

An Analysis of Iran's Behavior in Terms of the Innovation Index and Its Comparison with Neighboring Countries Using a Data Mining Approach

Mahdi Goldani^{1✉} | Zeynab Khosrojerdi²

1. Associate Professor, Faculty of Literature and Humanities, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran (Corresponding Author). m.goldani@hsu.ac.ir
2. Master's student in Political Science, Allameh Tabatabaei University, Tehran, Iran. zeynab.khosrojerdi2001@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	This study aims to analyze the trend of innovation in Iran, identify the influencing factors, and compare them with those of neighboring countries through a data-driven approach. Given the critical role of R&D in fostering innovation, the R&D expenditure index is examined as a proxy for innovation. In this context, using the Time Warp Edit Distance (TWED) method, 20 indicators with behavior similar to R&D were identified and analyzed for Iran and 12 neighboring countries over the period 1995 to 2023. The results indicate that, at the regional level, governance, education, and environmental indicators exhibit the highest temporal alignment with R&D trends. In Iran, indicators such as the primary school dropout rate and poverty-related metrics show the most behavioral similarity with R&D expenditure trends. The regional comparative analysis also revealed that certain governance indicators (such as regulatory quality and control of corruption) and environmental indicators (such as marine protected areas) exhibit similar behaviors in countries like Iran, Iraq, Oman, and Pakistan. The findings of this study suggest that innovation in Iran is shaped more by human and institutional development rather than being rooted in technology or industry. Therefore, enhancing innovation capacity requires strengthening human capital, improving education quality, reforming governance structures, and paying particular attention to environmental indicators. These results can serve as a foundation for formulating targeted policies in the field of research and development.
Article history:	
Received: 4 April 2025	
Received in revised form: 4 June 2025	
Accepted: 11 June 2025	
Published online: 21 June 2025	
Keywords: Innovation Index, Research and Development (R&D), Data Mining, Governance	

Cite this article Goldani, Mahdi; & Zeynab, Khosrojerdi (2025). An Analysis of Iran's Behavior in Terms of the Innovation Index and Its Comparison with Neighboring Countries Using a Data Mining Approach. *Journal of Innovation Economic Ecosystem Studies*, 5 (1), 1-25.

DOI :<http://doi.org/10.22111/innoeco.2025.52152.1191>



© The Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

تحلیلی بر رفتار ایران از منظر شاخص نوآوری و مقایسه آن با کشورهای همسایه با رویکرد داده کاوی

مهدی گلدانی^۱ | زینب خسروجردی^۲

۱. دانشیار دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران، (نویسنده مسئول). رایانامه: m.goldani@hsu.ac.ir
 ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته علوم سیاسی دانشگاه علامه طباطبایی تهران. zeynab.khosrojerdi2001@gmail.com

چکیده	اطلاعات مقاله
<p>این پژوهش با هدف تحلیل روند نوآوری در ایران، شناسایی عوامل مؤثر بر آن و مقایسه با کشورهای همسایه، با رویکردی داده‌محور انجام شده است. با توجه به نقش کلیدی تحقیق و توسعه در تقویت نوآوری، شاخص هزینه تحقیق و توسعه (R&D) به‌عنوان نماینده نوآوری مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا، با بهره‌گیری از روش فاصله ویرایش پیچشی زمانی (TWED)، ۲۰ شاخص با رفتار مشابه R&D برای ایران و ۱۲ کشور همسایه در بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۳ شناسایی و تحلیل شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که در سطح منطقه‌ای، شاخص‌های مربوط به حکمرانی، آموزش و محیط زیست بیشترین هم‌راستایی زمانی با R&D را داشته‌اند. در ایران نیز شاخص‌هایی مانند نرخ ترک تحصیل در آموزش ابتدایی و شاخص‌های مرتبط با فقر، بیشترین شباهت رفتاری با روند هزینه تحقیق و توسعه را نشان داده‌اند. بررسی تطبیقی منطقه‌ای نیز نشان داد که برخی شاخص‌های حکمرانی (نظیر کیفیت نظارت و کنترل فساد) و زیست‌محیطی (مانند مناطق حفاظت‌شده دریایی) در کشورهای ایران، عراق، عمان و پاکستان رفتار مشابهی دارند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که نوآوری در ایران بیش از آنکه مبتنی بر فناوری یا صنعت باشد، در بستر توسعه انسانی و نهادی شکل می‌گیرد. از این‌رو، بهبود ظرفیت نوآوری مستلزم تقویت سرمایه انسانی، ارتقای کیفیت آموزش، اصلاح ساختارهای حکمرانی و توجه ویژه به شاخص‌های زیست‌محیطی است. این نتایج می‌تواند مبنای تدوین سیاست‌های هدفمند در حوزه تحقیق و توسعه قرار گیرد.</p>	<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۵</p> <p>تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۴</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۱</p> <p>تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۳۱</p> <p>واژه‌های کلیدی: شاخص نوآوری، تحقیق و توسعه (R&D)، داده کاوی، حکمرانی</p>

استناد: گلدانی، مهدی؛ و خسروجردی، زینب (۱۴۰۴). تحلیلی بر رفتار ایران از منظر شاخص نوآوری و مقایسه آن با کشورهای همسایه با رویکرد داده کاوی. *مطالعات زیست‌بوم اقتصاد نوآوری*، ۵(۱)، ۱-۲۵.

DOI : <http://doi.org/10.22111/innoecono.2025.52152.1191>

۱- مقدمه

در اقتصادهای مدرن علم، فن آوری و نوآوری نقش حیاتی و اصلی در بحث توسعه ایفا می‌کنند و این ابزارها به یکی از کلیدی‌ترین محرک‌های رشد اقتصادی، بهره‌وری و رقابت‌پذیری تبدیل شده است. اهمیت نوآوری از آن جهت دوچندان می‌شود که بخش اعظمی از توسعه کشورها براساس دستاورد علمی و نوآوری آن‌ها ارزیابی می‌گردد (خانی و نصراللهی، ۱۳۹۶). از اینرو، شناخت دقیق سازوکار نوآوری و شناسایی عوامل مؤثر بر آن و همچنین عواملی که از آن تاثیر می‌پذیرند، موضوعی بنیادین در حوزه سیاست‌گذاری علم، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان است. برای شناسایی این عوامل ابتدایی گام، شناخت درست بحث نوآوری در کشورها است. سازمان جهانی مالکیت فکری^۱ از سال ۲۰۱۱ تا کنون به صورت سالانه داده‌های شاخص جهانی نوآوری^۲ را منتشر می‌کند. این شاخص متشکل از دو شاخص اصلی ورودی و خروجی^۳ نوآوری است که هفت زیرشاخص کلیدی "مؤسسات و نهادها"، "سرمایه انسانی و پژوهش"، "زیرساخت"، "پیچیدگی بازار"، "پیچیدگی کسب و کار"، "دانش و فناوری" و "خروجی‌های خلاقانه" را در خود جای داده‌اند (حاجی رحیمی، ۱۴۰۲). برای بررسی جامع‌تر وضعیت شاخص نوآوری در ایران، صرف تمرکز بر داده‌های داخلی کافی نیست؛ بلکه لازم است این شاخص در بستر مقایسه‌ای منطقه‌ای مورد بررسی قرار گیرد. مقایسه ایران با کشورهای همسایه در چارچوب اشتراکات ژئوپلیتیکی می‌تواند تصویر روشنی از هم‌راستایی یا انحراف مسیر توسعه علمی و نوآوری کشور نسبت به معیارهای منطقه‌ای ارائه دهد. چنین تحلیلی قادر است نشان دهد آیا فرآیند پیشرفت در حوزه‌های دانش‌بنیان و فناوریانه متناسب با روندهای جاری در منطقه رشد داشته یا اینکه کشور در این عرصه با چالش عقب‌ماندگی از استانداردهای همسایگان مواجه است. در واقع، مشاهده روند نوآوری در کشورهایمانند ترکیه، امارات، عربستان سعودی، قطر و آذربایجان، تصویری روشن‌تر از جایگاه ایران در نقشه نوآوری منطقه ارائه می‌دهد. کشورهای حوزه خلیج فارس به‌ویژه امارات و قطر با عملکرد مثبت و سرمایه‌گذاری در فناوری، در صدر قرار دارند. ترکیه و عربستان نیز روندی صعودی داشته‌اند و در جایگاه‌های نسبتاً بالا هستند. در مقابل، کشورهای پاکستان، تاجیکستان و عمان شاخص نوآوری پایین‌تری دارند و نوسانات زیادی را تجربه کرده‌اند.

هدف اصلی این پژوهش، شناسایی شاخص‌هایی است که در طول زمان رفتاری مشابه با نوآوری داشته‌اند؛ شاخص‌هایی که به‌صورت زمانی با نوآوری هم‌نوسان یا هم‌جهت بوده‌اند. از آن‌جا که هزینه‌های تحقیق و توسعه در ادبیات سیاست‌گذاری بین‌المللی به‌عنوان نماینده‌ای معتبر برای سطح نوآوری کشورها در نظر گرفته می‌شوند، شناسایی این شاخص‌های هم‌رفتار، می‌تواند به درک بهتر سازوکارهای تقویت یا تضعیف نوآوری منجر شود. تمرکز پژوهش نه تنها بر ایران، بلکه بر کشورهای همسایه نیز هست تا بتوان جایگاه ایران را در مقایسه با فضای پیرامونی به‌درستی تحلیل کرد. این پژوهش با بررسی ادبیات «انتخاب متغیرهای هم‌رفتار در سری‌های زمانی» و «عوامل مؤثر بر نوآوری»، روش‌شناسی

¹ World Intellectual Property Organization (WIPO)

² Global Innovation Index (GII)

³ Innovation Input Sub-Index and Innovation Output Sub-Index

خود را بر تحلیل تطبیقی روش‌های سنجش هم‌رفتاری و طراحی چارچوبی برای مشابهت‌یابی متغیرها استوار کرده است. نتایج، تحلیل ۲۰ متغیر هم‌رفتار با شاخص هزینه تحقیق و توسعه در کشورهای نمونه را نشان می‌دهد که همبستگی متغیرها و نقش آنها در اکوسیستم نوآوری را تبیین می‌کند. در پایان، چارچوبی سیاستی برای بهینه‌سازی سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و پیشنهادهای کاربردی ارائه شده است. با این حال، باید توجه داشت که روش‌های مبتنی بر شباهت زمانی ممکن است به شناسایی متغیرهای کاذب بینجامند؛ به این معنا که برخی شاخص‌ها صرفاً به دلیل تطابق تصادفی الگوهای نوسانی با هزینه تحقیق و توسعه (بدون وجود رابطه علی یا مفهومی) در رتبه‌های بالاتر قرار گیرند. برای کاهش این ریسک، در مرحله تحلیل، علاوه بر نتایج کمی، ارزیابی‌های کیفی (مانند بررسی ارتباط نظری شاخص‌ها با نوآوری و مشورت با خبرگان) نیز انجام شد تا اطمینان حاصل شود که شاخص‌های انتخاب شده از منظر تحلیلی با فرآیند نوآوری مرتبط هستند.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

الف- مبانی نظری

فرآیند نوآوری پیچیده است، زیرا معمولاً با مجموعه‌ای از عوامل به هم پیوسته سروکار دارد که یا بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند یا از یکدیگر تأثیر می‌پذیرند (هال، ۲۰۱۱)^۱. در شرایطی که پیچیدگی بالاست، شناسایی ویژگی‌های کل سامانه دشوار می‌شود، چراکه ماهیت و پیوندهای میان عوامل تعامل‌گر به راحتی نادیده گرفته شده یا نادرسر درک می‌شوند. همچنین فرآیند نوآوری پویا نیز هست، چراکه عوامل تأثیرگذار در آن در طول زمان تغییر و تحول می‌یابند. این تغییرات می‌توانند زمینه‌ای ایجاد کنند که در آن نوآوری دیگر کارآمد نباشد یا پیامدهای ناخواسته‌ای در کوتاه‌مدت به همراه داشته باشد (سیلوستر و تیرکا، ۲۰۲۰)^۲. با توجه به این پیچیدگی و پویایی ذاتی فرآیند نوآوری، پژوهش‌های متعددی به بررسی عوامل مؤثر بر نوآوری پرداخته‌اند تا با شناخت دقیق‌تر این عوامل، درک جامع‌تری از ماهیت نوآوری به دست آید و تمام ابعاد و سازوکارهای آن به صورت نظام‌مند شناسایی شود.

نظریه کلاسیک نوآوری

مطالعه درباره انواع نوآوری از دهه ۱۹۷۰ به طور گسترده‌ای مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. نظریه نوآوری برای نخستین بار توسط شومپتر مطرح شد (بته و همکاران، ۲۰۲۳)^۳. او تأکید داشت که نوآوری عامل اصلی رشد اقتصادی است و از این منظر، نخستین اقتصاددانی بود که نوآوری را به کارآفرینی پیوند زد. در کتاب "نظریه توسعه اقتصادی"،

¹ Hall

² Silvestre & Țircă

³ Bate

شومپیتر توسعه را فرآیندی تاریخی از تحولات ساختاری می‌داند که در آن، نوآوری نقش محوری ایفا می‌کند (زیموویچ، ۲۰۲۰).^۱ وی نوآوری را در پنج دسته اصلی طبقه‌بندی می‌کند:

۱. معرفی محصولی جدید یا گونه‌ای تازه از یک محصول شناخته‌شده،
۲. به‌کارگیری روش‌های نوین در تولید یا فروش که تاکنون در صنعت به‌کار نرفته‌اند،
۳. گشودن بازاری جدید که قبلاً هیچ بخش صنعتی در آن فعال نبوده،
۴. دستیابی به منابع نوین برای تأمین مواد اولیه یا کالاهای نیمه‌ساخته،
۵. ایجاد ساختار جدید در صنعت، مانند شکل‌گیری یا حذف موقعیت‌های انحصاری.

شومپیتر استدلال می‌کند که هرکس که به دنبال سود است، باید نوآوری کند. این امر باعث می‌شود کاربرد متفاوتی از منابع موجود تولیدی در نظام اقتصادی ایجاد شود. شومپیتر باور داشت که نوآوری به‌عنوان محرک ضروری رقابت‌پذیری و پویایی‌های اقتصادی شناخته می‌شود. او همچنین معتقد بود که نوآوری در قلب تغییرات اقتصادی قرار دارد و باعث ایجاد تندبادهای "تخریب خلاقانه"^۲ می‌شود؛ اصطلاحی که خود شومپیتر در کتاب سرمایه‌داری، سوسیالیسم و دموکراسی ابداع کرد (زیموویچ، ۲۰۲۰). به باور شومپیتر، نوآوری فرآیندی است از: "دگرگونی صنعتی که بی‌وقفه ساختار اقتصادی را از درون متحول می‌سازد، بی‌وقفه ساختار قدیمی را نابود می‌کند و بی‌وقفه ساختاری جدید خلق می‌نماید".

پیشینه پژوهش

علیرضا دقیقی‌اصلی و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله‌ای با عنوان "بررسی اثر هزینه‌های تحقیق و توسعه در بخش آموزش عالی بر رشد اقتصادی کشورهای اتحادیه اروپا"، با استفاده از مدل پانل دیتا پویا (GMM) به تحلیل نقش R&D در آموزش عالی بر رشد اقتصادی کشورهای عضو اتحادیه اروپا طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰ پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که هزینه‌های تحقیق و توسعه در بخش آموزش عالی دارای اثر مثبت و معناداری بر رشد تولید ناخالص داخلی کشورهای مورد مطالعه است. همچنین ضریب تأثیر این متغیر نسبت به سایر عوامل تولید مانند نیروی کار شاغل و موجودی سرمایه فیزیکی بزرگ‌تر گزارش شده است؛ به طوری که افزایش یک واحدی در هزینه‌های تحقیق و توسعه در بخش آموزش عالی، منجر به افزایش حدود ۱۳.۲۶ واحدی در رشد اقتصادی می‌شود. این یافته‌ها بر اهمیت استراتژیک سرمایه‌گذاری در بخش علمی و دانشگاهی به‌عنوان محرک اصلی نوآوری و رشد اقتصادی پایدار تأکید دارند. خانی و نصرالهی (۱۳۹۵) در مقاله‌ای با عنوان "بررسی نقش عوامل مؤثر بر نوآوری؛ مقایسه کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه"، عوامل متعددی را به‌عنوان محرک‌های مؤثر بر نوآوری در سطح کلان معرفی کرده‌اند. از جمله این

¹ Ziemnowicz

² Creative Destruction

عوامل می‌توان به حقوق مالکیت فکری (IPR)، سرمایه انسانی، نرخ پس‌انداز، تولید ناخالص داخلی سرانه، و نرخ بهره واقعی اشاره کرد که از طریق مدل‌سازی داده‌های تابلویی برای کشورهای منتخب بررسی شده‌اند. یافته‌های مقاله حاکی از آن است که در کشورهای در حال توسعه، حمایت از مالکیت فکری و سرمایه‌گذاری در آموزش و تحقیق نقش مهمی در ارتقاء سطح نوآوری ایفا می‌کند. محمدی و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله «شناسایی عوامل مؤثر بر ظرفیت نوآوری بنگاه‌های دانش‌بنیان حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات در ایران»، ظرفیت نوآوری را به عنوان توانایی بنگاه‌ها در نوآوری مستمر و پیشرو تعریف کردند. این ظرفیت، نقش کلیدی در بقاء، رقابت‌پذیری، و توسعه بنگاه‌ها ایفا می‌کند. بر اساس مرور ادبیات و تحلیل کیفی با مشارکت خبرگان، عواملی نظیر سرمایه انسانی متخصص، دسترسی به منابع مالی، حمایت‌های سیاستی، زیرساخت‌های فناورانه، و شرایط بازار به عنوان عوامل مؤثر بر ظرفیت نوآوری شناسایی شده‌اند. شاه‌آبادی و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای با عنوان "اثر متقاطع توسعه مالی و حکمرانی خوب بر نوآوری در کشورهای منتخب کارایی محور" با استفاده از داده‌های تابلویی و به روش گشتاورهای تعمیم‌یافته با یک رویکرد سیستمی اثر متقاطع توسعه مالی و شاخص‌های نهادی حکمرانی خوب (حق اظهارنظر و پاسخگویی، ثبات سیاسی و مقابله با خشونت، کارایی و اثربخشی دولت، کیفیت قوانین، حاکمیت قانون و کنترل فساد) بر نوآوری در ۲۱ کشور منتخب کارایی محور طی دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۰۷ بررسی نمودند. نتایج نشان داد اثر متقاطع توسعه مالی و کلیه شاخص‌های حکمرانی خوب بر نوآوری در کشورهای منتخب مثبت و معنادار است. همچنین، اثر مجزای توسعه مالی و شاخص‌های حکمرانی خوب بر نوآوری مثبت و معنادار است. زمانیان و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای با عنوان "بررسی اثر حکمرانی خوب بر نوآوری در کشورهای منتخب عضو اوپک" به بررسی اثر شاخص حکمرانی خوب بر شاخص نوآوری در کشورهای منتخب طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ با استفاده از مدل پنل دیتا پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که شاخص حکمرانی خوب در بلندمدت اثر مثبت و معناداری بر شاخص نوآوری جهانی دارد. حاجی رحیمی (۱۴۰۲) در مقاله‌ای با عنوان "بررسی عوامل مؤثر بر توسعه اقتصاد دانش‌بنیان در ایران بر اساس شاخص جهانی نوآوری"، با تکیه بر مؤلفه‌های شاخص جهانی نوآوری (GII)، وضعیت نوآوری در ایران تحلیل کرده است. این مطالعه با استفاده از داده‌های سال ۲۰۲۱ گزارش WIPO، عوامل مؤثر بر نوآوری را در قالب شش بُعد کلیدی شامل: عوامل نهادی، سرمایه انسانی و پژوهش، زیرساخت‌ها، پیچیدگی بازار، پیچیدگی کسب‌وکار، و خروجی‌های نوآورانه (دانش و فناوری) مورد ارزیابی قرار داده است. ابراهیمی و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای با عنوان "تحلیل فضایی متغیرهای نهادی مؤثر بر نظام ملی نوآوری کشورهای حوزه منا در مقایسه با کشورهای اتحادیه اروپا"، نقش نهادها به عنوان عوامل بنیادین در شکل‌گیری و پویایی نوآوری ملی بررسی شده است. در این پژوهش با استفاده از مدل‌های پنل فضایی (SAR) و (SDM)، تأثیر متغیرهای نهادی مانند شاخص حکمرانی، حقوق مالکیت فکری، فضای کسب‌وکار، و رقابت‌پذیری جهانی به همراه متغیر غیربنیادی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) بر شاخص جهانی نوآوری کشورها تحلیل شده است. در مقاله‌ای با عنوان "شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر موفقیت اکوسیستم نوآوری فناوری اطلاعات و ارتباطات"، مهدی‌الیاسی (۱۴۰۴) به بررسی ساختاری و اولویت‌بندی مؤلفه‌های کلیدی در شکل‌گیری و موفقیت اکوسیستم نوآوری در حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا) در ایران پرداخته است. نویسنده

با بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) و مشارکت فعالان دانشگاهی، صنعتی و سیاست‌گذاری، پنج معیار اصلی شامل: سرمایه انسانی، منابع مالی، عوامل سیاستی، زیرساخت، و بازار و ۲۱ زیرمعیار مرتبط را شناسایی و رتبه‌بندی کرده است.

خان^۱ (۲۰۱۷) در مطالعه خود نشان دادند که سرمایه‌گذاری‌های دولتی و خصوصی در تحقیق و توسعه، به‌ویژه در صنایع تولیدی، رابطه مثبتی با شاخص‌هایی نظیر تعداد درخواست‌های ثبت اختراع و میزان پیشرفت‌های فناورانه دارند. این یافته‌ها حاکی از آن است که افزایش سهم در تولید ناخالص داخلی، می‌تواند به‌عنوان محرک کلیدی فعالیت‌های نوآورانه تلقی شود. همچنین نشان دادند که در کشورهای در حال توسعه، ضعف ساختار نهادی، منابع مالی محدود و نبود سیاست‌های حمایتی، موانعی برای شکل‌گیری این همکاری‌ها ایجاد کرده است. ژانگ و همکاران^۲ (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای بر روی چین به عوامل مؤثر بر نوآوری فناورانه در صنایع چین پرداخته و از مدل ترکیبی-FOA GRNN برای شناسایی اثرات استفاده کرده است. یافته‌های مقاله به‌طور مشخص حاکی از آن‌اند که توسعه اقتصادی، ساختار نهادی و محیط نوآوری در هر منطقه، تأثیر مستقیمی بر شدت و کارایی نوآوری صنعتی دارند. لی و همکاران^۳ (۲۰۲۲) و لورنسو و سانتوس^۴ (۲۰۲۳) در مطالعات خود نشان داده‌اند که فرهنگ‌های فردگرا، با تشویق کارآفرینی و خلاقیت، بستری مساعد برای نوآوری فراهم می‌کنند. در مقابل، فرهنگ‌هایی با سطح بالای اجتناب از عدم قطعیت تمایل کمتری به ریسک‌پذیری دارند و در نتیجه ممکن است نوآوری را سرکوب کنند. بیت و همکاران^۵ (۲۰۲۳) نشان دادند سیاست‌های دولتی نظیر مشوق‌های مالیاتی، یارانه‌ها و حمایت‌های ساختاری نیز می‌توانند بستر مناسبی برای رشد نوآوری فراهم کنند. این مطالعه تأکید می‌کند که آزادی اقتصادی در برخی کشورها با فراهم کردن محیط کسب‌وکار باز و رقابتی، نوآوری را تسهیل کرده، اما در برخی موارد دیگر، چنین رابطه‌ای معنادار نبوده است؛ موضوعی که اهمیت طراحی سیاست‌های متناسب با زمینه‌های بومی هر کشور را برجسته می‌کند. قمرالزمان و کور^۶ (۲۰۲۳) در پژوهش خود نشان دادند که در کشورهای در حال توسعه، باز بودن تجاری از طریق دسترسی به فناوری‌های خارجی، سرریز دانش و گسترش بازارهای بین‌المللی، نقش مهمی در تحریک فعالیت‌های نوآورانه ایفا می‌کند. این در حالی است که این اثرگذاری در کشورهای توسعه‌یافته به‌مراتب ضعیف‌تر گزارش شده است. بر این اساس، پیوند با اقتصاد جهانی می‌تواند برای کشورهایی با زیرساخت نوآوری ضعیف، یک اهرم تحول‌آفرین محسوب شود. کوتینیو و او-یونگ-اولیویرا^۷ (۲۰۲۴) تأکید می‌کنند که زیرساخت‌های دیجیتال نقش مهمی در جذب دانش، تسهیل ارتباطات بین بازیگران نوآوری و پرورش فرهنگ نوآورانه ایفا می‌کنند. افزون بر این تأکید می‌کنند که دسترسی عادلانه به آموزش و ارتقاء برابری جنسیتی در نظام آموزشی، از عوامل فرهنگی اساسی در تقویت ظرفیت نوآوری هستند. اسی^۸ (۲۰۲۴)

¹ Khan

² Zhang et al

³ Lee et al

⁴ Lourenço & Santos

⁵ Bate et al

⁶ Qamruzzaman & Kor

⁷ Coutinho & Au-Yong-Oliveira

⁸ Osei

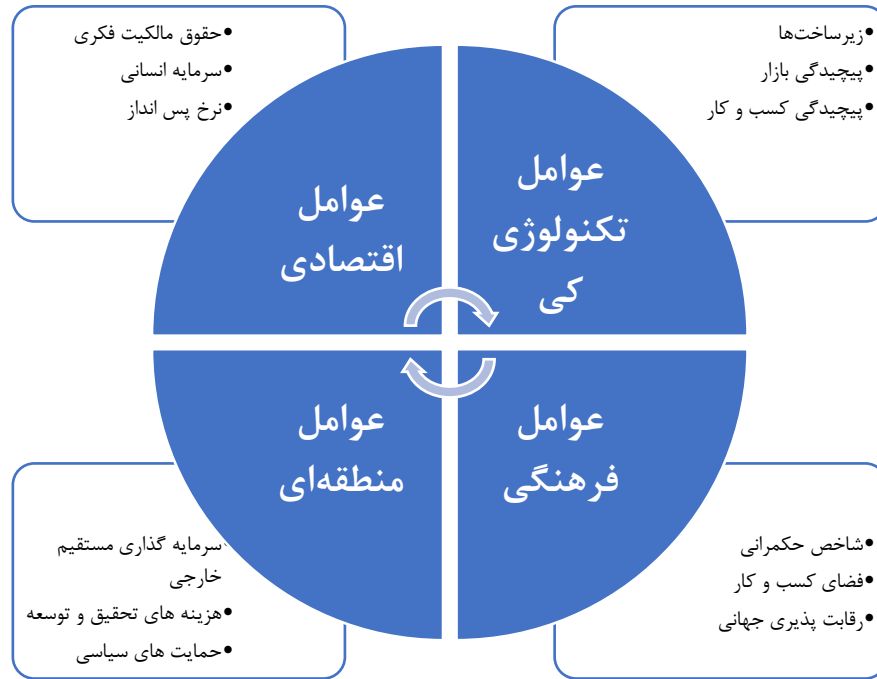
در مطالعه‌ای با عنوان «زیرساخت دیجیتال و نوآوری در آفریقا: آیا سرمایه انسانی نقش میانجی‌گری دارد؟»، به بررسی همزمان نقش زیرساخت دیجیتال و سرمایه انسانی به‌عنوان عوامل کلیدی مؤثر بر نوآوری در بافت آفریقایی پرداخته است. در این پژوهش با استفاده از مدل گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی برای داده‌های پانل ۲۸ کشور آفریقایی طی دوره ۲۰۱۹-۲۰۱۱، تأثیر مستقیم زیرساخت دیجیتال (سنجیده‌شده با شاخص ترکیبی شامل اشتراک تلفن ثابت، پهن‌بند ثابت، تلفن همراه و استفاده از اینترنت) و نقش میانجی‌گری سرمایه انسانی (اندازه‌گیری‌شده با نرخ ثبت‌نام آموزش عالی) بر شاخص خروجی نوآوری جهانی (GII) تحلیل شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که زیرساخت دیجیتال به‌طور مستقیم و مثبت بر نوآوری اثرگذار است، اما این رابطه به‌طور معناداری از طریق سرمایه انسانی تقویت می‌شود؛ به‌گونه‌ای که بهبود همزمان این دو عامل، اثر سینرژیک بر ارتقای نوآوری در کشورهای آفریقایی دارد. همچنین متغیرهای کنترلی نظیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)، بازبودن تجاری و رشد اقتصادی تأثیر مثبت، و تورم و توسعه مالی تأثیر منفی بر نوآوری نشان دادند. چاتا و همکاران^۱ (۲۰۲۵) در مطالعه خود نشان دادند که نبود زیرساخت‌های تحقیقاتی و ضعف در کیفیت سرمایه انسانی باعث وابستگی مفرط به فناوری‌های وارداتی شده و مانعی برای توسعه نوآوری بومی است.

مرور مطالعات داخلی و خارجی نشان می‌دهد که عوامل متعددی در سطوح اقتصادی، نهادی، فناوری، فرهنگی و منطقه‌ای بر عملکرد نوآوری در کشورهای در حال توسعه تأثیرگذارند. مطالعات داخلی به‌ویژه بر نقش مالکیت فکری، سرمایه انسانی، حمایت‌های دولتی و ساختار نهادی در ارتقاء نوآوری تأکید داشته‌اند (خانی و نصر...ی، ۱۳۹۵؛ حاجی رحیمی، ۱۴۰۲؛ ابراهیمی و همکاران، ۱۴۰۳). در حوزه تخصصی‌تر فناوری اطلاعات و ارتباطات نیز سرمایه انسانی، تأمین مالی و زیرساخت‌های نوآوری به‌عنوان مؤلفه‌های کلیدی معرفی شده‌اند (الیاسی، ۱۴۰۴). از سوی دیگر، یافته‌های مطالعات بین‌المللی نظیر خان (۲۰۱۷)، باته (۲۰۲۳)، سرولک (۲۰۱۱) و قمرالزمان و کور (۲۰۲۳) نشان می‌دهند که سرمایه‌گذاری در R&D، باز بودن تجاری، کیفیت نهادها، فرهنگ ملی و عدالت آموزشی از محرک‌های مهم نوآوری هستند.

با وجود این حجم گسترده از مطالعات، اغلب تحقیقات پیشین یا به بررسی اثرگذاری یک‌متغیره یا گروه محدودی از شاخص‌ها بر نوآوری پرداخته‌اند یا رویکرد آنها مقطعی و همبستگی ساده بوده است. همچنین، کمتر مطالعه‌ای به تحلیل رفتاری و زمانی هم‌نوسانی شاخص‌ها با R&D به‌عنوان نماینده نوآوری در سطح ملی، به‌ویژه در مقایسه منطقه‌ای با کشورهای همسایه ایران، پرداخته است.

¹ Chatha et al

نمودار ۱. جمع‌بندی عوامل موثر بر نوآوری در کشورهای در حال توسعه براساس پیشینه پژوهش



بنابراین، خلا پژوهشی که مطالعه حاضر در پی پر کردن آن است، عبارت است از؛ شناسایی شاخص‌های هم‌رفتار زمانی با هزینه‌های تحقیق و توسعه (به‌عنوان پروکسی برای نوآوری) در ایران و مقایسه آن با کشورهای همسایه با استفاده از روش‌های دقیق تحلیل مشابهت سری‌های زمانی به‌منظور کشف الگوهای پنهان، وابستگی‌های ساختاری و ارائه توصیه‌های سیاست‌گذارانه مبتنی بر داده. با این حال، یک چالش روش شناختی کلیدی در این مسیر وجود دارد: روش‌های مرسوم سنجش مشابهت سری‌های زمانی عموماً متغیرها را صرفاً بر اساس همبستگی رفتاری با متغیر هدف رتبه‌بندی می‌کنند، بی‌آنکه ارتباط علی یا مفهومی بین آنها را مورد بررسی قرار دهند. این مسئله ممکن است به انتخاب کاذب متغیرها بینجامد، به‌طوری که برخی شاخص‌ها تنها به دلیل تطابق الگوهای زمانی ظاهری، در رتبه‌های بالا قرار گیرند، در حالی که از منظر تحلیلی یا نظری، ارتباط معناداری با فرایند نوآوری نداشته باشند. بنابراین، پژوهش حاضر می‌کوشد با ترکیب تحلیل‌های کمی (مانند شباهت زمانی) و ارزیابی‌های کیفی (مانند اعتبارسنجی مفهومی)، دقت شناسایی عوامل مؤثر بر نوآوری را افزایش دهد.

۳- روش‌شناسی و داده‌های تحقیق

الف. انتخاب داده‌ها و منابع اطلاعاتی

انتخاب داده‌های دقیق و جامع، نقشی تعیین‌کننده در صحت و اعتبار تحلیل‌های مبتنی بر سری‌های زمانی دارد. همان‌طور که در ادبیات روش‌شناسی تأکید شده است، حتی پیشرفته‌ترین الگوریتم‌ها نیز نمی‌توانند ضعف ناشی از

کیفیت پایین داده‌ها را جبران کنند. از این رو، در این پژوهش، با هدف دستیابی به جامعیت زمانی و تنوع شاخص‌ها، از داده‌های بانک جهانی^۱ استفاده شده است. این پایگاه داده، با پوشش زمانی بلندمدت از سال ۱۹۶۰ تاکنون و دربرگیری بیش از ۱۵۰۰ شاخص اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، یکی از معتبرترین منابع اطلاعاتی برای تحلیل‌های توسعه‌ای در سطح بین‌المللی به‌شمار می‌رود. در مطالعه حاضر، داده‌های مربوط به ایران و کشورهای همسایه (آذربایجان، ارمنستان، ترکیه، ترکمنستان، پاکستان، عراق، عربستان، امارات، عمان، بحرین، کویت، قطر) در بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۳ استخراج و مورد استفاده قرار گرفته است.

هدف اصلی این مطالعه، تحلیل میزان همبستگی و شباهت میان شاخص نوآوری و شاخص‌های منتخب توسعه‌ای بانک جهانی برای ایران و سایر کشورهای مورد بررسی است. با این حال، بررسی‌های اولیه نشان داد که داده‌های مربوط به شاخص نوآوری تنها برای بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ در دسترس است. محدود بودن این دوره زمانی می‌تواند اعتبار نتایج تحلیل را کاهش داده و منجر به استنتاج‌های نادرست شود. از این رو، به‌منظور افزایش قابلیت اتکا و عمق تحلیل، از شاخص «هزینه‌های تحقیق و توسعه به‌عنوان درصدی از تولید ناخالص داخلی» به‌عنوان نماینده‌ای (پروکسی) جایگزین برای شاخص نوآوری استفاده شده است.

ب. پیش‌پردازش داده‌ها

با توجه به ماهیت سری‌های زمانی و پیچیدگی‌های رفتاری متغیرهای کلان، در این پژوهش از رویکردی پیشرفته برای پیش‌پردازش داده‌ها بهره گرفته شده است. به‌ویژه برای مدیریت مقادیر گمشده، از روش خودمرزگذاری^۲ استفاده شده که یکی از تکنیک‌های یادگیری عمیق در حوزه بازسازی داده‌ها محسوب می‌شود. این روش قادر است با یادگیری ساختار درونی داده‌ها، مقادیر گمشده را به‌شکل دقیق‌تری بازسازی نماید. برای بهبود عملکرد شبکه‌های عصبی در این فرآیند، داده‌ها پیش از ورود به مدل استانداردسازی شدند تا تأثیر تفاوت در مقیاس متغیرها بر نتایج مدل به حداقل برسد.

ج. تحلیل شباهت و اندازه‌گیری فاصله سری‌های زمانی

یکی از مراحل کلیدی در تحلیل داده‌های سری زمانی، شناسایی میزان شباهت میان رفتار زمانی متغیرهای مختلف است. در این پژوهش، هدف اصلی از تحلیل شباهت، شناسایی آن دسته از شاخص‌های توسعه‌ای است که در طول زمان، رفتاری هم‌راستا با شاخص "هزینه‌های تحقیق و توسعه (% از تولید ناخالص داخلی)" از خود نشان داده‌اند. از آن‌جا که هزینه‌های R&D در ادبیات بین‌المللی به‌عنوان یک شاخص نماینده برای نوآوری تلقی می‌شود، شناسایی شاخص‌های هم‌رفتار با آن می‌تواند به شناخت عمیق‌تری از سازوکارهای نوآوری و عوامل زمینه‌ساز آن در ایران و منطقه کمک کند.

برای این منظور، از مجموعه‌ای متنوع از روش‌های اندازه‌گیری فاصله و شباهت در سری‌های زمانی استفاده شده است. این روش‌ها به‌طور خاص برای تحلیل داده‌هایی مناسب‌اند که دارای ساختار وابسته به زمان، نوسانات غیرخطی، و

¹World Development Indicators

² Autoencoder-based Imputation

احتمالات تغییر فاز و مقیاس در زمان هستند. روش‌های مورد استفاده در این پژوهش در سه دسته کلی طبقه‌بندی می‌شوند:

الف) معیارهای گام‌به‌گام^۱

این معیارها سری‌های زمانی را به صورت نقطه به نقطه با یکدیگر مقایسه می‌کنند و برای مواردی که طول و زمان‌بندی داده‌ها همسان است، کارآمدند. مهم‌ترین این معیارها عبارت‌اند از:

- فاصله اقلیدسی^۲: یکی از ساده‌ترین و کلاسیک‌ترین معیارهای فاصله است که مجموع مجذور تفاوت‌های مقادیر دو سری زمانی با طول برابر را محاسبه می‌کند. این روش به دلیل سادگی محاسباتی بسیار رایج است، اما در برابر جابه‌جایی‌های زمانی حساس بوده و تنها زمانی قابل استفاده است که سری‌ها هم‌راستا و بدون تغییر فاز باشند.
- ضریب همبستگی پیرسون^۳: این معیار شدت و جهت رابطه خطی بین دو سری زمانی نرمال شده را اندازه‌گیری می‌کند و مقادیری در بازه $[-1, 1]$ دارد. ضریب مثبت بالا نشان‌دهنده هم‌جهتی قوی در نوسانات سری‌هاست، اما این روش نیز به هم‌زمانی کامل داده‌ها حساس است و قادر به تطبیق تغییر فازها یا شیفت‌های زمانی نیست.

ب) معیارهای کشسان^۴

این دسته از معیارها با انعطاف‌پذیری در مقیاس زمانی، اجازه می‌دهند که نقاط متناظر در سری‌های زمانی لزوماً در یک موقعیت زمانی دقیق قرار نداشته باشند. این قابلیت باعث می‌شود تحلیل دقیق‌تری برای داده‌هایی با فازهای متفاوت، وقفه‌های زمانی یا سرعت نوسان متفاوت ارائه شود. مهم‌ترین این معیارها عبارت‌اند از:

- پیچش زمانی پویا^۵ روشی پیشرفته برای تطبیق دو سری زمانی با ساختار زمانی متفاوت است. این الگوریتم امکان مقایسه نقاط غیرهم‌زمان را فراهم کرده و با کمینه کردن مجموع هزینه مسیر تطبیق، بهترین تطابق زمانی میان دو سری را محاسبه می‌کند. این روش برای داده‌هایی با نوسان‌پذیری بالا و ریتم غیرهمگام بسیار مناسب است.
- طولانی‌ترین زیررشته مشترک^۶ این روش با نادیده گرفتن برخی نقاط غیرمشابه و تمرکز بر یافتن طولانی‌ترین دنباله مشترک، انعطاف خوبی در تطبیق داده‌های نویزی و ناقص دارد. مزیت آن در تحمل نسبتاً بالا به نویزهای تصادفی و فاصله‌های جزئی است.

¹ Point-to-Point Measures

² Euclidean Distance

³ Pearson Correlation

⁴ Elastic Measures

⁵ Dynamic Time Warping (DTW)

⁶ Longest Common Subsequence (LCSS)

- فاصله ویرایش بر دنباله‌های عددی^۱ الگویی الهام‌گرفته از مفاهیم نظریه زبان‌هاست که تعداد عملیات لازم برای تبدیل یک سری به سری دیگر را محاسبه می‌کند. این روش نیز در حضور نویز و داده‌های گسسته عملکرد خوبی دارد.
 - فاصله ویرایش همراه با پناستی عددی^۲ یک مدل ترکیبی است که مزایای روش فاصله ویرایشی و فاصله- L_1 norm را تلفیق کرده و امکان بررسی دقیق‌تر تفاوت‌های ساختاری و محتوایی را در سری‌های زمانی فراهم می‌آورد. ERP در شرایطی که تفاوت‌های زمانی و مقداری همزمان وجود دارند، عملکرد بسیار خوبی دارد.
 - فاصله ویرایش با پیچش زمانی^۳ یک متریک تطبیق زمانی پیشرفته است که ترکیبی از فاصله زمانی و ویرایشی را با در نظر گرفتن سختی جریمه زمانی به کار می‌گیرد. این روش نسبت به DTW حساس‌تر به تغییرات زمانی است و به‌طور خاص برای تحلیل داده‌های دارای ترتیب قوی زمانی طراحی شده است.
- (پ) معیارهای هندسی^۴
- در این دسته، سری‌های زمانی به‌عنوان مسیرهایی در فضای برداری در نظر گرفته می‌شوند و مقایسه بر اساس شکل و ساختار هندسی کلی مسیرها انجام می‌شود. این معیارها برای بررسی شباهت‌های کلی مسیر حرکت داده‌ها کاربرد دارند:
- فاصله فرشت^۵: این معیار با الهام از مثال معروف سگ و صاحبش، حداقل مسیری را می‌سنجد که یک نقطه متحرک باید برای تطبیق دو مسیر طی کند. فرشت برای بررسی شباهت شکل کلی بین دو سری بسیار مناسب است و حتی در صورت اختلافات موضعی نیز مسیر کلی را در نظر می‌گیرد.
 - فاصله هاسدورف^۶: این معیار بر اساس بیشینه فاصله بین هر نقطه از یک سری به نزدیک‌ترین نقطه در سری دیگر تعریف می‌شود و برای تشخیص حداکثر انحراف بین دو سری کاربرد دارد. هاسدورف به نقاط پرت و تغییرات شدید حساس است.
 - فاصله متقارن بین بخش و مسیر^۷ با محاسبه میانگین فاصله نقاط از پاره‌خط‌های مسیر مقابل، تصویری دقیق از شباهت هندسی بین سری‌های زمانی ارائه می‌دهد. این روش اغلب برای تطبیق داده‌های فضایی یا مسیرهای حرکتی استفاده می‌شود.
- با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد روش فاصله ویرایش پیچشی زمانی، می‌توان آن را یکی از قدرتمندترین رویکردها برای سنجش شباهت بین سری‌های زمانی دانست. این روش با ترکیب مزایای دو رویکرد بیشینه زیررشته مشترک و پیچش زمانی پویا، انعطاف‌پذیری بالایی در مواجهه با تغییرات ساختاری و زمانی داده‌ها دارد. قابلیت کنترل سختی

¹ Edit Distance on Real sequences (EDR)

² Edit Distance with Real Penalty (ERP)

³ Time Warp Edit Distance

⁴ Geometric Measures

⁵ Discrete Fréchet Distance

⁶ Hausdorff Distance

⁷ Symmetric Segment-Path Distance

تطبيق زمانی، تعريف مجدد عمليات ویرایشی، و همچنین عملکرد قابل قبول آن در ارزیابی‌های تجربی متنوع، همگی نشان می‌دهند که این روش توانسته است در مواجهه با داده‌های پیچیده و چندمتغیره عملکردی قابل اعتماد و مؤثر از خود نشان دهد. از این رو، در چارچوب این مطالعه، استفاده از آن برای تحلیل شباهت سری‌های زمانی انتخابی موجه و ترجیح‌پذیر به نظر می‌رسد (سالارپور و همکاران، ۱۳۹۷).

در این پژوهش، ابتدا برای هر کشور، شاخص هزینه R&D به‌عنوان متغیر مرجع انتخاب شد و سپس با استفاده از روش TWED، میزان شباهت زمانی آن با سایر شاخص‌ها محاسبه گردید. در نهایت، بر اساس نتایج حاصل الگوریتم، شاخص‌هایی که بیشترین شباهت را با R&D داشتند استخراج و تحلیل شدند. این فرآیند برای ایران و تمامی کشورهای همسایه به‌صورت جداگانه انجام شده است تا امکان مقایسه رفتارهای نوآوری در سطح منطقه‌ای فراهم گردد. با این حال، باید توجه داشت که روش‌های مبتنی بر شباهت زمانی ممکن است به شناسایی متغیرهای کاذب بینجامند؛ به این معنا که برخی شاخصها صرفاً به دلیل تطابق تصادفی الگوهای نوسانی با R&D (بدون وجود رابطه علی یا مفهومی) در رتبه‌های بالاتر قرار گیرند. برای کاهش این ریسک، در مرحله تحلیل، علاوه بر نتایج کمی، ارزیابیهای کیفی (مانند بررسی ارتباط نظری شاخص‌ها با نوآوری) نیز انجام شد تا اطمینان حاصل شود که شاخص‌های انتخاب شده از منظر تحلیلی با فرآیند نوآوری مرتبط هستند.

۴- تجزیه و تحلیل نتایج

هدف این مقاله شناسایی متغیرهای هم رفتار با شاخص نوآوری در ایران و مقایسه آن با کشورهای همسایه ایران و منطقه است. بدین منظور الگوریتم مشابهت یابی TWED به عنوان الگوریتم برگزیده برای شناسایی شاخص‌های مشابه به شاخص هزینه تحقیق و توسعه انتخاب گردید. برای هر کشور و مجموعه داده، ۲۰ شاخص برتر که مشابهت بالایی با شاخص هزینه تحقیق و توسعه را داشتند انتخاب شدند. برای بدست آوردن یک دید کلی از شاخص‌ها یک دسته‌بندی کلی برای هر ۲۰ شاخص منتخب در هر کشور انجام گردید. با حذف شاخص‌های تکرار شونده در دیتاست کشورهای مختلف، ۱۸۰ شاخص در شش گروه اجتماعی، اقتصادی، سلامت، آموزش، حکمرانی و محیط زیست دسته‌بندی گردیدند. به دلیل حجم بالای شاخص‌ها، فقط شاخص‌ها با تکرار شونده بالایی یک بار در جدول ۱ نمایش داده شده‌اند.

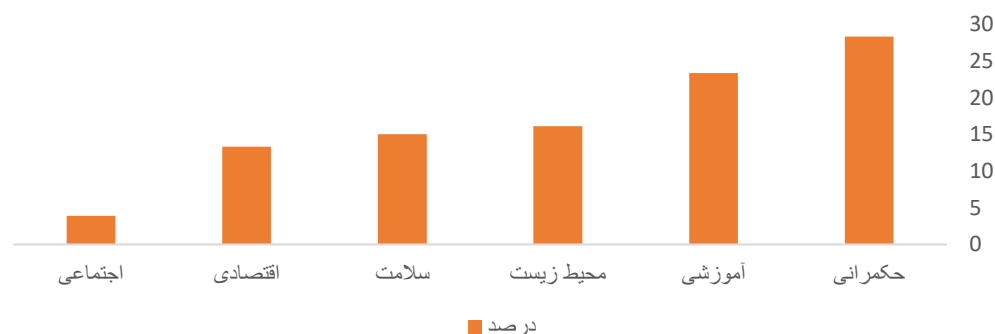
جدول ۱. دسته‌بندی شاخص‌های پرتکرار (با فراوانی ≤ 2) در مجموعه داده‌های مورد بررسی

دسته	شاخص	تعداد
اجتماعی	نسبت جمعیتی که به زیر خط فقر ۲.۱۵ دلار (برابری قدرت خرید ۲۰۱۷) رانده شده‌اند بر اساس هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی از جیب (/)	۲
	قتل عمد، مرد (به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ مرد)	۲
اقتصادی	هزینه‌های تحقیق و توسعه (درصد از تولید ناخالص داخلی)	۵
	صادرات مواد خام کشاورزی (درصد صادرات کالا)	۲
	صادرات سنگ معدن و فلزات (درصد صادرات کالا)	۲
	نسبت سطح قیمت ضریب تبدیل PPP (تولید ناخالص داخلی) به نرخ ارز بازار	۲
	سهام خطوط تعرفه با نرخ‌های خاص، همه محصولات (/)	۲
آموزشی	شاخص سرمایه انسانی (HCI)، زنان، حد پایین (مقیاس ۱-۰)	۳
	شاخص سرمایه انسانی (HCI)، مردان، حد پایین (مقیاس ۱-۰)	۳
	شاخص سرمایه انسانی (HCI)، زنان، حد بالا (مقیاس ۱-۰)	۳
	شاخص سرمایه انسانی (HCI)، مردان (مقیاس ۱-۰)	۳
	شاخص سرمایه انسانی (HCI)، مردان، حد بالا (مقیاس ۱-۰)	۳
	نرخ سواد، جوانان (۱۵-۲۴ سال)، شاخص برابری جنسیتی (GPI)	۲
	کودکان در سن دبستان که از مدرسه محروم هستند (/)	۲
	میزان تحصیلات، دکترا یا معادل آن، جمعیت ۲۵+ سال، مردان (/) (تجمعی)	۲
	میزان تحصیلات، دکترا یا معادل آن، جمعیت ۲۵+ سال، کل (/) (تجمعی)	۲
	میزان تحصیلات، دکترا یا معادل آن، جمعیت ۲۵+ سال، زنان (/) (تجمعی)	۲

۲	زنان کودکان در سن دبستان که از مدرسه محروم هستند (/)	
۲	کودکان پسر در سن دبستان که از مدرسه محروم هستند (/)	
۲	شاخص سرمایه انسانی (HCI)، زنان (مقیاس ۱-۰)	
۲	شاخص سرمایه انسانی (HCI)، حد پایین (مقیاس ۱-۰)	
۲	شاخص سرمایه انسانی (HCI) (مقیاس ۱-۰)	
۲	شاخص سرمایه انسانی (HCI)، حد بالا (مقیاس ۱-۰)	
۴	کیفیت نظارتی: خطای استاندارد	
۴	کنترل فساد: خطای استاندارد	حکمرانی
۴	حاکمیت قانون: خطای استاندارد	
۴	ثبات سیاسی و عدم خشونت/تروریسم: خطای استاندارد	
۳	صداقت و پاسخگویی: خطای استاندارد	
۲	کیفیت نظارتی: تخمین	
۴	اثر بخشی دولت: خطای استاندارد	
۲	انتشار اکسید نیتروژن (N ₂ O) از حمل و نقل (انرژی) (CO ₂ e Mt)	محیط زیست
۲	انتشار متان (CH ₄) از ساختمان (انرژی) (Mt CO ₂ e)	
۲	انتشار متان (CH ₄) از احتراق صنعتی (انرژی) (Mt CO ₂ e)	
۲	انتشار اکسید نیتروژن (N ₂ O) از صنعت برق (انرژی) (CO ₂ e Mt)	
۲	صرفه جویی تعدیل شده: خسارت ناشی از انتشار ذرات معلق (درصد از درآمد ناخالص ملی)	

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که شاخص‌های مرتبط با حوزه‌های مختلف توسعه، در میزان شباهت زمانی با شاخص هزینه‌های تحقیق و توسعه (R&D) به‌عنوان پروکسی نوآوری، توزیع نامتوازنی دارند. به‌طور مشخص، بیشترین هم‌راستایی زمانی با شاخص R&D در بین کشورهای منطقه، متعلق به شاخص‌های حوزه حکمرانی بوده است. به‌گونه‌ای که ۲۸.۳۳٪ از شاخص‌های دارای بالاترین شباهت با R&D به این دسته اختصاص داشته‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که سطح اثربخشی نهادی، کیفیت نظارت، کنترل فساد و ثبات سیاسی می‌تواند رابطه‌ای معنادار با روند سرمایه‌گذاری تحقیقاتی کشورها داشته باشد. پس از حکمرانی، شاخص‌های آموزشی با سهم ۲۳.۳۳٪ در جایگاه دوم قرار گرفتند. این یافته هم‌راستا با مبانی نظری توسعه سرمایه انسانی است؛ چرا که آموزش، زیرساخت کلیدی برای توسعه ظرفیت‌های علمی، پژوهشی و نوآوری محسوب می‌شود. شاخص‌های زیست‌محیطی نیز با سهم ۱۶.۱۱٪ جایگاه سوم را به خود اختصاص داده‌اند که بیانگر پیوند بین سرمایه‌گذاری در نوآوری و توسعه پایدار و فناوری‌های سازگار با محیط زیست است. در رتبه‌های بعدی، به ترتیب سلامت (۱۵٪)، اقتصاد (۱۳.۳۳٪) و اجتماعی (۳.۸۹٪) قرار دارند. درصد نسبتاً پایین شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی در شباهت با R&D، احتمالاً نشان‌دهنده اثرگذاری غیرمستقیم یا بلندمدت نوآوری بر متغیرهای کلان اقتصادی و ساختارهای اجتماعی است. در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که در کشورهای مورد بررسی، مسیرهای نهادی، آموزشی و زیست‌محیطی بیشترین همسویی زمانی را با سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه نشان داده‌اند، که این امر می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری نوآورانه مبتنی بر تقویت ظرفیت‌های ساختاری باشد.

نمودار ۲. وزن دسته‌بندی‌ها در میزان شباهت رفتاری به شاخص هزینه تحقیق و توسعه در کشورهای منطقه



منبع: یافته‌های پژوهش

در ادامه بررسی نتایج، شناسایی شاخص‌هایی که تکرار شونده‌گی بالایی در میان کشورهای منطقه دارند می‌تواند به عنوان شاخص‌های کلیدی در تحلیل رفتار متغیر نوآوری موثر باشند. شاخص‌هایی که بر اساس روش TWED در سه کشور یا بیشتر در میان ۲۰ شاخص هم‌راستا با هزینه تحقیق و توسعه ظاهر شده‌اند، به‌عنوان شاخص‌های کلیدی شناسایی شده‌اند. نمودار بالا نشان می‌دهد که شاخص سرمایه انسانی (مردان) در سه حالت مختلف (حد پایین، حد

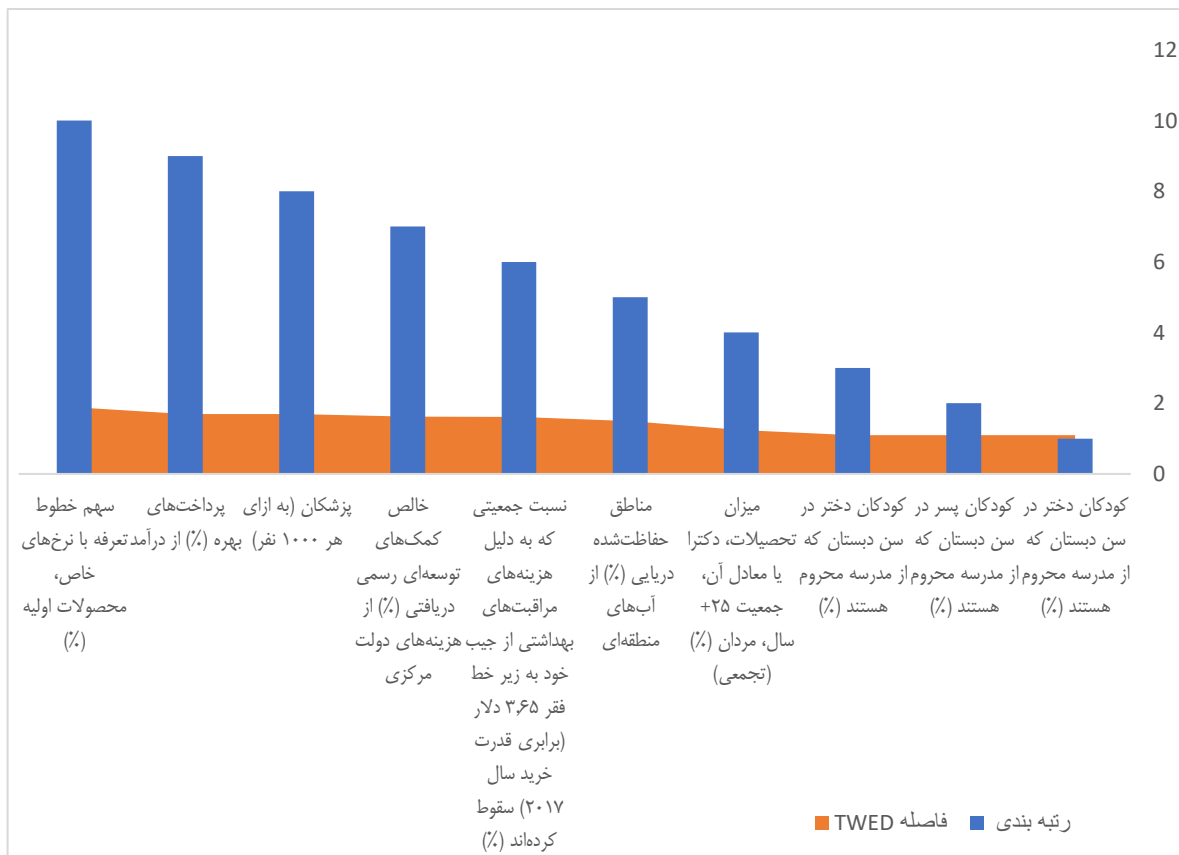
بالا و مقدار میانی) بیشترین تکرار را داشته و همراه با شاخص‌های مربوط به تحصیلات تکمیلی (مردان، زنان و کل جمعیت)، جایگاه برجسته‌ای دارد. این موضوع نقش حیاتی نیروی انسانی متخصص و آموزش عالی را در جهت‌دهی به روندهای تحقیق و توسعه تأیید می‌کند. همچنین شاخص‌های نهادی مانند حاکمیت قانون، کارآمدی دولت، کنترل فساد و ثبات سیاسی در چندین کشور تکرار شده‌اند که نشان‌دهنده تأثیر زیرساخت‌های حکمرانی بر توسعه علمی است. در کنار آن‌ها، برخی شاخص‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی نظیر شدت کربنی GDP، درآمد جنگل‌ها و مصرف الکل نیز در این فهرست حضور دارند، که بیانگر چندبعدی بودن عوامل مؤثر بر سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه است. این یافته‌ها می‌توانند مبنایی برای سیاست‌گذاری یکپارچه در حوزه نوآوری باشند.

نمودار ۳. نمودار فراوانی شاخص‌های مشابه هزینه تحقیق و توسعه در کشورهای مورد بررسی



تحلیل مبتنی بر الگوریتم TWED برای ایران نشان می‌دهد شاخص هزینه‌های تحقیق و توسعه بیشترین هم‌رفتاری زمانی را با شاخص‌های محرومیت از آموزش ابتدایی دارد. سه شاخص برتر به ترتیب عبارتند از: درصد کودکان دختر خارج از مدرسه، درصد کودکان پسر خارج از مدرسه و درصد کل کودکان خارج از مدرسه در مقطع ابتدایی. لازم به تأکید است که این هم‌رفتاری صرفاً بیانگر شباهت الگوهای نوسانی در داده‌های زمانی است و دلالتی بر وجود رابطه علی یا جهت‌دار (مثبت/منفی) بین این متغیرها ندارد. این یافته نشان می‌دهد که در ایران، دسترسی به آموزش پایه به شدت با روندهای سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه همبسته است. کاهش نرخ ترک تحصیل در سنین ابتدایی می‌تواند نشانه‌ای از بهبود زیرساخت‌های آموزشی باشد که در بلندمدت، بستر لازم برای رشد علمی و تحقیقاتی را فراهم می‌کند. در رده‌های بعدی، مناطق دریایی حفاظت‌شده، و نسبت جمعیت تحت فشار فقر شدید (زیر ۳.۶۵ دلار) دیده می‌شوند. همچنین شاخص‌هایی نظیر تعداد پزشکان به ازای هر هزار نفر و پرداخت بهره از درآمد دولت نیز در میان شاخص‌های مشابه دیده می‌شوند. این ترکیب از شاخص‌ها نشان می‌دهد که هم آموزش، هم سلامت عمومی و هم فشارهای اقتصادی به نوعی با روند هزینه‌کرد تحقیق و توسعه در ایران در ارتباط زمانی هستند.

نمودار ۴: نتایج ۱۰ شاخص هم رفتار با شاخص هزینه تحقیق و توسعه در ایران با استفاده از الگوریتم مشابهت یابی TWED



منبع: یافته‌های پژوهش

در ایران، شاخص‌هایی مانند سطح تحصیلات تکمیلی، نرخ سواد جوانان، میزان ترک تحصیل در مقطع ابتدایی، و شاخص‌های مرتبط با فقر و زیرساخت‌های اجتماعی (مانند دسترسی به سرویس بهداشتی) بیشترین شباهت رفتاری را با روند هزینه‌کرد تحقیق و توسعه دارند. این شباهت‌ها نشان می‌دهند که R&D در ایران به‌طور مستقیم با توسعه انسانی و ارتقاء ظرفیت‌های آموزشی و اجتماعی پیوند دارد. در واقع، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه در ایران بیشتر در بستری از توسعه اجتماعی و انسانی شکل می‌گیرد تا در پیوند با ساختارهای صنعتی یا تجاری. مقایسه ایران با کشورهای همسایه نشان می‌دهد که چندین شاخص از ۲۰ شاخص هم رفتار با هزینه تحقیق و توسعه در ایران در لیست کشورهای همسایه نیز تکرار شده است.

جدول ۲. شاخصهای مشترک ایران با کشورهای منطقه بر اساس داده‌های بانک جهانی

شاخص‌های هم رفتار	کشورهای مشترک
مناطق دریایی حفاظت‌شده (% از آبهای سرزمینی)	ایران، عراق، عمان
شدت کربن تولید ناخالص داخلی (کیلوگرم CO ₂ e به ازای هر دلار PPP 2021)	ایران، قطر، پاکستان
پرداخت‌های بهره (% از درآمد)	ایران، پاکستان
صادرات مواد خام کشاورزی (% از صادرات کالا)	ایران، عراق، ترکمنستان
خط فقر ۲۰۱۵ دلار در روز) بر اساس (% جمعیت PPP 2017)	ایران، آذربایجان
نرخ بیسوادی جوانان (۱۵-۲۴ سال)، شاخص برابری جنسیتی (GPI)	ایران، عربستان سعودی
مناطق حفاظت‌شده دریایی (% از آبهای سرزمینی)	ایران، عراق، عمان
شاخص کیفیت نظارتی: خطای استاندارد	ایران، ارمنستان، آذربایجان، عمان، پاکستان
شاخص اثربخشی دولت: خطای استاندارد	ایران، ارمنستان، آذربایجان، عمان، پاکستان

یافته‌های حاصل از مقایسه نتایج کشورها نشان می‌دهد که برخی شاخص‌های توسعه‌ای با الگوی زمانی مشابهی با هزینه‌های تحقیق و توسعه در ایران، در کشورهای دیگر منطقه نیز در میان شاخص‌های مشابه با R&D قرار دارند. این هم‌پوشانی شاخص‌ها می‌تواند بیانگر نزدیکی ساختارهای نهادی، توسعه‌ای یا زیست‌محیطی میان ایران و این کشورها باشد.

۱. شاخص‌های زیست‌محیطی با هم‌رفتاری منطقه‌ای

- مناطق حفاظت‌شده دریایی (% از آبهای سرزمینی)

- شدت کربن تولید ناخالص داخلی (kg CO₂e per PPP \$)

در کشورهای ایران، عراق، عمان، قطر و پاکستان مشاهده شده‌اند. این هم‌پوشانی نشان می‌دهد که الگوهای سیاست‌گذاری و رفتارهای زیست‌محیطی مرتبط با توسعه پایدار در این کشورها الگوی مشابهی دارد.

۲. شاخص‌های حکمرانی با بیشترین گستره هم‌رفتاری

- شاخص کیفیت نظارتی: خطای استاندارد
- شاخص اثربخشی دولت: خطای استاندارد

در میان کشورهای ایران، ارمنستان، آذربایجان، عمان و پاکستان مشترک‌اند. این شاخص‌ها بیانگر رفتار همگن در پویایی‌های نهادی و کیفیت حکمرانی در سطح منطقه هستند. به نظر می‌رسد که تغییرات در سرمایه‌گذاری تحقیقاتی در این کشورها، هم‌زمان با نوسانات یا بهبودهایی در حکمرانی رخ داده‌اند، که ممکن است نشانگر وجود پیوند بین اثربخشی دولت و انگیزه برای سرمایه‌گذاری در نوآوری باشد.

۳. شاخص‌های اقتصادی و مالی

- پرداخت‌های بهره (٪ از درآمد)
- صادرات مواد خام کشاورزی (٪ از صادرات)

در میان ایران، پاکستان، عراق و ترکمنستان دیده می‌شوند. این شاخص‌ها هم‌راستایی ساختار اقتصادی متکی به صادرات مواد اولیه یا بدهی دولتی را بازتاب می‌دهند و نشان می‌دهند که تحولات در سیاست‌های R&D ممکن است با سیاست‌های مالی یا تجاری هم‌زمان شده باشند.

۴. شاخص‌های اجتماعی و آموزشی

- خط فقر ۲.۱۵ دلار در روز بر اساس PPP ۲۰۱۷ در ایران و آذربایجان
- نرخ باسوادی جوانان (GPI) در ایران و عربستان

این شباهت‌های رفتاری حاکی از الگوهای مشترک در شاخص‌های توسعه انسانی و آموزش است که ممکن است ناشی از سطح توسعه مشابه یا ساختارهای فرهنگی-اجتماعی نزدیک باشد.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ایران از نظر شاخص‌های دارای هم‌رفتاری زمانی با هزینه‌های تحقیق و توسعه (R&D) با برخی کشورهای منطقه اشتراکات قابل توجهی دارد، به‌ویژه در حوزه‌های زیست‌محیطی و حکمرانی. شاخص‌هایی نظیر «مناطق دریایی حفاظت‌شده» و «شدت کربن تولید ناخالص داخلی» در کنار شاخص‌های نهادی مانند «کیفیت نظارتی» و «اثربخشی دولت» در کشورهای همچون عراق، عمان، پاکستان، ارمنستان و آذربایجان نیز مشاهده می‌شوند که نشان از چالش‌های مشترک زیست‌محیطی و ضعف نهادی مشابه دارد. در مقابل، تفاوت‌هایی نیز به‌ویژه در حوزه شاخص‌های اقتصادی و فناوریانه مشاهده می‌شود؛ برای مثال، کشورهای قطر یا امارات به‌دلیل

سطح توسعه بالاتر، در شاخص‌هایی متمرکز هستند که بازتاب‌دهنده اقتصاد دانش‌بنیان و صادرات فناوری محور است، در حالی که ایران، عراق و ترکمنستان بیشتر بر شاخص‌های مربوط به منابع طبیعی و صادرات مواد خام تکیه دارند. همچنین، تفاوت در پوشش داده‌ها و سطح شفافیت نهادی موجب شده برخی شاخص‌ها در کشورهای خاص غایب باشند یا رفتارهای زمانی متفاوتی داشته باشند. به‌طور کلی، الگوی شباهت ایران با کشورهای منطقه عمدتاً با کشورهای هم‌راستا است که از نظر سطح توسعه، ساختار اقتصادی و پویایی‌های نهادی مشابه‌اند، در حالی که تفاوت با کشورهای که دارای ساختارهای حکمرانی پیشرفته‌تر یا اقتصاد متنوع‌تر هستند، مشهود است.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی

هدف این پژوهش بررسی میزان مشابهت شاخص‌های توسعه‌ای با شاخص نوآوری در ایران و مقایسه آن با کشورهای منتخب منطقه بوده است. از آنجا که داده‌های شاخص نوآوری در بازه‌های محدود و ناپایدار در دسترس بود، شاخص هزینه‌های تحقیق و توسعه به درصد GDP به‌عنوان پروکسی جایگزین برای سنجش نوآوری انتخاب شد. با بهره‌گیری از الگوریتم TWED به‌عنوان روشی دقیق برای سنجش شباهت زمانی سری‌های زمانی، ۲۰ شاخص برتر دارای بیشترین مشابهت رفتاری با R&D برای هر کشور استخراج شد. در ادامه، با حذف موارد تکراری و دسته‌بندی موضوعی، ساختار کلی شباهت‌ها تحلیل گردید.

نتایج نشان داد که در میان ۱۸۰ شاخص دارای هم‌رفتاری با R&D، بیشترین فراوانی به دسته حکمرانی (۲۸.۳۳٪) تعلق دارد، و پس از آن دسته‌های آموزشی (۲۳.۳۳٪) و محیط زیست (۱۶.۱۱٪) قرار گرفته‌اند. این یافته‌ها با پیشینه مطالعات داخلی مانند *خانی و نصرالهی (۱۳۹۵)* و *حاجی رحیمی (۱۴۰۲)* هم‌راستا است که بر نقش عوامل نهادی و سرمایه انسانی در ارتقاء نوآوری تأکید داشته‌اند. همچنین مطالعات خارجی نظیر سرولک (۲۰۱۱) و بیت (۲۰۲۳) نیز نشان داده‌اند که ظرفیت نهادی و کیفیت حکمرانی تأثیر مستقیمی بر اثربخشی سرمایه‌گذاری‌های R&D دارد. همپوشانی شاخص‌های ایران با کشورهای چون عراق، عمان، پاکستان، آذربایجان و ارمنستان در حوزه‌هایی مانند حکمرانی، آموزش، محیط‌زیست و فقر نیز تأیید می‌کند که شباهت‌های ساختاری توسعه‌ای در منطقه، مسیرهای هم‌زمانی شاخص‌های نوآوری را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

ایران در مقایسه با کشورهای موفق‌تر منطقه مانند امارات، قطر، ترکیه و عربستان سعودی، از نظر شاخص نوآوری در وضعیت ضعیف‌تری قرار دارد. در مقابل، نسبت به کشورهایمانند پاکستان، تاجیکستان و عمان وضعیت نسبتاً بهتری دارد. این موقعیت میانی حاوی دو پیام کلیدی برای سیاست‌گذار است:

۱. وجود فاصله قابل توجه با کشورهای نوآور منطقه که نشان‌دهنده عقب‌ماندگی ساختاری در سیاست‌های نوآوری است.
۲. داشتن ظرفیت‌های توسعه‌ای بهتر از برخی همسایگان که در صورت استفاده صحیح می‌تواند به جهش نوآورانه منجر شود.

برای ارتقای جایگاه نوآوری ایران در مقایسه با کشورهای موفق منطقه، سیاست‌گذاری هوشمند و الگوبرداری هدفمند از کشورهایی مانند امارات و ترکیه ضروری است. طراحی سیاست‌های حمایتی از تحقیق و توسعه به سبک امارات، ایجاد مناطق ویژه نوآوری با مشوق‌های مالیاتی مشابه ترکیه، و پیوند دیپلماسی نوآوری با صادرات فناوری می‌تواند راهگشا باشد. همچنین، با توجه به هم‌راستایی بالای شاخص‌های حکمرانی با هزینه‌های تحقیق و توسعه، بازمهندسی ساختار حکمرانی شامل تقویت کیفیت نظارت، کنترل فساد، شفاف‌سازی بودجه‌های تحقیقاتی و ارتقای پاسخگویی نهادهای علمی اهمیت دارد. در کنار آن، سرمایه‌گذاری هدفمند در آموزش ابتدایی و تحصیلات تکمیلی، گسترش بورس‌ها و حمایت از دانشگاه‌ها برای تبدیل شدن به مراکز نوآوری منطقه‌ای باید در اولویت قرار گیرد. از سوی دیگر، توسعه سیاست‌های نوآوری با تمرکز بر فناوری‌های زیست‌محیطی و بهره‌گیری از ظرفیت مناطق حفاظت‌شده و همکاری‌های منطقه‌ای در حوزه محیط زیست می‌تواند مسیر توسعه پایدار را تقویت کند. در نهایت، راه‌اندازی یک مرکز تحلیل داده‌های نوآوری برای پایش مستمر شاخص‌ها در سطح منطقه می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری راهبردی و ارتقای جایگاه ایران در نقشه نوآوری منطقه باشد.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که همکاری‌های بین‌المللی می‌تواند به عنوان یک اهرم کلیدی برای جبران ضعف‌های ساختاری ایران در نوآوری عمل کند. برای نمونه، شباهت ایران با عمان در شاخص‌های حکمرانی (۲۸.۳۳٪) و با پاکستان در شاخص‌های آموزشی (۲۳.۳۳٪)، فرصتی است برای طراحی پارک‌های فناوری مشترک یا صندوق‌های پژوهش منطقه‌ای. این در حالی است که کشورهای پیشروی منطقه مانند امارات، از طریق مشارکت در پروژه‌های بین‌المللی (مثلاً همکاری با دانشگاه‌های برتر جهانی)، شکاف‌های داخلی خود را پوشش داده‌اند. بنابراین، سیاست‌گذاران ایرانی باید با اولویت‌دهی به دیپلماسی نوآوری، از ظرفیت‌های شناسایی شده در این پژوهش (مانند شباهت‌های نهادی و آموزشی) برای ایجاد اتحادیه‌های فناورانه در منطقه استفاده کنند.

پیشنهاد‌های سیاستی

بازطراحی حکمرانی نوآوری :

- ایجاد سامانه رصد شفافیت بودجه‌های پژوهشی (برخط) برای کاهش فساد و افزایش پاسخگویی، مبتنی بر داده‌های این پژوهش که نشان می‌دهد بهبود شاخص‌های حکمرانی (مانند کنترل فساد) با افزایش کارایی R&D همبستگی دارد.
- تدوین شاخص‌های عملکردی سالانه برای نهادهای تحقیقاتی با الهام از داده‌های کشورهای موفق منطقه (مانند امارات) که در آن، تخصیص بودجه به‌صورت مشروط به خروجی‌های نوآورانه (مثل ثبت اختراعات) انجام میشود.

تحول آموزشی:

- توسعه پلتفرمهای داده-محور مهارتسنجی نیروی کار برای انطباق آموزشهای دانشگاهی با نیازهای صنعت، با توجه به نتایج این پژوهش که نشان میدهد کیفیت آموزش عالی (بهویژه در علوم پایه) با نرخ تبدیل ایده به محصول رابطه مستقیم دارد.
- اجرای طرح بورسیه‌های هدفمند در رشته‌های فناورانه (مانند هوش مصنوعی و انرژیهای پاک) با اولویتهای به دانشجویان مناطق محروم، مطابق با الگوی موفق ترکیه در افزایش سهم فناوری در صادرات.

سیاستهای محیط زیستی:

- طراحی نقشه راه فناوریهای سبز با استفاده از داده‌های مکانی (GIS) برای شناسایی مناطق بحرانی محیطزیستی (مانند دریاچه ارومیه) و جذب استارت‌آپهای فناور در این حوزه.
- ایجاد صندوق نوآوری سبز با مشارکت بخش خصوصی و نهادهای بینالمللی، مشابه مدل قطر در توسعه فناوریهای کاهش کربن.

دیپلماسی نوآوری (با استناد به همپوشانی منطقی‌ها):

- راهاندازی اتاقهای مشترک نوآوری با کشورهای همسایه (مانند عمان و آذربایجان) برای تسهیل انتقال فناوری و جذب سرمایه‌گذاری، مبتنی بر داده‌های این پژوهش که نشان میدهد همگرایی در شاخصهای حکمرانی و آموزش، بستر همکاریهای نوآورانه را تقویت میکند.

نهاد داده-محور پایش نوآوری:

- ایجاد مرکز پایش هوشمند نوآوری با استفاده از فناوریهای تحلیل کلان داده برای رصد بلادرنگ شاخصهای R&D، ثبت اختراعات، و انتشارات علمی در سطح منطقه. این نهاد میتواند با الگوبرداری از «سامانه نوآوری اتحادیه اروپا، شکافهای ایران نسبت به کشورهای پیشرو را شناسایی و به صورت دوره‌ای به سیاستگذاران گزارش دهد.

این پژوهش با ترکیب روشهای کمی پیشرفته و تحلیل‌های سیاستی، مسیر جدیدی را برای تبدیل داده‌ها به تصمیم‌های عملیاتی باز می‌کند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که بهبود جایگاه ایران در شاخص‌های نوآوری، مستلزم اتخاذ سیاست‌های یکپارچه است که همسو با داده‌های ساختاری (مانند اولویت حکمرانی و آموزش) و الگوهای موفق منطقه‌ای (مانند امارات و ترکیه) طراحی شده‌اند. به‌عنوان مثال، همبستگی قوی بین شاخصهای حکمرانی و R&D تأیید می‌کند که بدون اصلاح نهادها، حتی افزایش بودجه‌های پژوهشی نیز به نوآوری پایدار منجر نخواهد شد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، از داده‌های پانلی و روشهای علیّی ما برای شناسایی دقیقتر جهت تاثیرگذاری متغیرها استفاده شود.

منابع

- خانی، ریحانه و نصراللهی، زهرا. (۱۳۹۶). بررسی نقش عوامل مؤثر بر نوآوری (مقایسه کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه). *سیاست‌های راهبردی و کلان*، ۵ (شماره ۱۸)، ۱-۲۵.
- حاجی رحیمی، محمود (۱۴۰۲). بررسی عوامل مؤثر بر توسعه اقتصاد دانش بنیان در ایران براساس شاخص جهانی نوآوری. *اقتصاد کشاورزی و روستایی*، ۱(۲)، ۱-۱۶.
- ابراهیمی، فرشته؛ نجفی، محمد باقر؛ فتح الهی، جمال و کریمی، محمد شریف. (۱۴۰۳). تحلیل فضایی متغیرهای نهادی مؤثر بر نظام ملی نوآوری کشورهای حوزه منا در مقایسه با کشورهای اتحادیه اروپا. *فصلنامه مطالعات زیست بوم اقتصاد نوآوری*، ۴(۴).
- الیاسی، مهدی (۱۴۰۴). شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر موفقیت اکوسیستم نوآوری فناوری اطلاعات و ارتباطات. *علوم و فنون مدیریت اطلاعات*.
- دقیقی اصلی، علیرضا؛ پژویان، جمشید؛ و حاج موسوی، سارا سادات. (۱۳۹۲). بررسی اثر هزینه‌های تحقیق و توسعه در بخش آموزش عالی بر رشد اقتصادی کشورهای اتحادیه اروپا. *اقتصاد مالی*، ۷(۲۴)، ۷۳-۱۰۰.
- زندى، محمد احسان، خیاطیان یزدی، محمدصادق و محمدی، مهدی (۱۳۹۹). شناسایی عوامل مؤثر بر ظرفیت نوآوری بنگاه‌های دانش‌بنیان حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات در ایران. *فصلنامه مطالعات میان‌رشته‌ای در علوم انسانی*، ۱۳(۱)، ۹۳-۱۲۳.
- موسوی، آرش و احمدی، حسن (۱۳۹۹). استخراج ویژگی‌های اصلی نظام ملی نوآوری ایران از طریق ترکیب نظام‌مند تحقیقات، فصلنامه علمی مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی، ۱۰(۳۴)، ۱۰۲-۱۲۷.
- زمانیان، غلامرضا و قرنچیک، معصومه (۱۴۰۲). بررسی اثر حکمرانی خوب بر نوآوری در کشورهای منتخب عضو اوپک. *فصلنامه مطالعات زیست بوم اقتصاد نوآوری*، ۳(۱)، ۱-۱۲.
- شاه آبادی، ابوالفضل، مرادی، علی و مومیوند، قاسم. (۱۳۹۹). اثر متقاطع توسعه مالی و حکمرانی خوب بر نوآوری در کشورهای منتخب کارایی محور. *مدیریت نوآوری*، ۹(۴)، ۶۷-۸۸.

References:

- OECD/Eurostat. (2018). *Oslo Manual: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*, 4th Edition.
- Hollanders, H., & Es-Sadki, N. (2022). *European Innovation Scoreboard*.
- Eurostat. (2021). *R&D expenditure in the EU at 2.3% of GDP*.
- Wyrwa, D. (2022). *Expenditure on Research and Development as a Factor Stimulating Innovativeness of European Union Economy*, Silesian University of Technology.
- Khan, A. M. (2017). Trends in innovation activities in manufacturing industries across development echelons. Khan, AM (2017). *Trends in Innovation Activities in Manufacturing Industries Across Development Echelons. International Journal of Business and Social Research*, 7(06), 13-40.

- Bate, A. F., Wachira, E. W., & Danka, S. (2023). The determinants of innovation performance: an income-based cross-country comparative analysis using the Global Innovation Index (GII). *Journal of innovation and entrepreneurship*, 12(1), 20.
- Qamruzzaman, M., & Kor, S. (2023). Nexus between technological innovation, trade, education and institutional quality: Evidence from dynamic SUR estimation. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 19(3), 153-171.
- Coutinho, E. M. O., & Au-Yong-Oliveira, M. (2024). Innovation's Performance: A Transnational Analysis Based on the Global Innovation Index. *Administrative Sciences*, 14(2), 32.
- Chatha, I. Y., Batool, S. A., Hussain, S., & Asghar, M. M. (2025). Revealing the Role of Technological Innovation, Institutional Quality and Foreign Direct Investment in Impacting Human Development in Developing Countries: Insights from FGLS and PCSE Models. *The Critical Review of Social Sciences Studies*, 3(1), 223-242.
- Lee, H. S., Chernikov, S. U., Nagy, S., & Degtereva, E. A. (2022). The impact of national culture on innovation: a comparative analysis between developed and developing nations during the pre-and post-crisis period 2007–2021. *Social Sciences*, 11(11), 522.
- Lourenço, C. M., & Santos, F. C. A. (2023). Prediction of the innovative capacity of countries based on their cultural dimensions: an analysis of the global innovation index. *Acta Scientiarum: Technology*, 45, 1-9.
- Zhang, Y., Na, S., Niu, J., & Jiang, B. (2018). The influencing factors, regional difference and temporal variation of industrial technology innovation: Evidence with the FOA-GRNN model. *Sustainability*, 10(1), 187.
- Ziennowicz, C. (2020). Joseph A. Schumpeter and innovation. In *Encyclopedia of creativity, invention, innovation and entrepreneurship* (pp. 1517-1522). Cham: Springer International Publishing.
- Silvestre, B. S., & Țircă, D. M. (2019). Innovations for sustainable development: Moving toward a sustainable future. *Journal of cleaner production*, 208, 325-332.
- Hall, B. H. (2011). *Innovation and productivity* (No. w17178). National bureau of economic research.
- Osei, D. B. (2024). Digital infrastructure and innovation in Africa: Does human capital mediate the effect? *Telematics and Informatics*, 89, 102111.