

# Research Trends in Direct Satellite Communication Technology to Smart Terrestrial Equipment: Scientometric Analysis in Scopus

## Abstract

**Purpose:** Direct satellite communications with devices on the ground, as a new technology in the field of satellite communications, have been of interest to the space industry in recent years with the approach of modifying their products to integrate with providing this type of service. It is expected that with the full launch of new generations of communication networks, the use of this type of service in combined networks based on land, air, and space will be given serious attention. It should be noted that the terrestrial elements of this type of communication service will include smartphones and IoT sensors. For this type of service to be used in new generations of communication networks such as, the fifth generation and beyond, it must provide a high capacity on the order of terabits per second. This requirement, however, represents a significant challenge in the early stages of providing this type of service. Therefore, in the early stages, a narrowband service with low rate and bandwidth has been considered. Of course, if broadband service can be operationalized and provided, comprehensive and integrated access in different locations and remotely can be guaranteed. This would go beyond the limitations of today's communication network infrastructure. Currently, the provision of direct-to-cell communication services in smartphones has not been standardized. As a result, satellite systems for providing such services are currently focused on the frequency spectrum of terrestrial operators. Of course, with the operationalization of 3GPP standards for 5G on NTN in version 18 onwards, it is possible to use the space-frequency band to provide direct-to-cell communication services by making appropriate software or hardware modifications. Therefore, considering the emergence of this type of technology, analyzing and examining this area using a scientometric approach is an appropriate technique for evaluating the various dimensions of this type of technology. The purpose of this research is to scientifically analyze and map the leading and active areas in this technology utilizing data from the Scopus citation database between 2011 and 2024.

**Methodology:** This research is an applied research that has been conducted using common techniques in scientometric studies, such as co-word network, co-authorship network and co-country analysis. The statistical population in the present study comprises all scientific documents in the field of "direct satellite-to-device connection technologies" that have been indexed in the Scopus citation database between 2011 and 2024. The number of retrieved results included 168 documents that, after retrieval and statistical analysis, were visualized, and relevant maps were visualized in this field with software such as VOSviewer and Gephi.

**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. The main reason for this can be attributed to the focus of these countries on publishing scientific products in this field. This is while countries such as China and the United States have so far focused more on the process of designing, manufacturing, and testing this type of technology. The extracted findings show that the trend of scientific production in this field has been upward and has grown significantly from 2021 to 2024. In this field, Germany is considered the top country with the publication of 42 research papers, and the Bundeswehr University Munich is considered the leading institution. Knopp Andreas is also a leader in this field with the publication of 14 research papers.

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

**Conclusion:** Today, considering the process of designing, building, and developing satellite systems such as low-Earth orbit systems in Iran, it is necessary to pay special attention to how to manage the operation and use of this type of direct satellite-to-device communication technology in government institutions such as the Ministry of Communications and Information Technology, the National Cyberspace Center, the Regulatory Organization, the Space Organization, etc. It should be noted that leading countries in the field of direct satellite-to-device communication are seeking to develop the infrastructure needed in this field to have an effective share of the global market. By participating in regional and international agreements and collaborations, Iran can ensure data security in this field. In general, Iran should consider the necessary plans for the introduction of this type of technology in the country, considering its governance policies. Finally, if this type of technology is used legally in Iran, it can be used as a complement to the mobile network and for communications in emergencies. Of course, this is subject to foreign operators complying with the Iranian national laws and regulations. Therefore, the findings of this research, derived from one of the world's most reputable databases, can provide a suitable strategy for Iran in this field.

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

انفدایند ویدایش نشانه

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

### چکیده

**هدف:** ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی به عنوان یک فناوری نوین در حوزه ارتباطات ماهواره‌ای، در سال‌های اخیر مورد توجه حوزه صنعت فضایی قرار گرفته است. تحلیل و بررسی این حوزه با استفاده از رویکرد علم سنجی یکی از تکنیک‌های مناسب برای ارزیابی ابعاد مختلف این نوع فناوری است. هدف از این پژوهش، تحلیل علمی و ترسیم حوزه‌های پیشرو و فعال در این فناوری با استفاده از اطلاعات موجود در پایگاه استنادی اسکوپوس در حد فاصل سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ میلادی می‌باشد.

**روش‌شناسی:** این پژوهش از منظر هدف، از نوع پژوهش‌های کاربردی است که با فنون رایج در مطالعات علم سنجی شامل شبکه هم‌واژگانی، شبکه هم‌نویسندگی و شبکه هم‌کشوری انجام شده است. جامعه آماری در پژوهش حاضر، تمامی مدارک علمی در حوزه "فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی" است که مابین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ میلادی در پایگاه استنادی اسکوپوس نمایه شده‌اند. تعداد نتایج استخراج شده شامل ۱۶۸ مدرک است که پس از بازیابی و تحلیل‌های آماری، با کمک نرم‌افزارهایی همچون

وس ویور و گفی به مصورسازی و ترسیم نقشه‌های مربوطه در این حوزه اقدام شده است.  
**یافته‌ها:** یافته‌های استخراج شده نشان دادند که روند تولیدات علمی در این حوزه از سال ۲۰۲۱ تا سال ۲۰۲۴ میلادی صعودی بوده و رشد چشمگیری داشته است. در این حوزه کشور آلمان با انتشار ۴۲ مدرک پژوهشی به عنوان کشور برتر و دانشگاه بوند سوهر مونیخ به عنوان نهاد پیشرو به‌شمار می‌روند. آندریاس کنوپ نیز با چاپ ۱۴ مقاله پژوهشی در این حوزه پیشتاز است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌دهنده اهمیت سایر فناوری‌های نوین مانند نسل پنجم شبکه ارتباطی، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی به‌منظور توسعه زیرساخت‌های این نوع ارتباطات ماهواره‌ای است. علاوه بر این، در توسعه این نوع فناوری می‌بایست به محدودیت‌های طیف فرکانسی مورد نظر و مدیریت تداخل توجه جدی داشت.

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

۱. استادیار پژوهشی، گروه ارتباطات ماهواره‌ای، پژوهشگاه فناوری ارتباطات، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران، mar.ahmadi@itrc.ac.ir
۲. استادیار پژوهشی، گروه ارتباطات ماهواره‌ای، پژوهشگاه فناوری ارتباطات، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران، rkbaee@itrc.ac.ir
۳. استادیار پژوهشی، گروه ارتباطات ماهواره‌ای، پژوهشگاه فناوری ارتباطات، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران، hajipour@itrc.ac.ir (نویسنده مسئول)
۴. استادیار پژوهشی، گروه ارتباطات ماهواره‌ای، پژوهشگاه فناوری ارتباطات، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران، mohamady@itrc.ac.ir

## مقدمه و بیان مسئله

بر اساس گزارش اتحادیه بین المللی مخابرات<sup>۱</sup>، تا پایان سال ۲۰۲۳ میلادی، 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 به دلیل هزینه‌های بالای استقرار و سودآوری پایین، به ویژه 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 مقرون به صرفه نبوده و اغلب از نظر فنی امکان‌پذیر نیست، که این مساله چالشی مهم برای کشورهای با قلمروهای بزرگ و با جمعیت کم است. در مناطق فاقد پوشش شبکه زمینی، ارتباطات ماهواره‌ای به عنوان تنها جایگزین مطرح می‌باشد. با اینحال، 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 تجمع 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 هر حال، ساخت این ایستگاه‌های پایه و شبکه اتصالی آن‌ها با محدودیت‌هایی روبرو بوده است. به عنوان نمونه، زیرساخت‌های ارتباطات زمینی ضعیف بوده و ممکن است به سادگی در اثر بلایای طبیعی مثل زلزله و سیل تخریب شوند. علاوه بر این، تجهیزات هوشمند ارتباطات شبکه زمینی ناحیه کوچکی از زمین را پوشش می‌دهند. به عنوان مکمل و توسعه‌ی شبکه زمینی تجهیزات هوشمند، شبکه ارتباطات مستقیم ماهواره به عنوان تنها رویکرد برای دستیابی به سرویس با پوشش جهانی مطرح است (Qu et al., 2017). لذا با توجه به اهمیت فناوری نوین ارتباط مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، این فناوری به عنوان 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<sup>۹</sup>، 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 می‌باشد (He et al., 2024). در همین راستا، برای پیاده‌سازی ارتباطات مستقیم با سلول، فناوری‌های مختلف از جمله آنتن‌های آرایه‌ای چندپرتویی بزرگ فضاپایه<sup>۱۰</sup>، شکل‌دهی پرتو توزیع شده<sup>۱۱</sup> و فناوری سطوح هوشمند با قابلیت پیکربندی مجدد<sup>۱۲</sup> در ماهواره-های مدار پایین زمین<sup>۱۳</sup> برای ارتباطات نسل ششم شبکه ارتباطی<sup>۱۳</sup> ارایه شده است (Xu et al., 2024; Toka et al., 2024; He et al., 2024).

<sup>1</sup> International Telecommunication Union (ITU)

<sup>2</sup> Very small aperture terminal (VSAT)

<sup>3</sup> Direct to Cell (DtC)

<sup>4</sup> Direct to Device (D2D)

<sup>5</sup> Direct to phone

<sup>6</sup> Terrestrial/Non-Terrestrial networks (TN/NTN)

<sup>7</sup> Sensor

<sup>8</sup> Internet of things (IoT)

<sup>9</sup> Space borne ultra-large array multi-beam antennas

<sup>10</sup> Distributed beamforming

<sup>11</sup> Reconfigurable intelligent surfaces (RIS)

<sup>12</sup> Low earth orbit (LEO)

<sup>13</sup> Sixth generation (6G)

از دیدگاه تنظیم گر<sup>۱</sup>، فناوری ارتباط مستقیم با سلول نیاز به اتخاذ پروتکل‌های یکسان و هماهنگ را در هر دو بخش ماهواره‌ای و زمینی ایجاد می‌کند تا قابلیت دسترسی هم‌زمان گوشی‌های هوشمند به شبکه‌های ماهواره‌ای و زمینی را فراهم کند (et al., 2024). امکان اتصال مستقیم ماهواره به گوشی هوشمند و دستگاه‌های اینترنت اشیا برای شرکت‌هایی مانند ایریدیوم<sup>۲</sup>، گلوبال استار<sup>۳</sup>، اینمارست<sup>۴</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>۵</sup> مدار پایین زمین، در ارائه این نوع خدمات ایجاد شده است (Schneiderman et al., 2024). در سال ۲۰۲۲ میلادی، شرکت اسپیس‌ایکس<sup>۶</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>۷</sup> و ای-اس-تی<sup>۸</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 غیر زمینی و کم بودن پهنای باند این ارتباطات، تنها سرویس پیام کوتاه فراهم شده است. در همین راستا، شرکت ای-اس-تی در تلاش است تا با استقرار آرایه‌های بسیار بزرگ آنتنی در فضا شرایط ارائه سرویس اینترنت پهن‌بند را تسهیل نماید (Hardesty et al., 2023). در سال ۲۰۲۳ میلادی، شرکت ای-اس-تی نرخ داده را برای ارتباطات مستقیم ماهواره با گوشی هوشمند به کمک ماهواره بلو واکر<sup>۹</sup> آزمایش کرد. در همین سال، گوشی‌های هوشمند هواوی میت ۶۰ پرو<sup>۱۰</sup> و تیانی پلاتینوم مخابرات چین<sup>۱۱</sup>، راه‌اندازی شده و به سرویس‌های صوتی سرعت پایین برای فناوری ارتباط مستقیم با سلول دست یافتند (He et al., 2024). در حال حاضر نیز شرکت اسپیس‌ایکس درخواست طیف فرکانسی برای به‌روزرسانی سرویس‌های موبایل استارلینک به منظور افزایش پهنای باند را داشته است (Tuzi et al., 2023). با توجه به اهمیت این فناوری و همچنین روند رو به رشد پژوهش و توسعه آن، ضرورت دارد پژوهشگران این حوزه با موضوعات پژوهشی مختلف آن آشنا شوند. از سوی دیگر، پژوهشگران حوزه‌های مختلف فناوری‌های نوین با استفاده از نقشه برداری علم می‌توانند به چگونگی روند توسعه حوزه پژوهشی و اطلاعات ارزشمند آن حوزه پژوهشی دست پیدا کنند. روش‌های نداشت علوم شامل تحلیل استنادی، جفت کتاب شناختی و هم‌واژگانی می‌باشد (هدایت‌فر و همکاران، ۱۴۰۳). در نتیجه دغدغه اصلی این پژوهش، پاسخگویی به این پرسش است که بر اساس مطالعه کتاب سنجی در پایگاه اطلاعاتی اسکوپوس، وضعیت تولیدات علمی و جایگاه کشورهای مختلف دنیا و خوشه‌های موضوعی پژوهشی 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 سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ میلادی چگونه است؟
۲. کشورهای با تولیدات بالای علمی (پرتولید) در حوزه فناوری ارتباط مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند کدامند؟
۳. وضعیت همکاری میان کشورها در حوزه فناوری‌های ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی به چه صورت است؟
۴. موسسات و دانشگاه‌های برتر جهان از منظر 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؟

<sup>1</sup> Regulatory

<sup>2</sup> Iridium

<sup>3</sup> Globalstar

<sup>4</sup> Inmarsat

<sup>5</sup> Satellite constellation

<sup>6</sup> SpaceX

<sup>7</sup> Lynk global

<sup>8</sup> AST

<sup>9</sup> Blue Walker 3 (BW3)

<sup>10</sup> Huawei Mate 60

<sup>11</sup> Tianyi Platinum China Telecom

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 می‌بایست تا سال ۲۰۲۵ میلادی 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. در واقع، 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 بوده 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، تاثیرگذار باشد (Batooli et al., 2020). 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 بوده تا بتوان در جهت رفع و توسعه آن اقدام نمود. علت این امر تغییراتی است که در مورد این نوع فناوری نوین مخابراتی در گذر زمان اتفاق می‌افتد و بر حسب نیازهای موجود در این حوزه پژوهشی می‌بایست نسبت به اصلاح یا ارتقا آن اقدام نمود. یکی از تکنیک‌های که می‌تواند پژوهشگران را در این مسیر یاری رساند، بررسی روندهای تحقیقاتی فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی با مطالعه اسناد علمی معتبر می‌باشد. 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 منتشر شده در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، اولین سوال چگونگی برقراری ارتباط بخش‌های مختلف آن مانند کلمات کلیدی درج شده با موضوعات و فناوری‌های پیش‌بینی شده در این حوزه پژوهشی می‌باشد. یکی از ابزارهایی که می‌تواند برای این موضوع بکار گرفته شود، تحلیل هم‌واژگانی مبتنی بر ابزار علم‌سنجی می‌باشد که قادر است با دسته‌بندی مناسب و تعیین سر خوشه‌های اصلی و فرعی هر حوزه، دید وسیعی را در اختیار پژوهشگران آن حوزه قرار دهد، به گونه‌ای که با درک ساختار مفهومی و معنایی این حوزه بتوان ترسیم مناسبی از روند آن فناوری ایجاد و ارائه نماید (حاضری و همکاران، ۱۴۰۱). علم‌سنجی حاوی تکنیک‌های مناسب برای تحلیل و بررسی نقاط ضعف، قوت و کمبودهای حوزه ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی می‌باشد. این ابزار می‌تواند شاخص‌های کمی و کیفی این نوع فناوری را متناسب با اسناد علمی منتشر شده در یک بازه زمانی مشخص و بر اساس استراتژی کلمات کلیدی تعیین شده استخراج و مورد تحلیل و ارزیابی قرار دهد (کمائی و همکاران، ۱۴۰۳). به‌طور کلی بکارگیری تحلیل‌های علم‌سنجی منجر به تعیین گره‌های موثر در حوزه ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی می‌گردد که به‌واسطه آن‌ها می‌توان اثربخشی واقعی هر کدام از گره‌های موجود را در دنیای واقعی این نوع فناوری نوین ارتباطی درک نمود. علاوه بر این، می‌توان نقشه راه موثری برای آینده فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی ترسیم نمود و آن را مورد ارزیابی و تحلیل قرار داد (بنیادی نائینی و همکاران، ۱۴۰۳). علم‌سنجی دو بخش اساسی برای انجام تحلیل و ارزیابی دارد: بخش اول شامل تحلیل عملکرد بوده که به بررسی آماری فعالیت‌هایی نظیر شناسایی کشورهای پیشرو، موسسات و دانشگاه‌های پیشرو و نویسندگان پیشرو از منظر تعداد مقالات و اسناد علمی منتشر شده در آن حوزه اشاره دارد. بخش دوم شامل ترسیم نقشه‌های علمی بوده که برای بررسی ساختار فعلی و آینده فکری و علمی در یک حوزه پژوهشی مشخص، مورد استفاده قرار می‌گیرد (هدایت‌فر و همکاران، 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 هم‌استادی، 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 منتشر شده منجر به افزایش بینش پژوهشگران در مورد تأثیر آن حوزه پژوهشی در حوزه تحقیقات جهانی خواهد شد

(Mahajan et al., 2024). در نهایت، تجزیه و تحلیل علم‌سنجی مبتنی بر منابع کتابخانه‌ای معتبر در دنیا برای تعیین موارد زیر در حوزه ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، موثر خواهد بود (Farooqui et al., 2021):

- رتبه علمی و بهره‌وری کشورها و نویسندگان حوزه فناوری در بازه زمانی تعیین شده؛
- نحوه همکاری تحقیقاتی در سطح بین‌المللی؛
- میزان کار علمی منتشر شده توسط موسسات و دانشگاه‌های پیشرو؛
- پیش‌بینی در مورد روند تغییر تولیدات علمی در سال‌های آینده.

بنابراین، با ارزیابی مراجع معتبر علمی منتشر شده در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات زمینی هوشمند، می‌توان به اطلاعات دقیق‌تری در خصوص کمبودها و جایگاه مراجع علمی کشورها در این حوزه پژوهشی دست یافت. علاوه بر این، می‌توان تاثیر تولیدات علمی گذشته و روندهای فعلی این حوزه نوین ارتباطی را در دنیا مشخص نمود. باید توجه داشت که بررسی روند تولیدات مراجع علمی منتشر شده در این حوزه می‌تواند درک بهتری از فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات زمینی هوشمند برای پژوهشگران ایجاد نماید.

### پیشینه پژوهش

با توجه به اینکه حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی حوزه پژوهشی جدیدی می‌باشد، مقاله پژوهشی مبتنی بر علم‌سنجی در این حوزه وجود ندارد. در همین راستا، در این مقاله سعی شده تا با بررسی مدارک مشابه و تا حدودی 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 از قبیل اینترنت اشیا، آنتن‌های متامتریال<sup>۱</sup> و ... مطرح می‌باشد. 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 بوده که قادر است ویژگی‌هایی مانند ایجاد رقابت در حوزه‌های اجتماعی و اقتصادی را ایجاد نماید. در کنار این نوع قابلیت، چالش‌های مختلفی مانند اطمینان از ایجاد ارتباطات امن و سازگاری با تقاضای کاربران و غیره را نیز پیش روی خود دارد. در همین راستا، پینو و همکاران (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 میلادی 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 حاصل از علم‌سنجی در این مقاله نشان‌دهنده رشد ۲۲.۵۸ درصدی در انتشار و ارائه تولیدات علمی در این حوزه پژوهشی می‌باشد. همچنین، کشورهایی مانند چین و کره جنوبی به ترتیب با انتشار ۹۲ و ۲۷ سند پژوهشی پیش‌تاز هستند. از نقطه‌نظر تعداد استناد به مدارک منتشر شده، کشور چین با تعداد ۱۴۴۶ و کشور برزیل با تعداد ۱۰۶۶ استناد پیش‌تاز می‌باشند. یکی از تجهیزات مهم به‌منظور افزایش ظرفیت قابل حصول در ارتباطات بی‌سیم مبتنی بر نسل پنجم شبکه ارتباطی<sup>۴</sup>، بکارگیری آنتن‌هایی با بهره و پهنای باند بالا بوده که برای این منظور بکارگیری متامتریال دارای اهمیت می‌باشد. در همین راستا راوت و همکاران (Raut et al., 2021)، به بررسی این نوع آنتن‌های ارتباطی برحسب متامتریال و خصوصیت‌های مرتبط بدان 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. در همین راستا پایگاه استنادی اسکوپوس در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۱ میلادی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. تعداد کل اسناد علمی منتشر شده در این بازه زمانی به میزان ۱۷۵ سند پژوهشی منتشر شده می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده، سال ۲۰۲۰ میلادی با ۵۹ سند پژوهشی منتشر شده دارای بیشترین تولیدات علمی در بازه زمانی مذکور می‌باشد.

<sup>1</sup> Metamaterial

<sup>2</sup> Scopus

<sup>3</sup> Web of Science (WoS)

<sup>4</sup> Fifth generation (5G)

<sup>5</sup> Electromagnetic Band Ga (EBG)

<sup>6</sup> Artificial Magnetic Conductor (AMC)

<sup>7</sup> Frequency Selective Surface (FSS)

<sup>8</sup> Partially Reflective Surface (PRS)

## زودآیند ویرایش نشده

بیشترین تولیدات علمی منتشر شده به ترتیب در مقالات کنفرانسی و مجلات علمی پژوهشی به ترتیب ۴۴.۶ و ۴۱.۷ درصد می‌باشند. موسسه تکنولوژی دهلی<sup>۱</sup> در کشور هند و دانشگاه تکنولوژی<sup>۲</sup> در کشور مالزی به ترتیب با ۱۱ و ۱۰ سند پژوهشی منتشر شده در این حوزه علمی پیش‌تاز هستند. یکی دیگر از فناوری‌های نوین در حوزه ارتباطات بی‌سیم در نسل پنجم شبکه ارتباطی، بکارگیری آنتن‌هایی با قابلیت تنظیم مجدد<sup>۳</sup> می‌باشد که می‌تواند قابلیت‌های مناسبی برای ارتباطات ماشین به ماشین<sup>۴</sup> ایجاد نماید. 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 منتشر شده در پایگاه اسکوپوس در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۱ میلادی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. تعداد اسناد علمی منتشر شده در این بازه ۱۳۵ سند بوده که سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ هرکدام با ۲۰ سند پژوهشی منتشر شده از این حیث پیش‌تاز می‌باشند. کلمات کلیدی شامل آنتن مایکرواستریپ، پلاریزاسیون دایروی و آنتن تخت دارای بیشترین فراوانی در این حوزه علمی می‌باشند. از دیدگاه حوزه‌های موضوعی، مهندسی و علوم کامپیوتر به ترتیب با ۴۰.۵ و ۲۱.۴ درصد بیشترین سهم را در این حوزه به خود اختصاص داده‌اند. اولاتینو و همکاران (Olatinwo et al., 2022) به بررسی مدیریت هوشمند منابع داده‌های حیاتی مبتنی بر یادگیری عمیق<sup>۵</sup> در حوزه فناوری اینترنت اشیا مبتنی بر علم‌سنجی پرداخته‌اند و چالش‌ها و فرصت‌های پیش روی این نوع فناوری مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. برای این منظور از پایگاه اسکوپوس در بازه زمانی ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۲ میلادی استفاده شده است. در شبکه هم‌واژگانی بررسی شده سه خوشه اصلی وجود داشته که خوشه اول آن متمرکز بر حوزه مدیریت منابع و شبکه‌های اینترنت اشیا می‌باشد. خوشه دوم آن متمرکز بر حوزه الگوریتم بوده و به موضوعاتی مانند تخصیص منابع<sup>۶</sup>، مسائل بهینه‌سازی<sup>۷</sup> و غیره اشاره دارد. خوشه سوم آن متمرکز بر حوزه رایانش ابری<sup>۸</sup> بوده که به موضوعاتی مانند محاسبات مه<sup>۹</sup>، منابع محاسباتی و ... اشاره دارد. یکی از مهمترین چالش‌های پیش‌رو در حوزه اینترنت اشیا بررسی حفره‌های امنیتی و تشخیص نفوذ به سیستم به منظور اطمینان از ارائه خدمات مبتنی بر آن می‌باشد. در همین راستا، 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 وب آو ساینس برای تحلیل این حوزه پژوهشی استفاده شده است. نتایج بدست آمده حاصل از این پژوهش نشانگر رشد تصاعدی در انتشار اسناد علمی منتشر شده بوده که سال ۲۰۲۳ میلادی با انتشار ۴۲۳ سند پژوهشی نسبت به کل بازه زمانی تحلیل، از این حیث پیش‌تاز می‌باشد. در همین راستا، بیشترین استناد به مقالات پژوهشی منتشر شده مرتبط به سال ۲۰۲۳ میلادی و به میزان ۸۱۴۰ استناد می‌باشد. بانک دانش مصر<sup>۱۰</sup> با ۵۰ سند پژوهشی منتشر شده و موسسه ملی فناوری هند<sup>۱۱</sup> با ۴۳ سند پژوهشی منتشر شده به ترتیب رتبه‌های اول و دوم این حوزه را به خود اختصاص داده‌اند. نویسنده مصطفی<sup>۱۲</sup> با چاپ ۱۹ مقاله پژوهشی در این حوزه پیش‌تاز می‌باشد. در میان کشورها نیز، هند، عربستان سعودی و چین با ۲۵۷،۲۰۰ و ۱۷۴ مقاله پژوهشی منتشر شده به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم این حوزه را به خود اختصاص داده‌اند. کشورهای هند، عربستان سعودی و استرالیا نیز از نظر میزان استناد به مدارک منتشر شده در این حوزه به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار دارند. کین و همکاران (Qin et al., 2021) به بررسی روند توسعه ارتباطات بی‌سیم در اینترنت اشیا مبتنی بر علم‌سنجی پرداخته‌اند. برای این منظور از پایگاه وب آو ساینس در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ میلادی استفاده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، سال ۲۰۲۰ میلادی با انتشار ۱۸۱۷ سند پژوهشی منتشر شده در این حوزه پیش‌تاز می‌باشد؛ 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 نموده‌اند، کشورهای چین، ایالات متحده آمریکا و کره جنوبی در این حوزه

<sup>1</sup> Indian Institute of Technology Delhi<sup>2</sup> University Technologi<sup>3</sup> Reconfigurable<sup>4</sup> Machine to machine (M2M)<sup>5</sup> Deep learning (DL)<sup>6</sup> Resource allocation<sup>7</sup> Optimization problem<sup>8</sup> Cloud computing<sup>9</sup> Fog computing<sup>10</sup> Egyptian Knowledge Bank (EKB)<sup>11</sup> National Institute of Technology (NIT)<sup>12</sup> Moustafa

پشتاز بودند. یکی از پژوهش‌های داخلی که در حوزه ارتباطات ماهواره‌ای مبتنی بر رویکرد علم‌سنجی انجام شده، توسط حاجی‌پور و همکاران (۱۴۰۳) با موضوع بکارگیری هوش مصنوعی<sup>۱</sup> در ماهواره مبتنی بر اینترنت اشیا می‌باشد. در این پژوهش، از پایگاه استنادی اسکوپوس در بازه زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ میلادی برای استخراج و تحلیل نتایج بیش از ۴۷۵ سند پژوهشی استفاده شده است. نتایج حاصل از این پژوهش پیشرو بودن کشور چین را از منظر تعداد تولیدات علمی نشان می‌دهد. علاوه بر این، روش‌هایی مانند یادگیری ماشین<sup>۲</sup>، یادگیری عمیق و یادگیری تقویتی<sup>۳</sup> بیشترین میزان تکرار در شبکه هم‌اژگانی 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 نماید، منظومه‌های ماهواره‌ای می‌باشد. افتخاری و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی به تحلیل منظومه‌های ماهواره‌ای با رویکرد علم‌سنجی در بازه زمانی ۱۹۶۹ تا ۲۰۲۳ میلادی با استفاده از پایگاه استنادی اسکوپوس پرداخته‌اند. این پژوهش برای آمریکا و چین انجام شده و نتایج آن با تولیدات علمی معتبر منتشر شده در کل دنیا مقایسه شده است. در این پژوهش برای آمریکا، چین و کل دنیا به ترتیب ۳۷۳۸، ۳۳۶۹ و ۱۴۳۴۶ سند علمی منتشر شده استخراج شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که 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 میزان سهم تولید علمی را به خود اختصاص داده است. 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 میلادی پرداخته‌اند. در این پژوهش که با استفاده از پایگاه استنادی اسکوپوس انجام شده، به بررسی ۶۳۸ سند علمی منتشر شده در این حوزه پرداخته شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، بیشترین تولیدات علمی مرتبط با این موضوع در سال ۲۰۲۳ میلادی و به میزان ۲۴۳ سند پژوهشی منتشر شده، می‌باشد. مقالات کنفرانسی با سهم ۵۱ درصدی بیشترین میزان تولید علمی در این حوزه را به خود اختصاص داده است. حیدری و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی با رویکرد علم‌سنجی به بررسی بکارگیری یادگیری فدرال<sup>۴</sup> به عنوان یکی از الگوریتم‌های هوش مصنوعی در شبکه‌های غیرزمینی در بازه زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۴ میلادی پرداختند. در این پژوهش که با کمک پایگاه استنادی اسکوپوس انجام شده، ۲۷۵ سند علمی منتشر شده مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. بیشترین تولید علمی در این حوزه در قالب مجلات علمی و به میزان ۶۰ درصد می‌باشد. همچنین، کشورهای چین، آمریکا و کانادا به ترتیب با تولید انتشارات علمی به میزان ۱۱۱۰۴۷ و ۲۶ سند در این حوزه پژوهشی پشتاز می‌باشند. در پژوهشی دیگر، سلیمانزاده نجفی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی اسناد علمی منتشر شده در حوزه اینترنت اشیا مبتنی بر علم‌سنجی پرداخته‌اند. برای انجام این پژوهش از پایگاه مدلاین<sup>۵</sup> در بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۷ میلادی استفاده شده است. در میان مجلات علمی که حوزه‌های پژوهشی مرتبط با اینترنت اشیا را چاپ می‌کنند، مجله Sensor دارای بیشترین تعداد مقاله علمی منتشر شده می‌باشد. در همین راستا، کشور چین با بیشترین تولید علمی از منظر مقالات کنفرانسی و مجلات علمی منتشر شده در این حوزه پیشتر می‌باشد. قویدل و همکاران (۱۴۰۲) به بررسی شبکه هم‌نویسندگی پژوهشگران در حوزه هوافضا<sup>۶</sup> مبتنی بر علم‌سنجی پرداخته‌اند. برای این منظور با استفاده از نرم افزار دیتا لب<sup>۷</sup> در بازه زمانی ۱۹۴۵ تا ۲۰۲۱ میلادی به بررسی اسناد علمی منتشر شده توسط ۱۵۴۴۵۰ نویسنده در ۱۵۳۹۹۴ سند علمی منتشر شده در مجموعه هسته وب گاه علم<sup>۸</sup> پرداخته شده است. بیشترین موضوعات پژوهشی در حوزه هوافضا به حوزه آیرودینامیک<sup>۹</sup>، مکانیک پرواز<sup>۱۰</sup> و کنترل در این پژوهش اختصاص پیدا کرده است. با توجه به بررسی‌های پژوهشی انجام شده، مشخص شد که این حوزه علمی جدید بوده و نیاز به بررسی ابعاد مختلف این حوزه فناوری به منظور پژوهش‌های بنیادی و عملیاتی دارد. بنابراین، در این پژوهش مبتنی بر تکنیک علم‌سنجی سعی خواهد شد بخشی از ابعاد این نوع فناوری بر مبنای اسناد علمی منتشر شده معتبر علمی مورد تحلیل و ارزیابی قرار گیرد.

<sup>1</sup> Artificial intelligence (AI)

<sup>2</sup> Machine learning (ML)

<sup>3</sup> Reinforcement learning (RL)

<sup>4</sup> Federated learning (FL)

<sup>5</sup> Medline

<sup>6</sup> Aerospace

<sup>7</sup> DataLab

<sup>8</sup> Web of Science Core Collection (WoSCC)

<sup>9</sup> Aerodynamics

<sup>10</sup> Flight control

## روش شناسی پژوهش

علم‌سنجی شامل شبکه هم‌واژگانی، فنون رایج در مطالعات با که است کاربردی این پژوهش از منظر هدف، از نوع پژوهش‌های است. همچنین جهت گردآوری داده‌ها از روش اسنادی بهره گرفته شده است. شبکه هم‌نویسندگی و شبکه هم‌کشوری انجام جامعه آماری در پژوهش حاضر، تمامی مدارک علمی در حوزه «فناوری‌های ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی» است که بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ میلادی 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. ذکر این نکته لازم است که باتوجه به نوظهور بودن این حوزه، برای نهایی نمودن استراتژی جستجو بررسی‌های عمیقی انجام شد و از نظرات خبرگان و متخصصان این حوزه نیز بهره گرفته شد تا حداکثر پوشش‌دهی مدارک این حوزه حاصل شود. درنهایت، از استراتژی جستجوی زیر استفاده شد:

( ALL ( ( ( "Direct to cell" OR "Direct to device" OR "Direct to phone" OR "Direct to Handset" 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. همانگونه که در استراتژی جستجو مشخص است، برخی از بخش‌ها و اصطلاحات تخصصی در تمام متن مدارک<sup>۱</sup> و بخشی دیگر در عنوان، چکیده و کلیدواژه‌های مدارک<sup>۲</sup> اعمال شده‌اند. باتوجه به اینکه اینکار احتمال خطا در جستجو را افزایش می‌دهد (علی‌الخصوص در حالت ALL)، بنابراین کلیه مدارک بازیابی شده، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند و با حذف مدارک نامرتب (۴۶ مدرک)، نهایتاً تعداد ۱۶۸ مدرک 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>۳</sup> دانلود شدند. در گام بعدی و جهت تشکیل ماتریس‌های هم‌رخدادی (برای شبکه هم‌واژگانی، شبکه هم‌نویسندگی و شبکه هم‌کشوری) از نرم‌افزارهای اکسل و بیب‌اکسل<sup>۴</sup> استفاده شد. در ادامه، اقدامات لازم جهت حذف اصطلاحات غیرمرتبط و فاقد معنای مناسب صورت پذیرفت 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. درنهایت نیز با کمک نرم‌افزار وس ویوور<sup>۵</sup> و نرم‌افزار گفی<sup>۶</sup> به مصورسازی و ترسیم نقشه‌های مربوطه در این حوزه اقدام شده است. فرایند انجام پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است.

<sup>1</sup> ALL

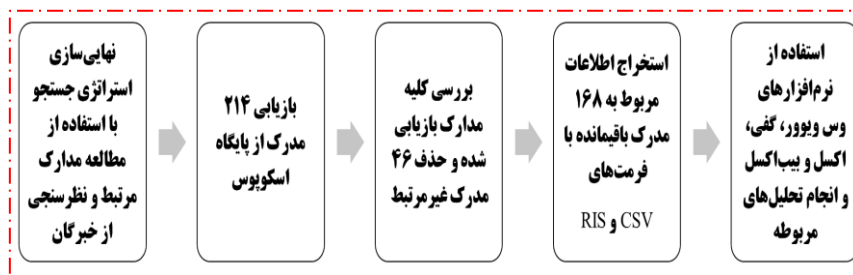
<sup>2</sup> TITLE-ABS-KEY

<sup>3</sup> RIS

<sup>4</sup> Bibexcel

<sup>5</sup> VOSviewer

<sup>6</sup> Gephi

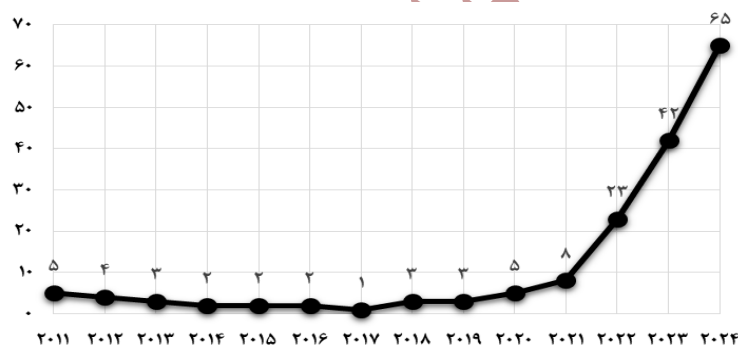


شکل ۱. فرایند انجام پژوهش

## یافته های پژوهش

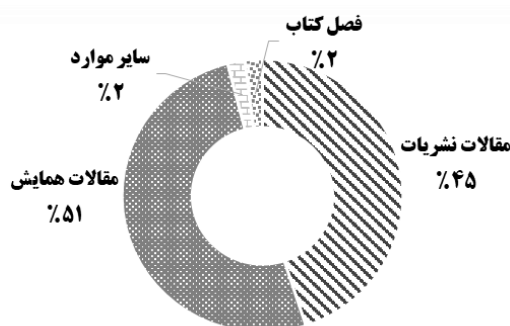
پاسخ به پرسش اول پژوهش: روند و میزان تولیدات علمی در حوزه فناوری های ارتباط مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی در بازه زمانی سال های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ میلادی چگونه است؟

شکل ۲، تولیدات علمی در حوزه فناوری ارتباط مستقیم با سلول را طی بازه زمانی سال های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ نشان می دهد. همانگونه که از شکل مشخص است، طی بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ با توجه به عدم عملیاتی شدن این نوع فناوری در دنیای ارتباطات، تعداد مقالات علمی منتشر شده در این بازه زمانی مابین حداقل ۱ تا حداکثر ۵ مقاله علمی منتشر شده در سال، قرار دارد. اما با توسعه حوزه پژوهشی این نوع فناوری در دنیای ارتباطات فضایی، میزان مقالات منتشر شده از تعداد ۸ مقاله در سال ۲۰۲۱ میلادی به میزان ۶۵ مقاله در سال ۲۰۲۴ میلادی رسیده که نرخ رشدی برابر با ۷.۱۲۵ طی بازه زمانی سال های ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۴ میلادی را نشان می دهد.



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

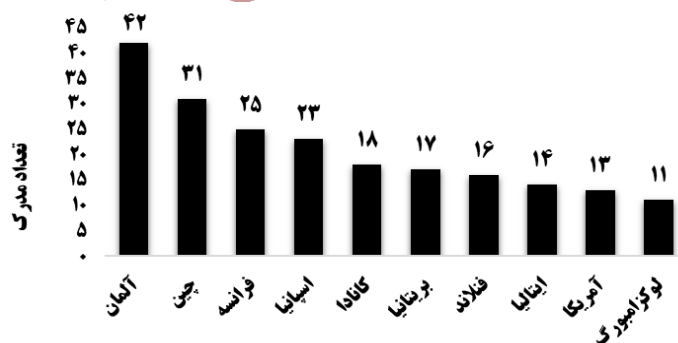
مطابق با شکل ۳، بیشترین تولیدات علمی منتشر شده در این حوزه در قالب مقالات همایش به میزان ۵۱ درصد و سپس مقالات نشریات به میزان ۴۵ درصد می باشد. بعد از این دو نوع مقاله، کتاب و سایر موارد هر کدام به میزان ۲ درصد از سهم تولیدات علمی این حوزه را به خود اختصاص داده اند. شایان ذکر است از آنجائی که این نوع فناوری در دنیا جدید بوده و در مرحله توسعه و پیشرفت می باشد، بنابراین بیشتر پژوهش های این حوزه در فاز اول اکثرا در مقالات کنفرانسی ارائه و منتشر شده است. البته در سال های 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 با تولیدات بالای علمی (پرتولید) در حوزه فناوری‌های ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی کدامند؟

در این بخش، مبدا و کشورهای تولیدکننده مقالات در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی مورد بررسی 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 (شامل: ۲۵ درصد)، چین با تولید ۳۱ رکورد (شامل: ۵۰۱۸ درصد) و همچنین فرانسه با تولید ۲۵ رکورد (شامل: ۹۰۱۴ درصد) بیشترین مشارکت را در تولید برون‌دادهای علمی در حوزه ارتباطات مستقیم 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 می‌باشد ولی از منظر تولیدات علمی پایین‌تر از کشورهای مانند آلمان، چین، فرانسه و کانادا قرار دارد. پیش‌بینی می‌شود که با توجه به پیشرفت‌هایی که آمریکا در توسعه و راه‌اندازی این سرویس داشته است، این کشور نیز در سال‌های آتی در محث انتشارات علمی به جمع این کشورها اضافه گردد. لازم به ذکر است که ۵ کشور برتر از منظر میزان استناد نیز به ترتیب شامل: ۱- آلمان (۳۴۰ استناد)، ۲- فرانسه (۲۹۳ استناد)، ۳- ایتالیا (۲۴۸ استناد)، ۴- چین (۱۳۶ استناد) و ۵- کانادا (۱۰۰ استناد) می‌باشند.



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

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

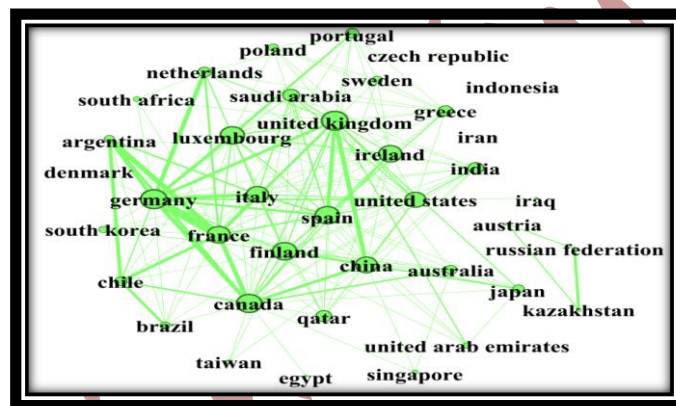
وضعیت همکاری‌های میان کشورها در حوزه ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی با استفاده از نرم‌افزار گفی ترسیم شده است. مطابق با نتایج بدست آمده، تعداد کشورهایی که با یکدیگر در این حوزه همکاری بین‌المللی دارند شامل ۳۸ کشور است که در میان آن‌ها، کشورهای آلمان، چین و فرانسه بیشترین میزان همکاری بین‌المللی را دارا هستند. با توجه به جدول ۱، ارتباط آلمان با فرانسه و همچنین چین با انگلستان در خصوص انتشار دستاوردهای علمی این فناوری بیشتر بوده است.

زمینه همکاری علمی کشور آلمان با فرانسه پروژه اتصال هوایی باز<sup>۱</sup> برای نمونه سازی اولیه شبکه های نسل پنجم غیرزمینی و همچنین موضوع ارتباطات مستقیم با ماهواره مبتنی بر اینترنت اشیا<sup>۲</sup> است. شکل ۵ نشان می دهد که کشور آلمان با کشورهای دیگری از جمله کانادا، انگلستان، دانمارک و آرژانتین همکاری هایی داشته است. با بررسی بیشتر می توان نتیجه گیری کرد که کشورهای اروپایی در این زمینه همکاری های علمی بیشتری دارند.

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

بیشترین میزان همکاری

| نام کشور | میانگین سال انتشار مدارک <sup>۵</sup> | تعداد همکاری با سایر کشورها (پیوند) <sup>۴</sup> | مجموع قدرت پیوند <sup>۳</sup> | بیشترین میزان همکاری با نام کشور |
|----------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| آلمان    | ۲۰۲۱.۳۶                               | ۲۲                                               | ۶۹                            | فرانسه                           |
| چین      | ۲۰۲۳.۵۱                               | ۱۸                                               | ۳۳                            | انگلستان                         |
| فرانسه   | ۲۰۲۱.۲                                | ۱۹                                               | ۶۰                            | آلمان                            |



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

پاسخ به پرسش چهارم پژوهش: موسسات و دانشگاه های برتر جهان از منظر میزان تولیدات علمی در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی کدامند؟

با توجه به نتایج ارائه شده در بخش قبل و پیشرو بودن کشور آلمان، مطابق با شکل ۶، دانشگاه بوندسور مونیخ<sup>۶</sup> و موسسه فرانیهوفر<sup>۷</sup> هر دو از آلمان در مجموع بالاترین انتشارات در حوزه فناوری های ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی را دارند. در دانشگاه بوندسور مونیخ از پیشتازان این حوزه، تحقیقات در زمینه ارتباطات از نوع ماشینی<sup>۸</sup> و ماهواره های زمین آهنگ<sup>۹</sup> آغاز و در ادامه به بررسی ارتباطات نسل پنجم در شبکه های غیرزمینی به کمک پلتفرم اتصال هوایی باز پرداخته شده است. بایستی اشاره داشت که سال های اخیر در این دانشگاه، تمرکز قابل توجهی بر توسعه فناوری های نوین از جمله پیکره بندی ازدحام در ماهواره ها، شکل دهی پرتو و رویکردهای توزیع شده دیده می شود که این فناوری ها در راستای تحقق ارتباطات مستقیم ماهواره در نسل ششم شبکه های ارتباطی مطرح می باشند. ضمن اینکه همکاری قابل توجهی بین این دانشگاه و موسسه فرانیهوفر، دانشگاه

<sup>1</sup> OpenAirInterface (OAI)

<sup>2</sup> Direct-to-satellite iot

<sup>3</sup> Total link strength

<sup>4</sup> Link

<sup>5</sup> Average publication Year

<sup>6</sup> Universität der Bundeswehr München

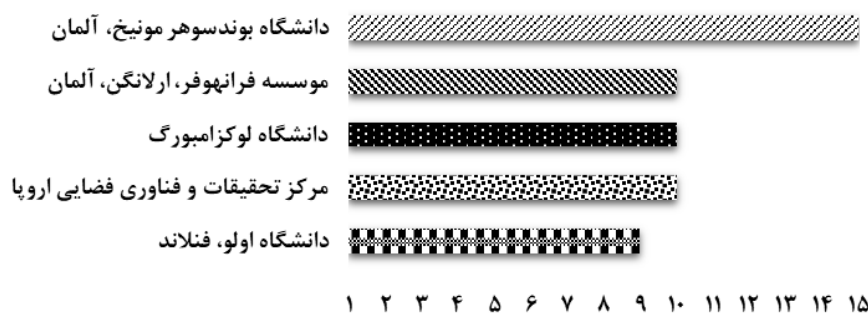
<sup>7</sup> Fraunhofer Institute

<sup>8</sup> Machine-Type-Communication (MTC)

<sup>9</sup> geostationary orbit (GEO)

## زودآیند ویرایش نشده

لوکزامبورگ<sup>۱</sup> و مرکز تحقیقات و فناوری فضایی اروپا<sup>۲</sup>، به عنوان سایر پیشگازان این حوزه دیده می‌شود. پیشینه انتشارات موسسه فرانیهوفر در حوزه فناوری‌های ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، به سال ۲۰۱۱ میلادی برمی‌گردد. این تحقیقات با تمرکز بر حوزه پخش تصاویر دیجیتال از طریق سرویس ماهواره‌ای به گوشی دستی<sup>۳</sup> در همکاری این موسسه با مرکز تحقیقات و فناوری فضایی اروپا و موسسات اروپایی دیگر بوده است. 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 به عنوان یکی از پیشگازان این حوزه، در بررسی ارتباطات پنجم شبکه ارتباطی در شبکه‌های غیرزمینی به کمک پلتفرم اتصال هوایی باز با دانشگاه بوندسور مونیخ، موسسه فرانیهوفر و مرکز تحقیقات و فناوری فضایی اروپا همکاری داشته است. ضمن اینکه این دانشگاه، تحقیقات در راستای طراحی شبکه‌های تجمیع شده زمینی و غیرزمینی کارآمد و مقرون‌به‌صرفه 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>۴</sup> توزیع شده تحقیقاتی داشته است. انتشارات در زمینه پروتکل برد بلند<sup>۵</sup> در ارتباطات مستقیم تجهیزات اینترنت اشیا با همکاری دانشگاه اولو فنلاند و طراحی منظومه کیوبست‌ها<sup>۶</sup> از فعالیت‌های دانشگاه لوکزامبورگ در سال ۲۰۲۴ میلادی بوده است. مرکز تحقیقات و فناوری فضایی اروپا به عنوان یکی دیگر از موسسات پیشرو در این حوزه همکاری‌های قابل توجهی با سایر دانشگاه‌ها و موسسات 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 قابل توجه در همکاری این مرکز با دانشگاه لوکزامبورگ و موسسه فرانیهوفر است. بررسی‌ها نشان می‌دهد فناوری آنتن‌های ماهواره‌ای از جمله اصلی‌ترین فناوری‌های مورد توجه این مرکز بوده است. به عنوان نمونه فناوری‌های چند ورودی-چند خروجی<sup>۷</sup> موضوع همکاری مرکز تحقیقات و فناوری فضایی اروپا با دانشگاه اولو<sup>۸</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>۹</sup> اشاره داشت.



شکل ۶ دانشگاه‌ها و موسسات پیشرو از منظر تعداد مقالات منتشر کرده در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی

<sup>۱</sup> University of Luxembourg

<sup>۲</sup> ESTEC - European Space Research and Technology Centre

<sup>۳</sup> Digital Video Broadcasting- Satellite services to Handhelds (DVB-SH)

<sup>۴</sup> Beamforming

<sup>۵</sup> Long Range (LoRa)

<sup>۶</sup> Cubesats

<sup>۷</sup> Multiple-input and multiple-output (MIMO)

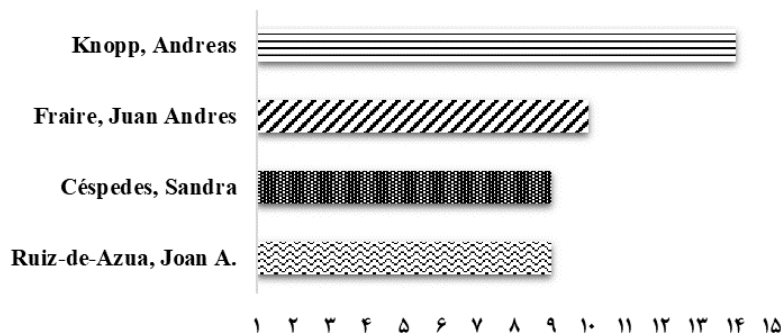
<sup>۸</sup> Oulun Yliopisto

<sup>۹</sup> Active antennas

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

تحلیل نویسندگان برجسته در این حوزه نشان دهنده تمرکز تحقیقات در مناطقی مانند اروپا و 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 است و از جمله تأثیرگذارترین پژوهشگران این حوزه به شمار می‌رود. همچنین، ساندرا سسپدس<sup>۲</sup> از کانادا و خوان آندرس فرایر<sup>۳</sup> از آرژانتین به عنوان 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 با 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 او ۲۰۲۲ بوده است و با توماس دلاموت<sup>۴</sup> و دیگو توزی<sup>۵</sup> نیز با ۲۸ پیوند علمی، همکاری‌های بین‌المللی گسترده‌ای در این زمینه داشته‌اند. 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 بوده است و ساندرا 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 قابل توجه میان پژوهشگران است (شکل ۸). بررسی میزان استناد مقالات این نویسندگان نشان می‌دهد که خوان آندرس فرایر با ۳۶۷ استناد و ساندرا سسپدس با مجموع ۲۴۳ استناد، بالاترین تأثیرگذاری را در میان نویسندگان فوق دارند.



شکل ۷. نویسندگان برتر از منظر تعداد مقالات منتشر کرده در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی

<sup>1</sup>Andreas Knopp

<sup>2</sup>Sandra Céspedes

<sup>3</sup>Juan Andres Fraire

<sup>4</sup>Thomas Delamotte

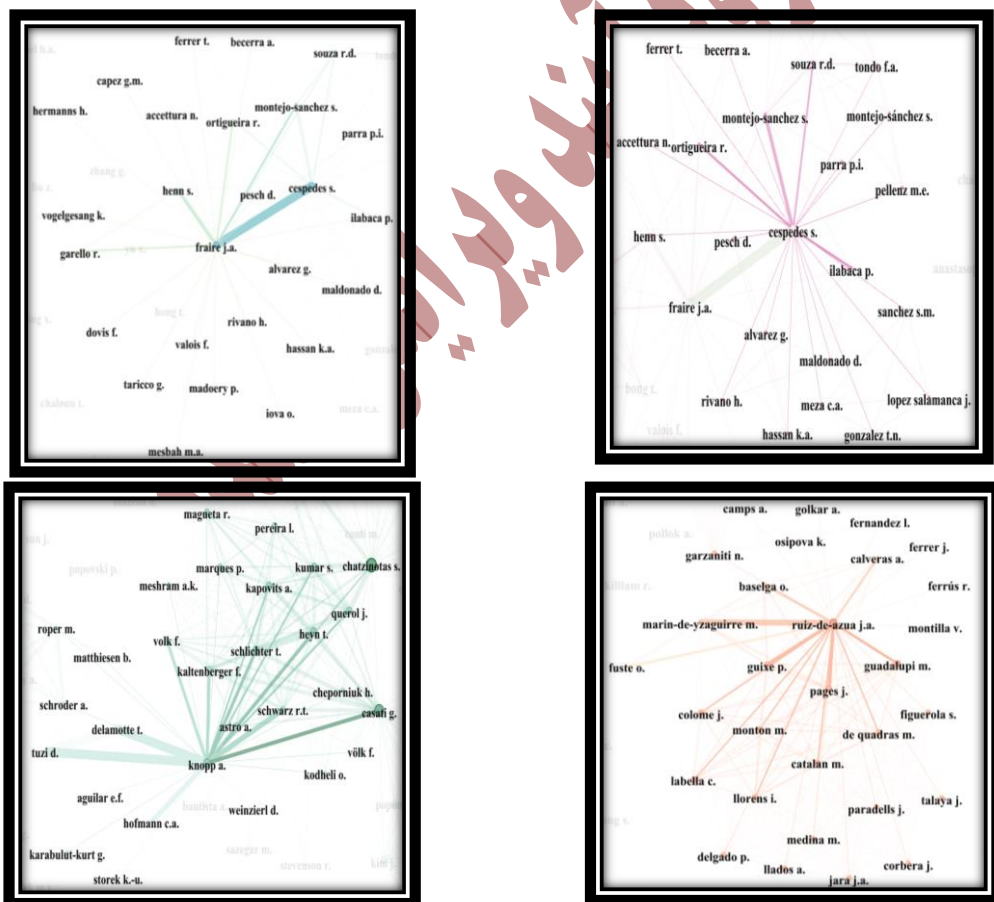
<sup>5</sup>Diego Tuzi

<sup>6</sup>Joan Ruiz-de-Azua

## زودآیند ویرایش نشده

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



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 ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی چگونه است؟

جدول شماره ۳، واژگان با بیشترین میزان فراوانی در مقالات علمی منتشر شده در دنیا را نشان می‌دهد. همانگونه که مشخص است، 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 بکار گرفته شده است. قاعدتا 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.

دول ۳. کلیدواژه‌های بکار رفته 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>۱</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 چند بخشی <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 چند بخشی <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 غیر زمینی                             | ۳۵          | ۱۸   | شبکه‌های ماهواره-ای <sup>۸</sup>                 | ۱۳          |
| ۹    | ارتباطات ماهواره‌ای <sup>۹</sup>           | ۳۴          | ۱۹   | برد بلند                                         | ۱۲          |
| ۱۰   | اینترنت ماهواره‌ای <sup>۱۰</sup>           | ۲۲          | ۲۰   | منظومه‌های ماهواره-ای                            | ۱۲          |

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

<sup>1</sup> Satellite antennas

<sup>2</sup> Satellite communication systems

<sup>3</sup> Satellite links

<sup>4</sup> Satellite broadcasting

<sup>5</sup> Digital video broadcasting (DVB)

<sup>6</sup> Network layers

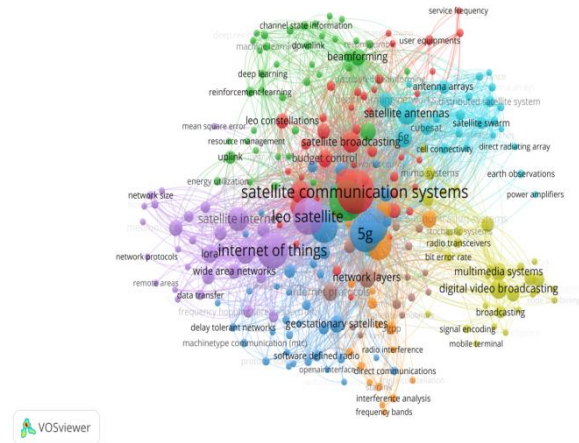
<sup>7</sup> Communication satellites

<sup>8</sup> Satellite networks

<sup>9</sup> Satellite communications

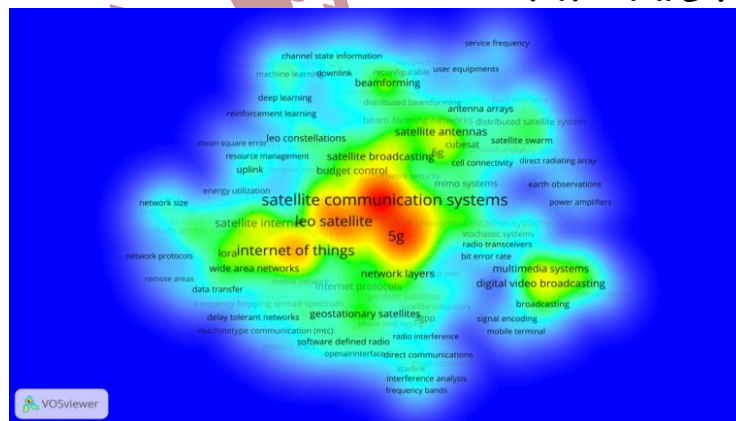
<sup>10</sup> Satellite internet

در پایگاه اسکوپوس به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۹. شبکه هم واژگانی در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی

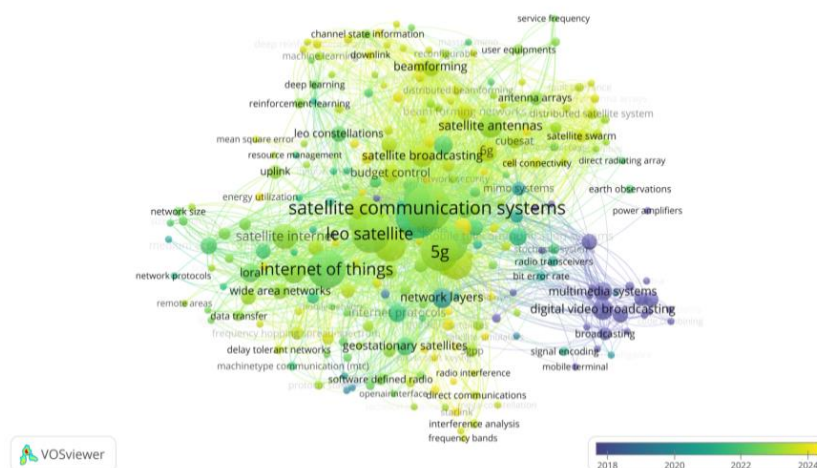
در شکل ۱۰، نمای چگالی مربوط به شبکه هم‌واژگانی فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی ارائه شده است. باید توجه داشت که بیشترین به کمترین میزان تراکم واژگان در این نوع شبکه علمی، به ترتیب با نواحی قرمز، زرد، سبز و آبی مشخص می‌گردد. همچنین دوری و نزدیکی لغات نیز در این نوع شبکه، به معنی داشتن بیشترین/کمترین بکارگیری همزمان واژگان (هم رخدادی) می‌باشد (کفشدوز محمدی و همکاران، ۱۴۰۰). به این صورت که مثلاً اگر فاصله دو واژه نسبتاً کم باشد در نتیجه می‌توان بیان نمود که ۲ واژه در مدارک زیادی به طور همزمان بکار گرفته شده است. همچنین اگر فاصله دو واژه از هم زیاد باشد به این معنی است که در مدارک کمی این دو واژه با یکدیگر به کار رفته‌اند. همانگونه که در شکل مشخص است سیستم‌های مخابرات ماهواره‌ای و نسل پنجم شبکه ارتباطی در محدوده نواحی قرمز رنگ و ماهواره‌های مدار پایین زمین و اینترنت اشیا در محدوده نواحی زرد رنگ قرار گرفته‌اند.



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

شکل ۱۱، میزان تکرار فراوانی واژگان در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی را در گذر زمان نشان می‌دهد. در این شبکه از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۴ به ترتیب با طیف رنگی بنفش تا زرد مشخص شده است. به عنوان نمونه، موضوع ویدئو چندپخش دیجیتال از حوزه‌های مهم در سال ۲۰۱۸ میلادی می‌باشد. ذکر این نکته لازم است که برای ترسیم این نقشه از دو معیار وزن و امتیاز استفاده شده است. منظور از وزن، میزان فراوانی (تعداد تکرار) هر واژه و منظور از امتیاز نیز میانگین سال ظهور واژه در این حوزه است (Jan van Eck et al., 2023). هرچه از رنگ بنفش به سمت رنگ زرد حرکت می‌کنیم

میانگین سال ظهور واژگان مهم و کاربردی در این حوزه جدیدتر می‌شود و به نوعی با حوزه‌های پژوهشی مهم و کاربردی تری روبه‌رو هستیم. به همین ترتیب مفاهیمی مانند باندهای فرکانسی و تحلیل تداخل در سال ۲۰۲۴ از واژگان مهم این بازه زمانی می‌باشد. البته این موضوع با توجه به عملیاتی شدن ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی در دنیا و همزیستی با برخی از باندهای فرکانسی زمینی به منظور ارائه سرویس امری مهم بوده که می‌بایست به دو مقوله نحوه و چگونگی تخصیص باند فرکانسی و همچنین نحوه مدیریت تداخل در صورت وجود همپوشانی‌های مضر توجه ویژه‌ای داشت.



شکل ۱۱. شبکه لایه‌ای مبتنی بر واژگان بکار رفته در گذر زمان مرتبط با فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی

همانگونه 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 بدان مفاهیمی مانند آنتن، کانال ارتباطی، توزیع بیم و ... وجود دارد. موضوع خوشه دوم به هوش مصنوعی در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی اشاره دارد و زیرخوشه‌های فرعی آن به مفاهیمی مانند پردازش سیگنال، پهنای باند، شکل‌دهی بیم و ... اشاره دارد. موضوع خوشه سوم به نسل پنجم شبکه ارتباطی در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی اشاره دارد و زیرخوشه‌های فرعی آن به مفاهیمی مانند تجهیزات هوایی، آنتن، شبکه ارتباطی، نرخ داده، پوشش دهی و ... اشاره دارد. موضوع خوشه چهارم به سرویس ویدئو دیجیتال چندپخشی در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی اشاره دارد و زیرخوشه‌های فرعی آن به مفاهیمی مانند احتمال خطای بیت، تخمین کانال<sup>۱</sup>، چند پخشی دیجیتال و ... اشاره دارد. موضوع خوشه پنجم به اینترنت اشیا در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی اشاره دارد و زیرخوشه‌های فرعی آن به مفاهیمی مانند ارتباطات مستقیم با ماهواره، کارایی انرژی، پرش فرکانسی، توان کم و ... اشاره دارد. موضوع خوشه ششم به آنتن ماهواره در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی اشاره دارد و زیرخوشه‌های فرعی آن به مفاهیمی مانند آرایه آنتن، ارتباط سلولی، سیستم ماهواره‌ای توزیع شده و ... اشاره دارد. موضوع خوشه هفتم به مدیریت طیف فرکانسی در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی اشاره دارد و زیرخوشه‌های فرعی آن به مفاهیمی مانند ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، باند فرکانسی، تحلیل تداخل و ... اشاره دارد. موضوع خوشه هشتم به لایه‌های شبکه در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره به تجهیزات هوشمند اشاره دارد و زیرخوشه‌های فرعی آن به مفاهیمی مانند باتری و توان الکتریکی، پروتکل‌های اینترنت، کدینگ شبکه و ... اشاره دارد.

## زودآیند ویرایش نشده

جدول ۴. طبقه‌بندی هشت‌گانه خوشه‌های اصلی بر حسب 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 ماهواره-ای                                                                                        |
| 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 تاخیر <sup>۱</sup> ، باند باریک، امنیت و سنجش طیف فرکانسی <sup>۲</sup>                |
| ۴          | سرویس چندپخش دیجیتال           | احتمال خطای بیت، تخمین کانال، چند پخش دیجیتال، اصلاح خطا، تداخل، سیستم‌های چند وروی چند خروجی، پلاریزاسیون و کدینگ                                   |
| ۵          | اینترنت اشیا                   | ارتباطات مستقیم با ماهواره، کارایی انرژی، پرش فرکانسی، توان کم، پروتکل‌های شبکه و شبکه حسگر بی‌سیم <sup>۳</sup>                                      |
| ۶          | آنتن ماهواره                   | آرایه آنتن، ارتباط سلولی، سیستم ماهواره‌ای توزیع شده، تقویت کننده توان <sup>۴</sup> و ازدحام ماهواره <sup>۵</sup>                                    |
| ۷          | مدیریت طیف فرکانسی             | ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی، باند فرکانسی، تحلیل تداخل، ابرمنظومه‌ها <sup>۶</sup> ، پوشش دهی شبکه و شدت طیف فرکانسی <sup>۷</sup> |
| ۸          | لایه‌های شبکه                  | باتری و توان الکتریکی، پروتکل‌های اینترنتی، کدینگ شبکه، کیفیت سرویس <sup>۸</sup> و شبکه صف <sup>۹</sup>                                              |

## بحث و نتیجه‌گیری

امروزه، چالش‌های زیادی به منظور 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 شایانی به تصمیم‌گیری‌های موثرتر متولیان و همچنین پژوهشگران این حوزه نماید. بدین منظور، در این پژوهش با تکیه بر تکنیک علم-سنجی به بررسی ابعاد مختلف این حوزه پرداخته شد. در همین راستا از تکنیک تحلیل هم‌واژگانی و خوشه‌بندی کلیدواژه‌ها به بررسی سرخوشه‌های اصلی این حوزه در یک بازه زمانی ۱۳ ساله پرداخته شد. با جستجوهای که در پایگاه استنادی اسکوپوس در این حوزه صورت گرفت، مشخص شد این نوع فناوری به تنهایی نمی‌تواند توسعه زیرساختی و زیربنایی داشته باشد و لازم است تا

<sup>1</sup> Latency

<sup>2</sup> Spectrum sensing

<sup>3</sup> Wireless sensor network (WSN)

<sup>4</sup> Power amplifier

<sup>5</sup> Satellite swarm

<sup>6</sup> Mega-constellation

<sup>7</sup> Power flux density (pfd)

<sup>8</sup> Quality of service (QoS)

<sup>9</sup> Queueing networks

فناوری‌های مکملی مانند نسل پنجم شبکه ارتباطی، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی به عنوان 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 تا با مدیریت طیف فرکانسی در این حوزه و جلوگیری از عدم تداخل، علاوه بر افزایش ظرفیت شبکه ارتباطی به بهبود ارتباطات کمک شایانی نمود. از طرفی با استقرار منظومه‌های ماهواره‌ای مرتبط با فناوری ارتباط مستقیم ماهواره به تجهیزات هوشمند در سال‌های اخیر مانند منظومه‌های ماهواره‌ای استارلینک، ای-اس-تی، لینک گلوبال و ... شاهد رشد صعودی انتشارات علمی این حوزه از سال ۲۰۲۱ میلادی می‌باشیم که باعث شده به نرخ رشدی بیش از ۷ برابر در این حوزه تا سال ۲۰۲۴ میلادی برسیم. با وجود آنکه در اکثر مدارک چاپ شده در جهان که با رویکرد علم‌سنجی انجام شده‌اند (همچون فناوری منظومه‌های ماهواره‌ای)، کشورهایی مانند ایالات متحده آمریکا و چین پیش‌تاز می‌باشند اما نتایج حاصل از مطالعه علم‌سنجی در پژوهش حاضر، نشان‌دهنده پیشرو بودن کشورهایی مانند آلمان، چین و فرانسه است. علت اصلی این امر را می‌توان به تمرکز این نوع کشورها در انتشار تولیدات علمی در این حوزه دانست. این در حالیست که کشورهای چین و ایالات متحده آمریکا تا بدین زمان، بیشتر متمرکز بر روند طراحی، ساخت و آزمایش این نوع فناوری می‌باشند. البته اینگل و همکاران (Ingle et al., 2021)، در پژوهش خود که در بررسی فناوری‌های توانمندساز سرویس ارتباطات مستقیم ماهواره شامل آنتن‌هایی با قابلیت تنظیم مجدد انجام دادند، به پیشرو بودن کشور چین در این حوزه از منظر تولیدات علمی اشاره کرده‌اند. این موضوع با نتایج بدست آمده در حوزه پژوهشی این مقاله که کشور چین در رتبه دوم کشورهای پرتولید از منظر تولیدات علمی قرار دارد، تطابق دارد. پیشرو بودن کشور چین از منظر تولیدات علمی در پژوهش (قوبدل و همکاران، ۱۴۰۲) که در حوزه هوافضا انجام شده، نیز تأکید شده است. همچنین (حیدری و همکاران، ۱۴۰۲) در پژوهشی که به منظور بکارگیری هوش مصنوعی برای شبکه‌های غیرزمینی با رویکرد علم‌سنجی انجام دادند، نتایجی مشابه از منظر کشورهای پیشرو در تولیدات علمی شامل چین، آمریکا و کانادا را ارائه نمودند که با کشورهای برتر ارائه شده در این پژوهش تطابق خوبی دارد. از منظر نوع مدارک منتشر شده، (عقیلی و همکاران، ۱۴۰۲) که به بررسی نقش نسل ششم شبکه ارتباطی در ارتباطات ماهواره‌ای پرداختند، بدین موضوع اشاره کردند که بیشترین سهم اسناد پژوهشی منتشر شده از نوع مقالات کنفرانسی بوده که این موضوع با نتایج ارائه شده در این پژوهش با توجه به حوزه‌های نوین ارتباطی در دنیا تطابق دارد. از منظر رو به رشد بودن تولیدات علمی در سال‌های اخیر نیز، پینو و همکاران (Pino et al., 2024)، رأوت 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 سال ۲۰۲۲، ۲۰۲۰ و ۲۰۱۹ میلادی به بعد اشاره نمودند که با نتایج پژوهش حاضر مبنی بر روند صعودی اسناد علمی منتشر شده از سال ۲۰۲۱ میلادی به بعد منطبق است. با توجه به نتایج بدست آمده برای خوشه اول، حوزه ارتباطات ماهواره‌ای به عنوان بخش اصلی در ارائه سرویس ارتباط مستقیم با سلول مطرح می‌باشد. توجه به نحوه طراحی و ساخت آنتن ارتباطی در بخش فضایی و زمینی و چگونگی اختصاص بازه فرکانسی در دو مسیر رو به بالا و رو به پایین<sup>۱</sup> برای داشتن چنین سرویسی دارای اهمیت اولویت می‌باشد (افتخاری و همکاران، ۱۴۰۳). با توجه به نتایج بدست آمده برای خوشه دوم، بخش فناوری‌های نوین ارتباطی شامل بکارگیری هوش مصنوعی در حوزه‌هایی مانند پردازش سیگنال ارتباطی، مدیریت پهنای باند، نحوه مدیریت انرژی و جلوگیری از تداخل‌های احتمالی بواسطه همپوشانی فرکانسی با سایر سرویس‌های زمینی و فضایی به منظور بکارگیری از سرویس ارتباط مستقیم با سلول دارای اهمیت می‌باشد (حیدری و همکاران، ۱۴۰۲). با توجه به نتایج بدست آمده برای خوشه سوم، حوزه بکارگیری از نسل‌های نوین شبکه‌های ارتباطی در ارائه این نوع سرویس، نحوه استفاده از تجهیزات هوایی، چگونگی پیکربندی شبکه ارتباطی از زمین به فضا و بالعکس دارای اهمیت می‌باشد (افتخاری و همکاران، ۱۴۰۳). با توجه به نتایج بدست آمده برای خوشه چهارم، با توجه به الزامات فنی نسل پنجم شبکه ارتباطی شامل میزان نرخ داده، میزان پوشش دهی و تأخیر در صورتیکه که بخواهیم سرویس ارتباط مستقیم با سلول را مبتنی بر نسل پنجم شبکه ارتباطی پیاده سازی و ارائه نماییم، می‌بایست 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 مورد توجه قرار گیرد (عقیلی و همکاران، ۱۴۰۲). با توجه به نتایج بدست آمده 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 مابین حسگرهای زمینی و ماهواره، توجه جدی داشت (Olatinwo et al., 2022). با توجه به نتایج بدست آمده برای

<sup>1</sup> Uplink and Downlink (UL and DL)

## زودآیند ویرایش نشده

خوشه ششم، برای طراحی آنتن مورد استفاده به منظور ارائه سرویس ارتباط مستقیم ماهواره به سلول می‌توان از فناوری های نوین در این حوزه مانند ارائه آنتنی و سیستم ماهواره‌ای توزیع شده بهره برد. با بکارگیری این فناوری های نوین آنتنی، بودجه لینک در دو مسیر رو به بالا و رو به پایین برای ارائه سرویس های باند باریک و باند پهن، دارای حاشیه مناسبی از منظر میزان کریر بر حسب نویز<sup>۱</sup> خواهد بود. با توجه به نتایج بدست آمده برای خوشه هفتم، برای ارائه سرویس ارتباط مستقیم ماهواره با سلول، ملزومات مدیریت طیف فرکانسی نیز باید مورد توجه قرار گیرد. لذا، به منظور استفاده بهینه از طیف و عدم تداخل، با مدنظر قرار دادن معماری و استانداردهای پیش بینی شده در حوزه طیف فرکانسی این سرویس در هر کشور، لازم 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 بدست آمده برای خوشه هشتم، برای طراحی شبکه ارتباطی به منظور ارائه سرویس ارتباط مستقیم ماهواره به سلول می‌بایست به نوع باتری و توان الکتریکی مورد نیاز برای ارائه سرویس، پروتکل های ارتباطی سازگار برای ارائه این نوع سرویس و ... توجه ویژه‌ای نمود. امروزه، با توجه به روند طراحی، ساخت و توسعه منظومه های ماهواره‌ای مانند منظومه های 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 ... صورت گیرد. باید توجه داشت که کشورهای پیشرو در حوزه ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی به دنبال توسعه زیرساخت های مورد نیاز در این حوزه به منظور داشتن سهم موثری در بازار جهانی هستند. کشور ایران می‌تواند با مشارکت در این توافقات و همکاری های منطقه‌ای و بین‌المللی، از امنیت داده در این حوزه محافظت نماید. به طور کلی، کشور ایران باید با توجه به سیاست های حاکمیتی، برنامه ریزی های لازم را برای ورود این نوع فناوری در کشور مدنظر قرار دهد. در نهایت، در صورت استفاده قانونمند این نوع فناوری در کشور ایران، می‌توان از آن به عنوان مکمل شبکه سیار و همچنین ارتباطات در شرایط اضطرار استفاده نمود. البته این امر منوط به تبعیت اپراتورهای خارجی به رعایت قوانین و مقررات ملی ایران است. بنابراین، نتایج حاصل از این پژوهش که از یکی از پایگاه های معتبر دنیا استخراج شده می‌تواند راهبرد مناسبی در این حوزه برای کشور ایران باشد.

### پیشنهادهای اجرایی پژوهش

با توجه به ورود فناوری های نوین مانند نسل های پنجم و ششم شبکه ارتباطی، اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و ... که در حوزه ارتباط مستقیم ماهواره با سلول نقش دارند، پیشنهاد می‌شود:

- از نتایج تحلیل شبکه هم واژگانی، شبکه چگالی و ... مبتنی بر نتایج بدست آمده از این پژوهش برای تعیین راهبردها و ارزیابی دقیق ابعاد مختلف این نوع فناوری بهره برد.
- نهادهای مختلف و متولی این حوزه در داخل کشور با کمک نتایج پژوهش علم سنجی در بهره‌برداری و بومی سازی حوزه هایی از قبیل طراحی و ساخت بخش های ارتباطی با ملاحظه فناوری های اشاره شده به خصوص در حوزه ارتباطات مخابرات ماهواره‌ای و تجهیزات زمینی مورد نیاز، ورود موثری داشته باشند.
- با توجه به محدودیت بکارگیری طیف فرکانسی و همچنین اهتمام نهادهای استاندارد سازی بین‌المللی در تعیین باندهای فرکانسی ارائه این سرویس، سازمان تنظیم مقررات نیز می‌تواند با انجام بررسی های مدیریت طیفی به منظور جلوگیری از تداخلات فرکانسی با سرویس های مختلف، پیشنهادات فنی در مجامع بین‌المللی ارائه نماید.

### پیشنهاد برای پژوهش های آتی

- مشابه با این پژوهش می‌توان از نتایج سایر پایگاه های علمی معتبر (همچون وب آو ساینس) استفاده و نتایج حاصل را با نتایج این پژوهش مقایسه نمود.

<sup>1</sup> Carrier per noise (CNR)

- به منظور کمک به ایجاد انگیزه و ارائه پژوهش‌های بیشتر در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی انجام پژوهش‌های ملی که با مشارکت فعالانه دانشگاه و مراکز پژوهشی (مانند توسعه فناوری‌های مورد نیاز در منظومه‌های ماهواره‌ای) باشد، پیشنهاد می‌گردد.
- ارزیابی وضعیت موجود در کشور در حوزه فناوری ارتباطات مستقیم ماهواره با تجهیزات هوشمند زمینی به منظور تبیین شاخص‌های فنی، حقوقی و تنظیم گری در کشور ایران

### تقدیر و تشکر

بخش مقدمه و بیان مساله 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 به منظور بهره‌مندی این سرویس در کشور ایران" در پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات با کد پروژه: ۴۲۰۳۰۳۰۰ می‌باشد. اما مطالعات و تحلیل‌های علم‌سنجی این مقاله، مستقل از پروژه پژوهشی مذکور به انجام رسیده 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، ۱۶(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)، (پاییز و زمستان)، ۶۵-۹۸.  
<https://doi.org/10.22070/rsci.2024.18091.1686>
- حاجی پور، پ.، یگانه، ح.، افتخاری، ح.، و ضرابی، ه. (۱۴۰۳). روندهای تحقیقاتی در بکارگیری هوش مصنوعی در اینترنت اشیاء مبتنی بر ماهواره: یک تحلیل علم‌سنجی. علوم و فناوری فضایی، (انتشار آنلاین از تاریخ ۱۲ خرداد ۱۴۰۳).  
<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 وب آو ساینس: تحلیل خوشه‌ای. پژوهش‌نامه علم‌سنجی، ۸(۱)، (بهار و تابستان)، ۶۹-۹۶.  
<https://doi.org/10.22070/rsci.2020.5739.1421>
- حیدری، ز.، حاجی پور، پ.، و افتخاری، ح. (۱۴۰۲). علم‌سنجی و تحلیل وضعیت تولیدات علمی منتشر شده در جهان در حوزه بکارگیری یادگیری فدرال برای شبکه‌های غیر زمینی [مقاله کنفرانسی]. هشتمین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی برق، مکانیک و مکاترونیک، ۱-۱۱.  
<https://civilica.com/doc/2024096>
- خاصه، ع. ا.، بانگ آور ماشک، م.، قاضی زاده، 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)، (بهار و تابستان)، ۵۳-۷۶.  
<https://doi.org/10.22070/rsci.2020.4724.1319>
- سلیمانزاده نجفی، ن.، عاصمی، ع.، چشمه سهرابی، م.، و شعبانی، ا. (۱۳۹۷). مطالعه کتاب‌سنجی تولیدات علمی حوزه اینترنت اشیا در پایگاه مدلاین: تحلیل هم‌رخدادی واژگان. نشریه پایش، ۱۷(۵)، ۵۰۷-۵۲۰.  
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16807626.1397.17.5.8.0>
- 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)، (پاییز و زمستان)، ۹۷-۱۳۰.  
<https://doi.org/10.22070/rsci.2022.15372.1538>
- قویدل، س.، ریاحی نیا، ن.، دانش، ف.، و نوروزی چاکلی، ع. (۱۴۰۲). هوافضا: مطالعه علم سنجی و تحلیل سنجه‌های مرکزیت شبکه هم نویسندگی پژوهشگران. *پژوهش‌نامه علم‌سنجی*. ۹(۲)، (پاییز و زمستان)، ۱۶۵-۲۰۴.  
<https://doi.org/10.22070/rsci.2022.15902.1568>
- عقیلی، ع.، حاجی پور، پ.، و افتخاری، ح. (۱۴۰۲). علم‌سنجی و بررسی وضعیت بروندهای علمی منتشر شده در جهان در حوزه نقش ماهواره در نسل ششم و بعد از آن [مقاله کنفرانسی]. *ششمین کنفرانس ملی فناوری های نوین در مهندسی برق و کامپیوتر*، ۱-۱۰.  
<https://civilica.com/doc/1876685>
- کشفدوز محمدی، ف.، حسینی نیا، غ.، میگون پوری، م.ر.، و وظیفه دوست، ح. (۱۴۰۰). علم سنجی و ارائه مسیر پژوهش‌های اتی توسعه اکوسیستم کسب و کارهای استارت آپ. *پژوهش نامه علم‌سنجی*. ۷(۲)، (پاییز و زمستان)، 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 بروندهای پژوهشی برخوردار از حمایت مالی حوزه سلامت روان کشور ایران در پایگاه وب‌آوساینس. *پژوهش نامه علم‌سنجی*. ۱۰(۲)، (پاییز و زمستان)، ۴۵-۶۴.  
<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. *پژوهش نامه علم‌سنجی*. ۱۰(۲)، (پاییز و زمستان)، 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*, 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), 69-58. <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., Kheiridoost, 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. *Scien-*

- tometrics 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), 1-32. <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*, (Available Online from 01 June 2024). <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. [Online]. Available at: <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. (2024). 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*, 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 Philos Pract (e-journal)*, 1-25. <https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/5761>
- Jan van Eck, N., Waltman, L. (2023). *VOSviewer Manual*. [Online]. Available at: [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. R., & 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., & A. Gangadhara. (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. *Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/SYNCHROINFO61835.2024.10617551>
- 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>
- 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), 1-12. <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>
- 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*, 1-19. <https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/5401>
- Schneiderman, B. (2024). The satellite-to-phone market. [Online]. Available at: <https://www.satellitemarkets.com/satellite-phone-market>
- Soleimanzade Najafi, N. S., Asemi, A., Cheshmeh Sohrabi, M., & Shabani A. (2018). Scientific articles in Internet of Things: A bibliometric and co-word analysis in MEDLINE. *Payesh*, 17(5), 502-507. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16807626.1397.17.5.8.0> [In Persian].
- 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), pp.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>