



# Evolution of Foresight in Technology Policy and Innovation Governance: A Bibliometric Study (1967–2025)

1. Zohreh Karimmian  
2. Maryam Nozari   
3. Javad Ramezan Ghorbani

- **Article Type:** Research Paper
- **Vol. 35 | No. 2 | Serial 98 | Jun. 2025**
- **Received:** 2026.01.26
- **Revised:** 2026.03.07
- **Accepted:** 2026.03.30
- **Published Online:** 2026.08.12
- **Pages:**
- **P-ISSN:** 1027-2690
- **E-ISSN:** 2783-4514

## Keywords

Foresight, Technology Assessment, Anticipatory Governance, Technology and Innovation Policy, Bibliometrics, Artificial Intelligence.

1. Assistant Professor, Institute of Management and Accounting, STB.I.A.U., Islamic Azad University, Tehran, Iran, zohreh.karimmian@iau.ac.ir  
**ORCID:** 0000-0002-4310-0074
2. Assistant Professor, Institute of Industrial Management and Technology, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran (Corresponding Author)  
Maryamnozari@iau.ac.ir  
**ORCID:** 0000-0002-5501-0033
3. PhD Student in Management of Technology, Institute of Management and Accounting, STB.I.A.U., Islamic Azad University, Tehran, Iran, javad.ramezanghorbani@iau.ac.ir  
**ORCID:** 0000-0001-5875-1008

**Cite This Paper:** Author Family, P., Author Family, G., Author Family, S. (2025). Analyzing the Promotion Path of the Humanities and Social Sciences Faculty Members Through the Perspective of Research and Executive Indicators. *Rahyaft*, 35 (2), . (Persian).

**DOI:** 10.22034/RAHYAFT.2026.12196.1633



© The Author(s)  
Publisher: National Research Institute for Science Policy (N.R.I.S.P)

## Abstract

In recent decades, foresight has evolved from a technological forecasting tool into a mechanism for anticipatory governance and policy learning. However, the research landscape in this field remains fragmented and interdisciplinary, and no integrated picture of its conceptual clusters and evolutionary trajectory over time has been clearly presented. The aim of this study is to map the knowledge structure and analyze the conceptual evolution of foresight in technology policy and innovation governance during the period from 1967 to 2025 using a bibliometric approach. The data were extracted in October 2025 from the Web of Science database using a title-field search based on a standardized query, resulting in a total of 919 records. The analyses were conducted using the Bibliometrix package in RStudio and included keyword co-occurrence analysis, co-word network clustering, thematic mapping based on density and centrality indicators, and thematic evolution analysis across four time periods. The findings indicate that the conceptual core of the field is formed around the linkage between “foresight,” “technology assessment,” and “innovation.” Alongside this core, themes related to governance and grand challenges, mature applications in the health sector (including health technology assessment and trend monitoring), as well as sustainability and energy transition, are highly prominent. Furthermore, in recent years, digitalization and artificial intelligence have moved closer to the conceptual core, strengthening the



field's trajectory toward data-driven foresight and anticipatory governance. Based on these findings, it is recommended that, in Iran, foresight should be institutionalized within the science, technology, and innovation

policy cycle, its connection with technology assessment should be strengthened, and data infrastructure, along with governance and data ethics frameworks, should be developed to support intelligent foresight.



# سیر تحول آینده‌نگاری در سیاست و حکمرانی فناوری و نوآوری: مطالعه علم‌سنجی (۱۹۶۷-۲۰۲۵)

۱. زهره کریم‌میان

۲. مریم نوذری

۳. جواد رمضان قربانی

• نوع مقاله: پژوهشی

• دوره ۳۵ | شماره ۲ | پیاپی ۹۸ | تیر ۱۴۰۴

• تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۰۶

• تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۱۶

• تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۱۰

• تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۵/۰۵/۲۱

• صفحات:

• شابای چاپی: ۹۶۹۰-۲۷-۱۰

• شابای الکترونیکی: ۴۵۱۴-۲۷۸۳

## چکیده

آینده‌نگاری در دهه‌های اخیر، از یک ابزار پیش‌بینی فناورانه به سازوکاری برای حکمرانی پیش‌نگر و یادگیری سیاستی تحول یافته است؛ با این‌حال، پیشینه پژوهشی در این حوزه پراکنده و میان‌رشته‌ای است و تصویر یکپارچه‌ای از خوشه‌های مفهومی و مسیر تحول آن در طول زمان ارائه نشده است. هدف این پژوهش، نگاشت ساختار دانشی و تحلیل تحول مفهومی آینده‌نگاری در سیاست و حکمرانی فناوری و نوآوری در بازه ۱۹۶۷ تا به ۲۰۲۵ به روش علم‌سنجی است. داده‌ها در مهرماه ۱۴۰۴ از پایگاه داده وب‌آوساینس با استفاده از جست‌وجوی فیلد عنوان و بر اساس کوئری تعریف‌شده استخراج شدند که در مجموع ۹۱۹ رکورد را شامل می‌شود. تحلیل‌ها با بسته بیلیومتریکس در نرم‌افزار آراستودو انجام شد و شامل تحلیل هم‌رخدادی واژگان، خوشه‌بندی شبکه هم‌واژگانی، ترسیم نقشه مضامین بر پایه شاخص‌های چگالی و تحلیل تحول موضوعی در چهار دوره زمانی بود. یافته‌ها نشان می‌دهد هسته مفهومی حوزه حول پیوند «آینده‌نگاری-ارزیابی فناوری-نوآوری» شکل گرفته است. در کنار آن، مضامین حکمرانی و ابرچالش‌ها، کاربردهای بالغ در حوزه سلامت (ارزیابی فناوری سلامت و پایش روندها) و نیز پایداری و گذار انرژی برجسته‌اند. همچنین در سال‌های اخیر، دیجیتالی شدن و هوش مصنوعی به هسته نزدیک شده و مسیر حوزه را به سمت آینده‌نگاری داده‌محور و حکمرانی آینده‌نگر تقویت کرده است. بر این اساس، برای ایران پیشنهاد

## کلیدواژه‌ها

آینده‌نگاری، ارزیابی فناوری، حکمرانی پیش‌نگر، سیاست فناوری و نوآوری، علم‌سنجی، هوش مصنوعی.

۱. استادیار مدیریت فناوری، گروه مدیریت فناوری، واحد

تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

zohreh.karimmian@iau.ac.ir

ORCID: 0000-0002-4310-0074

۲. استادیار مدیریت فناوری، گروه مدیریت فناوری،

واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(پدیدآور رابط)

Maryamnozari@iau.ac.ir

ORCID: 0000-0002-5501-0033

۳. دانشجوی دکتری مدیریت فناوری، دانشکده مدیریت

و حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی،

تهران، ایران

javad.ramezanghorbani@iau.ac.ir

ORCID: 0000-0001-5875-1008

استناد به این مقاله: کریم‌میان، ز.، نوذری، م. و رمضان قربانی،

ج. (۱۴۰۴). سیر تحول آینده‌نگاری در سیاست و حکمرانی فناوری

و نوآوری: مطالعه علم‌سنجی (۱۹۶۷-۲۰۲۵). *راه‌افت*، ۳۵ (۲)،

صص.

DOI: 10.22034/RAHYAFT.2026.12196.1633

ناشر: مؤسسه تحقیقات سیاست علمی کشور

نویسندگان: © حق مؤلف



همچنان پراکنده و فاقد تصویری یکپارچه از تحولات مفهومی خود است. پیشینه پژوهشی موجود، عمدتاً تحلیل‌های جزئی یا توصیفی ارائه می‌دهد و هیچ مطالعه نظام‌مندی به تحلیل خوشه‌های مفهومی اصلی و مسیر تحول آنها در طول زمان نپرداخته است (Georghiou et al., 2008). این شکاف علمی، درک کل‌نگر از این حوزه میان‌رشته‌ای را برای پژوهشگران دشوار ساخته و سیاست‌گذاران را از بهره‌برداری مؤثر از ظرفیت‌های آینده‌نگاری در طراحی سیاست‌های نوآورانه بازداشته است.

پژوهش حاضر دقیقاً با هدف پر کردن همین شکاف طراحی شده است. این مقاله با به‌کارگیری روش‌های علم‌سنجی، یک نقشه علمی جامع از تحول مفهومی آینده‌نگاری در سیاست و حکمرانی فناوری و نوآوری در بازه زمانی ۱۹۶۷ تا ۲۰۲۵ ارائه می‌دهد. خوشه‌های مفهومی شناسایی و روندهای تحولی آنها تحلیل می‌شود تا تصویری دقیق از وضعیت کنونی و پویایی‌های تاریخی حوزه ترسیم شود. نوآوری پژوهش در این است که برخلاف مرورهای توصیفی پیشین، با تحلیلی کمی و طولی، ساختار مفهومی پنهان این حوزه را آشکار می‌سازد. از این رهگذر، مقاله هم به پیشرفت نظری ادبیات موضوع کمک می‌کند و هم با ارائه نقشه راه مفهومی، امکان هدایت راهبردی مسیرهای فناوریانه و سیاستی را برای سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران فراهم می‌سازد.

## پیشینه پژوهش

### آینده‌نگاری

آینده‌نگاری به‌مثابه فرایندی راهبردی، نه در پی پیش‌بینی آینده‌ای قطعی، بلکه با هدف شناسایی و بررسی مسیرهای جایگزین آینده (شامل آینده‌های ممکن، محتمل و مطلوب) در بستر پیچیدگی و عدم قطعیت عمل می‌کند (Cuhls et al., 2024). این رویکرد به سازمان‌ها و سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا در مواجهه با تغییرات پرشتاب، تصمیمات آگاهانه‌تری اتخاذ کنند. در حوزه سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری، آینده‌نگاری می‌تواند در دو جایگاه متمایز ایفای نقش کند: در موقعیت بیرونی، همچون فرایند مشورتی مستقل عمل می‌کند و با ارائه بینش‌ها و سناریوهای آینده، تصمیم‌گیری سیاست‌گذاران را پشتیبانی می‌کند. در مقابل، در موقعیت درونی، به‌مثابه بخشی جدایی‌ناپذیر از چرخه سیاست‌گذاری ادغام می‌شود و مستقیماً در طراحی، اجرا و بهبود سیاست‌ها مشارکت می‌کند (Hafezi, 2021). این دوگانگی نقش، انعطاف و کاربردپذیری آینده‌نگاری را در سطوح مختلف حکمرانی نشان می‌دهد.

سیر تکاملی این حوزه، درک عمیق‌تری از ماهیت آن ارائه می‌دهد.

می‌شود آینده‌نگاری در چرخه سیاست علم، فناوری و نوآوری نهادی‌سازی شود، پیوند آن با ارزیابی فناوری تقویت گردد و زیرساخت داده و چارچوب‌های حکمرانی و اخلاق داده برای آینده‌نگاری هوشمند توسعه یابد.

## مقدمه

با شتاب روزافزون تغییرات فناورانه و پیچیدگی فزاینده نظام‌های نوآوری، سیاست‌گذاری در حوزه فناوری و نوآوری با چالش‌های بی‌سابقه‌ای روبه‌رو شده است (Lundvall, 1992; Freeman, 2001; Kuhlmann, 1987). درحالی‌که رویکردهای اولیه عمدتاً بر نظام‌های ملی تحقیق و توسعه به‌عنوان منبع اصلی رقابت‌پذیری متکی بودند (Georghiou, Harper, Keenan, Miles, & Popper, 2008)، پیچیدگی و چندسطحی شدن نظام‌های نوآوری، سیاست‌گذاران را به استفاده از آینده‌نگاری به‌عنوان ابزاری راهبردی برای ترسیم، هماهنگی و هدایت مسیرهای فناورانه آینده سوق داده است (Cuhls, 2015). امروزه، پرسش از «چه فناوری‌هایی ظهور خواهند کرد؟» به پرسش بنیادی‌تری تحول یافته است: «چگونه می‌توان در شرایط عدم قطعیت، مسیرهای فناورانه را به‌صورت مشارکتی هدایت و ظرفیت‌های نهادی لازم را ایجاد کرد؟» (Kuhlmann & Rip, 2018). در این گذار از مدل‌های خطی و دولت‌محور به چارچوب‌های حکمرانی پیش‌نگر، آینده‌نگاری نه‌تنها به‌عنوان یک ابزار تحلیلی، بلکه به‌عنوان یک ابزار حکمرانی تحول‌گرا نقشی محوری یافته است که سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری را مشارکتی، انعطاف‌پذیر و پاسخگو می‌سازد (Georghiou & Harper, 2011; Rosa, Kimpeler, Schirrmeister, & Warnke, 2021; Gudowsky & Peissl, 2016). این رویکرد، با درگیر ساختن ذی‌نفعان مختلف، امکان شناسایی نشانه‌های ضعیف تغییر و شکل‌دهی به چشم‌اندازهای مشترک میان دولت، صنعت و دانشگاه را فراهم می‌آورد (Meissner, Gokhberg, & Sokolov, 2013; Havas, Scharfing, & Weber, 2010; Namdarian, 2012; Hasanazadeh, & Elahi, 2012).

با وجود انبوه پژوهش‌هایی که به کارکردهای متنوع آینده‌نگاری پرداخته‌اند از تعیین اولویت‌های تحقیق و توسعه (Harper, 2016; Kvasha & Musina, 2021) و بازطراحی نظام‌های نوآوری (Miles, Meissner, Vonortas, & Carayannis, 2017; Gaponenko, 2021) گرفته تا همسوسازی با اهداف توسعه پایدار (Kvasha, 2022; Ouma-Mugabe, Botha, & Letaba, 2024) و تقویت مشروعیت سیاست‌ها (Rosa et al., 2021)، ادبیات این حوزه

### سیاست‌گذاری و حکمرانی فناوری و نوآوری

سیاست فناوری و نوآوری، مجموعه‌ای از ابتکارات و اقدامات دولتی‌ها و نهادهای عمومی است که با هدف تقویت رقابت‌پذیری اقتصادی، پیشبرد علم و فناوری و ایجاد زیرساخت‌های نوآوری در جامعه و اقتصاد طراحی و اجرا می‌شود (Kuhlmann, 2001; Engels, 2019). این سیاست‌ها به‌عنوان رویکردی برای هدایت تغییرات و پاسخ به چالش‌های اجتماعی و اقتصادی، به تقویت فرایندهای نوآورانه کمک می‌کنند. در همین راستا، مفهوم حکمرانی فناوری و نوآوری به فرایندهایی ارتقا یافته است که در آن تصمیم‌سازی‌های راهبردی از طریق تعامل و همکاری میان نهادهای دولتی، خصوصی و اجتماعی شکل می‌گیرد (Kuhlmann, 2001; Engels et al., 2019). ویژگی متمایز این چارچوب‌های حکمرانی، تأکید بر تصمیم‌گیری مشارکتی، بازنگری مداوم و مدیریت انعطاف‌پذیر است تا از بروز پیامدهای پیش‌بینی نشده جلوگیری شود (Voß & Kemp, 2006; Lynch, 2020). در واقع، الگوهای حکمرانی جدید از ساختارهای سلسله‌مراتبی سنتی فاصله گرفته و به‌سمت ساختارهای شبکه‌ای و مشارکتی حرکت کرده‌اند؛ ساختارهایی که در آن نهادهای دولتی عمدتاً نقش نظارتی و تسهیل‌گر دارند و بخش خصوصی و جامعه مدنی نقش فعال‌تری در فرایندهای تصمیم‌گیری ایفا می‌کنند (Havas et al., 2010).

در چنین بستری، آینده‌نگاری به‌مثابه ابزاری حیاتی برای عملیاتی‌سازی حکمرانی پیش‌نگر مطرح می‌شود. آینده‌نگاری با فراهم آوردن بستر مشارکت ذی‌نفعان، امکان بازتاب دانش اجتماعی، ارزش‌ها و نیازهای شهروندان را در سیاست‌گذاری فراهم می‌کند و از این طریق به مشروعیت و استحکام تصمیمات می‌افزاید (Rosa et al., 2020; Zwitter & Hazenberg, 2021). افزون‌براین، بهره‌گیری از ابزارهای نوین دیجیتال و تحلیل داده‌های بزرگ، افق‌های تازه‌ای برای حکمرانی نوآوری گشوده است؛ این ابزارها با پایش مستمر روندها و شبیه‌سازی سناریوهای بدیل، به اتخاذ تصمیمات آگاهانه‌تر، چابک‌تر و مبتنی بر شواهد کمک می‌کنند (Davidson, Wessel, 2023). شواهد بین‌المللی متعددی کارایی این رویکرد یکپارچه را تأیید می‌کنند. به‌طور نمونه، پروژه‌های آینده‌نگاری در کشورهایی مانند بریتانیا، مجارستان و مالت نشان داده‌اند که چگونه برنامه‌های نظام‌مند آینده‌نگاری می‌توانند چشم‌اندازهای بلندمدت خلق کرده، شبکه‌های اقدام و مشارکت ذی‌نفعان را شکل دهند و در نهایت، تصمیمات پژوهشی و سیاست‌گذاری را به‌صورت هدفمند هدایت کنند (Namdarian et al., 2012). در نمونه‌ای پیشرفته‌تر، کره جنوبی برنامه‌های ملی خود را حول ۲۱ حوزه فناوری اولویت‌دار تعریف

مطالعات آینده از دهه ۱۹۶۰ به‌تدریج به‌عنوان یک حوزه علمی مستقل و بین‌رشته‌ای، در پیوند با علوم اجتماعی، سیاست‌گذاری و اقتصاد شکل گرفت (Kristóf & Nováky, 2023). در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، تمرکز اصلی بر مسائل جهانی و توسعه رویکردهای هنجاری برای ترسیم آینده‌های مطلوب بود. سپس، در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰، شاهد شکل‌گیری چارچوب‌های نظری منسجم‌تر و ظهور رویکردهای تکاملی و انتقادی در آینده‌پژوهی بودیم (Kristóf, 2024). از دهه ۱۹۹۰ به‌بعد، به‌ویژه در اروپا، آینده‌نگاری به‌صورت فرایند سیستمی و مشارکتی برای گردآوری اطلاعات و ساخت چشم‌اندازهای جمعی تعریف شد که ماهیتاً با پیش‌بینی‌های فناوریانه صرف متفاوت است. هدف غایی آن، تأثیرگذاری بر سیاست‌ها و پشتیبانی از تصمیم‌گیری استراتژیک است (Ko & Yang, 2024; Kristóf, 2024). در قرن بیست‌ویکم، این حوزه وارد مرحله‌ای شده که در آن مفاهیمی مانند سواد آینده و نهادینه‌سازی آینده‌نگاری در سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری اهمیت محوری یافته و موضوعاتی مانند گذارهای اجتماعی-فنی، انرژی، پایداری و کارآفرینی نوآورانه در کانون توجه قرار گرفته‌اند (Kristóf, 2024).

این تکامل مفهومی و روش‌شناختی، به کاربردهای عملی آن در سطوح مختلف منجر شده است. در سطح سازمانی، آینده‌نگاری راهبردی به‌عنوان یک ظرفیت پویا، سازمان را قادر می‌سازد تا تغییرات تحول‌آفرین را پیش‌بینی کرده و موقعیت‌های رقابتی آینده را خلق کند (Ehls, Gordon, Herstatt, & Rohrbeck, 2022; Gordon, 2022). در سطح ملی، این رویکرد با ایجاد چشم‌اندازی مشترک، تقویت تعامل و شبکه‌سازی میان بازیگران مختلف و ارائه شواهد برای تصمیم‌گیری، به سیاست‌گذاری مبتنی بر شواهد کمک شایان توجهی می‌کند (Chulok, 2021).

در نهایت، با توجه به این ظرفیت‌ها، لزوم بومی‌سازی و انطباق این رویکرد با شرایط خاص هر کشور آشکار می‌شود. مطالعات داخلی بر این نکته تأکید دارند که آینده‌پژوهی با هدف آماده‌سازی زیرساخت‌ها و هدایت تصمیم‌گیری‌های فعلی برای مواجهه با آینده، می‌تواند اقدامات و برنامه‌ریزی‌های کنونی را جهت دهد و به سازمان‌ها امکان شکل‌دهی هوشمندانه به آینده را بدهد. ویژگی نظام‌مند و روش‌مند آن، امکان به‌کارگیری یکپارچه در حوزه‌های حساسی مانند سلامت و دیگر زیرساخت‌های ملی را فراهم می‌سازد (Sedighi, Borumand, 2021). Kakhki, Asghari, & Tofighi, 2021). بنابراین، آینده‌نگاری نه یک ابزار جهان‌شمول صرف، بلکه یک چارچوب فکری است که اثربخشی آن در گرو تطبیق هوشمندانه با بسترهای نهادی، فرهنگی و سیاستی خاص هر کشور است.

آینده‌نگاری در سیاست‌گذاری و حکمرانی فناوری و نوآوری انجام شده است. منطق استفاده از روش علم‌سنجی آن است که به‌جای مرور روایتی، با اتکا به فراداده‌های استاندارد (عنوان، کلیدواژه‌ها، چکیده، اطلاعات استنادی و ...)، امکان شناسایی ساختار مفهومی حوزه، خوشه‌های موضوعی و مسیر تکامل موضوعات در طول زمان را به‌صورت بازتولیدپذیر فراهم می‌سازد. در این چارچوب، یافته‌ها مستقیماً از تحلیل شبکه‌ای روابط مفاهیم (هم‌خدادی) و از مقایسه شبکه‌ها در بازه‌های زمانی مختلف حاصل می‌شوند؛ یعنی خروجی خوشه‌ها، نقشه موضوعی و روندهای زمانی، تابع تنظیمات و رویه‌های تحلیلی مشخصی است که در ادامه تشریح می‌شود.

داده‌ها از پایگاه وب‌آوساینس<sup>۲</sup> استخراج شد. جست‌وجو در مهر ۱۴۰۴ (اکتبر ۲۰۲۵) انجام گرفت. از آنجاکه وب‌آوساینس پایگاهی پویاست و امکان تغییر تعداد رکوردها در گذر زمان وجود دارد، مبنای تحلیل، فایل خروجی گرفته‌شده در همان بازه زمانی جست‌وجو در نظر گرفته شد تا مجموعه داده برای تحلیل در نرم‌افزار آر<sup>۳</sup> ثابت بماند. بازه زمانی ۱۹۶۷ تا ۲۰۲۵ با هدف پوشش کامل سیر تحول حوزه آینده‌نگاری در سیاست فناوری و نوآوری انتخاب شد. سال آغازین (۱۹۶۷) منطبق با نخستین رکوردهای نمایه‌شده مرتبط با این حوزه در پایگاه وب‌آوساینس است و نقطه شروع شکل‌گیری ادبیات علمی در نظر گرفته شد و در نهایت ۹۱۹ رکورد برای تحلیل وارد فرایند علم‌سنجی شد (N=919).

کرد و با به‌کارگیری مراحل کلیدی همچون پایش مستمر تحولات، نظرخواهی نظام‌مند از خبرگان و ایجاد توافق میان بازیگران اصلی، توانست معیارهایی همچون تأثیر بر کیفیت زندگی، ایجاد بازارهای جدید، امنیت ملی و تقویت نوآوری فناوریانه را هم‌زمان دنبال کند. این تجربه به‌روشنی نشان داد که آینده‌نگاری فناوری به‌عنوان ابزاری استراتژیک، اثربخشی سیاست‌گذاری ملی و کارایی تخصیص منابع را به‌طور ملموسی بهبود می‌بخشد (Pakzad, Taghavi, & Etemadi, 2010; Fard, 2010).

با وجود این ظرفیت‌های اثبات‌شده جهانی، سیاست‌گذاری فناوریانه در ایران با چالش‌های ساختاری متعددی از جمله محدودیت منابع و نبود زیرساخت‌های کافی برای نوآوری مواجه است. در این شرایط، اثر واقعی آینده‌نگاری نه به اجرای پروژه‌های منفصل، بلکه به میزان ادغام عمیق آن در نظام ملی نوآوری و فراهم‌سازی بستر سیاستی گسترده و پذیرنده بستگی دارد. عوامل زمینه‌ای مهمی مانند فرهنگ حاکمیت، میزان توجه و اراده سیاسی، پویایی‌های اقتصادی-اجتماعی و در دسترس بودن منابع، همگی در تعیین موفقیت یا شکست این ادغام نقشی اساسی ایفا می‌کنند (Namdarian et al., 2012). بنابراین، مسیر پیش روی ایران برای بهره‌مندی از دستاوردهای حکمرانی پیش‌نگر، مستلزم فراتر رفتن از کاربردهای مقطعی و حرکت به‌سمت نهادینه‌سازی آینده‌نگاری به‌عنوان بخشی پایدار از چرخه سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری است.

## روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع مطالعه علم‌سنجی<sup>۱</sup> است و با هدف تحلیل حوزه

جدول ۱. راهبرد جست‌وجو و معیارهای انتخاب داده‌ها

| مؤلفه                   | توضیحات                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| هدف جست‌وجو             | شناسایی ادبیات مرتبط با آینده‌نگاری در سیاست فناوری و نوآوری                                                                                                                                  |
| مؤلفه ۱: آینده‌نگاری    | trend analysis, forecast, horizon scanning, scenario, foresight, futures                                                                                                                      |
| مؤلفه ۲: حوزه موضوعی    | innovation, technology                                                                                                                                                                        |
| مؤلفه ۳: سیاست/ حکمرانی | evaluation, assessment, governance, politics, policy                                                                                                                                          |
| فیلد جست‌وجو            | عنوان (Title - TI)                                                                                                                                                                            |
| عبارت جست‌وجو           | futur* OR "foresight*" OR "scenario" OR "horizon scanning" OR "forecast*" OR "trend analysis" AND TI=((technolog* OR innovation) AND (polic* OR polit* OR govern* OR assessment OR evaluation |
| پایگاه داده             | وب‌آوساینس                                                                                                                                                                                    |

| مؤلفه           | توضیحات                                                           |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------|
| بازه زمانی      | ۱۹۶۷-۲۰۲۵                                                         |
| تعداد رکوردها   | ۹۱۹                                                               |
| نوع مدارک       | Book Review, Editorial, Proceedings Paper, Review, Article        |
| معیار ورود      | وجود واژگان در عنوان و ارتباط با سیاست فناوری / نوآوری            |
| پیش‌پردازش داده | حذف رکوردهای تکراری، یکدست‌سازی کلیدواژه‌ها، استفاده از thesaurus |
| اعتبارسنجی      | بررسی و تأیید توسط خبرگان حوزه                                    |

نوآوری، ارزیابی فناوری و امثال آنها از یکدیگر تفکیک می‌شوند و این تفکیک مبنای گزارش خوشه‌های موضوعی در یافته‌هاست. برای تحلیل نقش و جایگاه خوشه‌ها در کل حوزه، از نقشه موضوعی<sup>۷</sup> استفاده شد. در این روش، هر خوشه با دو شاخص استاندارد سنجیده می‌شود.

◆ **محوریت:** میزان ارتباط و اثرگذاری خوشه بر دیگر خوشه‌ها (اهمیت راهبردی در کل حوزه).

◆ **چگالی:** انسجام و توسعه‌یافتگی درونی خوشه (بلوغ علمی درون خوشه).

بر مبنای این دو شاخص، خوشه‌ها به چهار گروه تفسیر شدند:

۱. موضوعات نوظهور یا در حال افول؛

۲. موضوعات اصلی یا موتور؛

۳. موضوعات پایه‌ای؛

۴. موضوعات خاص یا نیش.

این بخش، منطق دسته‌بندی یافته‌ها را صریح می‌کند؛ یعنی این تقسیم‌بندی بر اساس محاسبات چگالی / محوریت انجام می‌شود، نه صرفاً قضاوت ذهنی پژوهشگر.

برای بررسی تکامل حوزه، تحلیل روندهای زمانی انجام شد. ابتدا کل داده‌ها به چهار بازه زمانی تقسیم گردید تا تحولات دوره‌ای حوزه قابل مشاهده شود:

◆ دوره نخست (۱۹۶۷-۲۰۰۸)؛

◆ دوره دوم (۲۰۰۹-۲۰۱۸)؛

◆ دوره سوم (۲۰۱۹-۲۰۲۲)؛

◆ دوره چهارم (۲۰۲۳-۲۰۲۵).

در هر دوره، شبکه هم‌خدادی و خوشه‌های مفهومی استخراج شد و سپس با مقایسه پیوندهای مفهومی بین دوره‌های متوالی،

تحلیل‌ها با استفاده از آر استودیو<sup>۱</sup> و بسته بیبلیومتریکس<sup>۲</sup> انجام شد (در صورت استفاده از رابط گرافیکی، از بیبلیوشاینی<sup>۳</sup> نیز بهره گرفته شد). داده‌ها از وب آو ساینس با گزینه فول رکورد و سایتد رفرنس<sup>۴</sup> در قالب قابل خوانش برای بیبلیومتریکس (بیب تکست<sup>۵</sup> یا پلین تکست<sup>۶</sup>) خروجی گرفته و سپس وارد محیط آر شد. بهره‌گیری از بیبلیومتریکس به دلیل پشتیبانی از تحلیل‌های استاندارد علم‌سنجی (تحلیل هم‌خدادی، خوشه‌بندی، نقشه موضوعی و تکامل موضوعات) صورت گرفت. برای استخراج ساختار مفهومی حوزه، تحلیل هم‌خدادی کلیدواژه‌ها انجام شد. در این مرحله، بر اساس کلیدواژه‌های موجود در رکوردها، یک ماتریس هم‌خدادی ساخته شد که نشان می‌دهد چه مفاهیمی با چه فراوانی در کنار یکدیگر در مقالات ظاهر شده‌اند. سپس شبکه هم‌خدادی ترسیم و روابط میان مفاهیم پرتکرار تحلیل شد. منطق این گام آن است که هم‌خدادی مفاهیم در اسناد، نشانه‌ای از نزدیکی موضوعی و همبستگی مفهومی در بدنه ادبیات موضوع محسوب می‌شود؛ بنابراین مفاهیم کلیدی و پیوندهای غالب گزارش شده در بخش یافته‌ها، مستقیماً بر مبنای همین شبکه هم‌خدادی استخراج می‌شوند.

پس از تشکیل شبکه هم‌خدادی، خوشه‌بندی مفاهیم با استفاده از روش‌های خوشه‌بندی شبکه‌ای در بیبلیومتریکس انجام شد. در این رویکرد، مفاهیمی که پیوندهای هم‌خدادی قوی‌تر و پرتکراری دارند، در یک خوشه قرار می‌گیرند و هر خوشه نماینده یک زیرفضای مفهومی یا موضوعی در ادبیات است. برای نام‌گذاری خوشه‌ها، واژگان مرکزی و پرتکرار هر خوشه استخراج و با مرور نمونه مقالات نماینده خوشه، معنای موضوعی آن تثبیت شد. بدین ترتیب، خوشه‌هایی مانند آینده‌نگاری / فورسایت، سیاست فناوری و نوآوری، حکمرانی فناوری و

1. RStudio
2. bibliometrix
3. biblioshiny
4. Full Record and Cited References
5. Bib Text
6. Plain Text

7. Thematic Map
8. Centrality
9. Density

روندهای تحول شناسایی شد؛ از جمله استمرار خوشه‌ها، ادغام یا انشعاب خوشه‌ها و ظهور موضوعات جدید. به‌این ترتیب، مسیر تکامل حوزه و جابه‌جایی تمرکزهای پژوهشی در طول زمان استخراج و در بخش یافته‌ها گزارش شد.

### یافته‌های تحقیق

لازم است تأکید شود که یافته‌های ارائه‌شده در این بخش، حاصل تحلیل علم‌سنجی ادبیات علمی (شبکه‌هم‌خدادی، تکامل موضوعی و نقشه مضامین) است و بنابراین، درباره روندهای پژوهشی، مفاهیم غالب و مسیرهای تحول دانش در این حوزه گزارش می‌دهد. از این رو، نتایج حاضر به‌معنای ارزیابی مستقیم موفقیت یا شکست سیاست‌ها در این حوزه نیست، بلکه نشان می‌دهد ادبیات علمی چگونه این پدیده را مفهوم‌پردازی کرده و چه محورهایی را برجسته یا کمرنگ کرده است. هرگونه دآوری درباره اثربخشی سیاست‌ها، مستلزم مطالعات تجربی مکمل (مانند پیمایش ادراکات، تحلیل رسانه یا شاخص‌ها) است.

### ابرواژگان

ابرواژگان استخراج‌شده از مجموعه داده (شکل ۱)، تصویری چندلایه از منظومه مفهومی پژوهش‌های مربوط به آینده‌نگاری در سیاست فناوری و نوآوری ارائه می‌دهد. ساختار کلی واژگان، چهار محور اصلی را بازتاب می‌دهد که از تعامل میان ابزارهای پیش‌نگر، الگوهای حکمرانی، فناوری‌های نوظهور و حوزه‌های سیاستی شکل گرفته است. در مرکز این منظومه، واژگان ارزیابی فناوری<sup>۱</sup>، آینده‌نگاری، نوآوری<sup>۲</sup>، فناوری<sup>۳</sup> و پایداری<sup>۴</sup> بیشترین بسامد و هم‌خدادی را دارند و ستون فقرات پیشینه پژوهش را تشکیل می‌دهند. این واژگان نشان می‌دهند که سیاست فناوری و نوآوری معاصر، هم‌زمان بر پیش‌بینی آینده‌های فناوریانه، سنجش پیامدها و پایداری اجتماعی—زیست‌محیطی متمرکز است.

در پیرامون این هسته، مجموعه‌ای از واژگان همچون سیاست نوآوری<sup>۵</sup>، حکمرانی<sup>۶</sup>، تصمیم‌گیری<sup>۷</sup>، اخلاقیات<sup>۸</sup> و ابرچالش<sup>۹</sup> شکل گرفته که بازتاب‌دهنده گذار از سیاست‌های خطی به‌سوی حکمرانی مأموریت‌گرا و مسئولانه است. تکرار ابرچالش در کنار اخلاقیات دلالت بر

شکل‌گیری گفت‌وگو میان نوآوری مأموریت‌محور دارد که در آن، جهت‌دهی نوآوری به‌سوی اهداف عمومی و پاسخ‌گویی اخلاقی به جامعه در اولویت قرار می‌گیرد. هم‌زمان، برجستگی واژگان هوش مصنوعی<sup>۱۰</sup>، دیجیتال شدن<sup>۱۱</sup> و محاسبات ابری<sup>۱۲</sup> محور سوم این چشم‌انداز را می‌سازد؛ محوری که بر گذار دیجیتال و فناوری‌های توانمندساز نوین تأکید دارد. حضور واژه آتی یا آینده<sup>۱۳</sup> در کنار آنها بیانگر چرخش از رویکرد پیش‌بینی تک‌آینده‌ای به رویکرد چندآینده‌ای و انعطاف‌پذیر در طراحی سیاست‌هاست. این بخش از ادبیات موضوع، نوآوری فناوریانه را موضوع سیاست و منشأ عدم قطعیت و ضرورت پیش‌نگری می‌داند. در لایه بیرونی‌تر، واژگانی مانند فناوری سلامت<sup>۱۴</sup>، سیاست سلامت<sup>۱۵</sup>، وسیله نقلیه الکتریکی<sup>۱۶</sup>، آزمایش<sup>۱۷</sup> و چین<sup>۱۸</sup> قرار دارند که نشان‌دهنده عرصه‌های کاربردی و موردی هستند. تمرکز بر سلامت، انرژی پاک و حمل‌ونقل برقی همراه با ارجاعات به تجربه سیاستی چین، بیانگر آن است که ادبیات از سطح نظری فراتر رفته و به مطالعات موردی و سیاست‌های بخشی در کشورها و صنایع مشخص رسیده است. واژه آزمایش نیز به ظهور مدل سیاست‌گذاری آزمایشی<sup>۱۹</sup> اشاره دارد که مکمل دوگانه پیش‌نگری—ارزیابی در سیاست فناوری و نوآوری است.

در مجموع ابرواژگان نشان می‌دهد که ادبیات آینده‌نگاری در سیاست فناوری و نوآوری در حال گذار از رویکرد پیش‌بینی و فناوری محور به‌سمت حکمرانی پیش‌نگر، یادگیری بازتابی و مأموریت‌گرایی اخلاق محور است. محورهای اصلی دانش در این حوزه بر سه پیوند کلیدی استوارند:

۱. پیوند پیش‌نگری و سنجش فناوری برای تصمیم‌سازی مبتنی بر شواهد؛
۲. پیوند نوآوری، حکمرانی و اخلاق برای پاسخ به ابرچالش‌ها و مأموریت‌های اجتماعی؛
۳. پیوند فناوری‌های دیجیتال و آینده‌نگری برای طراحی مسیرهای تحول سیاستی در شرایط عدم قطعیت.

10. Artificial Intelligence
11. Digitalization
12. Cloud Computing
13. Futures
14. Health Technology
15. Health Policy
16. Electric Vehicle
17. Experimentation
18. China
19. Policy Experimentation

1. Technology Assessment
2. Innovation
3. Technology
4. sustainability
5. Innovation policy
6. Governance
7. Decision making
8. Ethics
9. Grand Challenges



شکل ۱. ابر واژگان

### شبکه هم‌واژگانی

شبکه هم‌واژگانی استخراج‌شده از داده‌ها تصویری منسجم از معماری مفهومی پژوهش‌های مربوط به آینده‌نگاری در سیاست فناوری و نوآوری ارائه می‌دهد (شکل ۲). ساختار شبکه پنج خوشه اصلی را شامل می‌شود که حول سه محور دانشی، نهادی و کاربردی به هم متصل‌اند و در مرکز آن واژگان آینده‌نگاری، ارزیابی فناوری و نوآوری قرار دارند. این سه واژه، ستون فقرات پیشینه پژوهش و کانون هم‌رخدادی‌ها را تشکیل می‌دهند و نشان می‌دهند که پیوند میان پیش‌نگری، نوآوری و ارزیابی فناوری بنیان شکل‌گیری منظومه سیاست فناوری و نوآوری آینده‌نگر است.

خوشه نخست، با مرکزیت ارزیابی فناوری، حول مفاهیمی مانند پیش‌بینی فناوری<sup>۱</sup>، تصمیم‌گیری، فناوری نوظهور<sup>۲</sup> و سیاست سلامت شکل گرفته و بیشتر به جنبه تحلیلی و سنجشی سیاست فناوری اشاره دارد. حضور هم‌زمان واژگان ارزیابی و پیش‌بینی<sup>۳</sup> بیانگر آن است که آینده‌نگاری نه‌تنها برای تصویرسازی از مسیرهای فناوری، بلکه برای ارزیابی آثار اجتماعی و اقتصادی فناوری‌ها به کار گرفته می‌شود. این خوشه نشان می‌دهد که سیاست فناوری و نوآوری معاصر به‌جای تصمیم‌گیری شهودی، بر مبنای شواهد، ارزیابی و تحلیل پیامدهای فناوری طراحی می‌شود؛ به عبارت دیگر، آینده‌نگاری در این حوزه به ابزاری برای ارتقای ظرفیت سیاست‌گذاری بدل شده است.

در سوی دیگر، خوشه آبی با محوریت آینده‌نگاری، نوآوری، سیاست فناوری و نوآوری و حکمرانی قرار دارد که بعد نهادی

و سیاستی پیشینه پژوهش را بازتاب می‌دهد. این بخش از شبکه بیانگر گذار از سیاست‌های خطی و برنامه‌محور به سمت حکمرانی پیش‌نگر و یادگیری بازتابی است. در این رویکرد، آینده‌نگاری صرفاً ابزار پیش‌بینی آینده نیست، بلکه سازوکاری برای هماهنگی میان سیاست‌ها و ذی‌نفعان در مواجهه با عدم قطعیت‌های فناوری است. پیوند میان آینده‌نگاری، حکمرانی و سیاست‌گذاری<sup>۴</sup> نشان می‌دهد که پژوهش‌های جدید در این حوزه در پی طراحی سازوکارهایی برای حکمرانی آینده‌نگر و هم‌زمان مشارکتی هستند؛ جایی که سیاست، علم و جامعه در فرایند شکل‌دهی آینده‌های مطلوب هم‌افزا عمل می‌کنند.

در بخش بالایی شبکه، خوشه‌ای متمایز با رنگ نارنجی دیده می‌شود که واژگان فناوری سلامت<sup>۵</sup>، پایش روندهای آینده<sup>۶</sup>، تعیین اولویت‌ها<sup>۷</sup> و سیاست سلامت را در بر می‌گیرد. این خوشه به حوزه سلامت و کاربرد آینده‌نگاری در تصمیم‌گیری‌های بالینی و نظام سلامت مربوط است. حضور عبارت پایش روندهای آینده در کنار ارزیابی فناوری سلامت نشان می‌دهد که آینده‌نگاری در این حوزه برای پیش‌بینی فناوری‌های نوظهور پزشکی، تعیین اولویت‌های تحقیق و تخصیص منابع استفاده می‌شود. بدین ترتیب، بخش سلامت را می‌توان یکی از میدان‌های آزمون سیاستی آینده‌نگاری دانست که در آن، پیش‌نگری و ارزیابی فناوری به‌طور هم‌زمان برای افزایش اثربخشی سیاست‌های عمومی به کار می‌رود.

در لبه راست شبکه، خوشه‌ای دیگر با تمرکز بر واژگان پایداری،

4. Policy making  
5. Health Technology Assessment  
6. Horizon Scanning  
7. Priority Setting

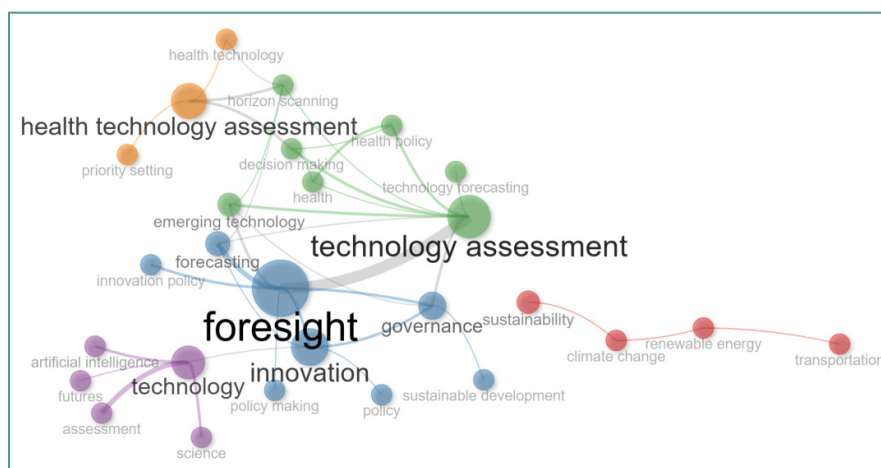
1. Technology Forecasting  
2. Emerging Technology  
3. Forecasting

و ارزیابی فناوری از یک سو و آینده‌نگاری و نوآوری از سوی دیگر دیده می‌شود. این پیوندها نشان می‌دهند که آینده‌نگاری در پیشینه پژوهش سیاست فناوری و نوآوری جایگاهی دوگانه دارد: هم ابزار شناخت و ارزیابی فناوری است و هم سازوکار راهبری و هماهنگی نوآوری در سطح کلان است. ارتباط میان حکمرانی و پایداری نیز نشانه‌ای از شکل‌گیری مفهوم حکمرانی پایدار در سیاست‌های فناوری و نوآوری معاصر است. افزون‌براین، اتصال ارزیابی فناوری سلامت با ارزیابی فناوری بیانگر آن است که تجربه‌های بخشی (به‌ویژه در سلامت) به‌تدریج در چارچوب‌های کلان‌تر سیاست فناوری ادغام شده‌اند.

به‌طور خلاصه، شبکه هم‌واژگانی نشان می‌دهد که پیشینه پژوهش آینده‌نگاری در سیاست فناوری و نوآوری حول سه محور هم‌افزا سازمان‌یافته است: نخست، محور شناختی و تحلیلی که بر پیش‌بینی، ارزیابی و یادگیری سیاستی تأکید دارد؛ دوم، محور نهادی و حکمرانی که به تنظیم سیاست‌ها و پاسخ به ابرچالش‌ها می‌پردازد؛ و سوم، محور فناوریانه و بخشی که به به‌کارگیری آینده‌نگاری در حوزه‌هایی مانند سلامت، انرژی و فناوری‌های دیجیتال اختصاص دارد. در این میان، آینده‌نگاری به‌منزله گره مرکزی شبکه، حلقه اتصال این سه محور است و نقشی اساسی در تحول از سیاست‌های فناوری‌محور به حکمرانی‌های آینده‌نگر و مأموریت‌گرایا می‌کند.

تغییرات اقلیمی<sup>۱</sup>، انرژی تجدیدپذیر<sup>۲</sup>، توسعه پایدار<sup>۳</sup> و حمل‌ونقل<sup>۴</sup> دیده می‌شود. این بخش از شبکه، حوزه پایداری و چالش‌های جهانی را نمایندگی می‌کند و نشان می‌دهد که آینده‌نگاری و سیاست فناوری و نوآوری در حال ادغام در دستور کار مأموریت‌های کلان بشری مانند مقابله با تغییرات اقلیمی، گذار انرژی و توسعه پایدار است. زنجیره مفهومی میان پایداری، تغییر اقلیم و انرژی‌های تجدیدپذیر بیانگر حرکت پیشینه پژوهش از سطح فناوری‌های منفرد به سمت چارچوب‌های سیاستی مأموریت‌گراست. به بیان دیگر، این خوشه جهت‌گیری اخلاقی و مأموریت‌محور سیاست فناوری و نوآوری را منعکس می‌کند که می‌توان آن را هم‌راستا با مفهوم ابرچالش در سیاست علم و فناوری تفسیر کرد.

در گوشه‌های دیگر، خوشه‌های کوچک‌تر اما معنادار شامل واژگان هوش مصنوعی، آتی یا آینده، ارزیابی و علم قرار دارد که ظهور همگرایی آینده‌نگاری با فناوری‌های هوشمند را نشان می‌دهد. حضور هم‌زمان آینده‌نگاری و هوش مصنوعی دلالت بر دو مسیر مکمل دارد: از یک سو، کاربرد هوش مصنوعی در روش‌های پیش‌بینی و تحلیل داده‌های آینده‌نگاری و از سوی دیگر، نیاز به آینده‌نگاری برای درک پیامدهای اجتماعی و اخلاقی هوش مصنوعی. این خوشه در واقع حلقه پیوند میان موج دیجیتالی و آینده‌نگری را نمایندگی می‌کند. در نگاه کلی، ضخیم‌ترین خطوط ارتباطی شبکه میان آینده‌نگاری



شکل ۲. شبکه هم‌واژگانی

### تحلیل نقشه مضامین<sup>۵</sup>

نقشه مضامین شکل ۳ حاصل از تحلیل هم‌رخدادی واژگان، موقعیت و بلوغ مفهومی حوزه‌های اصلی پژوهش در زمینه آینده‌نگاری و سیاست فناوری و نوآوری را آشکار می‌کند. توزیع خوشه‌ها در چهار

محوری سیاست فناوری و نوآوری مأموریت‌گرا تبدیل شوند. در ربع بالا و چپ، خوشه‌ای شامل ارزیابی اقتصادی<sup>۱</sup>، دیجیتالی شدن و مرور<sup>۲</sup> قرار گرفته است که در ناحیه موضوعات خاص جای دارد. این حوزه‌ها گرچه از نظر انسجام و تولید دانش درونی سطح بالایی دارند، اما ارتباط محدودتری با سایر موضوعات شبکه دارند. تمرکز این خوشه بر ارزیابی اقتصادی و دیجیتالی شدن نشان می‌دهد که بخشی از پیشینه پژوهش به‌صورت تخصصی بر ابزارهای تحلیلی و فناوری‌های دیجیتال برای سنجش آینده و ارزیابی سیاست‌ها تمرکز یافته‌اند. همچنین در همین ناحیه، مضامین ارزیابی آبی بوم‌شناختی و رایانش ابری نیز مشاهده می‌شوند که ماهیت تخصصی و میان‌رشته‌ای این بخش از پژوهش‌ها را تقویت می‌کند.

در مرکز نقشه، نزدیک به محورهای متقاطع، مفاهیمی مانند انرژی تجدیدپذیر و حمل‌ونقل دیده می‌شود که نقش محورهای میانی و پیونددهنده را ایفا می‌کنند. جایگاه آنها بیانگر پیوند سیاست فناوری و نوآوری با گذار انرژی و سیاست‌های بخشی است. همچنین خوشه پایداری، تغییر اقلیم و چین در موقعیت میانی نزدیک به محور افقی قرار دارد که نشان‌دهنده پیوند روبه‌شد این موضوعات با جریان اصلی پژوهش‌ها و نقش آنها در مطالعات تجربی سیاستی است. ارزیابی چرخه حیات نیز نزدیک به مرکز و در بخش پایین قرار گرفته که می‌تواند بیانگر جایگاه در حال تثبیت این رویکرد به‌عنوان ابزار مکمل ارزیابی در سیاست‌گذاری‌های مأموریت‌محور باشد.

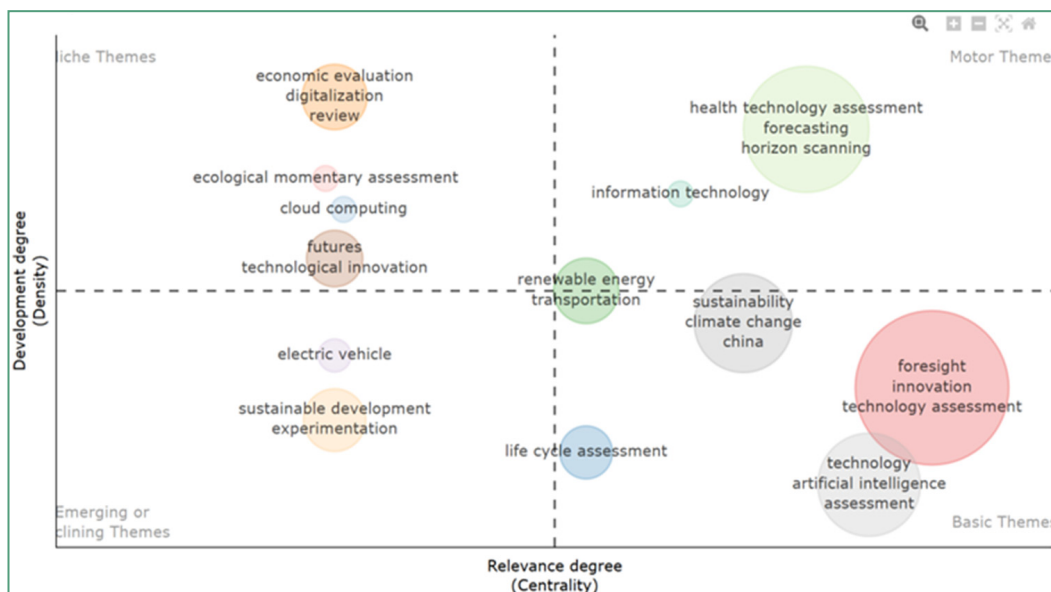
در مجموع، نقشه مضامین نشان می‌دهد که حوزه آینده‌نگاری در سیاست فناوری و نوآوری از ساختاری نسبتاً متوازن برخوردار است. از یک‌سو، موضوعات محوری مانند آینده‌نگاری، نوآوری و ارزیابی فناوری همچون زیرساخت مفهومی پایدار عمل می‌کنند و هم‌زمان با فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی در حال غنی‌تر شدن هستند. از سوی دیگر، حوزه‌های تخصصی مانند ارزیابی فناوری سلامت و افقی‌بایی در پزشکی به سطح بلوغ و راهبری رسیده‌اند. در عین حال، موضوعات نوظهور مربوط به توسعه پایدار، گذار انرژی یا حمل‌ونقل پاک و سیاست‌گذاری آزمایشی می‌توانند مسیرهای آینده این میدان را شکل دهند؛ بنابراین، سیر تحول مفهومی این حوزه به سمت همگرایی میان پیش‌نگری، فناوری‌های هوشمند و حکمرانی مأموریت‌محور در حال پیشروی است و این سه محور، مسیر تکامل آینده پژوهش‌های سیاست فناوری و نوآوری را تعیین می‌کنند.

ربع نقشه نشان می‌دهد که این حوزه در مرحله‌ای از تکامل قرار دارد که در آن برخی موضوعات به سطح محورهای راهبردی رسیده‌اند، در حالی که برخی دیگر هنوز در حال شکل‌گیری یا تخصصی شدن هستند. در این نقشه، محور افقی درجه ارتباط یا محوریت و محور عمودی درجه توسعه‌یافتگی یا چگالی را نشان می‌دهد و تفسیر جایگاه هر خوشه بر مبنای این دو شاخص انجام می‌شود.

در ربع بالا و راست که ناحیه موضوعات اصلی محسوب می‌شود، خوشه‌ای بزرگ و پررنگ شامل واژگان ارزیابی فناوری سلامت، پیش‌بینی و افقی‌بایی قرار دارد. این خوشه بیانگر حوزه‌ای است که هم از لحاظ نظری و هم از نظر کاربردی به سطح بالایی از بلوغ رسیده است و نقشی پیشرو در پیوند آینده‌نگاری با سیاست‌های بخش سلامت ایفا می‌کند. هم‌نشینی مفاهیمی چون ارزیابی فناوری سلامت و افقی‌بایی فناوری‌ها نشان می‌دهد که سیاست‌گذاران سلامت بیش از دیگر بخش‌ها از آینده‌نگاری به‌عنوان ابزار تصمیم‌سازی، ارزیابی ریسک و تعیین اولویت‌های سرمایه‌گذاری استفاده می‌کنند. در واقع، سلامت به یکی از عرصه‌های پیشرو سیاست‌گذاری پیش‌نگر تبدیل شده است. همچنین قرارگیری فناوری اطلاعات در همین ناحیه نشان می‌دهد که پیوند ابزارهای فناوری با سیاست‌گذاری پیش‌نگر در برخی زیرحوزه‌ها در حال تقویت است.

در ربع پایین و راست، خوشه‌ای بزرگ شامل آینده‌نگاری، نوآوری و ارزیابی فناوری قرار دارد که در ناحیه موضوعات پایه واقع شده است. جای‌گیری این خوشه در سطح بالای پیوند بالا اما با تراکم درونی متوسط، نشان‌دهنده آن است که این مجموعه مفاهیم شالوده نظری و زیربنای فکری کل حوزه را می‌سازند. حضور هم‌زمان آینده‌نگاری، نوآوری و ارزیابی فناوری به‌خوبی بیانگر تعامل میان پیش‌نگری، ارزیابی و نوآوری است. این خوشه از نظر جایگاه، زیرساخت مفهومی و نقطه تعادل شبکه دانشی محسوب می‌شود که سایر موضوعات از آن تغذیه می‌کنند. در همین ربع، خوشه دیگری نیز با واژگان «فناوری، هوش مصنوعی و ارزیابی» دیده می‌شود که نشان‌دهنده تثبیت تدریجی فناوری‌های هوشمند در چارچوب‌های ارزیابی و سیاست‌گذاری است.

در ربع پایین و چپ که ناحیه موضوعات نوظهور یا در حال افول است، خوشه‌هایی با واژگان خودروی برقی و نیز توسعه پایدار و سیاست‌گذاری آزمایشی دیده می‌شود. این خوشه‌ها هنوز به انسجام کامل نرسیده‌اند، اما جهت‌گیری آنها نشان‌دهنده ظهور رویکردهای نوین سیاست‌گذاری در حوزه گذار انرژی، حمل‌ونقل پاک و آزمایش‌های سیاستی است. این مفاهیم در سال‌های اخیر به‌تدریج در حال تثبیت‌اند و می‌توان انتظار داشت در آینده نزدیک به حوزه‌های



شکل ۳. نقشه مضامین

بود. موضوعاتی همچون تغییرات اقلیمی، ارزیابی آبی بوم‌شناختی و سیاست در کنار آینده‌نگاری ظاهر شدند و نشان دادند که آینده‌نگاری از مرز فناوری عبور کرده و به سمت پیش‌نگری اجتماعی و زیست‌محیطی حرکت کرده است. هم‌زمان، مطالعات موردی کشورها مانند کره بیانگر تقویت بُعد تجربی و مقایسه‌ای در این دوره است. در واقع، آینده‌نگاری در این برهه به ابزاری برای تحلیل پایداری و سیاست‌گذاری ملی تبدیل شد.

در دوره سوم (۲۰۱۹ تا ۲۰۲۲)، تحول حوزه شتاب بیشتری گرفت و آینده‌نگاری وارد مرحله همگرایی با فناوری‌های نوین و مأموریت‌های جهانی شد. موضوعاتی چون آف‌یابی، دیجیتالی شدن، ارزیابی چرخه عمر ۳ و وسیله نقلیه الکتریکی به‌خوبی نشان می‌دهند که آینده‌نگاری به‌صورت فعال در سیاست‌گذاری فناوری‌های سبز و انتقال انرژی استفاده شده است. هم‌زمان، تأثیر بحران کووید-۱۹ نیز باعث ظهور موقت موضوع «کووید-۱۹» شد که نشان‌دهنده واکنش سریع حوزه به تحولات بحرانی جهانی است. این دوره را می‌توان دوره تقویت آینده‌نگاری در پیوند با سیاست علم و فناوری و ابزارهای جدید ارزیابی دانست.

در نهایت، در دوره چهارم (۲۰۲۳ تا ۲۰۲۵)، نقشه نشان می‌دهد که تمرکز حوزه به سمت فناوری‌های هوشمند، پایداری و حکمرانی آینده‌نگر حرکت کرده است. موضوعاتی مانند هوش مصنوعی، وسیله نقلیه الکتریکی، آینده‌نگاری، حکمرانی، نوآوری و پایداری نمایانگر

شکل ۳ نقشه مضامین و دقیق‌ترین نمای مفهومی بلوغ و اهمیت خوشه‌های پژوهشی را نشان می‌دهد. محور افقی بیانگر اهمیت و پیوند هر خوشه با دیگر حوزه‌هاست و محور عمودی نشان‌دهنده بلوغ درونی و انسجام پژوهشی آن خوشه است.

### تحلیل تحول مفهومی مضامین در طی زمان

نقشه تحول زمانی موضوعات، روند شکل‌گیری و دگرگونی محتوایی پژوهش‌ها در حوزه آینده‌نگاری و سیاست فناوری و نوآوری را از اواخر دهه ۱۹۶۰ تا سال‌های اخیر نشان می‌دهد. این روند چهار مرحله اصلی را طی کرده است که هریک بیانگر گسترش افق مفهومی و نهادی این حوزه است.

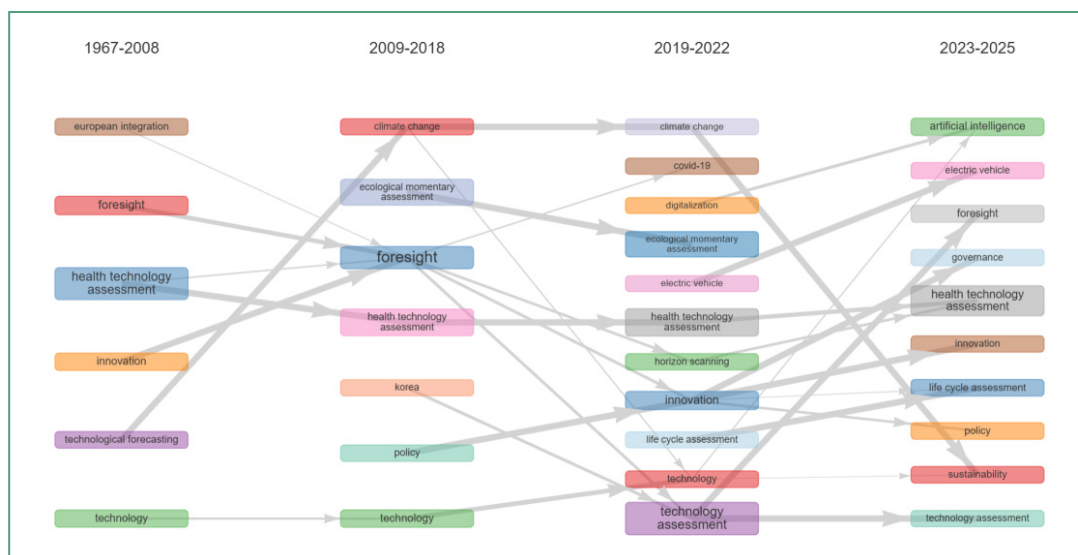
در دوره نخست (۱۹۶۷ تا ۲۰۰۸)، پیشینه پژوهش بیشتر بر بنیان‌گذاری مفاهیم اولیه متمرکز بود. واژگانی همچون آینده‌نگاری، پیش‌بینی فناوری، نوآوری و فناوری در کنار ارزیابی فناوری سلامت و حتی یکپارچگی اروپا قرار دارند که نشان می‌دهد در این دوره، آینده‌نگاری به‌طور هم‌زمان در دو مسیر نظری و سیاستی در حال پیشرفت بوده است: از یک‌سو، به‌عنوان ابزار پیش‌بینی و ارزیابی فناوری در سطح بخشی، به‌ویژه در سلامت و ازسوی دیگر، در قالب برنامه‌های سیاستی منطقه‌ای مانند اتحادیه اروپا. در این مقطع، آینده‌نگاری عمدتاً در خدمت توسعه صنعتی و برنامه‌ریزی فناوری بود.

در دوره دوم (۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸)، حوزه شاهد یک گسترش چندرشته‌ای و تقویت ارتباط با چالش‌های زیست‌محیطی و اجتماعی

مأموریت‌محور و سپس به حکمرانی آینده‌نگر همگرا با فناوری‌های هوشمند گذر کرده است. این مسیر سه تحول اساسی را آشکار می‌سازد: نخست، حرکت از کاربردهای بخشی به رویکردهای سیستمی؛ دوم، از تمرکز بر پیش‌بینی و ارزیابی به سمت هم‌پیوندی با حکمرانی و یادگیری سیاستی؛ و سوم، از فناوری‌های صنعتی به فناوری‌های هوشمند و پایداری‌محور. بر این اساس، آینده‌پژوهی در این حوزه به احتمال زیاد به سمت تلفیق آینده‌نگاری، هوش مصنوعی و سیاست‌گذاری چابک در پاسخ به چالش‌های جهانی پیش خواهد رفت.

همگرایی سه محور اصلی هستند: پیوند آینده‌نگاری با فناوری‌های هوشمند، ادغام آن با سیاست‌های مأموریت‌محور در حوزه انرژی و پایداری و نهایتاً ورود آن به سطح حکمرانی و سیاست‌گذاری کلان. حضور هم‌زمان واژه‌هایی چون حکمرانی و سیاست در این مقطع نشان می‌دهد که آینده‌نگاری دیگر صرفاً ابزار شناخت نیست، بلکه به صورت یک چارچوب نهادی برای یادگیری سیاستی و تنظیم نوآوری درآمده است.

به طور کلی، سیر تحول نشان می‌دهد که پیشینه پژوهش از مرحله اولیه پیش‌بینی فناوریانه به مرحله ارزیابی و سیاست‌گذاری



شکل ۴. نقشه تحول زمانی موضوعات

## بحث

فراهم شود (Kuhlmann & Rip, 2018; Voß et al., 2006). تحلیل ابرواژگان این گذار را به صورت چندبعدی تأیید می‌کند. تمرکز هم‌زمان بر مفاهیمی چون آینده‌نگاری، ارزیابی فناوری، نوآوری، حکمرانی و پایداری نشان‌دهنده حرکت از رویکرد خطی و فناوریانه به سمت رویکردی سیستمی و اجتماعی است (Miles, 2012). در این چارچوب، آینده‌نگاری در کنار سنجش پیامدها و جهت‌دهی نوآوری قرار می‌گیرد و این هم‌نشینی، بیانگر تغییر در منطق سیاست‌گذاری به تصمیم‌سازی مبتنی بر شواهد و پاسخ‌گویی عمومی است. از این منظر، یافته‌ها بر ضرورت یکپارچه‌سازی آینده‌نگاری با سازوکارهای ارزیابی فناوری تأکید دارند؛ به گونه‌ای که پیش‌نگری و سنجش پیامدها به صورت هم‌زمان در فرایند سیاست‌گذاری عمل کنند. تجربه حوزه سلامت به عنوان یکی از حوزه‌های پیشرو، در مطالعه کولمن<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان می‌دهد که چنین یکپارچگی‌ای می‌تواند به

تحلیل شاخص‌های علم‌سنجی نشان می‌دهد که حوزه آینده‌نگاری در سیاست فناوری و نوآوری طی بیش از پنج دهه، از یک فعالیت فنی مبتنی بر پیش‌بینی فناوری به چارچوبی نهادی برای حکمرانی پیش‌نگر تحول یافته است. این تحول با روایت‌های کلاسیک آینده‌نگاری هم‌راستاست؛ به طوری که در مراحل اولیه، تمرکز اصلی بر پیش‌بینی فناوری‌های نوظهور در سطح ملی و صنعتی بوده است (Georghiou et al., 2008). بالین حال، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در دوره‌های اخیر، آینده‌نگاری به هسته گفتمان سیاست فناوری و نوآوری نزدیک شده و نقش آن از پیش‌بینی صرف به تصمیم‌سازی و حکمرانی تغییر یافته است. این جابه‌جایی کارکردی دلالت مهمی دارد: آینده‌نگاری دیگر ابزار تحلیلی منفصل نیست، بلکه به عنوان ظرفیت نهادی باید در چرخه‌های یادگیری سیاستی ادغام شود تا امکان تطبیق مستمر با عدم قطعیت‌های محیطی

1. Kuhlmann

بهبود کیفیت تصمیم‌گیری و اولویت‌گذاری منجر شود (Kuhlmann, 2001; Georgiou & Harper, 2011).

حضور مفاهیمی چون ابرچالش، آزمایش و سیاست‌های مأموریت‌محور نیز نشان می‌دهد که پیشینه پژوهش به‌طور فزاینده‌ای به‌سمت حل مسائل پیچیده و میان‌بخشی حرکت کرده است. در این راستا، مازوکاتو<sup>۱</sup> نیز بیان می‌کند که آینده‌نگاری به ابزاری برای هم‌راستاسازی ذی‌نفعان و جهت‌دهی نوآوری در راستای اهداف عمومی تبدیل شده است (Mazzucato, 2006). بنابراین، نقش آینده‌نگاری در سیاست‌گذاری صرفاً تولید دانش آینده نیست، بلکه تسهیل فرایندهای اجماع‌سازی و مسیرسازی در سیاست‌های مأموریت‌محور است. این تغییر کارکرد، بیانگر گذار از سیاست‌گذاری بخشی به حکمرانی مسئله‌محور است.

ازسوی دیگر، برجستگی واژگان مرتبط با هوش مصنوعی و دیجیتالی شدن نشان‌دهنده ظهور موج جدیدی از داده‌محوری در آینده‌نگاری است. این تحول، آینده‌نگاری را به‌سمت تحلیل‌های الگوریتمی و استفاده از کلان داده‌ها سوق می‌دهد (Mager & Katzenbach, 2021). در نتیجه، سیاست‌گذاری آینده‌نگر مستلزم توسعه ظرفیت‌های تحلیلی مبتنی بر داده برای پایش مستمر روندها و به‌روزرسانی سناریوهاست. بااین‌حال، یافته‌ها همچنین نشان می‌دهد که این روند بدون توجه به ابعاد حکمرانی و ملاحظات اخلاقی فناوری نمی‌تواند به نتایج مطلوب منجر شود (Jasanoff, 2015). بنابراین، ادغام هوش مصنوعی در آینده‌نگاری باید هم‌زمان با توسعه چارچوب‌های تنظیم‌گری و اخلاقی صورت گیرد.

تحلیل شبکه هم‌واژگانی ساختار درونی این تحولات را روشن‌تر می‌کند. شکل‌گیری سه کانون اصلی پیرامون آینده‌نگاری، ارزیابی فناوری و نوآوری نشان می‌دهد که این حوزه به‌سمت یکپارچگی میان علم، فناوری و سیاست حرکت کرده است (Georgiou et al., 2008; Secundo, Ndou, Del Vecchio, & De Pascale, 2020). در این میان، آینده‌نگاری نقش سازوکار واسط را ایفا می‌کند که هم به تولید دانش و هم به هماهنگی نهادی کمک می‌کند. این نقش واسطه، به‌ویژه در گذار به‌سمت حکمرانی بازتابی و یادگیرنده اهمیت پیدا می‌کند؛ جایی که سیاست‌گذاری نیازمند تعامل مستمر میان دولت، صنعت و جامعه است (Kuhlmann & Rip, 2018). در امتداد این یافته‌ها، برجستگی حوزه‌هایی مانند سلامت، انرژی و تغییرات اقلیمی نشان می‌دهد که آینده‌نگاری به‌طور فزاینده‌ای در خدمت سیاست‌های گذار و چالش‌های کلان قرار گرفته است (OECD, 2019). این موضوع بیانگر آن است که آینده‌نگاری از

سطح تحلیل فناوری‌های منفرد فراتر رفته و به ابزاری برای طراحی و هدایت گذارهای اجتماعی-فناورانه تبدیل شده است. در این چارچوب، استفاده از رویکردهای سیاست‌گذاری آزمایشی به‌عنوان ضرورت مطرح می‌شود؛ به‌گونه‌ای که سیاست‌ها در مقیاس محدود آزمون شوند و از طریق یادگیری تدریجی بهبود یابند (Mazzucato, 2006). تحلیل تحول زمانی موضوعات نیز این گذار را در بُعد تاریخی تأیید می‌کند. در دوره نخست (۱۹۶۷-۲۰۰۸)، تمرکز بر پیش‌بینی فناوری و توسعه صنعتی بوده است. در دوره دوم (۲۰۰۹-۲۰۱۸)، ورود مسائل پایداری و تغییرات اقلیمی، آینده‌نگاری را به سطح سیاست‌های کلان ارتقا داده است. در دوره سوم (۲۰۱۹-۲۰۲۲)، پیوند با ابزارهای تحلیلی پیشرفته و سیاست‌گذاری گذارها تقویت شده و در دوره چهارم (۲۰۲۳-۲۰۲۵)، ادغام با هوش مصنوعی و حکمرانی داده‌محور به‌عنوان ویژگی غالب ظهور کرده است. این تحولات نشان می‌دهد که تغییرات حوزه تابع سه محرک اصلی بوده است: افزایش عدم قطعیت، حرکت به‌سمت سیاست‌های مأموریت‌محور، و بلوغ ابزارهای داده‌محور (Davidson et al., 2023).

در مجموع، یافته‌ها نشان می‌دهد که آینده‌نگاری در سیاست فناوری و نوآوری در حال گذار به چارچوب حکمرانی یکپارچه‌ای است که سه ویژگی کلیدی دارد: نهادی شدن فرایندهای سیاستی، ادغام با ابزارهای داده‌محور، و هم‌راستاسازی با اهداف مأموریت‌محور جهانی. این تحول، مسیر آینده پژوهش و سیاست‌گذاری را به‌سمت توسعه ظرفیت‌های یادگیری نهادی، تقویت تحلیل‌های هوشمند، و طراحی سیاست‌های انعطاف‌پذیر و آزمایشی هدایت می‌کند.

## نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف تبیین تحول پیشینه آینده‌نگاری در سیاست فناوری و نوآوری طی بازه زمانی ۱۹۶۷ تا ۲۰۲۵ انجام شد. برای دستیابی به این هدف، از رویکرد تحلیل علم‌سنجی و ابزارهایی مانند تحلیل ابرواژگان، شبکه هم‌واژگانی، نقشه مضامین و تحلیل تحول زمانی موضوعات استفاده شد تا ساختار مفهومی و روندهای تحول این حوزه به‌صورت نظام‌مند شناسایی شود.

نتایج نشان داد که آینده‌نگاری از رویکردی عمدتاً پیش‌بینی‌محور، به چارچوبی نهادی برای حکمرانی پیش‌نگر و یادگیری سیاستی تحول یافته است. این تحول در سطوح مختلف قابل مشاهده است: در سطح مفهومی، پیوند میان آینده‌نگاری، ارزیابی فناوری و نوآوری به‌عنوان هسته حوزه شکل گرفته است؛ در سطح نهادی، آینده‌نگاری به ابزاری برای هماهنگی و تعامل میان ذی‌نفعان تبدیل شده است؛ در سطح مأموریتی، این حوزه با چالش‌های کلان مانند پایداری و تغییرات

## یکپارچه‌سازی نهادهای آینده‌نگاری، ارزیابی فناوری و سنجش پیامدهای اجتماعی

شبکه هم‌واژگانی در این پژوهش به‌وضوح پیوند مفهومی میان آینده‌نگاری و ارزیابی فناوری را نشان داد. در ایران، این دو حوزه کاملاً از یکدیگر منفک‌اند: آینده‌نگاری (در حد محدود خود) عمدتاً به شناسایی فناوری‌های اولویت‌دار می‌پردازد و ارزیابی فناوری، مفهوم و ساختار نهادهای مشخصی ندارد. این شکاف موجب می‌شود فناوری‌هایی که با عنوان اولویت‌دار معرفی می‌شوند، بدون سنجش پیشینی پیامدهای فرهنگی، اجتماعی، امنیتی و زیست‌محیطی توسعه یابند. با الگوگیری از دفاتر ارزیابی فناوری پارلمانی در اروپا (مانند OPECST در فرانسه)، می‌توان دفتر ارزیابی و آینده‌نگاری فناوری را در مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی یا معاونت علمی ریاست‌جمهوری تأسیس کرد. این دفتر می‌تواند پیش از تخصیص بودجه‌های کلان به فناوری‌های نوظهور (مانند هوش مصنوعی، مهندسی ژنتیک یا انرژی هسته‌ای کوچک‌مقیاس)، گزارش‌های ارزیابی پیامدها را با رویکردی مشارکتی و مبتنی بر سناریوهای آینده تهیه و به مجلس و دولت ارائه کند. چنین سازوکاری تاب‌آوری سیاستی را افزایش می‌دهد و از غافلگیری‌های فناوریانه و اجتماعی جلوگیری می‌کند.

## جهت‌دهی به نظام نوآوری از طریق سیاست‌های مأموریت‌محور هم‌راستا با آینده‌نگاری کلان‌چالش‌ها

تحلیل تحول تاریخی، هم‌راستایی آینده‌نگاری با چالش‌های کلان پایداری را نشان داد. کشور ایران با چالش‌های عظیم و انکارناپذیری در حوزه‌هایی فراتر از اقتصاد دیجیتال روبه‌روست: از جمله بحران ناترازی شدید انرژی، فرونشست زمین، کمبود منابع آبی، و ناپایداری نظام غذایی. این چالش‌ها ماهیتاً چالش‌هایی سرکش‌اند و راه‌حلی ساده و تک‌بعدی ندارند. به‌جای تعریف اولویت‌های پراکنده و فهرست‌وار فناوری‌ها، شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف) می‌تواند چالش‌های مأموریت‌محور ملی را مبتنی بر فرایندهای آینده‌نگاری تعریف کند. مثلاً، یک مأموریت را می‌توان دستیابی به تاب‌آوری آبی و غذایی در افق ۱۴۳۰ از طریق راه‌حل‌های ترکیبی سخت (فناورانه) و نرم (اجتماعی و حکمرانی) تعریف کرد. آنگاه با انتشار فراخوان‌های مأموریت‌گرا، همه دستگاه‌ها (وزارت نیرو، جهاد کشاورزی، سازمان محیط‌زیست)، دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان حول این مأموریت مشترک هم‌راستا شوند. آینده‌نگاری در این فرایند، ابزاری برای تدوین نقشه راه گذار<sup>۱</sup> و هماهنگ‌سازی بازیگران متنوع خواهد بود، نه صرفاً فهرست‌کردن ابزارهای فناوریانه.

اقلیمی هم‌راستا شده؛ و در سطح فناوریانه، به‌سمت بهره‌گیری از داده‌ها و فناوری‌های هوشمند حرکت کرده است. همچنین تحلیل تاریخی نشان داد که این تحولات در پاسخ به تغییر ماهیت مسائل سیاستی و افزایش پیچیدگی محیط تصمیم‌گیری شکل گرفته‌اند.

نوآوری این پژوهش در ارائه تصویری یکپارچه از منطق تحول آینده‌نگاری در سیاست فناوری و نوآوری است. برخلاف مطالعات پیشین که غالباً به بررسی بخشی یا موضوعی این حوزه پرداخته‌اند، این پژوهش با ترکیب چند ابزار علم‌سنجی، توانسته است ارتباط میان ابعاد مفهومی، نهادی، مأموریتی و فناوریانه را هم‌زمان تبیین کند و مسیر گذار این حوزه از پیش‌بینی فناوری به حکمرانی آینده‌نگر را روشن سازد.

## دلالت‌ها و پیشنهادهای سیاستی

بر اساس یافته‌های این پژوهش و با توجه به شرایط خاص نظام سیاست‌گذاری فناوری و نوآوری در ایران، دلالت‌ها و پیشنهادهای سیاستی زیر به‌صورت تفصیلی ارائه می‌شود. این پیشنهادها به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که از یک‌سو، با مسیر بلوغ جهانی حوزه هم‌خوانی داشته باشند و از سوی دیگر، چالش‌های خاص نهادی، ساختاری و اقتصادی ایران را مدنظر قرار دهند.

## بازتعریف آینده‌نگاری به‌عنوان ظرفیت نهادی و نه صرفاً پروژه‌های موقت

یافته‌ها حاکی از آن است که در سطح جهانی، آینده‌نگاری از پروژه‌های مقطعی و منفصل، به نهادها و واحدهای پایدار با کارکرد یادگیری سیاستی تبدیل شده است. در ایران، وجه غالب آینده‌نگاری (در محدود سازمان‌هایی که به آن می‌پردازند) محدود به پروژه‌های مطالعاتی معطوف به تدوین سندهای بالادستی (مانند سند چشم‌انداز یا نقشه جامع علمی کشور) بوده و فاقد فرایند تناوبی برای بازبینی، روزآمدسازی و یادگیری از خطاهاست. به‌جای خرید پروژه‌های آینده‌نگاری از مشاوران خارج از دولت، باید در دل نهادهای اصلی سیاست‌گذار (مانند معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست‌جمهوری، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و سازمان برنامه‌بودجه)، واحدهای دائمی رصد و آینده‌نگاری راهبردی تأسیس شود. مأموریت این واحدها نه‌فقط پیش‌بینی فناوری‌های نوین، بلکه تسهیل گفت‌وگوی مستمر میان دولت، دانشگاه و صنعت برای بازشناسی مداوم آینده‌های بدیل و اصلاح مسیر سیاست‌های جاری خواهد بود. در فقدان چنین ظرفیتی، اسناد چشم‌انداز پس از اندک‌زمانی دچار «فرسودگی راهبردی» می‌شوند و از تحولات واقعی جهان عقب می‌مانند.

## بهره‌گیری از کلان‌داده‌ها و فناوری‌های هوشمند در حکمرانی پیش‌نگر؛ با ملاحظات بومی

علمی برای انتشار منظم هشدارهای راهبردی مجهز باشد.

### توصیه‌هایی برای پژوهش‌های آتی با تمرکز بر ایران

در نهایت، با توجه به شکاف عمیق دانشی شناسایی‌شده، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی بر آسیب‌شناسی نهادی واحدهای محدود آینده‌نگار در ایران (مانند تجارب ستاد ویژه توسعه فناوری نانو یا زیست‌فناوری) با استفاده از روش‌های کیفی همچون مطالعه موردی تطبیقی متمرکز شوند تا مشخص شود چرا این تجارب نسبتاً موفق، به رویه‌ای نظام‌مند در کل دولت تبدیل نشده‌اند. همچنین، تحقیق در زمینه طراحی سامانه هشدار سریع فناورانه برای شناسایی آسیب‌پذیری‌ها و فرصت‌های ایران در زنجیره‌های ارزش جهانی تحت تأثیر فناوری‌های تحول‌آفرین، بسیار راهگشا خواهد بود. تحلیل نقش آینده‌نگاری در مدیریت تعارض ذی‌نفعان در پروژه‌های کلان ملی (مشابه طرح‌های انتقال آب یا خودکفایی در محصولات راهبردی) نیز می‌تواند مسیر فهم بومی‌سازی این دانش را هموارتر کند.

حرکت جهانی به‌سمت آینده‌نگاری داده‌محور<sup>۱</sup> شتاب گرفته است. در ایران، ضعف در حکمرانی داده<sup>۲</sup> مانعی جدی است. داده‌های پژوهشی، اقتصادی و اجتماعی غالباً جزیره‌ای، ناپیوسته و دور از دسترس برای تحلیل‌های میان‌بخشی هستند. ایجاد رصدخانه ملی علم، فناوری و آینده با حکمیت شورای عالی عتف و با مشارکت مرکز آمار ایران، پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایراندک)، و معاونت علمی می‌تواند گام نخست باشد. این رصدخانه باید با استفاده از روش‌های وب‌کاوی، تحلیل شبکه‌های اجتماعی علمی، تحلیل پروانه‌های ثبت اختراع و متن‌کاوی اسناد سیاستی، به‌طور پیوسته نشانه‌های ضعیف تغییرات فناورانه و اجتماعی را پایش کند. به‌موازات آن، ضروری است مقررات دسترسی و اشتراک‌گذاری داده‌های دولتی (با رعایت ملاحظات امنیت ملی و حریم خصوصی) به‌گونه‌ای بازنگری شود که امکان هوشمندی راهبردی برای سیاست‌گذاران فراهم آید. برای جلوگیری از سیاست‌زدگی و گسست داده‌ها، این رصدخانه باید به آزادی عمل

## References

- Chulok, A. (2021). Applying blended foresight methods for revealing incentives and future strategies of key national innovation system players. *Engineering Management in Production and Services*, 13(2), 85-103. <https://doi.org/10.2478/emj-2021-0038>
- Cuhls, K. (2015). *Foresight – handbook of innovation policy*. Berlin: Springer.
- Cuhls, K., Dönitz, E., Erdmann, L., Gransche, B., Kimpeler, S., Schirrmeister, E., & Warnke, P. (2024). Foresight: Fifty years to think your futures. In J. Jochem (Ed.), *Handbook of technology foresight and futures research* (pp. 74-88). Cham: Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-66100-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-66100-6_4)
- Davidson, E., Wessel, L., Winter, J. S., & Winter, S. (2023). Future directions for scholarship on data governance, digital innovation, and grand challenges. *Information and Organization*, 33(1), 2023,100454. <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2023.100454>
- Ehls, D., Gordon, A., Herstatt, C., & Rohrbeck, R. (2022). Guest Editorial: Foresight in strategy and innovation management. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 69(2), 483-492. <https://doi.org/10.1109/tem.2021.3077342>
- Engels, F., Wentland, A., & Pfotenhauer, S. M. (2019). Testing future societies? Developing a framework for test beds and living labs as instruments of innovation governance. *Research Policy*, 48(9), 103826. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.103826>
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance*/C. London: London Printer.
- Gaponenko, N. (2021). In search of sectoral foresight methodology: Bridging foresight and sectoral system of innovation and production. *Futures*, 132, 102859. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2021.102859>
- Georghiou, L., & Harper, J. C. (2011). From priority-setting to articulation of demand: Foresight for research and innovation policy and strategy. *Futures*, 43(3), 243-251. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2010.11.003>
- Georghiou, L., Harper, J., Keenan, M., Miles, I., & Popper, R. (2008). *The handbook of technology foresight*. Worcestershire: Edward Elgar.
- Gordon, A. V., Ramic, M., Rohrbeck, R., & Spaniol, M. J. (2020). 50 years of corporate and organizational foresight: Looking back and going forward. *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119966. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119966>
- Gudowsky, N., & Peissl, W. (2016). Human centred science
1. Foresight 3.0
  2. Data Governance

- and technology—transdisciplinary foresight and co-creation as tools for active needs-based innovation governance. *European Journal of Futures Research*, 4(1), 8. <https://doi.org/10.1007/s40309-016-0090-4>
- Hafezi, R. (2021). Foresight, and science, technology and innovation policy. *Rahyafi*, 31(3), 123-128. (Persian) <https://doi.org/10.22034/rahyafi.2022.13945>
- Harper, J. C. (2016). The impact of technology foresight on innovation and innovation policy. In J. Edler, P. Cunningham, A. Gök, & P. Shapira (Eds.), *Handbook of innovation policy impact* (pp. 483-504). Cheltenham: Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781784711856.00023>
- Havas, A., Schartinger, D., & Weber, M. (2010). The impact of foresight on innovation policy-making: recent experiences and future perspectives. *Research Evaluation*, 19(2), 91-104. <https://doi.org/10.3152/095820210X510133>
- Jasanoff, S. (2015). *Dreamscapes of modernity: Sociotechnical imaginaries and the fabrication of power*. Chicago: University of Chicago Press.
- Ko, B. K., & Yang, J. S. (2024). Developments and challenges of foresight evaluation: Review of the past 30 years of research. *Futures*, 155, 103291. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2023.103291>
- Kristóf, T. (2024). Development tendencies and turning points of futures studies. *European Journal of Futures Research*, 12(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s40309-024-00231-7>
- Kristóf, T., & Nováky, E. (2023). The story of futures studies: An interdisciplinary field rooted in social sciences. *Social Sciences*, 12(3), 192. <https://doi.org/10.3390/socsci12030192>
- Kuhlmann, S. (2001). Future governance of innovation policy in Europe-three scenarios. *Research policy*, 30(6), 953-976. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(00\)00167-0](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(00)00167-0)
- Kuhlmann, S., & Rip, A. (2018). Next generation innovation policy and grand challenges. *Science and Public Policy*, 45(4), 448-454. <https://doi.org/10.1093/scipol/scy011>
- Kvasha, T. (2022). *Foresight research as a strategic planning component*. University Scientific Notes, 1-2 (85-86), 184-194. (Ukrainian) <https://doi.org/10.37491/unz.85-86.15>
- Kvasha, T., & Musina, L. (2021). *Foresight as a tool of public administration in STI*. <https://doi.org/10.23939/eem2021.01.090>
- Lundvall, B.-Å. (1992). *National Systems of Innovation*. London: Pinter.
- Lynch, C. R. (2020). Contesting digital futures: Urban politics, alternative economies, and the movement for technological sovereignty in Barcelona. *Antipode*, 52(3), 660-680. <https://doi.org/10.1111/anti.12522>
- Mager, A., & Katzenbach, C. (2021). Future imaginaries in the making and governing of digital technology: Multiple, contested, commodified. *New Media & Society*, 23(2), 223-236. <https://doi.org/10.1177/1461444820929321>
- Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policies: Challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 803-815. <https://doi.org/10.1093/icc/dty034>
- Meissner, D., Gokhberg, L., & Sokolov, A. (2013). *Science, technology and innovation policy for the future*. Dordrecht: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-31827-6>
- Miles, I. (2012). Foresight and the transition to sustainable innovation systems. *Technological Forecasting & Social Change*, 79(2), 341-351.
- Miles, I., Meissner, D., Vonortas, N. S., & Carayannis, E. (2017). Technology foresight in transition. *Technological Forecasting and Social Change*, 119, 211-218. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.04.009>
- Namdarian, L., Hasanzadeh, A., & Elahi, S. (2012). Investigating the impact of foresight on policy making in science, technology and innovation. *Rahyafi*, 22(51), 5-13. (Persian)
- OECD. (2019). *Directorate for science, technology and innovation, committee for scientific and technological policy; 2019 EC/OECD science, technology and innovation policy survey*. Retrieved from: [https://one.oecd.org/document/DSTI/STP\(2019\)17/en/pdf](https://one.oecd.org/document/DSTI/STP(2019)17/en/pdf)
- Ouma-Mugabe, J., Botha, A., & Letaba, P. (2024). Institutionalizing foresight in science, technology, and innovation in sub-Saharan Africa. *Development Policy Review*, 42, e12789. <https://doi.org/10.1111/dpr.12789>
- Pakzad, M., Taghavi, M., & Etemadi Fard, A. (2010). Futurism technology tool for determining the priorities of science and technology case study South Korea experience. *Rahyafi*, 20(46), 63-75. (Persian)
- Rosa, A. B., Kimpeler, S., Schirmmeister, E., & Warnke, P. (2021). Participatory foresight and reflexive innovation: setting policy goals and developing strategies in a bottom-up, mission-oriented, sustainable way. *European Journal of Futures*

- Research*, 9(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s40309-021-00171-6>
- Secundo, G., Ndou, V., Del Vecchio, P., & De Pascale, G. (2020). Sustainable development, intellectual capital and technology policies: A structured literature review and future research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119917. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119917>
- Sedighi, M. S., Borumand Kakhki, A., Asghari, S., & Tofighi, S. (2021). A review on methods and applications of foresight in health policy: International practices and national considerations. *Rahyaf*, 31(1), 109-133. (Persian) <https://doi.org/10.22034/rahyaf.2021.10513.1162>
- Voß, J.-P., & Kemp, R. (2006). Sustainability and reflexive governance: Introduction. In J. P. Voß, D. Bauknecht, & R. Kemp (Eds.), *Reflexive governance for sustainable development* (pp. 3-30). Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Zwitter, A., & Hazenberg, J. (2020). Decentralized network governance: Blockchain technology and the future of regulation. *Frontiers in Blockchain*, 3, 12. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.00012>



### زهره کریمیان

دانش‌آموخته دکتری سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری از دانشگاه تهران و هم‌اکنون عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب است. حوزه‌های اصلی پژوهش او شامل سیاست‌گذاری نوآوری، حکمرانی علم و فناوری، و شبکه‌های سیاست‌گذاری در ایران است. مقالات او در نشریات بین‌المللی معتبری مانند Science and Public Policy و Foresight and STI Governance منتشر شده‌اند. پژوهش‌های اخیر وی به بررسی مأموریت‌ها و عملکرد نهادهای پژوهش عمومی و تدوین چارچوب‌های حکمرانی پژوهش‌های پایه اختصاص دارد. افزون بر فعالیت‌های دانشگاهی، دکتر کریمیان با معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست‌جمهوری همکاری داشته و با تلفیق از دانش علمی و تجربه سیاستی، در تقویت ارتباط میان دانشگاه و سیاست‌گذاری در اقتصاد دانش‌بنیان ایران نقش‌آفرینی کرده است.



### مریم نوذری

دانش‌آموخته دکتری مدیریت فناوری و عضو هیئت علمی گروه مدیریت فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی است. حوزه اصلی پژوهش او همکاری و یادگیری فناوریانه، به‌ویژه در حوزه انرژی است و تاکنون مقالاتی از ایشان در نشریه‌های معتبر بین‌المللی مانند Energy Strategy Reviews و Resource Policy منتشر شده است. افزون بر آن، ایشان سابقه مدیریت تجاری‌سازی و تبادل فناوری در چندین مجموعه دولتی و خصوصی را در رزومه خود دارد.



### جواد رمضان قربانی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت کسب‌وکار، گرایش فناوری و دانشجوی دکتری مدیریت فناوری در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب است. هم‌اکنون در سمت دبیر کل انجمن میراث فوتبال فعالیت می‌کند. زمینه‌های تخصصی و تحقیقاتی شامل انتقال فناوری، دیپلماسی ورزش فناوری، تأثیرات فوتبال بر جوامع از جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و جامعه‌شناسی است.

