

# Research Trends in Direct Satellite Communications Technology with Smart Terrestrial Equipment: A Scientometric Analysis in Scopus

Marzieh Ahmadi<sup>1</sup>

Roghieh  
Karimzadeh Baei<sup>2</sup>

Pedram Hajipour<sup>3\*</sup>

Leila Mohammadi<sup>4</sup>

-  1. Research Assistant Professor, Satellite Communications Department, Faculty of Communications Technology, ICT Research Institute, Tehran, Iran.  
Email: mar.ahmadi@itrc.ac.ir
-  2. Research Assistant Professor, Satellite Communications Department, Faculty of Communications Technology, ICT Research Institute, Tehran, Iran.  
Email: rkbaee@itrc.ac.ir
-  3. Research Assistant Professor, Satellite Communications Department, Faculty of Communications Technology, ICT Research Institute, Tehran, Iran, (Corresponding Author).
-  4. Research Assistant Professor, Satellite Communications Department, Faculty of Communications Technology, ICT Research Institute, Tehran, Iran.  
Email: mohamady@itrc.ac.ir

Email: hajipour@itrc.ac.ir

## Abstract

**Purpose:** Direct satellite communication with ground-based devices, as an emerging technology in the satellite communications field, has garnered significant interest from the space industry in recent years. This has led to efforts to modify existing products to support the provision of this type of service. With the full deployment of new generations of communication networks, the use of services across integrated networks—comprising terrestrial, aerial, and space-based components—will receive significant attention. It is important to note that the terrestrial elements of these communication services include smartphones and IoT sensors. To support such services in next-generation networks, such as 5G and beyond, the system must provide a high capacity, on the order of terabits per second. However, achieving this capacity presents a considerable challenge during the initial deployment phases. Consequently, early implementations have focused on narrowband services with low data rates and limited bandwidth. Nevertheless, if broadband services can be successfully operationalized and deployed, comprehensive and integrated access across diverse and remote locations can be guaranteed. This approach surpasses the limitations of the current communication network infrastructure. At present, direct-to-cell communication services on smartphones have not been standardized. Consequently, satellite systems providing such services primarily operate within the frequency spectrum allocated to terrestrial operators. However, with the implementation of 3GPP standards for 5G on Non-Terrestrial Networks (NTN) starting from Release 18, it is feasible to utilize the space-frequency band to deliver direct-to-cell communication services through appropriate software or hardware modifications. Given the emergence of this technology, employing a scientometric approach to analyze and evaluate its various dimensions is a suitable method.

Received:  
04/01/2025

Revised:  
28/03/2025

Accepted:  
07/04/2025

Early online access:  
07/04/2025

Published:  
01/10/2025



Marzieh Ahmadi<sup>1</sup>

Roghieh  
Karimzadeh Baei<sup>2</sup>

Pedram Hajipour<sup>3\*</sup>

Leila Mohammadi<sup>4</sup>

Received:  
04/01/2025

Revised:  
28/03/2025

Accepted:  
07/04/2025

Early online access:  
07/04/2025

Published:  
01/10/2025



This research aims to scientifically analyze and map the leading and active areas within this technology, using data from the Scopus citation database spanning 2011 to 2024.

**Methodology:** This study is an applied research conducted using common scientometric techniques, including co-word network analysis, co-authorship network analysis, and co-country analysis. The statistical population consists of all scientific documents related to "direct satellite-to-device connection technologies" indexed in the Scopus citation database from 2011 to 2024. A total of 168 documents were retrieved. After data collection and statistical analysis, the results were visualized using software such as VOSviewer and Gephi to generate relevant maps in this field.

**Findings:** While most global studies employing a scientometric approach (e.g., in satellite system technology) highlight the United States and China as leaders, the findings of this study reveal that Germany, China, and France are at the forefront. This can primarily be attributed to these countries' focus on publishing scientific research in this field. In contrast, countries such as China and the United States have thus far concentrated more on the design, manufacturing, and testing processes of this technology. The extracted data indicate that scientific production in this field has shown a significant upward trend, growing substantially from 2021 to 2024. Germany is considered the leading country, with the publication of 42 research papers, and the Bundeswehr University Munich is recognized as the top institution. Additionally, Knopp Andreas is a prominent figure in this field, having published 14 research papers.

**Conclusion:** Today, in the process of designing, building, and developing satellite systems such as low-Earth orbit (LEO) systems in Iran, it is necessary to pay special attention to managing the operation and utilization of direct satellite-to-device communication technology within government institutions. These include the Ministry of Communications and Information Technology, the National Cyberspace Center, the Regulatory Organization, the Space Organization, and others. It is important to note that leading countries in the field of direct satellite-to-device communication are actively working to develop the necessary infrastructure to secure a significant share of the global market. By participating in regional and international agreements and collaborations, Iran can enhance data security in this domain. Overall, Iran should formulate comprehensive plans for introducing this technology domestically, taking into account its governance policies. Finally, if this technology is used legally in Iran, it could serve as a valuable complement to the mobile network and support communications during emergencies. Accordingly, the findings of this research, drawn from one of the world's most reputable databases, can inform an effective strategy for Iran in the field of Direct satellite communication with ground-based devices. This is predicated on the adherence of foreign operators to Iranian national laws and regulations.

**Keywords:** Scientometrics, Direct satellite communications, Smartphones, Internet of Things, Scopus, Scientific maps.

# روندهای پژوهشی در فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره‌ای با تجهیزات هوشمند زمینی: تحلیل علم‌سنجی در اسکوپوس

مرضیه احمدی<sup>۱</sup>

۱. استادیار پژوهشی، گروه ارتباطات ماهواره‌ای، پژوهشکده فناوری ارتباطات، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران.

Email: mar.ahmadi@itrc.ac.ir

رقیه کریم‌زاده بائی<sup>۲</sup>

۲. استادیار پژوهشی، گروه ارتباطات ماهواره‌ای، پژوهشکده فناوری ارتباطات، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران.

Email: rkbaee@itrc.ac.ir

پدram حاجی پور<sup>۳\*</sup>

۳. استادیار پژوهشی، گروه ارتباطات ماهواره‌ای، پژوهشکده فناوری ارتباطات، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران، (نویسنده مسئول).

لیلا محمدی<sup>۴</sup>

۴. استادیار پژوهشی، گروه ارتباطات ماهواره‌ای، پژوهشکده فناوری ارتباطات، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران.

Email: mohamady@itrc.ac.ir

Email: hajipour@itrc.ac.ir

## چکیده

**هدف:** در سال‌های اخیر، ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی به‌عنوان یکی از فناوری‌های نوین در حوزه ارتباطات ماهواره‌ای، مورد توجه صنعت فضایی قرار گرفته است. تحلیل و بررسی این حوزه با بهره‌گیری از رویکرد علم‌سنجی، یکی از روش‌های مؤثر برای ارزیابی ابعاد گوناگون این فناوری به شمار می‌آید. هدف این پژوهش، تحلیل علمی و ترسیم حوزه‌های پیشرو و فعال در این فناوری بر پایه اطلاعات نمایه شده در پایگاه استنادی اسکوپوس طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ است.

**روش‌شناسی:** این پژوهش از نظر هدف، کاربردی است و با بهره‌گیری از روش‌های رایج در مطالعات علم‌سنجی شامل شبکه هم‌واژگانی، شبکه هم‌نویسندگی و شبکه هم‌کشوری انجام شده است. جامعه آماری پژوهش، شامل تمامی مدارک علمی مرتبط با «فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی» است که در فاصله سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ در پایگاه استنادی اسکوپوس نمایه شده‌اند. در مجموع، ۱۶۸ مدرک بازایی شد که با استفاده از نرم‌افزارهایی مانند ووس و ویور و گفی مورد تحلیل‌های آماری قرار گرفتند و نقشه‌های مربوط به این حوزه ترسیم و مصورسازی شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان می‌دهد که روند تولیدات علمی در این حوزه از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۴ صعودی بوده و رشد چشمگیری داشته است. در این میان، کشور آلمان با انتشار ۴۲ مدرک پژوهشی، به‌عنوان کشور برتر و دانشگاه بوندسور مونیخ هم به‌عنوان نهاد پیشرو شناسایی شده‌اند. همچنین، آندریاس کنوپ با انتشار ۱۴ مقاله علمی، فعال‌ترین پژوهشگر این حوزه محسوب می‌شود.

**نتیجه‌گیری:** یافته‌های پژوهش نشان‌دهنده اهمیت سایر فناوری‌های نوین مانند نسل پنجم شبکه ارتباطی، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی در توسعه زیرساخت‌های ارتباطات ماهواره‌ای هستند. علاوه بر این، در مسیر توسعه این فناوری، توجه به محدودیت‌های طیف فرکانسی مورد نظر و مدیریت تداخل، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

**واژگان کلیدی:** علم‌سنجی، ارتباطات مستقیم ماهواره، گوشی هوشمند، اینترنت اشیا، اسکوپوس، نقشه‌های علمی.

صفحه ۲۳۴-۲۰۷

دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵

بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۰۸

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۸

زودآیند: ۱۴۰۴/۰۱/۱۸

انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۹



## مقدمه و بیان مسئله

بر اساس گزارش اتحادیه بین‌المللی مخابرات<sup>۱</sup> تا پایان سال ۲۰۲۳، تعداد کاربران زمینی بدون دسترسی به اینترنت در سراسر جهان به ۲.۷ میلیارد نفر رسیده است. در حال حاضر، تقریباً ۹۰ درصد از سطح زمین و ۷۵ درصد از خشکی آن هم به دلیل هزینه‌های بالای استقرار و سودآوری پایین، به‌ویژه در مناطقی با تراکم جمعیت کم یا جایی که استقرار عملاً غیرممکن بوده مانند اقیانوس‌ها، فاقد پوشش شبکه‌های سلولی است. راه‌اندازی شبکه‌های سلولی در این مناطق از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نبوده و اغلب از نظر فنی امکان‌پذیر نیست که این مسئله چالشی مهم برای کشورهایی با قلمروهای بزرگ و جمعیت کم است. در مناطق فاقد پوشش شبکه زمینی، ارتباطات ماهواره‌ای به‌عنوان تنها جایگزین مطرح است. با این حال، سیستم‌های ماهواره‌ای موجود معمولاً به گوشی‌های تخصصی یا ترمینال‌هایی با دهانه بسیار کوچک<sup>۲</sup> نیاز دارند که منجر به هزینه‌ها و پیچیدگی‌های اضافی برای کاربران می‌شود (Pastukh et al., 2024). در همین راستا، ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، یکی از موضوعات جذاب و در حال توسعه در دنیای فناوری است. این مبحث که با عنوان ارتباطات مستقیم با سلول<sup>۳</sup>، ارتباطات مستقیم ماهواره‌ای با دستگاه<sup>۴</sup> یا ارتباطات مستقیم ماهواره‌ای با گوشی<sup>۵</sup> نیز شناخته می‌شود، یکی از چالشی‌ترین مفاهیم در حوزه تجمیع و یکپارچه‌سازی شبکه‌های زمینی و غیرزمینی<sup>۶</sup> است (Tuzi et al., 2023). در حال حاضر، این فناوری ارتباطی مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند به دو بخش ارتباطات مستقیم ماهواره با گوشی‌های هوشمند و همچنین ارتباطات مستقیم ماهواره با حسگرهای<sup>۷</sup> اینترنت اشیا<sup>۸</sup> تقسیم‌بندی می‌گردد (He et al., 2024). برای شبکه‌های زمینی که اغلب به دسترسی بی سیم وابسته هستند، یک شبکه ارتباطی شامل تعداد کافی از ایستگاه‌های پایه ضروری است. در حال حاضر، ساخت این ایستگاه‌های پایه و شبکه اتصالاتی آن‌ها با محدودیت‌هایی روبرو بوده است. به‌عنوان نمونه، زیرساخت‌های ارتباطات زمینی ضعیف بوده و ممکن است به سادگی در اثر بلایای طبیعی مانند زلزله و سیل تخریب شوند. علاوه بر این، تجهیزات هوشمند ارتباطات شبکه زمینی ناحیه کوچکی از زمین را پوشش می‌دهند. به‌عنوان مکمل و توسعه شبکه زمینی تجهیزات هوشمند، شبکه ارتباطات مستقیم ماهواره به‌عنوان تنها رویکرد برای دستیابی به سرویس با پوشش جهانی مطرح است (Qu et al., 2017). از این رو، با توجه به اهمیت فناوری نوین ارتباط مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، این فناوری به‌عنوان ابزار حیاتی برای دستیابی به سیستم ارتباطی فضا-زمین یکپارچه و با قابلیت اتصال هوشمند، توجه زیادی را به خود جلب کرده است.

روندهای کلی توسعه این فناوری شامل اصلاح در تلفن‌های هوشمند و معرفی تلفن‌های دومد، فراهم کردن سرویس‌های ارتباطات مستقیم با سلول بدون تغییر در گوشی‌های هوشمند متداول و همچنین یکپارچه‌سازی پروتکل‌های فضا-زمین برای قابلیت دسترسی هم‌زمان به شبکه‌های زمینی و غیرزمینی است (He et al., 2024). در همین راستا، برای پیاده‌سازی ارتباطات مستقیم با سلول، فناوری‌های مختلف از جمله آنتن‌های آرایه‌ای چند پرتویی بزرگ فضایی<sup>۹</sup>

1. International Telecommunication Union (ITU)

2. Very small aperture terminal (VSAT)

3. Direct to Cell (DtC)

4. Direct to Device (D2D)

5. Direct to phone

6. Terrestrial/Non-Terrestrial networks (TN/NTN)

7. Sensor

8. Internet of things (IoT)

9. Space borne ultra-large array multi-beam antennas

شکل‌دهی پرتو توزیع‌شده<sup>۱</sup> و فناوری سطوح هوشمند با قابلیت پیکربندی مجدد<sup>۲</sup> در ماهواره‌های مدار پایین زمین<sup>۳</sup> برای ارتباطات نسل ششم شبکه ارتباطی<sup>۴</sup> ارائه شده است (He et al., 2024; Xu et al., 2024; Toka et al., 2024). از دیدگاه تنظیم‌گر<sup>۵</sup>، فناوری ارتباط مستقیم با سلول نیاز به اتخاذ پروتکل‌های یکسان و هماهنگی را در هر دو بخش ماهواره‌ای و زمینی ایجاب می‌کند تا قابلیت دسترسی هم‌زمان گوشی‌های هوشمند به شبکه‌های ماهواره‌ای و زمینی را فراهم کند (He et al., 2024). امکان اتصال مستقیم ماهواره به گوشی هوشمند و دستگاه‌های اینترنت اشیا برای شرکت‌هایی مانند ایریدیوم<sup>۶</sup>، گلوبال استار<sup>۷</sup>، اینمارست<sup>۸</sup> که در ۲۵ سال اخیر در بازار ارتباطی فعال بوده‌اند مورد توجه بوده است. امروزه، موج جدیدی از طراحی و ساخت منظومه ماهواره‌ای<sup>۹</sup> مدار پایین زمین، در ارائه این نوع خدمات ایجاد شده است (Schneiderman, 2024). در سال ۲۰۲۲ میلادی، شرکت اسپیس ایکس<sup>۱۰</sup> استفاده از ماهواره استارلینک V2 را برای فراهم کردن سرویس ارتباطات مستقیم ماهواره با گوشی هوشمند معرفی کرده است (He et al., 2024). برخی شرکت‌های دیگر، از جمله لینک گلوبال<sup>۱۱</sup> و ای‌اس‌تی<sup>۱۲</sup>، بیشتر از ساخت منظومه‌های ماهواره‌ای روی فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با گوشی هوشمند تمرکز کرده‌اند. البته در حال حاضر به دلیل کیفیت محدود شبکه غیرزمینی و کم بودن پهنای باند این ارتباطات، تنها سرویس پیام کوتاه فراهم شده است. در همین راستا، شرکت ای‌اس‌تی در تلاش است تا با استقرار آرایه‌های بسیار بزرگ آنتنی در فضا شرایط ارائه سرویس اینترنت پهن باند را تسهیل کند (Hardesty, 2023). در سال ۲۰۲۳، شرکت ای‌اس‌تی نرخ داده را برای ارتباطات مستقیم ماهواره با گوشی هوشمند به کمک ماهواره بلو واکر<sup>۱۳</sup> آزمایش کرد. در همین سال، گوشی‌های هوشمند هواوی میت ۶۰ پرو<sup>۱۴</sup> و تیانی پلاتینوم مخابرات چین<sup>۱۵</sup>، راه‌اندازی شده و به سرویس‌های صوتی سرعت پایین برای فناوری ارتباط مستقیم با سلول دست یافتند (He et al., 2024). هم‌اکنون نیز شرکت اسپیس ایکس درخواست طیف فرکانسی برای به‌روزرسانی سرویس‌های موبایل استارلینک به منظور افزایش پهنای باند را داشته است (et al., 2023). با توجه به اهمیت این فناوری و همچنین روند رو به رشد پژوهش و توسعه آن، ضروری است پژوهشگران این حوزه با موضوعات پژوهشی مختلف آن آشنا شوند. از سوی دیگر، پژوهشگران حوزه‌های مختلف فناوری‌های نوین با استفاده از نقشه‌برداری علم می‌توانند به چگونگی روند توسعه حوزه پژوهشی و اطلاعات ارزشمند آن حوزه دست پیدا کنند. روش‌های نگاشت علوم شامل تحلیل استنادی، جفت کتاب‌شناختی و هم‌واژگانی است (هدایت‌فر و همکاران، ۱۴۰۳). در نتیجه دغدغه اصلی این پژوهش، پاسخ‌گویی به این پرسش است که بر اساس مطالعه کتاب‌سنجی در پایگاه اطلاعاتی اسکوپوس، وضعیت تولیدات علمی و جایگاه کشورهای مختلف و خوشه‌های موضوعی پژوهشی

1. Distributed beamforming
2. Reconfigurable intelligent surfaces (RIS)
3. Low earth orbit (LEO)
4. Sixth generation (6G)
5. Regulatory
6. Iridium
7. Globalstar
8. Inmarsat
9. Satellite constellation
10. SpaceX
11. Lynk global
12. AST
13. Blue Walker 3 (BW3)
14. Huawei Mate 60
15. Tianyi Platinum China Telecom

در این حوزه نوین فناورانه چگونه است؟

### پرسش‌های پژوهش

پرسش‌های این پژوهش به شرح زیر است:

۱. روند و میزان تولیدات علمی در حوزه فناوری ارتباط مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ چگونه است؟
۲. کشورهای دارای تولیدات بالای علمی (پر تولید) در حوزه فناوری ارتباط مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند کدام‌اند؟
۳. وضعیت همکاری کشورها در حوزه فناوری‌های ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی به چه صورت است؟
۴. مؤسسات و دانشگاه‌های برتر جهان از نظر میزان تولیدات علمی در حوزه فناوری ارتباط مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند کدام‌اند؟
۵. نویسندگان برتر جهان و شبکه همکاری نویسندگان برتر در حوزه فناوری ارتباط مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند به چه صورت است؟
۶. وضعیت شبکه هم‌رخدادی واژگان و همچنین تحلیل خوشه‌های اصلی در حوزه فناوری ارتباط مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند چگونه است؟

### چارچوب نظری

طبق پیش‌بینی صورت گرفته، تعداد اتصالات ماهواره‌ای باید تا سال ۲۰۲۵ چهار برابر افزایش یابد و به بیش از ۱۰ میلیون اتصال برسد. این موضوع یک جنبه کلیدی را نشان می‌دهد که اینترنت اشیا باید به سرعت با اکوسیستم ارتباطات فعلی و آینده، یکپارچه شود. درواقع، چنین سناریویی بسیار سریع تکامل می‌یابد و شامل فناوری‌های بالغ و همچنین پیشرفت‌های جدید می‌شود (Centenaro et al., 2021). یکی از چالش‌هایی که پژوهشگران در حوزه ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی با آن مواجه هستند، نداشتن درک صحیح و جامع از این حوزه پژوهشی نوین است که منجر به نداشتن دانش کافی در اجرای صحیح پروژه‌های پژوهشی در این حوزه و در نتیجه کاربردی شدن آن در آینده می‌گردد. بنابراین، ترسیم درستی از فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی و تبیین مباحثی که در محدوده آن قرار می‌گیرد، می‌تواند برای افزایش اطمینان از سرمایه‌گذاری‌های مادی و معنوی آن، تأثیرگذار باشد (بتولی و همکاران، ۱۳۹۹). همواره پیاده‌سازی فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی از پیچیدگی‌های خاص خود برخوردار بوده است (رنجبر فرد و محمدیان فر، ۱۴۰۳). باید توجه داشت که مهم‌ترین موضوع در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، بررسی اهداف و موانع پیش روی این حوزه پژوهشی است تا بتوان برای رفع و توسعه آن اقدام کرد. دلیل این امر تغییراتی است که در مورد این نوع فناوری نوین مخابراتی در گذر زمان رخ می‌دهد و برحسب نیازهای موجود در این حوزه پژوهشی می‌بایست نسبت به اصلاح یا ارتقا آن اقدام کرد. یکی از روش‌هایی که می‌تواند پژوهشگران را در این مسیر یاری رساند، بررسی روندهای تحقیقاتی فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی و مطالعه اسناد علمی معتبر است. این مطالعات قادر است ترسیمی از مسیر پژوهش از گذشته تا امروز را در اختیار پژوهشگران قرار دهد (فنادی نژاد و همکاران، ۱۴۰۲).

برای تحلیل ابعاد مختلف اسناد علمی منتشرشده در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، اولین سؤال چگونگی برقراری ارتباط بخش‌های مختلف آن مانند کلمات کلیدی درج‌شده با موضوعات و فناوری‌های پیش‌بینی‌شده در این حوزه پژوهشی است. یکی از ابزارهایی که می‌تواند برای این موضوع به کار گرفته شود، تحلیل هم‌واژگانی مبتنی بر ابزار علم‌سنجی است که می‌تواند با دسته‌بندی مناسب و تعیین سرخوشه‌های اصلی و فرعی هر حوزه، چشم‌انداز وسیعی را در اختیار پژوهشگران آن حوزه قرار دهد، به‌گونه‌ای که با درک ساختار مفهومی و معنایی این حوزه بتوانند ترسیم مناسبی از روند آن فناوری ایجاد و ارائه نمایند (حاضری و همکاران، ۱۴۰۱). علم‌سنجی حاوی روش‌های مناسب برای تحلیل و بررسی نقاط ضعف، قوت و کمبودهای حوزه ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی است. این ابزار می‌تواند شاخص‌های کمی و کیفی این نوع فناوری را متناسب با اسناد علمی منتشرشده در یک بازه زمانی مشخص و بر اساس استراتژی کلمات کلیدی تعیین‌شده استخراج و مورد تحلیل و ارزیابی قرار دهد (کمانی و همکاران، ۱۴۰۳). به‌طورکلی، به‌کارگیری تحلیل‌های علم‌سنجی منجر به تعیین گره‌های مؤثر در حوزه ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی می‌گردد که به‌واسطه آن‌ها می‌توان اثربخشی واقعی هرکدام از گره‌های موجود را در دنیای واقعی این نوع فناوری نوین ارتباطی درک کرد. علاوه بر این، می‌توان نقشه راه مؤثری برای آینده فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی ترسیم کرد و آن را مورد ارزیابی و تحلیل قرار داد (بنیادی نائینی و مقیسه، ۱۴۰۳). علم‌سنجی دو بخش اساسی برای انجام تحلیل و ارزیابی دارد: بخش اول شامل تحلیل عملکرد است که به بررسی آماری فعالیت‌هایی نظیر شناسایی کشورهای پیشرو، مؤسسات و دانشگاه‌های پیشرو و نویسندگان پیشرو از نظر تعداد مقالات و اسناد علمی منتشرشده در آن حوزه اشاره دارد. بخش دوم شامل ترسیم نقشه‌های علمی است که برای بررسی ساختار فعلی و آینده فکری و علمی در یک حوزه پژوهشی مشخص، مورد استفاده قرار می‌گیرد (هدایت‌فر و محمدیان، ۱۴۰۳). امروزه، با گسترش ابزارهای نرم‌افزاری مرتبط با حوزه علم‌سنجی می‌توان علاوه بر تحلیل هم‌واژگانی، سایر کارکردهای پژوهشی فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی مانند هم‌استنادی، هم‌نویسندگی و غیره را نیز انجام داد (خاصه و همکاران، ۱۴۰۰). تجزیه و تحلیل فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند ماهواره‌ای مبتنی بر منابع علمی معتبر شامل مقالات کنفرانسی و مجلات علمی منتشرشده منجر به افزایش بینش پژوهشگران در مورد تأثیر آن حوزه پژوهشی در بخش تحقیقات جهانی خواهد شد (Mahajan et al., 2024). درنهایت، تجزیه و تحلیل علم‌سنجی مبتنی بر منابع کتابخانه‌ای معتبر در دنیا برای تعیین موارد زیر در حوزه ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، مؤثر خواهد بود (Farooqui et al., 2021):

- رتبه علمی و بهره‌وری کشورها و نویسندگان حوزه فناوری در بازه زمانی تعیین‌شده.
- نحوه همکاری تحقیقاتی در سطح بین‌المللی.
- میزان کار علمی منتشرشده توسط مؤسسات و دانشگاه‌های پیشرو.
- پیش‌بینی در مورد روند تغییر تولیدات علمی در سال‌های آینده.

بنابراین، با ارزیابی مراجع معتبر علمی منتشرشده در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات زمینی هوشمند، می‌توان به اطلاعات دقیق‌تری در مورد کمبودها و جایگاه مراجع علمی کشورها در این حوزه پژوهشی دست یافت. علاوه بر این، می‌توان تأثیر تولیدات علمی گذشته و روندهای فعلی این حوزه نوین ارتباطی را در دنیا مشخص کرد. باید توجه داشت که بررسی روند تولیدات مراجع علمی منتشرشده در این حوزه می‌تواند درک بهتری

از فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات زمینی هوشمند برای پژوهشگران ایجاد کند.

## پیشینه پژوهش

با توجه به اینکه حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، قلمرو پژوهشی جدیدی است، مقاله پژوهشی مبتنی بر علم‌سنجی در این حوزه وجود ندارد. در همین راستا، سعی شده با بررسی مدارک مشابه و تا اندازه‌ای مرتبط با این حوزه در بخش پیشینه پژوهش به بررسی ابعاد مختلف این حوزه از دیدگاه علم‌سنجی پرداخته شود. در حوزه ارتباطات بی‌سیم و شبکه‌های ارتباطی نسل جدید، موضوعات پژوهشی مختلفی نظیر اینترنت اشیا، آنتن‌های متامتریال<sup>۱</sup> و موارد مشابه مطرح است. در ادامه، به بررسی مدارکی که با استفاده از رویکرد علم‌سنجی در حوزه‌های مرتبط با موضوع مقاله حاضر منتشر شده‌اند، پرداخته می‌شود. فناوری اینترنت اشیا یک نوع قابلیت نوظهور در شبکه‌های ارتباطی است و می‌تواند ویژگی‌هایی مانند ایجاد رقابت در حوزه‌های اجتماعی و اقتصادی را ایجاد کند. در کنار این نوع قابلیت، چالش‌های مختلفی مانند اطمینان از ایجاد ارتباطات امن و سازگار با تقاضای کاربران و غیره را نیز پیش روی خود دارد. در همین راستا، سولیس پینو و همکاران (Solis Pino et al., 2024) به بررسی چالش‌های این نوع فناوری در قالب تحلیل علم‌سنجی پرداخته‌اند. در این مطالعه، ۴۳۱ مقاله علمی در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۲۳ از پایگاه‌های اسکوپوس<sup>۲</sup> و وب‌آوساینس<sup>۳</sup> برحسب استراتژی جستجو پیشنهادی در مقاله استخراج و مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج علم‌سنجی این مقاله نشان‌دهنده رشد ۲۲.۵۸ درصدی در انتشار و ارائه تولیدات علمی در این حوزه پژوهشی است. همچنین، کشورهایی مانند چین و کره جنوبی به ترتیب با انتشار ۹۲ و ۲۷ سند پژوهشی پیش‌تاز هستند. از نظر تعداد استناد به مدارک منتشر شده، کشور چین با تعداد ۱۴۴۶ و کشور برزیل با تعداد ۱۰۶۶ استناد، پیش‌تاز هستند. یکی از تجهیزات مهم برای افزایش ظرفیت قابل حصول در ارتباطات بی‌سیم مبتنی بر نسل پنجم شبکه ارتباطی<sup>۴</sup>، به‌کارگیری آنتن‌هایی با بهره و پهنای باند بالا است که برای این منظور به‌کارگیری متامتریال اهمیت دارد. در همین راستا، راوت و همکاران (Raut et al., 2021)، به بررسی این نوع آنتن‌های ارتباطی برحسب متامتریال و ویژگی‌های مرتبط به آن شامل شکاف باند الکترومغناطیسی<sup>۵</sup>، رسانای مغناطیسی مصنوعی<sup>۶</sup>، سطح انتخابی فرکانس<sup>۷</sup> و سطح بازتابی جزئی<sup>۸</sup> پرداخته‌اند. برای این منظور پایگاه استنادی اسکوپوس در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۱ مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. تعداد کل اسناد علمی منتشر شده در این بازه زمانی ۱۷۵ سند پژوهشی است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، سال ۲۰۲۰ با ۵۹ سند پژوهشی منتشر شده دارای بیشترین تولیدات علمی در بازه زمانی مورد اشاره است. بیشترین تولیدات علمی منتشر شده به ترتیب در مقالات کنفرانسی و مجلات علمی پژوهشی به ترتیب ۴۴.۶ و ۴۱.۷ درصد هستند. موسسه فناوری دهلی<sup>۹</sup> در کشور هند و دانشگاه فناوری<sup>۱۰</sup> در کشور مالزی به ترتیب با ۱۱ و ۱۰ سند پژوهشی منتشر شده در این حوزه علمی، پیش‌تاز هستند.

- 1 . Metamaterial
- 2 . Scopus
- 3 . Web of Science (WoS)
- 4 . Fifth generation (5G)
- 5 . Electromagnetic Band Ga (EBG)
- 6 . Artificial Magnetic Conductor (AMC)
- 7 . Frequency Selective Surface (FSS)
- 8 . Partially Reflective Surface (PRS)
- 9 . Indian Institute of Technology Delhi
- 10 . University Technology

یکی دیگر از فناوری‌های نوین در حوزه ارتباطات بی‌سیم در نسل پنجم شبکه ارتباطی، به‌کارگیری آنتن‌هایی با قابلیت تنظیم مجدد<sup>۱</sup> است که می‌تواند قابلیت‌های مناسبی برای ارتباطات ماشین به ماشین<sup>۲</sup> ایجاد کند. اینگل و همکاران (Ingle et al., 2021)، به بررسی جامع این نوع فناوری از دیدگاه طراحی و پیاده‌سازی با رویکرد علم‌سنجی پرداخته‌اند. برای این منظور مقالات علمی منتشرشده در پایگاه اسکوپوس در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۱ موردبررسی و ارزیابی قرارگرفته است. تعداد اسناد علمی منتشرشده در این دوره، ۱۳۵ سند بود که سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ هرکدام با ۲۰ سند پژوهشی منتشرشده از این حیث پیش‌تاز هستند. کلمات کلیدی شامل آنتن مایکرواستریپ، پلاریزاسیون دایروی و آنتن تخت دارای بیشترین فراوانی در این حوزه علمی هستند. از دیدگاه حوزه‌های موضوعی، مهندسی و علوم رایانه به ترتیب با ۴۰.۵ و ۲۱.۴ درصد بیشترین سهم را در این حوزه به خود اختصاص داده‌اند.

اولاتینو و همکاران (Olatinwo & Joubert, 2022) به بررسی مدیریت هوشمند منابع داده‌های حیاتی بر پایه یادگیری عمیق<sup>۳</sup> در حوزه فناوری اینترنت اشیا مبتنی بر علم‌سنجی پرداخته‌اند و چالش‌ها و فرصت‌های پیش روی این نوع فناوری مورد تحلیل و ارزیابی قرارگرفته است. برای این منظور، از پایگاه اسکوپوس در بازه زمانی ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۲ استفاده‌شده است. در شبکه هم‌واژگانی بررسی‌شده، سه خوشه اصلی وجود داشت که خوشه اول آن متمرکز بر حوزه مدیریت منابع و شبکه‌های اینترنت اشیا است. خوشه دوم، متمرکز بر حوزه الگوریتم بود و به موضوعاتی مانند تخصیص منابع<sup>۴</sup>، مسائل بهینه‌سازی<sup>۵</sup> و موارد مشابه اشاره دارد. خوشه سوم، متمرکز بر حوزه رایانش ابری<sup>۶</sup> بود که به موضوعاتی مانند محاسبات مه<sup>۷</sup>، منابع محاسباتی و موارد مشابه اشاره دارد. یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌رو در حوزه اینترنت اشیا، بررسی حفره‌های امنیتی و تشخیص نفوذ به سیستم به‌منظور اطمینان از ارائه خدمات مبتنی بر آن است. همسو با این موضوع، گورانین و همکاران (Goranin et al., 2024) به بررسی مقوله حفره‌های امنیتی و تشخیص نفوذ در اینترنت اشیا با استفاده از علم‌سنجی پرداخته‌اند. برای این منظور در بازه زمانی ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۳ میلادی از پایگاه وب‌آوساینس برای تحلیل این حوزه پژوهشی استفاده‌شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشانگر رشد تصاعدی در انتشار اسناد علمی بود که سال ۲۰۲۳ میلادی با انتشار ۴۲۳ سند پژوهشی نسبت به کل بازه زمانی تحلیل، از این حیث پیش‌تاز است. در همین راستا، بیشترین اسناد به مقالات پژوهشی منتشرشده مربوط به سال ۲۰۲۳ و به تعداد ۸۱۴۰ اسناد است. بانک دانش مصر<sup>۸</sup> با ۵۰ سند پژوهشی منتشرشده و موسسه ملی فناوری هند<sup>۹</sup> با ۴۳ سند پژوهشی منتشرشده به ترتیب رتبه‌های اول و دوم این حوزه را به خود اختصاص داده‌اند. نویسنده مصطفی<sup>۱۰</sup> با چاپ ۱۹ مقاله پژوهشی در این حوزه پیش‌تاز است. در میان کشورها نیز، هند، عربستان سعودی و چین با ۲۵۷،۲۰۰ و ۱۷۴ مقاله پژوهشی منتشرشده به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم این حوزه را به خود اختصاص داده‌اند. کشورهای هند، عربستان سعودی و استرالیا نیز از نظر میزان اسناد به مدارک منتشرشده در این حوزه به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار دارند.

1. Reconfigurable
2. Machine to machine (M2M)
3. Deep learning (DL)
4. Resource allocation
5. Optimization problem
6. Cloud computing
7. Fog computing
8. Egyptian Knowledge Bank (EKB)
9. National Institute of Technology (NIT)
10. Moustafa

کین و همکاران (Qin et al., 2021) در پژوهشی به بررسی روند توسعه ارتباطات بی‌سیم در اینترنت اشیا مبتنی بر علم‌سنجی پرداخته‌اند. برای این منظور، از پایگاه وب‌آوساینس در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ استفاده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، سال ۲۰۲۰ با انتشار ۱۸۱۷ سند پژوهشی منتشرشده در این حوزه پیش‌تاز است؛ هرچند که روند تولیدات علمی از سال ۲۰۱۳ میلادی و با انتشار ۱۰۰ مقاله علمی رشد صعودی خود را آغاز کرده است. از مجموع ۸۷ کشور که در این حوزه پژوهشی مقاله علمی منتشر کرده‌اند، کشورهای چین، ایالات‌متحده آمریکا و کره جنوبی پیش‌تاز بودند. یکی از پژوهش‌های داخلی که در حوزه ارتباطات ماهواره‌ای مبتنی بر رویکرد علم‌سنجی انجام‌شده، توسط حاجی‌پور و همکاران (۱۴۰۳) با موضوع به‌کارگیری هوش مصنوعی<sup>۱</sup> در ماهواره مبتنی بر اینترنت اشیا است. در این پژوهش، از پایگاه استنادی اسکوپوس در بازه زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ برای استخراج و تحلیل نتایج بیش از ۴۷۵ سند پژوهشی استفاده شده است. نتایج حاصل از این پژوهش، پیشرو بودن کشور چین را از نظر تعداد تولیدات علمی نشان می‌دهد. افزون بر این، روش‌هایی مانند یادگیری ماشین<sup>۲</sup>، یادگیری عمیق و یادگیری تقویتی<sup>۳</sup> بیشترین میزان تکرار در شبکه هم‌واژگانی را در حوزه پژوهشی مبتنی بر ماهواره، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی به خود اختصاص داده است. یکی از انواع معماری‌هایی که می‌تواند در روند توسعه فناوری ارتباط مستقیم به سلول ایفای نقش کند، منظومه‌های ماهواره‌ای است. افتخاری و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی به تحلیل منظومه‌های ماهواره‌ای با رویکرد علم‌سنجی در بازه زمانی ۱۹۶۹ تا ۲۰۲۳ با استفاده از پایگاه استنادی اسکوپوس پرداخته‌اند. این پژوهش برای آمریکا و چین انجام‌شده و نتایج آن با تولیدات علمی معتبر منتشرشده در تمام جهان مقایسه شده است. در این پژوهش برای آمریکا، چین و کل دنیا به ترتیب ۳۷۳۸، ۳۳۶۹ و ۱۴۳۴۶ سند علمی منتشرشده استخراج شده است. نتایج این پژوهش، نشان می‌دهد کشورهای آمریکا، چین و آلمان بیشترین تولیدات علمی در حوزه منظومه ماهواره‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. علاوه بر این، در نوع انتشارهای علمی، مقالات کنفرانسی بیشترین سهم تولید علمی را به خود اختصاص داده‌اند. عقیلی و همکاران (۱۴۰۲) به بررسی نقش نسل ششم شبکه ارتباطی در ارتباطات ماهواره‌ای با استفاده از رویکرد علم‌سنجی در بازه زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۳ پرداخته‌اند. در این پژوهش که با استفاده از پایگاه استنادی اسکوپوس انجام‌شده، ۶۳۸ سند علمی منتشره در این حوزه موردبررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، بیشترین تولیدات علمی مرتبط با این موضوع در سال ۲۰۲۳ و به تعداد ۲۴۳ سند پژوهشی منتشرشده است. مقالات کنفرانسی با سهم ۵۱ درصدی، بیشترین میزان تولید علمی را در این حوزه به خود اختصاص داده است. حیدری و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی با رویکرد علم‌سنجی، به‌کارگیری یادگیری فدرال<sup>۴</sup> به‌عنوان یکی از الگوریتم‌های هوش مصنوعی در شبکه‌های غیرزمینی را در بازه زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۴ موردبررسی قرار دادند. در این پژوهش که با کمک پایگاه استنادی اسکوپوس انجام‌شده، ۲۷۵ سند علمی منتشرشده مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. بیشترین تولید علمی در این حوزه، در قالب مجلات علمی و به میزان ۶۰ درصد است. همچنین، کشورهای چین، آمریکا و کانادا به ترتیب با تولید انتشارات علمی به میزان ۱۱۱.۴۷ و ۲۶ سند در این حوزه پژوهشی پیش‌تاز هستند.

در پژوهشی دیگر، سلیمانزاده نجفی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی اسناد علمی منتشرشده در حوزه اینترنت اشیا مبتنی بر علم‌سنجی پرداخته‌اند. برای انجام این پژوهش از پایگاه مدلاین<sup>۵</sup> در بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۷ استفاده شده

1. Artificial intelligence (AI)
2. Machine learning (ML)
3. Reinforcement learning (RL)
4. Federated learning (FL)
5. Medline

است. در میان مجلات علمی که حوزه‌های پژوهشی مرتبط با اینترنت اشیا را منتشر می‌کنند، مجله Sensor دارای بیشترین تعداد مقالات علمی منتشر شده است. در همین راستا، کشور چین با بیشترین تولید علمی از نظر مقالات کنفرانسی و مجلات علمی منتشر شده در این حوزه، پیشتاز است. قویدل و همکاران (۱۴۰۲) به بررسی شبکه هم‌نویسندگی پژوهشگران در حوزه هوافضا<sup>۱</sup> مبتنی بر علم‌سنجی پرداخته‌اند. برای این منظور با استفاده از نرم‌افزار دیتا لب<sup>۲</sup> در بازه زمانی ۱۹۴۵ تا ۲۰۲۱، اسناد علمی انتشار یافته توسط ۱۵۴۴۵۰ نویسنده در ۱۵۳۹۹۴ سند علمی منتشر شده در مجموعه هسته وب‌گاه علم<sup>۳</sup> بررسی شده است. بیشترین موضوعات پژوهشی این مطالعه در حوزه هوافضا به حیطه آیرودینامیک<sup>۴</sup>، مکانیک پرواز<sup>۵</sup> و کنترل اختصاص دارد. با توجه به مطالعه انجام شده، مشخص شد این پژوهش علمی جدید است و نیاز به بررسی ابعاد مختلف این حوزه فناوری برای انجام پژوهش‌های بنیادی و عملیاتی دارد. بنابراین، در این پژوهش مبتنی بر روش علم‌سنجی، تلاش می‌شود بخشی از ابعاد این نوع فناوری بر پایه اسناد علمی منتشر شده معتبر، مورد تحلیل و ارزیابی قرار گیرد.

## روش‌شناسی پژوهش

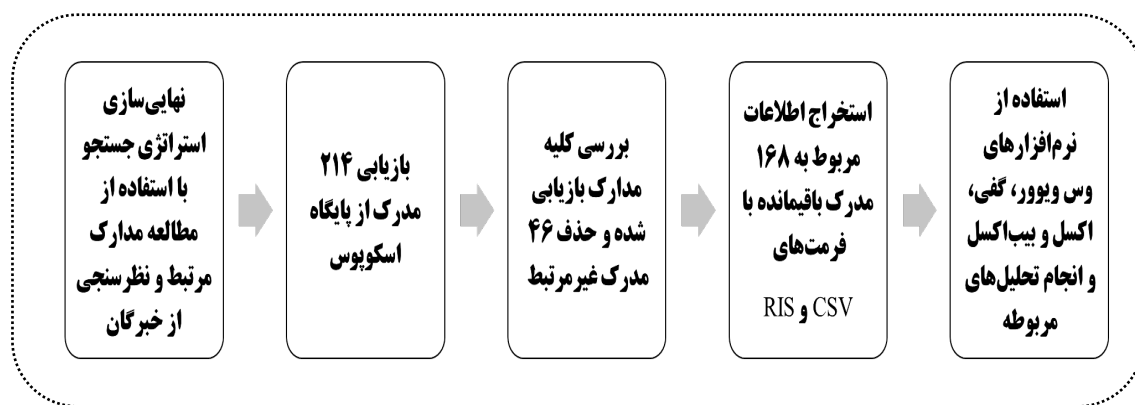
این پژوهش از نظر هدف، کاربردی است و با استفاده از روش‌های رایج مطالعات علم‌سنجی شامل شبکه هم‌واژگانی، شبکه هم‌نویسندگی و شبکه هم‌کشوری انجام شده است. همچنین، برای گردآوری داده‌ها از روش اسنادی بهره گرفته شده است. جامعه آماری پژوهش حاضر، تمام مدارک علمی در حوزه «فناوری‌های ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی» است که بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ در پایگاه استنادی اسکوپوس نمایه شده‌اند. در گام اول، کلیه مدارک این حوزه از پایگاه «اسکوپوس» در تاریخ ۲ دسامبر ۲۰۲۴ (دوازدهم آذر ۱۴۰۳) بازیابی و استخراج شدند. گفتنی است با توجه به نوظهور بودن این حوزه و برای نهایی کردن استراتژی جستجو، بررسی‌های عمیقی انجام شد و از نظرات خبرگان و متخصصان این حوزه نیز بهره گرفته شد تا حداکثر پوشش‌دهی مدارک این بخش حاصل شود. در نهایت، از استراتژی جستجوی زیر استفاده شد:

(ALL ( ( ( "Direct to cell" OR "Direct to device" OR "Direct to phone" OR "Direct to Hand-set" OR "Direct to Handheld" OR "Direct satellite-to-Device" OR "Direct-to-smartphone" ) AND "satellite" ) ) OR TITLE-ABS-KEY ( ( "Direct to" AND ( "IoT" OR "internet of thing\*" ) AND "satellite" ) ) OR ALL ( ( "Direct broadband connectivity" OR "Direct LEO Satellite-to-Smartphone" OR "Direct satellite connectivity" OR "direct connectivity to handset" ) ) OR ALL ( ( "Direct access to satellite" OR "Direct Satellite-to-Smartphone" ) OR ( "satellite-to-handheld" ) ) OR ALL ( ( "Direct narrow band Connectivity" OR "Satellite-To-Phone" ) OR ( "Direct wideband connectivity" OR "Satellite-To-Smartphone" ) OR "direct connectivity to IOT" ) OR TITLE-ABS-KEY ( ( "Non-Terrestrial" AND ( "UAV" OR "Satellite" OR "Drone" OR "HAPS" ) AND "direct" ) ) )

تعداد نتایج بازیابی شده در این مرحله برابر با ۲۱۴ مدرک بود. همان‌طور که در استراتژی جستجو مشخص است، برخی از بخش‌ها و اصطلاحات تخصصی در تمام متن مدارک<sup>۶</sup> و بخشی دیگر در عنوان، چکیده و کلیدواژه‌های

1. Aerospace
2. DataLab
3. Web of Science Core Collection (WoSCC)
4. Aerodynamics
5. Flight control
6. ALL

مدارک<sup>۱</sup> اعمال شده‌اند. از آنجاکه این کار احتمال خطا در جستجو را افزایش می‌دهد (به‌ویژه در حالت ALL)؛ بنابراین، کلیه مدارک بازیابی شده، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند و با حذف مدارک نامرتبط (۴۶ مدارک) در نهایت، تعداد ۱۶۸ مدارک وارد تحلیل‌های علم‌سنجی شدند. استفاده از علامت ستاره (\*) در انتهای برخی از اصطلاحات نیز به این دلیل است که هر دو حالت مفرد و جمع آن در نظر گرفته شود. مدارک بازیابی شده با فرمت آر.آی.اس<sup>۲</sup> بارگیری شدند. در گام بعدی و به‌منظور تشکیل ماتریس‌های هم‌رخدادی (برای شبکه هم‌واژگانی، شبکه هم‌نویسندگی و شبکه هم‌کشوری) از نرم‌افزارهای اکسل و بیب‌اکسل<sup>۳</sup> استفاده شد. در ادامه، اقدامات لازم برای حذف اصطلاحات غیر مرتبط و فاقد معنای مناسب صورت گرفت و برای حالت مفرد و جمع واژه‌ها نیز عملیات یکسان‌سازی انجام شد. همچنین، واژگانی که از منظر مفهومی مترادف بودند نیز در یک واژه (طبق پیشنهاد متخصصان) ادغام شدند. در نهایت، نیز با کمک نرم‌افزارهای ووس و یوور<sup>۴</sup> و گفی<sup>۵</sup> به مصورسازی و ترسیم نقشه‌های مربوطه در این حوزه اقدام شده است. فرایند انجام پژوهش در شکل ۱، نشان داده شده است.



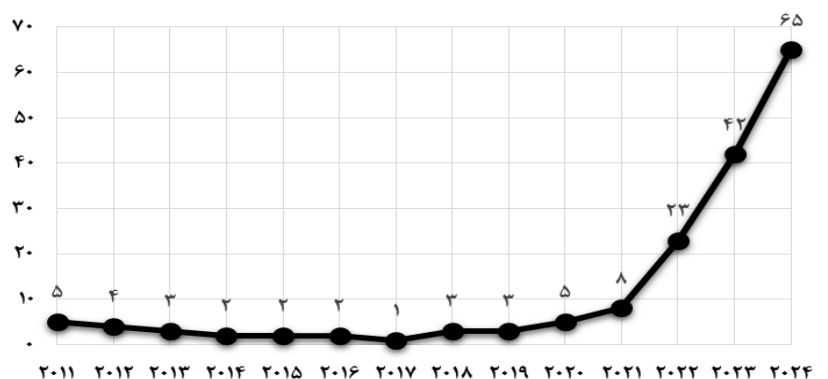
شکل ۱. فرایند انجام پژوهش

## یافته‌های پژوهش

پاسخ به پرسش اول پژوهش: روند و میزان تولیدات علمی در حوزه فناوری ارتباط مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ چگونه است؟

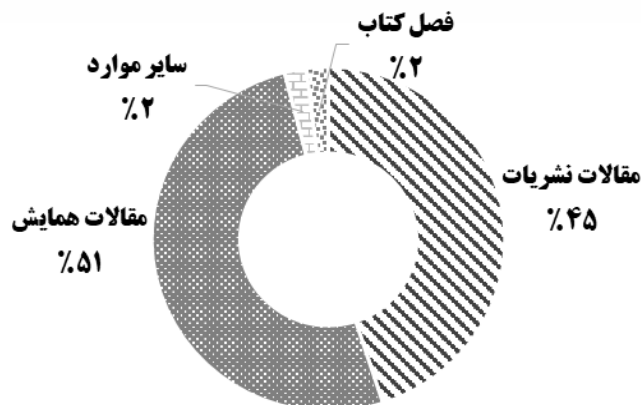
شکل ۲، تولیدات علمی در حوزه فناوری ارتباط مستقیم با سلول را طی بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰، با توجه به عدم عملیاتی شدن این نوع فناوری در دنیای ارتباطات، تعداد مقالات علمی منتشر شده در این دوره زمانی بین حداقل ۱ تا حداکثر ۵ مقاله علمی در سال است؛ اما پس از توسعه حوزه پژوهشی این نوع فناوری در دنیای ارتباطات فضایی، تعداد مقالات منتشر شده از ۸ مقاله در سال ۲۰۲۱ به ۶۵ مقاله در سال ۲۰۲۴ رسیده که نرخ رشدی برابر با ۷۰۱۲۵ درصد را در بازه زمانی ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۴ نشان می‌دهد.

1. TITLE-ABS-KEY
2. RIS
3. Bibexcel
4. VOSviewer
5. Gephi



شکل ۲. روند و تعداد مدارک منتشرشده در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی

مطابق با شکل ۳، بیشترین تولیدات علمی منتشرشده در این حوزه در قالب مقالات همایش به میزان ۵۱ درصد و سپس مقالات نشریات به میزان ۴۵ درصد است. بعدازاین دو نوع مقاله، کتاب و سایر موارد هرکدام به میزان ۲ درصد از سهم تولیدات علمی این حوزه را به خود اختصاص داده‌اند. ازآنجاکه این نوع فناوری در دنیا جدید است و در مرحله توسعه و پیشرفت قرار دارد، بنابراین بیشتر پژوهش‌های این حوزه در بخش اول اغلب در مقالات کنفرانسی ارائه و منتشرشده است. البته در سال‌های آتی و با بلوغ و عملیاتی شدن این فناوری، باید منتظر چاپ مقالات بیشتر در این حوزه در مجلات معتبر علمی نیز باشیم.



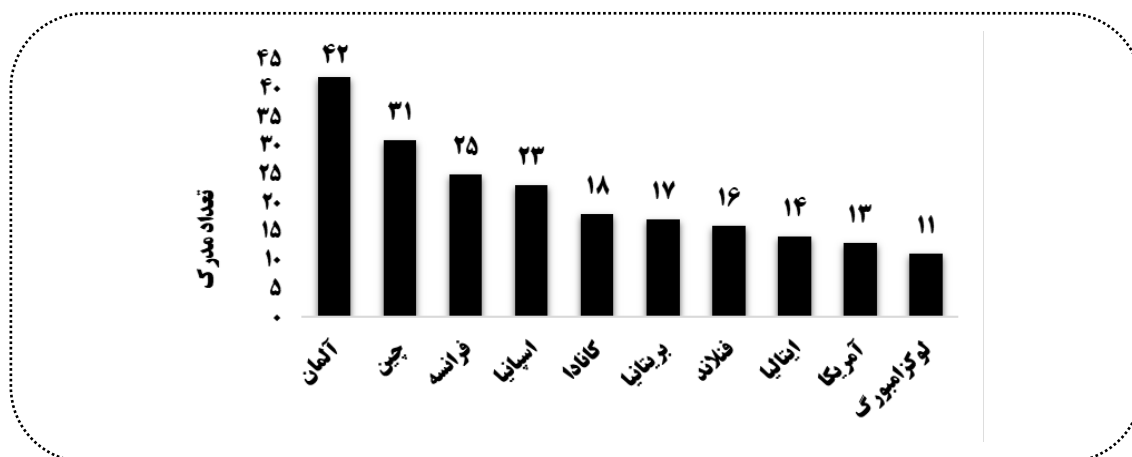
شکل ۳. درصد توزیع انواع مدارک منتشرشده در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی

### پاسخ به پرسش دوم پژوهش: کشورهای دارای تولیدات بالای علمی (پر تولید) در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند کدام‌اند؟

در این بخش، مبدأ و کشورهای تولیدکننده مقالات در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی موردبررسی قرار می‌گیرد. همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد، کشورهای آلمان، چین و فرانسه دارای بیشترین مقاله در این حوزه هستند. آلمان با تولید ۴۲ رکورد (۲۵ درصد)، چین با تولید ۳۱ رکورد (۵۱۸ درصد) و فرانسه با تولید ۲۵ رکورد (۹۱۴ درصد) بیشترین مشارکت را در تولید بروندهای علمی در حوزه ارتباطات مستقیم

روندهای پژوهشی در فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره‌ای با تجهیزات هوشمند ...

ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ دارند. اگرچه کشور آمریکا در زمینه توسعه و تجاری‌سازی منظومه ماهواره‌ای و ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، پیشرو است، اما از نظر تولیدات علمی پایین‌تر از کشورهایی مانند آلمان، چین، فرانسه و کانادا قرار دارد. پیش‌بینی می‌شود با توجه به پیشرفت‌هایی که آمریکا در توسعه و راه‌اندازی این سرویس داشته است، این کشور نیز در سال‌های آتی در مبحث انتشارات علمی به جمع این کشورها اضافه گردد. ۵ کشور برتر از نظر میزان استاندارد نیز به ترتیب عبارت‌اند از: ۱. آلمان (۳۴۰ استاندارد)، ۲. فرانسه (۲۹۳ استاندارد)، ۳. ایتالیا (۲۴۸ استاندارد)، ۴. چین (۱۳۶ استاندارد) و ۵. کانادا (۱۰۰ استاندارد).



شکل ۴: کشورهای پیشرو در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی

### پاسخ به پرسش سوم پژوهش: وضعیت همکاری کشورها در حوزه فناوری‌های ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی به چه صورت است؟

وضعیت همکاری‌های میان کشورها در حوزه ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی با استفاده از نرم‌افزار گفی ترسیم شده است. مطابق با نتایج به دست آمده، کشورهایی که با یکدیگر در این حوزه همکاری بین‌المللی دارند ۳۸ کشور هستند که در میان آن‌ها، آلمان، چین و فرانسه بیشترین میزان همکاری بین‌المللی را دارند. با توجه به جدول ۱، ارتباط آلمان با فرانسه و همچنین چین با انگلستان در مورد انتشار دستاوردهای علمی این فناوری بیشتر بوده است. بیشترین زمینه همکاری علمی کشور آلمان با فرانسه پروژه اتصال هوایی باز<sup>۱</sup> به منظور نمونه‌سازی اولیه شبکه‌های

جدول ۱. مقایسه آماری کشورهای پیشرو از نظر میانگین سال انتشار مدارک، میزان همکاری، مجموع قدرت پیوند و نام کشور با بیشترین میزان همکاری

| نام کشور | میانگین سال انتشار مدارک <sup>۲</sup> | تعداد همکاری با سایر کشورها (پیوند <sup>۳</sup> ) | مجموع قدرت پیوند <sup>۲</sup> | نام کشور با بیشترین میزان همکاری |
|----------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| آلمان    | ۲۰۲۱.۳۶                               | ۲۲                                                | ۶۹                            | فرانسه                           |
| چین      | ۲۰۲۳.۵۱                               | ۱۸                                                | ۳۳                            | انگلستان                         |
| فرانسه   | ۲۰۲۱.۲                                | ۱۹                                                | ۶۰                            | آلمان                            |

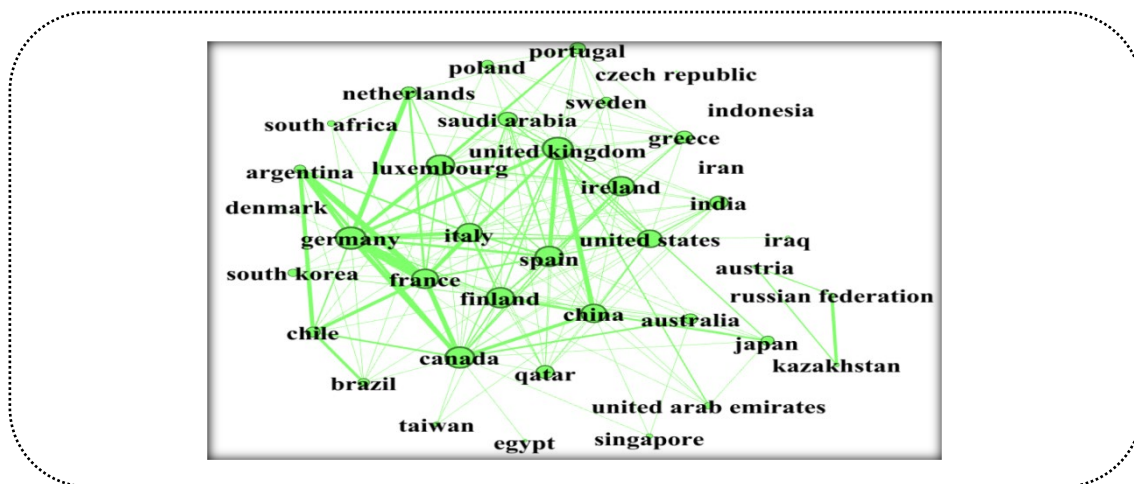
۱. OpenAirInterface (OAI)

۲. Total link strength

۳. Link

۴. Average publication Year

نسل پنجم غیرزمینی و موضوع ارتباطات مستقیم با ماهواره مبتنی بر اینترنت اشیا<sup>۱</sup> است. شکل ۵، نشان می‌دهد که کشور آلمان با کشورهای دیگری از جمله کانادا، انگلستان، دانمارک و آرژانتین همکاری‌هایی داشته است. با بررسی بیشتر می‌توان نتیجه‌گرفت کشورهای اروپایی در این زمینه همکاری‌های علمی بیشتری دارند.



شکل ۵. شبکه همکاری کشورهای پیشرو در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی

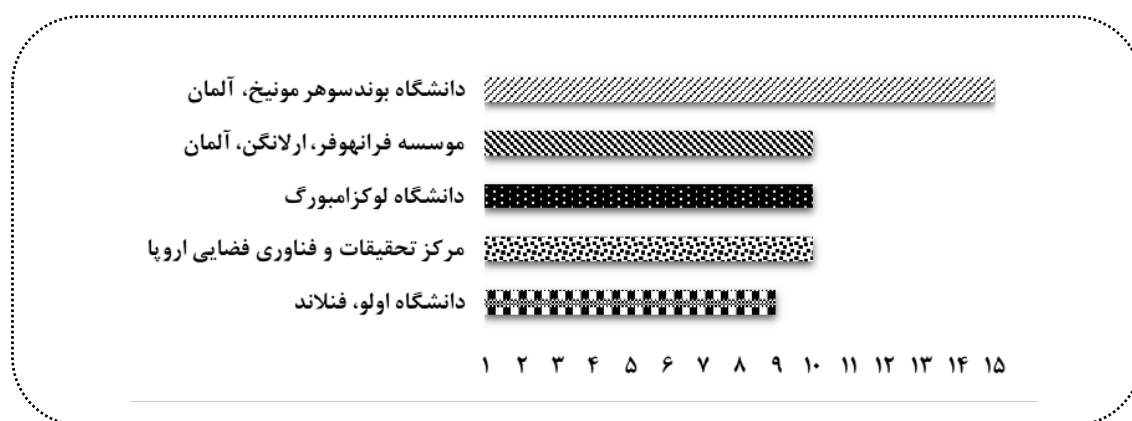
### پاسخ به پرسش چهارم پژوهش: مؤسسات و دانشگاه‌های برتر جهان از نظر میزان تولیدات علمی در حوزه فناوری ارتباط مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند کدام‌اند؟

با توجه به نتایج ارائه‌شده در بخش قبل و پیشرو بودن کشور آلمان، مطابق با شکل ۶، دانشگاه بوندسور مونیخ<sup>۲</sup> و موسسه فرانهورفر<sup>۳</sup>، هر دو از آلمان در مجموع بالاترین انتشارات را در حوزه فناوری‌های ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی دارند. در دانشگاه بوندسور مونیخ از پیش‌تازان این حوزه، تحقیقات در زمینه ارتباطات از نوع ماشینی<sup>۴</sup> و ماهواره‌های زمین آهنگ<sup>۵</sup> آغاز شده و اکنون به بررسی ارتباطات نسل پنجم در شبکه‌های غیرزمینی به کمک پلتفرم اتصال هوایی باز، رو آورده‌اند. گفتنی است که سال‌های اخیر در این دانشگاه، تمرکز قابل‌توجهی بر توسعه فناوری‌های نوین از جمله پیکره‌بندی ازدحام در ماهواره‌ها، شکل‌دهی پرتو و رویکردهای توزیع‌شده دیده می‌شود که این فناوری‌ها در راستای تحقق ارتباطات مستقیم ماهواره در نسل ششم شبکه‌های ارتباطی مطرح هستند. ضمن اینکه همکاری قابل‌توجهی بین این دانشگاه و موسسه فرانهورفر، دانشگاه لوکزامبورگ<sup>۶</sup> و مرکز تحقیقات و فناوری فضایی اروپا<sup>۷</sup>، به‌عنوان سایر پیش‌تازان این حوزه دیده می‌شود. پیشینه انتشارات موسسه فرانهورفر در حوزه فناوری‌های ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، به سال ۲۰۱۱ باز می‌گردد. این تحقیقات با تمرکز بر حوزه پخش تصاویر دیجیتال از طریق سرویس ماهواره‌ای به گوشی دستی<sup>۸</sup> در همکاری این موسسه با مرکز تحقیقات و فناوری فضایی اروپا و مؤسسات اروپایی دیگر بوده است.

1. Direct-to-satellite iot
2. Universität der Bundeswehr München
3. Fraunhofer Institute
4. Machine-Type-Communication (MTC)
5. geostationary orbit (GEO)
6. University of Luxembourg
7. ESTEC - European Space Research and Technology Centre
8. Digital Video Broadcasting- Satellite services to Handhelds (DVB-SH)

روندهای پژوهشی در فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره‌ای با تجهیزات هوشمند ...

در سال‌های اخیر نیز بیشتر تمرکز این موسسه روی بررسی ارتباطات نسل پنجم شبکه ارتباطی در شبکه‌های غیرزمینی به کمک پلتفرم اتصال هوایی باز در همکاری با دانشگاه لوکزامبورگ، مرکز تحقیقات و فناوری فضایی اروپا و دانشگاه بوندسور مونیخ بوده است. همان‌طور که اشاره شد اخیراً دانشگاه لوکزامبورگ به‌عنوان یکی از پشنتازان این حوزه، در بررسی ارتباطات پنجم شبکه ارتباطی در شبکه‌های غیرزمینی به کمک پلتفرم اتصال هوایی باز با دانشگاه بوندسور مونیخ، موسسه فرانهور و مرکز تحقیقات و فناوری فضایی اروپا همکاری داشته است. ضمن اینکه این دانشگاه، تحقیقات در راستای طراحی شبکه‌های تجميع شده زمینی و غیرزمینی کارآمد و مقرون‌به‌صرفه را برای ارائه سرویس‌های نسل ششم شبکه ارتباطی با استفاده از هوش مصنوعی، گزارش کرده است. بهینه‌سازی مشخصات لایه فیزیکی برای دسترسی مستقیم به سرویس‌های نسل پنجم شبکه ارتباطی از طریق ماهواره از دیگر زمینه‌های تحقیقاتی این دانشگاه در سال‌های اخیر بوده است. این دانشگاه نیز در زمینه فناوری‌های نوین از جمله شبکه‌های ازدحام ماهواره و شکل‌دهی پرتو<sup>۱</sup> توزیع‌شده تحقیقاتی داشته است. انتشارات در زمینه پروتکل برد بلند<sup>۲</sup> در ارتباطات مستقیم تجهیزات اینترنت اشیا با همکاری دانشگاه اولو فنلاند و طراحی منظومه کیوبست‌ها<sup>۳</sup> از فعالیت‌های دانشگاه لوکزامبورگ در سال ۲۰۲۴ است. مرکز تحقیقات و فناوری فضایی اروپا به‌عنوان یکی دیگر از مؤسسات پیشرو در این حوزه، همکاری‌های قابل‌توجهی با سایر دانشگاه‌ها و مؤسسات داشته است. بهبود مشخصات لایه فیزیکی در رادیویی جدید، در نسل پنجم شبکه ارتباطی برای دسترسی مستقیم به ماهواره و پلتفرم اتصال هوایی باز از زمینه‌های قابل‌توجه در همکاری این مرکز با دانشگاه لوکزامبورگ و موسسه فرانهور است. بررسی‌ها نشان می‌دهد فناوری آنتن‌های ماهواره‌ای، از جمله اصلی‌ترین فناوری‌های موردتوجه این مرکز بوده است. به‌عنوان نمونه فناوری‌های چند ورودی-چند خروجی<sup>۴</sup> موضوع همکاری مرکز تحقیقات و فناوری فضایی اروپا با دانشگاه اولو<sup>۵</sup> فنلاند بوده است. از جمله فعالیت‌های دیگر این مرکز می‌توان به مطالعات آنتن‌های با قابلیت ردگیری در همکاری با کشورهای مختلف اروپایی و همچنین توسعه فناوری آنتن‌های اکتیو<sup>۶</sup> اشاره داشت.



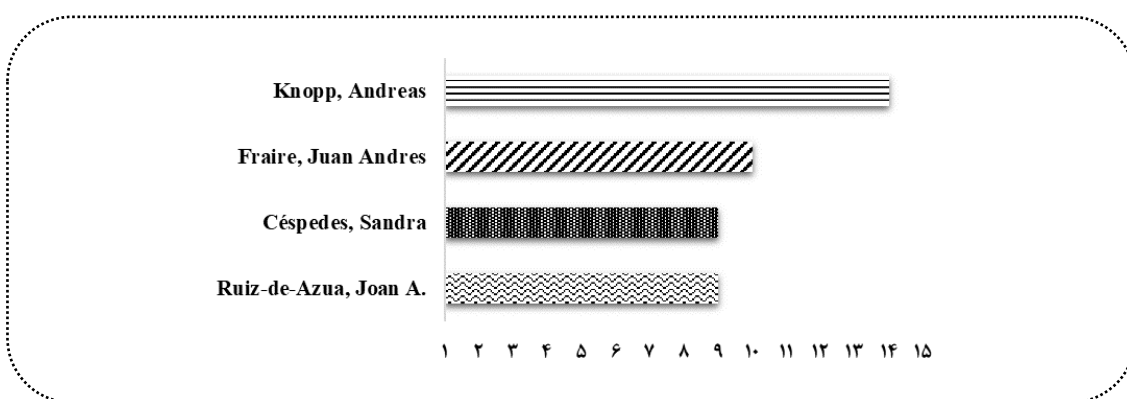
شکل ۶. دانشگاه‌ها و مؤسسات پیشرو از نظر تعداد مقالات منتشره در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی

1. Beamforming
2. Long Range (LoRa)
3. Cubesats
4. Multiple-input and multiple-output (MIMO)
5. Oulun Yliopisto
6. Active antennas

## پاسخ به پرسش پنجم پژوهش: نویسندگان برتر جهان و شبکه همکاری نویسندگان برتر در حوزه فناوری ارتباط مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند به چه صورت است؟

تحلیل نویسندگان برجسته در این حوزه نشان‌دهنده تمرکز تحقیقات در مناطقی مانند اروپا، آمریکای شمالی و لاتین است. مطابق با شکل ۷، نویسندگانی مانند آندریاس کنوپ<sup>۱</sup> از آلمان، با تخصص در سیستم‌های ارتباطی ماهواره‌ای و فناوری‌های رادیویی، نقش مهمی در تولید دانش ایفا کرده و از جمله تأثیرگذارترین پژوهشگران این حوزه به شمار می‌رود. همچنین، ساندراس سسپدس<sup>۲</sup> از کانادا و خوان آندرس فرایر<sup>۳</sup> از آرژانتین به‌عنوان نمایندگان مناطق آمریکای شمالی و لاتین، با تمرکز بر اینترنت اشیا و شبکه‌های ماهواره‌ای، همکاری‌های بین‌قاره‌ای ارزشمندی با پژوهشگرانی از اروپا داشته‌اند. بررسی شاخص‌های علم‌سنجی این نویسندگان، از جمله تعداد مقالات و میزان استنادها، بیانگر تأثیرگذاری بالای پژوهش‌های آنان در پیشبرد این حوزه فناورانه است. این تحلیل نشان می‌دهد که هم‌افزایی میان مؤسسات تحقیقاتی مختلف در سراسر جهان، نیروی محرکه‌ای برای گسترش این حوزه علمی محسوب می‌شود. مطابق جدول ۲، از میان این نویسندگان، آندریاس کنوپ از دانشگاه مونیخ آلمان، با انتشار ۱۴ مقاله و قدرت پیوند ۵۸، بیشترین نقش را در این حوزه ایفا کرده و میانگین سال انتشار مقالات وی ۲۰۲۲ است. او با توماس دلاموت<sup>۴</sup> و دیگو توزی<sup>۵</sup> نیز در ۲۸ پیوند علمی، همکاری‌های بین‌المللی گسترده‌ای داشته است.

از سوی دیگر، خوان آندرس فرایر از شیلی با انتشار ۱۰ مقاله و قدرت پیوند ۳۵، تأثیر چشمگیری در پیشبرد پژوهش‌های این حوزه داشته و میانگین سال انتشار مقالاتش، ۲۰۲۱ است. ساندراس سسپدس و خوان آ. رویز-دی-آزوا<sup>۶</sup> نیز هر یک با ۹ مقاله و میانگین سال انتشار ۲۰۲۱ و ۲۰۲۳، نقش برجسته‌ای در تقویت همکاری‌های بین‌قاره‌ای ایفا کرده‌اند. این آمارها نشان‌دهنده هم‌افزایی علمی میان مؤسسات تحقیقاتی از جمله دانشگاه‌های اروپا و آمریکای لاتین است که در گسترش این حوزه حیاتی نقش‌آفرینی کرده‌اند. در حوزه ارتباطات مستقیم با ماهواره مبتنی بر اینترنت اشیا، تحلیل نویسندگان برجسته نشان‌دهنده توزیع جغرافیایی گسترده و همکاری‌های بین‌المللی قابل‌توجه میان پژوهشگران است (شکل ۸). بررسی میزان استناد مقالات این نویسندگان نشان می‌دهد که خوان آندرس فرایر با ۳۶۷ استناد و ساندراس سسپدس با مجموع ۲۴۳ استناد، بالاترین تأثیرگذاری را در میان نویسندگان فوق دارند.

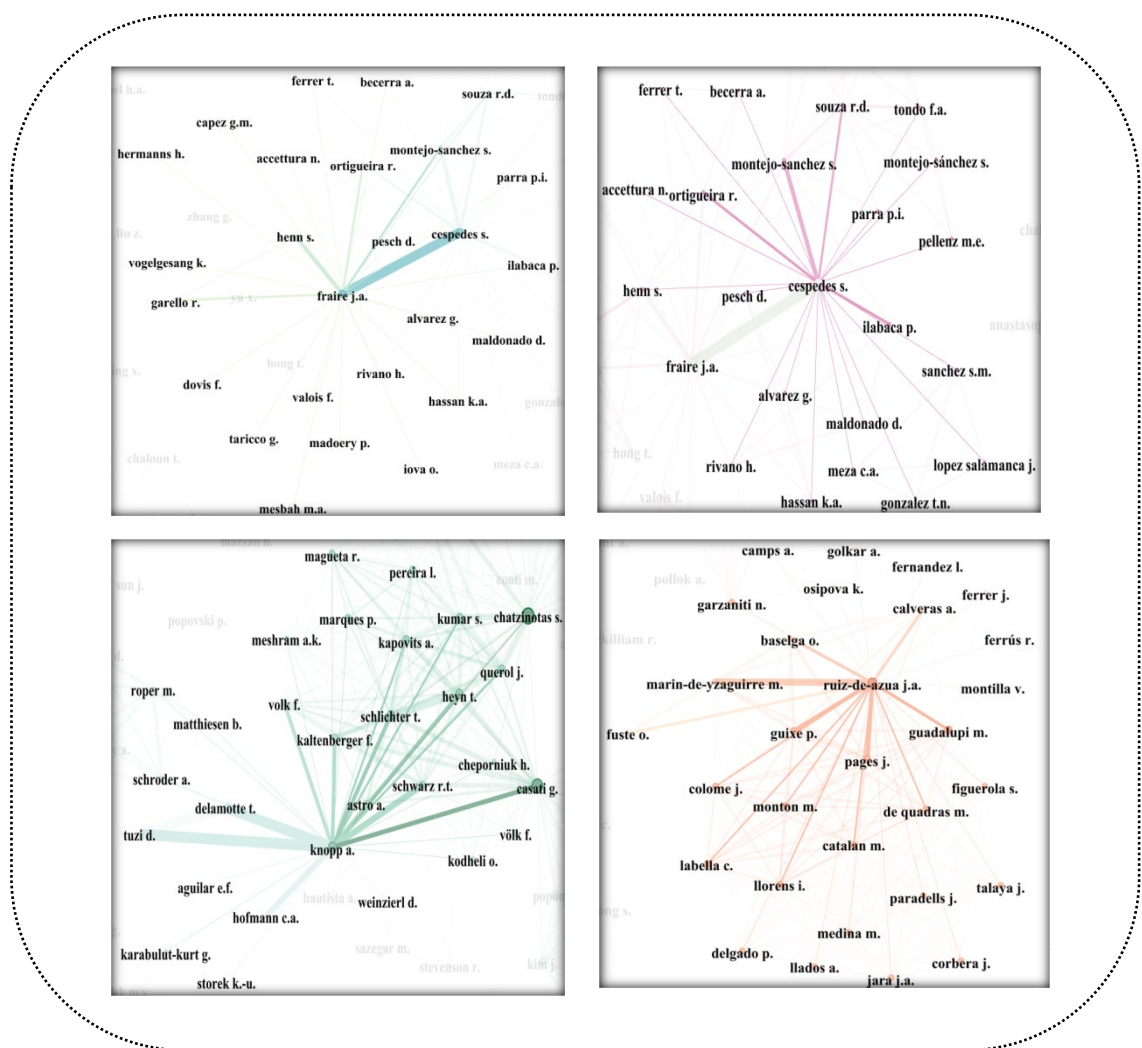


شکل ۷. نویسندگان برتر از نظر تعداد مقالات منتشرشده در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی

1. Andreas Knopp
2. Sandra Céspedes
3. Juan Andres Fraire
4. Thomas Delamotte
5. Diego Tuzi
6. Joan Ruiz-de-Azua

جدول ۲. مقایسه آماری نویسندگان برتر از منظر میانگین سال انتشار مدارک، تعداد مدرک، مجموع قدرت پیوند، تعداد همکاری و نام نویسندگان با بیشترین میزان همکاری

| نام نویسنده           | تعداد مدرک منتشرشده | میانگین سال انتشار مدارک | تعداد همکاری با سایر نویسندگان (پیوند) | مجموع قدرت پیوند | نام نویسنده (نویسندگان) با بیشترین میزان همکاری |
|-----------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------|
| Knopp, Andreas        | ۱۴                  | ۲۰۲۲.۲۹                  | ۲۸                                     | ۵۸               | Delamotte, Thomas                               |
| Fraire, Juan Andres   | ۱۰                  | ۲۰۲۱.۷۰                  | ۲۵                                     | ۳۵               | Tuzi, Diego                                     |
| Ruiz-de-Azua, Joan A. | ۹                   | ۲۰۲۳.۳۳                  | ۲۹                                     | ۵۴               | Céspedes, Sandra                                |
| Céspedes, Sandra      | ۹                   | ۲۰۲۱.۶۷                  | ۲۲                                     | ۳۲               | Marin-De-Yzaguirre M.                           |



شکل ۸. شبکه همکاری نویسندگان برتر با سایر نویسندگان در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی

## پاسخ به پرسش ششم پژوهش: وضعیت شبکه هم‌رخدادی واژگان و همچنین تحلیل خوشه‌های اصلی در حوزه فناوری ارتباط مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند چگونه است؟

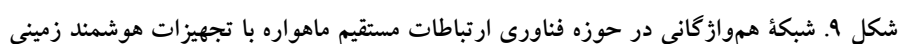
جدول ۳، واژگانی را که با بیشترین میزان فراوانی در مقالات علمی جهان منتشر شده، نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مفاهیم کلان و متمایزی مانند سیستم‌های مخابراتی ماهواره‌ای و تجهیزات مرتبط بدان، اینترنت اشیا، نسل پنجم شبکه ارتباطی، شبکه‌های زمینی و نسل ششم شبکه ارتباطی از کلماتی است که در این حوزه در مقالات علمی منتشر شده با فراوانی بیشتری به کار گرفته شده است. قاعدتاً مفاهیمی مانند اینترنت اشیا، نسل پنجم شبکه ارتباطی و نسل ششم شبکه ارتباطی از فناوری‌های ارتباطی بی‌سیم بوده که امروزه در حوزه طراحی، ساخت و پیاده‌سازی شبکه‌های ترکیبی زمینی-ماهواره‌ای برای ارائه فناوری‌های نوین از جمله ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۳. کلیدواژه‌های به‌کاررفته در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی با بیشترین میزان تکرار

| ردیف | واژه                                       | تعداد تکرار | ردیف | واژه                                             | تعداد تکرار |
|------|--------------------------------------------|-------------|------|--------------------------------------------------|-------------|
| ۱    | سیستم‌های ارتباطات ماهواره‌ای <sup>۲</sup> | ۷۴          | ۱۱   | آنتن‌های ماهواره‌ای <sup>۱</sup>                 | ۲۰          |
| ۲    | ماهواره‌ها                                 | ۶۴          | ۱۲   | لینک‌های ماهواره‌ای <sup>۳</sup>                 | ۱۹          |
| ۳    | ماهواره مدار پایین زمین                    | ۵۲          | ۱۳   | ماهواره چندپخشی <sup>۴</sup>                     | ۱۷          |
| ۴    | اینترنت اشیا                               | ۵۱          | ۱۴   | ارتباطات مستقیم با ماهواره مبتنی بر اینترنت اشیا | ۱۶          |
| ۵    | نسل پنجم شبکه ارتباطی                      | ۵۰          | ۱۵   | ویدئو دیجیتالی چندپخشی <sup>۵</sup>              | ۱۵          |
| ۶    | شبکه‌های زمینی                             | ۴۸          | ۱۶   | نسل ششم شبکه ارتباطی                             | ۱۴          |
| ۷    | ماهواره‌های مخابراتی <sup>۷</sup>          | ۳۸          | ۱۷   | لایه‌های شبکه <sup>۶</sup>                       | ۱۴          |
| ۸    | شبکه غیرزمینی                              | ۳۵          | ۱۸   | شبکه‌های ماهواره‌ای <sup>۸</sup>                 | ۱۳          |
| ۹    | ارتباطات ماهواره‌ای <sup>۹</sup>           | ۲۴          | ۱۹   | برد بلند                                         | ۱۲          |
| ۱۰   | اینترنت ماهواره‌ای <sup>۱۰</sup>           | ۲۲          | ۲۰   | منظومه‌های ماهواره‌ای                            | ۱۲          |

شبکه هم‌واژگانی ترسیم شده برای فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، مطابق شکل ۹ است. کوچک یا بزرگ بودن دایره‌ها در این شکل، نشان‌دهنده میزان تکرار فراوانی هر واژه در مقالات علمی منتشر شده است (کفشدوز محمدی و همکاران، ۱۴۰۰). همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، عباراتی مانند «سیستم ارتباطات ماهواره‌ای»، «ماهواره‌ها» و «ماهواره‌های مدار پایین زمین» چون دایره‌های بزرگ‌تری دارند، درواقع بیشترین میزان تکرار را در میان مقالات علمی منتشر شده در پایگاه اسکوپوس به خود اختصاص داده‌اند.

1. Satellite antennas
2. Satellite communication systems
3. Satellite links
4. Satellite broadcasting
5. Digital video broadcasting (DVB)
6. Network layers
7. Communication satellites
8. Satellite networks
9. Satellite communications
10. Satellite internet



شکل ۱۰. شبکه چگالی مبتنی بر هم‌واژگانی در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی



همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، موضوعات کلان خوشه‌ها مطابق با شکل ۹ به هشت خوشه اصلی تقسیم می‌گردد. موضوع اصلی خوشه اول به حوزه ارتباطات ماهواره‌ای در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی اشاره دارد و زیرشاخه‌های موضوعی مرتبط، مفاهیمی مانند آنتن، کانال ارتباطی، توزیع بیم و موارد مشابه را در بر می‌گیرد. موضوع خوشه دوم به هوش مصنوعی در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی اشاره دارد و زیر خوشه‌های آن شامل مفاهیمی مانند پردازش سیگنال، پهنای باند، شکل‌دهی بیم و موارد مشابه است. موضوع خوشه سوم به نسل پنجم شبکه‌های ارتباطی در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی اختصاص یافته و زیر خوشه‌های آن مفاهیمی نظیر تجهیزات هوایی، آنتن، شبکه ارتباطی، نرخ داده، پوشش دهی و موارد دیگر را شامل می‌شود. موضوع خوشه چهارم به سرویس ویدئو دیجیتال چندبخشی در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی اشاره دارد و زیر خوشه‌های آن به

مفاهیمی مانند احتمال خطای بیت، تخمین کانال<sup>۱</sup>، چندپخش دیجیتال و غیره اشاره دارد. موضوع خوشه پنجم به اینترنت اشیا در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی مربوط است و زیر خوشه‌های آن شامل مفاهیمی مانند ارتباطات مستقیم با ماهواره، کارایی انرژی، پرس فرکانسی، توان کم و موارد مشابه است. موضوع خوشه ششم به آنتن ماهواره در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی اختصاص یافته و زیر خوشه‌های آن شامل مفاهیمی مانند آرایه آنتن، ارتباط سلولی، سیستم ماهواره‌ای توزیع شده و غیره است. موضوع خوشه هفتم به مدیریت طیف فرکانسی در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی اشاره دارد و زیر خوشه‌های آن به مفاهیمی مانند ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، باند فرکانسی، تحلیل تداخل و موارد مشابه اشاره دارد. در نهایت، موضوع خوشه هشتم به لایه‌های شبکه در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره به تجهیزات هوشمند اشاره دارد و زیر خوشه‌های آن به مفاهیمی مانند باتری و توان الکتریکی، پروتکل‌های اینترنتی، کدینگ شبکه و غیره اختصاص یافته است.

جدول ۴. طبقه‌بندی هشت گانه خوشه‌های اصلی برحسب برخی از مهم‌ترین موضوعات اصلی هر خوشه در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی

| شماره خوشه | حوزه اصلی هر خوشه<br>(سر خوشه) | برخی از مهم‌ترین موضوعات اصلی خوشه                                                                                                                    |
|------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱          | ارتباطات ماهواره‌ای            | آنتن، کانال ارتباطی، توزیع بیم، تخصیص فرکانس، شبکه ماهواره‌ای                                                                                         |
| ۲          | هوش مصنوعی                     | پردازش سیگنال، پهنای باند، شکل‌دهی بیم، کارایی انرژی و تداخل                                                                                          |
| ۳          | نسل پنجم شبکه ارتباطی          | تجهیزات هوایی، آنتن، شبکه ارتباطی، نرخ داده، پوشش دهی، نوسانات تأخیر <sup>۲</sup> ، باند باریک، امنیت و سنجش طیف فرکانسی <sup>۳</sup>                 |
| ۴          | سرویس چندپخش دیجیتال           | احتمال خطای بیت، تخمین کانال، چندپخش دیجیتال، اصلاح خطا، تداخل، سیستم‌های چند ورودی چند خروجی، پلاریزاسیون و کدینگ                                    |
| ۵          | اینترنت اشیا                   | ارتباطات مستقیم با ماهواره، کارایی انرژی، پرس فرکانسی، توان کم، پروتکل‌های شبکه و شبکه حسگر بی‌سیم <sup>۴</sup>                                       |
| ۶          | آنتن ماهواره                   | آرایه آنتن، ارتباط سلولی، سیستم ماهواره‌ای توزیع شده، تقویت‌کننده توان <sup>۵</sup> و ازدحام ماهواره <sup>۶</sup>                                     |
| ۷          | مدیریت طیف فرکانسی             | ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، باند فرکانسی، تحلیل تداخل، ابر منظومه‌ها <sup>۷</sup> ، پوشش‌دهی شبکه و شدت طیف فرکانسی <sup>۸</sup> |
| ۸          | لایه‌های شبکه                  | باتری و توان الکتریکی، پروتکل‌های اینترنتی، کدینگ شبکه، کیفیت سرویس <sup>۹</sup> و شبکه صف <sup>۱۰</sup>                                              |

1. Channel estimation
2. Latency
3. Spectrum sensing
4. Wireless sensor network (WSN)
5. Power amplifier
6. Satellite swarm
7. Mega-constellation
8. Power flux density (pfd)
9. Quality of service (QoS)
10. Queueing networks

## بحث و نتیجه‌گیری

امروزه، چالش‌های بسیاری در توسعه و ارائه ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی در ایران و حتی در جهان وجود دارد. بنابراین، شناسایی ابعاد مختلف این حوزه مانند ابعاد فنی، اقتصادی، حقوقی و رگولاتوری می‌تواند کمک قابل توجهی به تصمیم‌گیری‌های مؤثرتر متولیان و همچنین پژوهشگران این حوزه کند. بدین منظور، در این پژوهش با تکیه بر روش علم‌سنجی به بررسی ابعاد مختلف این حوزه پرداخته شد. در همین راستا، از روش تحلیل هم‌واژگانی و خوشه‌بندی کلیدواژه‌ها برای بررسی سرخوشه‌های اصلی این حوزه در بازه زمانی ۱۳ ساله استفاده شد. با جستجو در پایگاه استنادی اسکوپوس در این حوزه، مشخص شد این نوع فناوری به‌تنهایی نمی‌تواند توسعه زیرساختی و زیربنایی داشته باشد و لازم است تا فناوری‌های مکملی مانند نسل پنجم شبکه ارتباطی، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی به‌عنوان فناوری‌های روز دنیا به کمک این نوع فناوری بیایند.

با توجه به ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی و کمبود منبع طیف فرکانسی، لازم است با مدیریت طیف فرکانسی در این حوزه و جلوگیری از تداخل، علاوه بر افزایش ظرفیت شبکه ارتباطی، به بهبود کیفیت ارتباطات نیز کمک شایانی شود. از سوی دیگر، با استقرار منظومه‌های ماهواره‌ای مرتبط با فناوری ارتباط مستقیم ماهواره به تجهیزات هوشمند، در سال‌های اخیر مانند منظومه‌های ماهواره‌ای استارلینک، ای‌اس‌تی، لینک گلوبال و غیره شاهد رشد صعودی انتشارات علمی این حوزه از سال ۲۰۲۱ بوده‌ایم، به‌طوری‌که تا سال ۲۰۲۴، نرخ رشد این حوزه بیش از ۷ برابر شده است. اگرچه در اغلب مدارک منتشرشده در جهان که با رویکرد علم‌سنجی انجام‌شده‌اند (مانند فناوری منظومه‌های ماهواره‌ای)، کشورهای آمریکا و چین پیش‌تاز هستند، اما نتایج حاصل از مطالعه علم‌سنجی در پژوهش حاضر، نشان‌دهنده پیشرو بودن کشورهایی مانند آلمان، چین و فرانسه است. علت اصلی این تفاوت را می‌توان در تمرکز این کشورها بر انتشار تولیدات علمی در این حوزه دانست؛ درحالی‌که چین و ایالات متحده آمریکا تاکنون بیشتر بر روند طراحی، ساخت و آزمایش این نوع فناوری متمرکز بوده‌اند.

اینگل و همکاران (Ingle et al., 2021)، نیز در پژوهش خود در باره فناوری‌های توانمندساز سرویس ارتباطات مستقیم ماهواره‌ای شامل آنتن‌های قابل تنظیم مجدد، به پیشرو بودن کشور چین در این حوزه از نظر تولیدات علمی اشاره کرده‌اند. این موضوع با یافته‌های این مقاله که کشور چین را در رتبه دوم کشورهای پر تولید از نظر انتشارات علمی قرار داده، مطابقت دارد. پژوهش (قویدل و همکاران، ۱۴۰۲) نیز که در حوزه هوافضا انجام‌شده، بر پیشرو بودن چین از منظر علمی تأکید کرده است. همچنین، (حیدری و همکاران، ۱۴۰۳) در مطالعه‌ای باهدف به‌کارگیری هوش مصنوعی در شبکه‌های غیرزمینی با رویکرد علم‌سنجی، نتایج مشابهی درباره کشورهای پیشرو (چین، آمریکا و کانادا) ارائه داده‌اند که با کشورهای برتر ارائه‌شده در این پژوهش همخوانی دارد. از نظر نوع مدارک منتشرشده، عقیلی و همکاران (۱۴۰۲) که به بررسی نقش نسل ششم شبکه ارتباطی در ارتباطات ماهواره‌ای پرداخته‌اند، اشاره کرده‌اند که بیشترین سهم اسناد علمی منتشرشده، مربوط به مقالات کنفرانسی است؛ موضوعی که با یافته‌های این پژوهش در حوزه‌های نوین ارتباطی جهانی مطابقت دارد.

از نظر رشد تولیدات علمی در سال‌های اخیر نیز، سولیس پینو و همکاران (Solis Pino et al., 2024)، رآوت و همکاران (Raut et al., 2021) و اینگل و همکاران (Ingle et al., 2021) در مقالات خود به ترتیب به روند صعودی تولیدات علمی از سال‌های ۲۰۱۹، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۲ به بعد اشاره کرده‌اند که با نتایج این پژوهش مبنی بر روند صعودی اسناد علمی منتشرشده از سال ۲۰۲۱ به بعد منطبق است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده برای خوشه اول، حوزه ارتباطات ماهواره‌ای به‌عنوان بخش اصلی در ارائه سرویس ارتباط مستقیم با سلول مطرح است. توجه به نحوه طراحی و ساخت آنتن ارتباطی در بخش فضایی و زمینی و چگونگی تخصیص بازه فرکانسی در دو مسیر رو به بالا و رو به پایین<sup>۱</sup> از اهمیت بالایی برخوردار است (افتخاری و همکاران، ۱۴۰۳). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده برای خوشه دوم، بخش فناوری‌های نوین ارتباطی شامل به‌کارگیری هوش مصنوعی در حوزه‌هایی مانند پردازش سیگنال ارتباطی، مدیریت پهنای باند، نحوه مدیریت انرژی و جلوگیری از تداخل‌های احتمالی به‌وسیله هم‌پوشانی فرکانسی با سایر سرویس‌های زمینی و فضایی به‌منظور به‌کارگیری سرویس ارتباط مستقیم با سلول دارای اهمیت است (حیدری و همکاران، ۱۴۰۳). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده برای خوشه سوم، به‌کارگیری نسل‌های نوین شبکه‌های ارتباطی در ارائه این نوع سرویس، نحوه استفاده از تجهیزات هوایی، چگونگی پیکربندی شبکه ارتباطی از زمین به فضا و بالعکس، اهمیت دارد (افتخاری و همکاران، ۱۴۰۳). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده برای خوشه چهارم، با توجه به الزامات فنی نسل پنجم شبکه ارتباطی شامل میزان نرخ داده، میزان پوشش‌دهی و تأخیر در صورتی که بخواهیم سرویس ارتباط مستقیم با سلول را مبتنی بر نسل پنجم شبکه ارتباطی پیاده‌سازی و ارائه کنیم، باید معیارهایی مانند میزان احتمال خطای بیت، میزان تداخل، نوع پلاریزاسیون و همچنین نوع کدینگ با توجه به الزامات پیش‌بینی شده برای ارائه سرویس ارتباط مستقیم با سلول موردتوجه قرار گیرد (عقیلی و همکاران، ۱۴۰۲). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده برای خوشه پنجم، با توجه به حسگرهای اینترنت اشیا که قادرند در ارتباط مستقیم با ماهواره به تبادل داده بپردازند، ضروری است که به مقوله مصرف توان، میزان کارایی انرژی و نوع پروتکل‌های ارتباطی بین حسگرهای زمینی و ماهواره‌ای، باید توجه جدی داشت (Olatinwo & Joubert, 2022). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده برای خوشه ششم، به‌منظور طراحی آنتن مورد استفاده برای ارائه سرویس ارتباط مستقیم ماهواره به سلول می‌توان از فناوری‌های نوین در این حوزه مانند ارائه آنتنی و سیستم ماهواره‌ای توزیع شده بهره برد. با به‌کارگیری این فناوری‌های نوین آنتنی، بودجه لینک در دو مسیر رو به بالا و رو به پایین برای ارائه سرویس‌های باند باریک و باند پهن، دارای حاشیه مناسبی از نظر میزان کریر برحسب نویز<sup>۲</sup> خواهد بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده برای خوشه هفتم، به‌منظور ارائه سرویس ارتباط مستقیم ماهواره با سلول، ملزومات مدیریت طیف فرکانسی نیز باید موردتوجه قرار گیرد. از این‌رو، به‌منظور استفاده بهینه از طیف و عدم تداخل، با مدنظر قرار دادن معماری و استانداردهای پیش‌بینی شده در حوزه طیف فرکانسی این سرویس در هر کشور، ضروری است که به تعیین بازه فرکانسی مناسب برای تجهیزات فضایی و زمینی با توجه به مقررات فرکانسی هر کشور پرداخته شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده برای خوشه هشتم، برای طراحی شبکه ارتباطی به‌منظور ارائه سرویس ارتباط مستقیم ماهواره به سلول باید به نوع باتری، توان الکتریکی موردنیاز برای ارائه سرویس و پروتکل‌های ارتباطی سازگار توجه ویژه‌ای شود. امروزه، با توجه به روند طراحی، ساخت و توسعه منظومه‌های ماهواره‌ای مانند منظومه‌های مدار پایین زمین در کشور ایران، ضرورت دارد که توجه ویژه‌ای به چگونگی مدیریت در بهره‌برداری و نحوه استفاده از این نوع فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی در نهادهای حاکمیتی مانند وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات، مرکز ملی فضای مجازی، سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی، سازمان فضایی و غیره صورت گیرد. باید توجه داشت که کشورهای پیشرو در حوزه ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی به دنبال توسعه زیرساخت‌های

1 . Uplink and Downlink (UL and DL)

2 . Carrier per noise (CNR)

موردنیاز در این حیطه به‌منظور داشتن سهم مؤثری در بازار جهانی هستند. ایران نیز می‌تواند با مشارکت در این توافقات و همکاری‌های منطقه‌ای و بین‌المللی، امنیت داده‌ها در این حوزه را تضمین کند. به‌طورکلی، ایران باید با توجه به سیاست‌های حاکمیتی، برنامه‌ریزی‌های لازم را برای ورود این نوع فناوری در کشور مدنظر قرار دهد. درنهایت، استفاده قانونمند از این فناوری در کشور ایران، می‌تواند به‌عنوان مکمل شبکه سیار و ابزاری برای ارتباطات در شرایط اضطراری به کار رود؛ البته این امر منوط به تبعیت اپراتورهای خارجی به رعایت قوانین و مقررات ملی ایران است. بنابراین، نتایج حاصل از این پژوهش که بر اساس داده‌های یکی از پایگاه‌های معتبر جهان استخراج شده، می‌تواند راهبردی مؤثر برای ایران در این حوزه فراهم آورد.

### پیشنهادهای اجرایی پژوهش

- با توجه به ورود فناوری‌های نوین مانند نسل‌های پنجم و ششم شبکه ارتباطی، اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و موارد مشابه که در حوزه ارتباط مستقیم ماهواره با سلول نقش دارند، پیشنهاد می‌شود:
- با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل شبکه هم‌واژگانی، شبکه چگالی و سایر تحلیل‌های علم‌سنجی مبتنی بر این پژوهش، می‌توان برای تعیین راهبردها و ارزیابی دقیق ابعاد مختلف این نوع فناوری بهره گرفت.
  - نهادهای مرتبط و متولی این حوزه در داخل کشور می‌توانند با تکیه بر نتایج پژوهش‌های علم‌سنجی در بهره‌برداری و بومی‌سازی حوزه‌هایی همچون طراحی و ساخت بخش‌های ارتباطی با در نظر گرفتن ملاحظات فناوری‌های نوین، به‌ویژه در زمینه ارتباطات مخابرات ماهواره‌ای و تجهیزات زمینی موردنیاز، نقش مؤثری ایفا کنند.
  - با توجه به محدودیت به‌کارگیری طیف فرکانسی و تلاش نهادهای استانداردسازی بین‌المللی در تعیین باندهای فرکانسی مناسب برای ارائه این سرویس، سازمان تنظیم مقررات می‌تواند با انجام بررسی‌های مدیریت طیف به‌منظور جلوگیری از تداخلات فرکانسی با سرویس‌های مختلف، پیشنهادهای فنی خود را در مجامع بین‌المللی ارائه کند.

### پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی

- مشابه این پژوهش، می‌توان از داده‌های سایر پایگاه‌های علمی معتبر مانند وب‌آوساینس استفاده و نتایج حاصل را با نتایج این مطالعه مقایسه کرد.
- به‌منظور کمک به ایجاد انگیزه و ارائه پژوهش‌های بیشتر در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌هایی در سطح ملی با مشارکت فعال دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی (نظیر توسعه فناوری‌های موردنیاز در منظومه‌های ماهواره‌ای) صورت گیرد.
- انجام پژوهش‌هایی به‌منظور ارزیابی وضعیت موجود کشور در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، به‌منظور تبیین شاخص‌های فنی، حقوقی و تنظیم‌گری در ایران نیز پیشنهاد می‌شود.

### تقدیر و تشکر

بخش مقدمه و بیان مسئله این مقاله، حاصل از انجام پروژه پژوهشی با عنوان «امکان‌سنجی فنی و چالش‌های پیش رو در برقراری ارتباط مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی و ارائه راهکارهای پیشنهادی به‌منظور بهره‌مندی این سرویس در کشور ایران» در پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات با کد پروژه: ۴۲۰۰۳۰۳۰۰ است؛ اما مطالعات و تحلیل‌های علم‌سنجی این مقاله، مستقل از پروژه پژوهشی مذکور به انجام رسیده است.

## تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در خصوص انتشار این مقاله تضاد منافع وجود ندارد. علاوه بر این، موضوعات اخلاقی، از جمله سرقت ادبی، رضایت آگاهانه، سوء رفتار، جعل داده‌ها، انتشار و ارسال مجدد و مکرر و همچنین، سیاست مجله در قبال استفاده از هوش مصنوعی از سوی نویسندگان رعایت شده است.

## فهرست منابع

- افتخاری، ح.، حاجی پور، پ.، خیردوست، ع.، و یگانه، ح. (۱۴۰۳). تحلیل علم‌سنجی تولیدات علمی منتشر شده در حوزه منظومه‌های ماهواره‌ای. *علوم و فناوری فضایی*، ۱۷ (۲)، ۱-۱۶.  
<https://doi.org/10.22034/jsst.2024.1471>
- بتولی، ز.، ناخدا، م.، فهیمی فر، س.، و فهیم نیا، ف. (۱۳۹۹). ترسیم نقشه موضوعی مقالات حوزه بازی در کتابخانه‌ها در اسکوپوس. *پژوهش‌نامه علم‌سنجی*، ۶ (۱)، ۲۱-۴۰.  
<https://doi.org/10.22070/rsci.2018.642>
- بنیادی نائینی، ع.، و مقیسه، ز. (۱۴۰۳). ترسیم ساختار دانش مطالعات حوزه سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری با استفاده از تحلیل‌های هم‌رخدادی واژگان. *پژوهش‌نامه علم‌سنجی*، ۱۰ (۲)، ۶۵-۹۸.  
<https://doi.org/10.22070/rsci.2024.18091.1686>
- حاجی پور، پ.، یگانه، ح.، افتخاری، ح.، و ضرابی، ه. (۱۴۰۳). روندهای تحقیق در به کارگیری هوش مصنوعی در اینترنت اشیاء مبتنی بر ماهواره: یک تحلیل علم‌سنجی. *علوم و فناوری فضایی*، ۱۷ (۶)، ۱-۱۴.  
<https://doi.org/10.22034/jsst.2024.1478>
- حاضری، ا.، زارع زاده مهریزی، ا.، بیگدلو، ا.، زال زاده، ا.، و مصطفوی، ا. (۱۴۰۱). مطالعه شباهت واژگانی متون مرتبط با کتابخانه‌های الکترونیکی، دیجیتالی و مجازی در پایگاه وب‌آوساینس: تحلیل خوشه‌ای. *پژوهش‌نامه علم‌سنجی*، ۴ (۱)، ۶۹-۹۶.  
<https://doi.org/10.22070/rsci.2020.5739.1421>
- حیدری، ز.، حاجی پور، پ.، و افتخاری، ح. (۱۴۰۳). *علم‌سنجی و تحلیل وضعیت تولیدات علمی منتشرشده در جهان در حوزه بکارگیری یادگیری فدرال برای شبکه‌های غیرزمینی [مقاله کنفرانسی]*. هشتمین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی برق، مکانیک و مکاترونیک، (صص. ۱-۱۱).  
<https://civilica.com/doc/2024096>
- خاصه، ع.، بانگ‌آور ماشک، م.، قاضی‌زاده، ح.، و مختاری، ح. (۱۴۰۰). یک دهه فعالیت فصلنامه تحقیقات اطلاع‌رسانی و کتابخانه‌های عمومی (۱۳۹۶-۱۳۸۷): تحلیل کتاب‌سنجی و دیداری‌سازی برونداد علمی. *پژوهش‌نامه علم‌سنجی*، ۷ (۱)، ۵۳-۷۶.  
<https://doi.org/10.22070/rsci.2020.4724.1319>
- رنجبر فرد، م.، و محمدیان فر، س. (۱۴۰۳). چهارچوبی برای پیاده‌سازی فناوری اطلاعات سبز در صنعت بیمه. *پژوهش‌نامه بیمه*، ۱۴ (۱)، ۱۳-۳۶.  
<https://doi.org/10.22056/ijir.2025.01.02>
- سلیمانزاده نجفی، ن.، س.، عاصمی، ع.، چشمه سهرابی، م.، و شعبانی، ا. (۱۳۹۷). مطالعه کتاب‌سنجی تولیدات علمی حوزه اینترنت اشیاء در پایگاه مدلاین: تحلیل هم‌رخدادی واژگان. *پایش*، ۱۷ (۵)، ۵۰۷-۵۲۰.  
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16807626.1397.17.5.8.0>

عقیلی، غ.، حاجی پور، پ.، و افتخاری، ح. (۱۴۰۲). علم‌سنجی و بررسی وضعیت برون‌دادهای علمی منتشرشده در جهان در حوزه نقش ماهواره در نسل ششم و بعد/آن [مقاله کنفرانسی]. ششمین کنفرانس ملی فناوری‌های نوین در مهندسی برق و کامپیوتر، (صص. ۱-۱۰). <https://civilica.com/doc/1876685>

قنادی نژاد، ف.، عصاره، ف.، و قانع، م. ر. (۱۴۰۲). بررسی گذشته‌نگر زمینه‌های مطالعاتی بین‌المللی در کتابداری و علم اطلاعات با استفاده از تکنیک طبقه‌بندی خودکار (۱۹۴۵-۲۰۱۹). پژوهش‌نامه علم‌سنجی، ۹(۲)، ۹۷-۱۳۰. <https://doi.org/10.22070/rsci.2022.15372.1538>

قوبدل، س.، ریاحی نیا، ن.، دانش، ف.، و نوروزی چاکلی، ع. (۱۴۰۲). هوافضا: مطالعه علم‌سنجی و تحلیل سنجه‌های مرکزیت شبکه هم‌نویسندگی پژوهشگران. پژوهش‌نامه علم‌سنجی، ۹(۲)، ۱۶۵-۲۰۴. <https://doi.org/10.22070/rsci.2022.15902.1568>

کفشدوز محمدی، ف.، حسینی نیا، غ.، میگون پوری، م. ر.، و وظیفه دوست، ح. (۱۴۰۰). علم‌سنجی و ارائه مسیر پژوهش‌های آتی توسعه اکوسیستم کسب‌وکارهای استارت‌آپی. پژوهش‌نامه علم‌سنجی، ۷(۲)، ۵۱-۷۶. <https://doi.org/10.22070/rsci.2020.5505.1388>

کمانی، م.، عندلیب، س.، جوزی، ز.، و نوروزی، ع. (۱۴۰۳). تجزیه و تحلیل کتاب‌سنجی و خوشه‌های موضوعی برون‌دادهای پژوهشی برخوردار از حمایت مالی حوزه سلامت روان کشور ایران در پایگاه وب‌آوساینس. پژوهش‌نامه علم‌سنجی، ۱۰(۲)، ۶۴-۷۴. <https://doi.org/10.22070/rsci.2024.18768.1713>

هدایت فر، م.، و محمدیان، ا. (۱۴۰۳). نگاشت نقشه پژوهشی و تحلیل رخداد هم‌واژگانی زیست‌بوم دیجیتال با رویکرد مدیریتی در پایگاه استنادی وب‌آوساینس. پژوهش‌نامه علم‌سنجی، ۱۰(۲)، ۲۳-۴۴. <https://doi.org/10.22070/rsci.2024.18929.1724>

Aghili, G., Hajipour, P., & Eftekhari, H. (2024). *Scientometrics and review of the status of scientific outputs published in the world in the field of the role of satellites in the sixth generation and beyond* [Conference presentation]. 6th National Conference on New Technologies in Electrical and Computer Engineering, (pp. 1-10). <https://civilica.com/doc/1876685> [In Persian].

Batooli, Z., Nakhoda, M., Fahimifar, S., & Fahimnia, F. (2020). Subject map of game in libraries articles in the Scopus database. *Scientometrics Research Journal*, 6(1), 21-40. <https://doi.org/10.22070/rsci.2018.642> [In Persian].

Bonyadi Naeini, A., & Moghiseh, Z. (2024). Mapping knowledge structure of science, technology, and innovation policy making studies: a co-occurrence analysis. *Scientometrics Research Journal*, 10(2), 65-98. <https://doi.org/10.22070/rsci.2024.18091.1686> [In Persian].

Centenaro, M., Costa, C. E., Granelli, F., Sacchi, C., & Vangelista, L. (2021). A survey on technologies, standards, and open challenges in satellite IoT. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 23(3), 1693-1720. <https://doi.org/10.1109/COMST.2021.3078433>

Eftekhari, H., Hajipour, P., Kheirdoost, A., & Yeganeh, H. (2024). Scientometric Analysis of Published Scientific Productions in the Field of Satellite Constellations. *Journal of Space Science and Technology*, 17(2), 1-16. <https://doi.org/10.22034/jsst.2024.1471> [In Persian].

- Farooqui, M. N. I., Arshad, J., & Khan, M. M. (2021). A bibliometric approach to quantitatively assess current research trends in 5G security. *Library Hi Tech*, 39(4), 1097-1120. <https://doi.org/10.1108/LHT-04-2021-0133>
- Ghanadi Nezhad, F., Osareh, F., & Ghane, M. R. (2024). A retrospective study of international studies in library and information science using automated classification technique (1945-2019). *Scientometrics Research Journal*, 9(2), 97-130. <https://doi.org/10.22070/rsci.2022.15372.1538> [In Persian].
- GhaviDel, S., Riahinia, N., Danesh, F., & Noroozi Chakoli, A. (2023). Aerospace: a scientometrics study and centrality indicators analysis of researchers' co-authorship network. *Scientometrics Research Journal*, 9(2), 165-204. <https://doi.org/10.22070/rsci.2022.15902.1568> [In Persian].
- Goranin, N., Hora, S. K., & Čenys, H. A. (2024). A bibliometric review of intrusion detection research in iot: evolution, collaboration, and emerging trends. *Electronics*, 13(16), 3210. <https://doi.org/10.3390/electronics13163210>
- Hajipour, P., Yeganeh, H., Eftekhari, H., & Zarrabi, H. (2024). Research trends in utilizing artificial intelligence in satellite-based Internet of Things: a scientometric analysis. *Journal of Space Science and Technology*, 17(64), 1-14. <https://doi.org/10.22034/jsst.2024.1478> [In Persian].
- Hardesty, L. (2023). *Huawei's Mate 60 Pro phone uses 3 GEO satellites from China Telecom*. Fierce Network. <https://www.fierce-network.com/tech/huaweis-mate-60-pro-phone-uses-3-geo-satellites-china-telecom>
- Hazeri, A., Zare Zadeh Mehrizi, E., Bigdeloo, E., Zalzadeh, E., & Mostafavi, E. (2022). Examining keywords similarities amongst scientific literature of the electronic, digital, and virtual libraries in web of science: clustering analysis. *Scientometrics Research Journal*, 8(1), 69-96. <https://doi.org/10.22070/rsci.2020.5739.1421> [In Persian].
- He, Y., Xiao, Y., Zhang, S., Jia, M., & Li, Z. (2024). Direct-to-smartphone for 6g ntn: technical routes, challenges, and key technologies. *IEEE Network*, 38(4), 128-135. <https://doi.org/10.1109/MNET.2024.3383671>
- Hedayatfar, M., & Mohammadian, A. (2024). Mapping the scientific map and analyzing the co-occurrence of the concept of the digital ecosystem with a management approach on the Web of Science. *Scientometrics Research Journal*, 10(2), 23-44. <https://doi.org/10.22070/rsci.2024.18929.1724> [In Persian].
- Heidari, Z., Hajipour, P., & Eftekhari, H. (2024). *Scientometrics and analysis of the status of scientific productions published in the world in the field of Application of federated learning to non-terrestrial networks* [Conference presentation]. The 8th National Conference of Applied Researches in Electrical, Mechanical, and Mechatronics Engineering, (pp. 1-11). <https://civilica.com/doc/2024096> [In Persian].
- Ingle, U., Chaurasia, V., Basu, M., Arjun, C., Kumar, S., & Tupe-Waghmare, P. (2021). Circularly polarised reconfigurable antenna in 5G application: a bibliometric study using Scopus database. *Library Philosophy and Practice (e-journal)*, (5761), 1-25. <https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/5761>

- Jan van Eck, N., & Waltman, L. (2023). *VOSviewer Manual*. Universiteit Leiden; CWTS Meaningful Metrics.  
[https://www.vosviewer.com/documentation/Manual\\_VOSviewer\\_1.6.19.pdf](https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.19.pdf)
- Kafshdooz Mohammadi, F., Hosseininia, G. H., Meiguonpoory, M., & Vazifehdust, H. (2021). Scientometrics and presenting the future research path to the development of startup business ecosystems. *Scientometrics Research Journal*, 7(2), 51-76.  
<https://doi.org/10.22070/rsci.2020.5505.1388> [In Persian].
- Kamani, M., Andalib, S., Jozi, Z., & Noruzi, A. (2024). Bibliometric analysis and thematic clusters of funded research outputs in the field of mental health in Iran in the Web of Science database. *Scientometrics Research Journal*, 10(2), 45-64.  
<https://doi.org/10.22070/rsci.2024.18768.1713> [In Persian].
- Khasseh, A. A., BangAvar Mashak, M., Ghazizadeh, H., & Mokhtari, H. (2021). A decade of performance of the research on information science and public libraries quarterly (2008-2017): a bibliometric analysis and visualization of scientific output. *Scientometrics Research Journal*, 7(1), 53-76. <https://doi.org/10.22070/rsci.2020.4724.1319> [In Persian].
- Mahajan, S., Wagle, S. A., Sangve, S. M., & Gangadhara, A. (2024). AI for 5G networking- A bibliometric analysis. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 12(17s), 28-39. <https://www.ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/4834>
- Olatinwo, S. O., & Joubert, T. H. (2022). Deep learning for resource management in Internet of Things networks: A bibliometric analysis and comprehensive review. *IEEE Access*, 10, 94691-94717. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3195898>
- Pastukh, A., Mironova, O., Tikhvinskiy, V., & Akhmediarov, V. (2024). Analysis of the possibility to use hybrid satellite-terrestrial systems (Direct-to-Device) in the IMT bands of terrestrial cellular networks [Conference presentation]. Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO), Vyborg, Russian Federation, (pp. 1-6). <https://doi.org/10.1109/SYNCHROINFO61835.2024.10617551>
- Qin, H. X., Hao, Y., & Miao, J. G. (2021). Analysis of research situation of wireless transmission of the Internet of Things based on bibliometrics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1948(1), 012142. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1948/1/012142>
- Qu, Z., Zhang, G., Cao, H., & Xie, J. (2017). LEO satellite constellation for Internet of Things. *IEEE Access*, 5, 18391-18401. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2735988>
- Ranjbarfard, M., & Mohammadianfar, S. (2024). Framework for the implementation of Green IT in insurance industry. *Iranian Journal of Insurance Research*, 14(1), 13-36.  
<https://doi.org/10.22056/ijir.2025.01.02> [In Persian].
- Raut, H. D., Shevada, L. K., Malekar, R. R., Dixit, A. S., & Kumar, S. (2021). Metamaterials in 5G antenna designs: A bibliometric survey. *Library Philosophy and Practice*, (5401), 1-19.  
<https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/5401>
- Schneiderman, B. (2024). *The Satellite-To-Phone Market*. Satellite Markets & Research.  
<https://www.satellitemarkets.com/satellite-phone-market>

- Soleimanzade Najafi, N. S., Asemi, A., CheshmehSohrabi, M., & Shabani, A. (2018). Scientific articles in Internet of Things: A bibliometric and co-word analysis in MEDLINE. *Payesh*, 17(5), 507-520. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16807626.1397.17.5.8.0> [In Persian].
- Solis Pino, A. F., Ruiz, P. H., Mon, A., & Collazos, C. A. (2024). A bibliometric analysis of the landscape of measuring technology maturity in the enterprise Internet of Things. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 14(4), 4697-4713. <http://doi.org/10.11591/ijece.v14i4.pp4697-4713>
- Toka, M., Lee, B., Seong, J., Kaushik, A., Lee, J., Lee, J., Lee, N., Shin, W., & Poor, H. V. (2024). RIS-Empowered LEO satellite networks for 6G: promising usage scenarios and future directions. *IEEE Communications Magazine*, 62(11), 128-135. <https://doi.org/10.1109/MCOM.002.2300554>
- Tuzi, D., Aguilar, E. F., Delamotte, T., Karabulut-Kurt, G., & Knopp, A. (2023). Distributed approach to satellite direct-to-cell connectivity in 6g non-terrestrial networks. *IEEE Wireless Communications*, 30(6), 28-34. <https://doi.org/10.1109/MWC.002.2300179>
- Xu, Z., Chen, G., Fernandez, R., Gao, Y., & Tafazolli, R. (2024). Enhancement of direct LEO satellite-to-smartphone communications by distributed beamforming. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 73(8), 11543-11555. <https://doi.org/10.1109/TVT.2024.3379017>