Journal of Strategic Futures Studies
Vol. 3, No. 11, Autumn 2024
pp. 103-128

Clustering and Mapping of Knowledge in Research Conducted in the Field of Road Mapping

Mohammad Yousefi[1]

Received: 25-03-2024 **Accepted: 15-07-2024**

Abstract

The development of effective methods to reduce future complexities and uncertainties and to address rapid and disruptive changes is an essential necessity in today's era. Roadmapping, as an effective tool for reducing the complexity of dynamic and complex systems, has attracted the attention of futurists. Consequently, given the diversity and multiplicity of issues related to roadmapping, numerous studies have been conducted in this field. The aim of this research is to identify research trends and emerging areas in the use of roadmapping. In this study, scientometric techniques were employed to analyze research trends in the field of roadmapping. For this purpose, 7,418 articles published between 1975 and December 2023 in the field of roadmapping were analyzed using the "Web of Science" database and the "VOSviewer" tool. The analysis included the citation network of articles, co-occurrence of keywords, collaboration among authors, and journal citations. Prominent authors, journals, and research domains were identified. According to the findings, the journals Technological Forecasting and Social Change and Solid State Technology have larger clusters compared to other journals, indicating their greater influence on the field of roadmapping. Additionally, Robert Phaal, Gerdsri Nathasit, Van Dreden, Daim Tugrul, Lee Sungjoo, and Zhang Yi were identified as the most influential authors in the field of roadmapping. Among the keywords used across the analyzed articles, terms such as technology roadmap, probabilistic roadmap, patent roadmap, policy, governance, decision-making, and strategy were recognized as the most frequently repeated keywords in the field of roadmapping.

Keywords: Road mapping, Trend analysis, Scientometric analysis, Clustering, Foresight.

1. Assistant Professor in the Futures Studies Department, Faculty of Vali Asr (AJ), Imam Hussein (AS) Comprehensive University, Tehran, Iran musefi.kh@gmail.com

فصلنامه آینده‌پژوهی راهبردی
سال سوم، شماره ۱۱، پاییز ۱۴۰۳
مقاله پنجم از صفحات ۱۰۳-۱۲۸

خوشه‌بندی و نگاشت دانش پژوهش‌های صورت‌گرفته در حوزه ره‌نگاشت

محمد یوسفی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۵

چکیده

توسعه روش‌هایی اثربخش به‌منظور کاستن پیچیدگی‌ها و عدم‌قطعیت‌های آینده و مواجهه با تغییرات سریع و گسسته یک ضرورت در عصر حاضر می‌باشد. ره‌نگاشت به‌عنوان یک ابزار مؤثر برای کاستن از پیچیدگی نظام‌های پیچیده و پویا مورد توجه آینده‌پژوهان می‌باشد. از این‌رو با توجه به تعدد و گوناگونی مسأله‌های مرتبط با ره‌نگاشت، پژوهش‌های متعددی در این حوزه صورت گرفته است. هدف از این پژوهش شناسایی روندهای تحقیقاتی و حوزه‌های نوظهور و مورد استفاده ره‌نگاشت می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از فنون علم‌سنجی، روند تحقیقات پژوهشگران در حوزه ره‌نگاشت تجزیه و تحلیل گردیده است. بدین منظور ۷۴۱۸ مقاله منتشرشده بین سال‌های ۱۹۷۵ تا دسامبر ۲۰۲۳ در حوزه ره‌نگاشت در پایگاه «وب آو ساینس» با استفاده از ابزار «ووس ویوور» تجزیه و تحلیل گردید و شبکه ارجاعات مقالات، هم‌رخدادی کلمات کلیدی، همکاری نویسندگان و ارجاعات مجلات تجزیه و تحلیل شده و نویسندگان، مجلات و حوزه‌های پژوهشی برجسته شناسایی شدند. بر این اساس نشریه «پیش‌بینی فناورانه و تغییرات اجتماعی» و «فناوری حالت جامد» گره بزرگتری نسبت به دیگر مجلات دارند که نشان‌دهنده تأثیر بیشتر آنها بر حوزه ره‌نگاشت است. همچنین روبرت فال، گردسری ناثاسیت، ون دریدن، دایم توگرول، لی سانگجو و زانگ یی، تأثیرگذارترین نویسندگان در حوزه ره‌نگاشت بوده‌اند. از میان کلمات کلیدی استفاده‌شده در کل مقالات بررسی‌شده نیز، کلمات نقشه راه فناوری، نقشه‌راه مبتنی بر احتمال، نقشه راه پتنت، سیاست، حکمرانی، تصمیم‌گیری و راهبرد، حائز بالاترین رتبه در تکرار بین مقالات حوزه ره‌نگاشت شناخته شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: ره‌نگاشت، تحلیل روند، تجزیه و تحلیل علم‌سنجی، خوشه‌بندی.

۱. استادیار گروه آینده‌پژوهی، دانشکده حضرت ولیعصر (عجل‌الله‌تعالی‌فرجه‌الشریف)، دانشگاه جامع امام حسین (علیه‌السلام)، تهران، ایران musefi.kh@gmail.com

مقدمه

در عصر حاضر افق زمانی بلندمدت و شدت پیچیدگی و عدم‌قطعیت‌های محیطی ناشی از آن، چالش‌هایی را در مسیر شکل‌دهی به آینده مطلوبی که برای خلق آن سرمایه‌گذاری شده است پدید آورده و همواره موجب نگرانی‌هایی در رهبران، مدیران ارشد، سرمایه‌گذاران و سایر ذی‌نفعان گردیده است (Phaal, Farrukh, & Probert, 2011, p. 5). این در حالی است که تحقق چشم‌انداز مطلوب موضوعی است که مورد انتظار می‌باشد و تلاش‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها را برای آن معنادار می‌کند. متعادل‌سازی سرمایه‌گذاری‌ها در اقدامات جاری در زمان آغاز تلاش‌ها در مسیر اهداف کلان کمک می‌کند تا جریان نقدینگی مورد نیاز برای تأمین مالی فعالیت‌های آینده فراهم گردد (de Alcantara & Martens, 2019, p. 127). همچنین برای تغییر فرایند توسعه راهبردی، نیاز به روش‌های نوینی در مدیریت سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری و محصول می‌باشد (Kim, Beckman & Agogino, 2018, p. 64). لذا جامعه علمی به‌شدت علاقمند به توسعه روش‌هایی اثربخش به‌منظور کاستن از پیچیدگی‌ها و عدم‌قطعیت‌های آینده و مواجهه با تغییرات سریع و گسسته می‌باشد و در این راستا به توسعه ابزارهای آینده‌پژوهانه متعددی نظیر رهنگاشت پرداخته‌است.رهنگاشت به‌عنوان یکی از پرکاربردترین روش‌های آینده‌پژوهی (Kishita, 2021)، امروزه از ابزارهای مهمی محسوب می‌شود که برای موضوعات گوناگون راهبردی و فناورانه و در سطوح جهانی، ملی، منطقه‌ای و شرکتی در حال استفاده و توسعه می‌باشد (Assi et al 2023; Spaltini et al, 2024; Gerdsri, 2021 & Abeynayake, 2022) . ازجمله دیگرپیامدهای به‌کارگیری این روش، کاهش هزینه‌ها، کمک به بهبود عملکرد و موفقیت نهایی سازمان می‌باشد (گردسی، ۲۰۲۰). خاستگاه این رویکرد منبعث از علاقه گروه‌های فناوری به برقراری ارتباط با گروه‌های صنعتی و بازرگانی است (فال و همکاران، ۱۳۹۵، ص. ۳۲) و این امر منجر به کاربرد این تکنیک در حوزه‌های مختلف نوآوری و فناوری‌های نوین گشته است. حوزه‌ها و زمینه‌هایی که امکان تهیه نقشه راه برای آنها وجود دارد، بسیار متنوع هستند. از این میان می‌توان به‌عنوان مثال، به حوزه‌های فناوری، علم و دانش و بازار اشاره نمود. یکی از پرکاربردترین نقشه‌های راه، نقشه راه فناوری است که به‌طور گسترده‌ای در صنایع گوناگون برای برنامه–ریزی راهبردی و بلندمدت به‌کار می‌رود. همچنین موارد بسیار متعددی مشاهده شده است که از رهنگاشت برای تحقق یک پروژه به‌ویژه در حوزه فناوری استفاده گردیده است. می‌توان گفت رهنگاشت یک ابزار آینده‌پژوهانه برای مدیریت راهبردی پروژه است. ویژگی کلیدی و متمایز

ره‌نگاشت، نمایش تصویری و ساختاریافته راهبرد است و از این طریق دیدگاه‌های گوناگونی را گردهم می‌آورد که برای ارزش بخشیدن به چشم‌انداز حیاتی است و با الهام از اسناد بالادستی، موضوعات مرتبط با اهداف و طرح و پروژه‌های موردنیاز را شکل می‌دهد و با نمایش اهداف، اقدامات و روابط موجود، درک مشترکی از برنامه‌ها را ایجاد می‌کند (Phaal et al. 2014). در یک تعریف ساده، می‌توان گفت ره‌نگاشت، روش کشف و توصیف آینده مطلوب و تبیین راه رسیدن به آن به زبانی ساده و قابل‌فهم برای سازمان است (chen et al. 2018). ره‌نگاشت یک نمای یکپارچه و هم‌نهشت را از برنامه‌های راهبردی در قالب گرافیکی یا جدول ارائه می‌دهد.

ره‌نگاشت به‌عنوان یکی از عناصر مطالعات آینده‌نگاری دارای تاریخچه‌ای نسبتاً کوتاه است که تنها به چنددهه اخیر برمی‌گردد (Willyard & McClees, 1987). اولین استفاده از ره‌نگاشت در شرکت موتورولا نیز برای همین منظور بوده است (Kostoff & Schaller, 2001). این ابزار برای اولین‌بار در شرکت موتورولا به‌دلیل پیچیدگی محصولات و فرایندها و ادراک خطر بی‌توجهی به برخی المان‌های مهم فناوری توسط این شرکت استفاده شد (Willyard, et al, 1987). ویژگی‌های خاص نقشه‌راه در پشتیبانی از سرمایه‌گذاری اثربخش باعث شده است تا به‌کارگیری ره‌نگاشت‌ها توجه زیادی را در طی سال‌های اخیر به خود معطوف کند و در نتیجه استفاده از آن‌ها در هر دو بخش دولتی و شرکتی توسعه یابد. بررسی اسناد نقشه راه دامنه عمومی توسط فال (۲۰۰۶) انجام شد و بیش از ۹۰۰ نمونه را از طیف گسترده‌ای از بخش‌ها، از جمله انرژی، حمل‌ونقل، هوا فضا، الکترونیک، فناوری اطلاعات و ارتباطات، تولید، ساخت‌وساز، مراقبت‌های بهداشتی، دفاع، مواد و علم شناسایی کرد.

ره‌نگاشت‌ها در حال حاضر فعالانه برای شکل‌دهی سیاست‌های نوآوری و سرمایه‌گذاری به‌کار می‌روند (Meissner, Gokhberg & Sokolov, 2013, p. 140).

با توجه به تعدد و گوناگونی مسائل مرتبط با ره‌نگاشت، سازمان‌ها و پژوهشگران، پژوهش‌های متعددی را در این حوزه انجام داده‌اند. لذا حجم زیاد پژوهش‌ها به‌عنوان چالشی برای شناسایی جهت‌گیری روندهای تحقیقاتی، حوزه‌های نوظهور، مؤسسات و پژوهشگران فعال در این حوزه محسوب می‌شود، هدف از این پژوهش، تجزیه و تحلیل علم‌سنجی پژوهش‌های منتشرشده درخصوص ره‌نگاشت است. در این پژوهش ۷۴۱۸ مقاله منتشرشده در حوزه ره‌نگاشت بررسی گردیده است. بدین‌منظور با تحلیل شبکه ارجاعات مجلات، ارجاعات مقالات، هم‌رخدادی کلمات کلیدی و همکاری نویسندگان، مجلات، نویسندگان و حوزه‌های پژوهشی برجسته در این حوزه

شناسایی شده‌اند.

۱. مبانی نظری

نگاشت دانش: ساختار و رشد ادبیات علمی پیچیده و بسیار پویاست. بازنمایی این پیچیدگی و پویایی به روشی قابل درک، به موضوعی مهم و چندوجهی در تحقیقات ساینتومتری[1] تبدیل شده است. نقشه‌برداری از چگونگی ارتباط دانش با حوزه‌های مختلف و شکل‌دهی به رشته‌ها، که فعالیتی میان‌رشته‌ای در تقاطع علوم اطلاعات، ریاضیات و علوم کامپیوتر است، به یکی از آموزنده‌ترین موضوعات در ساینتومتری تبدیل شده است که به جوامع گوناگونی فراتر از حوزه خود رسیده است .(CF.Fortunato et al. 2018)

نقشه‌برداری علمی، به‌عنوان یک ابزار تجسم داده برای ارائه نمای کلی از چشم‌انداز علمی، می‌تواند برای آشکار ساختن ساختار رشته، رصد تکامل علم و دانش، کشف جبهه‌ها و جهت‌گیری‌های پژوهش به‌کار گرفته شود. این روش که از نظر روش‌شناسی براساس استخراج داده، پردازش و تحلیل اطلاعات، کاربرد زبانشناسی رایانه‌ای و تکنیک‌های تجسم استوار است، ابزارهای مفیدی را برای سیاست، علم، مدیریت تحقیق و توسعه برای نظارت بر تکامل علم و فناوری، تأثیر آن بر جامعه و اقتصاد و در نتیجه مقابله با چالش‌های روزافزون جامعه فراهم می‌کند. تحقیقات نگاشت دانش به‌طور معمول شامل چندین مؤلفه ازجمله روابط بین مجموعه‌ای از متون علمی، استفاده از ابزارهای تحلیل بصری و الگوریتم‌های خوشه‌بندی و شاخص‌های ساینتومتری می‌باشد.

امروزه تحلیل علمی، نظام‌مند و دقیق ساختار و پویایی دانش علمی به یکی از دغدغه‌های اصلی مطالعات ساینتومتری تبدیل شده است. محققان برای تسهیل تجزیه و تحلیل، روش‌ها، تکنیک‌ها و برنامه‌های کاربردی نرم‌افزاری گوناگونی را پیشنهاد کرده‌اند. راه‌حل‌ها از روش‌های خوشه‌بندی در شبکه‌های پیچیده تا استفاده از ویژگی‌های توپولوژی شبکه برای نظارت بر تکامل ساختار علمی گسترده شده است و پیشرفت‌های زیادی در هر دو روش ساینتومتری و الگوریتم‌های مبتنی بر علوم کامپیوتر برای به‌تصویرکشیدن ساختار و تکامل علم به روشی عمیق‌تر و دقیق‌تر حاصل شده است (Huang, et al. 2021).

1. Scientometric

مفهوم ره‌نگاشت

درحالی‌که دو مفهوم ره‌نگاشت[1] و نقشه راه[2] دارای تفاوت‌هایی هستند اما در ادبیات آینده‌پژوهی بسیار مشاهده شده است که این دو مفهوم به‌جای یکدیگر استفاده می‌شوند. کاپل[3]، به بیان تفاوت این دو مفهوم پرداخته است. کاپل می‌گوید «ره‌نگاشت فعالیتی است که برای اهداف گوناگون انجام می‌شود، درحالی‌که نقشه‌های راه اسنادی هستند که می‌توانند جنبه‌های مختلف یک مسئله برنامه‌ریزی را برطرف سازند» (Kappel, 2001). بنابراین می‌توان گفت ره‌نگاشت منجر به تولید سند نقشه‌راه می‌شود. سند نقشه‌راه یک سند راهبردی می‌باشد؛ این سند به‌عنوان یک ابزار مدیریتی برای پشتیبانی از برنامه‌ریزی راهبردی و بلندمدت مورد استفاده قرار می‌گیرد (S. Lee, Lee, Seol, & Park, 2008).

ویژگی‌های ره‌نگاشت

نقشه‌راه دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی برای مدیریت راهبردی و اتصال آن به سطح عملیات می‌باشد. یکی از این ویژگی‌ها، ویژگی یکپارچه‌کنندگی آن است، این برنامه به‌راحتی می‌تواند اختلاف‌های گوناگون بین برنامه‌های توسعه در یک محور زمانی را پیدا کرده و از بین ببرد (Abe, Ashiki, Suzuki, Jinno, & Sakuma, 2009). به‌طوری‌که آمر و دایم[4] نقشه‌راه را یک رویکرد بسیار منعطف و قدرتمند می‌دانند که به‌طور گسترده در صنعت برای برنامه‌ریزی راهبرد و یکپارچه‌سازی کسب‌وکار و فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Amer & Daim, 2010). گیندی و همکاران[5]، آن‌را در درجه اول ابزاری مدیریتی برای بهبود فرایندهای برنامه‌ریزی راهبردی سازمان از طریق مرتبط‌کردن فناوری با اهداف راهبردی شرکت می‌دانند که از پیشران بازار و تجارت به‌دست می‌آید (Gindy, Morcos, Cerit, & Hodgson, 2008). گرونولد[6]، نیز به یکپارچه‌کنندگی آن اشاره داشته و می‌گوید: «ره‌نگاشت فرایندی است که با نمایش تعامل بین محصولات و فناوری‌ها در طول زمان، با در نظر گرفتن هردوجنبه کوتاه‌مدت و بلندمدت محصول و فناوری، به یکپارچه‌سازی تجارت و فناوری کمک می‌کند» .(Groenveld, 2007) به بیان دایم و

1. Roadmapping
2 . Roadmap
3. Kappel
4. Amer and Daim
5. Gindy et al
6. Groenveld

اولیور[1] نیز رهنگاشت فناوری یک رویکرد توأمان راهبری و عملیاتی است که امروزه به‌طور گسترده در کسب‌وکار مورد استفاده قرار می‌گیرد تا سازمان‌ها به‌کمک آن بتوانند موضوعات مهم فناوری را برای موفقیت آینده خود ترسیم کنند (Daim & Oliver, 2008). بنابراین، رهنگاشت فناوری دارای رویکردی جامع به برنامه‌ریزی راهبردی به‌منظور یکپارچه‌سازی ملاحظات علمی و فناوری در جنبه‌های محصول و تجارت و همچنین راه شناسایی فرصت‌های جدید در دستیابی به هدف مورد نظر از توسعه فناوری‌های جدید می‌باشد. این ویژگی مانند پلی خروجی‌های فرایند آینده‌پژوهی را با مدیریت راهبردی و مدیریت عملیاتی یکپارچه می‌کند.

یکی دیگر از ویژگی‌های رهنگاشت ویژگی به‌روزشوندگی آن است. به‌نحوی‌که الگوی «هولمس» برپایه روزامدسازی رهنگاشت طراحی گردیده است و برای این‌منظور از یک فرایند بازنگری بهره می‌برد. فرایند بازنگری شامل مرور رهنگاشت فناوری، محصول و خدمات و پیشران‌ها در گذشته برای تطبیق و ارزیابی از میزان دقت آنها در پیش‌بینی و برای شناسایی قاعده‌هایی برای روزامدسازی رهنگاشت است. پس از این مرور اولیه، تصمیم‌گیری برای ایجاد مجدد رهنگاشت از ابتدا و یا اصلاح رهنگاشت قبلی و روزامدسازی آن انجام می‌شود (Holmes & Ferrill, 2008, p. 101). بنابراین می‌توان گفت رهنگاشت فعالیتی تکرارشونده است که در بافت برنامه‌ریزی راهبردی، برنامه‌ریزی فناوری و توسعه کسب‌وکار سازمان قرار گرفته و آن را یکپارچه می‌کند (Phaal et al., 2011, p. 10). بنابراین، نقشه راه علاوه‌بر آنکه ابزاری برای مدیریت راهبردی به‌منظور کمک به سازمان‌ها در شناسایی مؤثر محصولات یا خدمات بالقوه برای آینده و تعیین گزینه‌های مناسب فناوری و نقشه‌برداری از آنها با برنامه‌های تخصیص منابع می‌باشد (Gerdsri & Vatananan, 2009)، تصویری به‌روزشونده از چگونگی آینده را نیز ارائه می‌دهد (Elliott, 2005). نقشه‌راه به‌منظور مؤثر بودن باید پویا بوده و به‌روزرسانی شود تا بتواند همواره بهترین تفکرات، تصمیم‌ها و راهبردها را منعکس و عکس‌العمل و پاسخ مناسبی را به پیامدهای تغییرات ارائه دهد. لذا تصور اینکه نقشه راه یک سند برنامه‌ریزی راهبردی ایستا و بدون تغییر باید باشد تصوری غلط است (Phaal, Farrukh, et al., 2011). درواقع پویایی این سند در نتیجه پویایی تکنیک رهنگاشت است و نقشه‌راه ازنظر ساختار معماری و فرایند ایجاد یک رویکرد قدرتمند و ذاتاً منعطف است (S. Lee et al., 2008). آن و همکاران[2]، نیز به موضوع پویایی

1. Daim and Oliver
2. An et al

ره‌نگاشت اشاره داشته و ره‌نگاشت را یک تکنیک قدرتمند برای حمایت از مدیریت و برنامه‌ریزی فناوری، به‌ویژه برای کشف و برقراری ارتباط پویا بین منابع فناوری، اهداف سازمانی و محیط درحال‌تغییر می‌دانند (An, Lee, & Park, 2010) .

ویژگی دیگر ره‌نگاشت تسهیل هماهنگی و حمایت از تصمیم‌گیری راهبردی ذی‌نفعان می‌باشد. ره‌نگاشت از طریق ایجاد چارچوبی برای تهیه و ارائه اطلاعات کلیدی درخصوص آینده، از توجه کافی ذی‌نفعان به سرمایه‌گذاری در فناوری‌هایی که رشد، توسعه و بقای کسب‌وکار را در بلندمدت تضمین می‌کند اطمینان حاصل می‌کند. ره‌نگاشت ابزاری مهم برای برنامه‌ریزی و هماهنگی فناوری در سطح راهبردی است و به مدیران ارشد کمک می‌کند تا تصمیم بهتری برای سرمایه‌گذاری در فناوری بگیرند. این ویژگی در بیان پژوهشگران متعددی اشاره شده است؛ ولز و همکاران[1]، می‌گویند: ره‌نگاشت فناوری یک فرایند و ابزاری ارتباطی برای کمک به تصمیم‌گیری راهبردی است (Wells, Phaal, Farrukh, & Probert, 2004). گروسمن[2] نقشه راه را چارچوبی برای بحث‌های معنادار بین ذی‌نفعان اصلی در مورد برنامه توسعه و موضوعات مربوط به بودجه می‌داند (Grossman, 2004). اشتراوس و رادنور[3] نقشه راه را ابزاری بصری می‌دانند که خوشه‌های فناوری ویژه و موردنیاز مشتری را شناسایی و توصیف می‌کند و ناپیوستگی‌های احتمالی و الزامات مهم مربوط به تصمیمات فناوری را مشخص می‌کند (Strauss & Radnor, 2004). به عقیده پروبرت و رادنور[4]، نقشه‌راه نمایش گروهی از ذی‌نفعان در مورد چگونگی رسیدن به جایی است که می‌خواهند برای رسیدن به عینیت مطلوب خود به آنجا بروند (D. Probert & Radnor, 2003). یون و همکاران[5] ، ره‌نگاشت فناوری را تکنیکی مؤثر برای پشتیبانی از جمع‌آوری اطلاعات، تصمیم‌گیری و ارتباطات، در زمینه نقشه راه برنامه‌ریزی راهبردی فناوری می‌دانند (Yoon, Phaal, & Probert, 2008). مک میلان[6] ره‌نگاشت را ستون فقراتی می‌داند که منجر به تمرکز توجه می‌شود (McMillan, 2003). ربرت و همکاران[7] نقشه راه را ابزار ارتباطی قدرتمندی برای نشان دادن دلیل ضروری بودن یک اقدام می‌دانند (D. R. Probert, & Phaal, 2003). با اینکه

1. Wells et al
2. Grossman
3. Strauss and Radnor
4. Probert and Radnor
5. Yoon et al
6. McMillan
7. Probert et al

نقشه راه در قالب‌های متنوع با لایه‌های گوناگونی ارائه شده اما در همه آنها پاسخگویی به سه سؤال اصلی وجود دارد: (Phaal, Farrukh, & Probert, 2005)

- به کجا پیش میرویم؟
- در حال حاضر در چه جایگاهی قرار داریم؟
- چگونه می‌توانیم به جایگاه موردنظر برسیم؟

نکته دیگری که وجود دارد ارتباط بین عناصر هریک از لایه‌هاست که در حقیقت بیانگر رابطه مفهومی بین یک لایه با لایه‌های زیرین یا فوقانی است. نقشه راه نمایش گرافیکی متشکل از اجزاء (گره‌ها) و ارتباطات آنهاست. بنابراین برای ترسیم نقشه راه لازم است که گره‌ها و ارتباط بین آنها و ویژگی‌های هریک شناسایی شوند (Schaller & Kostoff, 2001).

کارکردهای ره‌نگاشت

به‌طورکلی می‌توان کاربرد ره‌نگاشت را برای تحقق دو کارکرد اصلی دانست. اول ایجاد ابزاری برای پشتیبانی سطح بالا از تصمیمات راهبردی و برنامه‌ریزی و دوم، برای ایجاد امکان ارتباط نتایج (phaal et al, 2001). ازسوی دیگر ره‌نگاشت با فناوری و بازار پیوند خورده است و در این راستا ما را به سه کارکرد اصلی از ره‌نگاشت رهنمون می‌سازد: اکتشاف، آینده‌نگری فناوری و کاربرد در آینده؛ یکپارچه‌سازی فناوری و راهبرد کسب‌وکار؛ تعریف و مدیریت خط سیر پروژه. اما بررسی ادبیات ره‌نگاشت بیان‌گر آن است که از منظر کارکرد، چهارگونه مختلف از ره‌نگاشت توسعه یافته‌اند؛ به‌طوریکه گونه‌ای از نقشه راه‌ها برای کسب یک فناوری طراحی و تدوین می‌شوند، گونه دوم ره‌نگاشت‌هایی هستند که تولید یک محصول برای پاسخ به نیازهای بازار را چشم‌انداز خود قرار داده‌اند، گونه سوم نقشه‌راه‌های راهبردی هستند که به‌منظور هدایت و تنظیم تصمیمات بلندمدت یک سازمان توسعه یافته‌اند و گونه چهارم نقشه‌راه‌های یکپارچه‌شده می‌باشند که یا فناوری و محصول را برای پاسخ اثربخش به بازار همسو می‌کنند و یا نقشه‌راه‌هایی که راهبرد و عملیات سازمان را یکپارچه می‌کنند.

۲. روش پژوهش

در این پژوهش، از یک روش نقشه‌برداری علمی- کیفی استفاده شده است. درواقع، نقشه‌برداری علمی ابزار مناسبی است که می‌توان از آن برای محاسبه و تحلیل مجموعه‌های بزرگ داده‌های کتاب‌شناختی برای اهداف گوناگون استفاده کرد (Cobo, López-Herrera, Herrera-Viedma, & Herrera, 2011). این رویکرد به چالش‌های مرتبط با مرور ادبیات دستی

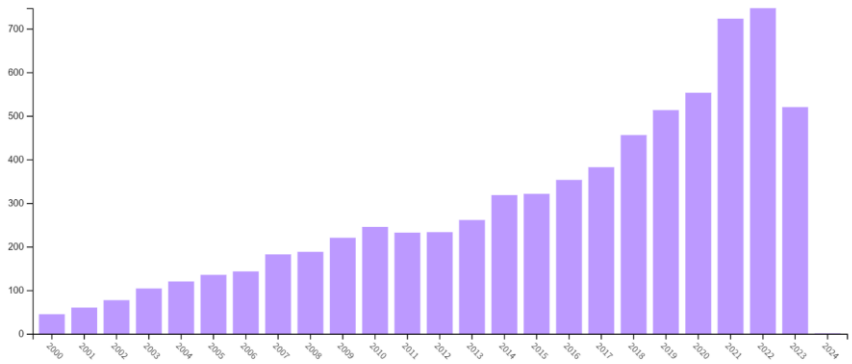
برای تحلیل شبکه ارتباطات کاری محققان، کلمات کلیدی، کشورها و مراکز تحقیقاتی می‌پردازد (Su & Lee, 2010). گرچه نقشه‌برداری علمی به‌طور گسترده‌ای به سه تکنیک اصلی شامل تجزیه–وتحلیل اطلاعاتی، کتاب‌شناختی و علم‌سنجی تقسیم می‌شود، رویکرد سوم، اهداف و قواعد مطالعه فعلی را برآورده می‌کند (Hosseini et al., 2018). با وجود اینکه این تکنیک‌ها همپوشانی دارند، اما می‌توانند به‌صورت مستقل هم به‌کار روند. هرچند تجزیه و تحلیل کتاب‌شناختی ادبیات را به‌صورت علمی نشان می‌دهد، تجزیه و تحلیل علم‌سنجی، تجزیه و تحلیل کتاب‌شناختی را گسترش داده و اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل شبکه پژوهشگران، مؤسسات و کشورها را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد (Hood & Wilson, 2001). «اسکوپوس» و «وب آو ساینس» دو پایگاه داده مشترک هستند که تحقیقات در زمینه‌های مختلف از جمله رهنگاشت را نمایه می‌کنند. هرچند که این‌دو پایگاه بستر مناسبی را برای استخراج اطلاعات کتاب‌شناختی ارائه می‌دهند، تعداد اسناد نمایه‌شده در این دو پایگاه داده در یک حوزه تحقیقاتی متفاوت هستند. در این تحقیق، پایگاه داده «وب آو ساینس» برای استخراج داده‌های موردنیاز انتخاب شد. با توجه به هدف این تحقیق که تجزیه و تحلیل علم‌سنجی تحقیقات منتشرشده در حوزه رهنگاشت است، تحقیقات با کلید واژه «رهنگاشت» در پایگاه داده «وب آو ساینس» جستجو شدند. جستجوی این کلیدواژه در عنوان بدون در نظر گرفتن محدودیت زمانی، تعداد ۷۴۱۸ مقاله از سال ۱۹۷۵ تا دسامبر ۲۰۲۳ تولید کرد. همچنین داده‌های استخراج‌شده از پایگاه «وب آو ساینس» با استفاده از نرم افزار «ووس ویوور» تحلیل گردیده‌اند.

۳. یافته‌های پژوهش

گرچه تحقیقات در حوزه رهنگاشت در طول چندین دهه پیشرفت کرده است، اما به‌نظر می‌رسد در طول دودهه اخیر محققان بیشتر به این حوزه پرداخته‌اند. این پژوهش درمجموع ۷۴۱۸ مقاله منتشرشده در بازه زمانی بین سال ۱۹۲۶ تا ۲۰۲۳ را که در عنوان خود عبارت رهنگاشت و یا مشتقات آن[1] را داشته‌اند موردبررسی قرار داده است. شکل (۱) توزیع مقالات منتشرشده در حوزه رهنگاشت را نشان می‌دهد و بیانگر آن است که رهنگاشت و مسائل و کاربردهای آن در یک گذار بلندمدت همچنان مورد توجه پژوهشگران فعال در حوزه آینده‌پژوهی می‌باشد و لذا انتشار مستندات علمی در حوزه رهنگاشت در طول یک فاصله زمانی بلندمدت همچنان به‌صورت پیوسته

1. Roadmap*

روندی افزایشی را درپی داشته است. همچنین از زمان ظهور اولین مقالات، نقطه‌عطفی در سال ۲۰۱۲ –۲۰۱۱ مشاهده می‌شود که روند تولید سالانه مقالات افزایش یافته و به بیش از ۳۰۰ مقاله در سال رسیده است. با توجه به الگوی پیشرفت مشاهده‌شده، می‌توان نتیجه گرفت این روند



افزایشی ادامه خواهد یافت.

شکل ۱. توزیع مقالات منتشرشده در حوزه رهنگاشت

حوزه‌های پژوهشی برجسته در رهنگاشت

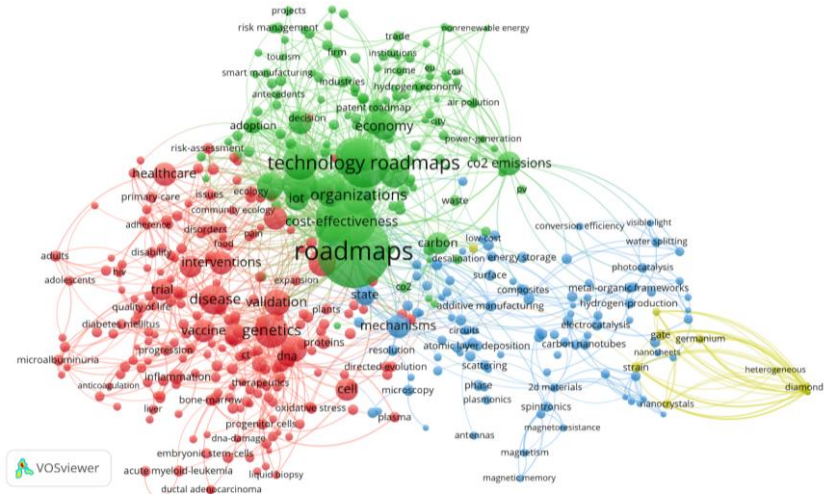
محتوای مقالات پژوهشی بیشتر در کلمات کلیدی مورد استفاده در عناوین و خلاصه‌ها انعکاس می‌یابد. تجزیه و تحلیل کلمات کلیدی به‌طور کلی می‌تواند روند تحقیق در حوزه رهنگاشت را نشان دهد. سو و لی (Su & Lee, 2010) خاطر نشان کردند که کلمات کلیدی را می‌توان برای شناسایی روند تحقیقات صورت‌گرفته در یک موضوع مشخص مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. این کلمات کلیدی در اکثر مواقع با محتوای مقاله و موضوع پژوهش سازگار هستند. اگرچه شبکه کلیدواژه‌های مشترک در شکل (۲) ترسیم شده است، اما این شبکه تنها با در نظر گرفتن کلمات کلیدی عنوان‌شده توسط نویسندگان ترسیم شده است. بنابراین در این بخش تمام کلمات کلیدی در ۷۴۱۸ مقاله پژوهشی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و به حوزه‌های تحقیقاتی گوناگون گروه‌بندی می‌شوند که بیانگر کارکردهای میان‌رشته‌ای رهنگاشت می‌باشد. حوزه‌های تحقیقاتی برجسته در حوزه رهنگاشت در جدول (۱) ارائه شده‌اند. براساس جدول (۱) حوزه‌های علوم مهندسی، علوم رایانه، اقتصاد، علم و فناوری، فیزیک و علم مواد به‌عنوان حوزه‌های تحقیقاتی با بیشترین تعداد مقالات شناخته شدند.

جدول ۱. حوزه‌های تحقیقات برجسته مرتبط با ره‌نگاشت

حوزه تحقیقاتی برجسته	تعداد مقالات منتشرشده
علوم مهندسی	۱۷۰۹
علم رایانه	۹۹۸
اقتصاد و تجارت	۶۶۱
علوم و فناوری	۵۳۴
فیزیک	۴۸۵
علوم محیط زیست	۴۰۶
علم مواد	۳۹۵
سوخت و انرژی	۳۶۳
شیمی	۳۰۹
علم اعصاب	۲۷۲

شبکه هم‌رخدادی کلمات کلیدی

کلمات کلیدی برای نمایه‌سازی مقالات پژوهشی در پایگاه‌های داده ضروری هستند و اغلب منعکس‌کننده موضوع مقالات پژوهشی هستند. بنابراین، طبقه‌بندی کلی کلمات کلیدی می‌تواند یک نقشه ذهنی جامع از حوزه دانش یا زمینه‌های تحقیق اصلی محققان و حتی جهت‌گیری احتمالی تحقیقات آینده را نشان دهد (یوسفی خرایم، ۱۳۹۸، ص. ۴۷). در شکل (۲) شبکه هم‌رخدادی کلمات کلیدی، در مجموعه ۷۴۱۸ مقاله در حوزه ره‌نگاشت نشان داده شده است. حداقل تعداد رخدادهای یک کلمه کلیدی برابر سه عدد تنظیم شده است. بر این اساس تعداد ۲۱۶۹ واژه کلیدی استخراج گردید که برای همه آنها ضریب قدرت پیوند توسط نرم‌افزار محاسبه گردید و ۵۰۰ واژه که دارای ضریب بالاتری بودند برای تحلیل انتخاب گردیدند. تعداد ۳۸۶۴ پیوند بین واژگان با قدرت پیوند کل ۵۱۵۹ شناسایی شد، که در قالب یازده طبقه خوشه‌بندی شده‌اند. شبکه هم‌رخدادی حاصل از واژگان مذکور در شکل (۲) ارائه گردیده است.



شکل۲. شبکه هم‌رخدادی کلمات کلیدی

در شکل (۲) اندازه هر گره نشان‌دهنده تعداد دفعاتی است که یک کلمه کلیدی در کل ۷۴۱۸ مقاله به‌کار برده شده است. همچنین نزدیکی کلمات در شبکه به یکدیگر نشان‌دهنده این است که این کلمات تعداد دفعات بیشتری به‌طور همزمان در مقالات به‌کار برده شده‌اند. بر این اساس واژگان کلیدی در شکل (۲) حوزه رنگاشت، در چهار خوشه دسته‌بندی شده‌اند که با رنگ از یکدیگر متمایز شده‌اند. هر خوشه نشان‌دهنده کلماتی است که هم‌رخدادی بیشتری داشته‌اند. به عنوان مثال در خوشه قرمز کلمات کلیدی Roadmaps Technologies, Technology Roadmaps, و Organizations به کرات به‌طور همزمان در مقالات به‌کار رفته‌اند.

جدول ۲. رتبه‌بندی واژگان کلیدی براساس قدرت پیوند کل از سال ۱۹۷۵ تا سپتامبر ۲۰۲۳

کلمه کلیدی	تعداد رخداد	قدرت پیوند کل
Roadmaps	367	433
Technologies	158	305
Technology Roadmaps	167	211
Industry	91	198
Information Technology	84	158
Strategy	86	146
Co2 Emission	41	131
Genetic	79	127
Organizations	84	122
Tool	50	116
Climate change	71	112
Economy	46	112

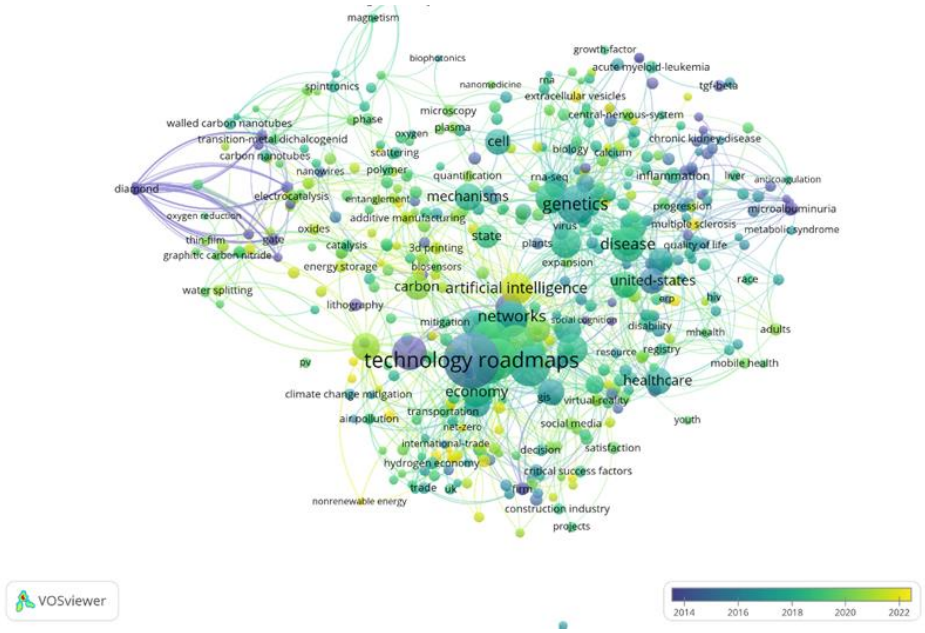
Artificial Inteligence	53	89
R&D	38	86
IOT	38	79
Scenario	35	76

براساس تعداد رخداد و قدرت پیوند کلی کلمات کلیدی، کلمات کلیدی فعال در جدول (۲) نشان داده شده‌اند. رتبه‌بندی کلمات کلیدی بیانگر این امر است که واژگان: نقشه‌راه، فناوری‌ها، نقشه‌راه فناوری، صنعت، فناوری اطلاعات و راهبرد حائز بالاترین رتبه در تکرار بین مقالات حوزه ره‌نگاشت بوده‌اند. به‌منظور حصول نتایج دقیق‌تر و افزایش تفکیک‌پذیری میان خوشه‌ها، ضریب تفکیک‌پذیری عدد ۰/۵ و حداقل اندازه تعداد واژگان هر خوشه عدد ۵ در نظر گرفته شد. بر این اساس تعداد خوشه‌ها به سه خوشه اصلی تقلیل یافته است. مهمترین واژگان هر خوشه در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول (۳): واژگان علمی پرتکرار به تفکیک هر خوشه

خوشه سبز: نقشه راه		خوشه آبی: فیزیک		خوشه قرمز: خوشه ژنتیک	
نقشه راه فناوری	نقشه راه مبتنی بر احتمال	اسپین- ترونیک	مواد مغناطیسی	سلامت دیجیتالی	علم اعصاب
نقشه راه پتنت	سیاست	مواد دوبعدی	لیزر	اکولوژی جمعی	دی ان ای
حکمرانی	تصمیم‌گیری	جاذب	حسگرهای زیستی	بازسازی ژنی	ام آر ان ای
راهبرد	برنامه	اکسید گرافن	باطری	بیولوژی مصنوعی	واکسن
سناریو	سازمان	بیوفوتونیک	صفحات نانو	شبیه‌سازی	پزشکی از راه دور
تحقیق و توسعه	تجاری‌سازی	پلاسمونیک	محاسبات کوانتومی	پلاسما	ویروس
مدیریت ذی‌نفعان	اقتصاد	نانو پزشکی	تولید افزایشی	بیماری آلزایمر	تغییر ژن
ابزار	صنعت	مواد پرانرژی	کاتالیست‌ها	شناخت	حفاظت عصبی
هوش مصنوعی	اینترنت اشیاء	نیمه‌هادی	ساختارهای نانو	درمان رفتار شناختی	توالی ژنی
تغییرات آب‌وهوایی	واقعیت مجازی	فسفر سیاه	چاپگر سه بعدی		شناخت

همچنین شبکه هم‌رخدادی واژگان کلیدی در طول زمان در شکل (۳) نشان داده است. گره‌هایی (کلماتی) که در این شکل با رنگ زرد مشخص شده‌اند، در سال‌های اخیر بیشتر مورد استفاده قرارگرفته‌اند. به‌عنوان مثال کلمات scenarios prospection, mind, و governance از جمله این واژگان هستند. از این‌رو می‌توان گفت، کلماتی که در سال‌های اخیر بیشتر استفاده شده‌اند، حوزه‌های تحقیقاتی درحال‌رشد هستند. برای اینکه زردها واضح‌تر شوند برخی از واژگان محوری پرتکرار نظیر نقشه راه در شکل حذف شده است.



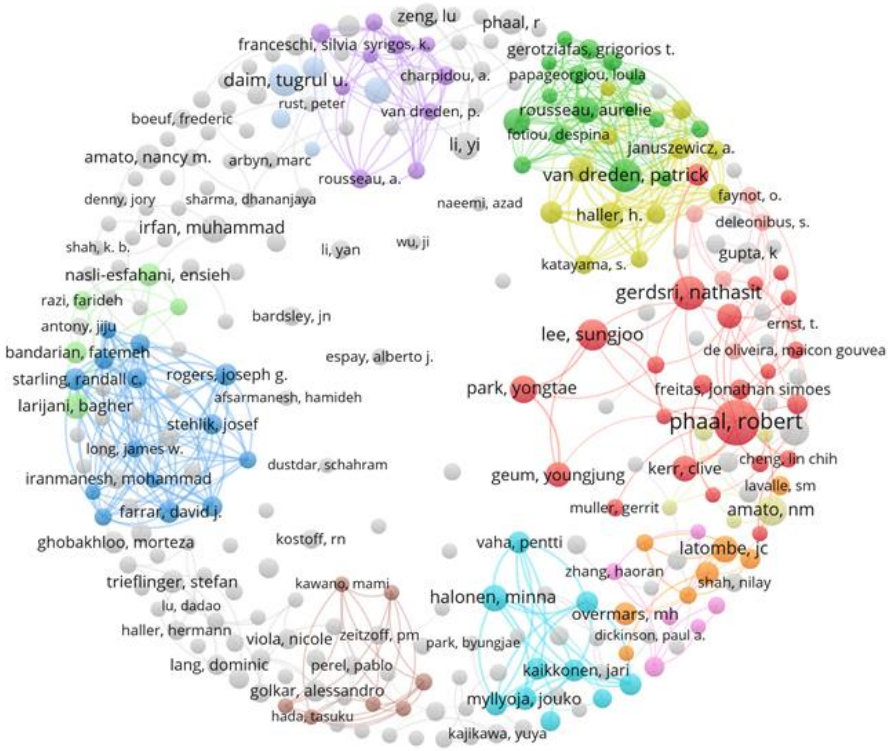
شکل ۳: شبکه هم‌رخدادی کلمات در طول زمان

تجزیه و تحلیل شبکه همکاری نویسنده‌ها

همکاری میان نویسندگان، سازمان‌ها و مراکز تحقیقاتی گوناگون موجب تسهیل تبادل دانش، به اشتراک‌گذاری ایده‌ها و نوآوری می‌شود. همچنین این همکاری‌ها در پیشبرد پروژه‌های سرمایه‌گذاری مشترک مؤثر هستند. بنابراین در این قسمت شبکه همکاری نویسندگان فعال در حوزه رهنگاشت تجزیه و تحلیل می‌شود. در شکل (۴) اندازه هر گره بیانگر تعداد مقالاتی است که یک نویسنده تولید کرده است و نزدیکی گره‌ها به یکدیگر نشان‌دهنده این است که این نویسندگان

تعداد مقالات مشترک بیشتری داشته‌اند. این نقشه بیان‌کننده تأثیرگذارترین نویسندگان در شبکه همکاری است. بر این اساس روبرت فال[۱]، گردسری ناثاسیت[۲]، ون دریدن[۳]، دایم توگرول[۴]، لی سانگجو[۵]، زانگ یی[۶]، تأثیرگذارترین نویسندگان در حوزه رهنگاشت بوده‌اند.

شکل۴: شبکه همکاری میان نویسندگان



مبتنی بر شبکه تأثیرگذاری، رتبه‌بندی نویسندگان براساس تعداد مقالات منتشر شده در جدول (۴) نشان داده شده است.

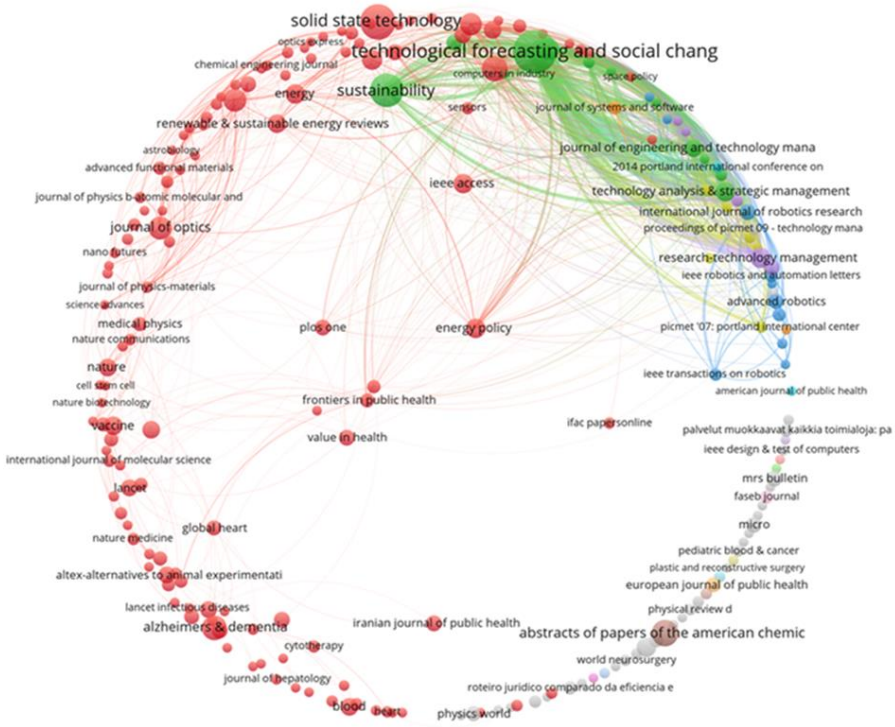
1 . Phaal, Robert
2 . Gerdsri, Nathasit
3 . Van Dreden
4 . Daim Tugrul
5 . Lee Sungjoo
6 . Zhang yi

جدول ۴: رتبه‌بندی نویسندگان مؤثر در حوزه ره‌نگاشت

نام نویسنده	تعداد مقالات	تعداد ارجاعات
Phall, Robert	45	1905
Gerdsri, Nathasit	19	357
Van, Dreden	18	46
Daim, Tugrul	17	455
Lee, Sungjoo	16	588
Amato, Nm	15	843
Zhang, yi	14	344
Park, Yongtae	13	580
Irfan, Muhammad	13	193
Latombe, Jc	12	4055

شبکه نشریات برتر حوزه ره‌نگاشت و الگوی ارجاعات آنها

نشریات علمی یکی از بسترهای اصلی برای انتشار توسعه‌ها و نوآوری‌های علمی هستند. این نشریات، مقالات مربوط به یک حوزه مشخص با مرزها و مفاهیم تعریف‌شده را منتشر می‌کنند. شناسایی نشریات کلیدی در حوزه ره‌نگاشت، امری کلیدی برای ترسیم نقشه علمی و شناسایی روندهای این حوزه است. در شکل (۵)، شبکه ارجاعات ۵۰ مجله برتر حوزه ره‌نگاشت نشان داده شده است. این نشریات حداقل ۵ مقاله تحقیقاتی را منتشر کرده‌اند که حداقل ۱۰۰ ارجاع دریافت کرده‌اند. در این شبکه اندازه هر گره (مجله) نشان‌دهنده میزان تأثیرگذاری آن مجله (با در نظر گرفتن تعداد ارجاعات) است. به‌عنوان مثال مجلات Technological Forecasting and Social Change و Solid State Technology گره بزرگتری نسبت به دیگر مجلات دارند که نشان‌دهنده تأثیر بیشتر آن‌ها بر حوزه ره‌نگاشت است. مجلات نزدیک به یکدیگر عضو یک خوشه بوده و یال‌های ارتباطی نشان‌دهنده ارجاعات بین مجلات است. برترین نشریات ترسیم شده در شکل (۵) در جدول (۵) ارائه گردیده است. در این جدول نشریات معتبر این حوزه برمبنای تعداد ارجاعات از نشریه رتبه‌بندی شده‌اند و بر این اساس نشریات برتر این حوزه در جدول ارائه شده است.



شکل ۵. شبکه نشریات برتر در حوزه ره‌نگاشت

جدول ۵. اطلاعات تکمیلی نشریات برتر

مجله	تعداد مقالات چاپ شده در موضوع ره‌نگاشت	تعداد ارجاعات از مجله
technological forecasting and social change	89	5113
solid state technology	61	75
Sustainability	55	539
abstracts of papers of the american chemical society	35	0
journal of cleaner production	31	671
alzheimers & dementia	29	313
journal of optics	25	3583
journal of physics d-applied physics	25	5922
Energies	23	310
ieee transactions on engineering management	23	549
environmental science and pollution research	20	268
research-technology management	20	955
Energy	19	892
technology analysis & strategic management	19	356

در شکل (۵) مجلات تحقیقاتی به خوشه‌های رنگی گروه‌بندی شده‌اند. مجلات موجود در هر خوشه یا از نظر حوزه تحقیقاتی به یکدیگر شبیه هستند یا به صورت متعدد به‌طور همزمان مورد ارجاع قرار گرفته‌اند. گره‌هایی که در خوشه به یکدیگر نزدیک هستند، از نظر ارجاعات پیوند قوی‌تری نسبت به گره‌های دورتر دارند. به‌عنوان مثال در خوشه سبز رنگ مجلات «پیش‌بینی فناورانه و تغییرات اجتماعی»[1] و «پایداری»[2] با یکدیگر پیوند قوی‌تری نسبت به مجله «فناوری حالت جامد»[3] دارند.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نقشه‌های راه اساساً کمک‌هایی برای نمایش بصری هستند که پیوندها را بین برنامه‌های تحقیقاتی موجود یا پیشنهادی، برنامه‌های توسعه، اهداف توانایی و الزامات متبلور می‌کنند. نقشه راه برای چندین‌دهه توسط برخی سازمان‌ها (و خیلی طولانی‌تر تحت عناوین دیگر) انجام شده است، اما پذیرش گسترده‌تر شیوه‌های نقشه‌راه هنوز نسبتاً جدید است. بررسی ادبیات نشان داد که واژه «نقشه‌راه» عمدتاً به‌عنوان یک استعاره محبوب برای برنامه‌ریزی منابع علم و فناوری ظاهر شده است و «ره‌نگاشت» اقدامی است که فرایند طراحی و توسعه نقشه‌راه را توصیف می‌کند. اقدام ره‌نگاشت معمولاً شامل مکانیسم‌های جمعی است که تجربه یادگیری و همچنین ابزار ارتباطی را برای مشارکت‌کنندگان در تدوین نقشه راه فراهم می‌سازد. در حوزه علم و فناوری به‌دلیل عدم قطعیت‌های ذاتی در تحقیق و توسعه و همچنین نیازمندی‌ها و اهداف توانایی در برنامه‌های بزرگ که به‌طور مداوم در حال تحول هستند، نقشه‌راه باید ساختاری به اندازه کافی انعطاف‌پذیر داشته باشد تا این تغییرات پویا را در خود جای دهد. بنابراین همانطور که «کاستوف» اشاره می‌کند؛ روابط پیوند باید عملکردی باشد، نه ایستا، و تغییرات درج‌شده در هر گره در شبکه نقشه‌راه باید به‌طور خودکار بر سایر گره‌های شبکه از طریق روابط عملکردی پیوندخورده تأثیر بگذارد (kostof & schaller, 2001:142). ره‌نگاشت با فراهم ساختن یک فرصت ساختاریافته برای نگاه به آینده این امکان را فراهم می‌سازد تا دولت‌ها، سازمان‌ها، شرکت‌ها و کسب‌وکارها، ریسک‌ها و گلوگاه‌های تصمیم را در افق برنامه موردنظر مورد توجه قرار دهند و از این طریق اثربخشی تصمیم‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها را ارتقاء بخشند. بنابراین ره‌نگاشت به‌عنوان یک ابزار مؤثر برای کاستن از

1. Technological Forecasting and Social Change
2. Sustainability
3. Solid state technology

پیچیدگی سیستم‌های پیچیده و پویا مورد توجه آینده‌پژوهان می‌باشد. از این‌رو با توجه به تعدد و گوناگونی مسئله‌های مرتبط با ره‌نگاشت، پژوهش‌های متعددی در این حوزه صورت گرفته است، به‌طوری‌که روند تولید مقالات در این حوزه در دهه گذشته براساس تعداد مقالات نمایه شده در پایگاه‌های معتبر بین‌المللی «وب آو ساینس»[1] با رسیدن نرخ رشد سالانه به عدد ۳۱/۸ در انتهای سال ۲۰۲۳ به مرز ۷۰۰ مقاله رسیده است و تنها در این پایگاه از سال ۱۹۷۵ تا دسامبر ۲۰۲۳ تعداد ۷۴۱۸ مقاله نمایه شده است. این امر بیانگر این حقیقت است که توجه پژوهشگران به پرداختن به ره‌نگاشت به‌طور فزاینده‌ای روبه افزایش است.

حال با توجه به اینکه ره‌نگاشت به‌دلیل اتخاذ رویکردی کل‌گرا و بین‌رشته‌ای تحلیل محتوای مقالات می‌تواند تصویری از جهت‌گیری جامعه علمی در حوزه‌های مختلف علوم، پژوهشگران و نشریات فعال در این حوزه را ارائه دهد. لذا با توجه به اینکه مرور دستی محتوای پژوهش‌های منتشرشده محدودیت‌هایی ازجمله عدم امکان مرور حجم زیاد پژوهش‌ها را دربردارد، در این پژوهش با استفاده از تکنیک‌های علم‌سنجی ۷۴۱۸ مقاله منتشرشده در حوزه ره‌نگاشت تجزیه و تحلیل گردید. بدین منظور با تحلیل شبکه ارجاعات مجلات، ارجاعات مقالات، هم‌رخدادی کلمات کلیدی و همکاری نویسندگان، مجلات، نویسندگان و حوزه‌های پژوهشی برجسته در حوزه ره‌نگاشت شناسایی گردید. بر این اساس نشریه «پیش‌بینی فناورانه و تغییرات اجتماعی» و «فناوری حالت جامد» گره بزرگتری نسبت به دیگر مجلات دارند که نشان‌دهنده تأثیر بیشتر آنها بر حوزه ره‌نگاشت است. همچنین «روبرت فالم»، «گردسری ناثاسیت»، «ون دریدن»، «دایم توگرول»، «لی سانگجو» و «زانگ یی»، تأثیرگذارترین نویسندگان در حوزه ره‌نگاشت بوده‌اند. از میان کلمات کلیدی استفاده‌شده در کل مقالات بررسی‌شده نیز، کلمات نقشه‌راه فناوری، نقشه‌راه مبتنی بر احتمال، نقشه‌راه پتنت، سیاست، حکمرانی، تصمیم‌گیری، راهبرد، اسپین‌ترونیک، علم اعصاب، مواد دوبعدی، لیزر، اکولوژی جمعی، دی ان ای، حسگرهای زیستی، بازسازی ژنی، ام آر ان ای، برنامه، اکسید گرافن، باطری، بیولوژی مصنوعی، واکسن، سناریو، سازمان، بیوفوتونیک، صفحات نانو، شبیه‌سازی و پزشکی ازراه‌دور حائز بالاترین رتبه در تکرار بین مقالات حوزه ره‌نگاشت شناخته شده‌اند.

1. WOS

پیشنهادات

با توجه به ماهیت میان‌رشته‌ای آینده‌پژوهی، پیشنهاد می‌گردد پژوهش‌گران و سیاستگذاران حوزه‌های گوناگون علم و فناوری مطالعات موردی را با استفاده از ابزار ره‌نگاشت صورت دهند. همچنین با توجه به اینکه رصد پژوهش‌های حوزه نقشه‌راه بیانگر توسعه کاربرد نقشه‌راه در حوزه‌هایی نظیر: اسپین‌ترونیک، علم اعصاب، مواد دوبعدی، لیزر، اکولوژی جمعی، دی ان ای، حسگرهای زیستی، بازسازی ژنی، ام آر ان ای، برنامه، اکسید گرافن، باطری، بیولوژی مصنوعی، واکسن، سناریو، سازمان، بیوفوتونیک، صفحات نانو، شبیه‌سازی، پزشکی ازراه‌دور و غیره می‌باشد و این امر بیانگر اهمیت آنها و جذابیت آنها در صنعت و همچنین تأثیرگذاری آنها بر تحولات آینده علم و فناوری می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد آخرین تحولات هریک از موارد فوق با استفاده از ابزارهای علم‌سنجی رصد و تحلیل شوند.

فهرست منابع

الف) منابع فارسی

- سلطانی‌بیگ زاده، امیرمحمد (۱۴۰۱). نقشه راه کاربرد تکنولوژی هسته‌ای در محیط‌زیست. *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۴ (۱۲)، ۹۲- ۷۹.
- یوسفی خرایم، محمد؛ قاسمی، حاکم؛ درویشی سه‌تلانی، فرهاد؛ کشاورزترک، عین‌اله و موسی‌خانی، مرتضی (۱۳۹۸). خوشه‌بندی و نگاشت روند ۴۰ساله پژوهش‌های حوزه آینده‌نگاری. *آینده‌پژوهی مدیریت*، ۳۰ (۴ (۱۱۹)).

ب) منابع انگلیسی

- Abe, H., Ashiki, T., Suzuki, A., Jinno, F., & Sakuma, H. (2009). Integrating business modeling and roadmapping methods–The Innovation Support Technology (IST) approach. Technological Forecasting and Social Change, 76(1), 80–90.
- Abeynayake, D. N., Perera, B. A. K. S., & Hadiwattege, C. (2022). A roadmap for business model adaptation in the construction industry: a structured review of business model research. Construction Innovation, 22(4), 1122-1137.
- Adams, V. M., Douglas, M. M., Jackson, S. E., Scheepers, K., Kool, J. T., & Setterfield, S. A. (2018). Conserving biodiversity and Indigenous bush tucker: Practical application of the strategic foresight framework to invasive alien species management planning. Conservation Letters, 11(4), e12441. https://doi.org/10.1111/conl.12441
- Ade, P. A. R., Aghanim, N., Arnaud, M., Ashdown, M., Aumont, J., Baccigalupi, C., … Bartolo, N. (2016). Planck 2015 results-xiii. cosmological parameters. Astronomy & Astrophysics, 594, A13.
- Amer, M., & Daim, T. U. (2010). Application of technology roadmaps for renewable energy sector. Technological Forecasting and Social Change, 77(8), 1355–1370.
- An, Y., Lee, S., & Park, Y. (2008). Development of an integrated product-service roadmap with QFD: A case study on mobile communications. International Journal of Service Industry Management, 19(5), 621–638.
- Assi, H., Cao, R., Castelino, M., Cox, B., Gilbert, F. J., Gröhl, J., ... & Bohndiek, S. E. (2023). A review of a strategic roadmapping exercise to advance clinical translation of photoacoustic imaging: From current barriers to future adoption. Photoacoustics, 100539.
- Chen, J. M., Yu, B., & Wei, Y. M. (2018). Energy technology roadmap for ethylene industry in China. Applied Energy, 224, 160-174.
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 62(7), 1382–1402.
- Coelho, G. M., Galvão, A. C. F., Guedes, A. C., Carneiro, I. A., Chauke, C. N., & Filh o, L. F. (2012). Strategic foresight applied to the management plan of an innovation development agency. Technology Analysis & Strategic Management, 24(3), 267–283. https://doi.org/10.1080/09537325.2012.655412

- Daim, T. U., & Oliver, T. (2008). Implementing technology roadmap process in the energy services sector: A case study of a government agency. Technological Forecasting and Social Change, 75(5), 687–720.
- de Alcantara, D. P., & Martens, M. L. (2019). Technology Roadmapping (TRM): a systematic review of the literature focusing on models. Technological Forecasting and Social Change, 138, 127–138. https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2018.08.014
- Elliott, J. (2005). Biometrics roadmap for police applications. BT Technology Journal, 23(4), 37–44.
- Fortunato, S., Bergstrom, C. T., Börner, K., Evans, J. A., Helbing, D., Milojević, S., et al. (2018). Science of science. Science. https://doi.org/10.1126/science.aao0185.
- Garcia, M.L.; Bray, O.H.; "Fundamentals of Technology Roadmapping", Strategic Business Development Department Sandia National Laboratories, 1997
- Gerdsri, N., & Manotungvorapun, N. (2021). Systemizing the management of university-industry collaboration: assessment and roadmapping. IEEE Transactions on engineering management, 69(1), 245-261.
- Gerdsri, N., Vatananan, R. S., & Dansamasatid, S. (2009). Dealing with the dynamics of technology roadmapping implementation: A case study. Technological Forecasting and Social Change, 76(1), 50–60.
- Gindy, N., Morcos, M., Cerit, B., & Hodgson, A. (2008). Strategic technology alignment roadmapping STAR® aligning R&D investments with business needs. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 21(8), 957–970.
- Groenveld, P. (2007). Roadmapping Integrates Business and Technology. Research-Technology Management, 50(6), 49–58. https://doi.org/10.1080/08956308.2007.11657472https://doi.org/10.1080/08956308.2007.11657472
- Grossman, D. S. (2004). Putting technology on the road. Research-Technology Management, 47(2), 41–46.
- Huang, Y., Glänzel, W., & Zhang, L. (2021). Tracing the development of mapping knowledge domains. *Scientometrics*, *126*, 6201-6224.
- Kappel, T. A. (2001). Perspectives on roadmaps: how organizations talk about the future. Journal of Product Innovation Management: AN INTERNATIONAL PUBLICATION OF THE PRODUCT DEVELOPMENT & MANAGEMENT ASSOCIATION, 18(1), 39–50.
- Kim, E., Beckman, S. L., & Agogino, A. (2018). Design Roadmapping in an Uncertain World: Implementing a Customer-Experience-Focused Strategy. California Management Review, 61(1), 43–70. https://doi.org/10.1177/0008125618796489
- Kishita, Y. (2021). Foresight and Roadmapping Methodology: Trends and Outlook. 15(2), 5-11.
- Kostoff, R. N., & Schaller, R. R. (2001). Science and technology roadmaps. IEEE Transactions on engineering management, 48(2), 132-143.
- Lee, C., Kim, J., & Lee, S. (2016). Towards robust technology roadmapping: How to diagnose the vulnerability of organisational plans. Technological Forecasting and Social Change, 111.

https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.06.022

- Lee, S., Lee, S., Seol, H., & Park, Y. (2008). Using patent information for designing new product and technology: keyword based technology roadmapping. R&d Management, 38(2), 169–188.
- Lizaso, F., & Reger, G. (2004). Linking roadmapping and scenarios as an approach for strategic technology planning. International Journal of Technology Intelligence and Planning, 1(1), 68-86.
- Phaal, R., & Yoshida, S. (2014, July). Architecting strategy: Visual form and function of roadmaps. In Proceedings of PICMET'14 Conference: Portland International Center for Management of Engineering and Technology; Infrastructure and Service Integration (pp. 2960-2971). IEEE.
- Phaal, R., Farrukh, C. J., & Probert, D. R. (2004). Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution. Technological forecasting and social change, 71(1-2), 5-26.
- Phaal, R., Farrukh, C., & Probert, D. (2011). Roadmapping for strategy and innovation. Aligning technology and markets in a dynamic world. University of Cambridge, Institute for Manufacturing.
- Phaal, R., O'Sullivan, E., Routley, M., Ford, S., & Probert, D. (2011). A framework for mapping industrial emergence. Technological Forecasting and Social Change, 78(2), 217–230.
- Probert, D. R., Farrukh, C. J. P., & Phaal, R. (2003). Technology roadmapping—developing a practical approach for linking resources to strategic goals. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 217(9), 1183–1195.
- Probert, D., & Radnor, M. (2003). Technology roadmapping: Frontier experiences from industry-academia consortia. Research Technology Management, 46(2), 26.
- Reger, G. (2001). Technology Foresight in Companies: From an Indicator to a Network and Process Perspective. Technology Analysis & Strategic Management, 13(4), 533–553.
- Spaltini, M., Terzi, S., & Taisch, M. (2024). Development and implementation of a roadmapping methodology to foster twin transition at manufacturing plant level. Computers in Industry, 154, 104025.
- Strauss, J. D., & Radnor, M. (2004). Roadmapping for dynamic and uncertain environments. Research-Technology Management, 47(2), 51–58.
- Su, H.-N., & Lee, P.-C. (2010). Mapping knowledge structure by keyword co-occurrence: a first look at journal papers in Technology Foresight. Scientometrics, 85(1), 65–79.
- Vishnevskiy, Konstantin, Karasev, O., & Meissner, D. (2015). Integrated roadmaps and corporate foresight as tools of innovation management: The case of Russian companies. Technological Forecasting and Social Change, 90, 433–443. https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2014.04.011
- Wells, R., Phaal, R., Farrukh, C., & Probert, D. (2004). Technology roadmapping for a service organization. Research-Technology Management, 47(2), 46–51.
- Willyard, C. H., & McClees, C. W. (1987). Motorola's Technology Roadmap

Process. Research Management, 30(5), 13–19. https://doi.org/10.1080/00345334.1987.11757057Willyard, C., & McClees, C. (1987). Motorola's Technology Roadmap Process. 30(5), 13-19.

- Yoon, B., Phaal, R., & Probert, D. (2008). Morphology analysis for technology roadmapping: application of text mining. R&d Management, 38(1), 51–68.