इस समीकरण में ΔΦ = कला विचलन , f= आवृत्ति , c = प्रकाश का वेग, R = भू-केंद्र से उपग्रह की दूरी

चित्र 4 टी टी सी प्रेषानुकर



निर्माण इष्टतमीकरण और परीक्षण

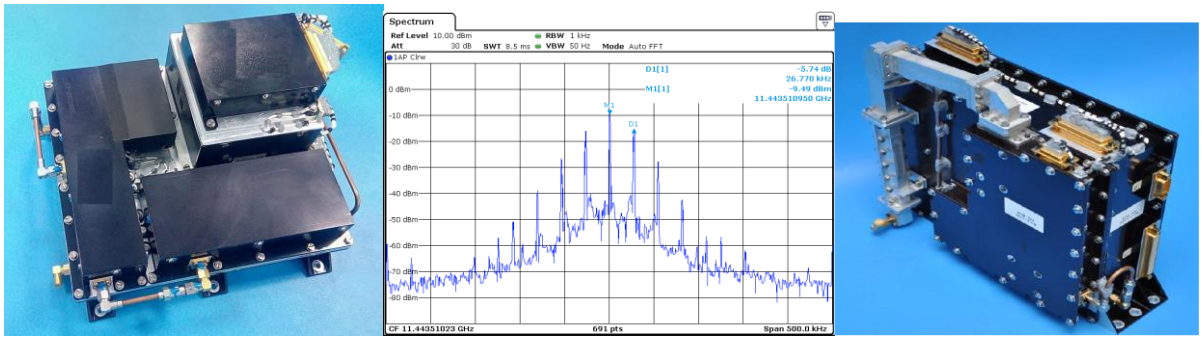
के.यू.-बैंड प्रेषित्र के इष्टतम निर्माण के लिए सर्वप्रथम सभी विभिन्न पी.सी.बी. (मुद्रित परिपथ बोर्ड) कार्ड को पृथक रूप से आवश्यक तापक्रमों पर परीक्षित किया जाता है, जो सामान्यतः, -25 डिग्री सेल्सियस से +55 डिग्री सेल्सियस तक होता है। कार्ड परिक्षण की प्रक्रिया के अंतर्गत सभी अवयवों का सर्वप्रथम दृश्य निरीक्षण किया जाता हैं। तदोपरांत विभिन्न प्राचलों की निर्दिष्ट मानकों के अनुसार जांच की जाती है।

इसके बाद सभी मुद्रित परिपथ बोर्ड का उनके मॉड्यूल में एक साथ संयोजित रूप में परीक्षण किया जाता है। विभिन्न मॉड्यूल को इस तरह संरेखित किया जाता है कि एक मॉड्यूल के निर्गम को अगले मॉड्यूल में आसानी से निवेशित किया जा सके और पूरे ताप-परास में सभी मॉड्यूल मिलकर एक साथ प्रेषित्र के आवश्यक मानकों के अनुरूप कार्य कर सकें। विभिन्न मॉड्यूल को अर्द्ध दृढ केबिल के माध्यम से जोड़ा जाता है। दो मॉड्यूल के बीच में क्षयकारक के माध्यम से अगले मॉड्यूल में उपयुक्त उर्जा निवेशित की जाती है। संपूर्ण प्रेषित्र को विभिन्न मॉड्यूलों के साथ इस तरह संरेखित किया जाता है कि प्रेषित्र के विभिन्न प्राचल, जैसे कि आवृत्ति, ऊर्जा, मॉड्यूल सूचक, विरूपण, इतर संकेत इत्यादि पूरे ताप परास में अपने निर्दिष्ट मानों के अनुरूप हो।

के.यू.-बैंड प्रेषित्र को निर्वात में शीत और उष्ण तापक्रमों में परीक्षित किया जाता है। प्रेषित्र को विभिन्न योग्यता परीक्षणों द्वारा रॉकेट प्रमोचन के दौरान तथा अंतरिक्ष में लंबी अवधि तक उपग्रह के साथ कार्य करने योग्य बनाया जाता है। इसके अंतर्गत आरंभिक बेंच परीक्षण, विद्युत चुम्बकीय व्यतिकरण / संगतता परीक्षण, कंपन परीक्षण, ताप-निर्वात परीक्षण आदि शामिल हैं। प्रेषित्र / अभिग्राही को उपग्रह की प्राथमिक ऊर्जा स्रोत से चलने वाली दिष्टधारा परिवर्तक के माध्यम से द्वितीयक विभव द्वारा ऊर्जा प्रदान की जाती है।

सारणी 1 : के.यू.-बैंड दूरमिति प्रेषित्र का निष्पादन

प्रेषित्र प्राचल	मान	अभिग्राही प्राचल	मान
रेडियो आवृत्ति (मेगा हर्टज)	11443.477	रेडियो आवृत्ति	12.75 -13.25 GHz
निर्गत ऊर्जा (डी.बी.एम.)	29.5	रव मान	3.0 डी.बी. (dB)
मॉड्यूलन	पी.एम./पी.एस.के./पी.सी.एम.	डिमॉड्यूलन	एफ.एम./पी.एस.के./पी.सी.एम.
मॉड्यूलन सूचक (डी.बी.सी.)	-5.6	गतिशीलता	-60 to -110 डी.बी.एम. (dBm)
इतर संकेत स्तर	<-50 डी.बी.सी.	आवृत्ति परास	1.5 MHz
परिचालन तापमान	-25 to +55 °C	परिचालन तापमान	-25 से +55 डिग्री सेल्सियस
दिष्टधारा ऊर्जा	16 W	दिष्टधारा ऊर्जा	9 W



चित्र 5 : के.यू. प्रेषित्र **के.यू. बैंड स्पेक्ट्रम** **अभिग्राही**

उपसंहार

भारतीय डेटा रिले उपग्रह तंत्र मुख्य रूप से गगनयान अभियान में भू-केंद्रों से सतत और वास्तविक काल में संचार करने के लिए आवश्यक है। ये उपग्रह मुख्यतः, संचारी उपग्रह होंगे। आई.डी.आर.एस.एस. उपग्रह से भू-केंद्रों या गगनयान का संचार विभिन्न आवृत्तियों एस-बैंड, के.यू.-बैंड, के.ए.-बैंड में अपेक्षित है। ये संचार दूरमिति, दूरादेश, श्रव्य, दृश्य सूचनाओं / संकेतो के रूप में होंगे। प्रेषित्र और अभिग्राही के मॉड्यूलर निर्माण के कारण भविष्य की तकनीकी परिवर्तनों को आसानी से अपनाया जा सकता है। अनेक परियोजनाओं का कम समय में निर्माण करने हेतु आवश्यकताओं की परिपूर्ति की जा सकती है।

गगनयान से हर समय सतत संचार के लिए हमें, भू-केंद्र से हमेशा दृश्य रहने वाले भू-स्थिर भारतीय डेटा रिले उपग्रहों की आवश्यकता पड़ेगी।

लेखक परिचय:



श्री राजीव रंजन ने वर्ष 2007 में भागलपुर इंजीनियरिंग कॉलेज से इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार इंजीनियरिंग अभियांत्रिकी में बी.ई. की डिग्री प्राप्त की है। वे वर्ष 2007 से 2019 तक इसरो उपग्रह केंद्र के संचार तंत्र समूह के प्रेषित्र प्रभाग में कार्यरत हैं। वे वर्तमान में अवयव प्रबंधन समूह में कार्यरत है। उन्होंने वर्ष 2012 में इग्नू से हिंदी में स्नातकोत्तर की उपाधि प्राप्त की है तथा वर्ष 2013 में सूक्ष्मतरंग अभियांत्रिकी में स्नातकोत्तर डिप्लोमा प्राप्त किया है।



श्री दीपांकर रॉय ने वर्ष 2004 में वी.टी.यू. से इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार अभियांत्रिकी में बी.ई. की डिग्री प्राप्त की है। वे वर्ष 2005 से इसरो उपग्रह केंद्र के संचार तंत्र समूह के अभिग्राही प्रभाग में कार्यरत हैं।

अंतरिक्ष उपयोग के लिए उच्च क्रम गुणक का अभिकल्प एवं विकास

निधि सिंह#1, जॉली धर#2, सी.एच.वी.एन.राव#3
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
[1]nidhi@sac.isro.gov.in, [2]jolly@sac.isro.gov.in, [3]cvnrao@sac.isro.gov.in

सारांश

यह आलेख अंतरिक्ष कार्यक्रम के सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदक नीतभार के लिए उच्च क्रम आवृत्ति गुणक के अभिकल्प और विकास का विवरण प्रस्तुत करता है। यह गुणक आवृत्ति जनित्र का महत्वपूर्ण हिस्सा है जिसमें संदर्भ स्रोत तापमान प्रतिपूरित क्रिस्टल दोलित्र (50 मेगाहर्ट्ज) है जिससे 900 मेगाहर्ट्ज निर्गम संकेत प्राप्त करने के लिए 50 मेगाहर्ट्ज को 18 के कारक से गुणा किया जाता है। इस निर्गम का उपयोग नीतभार के अभिग्राही के लिए लोकल दोलित्र संकेत प्रदान करने में किया गया है और मिश्रक के लिए मध्यवर्ती संकेत प्रदान करने में भी होता है जो उच्च आवृत्ति संकेत उत्पन्न करता है। विकसित परिपथ में 900±50 मेगाहर्ट्ज की आवृत्तियों पर 30 डीबीसी की उच्च अस्वीकृति प्राप्त की गयी है, निर्गम आवृत्ति के चारों ओर रव का स्तर 75 डीबीसी से कम है और इसका आकार 65.8 मिलीमीटरX37.5 मिलीमीटर है। निष्क्रिय तापमान प्रतिपूर्ति योजना का उपयोग -15 डिग्री सेल्सियस से +55 डिग्री सेल्सियस की तापमान सीमा पर अभिकल्प प्राचल को प्राप्त करने के लिए किया जाता है। हमारे पास उपलब्ध जानकारी के अनुसार बाजार में इस क्रम का गुणक उपलब्ध नहीं है। यही कारण है कि इस आलेख में प्रस्तुत उच्च क्रम गुणक अंतरिक्ष कार्यक्रम के नीतभार के लिए आवश्यकता के अनुसार कस्टम-निर्मित किया गया है।

पारिभाषिक शब्दावली: गुणक, आवृत्ति, संसक्त, स्थिरता, फ़िल्टर, रव

प्रस्तावना:

संसक्त संकेत का उत्पादन प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष तकनीकों का उपयोग करके किया जा सकता है। आवृत्ति गुणक "प्रत्यक्ष अनुरूप संसक्त संकेत संश्लेषण" की श्रेणी के अंतर्गत आता है। जैसे-जैसे आवृत्ति बढ़ती है, अच्छी शक्ति, स्थिरता और रव विशेषताओं के साथ मौलिक आवृत्ति दोलित्र का निर्माण करना मुश्किल हो जाता है। एक वैकल्पिक उपगमन है-आवृत्ति गुणक के उपयोग के माध्यम से एक कम आवृत्ति दोलित्र के हार्मोनिक उत्पन्न करने के लिए है। आवृत्ति गुणक एक इलेक्ट्रॉनिक परिपथ है जो एक निर्गम संकेत उत्पन्न करता है और निर्गम आवृत्ति इसकी निवेश आवृत्ति का एक अभिन्न हार्मोनिक (एकाधिक) है। आवृत्ति गुणकों में एक अरैखिक परिपथ होता है जो निवेश संकेत को विकृत करता है और इसके परिणामस्वरूप निवेश संकेत के हार्मोनिक्स उत्पन्न करता है। इसके साथ ही एकीकृत बैंडपारक फ़िल्टर वांछित हार्मोनिक आवृत्ति का चयन करता है और रेडियो आवृत्ति निर्गम से अवांछित मौलिक और अन्य हार्मोनिक को हटा देता है। इस आलेख में अंतरिक्ष कार्यक्रम के नीतभार के लिए उच्च क्रम आवृत्ति गुणक के अभिकल्प और विकास के बारे में बताया गया है। 50 मेगाहर्ट्ज की मौलिक आवृत्ति से 900 मेगाहर्ट्ज संकेत प्राप्त करने के लिए 18 के कारक से गुणा किया जाता है और बाद में एकीकृत बैंडपारक फ़िल्टर 850 मेगाहर्ट्ज और 950 मेगाहर्ट्ज पर हार्मोनिक्स को 30डीबीसी से बेहतर मान से अस्वीकार कर देता है। निर्गम आवृत्ति के चारों ओर रव का स्तर 75 डीबीसी से कम है।

तंत्र विन्यास:

अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए सूक्ष्म तरंग या संचार के नीतभार के लिए आवृत्ति जनित्र उपतंत्र में अन्य सभी उपप्रणालियों के लिए अत्यधिक स्थिर और संसक्त संकेत उत्पन्न करता है। सूक्ष्म तरंग नीतभार में आवृत्ति जनित्र उपतंत्र बाकी सभी उपतंत्रों के लिए अत्यधिक स्थिर और संसक्त संदर्भ संकेत उत्पन्न करता है जैसे अंकीय

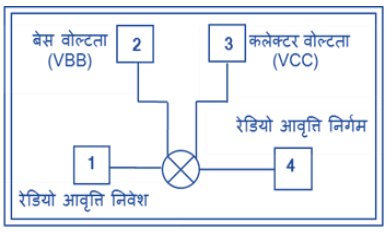
उपप्रणाली के लिए घड़ी, अभिग्राही के लिए लोकल दोलित्र संकेत और प्रेषित संकेत। आवृत्ति जनित्र में गुणकों का उपयोग करते हुए मौलिक आवृत्ति स्रोत को वांछित निर्गम आवृत्ति संकेतों को प्राप्त करने के लिए गुणा किया जाता है, जिसमें एकीकृत फिल्टर का उपयोग करके अवांछित हार्मोनिक्स को अधिक हद तक अवरोध किया जाता है।

अभिकल्प उपगमन:

आवृत्ति गुणकों का अभिकल्प डायोड और ट्रांजिस्टर घटकों का उपयोग करके किया जा सकता है। डायोड गुणक ज्यवाक्रीय तरंग को विकृत करने के लिए शाटकी बाधा डायोड के अरैखिक धारा और वोल्टता की विशेषताओं का उपयोग करता है या अरैखिक प्रतिघात का उपयोग करता है जो कि शाटकी या पीएन डायोड में उपलब्ध अवक्षय संधारिता में होता है। लेकिन इन डायोड गुणकों को उच्च शक्ति निवेश रेडियो आवृत्ति संकेत, सामान्यतः +8 डीबीएम, की आवश्यकता होती है। ट्रांजिस्टर गुणक द्विध्रुवी संधि ट्रांसिस्टर (बीजेटी), क्षेत्र प्रभावी ट्रांसिस्टर (फेट) अथवा हेटरोजंक्शन (एचबीटी) युक्तियों का उपयोग करते हैं। यह निवेश पर कम शक्ति, सामान्यतः +4.5 डीबीएम, का उपयोग करता है क्योंकि इसमें निश्चित वोल्टेज और धारा का चयन किया जाता है। "युग्मित रेखा स्प्लिट रिंग अनुनादक प्रौद्योगिकी" के साथ अभिकल्पित एकीकृत बैंडपारक फिल्टर का उपयोग कर अवांछित हार्मोनिक्स को 30 डीबीसी से बेहतर मान से अस्वीकार किया गया है। इसके अलावा सभी आवृत्ति गुणकों में निर्गम संकेत के चारों ओर रव के स्तर को गुणा कारक द्वारा बढ़ाया ही जाता है। अधिक गुणा होने से निर्गम संकेत के पास अधिक रव उत्पन्न होता है। इस अभिकल्प में अल्प रव युक्ति का उपयोग करके निर्गम संकेत के चारों ओर रव को कम किया गया है।

अभिकल्प क्रियाविधि:

इस आलेख में प्रस्तुत आवृत्ति गुणक को 18 के कारक द्वारा 50 मेगाहर्ट्ज की मौलिक आवृत्ति को गुणा करने के बाद 900 मेगाहर्ट्ज रेडियो आवृत्ति निर्गम संकेत प्राप्त करने के लिए अभिकल्प किया गया है। उच्च क्रम होने की वजह से हार्मोनिक्स भी ज्यादा हैं क्योंकि मौलिक स्रोत आवृत्ति कम (50 मेगाहर्ट्ज) है। इसलिए गुणक के निर्गम पर ही इन अवांछित हार्मोनिक्स को अस्वीकार करने की जरूरत थी जिससे बाद के प्रवर्धन चरणों में यह प्रवेश नहीं कर सके। इसके अलावा इस उच्च गुणक का निर्गम संकेत के चारों ओर कम रव है और बेहतर निवेश और निर्गम हानि है। चित्र 1 में उच्च क्रम आवृत्ति गुणक का ब्लॉक आरेख दिखाया गया है।



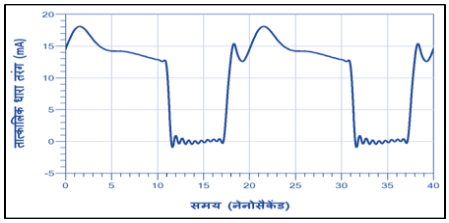
चित्र 1. उच्च क्रम गुणक का ब्लॉक आरेख

उच्च क्रम गुणक को साकार करने के लिए अभिकल्प चरण निम्नानुसार है:

1. युक्ति चयन:

एक विशेष आवृत्ति के लिए युक्ति का चयन इस बात पर निर्भर करता है कि कितनी आसानी से वांछित विनिर्देशों को प्राप्त किया जा सकता है - जैसे अवांछित हार्मोनिक्स की अस्वीकृति, रव का दमन, स्थिरता प्राप्त करने में आसानी, रूपांतरण हानि और निवेश तथा निर्गम हानि। एचबीटी BFY740 युक्ति का उपयोग इस उच्च क्रम गुणक को अभिकल्प करने के लिए किया गया है क्योंकि डीसी से अंतक आवृत्ति तक स्थिर करना आसान है और एफईटी की तुलना में कम रव उत्पन्न करता है। उच्च क्रम के कारण निर्गम संकेत के चारों ओर रव का स्तर काफी बढ़ जाता है। यह अल्प रव युक्ति का उपयोग करके स्वीकार्य स्तर तक कम हो जाता है।

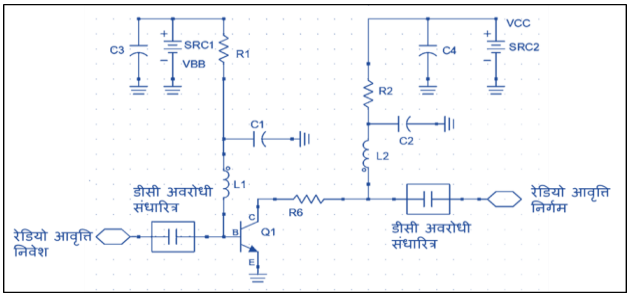
2. युक्ति प्रचालन बिन्दु का चुनाव:



चित्र 2. विरूपित तात्कालिक धारा तरंग (Ic)

हार्मोनिक्स को उत्पन्न करने के लिए असममित तरीके से कलेक्टर धारा तरंग का विरूपण किया जाता है क्योंकि गुणक का क्रम सम है। बेस वोल्टता को इस तरह से चुना जाता है कि कलेक्टर धारा तरंग का मान 12 mA हो, जब कोई भी रेडियो आवृत्ति निवेश न दिया जाए। निवेश शक्ति का मान +4.5 डीबीएम है और कलेक्टर धारा तरंग का मान 6 mA है। इसकी वजह से तात्कालिक धारा तरंग विरूपित हो जाएगा और 18वां हार्मोनिक उत्पन्न होगा। साथ ही इसका चुनाव अंतरिक्ष अनुमतांक निम्नन दिशा-निर्देशों के अनुरूप किया गया है जिसमें शक्ति, अधिकतम अनुमत धारा प्राचल और संधि तापमान प्राचल मुख्य है। चित्र 2 में विरूपित तात्कालिक धारा तरंग (Ic) को दिखाया गया है।

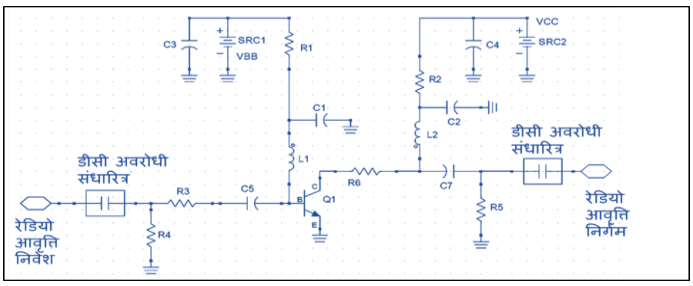
3. शक्ति प्रदाय वितरण परिपथ:



चित्र 3. शक्ति प्रदाय वितरण विधिवत आरेख

शक्ति प्रदाय वितरण परिपथ को रेडियो आवृत्ति पथ में न्यूनतम हानि देने के लिए अभिकल्प किया गया है। प्रचालन आवृत्ति बैंड के अनुसार λ/4 लंबाई के रेडियो आवृत्ति चोक का अभिकल्प किया गया है जो निवेश अभिनति के लिए प्रेरक L1 और निर्गम अभिनति के लिए प्रेरक L2 है। निवेश अभिनति के दूसरे छोर पर 'रेडियो आवृत्ति लघुपथन' का अभिकल्प किया गया है जिसके लिए संधारित्र C1 और C2 प्रयोग किये गए हैं। अतः इच्छित रेडियो आवृत्ति शक्ति प्रदाय वितरण पथ में नहीं जा सकेगी। यहाँ युक्ति के बेस और कलेक्टर के लिए अलग-अलग वोल्टता (VBB,VCC) दी गयी है- अतः धारा को सटीकता से निर्धारित किया जा सकता है और एचबीटी युक्ति के beta के बदलने पर भी इच्छित प्रचालन बिन्दु को सटीकता से प्राप्त किया जा सकता है। साथ ही वियुग्मन संधारित्र (C3,C4) प्रयोग किए गए हैं जिससे बाह्य निम्न आवृत्ति संकेतों को शक्ति प्रदाय वितरण पथ से रेडियो आवृत्ति पथ में नहीं जा सके। चित्र 3 में शक्ति प्रदाय वितरण का विधिवत आरेख दिया गया है।

4. अप्रतिबंधी स्थायित्व की प्राप्ति:



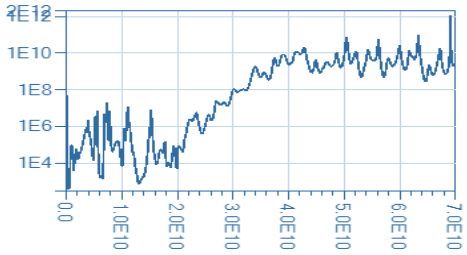
चित्र 4. स्थायित्व प्रतिरोध स्थिति का विधिवत आरेख

एक बार युक्ति का आकार, प्रचालन बिंदु और निवेश-निर्गम शक्ति प्रदाय वितरण परिपथ अभिकल्प होने के बाद अगला कदम गुणक को स्थिर करना है। इसे डीसी से अंतक आवृत्ति (70 गीगाहर्ट्ज़) तक अप्रतिबंधी स्थिर किया गया है। पूर्ण बैंड में स्थायित्व प्राप्त करने के लिए निवेश पथ में श्रेणी प्रतिरोध (R3) तथा पार्श्वपथ प्रतिरोध (R4) का उपयोग और निर्गम पथ में पार्श्वपथ प्रतिरोध (R5) का उपयोग किया गया है। चित्र 4 में स्थायित्व प्रतिरोध स्थिति का विधिवत आरेख दिया गया है।

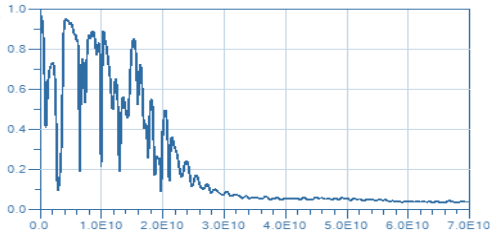
किसी भी परिपथ के अप्रतिबंधी स्थायित्व के लिए आवश्यक और पर्याप्त शर्त है - K>1 और डेल्टा |Δ|<1 जहाँ स्थायित्व गुणक $K= (1-|S_{11}|^2-|S_{22}|^2+|\Delta|^2)/(2|S_{12}S_{21}|)$ ----------(1)

और $\Delta = S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}$ ----------(2)

चित्र 5 और 6 में अप्रतिबंधी स्थायित्व गुणक K और |Δ| का आलेख दिया गया है।



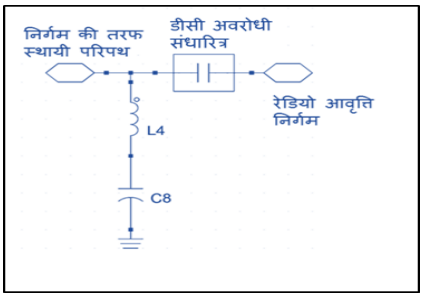
चित्र 5. स्थायित्व गुणक K>1



चित्र 6. डेल्टा |Δ|<1

5. अलसक का अभिकल्प:

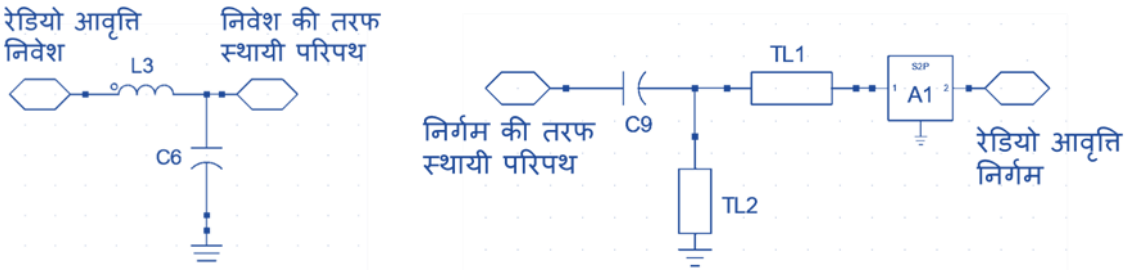
एक बार युक्ति का शक्ति प्रदाय वितरण परिपथ के साथ स्थायित्व प्राप्त हो जाता है, उसके बाद गुणक के निर्गम परिपथ में अलसक को मौलिक निवेश आवृत्ति को कम करने के लिए अभिकल्प किया गया है जो अन्यथा निर्गम रेडियो आवृत्ति पथ में मौजूद रहेगा। अलसक L4 और C8 का संयोजन है जो निवेश आवृत्ति (50 मेगाहर्ट्ज) पर λ/4 लंबाई देता है। अतः C8 के दूसरे छोर पर 50 मेगाहर्ट्ज के लिए रेडियो आवृत्ति लघुपथन होगा। चित्र 7 में गुणक के लिए अलसक का आरेख दिया गया है।



चित्र 7. गुणक के लिए अलसक का आरेख

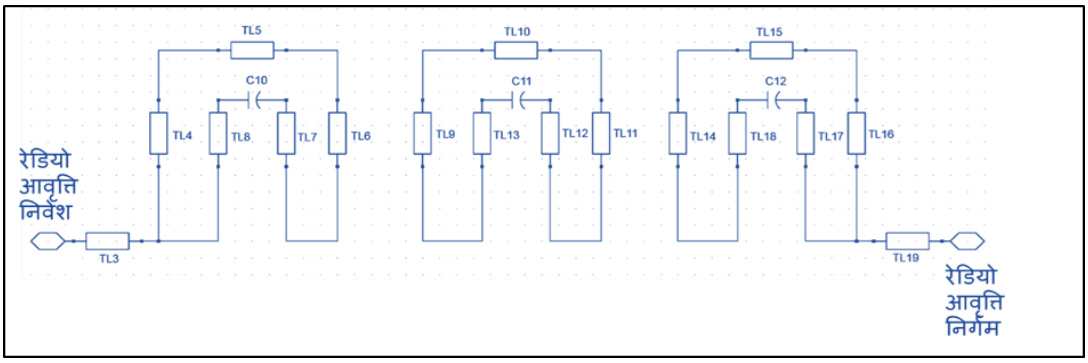
6. निवेश-निर्गम सुमेलन परिपथ:

इसका अभिकल्प इस तरह से किया जाता है कि यह रेडियो आवृत्ति पथ में न्यूनतम हानि दे। निवेश सुमेलनपरिपथ 50 मेगाहर्ट्ज आवृत्ति पर अभिकल्प किया गया है और निर्गम सुमेलन परिपथ को 900 मेगाहर्ट्ज आवृत्ति पर अभिकल्प किया गया है। ये प्रेरक और संधारित्र पिण्डित घटकों (L3, C6 और C9) के साथ-साथ वितरित संचरण रेखाओं (TL1, TL2) का उपयोग करके अभिकल्प किए गए हैं। डीसी अवरोधी संधारित्र (C9) भी निर्गम सुमेलन परिपथ का हिस्सा है। थर्मोपैड A1 का उपयोग करके, निष्क्रिय तापमान प्रतिपूर्ति को -15 डिग्री सेल्सियस से +55 डिग्री सेल्सियस की तापमान सीमा पर, अभिकल्प प्राचल को प्राप्त करने के लिए किया जाता है। चित्र 8 में निवेश-निर्गम सुमेलन परिपथ का विधिवत आरेख दिया गया है।



चित्र 8. निवेश-निर्गम सुमेलन परिपथ विधिवत आरेख

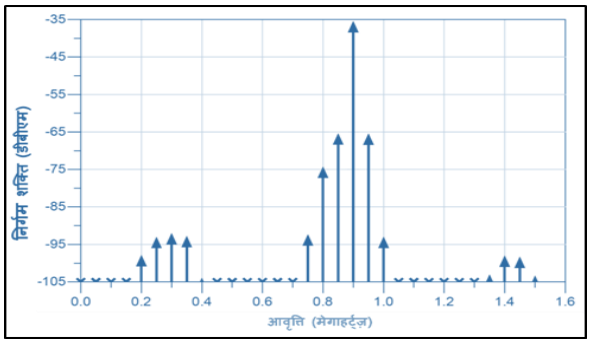
7. अन्तर्निहित एकीकृत फ़िल्टर का अभिकल्प: गुणक के निर्गम में अन्तर्निहित एकीकृत फ़िल्टर होता है जिसे युग्मित रेखा स्प्लिट रिंग अनुनादक प्रौद्योगिकी के साथ अभिकल्प किया गया है। इसके अलावा 900 मेगाहर्ट्ज की वांछित निर्गम आवृत्ति को प्राप्त करने के लिए परिवर्ती संधारित्र C10, C11, C12 (0.3 pf-1.2 pF) का उपयोग प्रत्येक अनुनादक में किया जाता है जिसमें वितरित संचरण रेखाएं (TL3 से TL19) शामिल हैं। कुल मिलाकर 30 dBc अस्वीकृति उन आवृत्तियों पर प्राप्त की जाती है जो 900 MHz की निर्गम आवृत्ति से 50 MHz दूर हैं। चित्र 9 में अन्तर्निहित एकीकृत फ़िल्टर का विधिवत आरेख दिया गया है।



चित्र 9. एकीकृत फ़िल्टर का विधिवत आरेख

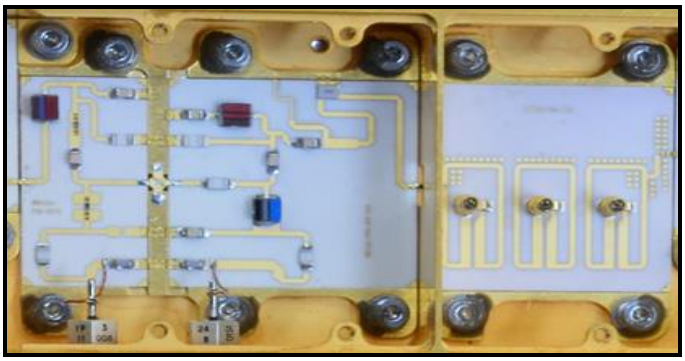
अनुकरण परिणाम:

परिपथ के अरैखिक अभिकल्प को एडीएस कैड सॉफ्टवेयर के अरैखिक अनुकारक का उपयोग करके अनुकरण किया जाता है जिससे अभिकल्प प्राचल जैसे निर्गम शक्ति, अवांछित हार्मोनिक्स की अस्वीकृति, स्थिरता और निवेश तथा निर्गम हानि को प्राप्त किया जाता है। चित्र 10 में 50x18 गुणक के अनुकरण स्पेक्ट्रम को दर्शाया गया है।



चित्र 10. 50x18 गुणक का अनुकरण स्पेक्ट्रम

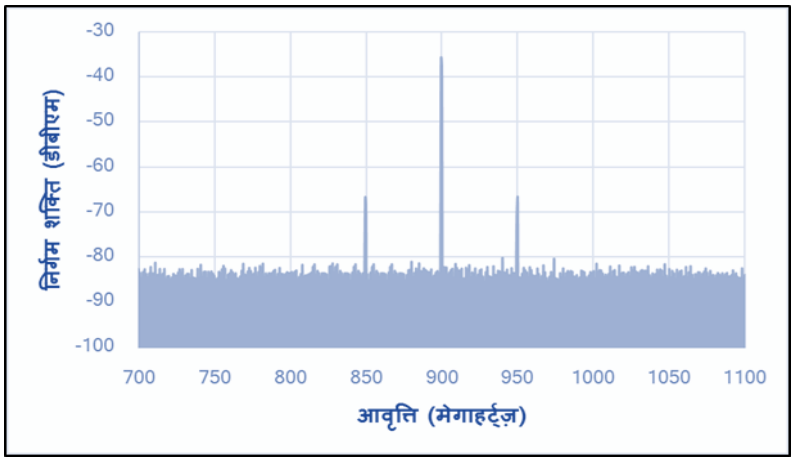
900 मेगाहर्ट्ज रेडियो आवृत्ति निर्गम के अलावा अन्य सभी हार्मोनिक्स को पर्याप्त रूप से दबा दिया जाता है ताकि वे प्रवर्धन के बाद के चरणों में प्रमुखता से न दिखें। जो हार्मोनिक्स 900 MHz की निर्गम आवृत्ति से 50 MHz दूर हैं (850 और 900 मेगाहर्ट्ज), उन्हें 30 dBc से कम किया गया है। नीतभार में प्रवर्धन के बाद के चरणों के बाद आगे फ़िल्टरिंग यह सुनिश्चित करती है कि सभी हार्मोनिक्स और इतर संकेत 60 डीबीसी से नीचे हों।



चित्र 11. विकसित उच्च क्रम गुणक (50x18)

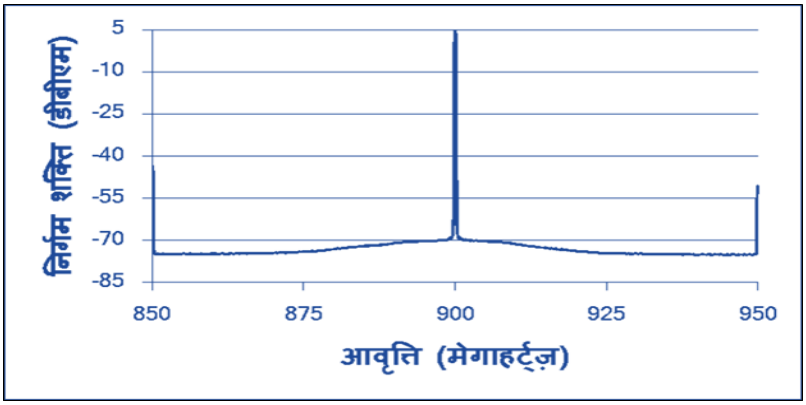
विकास:

उच्च क्रम गुणक को 25 मिल ऐलुमिना अवस्तर पर संविरचित किया गया है जिनका आकार 65.8 मिलीमीटर x 37.5 मिलीमीटर है। इसका तापमान परीक्षण -15°C से +55°C तक किया गया है। चित्र 11 में विकसित उच्च क्रम गुणक 50x18) दिखाया गया है।



चित्र 12. 50x18 गुणक का रेडियो आवृत्ति निर्गम स्पेक्ट्रम (परीक्षण परिणाम)

परीक्षण के परिणाम और चर्चा:



चित्र 13 निर्गम आवृत्ति के चारों ओर रव का स्तर

उच्च क्रम गुणक का परीक्षण 50 मेगाहर्ट्ज पर 4.5 डीबीएम±1डीबी की निवेश शक्ति पर किया जाता है। चित्र 12 में 50x18 गुणक के रेडियो आवृत्ति निर्गम स्पेक्ट्रम को दर्शाया गया है। अल्प रव युक्ति का उपयोग करके निर्गम आवृत्ति के चारों ओर रव का स्तर इस गुणक में 75डीबीसी से कम हो जाता है। ऐसा किसी सामान्य युक्ति से प्राप्त नहीं किया जा सकता। चित्र 13 में निर्गम आवृत्ति के चारों ओर रव का स्तर दिखाया गया है जो आगे के चरणों में संकेत के उचित प्रवर्धन के बाद संकीर्णबैंड रेडियो आवृत्ति स्पेक्ट्रम में दिखता है।

परीक्षण परिणाम और विकसित उच्च क्रम गुणक के अनुकरण परिणाम तालिका -1 में दिखाए गए हैं:

तालिका -1

क्र.सं.	प्राचल	विनिर्देश	अनुकरण परिणाम	परीक्षण परिणाम
1	निवेश आवृत्ति (मेगाहर्ट्ज़ में)	50	50	50
2	निर्गम आवृत्ति (मेगाहर्ट्ज़ में)	900	900	900
3	अधिकतम रूपांतरण हानि (डीबी में)	41.5	40.90	40.24
4	न्यूनतम अस्वीकृति ± 50 MHz पर (डीबीसी में)	30.0	30.28	30.92
5	न्यूनतम निवेश हानि (डीबी में)	10.0	15.23	27.90
6	न्यूनतम निर्गम हानि (डीबी में)	10.0	13.74	15.73
7	न्यूनतम निर्गम संकेत-रव अनुपात (डीबीसी में)	75.0	---	75.23

तालिका -1 स्पष्ट रूप से यह दिखाती है कि विकसित उच्च क्रम गुणक के अनुकरण और परीक्षण परिणाम सुमेल हैं। निर्गम पथ के संकेतरव अनुपात- को सीधे विकसित परिपथ में मापा जाता है क्योंकि अनुकरण में आदर्श स्रोत का उपयोग किया जाता है, इसलिए निर्गम संकेत के चारों ओर रव के स्तर को देखना संभव नहीं है।

तंत्र उपयोग:

विकसित 50x18 गुणक का सफलतापूर्वक आवृत्ति जनरेटर में उपयोग किया गया है जो सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदक नीतभारों के अभिग्राही को 900 मेगाहर्ट्ज पर लोकल दोलित्र संकेत प्रदान करता है। इसका उपयोग संचार या नौसंचालन नीतभारों में भी किया जा सकता है।

आत्मनिर्भरता एवं स्वदेशीकरण:

इस सक्रियता का ध्येय है – अंतरिक्ष के प्रभाव क्षेत्र में आत्मनिर्भरता प्राप्त करना। स्थापित भारतीय संस्थाओं के सफल कार्य के कारण देश के भीतर 40 प्रतिशत काम किया गया है। आने वाले वर्षों में आयातित उच्च विश्वसनीयता श्रेणी के घटकों पर भारत की निर्भरता को काफी हद तक कम कर दिया जाएगा। बाजार में अंतरिक्ष श्रेणी के उच्च क्रम रेडियो आवृत्ति गुणक उपलब्ध नहीं हैं, इसलिए इसे आवश्यकता के अनुसार कस्टम बनाया जाता है। इस विकास के लिए केवल उच्च विश्वसनीयता श्रेणी के घटकों और बिना धातु लेपित अवस्तर की

खरीद देश के बाहर से की गयी है। उच्च क्रम गुणक का अभिकल्प, संविरचन, अभिलक्षणन और सभी पर्यावरणीय स्थितियों में अंतरिक्ष स्तरीय परीक्षण और मूल्यांकन पूरी तरह से हमारे देश की संस्थाओं द्वारा ही किया गया है।

निष्कर्ष:

किसी भी आवृत्ति जनित्र में गुणक एक क्रांतिक परिपथ है क्योंकि यह वांछित निर्गम आवृत्तियों को उत्पन्न करता है जो मौलिक स्रोत आवृत्ति से विभिन्न होते हैं। इस आलेख में सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदक नीतभारों के लिए उच्च क्रम गुणक के अभिकल्प और विकास के बारे में विस्तार से बताया गया है। विकसित उच्च क्रम गुणक में अवांछित संनादी की अच्छी अस्वीकृति और निर्गम रेडियो आवृत्ति संकेत के आसपास काफी कम रव स्तर प्राप्त किया गया है।

आभार:

लेखकगण इस कार्य को करने के लिए दिए गए सुअवसर, प्रोत्साहन एवं दिशा–निर्देश के लिए श्री एन.एम.देसाई (निदेशक-सैक),श्री राजीव ज्योति (सह निदेशक-सैक) और डॉ. सी.एच.वी.एन.राव उपनिदेशक, सूक्ष्मतंरग सुदूर संवेदक क्षेत्र के अत्यंत आभारी है। लेखकगण अंतरिक्ष उपयोग केंद्र उन सभी सहयोगियों के आभारी हैं जिन्होंने परोक्ष या अपरोक्ष रूप से उच्च क्रम गुणक के विकास में सहायता करके इसे सफल बनाया है। लेखकगण हिंदी विभाग के सभी सहकर्मियों का भी आभार व्यक्त करते हैं जिनकी मदद से हिंदी में तकनीकी लेख लिखा जा सका है।

संदर्भ:

1."एफ.ई.टी. आवृत्ति गुणकों और संनादी दोलित्र का अभिकल्प" एडमार कामार्गो द्वारा, आरटेक हाउस माइक्रोवेव लाइब्रेरी।
2."सीएडी का उपयोग कर सक्रिय आवृत्ति गुणक का अभिकल्प" डेविड एम क्ल्यम्प्श्यं द्वारा, झेन मा,आई.ई.ई.ई.-एमटीटी मई 2003।
3. "संकीर्ण स्पंद से संनादी निकालने पर आधारित एक आवृत्ति गुणा विधि" द्वारा मेई झोउ, शेंग तांग, वेनली वांग,जिंग के, IEEE एक्सेस जुलाई 2019।
4."आवृत्ति सिंथेसाइज़र प्रणालियों में संदर्भ आवृत्ति के लिए एक आवृत्ति गुणक" द्वारा आई.एफ.आई एल्बित्तर, एच.दोगन, अनुरूप एकीकृत परिपथ और संकेत संसाधन, वॉल्यूम 94।

लेखक परिचय:



श्रीमती निधि सिंह (वैज्ञानिक/अभियंता– एस.एफ) ने इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार में स्नातक की डिग्री इंजीनियरिंग कॉलेज, अजमेर (राजस्थान) से 2004 में प्राप्त की। वह वर्तमान में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के सूक्ष्मतरंग संवेदक अभिग्राही प्रभाग में कार्यरत हैं। उन्होंने एल, एसऔर सी बैंड में मिमिक MMIC) और एम.आई.सी (MIC) अल्प रव प्रवर्धक का अभिकल्प एवं विकास किया है। उन्होंने रिसेट-1ए 'सी बैंड नीतभार' के लिए आवृत्ति जनित्र का भी अभिकल्प एवं विकास किया है। वर्तमान में वह रिसेट-1बी के लिए आवृत्ति जनित्र के विकास और वीनस के लिए भूमि वेधी रडार के अभिकल्प एवं विकास के लिए काम कर रही हैं। उन्होंने अंतरराष्ट्रीय स्तर पर दो पत्र प्रकाशित किए हैं।



डॉ. (श्रीमती) जॉली धर, समूह निदेशक, एमएसआरजी ने कलकत्ता विश्वविद्यालय के रेडियोफिजिक्स और इलेक्ट्रॉनिक्स संस्थान से वर्ष 1989, 1992 और 2013 में बी.टेक, एम.टेक और पीएच.डी डिग्री रेडियोफिजिक्स और इलेक्ट्रॉनिक्स में प्राप्त की। वह 1990 में भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) के अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में शामिल हुईं। 1990 के बाद से, वह विभिन्न सूक्ष्म तरंग आवृत्तियों पर संचालित विभिन्न निष्क्रिय और सक्रिय रेडियो आवृत्ति तंत्र के अभिकल्प और विकास के लिए जिम्मेदार थीं। वर्तमान में वे सूक्ष्म तरंग अभियांतओं की एक टीम का नेतृत्व कर रही है जो अंतरिक्ष जनित सूक्ष्म तरंग सुदूर संवेदन नीतभार के लिए आवश्यक अभिग्राही, आवृत्ति जनित्र, प्रेष-ग्राही मॉड्यूल को अभिकल्प और विकसित करने के लिए है। उन्हें अंतरिक्ष अध्ययन कार्यक्रम (एस.एस.पी2010) के लिए अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष विश्वविद्यालय, फ्रांस में प्रतिनियुक्त किया गया है। उनके पास अपने क्रेडिट में तीन पेटेंट हैं, दो पेटेंट दिए गए हैं, एक लंबित पेटेंट और राष्ट्रीय और अंतरराष्ट्रीय सम्मेलन एवं जर्नल्स में चालीस आलेख प्रकाशित किए गए हैं। उन्होंने एस्ट्रोनॉटिकल सोसाइटी ऑफ इंडिया से सर्वश्रेष्ठ महिला वैज्ञानिक पुरस्कार प्राप्त किया है और कई पेशेवर निकायों की वरिष्ठ सदस्य एवं फेलो हैं।



डॉ. सी.एच.वी.एन.राव (उत्कृष्ट वैज्ञानिक) ने इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार में स्नातक की डिग्री एस.वी विश्वविद्यालय, तिरुपति से 1989 और पीएच.डी. डिग्री 2020 में DA-IICT, गांधीनगर से प्राप्त की। वर्तमान में वे उप निदेशक, सूक्ष्मतंरग सुदूर संवेदक क्षेत्र के पद पर कार्यरत हैं। इसमें सूक्ष्म तंरग संवेदक अंकीय इलेक्ट्रानिकी, सूक्ष्मतरंग संवेदक प्रणाली एवं समाकलन, टेराहर्टज संवेदक विकास और सूक्ष्मतरंग संवेदक प्रेषित्र-अभिग्राहीक्षेत्रों में काम किया जाता है। यह क्षेत्र सूक्ष्मतंरग नीतभार के अवधारणा, अभिकल्प एवं विकास के लिए जिम्मेदार है।

प्रायोगिक सत्यापन के साथ गत्यात्मक उपग्रह लिंक एम्यूलेटर की अभिकल्पना

हर्ष सी. त्रिवेदी, राजेश कुमार सिंह, अनुराग एस. वर्मा
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)
अहमदाबाद - 380015, गुजरात, भारत
hctrivedi3@sac.isro.gov.in, rajeshsingh@sac.isro.gov.in, anuragsverma@sac.isro.gov.in

सारांश

किसी भी संचार तंत्र की आवश्यकताओं में आवृत्ति नियोजन, उप-प्रणाली का चयन व विनिर्देशों की प्राप्ति, बैंडविड्थ आवश्यकताएं, संचार कड़ी बजट आदि जैसे कई पहलू शामिल हैं। तंत्र की रचना हो जाने के बाद उसका परीक्षण व सत्यापन एक महत्वपूर्ण, परन्तु अधिक चुनौतीपूर्ण कार्य है। डिज़ाइन किये गए संचार तंत्र का परीक्षण करने हेतु वास्तविक मापन सबसे विश्वसनीय तरीका है। हालांकि, इस पद्धति में न केवल समय की ज्यादा खपत होती है और काफी महंगा है, लेकिन यह परीक्षण को पुनरावर्तित करना भी असंभव है। प्रस्तावित कार्य गत्यात्मक उपग्रह कड़ी एम्यूलेटर के अभिकल्प को प्रस्तुत करता है और प्रयोगशाला के वातावरण में ही वास्तविक मापन पद्धति को दोहराता है जिसकी मदद से नीतभार के साथ ही चैनल के प्रभाव का मूल्यांकन करता है। प्रस्तुत की गई रचना का का प्रमुख लाभ यह है कि इसे किसी भी नीतभार विन्यास और कड़ी प्राचल के किसी भी मूल्यों के लिए अनुकूलित किया जा सकता है। प्रस्तुत एम्यूलेटर का विकास डिजाइन सॉफ्टवेर और मापन हार्डवेयर का उपयोग करके किया गया है। अन्य पूर्व प्रस्तावित विन्यासों के संबंध में विकसित एम्यूलेटर के लाभ भी प्रदान किए गए हैं।

परिचय

उपग्रह शब्दावली में, कड़ी को माध्यम या पथ के रूप में परिभाषित किया जा सकता है जिसके माध्यम से विद्युत चुम्बकीय तरंगें फैलती हैं। यह पथ या तो भू-केंद्रों से उपग्रहों (यानी अपलिंक) या उपग्रहों से उपग्रहों (यानी आंतर–उपग्रह कड़ी) या उपग्रहो से भू-केंद्रों (यानी डाउनलिंक) तक हो सकता है। निम्न भू-कक्षा आधारित उपग्रहों के लिए, संचार कड़ी अत्यधिक गतिशील होती हैं क्योंकि उपग्रहों की गति भू-केंद्रों के सापेक्ष में तीव्र होती है। उपग्रहों (निम्न भू कक्षा (LEO) से भूस्थिर भूमध्यरेखीय कक्षा (GEO) और निम्न भू कक्षा (LEO) से निम्न भू कक्षा (LEO)] के बीच उच्च सापेक्ष गति के कारण अंतर उपग्रह कड़ी में यह मामला और भी महत्वपूर्ण हो जाता है। जब कोई तरंग माध्यम से गुजरती है, तो कड़ी की गत्यात्मक प्रकृति के कारण इसके गुण समय के साथ गत्यात्मक रूप से बदलते हैं। एक बार दिए गए विनिर्देशों के लिए डिज़ाइन किए जाने के बाद, बेतार संचार तंत्र को यह सुनिश्चित करने के लिए क्षेत्र परीक्षण की आवश्यकता होती है कि वे जरूरतमंद आवश्यकताओं को पूरा करते हैं। हालांकि, मापन पद्धति से बेतार संचार का परीक्षण काफी महंगा है, समय लगता है और कार्य को दोहराना भी मुश्किल है। ऐसा उपकरण हमेशा पसंद किया जाता है जो प्रयोगशाला के वातावरण में ऐसा परिदृश्य बना सके। इस संबंध में, एक लिंक एम्यूलेटर को किसी भी सॉफ्टवेयर या हार्डवेयर या दोनों के संयोजन के रूप में परिभाषित किया जा सकता है, जो एक प्रयोगशाला जैसे वातावरण में वास्तविक दुनिया के संचार कड़ी को पुन: पेश कर सकता है। डायनामिक लिंक एम्यूलेटर एक ऐसा लिंक एम्यूलेटर है जिसमें कड़ी के गुणधर्मों के आधार पर हानि गत्यात्मक रूप से भिन्न हो सकती है।

सेवा की गुणवत्ता (क्यू.ओ.एस.) की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए, सिमुलेशन या हार्डवेयर मापन के माध्यम से किसी भी बेतार संचार तंत्र को डिजाइन करने से पहले कड़ी के विभिन्न मापदंडों का अनुकरण करना आवश्यक है। कुछ एक लिंक एम्यूलेटर के प्रमुख अनुप्रयोगों में शुरू से अंत तक संचार प्रणाली

का प्रदर्शन मूल्यांकन और उपयोगकर्ता के लिए सेवाओं का प्रदर्शन शामिल है। लिंक एम्यूलेटर के अभाव में, उपग्रह सेवाओं को किराए पर लेकर और इसके अनुपालन के खिलाफ विभिन्न मापदंडों को मापकर इस उद्देश्य की पूर्ति की जा सकती है। चूंकि यह विधि वास्तविक दुनिया के मापों पर आधारित है, इसलिए यह सबसे सटीक और विश्वसनीय परिणाम देती है। हालांकि, इस मामले में, कोई भी उन सभी चैनल मापदंडों को पुन: पेश नहीं कर सकता है जो वायुमंडलीय स्थितियों पर निर्भर हैं जैसे पानी की बूंदों या सौर/ ब्रह्मांडीय शोर आदि के कारण क्षीणन प्रभाव आदि। कुछ अन्य मापदंडों जैसे मजबूत आसन्न चैनल हस्तक्षेप का भी परीक्षण नहीं किया जा सकता है क्योंकि यह अन्य उपयोगकर्ताओं के लिए लाइव सेवाओं में बाधा उत्पन्न कर सकता है। चैनल एम्यूलेटर भारी वर्षा, विद्युत चुम्बकीय तूफान आदि जैसी बेकाबू घटनाओं और संकेत प्रेषण पर उनके प्रभाव को पुन: उत्पन्न करना संभव बनाता है। एक चैनल एम्यूलेटर संकेत के नीतभार और प्रसार का अनुकरण करता है, इसे प्रदान किए गए परिदृश्य के आधार पर संशोधित करता है और खराब संकेत को पुन: उत्पन्न करता है।

लिंक एम्यूलेटर का उपयोग उद्योगों और अनुसंधान संस्थानों में कई अनुप्रयोगों के लिए किया जा रहा है [1]। लिंक एम्यूलेटर के विभिन्न अनुप्रयोगों में चैनल सिम्युलेटर [2], चैनल अभिलक्षणन [3], बेस स्टेशन के रूप में विन्यास [4], वाईफाई नेटवर्किंग के लिए [5], और ध्वनि प्रसारण के लिए [6] और बहुत कुछ शामिल हैं। प्रस्तावित कार्य के लिए एम्युलेटर विकसित करते समय अंतर-उपग्रह कड़ी पर विचार किया गया है। हालांकि, कार्यान्वयन में शामिल लचीलेपन के कारण, इसे या तो निम्न भू कक्षा – भू केन्द्रों के लिए या भू स्थिर कक्षा – भू केन्द्रों के लिए या निम्न भू कक्षा - निम्न भू कक्षा के लिए या निम्न भू कक्षा – भू स्थिर कक्षा के लिए या भू स्थिर कक्षा – भू स्थिर कक्षा लिंक के लिए भी अनुकूलित किया जा सकता है। इस पत्र के विशिष्ट योगदान में एक लिंक एम्यूलेटर का विकास शामिल है जिसमें निम्न शामिल हैं:

- का-बैंड तक की आवृत्तियां
- 160 मेगाहर्ट्ज तक की बैंडविड्थ
- चैनलों की संख्या 4
- माइक्रोसेकंड से मिलीसेकंड तक विलंब सीमा
- डॉप्लर 1 हर्ट्ज के संकल्प के साथ ± 5 मेगाहर्ट्ज तक शिफ्ट करें
- आर.एफ. पथ नुकसान 220 डीबी तक
- LAN का उपयोग कर हार्डवेयर के साथ इंटरफेस

संबंधित कार्य

चैनल एम्युलेटर के क्षेत्र में पहले भी कुछ काम हो चुका है और लेख भी प्रकाशित किए जा चुके हैं। ह्यूएन और लॉरेंट ने [7] में सॉफ्टवेयर डिफाइंड रेडियो (एस.डी.आर.) हार्डवेयर जैसे यूनिवर्सल सॉफ्टवेयर रेडियो पेरिफेरल (यू.एस.आर.पी.) का उपयोग करके एम्यूलेटर विकसित किया था। यू.एस.आर.पी. आधारित एम्यूलेटर चैनल एम्यूलेटर विकास के लिए एक लागत प्रभावी समाधान प्रदान करते हैं और अनुप्रयोगों के अनुसार अनुकूलित किए जा सकते हैं। ऐसे एम्यूलेटर विश्लेषण के लिए संगणक का उपयोग करते हैं। हालांकि, इस प्रकार के चैनल एम्यूलेटर का नकारात्मक पक्ष संगणक परिधीय या एफ.पी.जी.ए. है जिसमें बेसबैंड भाग को लागू किया गया है जो उनके प्रदर्शन को सीमित करता है। यह चैनल इम्यूलेशन प्रक्रिया को धीमा कर देता है। एक और नकारात्मक पहलू यह है कि अनुसंधान संगठनों द्वारा आवश्यक सभी चैनल मॉडल कार्यान्वयन के लिए उपलब्ध नहीं हैं। इस तरह के चैनल एम्यूलेटर शुरूआती विश्लेषण के लिए अच्छे हैं, परन्तु वास्तविक दुनिया की समस्याओं के लिए, यह पर्याप्त नहीं हो सकता है। जे आर द्वारा रिपोर्ट किये गए काम [1] में यू.एस.आर.पी. की अधिक संख्या का उपयोग करके मल्टी-चैनल एम्यूलेटर विकास के बारे में बताया गया है। यू.एस.आर.पी. के साथ सीमाएं कई गुना हैं। नकली संकेतों और यू.एस.आर.पी. आधारित हार्डवेयर के साथ एलियासिंग के माध्यम

से एक दोलित्र के रिसाव की संभावना हमेशा बनी रहती है। इसके अलावा, रिसीवर चैनलों की गतिशील रेंज बहुत अधिक नहीं होती है और संचारित शक्तियां भी सीमित होती हैं। यू.एस.आर.पी. जैसे एस.डी.आर. के साथ एक और नकारात्मक पहलू यह है कि बाजार में उपलब्ध नवीनतम यू.एस.आर.पी. मॉड्यूल आवृत्ति के मामले में 10 मेगाहर्ट्ज से 6 गीगाहर्ट्ज तक सीमित हैं। उपलब्ध सबसे बड़ी बैंडविड्थ भी 160 मेगाहर्ट्ज से कम है। इनपुट-आउटपुट चैनलों की संख्या भी दो [8] तक सीमित है।

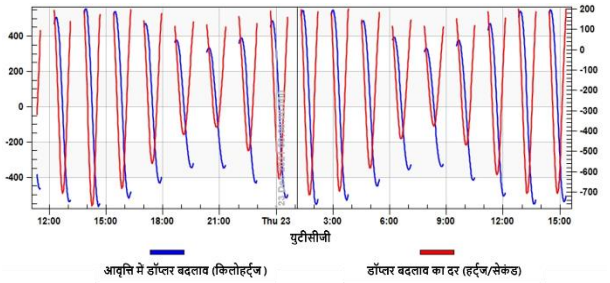
जनरबेक मताई [9] द्वारा विकसित एम्यूलेटर एक पूर्ण एफ.पी.जी.ए. आधारित विकास है जो गतिशील लिंक स्थितियों के लिए देरी, हानि और विभिन्न चैनल मापदंडों को लागू करता है। इसके अलावा, जो चैनल मॉडल लागू किया गया है वह भी काफी जटिल है और अनुकरण प्रक्रिया भी तेज है। परन्तु संपूर्ण कार्यान्वयन 2 मेगाहर्ट्ज से 2 गीगाहर्ट्ज तक सीमित है। वर्तमान संचार उपग्रह के लिए का-बैंड आवृत्तियों का उपयोग होता है। इसके अलावा, आवंटित अंतर-उपग्रह बैंड भी 22.55-23.55 गीगाहर्ट्ज़, 24.45-24-75 गीगाहर्ट्ज़, 32-33 गीगाहर्ट्ज़ बैंड [14] के हैं। [7] - [12] में उल्लिखित शोध कार्य के साथ-साथ व्यावसायिक रूप से भी कई एम्यूलेटर उपलब्ध हैं। बाजार में उपलब्ध विभिन्न प्रकार के चैनल एम्युलेटरों में से पैकेट स्तर के एम्यूलेटर का व्यापक रूप से नेटवर्किंग में उपयोग किया जाता है। हालांकि इस प्रकार के एम्यूलेटर टी.सी.पी. जैसे प्रोटोकॉल के आकलन के लिए बहुत उपयोगी हैं, परन्तु आर.एफ. इम्यूलेशन से संबंधित कई पहलुओं के लिए उपयोग में नहीं आ पाते हैं। मौजूदा पैकेट-आधारित एम्यूलेटर को आर.एफ. चैनल एम्यूलेटर में अपग्रेड करने के लिए कुछ संशोधन किए गए हैं, जो भौतिक स्तर पर होने वाली घटनाओं को आई.पी. स्तर पर रूपांतरित करते हैं। हालांकि, यह कार्य अधिक चुनौतीपूर्ण और महंगा बन जाता है [13]। [15] में प्रस्तुत कार्य अब तक के अन्य विकासों की तुलना में उन्नत है। लेकिन यह डॉपलर शिफ्ट, पथ क्षीणन सहित अन्य चैनल मापदंडों को लागू करने में विफल रहता है और नीतभार हानियों को लागू करने में भी विफल रहता है क्योंकि संपूर्ण कार्यान्वयन केवल बेसबैंड स्तर पर है।

प्रस्तावित कार्य व्यावसायिक रूप से उपलब्ध संचार प्रणाली डिजाइन सॉफ्टवेयर और मॉड्यूलेटर - डेमोडुलेटर, वेक्टर संकेत जेनरेटर और वेक्टर वर्णक्रम जैसे हार्डवेयर तत्वों का उपयोग करके आर.एफ. संचार लिंक एम्यूलेटर विकास पर केंद्रित है। जबकि अन्य पत्रों किए गए कार्यों में कई चुनौतियां हैं, जिनमें वितरित कार्यात्मकताओं के कारण सीमित प्रदर्शन, सभी चैनल मॉडल की अनुपलब्धता, एकल हार्डवेयर इकाई के साथ एकल चैनल का कार्यान्वयन, दोलित्र रिसाव आदि शामिल हैं; प्रस्तावित कार्य मानक कलनविधि आधारित अनुकरण का उपयोग करता है जिसमें आज तक उपलब्ध सभी चैनल मॉडल, एक ही एम्यूलेटर में कई चैनल, संकेत उत्पन्न करने के लिए अधिक सटीक हार्डवेयर तत्व आदि शामिल हैं, जो चैनल इम्यूलेशन प्रक्रिया को सटीक रूप से पूरा करते हैं। प्रस्तावित समाधान के फायदे कई सारे हैं जैसे की विकसित एम्यूलेटर ऑपरेशन की आवृत्ति, चैनल बैंडविड्थ, चैनलों की संख्या, नीतभार और चैनल की खराबी, हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर तत्वों आदि के मामले में पूरी तरह से अनुकूलन योग्य है। एक अन्य लाभ यह है कि भले ही संपूर्ण नीतभार अनुपलब्ध हो, लेकिन लूप परीक्षण में हार्डवेयर का उपयोग किया जा सकता है। इन सभी पहलुओं के साथ-साथ उनकी तकनीकी के बारे में आगामी अनुभागों में विस्तार से बताया गया है।

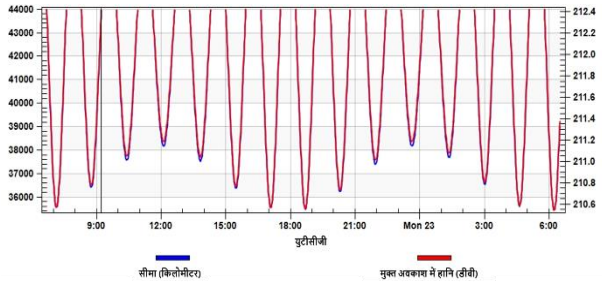
तंत्र का अध्ययन

प्रस्तावित कार्य के लिए तंत्र का अध्ययन एक अंतर-उपग्रह कड़ी पर विचार करते हुए किया गया है जिसमें एक भू स्थिर उपग्रह 45° पूर्व कक्षा में परिक्रमा करता है और एक उपग्रह 400 किलोमीटर, 50° नति कक्षा में परिक्रमा करता है। इन कक्षीय मापदंडों के लिए कड़ी प्राचल को ए.जी.आई. [14] के सिस्टम टूल किट (एस.टी.के.) सिम्युलेटर का उपयोग करके किया गया था। डॉपलर बदलाव, डॉपलर बदलाव दर, तिरछा परास, आर.एफ. पथ क्षीणन और प्रसार विलंब को दर्शाने वाले विभिन्न ग्राफ़ के रूप में सिमुलेशन परिणाम चित्र 1 से

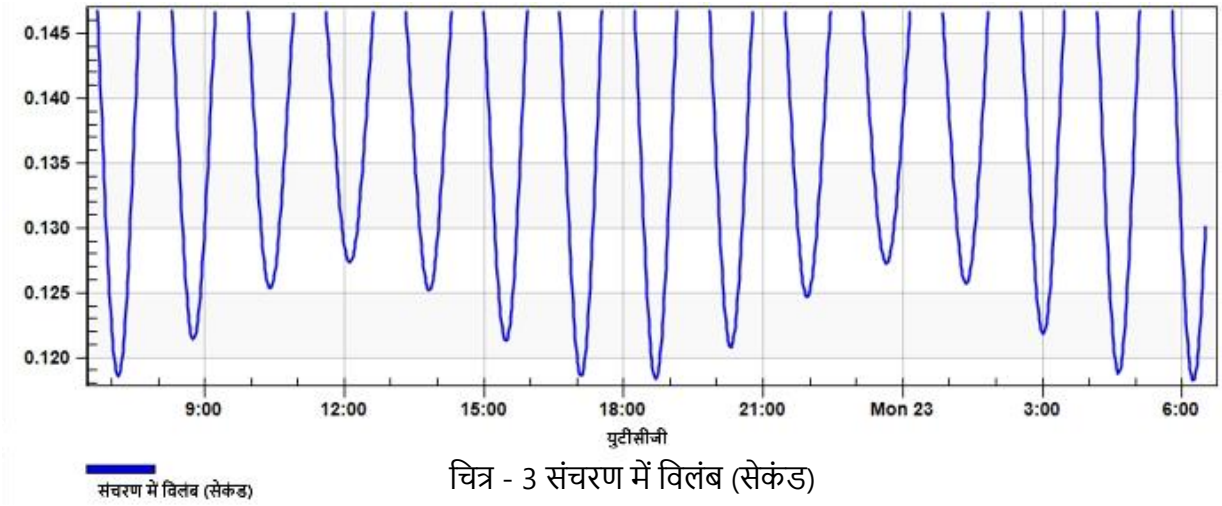
चित्र 3 में दिखाया गया है। सिमुलेशन आउटपुट को गत्यात्मक परिस्थितियों में चैनल मापदंडों के कार्यान्वयन के लिए उपयोग किया गया। कक्षीय विश्लेषण को ध्यान में रखते हुए, अंतिम आवश्यकताओं के अनुरूप एक उपग्रह लिंक बजट तैयार किया गया था। चैनल पैरामीटर जो दिए गए कक्षीय मापदंडों के लिए गत्यात्मक रूप से भिन्न होते हैं, उन्हें तालिका 1 में संक्षेपित किया गया है। प्रस्तावित कार्य के लिए विश्लेषण के लिए का-बैंड पर विचार किया गया है। हालांकि, इसी तरह का विश्लेषण कक्षीय मापदंडों और आवृत्तियों के किसी भी सेट के लिए भी किया जा सकता है।



चित्र - 1 आवृत्ति में डॉप्लर बदलाव (किलोहर्ट्ज) व डॉप्लर बदलाव का दर (हर्ट्ज/सेकंड)



चित्र - 2 सीमा (किलोमीटर) एवं मुक्त अवकाश में हानि (डीबी)



चित्र - 3 संचरण में विलंब (सेकंड)

तालिका 1 कड़ी के प्राचल

क्रमांक	प्राचल	सीमा	इकाई
1.	संचरण विलम्ब	118 से 147	मिलि सेकंड
2.	आवृत्ति में डॉप्लर बदलाव	-530 से + 530	किलोहर्ट्ज
3.	डॉप्लर बदलाव दर	-700 से +200	हर्ट्ज/सेकंड
4.	तिरछा परास	35423 से 44012	किलोमीटर
5.	मुक्त अवकाश हानि	209 से 111	डीबी

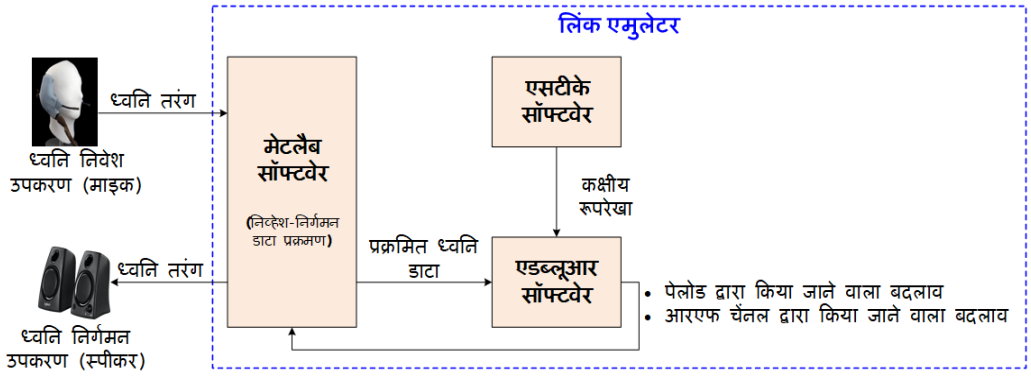
डायनामिक लिंक एम्यूलेटर का विकास

पत्र में प्रस्तुत कार्य को दो प्रमुख वर्गों में वर्गीकृत किया गया है। एक है सॉफ्टवेयर हिस्सा और दूसरा है हार्डवेयर/मापन हिस्सा। विकास के सॉफ्टवेयर भाग में चैनल मापदंडों का निर्माण, अनुकरण के लिए प्रोत्साहन संकेतों का निर्माण, नीतभार हानि और चैनल हानि का कार्यान्वयन आदि शामिल हैं। एप्लाइड वेव रिसर्च के विजुअल सिस्टम सिम्युलेटर [19] का उपयोग नीतभार और चैनल पैरामीटर के सिमुलेशन के लिए किया गया है। सिम्युलेटर विभिन्न नीतभार मापदंडों के सिमुलेशन के लिए व्यवहार मॉडल और मापन आधारित ब्लॉक दोनों प्रदान करता है। चैनल के लिए भी, ए.डब्ल्यू.जी.एन. मॉडल, और रेले, ग्रामीण और शहरी मॉडल के साथ

मल्टीपाथ प्रभाव सहित विभिन्न मॉडल उपलब्ध हैं। विभिन्न हानियां जो गत्यात्मक रूप से भिन्न हो सकती हैं उनमें चैनल पथ हानि, सापेक्ष क्षीणन, पथ विलंब, आवृत्ति ऑफसेट, ऐरे अज़ीमुथ, तत्व स्थिति, इत्यादि शामिल हैं। ये मॉडल वास्तविक दुनिया की माप के साथ काफी सटीक और तुलनीय हैं। विकास के हार्डवेयर भाग में मॉड्यूलेटर - डेमॉडुलेटर, संकेत जेनरेटर और वर्णक्रम विश्लेषक शामिल हैं जो व्यावहारिक संकेतों के निर्माण और उसी के अध्ययन में मदद करते हैं। प्रस्तावित कार्य के सॉफ्टवेयर भाग के लिए ब्लॉक स्तरीय योजनाबद्ध का सचित्र प्रतिनिधित्व नीचे चित्र 4 में दिखाया गया है।

उत्तेजना संकेतों का निर्माण

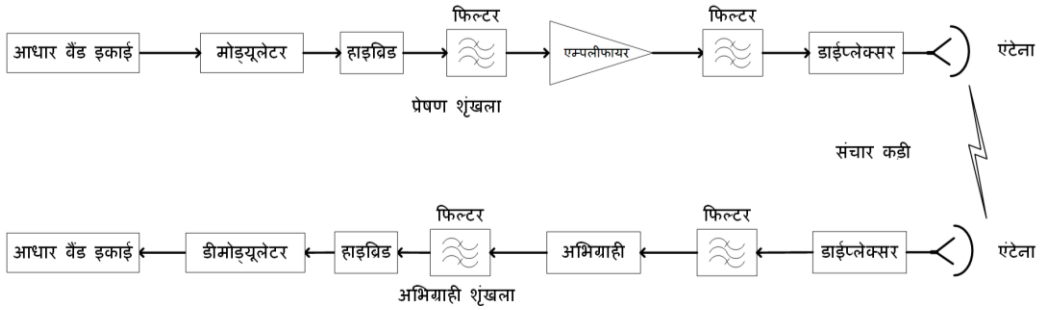
लिंक एम्यूलेटर का प्रारंभिक विश्लेषण संदीपन संकेतों का उपयोग करके किया गया था। सिमुलेशन के लिए, एक मेटलैब कलनविधि विकसित की गई थी जो माइक्रोफोन का उपयोग करके पूर्वनिर्धारित अवधि के लिए एक ध्वनि रिकॉर्ड करता है, रिकॉर्ड किए गए ध्वनि से बिट स्ट्रीम उत्पन्न करता है और बाद में उपयोग के लिए निर्दिष्ट स्वरुप में इसे संग्रहीत करता है। इस कलनविधि का उपयोग करके उत्पन्न बिट स्ट्रीम का उपयोग आगे के विश्लेषण के लिए एक संदीपन के रूप में किया गया है। एक बार क्षीणता को लागू करने के बाद डेटा ध्वनि को फिर से बनाने के लिए उपयोग किया जाता है। तत्पश्चात यह क्षीण ध्वनि की तुलना स्रोत ध्वनि के साथ की गई है।



चित्र - 4 गत्यात्मक लिंक एम्यूलेटर के सॉफ्टवेर हिस्से की रूपरेखा

नीतभार क्षीणता का कार्यान्वयन

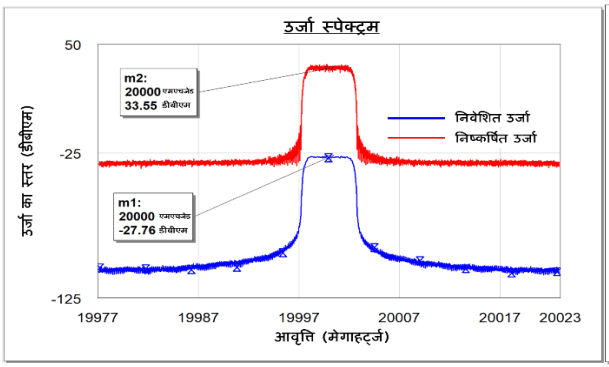
नीतभार क्षीणता के कार्यान्वयन में सॉफ्टवेयर आधारित और हार्डवेयर आधारित इन दो दृष्टिकोणों का पालन किया गया है। नीतभार हानि कार्यान्वयन के सॉफ्टवेयर भाग के लिए, सॉफ्टवेयर में उपलब्ध आर.एफ. ब्लॉकों का उपयोग किया गया था। ये ब्लॉक किसी भी रैखिक और गैर-रैखिक तत्वों के लिए वास्तविक माप परिणामों को स्वीकार करते हैं और सिमुलेशन के लिए इसका उपयोग करते हैं। सिमुलेशन में मापित परिणामों का उपयोग करने का लाभ यह है कि उप-प्रणाली प्रदर्शन का अनुमान लगाने वाला कोई विश्लेषणात्मक समीकरण प्रकट नहीं होता है। सभी वास्तविक दुनिया के मापदंडों को माप डेटा में शामिल किया जा सकता है। वर्तमान कार्य के लिए लागू की गई हानियों में एक फ़िल्टर का समूह विलंब, एक एम्पलीफायर की गैर-रैखिकता और अन्य नुकसान शामिल हैं। किसी भी संचार नीतभार का एक विशिष्ट प्रेषण और प्राप्त अनुभाग नीचे चित्र 5 में दिखाया गया है। जैसा कि चित्र से दर्शाया गया है, उत्पन्न ध्वनि संदीपन को डिजीटल, संशोधित किया जाता है और नीतभार के आर.एफ. अनुभाग से गुजरता है; जहां नीतभार की कमी संकेत के गुणों को संशोधित करती है।



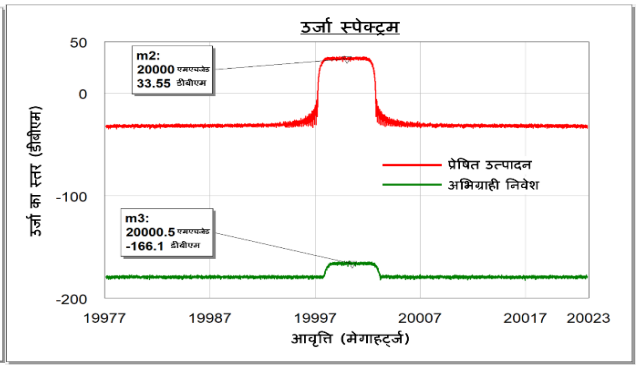
चित्र - 5 नीतभार की प्रेषण और अभिग्राही शृंखला

चैनल हानियों का कार्यान्वयन

प्रस्तावित कार्य के लिए कार्यान्वित विभिन्न चैनल हानियों में आर.एफ. पथ हानि, विलंब, डॉपलर शिफ्ट और ए.डब्ल्यू.जी.एन. शामिल हैं। प्रत्येक पैरामीटर की सीमा वही है जो तालिका 1 में उल्लिखित है। सॉफ्टवेयर में उपलब्ध विभिन्न ब्लॉक का उपयोग कार्यान्वयन के लिए किया जाता है। चित्र 7 में आलेख प्रेषित नीतभार के निर्गमन और अभिग्राही के निवेश पर उपलब्ध ऊर्जा वर्णक्रम को दिखाता है। 500 किलोहर्ट्ज़ डॉप्लर शिफ्ट, पथ हानि और ए.डब्ल्यू.जी.एन. जैसी चैनल हानियों का कार्यान्वयन वर्णक्रम में स्पष्ट रूप से दिखाई देता है।

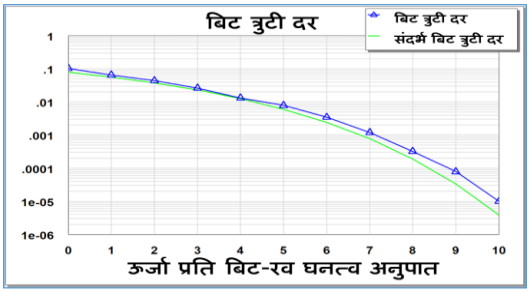


चित्र - 6 नीतभार के निवेश और निर्गमन पर ऊर्जा वर्णक्रम

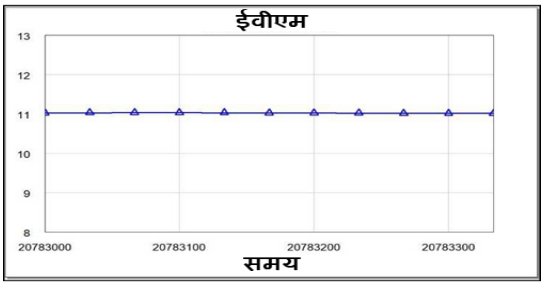


चित्र - 7 चैनल के निवेश और निर्गमन पर ऊर्जा वर्णक्रम

जैसा कि चित्र 6 और चित्र 7 में दिखाया गया है, एम्युलेटेड तरंग विशेषताएं तंत्र अध्ययनों में प्रत्याशित मूल्यों से मेल खाती हैं जो कार्यान्वयन के तरीकों की शुद्धता और मूल उद्देश्य के अनुपालन में तरंग की विशेषताओं में भिन्नता साबित करती हैं।



चित्र - 8 संचार तंत्र का बिट त्रुटी दर



चित्र - 9 संचार तंत्र का ईवीएम मूल्यांकन

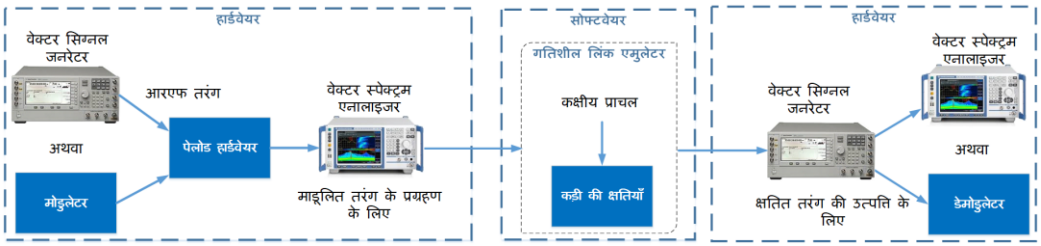
संचार तंत्र के प्रदर्शन का मूल्यांकन तब विभिन्न प्रणाली स्तर के मापदंडों जैसे बीईआर और ईवीएम के माध्यम से किया गया था। चित्र 8 में दिया गया आलेख नीतभार और कड़ी की खराबी के दिए गए प्राचलों के लिए एम्युलेटेड संचार तंत्र के बिट त्रुटि दर को दर्शाता है। इसी तरह, चित्र 9 में आलेख समग्र प्रणाली के त्रुटि वेक्टर परिमाण (ईवीएम) के प्रदर्शन को दर्शाता है।

गत्यात्मक मापदंडों का कार्यान्वयन

मापदंडों के गत्यात्मक कार्यान्वयन के लिए, एस.टी.के. सिमुलेशन से प्राप्त चैनल मापदंडों को कैप्चर किया गया और एक फाइल में लाया गया जो उस सॉफ्टवेयर के अनुकूल है जिसमें गत्यात्मक कड़ी एम्यूलेटर विकसित किया गया है। इन सभी मापदंडों को एक परिवर्ती को सौंपा गया था। वर्तमान विकास के लिए, गत्यात्मक रूप से भिन्न होने वाले सभी पैरामीटर हर सेकेंड अपडेट किए जाते हैं।

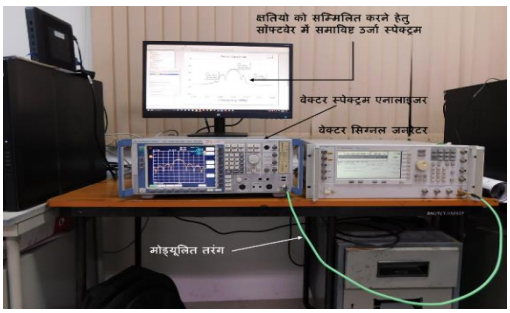
मापन के माध्यम से सत्यापन

प्रस्तुत कार्य को मापों द्वारा समर्थित किया गया है। जैसा कि चित्र 10 में दिखाया गया है, आर.एफ. तरंग या तो वेक्टर संकेत जेनरेटर या मॉड्यूलेटर का उपयोग करके उत्पन्न किया गया है। यह संकेत तब उपलब्ध नीतभार हार्डवेयर के माध्यम से पारित किया जाता है। यह निर्गमित तरंग तब वेक्टर वर्णक्रम एनालाइजर को दिया जाता है जो सॉफ्टवेयर और हार्डवेयर मापन के बीच एक अन्तरापृष्ठ प्रदान करता है। वर्णक्रम एनालाइजर से मापा गया वर्णक्रम गत्यात्मक लिंक एम्यूलेटर में लाया जाता है। विभिन्न चैनल मापदंडों का उपयोग करते हुए, इस आर.एफ. ऊर्जा वर्णक्रम में क्षतियां पेश की जाती हैं। यह क्षतित तरंग तब वेक्टर संकेत जेनरेटर का उपयोग करके आर.एफ. तरंग में उत्पन्न होता है। इस तरंग में नीतभार और चैनल क्षतियां दोनों ही सम्मेलित है। यह आर.एफ. तरंग या तो डेमोडुलेटर या वी.एस.ए. को प्रदान करके बेसबैंड डेटा प्रदान करता है। विकसित संचार तंत्र के क्यू.ओ.एस. विश्लेषण के लिए इस डेटा का विश्लेषण किया जा सकता है।

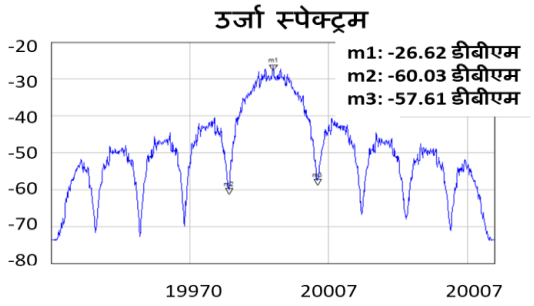


चित्र - 10 मापन प्रयोग ब्लाक योजनाबद्ध

चित्र 10 में दिखाया गया ब्लॉक योजनाबद्ध लागू किया गया था और विकसित एम्यूलेटर में ऊर्जा वर्णक्रम को सफलतापूर्वक प्राप्त किया गया था जिसमें इम्यूलेशन के लिए प्राप्त वर्णक्रम में हानि को जोड़ा गया था। चित्र 11 प्रस्तावित कार्य के लिए वास्तविक माप सेटअप का प्रतिनिधित्व करता है। चित्र 12 में दिया गया आलेख उस वर्णक्रम को दिखाता है जिसे वीएसए का उपयोग करके मापा गया है और हानि के कार्यान्वयन के लिए सॉफ्टवेयर में लाया गया है।



चित्र - 11 वास्तविक मापन व्यस्था



चित्र - 12 नापा हुआ वर्णक्रम

इस पद्धति के कई फायदे हैं। नीतभार हार्डवेयर की अनुपलब्धता के मामले में, संपूर्ण आर्किटेक्चर को भी सॉफ्टवेयर में लागू किया जा सकता है। संपूर्ण नीतभार श्रृंखला के सीमित तत्वों की उपलब्धता के मामले में, उपलब्ध तत्वों का उपयोग वास्तविक माप सेटअप के लिए किया जा सकता है और शेष को सॉफ्टवेयर में लागू

किया जा सकता है। संपूर्ण नीतभार की उपलब्धता के मामले में, सॉफ्टवेयर में केवल चैनल प्राचल रखे जा सकते हैं।

निष्कर्ष

सिस्टम डिज़ाइन सॉफ़्टवेयर और मानक प्रयोगशाला उपकरणों का उपयोग करके डायनामिक लिंक एम्यूलेटर के विकास के लिए एक पूरी तरह से नई पद्धति प्रस्तुत की गई है। विभिन्न आवृत्ति बैंड के संचालन, विभिन्न बैंडविड्थ, चैनलों की संख्या, विभिन्न चैनल पैरामीटर, विकसित एम्यूलेटर के लिए विभिन्न नीतभार आर्किटेक्चर के लिए संपूर्ण एम्यूलेटर विन्यास को अनुकूलित करने की व्यवहार्यता पर भी चर्चा की गई है। कार्यान्वयन यह भी दर्शाता है कि विकसित एम्यूलेटर संचार कड़ी के मापदंडों की आवश्यकता को पूरा करता है जो समय के साथ गत्यात्मक रूप से बदलते हैं। मापन ने सॉफ्टवेयर में सिर्फ एक अनुकरण के बजाय वास्तविक हार्डवेयर सेटअप को शामिल करके काम को अतिरिक्त ताकत प्रदान की। प्रस्तावित समाधान भी लागत प्रभावी है। इस पत्र के खंड II में उल्लिखित अन्य सीमाएं भी प्रस्तावित कार्य से दूर हो जाती हैं।

आभार

पत्र के लेखक इस काम के विकास के दौरान उनके निरंतर मार्गदर्शन और प्रोत्साहन के लिए श्री अरूप रॉय चौधरी, समूह निदेशक, एच.एस.टी.जी. एवं श्री दिनेश कुमार सिंह, उप निदेशक, एच.एस.टी.ए. के प्रति अपनी गहरी कृतज्ञता व्यक्त करना चाहते हैं। लेखक श्री एन. एम. देसाई, निदेशक, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, इसरो को भी काम के दौरान उनके समर्थन और प्रेरणा के लिए धन्यवाद देना चाहते हैं।

संदर्भ

[1] जे.आर. वैन डेर मेर्वे, जे. मालन, एफ.डी.वी. मासडॉर्प, और डब्ल्यू.पी. डु प्लेसिस, "मल्टी-चैनल सॉफ्टवेयर डिफाइंड रेडियो एक्सपेरिमेंटल इवैल्यूएशन एंड एनालिसिस," आईएसएसएन 1983 7402, आईटीए, 23 ए 25 डी सेटम्ब्रो डी 2014।

[2] जे. मार्च, सी.-सी. कुओ, वाई.-आर. लिन और टी.-एच। फेफड़े, "डिजाईन ऑफ सॉफ्टवेयर डिफाइन रेडियो चैनल सिमुलेटर फॉर वायरलेस कोम्युनिकेशन: केस स्टडी विथ डीएसआरसी एंड युडब्लूबी चैनल्स," इंस्ट्रुमेंटेशन एंड मेज़रमेंट, आईईईई ट्रांसेक्शन, वॉल्यूम। 58, नंबर ss8

[3] एन. शाहीन, एन. लासोर्ट, एस. रज्जब और एच. रेफाई, "802.11जी चैनल कैरेक्टराइजेशन यूजिंग लैबव्यू एंड एनआई-यू.एस.आर.पी.," इंस्ट्रुमेंटेशन एंड मेजरमेंट टेक्नोलॉजी कॉन्फ्रेंस (आई2एमटीसी), 2013 आईईईई इंटरनेशनल, पीपी। 753 - 756, 2013।

[4] पुलगर एन,। पारा और ए गैल्विस यूनटेरो, "एसएम सिस्टम इम्प्लीमेंटेशन फॉर अकादमीक पर्पस," संचार एंड कंप्यूटिंग (कोलकॉम), 2013 आईईईई कोलम्बियाई सम्मेलन, पीपी 1 - 6, 2013।

[5] एम. फिरोज, जेड. चेन, एस. रॉय और एच. लियू, "वायरलेस नेटवर्क कोडिंग वाया मॉडिफाइड 802.11 मैक/पीएचवाई: डिजाइन एंड इम्प्लीमेंटेशन ऑन एस.डी.आर.," सिलेक्टेड एरियाज इन कम्युनिकेशंस, आईईईई जर्नल ऑन, वॉल्यूम। 31, नहीं। 8, पीपी। 1618 - 1628, 2013।

[6] के.-सी. लैन और एम.-डब्ल्यू। ली, " फिजिबिलिटी स्टडी ऑफ युसिंग एफएम रेडियो फॉर डाटा प्रेषण इन वेहिक्युलर नेटवर्क," कंप्यूटर सिम्पोजियम (आईसीएस), 2010 इंटरनेशनल

[7] ह्यूएन ची बुई, और लॉरेंट फ्रैंक, "कोस्ट एफ्फेक्टिव एम्युलेशन ऑफ जियोस्टेशनरी सेटेलाइट चैनल्स बी मीन्स ऑफ सॉफ्टवेयर डिफेंड रेडियो," 2014 एयरोस्पेस के लिए आईईईई मेट्रोलॉजी

[8] प्रोडक्ट फ्लायर, यू.एस.आर.पी. सॉफ्टवेयर डिफाइंड ssरेडियो, नॅशनल इंस्ट्रूमेंट्स।

[9] जनरबेक मताई, पिंगफान मेंग, लिंगजुआन वू, ब्रैड वेलसी, और रयान कस्तनर, "डिजाईनिंग ए हार्डवेयर इन लूप वायरलैस डिजिटल चैनल एम्यूलेटर फॉर सॉफ्टवेयर डिफाइंड रेडियो," 2012 फील्ड-प्रोग्रामेबल टेक्नोलॉजी पर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन, 10.1109 / FPT.2012.6412135।

[10] रोनन फैरेल, मैग्डेलेना सांचेज, और गेरी कॉर्ली, "सॉफ्टवेयर- डिफाइंड रेडियो डिमॉन्स्ट्रेटर्स: एन एक्साम्पल एंड फ्यूचर ट्रेंड्स," हिंदवी पब्लिशिंग कॉर्पोरेशन, इंटरनेशनल जर्नल ऑफ डिजिटल मल्टीमीडिया ब्रॉडकास्टिंग, वॉल्यूम 2009, आर्टिकल आईडी 547650, 12 पेज

[11] वेई फैन, पेक्का क्योस्टी, लस्सी हेन्टिला, और गर्ट एफ। पेडर्सन, "ए फ्लेक्सिबल मिलीमीटर वेव रेडियो चेंनल एम्यूलेटर डिजाइन विथ एक्सपेरिमेंटल वेलिडेशन ," आईईईई ट्रांसेक्शन ऑन एंटेना एंड प्रोपेगेशन (वॉल्यूम: 66, अंक: 11, नवंबर 2018), 10.1109 / टीएपी.2018.2864339।

[12] स्कॉट ब्युसेमी, "वेलिडेशन मेथोड फॉर ए डिजिटल वायरलेस चेंनल एम्यूलेटर ," 2014 IEEE सैन्य संचार सम्मेलन, 10.1109 / MILCOM.2014।

[13] कैनी, सी.; फ़िरिनसीली, आर.; लैकमेरा, डी., "एसएटी01-5: एन एम्युलेशन अप्प्रोअच फॉर थे एवेल्युएशन ऑफ एन्हांस्ड ट्रांसपोर्ट प्रोटोकॉल," वैश्विक दूरसंचार सम्मेलन, 2006। GLOBECOM '06। आईईईई, वॉल्यूम, संख्या, पीपी.1,5, नवंबर 27 2006-दिसंबर। 1 2006.

[14] रेकोमेन्डेशन आईटीयू-आर एस.1591, शेरिंग ऑफ इंटर-सैटेलाइट लिंक बेंड्स अरौंद 23, 32.5 एंड 64.5 गीगाहर्ट्ज़ बेत्वीन नॉन-जियोस्टेशनरी / जियोस्टेशनरी इंटरसैटेलाइट्स एंड जियोस्टेशनरी / जियोस्टेशनरी इंटर-सैटेलाइट लिंक्सs।

[15] पी.जे. ग्रीन, "एक रीयल-टाइम रेले, रिशियन और एडब्ल्यूजीएन मल्टीपाथ चैनल एम्यूलेटर का कार्यान्वयन," टेनकॉन 2017 - 2017 आईईईई क्षेत्र 10 सम्मेलन, 2017

लेखक परिचय:



2015 में हर्ष सी. त्रिवेदी ने एल. डी. कॉलेज ऑफ इंजीनियरिंग, अहमदाबाद, से इलेक्ट्रॉनिक्स और कम्युनिकेशन इंजीनियरिंग में बैचलर ऑफ इंजीनियरिंग की डिग्री प्राप्त की। वह वर्तमान में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, इसरो में समानव अंतरिक्ष उड़ान प्रौद्योगिकी प्रभाग में वैज्ञानिक/अभियंता के रूप में कार्यरत हैं। उनके प्रमुख अनुसंधान क्षेत्र में बेतार संचार तंत्र की रचना, आधार बैंड संचार तंत्र की रचना और कंप्यूटर एडेड डिजाइन (सीएडी) के माध्यम से संचार तंत्र की रचना शामिल हैं।

स्लांटेड इंटरडिजिटल ट्रांस्ड्यूसर्स तकनीकों द्वारा अल्ट्रा वाईड बेंड सतही ध्वनि तरंग फिल्टर का डिजाइन

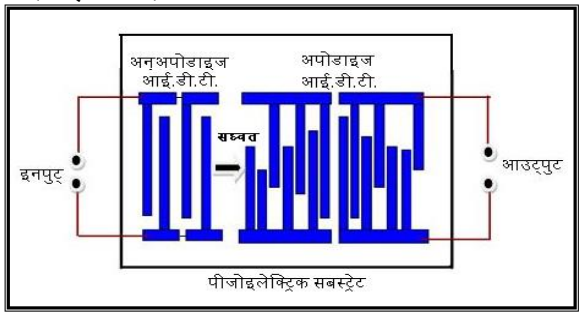
उर्वी पोपट, शान्तनु सिन्हा
वैज्ञानिक/अभियंता – एस.ई.
आर एफ डिवाइसिस एंड पैकेज डेवलपमेंट डिविजन
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र (सैक), अहमदाबाद
urvi@sac.isro.gov.in

परिचय:

सतह ध्वनि तरंग (Surface Acoustic Wave) डिवाइस अंतरिक्ष हार्डवेयर जिसमें कई वायरलेस सिस्टम शामिल होते हैं, उसमें आर एफ और आइ एफ में बहुत महत्वपूर्ण घटक होते हैं। एस ए डब्ल्यू (SAW) डिवाइस उत्कृष्ट फिल्टरिंग विशेषताओं और उनके आसान और प्रसिद्ध निर्माण तथा सेमीकंडक्टर माईक्रो फेब्रिकेशन तकनीकों के लिए संगतता प्रदान करते हैं, जो उन्हें बेहद लोकप्रिय बनाते हैं। आज की आधुनिक दूरसंचार प्रणालियों को उच्च बिट दर और बड़े संचारित डेटा की आवश्यकता होती है। इसका मतलब है कि SAW फिल्टर को भी व्यापक बैंडविड्थ और उच्च आवृति की आवयकता होती है। पारंपरिक SAW डिजाइन तकनीकों का उपयोग 20 % से अधिक बैंडविड्थ के लिए नहीं किया जा सकता है। इस तरह के विस्तृत बैंड फिल्टर के लिए इंटरडिजिटल ट्रांस्ड्यूसर फिंगर्स की संख्या काफी कम हो जाती है जिसके परिणामस्वरूप इन्सर्सन लॉस (IL) और अवांछनीय बृहत तरंग उत्पन हो जाते हैं। स्लांटेड इंटरडिजिटल ट्रांस्ड्यूसर्स आधारित SAW फिल्टर इस समस्या का एकमात्र समाधान है। यह फिल्टर बैंड रिजेक्शन विशेषताओं के साथ अच्छी तरह से एक साथ व्यापक बैंड विशेषताओं को प्राप्त करने की एक नई विधि प्रदान करता है। सामान्य फिंगर आई डी टी फिल्टर के विपरीत, जहाँ आई डी टी फिंगर्स एस ए डब्ल्यू लहर प्रसार की दिशा के लिए लम्बवत होती है, वहाँ एस एफआई टी में आई डी टी के फिंगर्स लहर प्रसार के लिए सामान्य दिशा के संबंध में तिरछी होती हैं। प्रत्येक चैनल को एक सामान्य उप-फिल्टर के रूप में माना जाता है और सभी फिल्टर की प्रतिक्रियाओं को जोड़ कर एक अंतिम आवृति प्रतिक्रिया प्राप्त होती है। इन फिल्टर्स में कम पास बैंड रिपल का फायदा होता है, क्योंकि इसमें कम प्रतिबिम्ब कारकों और छोटे आकार के साथ ट्रिपल ट्रांसिस्ट इको का स्तर भी काफी कम होता है।

पृष्ठभूमि:

एस ए डब्ल्यू फिल्टर में विधुत संकेतों को पहले एस ए डब्ल्यू में परिवर्तित कर दिया जाता है जिसकी आवृति वही होती है जो विद्युत संकेतों की होती है। विद्युत संकेतों को एस ए डब्ल्यू में बदलने के लिए आई.डी.टी. (Inter Digital Transducer) का प्रयोग किया जाता है जो पिजोएलेक्ट्रिक (piezoelectric) पदार्थ की सतह पर धातु (आमतौर पर अल्युमिनियम) की पतली परत जमा करके बनाई जाती है। एस ए डब्ल्यू फिल्टर दो आई.डी.टी. के प्रयोग से बनते हैं; एक जिसमें आई.डी.टी. की अँगुलियों का अतिछादन अलग अलग रहता है उसे Apodized IDT कहते हैं और एक आई.डी.टी. जिसमें अँगुलियों का अतिछादन स्थिर रहता है उसे Unapodized IDT कहते हैं। इस तरह के फिल्टर का विवरण चित्र 1 में दिखाया गया है।



चित्र 1 : पारंपरिक एस ए डब्ल्यू फिल्टर की संरचना

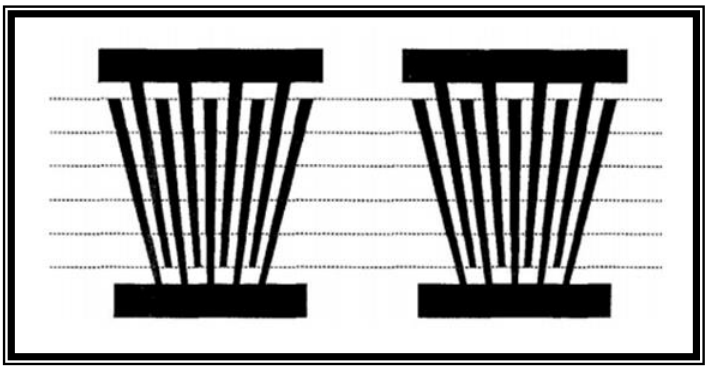
पिजोएलेक्ट्रिक सबस्ट्रेट (Piezoelectric Substrate) की वजह से जब AC वॉल्टेज इनपुट में लगाते हैं तब एस ए

डब्ल्यू तरंग उत्पन्न होते हैं। दूसरी आई.डी.टी. का उपयोग एस ए डब्ल्यू को विधुत चुंबकीय संकेतों में बदलने के लिए किया जाता है। एस ए डब्ल्यू फिल्टर में केन्द्रीय आवृति आई.डी.टी. की अँगुलियों की चौड़ाई और पुनरावृत्ति निश्चित करती है तथा आई.डी.टी. की अँगुलियों का अतिछादन इसकी इम्पल्स प्रतिक्रिया निर्धारित करता है। इस इम्पल्स प्रतिक्रिया का फुरिअर ट्रांसफॉर्म आवृति प्रतिक्रिया देता है। Apodized IDT के अतिछादन में अलग अलग परिवर्तन करके आवश्यक फिल्टर परिणाम प्राप्त सकते हैं। एस ए डब्ल्यू फिल्टर उच्च अनुपालन (High Performance) के लिए समर्थ है। एस ए डब्ल्यू फिल्टर को बनाने के लिए विशेष प्रकार के पिजोएलेक्ट्रिक सबस्ट्रेट (piezoelectric substrate) अथवा वेफर का प्रयोग किया जाता है, जैसे $LiNbO_3$ और Quartz.

एस ए डब्ल्यू फिल्टर की रचना प्रक्रिया को निम्नलिखित स्तरों मे विभाजित किया जाता है:

- ✓ वेफर का धात्वीकरण (Wafer Metallization)
- ✓ लिथोग्राफी (Lithography)
- ✓ सज्जीकरण (Assembly and Packaging)
- ✓ वायुरुध्द मुहरबंदी (Hermetic Sealing)

आम तौर से एस ए डब्ल्यू फिल्टर नीतभार में मध्यवर्ती आवृति (आई. एफ.) पड़ाव पर ही लगाए जाते हैं। आई. डी. टी. में धातु उँगलियाँ एस ए डब्ल्यू तरंग प्रसार दिशा के लिए लंबवत होती है। आई. डी. टी. में उंगली जोड़े की संख्या बैंड चौड़ाई के साथ एक विपरीत संबंध रखती है। परिणामस्वरूप अति चौड़े बैंडविड्थ फिल्टर्स में आई. डी. टी. उंगलियों की संख्या बहुत कम हो जाती है। इसके अलावा, इस पारंपरिक फिल्टर में और भी अवांछनीय चीजों का प्रभाव पड़ता है, जैसे ट्रिपल ट्रांसिस्ट इको, फिंगर रिफ्लेक्शन और बल्क वेव जनरेशन। 20 % से अधिक फिल्टर फ्रेक्श्नल बैंड की चौड़ाई वाले फिल्टर्स में बल्क वेव का प्रभाव बहुत गंभीर हो जाता है। इसके अलावा फिल्टर का इम्पिडेंस मैचिंग भी बहुत मुश्किल हो जाता है क्योंकि पीसीबी और पैकेजिंग की पेरासिटिक असर बढ़ जाती है। उपरोक्त समस्याओं को स्लांटेड इंटरडिजिटल ट्रांस्ड्यूसर्स पैटर्न के उपयोग द्वारा दरकिनार किया जा सकता है और जिनका चित्रण आकृति 2 में दिखाया गया है।

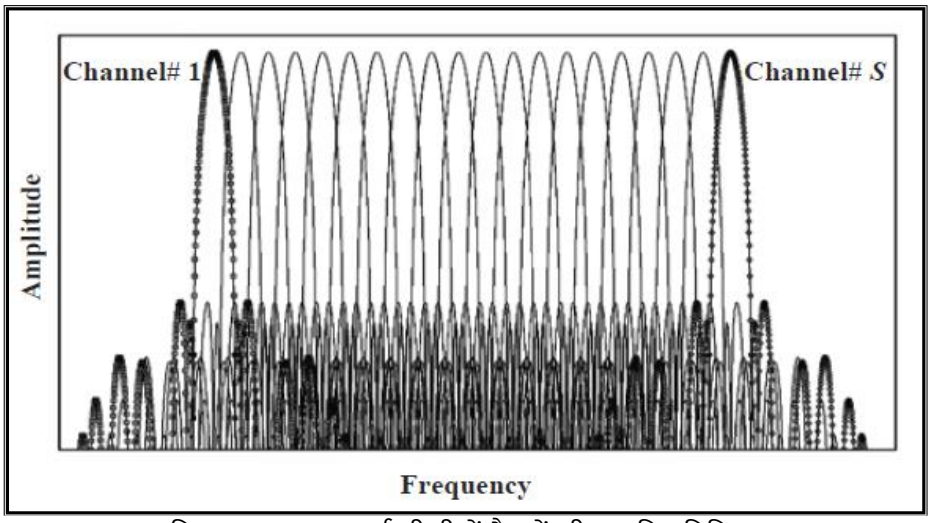


चित्र 2 : एस एफ आई डी टी का उपयोग करके एक बुनियादी रैखिक चरण एस ए डब्ल्यू फिल्टर

जैसा कि स्पष्ट है, आई डी टी उँगलियाँ टेपर हैं और एस ए डब्ल्यू प्रसार के सामान्य दिशा की तरफ एक निश्चित झुकाव भी है। एस एफ आई टी की छोटी अवधि उच्च आवृति सतह ध्वनिक तरंगों को उत्तेजित करती है और एस एफ आई टी की लंबी अवधि निम्न आवृति सतह ध्वनिक तरंगों को उत्तेजित करती है। इसलिए एस एफ आई टी एस ए डब्ल्यू फिल्टर ट्रांस्ड्यूसर में उँगलियों की संख्या के साथ समझौता किए बिना, एक ब्रॉडबैंड आवृति प्रतिक्रिया को संश्लेषित कर सकता है।

एस एफ आई टी डिजाइन प्रकिया :

पारंपरिक एस ए डब्ल्यू फिल्टर डिजाइन प्रकियाओं में ट्रांस्ड्यूसर्स कॉनफिगरेशन को इस प्रकार डिजाइन किया जाता है जिसमें वांछित आवृति प्रतिक्रिया उसके इम्पल्स प्रतिक्रिया पर निर्धारित होती है। इसके विपरीत, एस एफ आई टी कॉनफिगरेशन सीधे आवेग प्रतिक्रिया का प्रतिनिधित्त्व नहीं कर सकता है, इसलिए पारंपरिक डिजाइन प्रक्रिया सीधे एस एफ आई टी पर लागू नहीं होती है। अतः विश्लेषण के उद्देश्य के लिए, एक एस एफ आई टी ट्रांसमिशन चैनल को कई संकीर्ण चैनल में विभाजित किया गया है जैसा चित्र 2 में दिखाया गया है। प्रत्येक चैनल में तिरछी आई डी टी के प्रदर्शन को पारंपरिक समानांतर उँगलियों से जोड़ा जाता है। नतीजतन, यह माना जाता है कि एस एफ आई टी का उपयोग करने वाला फिल्टर विभिन्न केंद्र आवृतियों के साथ कई समानांतर उंगली उप-फिल्टर से बना है।



चित्र 3 : एस एफ आई डी टी में चैनलों की आवृति प्रतिक्रिया

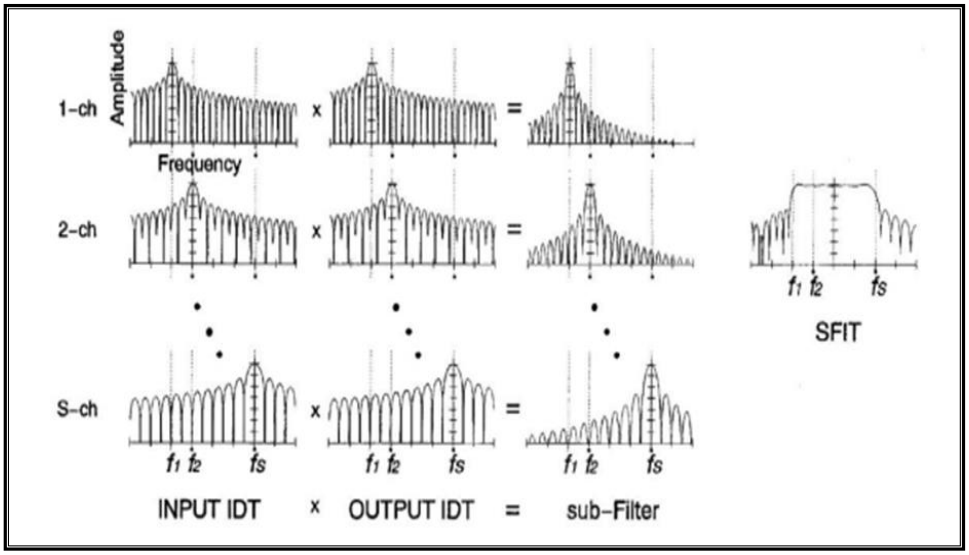
चित्र 3 में दर्शाया गया है कि केंद्र आवृति में ऑफसेट करके आवश्यक चैनल के उप फिल्टर के सुपर्पोजिशन द्वारा समग्र SFIT प्रक्रिया कैसे प्राप्त की जाती है। चैनल 1 पास बैंड के निम्नतम आवृति घटक का प्रतिनिधित्व करता है और चैनल S उच्चतम आवृति घटक का। आकृति 3 के करीबी विश्लेषण से पता चलता है कि एस एफ आई टी फिल्टर प्रतिक्रिया की कम संक्रमण बैंड चौड़ाई चैनल 1 उप फिल्टर की आवृति विशेषताओं पर मुख्य रूप से निर्भर करेगी। इसी तरह, उपरी संक्रमण बैंड चौड़ाई चैनल S उप फिल्टर की आवृति विशेषताओं पर मुख्य रूप से निर्भर करेगी। इसलिए मुख्य लोब की चौड़ाई को परिवर्तित करके समग्र फिल्टर के शेप फेक्टर को नियंत्रित किया जा सकता है। छोटे शेप फैक्टर को प्राप्त करने के लिए सब फिल्टर्स में इलेक्ट्रोड की संख्या बढ़ाई जा सकती है, जिससे उप फिल्टर्स की आवृति प्रतिक्रिया में मुख्य लोब की चौड़ाई कम हो सकती है। नतीजन, आई डी टी की ऊँगली की लम्बाई में परिणामी वृद्धि पारंपरिक डिजाइन की तुलना में बहुत कम हो जाती है।

SFIT का संपूर्ण ट्रांसफर फंक्शन इस फोर्मुला द्वारा व्यक्त किया जा सकता है।

$$H(f) = \sum_{i=1}^{s} H_i(f) = \sum_{i=1}^{s} HI_i(f).HO_i^*(f) \qquad (1)$$

जहाँ S विश्लेषण में चैनलों की कुल संख्या दर्शाता है।

इस प्रकार, जैसा कि चित्र 4 में दिखाया गया है कि विभिन्न केंद्र आवृतियों के साथ कई उप



चित्र 4 : उप आई डी टी और उप एस एफ आई डी टी की आवृति प्रतिक्रिया

फिल्टर प्रतिक्रियाओं के योग से एक बड़ी बैंडविड्थ प्राप्त की जाती है। SFIT चैनलों में या तो समान एपर्चर या समान केंद्र आवृति पृथक्करण हो सकता है। हमने समान केंद्र आवृति पृथक्करण दृष्टिकोण अपनाया है।

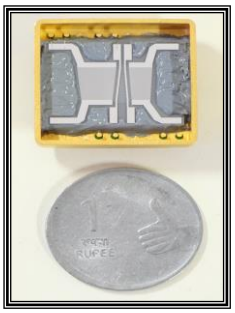
डिजाइन उदाहरण और परिणाम:

16 MHz पास बैंड चौड़ाई (~ 21% आंशिक बैंड चौड़ाई) के साथ केंद्र आवृति 75.42 MHz पर एक SFIT एस ए डब्ल्यू फिल्टर को YZ-LiNbO3 सबस्ट्रेट पर डिजाइन किया गया। जहाँ शेप फैक्टर 1.13 था, जो कि काफी छोटा है। साइड लोब सप्रेसन लक्ष्य 30dB था। सभी विशेषताओं को तालिका 1 में दिखाया गया है। इस फिल्टर का प्रयोग टी डी एस पेलोड के स्पेस सर्विस वॉल्यूम GNSS रिसीवर में किया जाएगा।

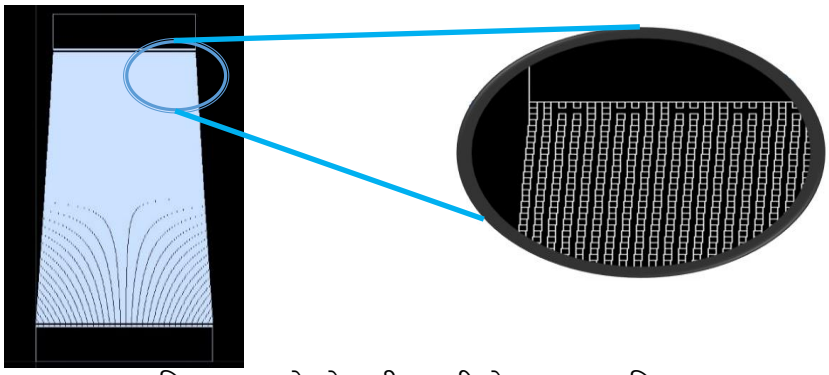
तालिका 1

क्रमांक	मापदंड	विशेष विवरण	प्रायोगिक परिणाम
1	केन्द्रीय आवृति (CF)	75.42 MHz	75.42 MHz
2	पास बैंड बैंड विड्थ	>16 MHz	16.87 MHz
3	इन्सर्शन लोस (IL)	<40dB	37.58 dB
4	साइड लोब सप्रेसन	>20dB	30 dB

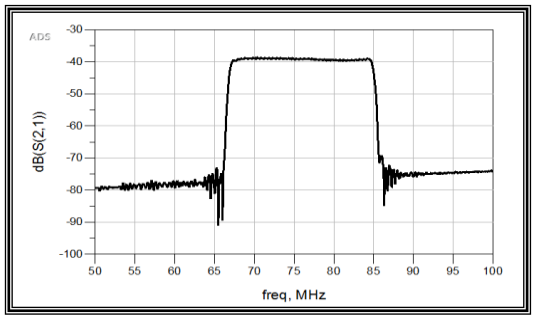
इस एस एफ आई टी आधारित फिल्टर के लिए MATLAB® में एक इन हाउस विकसित डिजाइन उपकरण का उपयोग आवृति प्रतिक्रिया की गणना करने के लिए किया गया। फिल्टर बनाने के लिए मानक लिथोग्राफी प्रक्रिया का प्रयोग किया गया। फिल्टर पोर्ट 50Ω से मैच किए गए और आवृति प्रतिक्रिया को VNA का उपयोग करके मापा गया। एस ए डब्ल्यू फिल्टर पी सी बी के ऊपर लगाया हुआ चित्र 5 में दिखाया गया है और उसके इलेक्ट्रोड के एक हिस्से की एक उच्च रिजोल्यूशन छवि आकृति 6 में दिखाई गई है। चित्र 7 फिल्टर का प्रायोगिक परिणाम दर्शाता है।



चित्र 5 : एस एफ आई डी टी एस ए डब्ल्यू फिल्टर डिवाइस



चित्र 6 : इलेक्ट्रोड की उच्च रिजोल्यूशन आकृति



चित्र 7 : एस एफ आई डी टी फिल्टर के प्रायोगिक परिणाम

निष्कर्ष:

उच्च प्रदर्शन, मध्य बैंडविड्थ, कम शेप फैक्टर के एस ए डब्ल्यू फिल्टर के डिजाइन में एस एफ आई टी तकनीक का उपयोग करने का गुण इस पेपर में दर्शाया गया। पारंपरिक आई डी टी दृष्टिकोण के फायदे एक 21% बैंड चौड़ाई एस एफ आई डी टी फिल्टर डिजाइन के माध्यम से दर्शाया गया।

आभारोक्ति:

प्रस्तुत लेख के लिए लेखक श्रीमति अपूर्वा भट्टाचार्या, उप निदेशक ESSA की आभारी हैं। उपरोक्त लेख के लिए दिए गए प्रोत्साहन एवं दिशा निर्देश के लिए श्रीमती पूनम प्रदीप कुमार, समूह प्रधान ESSA की भी आभारी हैं। साथ ही, पूरे माइक्रोइलेक्ट्रोनिक्स फैब्रिकेशन समूह के प्रति आभार व्यक्त करते हैं जहाँ पर इन सारे एस ए डब्ल्यू फिल्टरों का निर्माण और सज्जीकरण हुआ है।

संदर्भ:

🕮 C. K. Campbell, *Y.* Ye, and J. J. Sferrazza Papa, "Wide-band linear phase SAW filter design using slanted transducer fingers", *IEEE Trans. Sonics Ultrason.*, vol. SU-29, pp. 224-228, Jul. 1982.

🕮 H. Yatsuda, "Design techniques for SAW filters using slanted finger interdigital transducers," *IEEE Trans. Ultrason., Ferroelect., Freq. Contr.*, vol. 44, pp. 453–459, Mar. 1997

लेखक परिचय:



उर्वी पोपट ने अपनी B.Tech. (Electronics & Communication) की डिग्री एल. डी. इंजीनियरिंग कोलेज - अहमदाबाद से 2007 में प्राप्त की। वह विभिन्न संचार और दूरस्थ नीतभार के लिए सतही ध्वनि तरंग फिल्टर के डिजाइन और विकास पर काम कर रही हैं। इसके अलावा, अन्य उन्नत प्रौद्योगिकी के डिजाइन और विकास पर काम कर रही हैं। वह अभी आर एफ डिवाइसिस एंड पैकेज डेवलपमेंट डिविजन (RDPDD) में वैज्ञानिक/अभियंता – एस.ई. के पद पर कार्यरत हैं।

रेडिएटिव कूल ट्रैवलिंग वेव ट्यूब एम्पलीफायर (TWTA) का फिन ऑप्टिमाइजेशन

सुरेन्द्र सिंह सिसोदिया
प्रियंका साहू, प्रशांता दास

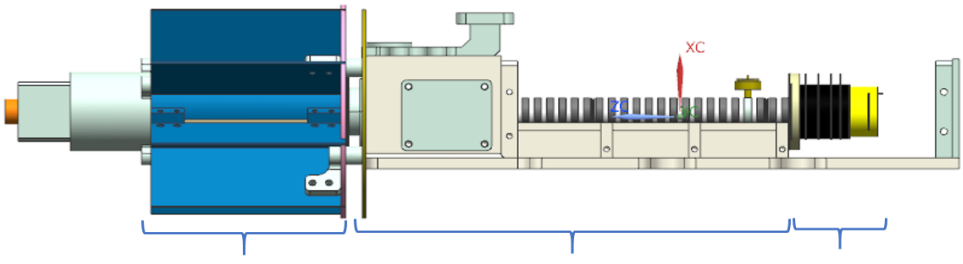
सारांश

भविष्य के मानव अंतरीक्ष अभियानों के संचार तंत्र के लिए उच्च शक्ति शमता वाले TWTA जैसे उपकरणों की आवशयकता होगी। ट्रैवलिंग वेव ट्यूब एम्पलीफायर (TWTA) उपग्रह संचार लिंक, पृथ्वी अवलोकन पेलोड, वैज्ञानिक मिशन या जांच, अंतर - अंतरिक्ष संचार लिंक, आदि का महत्वपूर्ण हिस्सा हैं। TWTA का उपयोग उपग्रहों में किया जाता है। यह रेडियो फ्रीक्वेंसी (आर एफ) संकेतों को बढ़ाने के लिए काम में लाया जाता है। TWTA का थर्मल डिजाइन इसके जटिल निर्माण और गर्म अपव्यय के लिए सीमित स्थान होने के कारण चुनौतीपूर्ण है। TWTA को मोटे तौर पर तीन खंडों में विभाजित किया जा सकता है । कैथोड गन असेंबली, स्लो वेव स्ट्रक्चर (एस डब्ल्यू एस) और कलेक्टर असेंबली। गन असेंबली के कैथोड से उच्च गति उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों के अवशोषण के कारण कलेक्टर असेंबली क्षेत्र में अधिकांश गर्मी उत्पन्न होती है। कलेक्टर असेंबली का उच्च तापमान TWTA की कार्यक्षमता पर प्रतिकूल प्रभाव डालता है। इसके अलावा, कलेक्टर असेंबली में अतिरिक्त गर्मी, पेलोड की पड़ोसी संरचनाओं का तापमान बढ़ा सकती है, इसलिए TWTA कलेक्टर तापमान को स्वीकृति तापमान सीमा के भीतर बनाए रखने के लिए एवं पूरे असेंबली के द्रव्यमान में उल्लेखनीय वृद्धि के बिना कलेक्टर असेंबली से गर्मी को अस्वीकार की आवश्यकता होती है। कलेक्टर क्षेत्र को रेडिएटिव फिन के साथ संलग्न करना लाभप्रद होगा ना कि उपग्रह डेक में चालन करना। वर्तमान कार्य में, कू - बैंड TWTA के लिए रेडिएटिव फिन्स डिजाइन और ऑप्टिमाइजेशन किया गया है। न्यूनतम द्रव्यमान के साथ अधिकतम गर्मी अस्वीकृति के लिए फिन अनुकूलन विभिन्न डिजाइन मापदंडों, जैसे कि फिन की संख्या, फिन प्रोफाइल, फिन मोटाई, फिन ऊंचाई, आदि को बदलकर किया जाता है। इस पेपर में प्रयोगात्मक सत्यापन (बेहतर मामले में से एक) के साथ परिणामों की सूचना दी गई है।

परिचय

मानव जीवन की गुणवत्ता में उपग्रह बहुत महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहे हैं। सूचना की बढ़ती मांग को पूरा करने के लिए, प्रभावी आइसोट्रोपिक विकिरण शक्ति और व्यापक कवरेज संचारित करने के लिए, उपग्रह से उच्च आर एफ आउटपुट पावर संचारित करना आवश्यक है। आर एफ शक्ति को बढ़ाने के लिए एक पावर एम्पलीफायर का उपयोग किया जाता है। पहले के दिनों में, माइक्रोवेव पावर एम्पलीफायरों (एम पी ए) ने इस कार्य को पूरा किया, जो संचार उपग्रहों के लिए सबसे महत्वपूर्ण सब सिस्टम था।

आजकल, ट्रैवलिंग वेव ट्यूब एम्पलीफायर (TWTA) और सॉलिड - स्टेट पावर एम्पलीफायर (SSPAs) उच्च दक्षता वाले अंतरिक्ष संचार पेलोड के लिए आमतौर पर उपयोग किए जाने वाले MPA हैं।



आकृति 1: ट्रैवलिंग वेव ट्यूब एम्पलीफायरों का योजनाबद्ध आरेख (TWTA)

TWTA का भौतिक विन्यास चित्र -1 में दिखाया गया है। इसमें तीन प्रमुख असेंबलियाँ होती हैं, जैसे कलेक्टर असेंबली, स्लो रेडियो वेव स्ट्रक्चर (SRS) और गन असेंबली। कैथोड से उत्सर्जित उच्च - ऊर्जा इलेक्ट्रॉन एस आर एस असेंबली से होकर गुजरता है जहां इलेक्ट्रॉन की गति क्षीणन होती है। ये अपेक्षाकृत धीमी गति के इलेक्ट्रॉन

कलेक्टर इलेक्ट्रोड सतह पर टकराते हैं और गतिज ऊर्जा के कारण ऊष्मा उत्पन्न करते हैं। यह गर्मी में 140 वाट (केयू बैंड टीडब्ल्यूटीए) का क्रम जो लगभग 460 डिग्री सेल्सियस (बिना पंख के) का तापमान उत्पन्न करेगा। इस तापमान पर सोल्डरेड के पिघलने की संभावना रहती है फिन और कलेक्टर सिलेंडर के बीच सामग्री, उच्च कलेक्टर तापमान भी पड़ोसी घटकों के तापमान में वृद्धि करेगा।

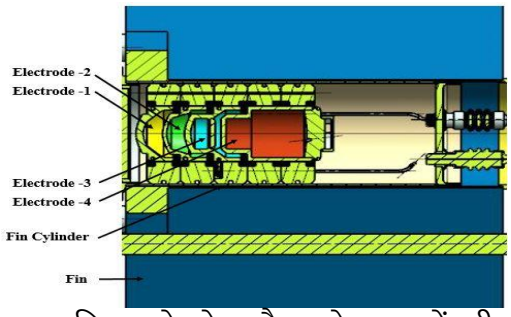
कक्षा में अंतरिक्ष माध्यम को ध्यान में रखते हुए, गर्मी हस्तांतरण मोड पूरी तरह से चालन और थर्मल विकिरण हैं। उपग्रह में, विकिरण द्वारा उजागर वर्गों का अंतरिक्ष में थर्मल प्रबंधन किया जा सकता है। रेडिएटिवली कूल्ड TWTA में, कलेक्टर क्षेत्र हमेशा अंतरिक्ष के संपर्क में रहता है। इसलिए फिन का उपयोग अंतरिक्ष में किया जाता है।

अब तक कई काम हो चुके हैं अंतरिक्ष में विकिरण के माध्यम से गर्मी पैदा करने वाले उपकरण से गर्मी को हटाने के लिए। जे. जी. बार्टस और डब्ल्यू. एच. सेलर्स [2] समानांतर पाइप से इससे जुड़ी प्लेटों तक चालन द्वारा गर्मी के प्रवाह का अध्ययन किया है, जो विकिरण फिन के रूप में काम करता है और फिन प्रभावशीलता की गणना की गई है। आर. जे. नौमन [3] ने हीट पाइप से जुड़े आयताकार और त्रिकोणीय फिन का अध्ययन किया है और प्रति विकिरण द्रव्यमान को खारिज कर दी गई गर्मी को अनुकूलित करने के लिए संख्यात्मक प्रक्रिया विकसित की है। आर जे. नौमन एट अल [4] टेपर्ड फिन्स के साथ हीट पाइप के रेडिएटर के फिन ज्योमेट्री के अनुकूलन के लिए एक एल्गोरिदम सेट किया है और ग्रेफाइट प्रबलित फाइबर कम्पोजिट (जीआरएफसी) से निर्मित परीक्षण लेख विकसित किया है। सिहाट अर्सलांटर्क [5] Adomian Decomposition Method (ADM) का उपयोग करके तापमान पर निर्भर तापीय चालकता से प्रभावित आयताकार फिन के विकिरण के प्रदर्शन और दक्षता का अध्ययन किया है और अंतरिक्ष रेडिएटर के इष्टतम आयामों का पता लगाया है जो प्रति यूनिट रेडिएटर द्रव्यमान में गर्मी हस्तांतरण दर को अधिकतम करते हैं। के. जी. टी. हॉलैंड्स, और बी ए. स्टेडमैन [7] बिना स्टेप के आयताकार फिन की तुलना में सामग्री को पर्याप्त रूप से (43%) बचाने के लिए सौर अवशोषक प्लेट के लिए स्टेप्ड आयताकार फिन का अध्ययन किया है और आयताकार फिन पर चरण परिवर्तन का इष्टतम स्थान निर्धारित किया है और गर्मी हस्तांतरण विश्लेषण किया है। रॉबर्ट डी, और कॉकफील्ड [8] ने प्रक्षेपण यान के बेलनाकार खोल संरचना का संरचनात्मक विश्लेषण विकसित किया है जो रेडिएटर के रूप में कार्य करता है, जो विकिरण के माध्यम से अंतरिक्ष में गर्मी को निष्कासित कर देगा। स्टॉकमैन एट अल। [11] ने केंद्रीय ताप पाइप के एक और दो आयामी गर्मी हस्तांतरण विश्लेषण की तुलना आयताकार विकिरण फिन के साथ की है और निष्कर्ष निकाला है कि दो आयामी गर्मी हस्तांतरण विश्लेषण के परिणामों का उपयोग एक की गर्मी अस्वीकृति दर की गणना के लिए विभिन्न जटिलता के कई एक - आयामी तरीकों का मूल्यांकन करने के लिए किया जाता है।

(रेडिएशन फिन) की मदद से स्वीकार्य तापमान सीमा के भीतर TWTA के कलेक्टर असेंबली के तापमान को बनाए रखने पर केंद्रित है। विभिन्न फिन विन्यास जैसे कि फिन ऊंचाई, फिन मोटाई, फिन की संख्या और विभिन्न क्रॉस - अनुभागीय प्रोफाइल के सर्वोत्तम विन्यास तक पहुंचने के लिए अध्ययन किया गया है जो न्यूनतम द्रव्यमान के साथ अधिकतम हीट अस्वीकृति देता है।

समस्या का विवरण

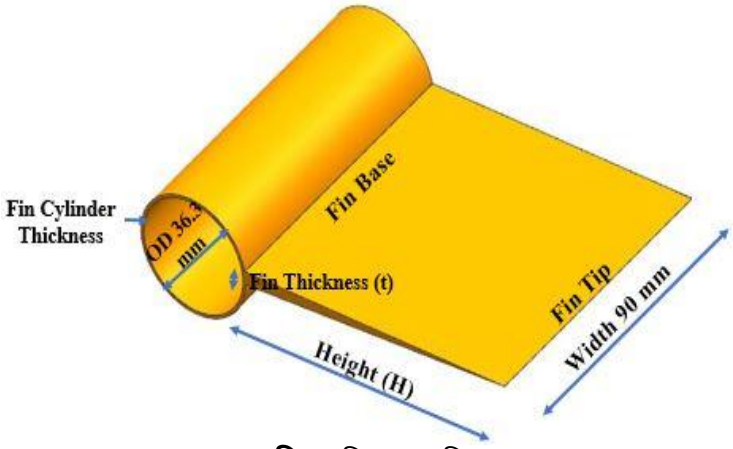
वर्तमान अध्ययन में, थर्मल डिजाइन पूरी तरह से कलेक्टर क्षेत्र पर केंद्रित है, इसे बाकी TWTA असेंबली से प्रवाहकीय रूप से अलग माना गया है। कलेक्टर्स अन्तरिम रचना चित्र - 2 के अनुसार है, गर्मी प्रवाह मुख्य रूप से कलेक्टर सिलिंडर से फिन सिलिंडर तक और फिर फिन सिलिंडर से फिन तक रेडियल चालन के माध्यम से होता है। इस संचालित गर्मी को अंततः विकिरण के माध्यम से विकिरणित फिन के माध्यम से गहरे अंतरिक्ष में निष्कासित कर दिया जाता है। कलेक्टर असेंबली में, चार इलेक्ट्रोड होते हैं जो गर्मी उत्पन्न करते हैं। इलेक्ट्रोड नंबर एक जो कि एस आर एस यूनिट के पास है, 22 वाट उत्पन्न कर रहा है जैसा कि चित्र - 2 में दिखाया गया है। इसी प्रकार इलेक्ट्रोड 2, 3, और 4 में 33, 16 और 38 वाट उत्पन्न कर रहे हैं। एनएक्स सॉफ्टवेयर में इन इलेक्ट्रोडों में हीट लोड को परिभाषित किया गया है।



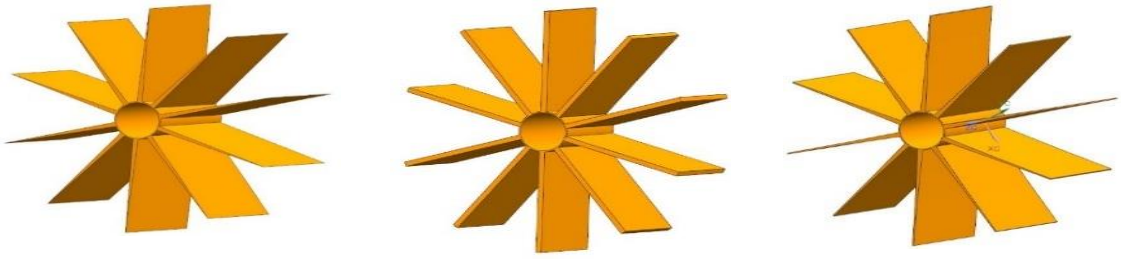
आकृति 2: इलेक्ट्रोड और कलेक्टर असेंबली

फिन का ज्यामितीय विन्यास

कलेक्टर असेंबली से फिन में हीट ट्रांसफर केवल कंडक्शन मोड के माध्यम से होता है। इस चालन हस्तांतरण को बढ़ाने के साथ-साथ द्रव्यमान के संरक्षण के लिए त्रिकोणीय, आयताकार और परवलयिक जैसे विभिन्न फिन क्रॉस सेक्शन का चयन किया जाता है चित्र - 4 के अनुसार नोमनक्लेचर उपयोग में लिया गया है। रेडिएटिव हीट ट्रांसफर को बढ़ाने के लिए, विभिन्न फिन पैरामीटर जैसे कि फिन की संख्या बढ़ाना और फिन की ऊंचाई तालिका के अनुसार भिन्न ली गयी है।



आकृति 3: फिन का विवरण



(ए) (बी) (सी)

आकृति 4: (ए) त्रिकोणीय फिन, (बी) आयताकार फिन, (सी) परवलयिक फिन, (डी) फिन विवरण

वर्तमान विश्लेषण में, 36.3 मिमी बाहरी व्यास कलेक्टर सिलिंडर लिया जाता है जो चित्र -3 में दिखाए गए अनुसार गर्मी स्रोत के रूप में कार्य करेगा। सिलेंडर की लंबाई 90 मिमी (फिक्स) के रूप में ली गयी है। कुल 190 विभिन्न फिन कॉन्फिगरेशन का भौतिक रूप से मॉडलिंग किया गया हैं। सभी विन्यासों के लिए, थर्मल गणितीय मॉडल तैयार किया गया है और एनएक्स सीमेंस थर्मल सॉल्वर का उपयोग करके थर्मल विश्लेषण किया जाता है। इस पेपर में प्रत्येक मामले के लिए तापमान डेटा भिन्नता की सूचना दी गई है। तालिका 1 के अनुसार विश्लेषण में विभिन्न फिन कॉन्फिगरेशन पर विचार किया गया है।

क्रमांक _	प्रोफाइल का प्रकार	पंखों की संख्या	फिन ऊंचाई (मिमी)	फिन बेस मोटाई (मिमी)	सिलिंडर आधार मोटाई (मिमी)	कॉन्फिगरेशन की संख्या
1	आयताकार	4, 6, 8, 10	60, 70, 80, 90	2, 3, 4	1	48
2	त्रिकोण	4, 6, 8, 10	60, 70, 80, 90	2, 3, 4	1	48
3	अणुवृत्त आकार का	4, 6, 8, 10	60, 70, 80, 90	2, 3, 4	1	48
4	त्रिकोणीय	12,14,16,18,20	90	4	1	5
5	त्रिकोणीय	10	100, 110, ... 250	4	1	16
6	त्रिकोणीय	10	90	4	1	4
7	त्रिकोणीय	10	90	4	2,3	2
8	नो फिन	0	0	0	1	1

तालिका 1: फिन कॉन्फिगरेशन

संख्यात्मक पद्धति

काल्पनिक अवधारणा

1. फिन को मॉडलिंग करते समय केवल चालन और विकिरण गर्मी हस्तांतरण पर विचार किया गया है।
2. फिन सिलिंडर के साथ फिन के थर्मोफिजिकल गुण आइसोट्रोपिक हैं और तापमान के साथ भिन्न नहीं होते हैं।
3. परफेक्ट बॉन्डिंग (सोल्डरिंग) कलेक्टर सिलेंडर और फिन सिलेंडर के बीच माना जाता है।
4. निरंतर संचालन के आधार पर विश्लेषण किया गया है।
5. फिन को बाकी TWTA असेंबली से प्रवाहकीय रूप से अलग माना गया है।

थेल्स इलेक्ट्रॉन डिवाइसेज [16] ने अपने विश्लेषण में कहा है कि TWTA फिन के आसपास के तापमान को 130 डिग्री सेल्सियस माना गया है। उल्लेखनीय तापमान TWT पड़ोसियों, अंतरिक्ष यान पैनल प्रतिबिंब भार और प्रत्यक्ष सूर्य भार के प्रभावों पर विचार करके आता है। वर्तमान अध्ययन में 130 °C को TWTA फिन पर्यावरण तापमान के रूप में माना गया है, जैसा कि थेल्स इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों [16] की रिपोर्ट में उल्लेखित है। फिन के लिए एल्यूमीनियम (अल - 6061) का उपयोग किया गया है क्योंकि एल्यूमीनियम में घनत्व कम होता है और अपेक्षाकृत उच्च तापीय चालकता होती है। वर्तमान अध्ययन में 3 डी प्रिंटिंग प्रक्रिया से निर्मित का उपयोग किया गया है। उत्सर्जन को बढ़ाने के लिए काले रंग का उपयोग किया गया है।

ग्रिड स्वतंत्रता अध्ययन

सबसे उपयुक्त जाल आकार और गणना समय दोनों का मूल्यांकन करने के लिए समाधान पर जाल आकार के प्रभाव की जांच की जाती है। ग्रिड स्वतंत्रता अध्ययन तत्व जाल को बदल कर किया जाता है। आधार तापमान और फिन टिप तापमान की तुलना, विभिन्न तत्व जाल आकार में की जाती है। नल शेल को 2डी मेश से और फिन को सिलिंडर के साथ 3डी स्वेप्ट मेश से मेश किया गया है। एक मामले का ग्रिड स्वतंत्रता अध्ययन (90 मिमी ऊंचाई के साथ 4 मिमी मोटा त्रिकोणीय पंख और पंखों की 10 संख्या) किया गया है और जिसका विवरण तालिका - 2 में संक्षेप में दिया गया है।

	मेश प्रकार	मेश का आकार (मिमी)	तत्वों की संख्या	फिन तापमान (°C)	गणना समय (सेकंड)
1	विशाल	12	1052	217 . 12	125
2	मध्यम	9	1614	218 . 50	182
3	छोटा	6	3100	219 . 87	528
4	ठीक	4	6808	220	987
5	बहुत ठीक	2	31095	220 . 90	1952

तालिका 2: ग्रिड स्वतंत्रता अध्ययन

फिन बेस तापमान का अनुमान लगाने में संख्यात्मक त्रुटि 1 से कम पाई गयी है। तालिका-2 में दर्शाए गए परिणामों में यह देखा गया है कि आधार तापमान में वृद्धि के मध्यम से अति सूक्ष्म तक त्रुटि लगभग नगण्य है

और त्रुटि 1 % से कम है। तो, इस दृष्टिकोण के माध्यम से मध्यम आकार की जाली सबसे उपयुक्त पाई जाती है। साथ ही, यह देखा गया है कि मध्यम से बहुत बड़े जाल आकार के बीच कम्प्यूटेशनल समय में वृद्धि मध्यम आकार के जाल समय के लगभग 11 गुना है। मध्यम आकार के जाल आकार में वृद्धि अब फायदेमंद नहीं होगी क्योंकि त्रुटि बहुत कम है। उसी समय, यह मध्यम जाल आकार के समय की तुलना में कम्प्यूटेशनल समय को लगभग 11 गुना से अधिक बढ़ा देगा। वर्तमान अध्ययन में मध्यम जाल आकार का चयन किया जाता है।

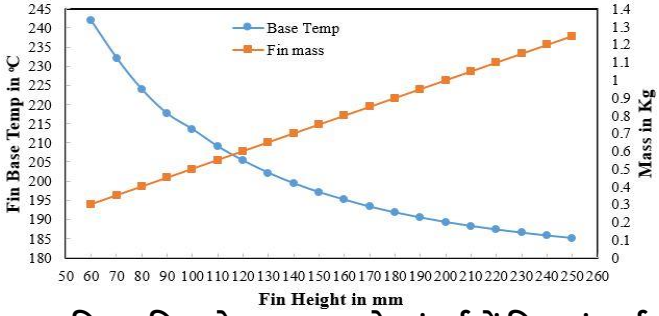
परिणाम और चर्चा

वर्तमान अध्ययन का फोकस तालिका के अनुसार विभिन्न फिन विन्यास के साथ विकिरणित फिन का संख्यात्मक मॉडल तैयार करना है और फिन बेस तापमान और फिन के समग्र द्रव्यमान पर प्रत्येक पैरामीटर के प्रभाव का मूल्यांकन है। तीन मुख्य पैरामीटर हैं- फिन ऊंचाई, पंखों की संख्या, और फिन मोटाई एवं तीन विभिन्न क्रॉस सेक्शन आयताकार, त्रिकोणीय और परवलयिक।

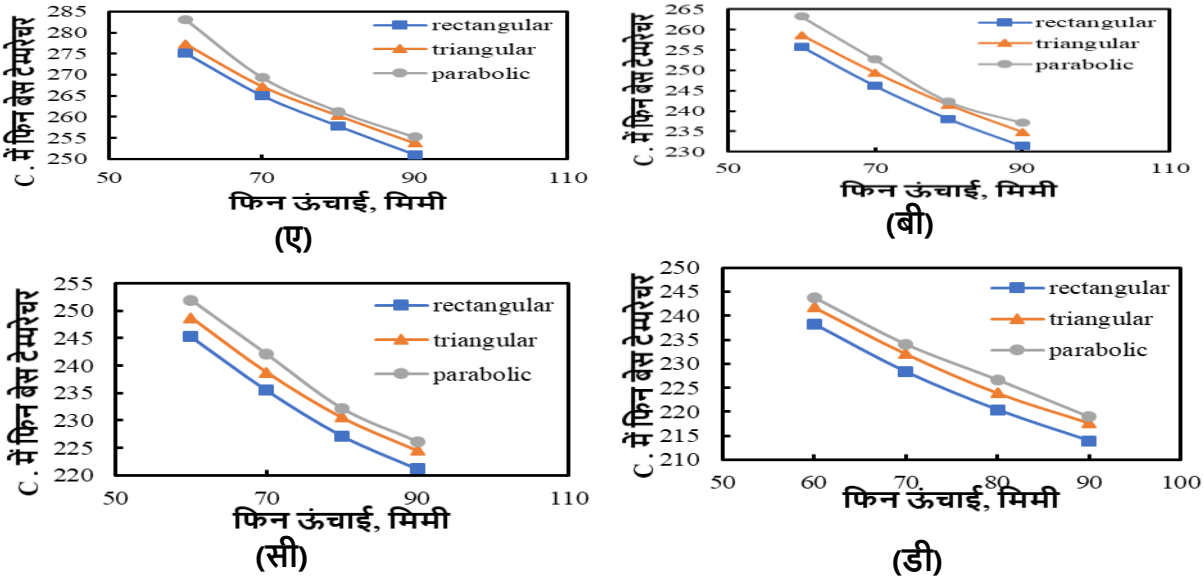
फिन बेस तापमान और फिन मास पर फिन ऊंचाई में वृद्धि का प्रभाव

फिन बेस तापमान पर फिन ऊंचाई के प्रभाव का पता लगाने के लिए एक विशिष्ट केस स्टडी की गयी है। ऐसा करने के लिए 4 मिमी मोटाई की आधार मोटाई और 10 संख्या की फिन के साथ त्रिकोणीय फिन का चयन किया गया है। इसे जारी रखने के लिए 10 मिमी के चरण में फिन की ऊंचाई 60 मिमी से 250 मिमी तक बढाई गयी है, जैसा कि चित्र - 6 में दिखाया गया है। 60 मिमी ऊंचाई से नीचे, फिन **240**°C डिजाइन तापमान सीमा को पार कर रहा है।

आकृति - 7 से यह भी देखा गया है कि फिन के किसी भी क्रॉस - सेक्शन के लिए फिन कि ऊंचाई 60 मिमी से 90 मिमी तक वृद्धि के साथ, फिन बेस तापमान में लगभग **10 %** (25°C) का लाभ होता है।



आकृति 5: फिन बेस तापमान के संदर्भ में फिन ऊंचाई

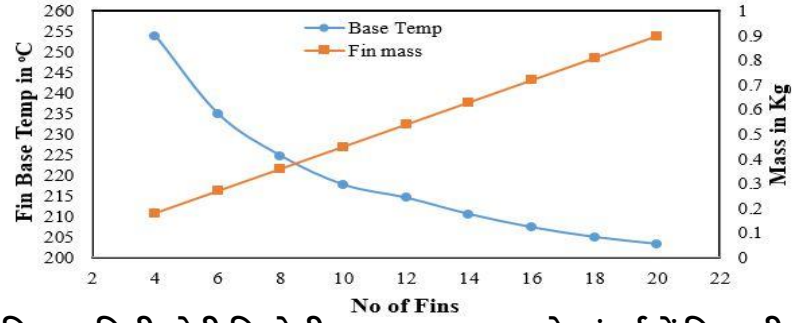


आकृति 6: बेस तापमान के संदर्भ में फिन ऊंचाई (ए) 4 फिन, (बी) 6 फिन, (सी) 8 फिन, (डी) 10 फिन

फिन की संख्या में वृद्धि का प्रभाव फिन बेस तापमान और फिन द्रव्यमान पर

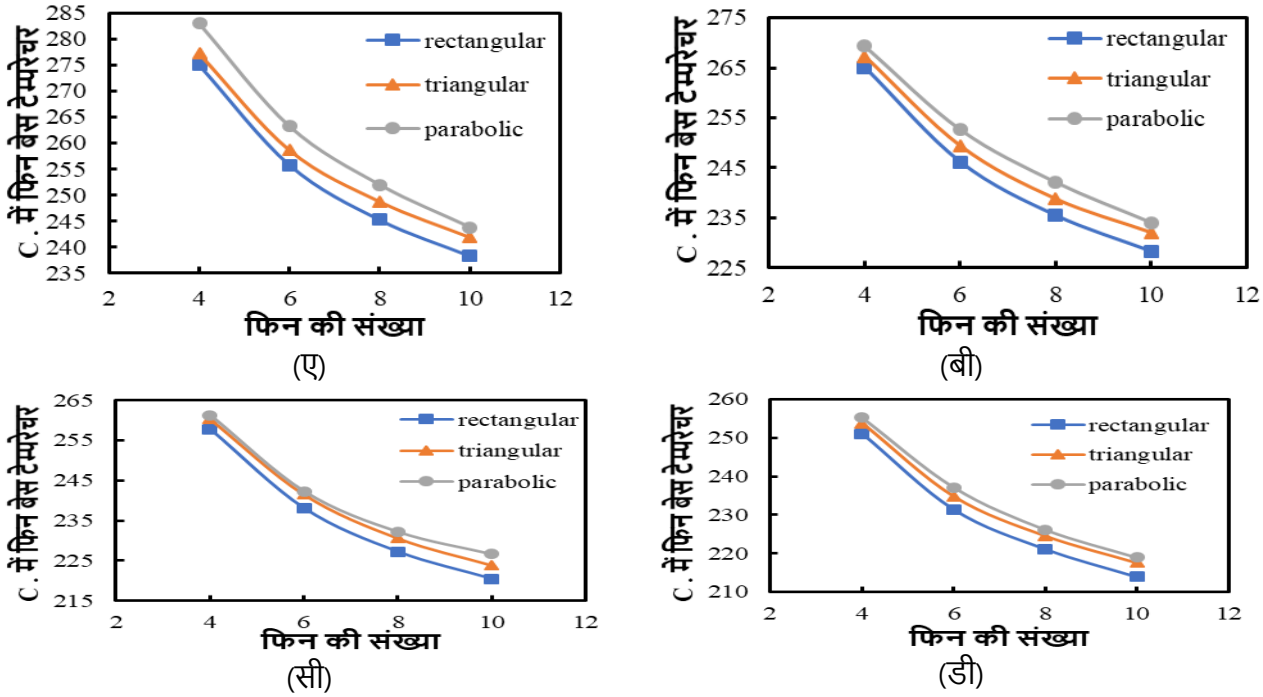
फिन बेस तापमान पर फिंस की संख्या के प्रभाव का पता लगाने के लिए एक और केस स्टडी की गई है। प्रारंभ में फिन की संख्या को अंतिम रूप देने के लिए, 4 मिमी आधार मोटाई और 90 मिमी फिन ऊंचाई वाले त्रिकोणीय फिन का चयन किया गया है। आकृति - 8 के अनुसार, यदि फिन की संख्या 4 से कम है तो फिन बेस

तापमान **240**°C डिजाइन तापमान सीमा को पार करता है यदि फिन संख्या 10 को पार करती है तो तापमान डिजाईन सीमा में रहता है किन्तु उसका द्रव्यमान बढ़ जाता है| इसलिए फिन की संख्या 4 से 10 के बीच रखी गयी है।



आकृति 7: 4 मिमी मोटी त्रिकोणीय आधार तापमान के संदर्भ में फिन की संख्या

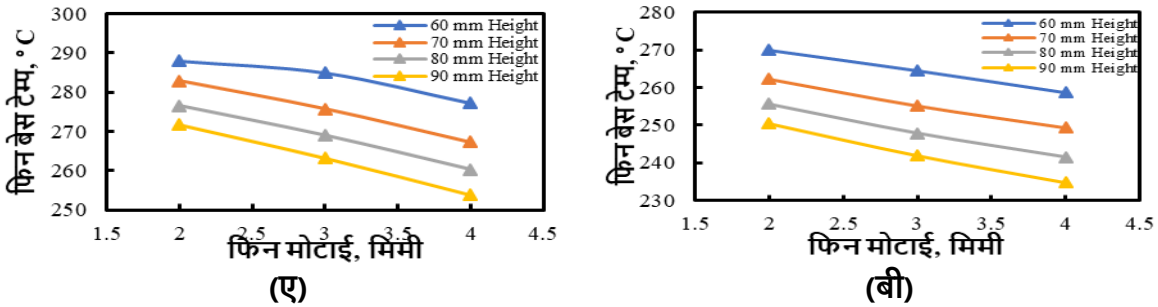
चित्र - 9 से यह देखा गया है कि फिन के किसी भी विन्यास के लिए फिन बेस तापमान में लगभग ***15 % (37*** °C***)*** का लाभ होता है। फिन की संख्या में 4 से 10 नग की वृद्धि के साथ बड़े पैमाने पर द्रव्यमान दंड ***59 प्रतिशत*** पाया गया है।

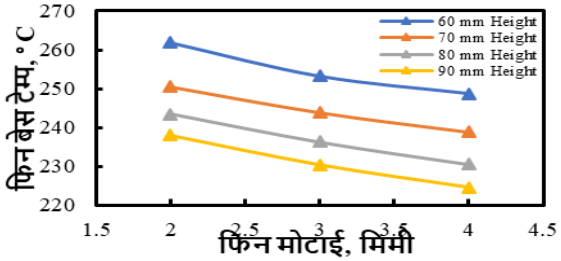


आकृति 8: फिन संख्या बनाम फिन बेस तापमान (ए) 60 मिमी, (बी) 70 मिमी, (सी) 80 मिमी, (डी) 90 मिमी फिन ऊंचाई

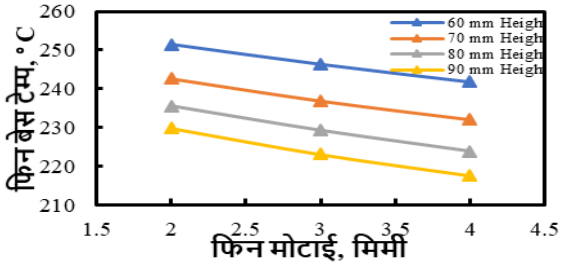
फिन मोटाई में वृद्धि का प्रभाव फिन बेस तापमान पर

फिन बेस तापमान पर फिंस की मोटाई 2 मिमी से 4 मिमी तक बढ़ने का प्रभाव नीचे दिए गए चित्र - 10 में दिखाया गया है। नीचे दिए गए ग्राफ से यह देखा गया है कि फिन के किसी भी विन्यास के लिए फिन बेस तापमान में लगभग ***4.5 % (10***°C) का लाभ दिखा है। इसमें ***50%*** द्रव्यमान में वृधि होगी।





(सी)

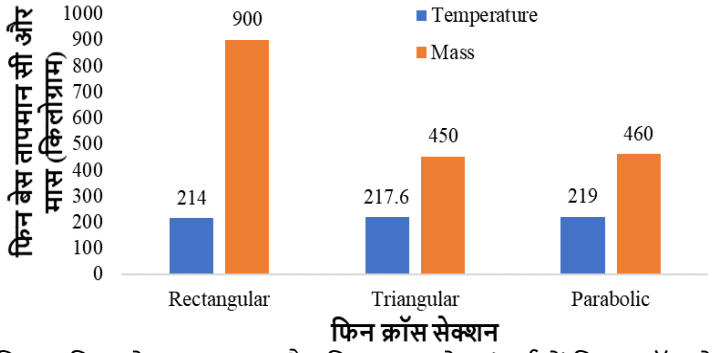


(डी)

आकृति 9- फिन बेस टेम्प के संदर्भ में फिन मोटाई, (ए) 4 फिन, (बी) 6 फिन, (सी) 8 फिन, (डी) 10 फिन

फिन क्रॉस सेक्शन का प्रभाव फिन बेस तापमान और फिन द्रव्यमान पर

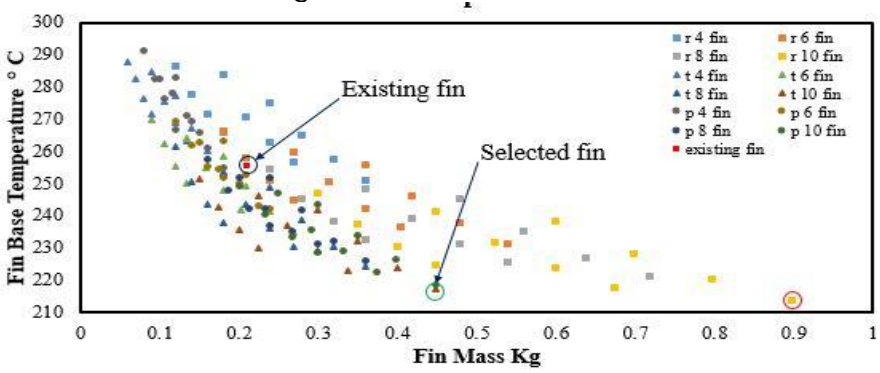
अन्य सभी मापदंडों को स्थिर रखते हुए, आयताकार फिन सबसे कम फिन आधार तापमान देता है, लेकिन साथ ही यह उनमें से सबसे भारी है। नीचे दिए गए ग्राफ से यह देखा गया है कि आधार तापमान में आयताकार से त्रिकोणीय तक औसत वृद्धि **4 डिग्री सेल्सियस है**। आयताकार क्रॉस सेक्शन की त्रिकोणीय क्रॉस सेक्शन की तुलना में **दोगुना द्रव्यमान होता है**। उस कारण से, आयताकार पर त्रिकोणीय फिन सेक्शन का चयन किया जाता है। परवलयिक खंड का प्रदर्शन त्रिकोणीय खंड की तुलना में खराब है। इसी समय, परवलयिक खंड में आधार तापमान में 6 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि होती है, लेकिन इसका द्रव्यमान 50 % कम होता है। तो, तीनों को एक साथ रखने से त्रिकोणीय खंड सबसे अच्छा प्रदर्शन करता है। 2 मिमी और 3 मिमी मोटे फिन के परिणाम भी 4 मिमी के समान हैं।



आकृति 10 फिन बेस तापमान और फिन मास के संदर्भ में फिन क्रॉस सेक्शन

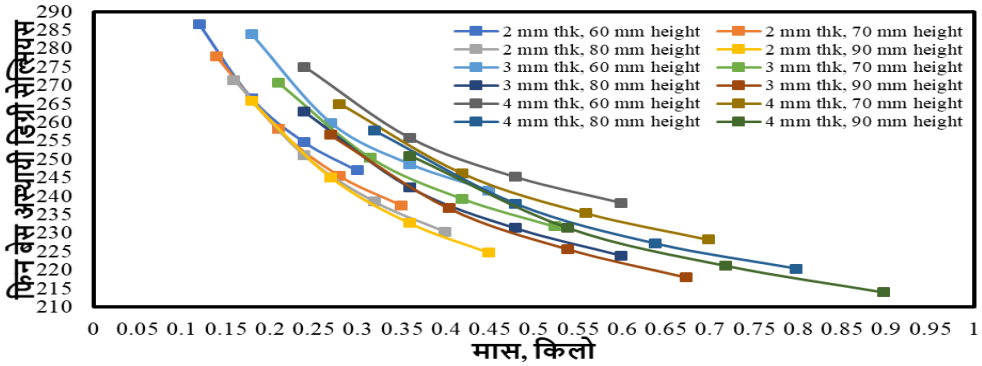
सभी प्रकार के मामलों पर विचार करते हुए फिन का मास ऑप्टिमाइजेशन अध्ययन

सभी विन्यासों से अधिकतम फिन बेस तापमान संकलित किया गया है और फिन बेस तापमान बनाम फिन द्रव्यमान को नीचे चित्र - 12 में दिखाया गया है। उस ग्राफ से यह देखा जाता है कि न्यूनतम तापमान लगभग 214 डिग्री सेल्सियस पाया जाता है, लेकिन साथ ही, इसका फिन द्रव्यमान लगभग 900 ग्राम होता है जिसे चित्र-12 में लाल घेरे के साथ दिखाया गया है। दूसरा सबसे अच्छा फिट फिन जो आधार तापमान में बहुत मामूली वृद्धि के साथ द्रव्यमान को काफी कम करता है, हरे घेरे के साथ बिंदु है जिसका बेस तापमान 217.5 डिग्री सेल्सियस और द्रव्यमान 450 ग्राम है। यह विन्यास तापमान में नगण्य वृद्धि के साथ वजन में 50 % लाभ देता है। इसलिए, ***10 नग के साथ 4 मिमी त्रिकोणीय फिन का यह फिन कॉन्फिगरेशन और 90 मिमी ऊंचाई*** वर्तमान TWTA के लिए सबसे उपयुक्त है।

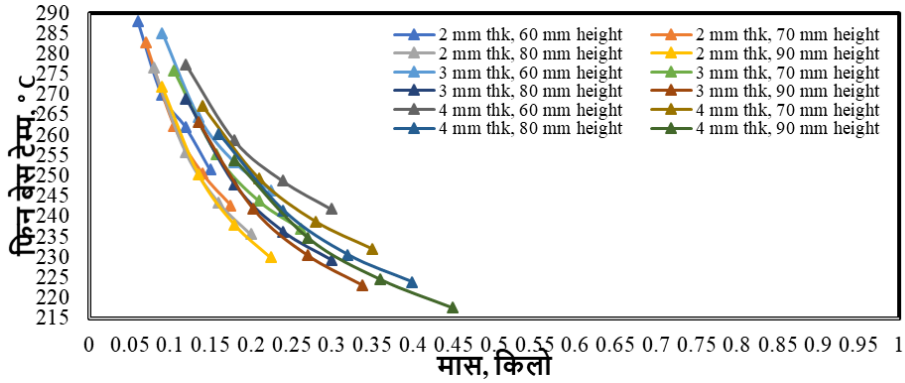


आकृति 11: फिन बेस टेम्प के संदर्भ में फिन मास

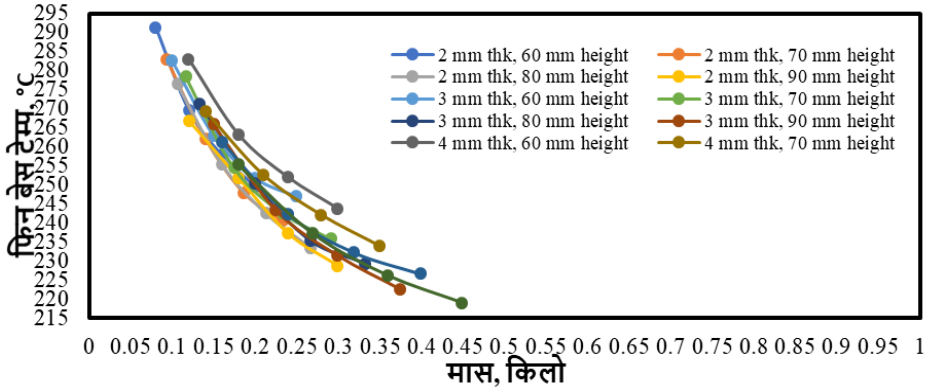
त्रिकोणीय, आयताकार और परवलयिक पंखों के लिए आधार तापमान पर द्रव्यमान का प्रभाव चित्र - 13 से 15 के अनुसार होता है।



आकृति 12: आयताकार फिन के लिए फिन बेस तापमान पर द्रव्यमान का प्रभाव

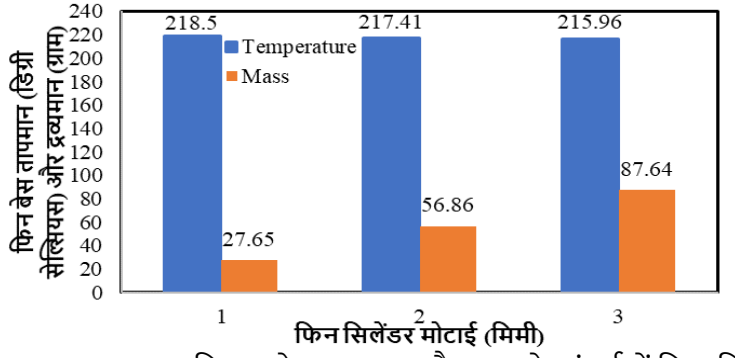


आकृति 13: त्रिकोणीय पंख के लिए फिन बेस तापमान पर द्रव्यमान का प्रभाव



आकृति 14: परवलयिक फिन के लिए फिन बेस तापमान पर द्रव्यमान का प्रभाव ।

फिन के आधार तापमान पर फिन सिलिंडर की मोटाई का प्रभाव

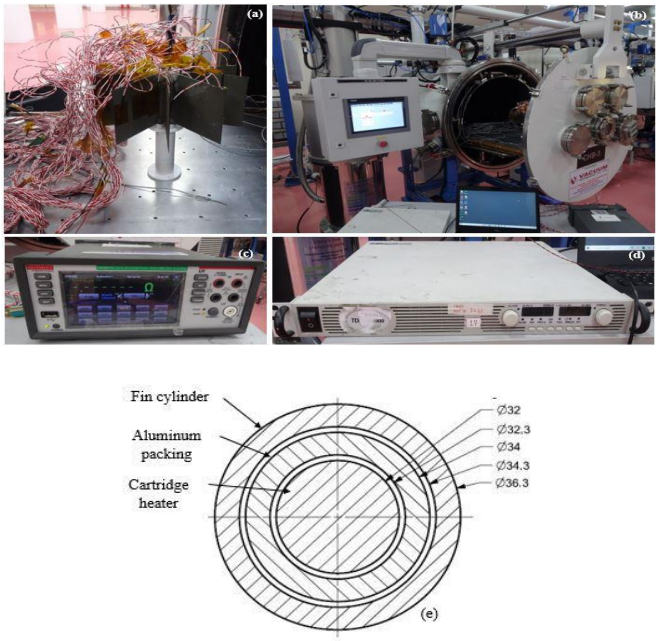


आकृति 15: बेस तापमान और मास के संदर्भ में फिन सिलिंडर मोटाई

चित्र - 16 से यह देखा गया है कि फिन सिलेंडर में 1 मिमी से 3 मिमी की वृद्धि के साथ फिन बेस तापमान में कोई उल्लेखनीय सुधार नहीं हुआ है, तो फिन के सभी विन्यास के लिए फिन सिलिंडर के लिए 1 मिमी मोटाई का चयन किया जाता है।

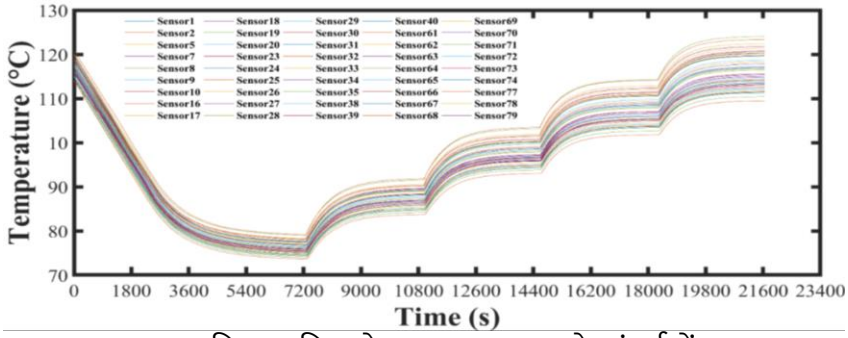
प्रयोग और सत्यापन

आकृति -12 से यह निष्कर्ष निकाला गया कि 4 मिमी मोटी आधार त्रिकोणीय 10 संख्या फिन और 90 मिमी ऊंचाई के साथ फिन बेस तापमान में कमी को देखते हुए फिन का चयन किया गया है। टेस्ट सेट अप में तीन प्रमुख घटक होते हैं फिन, फिन स्पेसर और स्टैंड। विस्तृत दृश्य चित्र - 17 के अनुसार है । फिन को बेलनाकार PTFE स्पेसर (140 मिमी लंबा और 50 मिमी व्यास) पर रखा गया है। PTFE सिलिंडर को फिर वैक्यूम चैंबर के आधार पर रखा जाता है, जो कंडक्शन हीट लॉस को खत्म करने में मदद करता है।

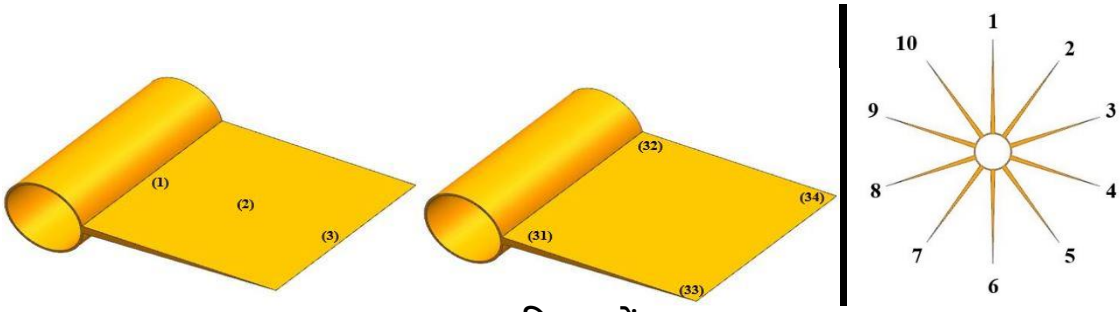


आकृति 16: टेस्ट सेट अप असेंबली, (ए) फिन सेट अप, (बी) वैक्यूम चैंबर, (सी) डेटा लॉगर, (डी) बिजली की आपूर्ति, (ई) फाई सिलिंडर, एल्यूमिनियम फिटिंग और कार्ट्रिज हीटर

कलेक्टर हीटर के लिए 32 मिमी व्यास और 48 मिमी लंबाई के **कार्ट्रिज हीटर** (0 - 200W) का उपयोग किया गया है। कार्ट्रिज हीटर और फिन के बीच 1 मिमी मोटी एल्यूमीनियम फिटिंग डाली गयी है। 90 मिमी ऊंचाई, 4 मिमी मोटाई और 10 नग फिन के साथ फिन डीएमएलएस 3 डी प्रिंटेड त्रिकोणीय पंख के साथ प्रयोग किया गया था। कार्ट्रिज हीटर की शक्ति 10 वाट के चरण में 20 से 60 वाट तक बदली गयी थी। पर्यावरण का तापमान 50 डिग्री सेल्सियस पर बनाए रखा था। निर्वात कक्ष में निर्वात 5 x10^{-6}mbar रखा गया है। कीथली मेक डेटा लॉगर का प्रयोग किया गया। TDK मेक लैम्डा - 1500 शक्ति स्रोत का उपयोग किया गया था। वैक्यूम टेक्नोलॉजी मेक वैक्यूम चैंबर का इस्तेमाल किया गया था। जुलाबो मेक थर्मल सिस्टम का इस्तेमाल वैक्यूम चैंबर के आसपास के तापमान को नियंत्रित करने के लिए किया गया था। चित्र - 19 में दर्शाए अनुसार कुल 46 सेंसरों का उपयोग किया गया था।



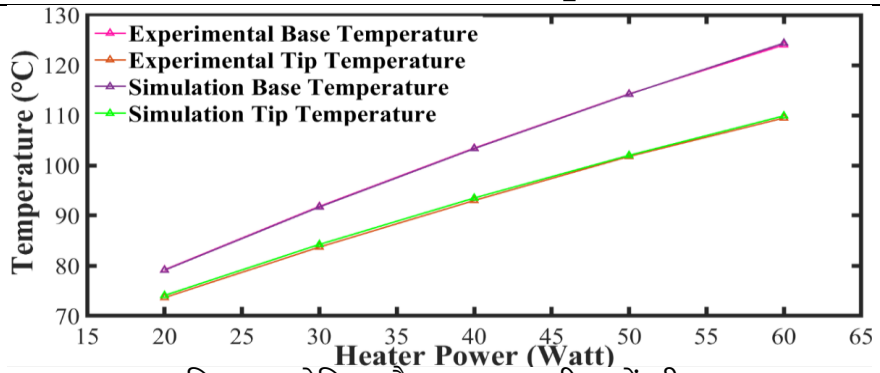
आकृति 17– फिन बेस तापमान टाइम के संदर्भ में



आकृति 18- सेंसर स्थान

फिन नं	सेंसर संख्या
1	**1,18,30,64,65,66,67**
2	**2,19,31**
3	**5,20,32**
4	**7,23,33,66,67,69,70**
5	**8,24,34**
6	**9,25,35,71,72,73,74**
7	**10,26,39**
8	**13,27,38**
9	**16,28,40,68,77,78,79**
10	**17,29,61**

क्रमांक	हीटर की शक्ति	प्रयोगात्मक		सिमुलेशन		पूर्ण अंतर		अंतर %	
		आधार	टिप	आधार	टिप	आधार	टिप	आधार	टिप
1	20	79 . 2	73 . 6	79 . 1	74 . 1	0 . 1	0 . 4	0 . 1	0 . 6
2	30	91 . 8	83 . 7	91 . 7	84 . 2	0 . 1	0 . 5	0 . 1	0 . 6
3	40	103 . 4	93 . 0	103 . 4	93 . 5	0 . 1	0 . 5	0 . 1	0 . 5
4	50	114 . 3	101 . 8	114 . 2	102 . 0	0 . 1	0 . 2	0 . 1	0 . 2
5	60	124 . 0	109 . 5	124 . 4	109 . 9	0 . 4	0 . 4	0 . 3	0 . 4
					औसत _	0 . 1	0 . 4	0 . 1	0 . 5



आकृति 19: प्रायोगिक और अनुकरण परिणामों की तुलना

प्रयोग और सिमुलेशन के माध्यम से फिन बेस तापमान और फिन टिप तापमान लगभग समान हैं। प्रयोगात्मक और अनुकरण तापमान के बीच का अंतर बहुत कम पाया गया है।

निष्कर्ष

सिमुलेशन प्रदर्शन

वर्तमान अध्ययन में, TWTA के फिन के थर्मल प्रदर्शन का संख्यात्मक रूप से अध्ययन किया गया है, जिसका उद्देश्य फिन से रेडियएटेड हीट ट्रान्सफर को बढ़ाना है और फिन के वजन को कम करना है। लगभग 190 से अधिक विभिन्न फिन ज्यामितीय पैरामीटर का चयन किया गया और सिम्युलेटेड परिणाम के आधार पर

उपयुक्त फिन कॉन्फिगरेशन का चयन किया गया। साथ में प्रयोगात्मक सत्यापन भी किया गया है। 10 नग फिन और 90 मिमी ऊंचाई के साथ 4 मिमी मोटे त्रिकोणीय पंख का फिन कॉन्फिगरेशन चुना गया है।

निम्न के अलावा यह पाया गया है कि फिन मोटाई में वृद्धि फायदेमंद नहीं होगी क्योंकि इसमें केवल 10 डिग्री सेल्सियस (4. 5 %) के बेस तापमान में सुधार हुआ है। फिन की संख्या में अधिक वृद्धि फायदेमंद है क्योंकि यह लगभग 37 डिग्री सेल्सियस (15 %) के बेस तापमान में लाभ देता है। फिन ऊंचाई में वृद्धि 25 डिग्री सेल्सियस (10 %) के बेस तापमान में लाभ देती है। फिन सिलिंडर की मोटाई बढ़ाने से बेस तापमान में कोई खास फायदा नहीं होता है। यह स्पष्ट रूप से इंगित करता है कि चालन गर्मी हस्तांतरण पर विकिरण हावी है। विभिन्न फिन मापदंडों के अलग-अलग संकलित परिणाम तालिका - 8 के अनुसार हैं।

	पैरामीटर	फिन बेस तापमान में बदलाव	फिन बेस तापमान में परिवर्तन %	मास में परिवर्तन % में
1	क्रॉस सेक्शन	+ 3 डिग्री सेल्सियस	+ 1 । 5 %	**- 50 %**
2	फिन हाइट	- 25 डिग्री सेल्सियस	- 10 %	**+ 31 । 8 %**
3	फिन मोटाई	- 10 डिग्री सेल्सियस	- 4 । 5 %	**+ 50 %**
4	फिंस की संख्या	- 37 डिग्री सेल्सियस	- 15 %	**+ 59 %**
5	फिन सिलिंडर मोटाई	- 2 डिग्री सेल्सियस	- 1 %	**+ 50 %**

मेज 3: सिमुलेशन परिणाम सारांश । + बढ़ाएँ, - घटाएँ

प्रायोगिक प्रदर्शन

प्रयोग और सिमुलेशन के माध्यम से फिन बेस तापमान और फिन टिप तापमान लगभग समान हैं। प्रयोग के परिणाम सिमुलेशन परिणामों के लिए अच्छे तालमेल में पाया गया है।

संदर्भ

[1] **डी गिलमोर** ई, " *अंतरिक्ष यान थर्मल नियंत्रण पुस्तिका ।*" *वॉल्यूम*, 2002 .

[2] **जे जी . बार्टस और डब्ल्यू । एच . विक्रेता,** " विकिरण फिन प्रभावशीलता, " *जे . हीट ट्रांसफर* , वॉल्यूम संख्या 82, 1, पीपी 73-75 , 1960, दोई : 10 । 1115/1 . _ _ 3679882।

[3] **आर जे . नौमन,** " अंतरिक्ष रेडिएटर्स के डिजाइन का अनुकूलन, " *इंट । जे . थर्मोफिज ।* , वॉल्यूम संख्या 25, 6, पीपी 1929 - 1941, 2004, दोई : 10 । 1007 / एस 10765 - 004 - 7747 - 0।

[4] **आर. जे . नौमन, जे . बर्थ, जे . एम . मैरिस, एल. ई . एडकॉक, आर. एम . बनिश, और जे . एम . एलिस,** " एक ग्रेफाइट का अनुकूलित डिजाइन और परीक्षण - पतला पंखों के साथ फाइबर प्रबलित समग्र गर्मी पाइप रेडिएटर, " *एआईपी कॉन्फ । प्रोक ।* , वॉल्यूम संख्या 880, 2007, पीपी 81-89 , 2007, दोई : 10 । 1063 / 1 . 2437444 ।

[5] **सी । Arslanturk,** " तापमान पर निर्भर तापीय चालकता के साथ अंतरिक्ष रेडिएटर्स का इष्टतम डिजाइन , " *Appl । थर्म । इंजी .* , वॉल्यूम संख्या 26, 11-12 , पीपी 1149 - 1157, 2006, दोई : 10 । 1016 / जे । एप्पलथर्मलेंग । 2005 . 10 . 038 .

[6] **फरज़ाद बज़दीदी - तेहरानी और मोहम्मद हादी कामरावा,** " वैरिएबल थर्मल कंडक्टिविटी के साथ एक स्पेस रेडिएटिंग फिन का हीट ट्रांसफर एनालिसिस, " *जॉर्डनियन इंट । मैक इंजी . सम्मेलन* , संख्या सितंबर, पीपी 27 - 29, 2010 ।

[7] **के . जी . टी . हॉलैंड्स और बी. ए . स्टेडमैन,** " स्थानीय मोटाई में एक कदम - परिवर्तन वाले अवशोषक प्लेट फिन का अनुकूलन , " *सोल । ऊर्जा*, वॉल्यूम संख्या 49, 6, पीपी 493 - 495, 1992, दोई : 10 । 1016 / 0038 - 092 एक्स (92) 90157 - 6 ।

[8] **आर . डी । कॉकफील्ड,** " एक अंतरिक्ष रेडिएटर का संरचनात्मक अनुकूलन, " *जे अंतरिक्ष रॉकेट*, वॉल्यूम संख्या 5, 10, पीपी 1240 - 1241, 1968, दोई : 10 । 2514 / 3 . 29463 .

[9] **एच . कील,** " एक केंद्रीय - फिन स्पेस रेडिएटर का अनुकूलन, " *जे । अंतरिक्ष रॉकेट*, वॉल्यूम संख्या 5,
4, पीपी 463 - 465, 1968, दोई : 10 । 2514 / 3 . 29279 .

[10] **ए. अजीज,** " क्रॉस - सेक्शनल क्षेत्र में एक कदम परिवर्तन के साथ एक आयताकार पंख का इष्टतम डिजाइन , " *इंट कम्युन । हीट मास ट्रांस्फर्स ।* , वॉल्यूम संख्या 21, 3, पीपी 389 - 401, 1994,

डीओआई : 10 । 1016/0735 - 1933 (94) 90007 - 8 । _ _

[11] ई . एल . स्टॉकमैन, नॉर्बर्ट ओ , बिटनर, एडवर्ड सी , स्प्रेग, " केंद्रीय फिन - ट्यूब रेडिएटर्स में एक और दो आयामी गर्मी हस्तांतरण गणना की तुलना , " *नासा*, संख्या सितंबर, 1966 ।

[12] एम. गोरजी, एम. जे . होसैनी और एम. घनबरपौर, " होमोटॉपी परटरबेशन विधि का उपयोग करके एक विकिरण फिन में तापमान वितरण का समाधान, " *गणित / समस्या _ इंजी .* , वॉल्यूम । 2009, पीपी 15 - 22, 2009, दोई : 10 । 1155/2009/831362 । _ _ _ _

[13] आर. जे . दोशी और डी. घोडगांवकर, " जियो - सिंक्रोनस सैटेलाइट के लिए एसएसपीए की दक्षता में सुधार के लिए अनुकूली थर्मल प्रबंधन तकनीक , " *जे / हीट ट्रांसफर*, वॉल्यूम संख्या 140, । 5, पीपी 1 - 4, 2018, दोई : 10 । 1115/1 . _ _ 4038425 ।

[14] डब्ल्यू _ प्रश्न _ लोहमेयर, आर जे _ अनिकेतो, और के एल _ Cahoy, " संचार उपग्रह शक्ति एम्पलीफायर : वर्तमान और भविष्य SSPA और TWTA प्रौद्योगिकियां, " *इंट/ जे _ सैटेल / कम्युन _ नेटव _* , वॉल्यूम संख्या 34, 2 , पीपी 95-113 , 2016 , दोई : 10 । 1002 / सेट _ 1098 .

[15] आर । स्ट्रॉस, " एसएसपीए और टीडब्ल्यूटीए की विश्वसनीयता , " *आईईईई ट्रांस / इलेक्ट्रॉन उपकरण*, संख्या 41, 4, पीपी 625 - 626, 1994, दोई : 10 । 1109/16 . _ _ 278524 .

[16] जे. एच . एस . ब्रूनर, एम. होर्डलर, " अंतरिक्ष अनुप्रयोग केंद्र भारत के लिए थर्मल विश्लेषण, " 2017 ।

गगनयान में ऑनबोर्ड संचार प्रणाली

योगेश पार्थ, अभिमन्यु
वैज्ञानिक/अभियंता – एस.डी., एस.सी.टी.डी./सि.टा.आ.ग/स.स.अ.अ.
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात- 380015, भारत
yogeshp@sac.isro.gov.in

सारांश

प्रस्तुत लेख में गगनयान मिशन के लिए संचार प्रणाली पेलोड के भाग के रूप में एक ऑडियो और वीडियो सिग्नल प्रोसेसिंग प्रणाली का वर्णन किया गया है। प्रणाली में मुख्य रूप से तीन उप प्रणालियाँ हैं: ऑडियो & वीडियो बेसबैंड सिग्नल प्रोसेसिंग प्रणाली (AVBPS); रिमोट कंट्रोलर यूनिट (RCU); और संचार वाहक असेंबली (CCA) शामिल है। RCU संचार वाहक असेंबली/संचार टोपी के माध्यम से चालक दल को संचार इंटरफेस प्रदान करेगा। RCU अंतरिक्ष डेटा प्रणाली मानक परामर्शदात्री समिति (CCSDS) द्वारा प्रमाणित रैखिक पल्स कोड मॉड्यूलेशन (LPCM) और विकसित परिक्रमा पद्धति (AOS) डेटा पैकेट का उपयोग करके ध्वनि डिजिटलीकरण की सुविधा प्रदान करेगा। AVBPS मॉडेम और RF लिंक के माध्यम से मिशन कंट्रोल सेंटर (MCC)/ग्राउंड स्टेशन पर और पी.सी.एम. मिक्सिंग का उपयोग करके ऑनबोर्ड चालक दल के लिए इंटरकॉम संचार की कार्यक्षमता प्रदान करेगा। AVBPS, ITU द्वारा प्रमाणित G.729AB वॉयस कोडेक, मल्टीप्लेक्सिंग, टाइम सिंक्रोनाइज़ेशन, बफर मैनेजमेंट और रेट कंट्रोल के साथ वेबफॉर्म आधारित ऑडियो कंप्रेशन और डीकंप्रेशन के प्रमुख कार्यों के विभिन्न इंटरफेस को निरंतर स्थिर बिट रेट (CBR) प्रदान करेगा। यह प्रणाली H.264/H.265 वीडियो एन्कोडिंग/डिकोडिंग मानक, MIL-1553-B पर आधारित वीडियो इनपुट चयन और वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग सेवा के लिए प्रदर्शन पैनल (display system) इकाई को CBR वीडियो स्ट्रीम प्रदान करेगा। इस संचार प्रणाली का विकास डिजिटल/अंकीय तकनीकी से किया गया हैं। डिजिटल डिजाइन दृष्टिकोण ने प्रदर्शन की विविधताओं को कम कर दिया है और जटिल समायोजन की आवश्यकता को आसान कर दिया है।

7. प्रस्तावना

गगनयान भारत के पहले समानव अंतरिक्ष मिशन के लिए एक अनूठी परियोजना है। मिशन के चरणों में निम्न भू कक्षा (LEO) में अंतरिक्ष यान का सम्मिलन, अंतरिक्ष यान की परिक्रमा, पृथ्वी के वायुमंडल में पुनः प्रवेश और कैप्सूल रिकवरी शामिल हैं। संपूर्ण मिशन चरणों के दौरान अंतरिक्ष यान की निगरानी और इवेंट कैप्चरिंग में ऑडियो और वीडियो संचार प्रणाली महत्वपूर्ण भूमिका निभायेगा।

अंतरिक्ष यान की संचार प्रणाली में दो मुख्य RF ग्राउंड लिंक हैं; डायरेक्ट टू ग्राउंड (D/G) और भारतीय डेटा रिले सैटेलाइट प्रणाली (IDRSS) जिनका उपयोग करके ग्राउंड स्टेशन पर डेटा का प्रसारण किया जाएगा। डायरेक्ट टू ग्राउंड लिंक 16 KBPS और 512 KBPS/2 MBPS एस-बैंड संचार का समर्थन करेगा, और IDRSS लिंक के माध्यम से एस-बैंड में 16 KBPS और का-बैंड में 4 MBPS का संचार स्थापित होगा।

ऑन-बोर्ड ऑडियो वीडियो प्रणाली चालक दल और मिशन नियंत्रण केंद्र (MCC) के बीच दो-तरफा आवाज और वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग सेवाएँ प्रदान करेगा। यह प्रणाली रेडियो फ्रिक्वेंसी (RF) लिंक के माध्यम से MCC को टेलीमेट्री (TM) और अन्य आवश्यक डेटा के हस्तांतरण को भी समायोजित करेगा। अंतरिक्ष यान में, सूचना का हस्तांतरण विभिन्न संचार प्रणाली को जोड़ने वाले हार्डलाइन (HL) के माध्यम से होता है। COMM प्रणाली का एकीकृत ब्लॉक आरेख चित्र-1 में दिखाया गया है। आकृति में प्रत्येक ब्लॉक एक विशेष उपतंत्र का प्रतिनिधित्व करता है। ऑडियो & वीडियो उप प्रणाली आवाज, टी.एम./टी.सी., आवश्यक डेटा संचार, कर्मीदल स्वास्थ्य निगरानी, कर्मीदल केबिन

की निगरानी, और वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग का समर्थन करने के लिए कई कैमरों तथा सेंसर को संभालने के लिए जिम्मेदार है। मॉडेम उप प्रणाली AVBPS और RF लिंक के बीच एक इंटरफेस प्रदान करेगी।
गगनयान मिशन की योजना विभिन्न चरणों में बनाई गयी है। प्रमुख चरण जिनमें कर्मीदल संचार प्रणाली शामिल है, वे हैं: G1 मिशन, G2 मिशन, और H1 मिशन। G1 और G2 मानव रहित मिशन हैं जबकि H1 मानवयुक्त मिशन है। यह पेपर ऑन-बोर्ड ऑडियो और वीडियो सिग्नल प्रोसेसिंग प्रणाली आर्किटेक्चर और G1 गगनयान मिशन आवश्यकताओं का वर्णन करता है। मॉडेम तथा अन्य उप प्रणाली इस पेपर के दायरे में नहीं है।

8. मिशन की आवश्यकताएँ

क. कार्यात्मक आवश्यकताएँ

मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन में ऑडियो और वीडियो संचार प्रणाली की बुनियादी कार्यात्मक आवश्यकताओं को विभिन्न मिशन चरणों के दौरान निम्नानुसार सेवाएँ प्रदान करनी होगी:

(क.क.) लांच चरण के दौरान:
ऑन-बोर्ड ऑडियो और वीडियो संचार प्रणाली को मुख्य रूप से एस बैंड (16 KBPS) आर.एफ. लिंक का उपयोग करके एम.सी.सी. के साथ सहज पूर्ण द्वैध आवाज संचार प्रदान करना होगा। वीडियो संचार वैकल्पिक सेवा होगी।

(क.ख.) इन-ऑर्बिट चरण के दौरान:
इन-ऑर्बिट ऑपरेशन के दौरान, कर्मीदल मॉड्यूल (सी.एम.) और सर्विस मॉड्यूल (एस.एम.) पर उपस्थित ऑडियो और वीडियो संचार प्रणाली पूर्ण द्वैध आवाज संचार के लिए एस-बैंड (16 KBPS/ 2 MBPS) आर.एफ. लिंक तथा वीडियो संचार के लिए 2 MBPS /4 MBPS एस & का-बैंड आर.एफ. लिंक का उपयोग करेगी।

(क.ग.) री-एंट्री चरण के दौरान:
री-एंट्री ऑपरेशंस के दौरान, सर्विस मॉड्यूल को कर्मीदल-मॉड्यूल से अलग किया जाएगा। सुरक्षित संचालन के लिए पैराशूट की तैनाती जैसे विभिन्न मापदंडों पर नजर रखने की जरूरत होगी। चूँकि सेवा मॉड्यूल अनुपलब्ध है, इसलिए डेटा को कर्मीदल मॉड्यूल से ग्राउंड स्टेशन पर भेजने की आवश्यकता है। एस-बैंड (2 MBPS) में उच्च डेटा दर आर.एफ. लिंक का उपयोग करके वीडियो डेटा डाउनलिंक किया जाएगा, जबकि ऑडियो डेटा कम डेटा दर एस बैंड आर.एफ. लिंक (16 KBPS) के माध्यम से प्रेषित किया जाएगा।

ख. पर्यावरण संबंधी आवश्यकताएँ

पर्यावरणीय आवश्यकताएँ उपकरण के स्थान पर निर्भर करती हैं। सर्विस मॉड्यूल (SM) के अंदर / बाहर स्थित इलेक्ट्रॉनिक्स पैकेज को कठोर तापमान और विकिरण आवश्यकताओं का सामना करने के लिए डिज़ाइन किया जायेगा। चालक दल मॉड्यूल (CM) के पश्च उपकरण बे में इलेक्ट्रॉनिक उपकरण मानव अस्तित्व विनिर्देशों के साथ काम करने के लिए डिज़ाइन किया जायेगा। पश्च इक्विपमेंट बे के प्रेशर एनवायरनमेंट को आंशिक दबाव 1 ए.टी.एम. (पृथ्वी के वायुमंडलीय दबाव) के बराबर करने की योजना है।
थर्मल आवश्यकताएँ अंतरिक्ष यान में बदलते तापमान और उपकरण के स्थान के संवहन पर निर्भर करती हैं। चालक दल मॉड्यूल के अंदर पैकेज के लिए थर्मल आवश्यकता आंतरिक तापमान पर आधारित होगी, जो 10° और 40° सेल्सियस के बीच होगी। जबकि, सर्विस मॉड्यूल के अंदर के पैकेज को बड़े तापमान का सामना करना पड़ेगा, जो -55°C से +125°C तक भिन्न होगा। चालक दल के मॉड्यूल के बाहर का पैकेज पृथ्वी की कक्षा में प्रवेश करते समय उच्च तापमान के संपर्क में होगा।

सेवा मॉड्यूल के आंतरिक/बाह्य प्रणाली के लिए विकिरण की आवश्यकता महत्वपूर्ण है। लो अर्थ ऑर्बिट (400 किमी लगभग) में, सात दिन के मिशन के लिए विकिरण की फीड अधिकतम 10K रेड होने का अनुमान है। इलेक्ट्रॉनिक्स पैकेज को विफलता से बचाने के लिए विकिरण डिजाइन आवश्यकताओं को पूरा करने की आवश्यकता होगी।

अन्य उपकरणों के साथ संचार प्रणाली के संगत संचालन को सुनिश्चित करने के लिए इलेक्ट्रोमैग्नेटिक (ई.एम.) हस्तक्षेप आवश्यकता भी लगाई जाती है। पैकेज और संबंधित घटकों से विकिरणित ई.एम., साथ ही ई.एम.आई. को पैकेज की संवेदनशीलता को न्यूनतम स्तरों पर होने के लिए डिज़ाइन किया जाता है।

ग. द्रव्यमान और पावर आवश्यकताएँ

बोर्ड संचार प्रणालियों के मूल डिजाइन में वजन प्रतिबंध एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इलेक्ट्रॉनिक्स का वजन सीधे बिजली की खपत से संबंधित होता है और इस प्रकार विद्युत डिजाइन को प्रभावित करता है। 24 घंटे लगातार काम करने वाली संचार प्रणाली के लिए 100 वाट के इनपुट के लिए लगभग 48 किलोग्राम वजनी बैटरी (लगभग 50-वॉ.-घंटा/किग्रा बैटरी) की आवश्यकता होगी। 48 किग्रा का यह अतिरिक्त भार इंजन-थ्रस्ट, ईंधन, संरचनात्मक आवश्यकताओं, और अंतरिक्ष यान के समग्र वजन को प्रभावित करेगा। वजन प्रतिबंध के कारण, बिजली बजट महत्वपूर्ण हो जाता है। इसलिए, बेहतर बिजली दक्षता हासिल करने के लिए नवीन डिजाइन तकनीकों का उपयोग किया जा रहा है।

घ. अतिरेकता और मानव रेटिंग की आवश्यकताएँ

प्रणाली की विश्वसनीयता बढ़ाने के लिए अतिरेक अनिवार्य है। क्रॉस पैचिंग के साथ प्रणाली की कम से कम दोहरी अतिरेकता होनी चाहिए ताकि एक पैकेज की विफलता मिशन विफलता का कारण न बने।

अंतरिक्ष यान मनुष्यों को ले जाने वाले अन्य एयरोस्पेस वाहनों से काफी अलग हैं, और यह आवश्यक है कि मानव अनुकूल अंतरिक्ष यान का डिजाइन इन अंतरों के लिए पूरी तरह से तैयार हो। हालाँकि, अंतरिक्ष यान का डिजाइन दशकों के विमान अनुभव की नींव पर बनाया गया है, उसके बावजूद अंतरिक्ष यान के अंदर के अनूठे संचालन और पर्यावरण नियंत्रण की आवश्यकताओं का अत्यधिक कड़े पैमाने पर विश्लेषण किया जाता है। यह भी महत्वपूर्ण है कि JSCM 8080.5 में सूचीबद्ध प्रथाओं को शुरू से ही मानव अनुकूल अंतरिक्ष यान के निर्माण पर लागू किया जाना चाहिए।

अन्य मानव अनुकूल आवश्यकताओं में इलेक्ट्रिकल पावर प्रणाली, उपकरण प्रणाली, डिस्प्ले और कंट्रोल, पर्यावरण नियंत्रण प्रणाली, मिशन कंप्यूटर (एम.सी.) और चालक दल के व्यक्तिगत उपकरण के साथ इंटरफेस संगतता शामिल है।

9. प्रणाली की रूपरेखा

प्रणाली को मानव रेटिंग पहलुओं के साथ पूरे मिशन की आवश्यकता को पूरा करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। समग्र प्रणाली को तीन उप-प्रणालियों में विभाजित किया जा सकता है, जो किसी भी एकल बिंदु विफलता से बचने के लिए क्रॉस अतिरेक मोड में एक दूसरे से जुड़े हैं। उप-प्रणाली का विस्तृत विवरण इस प्रकार है:

(क) ऑडियो & वीडियो बेसबैंड सिग्नल प्रोसेसिंग प्रणाली (AVBPS)
(ख) रिमोट कंट्रोलर यूनिट (RCU) और
(ग) संचार वाहक असेंबली (CCA)

(क) ऑडियो & वीडियो बेसबैंड सिग्नल प्रोसेसिंग प्रणाली (AVBPS)

ऑन-बोर्ड ऑडियो & वीडियो बेसबैंड सिग्नल प्रोसेसिंग प्रणाली (AVBPS) एस-बैंड और के.ए.-बैंड आर.एफ. लिंक के माध्यम से ऑर्बिटर और एम.सी.सी. के बीच डेटा, आवाज, एस.एस.आर., और टी.एम./टी.सी. डाटा का आदान-प्रदान करता है। डाउनलिंक में टेलीमेट्री, डिजिटल वॉयस, डिजिटल विडियो, और डिजिटलाइज्ड डेटा एम.सी.सी. को जाता है और अपलिंक में डिजिटल आवाज़ के साथ महत्वपूर्ण कमांड ऑर्बिटर को जाता है। दो AVBPS प्रसंस्करण प्रणाली, चालक दल मॉड्यूल के अंदर है, जिसमें आमतौर पर, AVBPS1 प्राइम है, बैकअप के रूप में AVBPS2 है। सक्रिय AVBPS, डेटा समर्थन के लिए एक साथ तीन अलग-अलग डेटा दरों पर डेटा, वॉयस, वीडियो, और टी.एम./टी.सी. को संसाधित करता है। ऑन-बोर्ड उत्पन्न डेटा को पोस्ट-टच डाउन विश्लेषण के लिए सॉलिड-स्टेट रिकॉर्डर (SSR) में स्टोर करता है। सक्रिय AVBPS हार्डवेयर की स्थिति ऑनबोर्ड उपलब्ध डैशबोर्ड (कर्मीदल कंसोल) पैनल पर दिखाई देगी साथ ही साथ टेलीमेट्री के माध्यम से एम.सी.सी. को पहुँचाई जायेगी।

AVBPS चालक दल और ग्राउंड स्टेशन के बीच ऑडियो-वीडियो कॉन्फ्रेंस कॉल प्रदान करेगा। समय तुल्यकालन बनाए रखने के लिए ऑडियो और वीडियो स्ट्रीम का टाइम स्टैम्पिंग किया जायेगा। वेवफॉर्म आधारित वॉयस एन्कोडिंग (G.729AB) का चयन किया गया है क्योंकि यह एक कम जटिलता वाला कोडर है जो कम सिग्नल-से-शोर अनुपात (एस.एन.आर.) पर उच्च गुणवत्ता वाले वॉयस का उत्पादन करता है। एल.पी.सी.एम. मिश्रण का उपयोग इंटरकॉम समर्थन प्रदान करने के लिए किया गया है। चालक दल के सदस्यों की आवाज को एल.पी.सी.एम. स्तर पर इस तरह से मिश्रित किया जाएगा कि यह लक्षित श्रव्य प्रारूप की गतिशील सीमा के भीतर रहे, जबकि मिश्रित संकेतों की गतिशीलता का यथासंभव ईमानदारी से प्रतिनिधित्व कर सके।

विभिन्न प्रकार की ऑनबोर्ड उपलब्ध धारा (ऑडियो, वीडियो और टेलीमेट्री) को लगातार बिट दर से गुणा किया जायेगा और जमीन पर प्रेषित किया जायेगा। ग्राउंड से प्राप्त धारा को विघटन किया जायेगा और विभिन्न उप प्रणाली में स्थानांतरित किया जायेगा। बेसबैंड डेटा हैंडलर (BDH) उप प्रणाली से आने वाले टेलीमेट्री/टेली-कमांड को टी.एम./टी.सी. मॉडेम की विफलता के मामले में पारदर्शी रूप से मल्टीप्लेक्स स्ट्रीम के साथ जोड़ा जायेगा। MIL-1553-B बस और उपग्रह बैंडविड्थ उपलब्धता के आधार पर कैमरा से आने वाली कई वीडियो स्ट्रीम को जमीन पर प्रेषित करने हेतु चयनित किया जायेगा।

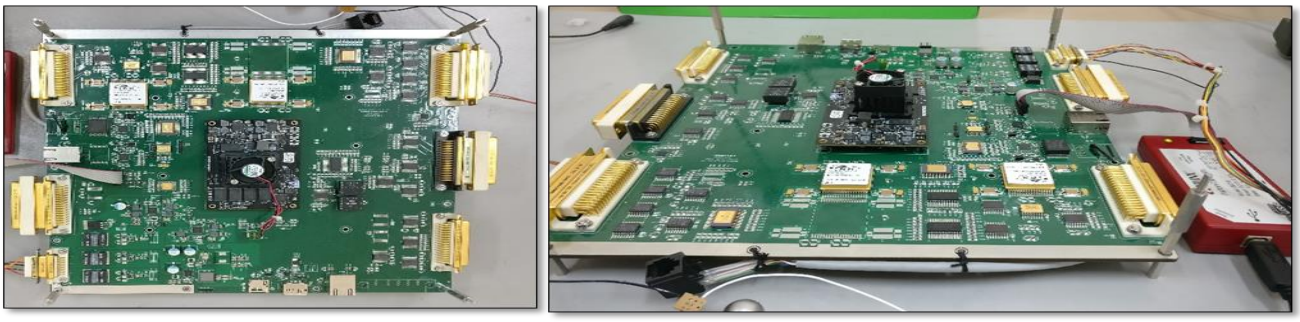
AVBPS हार्डवेयर का मुख्य घटक चिप (SoC) Xilinx UltraScale+ FPGA है। AVBPS पर परिधीय आवश्यकताओं की बड़ी संख्या के कारण, एक एकल SoC सभी आवश्यक बाह्य उपकरणों का समर्थन नहीं करता है; इसलिए, एक CCSC और RBCC का उपयोग SoC के साथ किया जाता है। CCSC और RBCC AVBPS की परिधीय आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए अतिरिक्त सीरियल सिंक्रोनस पोर्ट प्रदान करता है। AVBPS में फुल डुप्लेक्स डेटा ट्रांसफर के लिए 16 के.बी.पी.एस., 2 एम.बी.पी.एस. और 4 एम.बी.पी.एस. मॉडेम के साथ सीरियल सिंक्रोनस इंटरफेस होगा। SSR BDH प्रणाली के माध्यम से AVBPS से जुड़ा है, जो कस्टम डेटा ट्रांसफर प्रोटोकॉल के साथ LVDS इंटरफ़ेस पर चलता है। AVBPS के साथ संवाद करने के लिए RCU में RS-485 इंटरफ़ेस होगा।

AVBPS सक्रिय-स्टैंडबाय निरर्थक मोड में काम करता है। सक्रिय AVBPS सभी संचार को संभालता है, जबकि स्टैंडबाय AVBPS कम बिजली मोड में काम करता है। केवल सक्रिय AVBPS आवक और जावक पैकेट को संसाधित करता है। LVDS और RS-485 कनेक्शन के लिए, दोनों AVBPS एक ही इंटरफ़ेस लाइनों से जुड़ते हैं और मल्टीड्रॉप / मल्टीपॉइंट मोड में काम करते हैं। मॉडेम अतिरेक के लिए, AVBPS मॉडेम की स्थिति की जाँच करता है और तदनुसार सक्रिय मॉडेम को चलाता है। RCU पोर्ट अतिरेक के लिए, AVBPS डेटा गतिविधि के लिए सभी UART पोर्ट्स की जाँच करता है, और गतिशील रूप से सक्रिय RCU पोर्ट्स को चुनता है।

ऑन-बोर्ड AVBPS में वीडियो सिग्नल प्रोसेसिंग इकाई मल्टीचैनल वीडियो कम्प्रेशन, वीडियो स्ट्रीम मल्टीप्लेक्सिंग, और कस्टम पैकेटाइजेशन, वीडियो स्ट्रीमिंग, वीडियो डिकोडिंग, आउटपुट रेट कंट्रोल, वीडियो टाइमस्टैम्पिंग, और कई आउटपुट-इनपुट इंटरफेस की हैंडलिंग जैसी कार्यक्षमता को वहन करता है। यह इकाई का प्राथमिक कार्य पॉइंट-टू-पॉइंट वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग, इवेंट मॉनीटरिंग, कर्मीदल केबिन मॉनीटरिंग, और एस.एस.आर. में वीडियो के भंडारण के लिए इंटरफ़ेस प्रदान करना है।

वीडियो सिग्नल प्रोसेसिंग इकाई कई कैमरों से H.264 एनकोडेड वीडियो इनपुट लेगा और MIL-1553-B बस इंटरफ़ेस से कमांड के आधार पर विशेष वीडियो स्ट्रीम का चयन करेगा। वीडियो कॉन्फ्रेंसिंग कैमरा (वी.सी.), कर्मीदल मॉनीटरिंग कैमरा (सी.एम.), और इवेंट-मॉनीटरिंग कैमरा से आने वाली वीडियो स्ट्रीम आर.जी.बी. प्रारूप में ईथरनेट इंटरफेस पर प्राप्त होगी। थर्मल कैमरा के लिए LVDS चिप के माध्यम से इंटरफेस किया जाएगा। संकुचित धाराओं को CCSDS मानक के अनुसार गुणा किया जायेगा तथा BDH और प्रदर्शन नियंत्रक (कर्मीदल कंसोल) के लिए निरंतर डेटा दर पर आउटपुट इंटरफेस (ईथरनेट/LVDS) को प्रेषित किया जायेगा। मोज़ैक प्रारूप में वीडियो प्रदर्शन के लिए चयनित धाराओं को एच.डी.एम.आई. / डी.पि. इंटरफ़ेस पर भेजा जायेगा। वीडियो सिग्नल प्रोसेसिंग इकाई मोडेम इंटरफेस के माध्यम से जमीन से आने वाली वीडियो स्ट्रीम प्राप्त करेगा। यह स्ट्रीम वीडियो-कॉन्फ्रेंसिंग उद्देश्य के लिए नियंत्रक प्रदर्शित करने के लिए अग्रेषित की जाती रहेगी।

चित्र 3 में AVBPS प्रणाली के कार्यात्मक ब्लॉक आरेख को दर्शाया गया है जिसमें रिमोट कंट्रोलर यूनिट (RCU) और संचार वाहक असेंबली (CCA) शामिल है।



चित्र 1. ऑडियो & वीडियो बेसबैंड सिग्नल प्रोसेसिंग प्रणाली

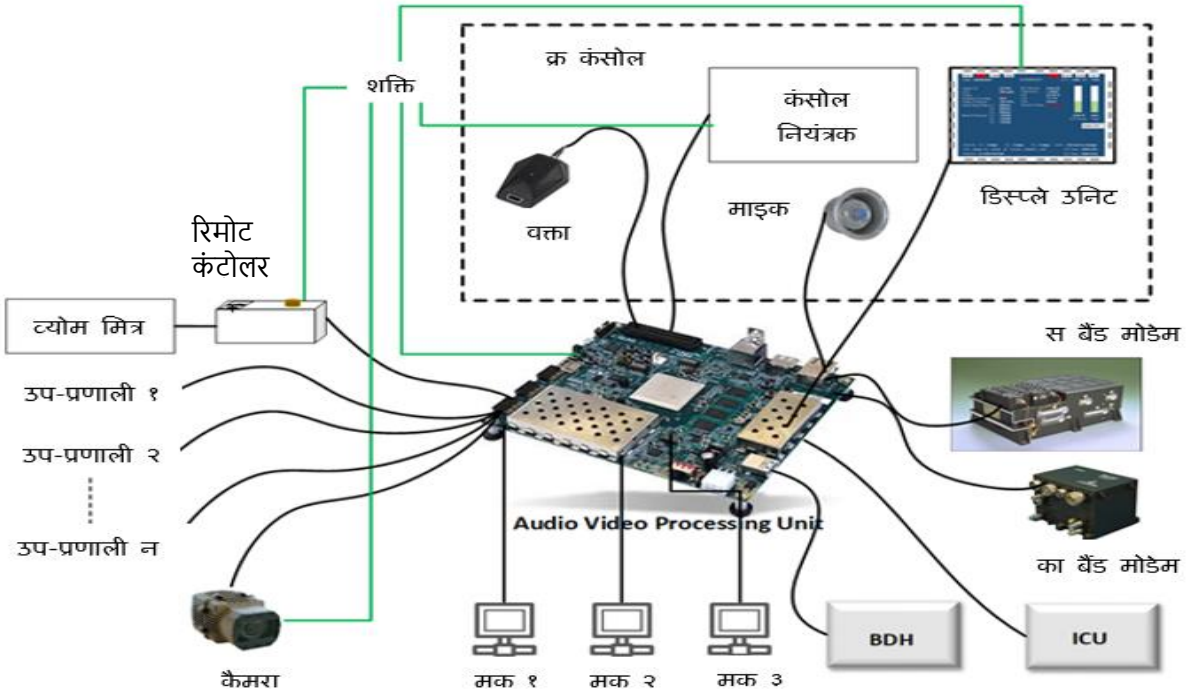
(ख) रिमोट कंट्रोलर यूनिट (RCU)

RCU चालक दल CCA और AVBPS के बीच इंटरफेस प्रदान करता है। RCU माइक्रोफोन से आने वाली एनालॉग वॉयस सिग्नल को LPCM डिजिटल सैंपल में परिवर्तित करता है। LPCM नमूने CCSDS पैकेट प्रारूप में एनकैप्सुलेटेड होते हैं और विभेदक लाइनों पर अतुल्यकालिक प्रोटोकॉल RS-485 के माध्यम से AVBPS में स्थानांतरित होते हैं। इसी प्रकार, AVBPS से प्राप्त LPCM नमूने को एनालॉग वॉयस में परिवर्तित कर CCA को भेजा जाता है।

RCU में एयर-टू-ग्राउंड (A/G) स्विच बटन है, जो कर्मीदल के लिए मिसन कंट्रोल केंद्र से संचार शुरू करने के लिए है। RCU में शोर वातावरण में आवाज की तीव्रता के समायोजन के लिए मात्रा पर नियंत्रण भी है। RCU ऑडियो संचार के लिए कर्मीदल को संचार वाहक असेंबली से जोड़ने के लिए एक्सटर्नल लाइन रिटर्न (XLR) कनेक्टर का समर्थन करता है।

RCU हार्डवेयर में मुख्यतः एक माइक्रोकंट्रोलर तथा कोडेक शामिल है, जो एनालॉग ऑडियो के रूपांतरण को सुविधाजनक बनाने के लिए LPCM ऑडियो कोडेक के साथ हस्तक्षेप किया गया है।





चित्र 2. रिमोट कंट्रोलर यूनिट
चित्र 3. G1 मिशन के लिए बेसबैंड संचार प्रणाली का कार्यात्मक ब्लाक आरेख

(ग) संचार वाहक असेंबली (CCA)

संचार वाहक असेंबली, जिसे "स्नूपी कैप" के रूप में भी जाना जाता है, इसमें सभी उपकरण शामिल होते है जो आवाज संचार के लिए आवश्यक है। इसमें ध्वनिग्राही और हेड फोन्स होते है, जो की RCU से एक्सटर्नल लाइन रिटर्न (XLR) कनेक्टर की मदद से स्पेससूट से जुड़े हुए होते है। प्रणाली दोहरे इयरफोन रिसीवर तथा दो लचीले बूम माउन्ट ध्वनिग्राही से लेस है, जो दोहरी अतिरेक को सुनिश्चित करता है।



चित्र 4. संचार वाहक असेंबली

10. निष्कर्ष

संपूर्ण प्रणाली को डिजाइन और कार्यान्वित किया जा रहा है ताकि गगनयान मिशन के लिए ऑडियो और वीडियो संचार को सजीव प्रसारित किया जा सके। चालक दल के लिए प्रशिक्षण सिम्युलेटर के भाग के रूप में एकीकृत प्रणाली का भी उपयोग किया जाएगा। संचालन प्रणाली के लिए ऑन-बोर्ड ऑडियो-वीडियो सिग्नल प्रोसेसिंग प्रणाली का सफल विकास सभी पहलुओं में अपेक्षाकृत चुनौतीपूर्ण है। कठोर पर्यावरणीय स्थिति से कम प्रभावित होने के लिए घटकों का चयन और घटकों की योग्यता मिशन की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए चुनौतीपूर्ण कार्य है। प्रणाली की एकल बिंदु विफलता से बचने के लिए प्रणाली दोहरी मोड अतिरेक के साथ हॉट स्टैंडबाय पर काम करेगा।

हमें वर्तमान प्रौद्योगिकी समस्याओं का संक्षिप्त रूप से समाधान करने और वर्तमान विकल्पों के डिजाइन अंतःकरण पर विचार करके मानवीय उपस्थिति के लिए डिजाइनिंग की कठिनाई का समाधान ढूँढ़ना पड़ेगा। जब अनिश्चितता उत्पन्न होगी, तो हमें सबसे अच्छा निर्णय लेने के लिए, सबसे खराब सीमाओं, और सिस्टम के अन्य पेशेवरों और विपक्षों पर गौर करना होगा। इस तरह के दृष्टिकोण के साथ, हम कल्पना करते हैं कि इसरो का मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम अंतरिक्ष मिशन के मानव तत्व के प्रति कई समझ का पहला कदम बन जाएगा।

11. संदर्भ:

१. ग्रिफिन बी, स्पैम्पिनाटो पी और वाइल्ड आर। "अध्याय 22: असाधारण गतिविधि (ई.वी.ए.) सिस्टम।" इन: लार्सन डब्ल्यू और प्रैंक एल, संपादक। मानव SPACEFLIGHT: मिशन विश्लेषण और डिजाइन। न्यूयॉर्क: मैकग्रा हिल; पृष्ठ 707-757। 2001।

२. वैन लाक, जे। "मानव-रेटिंग आवश्यकताएँ।" 1998. आंतरिक दस्तावेज। केवल JSC उपयोगकर्ताओं के लिए उपलब्ध है।

३. ऑडियो वीडियो बेसबैंड प्रणाली पी.डी.आर. दस्तावेज़, इसरो पर उपलब्ध।

४. डायमेंडिस पी। "काउंटरमेशर्स एंड आर्टिफिशियल ग्रेविटी।" इन फंडामेंटल्स ऑफ़ स्पेस लाइफ साइंसेस, खंड 1, चर्चिल एस, संपादक, मालाबार, FL: क्राइजर पब्लिशिंग कंपनी। 1997।

५. मीकर एल एट अल। "एक मानव-संचालित, अंतरिक्ष अनुप्रयोग के लिए लघु-त्रिज्या केंद्र: एक डिजाइन अध्ययन।" जीवन रक्षा और उड़ान उपकरण एसोसिएशन जर्नल। 26 (1): 34-43। 1996।

12. लेखक परिचय:



श्री योगेश पार्थ ने वर्ष 2015 में आई.आई.एस.टी. से एविओनिकस अभियांत्रिकी में बी.टेक. डिग्री प्राप्त की है। उन्होंने वर्ष 2015 में इसरो के अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में वह एस.सी.टी.डी. अनुभाग में कार्यरत हैं।



श्री अभिमन्यु ने वर्ष 2012 में डी.सि.र.उ.स.टी. से एलेक्ट्रोनिस अभियांत्रिकी में बी.टेक. डिग्री प्राप्त की है। उन्होंने वर्ष 2014 में इसरो के अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र में कार्य आरंभ किया। वर्तमान में वह एस.सी.टी.डी. अनुभाग में कार्यरत हैं।

संचार नीतभार में अनुकूली पूर्व-विकृत फिल्टर्स की संरचना एवं निर्माण

विकास गुप्ता
वैज्ञानिक/अभियंता – एस.एफ., एम.एफ.डी./आर.एफ.एस.जी./एस.एन.पी.ए.
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
अहमदाबाद, गुजरात - 380015, भारत
vikasgupta@sac.isro.gov.in

सारांश

किसी भी उपग्रह के लिए माईक्रोवेव फिल्टर्स सिग्नल्स के संचार में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। इनका आकार एवं भार नीतभार के संयुक्त आकार एवं भार का निर्धारण करता है। लोअर फ्रीक्वेंसी बैंड (एस/एल) जो कि आई डी आर एस एस प्रकार के नीतभारों के निर्माण के लिए चुना गया है। यह अपने आप में सूक्ष्म फिल्टर्स के निर्माण के लिए एक चुनौती है और प्रस्तुत सन्दर्भ में परिवर्तित कोएक्सिअल रेसोनेटर फिल्टर्स के निर्माण एवं संरचना की व्याख्या दी गयी है जोकि भविष्य में सूक्ष्म फिल्टर्स एवं आईमक्स के निर्माण में उपयोगी सिद्ध होंगे। निर्मित फिल्टर अपने समकक्ष फिल्टरों की तुलना में लगभग 70% तक आयतन में कमी प्रदर्शित करता है जोकि नीतभार फिल्टर्स के अति दक्ष निर्माण में सहायक होगा। फिल्टर को एक जोड़ी ट्रांसमिशन जीरो और एक जोड़ी इक्वलाइजेशन जीरो के साथ पोल जीरो कॉन्फिगरेशन (10-2-2) के साथ डिजाइन किया गया है।

पारिभाषिक शब्दावली: फिल्टर्स, आईमक्स इत्यादि

प्रस्तावना

भारत का अंतरिक्ष कार्यक्रम आज अपनी चरम सीमाओं को छू रहा है और अपनी मौजूदा सीमाओं से आगे जाने के लिए तैयार है। पूर्व में भी विभिन्न जटिल नीतभारों की संरचना एवं निर्माण में भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन अग्रणी रहा है और मौजूदा चुनौतियाँ इसे विकास के पथ पर अग्रणी रहने की प्रेरणा देती हैं। समानव अंतरिक्ष कार्यक्रम और इसके उपयुक्त संचालन के लिए आई. डी. आर. एस. एस. जैसे नीतभारों का निर्माण एक विशिष्ट चुनौती के साथ-साथ अपने ज्ञान एवं अनुभव के अनुप्रयोग का सुनहरा अवसर भी है। प्रस्तुत लेख फिल्टर्स के निर्माण में सुधार की दिशा में एक छोटा सा कदम है।

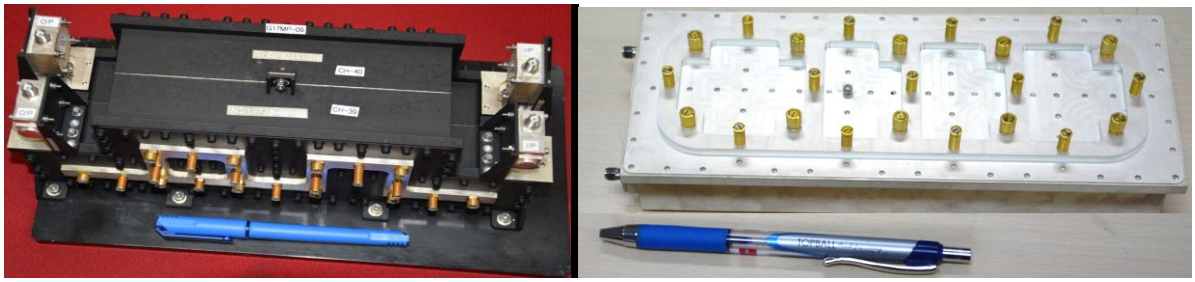
इनपुट मल्टीप्लेक्सर फिल्टर का उपयोग रिसीवर के आउटपुट पर समग्र बैंडविड्थ को अलग-अलग चैनलों में विभाजित करने के लिए किया जाता है। इनपुट मल्टीप्लेक्सर असेंबली को सर्कुलेटर और फिल्टर संयोजन के साथ चैनल-ड्रॉपिंग अवधारणा का उपयोग करके डिजाइन किया गया है।

इनपुट मल्टीप्लेक्सर फ्रीक्वेंसी इंटरलीविंग कॉन्सेप्ट (गैर-सन्निहित) का उपयोग कर हैं जहाँ विषम और सम संख्या वाले चैनलों को अलग-अलग डिमल्टीप्लेक्स किया जाता है। फिल्टर को एक जोड़ी ट्रांसमिशन जीरो और एक जोड़ी इक्वलाइजेशन जीरो के साथ पोल जीरो कॉन्फिगरेशन (10-2-2) के साथ डिजाइन [1-4] किया गया है।

सम चैनल के लिए आईमक्स फिल्टर में सिंगल मोड डाइइलेक्ट्रिक रेजोनेटर का उपयोग उच्च क्यू, कॉम्पैक्ट आकार और ऑपरेटिंग तापमान सीमा पर स्थिर प्रदर्शन के लिए किया जाता है। फिल्टर हाउसिंग को सिल्वर प्लेटेड एल्युमिनियम से बनाया जाता है, जिसमें टेफ्लॉन केज प्रत्येक कैविटी के केंद्र में डाइइलेक्ट्रिक रेजोनेटर को सपोर्ट करता है। फिल्टर के निर्माण में उच्च क्यू के लिए डाइइलेक्ट्रिक रेजोनेटर उपयोग में लाए जाते हैं पर अगर वजन तथा आकार अधिक महत्व के हों तो कोएक्सिअल रेजोनेटर उपयोग में लाए जाते हैं। इस स्थिति में क्यू में हानि का सामना करना पड़ता है और रिस्पांस की गुणवत्ता बनाए रखने के लिए अनुकूली पूर्व-विकृत जैसी टेक्नोलोजी का उपयोग किया जाता है।

अनुकूली पूर्वविकृति / पूर्वाग्रही क्या है:

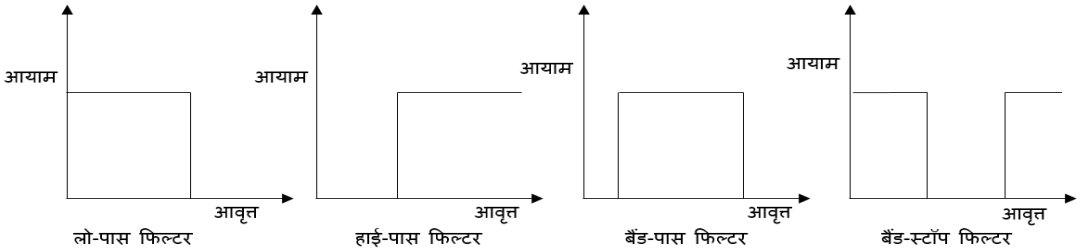
फिल्टर डिजाइन तकनीक जहाँ सम्मिलन हानि का द्रव्यमान, आयतन और इन-बैंड समतलता के लिए उपयोग किया जाता है, उसको अनुकूली पूर्वनिर्धारण के रूप में जाना जाता है। (चूंकि, सैटकॉम में रिसीवर के बाद IMUX का उपयोग किया जाता है, हम IMUX चरण में थोड़ा अधिक सम्मिलन हानि सहन कर सकते हैं)।



चित्र 1. इसरो द्वारा अभी तक निर्मित एस-बैंड आईमक्स एवं फिल्टर्स

फिल्टर्स की परिभाषा:
फिल्टर्स आवृत्ति चयनात्मक डिवाइस होता है तथा संचार आवृत्ति बैंड से अवांछनीय आवृत्तियों को अलग करता है। ये मुख्यतः चार प्रकार के होते हैं:

1. बैंड पास फिल्टर्स
2. बैंड स्टॉप फिल्टर्स
3. हाई पास फिल्टर्स
4. लो पास फिल्टर्स



चित्र 2. फिल्टर्स के आवृत्ति रेस्पोंस

चित्र 2 में 4 प्रकार के आवृत्ति रिस्पांस दिखाए गए हैं। प्रथम रिस्पांस लो पास फिल्टर्स का है जोकि एक नियत आवृत्ति से कम आवृत्तियों को ही बिना क्षति के जाने देती है। इसी प्रकार, अगला आवृत्ति रिस्पांस हाई पास फिल्टर्स का है जोकि नियत आवृत्ति से ज्यादा आवृत्तियों को ही न्यूनतम हानि के साथ जाने देती है। तीसरा आवृत्ति रिस्पांस बैंड पास फिल्टर्स का है जोकि आवृत्तियों के किसी समूह को ही न्यूनतम हानि के साथ जाने देता है। चौथा आवृत्ति रिस्पांस आवृत्तियों के किसी समूह को अधिकतम क्षति देने के लिए प्रयुक्त किया जाता है। दिए गए आवृत्ति रिस्पोंस में बैंड पास फिल्टर्स के रिस्पोंस का उपयोग अधिकतम होता है और इसी तरह के फिल्टर के निर्माण की प्रक्रिया इस लेख का मुख्य बिंदु है।
अंतरिक्ष उपयोग के फिल्टर्स निर्माण की प्रक्रिया जटिल होती है और इसीलिए इनके निर्माण के लिए गूढ़ संगणना की जरूरत होती है जोकि प्रस्तुत लेख में मैटलैब सॉफ्टवेयर पर की गयी है। संगणना से प्राप्त मानों को सर्किट सिमुलेसन सॉफ्टवेयर में प्रमाणित किया जाता है और अंत में इन गणितीय मानों को बनाए जाने वाले फिल्टर की भौतिक विमाओं में मैप किया जाता है और ऐसा करने के लिए 3-डी सिमुलेसन सॉफ्टवेयर (यहाँ सी.एस.टी.) की मदद ली जाती है। एक बार सिमुलेसन मॉडल को अपेक्षित विद्युतीय रिस्पोंस के साथ प्राप्त होने के बाद इसे निर्माण के लिए भेजा जाता है और प्राप्त होने पर इसमें सिल्वर प्लेटिंग करवाई जाती है ताकि अधिकतम कंडक्टिविटी प्राप्त की जा सके। तत्पश्चात फिल्टर को अंतिम परीक्षण के लिए लिया जाता है। अपेक्षित रिस्पोंस के प्राप्त होने के बाद फिल्टर के रेस्पोंस का ऊष्मीय अवलोकन भी आवश्यक होता है क्योंकि वास्तव में फिल्टर को अंतरिक्ष के वातावरण में काम करना होता है जहाँ पर तापमान में सार्थक परिवर्तन होता है।

सी- बैंड के फिल्टर्स का निर्माण:
अनुकूली पूर्वाग्रह, जिसे हमने योग्यता प्राप्त की है, पिछले पूर्वविकृति का संशोधित संस्करण है, जहां फिल्टर फंक्शन के संचरण ध्रुवों को एक निश्चित मात्रा में jw (J ओमेगा) अक्ष की ओर ले जाया जाता है। इसका परिणाम

गंभीर इंसर्शन और रिटर्न लॉस होता था, जिसे सिस्टम में अवशोषित करना मुश्किल था और ट्यून करना भी मुश्किल था।

मूल रूप से, किसी भी निष्क्रिय उपकरण के लिए,

$$(\text{एस}_{11})^2 + (\text{एस}_{12})^2 = 1 \quad \text{.....(1)}$$

यहां, हम मिड-बैंड में फिल्टर के S11 (रिटर्न लॉस) को नीचा करते हैं ताकि मिड-बैंड में नुकसान को बढ़ाया जा सके और किनारों पर I/L से मिलान किया जा सके, ताकि इंसर्शन लॉस वेरिएशन कम से कम हो और हम एक बेहतर समतलता हासिल कर सकें।

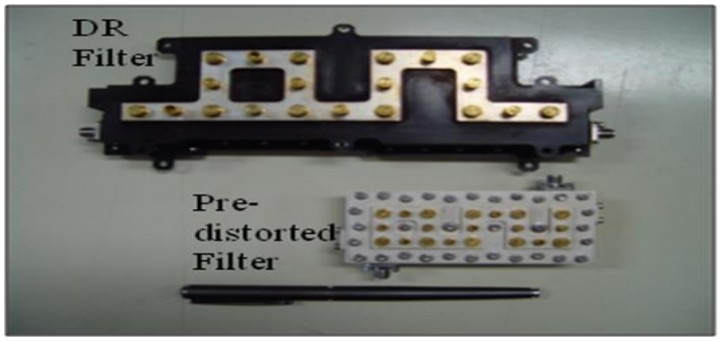
हमने क्या किया है:

हमने दिखाया है कि कैसे सी-बैंड में प्रौद्योगिकी का उपयोग द्रव्यमान और मात्रा को अनुकूलित करने के लिए किया गया है, जबकि केयू-बैंड में प्रौद्योगिकी का उपयोग द्रव्यमान और मात्रा को प्रभावित किए बिना पासबैंड और अस्वीकृति विशेषताओं को बेहतर बनाने के लिए किया गया है।

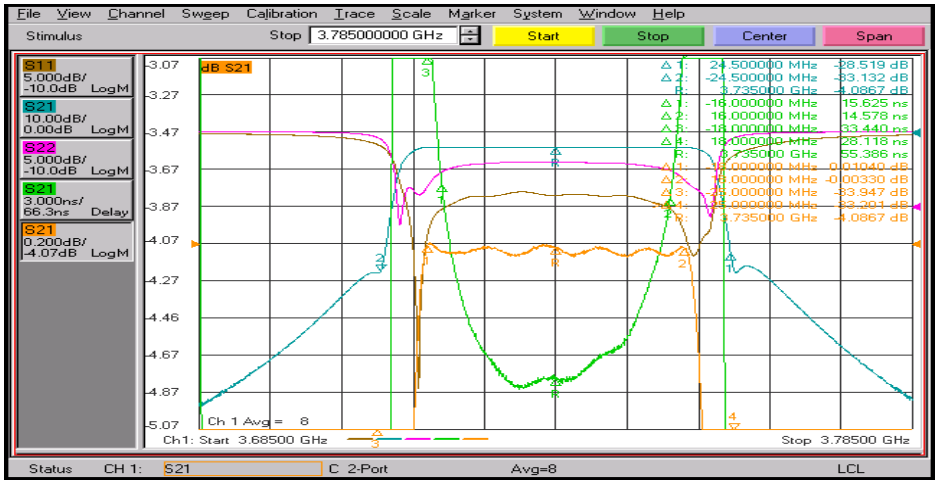
हमने एक मानक समअक्षीय अनुनादक IMUX फिल्टर पर अनुकूली पूर्वविकृति तकनीक विकसित की है 4000 के क्यू कारक के साथ 15,000 के बराबर क्यू प्राप्त करने के लिए। यह महत्वपूर्ण आकार और द्रव्यमान की ओर जाता है।

वर्तमान सी-बैंड IMUX डाइलेक्ट्रिक फिल्टर तकनीक पर क्रमशः 60% और 75% का लाभ प्राप्त होता है फिल्टर प्रदर्शन को त्यागे बिना। इसके अलावा, हम पूरी तरह से स्वदेशी IMUX फिल्टर को प्राप्त करने में सक्षम हैं, जिसे DR की आवश्यकता नहीं है। साथ ही, एक केयू-बैंड IMUX का विकास और कार्यान्वयन पूर्व-विरूपण फंक्शन को नियोजित करता है जो मौजूदा फिल्टर में बेहतर RF प्रदर्शन की ओर जाता है।

डीआर आधारित फिल्टर के साथ अलग-अलग पूर्व विकृत आधारित आईएमयूएक्स फिल्टर की तुलना और व्यक्तिगत पूर्व विकृत फिल्टर प्रदर्शन को चित्र: 3 में दिखाया गया है। दोनों प्रकार के IMUX की असेंबली स्तर की तुलना दिखाई गई है और तालिका पूर्व विकृत फिल्टर आधारित IMUX का उपयोग करके वजन, मात्रा और फुट प्रिंट क्षेत्र में कमी को दर्शाती है।



चित्र 3 . साधारण डी आर फिल्टर तथा अनुकूली पूर्वाग्रही फिल्टर



चित्र 4 . अनुकूली पूर्वाग्रही फिल्टर का रिस्पोंस

	विमायें (मिमी)	भार	आयतन	पाद- चिह्न
डी आर आई मक्स	275 X 104 X 238	3.95 Kg	6806800 mm3	28600 mm2
पूर्व विकृत मिनी आईमाक्स	180 X 107 X 180	1.67 Kg	3466800 mm3	19260 mm2
भार में कमी	-	58%	-	-
आयतन में कमी	-	-	50%	-
पाद-चिह्न में कमी	-	-	-	33%

तालिका-1 अनुकूली पूर्वाग्रही तथा डी आर आईमक्स की तुलना

चित्र 3 अनुकूली पूर्वाग्रही फिल्टर को प्रदर्शित करता है। संकल्पना को सिद्ध करने के लिए एक 10-पोल के पूर्ण फिल्टर का निर्माण किया गया है जोकि इसकी उपयोगिता को सिद्ध करता है। फिल्टर को कैनानिकल टोपोलाजी [5-8] में रखा गया है ताकि फिल्टर के फुटप्रिंट को कम से कम रखा जा सके। तालिका-1 में अनुकूली पूर्वाग्रही तथा डी आर आईमक्स का तुलनात्मक विवरण दिया गया है।

निष्कर्ष:

निम्नतम संभव आकार एवं भार में फिल्टर्स का निर्माण एक चुनौतीपूर्ण काम है क्योंकि इसे न सिर्फ भौतिक परिमाणों पर दक्षतापूर्वक कार्य करना है अपितु विद्युतीय परिमाणों पर भी उच्च गुणता का प्रदर्शन करना होता है। दो समान आवृत्तियों के कोएक्सिअल फिल्टर तथा परिवर्तित कोएक्सिअल फिल्टर के आयतन में 70% का अंतर पाया गया है। अतः यह कहा जा सकता है कि इस प्रकार के परिवर्तन फिल्टर्स के निर्माण में महत्वपूर्ण सुधार करतें हैं एवं इनके बहुतायत में उपयोग की संभावनाओं को और भी तलाशा जाना चाहिए।

अनुकूली पूर्वाग्रही तकनीक कम भार के अनुनादी के साथ उचित विद्युतीय व्यवहार के फिल्टर्स के निर्माण का मार्ग प्रशस्त करता है।

अधिक चैनल वाले आईमक्स के निर्माण में इस तरह से कम भार एवं आकार वाले फिल्टर्स का योगदान महत्वपूर्ण होगा। प्रस्तुत फिल्टर दोनों ही चुनौतियों पर खरा उतरता है एवं भविष्य में और अधिक सुधारों का मार्ग प्रस्तुत करता है।

सन्दर्भ:

1.) ए. इ. अटिया और ए. इ. विलियम, “Narrow-bandpass waveguide filters,” IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. MTT-20, no. 4, pp. 258–265, Apr. 1972.

2.) ए. इ. अटिया और ए. इ. विलियम, और आर नेवकोम्ब, “Narrow-band multiple-coupled cavity synthesis,” IEEE Trans. Circuits Syst., vol. CAS-21, no. 5, pp. 649–655, Sep. 1974.

3.) एच. सी. बेल, “Canonical asymmetric coupled-resonator filters,” IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. MTT-30, no. 9, pp. 1335–1340, Sep. 1982.

4.) जी. फित्ज़न्मयेर, “Synthesis and realization of narrow-band canonical microwave bandpass filters exhibiting linear phase and transmission zeros,” IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. MTT-30, no. 9, pp. 1300–1311, Sep. 1982.

5.) आर. लेवी, "Direct synthesis of cascaded quadruplet (CQ) filters," IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 43, no. 12, pp. 2940–2945, Dec. 1995.
6.) आर. लेवी और पी. पीटर, "Design of CT and CQ filters using approximation and optimization," IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 49, no. 12, pp. 2350–2356, Dec. 2001.
7.) आर . जे. कामरान, ए. आर. हरीश, और सी. जे. रैद्क्लिफ्फ़, "Synthesis of advanced microwave filters without diagonal cross-couplings," IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 50, no. 12, pp. 2862–2871, Dec. 2002.
8.) आर . जे. कामरान, सी. एम. कुदसिया, और आर. आर. मंसूर, Microwave Filters for Communication Systems, 2nd ed. New York, NY, USA: Wiley, 2018.

लेखक परिचय:



लेखक विगत 19 वर्षों से विभिन्न प्रकार के नीतभार फिल्टर एवं आईमक्स के डिजाईन एवं निर्माण में एम.एफ.डी./आर.एफ.एस. जी./एस.एन.पी.ए. विभाग में संलग्न हैं। लेखक विभिन्न तकनीकी समूहों, जैसे कि ए.एस.आई., आई.एस.एस.ई. के आजीवन सदस्य हैं।



अंतरिक्ष विभाग / इसरो मुख्यालय

अंतरिक्ष भवन, न्यू बी.ई.एल. रोड, बेंगलूरु - 560094