



The Impact of domestic R&D Accumulation and Economic Freedom Index on Economic Complexity

Tayebeh Chayani^a, Mohammad Alizadeh^{a,*}, Abolfazl Shahabadi^b, and Mahbobeh Delfan^a

a. Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

b. Department of Economics, Faculty of Social Science and Economics, Alzahra University, Tehran, Iran.

* Corresponding author.

Article Info	Abstract
Article Type: Research Article Article History: Received: 19 February 2025 Revised: 02 September 2025 Accepted: 17 April 2026 Published: 29 September 2026 Keywords: domestic R&D accumulation, economic freedom, human capital index, information and communication technology. JEL Classification: N70, O32, O34, P45.	Economic complexity is a modern indicator for assessing countries' productive and technological capabilities, focusing on the quality and diversity of goods and services. This index has a direct relationship with sustainable economic growth and global competitiveness. Economies with higher complexity are more capable of producing advanced, knowledge-based products and demonstrate greater resilience to economic shocks. Among the key determinants of increased economic complexity is domestic R&D accumulation, which strengthens the foundations of a knowledge-based economy. This factor not only fosters the creation of new knowledge but also facilitates the localization and utilization of global technological achievements, thereby contributing to the formation of sustainable competitive advantages. When combined with economic freedom, domestic R&D accumulation enhances knowledge productivity and accelerates the development of a knowledge-driven economic system by facilitating the exchange of knowledge between public and private sectors and expanding international cooperation. This study examines the interactive effect of domestic R&D accumulation and economic freedom, along with the roles of information and communication technology (ICT) and education and human capital, on the economic complexity of selected science-producing countries-divided into two groups: developed and developing economies-over the period 2003–2021, using the random effects method. The results reveal that, in both groups of countries, the interactive effect of domestic R&D accumulation and economic freedom is positive and statistically significant. Moreover, the education and human capital index is positive and significant in developed countries but negative and significant in developing ones. In addition, the ICT index shows a positive and significant impact in developed countries, while in developing countries, its effect is negative and statistically insignificant.

Cite to this paper: Chayani, T., Alizadeh, M., Shahabadi, A., & Delfan., M. (2026). The Impact of domestic R&D Accumulation and Economic Freedom Index on Economic Complexity. *Journal of Economic Research*, 61(3), 421-451.



©The Authors retain the copyright and full publishing rights.

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jte.2026.390821.1008987>

تأثیر تعاملی انباشت تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی بر پیچیدگی اقتصادی

طیبه چایانی^۱، محمد علیزاده^{۱*}، ابوالفضل شاه‌آبادی^۲، و محبوبه دلفان

دوم^۱

۱. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اداری، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
۲. گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران.
* نویسنده مسئول

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۲۸ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۰۷ کلیدواژه‌ها: آزادی اقتصادی، انباشت تحقیق و توسعه داخلی، آموزش و سرمایه انسانی، فناوری اطلاعات و ارتباطات. طبقه‌بندی JEL: N70, O32, O34, P45.	پیچیدگی اقتصادی شاخصی نوین برای سنجش توانمندی‌های تولیدی و فناورانه کشورهاست که بر کیفیت و تنوع کالاها و خدمات تمرکز دارد و رابطه‌ای مستقیم با رشد پایدار و رقابت‌پذیری جهانی دارد. اقتصادهای دارای پیچیدگی بالاتر، توان تولید محصولات دانش‌بنیان و مقاومت بیشتری در برابر شوک‌های اقتصادی دارند. در این میان، انباشت تحقیق و توسعه داخلی از عوامل کلیدی افزایش پیچیدگی اقتصادی و تقویت پایه‌های اقتصاد دانش‌بنیان است. این عامل با تولید دانش نوین و بومی‌سازی فناوری‌های جهانی، زمینه‌ساز مزیت‌های رقابتی پایدار می‌شود. ترکیب آن با آزادی اقتصادی نیز از طریق تسهیل تبادل دانش میان بخش‌های دولتی و خصوصی و گسترش همکاری‌های بین‌المللی، به ارتقای بهره‌وری دانشی و شکل‌گیری نظام اقتصادی مبتنی بر دانش منجر می‌گردد. پژوهش حاضر تأثیر تعاملی انباشت تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی را همراه با شاخص‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات و آموزش و سرمایه انسانی بر پیچیدگی اقتصادی کشورهای منتخب تولیدکننده علم (در دو گروه توسعه‌یافته و در حال توسعه) طی دوره ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۱ و با روش اثرات تصادفی بررسی کرده است. نتایج نشان می‌دهد در هر دو گروه، اثر تعاملی تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی مثبت و معنادار است؛ درحالی‌که شاخص آموزش و سرمایه انسانی در کشورهای منتخب توسعه‌یافته مثبت و در کشورهای منتخب در حال توسعه منفی و معنادار است. همچنین، شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشورهای منتخب توسعه‌یافته مثبت و معنادار اما در کشورهای منتخب در حال توسعه منفی و بی‌معنی گزارش شده است.

استناد به مقاله: چایانی، طیبه، علیزاده، محمد، شاه‌آبادی، ابوالفضل، و دلفان، محبوبه. (۱۴۰۵). تأثیر تعاملی انباشت تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی بر پیچیدگی اقتصادی. *تحقیقات اقتصادی*، ۴۶۱(۳)، ۴۲۱-۴۵۱.



مقدمه

امروزه نقش دانش در تحولات اقتصادی چنان افزایش یافته است که دیگر منابع اقتصادی تولید صرفاً سرمایه فیزیکی، منابع طبیعی و نیروی کار را در بر نمی‌گیرد. در اقتصاد دانش‌بنیان، سرمایه‌گذاری در پژوهش و توسعه توانایی دارد ظرفیت‌های تولیدی سایر عوامل را به‌طور چشمگیری ارتقا دهد و به خلق فرایندها و محصولات نوآورانه بیانجامد (سمندرعلی‌اشتهاردی و همکاران، ۱۳۹۹). یکی از راهبردهای بنیادی در دستیابی به رشد اقتصادی پایدار و بلندمدت، تکیه بر صادرات محصولات دانش‌محور و حرکت به‌سوی یک اقتصاد مبتنی بر دانش است؛ زیرا در فضای پرتلاطم رقابتی جهان امروز، اتکا صرف بر الگوهای صنعتی سنتی پاسخ‌گوی نیازهای روزافزون بازارهای جهانی نخواهد بود. مطالعات گوناگون نشان می‌دهد تولید ناخالص داخلی کشورها تا حد زیادی متأثر از زیرساخت‌های دانشی آن‌ها است. افزون بر آن، سرمایه‌های ناملموس همچون دانش سازمانی، مهارت‌های فناورانه و توانمندی‌های علمی، نقش مهمی در پیشبرد توسعه اقتصادی بر عهده دارند. دستاوردهای پایدار در این عرصه منوط به قابلیت کشورها در تبدیل نوآوری به تولید اقتصادی است. در ارزیابی جایگاه دانش در نظام تولید، شاخص‌های مختلفی طراحی شده و در این میان، شاخص پیچیدگی اقتصادی^۱ که توسط هیدالگو و هاسمن در سال ۲۰۰۹ معرفی شده است، ابزاری کلیدی برای سنجش میزان دانش، مهارت، تنوع و فراگیر بودن محصولات در سطح ملی به‌حساب می‌آید (پژم و سلیمی‌فر، ۱۳۹۴؛ هیدالگو و همکاران، ۲۰۰۹). یافته‌های سال ۲۰۲۱ بانک جهانی نشان می‌دهد در کشورهای منتخب تولیدکننده علم، که با میانگین پیچیدگی اقتصادی ۱/۱۹ موفق به کسب سهم ۷۲/۵۷ درصدی از تولید علم در جهان شده‌اند، رابطه مستقیمی میان توانمندی علمی و پیچیدگی اقتصادی وجود دارد. این کشورها با تمرکز بر تحقیق و توسعه و سرمایه‌گذاری در حوزه تولید علم، توانسته‌اند زیرساخت‌های دانش‌بنیان خود را تقویت کرده و کالاها و خدمات پیچیده‌تری را تولید کنند. درعین حال، سهم ۱۰/۲۸ درصدی این کشورها از صادرات کالا و خدمات و ۸/۷۸ درصدی از تولید ناخالص داخلی نشان می‌دهد که صادرات می‌تواند نقشی کلیدی در ارتقای پیچیدگی اقتصادی داشته باشد. هرچند

^۱ Economic Complexity Index

^۲ Hidalgo

بخشی از تولیدات به دلایل گوناگونی نظیر تقاضای قوی داخلی یا ماهیت غیرتجاری برخی خدمات پیشرفته در آمار صادرات منعکس نمی‌شود، اما همین نسبت صادرات به تولید ناخالص داخلی نیز حاکی از تأثیر مثبت تجارت بر پیچیدگی اقتصادی است. در واقع، کشورهایی که بر صادرات کالا و خدمات با فناوری بالا متمرکز می‌شوند، عموماً پیچیدگی اقتصادی بالاتری را تجربه می‌کنند. این امر نشان می‌دهد سیاست‌گذاری‌های مبتنی بر توسعه صادرات محصولات پیشرفته می‌تواند به افزایش سطح پیچیدگی اقتصادی کمک کرده و به رشد پایدار در بلندمدت منجر شود. همچنین بررسی شاخص پیچیدگی اقتصادی نشان می‌دهد هرچه فناوری‌های پیچیده‌تر و مهارت‌های تخصصی بیشتری در تولید یک محصول به کار رفته باشد، آن محصول برای کشورهای دارای ظرفیت دانشی گسترده آسان‌تر قابل تولید است. در این میان، انباشت تحقیق و توسعه داخلی عاملی راهبردی در تحکیم پایه‌های اقتصاد دانش‌بنیان محسوب می‌شود. سرمایه‌گذاری در تحقیقات بومی، ضمن ایجاد دانش نوین، راه را برای بومی‌سازی و انطباق دستاوردهای جهانی با نیازهای ملی هموار می‌کند و به شکل‌گیری مزیت‌های رقابتی می‌انجامد.

در کشورهای پیشرو در علم و فناوری، توجه به انباشت تحقیق و توسعه داخلی در کنار آزادی اقتصادی به‌عنوان یک متغیر مهم نهادی، از طریق تسهیل مبادله دانش میان بخش‌های دولتی و خصوصی و گسترش همکاری‌های بین‌المللی، به افزایش بهره‌وری دانشی منجر می‌شود (بانک جهانی، ۲۰۲۱). آزادی اقتصادی با فراهم‌سازی بستر نهادی شفاف، کاهش موانع ورود و ارتقای رقابت‌پذیری بازارها، امکان بهره‌گیری مؤثر از ظرفیت‌های دانشی را افزایش می‌دهد و بدین ترتیب، زمینه‌ساز رشد پیچیدگی اقتصادی می‌شود. در این چارچوب، نقش تعاملی انباشت تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ترکیب این دو عامل، اثرات هم‌افزایی قابل توجهی بر پیچیدگی اقتصادی دارد؛ به گونه‌ای که سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه در محیطی باز و رقابتی، موجب تسریع در انتقال فناوری، جذب دانش پیشرفته و تجاری‌سازی نوآوری‌ها می‌شود (هاسمن و هیدالگو، ۲۰۰۹). چنین فضایی توان بنگاه‌ها را در خلق محصولات پیچیده‌تر افزایش داده و مسیر حرکت کشورها به‌سوی اقتصاد دانش‌بنیان را هموار می‌سازد. این تعامل، به‌ویژه در کشورهای منتخب تولیدکننده علم، می‌تواند شکاف بهره‌وری بین

کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه را کاهش داده و ظرفیت رقابت‌پذیری بلندمدت را تقویت کند.

علاوه بر این، توسعه سرمایه انسانی و بهبود فناوری اطلاعات و ارتباطات، هنگامی که در کنار سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه داخلی قرار گیرد، ارتقای پیچیدگی اقتصادی را در پی خواهد داشت. شاخص پیچیدگی اقتصادی، از خلال افزایش تنوع تولید و گسترش ظرفیت‌های فناورانه، جایگاه کشورها را در زنجیره ارزش جهانی تثبیت می‌کند و مسیر رشد پایدار و رقابت‌پذیری بلندمدت را برای آنان هموار می‌سازد. چنین ترکیب راهبردی، به‌ویژه برای کشورهایی که درصدد توسعه مبتنی بر دانش هستند، الگویی کارآمد تلقی می‌شود. بر همین اساس، پژوهش حاضر با تمرکز بر اثر تعاملی انباشت تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی، آموزش و نیروی انسانی و فناوری اطلاعات و ارتباطات و بررسی اثر آن‌ها بر شاخص پیچیدگی اقتصادی در کشورهای منتخب تولیدکننده علم طی دوره زمانی (۲۰۲۱-۲۰۲۳)، تحلیلی نوین و جامع ارائه می‌دهد. این رهیافت می‌تواند در طراحی سیاست‌ها و برنامه‌های ملی برای تقویت اقتصاد دانش‌بنیان و بهبود جایگاه رقابتی کشورها در عرصه جهانی مورد استفاده قرار گیرد.

در این مطالعه، کشورهای منتخب تولیدکننده علم بر اساس گزارش ۲۰۲۴ بانک جهانی به دو گروه توسعه‌یافته^۱ و در حال توسعه^۲ تقسیم شده‌اند. برای تعیین کشورهای در حال توسعه، شاخص درآمد سرانه^۳ در بازه ۴۴۹۶ تا ۱۳۹۳۵ دلار در نظر گرفته شده است؛ کشورهایی با مقادیر بالاتر در این شاخص، در گروه کشورهای توسعه‌یافته قرار گرفته‌اند (بانک جهانی، ۲۰۲۴). هر دو گروه از میان کشورهای برتر تولیدکننده علم انتخاب شده‌اند؛ به‌گونه‌ای که حدود ۸۴ درصد از صادرات کالا و خدمات جهان، ۸۵ درصد از تولیدات علمی جهان و حدود ۸۷ درصد از تولید ناخالص داخلی جهان را به خود اختصاص داده‌اند. علاوه بر آن جامعه آماری این پژوهش از میان ۳۳ کشور برتر تولیدکننده علم طبق رتبه‌بندی سایماگو^۴ در سال ۲۰۲۴ برگزیده شده است. این کشورها به‌دلیل

^۱. استرالیا، بلژیک، کانادا، سوئیس، آلمان، اسپانیا، فرانسه، انگلستان، ایتالیا، ژاپن، هلند، نروژ، لهستان، سوئد، آمریکا، پرتغال، دانمارک، اتریش، سنگاپور، یونان و فنلاند

^۲. الجزایر، برزیل، چین، هند، اندونزی، ایران، اردن، کره جنوبی، مالزی، مکزیک، ترکیه، اوکراین

^۳ GNI per capita

^۴ Scimago

برخورداری از زیرساخت‌های قوی تحقیق و توسعه، سرمایه‌گذاری‌های پایدار در علم و فناوری و سهم بالای خود در تولید دانش جهانی، الگوهای مناسبی برای تحلیل سیاست‌های توسعه‌ای و راهبردهای علمی به‌شمار می‌آیند. ترکیب دو معیار درآمد سرانه و جایگاه علمی امکان ارائه تحلیلی جامع‌تر از تفاوت‌های ساختاری کشورها و نقش متغیرهای اقتصاد دانش‌بنیان در شکل‌گیری پیچیدگی اقتصادی را فراهم می‌سازد.

در ادامه، این پژوهش به بررسی سازوکار اثرگذاری متغیرهای مربوطه بر پیچیدگی اقتصادی می‌پردازد، سپس مطالعات تجربی در خصوص پیچیدگی اقتصادی و عوامل مؤثر بر آن بررسی می‌شود، مدل مربوطه در قالب پانل دیتا برآورد و متغیرهای استفاده شده در مدل معرفی می‌شود و قسمت پایانی حاوی نکاتی خواهد بود که راهگشا و راهنمای سیاست‌گذاران اقتصادی است.

ادبیات موضوع

پیچیدگی اقتصادی یکی از مفاهیم بنیادین در تحلیل توانمندی‌های تولیدی کشورها است که نقشی کلیدی در توسعه پایدار، رقابت‌پذیری جهانی و افزایش رشد اقتصادی ایفا می‌کند. این مفهوم به توانایی یک کشور در تولید و صادرات محصولات متنوع و دانش‌محور اشاره دارد که خود بازتابی از زیرساخت‌های فناورانه، مهارت نیروی کار و سطح توسعه علمی آن کشور است. در دنیای امروز، کشورهای تولیدکننده علم و فناوری با سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و ارتقای پیچیدگی اقتصادی، نه تنها ظرفیت تولیدی خود را گسترش داده‌اند، بلکه وابستگی به محصولات اولیه و نوسانات بازارهای جهانی را کاهش داده‌اند. این کشورها از طریق ایجاد شبکه‌های تولیدی پیشرفته و تولید محصولات متنوع، سهم بیشتری از زنجیره ارزش جهانی را به خود اختصاص داده و امکان رشد اقتصادی پایدار را فراهم کرده‌اند.

سازوکار اثرگذاری انباشت تحقیق و توسعه داخلی بر پیچیدگی اقتصادی

انباشت تحقیق و توسعه داخلی به فرآیند سرمایه‌گذاری و تجمع مداوم دانش، فناوری، مهارت‌ها، و نوآوری‌های حاصل از فعالیت‌های تحقیق و توسعه (R&D) در یک کشور اشاره دارد. این مفهوم شامل تلاش‌های متمرکز بر ایجاد زیرساخت‌های تحقیقاتی، گسترش ظرفیت‌های نوآوری و

به کارگیری منابع انسانی و مالی برای توسعه فناوری‌های پیشرفته و راه‌حل‌های علمی است که به مرور زمان در اقتصاد آن کشور تثبیت و تقویت می‌شوند. این انباشت، زمانی حاصل می‌شود که کشورها به‌طور پایدار در حوزه‌هایی مانند آموزش عالی، حمایت از پژوهش‌های بنیادی و کاربردی و توسعه فناوری‌های محلی سرمایه‌گذاری کرده و نتایج این تلاش‌ها را در صنایع و بخش‌های مختلف اقتصادی پیاده‌سازی کنند. به عبارت دیگر، انباشت تحقیق و توسعه داخلی به توسعه یک «ذخیره دانشی» اشاره دارد که می‌تواند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم موجب بهبود توانمندی‌های تولیدی، افزایش ظرفیت نوآوری و رقابت‌پذیری در سطح ملی و بین‌المللی شود (دیوترنیت^۱ و همکاران، ۲۰۱۹)، انباشت تحقیق و توسعه داخلی، با تقویت تولید دانش و توسعه فناوری‌های پیشرفته منجر به تولیدات محصولات متنوع تر و پیچیده تر می‌شود (گوموس و سلیکی^۲، ۲۰۱۵).

سازوکار اثرگذاری آزادی اقتصادی بر پیچیدگی اقتصادی

آزادی اقتصادی به معنای توانایی افراد و بنگاه‌ها در انتخاب و انجام فعالیت‌های اقتصادی با حداقل مداخله دولت و محدودیت‌های قانونی است. این مفهوم شامل حقوق مالکیت، آزادی تجارت، دسترسی به بازارهای باز، و کاهش موانع ورود و خروج از بازارها می‌شود. آزادی اقتصادی از طریق کاهش محدودیت‌های تجاری، امکان دسترسی به بازارهای جهانی را فراهم می‌کند که این امر منجر به افزایش رقابت در بازارهای داخلی و بین‌المللی و بهبود شاخص پیچیدگی اقتصادی می‌شود (بوجانکا و اولمان^۳، ۲۰۱۵). همچنین گسترش آزادی اقتصادی، با فراهم کردن شرایط مناسب برای تجارت، محیطی مساعد برای تولید کالاهای دانش‌بنیان ایجاد می‌کند. این آزادی، به‌ویژه در جوامعی که به سطح بالایی از رقابت‌پذیری دست‌یافته‌اند، مسیر ورود سرمایه و فناوری را هموار نموده و باعث می‌شود که شرکت‌های خارجی نیز از این محیط تجاری آزاد بهره‌مند شده و به سرمایه‌گذاری در چنین کشورهایی روی آورند و در نهایت منجر به پیچیدگی اقتصادی آن کشور

^۱ Dutrénit

^۲ Gumus and Celikay

^۳ Bujancă and Ulman

شود (الاسمایی^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین آزادی اقتصادی با ایجاد امنیت از طریق بهبود حقوق مالکیت (به‌ویژه حقوق مالکیت فکری زیرا پیچیدگی اقتصادی حاصل فعالیت‌های نوآورانه است) موجب تضمین فعالیت‌های اقتصادی، توسعه فنون و افزایش تخصصی شدن و رقابت در بازارها، افزایش کارایی، بهبود فناوری و تشویق شیوه‌های نوین تولید می‌شود که بهبود پیچیدگی اقتصادی را به همراه می‌آورد (وو، ۲۰۲۲).

سازوکار تأثیر تعاملی انباشت تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی بر پیچیدگی اقتصادی

تأثیر تعاملی انباشت تحقیق و توسعه داخلی (R&D) با آزادی اقتصادی بر پیچیدگی اقتصادی در کشورهای منتخب تولیدکننده علم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این کشورها، پیوند میان سرمایه‌گذاری پایدار در تحقیق و توسعه و وجود محیطی نهادی آزاد و شفاف، موجب گسترش نوآوری، بهبود ساختار تولید و افزایش ارزش افزوده در بخش‌های دانش‌بر می‌شود. در کشورهای توسعه‌یافته تولیدکننده علم، سطح بالای آزادی اقتصادی زمینه‌ای فراهم می‌آورد تا بخش خصوصی و مؤسسات پژوهشی بتوانند دستاوردهای تحقیق و توسعه را به سرعت به فناوری‌های تجاری و محصولات پیشرفته تبدیل کنند و بدین ترتیب، تولید ملی به سمت فعالیت‌های پیچیده‌تر سوق یابد (آلراجا^۲ و همکاران، ۲۰۲۵). در مقابل، در کشورهای در حال توسعه تولیدکننده علم، هرچند ظرفیت فناوری و نهادی محدودتر است، اما تعامل میان R&D داخلی با آزادی اقتصادی به انتقال و بومی‌سازی فناوری، ارتقای مهارت نیروی انسانی و شکل‌گیری صنایع دانش‌بنیان کمک می‌کند. در نتیجه، در هر دو گروه کشورها، آزادی اقتصادی با تقویت کارایی سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه، موجب پویایی فناوری و رشد تدریجی پیچیدگی اقتصادی می‌شود.

^۱ Allsmailey

^۲ Vu

^۳ Alraja

سازوکار اثرگذاری شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر پیچیدگی اقتصادی

شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) یک معیار ترکیبی است که میزان توسعه، نفوذ، دسترسی، و توانایی به کارگیری ابزارها، زیرساخت‌ها و خدمات مرتبط با فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطاتی را در یک جامعه یا اقتصاد نشان می‌دهد. این شاخص، ابعاد گوناگونی مانند گستره دسترسی به اینترنت و پهنای باند، سطح مهارت‌های دیجیتالی، میزان استفاده از خدمات آنلاین، و ظرفیت نوآوری در حوزه فناوری اطلاعات را در نظر می‌گیرد. در نتیجه، شاخص ICT به عنوان یک سنجه کلی، تصویری جامع از وضعیت و توانمندی‌های فناورانه یک کشور ارائه می‌دهد. همچنین شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات به عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی اقتصاد دانش‌بنیان، نقشی برجسته در ارتقای سطح پیچیدگی اقتصادی ایفا می‌کند. اهمیت این شاخص در توانمندسازی بخش‌های مختلف اقتصادی برای دسترسی به اطلاعات، بهبود ارتباطات و افزایش پیچیدگی اقتصادی مشهود است. زیرساخت‌های دیجیتالی قوی و مهارت‌های فناوری اطلاعات، امکان شکل‌گیری جریان مؤثر دانش را میان بنگاه‌ها و بخش‌های مختلف اقتصادی فراهم کرده و با تسهیل تعاملات بین‌المللی، بر نوآوری و رقابت‌پذیری کشور می‌افزاید (وو، ۲۰۲۳).

سازوکار اثرگذاری این شاخص بر پیچیدگی اقتصادی نیز از طریق بهبود کیفیت و کمیت کالاها و خدماتی است که از تخصص‌های فناورانه و دانش عمیق نشأت می‌گیرند؛ چرا که هرچه یک اقتصاد بتواند با تکیه بر زیرساخت‌های ICT، محصولات و خدمات متنوع را تولید و صادر کند، جایگاه آن در زنجیره ارزش جهانی ارتقاء یافته و پیچیدگی اقتصادی آن بهبود می‌یابد (هو و گو، ۲۰۲۰). همچنین می‌توان اذعان نمود بهبود این شاخص ضمن کاهش هزینه‌های مبادلات اطلاعاتی، جذب دانش و تخصص‌های گوناگون را میان بخش‌های مختلف اقتصادی تسهیل می‌کند و ظرفیت‌های تولیدی را ارتقا می‌دهد که این امر پیچیدگی اقتصادی را بهبود می‌بخشد (میجرز و مارل^۴، ۲۰۲۱). با این حال، در برخی کشورهای در حال توسعه، رابطه این شاخص

^۱ You

^۲ Hou and Guo

^۳ Meijers and Marel

می‌تواند منفی یا ضعیف باشد. این وضعیت عمدتاً ناشی از مدیریت نادرست، ضعف زیرساخت‌های فنی و نوپایی توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات در این کشورهاست. در چنین کشورهایی، علاوه بر کمبود زیرساخت‌های ارتباطی پایدار، فقدان سیاست‌های کلان کارآمد، ضعف در برنامه‌ریزی راهبردی توسعه ICT و نبود شفافیت داده‌ها موجب شده است که بهره‌وری واقعی ICT در اقتصاد منعکس نشود و تأثیر آن بر ارتقای پیچیدگی اقتصادی تضعیف گردد. از سوی دیگر، نارسایی در حاکمیت داده و ناکافی بودن ظرفیت نهادی برای هدایت سرمایه‌گذاری‌های فناورانه سبب شده است که توسعه ICT بیشتر جنبه مصرفی داشته و کمتر در خدمت تولید دانش و محصولات پیچیده قرار گیرد. بدین ترتیب، در کشورهای در حال توسعه، علی‌رغم رشد ظاهری شاخص ICT، فقدان بسترهای نهادی و سیاستی مناسب مانع از آن می‌شود که ظرفیت‌های دیجیتال به پیچیدگی واقعی اقتصادی تبدیل شوند.

سازوکار اثرگذاری شاخص آموزش و نیروی انسانی بر پیچیدگی اقتصادی

نیروی انسانی عمدتاً به‌عنوان مجموعه دانش، مهارت‌ها و توانمندی‌های تخصصی نیروی کار در نظر گرفته می‌شود که از طریق تحصیلات، آموزش، تجربه، و انباشت مهارت‌های فنی و علمی به دست می‌آید. در چارچوب تحلیلی مطالعه حاضر، نیروی انسانی نه صرفاً به‌عنوان سطح تحصیلات عمومی، بلکه به‌مثابه کیفیت و عمق توانایی‌های فکری و فنی نیروی کار تعریف می‌شود که می‌تواند در فرایند جذب، خلق و به‌کارگیری دانش نوآورانه نقشی کلیدی ایفا کند (ون^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). وجود نیروی کار ماهر و دارای تحصیلات بالا، با فراهم کردن بستر جذب، ایجاد و انتقال دانش پیشرفته، امکان تولید کالاها و خدمات پیچیده‌تر را در مناطق مختلف فراهم می‌آورد. این نیروی کار ماهر با تطبیق ظرفیت‌های فناوری‌های جدید و بهبود فرایندهای تولیدی، تنوع محصولات را افزایش می‌دهد، به‌گونه‌ای که ساختار تولیدی از حالت ساده و متکی بر مهارت‌های پایه به سمت ساختار پیچیده‌تر و دانش‌بنیان تر حرکت می‌کند در نتیجه پیچیدگی اقتصادی را بهبود می‌بخشد. از طرفی دیگر آموزش مهارت‌های فنی و تخصصی، توانایی نیروی کار را در مدیریت و تولید کالاها و خدمات دانش‌بنیان ارتقا می‌دهد و تنوع اقتصادی را افزایش می‌دهد. در کشورهای

^۱ Van

پیشرو، تمرکز بر آموزش‌های کاربردی و پژوهش‌محور، ارتباط مؤثری بین دانشگاه و صنعت ایجاد کرده و موجب تقویت نوآوری شده است که امر باعث می‌شود کشورها بتوانند در بازارهای بین‌المللی رقابت‌پذیری بیشتری داشته باشند و محصولات پیچیده‌تری ارائه دهند. با این حال، در کشورهای در حال توسعه، رابطه شاخص سرمایه انسانی بر پیچیدگی اقتصادی ممکن است در شرایطی منفی ظاهر شود؛ به‌ویژه زمانی که کیفیت آموزش و سطح مهارت‌های تخصصی پایین باشد و تطابق لازم میان سرمایه انسانی موجود و نیازهای واقعی بازار کار وجود نداشته باشد. در این کشورها، ضعف در زیرساخت‌های تحقیق و توسعه، محدودیت در تأمین مالی نوآوری و نبود سیاست‌های حمایتی کارآمد موجب می‌شود که سرمایه انسانی نتواند به‌طور مؤثر در افزایش تنوع و پیچیدگی محصولات و خدمات نقش‌آفرینی کند. افزون بر آن، نارسایی‌های نهادی و اقتصادی مانند بی‌ثباتی اقتصادی، نابرابری فرصت‌ها و ضعف در حاکمیت نهادی، بهره‌وری سرمایه انسانی را کاهش داده و مانع از بروز اثرات مثبت آن بر پیچیدگی اقتصادی می‌شود (زبیری و مومنی، ۱۳۹۹). در چنین شرایطی، سرمایه انسانی به‌تنهایی نمی‌تواند محرک رشد ساختاری باشد، مگر آنکه در کنار زیرساخت‌های نهادی مناسب، نظام آموزشی هدفمند و سیاست‌گذاری مبتنی بر نیازهای فناورانه و صنعتی قرار گیرد تا بتواند به‌طور پایدار به ارتقای پیچیدگی اقتصادی منجر شود.

پیشینه پژوهش

دویا^۱ و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی شاخص توسعه مالی بر پیچیدگی اقتصادی در ۹۲ کشور در حال توسعه طی دوره زمانی (۱۹۹۵-۲۰۱۸) پرداخته‌اند. نتایج بدست آمده عبارتند از: ۱- تأثیر توسعه مالی بر پیچیدگی اقتصادی در بین چهار گروه از کشورها با ویژگی‌های مشابه متفاوت است؛ ۲- کشورهای باثبات بالاتر (اقتصادی، سیاسی و مالی) اغلب در گروهی قرار دارند که در آن توسعه مالی منجر به افزایش پیچیدگی اقتصادی می‌شود.

وو (۲۰۲۲) به بررسی تأثیر کیفیت نهادها بر پیچیدگی اقتصادی در کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) و کشورهای در حال توسعه طی دوره زمانی (۲۰۱۸-۲۰۰۰)

^۱ Ndoya and Avoum

پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد بهبود کیفیت نهادها، سرمایه انسانی و باز بودن تجاری تأثیر مثبت و معناداری بر افزایش پیچیدگی اقتصادی دارد.

گاین و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی عوامل مؤثر بر پیچیدگی اقتصادی ۸۹ کشور جهان طی دوره زمانی (۲۰۱۶-۲۰۲۰) پرداخته‌اند. نتایج حاکی از آن است که شاخص‌های توسعه اینترنت، کیفیت نهادی و باز بودن تجاری تأثیر مثبت و معناداری بر افزایش پیچیدگی اقتصادی دارند. همچنین برای کشورهای با درآمد متوسط، هر دو عامل باز بودن تجاری و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌توانند به افزایش پیچیدگی اقتصادی کمک کنند و برای کشورهای توسعه‌یافته، یکپارچگی اقتصادی تأثیر منفی (اما از نظر اقتصادی بی‌معنی) بر پیچیدگی اقتصادی دارد.

البییک^۱ و همکاران (۲۰۱۷) به معرفی یک شاخص جدید و ساده‌تر به نام $ECI+$ برای اندازه‌گیری پیچیدگی اقتصادی در کشورهای مختلف جهان طی دوره زمانی (۲۰۱۳-۱۹۷۳) پرداخته‌اند. نتایج حاکی از آن که شاخص $ECI+$ در پیش‌بینی پیچیدگی اقتصادی نسبت به ECI و $Fitness Complexity$ مقدم‌تر است. همچنین متغیرهای سرمایه انسانی، ثبات سیاسی و کنترل فساد بر پیچیدگی اقتصادی تأثیر مثبت و معنی‌داری دارد.

اله قلی و مؤمنی (۱۴۰۲) با استفاده از روش توصیفی تحلیلی، به بررسی وضعیت حقوق مالکیت، فضای کسب‌وکار و نوع دسترسی افراد به سازمان‌ها بر شاخص پیچیدگی اقتصادی در ایران طی دوره زمانی (۱۳۸۹-۱۳۸۹) پرداخته‌اند. نتایج نشان‌دهنده آن که شاخص پیچیدگی اقتصادی از همبستگی مثبت و متوسطی با حقوق مالکیت بین‌المللی، شاخص سهولت انجام کسب و کار و آزادی اقتصادی برخوردار است.

شاه‌آبادی و صادقی معتمد (۱۴۰۰) به بررسی تأثیر تعاملی فراوانی منابع طبیعی از طریق شاخص حکمرانی و مهاجرت نخبگان بر پیچیدگی اقتصادی در کشورهای منتخب نفتی طی دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۷ پرداخته‌اند. نتایج مطالعه نشان‌دهنده آن است که اثر تعاملی فراوانی منابع طبیعی و حکمرانی مثبت و معنادار و مهاجرت نخبگان تأثیر منفی و معنادار بر پیچیدگی اقتصادی

^۱ Albeaik

دارد همچنین تأثیر تعاملی نوآوری و حقوق مالکیت فکری مثبت و معنادار و شاخص ریسک سیاسی اثر منفی و معنادار بر پیچیدگی اقتصادی داشته است.

با بررسی مطالعات پیشین می‌توان به این موضوع پی برد که اگرچه مطالعات داخلی و خارجی متعددی در این حوزه صورت گرفته است، اما تأثیر تعاملی انباشت تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی بر پیچیدگی اقتصادی در کنار دیگر مؤلفه‌های اقتصاد دانش‌بنیان (آموزش و سرمایه انسانی و فناوری اطلاعات و ارتباطات) در کشورهای منتخب تولیدکننده علم، وجه تمایز پژوهش حاضر نسبت به تحقیقات پیشین است لذا پژوهش حاضر به بررسی تأثیر تعاملی انباشت تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی بر پیچیدگی اقتصادی کشورهای منتخب تولیدکننده طی دوره زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۳ پرداخته است. همچنین مطالعات اخیر نشان می‌دهند پیچیدگی اقتصادی نه تنها عامل تعیین کننده رشد اقتصادی بلندمدت است، بلکه می‌تواند در برابر چالش‌های اقتصادی جهانی نیز مقاومتی پایدار ایجاد کند. در حقیقت، کشورهایی که توانسته‌اند از طریق توسعه علم و فناوری، ساختارهای تولیدی خود را پیچیده‌تر کنند، اغلب بهره‌وری بالاتر و توان رقابت بیشتری در سطح بین‌المللی دارند. این رابطه مستقیم میان پیچیدگی اقتصادی و رشد اقتصادی پایدار، ضرورت توجه ویژه به این شاخص در برنامه‌ریزی‌های کلان اقتصادی را آشکار می‌کند.

مدل پژوهش

در این بخش از پژوهش با بهره‌گیری از مبانی نظری پیرامون پیچیدگی اقتصادی و الهام از مطالعات تجربی از قبیل دویا و همکاران (۲۰۲۴)، وو (۲۰۲۲)، گاین و همکاران (۲۰۲۲) و البیک و همکاران (۲۰۱۷) تعیین‌کننده‌های پیچیدگی اقتصادی به شرح زیر است:

$$ECI = f(R\&D^1, EFI^2, HCI^3, ICT^4, RII^5) \quad (1)$$

¹ Domestic Research and Development Stock

² Economic Freedom Index

³ Human Capital Index

⁴ Information and Communication Technology Index

⁵ Regime and Institutional Incentives Index

به بیان دیگر متغیرهای ذکر شده عبارتند از: شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI)، اثر تعاملی انباشت تحقیق و توسعه داخلی (R&D) با آزادی اقتصادی (EFI)، شاخص سرمایه انسانی (HCI)، شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) که در ادامه به معرفی متغیرهای مذکور در تابع (۱) پرداخته شده است.

شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI): شاخص پیچیدگی اقتصادی شاخصی است که شدت کاربرد دانش در اقتصاد را اندازه گیری و به توان تولیدی یک کشور می پردازد. این شاخص بیانگر میزان توانایی کشور در تولید کالاهای پیچیده است که از رهگذر فراهم ساختن ساختارهای مناسب برای تعامل افراد در جهت تجمیع دانش های پراکنده و متنوع و کاربردی کردن آن به دست می آید (هاسمن^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). بازه عددی پیچیدگی اقتصادی بین عدد ۳- و ۳+ است، هرچه عدد این شاخص به عدد ۳+ نزدیک تر باشد آن کشور پیچیدگی اقتصادی بالاتری دارد. داده های مورد نیاز این شاخص از پایگاه آماری اطلس مدیا^۲ استفاده شده است.

انباشت تحقیق و توسعه داخلی (Domestic R&D Stock): انباشت تحقیق و توسعه داخلی نشان دهنده ارزش تجمعی سرمایه گذاری ها در حوزه تحقیق و توسعه در داخل کشور است که پس از کسر استهلاک دانش، همچنان فعال و قابل استفاده باقی مانده است. این انباشت با ترکیب مخارج گذشته و حال تحقیق و توسعه شکل گرفته و به مرور زمان قابلیت های فناورانه یک اقتصاد را در زمینه تولید محصولات و خدمات پیچیده ارتقا می دهد. چنین فرایندی نه تنها به افزایش بازدهی در سطح بنگاه ها منجر می شود، بلکه به دلیل سرریزهای دانشی، بازدهی اجتماعی را نیز بالا برده و تنوع و کیفیت تولید را در فضای رقابتی اقتصاد جهانی تقویت می کند و منجر به پیچیدگی اقتصادی می شود (هایل و مایرس^۳، ۱۹۹۵). انباشت اولیه تحقیق و توسعه داخلی در اولین سال دوره مورد مطالعه، بر طبق فرمول گریلیچز^۴ (۱۹۸۸) محاسبه شده است:

$$S_0 = \frac{R_1}{(g + \varepsilon)} \quad (2)$$

^۱ Hausmann

^۲ Atlas Media

^۳ Hall and Mairesse

^۴ Griliches

R_1 بیانگر هزینه تحقیق و توسعه اولین سالی که موجود است، ε نرخ استهلاک و g لگاریتم متوسط رشد سالانه مخارج R&D طی دوره‌ای که آمار هزینه تحقیق و توسعه موجود است و در ضمن انباشت سرمایه تحقیق و توسعه داخلی در هر سال برابر است با:

$$s_t = (1 - \delta)S_{t-1} + R_t \quad (۳)$$

نرخ استهلاک انباشت سرمایه تحقیق و توسعه (δ) برای کشورهای مورد مطالعه ۵ درصد در نظر گرفته شده است. همچنین لازم به ذکر است آمارهای مربوط نسبت هزینه تحقیق و توسعه به تولید ناخالص داخلی از پایگاه آماری بانک جهانی^۱ استخراج شده است.

آزادی اقتصادی (EFI): در ساده‌ترین تعریف، به توانایی افراد و خانواده‌ها در تصمیم‌گیری مستقل، بهره‌مندی از فرصت‌ها و فعالیت‌های کارآفرینانه اشاره دارد؛ بدون آنکه دولت مردان، چه در عرصه داخلی و چه در سطح بین‌المللی، برای حفظ قدرت خویش مانعی در برابر آن ایجاد کنند. آزادی اقتصادی بیانگر آزادی انتخاب در تولید، مبادله و مصرف کالاها و منابع اقتصادی است و نشان می‌دهد تا چه اندازه افراد می‌توانند بدون دخالت دولت، در فعالیت‌های اقتصادی مشارکت داشته باشند. در این پژوهش، شاخص کل آزادی اقتصادی به‌عنوان شاخصی مرکب و موزون از پنج مؤلفه اصلی در نظر گرفته شده است. نخست، اندازه دولت شامل هزینه‌ها، مالیات‌ها و شرکت‌های دولتی است که با شاخص‌هایی نظیر سهم مصرف دولت از تولید ناخالص داخلی، حجم یارانه‌ها، میزان سرمایه‌گذاری دولت و نرخ‌های مالیات بر درآمد و حقوق اندازه‌گیری می‌شود. دوم، ساختار قانونی و تضمین حقوق مالکیت است که میزان استقلال دستگاه قضایی، حمایت از مالکیت معنوی، عدم دخالت نظامی در امور قضایی و یکپارچگی نظام حقوقی را در بر می‌گیرد. سومین مؤلفه، دسترسی به پول سالم است که شامل نرخ رشد نقدینگی، آزادی مالکیت ارزهای خارجی، نرخ تورم و تغییرات آن در سال‌های اخیر است. چهارمین بعد، آزادی تجارت بین‌المللی است که مؤلفه‌هایی مانند مالیات‌ها و تعرفه‌های گمرکی، موانع قانونی تجارت، تفاوت نرخ ارز رسمی و بازار آزاد، کنترل بازار سرمایه و سهم تجارت خارجی از تولید ناخالص داخلی را در بر دارد. نهایتاً، پنجمین مؤلفه، مقررات در حوزه اعتبار، بازار کار و فضای کسب‌وکار است که عواملی نظیر میزان مشارکت بانک‌های خصوصی و خارجی، محدودیت‌های نرخ سود بانکی، قوانین مرتبط با دستمزد و اخراج

^۱ World Bank

کارکنان، و سهم دولت در اشتغال‌زایی را شامل می‌شود. در محاسبه شاخص کلی آزادی اقتصادی، تمامی مؤلفه‌های مذکور از وزنی برابر برخوردارند و هر یک در مقیاسی از صفر تا ده امتیازدهی می‌شوند؛ به گونه‌ای که هرچه امتیاز به عدد ده نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده آزادی اقتصادی بیشتر در آن کشور است. آزادی اقتصادی به منزله ظرفیتی برای جذب سرمایه عمل کرده و از رهگذر افزایش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، گسترش فناوری و انتقال دانش، موجب ارتقای پیچیدگی اقتصادی کشورها می‌شود. داده‌های مربوط به این شاخص از پایگاه آماری مؤسسه فریزر استخراج شده است. این مؤسسه کشورها را بر اساس امتیاز شاخص آزادی اقتصادی در پنج گروه آزاد، عمدتاً آزاد، تقریباً بسته، عمدتاً بسته، و سرکوب‌شده طبقه‌بندی می‌کند.

اثر تعاملی انباشت تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی (R&D * EFI): اثر

تعاملی انباشت تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی به صورت عملیاتی از حاصل ضرب مقدار انباشت تحقیق و توسعه داخلی در شاخص آزادی اقتصادی تشکیل می‌شود. این متغیر تعاملی نشان‌دهنده این است که تأثیر تحقیق و توسعه داخلی بر پیچیدگی اقتصادی به واسطه سطح آزادی اقتصادی تقویت یا تضعیف می‌شود. به عبارت دیگر، در کشورهایی که آزادی اقتصادی بالاتری دارند، انباشت تحقیق و توسعه داخلی می‌تواند اثر مثبت قوی‌تری بر افزایش پیچیدگی اقتصادی داشته باشد؛ چرا که آزادی اقتصادی محیط مناسبی برای بهره‌برداری بهتر از نتایج نوآوری‌ها و فناوری‌های جدید فراهم می‌آورد و رشد ساختار تولید پیچیده‌تر را تسهیل می‌کند.

شاخص آموزش و نیروی انسانی (HCI): ادرر^۱ و همکاران (۲۰۰۷) بیان می‌کنند نیروی

انسانی، مجموعه‌ای از دانش، توانایی و مهارت‌های افراد است که به عنوان محرک فرآیند نوآوری، به رشد و توسعه اقتصادی منجر می‌شود. همچنین می‌توان اذعان نمود که برای خلق، تحصیل، انتشار و بهره‌مندی از دانش، وجود یک جمعیت آموزش دیده و متخصص ضروری است، چراکه منجر به افزایش بهره‌وری عوامل تولید و درنهایت موجب رشد اقتصادی می‌شوند. با این حال، در برخی کشورها سرمایه انسانی می‌تواند رابطه منفی بر پیچیدگی اقتصادی بر جای گذارد؛ به‌ویژه زمانی که نیروی کار ماهر در فعالیت‌های کم‌بازده به کار گرفته شود یا به دلیل نبود فرصت‌های مناسب، مهاجرت کند. در این پژوهش از داده‌های شاخص سرمایه انسانی پایگاه آماری بانک

^۱ Ederer

مرکزی ایالات متحده استفاده شده است. این شاخص ترکیبی از عوامل سلامت، تحصیل، آموزش و مهارت‌های نیروی انسانی است که بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده، عددی برای سنجش سرمایه انسانی یک کشور یا منطقه ایجاد می‌کند تا نقش و اهمیت نیروی انسانی در تولید و رشد اقتصادی را نمایش دهد. بازه عددی این متغیر بین ۱ تا ۴ هست هرچه عدد مربوطه به ۴ نزدیک‌تر باشد کشور دارای وضعیت مطلوبی در این شاخص است (فدرال رزرو، ۲۰۱۵).

شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT): فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا) در عرصه اقتصاد، به قابلیت دسترسی، اطمینان و کارایی رایانه‌ها، تلفن‌ها، تلویزیون‌ها، رادیوها و همچنین فعالیت‌های شبکه‌ای که همگی آن‌ها را به هم پیوند می‌دهد، اشاره دارد. یکی از آشکارترین مزایای استفاده از فاوا، افزایش جریان اطلاعات و دانش از طریق کاهش عدم قطعیت و هزینه‌های معاملاتی در سطوح ملی و بین‌المللی است. این امر به نوبه خود، موجب افزایش حجم معاملات و در نهایت ارتقای سطح تولید و پیچیدگی اقتصادی می‌شود (چن و داهلمن، ۲۰۰۵). همچنین در برخی موارد ممکن است در صورت نبود هماهنگی میان سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و توسعه مهارت‌های فناورانه، وابستگی به فناوری‌های وارداتی افزایش یافته و در نتیجه، پیچیدگی اقتصادی کاهش یابد. برای این شاخص از میانگین تعداد مشترکین تلفن همراه (به ازای هر ۱۰۰ نفر) و اشتراک‌های تلفن ثابت (مجموع تعداد فعالانه خطوط تلفنی آنالوگ، اشتراک‌های VOIP^۱ و ثابت محلی بی‌سیم WLL^۲ و تلفن‌های ثابت عمومی در هر ۱۰۰ نفر) از پایگاه آماری بانک جهانی استفاده شده است.

مطابق مبانی نظری و مطالعات تجربی بیان شده، معادله مربوطه در ۶ حالت با استفاده از روش اثرات تصادفی برآورد شده است که در هر حالت تأثیر تعاملی شاخص آزادی اقتصادی با انباشت تحقیق و توسعه داخلی، فناوری اطلاعات و ارتباطات و آموزش و سرمایه انسانی بر پیچیدگی اقتصادی به صورت مجزا برای هر دو گروه کشورهای منتخب توسعه یافته و درحال توسعه تخمین زده شده است تا بتوان به اهمیت تأثیر تعاملی آزادی اقتصادی با انباشت تحقیق و

^۱ alfred.stlouisfed

^۲ Voice-over-IP (VoIP)

^۳ Fixed Wireless Local Loop (WLL)

توسعه داخلی در کنار سایر مولفه‌های اقتصاد دانش بنیان (سرمایه انسانی و فناوری اطلاعات و ارتباطات) پی برد.

$$LECI = \alpha + \beta_1 LR\&D_{it} * EFI_{it} + \beta_2 LHCI_{it} + \beta_3 LICT_{it} + u_t \quad (۴)$$

شایان ذکر است حرف L قبل از تمامی متغیرها بیانگر لگاریتمی بودن آنها است و نیز در معادله (۴) به ترتیب اثرات غیرقابل مشاهده خاص هر کشور و جز خطا در زمان t را نشان می‌دهد.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ روش توصیفی با استفاده از همبستگی و مدل‌سازی ریاضی است. روش پژوهش در این مطالعه براساس مدل‌های مبتنی بر اطلاعات داده‌های ترکیبی و با استفاده از روش تخمین حداقل مربعات تعمیم‌یافته (GLS) در محیط نرم‌افزار استیما^۱ صورت گرفته است. این انتخاب به این دلیل می‌باشد که در مدل‌های داده‌های ترکیبی ارزش متغیرها هم در مقاطع و هم در طول زمان اندازه‌گیری می‌شود و استفاده از داده‌های مقطعی برای چندین سال متوالی نتایج بهتر و قابل اعتمادتری را در بر دارد و قدرت توضیح دهنده‌ی مدل را افزایش می‌دهد. در این پژوهش تجزیه و تحلیل مقطعی بر مبنای داده‌های ۱۹ ساله طی دوره ۲۰۰۳-۲۰۲۱ برای ۳۳ کشور منتخب تولیدکننده علم که به دو گروه توسعه یافته و در حال توسعه تقسیم شده، در نظر گرفته شده است.

در گام نخست از تحلیل داده‌ها، آمار توصیفی متغیرهای پژوهش ارائه شده است تا تصویری کلی از ویژگی داده‌ها از جمله میانگین، انحراف معیار، حداقل، حداکثر و تعداد مشاهدات برای هر متغیر به دست آید. این جدول به درک بهتر پراکندگی، مقیاس و رفتار آماری متغیرها کمک می‌کند و مبنایی برای تفسیر دقیق‌تر نتایج مدل‌های اقتصادسنجی در مراحل بعدی فراهم می‌سازد. طبق نتایج جدول (۱) که مقادیر محاسبه شده آماره F برای کشورهای منتخب تولیدکننده علم را نشان می‌دهد پانل دیتا بودن داده‌های آماری مورد تأیید قرار می‌گیرد.

نتایج آزمون هاسمن در جدول (۱) در مورد برآوردهای این مطالعه در کشورهای منتخب تولیدکننده علم روش اثرات تصادفی مورد تأیید قرار می‌گیرد. همچنین، جهت بررسی ایستایی متغیرهای پنل، از آزمون ریشه واحد ایم-پسران استفاده شده است. ویژگی متمایز این آزمون در

^۱ Stata

مقایسه با سایر آزمون‌های ریشه واحد پنل، انعطاف‌پذیری آن و در نظر گرفتن ایستایی متفاوت بین مقاطع است. نتایج این آزمون برای تمامی متغیرهای مورد استفاده در مدل در سطح اطمینان ۹۵ درصد گزارش شده و نشان‌دهنده ایستایی یا غیرایستایی متغیرها در سطوح و تفاضل‌های مختلف است (پسران و شین؛ ۲۰۰۳). از آنجا که در مدل‌های اثرات تصادفی، تخمین‌زن‌های اثرات تصادفی به صورت درونی ناهمسانی واریانس را تا حدی لحاظ می‌کنند، برای اطمینان بیشتر از آزمون بریوش-پاگان^۲ جهت بررسی وجود ناهمسانی واریانس بین مقاطع استفاده گردیده است. نتایج این آزمون نشان داد که مقدار احتمال بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است؛ بنابراین فرض صفر مبنی بر همسانی واریانس رد نمی‌شود و مشکل ناهمسانی واریانس در مدل وجود ندارد. همچنین برای بررسی وجود خودهمبستگی بین جملات اخلاص در داده‌های پانلی، از آزمون وودریج^۳ استفاده شد. بر اساس نتایج بیدست آمده، مقدار احتمال آزمون بزرگ‌تر از ۰/۰۵ گزارش شد که بیانگر رد نشدن فرض صفر مبنی بر نبود خودهمبستگی است. در نتیجه، می‌توان نتیجه گرفت مدل از نظر فروض کلاسیک اقتصادسنجی معتبر است و نیازی به اصلاح خطاهای استاندارد وجود ندارد (بالتاچی؛ ۲۰۲۱).

جدول ۱. آمار توصیفی کشورهای منتخب در حال توسعه تولیدکننده علم

نام متغیر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	تعداد مشاهدات
ECI	۰/۴۸	۰/۸۴	-۱/۸۵	۲/۱۶	۲۰۴
R&D	۲/۱۷	۱/۶۰	۰/۹۳	۱۱/۱۲	۲۰۴
EFI	۶/۳۳	۰/۸۳	۴/۵	۷/۷۳	۲۰۴
HCI	۲/۶۹	۰/۴۸	۱/۸۲	۴/۳۵	۲۰۴
ICT	۴۲/۱۵	۲۸/۴۸	۰/۶۰	۹۶/۲۰	۲۰۴

منبع: یافته‌های پژوهش.

^۱ Pesaran and Shin

^۲ Breusch-Pagan test

^۳ Wooldridge

^۴ Baltagi

جدول ۲. آمار توصیفی کشورهای منتخب توسعه یافته تولیدکننده علم

نام متغیر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	تعداد مشاهدات
ECI	۰/۴۸	۰/۸۴	-۱/۸۵	۲/۱۶	۲۰۴
R&D	۲/۱۷	۱/۶۰	۰/۹۳	۱۱/۱۲	۲۰۴
EFI	۶/۳۳	۰/۸۳	۴/۵۰	۷/۷۳	۲۰۴
HCI	۲/۶۹	۰/۴۸	۱/۸۲	۴/۳۵	۲۰۴
ICT	۴۲/۱۵	۲۸/۴۸	۰/۶۰	۹۶/۲۰	۲۰۴

منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول ۳. نتایج آزمون F لیمر و هاسمن (کشورهای منتخب در حال توسعه تولیدکننده علم)

شرح	مقدار آماره (ارزش احتمال)
آزمون F لیمر	۶/۸۰ (۰/۰۰)
آزمون هاسمن	۶/۲۹ (۰/۰۹)

منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول ۴. نتایج آزمون f لیمر و هاسمن (کشورهای منتخب توسعه یافته تولیدکننده علم)

شرح	مقدار آماره (ارزش احتمال)
آزمون F لیمر	۶۰۸/۶۵ (۰/۰۰)
آزمون هاسمن	۲/۴ (۰/۴۸)

منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول ۵. نتایج آزمون ریشه واحد ایم پسران (کشورهای منتخب در حال توسعه تولیدکننده علم)

Variable	t-statistic	p-value	Stationarity
ECI	-۲/۰۸	۳۰/۰۰	Stationary
R&D	-۲/۰۴	۰/۰۰	Stationary
HCI	-۲/۲۱	۰/۰۱	Stationary
EFI	-۲/۴۲	۰/۰۰	Stationary
ICT	-۲/۸۵	۰/۰۰	Stationary

منبع: یافته‌های پژوهش.

^۱. ایستایی^۲. مقدار احتمال که نشان می‌دهد آیا فرضیه صفر رد می‌شود یا خیر.^۳. متغیر در سطح موردنظر ایستا است.

جدول ۶. نتایج آزمون ریشه واحد ایم پسران (کشورهای منتخب توسعه یافته تولیدکننده علم)

Variable	t-statistic	p-value	Stationarity
ECI	-۲/۱۱	۳۰/۰۰	Stationary
R&D	-۲/۰۴	۰/۰۰	Stationary
HCI	-۲/۲۳	۰/۰۱	Stationary
EFI	-۲/۴۹	۰/۰۰	Stationary
ICT	-۱۱/۲۹	۰/۰۰	Stationary

منبع: یافته‌های پژوهش.

^۱. ایستایی

^۲. مقدار احتمال که نشان می‌دهد آیا فرضیه صفر رد می‌شود یا خیر.

^۳. متغیر در سطح موردنظر ایستا است.

جدول ۷. نتایج برآورد الگو به روش اثرات تصادفی (کشورهای منتخب در حال توسعه تولیدکننده علم)

Dependent variable: Ln Economic Complexity	۱	۲	۳
Ln R&D*EFI	۰/۰۰۳ (۰/۰۰)	---	---
Ln HCI	-۰/۰۱۲ (۰/۰۰)	-۰/۰۱ (۰/۰۰)	-۰/۰۰۶۳ (۰/۰۰)
Ln ICT	-۱/۹ (۰/۹۹)	-۰/۰۰۰۰۵ (۰/۸۷)	-۰/۰۰۰۲ (۰/۸۵)
Ln EFI	---	---	۰/۰۰۱۹ (۰/۰۰)
Ln R&D	---	۰/۰۰۴ (۰/۰۴)	---

منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول ۸. نتایج برآورد الگو به روش اثرات تصادفی (کشورهای منتخب توسعه یافته تولیدکننده علم)

Dependent variable: Ln Economic Complexity	۱	۲	۳
Ln R&D*EFI	۰/۰۰۰۷ (۰/۰۰)	---	---
Ln HCI	۰/۰۰۲۱ (۰/۰۰)	۰/۰۰۲ (۰/۰۰)	۰/۰۰۰۱۲ (۰/۰۰)
Ln ICT	۰/۰۰۲۸ (۰/۰۰)	۰/۰۰۲ (۰/۰۳)	۰/۰۰۰۲ (۰/۰۲)
Ln EFI	---	---	۰/۰۳ (۰/۰۰)
Ln R&D	---	۰/۰۰۰۷ (۰/۰۱)	---

منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول ۹. نتایج آزمون بروش پاگان و وودریج (کشورهای منتخب در حال توسعه تولیدکننده علم)

شرح	مقدار آماره (ارزش احتمال)
آزمون بروش پاگان	۱۲۱۷/۵۲ (۰/۰۰)
آزمون Wooldridge	۰/۹۷
خودهمبستگی	(۰/۱۷)

منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول ۱۰. نتایج آزمون بروش پاگان و وودریج (کشورهای منتخب توسعه یافته تولیدکننده علم)

شرح	مقدار آماره (ارزش احتمال)
آزمون بروش پاگان	۳۳۷۹/۱۲ (۰/۰۰)
آزمون Wooldridge	۲/۳۷
خودهمبستگی	(۰/۱۲)

منبع: یافته‌های پژوهش.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد تعامل میان انباشت تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی در هر دو گروه کشورهای منتخب توسعه یافته و در حال توسعه تأثیری مثبت و معنادار بر پیچیدگی اقتصادی دارد. با این حال، ضریب تخمینی این اثر در کشورهای منتخب در حال توسعه (۰/۰۰۳) بزرگ‌تر از کشورهای منتخب توسعه یافته (۰/۰۰۷) است. این امر نشان می‌دهد که نقش تسهیل‌گری آزادی اقتصادی در اثرگذاری انباشت فعالیت‌های تحقیق و توسعه در کشورهای منتخب در حال توسعه قوی‌تر است؛ زیرا از یک سو درجه آزادی اقتصادی در این کشورها پایین‌تر و از سوی دیگر نسبت هزینه‌های تحقیق و توسعه به تولید ناخالص داخلی کمتر است. در نتیجه، هرگونه بهبود در سطح آزادی اقتصادی می‌تواند تأثیر مضاعفی بر کارایی سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه داشته باشد و از این طریق، رشد پیچیدگی اقتصادی و ارتقای جایگاه فناورانه کشورها را تسریع کند. این نتیجه با پژوهش‌های عبدی و گفسی (۲۰۲۵)، بنگوا^۱ و همکاران (۲۰۰۳) و تی وو (۲۰۲۲) همسو است که همگی بر اهمیت پیوند میان آزادی اقتصادی، فعالیت‌های دانش‌محور و سازوکارهای نوآوری در ارتقای پیچیدگی تولیدی تأکید نموده‌اند. در زمینه سرمایه انسانی، یافته‌ها تفاوتی چشمگیر میان دو گروه کشورها نشان می‌دهد. در کشورهای منتخب توسعه یافته، ضریب مثبت (۰/۰۰۲۱) و معنادار بیانگر آن است که نظام آموزشی، مهارت‌افزایی و نوآوری انسانی

^۱ Bengoa

با نیازهای صنعتی و پژوهشی همسو است. در این کشورها، نظام‌های آموزشی بر آموزش‌های فناورانه، کارآموزی صنعتی، و یادگیری مادام‌العمر متمرکز هستند و این رویکرد موجب می‌شود نیروی انسانی نه تنها در جذب دانش بلکه در خلق و بومی‌سازی آن نیز نقشی فعال ایفا کند. چنین ساختاری موجب افزایش ظرفیت نوآوری، ارتقای بهره‌وری و در نهایت رشد پیچیدگی اقتصادی می‌شود. این یافته با مطالعات مارول و همکاران (۲۰۱۶) و شاه‌آبادی و حسینی (۱۳۹۷) همسو است که بر نقش کلیدی سرمایه انسانی ماهر و نظام آموزشی کارآمد در توسعه ساختارهای تولیدی پیچیده‌تر تأکید دارند. در مقابل، در کشورهای منتخب در حال توسعه، ضریب منفی (۰/۰۱۲) و معنادار نشان می‌دهد که افزایش سطح تحصیلات لزوماً به ارتقای پیچیدگی اقتصادی منجر نمی‌شود. این رابطه منفی ناشی از چند عامل ساختاری و نهادی است: نخست، ناهماهنگی میان مهارت‌های نیروی کار و نیازهای واقعی بازار کار به دلیل آموزش‌های نامتناسب و نظام آموزشی نظری‌محور و غیرواقع‌گرایانه است؛ این امر مانع بهره‌گیری مؤثر از سرمایه انسانی در بخش‌های صنعتی پیچیده می‌شود. دوم، تمرکز نیروی کار تحصیل کرده در بخش‌های کم‌بازده تولید یا خدمات است که بازده اقتصادی اندکی دارند و در نتیجه، بخش قابل‌توجهی از سرمایه انسانی عملاً به درستی به کار گرفته نمی‌شود. سوم، پدیده مهاجرت مغزها، که ناشی از کمبود فرصت‌های شغلی مناسب، ضعف زیرساخت‌های حمایتی و نبود محیط‌های پژوهشی پویا است، سبب می‌شود بخش مهمی از نیروی کار ماهر به کشورهای منتخب توسعه‌یافته مهاجرت کند؛ این امر ظرفیت نوآوری و توان تولید محصولات پیچیده را در کشورهای مبدأ کاهش می‌دهد. در نهایت، ضعف زیرساخت‌های فناورانه و محدودیت در به‌کارگیری فناوری‌های نوین، حتی در صورت وجود نیروی انسانی تحصیل کرده، مانع از اثرگذاری مثبت سرمایه انسانی بر رشد پیچیدگی اقتصادی می‌شود. مجموعه این عوامل موجب می‌شود که سرمایه انسانی در کشورهای منتخب در حال توسعه، به جای آنکه به محرک رشد فناوری و پیچیدگی تولیدی تبدیل شود، در بسیاری از موارد به منبع ناکارآمدی و شاهد خروج سرمایه دانشی می‌باشیم. این یافته‌ها با پژوهش‌های آدایو و اولادیپو^۱ (۲۰۲۴) هم‌راستا است.

^۱ Adebayo and Oladipo

در خصوص فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، یافته‌ها حاکی از تفاوت معنادار میان دو گروه کشورهاست. در کشورهای منتخب توسعه‌یافته، ضریب مثبت (۰/۰۰۲۸) و معنادار نشان می‌دهد که ICT به‌عنوان یکی از ارکان اصلی اقتصاد دیجیتال، نقش کلیدی در ارتقای پیچیدگی اقتصادی ایفا می‌کند. توسعه زیرساخت‌های دیجیتال، گسترش شبکه‌های فیبر نوری، استفاده از کلان‌داده‌ها و هوش مصنوعی، و نیز ادغام ICT در زنجیره‌های تأمین جهانی، فرآیند نوآوری و تولید محصولات با فناوری پیشرفته را تسریع کرده است. علاوه بر این، فناوری اطلاعات و ارتباطات با تسهیل انتقال دانش، بهبود بهره‌وری نیروی کار و کاهش هزینه‌های مبادله، به ارتقای بهره‌وری و کیفیت تولیدات صنعتی کمک می‌کند. این نتیجه با پژوهش‌های هو و گو (۲۰۲۰) و رحیم‌زاده (۱۴۰۳) سازگار است. در مقابل، در کشورهای منتخب در حال توسعه، ضریب منفی (۱/۹-) و غیرمعنادار نشان می‌دهد که ICT هنوز نتوانسته است به شکل مؤثر در ساختار تولید و نوآوری صنعتی ادغام شود. در این کشورها، فناوری اطلاعات عمدتاً در حوزه‌های خدماتی و مصرفی کاربرد دارد و کمتر به کاربردهای فناورانه در تولید و تحقیق و توسعه صنعتی گسترش یافته است. ضعف زیرساخت‌های فنی، هزینه بالای فناوری، محدودیت دسترسی به اینترنت پرسرعت، و فقدان سیاست‌های هماهنگ میان بخش ICT و صنعت از مهم‌ترین موانع اثرگذاری این شاخص بر پیچیدگی اقتصادی هستند. موارد فوق‌الذکر با نتایج باسیل^۱ و همکاران (۲۰۲۴) همسو است.

^۱ Basile

نتیجه‌گیری و توصیه سیاستی

یکی از راهبردهای محوری در تحقق رشد اقتصادی بلندمدت و پایدار کشورهای مختلف، اتکای اقتصاد به صادرات محصولات دانش‌بنیان و تکیه بر اقتصاد دانش‌محور بوده و نمی‌توان در دنیای کنونی صرفاً بر پایه اقتصاد صنعتی پیش رفت و حرکت به سمت اقتصاد دانش‌بنیان جزو ضروریات هست. با توجه به اینکه کشورهای منتخب تولیدکننده علم زیرساخت‌های بهتری در حوزه‌های آموزش و پژوهش دارند و از انباشت تحقیق و توسعه داخلی بالاتری برخوردارند لذا انتظار می‌رود امکان جذب سرمایه‌گذاری و حمایت از نوآوری در آن‌ها نیز بالاتر باشد. بنابراین، پژوهش حاضر به بررسی تأثیر تعاملی انباشت تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی، آموزش و نیروی انسانی و فناوری اطلاعات و ارتباطات بر پیچیدگی اقتصادی دو گروه کشورهای منتخب تولیدکننده علم طی دوره زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۳ پرداخته است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد اثر تعاملی انباشت تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی بر پیچیدگی اقتصادی در هر دو گروه کشورهای منتخب مورد مطالعه مثبت و معنادار است، اما شدت این اثر در کشورهای منتخب در حال توسعه بیشتر است. این یافته بیانگر آن است که اگرچه این کشورها از ظرفیت تحقیق و توسعه قابل‌توجهی برخوردارند، اما تحقق اثرگذاری کامل آن مستلزم بهبود فضای نهادی و افزایش سطح آزادی اقتصادی است. بر این اساس، به‌منظور ارتقای پیچیدگی اقتصادی در کشورهای منتخب در حال توسعه، مجموعه‌ای از پیشنهاد‌های سیاستی به شرح زیر قابل ارائه است:

در زمینه تعامل انباشت تحقیق و توسعه داخلی با آزادی اقتصادی: ضروری است دولت‌ها با اصلاح ساختارهای نهادی و کاهش موانع بوروکراتیک، محیطی رقابتی، شفاف و پیش‌بینی‌پذیر برای فعالیتهای نوآورانه ایجاد کنند تا انگیزه سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه افزایش یابد. در این راستا، تدوین سیاست‌های حمایتی نظیر ارائه مشوق‌های مالیاتی و اعتباری به بنگاه‌های فعال در حوزه‌های فناوریانه و دانش‌بنیان، توسعه زیرساخت‌های پشتیبان بخش خصوصی، و تضمین حقوق مالکیت فکری از الزامات اساسی به‌شمار می‌رود. از سوی دیگر، تقویت ارتباط میان دانشگاه و صنعت نقش کلیدی در تبدیل دستاوردهای علمی به محصولات قابل‌تجاری‌سازی دارد. همچنین، حضور فعال در شبکه‌های علمی و پروژه‌های تحقیقاتی بین‌المللی، جذب شرکت‌های فناور خارجی و گسترش همکاری‌های دوجانبه در حوزه تحقیق و توسعه می‌تواند به انتقال دانش و فناوری‌های پیشرفته یاری رساند. در مجموع، ترکیب سیاست‌های مبتنی بر آزادی اقتصادی با حمایت هدفمند از تحقیق و توسعه داخلی، محرک مؤثری برای حرکت به‌سوی اقتصادی پیچیده‌تر، پویا و دانش‌محور خواهد بود.

در زمینه فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT): کشورهای منتخب در حال توسعه باید از رویکرد مصرف‌محور فاصله گرفته و فناوری را به ابزاری برای تولید، نوآوری و خلق ارزش افزوده تبدیل کنند. در این مسیر، توسعه زیرساخت‌های دیجیتال - از جمله اینترنت پرسرعت، مراکز داده، شبکه‌های فیبر نوری و تقویت امنیت سایبری - باید در اولویت سیاست‌گذاری‌ها قرار گیرد. دولت‌ها می‌توانند با تشویق صنایع به دیجیتالی‌سازی فرآیندهای تولید، از فناوری اطلاعات برای افزایش بهره‌وری، بهبود مدیریت و ارتقای کیفیت محصولات بهره‌برداری کنند. ارتقای سواد دیجیتال نیروی کار، گسترش آموزش مهارت‌های ICT در سطوح دانشگاهی و فنی، و حمایت از استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های فناور از طریق صندوق‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر و تسهیلات صادراتی، از گام‌های مؤثر در این راستا به‌شمار می‌آیند. علاوه بر این، توسعه تجارت الکترونیک، خدمات دولت الکترونیک و تقویت اکوسیستم نوآوری دیجیتال می‌تواند پیوند میان فناوری اطلاعات و ساختار تولیدی را مستحکم‌تر سازد. در مجموع، چنین اقداماتی موجب ارتقای جایگاه فناوری اطلاعات و ارتباطات از سطح خدماتی به سطح تولیدی و دانش‌بنیان شده و نقش آن را در افزایش پیچیدگی اقتصادی کشورها تثبیت می‌کند.

References

Abid, M., & Gafsi, S. (2025). Economic complexity, environmental sustainability, and technological integration in Saudi Arabia: Analyzing long-term trends. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 15(3), 674-684. Retrieved from <https://doi.org/10.32479/ijeeep.18806>.

Acemoglu, D., & Robinson, J. A. (2012). Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty. *Crown Business*, 29(2), 168-170. Retrieved from <https://doi.org/10.1355/ae29-2j>.

Adebayo, T. S., & Oladipo, O. (2024). The effects of institutional quality and human capital development on economic complexity in African countries: Evidence from system GMM approach. *Journal of Indonesian Islamic Education*, 29(2), 1-15.

Albeaik, S., Kaltenberg, M., Alsaleh, M., & Hidalgo, C. A. (2017). Improving the economic complexity index. Retrieved from <https://arxiv.org/pdf/1707.05826>.

AlIsmaily, S. Cervantes, M., & Mahon, F. (2019). *Economic Freedom of Arab World: Annual Report*. Vancouver: Fraser Institute.

Allahgholi, Mahya, & Momeni, Farshad. (2023). Factors affecting the economic complexity index based on the social orders approach (Case study: Iran's economy). *Iranian Economic Research*, Retrieved from <https://doi.org/10.22054/ijer.2023.74368.1195> . [In Persian]

Alraja, M. N., Al-Jabari, A. S., & Al-Shetwi, A. Q. (2025). Does economic freedom affect green economic growth? Analyses of EU and non-EU countries. *Frontiers in Environmental Science*, 13, 1568601. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1568601>.

Avom, D., & Ndoya, H. (2024). Does country stability spur economic complexity? Evidence from panel data. *Applied Economics Letters*, 31(4), 323-329. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/13504851.2022.2133890>.

Azimi, N. (2022). Examining the impact of knowledge-based economy components on the economic complexity of countries. *Quarterly of Research and Planning in Higher Education*, 24(4), 1-23. [In Persian]

Baltagi, B. H. (2021). Random effects models in panel data analysis (6th Ed.) In *Econometric Analysis of Panel Data* (101-145). New York: Springer. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/978-3-030-51168-5>.

Baseri, B., Asghari, N., & Kia, M. (2011). A comparative analysis of the role of knowledge-based economy components in economic growth. *Iranian Economic Research*, 16(47), 1-29. [In Persian]

Bengoa, M., & Sanchez-Robles, B. (2003). Foreign direct investment, economic freedom and growth: new evidence from Latin America. *European Journal of Political Economy*, 19(3), 529-545. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/s0176-2680\(03\)00011-9](https://doi.org/10.1016/s0176-2680(03)00011-9).

Bujancă, G. V., & Ulman, S. R. (2015). The impact of the economic freedom on national competitiveness in the main economic power centers in the World. *Procedia Economics and Finance*, 20(C), 94-103. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00052-0](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00052-0).

Dutrénit, G., Natera, J. M., Anyul, M. P., & Vera-Cruz, A. O. (2019). Development profiles and accumulation of technological capabilities in Latin America. *Technological Forecasting and Social Change*, 145(c), 396-412. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.03.026>.

Ederer, P., Schuller, P., & Willms, S. (2009). University systems ranking: Citizens and society in the age of the knowledge. *Educational Studies*, c(3), 169-202. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/nos/voprob/2009i3p169-202.html>.

Emadzadeh, M., & Shahnazi, R. (2007). Examining the foundations and indicators of a knowledge-based economy and its position in selected countries compared to Iran. *Economic Research Quarterly*, 7(27), 143-175. [In Persian]

Falah, E., & Salami, R. (2016). A comparative study of Iran's knowledge-based economy with selected Asian countries and providing a roadmap for improving Iran's status. *Economic Development Analysis of Iran*, 4(4), 145-169. [In Persian]

Gao, Jing, and Angang Hu. (2020). Human capital, innovation, and economic complexity. *Emerging Markets Finance and Trade*, 56(7), 1637-1653. Retrieved from <https://www.nomos-elibrary.de/document/download/pdf/uuid/c45c6b39-56e6-3a8e-8dbf-40ad9cae264c>.

Griliches, Z. (1988). Productivity puzzles and R&D another nonexplanation. *Journal of Economic Perspectives*, 2(c), 9-21. Retrieved from <https://doi.org/10.1257/jep.2.4.9>.

Gumus, E., & Celikay, F. (2015). R&D expenditure and economic growth: new empirical evidence. *Margin: The Journal of Applied Economic Research*, 9(3), 205-217. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/0973801015579753>.

Gwartney, J., Lawson, R., & Hall, J. (2023). *Economic Freedom of the World: 2023, Annual Report*. Vancouver: Fraser Institute.

Gwartney, J., Lawson, R., Hall, J., Murphy, R., & Berggren, N. (2022). *Economic Freedom of the World: 2022 Annual Report*. Vancouver: Fraser Institute.

Hafez Nia, M. R. (2001). *An introduction to research methods in humanities*. Tehran: SAMT Publications. [In Persian]

Hall, B. H., & Mairesse, J. (1995). Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms. *Journal of Econometrics*, 65(1), 263-293. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01604-x](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01604-x).

Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Chung, S., Jimenez, J. & Yildirim, M. A. (2011). *The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity*. Cambridge, MA: MIT Press.

Hausmann, R., Yildirim, M. A., Chacua, C., Hartog, M., & Matha, S. G. (2024). Innovation Policies Under Economic Complexity. *World Intellectual Property Organization (WIPO) Economic Research, Working Paper Series*, C(79). <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4726>.

Hidalgo, C. A., & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26), 10570-10575. Retrieved from <https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106>.

Hung, N. T., Oanh, T. T. K., & Trang, C. T. T. (2024). The impact of economic freedom on economic growth in countries with high and low regulatory quality-lessons for Viet Nam. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1-15. Retrieved from <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03741-8>.

Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53-74. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/s0304-4076\(03\)00092-7](https://doi.org/10.1016/s0304-4076(03)00092-7).

Kuo, H. C., & Guo, Y. (2023). Broadband internet, digital skills, and economic complexity: A cross-country panel analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 188(c), 122309.

Meijers, H., & van der Marel, E. (2021). Digital connectivity and structural transformation: Evidence from Sub-Saharan Africa. *World Development*, 141(12), 105404.

Nguyen, H. T. (2021). Does institutional quality foster economic complexity? *Empirical Economics*, 61(6), 2753–2784. Retrieved from <https://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm?abstractid=3509939>.

Pajm, S. M., & Salimifar, M. (2015). Examining the impact of the economic complexity index on economic growth in 42 leading science-producing countries. *Regional Economics and Development*, 22(10), 16-38. [In Persian]

Rahimzadeh, A. (2024). Examining the short-term and long-term impact of ICT on economic complexity in middle-income countries (Panel approach). *Quantitative Studies in Management*, 56(15), 171-189. [In Persian]

Samandarali Eshtehardi, M., Azimi, N., & Shahmoradi, B. (2020). The causal relationship between knowledge-based economy components and the economic complexity index. *Iranian Economic Research*, 25(82), 217-242. [In Persian]

Shahabadi, A., & Hosseini, M. (2018). The impact of knowledge economy components on Iran's economic complexity. *Scientific Biannual of Economic Studies and Policies*, 5(2), 125-148. [In Persian]

Shahabadi, A., & Rahmani, O. (2008). The role of domestic and foreign R&D accumulation on the growth of total factor productivity in the industrial sector. *New Economy and Trade Quarterly*, 4(14), 18-38. [In Persian]

Shahabadi, A., & Sadeghi Motamed, Z. (2021). The mutual impact of natural resource abundance through governance index and brain drain on economic complexity in selected oil-producing countries. *Business Research Quarterly*, 25(99), 203-232. [In Persian]

Shahabadi, A., Chayani, T., & Sadeghi Motamed, Z. (2021). The interaction between innovation and the economic freedom index on economic complexity in selected science-producing countries. *Scientific Biannual of Economic Studies and Policies*, 8(1), 31-55. [In Persian]

Tebaldi, E., & Elmslie, B. (2013). Does Institutional Quality Impact Innovation? Evidence from Cross-Country Patent Grant Data. *Applied Economics Letters*, 20(8), 776-779. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/00036846.2011.613777>.

Van Uden, A., Knoben, J., & Vermeulen, P. (2017). Human capital and innovation in Sub-Saharan countries: A firm-level study. *Innovation*, 19(2), 103-124. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/14479338.2016.1237303>.

Vu, K. M. (2023). The synergy of ICT diffusion and human capital: Implications for economic growth and complexity. *Telecommunications Policy*, 47(7), 1024744.

Vu, T. V. (2022). Does institutional quality foster economic complexity? The fundamental drivers of productive capabilities. *Empirical Economics*, 63(3), 1571-1604. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s00181-021-02175-4>.

Wennekers, S. & R. Zurik (1999). Linking entrepreneurship and economic growth. *Small Business Economics*, 13(1), 27-55. Retrieved from <https://doi.org/10.1023/a:1008063200484>.

Zobeiri, H., & Motameni, M. (2020). Human capital and economic complexity in Iran. *Journal of Growth and Sustainable Development (Economic Research)*, 20(3), 145-166. [In Persian]