JSST Journal of Space Science and Technology

VOL. 17 / ISSUE 1/ SPRING 2024 (NO. 60)
Print ISSN: 2008-4560 / Online ISSN: 2423-4516
DOI: 10.22034/JSST.2024.1458

OPEN ACCESS

Pages: 49-62 / Research Paper / Submit: 23 August 2023 / Accepted: 18 September 2023

Availablein: http://jsst.ias.ir

Deploying of Space Technology Development Strategy based on Developed Countries' Mode

Hadi Jalili

Assistant Professor, Iranian space research center, Tehran. Iran

Corresponding Author E-mail: hadi.jalili.n@gmail.com

Abstract

This paper reviews models of space technology development in a series of countries close to target, Iran. To achieve this goal, two sets of countries are under review, the former are countries in region more developed in Space Technology and the latter are countries that are following those. In this research, the leading countries like USA, Russia, China, Japan, India and European Union as the prominent countries in the field of space technology have been neglected. The countries under investigation include the occupation regime of Al-Qods, South Korea and Turkey in the first degree of importance and the United Arab Emirates, North Korea, Kazakhstan and Pakistan in the second degree of importance. Then, SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats) analysis has been done for the space technology trends in the country, and by considering the requirements of the space technology development models, the proper development model has been introduced with the relevant ones. According to the obtained results, the indigenous development model is the best space technology development model for Iran, and one of the most important infrastructures needed in this model is suborbital laboratory and a minimal mass orbital launch service.

Keywords: Space Technology Development, Development Model, Suborbital Laboratory, Minimal Mass Orbital Launch Service.

1. Introduction

Long-term planning for space technology development is critical because the space tests and activities are very expensive. One of the ways to identify the appropriate approach to space technology development is to study the development activities of the countries that have space technology.

In this research, by neglecting the pioneer countries in space technology, the countries under investigation include the occupation regime of Al-Qods, South Korea and Turkey in the first degree of importance and the United Arab Emirates, North Korea, Kazakhstan and Pakistan in the second degree of importance. Each of these countries, based on their existing infrastructure and potential, has chosen an appropriate strategy for space technology development. Studying the development approach of space technology in these countries, determines the policies and strategies applied for the growth of the space industry.

2. Space technology development approach in developed countries

The space activities of the occupation regime of Al-Qods started in the early 1960s with the establishment of the National Committee for Space Research and the implementation of a university research project[1]. The trend of space technology development in the occupation regime of Al-Qods is as follows [2-5].

Changes over time		
1979 - Up to Now		
Development of Satellite	Scientific Satellite	
1979 - 1990	1990 - 1998	
Ofeq1, 2	TechSat a, b	
	Remote Sensing and Spy Satellite	
	1990 – Up to Now	
	Ofeq3-11, 13, 16, TecSAR, ErosA-C, NG	
	Communication Satellite	
	1990 – Up to Now	
	Amos1-6	

Figure 1. The trend of satellite development in Occupation regime of Al-Qods

COPYRIGHTS
© 2024 by the authors. Published by Aerospace Research Institute. 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)

How to cite this article:
H. Jalili." Deploying of Space Technology Development Strategy based on Developed Countries' Mode," Journal of Space Science and Technology, vol. 17, no. 1, pp. 49-62, 2024 (in Persian)

The first Korean satellite named Kitsat-1 was built and launched in 1992 in cooperation with SSTL (Surrey Satellite Technology Ltd - UK) [2-5]. The trend of space technology development in South Korea is as follows:

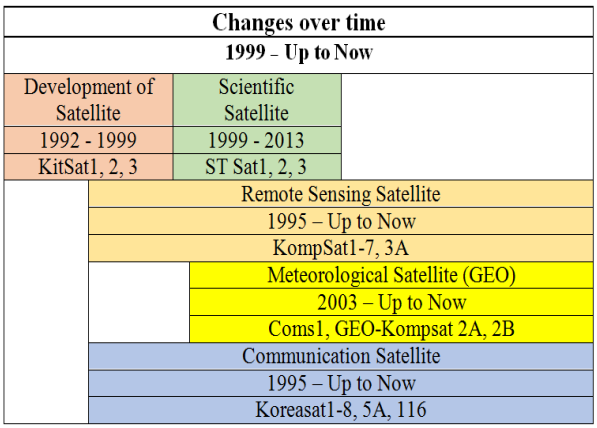


Figure 2. The trend of satellite development in South of Korea

Turkey's space activities started with the BILSAT-1 satellite in 1996, which was launched in 2003. This micro-class satellite was designed and built with the participation and training of the British SSTL company [2-5]. The trend of space technology development in Turkey is as follows:

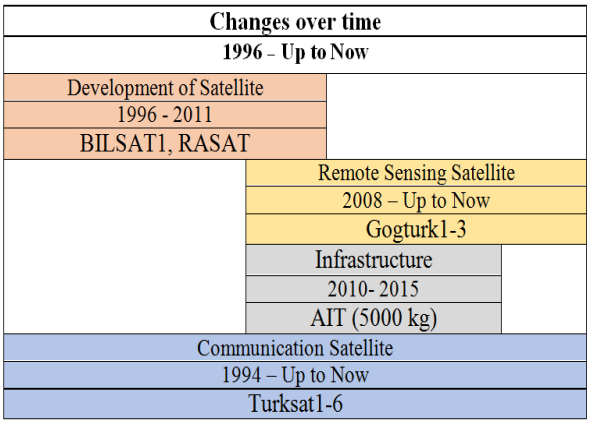


Figure 3. The trend of satellite development in Turkey

3. Results and Discussion

Based on this study, there are two strategies for developing space technology: indigenous development and collaborative development. The collaborative development is at two levels of self-sufficiency (without the need for a participating country to develop subsequent satellites) and the level of system design and assembly (with the need for satellite buses from a participating country) [6]. Figure 4 shows how many years it took to develop remote sensing and communication satellites for each country based on a chosen strategy.

Country	Model	Developing Years 1979 – Up to Now
Occ. regime of Al-Qods	Domestic Bus	Remote Sensing (16 yr)
		Communication (17 yr)
South Korea	Cooperative Bus	Remote Sensing (21 yr)
		Communication (27 yr)
Turkey	Cooperative Assembly	Remote Sensing (15 yr)
		Communication (25 yr)
Pakistan	---	Remote Sensing (2001)
		Communication (1990)
North Korea	---	Remote Sensing (1998)
UAE	Cooperative	Remote Sensing (2006)
Kazakhstan	Cooperative	Remote Sensing (2009)

Figure 4. Comparing between the trend of space technology development in studied countries

4. Conclusions

Considering the maturity of space technology in Iran and considering the requirements of technology development in each of the proposed models, it can be concluded that the best space development strategy for Iran is the indigenous development model. However, in this development, international cooperation can be used. Because of the mature level of space technology in Iran and considering previous experiences, it can be concluded that developing operational remote sensing and communication satellites takes about 5-10 and 15 years, respectively [7]. In the indigenous development model, the suborbital test laboratory and a minimal mass orbital launch service are needed.

5. References

[1] B. Harvey, H. H. Smid, and T. Pirard, *Emerging space powers: the new space programs of Asia, the Middle East and South-America*. Springer Science & Business Media, 2011.

[2] *Earth observation portal*. Available: https://eoportal.org

[3] *Gunter's space page*. Available: https://Spacesky.rocket.de

[4] S. J. Isakowitz, J. P. Hopkins, and J. B. Hopkins, *International Reference Guide to Space Launch Systems*. American Institute of Aeronautics and Astronautics(AIAA), 2004.

[5] L. Bartamian, D. Martin, and P. Anderson, *Communication satellites 5th Edition*. American Institute of Aeronautics and Astronautics,(AIAA), 2007.

[6] Available: https://en.wikipedia.org .

[7] H. Jalili, "Comparative studies of the development of space technology in the countries of the region," Iranian space research center, Tehran, Iran, Technical report SRI-5097-D-0001, 2022.(in Persian)

JSST
فصلنامهٔ علمی - پژوهشی علوم و فناوری فضایی

دوره ۱۷/ شماره ۱/ بهار ۱۴۰۳ / (پیاپی ۶۰)
شاپای چاپی: ۴۵۶۰- ۲۰۰۸ / شاپای الکترونیکی: ۴۵۱۶-۲۴۲۳
DOI: 10.22034/JSST.2024.1458
ص. ص. ۶۲-۴۹/ مقاله پژوهشی / دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۱ / پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷
Availablein: http://jsst.ias.ir

تبیین راهبرد توسعه فناوری فضایی بر اساس الگوی کشورهای توسعه‌یافته

هادی جلیلی

پژوهشگاه فضایی ایران، تهران، ایران

ایمیل نویسنده مخاطب: hadi,jalili.n@gmail.com

در این مقاله، ابتدا به بررسی الگوهای توسعه فناوری فضایی در کشورهای منطقه پرداخته شده و معیارها و شاخصه‌های اصلی هر یک از این الگوها استخراج شده است. در این تحقیق با صرف‌نظر از کشورهای پیشرو مانند آمریکا، روسیه، چین، ژاپن، هند و اتحادیه اروپا، به بررسی کشورهای مطرح منطقه در حوزه فضایی پرداخته شده است. این کشورها در درجه اول اهمیت شامل رژیم اشغالگر قدس، کره جنوبی و ترکیه و در درجه دوم اهمیت شامل امارات متحده عربی، کره شمالی، قزاقستان و پاکستان می‌باشند. پس از آن، تحلیل قوت، ضعف، فرصت و تهدید (SWOT) برای شرایط توسعه فناوری فضایی در کشور انجام شده و در انتها بر اساس نیازمندی‌های الگوی توسعه فناوری فضایی، بهترین الگوی توسعه به‌همراه نیازمندی‌های مربوطه اعلام شده است. بر اساس نتایج این تحقیق، "مدل توسعه بومی" بهترین مدل توسعه فناوری فضایی در کشور می‌باشد و یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های موردنیاز در این زمینه، داشتن آزمایشگاه زیرمداری و قابلیت انجام پرتاب‌های مداری ارزان قیمت با جرم حداقلی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: توسعه فناوری فضایی، الگوی توسعه، آزمایشگاه زیرمداری، پرتاب مداری ارزان قیمت.

مقدمه

برنامه‌ریزی بلندمدت برای توسعه فناوری فضایی از این جهت مهم و حیاتی است که حوزه فضایی بسیار پرهزینه بوده و برنامه‌ریزی نادرست می‌تواند این هزینه‌ها را بسیار افزایش دهد به گونه‌ای که با توجه به امکانات موجود، ادامه مسیر یا به صرفه نباشد یا غیرممکن شود. از سوی دیگر تخمین اشتباه هزینه–زمان توسعه فضایی (کمتر از میزان واقعی)، باعث ایجاد دلسردی در مدیران ارشد و همچنین بدنه کارشناسی می‌شود به گونه‌ای که ممکن است اعتقاد به توسعه فناوری فضایی در داخل کشور کم رنگ شود. لذا با یک برنامه‌ریزی بلند مدت و صحیح برای رسیدن به خدمات یا سامانه‌های فضایی، بایستی ملزومات توسعه فضایی را به دقت مشخص و تبیین نمود. در این مسیر شاید توسعه تمام ملزومات نیاز نبوده و راه‌های میان‌بری وجود داشته باشد که بتوان در زمان و هزینه اکتساب فناوری صرفه‌جویی نمود.

یکی از راه‌های شناسایی الگوی مناسب توسعه فناوری فضایی، مطالعه روند توسعه کشورهای صاحب فناوری فضایی و استخراج الگوهای مورد بهره‌برداری توسط آن کشورها می‌باشد. برای این منظور، با صرف‌نظر از کشورهای ایالات متحده آمریکا و روسیه به عنوان قطب‌های این فناوری و همچنین سازمان فضایی اروپا، و تمرکز بر روی کشورهای آسیایی می‌توان دسته‌بندی مطابق جدول ۱ به شرح زیر را ارائه نمود [1]:

جدول ۱- کشورهای آسیایی توانمند در حوزه فضایی

دسته‌بندی کشورها	نام کشورها
کشورهای پیشرو	چین، هند، ژاپن
کشورهای توسعه یافته	رژیم اشغالگر قدس، کره جنوبی، ترکیه
کشورهای در حال توسعه	امارات متحده عربی، ایران، کره شمالی، قزاقستان

۱- استادیار

COPYRIGHTS
© 2024 by the authors. Published by Aerospace Research Institute. 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)

از میان کشورهای پیشرو در صنعت فضایی کشورهای ژاپن و چین در سال ۱۹۷۰ و کشور هند در ۱۹۸۰ با پرتاب اولین ماهواره، جزء کشورهای استفاده کننده از خدمات فضایی شدند.

نگاهی به روند توسعه صنعت فضایی در کشورهای توسعه یافته آسیایی، تا حدودی سیاست‌ها و راهبردهای اتخاذ شده برای رشد صنعت فضایی را مشخص می‌کند. رژیم اشغالگر قدس، کره جنوبی و ترکیه در حوزه فضایی توسعه یافته تلقی می‌شوند که در ادامه به بررسی روند آن‌ها پرداخته شده است. از سوی دیگر کشورهای در حال توسعه در حوزه فضایی، شامل ایران، کره شمالی، امارات، پاکستان، قزاقستان و غیره می‌باشند که هر یک به فراخور زیرساخت‌ها و پتانسیل‌های موجود در کشور خود، در مسیر توسعه فضایی گام نهاده‌اند. در ادامه به اختصار به برخی اقدامات این کشورها در حوزه فضایی پرداخته شده است.

الگوهای توسعه فناوری فضایی در کشورهای توسعه‌یافته

مروری بر الگوی توسعه فضایی رژیم اشغالگر قدس

فعالیت‌های فضایی رژیم اشغالگر قدس از اوایل سال ۱۹۶۰ با تاسیس کمیته ملی تحقیقات فضایی و انجام پروژه‌های تحقیقاتی دانشگاهی شروع شد. در سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰، زیرساخت‌های لازم برای توسعه و تحقیق در زمینه دانش و اکتشافات فضایی توسعه داده شد. از اولین اقدامات این حوزه تست راکت دو مرحله ای در سال ۱۹۶۱ می‌باشد. برنامه ماهواره‌ای در سال ۱۹۷۹ با امکان‌سنجی در این حوزه آغاز شد. این موضوع پس از معاهده صلح میان رژیم اشغالگر قدس و مصر و ممنوعیت ارسال هواپیمای جاسوسی به خاک مصر برای نظارت بر فعالیت صحرای سینا، آغاز شد. در سال ۱۹۸۲، برنامه اوفک[1] به‌منظور توسعه ماهواره‌های سنجشی آغاز شد [2]. این برنامه شامل تعیین زمان‌بندی‌ها، توسعه ایستگاه‌های زمینی، تخمین بودجه و تامین نیروی انسانی موردنیاز می‌باشد. از اهداف این برنامه، توسعه ماهواره بدون اتکاء به کمک کشورهای دیگر بوده است. ساخت این سری از ماهواره با تکیه بر قابلیت‌های بومی این کشور بود و این ماهواره‌ها مبنایی برای ساخت ماهواره با کاربرهای دیگر (سنجشی و مخابراتی) شد.

اوفک۱ یک ماهواره آزمایشی ۱۵۷ کیلوگرمی برای نشان دادن توانایی رژیم اشغالگر قدس برای راه‌اندازی ماهواره‌های کوچک بود. طراحی این ماهواره از سال ۱۹۷۹ آغاز شد و در سال ۱۹۸۸ توسط پرتابگر بومی شاویت[2] پرتاب شد [3] و عملیات خود را با موفقیت برای حدود ۴ ماه انجام داد و سرانجام در ۱۴ ژانویه ۱۹۸۹ به جو بازگشت. در این عملیات، تولید، انتقال و دریافت سیستم توان خورشیدی و همچنین کارکرد و قابلیت سیستم در شرایط بی‌وزنی و خلاء تست شد. همچنین جمع‌آوری اطلاعات در مورد شرایط محیط فضا و میدان مغناطیسی زمین انجام گرفت. لازم به ذکر است که عمر عملیاتی ماهواره حدود چند هفته در نظر گرفته شده بود ولی به دلیل قرار گرفتن در مدار بالاتر از مدار مورد نظر تا ۱۴ ژانویه ۱۹۸۹ به جو بازنگشت [3].

ماهواره اوفک ۲ همانند اوفک ۱ بود که برای آزمایش عملکرد سیستم‌های مخابراتی در مدار، در ۳ آوریل ۱۹۹۰ توسط پرتابگر شاویت پرتاب و در ۹ جولای ۱۹۹۰ وارد جو زمین شد. جرم این ماهواره ۱۶۰ کیلوگرم بود. این ماهواره برای تست لینک‌های مخابراتی مورد بهره‌برداری قرار گرفت. شایان ذکر است پلتفرم اوفک ۱و۲، Ofeq-1 Bus بوده است.

ماهواره اوفک ۳ اولین ماهواره جاسوسی رژیم اشغالگر قدس به‌شمار می‌رود که در سال ۱۹۹۵ توسط Shavit-1 پرتاب شد. پلتفرم این ماهواره و سری‌های بعدی ماهواره اوفک، OPTSAT-2000 می‌باشد. جرم این ماهواره ۲۲۵ کیلوگرم می‌باشد.

پس از آن، ادامه ماهواره‌های سری اوفک (۴ الی ۱۰) از سال ۱۹۹۸ الی ۲۰۱۴ توسعه یافتند. در این میان محموله‌های دید در شب (اوفک۶)، رزولوشن بهتر از ۰/۵ متر (اوفک ۹) و پرتاب با پرتابگر بومی شاویت از جمله نکات بارز این ماهواره‌ها می‌باشد [2, 3].

فعالیت رژیم اشغالگر قدس در حوزه ماهواره‌های سنجشی (غیرجاسوسی) با استفاده از پرتابگرهای غیر بومی انجام شده است. ماهواره‌های سری اروس (A تا C و منظومه NG) بر پایه پلتفرم OPSAT-2000 و OPSAT-3000 بوده و از سال ۱۹۹۷ آغاز شد[2] و طی سال‌های ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۲ پرتاب شده‌اند. رزولوشن تصویربرداری این ماهواره‌ها به ترتیب ۱/۸، ۰/۷ و ۰/۷ و ۰/۳ متر می‌باشد [3]. ماهواره اروس–سی مجهز به دوربین ابرطیفی می‌باشد. از سوی دیگر، تِک–سار یک ماهواره جاسوسی مجهز به synthetic aperture radar است و اولین ماهواره کوچک دارای رادار هوابرد وزارت دفاع رژیم اشغالگر قدس محسوب می‌شود. جرم این ماهواره ۲۹۵ کیلوگرم و توان آن ۷۵۰ وات است. این ماهواره به‌واسطه سیستم رادار X-band خود، قابلیت عکس‌برداری با رزلوشن ۱۰ سانتیمتر را دارد. این ماهواره در سال ۲۰۰۸ توسط پرتابگر هندی PSLV پرتاب گردید.

فعالیت‌های رژیم اشغالگر قدس در زمینه ماهواره‌های مخابراتی با ماهواره‌های آموس آغاز شد. ماهواره‌های آموس از سری ماهواره‌های مخابراتی رژیم اشغالگر قدس هستند که پروژه آن در سال ۱۹۹۰ آغاز

1. Ofeq Program

2. Shavit

شد. تمامی این ماهواره‌ها توسط Spacecom بهره‌برداری شده است و به جز آموس ۵، همگی توسط صنایع هوافضای رژیم اشغالگر قدس (IAI) توسعه یافته‌اند. برای پرتاب این ماهواره‌ها از پرتابگرهای غیربومی استفاده شده است [3, 4].

آموس ۱ اولین ماهواره مخابراتی رژیم اشغالگر قدس بود که بر اساس تجربیات ماهواره اوفک شکل گرفت و طراحی آن از سال ۱۹۹۰ آغاز شد. جرم این ماهواره ۹۶۱ کیلوگرم و دارای عمر عملیاتی ۱۱ سال است و از پلتفرم آموس استفاده نموده و دارای ۷ باند ku اصلی و ۲ پشتیبان می‌باشد. همچنین این ماهواره می‌تواند ۱/۲۳ کیلو وات توان را توسط سلول‌های خورشیدی تأمین نماید. این ماهواره در سال ۱۹۹۶ توسط پرتابگر آریان پرتاب شد و در سال ۲۰۰۹ به اینتل فروخته شد و به عنوان اینتل ست-۲۴ در مدار قرار گرفت. هزینه توسعه، پرتاب و ۱۰ سال عملیات آموس ۱ حدود ۲۵۰ میلیون دلار تخمین زده می‌شود. پیمانکار اصلی این ماهواره IAI می‌باشد. در توسعه این ماهواره شرکت‌های DASA و Alcatel مساعدت داشته‌اند. همچنین شرکت‌های اروپایی در تهیه برخی زیرسامانه‌های ماهواره همکاری داشته‌اند (شرکت Alcatel در تامین محموله باند Ku، شرکت German Dornier در تامین زیرسیستم توان، شرکت MBB (Astrium) در تامین تراستر و شرکت Teldix در تامین چرخ مومنتوم) [3, 5, 6] .

پس از آن، ادامه ماهواره‌های سری آموس (۲ الی ۶) توسعه یافته و مورد بهره‌برداری قرار گرفتند. پرتابگرهای مورد استفاده به ترتیب سایوز، زنیت، زنیت، پروتون و فالکون ۹ می‌باشند و فقط آموس۵ با پلتفرم روسی Ekspress-1000N (غیربومی) توسعه یافته است [7] .

به‌طور خلاصه روند توسعه ماهواره‌های رژیم اشغالگر قدس مطابق شکل ۱ قابل بیان می‌باشد.

تغییرات در گذر زمان		
تاکنون - ۱۹۷۹		
	ماهواره‌های علمی-تحقیقاتی	توسعه دانش طراحی سیستمی بومی
	۱۹۹۸-۱۹۹۰	۱۹۹۰-۱۹۷۹
	تکست ای و بی	آفک۱ و آفک۲
ماهواره‌های عملیاتی جاسوسی و سنجشی		
۱۹۹۰-تاکنون		
آفک۳-۱۱، ۱۳، ۱۶ و تکسار و اروسA تا C و NG		
ماهواره‌های عملیاتی مخابراتی		
۱۹۹۰-تاکنون		
آموس۱-۶		

شکل ۱- روند توسعه ماهواره‌های رژیم اشغالگر قدس

با بررسی روند توسعه ماهواره‌های رژیم اشغالگر قدس می‌توان چنین جمع‌بندی نمود:

روند طی شده در مسیر توسعه ماهواره‌های سنجشی-جاسوسی: از سال ۱۹۷۹ به مدت حدود ۹ سال فرآیند توسعه اولین ماهواره بومی به‌طول انجامید که در ادامه این مسیر، در سال ۱۹۹۵ و با گذشت زمان ۱۶ سال، اولین ماهواره جاسوسی عملیاتی توسعه یافت. پس از این موفقیت و در ادامه آن، در سال ۲۰۰۰ اولین ماهواره عملیاتی سنجشی ارائه شد.

روند طی شده در مسیر توسعه ماهواره‌های مخابراتی: توسعه ماهواره‌های مخابراتی از سال ۱۹۹۰ و پس از توسعه مقدماتی سیستمی ماهواره، آغاز شد و در سال ۱۹۹۶ اولین ماهواره مخابراتی توسعه داده شد. بر این اساس مدت زمان توسعه ماهواره‌های مخابراتی حدود ۱۷ سال به‌طول انجامید. در این مسیر پلتفرم یا باس ماهواره به‌صورت بومی توسعه داده شده است ولی از سایر همکاری‌های بین‌المللی از جمله تامین زیرسامانه‌های توان، پیشرانش و محموله استفاده شده است.

شرکت‌های همکار بین‌المللی در برنامه توسعه ماهواره‌ای رژیم اشغالگر قدس به شرح جدول ۲ می‌باشد:

جدول ۲- شرکت‌های همکار در توسعه ماهواره‌های رژیم اشغالگر قدس

ماهواره	شرکت‌های همکار بین المللی (تامین محموله، پیشرانش و توان)		مدت زمان توسعه (سال تحقق)
سنجشی	---	---	۱۶ سال (۱۹۹۵)
مخابراتی	Alcatel (تامین تجهیزات)	Astrium (تامین تجهیزات)	۱۷ سال (۱۹۹۶)

مروری بر الگوی توسعه فضایی کره‌جنوبی

اولین ماهواره کره‌ای با نام Kitsat-1 با مشارکت شرکت SSTL (UK) در سال ۱۹۹۲ ساخته و پرتاب شد. این ماهواره بر اساس یک باس توسعه یافته شرکت SSTL تحت نام Microsat-70 ساخته شده است و دارای جرم حدود ۵۰ کیلوگرم است. قدرت تفکیک مکانی آن ۴۰۰ متر می‌باشد. این قرارداد همکاری شامل: نصب ایستگاه زمینی در کره، آموزش دانشجویان کره‌ای در دانشگاه Surrey و انتقال دانش فنی، مشارکت و حضور در پرتاب یک میکرو ماهواره می‌باشد [2] .

ماهواره Kitsat-2 مشابه ماهواره Kitsat-1 می‌باشد و با همان باس Microsat-70 ساخته شده است با این تفاوت که این ماهواره در کره‌جنوبی

و توسط تیم کره‌ای تجمیع شده است. این ماهواره در سال ۱۹۹۳ پرتاب شد و قدرت تفکیک مکانی آن بهبود داده شد (حدود ۲۰۰ متر). هدف از این ماهواره استفاده از اجزای ساخته شده داخلی، اثبات فناوری ماژول‌های آزمایشگاهی و ترقی دادن صنعت فضایی بومی بوده است.

پس از آن ماهواره Kitsat-3 با یک باس توسعه یافته کره‌ای توسط شرکت Satrec با جرم حدود ۱۰۰ کیلوگرم در سال ۱۹۹۹ پرتاب شد. شروع این پروژه در سال‌های ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵ می‌باشد. قدرت تفکیک مکانی این ماهواره ۱۳/۸ متر می‌باشد.

پس از آن سه ماهواره علمی-فناوری با نام‌های STsat-1 (2003)، STsat-2c (2013) و STsat-3 (2013) برای تحقیقات فضایی از جمله UV Imaging، Space Physics peakage و غیره پرتاب شد. وزن این ماهواره‌ها به‌ترتیب ۱۰۶، ۱۰۰ و ۱۷۵ کیلوگرم می‌باشد. ماهواره‌های STsat-2a و STsat-2b در تست حامل بومی کره، در اثر پرتاب ناموفق در مدار قرار نگرفت و سرانجام پرتاب سوم به نتیجه رسید [2, 5].

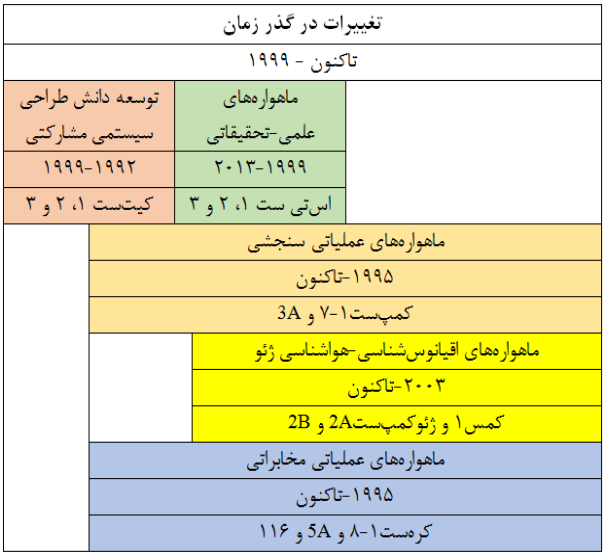
کره‌جنوبی پس از کسب دانش اولیه طراحی سیستمی ماهواره، اولین ماهواره عملیاتی سنجشی خود را با نام Kompsat-1 در سال ۱۹۹۵ با مشارکت شرکت TRW (USA) آغاز نمود و پس از تجمیع ماهواره در کره با باس T100 مربوط به شرکت TRW و انتقال آن به امریکا، در سال ۱۹۹۹ پرتاب نمود. قدرت تفکیک مکانی آن ۶/۶ متر و جرم ماهواره ۵۱۰ کیلوگرم می‌باشد. پیشرانش این ماهواره هیدرازین می‌باشد.

پس از آن با مشارکت شرکت EADS Astrium باس ماهواره Kompsat-2 را که مشابه باس آمریکایی T100 بود را توسعه داد. وزن این ماهواره ۷۷۰ کیلوگرم و قدرت تفکیک مکانی آن ۱ متر می‌باشد. این ماهواره در سال ۲۰۰۶ پس از دو سال تاخیر به‌علت آماده نبودن حامل آن، پرتاب شد. محموله اپتیکی این ماهواره با مشارکت کشور آلمان و رژیم اشغالگر قدس توسعه داده شد.

پس از آن، ادامه ماهواره‌های سری Kompsat (3 الی 5 و همچنین 3A) از سال ۲۰۰۴ توسعه یافتند و به ترتیب از سال ۲۰۱۲ الی ۲۰۱۵ پرتاب شدند. در این میان ماهواره Kompsat-5 دارای محموله SAR و ماهواره Kompsat-3A دارای محموله IR با قدرت تفکیک مکانی ۵۵ متر می‌باشد. همچنین Kompsat6 , 7 برای پرتاب در سال‌های ۲۰۲۳ و ۲۰۲۴ برنامه‌ریزی شده‌اند [2, 7].

در سال ۲۰۰۳ اقدامات اولیه برای طراحی و ساخت ماهواره هواشناسی و رصد اقیانوس‌ها و همچنین برقراری لینک‌های مخابراتی انجام شد. این ماهواره با نام COMS-1 توسط باس Astro-Bus G شرکت EADS Astrium که بر پایه باس Eurostar 3000 می‌باشد ساخته شده است. پیمانکار اولیه این ماهواره شرکت EADS Astrium می‌باشد که در طی آن حدود ۴۰ کره‌ای توسط EADS Astrium آموزش می‌بینند. این ماهواره دارای پیشرانش شیمیایی دو مولفه می‌باشد. جرم این ماهواره ۲۴۶۰ کیلوگرم در مدار GTO و دارای قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر و ۴ کیلومتر (IR) برای هواشناسی و ۵۰۰ متر برای اقیانوس شناسی می‌باشد. همچنین محموله مخابراتی این ماهواره توسط کره‌جنوبی توسعه داده شده است. این ماهواره در سال ۲۰۱۰ پرتاب شد. پس از ماهواره COMS-1 دو ماهواره با نام‌های GEO-Kompsat-2A و GEO-Kompsat-2B با جرم‌های ۳۴۰۰ و ۳۲۰۰ در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۲۰ برای هواشناسی و اقیانوس شناسی پرتاب شد [2, 3].

اقدامات کره‌جنوبی در زمینه ماهواره‌های مخابراتی از سال ۱۹۹۵ با پرتاب ماهواره Koreasat-1 آغاز شد. این ماهواره با باس As-3000 شرکت Lockheed Martin (USA) انجام شد و دارای ۱۵ ترانسپوندر باند Ku می‌باشد. این ماهواره با موفقیت کامل پرتاب نشد. جرم این ماهواره ۱۴۶۴ کیلوگرم و دارای آپوجی سوخت جامد Star-30E است. ماهواره Koreasat-2 مشابه ماهواره Koreasat-1 در سال ۱۹۹۶ پرتاب شد. پس از آن ماهواره Koreasat-3 با باس A2100A شرکت Lockheed Martin (USA) و با مشارکت تیم کره-ای طراحی و ساخته شد و در سال ۱۹۹۹ پرتاب شد. این ماهواره دارای ۳۰ باند Ku و ۳ باند Ka می‌باشد و دارای جرم ۲۷۹۰ کیلوگرم است. پس از آن، ادامه ماهواره‌های سری Koreasat (4 الی 8 و همچنین 5A و 116) از سال ۲۰۰۵ الی ۲۰۲۰ پرتاب شدند [3, 4]. تمامی این ماهواره‌ها با باس شرکت‌های غیربومی توسعه یافتند. به‌طور خلاصه روند توسعه ماهواره‌های کره‌جنوبی مطابق شکل ۲ می‌باشد:



شکل ۲- روند توسعه ماهواره‌های کره جنوبی

با بررسی روند توسعه ماهواره‌های کره‌جنوبی می‌توان چنین جمع‌بندی نمود:

روند طی شده در مسیر توسعه ماهواره‌های سنجشی: از سال ۱۹۹۱ به‌مدت حدود ۸ سال مسیر توسعه دانش طراحی سیستمی ماهواره طی شد تا منجر به ساخت و تائید یک ماهواره سنجشی با باس بومی گردید. شروع این مسیر تحت آموزش و مشارکت شرکت SSTL انگلستان و دانشگاه Surrey بوده است.

به موازات آن از سال ۱۹۹۵ (پس از دو تجربه موفق ماهواره‌سازی) الی سال ۲۰۱۲ به‌مدت ۱۷ سال مسیر توسعه ماهواره‌های سنجشی عملیاتی ادامه یافت. این مسیر توسعه ابتدا با مشارکت شرکت آمریکایی TRW و پس از آن توسعه یک ماهواره مشابه با مشارکت شرکت EADS Astrium بوده است که نهایتا منجر به ساخت یک ماهواره بومی مشابه و پرتاب آن در سال ۲۰۱۲ شده است. پس از سال ۲۰۱۲ مسیر توسعه ماهواره‌های سنجشی عملیاتی تثبیت شده است و شروع به بهبود کیفیت و دقت تصویربرداری و همچنین استفاده از محموله‌های دیگر شده است [7].

لذا می‌توان چنین بیان نمود مسیر توسعه ماهواره‌های سنجشی کره‌جنوبی حدود ۲۱ سال به‌طول انجامیده است که در این مسیر از مشارکت شرکت‌هایی همچون SSTL انگلیسی، TRW آمریکایی و EADS Astrium اروپایی در طراحی سیستمی ماهواره و توسعه باس ماهواره استفاده شده است و تجهیزات ماهواره‌ای موردنیاز، از طریق همکاری‌های بین المللی تامین شده است.

همچنین هم زمان با توسعه ماهواره سنجشی عملیاتی Kompsat-2 با مشارکت شرکت EADS Astrium، طراحی ماهواره سنجشی (هواشناسی-اقیانوس شناسی) مدار زمین آهنگ نیز آغاز شد و فرایند طراحی و ساخت با مشارکت EADS Astrium ادامه یافت. پس از پرتاب موفق آن و همچنین تست برقراری ارتباط مخابراتی مدار زمین آهنگ، دو ماهواره سنجشی در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۲۰ پرتاب شدند.

شایان ذکر است پس از توسعه ماهواره در کلاس میکرو (۱۹۹۹)، برخی از فناوری‌ها و همچنین برخی اندازه-گیری‌های فضایی به کمک ۳ ماهواره علمی-فناوری در کلاس میکرو در محدوده سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۳ به فراخور نیاز مورد آزمایش قرار گرفته است. ضمنا در این دوره، از این ماهواره‌ها به‌عنوان محوله برای توسعه حامل بومی نیز استفاده شده است.

روند طی شده در مسیر توسعه ماهواره‌های مخابراتی: روند تامین ماهواره‌های مخابراتی کره‌جنوبی با خرید دو ماهواره از شرکت Lockheed Martin آمریکایی در سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶ آغاز شد و پس از آن با مشارکت دادن تیم کره‌ای توسط شرکت Lockheed Martin و پرتاب ماهواره سوم در سال ۱۹۹۹ این روند تداوم یافت. پس از آن ماهواره‌های مخابراتی کره‌ای از شرکت Alcatel و Thales Alenia اروپایی به‌عنوان پیمانکار اولیه تامین شد.

در مسیر توسعه ماهواره‌های مخابراتی، غیر از مشارکتی که تیم کره‌ای با شرکت Lockheed Martin داشته است فعالیت مستقیمی در زمینه ماهواره‌های مخابراتی نداشته است. از طرفی در مسیر توسعه ماهواره سنجشی مدار زمین آهنگ، با مشارکت شرکت EADS Astrium آموزش‌های مربوط به ماهواره زمین آهنگ کسب شده است. همچنین محموله مخابراتی بومی توسعه داده شده، به‌عنوان یکی از اجزای مهم ماهواره‌های مخابراتی، به‌صورت یک محموله جانبی در ماهواره سنجشی مدار زمین آهنگ مورد استفاده قرار گرفته است. کره‌جنوبی تاکنون مستقیم اقدام به طراحی و ساخت ماهواره مخابراتی زمین آهنگ ننموده است اما عملا با ساخت و پرتاب ماهواره‌های سنجشی مدار زمین آهنگ GEO-Kompsat-2A, 2B در سال ۲۰۱۸ و ۲۰۲۰، قابلیت طراحی و ساخت ماهواره‌های مخابراتی را نیز کسب نموده است.

با توجه به سیر توسعه ماهواره‌های مخابراتی، کره‌جنوبی در مسیر تامین و توسعه ماهواره‌های مخابراتی از مشارکت شرکت آمریکایی Lockheed Martin و شرکت اروپایی EADS Astrium بهره برده است و همچنین شرکت اروپایی Alcatel و Thales Alenia و شرکت آمریکایی OSC در تامین ماهواره مخابراتی برای کره‌جنوبی مشارکت داشته‌اند. با توجه به موفقیت کره‌جنوبی در پرتاب سال ۲۰۱۸، می‌توان بیان نمود کره‌جنوبی در محدوده زمانی ۱۹۹۱ (آغاز بومی‌سازی توسعه و تثبیت دانش طراحی سیستمی ماهواره) الی ۲۰۱۸ در حدود ۲۷ سال موفق به توسعه ماهواره مخابراتی مدار زمین آهنگ شده است.

شرکت‌های همکار بین‌المللی در برنامه توسعه ماهواره‌ای کره‌جنوبی به شرح جدول ۳ می‌باشد:

جدول ۳- شرکت‌های همکار در توسعه ماهواره‌های کره جنوبی

ماهواره	شرکت‌های همکار بین‌المللی		مدت زمان توسعه (سال تحقق)
سنجشی	TRW (USA)	SSTL (UK)	۲۱ سال (۲۰۱۲)
	---	EADS Astrium	
مخابراتی	Alcatel / Thales Alenia	Lockheed Martin (USA)	۲۷ سال (۲۰۱۸)
	OSC (USA)	EADS Astrium	

مروری بر الگوی توسعه فضایی ترکیه

حوزه فعالیت‌های فضایی ترکیه با ماهواره BILSAT-1 در سال ۱۹۹۶ آغاز می‌شود که در سال ۲۰۰۳ پرتاب شد. این ماهواره در کلاس میکرو (۱۳۶ کیلوگرم) است که با مشارکت و آموزش شرکت SSTL انگلیسی طراحی و ساخته شد. باس این ماهواره SSTL-100 می‌باشد. قدرت تفکیک مکانی این ماهواره ۳۲ متر و قیمت قرارداد ۱۴ میلیون دلار بوده است [2, 6].

ماهواره بعدی RASAT می‌باشد که از سال ۲۰۰۴ آغاز گردید و در سال ۲۰۱۱ پرتاب شد. اتمام CDR آن در سال ۲۰۰۸ بوده است. باس این ماهواره بر پایه باس SSTL-100 و جرم ماهواره ۹۳ کیلوگرم می‌باشد. قدرت تفکیک مکانی آن ۷/۵ متر است.

ماهواره بعدی Gokturk-1 می‌باشد که از سال ۲۰۰۸ با شرکت ایتالیایی Telespasio آغاز شد و قرار بود در سال ۲۰۱۳ پرتاب شود که به‌دلیل تاخیر شرکت فرانسوی تا ۲۰۱۶ به تعویق افتاد. باس این ماهواره از شرکت Thales Alenia تامین شده است. این قرارداد به ارزش ۲۵۰ میلیون یورو می‌باشد [۶] که شامل تامین تجهیزات تجمیع و تست ماهواره در ترکیه و ایستگاه زمینی دریافت و پردازش تصاویر می‌باشد. قدرت تفکیک مکانی ماهواره ۰/۸ متر و جرم آن ۱۱۰۰ کیلوگرم می‌باشد. این آزمایشگاه قابلیت تجمیع و تست ماهواره ها تا ۵۰۰۰ کیلوگرم را دارا است و می‌تواند دو ماهواره را به‌طور همزمان تولید و مورد تست قرار دهد. ارزش تجهیزات این آزمایشگاه حدود ۱۰۰ میلیون دلار می‌باشد. مراحل ساخت و اجرای آزمایشگاه پس از انعقاد قرارداد با شرکت Telespasio ، از سال ۲۰۱۰ شروع شد و در ۲۰۱۴ خاتمه یافت و در سال ۲۰۱۵ رسما افتتاح شد. تجهیزات و امکانات تست شامل Thermal test و Compact antenna measurement range و Solar array deployment test و Vibration test و Mass property measurement و EMI/EMC test و Acustic test و Multi-layer insulation preparation می‌باشد [2].

پس از آغاز طراحی ماهواره Gokturk-1، طراحی ماهواره Guktork-2 شروع شد که جرم آن ۴۰۰ کیلوگرم و قدرت تفکیک مکانی آن ۲/۵ متر می‌باشد. این ماهواره در سال ۲۰۱۲ پرتاب شد (قبل از Gokturk-1). فعالیت‌های تجمیع و تست این ماهواره با مشارکت تیم ترکی در ترکیه انجام شد. در واقع پس از راه‌اندازی تجهیزات تست و تجمیع منعکس در قرارداد Gokturk-1، این تجهیزات برای ماهواره بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

ماهواره بعدی Gokturk-3 می‌باشد که طراحی آن از سال ۲۰۱۳ آغاز و برنامه‌ریزی شده بود در سال ۲۰۱۹ پرتاب شود. این ماهوار دارای محموله سنجشی SAR می‌باشد. برنامه اعلامی جدید برای پرتاب این ماهواره سال ۲۰۲۳ می‌باشد [2, 6].

شروع فعالیت‌های فضایی ترکیه در زمینه مخابراتی مربوط به قرارداد خرید دو ماهواره ترک‌ست-۱ای و ۱بی از شرکت اروپایی Aerosatiale (Alcatel / Thales Alenia) می‌باشد که در سال ۱۹۹۴ پرتاب شدند. البته ماهواره ترک‌ست-۱ای به‌دلیل پرتاب ناموفق حامل، در سال ۱۹۹۶ با ماهواره ترک‌ست-۱سی جایگزین شد. این ماهواره‌ها دارای ۱۶ ترانسپوندر باند Ku ، عمر عملیاتی ۱۰ سال و با جرم ۱۷۴۴ کیلوگرم می‌باشند. باس این ماهواره‌ها Spacebus 2000 می‌باشد [3].

ماهواره بعدی ترک‌ست-۲ای مربوط به شرکت Alcatel با باس Spacebus 3000B3 می‌باشد که طراحی آن از سال ۱۹۹۸ آغاز شد و در سال ۲۰۰۱ پرتاب شد. این ماهواره دارای ۳۴ ترانسپوندر باند Ku، عمر عملیاتی ۱۲ سال و با جرم ۳۵۳۵ کیلوگرم می‌باشد.

ماهواره بعدی ترک‌ست-۳ای مربوط به شرکت Thales Alenia با باس Spacebus 4000B2 می‌باشد که طراحی آن از سال ۲۰۰۶ آغاز شد و در سال ۲۰۰۸ پرتاب شد. این ماهواره دارای ۲۴ ترانسپوندر باند Ku و با جرم ۳۱۱۰ کیلوگرم می‌باشد. در این پروژه ۲۵ مهندس ترکی در فازهای تولید حضور و مشارکت داشتند (با قابلیت تولید بخشی از ماهواره در ترکیه). همچنین در این قرارداد شرکت Turksat آموزش‌های لازم را از Thales Alenia اخذ نمود. همچنین در این قرارداد بخش ایستگاه‌های زمینی نیز به روز شدند.

ماهواره‌های بعدی ترک‌ست-۴ای و ۴بی مربوط به شرکت ژاپنی Mitsubishi Electric با باس DS-2000 و عمر عملیاتی ۱۵ سال می‌باشد که طراحی آن از سال ۲۰۱۱ آغاز شد و به ترتیب در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ پرتاب شدند. مبلغ این قرارداد به‌همراه هزینه پرتاب ۵۷۱ میلیون دلار می‌باشد. Turksat-4A دارای ۲۸ ترانسپوندر Ku و ۲ ترانسپوندر باند Ka و جرم ۴۸۵۰ کیلوگرم و Turksat-4B دارای ۱۸ ترانسپوندر باند Ku و ۲۴ ترانسپوندر باند Ka و یک ترانسپوندر باند C و جرم ۴۹۲۴ کیلوگرم می‌باشد. این ماهواره‌ها برنامه‌ریزی شده بودند تا بخشی از مراحل ماهواره در ترکیه تجمیع شود. در سال ۲۰۱۵ ترکیه قابلیت تجمیع و تست ماهواره‌های تا ۵۰۰۰ کیلوگرم را فراهم نموده است. ماهواره Turksat-4B توسط تیم مشترک ژاپنی و ترکیه‌ای در مرکز میتسوبیشی ژاپن تولید شد.

ماهواره بعدی ترک‌ست-۵ای می‌باشد. این اولین ماهواره مخابراتی ترکیه است که بخشی از آن در ترکیه (۲۰٪) ساخته می‌شود. طراحی این ماهواره توسط پیمانکاران داخلی ترکیه در سال ۲۰۱۱ شروع

شد و اتمام آن برای سال ۲۰۱۵ برنامه‌ریزی شده بود. اوایل سال ۲۰۱۳ اعلام شد که قرار است از باس DS-2000 متعلق به شرکت ژاپنی میتسوبیشی (MELCO) برای ترکست-۵ای استفاده شود. این ماهواره دارای ۱۶ ترانسپوندر باند Ku و ۴ ترانسپوندر باند C و جرم ۲۷۰۰ کیلوگرم می‌باشد. بودجه درنظر گرفته شده برای ترکست-۵ای و ۵ب ، ۵۰۰ میلیون دلار می‌باشد (هر یک حدود ۲۵۰ میلیون دلار) [3, 6]. در نهایت در سال ۲۰۱۷ از باس پیشرانش تمام الکتریکی Eroustar3000E شرکت Airbus استفاده شد و در سال ۲۰۲۱ پرتاب شد (ده سال) [2, 6, 7].

ماهواره بعدی ترکست-۶ای می‌باشد. این ماهواره اولین ماهواره بومی ترکیه محسوب می‌شود. موضوع اصلی این ماهواره، نرم‌افزار، طراحی و پلتفرم می‌باشد. شروع طراحی این ماهواره از سال ۲۰۱۴ شروع شده است و پرتاب آن برای سال ۲۰۲۴ برنامه‌ریزی شده است. اگرچه این ماهواره با مشارکت اروپا ساخته می‌شود، صنایع ترکیه در طراحی و توسعه سیستمی و تامین تجهیزات ماهواره مشارکت دارند که عبارتند از: TAI تامین سازه محموله، Aselsan تامین اجزای بخش زمینی، و دریافت و پردازش داده‌های تصویر، Tubitak تامین تجهیزات تله‌متری و تله‌کامند. البته محموله باند X از کشور کانادا تامین شد [3]. به‌طور خلاصه روند توسعه ماهواره‌های ترکیه مطابق شکل ۳ می‌باشد:

شکل ۳- روند توسعه ماهواره‌های ترکیه

با بررسی روند توسعه ماهواره‌های ترکیه می‌توان چنین جمع‌بندی نمود:

روند طی شده در مسیر توسعه ماهواره‌های سنجشی: از سال ۱۹۹۶ به‌مدت حدود ۱۵ سال مسیر توسعه دانش طراحی سیستمی ماهواره طی شد تا منجر به طراحی، تجمیع و تست یک ماهواره بومی بر پایه باس مشابه شرکت SSTL انگلستان شد. کسب دانش فنی طراحی سیستمی تحت آموزش و مشارکت شرکت SSTL انگلستان و دانشگاه Surrey بوده است.

به موازات این مسیر، پس از کسب دانش مقدماتی طراحی سیستمی و پرتاب اولین ماهواره سنجشی، از سال ۲۰۰۸ مسیر توسعه ماهواره‌های سنجشی عملیاتی با قراردادی با شرکت ایتالیایی Telespasio و همکاری Thales Alenia آغاز شد. در این مسیر، توسعه زیرساخت‌های تجمیع و تست ماهواره و همچنین راه‌اندازی ایستگاه‌های زمینی دریافت و پردازش داده‌ها، نیز موضوع قرارداد بود (در یک دوره ۵ ساله). در این مسیر طی یک دوره ۸ ساله ماهواره‌های عملیاتی با قدرت تفکیک مکانی ۲/۵ و ۰/۸ متر به بهره‌برداری رسیده است (پرتاب در سالهای ۲۰۱۲ و ۲۰۱۶) و در ادامه توسعه سامانه‌های ماهواره‌ای جدید در حال انجام می‌باشد.

لذا می‌توان چنین بیان نمود که مسیر توسعه ماهواره‌های سنجشی ترکیه حدود ۱۵ سال به طول انجامیده است، هرچند ماهواره‌های توسعه‌یافته کاملا بومی نبوده و صرفا مراحل تجمیع و تست آن با مشارکت بین المللی در ترکیه انجام شده است. در این مسیر توسعه، شرکت‌های SSTL انگلیسی، Telespasio ایتالیایی و Thales Alenia مشارکت داشته‌اند.

روند طی شده در مسیر توسعه ماهواره‌های مخابراتی: روند تامین ماهواره‌های مخابراتی ترکیه از سال ۱۹۹۴ با خرید و پرتاب دو ماهواه Turksat-1A,B از شرکت اروپایی Aerosatiale (Alcatel / Thales Alenia) آغاز شد و در سال ۲۰۰۱ با پرتاب ماهواره Turksat-2A ادامه یافت. پس از آن با مشارکت مهندسان ترکیه‌ای در مراحل طراحی، تجمیع و تست ماهواره Turksat-3A، مرحله آموزش و انتقال تکنولوژی ترکیه از سال ۲۰۰۶ توسط شرکت Thales Alenia آغاز شد. پس از آن مراحل آموزش و انتقال تکنولوژی با قرارداد ماهواره‌های Turksat-4A,B با شرکت ژاپنی Mitsubishi Electric و ماهواره Turksat-5A از سال ۲۰۱۱ ادامه یافت و رفته‌رفته از مشارکت در تجمیع و تست ماهواره در ژاپن به طراحی و تجمیع و تست در ترکیه تبدیل شد. در این مسیر برخی از تجهیزات ماهواره‌ای غیرحساس نیز به‌صورت بومی توسعه داده شده است [7].

در این مسیر می‌توان چنین جمع‌بندی نمود که از زمان آغاز فعالیت‌های طراحی فضایی در سال ۱۹۹۶ تا سال ۲۰۲۱ که به ماهواره با طراحی بومی توسعه داده خواهد شد، یک دوره زمانی ۲۵ ساله طی شده است. هرچند ترکیه در این مسیر به خودکفایی و استقلال کامل در زمینه طراحی و ساخت ماهواره‌های مخابراتی دست نیافته است و صرفا مراحل طراحی، تجمیع و تست ماهواره را در داخل

ترکیه انجام می‌دهد و شرکت ژاپنی Mitsubishi Electric در تامین باس ماهواره و همچنین سایر موارد لازم مشارکت داشته است.

شرکت‌های همکار بین المللی در برنامه توسعه ماهواره‌ای ترکیه به شرح جدول ۴ می‌باشد:

جدول ۴- شرکت‌های همکار در توسعه ماهواره‌های ترکیه

مدت زمان توسعه (سال تحقق)	شرکت‌های همکار بین المللی		ماهواره
۱۵ سال (۲۰۱۲)	Telespasio (Italy)	SSTL (UK)	سنجشی
	---	Alcatel / Thales Alenia	
۲۵ سال (۲۰۲۱)	Mitsubishi Electric (Japan)	Alcatel / Thales Alenia	مخابراتی
	---	Airbus	

الگوهای توسعه فناوری فضایی در کشورهای درحال توسعه

مروری بر الگوی توسعه فضایی امارات متحده عربی

توسعه ماهواره ۲۰۰ کیلویی Dubaisat-1 با قدرت تفکیک مکانی ۲/۵ متر در سال ۲۰۰۶ با شرکت Satrec کره‌جنوبی بر اساس باس SI-200 آغاز شد و در سال ۲۰۰۹ پرتاب شد. توسعه این ماهواره در کره‌جنوبی انجام شده است و در مراحل توسعه کار ۱۰ مهندس اماراتی نیز شرکت داشته‌اند. توسعه ماهواره ۳۰۰ کیلویی Dubaisat-2 با قدرت تفکیک مکانی ۱ متر در سال ۲۰۰۹ با شرکت Satrec کره‌جنوبی بر اساس باس SI-300 آغاز شد و در سال ۲۰۱۳ پرتاب شد. توسعه این ماهواره در کره‌جنوبی انجام شده است و در مراحل توسعه کار ۱۶ مهندس اماراتی نیز شرکت داشته‌اند. توسعه ماهواره ۳۳۰ کیلویی Khalifa sat با قدرت تفکیک مکانی ۰/۷ متر از سال ۲۰۱۴ تحت مشاوره شرکت Satrec کره‌جنوبی بر اساس باس SI-300 آغاز شده است و در سال ۲۰۱۸ پرتاب شد. این ماهواره توسط تیم اماراتی و در امارات تجمیع شده است. همچنین امارات برنامه‌های جدی در حوزه اکتشافات فضایی دارد و قصد دارد یک کاوشگر مریخ با همکاری سازمان فضایی ژاپن در آینده توسعه دهد [2, 6].

مروری بر الگوی توسعه فضایی کره شمالی

شروع فعالیت‌های ماهواره‌ای کره شمالی با پرتاب ماهواره Kwangmyongsong-1 در سال ۱۹۹۸ آغاز شد که پرتاب حامل آن ناموفق بود. این ماهواره با همکاری آکادمی چین توسعه یافت. پس از آن در سال ۲۰۰۹ برای دومین بار به دلیل پرتاب ناموفق حامل، ماهواره Kwangmyongsong-2 در مدار قرار نگرفت. مجددا ماهواره ۱۰۰ کیلوگرمی Kwangmyongsong-3A در سال ۲۰۱۲ در مدار قرار نگرفت ولی ماهواره ۱۰۰ کیلوگرمی Kwangmyongsong-3B در سال ۲۰۱۲ در مدار قرار گرفت اما نتوانست چرخش خود را دمپ نماید و در فضا به چرخش خود ادامه داد. این ماهواره در مدار ۵۰۰ کیلومتری قرار گرفت. ماهواره ۲۰۰ کیلویی Kwangmyongsong-4 در سال ۲۰۱۶ در مدار قرار گرفت. از عملکرد آن اطلاعاتی در دسترس نیست [3].

مروری بر الگوی توسعه فضایی قزاقستان

در سال ۲۰۰۹ قرارداد توسعه ماهواره سنجشی KazEOsat-1 با شرکت Airbus Defence and Space بسته شد و در سال ۲۰۱۴ پرتاب شد. در این قرارداد موضوع آموزش ۲۱ مهندس و ۲۰ اپراتور مدنظر قرار گرفت. این قرارداد همچنین راه‌اندازی ایستگاه‌های زمینی و ساخت مرکز تجمیع و تست ماهواره را شامل می‌شود. این ماهواره بر اساس باس Astrobus-L شرکت Airbus توسعه یافته و دارای جرم ۸۳۰ کیلوگرم و قدرت تفکیک مکانی ۱ متر می‌باشد. همچنین در سال ۲۰۰۹ ماهواره سنجشی ۱۸۲ کیلویی KazEOsat-2 توسط شرکت SSTL (زیر شاخه انگلیسی شرکت Airbus Defence and Space) بر اساس باس SSTL-150 با قدرت تفکیک مکانی ۷ متر توسعه یافت و در سال ۲۰۱۴ پرتاب شد. در سال ۲۰۱۳ توسعه ماهواره سنجشی KazSTSAT با شرکت SSTL انگلیسی آغاز شد و در سال ۲۰۱۸ پرتاب شد. این ماهواره با باس SSTL-X50 با قدرت تفکیک مکانی ۱۷/۵ متر توسعه یافته است و ۱۴ مهندس در کنار تیم طراحی SSTL در طراحی ماهواره مشارکت داشتند. پس از تکمیل ساخت ماهواره، تست‌های محیطی آن در مرکز تجمیع و تستی که در قزاقستان راه‌اندازی شده است انجام شد (قیمت حدود ۲۳ میلیون دلار). قزاقستان سه ماهواره مخابراتی خود را از روسیه در سال‌های ۲۰۰۶ (۱۰۰ میلیون دلار)، ۲۰۱۱ (۱۱۵ میلیون دلار) و ۲۰۱۴ (۱۴۸ میلیون دلار) خریداری نموده است [2, 6].

مروری بر الگوی توسعه فضایی پاکستان

پاکستان دارای ماهواره‌های سنجشی Badr-B (2001)، Icube-1 (2013) و PRSS (2017) و ماهواره‌های مخابراتی Badr-1 (1990) و PakSat-1R (2011) می‌باشد [2, 6].

جمع‌بندی الگوهای توسعه فناوری فضایی

نتایج بررسی الگوهای توسعه فناوری فضایی در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه و زمان دستیابی به فناوری فضایی (تثبیت) در شکل ۴ آمده است:

شکل ۴- مقایسه روند دستیابی به فناوری فضایی

همان‌گونه که مشخص است با توجه به تکمیل نشدن چرخه توسعه فناوری فضایی در کشورهای در حال توسعه، صرفا الگوی توسعه کشورهای توسعه‌یافته ملاک جمع‌بندی قرار می‌گیرد. بر این اساس می‌توان دو الگوی کلی توسعه بومی و توسعه مشارکتی را برای توسعه حوزه فضایی در نظر گرفت (مطابق جدول ۵) که توسعه مشارکتی در دو سطح خودکفایی (بدون نیاز به کشور مشارکت‌کننده برای توسعه نمونه‌های بعدی) و سطح طراحی سیستمی و تجمیع (با نیازمندی به باس ماهواره کشور مشارکت‌کننده) می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود کشورهای قزاقستان و امارات متحده عربی نیز مدل مشارکتی را برگزیده‌اند. ولی اینکه در انتها به کدام یک از مدل‌های مشارکتی ادامه طریق دهند مشخص نیست.

جدول ۵- انواع الگوهای توسعه فناوری فضایی

۱	**توسعه بومی**	
۲	**توسعه مشارکتی**	سطح خودکفایی
		سطح طراحی سیستمی و تجمیع

مطابق جدول ۵، رژیم اشغالگر قدس الگوی توسعه بومی، کره‌جنوبی الگوی توسعه مشارکتی سطح خودکفایی و ترکیه الگوی توسعه مشارکتی سطح طراحی سیستمی و تجمیع را طی نموده است. بر اساس نحوه توسعه باس، طراحی و تجمیع، تامین تجهیزات، تامین زیرساخت و همچنین پرتاب GEO و SSO، الگوی توسعه این سه کشور/رژیم در جدول زیر با همدیگر مقایسه شده است.

جدول ۶- مقایسه نحوه دستیابی به زیر اجزای فناوری فضایی

	رژیم اشغالگر	کره جنوبی	ترکیه
باس	بومی	مشارکتی	ندارد
تجمیع	بومی	مشارکتی	مشارکتی
تجهیزات	بومی-خارجی	بومی-خارجی	خارجی
زیرساخت	عدم اطلاعات	بومی-خارجی	خارجی
پرتاب	خارجی	خارجی	خارجی

با توجه به زمان توسعه ماهواره‌های سنجشی و مخابراتی (شکل ۴) و چگونگی توسعه آن، می‌توان بیان نمود مدت زمان مورد انتظار برای توسعه کامل یک ماهواره سنجشی حدود ۱۵ تا ۲۰ سال و برای یک ماهواره مخابراتی حدود ۲۰ تا ۲۵ سال می‌باشد. این زمان بدون درنظر گرفتن زمان لازم برای توسعه بومی تجهیزات، زیرساخت‌ها و حامل‌های موردنیاز می‌باشد. هر چند بخشی از زمان توسعه موردنیاز برای این حوزه‌ها، می‌تواند به‌صورت موازی درنظر گرفته شود.

تشریح نیازمندی‌های الگوهای توسعه

در برنامه‌ریزی برای توسعه فضایی توجه به این موضوع حائز اهمیت است که تست و توسعه فضایی بسیار هزینه‌بر است. در واقع فرآیند و تست موردنیاز جهت تائید و تثبیت طراحی فضایی بسیار پیچیده و هزینه‌بر می‌باشد. از این رو تدوین یک برنامه جامع و بهینه با توجه به محدودیت‌های بودجه‌ای و زمانی بسیار مهم می‌باشد. این برنامه‌ریزی بایستی به‌گونه‌ای باشد که بر اساس یک بودجه مشخص، حداکثر توسعه فضایی موردنیاز در حداقل زمان به‌دست آید یا آنکه یک محصول فضایی موردنیاز، با حداقل هزینه در حداقل زمان ممکن حاصل شود [7].

باید در نظر داشت در مسیر توسعه سامانه‌های فضایی، تمام اقدامات موردنیاز در این حوزه نیازمند تثبیت و تائید می‌باشند. این اقدامات شامل دانش طراحی و ساخت، فرآیند ساخت و تجمیع، تعریف تست و روال آن، اجرای فرآیند تست، تجهیزات تست، فرآیند ارزیابی و تحویل‌گیری و برقراری ارتباط با ماهواره، همه نیازمند تائید و تثبیت می‌باشد. عملا پس از انجام این چرخه و ارزیابی نتایج کار، می‌توان درخصوص پیشرفت حوزه فضایی سخن گفت.

موضوعی که توسعه سامانه فضایی را متمایز و ویژه نموده است آن است که اولا هزینه انجام تست فضایی بالا می‌باشد و ثانیا پس از پرتاب، دسترسی به سامانه برای اصلاح وجود ندارد. موضوع اول ایجاب می‌کند انتخاب و تعیین سامانه‌های مورد تست، هوشمندانه و

در حداقل تعداد موردنیاز باشد و موضوع دوم ایجاب می‌کند سامانه مورد تست در حداکثر قابلیت اطمینان ممکن باشد. این موارد باعث می‌شود برنامه‌ریزی بهینه برای توسعه سامانه‌های فضایی از اهمیت بالایی برخوردار باشد.

بر این اساس می‌توان ملزومات و زیرساخت‌های اجرایی هر یک از رویکردهای توسعه بومی یا مشارکتی فناوری فضایی را به‌شرح زیر اعلام نمود:

ملزومات الگوی توسعه بومی:

- تثبیت فناوری طراحی و ساخت ماهواره در کلاس ماهواره‌های سبک
- ایجاد زیرساخت تست‌های توسعه‌ای و ارزیابی کارکرد ماهواره
- ایجاد زیرساخت تست‌های زیرمداری/مداری حداقلی

ملزومات الگوی توسعه مشارکتی (سطح طراحی سیستمی و تجمیع):

- انتخاب یک کشور صاحب فناوری فضایی به‌عنوان اولین انتقال‌دهنده دانش فنی
- انتخاب یک سامانه ماهواره‌ای مناسب با توجه به اولویت برنامه‌های کشور (ماهواره مخابراتی یا سنجشی)
- انجام گام به گام طراحی و ساخت ماهواره زیر نظر کشور صاحب فناوری
- راه‌اندازی آزمایشگاه تجمیع و تست (AIT) مورد تائید کشور انتقال دهنده (معمولا توسط همان کشور)

ملزومات الگوی توسعه مشارکتی (سطح خودکفایی):

- ترکیبی از ملزومات دو الگوی فوق

لذا با مقایسه ملزومات مشخص است که در الگوی توسعه بومی، زیرساخت تستهای توسعه‌ای و تستهای زیرمداری با جرم حداقلی نقش کلیدی ایفا می‌کند. در حالی که در الگوی مشارکتی، زیرساخت آزمایشگاه تست و تحویل‌گیری و همچنین یک باس تثبیت‌شده لازم است.

تشریح اقتضاء کشور برای توسعه فناوری فضایی

به‌منظور برنامه‌ریزی صحیح و کارآمد در حوزه فضایی، لازم است ابتدا نقاط ضعف و قدرت کشور در این حوزه با توجه به الگوهای توسعه فناوری فضایی شناسایی شود و سپس بر اساس تهدید و فرصت‌های پیش‌رو در این عرصه، نسبت به تعیین الگوی مناسب اقدام نمود. از این رو به بررسی این موارد پرداخته می‌شود [8].

نقاط ضعف در حوزه فضایی

وجود تحریم‌های ظالمانه و عدم سهولت برقراری تعامل: با وجود برخی از تحریم‌های ظالمانه و کارشکنی‌های قابل انجام در این حوزه، سهولت برقراری تعامل با کشورهای دارنده فناوری فضایی به‌منظور انتقال فناوری از آن کشورها به سادگی امکان‌پذیر نخواهد بود و یا با هزینه‌های خیلی گزاف امکان‌پذیر خواهد بود.

عدم دستیابی به یک نقطه مرجع قابل اتکاء در برنامه فضایی: با وجود آنکه تاریخچه فضایی کشور به دو دهه اخیر بر می‌گردد ولی همچنان یک نقطه قابل اتکاء و تثبیت شده (پلتفرم ماهواره) برای توسعه محصولات فضایی ارائه نشده است.

عدم وجود مدیریت یکپارچه و هدفمند برای بهره‌مندی از نتایج فعالیت‌های فضایی قبلی انجام شده: با وجود آنکه هزینه‌های قابل توجهی برای فعالیت‌های فضایی قبلی، صرف شده است ولی به دلیل نبود مدیریت هدفمند و یکپارچه، نتایج حاصل از این فعالیت‌ها در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیمات فضایی مورد بهره‌برداری قرار نگرفته است. به‌طور مثال همچنان ماهواره‌هایی وجود دارند که پرتاب نشده‌اند تا مورد ارزیابی فضایی قرار گیرند و از سوی دیگر ماهواره‌های پرتاب شده نیز از ارزیابی جامعی برخوردار نیستند که بیان نمایند در چه جایگاه فضایی قرار گرفته‌ایم. برای این منظور ارزیابی دقیق از جایگاه فعلی در حوزه فضایی، می‌تواند راهگشا باشد تا بر اساس آن برنامه توسعه‌ای تدوین شود.

عدم به روز رسانی مسیر توسعه سامانه‌های فضایی: مسیر توسعه سامانه‌های فضایی بر اساس دانش آن زمان تدوین شده است. بدیهی است با توجه به افزایش آگاهی و دانش در حوزه فضایی و همچنین ارزیابی میزان پیشرفت مسیر توسعه تدوین شده، می‌بایست مسیر توسعه سامانه‌های فضایی بر اساس شرایط روز و دانش فعلی مورد بازنگری قرار گیرد. البته خوشبختانه این مهم مورد بازنگری قرار گرفته است هرچند که می‌بایست در مورد فعالیت‌های قبلی و عدم حصول نتیجه مطلوب در برخی از حوزه‌ها آسیب‌شناسی دقیقی بعمل آورد.

عدم به‌روز رسانی ساختار اجرایی برنامه‌های فضایی با توجه به ارتقای دانش امروز: ساختار اجرایی مجموعه فضایی کشور بر اساس دانش و اطلاعات قبل می‌باشد که در شرایط زمانی خود قابل ارزیابی و ارزش‌گذاری می‌باشد. اما از این نکته نباید غافل شد که دانش امروز ما نسبت به حوزه فضایی بیشتر شده و همچنین بخش‌های خصوصی در این زمینه قوی‌تر شده و یا می‌بایست توانمند شده و مورد استفاده قرار گیرند. تبدیل حوزه فضایی از یک فناوری اقتداری به یک فناوری اقتداری-اقتصادی می‌تواند اساس راهبرد دگرگون ساز باشد.

نو بودن حوزه فضایی برای کشور: با توجه به نو بودن حوزه فضایی در کشور، مدیران این حوزه نیز دارای تجربیات تائید و تثبیت شده کمتری در این حوزه می‌باشد. این امر باعث شده در مسیر توسعه فضایی کشور، سر دو موضوع با ایرادات و نواقصی روبرو باشیم: موضوع اول: چه کارهایی باید انجام دهیم، و موضوع دوم: چگونه این کارها را باید انجام دهیم. لذا این مسیر پر هزینه خواهد بود چرا که توام با سعی و خطا می‌باشد. برای رفع خلا ناشی از این موضوع، ابتدا بایستی کلیه پتانسیل‌های این حوزه مورد مشارکت قرار گیرند و درثانی با افزایش اطلاعات و شناخت ما از این حوزه، روش صحیح شناسایی شده و با به‌کارگیری آن، روز به روز اصلاح و تکمیل شود. برای تسریع در این مسیر و کاهش هزینه‌ها، می‌توان از مشاوره و مشارکت بین‌المللی و همچنین ایرانیان شاغل در مراکز فضایی سایر کشورهای صاحب تکنولوژی بهره گرفت.

عدم وجود یک حامل با قابلیت اعتماد بالا برای پرتاب میکرو ماهواره‌ها: وجود یک حامل بومی قابل اتکاء باعث کاهش هزینه‌های توسعه ماهواره و تسریع و تسهیل در این امر می‌شود. خوشبختانه در این حوزه دو اقدام اساسی صورت گرفته است: الف) حمایت از ساخت حامل بومی با عقد قراردادهای تعداد بالا، ب) استفاده از پرتاب‌های خارجی مطمئن برای ماهواره‌های گران قیمتی که به‌عنوان ماهواره عملیاتی توسعه یافته‌اند.

نقاط قوت در حوزه فضایی

سابقه فضایی ده ساله و تست‌های ماهواره‌ای: هرچند نتایج این سابقه فضایی در حوزه ماهواره‌ای چشمگیر نبوده است اما تست ماهواره‌های ساخته شده و مشاهده نتایج آن، و همچنین آشنایی نسبی با فرآیند و دانش کاری مربوط به حوزه فضایی، بخشی از نقاط قوت برای حرکت در این مسیر می‌باشد که البته این فرآیندها و دانش‌های کاری بایستی متناسب با دانش و اطلاعات فعلی اصلاح شود.

شکل‌گیری ساختارهای سازمانی و فرهنگ کاری در حوزه فضایی: با توجه به انجام فعالیت‌های فضایی، برخی ساختارهای سازمانی و متناسب با آن، فرهنگ‌های کاری شکل گرفته است که بخشی از نقاط قوت برای حرکت در این مسیر می‌باشد. البته این ساختارها و فرهنگ‌های کاری بایستی متناسب با دانش و شرایط فعلی اصلاح شود.

توسعه صنعت دفاعی: خوشبختانه به دلیل رشد و توسعه حوزه موشکی ایران، از این توانمندی می‌توان در راستای توسعه زیرسامانه‌های ماهواره‌ای و تست‌های میانی بهره برد. برخی از کشورهای توسعه‌یافته فضایی، توسعه موشک‌های کاوش و همچنین حامل‌های خود را به موازات توسعه ماهواره‌ای انجام داده‌اند. همچنین با توجه به پیشرفته بودن صنعت موشکی ایران، می‌توان از فناوری‌های مشترک حوزه موشکی با حوزه فضایی، بهره گرفت.

وجود بستر حامل بومی: خوشبختانه کشور در این زمینه اقدامات مناسبی انجام داده است و تست‌های رو به رشدی در حال انجام است. لذا لازم است با مورد توجه قرار دادن این حوزه، یک حامل بومی ارزان قیمت و با قابلیت اعتماد بالا در اولویت قرار گیرد تا هزینه توسعه و تثبیت اولیه سامانه‌های فضایی با سرعت و سهولت بیشتر و با صرف هزینه کمتر امکان‌پذیر شود.

تهدیدات در حوزه فضایی

نوسان در روابط بین‌المللی و امکان تامین خارجی در حوزه فضایی: هرچند بهبود شرایط بین‌المللی می‌تواند توسعه صنعت فضایی را سرعت ببخشد اما ممکن است تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در برخی زمینه‌ها (به دلیل امکان تامین خارجی در شرایط آن زمان)، مغفول واقع شود و برنامه توسعه بومی در برخی از زمینه‌های استراتژیک صورت نپذیرد.

بحرانی شدن شرایط توسعه فضایی کشور و بهانه‌جویی جهت اعمال فشار: حوزه فضایی به‌دلیل فوایدی که هم از نظر توانمندی و خودکفایی در برخی از بخش‌ها دارا است و هم از نظر کاربردهای امنیتی و نظامی، می‌تواند پتانسیل بهانه شدن برای تحریم‌های بین‌المللی داشته باشد. هرچند این تحریم‌ها تاثیرناپذیر خواهند بود اما هزینه توسعه فضایی را بیشتر خواهند نمود. لذا برنامه‌ریزی صحیح در این زمینه، غیرنظامی جلوه دادن این حوزه و همچنین اخذ همکاری‌های بین‌المللی می‌تواند تا حد زیادی این پتانسیل را ملغی نماید.

فرصت‌ها در حوزه فضایی

استفاده از مشارکت بین‌المللی در طرح‌های فضایی: با توجه به پرهزینه بودن توسعه فضایی و استقبال سایر کشورها برای فعالیت‌های مشترک، و همچنین در نظر گرفتن اثر مثبت سوابق فعالیت‌های گذشته کشور در حوزه فضایی، می‌توان از این فرصت برای توسعه صنعت فضایی بهره برد. این مشارکت می‌تواند در تمامی زمینه‌ها اعم از پرتاب ماهواره، انتقال دانش فنی طراحی و ساخت ماهواره، آزمایشگاه‌های تست و تجمیع و ایستگاه‌های دریافت و ارسال داده باشد.

قابلیت توسعه صنایع نظامی به کمک توسعه صنعت فضایی: هرچند خدمات فضایی، به‌طور مستقیم در امور دفاعی کاربرد دارد و می‌تواند باعث ارتقای سطح دفاعی شود، اما توسعه صنعت فضایی می‌تواند باعث توسعه صنعت نظامی با صرف هزینه مشترک شود. از

سوی دیگر توسعه صنعت نظامی در پوشش توسعه صنعت فضایی می‌تواند برخی از تنش‌های بین‌المللی را در بر نداشته باشد.

جمع‌بندی

با توجه به موارد ذکر شده در خصوص شرایط و اقتضاء کشور و در نظر گرفتن ملزومات توسعه هر یک از الگوهای توسعه، می‌توان بیان نمود با توجه به وجود موارد زیر:

- وجود تحریم‌های ظامانه
- توانمندی و پیشرفت در حوزه دفاعی
- سابقه شکل‌گرفته در حوزه فضایی

بهترین الگوی توسعه برای کشور، توسعه بومی است. هرچند در مسیر توسعه بومی می‌توان از تمام همکاری‌های بین‌المللی از جمله خرید تجهیزات، پرتاب ماهواره، دوره‌های آموزشی و غیره در صورت امکان بهره‌مند گردید. این الگوی توسعه بر آزمایشگاه‌های توسعه‌ای و آزمایشگاه‌های میدانی زیرمداری و جرم حداقلی استوار می‌باشد. از سوی دیگر با درنظر گرفتن شرایط فعلی کشور در حوزه فضایی و توانمندی‌های اکتساب‌شده و همچنین مدت زمان لازم برای توسعه بومی سامانه‌های فضایی بر اساس روند کشورهای مورد مطالعه، می‌توان بیان نمود با برنامه‌ریزی صحیح، مدت زمان توسعه ماهواره‌های سنجشی عملیاتی در بازه زمانی ۵-۱۰ سال آینده قابل انتظار است و مدت زمان توسعه ماهواره‌های مخابراتی ژئو حداقل ۱۵ سال زمان نیاز خواهد داشت.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

مراجع

[1] B. Harvey, H. H. Smid, and T. Pirard, *Emerging space powers: the new space programs of Asia, the Middle East and South-America*. Springer Science & Business Media, 2011.
[2] *Earth observation portal*. Available: https://eoportal.org
[3] *Gunter's space page*. Available: https://Spacesky.rocket.de
[4] S. J. Isakowitz, J. P. Hopkins, and J. B. Hopkins, *International Reference Guide to Space Launch Systems*. American Institute of Aeronautics and Astronautics(AIAA), 2004.
[5] L. Bartamian, D. Martin, and P. Anderson, *Communication satellites 5th Edition*. American Institute of Aeronautics and Astronautics,(AIAA), 2007.
[6] Available: https://en.wikipedia.org .
[7] H. Jalili, "Comparative studies of the development of space technology in the countries of the region," Iranian space research center, Tehran, Iran, Technical report SRI-5097-D-0001, 2022.(in Persian)
[8] H. Jalili, "Evaluating the weaknesses and strengths of space technology domestic development for the purpose of strategic planning," Iranian space research center, Tehran, IranTechnical report SRI-5097-D-0002, 2022.(in Persian)