Available in:
Journal.isrc.ac.ir

Journal of Space Science, Technology& Applications (Persian)

Vol. 5, No. 1, pp.:1-17
2025

DOI:
10.22034/JSSTA.2024.461961.1172

Article Info

Received: 1403-03-23
Accepted: 1403-10-15

Keywords

Space Applications, theme analysis, space industry, strategic documents

How to Cite this article

A. Hashemi, et al., “Exploring the Multifaceted Landscape of Space Industry Applications: Thematic Analysis of Strategic Policy Plans of Developed and Developing Countries,” *Journal of Space Science, Technology and Applications*, vol. 5, no. 1, pp. 1–17, 2025.

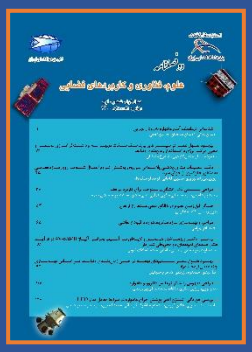
Original Article

Exploring the Multifaceted Landscape of Space Industry Applications: Thematic Analysis of Strategic Policy Plans of Developed and Developing Countries

Arash Hashemi[1], Saeid Shakhesi[1], Majid Haghgoo[1], Taleb Abdollahi[1*] Hashem Bazrafshan[1], Maryam Abedi[1], Fatemeh Hesabi[2], Esmaeil Jafar panah [3]

[1] Iranian Space Research Center, Tehran, Iran
[2] Department of Science and Technology Policy, Faculty of Management and Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3 Assistant Prof., Department of Technology and Innovation Management, Faculty of Industrial and Technology Management, College of Management, University of Tehran, Tehran, Iran.

Abstract
In recent decades, the exploration and use of space has transformed from a mere scientific curiosity to a cornerstone of technological innovation. The applications of the space industry include earth observation, environment monitoring, accurate navigation, fast and secure communications, health and recreational services, which are expanding rapidly. In this research, with the aim of identifying the most important and latest applications of the space industry, the strategic policy plans of different countries have been coded and thematically analyzed. The scope of the research is England, China, the United States of America, India, France, Sweden, South Africa, the Netherlands, Brazil, the European Union, the United Arab Emirates, the Philippines, and Australia. Descriptive analysis method and MAXQDA software were used to interpret and analyze the data. The thematic analysis of the documents has identified 29 space applications in 6 categories of environmental monitoring and management, navigation, safety and security, telecommunications, health and recreation, and tourism.The analyzes carried out help the government and organizations in making decisions about investing in the development of new and innovative technologies in the space industry.



دسترس‌پذیر در نشانی:
Journal.isrc.ac.ir

دو فصلنامه
علـــوم، فـــناوری و
کاربردهـــای فضـــایی

سال پنجم، شماره ۱، صفحه ۱-۱۷
بهار و تابستان ۱۴۰۴

DOI:
10.22034/JSSTA.2024.461961.1172

مقاله پژوهشی

کاوش در دورنمای چندوجهی کاربردهای صنعت فضایی: تحلیل مضمون اسناد کشورهای پیشرفته و در حال توسعه

آرش هاشمی[۱]، سعید شاخصی[۱]، مجید حقگو[۱]، طالب عبدالهی[۱*]، هاشم بذرافشان[۱]، مریم عابدی[۱]، فاطمه حسابی[۲]، اسماعیل جعفرپناه[۳]

۱- پژوهشگاه فضایی ایران، تهران، ایران
۲- گروه سیاستگذاری علم و فناوری، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳- استادیار گروه مدیریت فناوری و نوآوری، دانشکدگان مدیریت، دانشکده مدیریت صنعتی و فناوری، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخچه داوری

دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۳
پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵

واژه‌های کلیدی

کاربردهای فضایی، تحلیل مضمون، صنعت فضایی، اسناد راهبردی

نحوه استناد به این مقاله

آرش هاشمی و همکاران، " کاوش در دورنمای چندوجهی کاربردهای صنعت فضایی: تحلیل مضمون اسناد کشورهای پیشرفته و در حال توسعه"، *دوفصلنامه علوم، فناوری و کاربردهای فضایی*، جلد پنجم، شماره اول، صفحات ۱۷-۱، ۱۴۰۴.

چکیده

در دهه‌های اخیر، اکتشاف و استفاده از فضا صرفاً از یک کنجکاوی علمی به سنگ بنای نوآوری‌های فناورانه تبدیل شده است. کاربردهای صنعت فضایی شامل پایش و مدیریت زمین، پایش آب و هوا و اقلیم، ناوبری دقیق، ارتباطات سریع و امن، خدمات بهداشتی و تفریحی می‌باشد که به شدت رو به گسترش هستند. در این پژوهش با هدف شناسایی مهم‌ترین و متأخرترین کاربردهای صنعت فضایی، اسناد راهبردیِ کشورهای مختلف کدگذاری و تحلیل مضمون شده‌اند. قلمرو پژوهش، کشورهای انگلستان، چین، ایالات متحده امریکا، هند، فرانسه، سوئد، آفریقای جنوبی، هلند، برزیل، منطقه اتحادیه اروپا، امارات متحده عربی، فیلیپین و استرالیا است. برای تفسیر و تحلیل داده‌ها از روش تحلیل توصیفی و از نرم‌افزار MAXQDA استفاده شده است. تحلیل مضمون اسناد موجب شناسایی ۲۹ کاربرد فضایی در ۶ دسته پایش و مدیریت محیط، هدایت و ناوبری، ایمنی و امنیت، مخابرات، سلامت و تفریح و گردشگری شده است. تحلیل‌های انجام شده به دولت و سازمان‌ها در تصمیم‌گیری در خصوص سرمایه‌گذاری در توسعه‌ی فناوری‌های جدید و نوآورانه کمک می‌کند.

۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر، اکتشاف و استفاده از فضا از مرزهای ملی فراتر رفته و به یک تلاش جهانی تبدیل شده است. همان‌طور که بشریت با چالش‌های پیچیده‌ی فزاینده‌ای مانند تغییرات آب و هوایی، بلایای طبیعی، بحران‌های بهداشت جهانی و تهدیدات امنیتی دست و پنجه نرم می‌کند، اهمیت استفاده از فناوری‌های فضایی برای رسیدگی به این مسائل بیش از پیش آشکار شده است. پیشرفت سریع فناوری‌های فضایی نه تنها درک ما از جهان را گسترش داده، بلکه اجرای برنامه‌های توسعه جامعه انسانی و محیط زیست را تسهیل نموده است (Miura & Furuya, 1988). کاربردهای فضایی طیف وسیعی از بخش‌ها و نیازهای اجتماعی، از نظارت بر محیط‌زیست گرفته تا ارتباطات راه دور را در برمی‌گیرد. ضرورت پرداختن به کاربردهای فضایی در ظرفیت منحصربه‌فرد آن‌ها برای ارائه داده‌ها و بینش‌های جامع و بلادرنگ نهفته است که برای تصمیم‌گیری آگاهانه و استراتژی پاسخ‌دهی مؤثر، حیاتی هستند (Kansakar & Hossain, 2016).

با استفاده از توانایی حاصل از فناوری‌های فضایی، کشورها می‌توانند انعطاف‌پذیری خود را افزایش دهند، توانایی خود را برای پاسخ به بحران‌ها بهبود بخشند و توسعه پایدار را برای نسل حال و آینده تقویت کنند. بدین ترتیب، اکتشاف فضا و توسعه کاربردهای فضایی یک موضوع ضروری و حیاتی است که نیازمند توجه و اقدام هماهنگ در مقیاس جهانی می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد کاربردهای صنعت فضایی رو به گسترش بوده و تحولات فناورانه جدید این امر را تسهیل و تسریع کرده‌اند. به عنوان مثال تحول دیجیتال به عنوان یک کاتالیزور برای نوآوری در تمام کاربردهای فضایی عمل می‌کند. به طور مثال، در پایش محیطی، ماهواره‌های مجهز به حسگرهای پیشرفته، تصاویر و داده‌هایی با وضوح بالا می‌گیرند و به کارشناسان اجازه می‌دهند تغییرات در پوشش گیاهی، کاربری زمین و کیفیت هوا را در زمان واقعی ردیابی کنند. در ایستگاه‌های هواشناسی از داده‌های ماهواره‌های سنجش تغییرات آب وهوا جهت مدل سازی پیشرفته و پیش‌بینی الگوهای آب وهوایی به منظور نظارت بر تغییرات آب و هوا استفاده می‌شود. در زمینه نظارت و کنترل زمینی، ماهواره‌های تصویربرداری دیجیتال، نقش مهمی در جمع‌آوری اطلاعات، نظارت بر تحولات ژئوپلیتیکی و ارتقای امنیت ملی دارند. در زمین‌شناسی و اقیانوس‌شناسی، فناوری‌های نقشه‌برداری و تصویربرداری دیجیتال اطلاعات ارزشمندی را درباره ویژگی‌های زمین‌شناسی، منابع معدنی و دینامیک اقیانوس‌ها ارائه می‌دهند (van Meeteren, Trincado-Munoz, Rubin, & Vorley, 2022). به طور خلاصه، دگرگونی دیجیتال با افزایش قابلیت‌های جمع‌آوری، پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها، نظارت و مدیریت مؤثر محیط‌زیست، منابع طبیعی و پدیده‌های زمین‌شناسی را متحول می‌کند. این پیشرفت‌ها به تصمیم‌گیری آگاهانه، حفاظت از منابع و تاب‌آوری در برابر بلایا کمک می‌کند.

از آن جایی که تحولات فناورانه، منجر به شکل‌گیری کاربردهای جدیدی در صنعت فضایی می‌شوند، شناخت و بررسی مستمر آن‌ها از ضرورت و اهمیت خاصی برخوردار است. هدف این مقاله روشن کردن پتانسیل تحول‌آفرین فناوری‌های فضایی در پرداختن به چالش‌های جهانی با استفاده از تحلیل مضمون اسناد راهبردی کشورهای مختلف به منظور شناسایی کاربردهای مختلف صنعت فضایی است. پرداختن به اهمیت کاربردهای فضایی مستلزم درک جامعی از مزایای چندوجهی و پتانسیل آن‌ها برای مواجهه با مسائل مختلف می‌باشد. ما در این مطالعه قصد داریم میزان توجه کشورهای مختلف به کاربردهای گوناگون صنعت فضایی را احصاء و بینش‌های سیاستی را در خصوص آن‌ها به دست آوریم. تحلیل‌های انجام شده در این تحقیق به دولت و سازمان‌ها در تصمیم‌گیری جهت سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری‌های جدید و نوآورانه مبتنی بر کاربردهای جذاب صنعت فضایی کمک می‌کند.

۲- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش به لحاظ ماهیت توصیفی-تحلیلی است و در آن از روش تحلیل مضمون برای بررسی اسناد راهبردی کشورهای مختلف استفاده شده است. منابع مورد بررسی شامل اسناد سیاستی مرتبط با حوزه فضایی است که توسط سازمان‌های سیاست‌گذار کشورهای مختلف در نقاط گوناگون جهان تدوین شده‌اند. در فرآیند جستجو، حوزه فضایی به عنوان محور اصلی تحقیق در نظر گرفته شده است. این مستندات از دو طریق مختلف گردآوری شدند. ابتدا، وب‌سایت سازمان‌های مرتبط و نهادهای سیاست‌گذار در این حوزه‌ها مورد بررسی قرار گرفت و از این طریق اسناد و مدارک مرتبط با موضوع پژوهش جمع‌آوری شد. در مرحله بعد، با استفاده از ترکیب کلیدواژه‌های مرتبط از

جمله هوافضا، فضا، علم و فناوری، نوآوری، سیاست و راهبرد، جستجوی آزاد در موتور جستجوی گوگل انجام شد و تعدادی سند راهبردی قابل بررسی نیز به دست آمد. پس از جستجوهای اولیه، تعداد زیادی سند شناسایی شد که براساس معیارهای زیر غربال شدند:

۱. تنوع در موقعیت جغرافیایی کشورها: معیار نخست بررسی حداقل یک کشور دارای صنعت رقابت‌پذیر هوافضا در سطح جهانی از هر قاره بود (در نهایت، آفریقای جنوبی از قاره آفریقا، چین، هند، فیلیپین و امارات متحده عربی از آسیا، آمریکا و برزیل از قاره آمریکا، استرالیا از اقیانوسیه و فرانسه، سوئد، هلند و انگلستان از اروپا انتخاب شدند).

۲. تنوع در سطح توسعه‌یافتگی کشورها: معیار دوم انتخاب نمایندگانی از سطوح مختلف توسعه‌یافتگی اقتصادی بود. تلاش شد کشورهایی از سطوح توسعه‌یافته، در حال توسعه و نوظهور در نمونه نهایی تحقیق حضور داشته باشند.

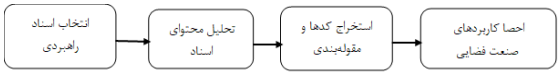
۳. غنای اطلاعاتی سند راهبردی: سومین معیار انتخاب، ماهیت خود سند راهبردی بود. اسناد راهبردی بسیاری از کشورها اطلاعات کافی درباره کاربردهای فضایی آن کشور ارائه نمی‌کردند؛ بنابراین از دایره تحلیل این پژوهش کنار گذاشته شدند.

غربالگری فهرست اولیه کشورها با کسب نظر از تعدادی از سیاست‌گذاران و مدیران صنعت فضایی کشور و با در نظر گرفتن تمایل و نیاز آنان برای اطلاع از سیاست‌های کشورها انجام شد. فهرست نهایی نمونه پژوهش در جدول ۱ درج شده است. پس از تکمیل فرآیند جستجو، ۲۱ سند راهبردی از ۵ حوزه جغرافیایی مختلف گردآوری شد که شامل انگلستان، چین، ایالات متحده آمریکا، هند، فرانسه، سوئد، آفریقای جنوبی، هلند، برزیل، اتحادیه اروپا، امارات متحده عربی، فیلیپین و استرالیا است.

جدول (۱): کشورهای انتخاب شده بر مبنای معیارهای غربال

قاره	توسعه یافته	در حال توسعه
آفریقا	-	آفریقای جنوبی (۲)
آسیا	▪ چین (۱) ▪ هند (۱)	▪ فیلیپین (۱) ▪ امارات (۱)
آمریکا	▪ آمریکا (۱)	▪ برزیل (۱)
استرالیا	▪ استرالیا (۳)	-
اروپا	▪ فرانسه (۱) ▪ سوئد (۲) ▪ هلند (۴) ▪ انگلستان (۱) ▪ اتحادیه اروپا (۲)	-
مجموع اسناد	۱۶	۵

برای تفسیر و تحلیل داده‌ها از روش تحلیل توصیفی و نرم‌افزار MAXQDA استفاده شده است. در مرحله اول، اسناد مورد مطالعه دقیق قرار گرفتند و تمام گزاره‌هایی که می‌توانستند به استنتاج کاربردهای فضایی منجر شوند، استخراج شدند. در مرحله دوم، روش مقوله‌بندی مناسب انتخاب شد و تلاش گردید تا هر مقوله نماینده یک مفهوم مستقل مرتبط با اهداف پژوهش باشد. در مرحله سوم، هر یک از گزاره‌های جمع‌آوری شده برای قرار گرفتن در مقوله‌های مربوطه کدگذاری شدند. به عبارت دیگر، هر یک از گزاره‌های استخراج‌شده از اسناد بررسی شدند تا مشخص شود آیا پدیده توصیف شده در آنها در یکی از مقوله‌های مورد نظر جای می‌گیرد یا خیر. در مرحله چهارم، مقوله‌بندی با استفاده از روش کدگذاری باز و کدگذاری محوری انجام شد. در کدگذاری باز، تمام داده‌ها بدون در نظر گرفتن اولویتی بین آن‌ها، تحلیل و در چندین مقوله دسته‌بندی شدند. در کدگذاری محوری، چندین مقوله اصلی که بتوان سایر مقوله‌ها را از درون آنها استخراج کرد، انتخاب و گزاره‌های مورد نظر در قالب این مقوله‌ها دسته‌بندی شدند. سپس فراوانی مقوله‌ها با توجه به کدهای تشکیل‌دهنده آنها بررسی شد و در نهایت، داده‌ها پردازش و نتایج تفسیر شدند. چارچوب مفهومی پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل (۱): چارچوب مفهومی پژوهش

۳- یافته‌های پژوهش

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، ۲۱ سند کشورهای مختلف به منظور استنتاج کاربردهای فضایی بررسی شد. با تحلیل متن کامل اسناد، تعداد ۲۹ گزاره به تفکیک هر واحد تحلیل، استخراج گردید و به عنوان مجموعه داده ورودی در تحلیل مضمون مبنا قرار گرفتند. ابر کدها در شکل ۲ نشان داده شده است. ابر کدها بر اساس فراوانی آن‌ها در متون مورد بررسی ایجاد و کلمات پرتکرار به اندازه بزرگی در این نمودارها نمایش داده می‌شوند. همان‌طور که مشخص است، پایش محیطی، هواشناسی و نظارت و کنترل زمین به ترتیب کاربردهای پرتکرار در اسناد منتخب می‌باشند.

شکل (۲): ابر کدها

جدول ۲ میزان فراوانی کدها را به تصویر می‌کشد. فراوانی کدها مصداق میزان توجه کشورها در اسناد راهبردی به کاربردهای مختلف صنعت فضایی می‌باشد.

جدول (۲): میزان فراوانی کدها در مجموعه اسناد راهبردی کشورهای مختلف

Theme	Code	Frequency
Earth Observation	Environment	179
Earth Observation	Meteorology	118
Earth Observation	Land Surveillance	108
Navigation	Tracking	80
Earth Observation	Disaster Monitoring and Management	63
Earth Observation	Geology	58
Navigation	Navigation	57
Navigation	Mapping	50
Navigation	Timing	46
Earth Observation	Oceanography	38
Navigation	Location	32
Safety and Security	Food security	25
Safety and Security	Security	20
Safety and Security	Defense	18
Communications	Television	16
Communications	Radio	12
Safety and Security	Safety	10
Health	Medical technology	9
Communications	Satellite Communications	7
Tourism and Recreation	Tourism	4
Safety and Security	Object Tracking	4
Safety and Security	Crime prevention	4
Health	Disease surveillance and health risk	3
Health	Coronavirus pandemic	3
Safety and Security	Space Situational Awareness-SSA	3
Tourism and Recreation	Recreation	2
Health	Diabetes	2
Safety and Security	Regulatory enforcement	2
Safety and Security	Cross-border risk	2
Health	Search and Rescue	1
Safety and Security	Energy security	1

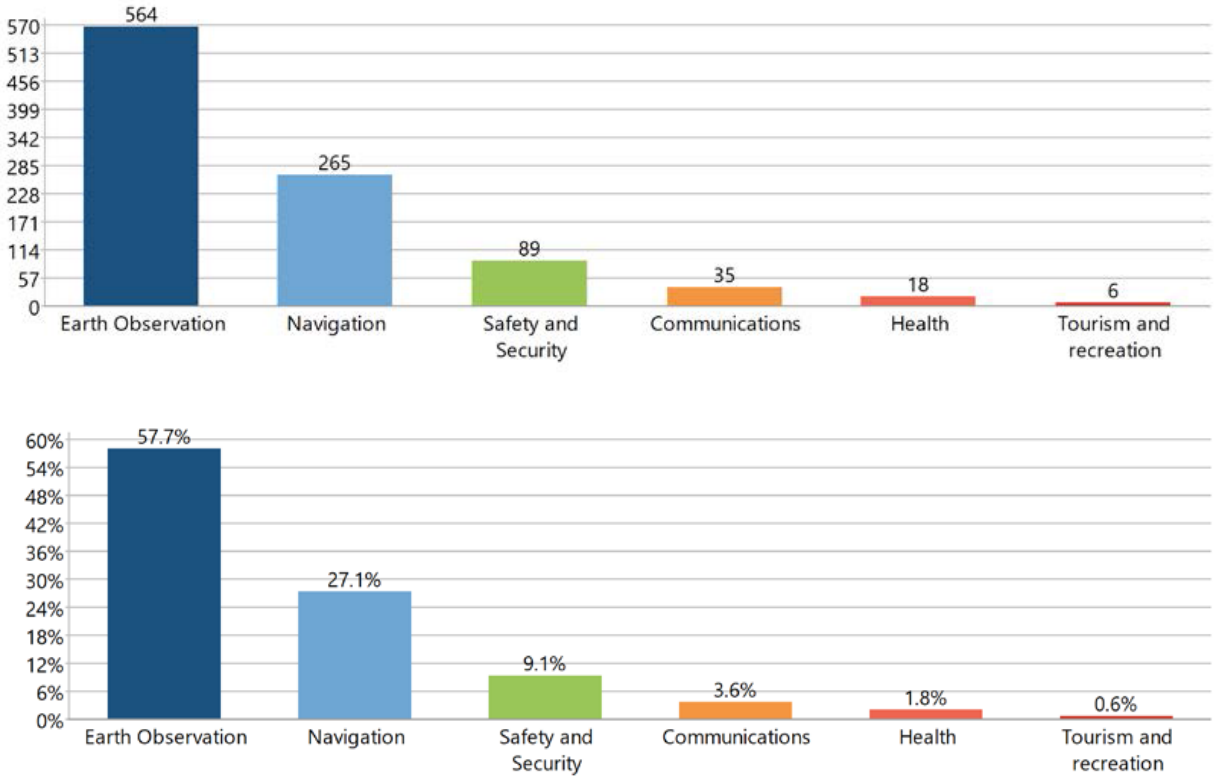
جدول ۳ نیز میزان پرداختن اسناد راهبردی کشورهای مختلف به کاربردهای صنعت فضایی را به تصویر می‌کشد. همان طور که مشخص است سه حوزه کاربرد اول یعنی پایش زمین، ناوبری و ایمنی و امنیت بیشتر از سایر حوزه‌ها مورد توجه اسناد راهبردی کشورهای مختلف قرار گرفته‌اند.

فراوانی استفاده از کدها (دسته‌های اصلی) در شکل ۳ آمده است. چنانچه مشخص است بیشترین فراوانی (بیش از نیمی از ارجاعات) مربوط به کدهای دسته پایش زمینی و هدایت و ناوبری است که نشان‌دهنده‌ی توجه به کاربرد پایش زمین و ناوبری در سامانه‌های فضایی، در برنامه‌های بیشتر کشورها است.

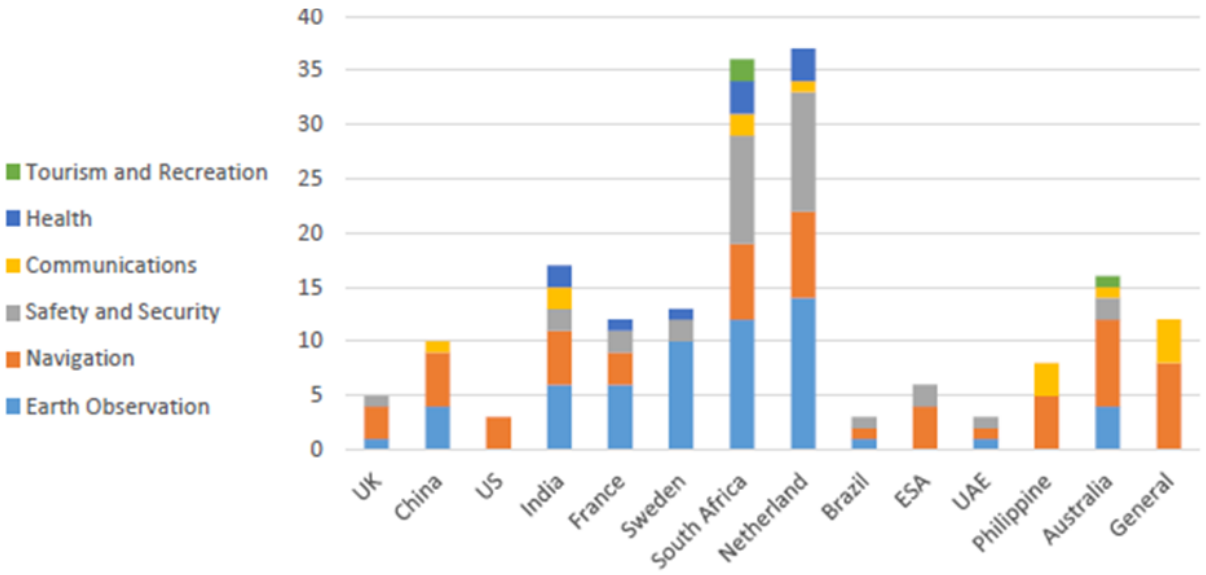
توزیع کدها در اسناد کشورهای مختلف نیز بررسی گردید. چنانچه در شکل ۴ مشخص است هر کشور در اسناد راهبردی خود به چند کاربرد توجه داشته است. انتخاب کاربردها به راهبرد هر کشور در حوزه فضا وابسته است. تنها اسناد راهبردی برخی کشورها مانند آفریقای جنوبی به تمام یا اکثر کاربردها توجه کرده است. کشورهای دیگر به طور مشخص راهبرد خود را بر اساس توسعه تعداد محدودی از کاربردها تنظیم و تدوین کرده اند. باید توجه کرد دلیل کم بودن نسبی فراوانی و تنوع کاربردها در راهبردهای آمریکا و اتحادیه اروپا تاکید بر فناوری‌ها در اسناد راهبردی آن‌ها بوده است و این موضوع صرفا به معنی عدم توجه به برخی دیگر از کاربردها نیست.

	UK	China	US - NASA	India	France	Sweden 1	Sweden 2	South Africa 1	South Africa 2	Netherland 1	Netherland 2	Netherland 3	Netherland 4	Brazil	UAE	Philippine	Australia 1	Australia 2	ESA	ESRE	Bryce	Total
Earth Observation	11.1%	31.0%	0	80.9%	82.5%	89.5%	76.9%	62.4%	63.8%	67.9%	81.4%	48.4%	55.3%	20.0%	33.3%	0	23.5%	0	0	0	0	57.7%
Navigation	66.7%	62.1%	100.0%	13.8%	10.0%	0	0	19.4%	15.5%	7.5%	0	19.4%	14.9%	60.0%	33.3%	80.0%	65.9%	80.0%	84.8%	88.2%	58.1%	27.1%
Safety and Security	22.2%	0	0	0.7%	5.0%	10.5%	7.7%	11.8%	12.9%	18.9%	16.3%	32.3%	27.7%	20.0%	33.3%	0	8.2%	0	15.2%	0	0	9.1%
Communications	0	6.9%	0	2.8%	0	0	0	5.4%	0	1.9%	0	0	0	0	0	20.0%	0	20.0%	0	11.8%	41.9%	3.6%
Health	0	0	0	1.8%	2.5%	0	15.4%	1.1%	4.3%	3.8%	2.3%	0	2.1%	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8%
Tourism and Recreation	0	0	0	0	0	0	0	0	3.4%	0	0	0	0	0	0	0	2.4%	0	0	0	0	0.6%

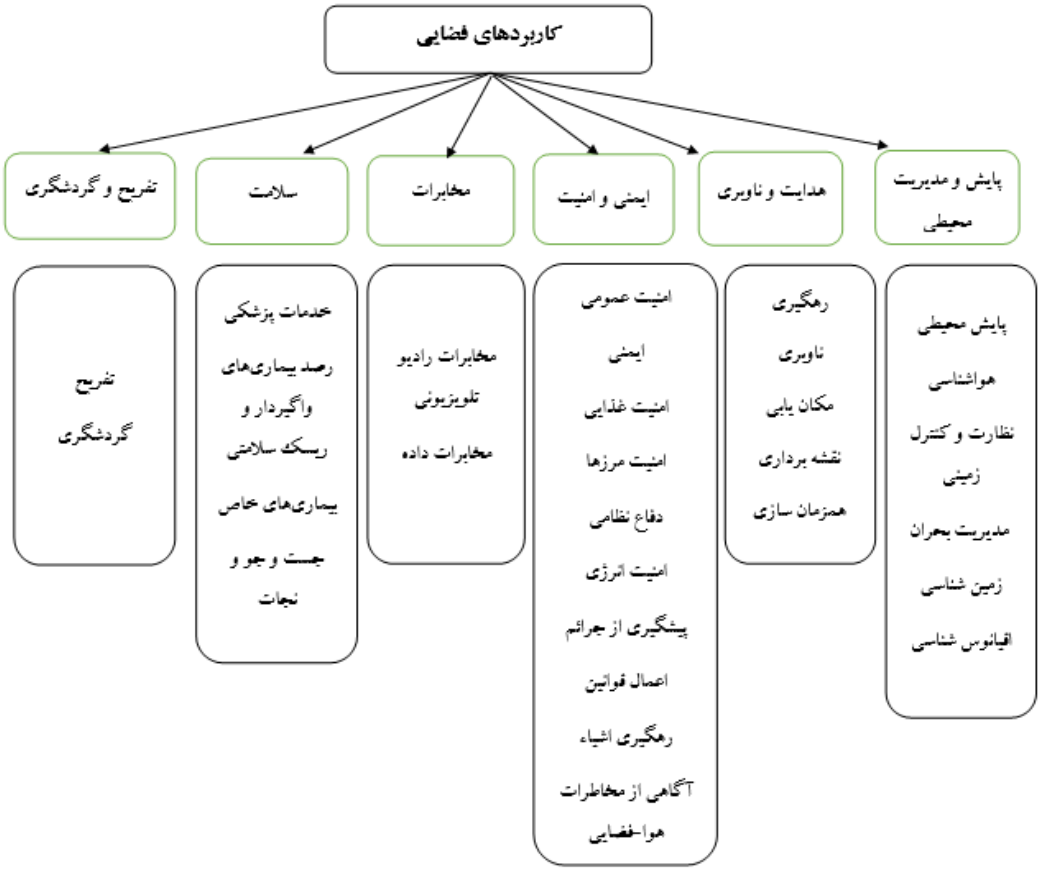
شکل (۴) : بکارگیری مقولات (دسته‌های اصلی کاربردها) در اسناد راهبردی کشورهای مختلف



شکل (۳): فراوانی استفاده از کدها در اسناد



شکل (۴) : بکارگیری مقولات (دسته‌های اصلی کاربردها) در اسناد راهبردی کشورهای مختلف



شکل (۵) : طبقه‌بندی کاربردهای صنعت فضایی بر اساس تحلیل مضمون اسناد راهبردی کشورهای مختلف

نتایج تحلیل اسناد، منجر به شناسایی ۲۹ کاربرد فضایی و دسته‌بندی آن در ۶ محور موضوعی، پایش و مدیریت زمین، هدایت و ناوبری، ایمنی و امنیت، مخابرات، سلامت و گردشگری به شرح زیر شده است.

۳-۱ پایش و مدیریت محیطی

کاربردهای این دسته بر استفاده از فناوری‌های فضایی برای نظارت بر محیط‌زیست، الگوهای آب و هوا، بلایای طبیعی و تغییرات زمین‌شناسی تمرکز دارد و منجر به مدیریت بهتر منابع، واکنش در برابر بلایا و حفاظت از محیط‌زیست می‌شود.

۳-۱-۱ پایش محیطی[1]

پایش محیطی به عنوان یکی از کاربردهای فضایی شامل استفاده از سکوهای فضایی و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، فناوری سنجش از راه دور و فناوری‌های ماهواره‌ای، جهت مشاهده، اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل جنبه‌های مختلف زیست‌محیطی زمین است. این فناوری‌ها با استفاده از حسگرهای تخصصی، اطلاعات ارزشمندی را در خصوص پوشش زمین، کاربری سطح زمین، سلامتی گیاهان، جنگل‌زدایی، شهرنشینی، کیفیت هوا و آب و همچنین تغییرات آب و هوایی ارائه می‌دهند. این داده‌ها امکان نظارت و ارزیابی تغییرات دما، سرعت و جهت باد، ذرات معلق در هوا، بخار آب، پوشش ابر، بارش، طوفان و طوفان های استوایی، دمای سطح زمین، ، پوشش گیاهی، توده‌های آبی، سکونتگاه‌های انسانی، رطوبت خاک، عمق و وسعت برف و یخ و درک تأثیرات فعالیت‌های انسانی و طبیعی و پیشرفت استراتژی‌های مدیریت و حفاظت از منابع را فراهم می‌کنند. این داده‌ها همچنین در پیش‌بینی، کاهش و مدیریت بلایا مانند آتش‌سوزی، سیل، و طوفان مؤثرند و تصمیم‌گیری آگاهانه و حفاظت از اکوسیستم‌های زمین را تسهیل میکنند (*Centre National d'Études Spatiales*, 2022). در اسناد بررسی شده ۱۷۹ بار به کد "Environment" رجوع شده است که بیشترین تکرار در میان کاربردهای سامانه‌های فضایی است. بنابراین با در نظر گرفتن معیار تکرار در اسناد راهبردی دیگر کشورها، کاربرد پایش محیط دارای بیشترین اهمیت در راهبرد کشورهای مورد بررسی است.

۳-۱-۲ هواشناسی[2]

منظور از هواشناسی، مطالعه جو، پدیده‌های جوی و اثرات آن‌ها بر آب و هوای اطراف زمین است. سیستم‌های هواشناسی فضایی با استفاده از سکوها و تجهیزات فضایی، از جمله ماهواره‌ها، به بررسی و ردیابی پدیده‌های جوی و تأثیرات آن‌ها بر محیط‌زیست اطراف زمین می‌پردازند. این فناوری‌ها اطلاعات دقیق و مفیدی را درباره وضعیت هوا، اقلیم، آلودگی هوا، طوفان‌ها، برف و یخ و جریان‌های اقیانوسی جمع‌آوری و ارائه می‌دهند. استفاده از این اطلاعات برای نظارت، پیش‌بینی، هشدار، و تحلیل در زمینه‌های مختلف هواشناسی بسیار ارزشمند است. ماهواره‌هایی نظیر ماهواره‌های زمین آهنگ، ماهواره‌های مدار قطبی و ماهواره‌های مدار پایین در ارتفاع‌های مختلف به مشاهده و نظارت بر شرایط آب و هوایی کمک می‌کنند (*Indian Space Research Organisation*, 2023).

۳-۱-۳ نظارت و کنترل زمینی[3]

ماهواره‌ها و سکوهای فضایی برای جمع‌آوری اطلاعات از سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند. داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط ماهواره‌ها و دیگر سامانه‌های فضایی می‌توانند برای اهداف ISR مانند نظارت نظامی، تصویربرداری بلادرنگ، و ارتباطات پیشرفته بین مراکز فرماندهی و سربازان مورد استفاده قرار گیرند. سیستم‌های ISR می‌توانند اطلاعات را از طیف وسیعی از منابع، از جمله تجهیزات ارتباط الکترومغناطیسی، نوری، راداری، و تصویربرداری مادون قرمز جمع‌آوری کنند. این اطلاعات به نظامیان و مسئولان برای نظارت، تصمیم‌گیری و واکنش به وقایع مختلف، از جمله تهدیدات خصمانه یا حوادث طبیعی ارائه می‌شود. از فضاپیماها، ماهواره‌ها و سکوهای فضایی برای حمل این محموله‌ها استفاده می‌شود.

۳-۱-۴ مدیریت بحران[4]

ماهواره‌ها و تجهیزات فضایی برای پایش و مدیریت بحران‌های طبیعی و مصنوعی استفاده می‌شوند. این ابزارها از داده‌های جمع‌آوری شده برای پیش‌بینی و پیشگیری از بحران‌های طبیعی مانند سیل، زلزله، خشکسالی، آتش‌سوزی، طوفان و شیوع ویروس‌ها استفاده می‌کنند. تصاویر ماهواره‌ای می‌توانند برای

[1] Environment Monitoring

[2] Meteorology
[3] ISR: Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance
[4] Disaster Monitoring and Management

تحلیل و پایش بحران‌های مصنوعی مانند آلودگی هوا، حوادث صنعتی و حوادث ناشی از ترافیک استفاده شوند. همچنین، ماهواره‌ها می‌توانند برای پایش و مدیریت بحران‌های طبیعی مانند آتش‌سوزی جنگلی و آتشفشانی استفاده شوند. از حسگرهای مختلفی مانند حسگرهای نور، حرارت، رطوبت، فشار، شتاب، گردش و صدا برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده می‌شود. این اطلاعات برای نظارت بر بلایای طبیعی و مصنوعی مانند زلزله، طوفان، سیل، آتش‌سوزی و سونامی و ارزیابی تأثیر آن‌ها بر مناطق آسیب‌پذیر بسیار ارزشمند است (*Broad exploration of space technology's added value in the Netherlands*, 2020; *South African National Space Agency*, 2018).

۳-۱-۵ زمین‌شناسی[۱]

در سال های اخیر، ماهواره ها و دیگر سامانه‌های فضایی انقلابی در زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایجاد کرده‌اند. ماهواره‌ها با ارائه تصاویر سطح زمین با وضوح بالا، زمین‌شناسان را قادر میسازد تا ویژگی‌های زمین‌شناسی را دقیق‌تر و کارآمدتر از همیشه، نقشه‌برداری و تجزیه و تحلیل کنند.

تصاویر ماهواره‌ای به زمین شناسان این امکان را داده است که ویژگی‌های زمین شناسی مانند خطوط گسل، ذخایر معدنی و حوضه های رسوبی را شناسایی و نقشه برداری کنند. از این اطلاعات می توان برای تعیین بهترین مکان ها برای اکتشاف و استخراج مواد معدنی استفاده کرد. با ارائه تصاویر دقیق از سطح زمین، ماهواره‌ها همچنین می توانند به زمین شناسان کمک کنند تا ذخایر معدنی بالقوه ای را شناسایی کنند که ممکن است قبلا نادیده گرفته شده باشند. این تکنولوژی‌ها می‌توانند به زمین‌شناسان کمک کنند تا ذخایر معدنی بالقوه‌ای را کشف کرده و تغییرات سطح زمین در طول زمان را نظارت کنند. همچنین، با تحلیل داده‌های زمین‌شناسی و معدنی می‌توان ویژگی‌ها و استخراج ذخایر معدنی را بررسی کرد. استفاده از تصویربرداری فرا طیفی و تصویربرداری رادای با روزنه مصنوعی[۲]، تشخیص مواد معدنی و نقشه‌برداری از معادن و شناسایی ساختارهای زیرسطحی را ممکن می‌سازد. به طور کلی این فناوری‌ها ابزارهای قدرتمندی در دست زمین‌شناسان و کاوشگران معدنی جهت توسعه اکتشافات و درک بهتر از زمین خواهند بود (*Indian Space Research Organisation*, 2023).

۳-۱-۶ اقیانوس‌شناسی[۳]

در سالهای اخیر سامانه‌های فضایی به ابزاری کلیدی در مطالعه اقیانوس‌ها تبدیل شده‌اند، زیرا تنها وسیله برای رصد پهنه گسترده اقیانوس‌ها توسط حسگرهایی با قدرت تفکیک بالا هستند.

پارامترهای اندازه‌گیری معمول که در مورد اقیانوس ها اطلاعات زیادی بدست می‌دهند عبارتند از:

- دمای سطح دریا با استفاده از حسگر مادون قرمز (با تفکیک مکانی حدود ۱ کیلومتر) یا مایکروویو غیرفعال (با تفکیک مکانی حدود ۲۵ کیلومتر) ،
- رنگ اقیانوس در قسمت مرئی طیف (که حضور فیتوپلانکتون (جلبک‌های میکروسکوپی) حاوی کلروفیل را تشخیص می‌دهد) ،
- فاصله با سطح دریا و در نتیجه اندازه‌گیری جریان و ارتفاع موج (با استفاده از ارتفاع‌سنجی راداری فعال)
- سایر پارامترهای اقیانوس مانند سطح یخ ، سرعت باد و شوری سطح دریا.

برای اندازه گیری پارامترهای مختلف در اقیانوس شناسی، سامانه‌های فضایی از بخش های مختلف طیف الکترومغناطیسی (مرئی، مادون قرمز، مایکروویو) و از دو نوع حسگر راداری و اپتیکال برای اندازه گیری استفاده می کنند. حسگرهای فضایی به روش غیرفعال (با اندازه گیری تشعشعات ساطع شده از سطح دریا) یا فعال (با ارسال سیگنال به سطح دریا و اندازه گیری سیگنال بازگشتی) کار می‌کنند.

تجهیزات راداری از امواج رادیویی برای اندازه گیری فاصله تا سطح دریا استفاده می کنند. این حسگرها می‌توانند ارتفاع از سطح دریا را با دقت بالا اندازه گیری کنند. حسگرهای اپتیکال از تصاویری که از سطح دریا گرفته می شود، برای اندازه گیری پارامترهایی مانند رنگ آب اقیانوس، جریانات و بادها استفاده می کنند. حسگر مرئی و مادون قرمز با حضور ابر در بالای اقیانوس محدود می‌شود. در مقابل، سیگنالهای مایکروویو می‌توانند از میان ابرها عبور کنند؛ در نتیجه حسگرهای مایکروویو امکان تصویر برداری در شرایط مختلف آب و هوایی را دارند اما عموماً

[۱] Geology

[۲] SAR - Synthetic Aperture Radar

[۳] Oceanography

وضوح تصویری پایین‌تری نسبت به حسگرهای مرئی و مادون قرمز ارائه میکنند (*Indian Space Research Organisation*, 2023).

۳-۲هدایت و ناوبری

سامانه‌های فضایی درکاربردهای هدایت و ناوبری نقش مهمی یافته‌اند. این سامانه‌ها حامل تجهیزات مکان‌یابی، هدایت، ناوبری و همگام سازی زمان هستند که برای تعیین موقعیت و مسیر پرواز، هدایت و کنترل وسایل نقلیه زمینی، وسایل نقلیه هوایی (مانند هواپیماها، بالنها و پهپادها) و فضاپیماها (مانند ماهواره‌ها و موشک‌ها) به کار می‌روند.

۳-۲-۱ رهگیری[1]

امروزه ردیابی و فهرست بندی اشیاء فضایی برای جلوگیری از برخورد تصادفی و دفاع در برابر فعالیت های متخاصم در فضا بسیار اهمیت پیدا کرده است.. حتی یک تکه کوچک از زباله های فضایی به دلیل سرعت بالای خود می تواند باعث آسیب های جدی شود. هر چه تعداد ماهواره‌ها و سکوهای بیشتری در مدار قرار گیرند، هماهنگی بیشتری برای اطمینان از ایمنی مورد نیاز خواهد بود. تحلیل موقعیت و مسیر ماهواره‌ها، با استفاده از داده‌های دریافتی، جزئی از فرآیند رهگیری فضایی است. این تحلیل‌ها شامل بررسی سلامت و مانورهای برنامه‌ریزی شده ماهواره‌ها، به منظور افزایش عمر و کارایی آن‌ها، است. برخورد با اشیاء فضایی می‌تواند عواقب مخربی داشته باشد شامل قطع یا کاهش دسترسی به اطلاعات مهم و ایجاد میدان‌های زباله کنترل نشده است (که می‌تواند باعث آسیب و نابودی ماهواره‌های دیگر شود). برای حفظ پایداری سامانه‌های فضایی، اهمیت بالایی به ردیابی و کنترل دقیق اشیاء فضایی داده می‌شود تا از تأمین امنیت و حفظ عملکرد مؤثر این سامانه‌ها تا حد ممکن اطمینان حاصل شود (Guo & Wu, 2010).

۳-۲-۲ ناوبری[2]

سیستم‌های ناوبری ماهواره‌ای، با استفاده از سیگنال‌های زمانی ارسالی از ماهواره‌ها، مکان خود (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، و ارتفاع) را با دقت بالا (از چند متر تا چند سانتی‌متر) تعیین میکنند. در حال حاضر سیستم‌های ناوبری فعال، با پوشش جهانی ، سامانه‌های GPS، GLONASS، BeiDou و Galileo هستند . سیستم‌های منطقه‌ای ماهواره‌ای مانند QZSS و IRNSS نیز برای افزایش دقت ناوبری در یک منطقه خاص استفاده می‌شوند. این سیستم‌ها علاوه بر استفاده از ماهواره‌ها، از پهپادها، بالن‌ها و کشتی‌های استراتسفری به عنوان سامانه‌های کمکی استفاده می‌کنند (*UK Space Agency Corporate Plan*, 2022).

۳-۲-۳ مکان‌یابی[3]

برای تعیین مکان از سیستم موقعیت یاب جهانی یا GNSS استفاده می‌شود. به طور مثال سامانه GPS (متعلق به ایالات متحده) سیستمی متشکل از ۳۱ ماهواره است که در ارتفاع حدود ۲۰۲۰۰ کیلومتری (حدود ۱۲۵۵۰ مایل) به دور زمین می چرخند و سیگنال‌های مکان‌یابی را با سرعت نور به سمت زمین ارسال می‌کنند. دستگاه مکان‌یاب زمینی سیگنال‌ها را در زمان-های متفاوت دریافت می‌کند و با محاسبه اختلاف زمان دریافتی، فاصله از هر ماهواره را تعیین می‌کند. در نهایت موقعیت مکانی با انجام محاسبات هندسی مکان جغرافیایی ایستگاه مشخص می-شود. از مکان‌یابی انجام شده توسط داده‌های دریافت شده از GNSS، در کاربردهای ثانویه مانند نقشه‌برداری، ردیابی، و مأموریت‌های جستجو و نجات استفاده می‌گردد.

۳-۲-۴ نقشه‌برداری[4]

نقشه‌برداری جزء کاربردهای سنجشی و پایشی محسوب می‌شود. در واقع نقشه‌های استخراج شده در فرآیند تصویربرداری، پس از تلفیق با داده‌های مکانی، به نرم‌افزارهای نقشه‌برداری منتقل می‌شوند تا به صورت قابل استفاده در نرم‌افزارهای دیگر(داده‌های دیجیتال) تبدیل شوند. باید توجه کرد که تصویرهای مناسب برای نقشه‌برداری دارای شرایط و ویژگی‌های خاص (مانند همپوشانی مکانی و قدرت تفکیک تعریف شده) هستند که باید در زمان تصویربرداری رعایت شود. تمام انواع ماهواره‌ها و سکوهای استراتوسفری در تهیه نقشه‌های زمینی کاربرد دارند اما استفاده از آن‌ها به هدف و نیاز تعیین شده وابسته است (Guo & Wu, 2010).

[1] Tracking
[2] Navigation
[3] Locationing
[4] Mapping

۳-۲-۵ همزمان‌سازی[1]

همزمان‌سازی، به عنوان یکی از کاربردهای فضایی، اهمیت بسیاری در زمینه‌های مختلف فعالیت دارد. این کاربرد با استفاده از سامانه‌های موقعیت‌یابی جهانی (GNSS) امکان فراهم آوردن زمان دقیق با دقت بسیار بالا را فراهم می‌آورد. از جمله این کاربردها می‌توان به هماهنگ‌سازی شبکه‌های بی‌سیم تلفن و داده، ایستگاه‌های پخش رادیویی دیجیتال، کاربردهای تجاری مربوط به تراکنش‌های مالی، ابزار دقیق، زمان‌بندی در شبکه‌های برق، ارتباطات ماهواره‌ای و سایر زمینه‌های مرتبط با محاسبات زمانی اشاره کرد. بهبود عملکرد سیستم‌های ارتباطی، کاهش هزینه‌ها، افزایش دقت در اندازه‌گیری‌ها و بهبود هماهنگی فعالیت‌های مختلف، ضرورت و اهمیت دستیابی به زمان با دقت بالا را توجیه می‌کند (*UK Space Agency Corporate Plan*, 2022).

۳-۳ ایمنی و امنیت

سیستم‌های فضایی نقش مهمی در نظارت و حفاظت از جنبه‌های مختلف ایمنی و امنیت، از جمله نظارت بر مرزها، مدیریت بلایا، استراتژی‌های دفاعی و اجرای مقررات ایفا می‌کنند. این دسته شامل برنامه‌های مرتبط با تضمین ایمنی افراد، دارایی‌ها و زیرساخت‌های حیاتی و همچنین رسیدگی به تهدیدات و خطرات امنیتی است.

۳-۳-۱ امنیت[2]

امروزه، تجهیزات فضایی مثل ماهواره‌ها، ایستگاه‌ها، سکوها و فضاپیماها، نقشی حیاتی در افزایش امنیت موجودات زنده و طبیعت ایفا می‌کنند. نگهداری زیرساخت‌های شهری و بین‌المللی، به دلیل خدمات مهم و ضروری ارائه شده توسط آن‌ها، از اهمیت زیادی برخوردار است. فناوری‌های فضایی از موضوعاتی که برای رفاه بشریت مهم هستند، پشتیبانی می‌کنند؛ امدادرسانی در زمان وقوع بلایای طبیعی، مدیریت شرایط اضطراری، اقدامات آب و هوایی، بهبود سلامت، تأمین امنیت غذایی و آب و بسیاری از حوزه‌های دیگر جزء کاربردهای فناوری‌های فضایی محسوب می‌شوند(*Broad exploration of space technology's added value in the Netherlands*, 2020).

۳-۳-۲ ایمنی[3]

بسیاری از کاربردهای تجهیزات فضایی که در قسمتهای قبل یا بعد عنوان شده است به شکلی موجب بهبود ایمنی انسان یا محیط زیست انسان می‌شود. سامانه‌های فضایی می‌توانند در ایجاد ارتباطات مطمئن و دائمی بین بخش‌ها کمک کنند. این سامانه‌ها قادر به نظارت بر محیط‌زیست و پیش‌بینی حوادث و بلایای طبیعی و غیرطبیعی هستند. با تصویربرداری از مناطق آسیب‌دیده و ارائه اطلاعات جغرافیایی، می‌توان این حوادث را بهتر ارزیابی کرد و در عملیات امدادرسانی بهترین تصمیمات را اتخاذ کرد. همچنین، سامانه‌های فضایی می‌توانند در رهگیری اشیاء پرنده ناشناخته و ایجاد ایمنی پرواز (به کمک اطلاعات ناوبری و کنترل) نیز نقش داشته باشند. این کاربردها باعث بهبود ایمنی زیست انسانی، محیط زیست و صنعت هوافضا و کاهش خطرات مرتبط با آن می‌شوند (*UK Space Agency Corporate Plan*, 2022).

۳-۳-۳ امنیت غذایی[4]

سامانه‌های ماهواره‌ای و سکوهای فضایی با ارائه اطلاعات جامع و دقیق در مورد جنبه‌های مختلف تولید در بخش کشاورزی و شرایط محیطی، که بر تولید و دسترسی به غذا تأثیر می‌گذارد، به امنیت غذایی جامعه کمک می‌کنند. این تجهیزات قادرند سطح و نوع محصولات کشت شده در مناطق مختلف را شناسایی و اندازه‌گیری کرده و رشد و سلامت آن‌ها را پایش کنند. این اطلاعات به تخمین بازده، شناسایی عوامل خرابی محصول و برنامه‌ریزی جهت مداخلات انسانی کمک می‌کند. سامانه‌های فضایی قادرند خطرات طبیعی مانند خشکسالی، سیل، طوفان و هجوم آفات را پایش و پیش‌بینی کنند که این فرآیند به آماده‌سازی کشاورزان و متولیان دولتی کمک میکند و تأثیر بلایا را کاهش می‌دهد. این تجهیزات، اطلاعات به روز و دقیقی در مورد شاخص‌های امنیت غذایی ارائه می‌دهند و به اطلاع‌رسانی و ارزیابی سیاست‌ها و برنامه‌هایی که با هدف بهبود امنیت غذایی تدوین شده‌اند، کمک می‌نمایند (*Broad exploration of*

[1] Timing
[2] Security
[3] Safety
[4] Food Security

space technology's added value in the Netherlands, 2020).

۳-۳-۴ امنیت مرزها[1]

استفاده از ماهواره‌ها و سکوهای فضایی می‌تواند به ایمن‌سازی مرزها و مناطق و مدیریت بحران‌ها کمک کند. تجهیزات فضایی مانند ماهواره‌های رصد زمین، پهپادها و کشتی‌های استراتسفری قادرند تصاویر و فیلم‌های با وضوح بالا از مناطق مرزی را به دست آورده و تهدیدات احتمالی مانند عبور غیرقانونی، قاچاق و یا تعرض به مناطق را شناسایی کنند. همچنین، سامانه‌های مخابرات فضایی قادرند نیروهای گشت مرزی را در زمین، دریا و هوا به هم پیوند داده و اطلاعات را به اشتراک بگذارند تا اقدامات لازم با هماهنگی کامل انجام شود. به علاوه، رادارهای فضایی قادرند اهداف متحرکی مانند هواپیماهای فوق سبک، که توسط قاچاقچیان مواد مخدر استفاده می‌شوند، را بر فراز زمین و دریا شناسایی کند.

۳-۳-۵ دفاع نظامی

کاربردهای فضایی در حوزه دفاع نظامی اهمیت زیادی دارند و به منابع ارزشمندی در استراتژی نظامی و دفاعی تبدیل شده‌اند. از ماهواره‌ها و سکوهای فضایی برای انجام امور مختلف نظامی و دفاعی از جمله برای ارتباطات امن، جمع‌آوری اطلاعات، نظارت، ناوبری، موقعیت‌یابی و ارتباط با پرسنل و مراکز دوردست استفاده می‌شود. مهمترین کاربردها شامل کسب اطلاعات، جستجو و شناسایی می‌شوند که برای حفاظت از مرزها، جستجو و شناسایی عوامل دشمن و یا خرابکاران اهمیت دارند. ارتباطات امن به نیروهای نظامی اجازه می‌دهند تا در فواصل طولانی و حتی در مناطق دوردستی که روش‌های ارتباطی سنتی ممکن است غیرعملی یا غیرممکن باشد، با یکدیگر و فرماندهان خود ارتباط برقرار کنند. سامانه‌های موقعیت‌یابی سراسری به نیروهای نظامی این امکان را می‌دهند که مکان خود را مشخص کنند و مختصات دقیق هدف را برای رهگیری و هدف‌گیری ارائه دهند. همچنین، سکوهای فضایی می‌توانند برای مانورهای مداری، اتصال، سوخت‌گیری و یا تعمیر سامانه‌های دیگر استفاده شوند که این فرآیند عملکرد و طول عمر سامانه‌های موجود را افزایش می‌دهد (*Broad exploration of space technology's added value in the Netherlands*, 2020).

۳-۳-۶ امنیت انرژی[2]

استفاده از ماهواره‌ها و سکوهای فضایی به منظور ایجاد و نظارت بر سایت‌های تولید انرژی، به‌ویژه انرژی‌های تجدیدپذیر مانند صفحات خورشیدی و نیروگاه‌های خورشیدی و بادی، به عنوان یکی از راهکارهای اساسی برای افزایش امنیت انرژی محسوب می‌شود. این تجهیزات به دلیل پوشش گسترده، طولانی‌مدت و ایجاد شبکه‌های مخابراتی، قابلیت مکان‌یابی و نظارت مؤثر بر سایت‌های تولید انرژی را فراهم می‌کنند. داده‌های فضایی می‌توانند نقش مهمی در حل چالش‌های صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر فراساحلی ایفا کنند و باعث کاهش هزینه تولید انرژی از منابعی نظیر باد، موج و جزر و مد فراساحلی شوند. به علاوه، پایش خطوط انتقال نیرو و خطوط لوله نفت و گاز نیز از دیگر کاربردهای سامانه‌های فضایی است که در حفظ و افزایش امنیت انرژی مؤثر می‌باشد و در حال حاضر تقاضای بالایی دارد.

۳-۳-۷ پیشگیری از جرائم[3]

استفاده از سامانه‌های فضایی برای پیشگیری و تحقیق درباره جرم، یکی از کاربردهای مهم فضایی محسوب می‌شود. سازمان‌های مجری قانون با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای، به نظارت بر فعالیت‌های مشکوک مانند قاچاق مواد مخدر، مهاجرت غیرقانونی و تروریسم می‌پردازند. مراجع قانونی قادرند با کمک این تجهیزات مظنونین را شناسایی و ردیابی کرده، فعالیت‌های غیرقانونی، مانند قاچاق مواد مخدر را رصد کنند. علاوه بر این، ماهواره ها می توانند تصاویر دقیقی از یک مکان ارائه دهند که به مجریان قانون اجازه می‌دهد تا درک بهتری از وضعیت مناطق مختلف زمین به دست آورند. ماهواره‌ها همچنین به مجریان قانون توانایی نظارت بر فعالیت در مکان‌های دوردست را می‌دهند، که به ویژه برای ردیابی مظنونین در آن مناطق، مفید و ضروری است. در نتیجه، با استفاده از ماهواره‌ها و سکوهای فضایی، می‌توان به پیشگیری از وقوع جرم و کاهش فعالیت‌های غیرقانونی مانند قاچاق مواد مخدر و اجناس کمک کرد (*Broad exploration of space technology's added value in the Netherlands*, 2020).

[1] Cross-Border Risk

[2] Energy Security

[3] Crime Prevention

۳-۳-۸ اعمال قوانین[1]

استفاده از ماهواره‌ها و فناوری فضایی به منظور اجرای مقررات هوایی و فضایی از اهمیت بالایی برخوردار است. این فناوری‌ها برای تنظیم و کنترل ارتباطات، استفاده از طیف فرکانس‌ها، حمل و نقل فضایی تجاری، مانند پرتاب و ورود مجدد پرتابه‌ها و فعالیت‌های سنجش از راه دور تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. سازمان‌هایی مانند کمیسیون ارتباطات فدرال آمریکا و اداره هوانوردی فدرال وزارت حمل و نقل آمریکا، مسئولیت تنظیم و نظارت بر این فعالیت‌ها را بر عهده دارند. اعمال قوانین و مقررات، همچنین باعث حصول اطمینان از عدم تداخل فعالیتهای هوایی و فضایی با فعالیت‌های دیگر در سطح بین‌المللی می‌شود. از این رو، اعمال قوانین و مقررات فضایی از جمله کاربردهای اصلی و حیاتی فناوری فضایی است.

۳-۳-۹ رهگیری اشیا[2]

با توجه به گسترش فعالیت‌های فضایی و افزایش تعداد ماهواره‌ها و سکوهای فضایی، رهگیری دقیق اشیاء فضایی، از جمله زباله‌های فضایی با سطح کوچک، ضروری است. بنابراین رهگیری اشیاء فضایی به عنوان یکی از کاربردهای حیاتی فضایی مطرح است که برای جلوگیری از برخوردهای تصادفی و مدیریت ریسک‌های مرتبط با آسیب‌های جدی، بسیار اهمیت دارد. این فناوری به صورت مداوم مکان و مسیر حرکت اشیاء فضایی و زباله‌های فضایی را مشخص حرکت کرده و مسیر آینده آن‌ها را پیش‌بینی می‌کند. با اطلاعات به دست آمده در فرآیند رهگیری، اقدامات ایمنی ضروری انجام و برنامه‌هایی برای جلوگیری از برخورد احتمالی‌در نظر گرفته می‌شود (Guo & Wu, 2010)

۳-۳-۱۰ آگاهی از مخاطرات هوا-فضایی[3]

توانایی تشخیص، ردیابی و پیش‌بینی موقعیت اشیاء در فضا برای ایمنی عملیات فضایی و پایداری فعالیت‌های فضایی بسیار مهم است. با توجه به گستره دید و مداومت پرواز ماهواره‌ها و سکوهای فضایی، این فناوری‌ها نقش مهمی در آگاهی یافتن از مخاطرات دارند. به عنوان مثال، رادارها و تلسکوپ‌های نوری برای شناسایی و ردیابی اشیاء در فضا استفاده می‌شود. مسیر یک جسم در فضا را می‌توان با در نظر گرفتن اندازه، سرعت و کشش گرانشی دیگر اجرام در فضا پیش‌بینی کرد. دانشمندان برای پیش‌بینی مکان اجرام در فضا، ترکیبی از محاسبات ریاضی و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری را به کار می‌گیرند (*Broad exploration of space technology's added value in the Netherlands*, 2020).

۳-۴ مخابرات

ماهواره‌های ارتباطی از طیف گسترده‌ای از نیازها مانند شبکه‌های مخابراتی، خدمات اینترنتی، پخش و سنجش از راه دور پشتیبانی میکند و انتقال صدا، داده و ارتباطات چندرسانه‌ای را در سراسر جهان تسهیل می‌کنند. این دسته از کاربردها فناوری‌هایی را در برمی‌گیرد که ارتباطات و تبادل داده‌ها و دسترسی به اطلاعات را در مناطق وسیع امکان‌پذیر می‌کند.

۳-۴-۱ مخابرات رادیو تلویزیونی[4]

به منظور پخش سیگنال‌های رادیویی و تلویزیونی، یک ماهواره در مدار زمین آهنگ بالای خط استوا قرار می‌گیرد یا یک سکوی فضایی در نقطه‌ای از فضا مستقر می‌شود. ماهواره یا سکو سیگنال را از ایستگاه زمینی دریافت، تقویت و سپس به زمین ارسال می‌کند. سیگنال ارسالی، توسط گیرنده‌های ماهواره‌ای به سیگنال قابل دریافت توسط تلویزیون یا رادیو تبدیل می‌شود. در شرایطی که ارتفاع سکو از زمین، در مقیاس مدارهای ماهواره‌ای، کم باشد امکان دریافت سیگنال مستقیم وجود دارد (Futures, 2018).

۳-۴-۲ مخابرات داده[5]

انتقال داده روز به روز اهمیت بیشتری می‌یابد. از طرف دیگر حجم داده‌های منتقل شده به صورت نمایی افزایش می‌یابد و این به معنی آن است که تجهیزات و روش‌های قبلی جوابگوی نیازهای آینده نخواهند بود. از سال‌ها قبل ماهواره‌های زمین آهنگ امکان انتقال داده به تمام نقاط دنیا را با نرخ محدود فراهم کرده‌اند. اما در سال‌های اخیر ماهواره‌های ارتفاع پایین، پهپاد، کشتی هوایی و بالون‌ها نقش بسیار مؤثری در ایجاد شبکه‌های انتقال داده ایفا می‌نمایند. این سامانه‌ها به دلیل ارتفاع مناسب (نه چندان زیاد که باعث تاخیر سیگنال گردد و نه چندان کم که دید محدود داشته باشند) راه‌حل مناسبی برای ایجاد شبکه‌های انتقال داده در نقاط شهری و دوردست هستند (*Philippine*

[1] Regulatory Enforcement
[2] Object Tracking
[3] Space Situational Awareness
[4] Radio Television Communication
[5] Data Communication

Council for Industry, Energy and Emerging Technology Research and Development, 2021).

۳-۵ سلامت

فن‌آوری فضایی کاربردهای متعددی در بهبود و ارتقاء سلامت دارد. سیستم‌های فضایی با ارائه هشدارهای اولیه و ایجاد آمادگی اضطراری در مورد بهداشت عمومی، شیوع بیماری های عفونی و واگیردار و نظارت بر اثربخشی مداخلات در مناطق دورافتاده یا کم برخوردار، نقش مهمی در کاهش مخاطرات بهداشتی دارند.

۳-۵-۱ خدمات پزشکی[1]

ارائه خدمات پزشکی به عنوان یکی از کاربردهای فناوری فضایی، با هدف ارائه مراقبت‌های بهداشتی برای افراد در سطح زمین و فضانوردان در فضا مطرح شده است.

پزشکی از راه دور روشی متداول برای ارائه مراقبت های بالینی است که از طریق زیرساختهای داده و با استفاده از فناوری پیشرفته اعمال می‌شود. این روش می تواند به سادگی انتقال پیام‌های متنی جهت مراقبت‌های پزشکی تا جراحی های کنترل شده از راه دور باشد. پزشکی از راه‌دور تضمین می‌کند که هر فرد در مناطق دوردست یا در فضا، در صورت نیاز به مراقبت‌های بهداشتی و پزشکی، اطلاعات و خدمات مورد نیاز را از طریق شبکه داده و تجهیزات روبوتیک دریافت کند. مداوای شخصی‌سازی‌شده، بهبود نتایج مراقبت‌های بهداشتی و رفاه بیمار را فراهم می‌کند (*Indian Space Research Organisation*, 2023).

۳-۵-۲ رصد بیماری‌های واگیردار و ریسک سلامتی[2]

تجهیزات فضایی گسترش بیماری‌ها و فجایع زیست محیطی را از طرق غیر مستقیم، مانند رصد تغییرات محیط طبیعی زمین و تغییرات در رفتار انسان (مانند تغییرات آلودگی و تغییر روشنایی شبانه) و استفاده از داده‌های حسگرهای پوشیدنی، اندازه‌گیری می‌کنند. همچنین برای پیش‌بینی شیوع بیماری‌های عفونی از ردیابی داده‌های محیطی استفاده می‌شود. به عنوان مثال، با ارائه اطلاعات دمای سطح آب، که کلید شیوع بیماری‌های منتقل شونده از طریق آب است، درباره شیوع وبا هشدار داده می‌شود. تجزیه و تحلیل داده‌های اپیدمیولوژیک، تسهیل ارتباطات جهانی و تقویت سیستم‌های هشدار اولیه، واکنش به شیوع بیماری‌های واگیردار و آمادگی بهداشت عمومی را سرعت می‌بخشد و نظارت بر بیماری و ارزیابی ریسک سلامتی را ممکن می‌کند. فناوری فضایی همچنین با ارائه آگاهی موقعیتی، قابلیت‌های ارتباطی و ابزارهای تخصیص منابع برای عملیات واکنش پزشکی اضطراری، از تلاش‌های پاسخ به بلایا و کمک‌های بشردوستانه پشتیبانی می‌کند و در نهایت تاب‌آوری سلامت عمومی و ارائه مراقبت‌های بهداشتی را در مقیاس جهانی افزایش می‌دهد (*Centre National d'Études Spatiales*, 2022; *Swedish Space Corporation*, 2022).

۳-۵-۳ بیماری‌های خاص

شناسایی بیماری‌های نادر به عنوان یک کاربرد فضایی شامل استفاده از فناوری فضایی برای پیشبرد تحقیقات، تشخیص و درمان اختلالات نادر و ژنتیکی است. تحقیقات زیست‌پزشکی انجام شده در ایستگاه‌های فضایی و در شرایط ریزگرانش، فناوری‌های تصویربرداری مبتنی بر فضا و رویکردهای پزشکی دقیق (که توسط توالی‌یابی ژنومی فعال می‌شوند) از روندهای تحقیقاتی نوین به منظور تسریع شناسایی و کنترل بیماری‌ها هستند. با استفاده از قابلیت‌های فناوری فضایی، محققان و متخصصان مراقبت‌های بهداشتی می‌توانند نتایج مراقبت‌های بهداشتی را بهبود بخشند، مراقبت از بیمار را افزایش دهند و همکاری بین‌رشته‌ای را در رسیدگی به چالش‌های نادر و اختلالات ژنتیکی تقویت کنند.

۳-۵-۴ جست‌وجو و نجات[3]

ماهواره ها و سکوهای فضایی با ارائه اطلاعات بلادرنگ در مورد مکان قربانیان، میزان آسیب و در دسترس بودن منابع، در تسریع پاسخگویی و ارائه خدمات و فوریتهای پزشکی نقش مهمی در کاهش آسیبهای حوادث و بلایای طبیعی و کمک به مصدومان در زمین و فضا ایفا می‌کنند. ارتباطات ماهواره‌ای، سامانه‌های رصد زمین، سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی (GNSS)، فناوری‌های سنجش از راه دور در کنار طرح‌های همکاری بین‌المللی (مانند برنامه بین‌المللی COSPAS-SARSAT)، فناوری فضایی با ارائه ارتباطات بلادرنگ، موقعیت‌یابی دقیق و قابلیت‌های جستجو و نجات را افزایش می‌دهد (*Centre National d'Études Spatiales*, 2022).

[1] Medical Services
[2] Disease Surveillance and Health Risk
[3] Search and Rescue

۳-۶تفریح و گردشگری

تفریح و گردشگری در فضا، زمینه جذاب و نوپایی است که با رشد صنعت فضایی، به جذب توجه علاقه‌مندان به تجربه‌های منحصر به فرد فضایی کمک خواهد کرد.

۳-۶-۱ گردشگری[1]

گردشگری فضایی در حال حاضر به عنوان مهم‌ترین فعالیت تجاری در فضا مطرح شده است و مهم‌ترین هدف آن اعزام افراد به فضا برای ماجراجویی و تجربه شرایط کار و زندگی در فضا است. فناوری‌های فضایی طراحی، ساخت و بهره‌برداری از فضاپیماهایی با قابلیت انتقال گردشگران به مقاصد فضایی را امکان پذیر ساخته‌اند. سیستم‌های پیشران پیشرفته، وسایل نقلیه و فضاپیماهای مجهزو پایگاه‌های پرتاب فضاپیما از جمله زیرساخت‌های مورد نیاز برای انجام مأموریت‌های گردشگری فضایی هستند. فناوری‌های عملیات فضایی مانند مخابرات، ناوبری و هدایت خودکار پشتیبانی از زندگی در فضا را امکان‌پذیر می‌کنند و ایمنی و راحتی مسافران را در طول سفر تضمین میکند. گردشگری فضایی به گسترش حضور انسان در خارج از مرزهای زمین کمک می‌کند و به افراد فرصت تجربه شگفتی‌های فضا از نزدیک تجربه را می‌دهد (Futures, 2018; *South African National Space Agency*, 2022).

۳-۶-۲ تفریح[2]

تفریح در فضا شامل کلیه فعالیت‌های مورد علاقه افراد شامل تجربیات منحصر به فرد و حتی تحقیقات علمی است. فناوری‌های فضایی به صورت غیر مستقیم در صنعت سرگرمی، هنر، آموزش و تحقیقات علمی تأثیر گذار است. فیلم سازان با برداشت تصاویر خیره‌کننده از فضا و محیط‌های آینده‌نگر، ضمن تشریح شرایط واقعی فضا برای افراد جامعه و توسعه بینش آنها، صنعت سرگرمی‌های تصویری را متحول می‌کنند. توسعه‌دهندگان بازی‌های ویدیویی برای طراحی بازی‌هایی شامل ماجراجویی‌های فضایی، از تجربیات واقعی فضانوردان استفاده می‌کنند. استادان و دانشجویان و حتی دانش‌آموزان از تجربیات فضایی و داده‌های بدست آمده در این سفرها جهت تبیین اصول علمی و انجام تحقیقات جدید بهره می‌برند (*South African National Space Agency*, 2022).

۴- بحث و نتیجه‌گیری

فناوری‌های فضایی توانایی ما برای مشاهده، جهت‌یابی، برقراری ارتباط، تضمین ایمنی و امنیت، ارتقای سلامت و افزایش فعالیت‌های اوقات فراغت را متحول کرده است. با تحلیل مضمون اسناد راهبردی کشورهای مختلف، شناسایی و طبقه‌بندی کاربردهای فضایی به پایش زمین، هدایت و ناوبری، ایمنی و امنیت، ارتباطات، سلامت و گردشگری و تفریح، می‌توانیم مشارکت‌های چندوجهی فناوری فضایی را در رفع نیازهای مختلف اجتماعی-اقتصادی بررسی کنیم.

در دسته پایش و مدیریت محیط، سامانه‌هایِ فضاییِ رصدِ زمین نقش اساسی در نظارت و درک محیط‌زیست و پدیده‌های طبیعی و مصنوع دست بشر(شامل ردیابی تغییرات کاربری زمین، ارزیابی تخریب محیطی، پیش‌بینی الگوهای آب و هوا و مدیریت بلایای طبیعی) دارند. فعالیت‌های این دسته شامل کسب و پردازش داده‌های خام از سامانه‌های فضایی است و معمولاً بر جمع‌آوری داده‌ها از ماهواره‌ها و فناوری‌های سنجش از دور متمرکز است. این فعالیت‌ها اغلب با تحقیقات علمی همراه است و اطلاعات لازم برای تحلیل و کاربرد بیشتر در سایر بخش‌ها را ارائه می‌دهند. با استفاده از تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای، سیاست‌گذاران می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌ای برای کاهش خطرات زیست‌محیطی، افزایش آمادگی در برابر بلایا و ترویج توسعه پایدار اتخاذ کنند.

در گروه کاربردهای هدایت و ناوبری، تجهیزات و سیستم‌های ناوبری مبتنی بر سامانه‌های فضایی به ابزاری ضروری برای ناوبری ادوات پرنده، موقعیت‌یابی دقیق، زمان‌بندی، بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل، تسهیل کشاورزی دقیق و واکنش اضطراری تبدیل شده است. سامانه‌های ناوبری علاوه بر افزایش کارایی، ایمنی و بهره‌وری به گسترش دامنه کاربردها درآینده کمک می‌کنند.

فناوری‌های فضایی به طور قابل توجهی به افزایش ایمنی و رسیدگی به چالش‌های امنیتی در مقیاس جهانی کمک می‌کنند. به طور مثال نظارت برگذرگاه‌های مرزی و حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی، پایش به منظور پیشگیری از وقوع جرم، واکنش سریع در شرایط اضطراری، ردیابی اشیاء و حفظ موقعیت مکانی در فضا ضمن افزایش توانایی مقابله با تهدیدات پیش بینی نشده و تضمین امنیت دارایی‌های زمینی و فضایی، پشتیبانی

[1] Tourism
[2] Recreation

ارزشمندی برای سازمان‌های امنیتی و مجری قانون فراهم می‌آورد.

در حوزه مخابرات، سیستم‌های ارتباطی ماهواره‌ای به‌عنوان ستون فقرات اتصال جهانی عمل می‌کنند و ارتباطات و تبادل داده‌ها را در فواصل بسیار وسیع امکان‌پذیر می‌سازند. ارتباطات ماهواره‌ای نه تنها در ارائه خدمات مخابراتی، تسهیل دسترسی به اینترنت در مناطق دورافتاده و پخش سیگنال‌های تلویزیونی در سراسر جهان بسیار تأثیر گذار است، بلکه نقش مهمی در پر کردن شکاف‌های دیجیتال و توسعه اقتصادی-اجتماعی ایفا می‌کند. قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری شبکه‌های ماهواره‌ای، ضرورت استفاده از آن‌ها را در سناریوهای ارتباط اضطراری توجیه می‌کند. این کاربردها، شامل پردازش، تجزیه و تحلیل و ترکیب داده‌های جمع‌آوری‌شده برای به دست آوردن بینش و ارائه خدمات یا محصولات کارآمد است. این فعالیت‌ها اغلب به تکنیک‌های پیشرفته پردازش داده، الگوریتم‌ها و مدل‌سازی نیاز دارند تا داده‌های خام را به اطلاعات عملی تبدیل کنند و کاربردهای ثانویه (مانند ردیابی، ناوبری، مکان‌یابی، نقشه‌برداری، زمان‌بندی، امنیت، ایمنی، امنیت غذایی، پایش مخاطرات مرزی، دفاع، امنیت انرژی، پیشگیری از جرم، اجرای مقررات، ردیابی اشیا و آگاهی از موقعیت فضایی) را ممکن سازند.

در حوزه سلامت، فناوری‌های فضایی انقلابی در ارائه مراقبت‌های بهداشتی و نظارت بر بیماری‌ها ایجاد کرده‌اند و راه‌حل‌های نوآورانه‌ای برای مقابله با چالش‌های بهداشت عمومی ارائه می‌دهند. خدمات پزشکی از راه دور، مانند مشاوره غیر حضوری و تشخیص و درمان از راه دور، در کنار تصویربرداری پزشکی، که از طریق فناوری ارتباطات فضایی و روبوتیک فراهم می‌شود، دسترسی به خدمات و مراقبت‌های بهداشتی را در مناطق محروم فراهم می‌کند. سیستم‌های فضایی نظارت بر بیماری‌ها، تشخیص و پایش زودهنگام بیماری‌های عفونی و واگیردار، کمک به مداخلات به موقع و ایجاد آمادگی فراگیر را امکان‌پذیر می‌سازند.

در حوزه گردشگری، ادغام فناوری فضایی در گردشگری و فعالیت‌های تفریحی، تجربه سفر را افزایش و نظارت بر محیط‌زیست را ارتقا می‌دهد. گردشگری فضایی و تفریح، راه را برای تجربیات جدید و فرصت‌های اقتصادی هموار می‌کند. علاوه بر این، نظارت مبتنی بر سامانه‌های فضایی حفظ زیستگاه‌های طبیعی و سایت‌های میراث فرهنگی، برای نسل‌های آینده، را امکان پذیرمی‌کند.

کاربردهای فضایی شامل ارائه خدمات، محصولات یا اطلاعات به دست آمده از داده‌های پردازش شده به کاربران نهایی، مشاغل، دولت‌ها یا سایر نهادها است. این فعالیت‌ها بر استفاده از داده‌های تجزیه و تحلیل شده برای رفع نیازهای خاص، حل مشکلات یا ارائه خدمات ارزش افزوده تمرکز دارند و از نظر درآمدزایی و ایجاد شغل تأثیر به سزایی در اقتصاد کشورها دارند.

در نتیجه، طبقه‌بندی کاربردهای فضایی، دستیابی به راه‌های مناسب جهت رفع نیازهای اجتماعی-اقتصادی و پیشبرد توسعه انسانی را تسهیل و بهترین راه‌کارها را برجسته می‌سازد. با استفاده از کاربردهای رصد زمین، ناوبری، ایمنی و امنیت، ارتباطات، سلامت و گردشگری و تفریح، می‌توان فرصت‌های جدیدی را برای نوآوری، همکاری و رشد پایدار در مقیاس جهانی ایجاد کرد.

تعارض منافع

"این پژوهش تحت هدایت معنوی و حمایت مالی پژوهشگاه فضایی ایران در همکاری و تعامل با دانشگاه تهران صورت پذیرفته است."

تشکر و قدردانی

از تمامی مدیران و کارکنان پژوهشگاه فضایی ایران که در جلسات خبرگی پروژه «درخت فناوری پژوهشگاه فضایی ایران» حضور و مشارکت موثر داشته‌اند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

مراجع

[1] Dialogic, "Broad exploration of space technology's added value in the Netherlands," 2020. [Online]. Available: https://dialogic.nl/wp-content/uploads/2021/05/Management-Summary_Broad-exploration-of-space-technology%E2%80%99s-added-value-in-the-Netherlands-Oct-2020.pdf. [Accessed: Jun. 3, 2024].

[2] Centre National d'Études Spatiales, "CNES 2022," 2022. [Online]. Available: https://cnes-carte-de-visite-2022.fr/assets/media/pdf/cnes2022-plaquette_en.pdf. [Accessed: Jun. 3, 2024].

[3] C. Futures, "Space: a roadmap for unlocking future growth opportunities for Australia," 2018.

[4] [4] H. Guo and J. Wu, "Space Science & Technology in China: A Roadmap to 2050". Springer, 2010.

[5] Indian Space Research Organisation, "ISRO Coffee Table Book," 2023. [Online]. Available: https://www.isro.gov.in/media_isro/pdf/coffee_table.pdf. [Accessed: Jun. 3, 2024].

COPYRIGHTS
© 2025 by the authors. Licensee Iranian Space Research Center of Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

[6] P. Kansakar and F. Hossain, "A review of applications of satellite earth observation data for global societal benefit and stewardship of planet earth," Space Policy, vol. 36, pp. 46-54, 2016.
[7] K. Miura and H. Furuya, "Adaptive structure concept for future space applications," AIAA Journal, vol. 26, no. 8, pp. 995-1002, 1988.
[8] Philippine Council for Industry, Energy and Emerging Technology Research and Development, "Final STA Roadmap," 2021. [Online]. Available: https://pcieerd.dost.gov.ph/images/pdf/2021/roadmaps/sectoral_roadmaps_division/etdd/Final_STA-Roadmap-os-16.3.2021-1.pdf. [Accessed: Jun. 3, 2024].
[9] South African National Space Agency, "SANSA Annual Performance Plan 2018/19," 2018. [Online]. Available: https://www.sansa.org.za/wp-content/uploads/2018/10/SANSA-Annual-Performance-Plan-2018_19.pdf. [Accessed: Jun. 3, 2024].
[10] South African National Space Agency, "SANSA Strategic Plan 2020-2025," 2022. [Online]. Available: https://www.sansa.org.za/wp-content/uploads/2022/04/SANSA-Strategic-Plan-2020-2025-Revised.pdf. [Accessed: Jun. 3, 2024].
[11] Swedish Space Corporation, "SSC in Summary 2022," 2022. [Online]. Available: https://sscspace.com/uploads/SSC-in-Summary-2022.pdf. [Accessed: Jun. 3, 2024].
[12] UK Space Agency, "Corporate Plan 2022-25," 2022. [Online]. Available: https://www.housing-ombudsman.org.uk/wp-content/uploads/2022/03/Corporate-Plan-2022-25-Published-March-2022-2.pdf. [Accessed: Jun. 3, 2024].
[13] M. van Meeteren, F. Trincado-Munoz, T. H. Rubin, and T. Vorley, "Rethinking the digital transformation in knowledge-intensive services: A technology space analysis," Technological Forecasting and Social Change, vol. 179, p. 121631, 2022.