JSST Journal of Space Science and Technology

VOL.?? / ISSUE ?/ 2024/ (NO. ??)
Print ISSN: 2008-4560 / Online ISSN: 2423-4516
http://doi.org/10.22034/jsst.2024.1471

OPEN ACCESS

Pages: ??-??/ ??? Paper / Received: ??????/ Revised ????? / Accepted????

Journal Homepage: https://jsst.ias.ir

Scientometrics and Analysis of Scientific Productions Published in the Field of "Satellite Constellations" and Case Study of Selected Countries

Hossein Eftekhari[1], Pedram Hajipour[2*], Ali Kheirdoost[3], and Hassan Yeganeh[4]

1. CEO, Science and Technology Watch Company, Tehran, Iran
2*. Assistant Professor, Satellite Communication Group, Faculty of Communications Technology, ICT Research Institute, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Satellite Communication Group, Faculty of Communications Technology, ICT Research Institute, Tehran, Iran
4. Assistant Professor, Faculty of Communications Technology, ICT Research Institute, Tehran, Iran

Corresponding Author E-mail: hajipour@itrc.ac.ir

Abstract

Satellite constellations include a set of similar satellites that are distributed in a specific orbital pattern to accomplish a common mission. Satellite constellations are commonly used to accomplish missions such as global telecommunications, global positioning, and remote sensing. In this article, by using scientometric tools, the structure and scientific maps of the field of "satellite constellations" in the world, as well as two leading countries, including the United States and China, have been analyzed based on research documents published in this field. In addition, a comparison has been made between these two countries with the world. The research community includes all scientific documents in the field of "satellite constellations" that have been indexed in the "Scopus" database between 1969 and 2023 AD. Also, in this article, knowledge maps (thematic subfields) and international cooperation maps of countries have been drawn using Bibexcel and VOSViewer software.

Keywords: Satellite constellations, Scientometrics, Scopus, knowledge maps

1. Introduction

While previously single satellites were used to meet operational needs but due to problems such as high cost, high launch weight and delay in sending data, this procedure is inclined towards the use of satellite constellations [1]. Due to the world's satellite industry turning to micro and nano satellites in order to reduce costs and also the ability of constellations to do this effectively, many countries have entered into the design and construction of all kinds of constellations [2]. Therefore, finding out about the status and development process of satellite constellations and the analysis of scientific productions related to it can be very helpful for policy makers, especially space field decision makers. In a simple sense, scientometrics is the science of measuring science, which includes all quantitative methods and models related to the production and dissemination of knowledge and technology [3]. In this article, an attempt will be made to analyze the existing situation and the structure of the field of "satellite constellations" using scientometric tools.

2. Methodology and Findings

Documents indexed in the Scopus database at 3 levels including: a) world's documents (14346 documents), b) USA's documents (3738 documents) and c) China's documents (3369 documents) have been retrieved and analyzed.

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. Eftekhari, P. Hajipour, A. Kheirdoost, and H. Yeganeh " Scientometrics and analysis of scientific productions published in the field of "satellite constellations" and Case study of selected countries," *Journal of Space Science and Technology*, vol. ??, no.?, pp. ??-??, 2024(in Persian**). http://doi.org/10.22034/jsst.2024.1471**

ACCEPTED MANUSCRIPT

As it is clear in figure 1, the trend of science production in this field is on the rise in the world, which shows the importance and attractiveness of this scientific field. On the other hand, this graph shows that China is doing research work with a high growth rate and as a result publishing documents in this field.

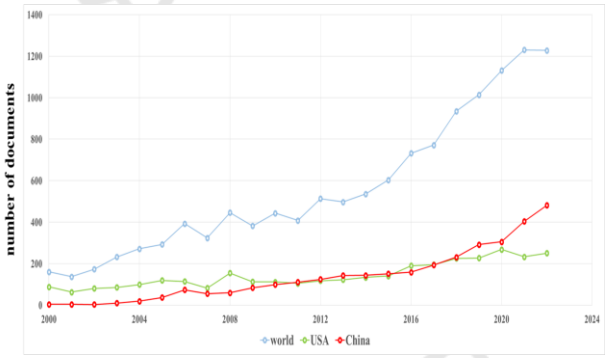


Figure 1. The trend and number of published documents in the field of "satellite constellations"

In Table 1, the top research subfields (the most frequent words in the documents) for each of these 2 countries are shown, along with the overall world situation. According to the results in Table 1, it can be stated that the research directions in the 2 countries of America and China and their comparison with the general situation of the world in the field of satellite constellations are largely in the same direction and the differences are mainly related to the number of priorities. Also, the noteworthy point regarding the priorities extracted in the United States is that this country specifically works on the use of satellite constellations in weather forecasts, imaging through satellites, and also the issue of sensors. For China, this is more related to navigation and positioning systems.

Table 1.Comparison of the top research areas in the field of "satellite constellations" until 2023

China	United states	World
Global positioning system	Global positioning system	Global positioning system
Communication satellites	Remote sensing	Communication satellites
Radio navigation	Communication satellites	Remote sensing
Beidou navigation satellite systems	Small satellites	Radio navigation
Satellite links	Algorithms	SAR(synthetic aperture radar)
Inter-satellite link	satellite imagery	Small satellites
Remote sensing	Weather forecasting	Algorithms
Algorithms	Sensors	Satellite links

3. Conclusions

In this article, an attempt was made to investigate the status of this field of knowledge in three levels, including: 1- world's documents, 2- USA's documents, and 3- China's documents, using scientific analysis in the field of "satellite constellations". Also, the conceptual structure of this field and the relationship between its subject subfields and international cooperation were analyzed. The review of retrieved texts in this field until 2023 showed that a total of more than fourteen thousand documents in the world have been indexed in the Scopus database. The trend of producing documents in this field has been increasing in recent years, which shows the importance of this field in the world. According to the results obtained from this study, the countries of America, China and Germany are the leading countries in this field at the global level. Also, institutions and research centers that have published the most scientific documents in this field include NASA, the Chinese Academy of Sciences, and the German Aerospace Center, respectively. Also the results show that from the perspective of the type of documents published, the articles presented in conferences in America have a higher share; but for China, it is related to the articles published in the journals. Also, 91 countries in the world have scientific cooperation in this field, the United States has more international cooperation in the research fields related to satellite constellations than China. The most research collaboration between United States researchers is with German researchers; While China researchers have formed the most cooperation with American researchers.

4. References

[1] M.Haji Jafari, S.Aminabadi, "Investigating orbital configurations for a near-Earth satellite telephone system in Iran's territory", Bi-Quarterly Journal of Space Science, Technology and Applications,vol.1,no.2,pp.138-146,1400,[Online]. Available: https://sid.ir/paper/956246/fa (in persian).

[2] F.Pazuki, K.Ahmadi Dastgardi, H.Ismaili Aliai, Satellite system master plan, The fourth international conference of the Iranian Aerospace Association,1393,[Online]. Available: https://sid.ir/paper/890150/fa (in persian).

[3] K.Yazdani, S.N.Nejat,. A.Rahimi Muqar, L.Qalichi, M.Khalili, Scientometrics: a review of concepts, applications and indicators, Specialized Journal of Epidemiology. vol.10. no. 4,pp. 78-88,1393 (in persian).

FOR MANUSCRIPT

JSST
فصلنامهٔ علمی - پژوهشی علوم و فناوری فضایی
دوره ؟؟ / شماره ؟/ سال ؟؟؟؟
شاپای چاپی: ۴۵۶۰-۲۰۰۸ / شاپای الکترونیکی: ۴۵۱۶-۲۴۲۳
http://doi.org/10.22034/jsst.2024.1471
OPEN ACCESS
ص. ص.۶ ۱-۱ / مقاله مروری / دریافت: ۰۹ دی ۱۴۰۲/ بازنگری: ۸ اسفند ۱۴۰۲ / پذیرش مقاله: ۰۹ اسفند ۱۴۰۲
Journal Homepage: https://jsst.ias.ir

تحلیل علم‌سنجی تولیدات علمی منتشرشده در حوزه منظومه‌های ماهواره‌ای

حسین افتخاری[۱] ،پدرام حاجی پور[۲*]، علی خیردوست [۳] و حسن یگانه [۴]

۱- شرکت دیده‌بان علم و فناوری، تهران، ایران
۲- گروه ارتباطات ماهواره‌ای، پژوهشکده فناوری ارتباطات، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران
۳- گروه ارتباطات ماهواره‌ای، پژوهشکده فناوری ارتباطات، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران
۴- پژوهشکده فناوری ارتباطات، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران
* ایمیل نویسنده مخاطب: hajipour@itrc.ac.ir

چکیده: *منظومه‌های ماهواره‌ای شامل مجموعه‌ای از ماهواره‌های مشابه هم می‌باشند که به‌منظور به انجام رساندن یک ماموریت مشترک در یک الگوی مداری خاص توزیع شده‌اند. از منظومه‌های ماهواره‌ای معمولاً برای به انجام رساندن ماموریت‌هایی مانند مخابرات جهانی، موقعیت‌یابی جهانی و سنجش از دور استفاده می‌گردد. در این مقاله با به‌کارگیری رویکرد علم‌سنجی به تحلیل و ترسیم ساختار و نقشه‌های علمی حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای» در جهان و همچنین دو کشور پیشرو شامل آمریکا و چین بر مبنای تعداد اسناد پژوهشی منتشر شده در این حوزه پرداخته شده است. علاوه بر این، مقایسه‌ای بین این دو کشور با کل دنیا نیز صورت گرفته است. جامعهٔ پژوهش شامل کلیهٔ مدارک علمی در حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای» است که در پایگاه «اسکوپوس» مابین سال‌های ۱۹۶۹ تا ۲۰۲۳ میلادی نمایه شده‌اند. همچنین در این مقاله به ترسیم نقشه‌های دانشی (زیرحوزه‌های موضوعی) و نقشه همکاری‌های بین‌المللی کشورها با استفاده از نرم‌افزارهای Bibexcel و VOSViewer نیز اقدام شده است.*

واژه‌های کلیدی: منظومه‌های ماهواره‌ای، علم‌سنجی، اسکوپوس، نقشه‌های دانشی.

مقدمه

در حالی‌که از تک ماهواره‌ها پیش‌تر برای برآورده کردن نیازهای عملیاتی استفاده می‌شود؛ اما به دلیل مشکلاتی نظیر هزینه بالا، وزن پرتاب زیاد و تاخیر در ارسال داده‌ها این رویه به سوی استفاده از منظومه‌های ماهواره‌ای متمایل شده است [1]. از اینرو پیش‌بینی می‌شود که در آینده نزدیک نسل جدید سیستم‌های ارتباطی غیرزمینی مبتنی بر مجموعه‌ای بزرگ از ماهواره‌های در مدار پایین زمین (LEO)[۵] باشد. در چنین شبکه‌ای، از ماهواره‌های واقع شده در مدار زمین ثابت (GEO)[۶] و مدار متوسط زمین (MEO)[۷] به‌منظور فراهم نمودن زیرساخت ارتباطات با

۱ مدیرعامل
۲ استادیار(نویسنده مخاطب)
۳ استادیار
۴ استادیار

[5] Low earth orbit
[6] Geo stationary
[7] Medium earth orbit

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)

پوشش سراسری و با امنیت بالا به خصوص برای مناطق کم بهره از منظر دسترسی به تجهیزات ارتباطی زمینی استفاده می‌شود [2]. منظومه‌های ماهواره‌ای LEO تاخیر کمتری نسبت به سایر منظومه‌های ماهواره‌ای در ارتفاعات مداری بالاتر دارند. این امر می‌تواند در ارائه سرویس‌های حساس به تاخیر مانند سرویس‌های کنفرانس صوتی یا ویدئویی مناسب باشد. ماهواره‌های LEO کوچک‌تر و ارزان‌تر از ماهواره‌های دیگر (MEO یا GEO) می‌توانند ساخته شوند، اما برای ارائه سرویس و اتصال دائمی به کاربران خود به تعداد زیادی از این نوع ماهواره‌ها در قالب منظومه ماهواره‌ای نیاز است [3].

منظومه‌های ماهواره‌ای LEO با وجود افول نسبی در دهه ۱۹۹۰ میلادی در حال بازیابی محبوبیت در ارائه خدمات و سرویس‌های خود در حوزه ارتباطات ماهواره‌ای می‌باشند. این نوع منظومه‌های ماهواره‌ای با انعطاف پذیری بالا به گونه‌ای طراحی و ساخته می‌شوند که امکان پیکربندی پویا به‌منظور مدیریت بهینه منابع را فراهم می‌کنند؛ با این حال، این نوع انعطاف‌پذیری منجر به افزایش هزینه‌ها در طراحی و ساخت ماهواره خواهد شد [4]. اما با توجه به معطوف شدن صنعت ارتباطات ماهواره‌ای دنیا به میکرو و نانو ماهواره‌ها جهت کاهش هزینه‌های ساخت و همچنین توانایی منظومه‌ها در فراهم ساخت سرویس‌های ارتباطی برای کاربران ، کشورهای زیادی وارد طراحی و ساخت انواع منظومه‌ها شده‌اند [5]. همچنین با توجه به نیاز به ارائه خدمات در نسل پنجم شبکه ارتباطی و اینترنت اشیا، ابرمنظومه‌های ماهواره‌ای LEO مورد توجه جدی قرار گرفته است[6]. از طرفی، علیرغم پیشرفت‌های گسترده در حوزه مخابرات، همچنان چندین میلیارد نفر از جمعیت جهان دسترسی به اینترنت ندارند و یا از داشتن یک اینترنت با سرعت قابل قبول و بدون قطعی، محروم هستند که از جمله دلایل این اتفاق، می‌توان به هزینه‌بر بودن نصب، سختی پیاده‌سازی و عدم توجیه اقتصادی استفاده از زیرساخت‌های مبتنی بر سیم مانند فیبر نوری در بسیاری از مکان‌ها اشاره نمود [7].

از اینرو آگاهی یافتن از وضعیت و روند توسعه منظومه‌های ماهواره‌ای و تحلیل تولیدات علمی مرتبط با آن می‌تواند برای سیاست‌گذاران علی‌الخصوص تصمیم‌گیران حوزه فضایی بسیار راهگشا باشد. یکی از رویکردهایی که به‌واسطه آن می‌توان حوزه‌های مختلف دانشی را از منظر معیارهایی مانند کشورهای پیشرو، تعداد مدارک منتشر شده و انواع آن (شامل مقالات کنفرانسی، مقالات منتشر شده در مجلات، کتاب و غیره)، نویسندگان پیشرو، دانشگاه‌ها، نهادها و موسسات آموزشی و پژوهشی پیشرو، موضوعات پژوهشی مرتبط، میزان فراوانی کلمات مرتبط با هر موضوع و نحوه ارتباطات مابین آن‌ها، نحوه همکاری‌های علمی و بین‌المللی کشورها با یکدیگر و غیره مقایسه نمود، رویکرد علم‌سنجی است.

علم‌سنجی به تعبیری ساده عبارت است از دانش اندازه‌گیری علم که همه روش‌ها و مدل‌های کمی مرتبط با تولید و انتشار دانش و فناوری را شامل می‌شود [8]. نخستین نقشی که مطالعات علم‌سنجی برعهده دارند، ترسیم روند توسعه و گسترش علم در سطح ملی و فراتر از آن در سطح بین‌المللی است [9]. نقشه‌های علم به مسیریابی و درک و اطلاع از ساختار پویا و متنوع علم و فناوری کمک می‌کنند؛ به نحوی که درک حجم عظیمی از داده‌های تولیدشده از طریق پژوهش‌های علمی را میسر می‌سازند. نقشه‌ها در قالب شکل‌های گرافیکی با تفکیک حوزه های مختلف علوم و نمایش ارتباط‌های بین آن‌ها، دریافتی ادارکی از ساختار علوم را برای مخاطب امکان‌پذیر می‌سازند. در این مقاله تلاش خواهد شد تا با استفاده از رویکرد علم‌سنجی، وضعیت موجود و ساختار حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای» مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گیرد. در جهت تحقق این هدف، پرسش‌های پژوهشی زیر مطرح می‌شوند:

۱- وضعیت تولیدات علمی منتشر شده در جهان، آمریکا و چین در حوزه منظومه‌های ماهواره‌ای از منظر روند مدارک منتشر شده، نوع مدارک منتشر شده و غیره چگونه است؟

۲- ساختار دانشی حوزه منظومه‌های ماهواره‌ای و مهمترین زیرحوزه‌های موضوعی مرتبط با آن در جهان، آمریکا و چین به چه صورت است؟

۳- وضعیت ارتباطات و همکاری‌های علمی میان کشورها (با تاکید بر دو کشور آمریکا و چین) چگونه است؟

در ادامه این پژوهش و در بخش دوم، مبانی نظری و پیشینه پژوهش در سه قسمت شامل منظومه‌های ماهواره‌ای، مروری بر مفهوم علم‌سنجی و مروری بر پیشینه پژوهش بیان خواهد شد. در بخش سوم، روش‌شناسی پژوهش ارائه خواهد شد. در بخش چهارم، یافته‌های پژوهش ارائه شده و نهایتا در بخش پنجم بحث و نتیجه‌گیری پژوهش ارائه خواهد شد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

الف) منظومه‌های ماهواره‌ای

از زمان‌های گذشته جهت دسترسی همه جانبه به اینترنت در اقصی نقاط دنیا، استفاده از ماهواره و اینترنت ماهواره‌ای در مدارهای مختلف زمین پیشنهاد شده است. به طور سنتی استفاده از ماهواره در مدار GEO جهت مخابره اطلاعات از منظر هزینه و فناوری نقطه بهینه‌ای بوده است. در این حالت ماهواره‌ها در فاصله اندکی بیش از ۳۶۰۰۰ کیلومتری زمین قرار می‌گیرند و با استفاده از تعداد معدودی (حداقل ۳) ماهواره، می‌توان کل نقاط دنیا را تحت پوشش خدمات ارتباطی قرار داد. هم اکنون از این نوع ارتباطات در کاربردهایی مانند استفاده در کشتی، تلفن‌های

ACCEPTED MANUSCRIPT

ماهواره‌ای، تلفن‌های دولتی، خدمات هوایی و غیره استفاده می‌گردد ولی جایگاهی در استفاده عموم علی‌الخصوص برای اینترنت ندارد [10].

با توجه به نیاز به افزایش ظرفیت و کاهش هزینه‌های ارتباطی در آینده نزدیک منظومه‌های ماهواره‌ای نسل آینده (ترکیبی از ماهواره‌ها در LEO یا MEO یا GEO) بخش اعظمی از فضا را برای ارائه خدمات فرا خواهند گرفت[11]. منظومه‌های ماهواره‌ای به گروهی از ماهواره‌ها اطلاق می‌شود که به صورت همزمان برای اهداف نظامی، اینترنت، تلفن ماهواره‌ای، ارتباطی، مسیریابی، سنجشی و غیره به کار برده شده و می‌تواند پوشش جهانی و منطقه‌ای داشته باشد. ماموریت‌های علمی، نظامی، مخابراتی و سنجشی بخشی از مهمترین کاربری‌های فضایی هستند که طی سال‌های گذشته توسط منظومه‌های ماهواره‌ای توسعه داده شده‌اند. استفاده همزمان از چند ماهواره سبب کوچک و سبک شدن هر ماهواره شده و در نتیجه توسعه‌دهندگان می‌توانند برای پرتاب ماهواره ها از ماهواره‌برهای سبک‌تری استفاده کنند که خود باعث کاهش هزینه های مربوط به ساخت، پرتاب و تسهیل پوشش می‌شود [1].

منظومه‌ها قابلیت آن را خواهند داشت تا پوشش دائمی در منطقه هدف و با کاربرد مورد نظر برقرار کنند. منظومه‌ها وابسته به ارتفاع و محموله خود، کاربردهای متنوعی می‌توانند داشته باشند. با استفاده از منظومه‌های ماهواره‌ای پوشش بیشتری تامین می‌گردد، انتقال داده با فاصله زمانی بسیار کمتری صورت می‌گیرد، حجم انتقال داده بیشتری فراهم می‌گردد و ضمنا با توجه به جرم مورد نیاز کمتر برای هر ماهواره، پرتاب چنین ماهواره‌ای راحت‌تر صورت خواهد پذیرفت [12].

ب) مروری بر مفهوم علم‌سنجی

امروزه توان و ظرفیت علمی هر کشور، یکی از شاخص‌های اصلی میزان توسعه پایدار آن کشور محسوب می‌شود. از طرفی، مطالعه وضعیت تولیدات علمی نمایه شده در پایگاه‌های معتبر بین‌المللی، نشان‌دهنده بخش مهمی از فعالیت‌های علمی آن کشور در سطح بین‌المللی است. از این‌رو به‌منظور ارزیابی فعالیت‌های علمی، داشتن تصویری روشن از این وضع، همواره مورد توجه مدیران پژوهشی کشور بوده است [13].

یافته‌های حاصل از مطالعات سنجش و ارزیابی علم، فناوری و نوآوری از مهم‌ترین ابزارهای سیاست‌گذاری توسعه علم، فناوری و نوآوری در هر کشور به‌شمار می‌رود [14]. از این‌رو این سنجش باید به‌گونه‌ای صورت پذیرد که با تکیه بر نتایج آن بتوان تصویری واقعی‌تر از وضعیت کشور خود در مقایسه با سایر کشورها به‌دست آورد [15]. این مطالعات به مدیران پژوهشی در سطوح مختلف امکان می‌دهند که تصویری از جریان تولید، اشاعه و بهره‌گیری از علم در اختیار داشته باشند و بر اساس آن به برنامه‌ریزی در حوزه پژوهش بپردازند [9].

تحلیل هم‌واژگانی، روش مناسبی برای کشف ارتباطات حوزه‌های پژوهشی علم است و پیوندهای مهمی را نشان می‌دهد که ممکن است کشف آن‌ها به روش‌های دیگر مشکل باشد. روش تحلیل هم‌واژگانی، می‌تواند به‌عنوان ابزاری قدرتمند، امکان تعقیب تحولات ساختاری و تکامل شبکه ادراکی و اجتماعی را میسر سازد [16]. روش تحلیل هم-واژگانی در سال‌های اخیر در پژوهش‌های پژوهشگران کشورهای مختلف به‌نحو قابل ملاحظه‌ای مورد توجه قرار گرفته است. بسیاری از پژوهشگران با این روش حوزه‌های خاصی را به قصد تحلیل و ترسیم ساختار آن مطالعه کرده‌اند [17]. اگرچه ارزیابی کمّی نمی‌تواند و نباید جایگزین ارزیابی‌های کیفی پژوهش‌های انجام شده باشد، ولی می‌تواند ابزار موثری برای درک بهتر فرایند تحقیقات علمی و تجزیه‌وتحلیل توزیع و استفاده از اطلاعات علمی باشد و در عین حال فاقد برخی محدودیت‌های ارزیابی‌های کیفی مانند اثرپذیری یافته‌ها از سوگیری-های ارزیابی کنندگان باشد [18].

علاوه بر این، روش‌های مختلفی برای مطالعه تحولات حوزه-های میان‌رشته‌ای وجود دارد که از جمله مهم‌ترین آن‌ها روش‌های مطرح در حوزه علم‌سنجی است که توسط پیشگامانی مانند پرایس[1] پیشنهاد شده‌اند. مدارک و مستندات علمی یکی از بهترین و مهم-ترین راه‌های اطلاع از آخرین پژوهش‌ها و یافته‌های هر حوزه علمی خواهد بود. مقالات مجلات و کنفرانس‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین مجراهای نشر نتایج حاصل از پژوهش‌ها شناخته می‌شوند [19].

ج) مروری بر پیشینه پژوهش

طبق بررسی‌های انجام شده، تحقیقات زیادی در جهان با استفاده از رویکرد علم‌سنجی در حوزه‌های گوناگون صورت گرفته‌اند؛ اما کاربرد آن در تحلیل و ترسیم ساختار حوزه منظومه‌های ماهواره‌ای مورد توجه کافی قرار نگرفته است. در ادامه، برخی از مطالعاتی که در آن‌ها از روش‌ها و تحلیل‌های علم‌سنجی استفاده شده است و مرتبط با موضوع این مقاله است، مرور خواهند شد. پیش‌تر ساراجیوتو[2] و بندیتو[3](۲۰۱۳) با استفاده از علم‌سنجی به تحلیل استفاده از تصاویر سنجش از دور در مطالعات بوم‌شناسی اقدام نموده‌اند و مواردی همچون درصد مدارک منتشر شده، کشورهای برتر در این حوزه، حوزه‌های موضوعی داغ، نهادها و موسسات برتر، روند تولید علم در این حوزه و نهادهای تامین مالی برتر را شناسایی و استخراج نموده‌اند [20].

زنگ و همکاران[4](۲۰۱۵) به بررسی و تحلیل روند تولید تحقیقات در کشور چین در حوزه سنجش از دور در بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ اقدام نموده‌اند. در این تحقیق، اطلاعات مربوط به ۴۸۵ مقاله پراستناد استخراج شده و اطلاعاتی همچون نویسندگان پراستناد، نهادهای برتر،

[1] Price (نام نویسنده)
[2] Sarragiotto
[3] Benedito
[4] Zeng

موضوعات داغ پژوهشی و واژگان با بیشترین میزان تکرار در مقالات، استخراج و گزارش شده است [21]. ژنگ[1] و همکاران در سال ۲۰۱۷ میلادی به تحلیل علم‌سنجی تحقیقات حوزه سنجش از دور در بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ میلادی اقدام نمودند. در این راستا از پایگاه استنادی وب‌آوساینس استفاده شده است. خروجی‌های گزارش شده در این مقاله شامل: تعداد مدارک منتشر شده به تفکیک هر سال، تعداد استنادهای دریافتی مدارک، شناسایی مدارک با بیشترین میزان استناد دریافتی، شناسایی حوزه‌های موضوعی مرتبط، استخراج مجلات برتر در این حوزه، شناسایی کشورهای برتر، نهادهای با بیشترین میزان مدارک منتشر شده و همچنین ترسیم شبکه‌های هم‌واژگانی (با استفاده از نرم افزار VOSviewer) می‌باشند [22].

هو و همکاران[2] (۲۰۱۷) به مصورسازی تحقیقات مرتبط با سنجش از دور در نور شب[3] در بین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۶ اقدام نمودند. برای این منظور از داده‌های پایگاه وب‌آوساینس استفاده شده است. فیلتر اعمال شده در این تحقیق شامل "مقالات به زبان انگلیسی" است. تعداد مدارک تحلیل شده برابر با ۱۳۶ مدرک است. موارد بررسی شده شامل مدارک منتشر شده در هر سال، میانگین تعداد نویسندگان مقالات، مجلات برتر که بیشترین تعداد مقالات را منتشر نموده‌اند، و کشورهای برتر است. همچنین تحلیل‌های مختلفی با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی در این حوزه همچون گفی[4] و سایت‌اسپیس[5] انجام شده است [23].

ایتو بران[6] (۲۰۱۸) به بررسی ماموریت کریوست[7] (نام برنامه آژانس فضایی اروپا برای پایش تغییرات در ضخامت یخ‌های قطبی با استفاده از ماهواره‌های موجود در مدار نزدیک زمین) با استفاده از رویکردهای علم‌سنجی و کتاب‌سنجی پرداخته است. مواردی همچون ژورنال‌ها یا کنفرانس‌هایی که بیشترین تعداد مقالات مرتبط با این حوزه را چاپ نموده‌اند، روند تولید مدارک در این حوزه، رتبه‌بندی نویسندگان با بیشترین میزان مدارک منتشر شده، نهادها (اعم از دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و غیره) که بیشترین مدارک را منتشر نموده‌اند و کشورهای برتر از منظر تولید علم در این حوزه را شناسایی نموده است. همچنین شبکه‌های مربوط به هم‌رخدادی واژگان، هم‌نویسندگی و هم‌موسسه‌ای نیز در این پژوهش ترسیم شده است [24].

پاتریارکا[8] (۲۰۱۹) با استفاده از تحلیل‌های هم‌استنادی به بررسی ۳۹۰۰ مدرک در حوزه «مدیریت ریسک، ایمنی و قابلیت اطمینان مرتبط با ماهواره» پرداخته است. نتایج استخراج شده از تحلیل‌های هم‌استنادی شامل مجلات برتر، کشورهای برتر و نهادهای برتر است [25].

ونگ[9] و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از تحلیل کتاب‌سنجی به بررسی مدارک منتشر شده در بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ میلادی در حوزه «سنجش از دور با استفاده از وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین»[10] اقدام نمودند. در این پژوهش از پایگاه وب‌آوساینس استفاده شده است و مواردی همچون شبکه‌های هم‌نویسندگی، شبکه هم‌واژگانی و خوشه‌های هم‌استنادی ترسیم شده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که روند رشد مدارک این حوزه علی‌الخصوص در ۵ سال اخیر بسیار سریع بوده است. همچنین مدارک منتشر شده توسط کشورهای چین و آمریکا بسیار قابل توجه است. از طرفی کشور آمریکا بیشترین میزان همکاری بین‌المللی را در این حوزه به خود اختصاص داده است. پیش‌بینی می‌شود که کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در آینده در این حوزه گسترده‌تر باشد [26].

ینگ[11] و همکاران (۲۰۲۲) با هدف شناسایی دستاوردها و روندهای آینده حوزه «ارتفاع‌سنجی ماهواره‌ای»[12] از تحلیل‌های علم‌سنجی کمک گرفتند. بازه زمانی مورد بررسی در این تحقیق شامل ۵۰ سال (از سال ۱۹۷۰ تا سال ۲۰۲۱) بوده و از پایگاه وب‌آوساینس استفاده شده است. تعداد کل مدارک تحلیل شده برابر با ۸۵۴۱ مدرک است. موارد استخراج شده شامل تعداد مقالات منتشر شده سالانه، نهادهای برتر، کشورهای برتر، نویسندگان برتر، مجلات برتر، و کلیدواژه‌های پرتکرار هستند. همچنین برای تحلیل همکاری نویسندگان از شبکه‌های هم‌نویسندگی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهند که کشورهای آمریکا، فرانسه، چین، انگلستان و آلمان سهم بسیار مهمی در توسعه این حوزه دانشی دارند [27].

داینلی و ساراکو[13] (۲۰۲۳) در تحقیق خود و با استفاده از تکنیک‌های علم‌سنجی، به بررسی حوزه کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در کشاورزی پرداختند. برای این منظور از داده‌های پایگاه وب‌آوساینس[14] در بین سال‌های ۱۹۷۷ تا ۲۰۲۲ استفاده نموده‌اند. مطابق با نتایج بدست آمده، کشورهای آمریکا، چین و هند در این حوزه پیشرو هستند. همچنین رشد تولید مدارک علمی در این حوزه بسیار سریع است. مقالات با بیشترین میزان استناد در این تحقیق استخراج و واژگان و زیرحوزه‌های با تکرار زیاد نیز در این حوزه شناسایی شده‌اند [28].

[1] Zhang
[2] Hu
[3] Night-Time Light Remote Sensing
[4] Gephi
[5] Citespace
[6] Eito-Brun
[7] CryoSat
[8] Patriarca
[9] Wang
[10] Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing
[11] Yang
[12] Satellite altimetry
[13] Dainelli & Saracco
[14] Web Of Science

ACCEPTED MANUSCRIPT

تورس گیل و همکاران[1](۲۰۲۳) در تحقیق خود با عنوان «استفاده گسترده از سنجش از دور در کاربردهای آزبست، پوشش گیاهی، نفت و گاز و زمین شناسی» از تحلیل‌های علم‌سنجی استفاده نمودند و روندهای بین‌المللی مقالات این حوزه را به شکلی عمیق استخراج نمودند. شبکه‌های هم‌واژگانی در این حوزه با استفاده از داده‌های موجود در پایگاه اسکوپوس ترسیم شده‌اند. برای این منظور از نرم‌افزار VOSviewer استفاده شده است [29].

با توجه به پیشینه پژوهش بررسی شده در این بخش می‌توان به این نتیجه رسید که مقالات پژوهشی منتشر شده در حوزه ارتباطات ماهواره‌ای با استفاده از رویکرد علم‌سنجی، بیشتر در زمینه موضوعی سنجش از راه دور انجام شده است. همچنین موضوعاتی مانند بررسی تصاویر ماهواره‌ای، بررسی تغییرات آب و هوایی، بررسی ارتفاع‌سنجی ماهواره و نهایتا بررسی ریسک و میزان قابلیت اطمینان در سیستم‌های ماهواره‌ای نیز از موضوعات مورد علاقه پژوهشگران در حوزه فضایی می‌باشد. البته باید توجه داشت که با توجه به توضیحات بخش مقدمه، لزوم بررسی مناسب در مسیر توسعه ارتباطات غیرزمینی مبتنی بر منظومه‌های ماهواره‌ای موضوع مهم و جذابی بوده که در این پژوهش بدان پرداخته خواهد شد.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از منظر هدف، از نوع کاربردی و از لحاظ گردآوری داده‌ها توصیفی-تحلیلی است که با رویکرد علم‌سنجی انجام شده است. جامعه آماری در این پژوهش، کلیه بروندادهای علمی محققان و نویسندگان در حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای» است که مابین سال‌های ۱۹۶۹ تا ۲۰۲۳ میلادی در پایگاه اسکوپوس نمایه شده‌اند. بروندادهای مذکور در ۳ سطح شامل: الف) مدارک جهان (۱۴۳۴۶ مدرک)، ب) مدارک کشور آمریکا (۳۷۳۸ مدرک) و ج) مدارک کشور چین (۳۳۶۹ مدرک) بازیابی و تحلیل شده‌اند. در گام اول، کلیه مدارک این حوزه از پایگاه «اسکوپوس» در تاریخ ۱۱ نوامبر ۲۰۲۳ (بیستم آبان ۱۴۰۲) استخراج شدند.

در رابطه با استراتژی جستجو در پایگاه اسکوپوس، ذکر این نکته لازم است که مطابق با بررسی‌های عمیق انجام شده، مشخص شد که در مدارک منتشر شده در حوزه منظومه‌های ماهواره‌ای نویسندگان عینا از عبارت "satellite constellation*" استفاده نمی‌کنند. بنابراین و طبق مشورت با متخصصان این حوزه، این نتیجه حاصل شد که جهت جستجو در پایگاه اسکوپوس از استراتژی جستجوی زیر استفاده شود:

TITLE-ABS-KEY ("satellite" AND "constellation*")

استفاده از علامت ستاره (*) در انتهای کلمه منظومه به این دلیل است که هر دو حالت مفرد و جمع آن در نظر گرفته شود. همانگونه که مشخص است، استراتژی جستجوی مذکور در عنوان، چکیده و کلیدواژه‌های مدارک نمایه شده در پایگاه اسکوپوس انجام شده است. مدارک بازیابی شده با فرمت آر.آی.اس[2] دانلود شدند. در گام دوم و جهت تشکیل ماتریس‌های هم‌رخدادی (برای شبکه هم‌واژگانی و شبکه هم‌کشوری) از نرم‌افزارهای اکسل و Bibexcel بهره گرفته شد. پیش از تشکیل ماتریس‌های هم‌رخدادی، اقدامات لازم جهت حذف کلیدواژه‌های غیرمرتبط و فاقد معنای مناسب انجام شد و برای حالت مفرد و جمع واژه‌ها نیز یکسان‌سازی صورت پذیرفت. از طرفی، طبق نظر متخصصان واژگانی که از منظر مفهومی مترادف بودند نیز در یک واژه ادغام شدند. در گام بعدی، جهت تعیین حد آستانه برای تعداد تکرار کلیدواژه‌ها و پس از چند مرحله آزمون و خطا و با درنظر گرفتن قانون یک‌سوم برادفورد، حد آستانه در نظر گرفته شده در نرم‌افزار Bibexcel برای تعداد تکرار واژگان در مدارک جهان برابر با ۵۰ تکرار (شامل ۴۳۶ کلیدواژه معادل ۳۹ درصد کل فراوانی) و برای تعداد تکرار واژگان در مدارک چین ۱۵ تکرار (شامل ۳۲۸ کلیدواژه معادل ۴۲ درصد کل فراوانی) و آمریکا برابر با ۱۵ تکرار (شامل ۳۶۷ کلیدواژه معادل ۳۸ درصد کل فراوانی) تعیین شد. تعیین حد آستانه باعث خواهد شد که شبکه هم‌واژگانی بر روی واژگان اصلی و مهم متمرکز شود و واژگان با تکرار کمتر از گردونه تحلیل خارج شوند. لازم به ذکر است که در تحقیقات مختلف از حد آستانه‌های مختلفی استفاده شده است. به عنوان نمونه سهیلی و همکاران (۱۳۹۴) تحلیل خود را به ۱۲۷ کلیدواژه پرتکرار محدود نمودند که ۳۸ درصد از کل فراوانی واژگان را به خود اختصاص می‌داد و با توجه به اینکه این میزان از قانون یک‌سوم برادفورد نیز فراتر رفته، بنابراین دارای جامعیت کافی می‌باشد [30]. درنهایت نیز با کمک نرم‌افزار VOSviewer به مصورسازی و ترسیم نقشهٔ دانشی این حوزه اقدام شده است. لازم به ذکر است که برای ترسیم نقشه هم‌کشوری، از نرم‌افزار Gephi استفاده شده است.

یافته‌های پژوهش

پاسخ به پرسش اول پژوهش. وضعیت تولیدات علمی منتشر شده در جهان، آمریکا و چین در حوزه منظومه‌های ماهواره‌ای از منظر روند مدارک منتشر شده، نوع مدارک منتشر شده و غیره چگونه است؟

وضعیت رتبه‌بندی کشورهای دارای بیشترین مدرک منتشر شده در جهان در شکل ۱ نشان داده شده است. همانگونه که مشخص است کشورهای ایالات متحده آمریکا، چین، آلمان، ایتالیا و انگلستان، در صدر این رتبه‌بندی قرار دارند و از قاره آسیا نیز کشورهای چین و هند در بین ۱۰ کشور برتر قرار دارند. روند و تعداد مدارک منتشر شده در

[1] Torres Gil

[2] RIS

POSTPRINT MANUSCRIPT

جهان، کشور آمریکا و کشور چین در حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای» در شکل ۲ نشان داده شده است. همانگونه که در این شکل مشخص است، روند تولید علم در این حوزه در جهان صعودی است که نشان‌دهنده اهمیت و جذابیت این حوزه علمی است. از طرفی این نمودار نشان می‌دهد که کشور چین با نرخ رشد زیادی در حال انجام کارهای تحقیقاتی و درنتیجه انتشار مدارک در این حوزه است. همچنین در جدول۱، پنج موسسه/دانشگاه/مرکز تحقیقاتی در سه سطح جهان، آمریکا و چین بر حسب بیشترین تعداد مدرک منتشر شده در این زمینه ارائه شده است. با توجه به جدول ۱، در جهان اداره کل ملی هوانوردی و فضا (ناسا)، آکادمی علوم چین، مرکز هوافضای آلمان، دانشگاه ووهان و مرکز تحقیقات و فناوری فضایی اروپا در این حوزه پیشتاز می‌باشند. در آمریکا اداره کل ملی هوانوردی و فضا (ناسا)، موسسه فناوری کالیفرنیا، مؤسسه فناوری ماساچوست، دانشگاه کلرادو بولدر و Aerospace Corporation رتبه‌های برتر را به خود اختصاص داده‌اند. در چین نیز آکادمی علوم چین، دانشگاه ووهان و دانشگاه ملی فناوری دفاعی چین رتبه‌های اول تا سوم را به خود اختصاص داده‌اند. وضعیت نوع مدارک منتشر شده (مقاله همایش، مقاله منتشر شده در مجلات، فصل از کتاب و ...) در جهان، آمریکا و چین و همچنین درصد مدارک مربوطه در حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای» نیز در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است، مقالات همایشی بیشترین میزان مدارک منتشر شده در جهان و کشور آمریکا را به خود اختصاص داده‌اند. از طرفی، بیشترین میزان مدارک منتشر شده در کشور چین مربوط به مقالاتی است که در مجلات به چاپ رسیده‌اند.

پاسخ به پرسش دوم پژوهش. ساختار دانشی حوزه منظومه‌های ماهواره‌ای و مهمترین زیرحوزه‌های موضوعی مرتبط با آن در جهان، آمریکا و چین به چه صورت است؟

در راستای پاسخ به پرسش دوم پژوهش و به‌منظور ترسیم ساختار این حوزه، در ابتدا با استفاده از خروجی‌های حاصل از پایگاه «اسکوپوس» و با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای اکسل و Bibexcel، تحلیل واژگان مربوطه در مدارک جهان، آمریکا و چین انجام شده است. در گام بعدی باید خروجی به‌دست آمده از نرم‌افزار Bibexcel را وارد نرم‌افزار VOSViewer نموده و شبکه‌های مربوطه را ترسیم نماییم. شبکه هم‌واژگانی ترسیم شده برای جهان، آمریکا و چین، مطابق شکل ۴ است. کوچک یا بزرگ بودن دایره‌ها در این شکل نشان‌دهنده این موضوع است که در حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای»، به چه میزان هر واژه تکرار شده است. همانطور که در شکل۴ مشخص است، واژه‌هایی همچون "سیستم موقعیت‌یاب جهانی"، "منظومه‌های ماهواره‌ای" و "ماهواره‌های ارتباطی" چون دایره‌های بزرگتری دارند، در واقع بیشترین تکرار را در میان مدارک منتشر شده در هر سه سطح (جهان، آمریکا و چین) دارند. از طرفی و مطابق با شکل ۴، کشورهای آمریکا و چین در حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای» بر روی زیرحوزه‌های نسبتا مشابهی در حال انجام تحقیق و پژوهش هستند.

در جدول ۲، با توجه به خروجی نرم‌افزار VOSviewer، در مجموع ۵ خوشه موضوعی برای سه سطح جهان، آمریکا و چین استخراج شده است. در این جدول، یک ستون به موضوع اصلی و محوری هر خوشه و ستون دیگر به سایر موضوعات اولویت‌دار پژوهشی در زیرمجموعه هر خوشه اشاره می‌کند. همانطور که از محتوای جدول ۲ مشخص است، تقریبا در هر سه سطح و در خوشه‌های مختلف موضوعات کلان پژوهشی با جابجایی در خوشه‌ها با یکدیگر مشابه و یکسان می‌باشد.

مطابق با جدول۲، همانگونه که از موضوعات کلان خوشه‌ها مشخص است در جهان موضوعاتی مانند سنجش از راه دور، ناوبری و ماهواره‌های مخابراتی دارای اولویت‌های پژوهشی بیشتری می‌باشند. در کشور آمریکا موضوعاتی مانند بررسی شرایط آب‌وهوایی، ماهواره-های مخابراتی و مسائل مرتبط با فضا دارای اهمیت می‌باشند. در کشور چین مسائلی مانند بررسی شرایط آب و هوایی، ماهواره‌های مخابراتی و ناوبری جزء سه اولویت برتر در این حوزه می‌باشند. نکته مهم، اهمیت موضوع ماهواره‌های مخابراتی بوده که در جهان، آمریکا و چین دارای اولویت بالا بوده و احتمالا در آینده نزدیک در حوزه طراحی، ساخت و پرتاب ماهواره‌های مخابراتی در این حوزه پیشرفت‌های فنی بیشتری از منظر عملیاتی و تجاری حاصل خواهد شد.

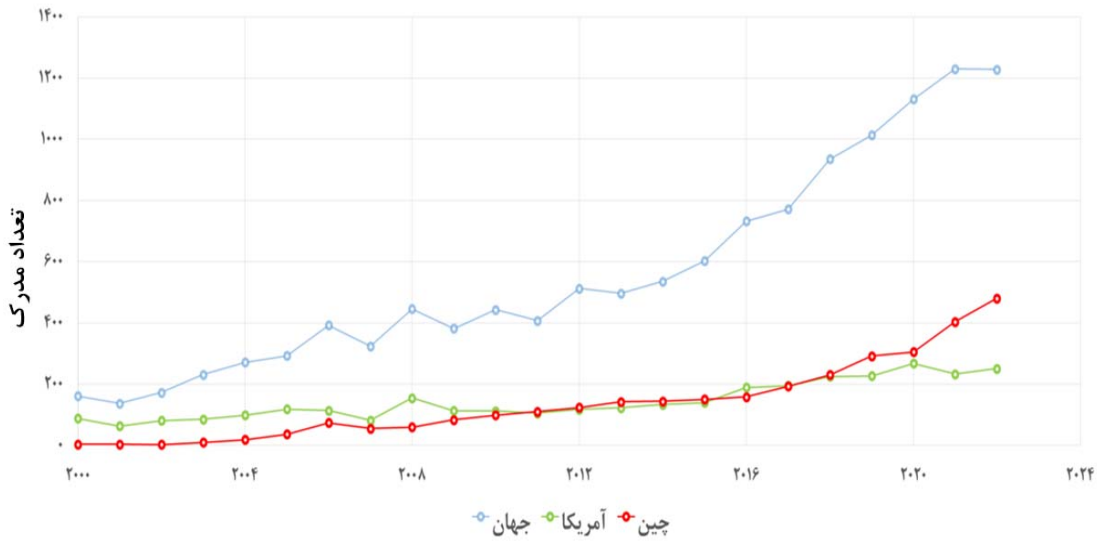
در جدول ۳، زیرحوزه‌های تحقیقاتی برتر (واژگان پرتکرار در مدارک) برای هرکدام از این ۲ کشور به همراه وضعیت کلی جهان نشان داده شده است. مطابق با نتایج موجود در جدول ۳ می‌توان بیان نمود که جهت‌گیری‌های تحقیقاتی در ۲ کشور آمریکا و چین و مقایسه آن‌ها با وضعیت کلی جهان در حوزه منظومه‌های ماهواره‌ای تا حد زیادی در یک راستا قرار دارد و تفاوت‌ها عمدتا به شماره اولویت‌ها مربوط می‌شود. همچنین نکته قابل توجه در رابطه با اولویت‌های استخراج شده در کشور آمریکا این است که این کشور به طور مشخص بر روی استفاده از منظومه‌های ماهواره‌ای در پیش‌بینی‌های آب و هوایی، تصویربرداری از طریق ماهواره‌ها و همچنین مبحث سنسورها فعالیت می‌کند. این امر برای کشور چین بیشتر به مباحث مربوط به ناوبری و سیستم‌های موقعیت‌یابی مربوط می‌شود. همچنین بررسی وضعیت تولیدات علمی در این حوزه در ۲ سال اخیر (۲۰۲۲ و ۲۰۲۳) نشان می‌دهد که جایگاه کشورهای آمریکا و چین تغییر نموده است و کشور چین به کشور اول دنیا (با انتشار ۹۹۲ مدرک) صعود نموده است. همچنین کشورهای آمریکا

ACCEPTED MANUSCRIPT

(با انتشار ۴۴۹ مدرک) و ایتالیا (انتشار ۲۵۴ مدرک) در رتبه‌های بعدی تولید علم در این حوزه قرار گرفته‌اند. همچنین اولویت‌های تحقیقاتی جهان، آمریکا و چین در این دوره ۲ ساله مطابق با جدول ۴ استخراج شده است. همانگونه که از نتایج این جدول مشخص است، موضوعاتی مانند سیستم موقعیت یاب‌جهانی، ماهواره‌های مخابراتی و ماهواره LEO جزوه سه اولویت پژوهشی در این حوزه می‌باشند. این نتایج دقیقا نشان می‌دهد که همانند نتایج جدول ۳، موضوع ماهواره‌های مخابراتی در دو سال منتهی به این پژوهش نیز جزء موضوعات با اهمیت در کنار دو موضوع پژوهشی دیگر می‌باشد.

شکل ۱- کشورهای دارای بیشترین مدرک منتشر شده در حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای»

Figure 1- Countries with the most published documents in the field of "satellite constellations"



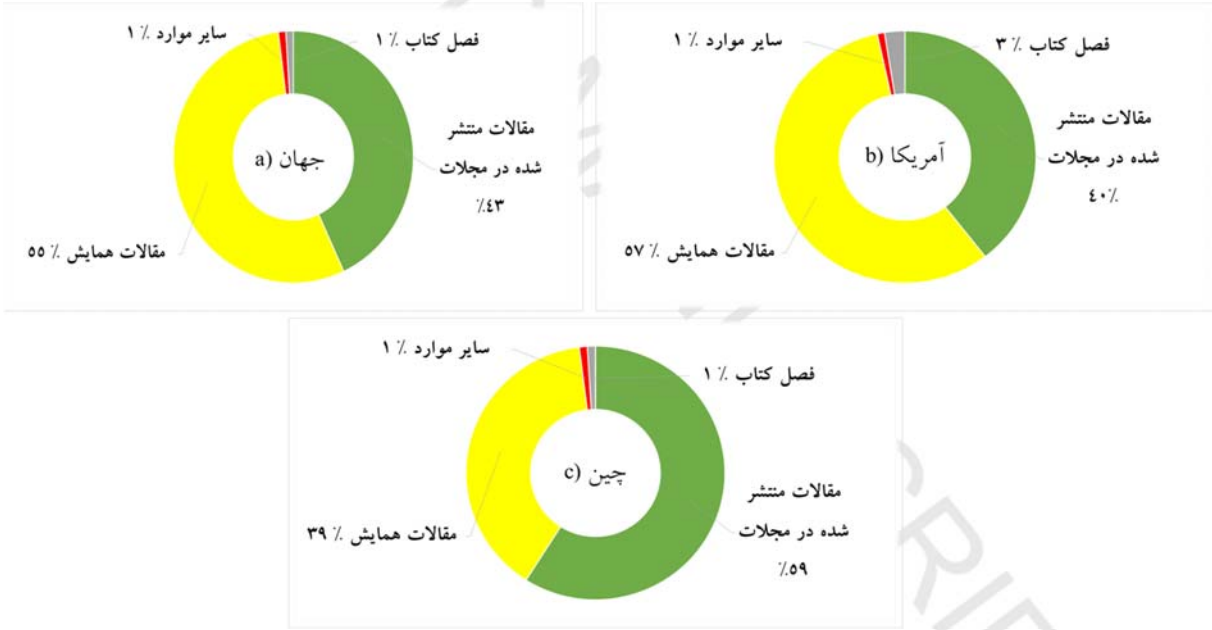
شکل ۲- روند و تعداد مدارک منتشر شده در حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای»

Figure 2- The trend and number of documents published in the field of "satellite constellations"

جدول ۱- نهادهای برتر تولید علم در حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای»

Table 1- The top institutions of science production in the field of "satellite constellations"

چین		آمریکا		جهان	
تعداد مدرک	نام نهاد	تعداد مدرک	نام نهاد	تعداد مدرک	نام نهاد
۸۰۲	آکادمی علوم چین	۹۴۶	اداره کل ملی هوانوردی و فضا (ناسا)	۹۴۶	اداره کل ملی هوانوردی و فضا (ناسا)
۳۲۶	دانشگاه ووهان	۲۴۶	موسسه فناوری کالیفرنیا	۸۰۲	آکادمی علوم چین
۲۹۲	دانشگاه ملی فناوری دفاعی چین	۱۷۲	مؤسسه فناوری ماساچوست	۳۵۵	مرکز هوافضای آلمان
۲۱۴	دانشگاه بی هانگ	۱۵۸	دانشگاه کلرادو بولدر	۳۲۶	دانشگاه ووهان
۱۵۶	دانشگاه چینهوا	۱۵۱	Aerospace Corporation	۲۹۸	مرکز تحقیقات و فناوری فضایی اروپا



شکل ۳- نوع و درصد مدارک منتشر شده در حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای»

Figure 3- Type and percentage of documents published in the field of "satellite constellations"

جدول ۲- دسته بندی خوشه‌های موجود در زمینه «منظومه‌های ماهواره‌ای» تا سال ۲۰۲۳ مطابق با شکل ۴

Table 2- Classification of existing clusters in the field of "satellite systems" until 2023 according to Figure 4

جهان		
شماره خوشه	موضوع کلان (محوری خوشه)	برخی از زیرموضوعات مرتبط با موضوع خوشه
۱	سنجش از راه دور	مشاهدات زمینی و تصاویر ماهواره‌ای و مدیریت داده
۲	ناوبری	سیستم موقعیت یاب جهانی، سیستم ماهواره‌ای ناوبری جهانی و ردیابی
۳	ماهواره‌های مخابراتی	سیستم‌های ارتباطات ماهواره‌ای، لینک‌های بین ماهواره‌ای و شبکه ماهواره‌ای

جهان		
شماره خوشه	موضوع کلان (محوری خوشه)	برخی از زیرموضوعات مرتبط با موضوع خوشه
۴	مسائل مرتبط با فضا	زباله‌های فضایی، پرواز فضایی[1] و ایستگاه‌های فضایی
۵	لایه‌های خارج از جو زمین	اندازه گیری یونسفر، کیهان شناسی[2] و محوشوندگی رادیویی[3]
آمریکا		
شماره خوشه	موضوع کلان (محوری خوشه)	برخی از زیرموضوعات مرتبط با موضوع خوشه
۱	مسائل مرتبط با شرایط آب و هوایی	کیهان شناسی، ماهواره‌های سنجنده شرایط آب و هوا و تغییرات ابرها
۲	ماهواره‌های مخابراتی	سیستم‌های ارتباطات ماهواره‌ای، لینک ماهواره‌ای و ایستگاه زمینی ماهواره
۳	مسائل مرتبط با فضا	پرواز فضایی، زباله‌های فضایی و انرژی خورشیدی
۴	پردازش از راه دور	مشاهدات زمینی، بازتاب سنجشی[4] و کشاورزی
۵	ناوبری	سیستم ماهواره‌ای ناوبری جهانی، ناوبری رادیویی و موقعیت یابی
چین		
شماره خوشه	موضوع کلان (محوری خوشه)	برخی از زیرموضوعات مرتبط با موضوع خوشه
۱	مسائل مرتبط با شرایط آب و هوایی	اندازه گیری یونسفر، مانیتورینگ و پیش بینی آب و هوا
۲	ماهواره‌های مخابراتی	سیستم‌های ارتباطات ماهواره‌ای، لینک ماهواره‌ای و ایستگاه زمینی ماهواره
۳	ناوبری	سیستم موقعیت یاب جهانی، ناوبری رادیویی و سیستم ماهواره‌ای ناوبری بیدو[5]
۴	مسائل مرتبط با فضا	زباله‌های فضایی، پرواز بین سیاره‌ای[6] و پوشش‌دهی
۵	بررسی پارامترهای خاص ماهواره‌ای	تعیین مدار ماهواره، تعیین دقت مداری و تخمین پارامترها

جدول ۳- مقایسه زیرحوزه‌های تحقیقاتی برتر در زمینه «منظومه‌های ماهواره‌ای» تا سال ۲۰۲۳

Table 3- Comparison of the top research areas in the field of "satellite constellations" until 2023

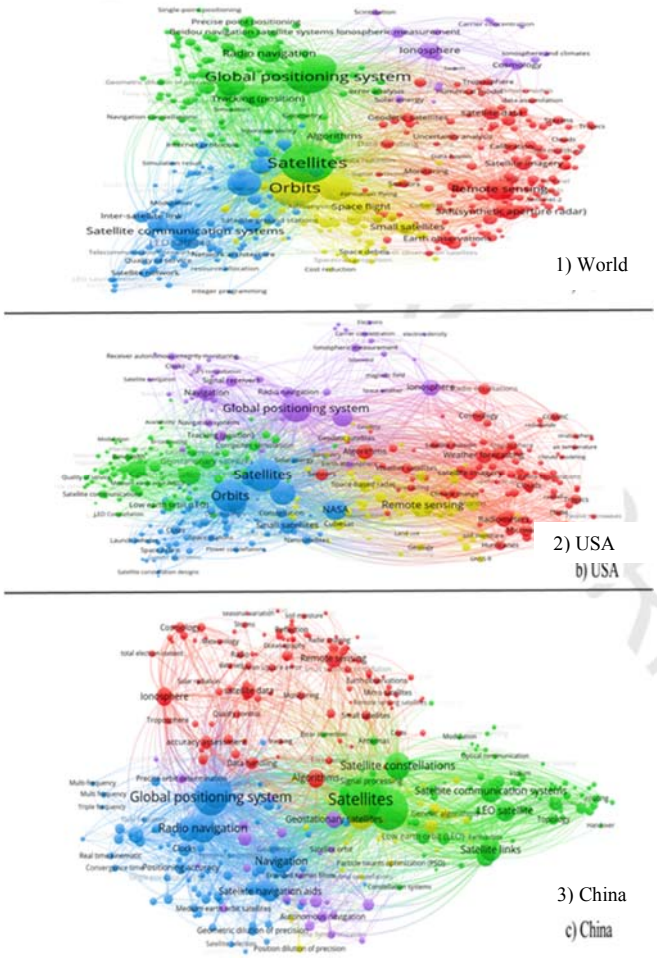
جامعه آماری / اولویت تحقیقاتی	جهان	فراوانی	آمریکا	فراوانی	چین	فراوانی
۱	Global positioning system	۳۵۴۷	Global positioning system	۷۹۸	Global positioning system	۸۵۲
۲	Communication satellites	۱۷۵۴	Remote sensing	۴۵۱	Communication satellites	۵۳۳
۳	Remote sensing	۱۴۳۰	Communication satellites	۳۸۴	Radio navigation	۴۴۷
۴	Radio navigation	۸۱۹	Small satellites	۲۳۹	Beidou navigation satellite systems	۳۳۷
۵	SAR(synthetic aperture radar)	۷۶۹	Algorithms	۲۲۱	Satellite links	۳۱۳
۶	Small satellites	۷۳۲	satellite imagery	۱۶۹	LEO satellite	۲۹۱
۷	Algorithms	۶۸۵	Weather forecasting	۱۵۲	Inter-satellite link	۲۴۷
۸	Satellite links	۶۷۳	Sensors	۱۴۹	Remote sensing	۲۴۳

[1] Space flight
[2] Cosmology
[3] Radio occultations
[4] Reflectometry
[5] Beidou navigation satellite systems
[6] Interplanetary flight

جدول ۴- مقایسه زیرحوزه‌های تحقیقاتی برتر در زمینه «منظومه‌های ماهواره‌ای» در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳

Table 4- Comparison of the top research areas in the field of "satellite constellations" 2022- 2023

جامعه آماری / اولویت تحقیقاتی در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳	جهان	آمریکا	چین
۱	Global positioning system	Global positioning system	Global positioning system
۲	Communication satellites	LEO Satellites	LEO Satellites
۳	LEO Satellites	Communication satellites	Communication satellites
۴	Remote sensing	Remote sensing	Satellite Network
۵	Satellite Links	Small satellites	Satellite Links



شکل ۴- شبکه هم‌واژگانی در حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای» مستخرج از مدارک جهان، آمریکا و چین

Figure 4- Co-words network in the field of "satellite constellation" extracted from documents of the world, America and China

پاسخ به پرسش سوم پژوهش. وضعیت ارتباطات و همکاری‌های علمی میان کشورها (با تاکید بر دو کشور آمریکا و چین) چگونه است؟

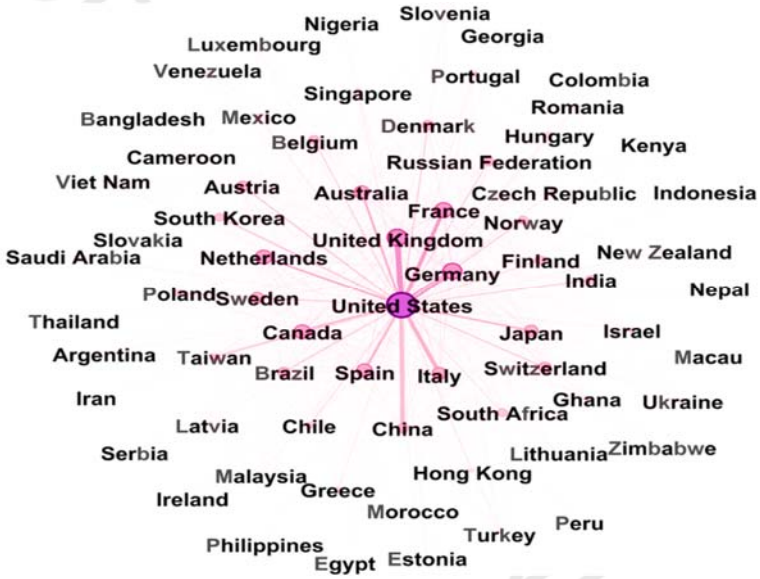
همانگونه که در بخش روش‌شناسی ذکر شد، وضعیت ارتباطات و همکاری‌های علمی میان کشورها در حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای» با استفاده از نرم‌افزار Gephi ترسیم شده است. مطابق با نتایج بدست آمده، تعداد کشورهایی که با یکدیگر در این حوزه همکاری بین‌المللی دارند شامل ۹۱ کشور است که در میان آن‌ها، کشورهای آمریکا، آلمان و انگلستان بیشترین میزان همکاری بین‌المللی را دارا هستند. باتوجه به هدف این پژوهش که بررسی دو کشور پیشرو (شامل آمریکا و چین) است، در شکل ۵ و شکل ۶ وضعیت همکاری‌های علمی بین‌المللی این دو کشور نشان داده شده است. همانطور که مشخص است، آمریکا با کشورهای زیادی همچون فرانسه، کانادا، انگلستان و چین در این حوزه همکاری بین‌المللی علمی دارد. تعداد کشورهایی که با آمریکا همکاری دارند، برابر با ۶۷ مورد است. همچنین کشور چین نیز با کشورهای زیادی همچون آمریکا، ژاپن، سنگاپور و ایتالیا در این حوزه همکاری بین‌المللی علمی دارد. لازم به ذکر است که تعداد کشورهایی که با چین همکاری علمی دارند نیز برابر با ۵۰ مورد است. همانگونه که مشخص است، کشور آمریکا با کشورهای بیشتری نسبت به کشور چین در حوزه منظومه‌های ماهواره‌ای همکاری علمی دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش تلاش شد که با استفاده از تحلیل‌های علم‌سنجی در حوزهٔ «منظومه‌های ماهواره‌ای»، وضعیت این حوزه دانشی در سه سطح شامل: ۱- مدارک جهان، ۲- مدارک آمریکا و ۳- مدارک چین مورد بررسی قرار گیرد. همچنین ساختار مفهومی این حوزه و چگونگی ارتباط بین زیرحوزه‌های موضوعی آن و همکاری‌های بین‌المللی نیز مشخص و ترسیم گردد. بررسی متون بازیابی شده در این حوزه تا سال ۲۰۲۳ میلادی نشان داد که در مجموع بیش از چهارده هزار مدرک در جهان در پایگاه اسکوپوس نمایه شده‌اند. روند تولید مدارک در این حوزه در سال‌های اخیر صعودی بوده که نشان‌دهنده اهمیت این حوزه در جهان است. مطابق با نتایج به‌دست آمده از این مطالعه، کشورهای آمریکا، چین و آلمان پیشروترین کشورها در این حوزه در سطح جهانی به‌شمار می‌آیند. همچنین نهادها و مراکز تحقیقاتی که بیشترین میزان مدارک علمی را در این زمینه منتشر نموده‌اند نیز به ترتیب شامل ناسا، آکادمی علوم چین و مرکز هوافضای آلمان هستند. همانگونه که پیش‌تر ذکر گردید، در این مقاله به مطالعه موردی کشورهای آمریکا و چین نیز پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهند که از منظر نوع مدارک منتشر شده، مقالات ارائه شده در همایش‌ها در آمریکا سهم بالاتری را به خود اختصاص داده‌اند؛ درصورتیکه این امر برای کشور چین مربوط به مقالات منتشر شده در نشریات است. همچنین تعداد ۹۱ کشور در سطح جهان در این حوزه همکاری علمی دارند که کشور آمریکا نسبت به کشور چین دارای همکاری‌های بین‌المللی بیشتری در حوزه‌های تحقیقاتی مرتبط با منظومه‌های ماهواره‌ای است. از طرفی، بیشترین همکاری تحقیقاتی محققان آمریکایی با محققان کشور آلمان است؛ درصورتیکه محققان چینی بیشترین میزان همکاری خود را با محققان آمریکایی شکل داده‌اند.

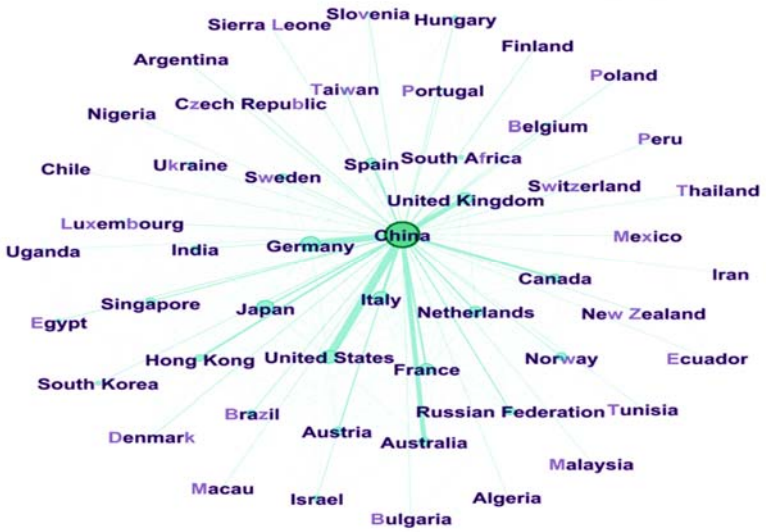
با توجه نتایج حاصل از تحلیل نقشه دانشی این حوزه در جهان، موضوعات اولویت‌دار پژوهشی به ترتیب شامل سیستم موقعیت‌یاب جهانی، ماهواره‌های مخابراتی و پردازش از راه دور است. در کشور آمریکا حوزه‌های اولویت‌دار پژوهشی به ترتیب شامل سیستم موقعیت‌یاب جهانی، پردازش از راه دور و ماهواره‌های مخابراتی می‌باشند. در کشور چین نیز حوزه‌های اولویت‌دار به ترتیب شامل سیستم موقعیت‌یاب جهانی، ماهواره‌های مخابراتی و ناوبری رادیویی می‌باشند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در حوزه منظومه‌های ماهواره‌ای موضوع سیستم موقعیت‌یابی جهانی جزء اولویت پژوهشی مشترک و با درجه اهمیت اول در جهان، آمریکا و چین است. اگر بخواهیم نتیجه‌گیری کلی و روند پیش روی این حوزه را پیش‌بینی نماییم، با توجه به نتایج ارایه شده در جدول ۴ مقاله (بررسی مدارک منتشر شده در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳)، می‌توان بدین نتیجه رسید که در آینده نزدیک بکارگیری منظومه‌های ماهواره‌ای از کاربری‌هایی مانند سنجش از راه دور و ناوبری به سمت ارائه سرویس‌های مخابراتی در نسل‌های آینده شبکه مخابراتی پیش می‌رود. البته همانگونه که در جداول ۳ و ۴ مشخص شد، موضوع طراحی، ساخت و پرتاب ماهواره‌های مخابراتی در این حوزه پژوهشی دارای اهمیت بوده که در آینده نزدیک می‌بایست در دسته‌بندی‌های مختلف منابع پژوهشی منتشر شده مانند مقالات کنفرانسی، مجلات پژوهشی، کتاب و غیره بیشتر در این رابطه بحث گردد. از آنجایی که بررسی وضعیت تولیدات علمی کشور ایران در حوزه منظومه‌های ماهواره‌ای نیز می‌تواند نتایج مفیدی به همراه داشته باشد، این امر به صورت مختصر بررسی شده است. البته نگارندگان مقاله پیشنهاد می‌کنند که این امر در تحقیقات آتی به‌صورت جامع بررسی و تحلیل شود. طبق بررسی‌های صورت گرفته در پایگاه اسکوپوس، کشور ایران با انتشار ۶۵ مدرک پژوهشی منتشر شده در رتبه ۳۵ جهان از منظر تولیدات علمی در این حوزه قرار گرفته است. در میان دانشگاه‌های پیشرو، دانشگاه علم و صنعت ایران با انتشار ۱۶ مدرک پژوهشی، دانشگاه آزاد اسلامی (مجموعه کلیه واحدها) با انتشار ۱۵ مدرک و دانشگاه تهران با انتشار ۱۴ مدرک پژوهشی به ترتیب در رتبه‌های اول

تا سوم قرار گرفته‌اند. علاوه بر این، در رابطه با اولویت‌های تحقیقاتی برتر در این حوزه، ماهواره، سیستم موقعیت‌یابی جهانی، مدارات و منظومه‌های ماهواره‌ای به ترتیب با ۳۲، ۳۰، ۲۵ و ۲۲ تکرار در اسناد پژوهشی بیشترین فراوانی را از این حیث به خود اختصاص داده‌اند. نهایتا، بیشترین همکاری علمی کشور ایران در این حوزه با کشورهای آلمان و هلند می‌باشد. همانگونه که مشخص است تعداد مدارک منتشر شده توسط نویسندگان ایرانی در این حوزه بسیار ناچیز است (کمتر از نیم درصد کل مدارک جهان) که نشان‌دهنده توجه کم به این حوزه دانشی است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که باتوجه به اهمیت این حوزه دانشی و روند رو به رشد آن در جهان، سیاست‌گذاری لازم توسط نهادهای ذی‌ربط انجام شود تا بتوان ظرفیت لازم را در کشور از منظر تولید علم در این حوزه ایجاد نمود.



شکل ۵- نقشه همکاری‌های بین‌المللی کشور آمریکا در حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای»

Figure 5 - Map of international cooperation of the United States country in the field of "satellite constellations



شکل ۶- نقشه همکاری‌های بین‌المللی کشور چین در حوزه «منظومه‌های ماهواره‌ای»

Figure 6 - Map of international cooperation of the china country in the field of "satellite constellations"

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است

مراجع

[1] M.Haji Jafari, S.Aminabadi, "Investigating orbital configurations for a near-Earth satellite telephone system in Iran's territory", *Bi-Quarterly Journal of Space Science, Technology and Applications*,vol.1,no.2,pp.138-146,1400,[Online]. Available: https://sid.ir/paper/956246/fa (in persian).

[2] C.Ravishankar, R.Gopal, N.BenAmmar, G.Zakaria, X.Huang, "Next-generation global satellite system with mega-constellations", *International journal of satellite communications and networking*, vol.39, no.1, pp.6-28, January 2021, doi:https://doi.org/10.1002/sat.1351.

[3] M.Roth, H.Brandt, H.Bischl, "Implementation of a geographical routing scheme for low Earth orbiting satellite constellations using intersatellite links", *International Journal of Satellite Communications and Networking*, vol.39, no.1, pp.92-107, January 2021,doi: https://doi.org/10.1002/sat.1361.

[4] N.Pachler de la Osa, M.Guerster, I. del Portillo Barrios, E.Crawley, B.Cameron, "Static beam placement and frequency plan algorithms for LEO constellations", *International Journal of Satellite Communications and Networking*, vol.39,no.1,pp.65-77, January 2021,doi: https://doi.org/10.1002/sat.1345.

[5] F.Pazuki, K.Ahmadi Dastgardi, H.Ismaili Aliai, "Satellite system master plan", *The fourth international conference of the Iranian Aerospace Association*,1393,[Online]. Available: https://sid.ir/paper/890150/fa ,(in persian).

[6] L.Mohammadi, P.Sojoodi, M.Bod and S.Sheikhzadeh,"Gap Analysis in satellite communication services", *Space science and technology*, vol.16, no.4,pp.29-40, October 2023, doi: https://doi.org/10.30699/jsst.2023.389165.1435, (in persian).

[7] H.Khodadadi, A.Ghorbani, "Investigating telecommunication satellite systems and the feasibility of local production", *Scientific Journal of Construction Sciences and Techniques*, vol.2, no.2, pp.57-65,1400, [Online].Available:https://civilica.com/doc/1470682/,(in persian).

[8] K.Yazdani, S.N.Nejat,. A.Rahimi Muqar, L.Qalichi, M.Khalili, "Scientometrics: a review of concepts, applications and indicators", *Specialized Journal of Epidemiology*, vol.10, no. 4, pp. 78-88,1393,doi:https://irje.tums.ac.ir/article-1-5292-fa.pdf, (in persian).

[9] Y.Mansourian, "Fifty research axes in scientometric studies", *Book of the month (general)*, vol.13, no.10, pp. pp.64-71,1389,[Online]. Available: https://ensani.ir/fa/article/203296,(in persian).

[10] J. D. Scanlan, J. M. Styles, D. Lyneham, and M. H. Lützhöft, "New internet satellite constellations to increase cyber risk in ill-prepared industries", *Proc. Int. Astronaut. Congr. IAC*, October 2019, pp. 21–25, ,[Online]. Available: https://figshare.utas.edu.au/articles/conference_contribution/New_Internet_Satellite_Constellations_to_Increase_Cyber_Risk_in_Ill-Prepared_Industries/23112638.

[11] P.Hajipour, R.Karimzadeh Baee , H.Zarrabi , R.Doost,L.Mohammadi ,"A review of the Applications of Artificial Intelligence in Improving the Performance of Integrated Space- air and Ground Networks", *Space science and technology*, vol.16, no.2, 2023, doi: https://doi.org/10.30699/JSST.2023.1405,(in Persian).

[12] A.Salehi, M.Fekur, A.R.Kothari, "Compilation of the conceptual design algorithm of a Leo satellite system with the design structure matrix approach", *The 16th International Conference of the Iranian Aerospace Association*, pp.1-6, 1395, [Online]. Available :https://civilica.com/doc/636758/,(in Persian).

[13] S.Ghaffari, V.Qarabaglu, M.Reza Gholizadeh Shirvan, "Evaluation of Iran's scientific outputs in the field of computer engineering in the Web of Science database", *Scientometric research paper*, vol.7. no.2, pp.99-114,1400 ,[Online]. Available: https://sid.ir/paper/394846/fa (in persian).

[14] H.Eftekhari, V.Abedifar,P. Sojodi Sardroud,R.Joda, L.Mohammadi, "Using the co-occurrence analysis method of words to analyze the fifth generation of communication networks (5G)", *The 8th international conference on sustainable development, construction and urban regeneration*, pp.1-14,1397, [Online]. Available: https://civilica.com/doc/829557/, (in persian).

[15] A.R.Nowrozi Chakli,M.Hassanzadeh, "Development of science, technology and innovation; Access to scientific indicators", *Health Information Management*, vol.17, no.4, pp.475-484,1389 ,[Online]. Available: https://sid.ir/paper/122170/fa ,(in persian).

[16] F.Makizadeh,.A.Hazeri, Hosseini Nesab, F.Seyyed Hossein. Sohaili, "Thematic analysis and scientific mapping of articles related to the field of depression treatment in PubMode", *Journal of health management*, vol.15, no.65, pp.51-63,1395, 1389 ,[Online]. Available:https://ensani.ir/fa/article/535365,(in persian).

[17] H.Ahmadi,. F.Osareh, "An overview of the functions of synonym analysis", *Quarterly journal of national library studies and information organization*,

pp.1626-1638,September 2018,doi:https://doi.org/10.1016/j.asr.2017.10.026.

[25] R.Patriarca, F.Costantino and G.Di Gravio, "Risk, safety, reliability and satellites: Chronicles of a fragmented research field", *Journal of Space Safety Eng.*, vol.6, no.3, pp.201-211, September 2019, doi:https://doi.org/10.1016/j.jsse.2019.08.002 .

[26] J.Wang, S.Wang, D.Zou, H.Chen, R.Zhong, H.Li, W.Zhou and K.Yan, "Social network and bibliometric analysis of unmanned aerial vehicle remote sensing applications from 2010 to 2021", *Remote Sensing*, vol.13, no.15, pp.1-16, July 2022,doi:doi:https:doi.org/ 10.3390/rs13152912.

[27] L.Yang, L.Lin, L.Fan, N.Liu, L.Huang, Y.Xu, S.P. Mertikas, Y.Jia and M.Lin, "Satellite Altimetry: Achievements and Future Trends by a Scientometrics Analysis", *Remote Sensing*, vol.14, no.14, pp.1-22, July 2022,doi:https://doi.org/10.3390/rs14143332.

[28] R.Dainelli and F.Saracco, "Bibliometric and social network analysis on the use of satellite imagery in agriculture: an entropy-based approach", *Agronomy*,vol.13, no.2, pp.1-26, Feburary 2023,doi:https://doi.org/10.3390/agronomy13020576.

[29] L. K.Torres Gil, D.Valdelamar Martínez, and M.Saba,"The Widespread Use of Remote Sensing in Asbestos, Vegetation, Oil and Gas, and Geology Applications", *Atmosphere*, vol.14, no.1,pp.1-35, January 2023, doi:https://doi.org/10.3390/atmos14010172.

[30] F. Sohaili, A. Shabani, A.A. Khase, "Intellectual Structure of Knowledge in Information Behavior: A Co-Word Analysis", *Human Information Interaction*, vol.2. no.4,pp.21-36,1394, ,[Online]. Available: https://hii.khu.ac.ir/browse.php?a_id=2446&sid=1&slc_lang=fa , (in persian).

vol.28, no.1,pp.125-145,1396 ,[Online]. Available: https://sid.ir/paper/224340/fa, (in persian).

[18] V.Sharifi, "Scientometrics and cognitive sciences", *Cognitive science news*, vol. 5,no. 2, pp.89-92,1382, [Online]. Available: https://sid.ir/paper/443615/fa, (in persian).

[19] Q.Azadi Ahmadabadi,. H.R.Jamali Mehmoui, "Subject di-versity and distribution of Iranianscientific output in convergent technologies", *Scientometrics research paper*, vol.3. no.6, pp.115-134,1396,doi: https://rsci.shahed.ac.ir/article_513.html(in persian).

[20] M.C.Sarragiotto and E.Benedito, "Scientometric diagnosis of the use of remote sensing images in Landscape Ecology studies", *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, vol.35, no.1, pp.41-46, January 2013,doi:https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v35i1.8444 .

[21] Y.Zeng, J.Zhang and R.Niu, "Research status and development trend of remote sensing in china using bibliometric analysis", *Int. Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Info. Sciences*, vol.40,pp.203-208, June 2015, doi: https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-7-W4-203-2015.

[22] H.Zhang, M.Huang, X.Qing, G.Li, and C.Tian, "Bibliometric analysis of global remote sensing research during 2010–2015", *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol.6, no.11, pp.1-19,Novomber 2017, doi: https://doi.org/10.3390/ijgi6110332.

[23] K.Hu, K.Qi, Q.Guan, C.Wu, J.Yu, Y.Qing and X.Li, "A scientometric visualization analysis for night-time light remote sensing research from 1991 to 2016", *Remote Sensing*, vol.9, no. 8, pp.1-30, August 2017, doi: https://doi.org/10.3390/rs9080802.

[24] R.Eito-Brun, "Visibility of the CryoSat mission in the scientific and technical literature: a bibliometric perspective", *Advance in Space Res.*, vol.62, no.6,

ACCEPTED MANUSCRIPT