ISSN-0971-8397

योजना

मई 2023 विकास को समर्पित मासिक ₹ 22

टेकेड

प्रमुख आलेख

अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में नवाचार
एस सोमनाथ

फोकस

5जी युग में साइबर सुरक्षा की चुनौतियाँ
डॉ समीर पाटिल

स्वास्थ्य सेवाओं में सुधार के लिए प्रौद्योगिकी का इस्तेमाल
डॉ मनीषा वर्मा

अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में नवाचार

अंतरिक्ष की खोज हमेशा प्रौद्योगिकी नवाचार के लिए एक प्रेरक शक्ति रही है, जो उसके दायरे को आगे बढ़ाती है एवं अनुसंधान और विकास के लिए अनगिनत अवसरों को खोलती है। अंतरिक्ष की दौड़ के शुरुआती दिनों से लेकर आज तक अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में नवाचार की गति बहुत तेज़ और परिवर्तनकारी रही है। अंतरिक्ष अनुप्रयोग (एप्लिकेशन्स), परिवहन प्रणाली और इसके लिए ज़रूरी बुनियादी ढाँचा इसरो कार्यक्रम के कुछ महत्वपूर्ण स्तम्भ हैं जो कई तकनीकी नवाचारों के साक्षी रहे हैं। इसरो अंतरिक्ष में अंतरिक्ष यात्रियों को भेजने और सुरक्षित रूप से पृथ्वी पर उन्हें वापस लौटाने के लिए पहले मानव अंतरिक्ष यान मिशन- 'गगनयान' को सक्रिय रूप से आगे बढ़ा रहा है।

एस सोमनाथ

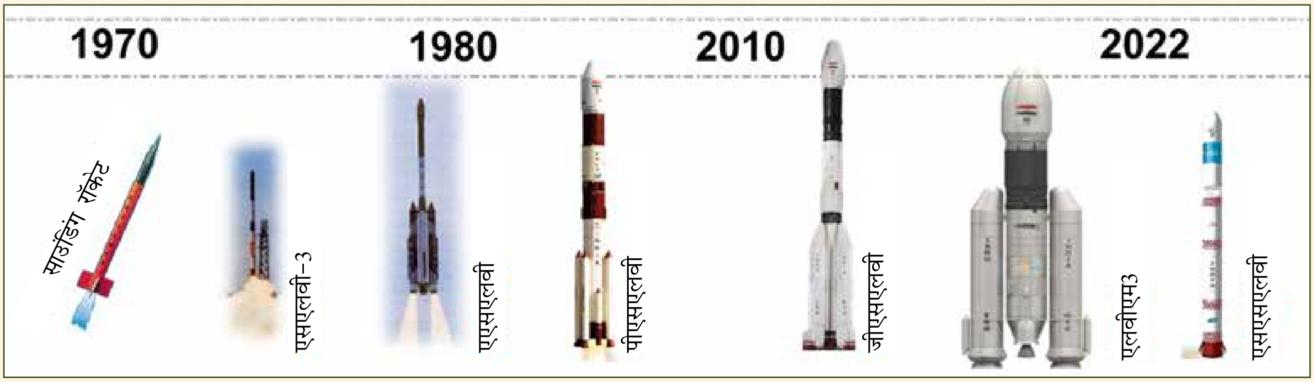
अंतरिक्ष आयोग के अध्यक्ष और अंतरिक्ष विभाग के सचिव, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)। ईमेल: isropr@isro.gov.in

हमारे देश में, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) अपनी स्थापना के समय से ही अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी और अन्वेषण में सबसे आगे रहा है। 21 नवंबर, 1963 को, तिरुवनंतपुरम के पास एक मछली पकड़ने की बस्ती, थुम्बा से पहला रॉकेट छोड़ा गया और यहाँ से भारत के अंतरिक्ष कार्यक्रम की उत्पत्ति की घोषणा की गई। उस समय पहले प्रक्षेपण के लिए आवश्यक तत्कालीन रॉकेट, पेलोड, रडार और कंप्यूटर आदि विदेश से आए थे।

कई वर्षों से, अपने प्रमुख संसाधनों का लाभ उठाते हुए, संगठन ने अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में कई कदम उठाए हैं, जिससे भारत का वैश्विक अंतरिक्ष क्षेत्र में एक प्रमुख स्थान बन गया है। इसरो में, विभिन्न तकनीकी सीमाओं में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी और नवाचार का विकास हुआ था। 53 से अधिक वर्षों की यात्रा में इसरो में जन्म लेने वाली अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में हर नवाचार के बारे में बताना तो इस लेख में संभव नहीं है फिर भी, इस लेख में तकनीकी नवाचारों के स्पेक्ट्रम में अंतरिक्ष परिवहन प्रणाली, अंतरिक्ष अवसंरचना, अंतरिक्ष विज्ञान और अंतर-ग्रह मिशन, अंतरिक्ष अनुप्रयोग, मानव अंतरिक्ष अन्वेषण, अंतरिक्ष रोबोटिक्स, आर्टिफ़िशियल इंटेलिजेंस, क्वांटम प्रौद्योगिकी जैसे प्रमुख विषय शामिल किये गए हैं।

अंतरिक्ष परिवहन प्रणाली

1970 के दशक में ठोस प्रणोदन (सॉलिड प्रोपल्शन) आधारित साउंडिंग रॉकेट के विकास के साथ अंतरिक्ष परिवहन प्रणाली की शुरुआत हुई, जो 120 कि.मी. की ऊँचाई में 30 कि.ग्रा. भार पहुँचाने में सक्षम हैं, इसके बाद जल्द ही तरल प्रणोदन (लिक्विड प्रोपल्शन) प्रौद्योगिकी के समावेश के साथ पहली पीढ़ी के लॉन्च वाहनों यानी उपग्रह प्रक्षेपण यान (एसएलवी) और संवर्धित एसएलवी (एएसएलवी) का विकास हुआ। ठोस और तरल प्रणोदन का एकीकरण और वायुगति की, विनिर्माण, सम्मिश्रण, मिशन सिमुलेशन, एवियोनिक्स, पायरोस, तंत्र, सामग्री, संरचनात्मक इंजीनियरिंग, पेलोड एकीकरण और सिस्टम विश्वसनीयता के क्षेत्रों में विभिन्न प्रमुख तकनीकों के



चित्र 1 में विभिन्न इसरो रॉकेट को, रॉकेट युग से लेकर नवीनतम एसएसएलवी समयरेखा तक दर्शाया गया है

विकास के परिणामस्वरूप दूसरी पीढ़ी का लघु उपग्रह प्रक्षेपण यान 'पोलर सेटेलाइट लॉन्च व्हीकल' (पीएसएलवी) जो ध्रुवीय कक्षा में 1700 किलोग्राम भार रखने की क्षमता रखता था, विकसित किया गया।

क्रायोजेनिक इंजन का स्वदेशी विकास तीसरी पीढ़ी के रॉकेट यानी जीएसएलवी प्रक्षेपण वाहनों के विकास में प्रमुख प्रौद्योगिकी छलांग थी, जिसमें भूस्थैतिक स्थानांतरण कक्षा (जीटीओ) में 2000 किलो ग्राम पेलोड रखने की क्षमता है।

उच्च प्रवाह क्षमता वाले संचार उपग्रह वाले प्रक्षेपण से और उन्नत प्रक्षेपण यानों एमके3 (एलवीएम3) के विकास की आवश्यकता पड़ी। दुनिया के तीसरे सबसे बड़े ठोस बूस्टर, उच्च क्षमता वाले तरल और क्रायोजेनिक इंजन द्वारा संचालित, एलवीएम 3 में जीटीओ में 4000 किलोग्राम पेलोड डालने की क्षमता है।

इसरो के रॉकेट परिवार में नवीनतम सदस्य लघु उपग्रह प्रक्षेपण यान (एसएसएलवी) है, जो तीन चरणों वाला प्रक्षेपण यान है। ठोस और तरल प्रणोदन (सॉलिड स्टेज और लिक्विड प्रोपल्शन) आधारित वेलोसिटी ट्रिमिंग मॉड्यूल ने एसएसएलवी को 500 किलो सेटेलाइट को 500 कि.मी. प्लानर ऑर्बिट में त्वरित प्रतिवर्तन काल में लॉन्च करने में सक्षम बनाया।

अंतरिक्ष अवसंरचना

अंतरिक्ष परिवहन प्रणाली की तरह, 1970 का दशक इसरो के अंतरिक्ष बुनियादी ढाँचे को तैयार करने का शुरुआती समय था, इसी समय में अंतरिक्षयानों के डिज़ाइन, निर्माण और संचालन की नींव पड़ी। जल्द ही, देश के पहले उपग्रह 'आर्यभट्ट' को पूरा किया गया और 19 अप्रैल, 1975 को इसे छोड़ा गया। इसके बाद, भास्कर और एप्पल जैसे प्रायोगिक मिशनों को अंजाम दिया गया और रिमोट सेंसिंग, मौसम विज्ञान और संचार प्रौद्योगिकियों के क्षेत्र में इनका इस्तेमाल किया गया।

अंतरिक्ष यान प्रौद्योगिकी में आत्मनिर्भरता के लिए उन्नत प्रणोदन, पावर सिस्टम्स, थर्मल सिस्टम्स, डिप्लॉएबल स्ट्रक्चर्स, स्पेस बस सिस्टम्स, कम्युनिकेशन सिस्टम्स, ग्राउंड इंफ्रास्ट्रक्चर, ऑप्टिकल, माइक्रोवेव, साइंटिफिक एंड कम्युनिकेशन पेलोड्स, अनफ़र्लेबल एंटेना, उच्च प्रवाह क्षमता उपग्रह, मल्टी स्पेक्ट्रल ऑप्टिकल उपग्रह प्रणाली, उच्च क्षमता वाले कैमरा, ब्रह्माण्ड को देखने के लिए मल्टी-वेवलेंथ कैमरों, स्टेशनरी प्लाज्मा थ्रस्टर आदि विकसित किये गये।

सुदूर संवेदन (रिमोट सेंसिंग) में क्षमता दिन हो या रात किसी भी समय और हर मौसम में एक कि.मी. के मोटे विभेदन से 28 से.मी. के सूक्ष्म विभेदन तक बढ़ गई है। संचार ट्रांसपोंडर भी आनुपातिक रूप से मात्र एक इकाई से बढ़कर 317 नंबर हो गये हैं। कुल मिलाकर, इसरो ने 2000 किलोग्राम के उपग्रह को 1 किलोवाट शक्ति के साथ 6000 किलोग्राम 14 किलोवाट

शक्ति के साथ बनाने की क्षमता में महारत हासिल कर ली, यह विभिन्न फ्रीक्वेंसी बैंड में काम करता है और संचार, सब-मीटर रिज़ॉल्यूशन, ऑप्टिकल के लिए विस्तृत, आकार और अत्यधिक केंद्रित स्पॉट क्षमता रखता है। पृथ्वी के पर्यवेक्षण के लिए मल्टी-स्पेक्ट्रल और माइक्रोवेव इमेजिंग, और पेलोड आधारित नेविगेशन समाधानों से 'नेव आईसी' प्रणाली (क्षेत्रीय नेविगेशन उपग्रह प्रणाली) विकसित की गई। वर्तमान अंतरिक्ष आधारभूत संरचना में 25 पृथ्वी पर्यवेक्षण उपग्रह, 22 संचार उपग्रह, 7 नेविगेशन उपग्रह, 2 अंतरिक्ष विज्ञान उपग्रह और प्रयोगात्मक, छोटे और छात्र उपग्रह शामिल हैं।

अंतरिक्ष विज्ञान और अन्तर्ग्रहीय मिशन

इसरो ने सफल उपग्रहों और प्रक्षेपण यान प्रौद्योगिकी से मिले विश्वास और तकनीकी विशेषज्ञता के भरोसे, चंद्रमा और मंगल तक भी सफलतापूर्वक पहुँच बनाई है, जिससे अन्य ग्रहों की खोज और उससे आगे के युग की शुरुआत हुई है। पहले चंद्र ऑर्बिटर मिशन 'चंद्रयान-1' में अंतरराष्ट्रीय पेलोड, कैलिब्रेशन, डाटा व्याख्या, विज्ञान डाटा प्रारूपों में वैश्विक मानकों को अपनाने आदि के नये अनुभव प्राप्त हुए हैं। पहले मिशन के वैज्ञानिक परिणामों ने चंद्रमा के बारे में नये दृष्टिकोण प्रदान किए हैं। चंद्रयान-1 के दौरान चंद्रमा में पानी की सफल खोज हासिल की गई जो एक बड़ी वैज्ञानिक सफलता थी। फिर, रोवर और लैंडरक्राफ्ट प्रौद्योगिकियों को विकसित किया गया, जिससे हमारे निकटतम आकाशीय पड़ोसी के लिए दूसरे मिशन की कल्पना की जा सके। चंद्रयान-2 मिशन पूरी तरह से अपने पूर्ववर्ती की तुलना में ऑर्बिटर, लूनर रोवर और लूनर लैंडरक्राफ्ट से युक्त एक अत्यधिक जटिल मिशन था।

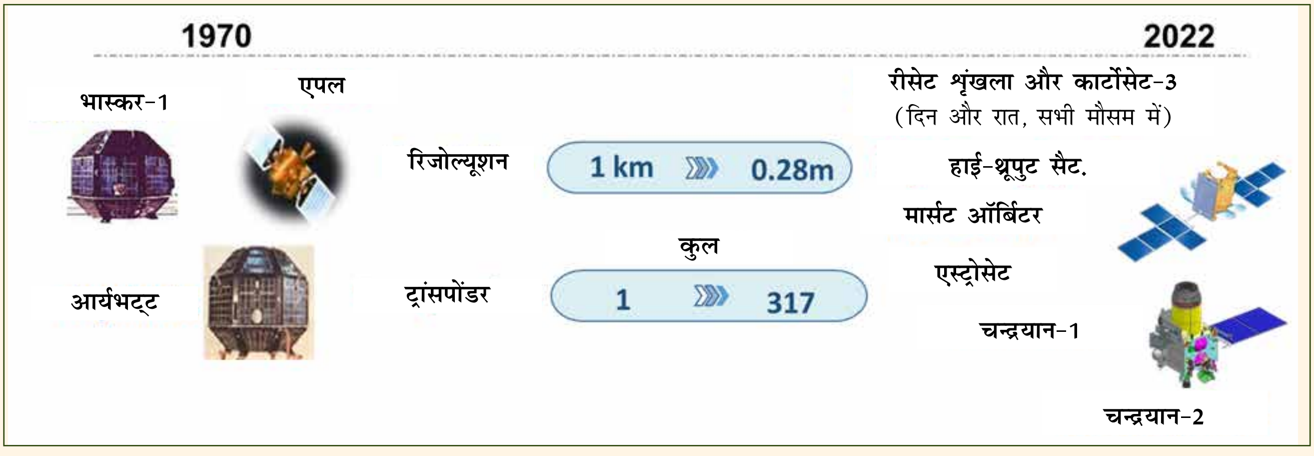
इसरो की पहले अंतर-ग्रहीय मिशन के साथ मंगलयान मिशन-I 'मार्स ऑर्बिट मिशन' (एमओएम) यानि (रेड प्लेनेट) मंगल ग्रह का पता लगाने की कोशिश जारी है। इस प्रयास ने भारत को मंगल ग्रह की कक्षा में पहुँचने वाला पहला एशियाई देश और अपने पहले प्रयास में ही ऐसा करने वाला दुनिया का पहला देश बना दिया। मंगलयान मिशन ने पाँच वैज्ञानिक उपकरणों के साथ मंगल की सतह की विशेषताओं, आकृति विज्ञान, खनिज विज्ञान और मंगल ग्रह के वातावरण का पता लगाया। मंगलयान मिशन के दौरान डिज़ाइन, योजना, प्रबंधन और एक अंतरग्रहीय मिशन के संचालन के लिए आवश्यक प्रमुख प्रौद्योगिकियाँ विकसित की गईं, जिनमें ऑर्बिट रेज़िंग मैनोवर, ट्रांस-मार्स इंजेक्शन, प्रक्षेपवक्र सुधार कौशल, मंगल कक्षा प्रविष्टि, कक्षा के लिए फोर्स मॉडल का विकास और ऑर्बिट के लिए एल्गोरिदम और एटीट्यूड (ओरिएंटेशन) संगणना और विश्लेषण, सभी चरणों में नेविगेशन आदि शामिल हैं। अंतरिक्ष यान की निगरानी इस्ट्रैक से (आईएसटीआरएसी), इसरो-बेंगलुरु से और कर्नाटक में भारतीय डीप स्पेस नेटवर्क (आईडीएसएन) एंटीना की सहायता से की गई थी। मंगलयान मिशन ने मंगल ग्रह की वायुमंडलीय संरचना और ग्रह के कई अन्य पहलुओं की अभूतपूर्व तकनीकी अंतर्दृष्टि प्रदान की है।

मल्टी-वेवलेंथ स्पेस एस्ट्रोनॉमी मिशन, एस्ट्रोसैट ने लगभग 50 देशों के खगोलविदों के लिए काम किया। मिशन के सफल निष्कर्षों में से एक आकाशगंगा में तारों के बनने अल्ट्रा वायलेट किरणों के उत्सर्जन का पता लगाना है जो कि 9.4 अरब वर्ष दूर है, यह रेडशिफ्ट रेंज में पहला माप प्रदान करता है, जो तारों के बनने के इतिहास के बहुत करीब है।

अंतरिक्ष अनुप्रयोग (स्पेस एप्लिकेशन्स)

अंतरिक्ष अनुप्रयोग अभी तक इसरो कार्यक्रम का एक और स्तंभ है जिसने कई तकनीकी नवाचारों को देखा है। सरकार के प्रमुख फ्लैगशिप कार्यक्रमों जैसे राष्ट्रीय सुरक्षा, कृषि, कृषि-वानिकी, आपदा प्रबंधन, मत्स्यपालन, भूमि उपयोग भूमि कवर (एलयूएलसी), संसाधन मानचित्रण, योजना, निगरानी और मूल्यांकन के लिए पृथ्वी पर्यवेक्षण (ईओ) अनुप्रयोगों को कई उपयोगकर्ता मंत्रालयों और विभागों में संस्थापित किया गया है।

सुदूर संवेदन/ईओ अनुप्रयोगों की पूर्वोक्त आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए, ज़मीनी बुनियादी ढाँचे और इमेजिंग



चित्र 2 : इसरो में उपग्रहों के क्रमिक विकास का रेखांकन

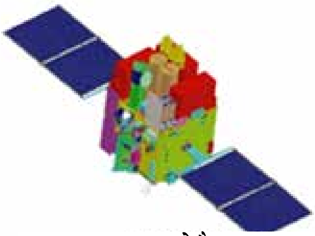
प्रौद्योगिकियों में काफी विकास हुआ है।

मल्टी-ऑब्जेक्ट ट्रैकिंग रडार की स्थापना के साथ अंतरिक्ष में कई वस्तुओं पर नज़र रखने के लिए ज़मीनी प्रौद्योगिकियाँ, पृथ्वी पर्यवेक्षण उपग्रहों के लिए एकीकृत मल्टी-मिशन ग्राउंड सेगमेंट की स्थापना, पोलरिमेट्रिक डॉपलर मौसम रडार, भारती स्टेशन में पृथ्वी पर्यवेक्षण उपग्रहों के लिए अत्याधुनिक उन्नत ग्राउंड स्टेशन, अंटार्कटिका मल्टी-फ्रीक्वेंसी अर्थ स्टेशन, डिस्ट्रेस अलर्ट ट्रांसमीटर ने उपग्रह सेवाओं के निर्बाध उपयोग की सुविधा प्रदान की है।

इमेजिंग तकनीकों में क्रांति जैसे पुशब्रूम, 3-टियर इमेजिंग, स्टेप-एंड-स्टारे, स्टीरियो इमेजिंग, स्कैटरोमीटर, सिंथेटिक एपर्चर रडार (एसएआर), ग्राउंड पेनेट्रेटिंग रडार (जीपीआर) अल्टीमीटर, टीडीआई इमेजिंग, वीएचआर इमेजिंग आदि। पृथ्वी अवलोकन ने 1 कि.मी. से 28 से.मी. तक स्थानिक विभेदन की क्षमता, 24 दिनों से 2.5 दिनों के अस्थायी विभेदन और 7 बिट्स से 14 बिट्स के वर्णक्रमीय विभेदन की क्षमता के साथ 47 मिशनों को पूरा करने में मदद की।

चंद्रयान 1
चंद्र प्रक्षेपवक्र डिज़ाइन, अंतरराष्ट्रीय सहयोग-चंद्रमा में पानी की खोज चंद्रमा के प्रभाव की जाँच

चंद्रयान 2
कक्षा में 8 पेलोड, चन्द्रमा के वातावरण की महत्वपूर्ण जानकारी और चाँद पर सॉफ्ट लैंडिंग का प्रयास



एस्ट्रोसैट
अंतरिक्ष में भारतीय वेधशाला
एक ही उपग्रह में एक साथ
बहुतरंग दैर्ध्य पर्यवेक्षण

मार्स ऑर्बिट मिशन
अंतर-ग्रहीय प्रक्षेपवक्र डिज़ाइन
दूरस्थ अंतरिक्ष दूरमापन और कमान
300 दिन का मिशन-666 मिलियन कि.मी.

चित्र 3 : इसरो के अंतरिक्ष विज्ञान और अंतर-ग्रहीय मिशन की कुछ झलक दिखाता है।

मानव अंतरिक्ष अन्वेषण

ह्यूमन स्पेस एक्सप्लोरेशन (मानव अंतरिक्ष अन्वेषण) इसरो के कार्यक्रमों में नवीनतम कदम है। वर्तमान में, इसरो अंतरिक्ष में मानव यात्रियों को अंतरिक्ष में भेजने और सुरक्षित रूप से पृथ्वी पर लौटाने के लिए पहले मानव अंतरिक्ष यान मिशन – गगनयान को सक्रिय रूप से आगे बढ़ा रहा है। गगनयान अभी तक एक बहुत ही जटिल मिशन है, जिसमें मानव रेटेड लॉन्च वाहन, क्रू एस्केप सिस्टम, रहने योग्य कक्षीय मॉड्यूल, लाइफ सपोर्ट सिस्टम, मनुष्यों की सुरक्षा के लिए चालक दल प्रबंधन गतिविधियों जैसे प्रमुख प्रौद्योगिकी तत्वों का विकास शामिल है। क्रू मॉड्यूल यानी क्रू मॉड्यूल एटमॉस्फेरिक री-एंट्री एक्सपेरिमेंट मिशन की री-एंट्री फ्लाइट का प्रदर्शन और क्रू एस्केप सिस्टम के लिए पैड एबॉर्ट टेस्ट, मानव रेटेड लॉन्च व्हीकल प्रोपल्सिव स्टेज यानी सॉलिड बूस्टर, लिक्विड और क्रायो इंजन का परीक्षण सफलतापूर्वक पूरा किया गया है। क्रिटिकल क्रू संबद्ध प्रणालियों का परीक्षण करने के लिए एक नया वाहन यानी टेस्ट व्हीकल (टीवी) विकसित किया गया है। इसरो ने पैराशूट प्रणाली की विभिन्न विफलता स्थितियों का अनुकरण करने के लिए क्रू मॉड्यूल डिक्लेरेशन सिस्टम का एक प्रमुख विकास परीक्षण 'एकीकृत मुख्य पैराशूट एयरड्रॉप टेस्ट' आयोजित किया, इसे पहले मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन में उपयोग करने के लिए योग्य माना गया। गगनयान अपने मिशन की प्राप्ति के अग्रिम चरण में है।

प्रौद्योगिकी नवाचार जारी है

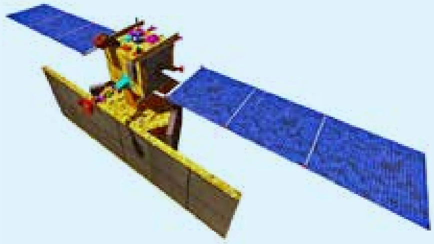
इसरो के उपरोक्त पाँच प्रमुख कार्यक्रमों के अलावा, पुनः प्रयोज्य (रियुसेबल) प्रक्षेपण यान, स्टेज रिकवरी और पुनः उपयोग, वर्टिकल टेक-ऑफ़ वर्टिकल लैंडिंग (वीटीवीएल), एलओएक्स-मीथेन इंजन, वायु श्वास/हाइब्रिड के महत्वपूर्ण क्षेत्रों में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी नवाचार की प्रगति जारी है। प्रणोदन, 3डी प्रिंटिंग, आर्टिफ़िशियल इंटेलिजेंस, स्पेस रोबोटिक्स, ह्यूमनॉइड रोबोट, ऑन-ऑर्बिट सर्विसिंग, उन्नत सामग्री और विनिर्माण, रसायन और ऊर्जा प्रणाली, लघु एवियोनिक्स सिस्टम, उन्नत जड़त्वीय प्रणाली, कम लागत वाले अंतरिक्ष यान, इंटर सेटेलाइट लिंक (आईएसएल) नेटवर्क, अंतरिक्ष आधारित सौर ऊर्जा, क्वांटम संचार, क्वांटम रडार, विद्युत प्रणोदन, उन्नत वैज्ञानिक पेलोड, अंतरिक्ष आधारित निगरानी, उन्नत डाटा प्रोसेसिंग, परमाणु घड़ी, ट्रैवलिंग वेव ट्यूब एम्पलीफायर, इन-सीटू संसाधन उपयोग, लचीले उपग्रह पेलोड, अंतर-ग्रहीय अंतरिक्ष अन्वेषण, अंतरिक्ष पर्यटन, निम्न-तापमान ऊर्जा प्रणाली, इंटेलिजेंट सेटेलाइट, सेल्फ-डिस्ट्रक्टिंग सेटेलाइट, स्पेस बायो-मिमेटिक, निरंतर चलने वाले मानव अंतरिक्ष मिशन, पुनर्योजी जीवन सहायक प्रणाली, इन्फ्लेटेबल आवास, मानव कारक और इंजीनियरिंग अध्ययन, आदि प्रौद्योगिकियाँ भी इसमें शामिल हैं।

अंतरिक्ष और अंतरिक्ष यात्रा के लिए कम लागत में पहुँच के लिए प्रौद्योगिकि को विकसित करने के प्रयास में, इसरो

चित्र 4 : गगनयान के लिए पैड अबोर्ट टेस्ट (पैट-01)

ने अंतरिक्ष विमानों/शटलों को विकसित करने के लिए एक पुनः प्रयोज्य री-यूसेबल प्रक्षेपण यान (आरएलवी) कार्यक्रम की कल्पना की जो कक्षा में आरोहण कर सकते हैं, वहाँ रह सकते हैं, फिर से प्रवेश कर सकते हैं या एक हवाई जहाज की तरह एक रनवे पर उतर सकते हैं। 2016 में उप-कक्षीय उड़ान और समुद्री लैंडिंग को पूरा करने के बाद, हाल ही में, इसरो ने आरएलवी प्रौद्योगिकियों में आरएलवी लैंडिंग प्रयोग के साथ एक रनवे पर एक पंख वाले वाहन की स्वायत्त लैंडिंग का प्रदर्शन करते हुए एक महत्वपूर्ण प्रयोग किया। यह प्रयोग 2 अप्रैल, 2023 को एटीआर-चित्रदुर्ग, कर्नाटक में प्रदर्शित किया गया था। वर्तमान में, इसरो जीएसएलवी के एक अद्यतन संस्करण के ऊपर आरएलवी प्रक्षेपित करने के लिए कक्षा में पुनः प्रवेश प्रयोग (ओआरई) पर काम कर रहा है।

भविष्य में डिजिटल समाधान प्रदान करने के लिए आईटी और अंतरिक्ष आधारित डाटा के और अधिक एकीकरण की आवश्यकता है। निर्णय लेने में बिग डाटा एनालिटिक्स और मानव-मशीन सहजीवन शासन समाधान प्रदान करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगा।



पुनः प्रयोज्य क्षमता के साथ एयर ब्रीथिंग प्रोपल्शन लागत प्रभावी भविष्यवादी अंतरिक्ष परिवहन प्रणाली के लिए एक और महत्वपूर्ण तकनीकी है। इसरो सक्रिय रूप से एयर ब्रीथिंग प्रोपल्शन प्रोजेक्ट (एबीपीपी) के तहत एयर ब्रीथिंग टू स्टेज टू ऑर्बिट (एबी टीएसटीओ) वाहन के लिए प्रौद्योगिकियों का विकास कर रहा है। 2016 में एटीवी-डी 02 स्क्रैमजेट प्रदर्शन उड़ान में उड़ान की इस स्थिति में 'स्क्रैमजेट ऑपरेशन' का सफल प्रदर्शन, इस संबंध में प्रमुख तकनीकी प्रोत्साहन था। इसरो का वर्तमान फोकस एयरफ्रेम इंटीग्रेटेड सिस्टम (एचएवीए) के साथ हाइपरसोनिक एयर ब्रीदिंग व्हीकल नामक वाहन एकीकृत स्क्रैमजेट इंजन को साकार करने की दिशा में महत्वपूर्ण प्रौद्योगिकियों के विकास की ओर है। दिसंबर, 2022 में इंजन का सफल परीक्षण किया गया था।

यह ध्यान देने योग्य है कि देश में पहली बार इसरो ने प्रिपेयर एंड मेज़र प्रोटोकॉल और क्वांटम एटैंगलमेंट प्रोटोकॉल का उपयोग करके 300 मीटर की दूरी पर फ्री-स्पेस क्वांटम कम्युनिकेशन का सफल प्रदर्शन हासिल किया। इन तकनीकी उपलब्धि को पूरा करने के लिए कई प्रमुख तकनीकों को स्वदेशी रूप से विकसित किया गया था, जिसमें एटैंगल्ड-फोटॉन स्रोत, ध्रुवीकरण मुआवजा तकनीक, जिम्बल मैकेनिज़्म सिस्टम, क्रिप्टोग्राफिक सॉफ्टवेयर सूट शामिल हैं।

इसरो सक्रिय रूप से अंतरिक्ष रोबोटिक्स से संबंधित कई अनुसंधान एवं विकास कार्यक्रमों का अनुसरण कर रहा है- व्योमित्र (एक आधा ह्यूमनॉइड), चंद्रयान-3 मिशन के लिए लैंडर और रोवर, ऑन-ऑर्बिट सैटेलाइट रिफ्यूलिंग, प्लैनेटरी रॉक सैंपलर, अंतरिक्ष आधारित रोबोटिक मैनिपुलेटर, रोबोटिक आर्म आधारित गर्भनाल प्रणाली, अंतरिक्ष में 3डी प्रिंटिंग, कुछ नाम हैं।

इसरो ने पीओईएम (पीएसएलवी ऑर्बिटल एक्सपेरिमेंटल मॉड्यूल) नामक उपनाम के साथ वैज्ञानिक प्रयोग करने के लिए पीएसएलवी के चौथे चरण का नये रूप में उपयोग किया है। यह अंतरिक्ष में विभिन्न वैज्ञानिक प्रयोग करने के लिए एक सूक्ष्म गंभीरता प्रदान करता है। शैक्षणिक संस्थानों और उद्योगों के लिए इसमें कई अवसर उपलब्ध हैं।

स्पेस डाटा इकोनॉमी, नये डाटा मंथन आर्टिफ़िशियल इंटेलिजेंस, मशीन लर्निंग टूल्स, स्मार्ट सिटी, स्मार्ट मैन्युफैक्चरिंग और सप्लाई चेन जैसे नये आजीविका क्षेत्रों की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए एक नया विषय है। पृथ्वी पर मानव जाति की सेवा के लिए ईओ उपग्रहों, संचार उपग्रहों और नेविगेशन उपग्रहों से प्रतिदिन सैकड़ों टेराबाइट्स उपग्रह डाटा मात्रा डाउनलोड की जाती है। यहाँ तक कि विद्युतीकृत कारों का आगमन भी बहुत अधिक डाटा उपयोग की माँग करता है। यह अनुमान लगाया गया है कि एक ऑटोनॉमस कार प्रति दिन 4000 जी बी डाटा की खपत करती है जो मोटे तौर पर 2666 इंटरनेट उपयोगकर्ताओं द्वारा उपयोग किया जाने वाला डाटा है।

स्मार्ट सिटी में उपग्रह डाटा के एप्लिकेशन्स तेज़ी से विकसित होते जा रहे हैं और आपस में जुड़े शहरों द्वारा डाटा की खपत बहुत अधिक हो जाती है। एप्लिकेशन्स में महत्वपूर्ण बुनियादी ढाँचे, मौसम, स्थान और नेविगेशन आदि की निगरानी शामिल है। उपग्रह दूरसंचार, ईओ और नेविगेशन प्लेटफॉर्म के एकीकरण की आवश्यकता है। आज के स्मार्ट मैन्युफैक्चरिंग में डिजिटली कनेक्टेड सप्लाई चेन शामिल है, जो सभी हितधारकों को एकीकृत करते हुए पूर्वानुमान लगाने, कम समय में उत्पाद देने के लिए कच्चे माल का पूर्वानुमान और अनुकूलित मार्गों का चयन करने में सक्षम बनाता है।

भविष्य में डिजिटल समाधान प्रदान करने के लिए आईटी और अंतरिक्ष आधारित डाटा के और अधिक एकीकरण की आवश्यकता है। निर्णय लेने में बिग डाटा एनालिटिक्स और मानव-मशीन सहजीवन शासन समाधान प्रदान करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगा। भारत में एक समृद्ध सॉफ्टवेयर उद्योग है और एक आत्मनिर्भर अंतरिक्ष उद्योग है जिसमें एक गहरी इंटरनेट पैठ है जो प्रौद्योगिकी सक्षम सरकारों के तीन स्तंभों का निर्माण करती है।

अंतरिक्ष क्षेत्र में प्रौद्योगिकी के विकास ने भी स्पिन-ऑफ़ के रूप में सीधे सामाजिक अनुप्रयोगों के लिए लाभ प्राप्त किया है। इस शैली में वेंट्रिकुलर असिस्ट डिवाइसेस, माइक्रो प्रोसेसर नियंत्रित अंग और मेडिकल वेंटिलेटर का उल्लेख किया जा सकता है।

अंतरिक्ष क्षेत्र में सुधारों के आगमन के साथ, अंतरिक्ष गतिविधियों में ग़ैर-सरकारी संस्थाओं (एनजीई) की भागीदारी को अंतरिक्ष पारिस्थितिकी तंत्र को बढ़ावा देने और देश के लिए वैज्ञानिक दृष्टि और समग्र विकास के लिए प्रोत्साहित किया जाता है।

जैसा कि देखा जा सकता है, देश में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में पिछले कुछ दशकों में अभूतपूर्व नवीनता देखी गई है और इसरो ने ब्रह्मांड के रहस्यों को खोलने और मानव ज्ञान को आगे बढ़ाने के लिए एक बहुत ही महत्वपूर्ण संगठन की भूमिका निभाई है। जब हम भविष्य की ओर देखते हैं तो अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी नवाचार निस्संदेह नई खोजों और प्रगति के लिए अन्वेषण के लिए नये मोर्चे खोलेगा और ब्रह्मांड की हमारी समझ का विस्तार करेगा। आखिरकार, अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में नवाचार केवल विज्ञान और प्रौद्योगिकी की सीमाओं और समझ को आगे बढ़ाने के बारे में नहीं है बल्कि ब्रह्मांड और हम जिस दुनिया में रहते हैं, उसकी समझ के दायरे को आगे बढ़ाने के बारे में भी है। ❑

चित्र 5 : स्पिन-ऑफ़ / सोसिएटल एप्लीकेशंस