فصلنامهٔ مهندسی مدیریت نوین
دورهٔ نهم، شمارهٔ دوم، تابستان ۱۴۰۲

رتبه‌بندی کشورهای منتخب از لحاظ کارایی نهادهای پژوهشی و بخش صنعت در تولید فناوری‌های پیشرفته

کتایون اعلامی[۱]، محمدعلی کرامتی[۲]، قاسم توحیدی[۳]

چکیده

این پژوهش به دنبال ارزیابی کارایی کشورهای دارای ضریب هوش ملی بالای ۸۵ در تولید فناوری‌های پیشرفته، باتوجه‌به قابلیت‌هایی است که پایه و اساس آن‌ها سرمایهٔ انسانی است؛ مانند نوآوری، موفقیت تحصیلی و هوش ملی. پژوهش حاضر از نظر روش، کمی و توصیفی و از نوع کاربردی است. از لحاظ افق زمانی مقطعی و از منظر شیوهٔ گردآوری داده‌ها به‌صورت کتابخانه‌ای و ازطریق مراجعه به درگاه‌های رسمی بین‌المللی مانند بانک جهانی است. به جهت رتبه‌بندی کشورها، شناسایی کشورهای ابرکارا و بهبود کارایی تولید فناوری‌های پیشرفته، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه، یک زنجیرهٔ دومرحله‌ای برای تولید فناوری پیشرفته در نظر گرفته شده است. در مرحلهٔ اول این زنجیره، نهادهای پژوهشی با ورودی‌های تعداد محقق تحقیق و توسعه (شاخص سرمایهٔ انسانی) و میزان هزینه‌کرد برای تحقیق و توسعه و در مرحلهٔ دوم آن، بخش صنعت با ورودی‌های سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تعداد درخواست‌های ثبت اختراع (شاخص نوآوری) و تعداد مقالات علمی (شاخص موفقیت تحصیلی) هر کشور قرار دارد. یافته‌ها نشان می‌دهند که ۱۲ کشور از ۵۶ کشور در تولید فناوری‌های پیشرفته کارا و ۳ کشور آمریکا، انگلیس و روسیه در هر دو بخش صنعت و پژوهش ابرکارا هستند.

کلیدواژه‌ها: تولید فناوری‌های پیشرفته، نهادهای پژوهشی، نوآوری، موفقیت تحصیلی، هوش ملی و سرمایه انسانی.

---

[۱] دانشجوی دکتری گروه مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] دانشیارگروه مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران(نویسندهٔ مسؤول)

mohammadalikeramati@yahoo.com

[۳] دانشیارگروه ریاضی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ وصول:۱۴۰۲/۳/۱۷ **تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۶/۱۴**

مقدمه

برتری اقتصادی کشورها تا اندازهٔ زیادی به کارایی فناوری در سطح ملی بستگی دارد. رتبه‌بندی کشورهای تولیدکنندهٔ فناوری پیشرفته در سال‌های مختلف توسط بانک جهانی، نشان می‌دهد که همواره تعدادی از کشورها، صدرنشین تولید محصولات با فناوری پیشرفته[1] بوده (مانند چین، آلمان، سنگاپور، آمریکا) و سایرین در بیشتر موارد انتقال‌گیرنده و مصرف‌کنندهٔ این محصولات هستند (مانند مراکش، مصر، الجزایر). برای مثال کره‌جنوبی با ضریب هوش ملی ۱۰۴/۶، با وجود فقدان منابع طبیعی، دارای ۱۹۲ میلیارد دلار تولید فناوری پیشرفته در سال ۲۰۱۸ بوده، درحالی که اندونزی با هوش ملی۸/ ۸۵ با وجود داشتن منابع غنی طبیعی فقط ۶ میلیارد دلار تولید فناوری پیشرفته در همان سال را دارا بوده است. ازطرفی مالزی در همسایگی اندونزی و در آسیای جنوب‌شرقی، با هوش ملی۹۱/۷، در سال ۲۰۱۸ برابر با ۹۰ میلیارد دلار تولید فناوری پیشرفته داشته است. دلیل این تفاوت‌ها می‌تواند در قابلیت‌های زیرساختی (قابلیت‌هایی با پایه و اساس سرمایهٔ انسانی) نهاد پژوهشی و بخش صنعت از کشورهای تولیدکننده و مصرف‌کنندهٔ محصولات با فناوری پیشرفته باشد که به نظر می‌رسد بر کارایی هریک از این دو بخش تأثیرگذار باشند. قابلیت‌هایی که در اکثر کشورها وجود دارد اما به‌گونه‌ای که شایسته است به‌آن‌ها توجه نشده است (محمودزاده وهمکاران، ۱۳۹۴). از مهم‌ترین قابلیت‌های زیرساختی می‌توان هوش ملی، موفقیت تحصیلی و نوآوری را مورد توجه قرارداد که پایه و اساس آن‌ها سرمایه‌های انسانی است. از نظر کوچارچیکوا (۲۰۱۱) سرمایهٔ انسانی شامل توانایی طبیعی، مهارت‌های ذاتی و اکتسابی، دانش، تجربه، استعداد و خلاقیت است. یافته‌ها در مطالعات کنونی اهمیت سرمایهٔ انسانی را در رسیدن به تحقیق و توسعه و کارایی برنامه‌های توسعهٔ فناوری پیشرفته را برجسته می‌سازد (مینزبرگ[2]، ۲۰۱۴). دومازوت و دیگران (۲۰۲۱) نشان دادند که سرمایهٔ انسانی بر پیشرفت فناوری تأثیرگذاراست و افراد بااستعداد در صورت دسترسی به امکانات آموزشی و کسب

[1] High-tech
[2] Meisenberg

موفقیت تحصیلی، می‌توانند به پیشرفت فناوری کمک‌کنند (دیبولت و هیپ[1]، ۲۰۲۲). از نظر لین و ونهانن (۲۰۱۲) هوش ملی شاخص معتبر سرمایهٔ انسانی است و سرمایهٔ انسانی، عامل مهم و مؤثر نوآوری است. نوآوری از طریق سرمایهٔ انسانی و پیشرفت‌های فناوری بر تولید ناخالص داخلی و رشد اقتصادی تأثیرگذار است (سان و همکاران[2]، ۲۰۲۰). یافته‌های میرزا محمدی و ارغند (۱۳۹۵)، تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تعداد محققان تحقیق و توسعه (سرمایهٔ انسانی) بر فعالیت‌های نوآورانه در ۱۴ کشور منتخب را مثبت و معنادار نشان داده است (میرزا محمدی و ارغند، ۱۳۹۵). همچنین، صنایع مبتنی بر فناوری پیشرفته به کارکنان ماهر و توانمند خود وابسته هستند و کارکنان و پژوهشگران بخش تحقیق و توسعه (سرمایه‌های انسانی) اثر بسیار مثبت و قابل‌توجهی بر تولید فناوری پیشرفته دارند (دی آنجل[3]، ۲۰۱۲). حمیدی‌فراهانی و عباسی (۲۰۲۲) نیز نشان دادند که سرمایهٔ انسانی و تحقیق و توسعه بیشترین تأثیر را بر ارزش‌افزودهٔ صنعت دارد. بنابراین، قابلیت‌های زیرساختی هوش ملی، موفقیت تحصیلی و نوآوری از جمله زیرساخت‌هایی با پایه و اساس سرمایهٔ انسانی هستند که می‌بایست تأثیرآن‌ها بر کارایی نهادهای پژوهشی و بخش صنعت هر کشور مورد توجه قرار گیرند. زیرا که تاکنون نقش آن‌ها به‌صورت یک شبکه، در تولید فناوری پیشرفته مورد بررسی قرار نگرفته است و نوآوری پژوهش در این بخش است. از آنجا که هوش، شاخص معتبر سرمایهٔ انسانی است، هدف این پژوهش ارزیابی کارایی کلی کشورها باضریب هوشی بالای ۸۵ درتولید محصولات با فناوری پیشرفته بر اساس قابلیت‌های زیرساختی (قابلیت‌هایی با پایه و اساس سرمایهٔ انسانی مانند نوآوری، موفقیت تحصیلی و هوش) است.

یکی از اهداف بلندمدت هر کشوری رسیدن به رشد و توسعهٔ پایدار است. فناوری از عوامل مؤثر بر رشد و توسعه است و فناوری پیشرفته به علت پیچیدگی و دانشی که دارد خالق ارزش است و می‌تواند موجب ارزش‌افزودهٔ کالاهایی شود که در آن به کار می‌رود.

[1] Diebolt & Hippe
[2] Sun et al
[3] De angel

تولید و صادرات کالاهایی که در آن‌ها دانش و پیچیدگی زیاد وجود دارد کلید مزیت رقابتی برای یک کشور بوده و نهایتاً با افزایش تولید ناخالص داخلی، موجبات رشد اقتصادی را فراهم خواهد کرد؛ بنابراین، شناسایی عواملی که بر تولید فناوری پیشرفته در یک کشور نقش دارند، بسیار ارزشمند است. از آنجا که پایه و اساس فناوری پیشرفته، تحقیق و توسعه و دانش است و دانش در سرمایه‌های انسانی که افرادی باهوش و نوآور هستند متجلی است؛ و سرمایه‌های انسانی بر پیشرفت فناوری تأثیرگذارند (دایبولت و هیپ[1]، ۲۰۲۲ :۳)؛ بنابراین، به نظر می‌رسد ارتقاء مخزن سرمایه‌های انسانی ازطریق بهبود قابلیت‌های زیرساختی مانند هوش (شاخص سرمایهٔ انسانی)، نوآوری و موفقیت تحصیلی در نهاد پژوهشی و بخش صنعت یک کشور می‌تواند در تولید فناوری پیشرفته و رشد و توسعهٔ اقتصادی نقش داشته باشد. دومازت[2] و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که تعداد محقق تحقیق و توسعه (سرمایهٔ انسانی) و میزان هزینه‌کرد در تحقیق و توسعه بر تولید محصولات با فناوری پیشرفته تأثیرگذار است. ویگلیونی و کالیگارو[3] (۲۰۲۰) دریافتند که تحقیق و توسعه بر بهبود عملکرد نوآوری تأثیرگذار است. زونگ[4] (۲۰۱۷) نیز در مطالعات خود به تأثیر نوآوری بر پیشرفت فناوری اشاره می‌کند. از طرفی موفقیت تحصیلی نیز بر نوآوری و تولید فناوری پیشرفته تأثیرگذار است. دومازت و دیگران[5] (۲۰۲۱) همبستگی و نقش شاخص‌های انتخابی مؤثر بر نوآوری از جمله میزان تحصیلات افراد در ۴ کشور صربستان، رومانی، بلغارستان و مجارستان را بر میزان تولید محصولات با فناوری پیشرفته مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهند که این ۴ کشور برای رسیدن به میانگین شاخص‌های اروپا می‌بایست به تشدید سرمایه‌گذاری بر تحقیق و توسعه و تحصیلات افراد (موفقیت تحصیلی) بپردازند. همچنین، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی خصوصاً سرریزهای حاصل از آن در تحریک نوآوری و تولید فناوری

1 Diebolt, C., & Hippe, R.
2 Domazet
3 Viglioni & Calegario
4 Zhong, L
5 Domazet

پیشرفته تأثیرگذار است. نتایج حاصل از یافته‌های یو[1] (۲۰۲۲) نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و اثر سرریز آن به بهبود عملکرد نوآوری کمک می‌کند. همچنین تان[2] و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منطقه‌ای در تحریک نوآوری داخلی تأثیرگذار است.

بنابراین، در این تحقیق به بررسی شبکهٔ تأثیرگذاری زیرساخت‌هایی بر پایهٔ سرمایه‌های انسانی، هزینه‌کرد برای تحقیق و توسعه و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در نهادهای پژوهشی و بخش صنعت بر کارایی تولید فناوری‌های پیشرفته در ۵۶ کشور منتخب با ضریب هوشی بالای ۸۵ درصد با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها برای تحقیق حاضر در پاسخ به سؤال اصلی آن که چگونه می‌توانیم کارایی کلی کشورهای منتخب در تولید محصولات با فناوری‌های پیشرفته را بر اساس قابلیت‌های زیرساختی نهادهای پژوهشی و بخش صنعت ارزیابی نماییم مورد بررسی قرار گرفته است؛ بنابراین، مهم‌ترین هدف این تحقیق ارزیابی کارایی کلی کشورهای منتخب در تولید محصولات با فناوری‌های پیشرفته بر اساس قابلیت‌های زیرساختی نهادهای پژوهشی و بخش صنعت است که به‌صورت کاربردی نتایج آن می‌تواند در اختیار پارک‌های علم و فناوری و مراکز تولید نوآوری در سطح کشور جهت تبیین سیاست‌های مربوطه قرار بگیرد. مهم‌ترین سهم مشارکت و نوآوری تحقیق حاضر عبارت است از توسعهٔ یک مدل برای محاسبهٔ کارایی و اولویت‌بندی کشورهای صاحب فناوری‌های پیشرفته بر اساس ترکیب اصول دسترسی‌پذیری طبیعی و مدیریتی در تحلیل پوششی داده‌ها است.

باقیماندهٔ مقاله به صورتی که مشخص شده در پنج بخش به‌صورت زیر ساماندهی شده است: پس از مقدمه، مبانی نظری و پیشینه، مرور می‌شود؛ بخش سوم به روش تحقیق و معرفی مدل می‌پردازد؛ در بخش چهارم، برآورد مدل و یافته‌ها ارائه می‌گردند و بخش پایانی نیز به بحث و نتیجه‌گیری اختصاص یافته است.

[1] Yue, W.
[2] Tan, J

مروری بر مبانی نظری و پیشینهٔ پژوهش

در این بخش ابتدا به تعریف متغیرهای تحقیق پرداخته و پیشینهٔ تجربی در جدول شمارهٔ ۱ ارائه می‌گردد. سپس در انتهای این بخش به ارتباط سرمایهٔ انسانی (محقق تحقیق و توسعه)، نوآوری، موفقیت تحصیلی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، با تولید فناوری پیشرفته با توجه به پیشینهٔ پژوهش پرداخته می‌شود.

تعاریف مفهومی پژوهش

- **صنایع فناوری‌های پیشرفته**

صنایع تولیدکنندهٔ محصولات با میزان بالای تحقیق و توسعه، مانند هوافضا، کامپیوتر، داروسازی، ابزار علمی و ماشین‌آلات الکتریکی (بانک جهانی).

- **محصول با فناوری‌های پیشرفته**

محصول با فناوری‌های پیشرفته عبارتست از مجموعه‌ای از محصولات که نیازمند دانش علمی و فنی مدرن بوده و برای اهداف مفید مورد استفاده قرار می‌گیرند. این محصولات اغلب نیازمند سرمایه‌گذاری بالایی در تحقیق و توسعه هستند (کولوسوسکی[1]، ۲۰۱۹). محصولات با فناوری‌های پیشرفته دارای تنوع و پیچیدگی زیاد هستند و دانش بسیاری در آن‌ها به کار گرفته شده است (هاسمن و همکاران[2]، ۲۰۱۴).

- **سرمایهٔ انسانی**

سرمایه، یک منبع کمیاب است. سرمایهٔ انسانی شامل توانایی طبیعی، مهارت‌های ذاتی و اکتسابی، دانش، تجربه، استعداد و خلاقیت است. اشکال افزایش ارزش سرمایهٔ انسانی، هزینه‌های معطوف به سلامت، ایمنی، علم، تحقیق و آموزش است (کوچارچیکووا[3]، ۲۰۱۱). سرمایهٔ انسانی می‌تواند مستقیم و یا غیرمستقیم از طریق تولید فناوری بر رشد و توسعهٔ اقتصادی تأثیر بگذارد. عجم اوغلو و اتور (۲۰۱۲) بیان می‌کنند که سرمایهٔ انسانی بر پیشرفت فناوری تأثیرگذار است و افراد با بالاترین استعدادها در صورت دسترسی به

[1] kolossovski
[2] Hausmann et al
[3] Kucharčíková

امکانات آموزشی، می‌توانند به پیشرفت فناوری کمک کنند (دیبولت و هیپ، ۲۰۲۲) که در این مطالعه با تعداد محقق تحقیق و توسعه سنجیده شده است.

- **هوش ملی**

ضریب هوشی ملی با اندازه‌گیری نمونه‌های تست‌های مختلف هوش محاسبه می‌شود و ضریب هوشی مردم هر کشور را نشان می‌دهد (کرکگارد[1]، ۲۰۲۱) (لین و بیکر[2]، ۲۰۱۹) که در این مطالعه کشورهای با ضریب هوش ملی بالای ۸۵ انتخاب شدند.

- **نوآوری**

نوآوری مطابق راهنمای اسلو (سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه[3]، ۲۰۰۵) این‌طور تعریف می‌شود: پیاده‌سازی محصول جدید و یا بهبودیافته (کالا یا خدمت)، فرایند یا عملکرد کسب‌وکار جدید مانند روش‌های بازاریابی و تغییرات سازمانی یا روابط خارجی که در این مطالعه تعداد درخواست‌های ثبت اختراع در یک کشور در نظر گرفته شده است (لو و همکاران[4]، ۲۰۱۶).

- **موفقیت تحصیلی**

عبارتست از بالاترین درجهٔ اخذ شده در پیشرفته‌ترین سطح موجود در سیستم آموزشی یک کشور. همچنین برخی از کشورها ممکن است ارائهٔ اطلاعات مربوط به پیشرفت تحصیلی را از نظر بالاترین درجهٔ تحصیلی مفید بدانند که در این مطالعه با تعداد مقالات علمی و فنی چاپ شده در یک کشور سنجیده شده است (لو و همکاران، ۲۰۱۶).

- **نهادهای پژوهشی**

سازمان‌هایی که از بودجهٔ فدرال برای تحقیق استفاده می‌کنند؛ مانند دانشگاه‌ها، مراکز تحقیق و توسعه با بودجهٔ فدرال، آزمایشگاه‌های صنعتی یا سایر مؤسسات تحقیقاتی.

- **سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی**

---

[1] Kirkegaard
[2] Lynn, & Becker
[3] OECD
[4] Lu et al

سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی[1] نوعی از سرمایه‌گذاری برون‌مرزی است که در آن سرمایه‌گذار مستقر در یک اقتصاد، منفعتی پایدار با درجهٔ نفوذی قابل‌توجه را برای یک شرکت مستقر در اقتصاد دیگر ایجاد می‌کند. در این رابطه، سرمایه‌گذار می‌بایست حداقل ۱۰ درصد یا بیشتر سهم (حق رأی) داشته باشد. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی عاملی کلیدی در تعاملات بین‌المللی اقتصادی است؛ زیرا که ارتباطات پایدار و بلندمدتی را میان اقتصادها ایجاد می‌کند. همچنین عامل مهمی در انتقال فناوری بین کشورها و اشاعه‌دهندهٔ تجارت بین‌المللی از طریق دسترسی به بازارهای خارجی است و می‌تواند عامل محرکی برای توسعهٔ اقتصادی باشد (سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه).[2]

- **تحلیل پوششی داده‌ها**

تحلیل پوششی داده‌ها[3] به‌عنوان یک روش ناپارامتریک، روشی معمول برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری ۴ با چندین ورودی و خروجی است (توسلی و همکاران[5]، ۲۰۲۰). این روش که توسط چارنز و دیگران (۱۹۷۸) توسعه پیدا کرده، یک روش ارزیابی عملکرد بر پایهٔ برنامه‌ریزی خطی برای اندازه‌گیری کارایی نسبی مجموعه واحدهای تصمیم‌گیری است که چندین ورودی را مصرف می‌کنند تا چندین خروجی تولید کنند (ارکو و همکاران[6]، ۲۰۱۹).

- **تحلیل پوششی داده‌های شبکه**

این مدل یک واحد تصمیم‌گیرنده را با تمامی زیر واحدها و ارتباطات موجود در آن، به‌صورت ساختار شبکه‌ای در نظر می‌گیرد. در این مدل فرض می‌شود که سیستم تحت ارزیابی، شامل چندین واحد تصمیم‌گیرندهٔ مشابه هم است که هر واحد نیز، چندین زیرواحد به هم مرتبط دارد (فتحی اجیرلو و دیگران، ۲۰۲۰).

- **اصل دسترسی‌پذیری طبیعی[7]**

---

1 FDI
2 OECD-library/finance on https:// Doi.org/10.1787/9a523b18-en
3 Data envelopment analysis (DEA)
4 decision making units (DMUs).
5 Tavassoli et al
6 Örkcü et al
7 Natural disposability

بر طبق دسترسی‌پذیری طبیعی، یک واحد تصمیم‌گیری[1] بردار ورودی‌هایش را کاهش می‌دهد تا بردار خروجی‌ها را افزایش دهد. در این صورت، با کاهش در ورودی‌ها، یک واحد تصمیم‌گیری قادر خواهد بود بردار خروجی‌های مطلوب خود را تا حد ممکن افزایش دهد. این اصل در حقیقت، به یک تطابق منفی معروف است. بر اساس این اصل یک بده‌بستان بین هزینه‌کرد برای تحقیق و توسعه و تولید فناوری‌های پیشرفته وجود دارد. در این نوع از دسترسی‌پذیری، یک واحد تصمیم‌گیری برای اندازه‌گیری کارایی سعی در دستیابی به مرز کارا برای خروجی‌ها و ورودی‌های مطلوب دارد.

- **اصل دسترسی‌پذیری مدیریتی[2]**

بر طبق این اصل، برخلاف دسترسی‌پذیری طبیعی نشان می‌دهد که یک واحد تصمیم‌گیری بردار ورودی‌ها را افزایش می‌دهد یا در سطح جاری نگه می‌دارد تا بردار خروجی‌های خود را با ارتقاء فناوری افزایش دهد؛ بنابراین، برطبق این اصل، با افزایش یا ثابت نگه‌داشتن ورودی در یک واحد تصمیم‌گیری، بردار خروجی‌های مطلوب را تا حد ممکن تحت فناوری جدید و یا مدیریت جدید افزایش می‌دهیم. دسترسی‌پذیری مدیریتی اغلب با سرمایه‌گذاری در امکانات موجود باعث افزایش خروجی مطلوب و حفظ عملکرد سیستم می‌شود.

تعاریف عملیاتی متغیرهای پژوهش

در جدول ۱، تعاریف متغیرهای عملیاتی تحقیق ارائه شده است.

جدول ۱. توصیف شاخص‌ها و موقعیت آن‌ها در مدل

شاخص‌ها و ویژگی آن‌ها	توصیف شاخص	موقعیت در مدل	منبع ورودی‌ها و خروجی‌ها

1 DMU
2 Managerial disposability

(هوش ملی) **تعداد محقق تحقیق و توسعه**	ضریب هوشی ملی با اندازه‌گیری نمونه‌های تست‌های مختلف هوش محاسبه می‌شود و ضریب هوشی مردم هر کشور را نشان می‌دهد. برهان نشان داد که بخش تحقیق و توسعه باید متخصصانی را به کار گیرد که نه‌تنها دارای مدارک تحصیلی بالا، بلکه دارای سطوح استثنایی از مهارت‌های شناختی (هوش) هستند، به‌ویژه برای جرقه‌زدن نوآوری‌های جدید. نخبگان شناختی (افراد بسیار باهوش) با سطح IQ بالاتر از ۱۴۰ محرک اولیه میزان پتنت‌ها (حق اختراع) و GDP هستند.	ورودی اولیه	(Torres-Samuel et al., 2020) (Burhan et al., 2018) (Lu et al., 2016)
(هوش ملی) **هزینهٔ تحقیق و توسعه**	درصد هزینه‌کرد دولت از تولید ناخالص داخلی برای تحقیق و توسعه (بانک جهانی)	ورودی اولیه	(Lu et al., 2016; Torres-Samuel et al., 2020)
(نوآوری) **تعداد درخواست‌های ثبت پتنت**	نوآوری مطابق راهنمای اسلو این‌طور تعریف می‌شود: پیاده‌سازی محصول جدید و یا بهبودیافته (کالا یا خدمت)، فرایند یا عملکرد کسب‌وکار جدید مانند روش‌های بازاریابی و تغییرات سازمانی یا روابط خارجی.	خروجی میانی / ورودی برای خروجی نهایی	(Lu et al., 2016) (Sánchez & Perez, 2002)
(موفقیت تحصیلی) **تعداد مقالات علمی و فنی**	موفقیت تحصیلی: عبارتست از بالاترین درجهٔ اخذ شده در پیشرفته‌ترین سطح موجود در سیستم آموزشی یک کشور. همچنین برخی از کشورها ممکن است ارائهٔ اطلاعات مربوط به پیشرفت تحصیلی را از نظر بالاترین درجهٔ تحصیلی مفید بدانند.	خروجی میانی / ورودی برای خروجی نهایی	(Lu et al., 2016) (Sánchez & Perez, 2002)

(سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI میزان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی استخراج شده از بانک جهانی	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نوعی از سرمایه‌گذاری برون‌مرزی است که در آن سرمایه‌گذار مستقر در یک اقتصاد، منفعتی پایدار با درجهٔ نفوذی قابل‌توجه را برای یک شرکت مستقر در اقتصاد دیگر ایجاد می‌کند. در این رابطه، سرمایه‌گذار می‌بایست حداقل ۱۰درصد یا بیشتر سهم (حق رأی) داشته باشد. FDI عاملی کلیدی در تعاملات بین‌المللی اقتصادی است؛ زیرا که ارتباطات پایدار و بلندمدتی را میان اقتصادها ایجاد می‌کند. همچنین عامل مهمی در انتقال فناوری بین کشورها و اشاعه‌دهندهٔ تجارت بین‌المللی از طریق دسترسی به بازارهای خارجی است و می‌تواند عامل محرکی برای توسعهٔ اقتصادی باشد.	ورودی ثانویه	Yue, L., Huang, C., & Cao, Y. (2022
(تولید ناخالص داخلی (GDP میزان تولید ناخالص داخلی استخراج شده از بانک جهانی	تولید ناخالص داخلی، به مجموع ارزش کل کالاها و خدمات نهایی تولید شده توسط تولیدکنندگان مقیم در یک سرزمین در بازهٔ زمانی مشخص (عمدتاً یک سال) گفته می‌شود.	خروجی نهایی	(Torres-Samuel et al., 2020)
(فناوری‌های پیشرفته) میزان صادرات فناوری‌های پیشرفته به‌عنوان نمایانگر توانایی تولید محصول با فناوری‌های پیشرفته سنجیده شده است. از بانک جهانی	محصول با فناوری‌های پیشرفته عبارتست از مجموعه‌ای از محصولات که نیازمند دانش علمی و فنی مدرن بوده و برای اهداف مفید مورد استفاده قرار می‌گیرند. این محصولات اغلب نیازمند سرمایه‌گذاری بالایی در تحقیق و توسعه هستند.	خروجی نهایی	Torres-Samuel et al., 2020)

	محصولات با فناوری‌های پیشرفته دارای تنوع و پیچیدگی زیاد هستند و دانش بسیاری در آن‌ها به کار گرفته شده است.		

پیشینهٔ پژوهش

در جدول ۲، هر یک از مطالعات مورد بررسی بر اساس نوع متغیر، هدف و نتایج به‌دست آمده جداگانه معرفی شده‌اند.

جدول ۲. پیشینهٔ تحقیق

نام محقق و سال	متغیر	هدف	نتایج
یو و همکاران[1] (۲۰۲۲)	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و نوآوری	این مطالعه به‌تفصیل تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر عملکرد نوآوری شرکت‌های محلی چینی و مکانیسم آن را بررسی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به بهبود عملکرد نوآوری شرکت‌های محلی چینی کمک می‌کند و اثر سرریز و اثر رقابت راه‌های مهمی برای سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی برای تأثیرگذاری بر عملکرد نوآوری شرکت‌های محلی هستند.	سرریز فناوری حاصل از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر نوآوری اثرگذار است.
تان و همکاران[2] (۲۰۲۲)	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تحریک نوآوری	از منظر نوآوری فناورانه، این مقاله بررسی می‌کند که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در تحریک نوآوری داخلی چقدر «مطلوب» است. این مقاله با استفاده از داده‌های سطح شرکت صنعتی از	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در تحریک نوآوری تأثیرگذار است.

[1] Yue et al
[2] Tan et al

نام محقق و سال	متغیر	هدف	نتایج
		سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۳ همراه با پایگاه‌داده ثبت اختراع از ادارهٔ ملی مالکیت معنوی چین و استنادات ثبت اختراع از گوگل پتنت، تأثیر قابل‌توجه کیفیت نوآوری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منطقه‌ای را بر کیفیت نوآوری شرکت‌های محلی با هر دو نشان می‌دهد.	
دومازت و همکاران[1] (۲۰۲۱)	تحقیق و توسعه و موفقیت تحصیلی	در این مقاله همبستگی و نقش شاخص‌های انتخابی مؤثر بر نوآوری (تولید ناخالص داخلی، هزینه‌کرد تحقیق و توسعه، میزان تحصیلات افراد و تعداد محققان و شاخص نوآوری جهانی) در ۴ کشور صربستان، رومانی، بلغارستان و مجارستان را بر میزان صادرات محصولات با فناوری پیشرفته مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان می‌دهند که این ۴ کشور برای رسیدن به میانگین شاخص‌های اروپا می‌بایست به تشدید سرمایه‌گذاری بر تحقیق و توسعه و تحصیلات افراد بپردازند.	سرمایه‌گذاری بر تحقیق و توسعه و تحصیلات عالی (موفقیت تحصیلی) بر تولید فناوری‌های پیشرفته تأثیرگذار است.
چاروتاوفوننوکون و همکاران[2] (۲۰۲۱)	نوآوری و تحقیق و توسعه و فناوری‌های پیشرفته	در این مطالعه با هدف بررسی عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی مانند صادرات فناوری‌های پیشرفته، هزینه برای تحقیق و توسعه و نوآوری (درخواست‌های ثبت اختراع) از	صادرات فناوری‌های پیشرفته با اثرگذاری بر تولید ناخالص داخلی به‌خوبی هزینه‌کرد برای تحقیق و توسعه و

[1] Domazet et al
[2] Charutawephonnukoon

نام محقق و سال	متغیر	هدف	نتایج
		طریق روش پنل دیتا انجام شده است. داده‌ها مربوط به ۲۶ سال از کشور تایلند گردآوری شده است. نتایج نشان می‌دهند که اثرات صادرات فناوری‌های پیشرفته به‌خوبی هزینه‌کرد برای تحقیق و توسعه و نوآوری، بر روی رشد اقتصادی تأثیرگذار است.	نوآوری بر رشد اقتصادی تأثیرگذار است.
ویگلیونی و کالگاریو[1] (۲۰۲۰)	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و نوآوری و تولید/ صادرات فناوری	یافته‌های تجربی حاصل از روش تعمیم‌یافته گشتاورها در کوتاه‌مدت نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر مثبتی در صنعت تولید برزیل دارد. به‌عنوان یک اثر مکمل، یک تعامل بین تولید/ صادرات فناوری و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به سمت داخل وجود دارد که عملکرد نوآوری را افزایش می‌دهد.	عملکرد نوآوری از طریق تعامل با سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به سمت داخل و تولید/ صادرات فناوری افزایش می‌یابد.
مداسه (۲۰۲۰)	نوآوری و موفقیت تحصیلی	با ارزیابی ۱۵۴۴ شرکت تولیدی و خدماتی در دانمارک نشان داده شد که تناسب نیروی کار با تحصیلات عالی همبستگی مثبتی با تمایل شرکت به نوآوری دارد؛ اما نسبت منفی با توانایی شرکت در تقلید خلاقانه دارد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که توانایی نوآوری شرکت‌ها در نیجریه، ارتباط مستقیم و خاص میان مدرک تحصیلی کارمندان و گرایش به نوآوری در شرکت‌ها دارد خصوصاً	نوآوری ارتباط مثبتی با تحصیلات عالی (موفقیت تحصیلی) دارد.

[1] Viglioni & Calegario

نام محقق و سال	متغیر	هدف	نتایج
		در شرکت‌های با محصولات نوآورانه.	
عثمان[1] (۲۰۱۹)	تحقیق و توسعه و فناوری‌های پیشرفته	این مطالعه با هدف بررسی اثرات سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه بر صادرات فناوری‌های پیشرفته در پاکستان در بازه‌ای ۲۰ ساله با استفاده از روش مربعات جزئی است. نتایج نشان می‌دهد ارتباط مثبتی میان سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و صادرات فناوری‌های پیشرفته وجود دارد و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه موجب خلق محصولات جدید می‌شود.	هزینه‌کرد تحقیق و توسعه و بر تولید فناوری‌های پیشرفته تأثیرگذار است.
ریندرمن[2] (۲۰۱۲)	هوش ملی و نوآوری و فناوری-های پیشرفته	در این مطالعه با استفاده از طراحی پانل متقاطع یا متغیرهای نهفته و اندازه‌گیری آزادی اقتصادی، سهم طبقات فکری و شاخص‌های موفقیت علمی - فناوری نشان می‌دهد که توانایی شناختی (ضریب هوشی) منجر به ثروت بیشتر می‌شود و برای این فرآیند دستیابی به گروه‌های با توانایی بالا است.	نشان داد که رشد اقتصادی و پیشرفت‌های فناورانه در کشورهایی که جمعیت بیشتری از آن‌ها ضریب هوش ۱۱۵ یا بالاتر دارند سریع‌تر از کشورهایی با ضریب هوشی ۸۵ است؛ بنابراین، طبقهٔ نخبگان نوآوری را به جلو پیش می‌رانند.
گلید[3] (۲۰۰۸)	هوش ملی و نوآوری	نشان داد در کشورهایی که تعداد مهندسانِ با ضریب هوشی بالا دارند، سرانهٔ تولید پتنت نسبت به سایر کشورها بیشتر است و نخبگان	افراد بسیار باهوش محرک اولیهٔ پتنت‌ها و تولید ناخالص داخلی هستند.

[1] Usman
[2] Rindermann
[3] Gelade

نام محقق و سال	متغیر	هدف	نتایج
		شناختی (افراد بسیار باهوش) با ضریب هوشی بالاتر از ۱۴۰ و محرک اولیهٔ میزان پتنت‌ها (حق اختراع) و تولید ناخالص داخلی هستند.	
محمدخانی و همکاران، (۲۰۲۰)	سرمایهٔ انسانی و فناوری‌های پیشرفته	هدف مطالعهٔ حاضر، بررسی عوامل مؤثر بر صادرات محصولات با فناوری‌های پیشرفته بر اساس کدهای چهاررقمی آیسیک در ایران در دورهٔ ۱۳۹۷-۱۳۷۵ با استفاده از روش پنل آردل است. نتایج مطالعه نشان‌دهندهٔ آن است که هزینه‌های تحقیق و توسعهٔ داخلی، انباشت خارجی تحقیق و توسعه و تجاری-سازی در کوتاه‌مدت و بلندمدت و درجهٔ باز بودن اقتصاد و سرمایهٔ انسانی در بلندمدت اثر مثبت و معناداری بر صادرات این نوع محصولات در ایران دارند.	سرمایهٔ انسانی بر تولید فناوری‌های پیشرفته تأثیرگذار است.

منبع: گردآوری محقق

جمع‌بندی پیشینهٔ پژوهش

هوش، ساختاری است که کارایی فعالیت‌های فکری را تعیین می‌کند. لاپاتیناس و لیتینا (۲۰۱۹) نشان دادند که جوامعی که ضریب هوشی بالاتری دارند کالاهایی با پیچیدگی بیشتر تولید و صادر می‌کنند، کالاهایی که در آن‌ها دانش بیشتری به کار رفته است (لاپاتیناس و لیتینا[1]، ۲۰۱۹). ریندرمن[2] (۲۰۱۲) نشان داد که رشد اقتصادی و پیشرفت‌های فناوری در کشورهایی که جمعیت بیشتری از آن‌ها ضریب هوشی ۱۱۵ یا

[1] Lapatinas & Litina
2 Rindermann.

بالاتر دارند سریع‌تر از کشورهایی با ضریب هوشی ۸۵ است. یافته‌های لین و ونهانن[1] (۲۰۱۵) نشان می‌دهد هوش ملی، شاخص معتبر سرمایهٔ انسانی و سرمایهٔ انسانی، عامل مهم و مؤثر نوآوری است (لندری و همکاران[2]، ۲۰۱۲). بنا به نظر گلید[3] (۲۰۰۸) و ریندرمن (۲۰۱۲)، محققان تحقیق و توسعه که نخبگان شناختی یا همان سرمایهٔ انسانی محسوب می‌شوند افرادی با ضریب هوشی بالای ۱۴۰ و محرک پتنت‌ها هستند که نوآوری را پیش برده و موجب افزایش تولید ناخالص داخلی می‌شوند. از طرفی تعداد محقق تحقیق و توسعه (سرمایهٔ انسانی) با میزان سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و تولید فناوری‌های پیشرفته ارتباط دارد. دومازت[4]و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که تعداد محقق تحقیق و توسعه و میزان هزینه‌کرد در تحقیق و توسعه بر تولید محصولات با فناوری پیشرفته تأثیرگذار است. ویگلیونی و کالیگارو[5] (۲۰۲۰) دریافتند که تحقیق و توسعه بر بهبود عملکرد نوآوری تأثیرگذار است. یافته‌های اعظم[6] (۲۰۱۷) نیز نشان می‌دهد هوش ملی و نوآوری با یکدیگر در ارتباط بوده و رابطهٔ مثبتی میان آن‌ها وجود دارد؛ بنابراین، سرمایه‌های انسانی با مشخصه هوش و نوآوری (محقق تحقیق و توسعه) بر پیشرفت فناوری تأثیرگذارند.

ازطرفی موفقیت تحصیلی نیز بر نوآوری تأثیرگذار است. دومازت و دیگران[7] (۲۰۲۱) همبستگی و نقش شاخص‌های انتخابی مؤثر بر نوآوری از جمله میزان تحصیلات افراد در ۴ کشور صربستان، رومانی، بلغارستان و مجارستان را بر میزان تولید محصولات با فناوری پیشرفته مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهند تشدید سرمایه‌گذاری بر تحقیق و توسعه و تحصیلات افراد (موفقیت تحصیلی) بر تولید محصولات با فناوری پیشرفته تأثیرگذار است. کارکنان دارای تحصیلات عالی نقش حیاتی در ترکیب، دگرگونی و ادغام دانش خارجی با دانش تولید داخل را دارند (سان و همکاران، ۲۰۲۰).

1 Lynn and Vanhanen
2 Landry et al
3 Gelade
4 Domazet
5Viglioni & Calegario
6 Azam
7 Domazet

از طرفی مطالعات لین و ونهانن نشان داد که ضریب هوشی[1] همهٔ جوامع انسانی یکسان نمی‌باشد و همبستگی بسیار بالایی بین هوش و موفقیت تحصیلی وجود دارد (لین و میک[2]، ۲۰۰۷)؛ بنابراین، سرمایه‌های انسانی باهوش و نوآور (محقق تحقیق و توسعه)، پس از کسب موفقیت تحصیلی و مهارت کافی به ترکیب دانش می‌پردازند که نتیجهٔ آن تولید محصولاتی متنوع (نوآورانه)، دارای پیچیدگی اقتصادی و مؤثر بر رشد اقتصادی از جمله فناوری‌های پیشرفته است.

از سوی دیگر، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی خصوصاً سرریزهای حاصل از آن در تحریک نوآوری و تولید فناوری پیشرفته تأثیرگذار است. نتایج حاصل از یافته‌های یو[3] (۲۰۲۲) نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و اثر سرریز آن به بهبود عملکرد نوآوری کمک می‌کند. مطالعات ویگلیونی[4] (۲۰۲۰) نشان داد که چگونه عوامل محلی و داخلی مانند تحقیق و توسعه با سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به سمت داخل در بهبود عملکرد نوآوری در برزیل نقش دارند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر مثبتی در صنعت تولید برزیل دارد. به‌عنوان یک اثر مکمل، یک تعامل بین تولید فناوری و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به سمت داخل وجود دارد که عملکرد نوآوری را افزایش می‌دهد، بنابراین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و سرریزهای حاصل از آن با تحریک نوآوری بر تولید فناوری‌های پیشرفته تأثیرگذار است.

به طور کلی، نوآوری از طریق سرمایه‌های انسانی که افرادی باهوش و نوآور هستند در کالاها و خدمات تجلی‌یافته، منجر به تولید کالاهایی با پیچیدگی اقتصادی بالا می‌شود. کشورهایی که دارای فناوری پیشرفته و تنوع در تولید هستند، از نظر شاخص پیچیدگی اقتصادی در رتبه‌های بالاتری قرار می‌گیرند. طبیعتاً این کشورها دارای مزیت رقابتی در صادرات خود نیز هستند (ارکان و ییلدیریمچی[5]، ۲۰۱۵). طبق یافته‌های زونگ[6] (۲۰۱۷) (۲۰۱۷) نوآوری در بهبود رشد اقتصادی به‌واسطهٔ سرمایه‌های انسانی نقش داشته و

1 IQ
2 Lynn & Mikk
3 Yue, W.
4 Viglioni, M. T. D.
5 Erkan & Yildirimci,
6 Zhong, L

کارکنان و پژوهشگران بخش تحقیق و توسعه (سرمایه‌های انسانی) اثر بسیار مثبت و قابل‌توجهی بر تولید فناوری پیشرفته داشته‌اند (دی آنجل، ۲۰۱۲). رادفر و خمسه (۱۳۹۴) به نقش مهم سرمایه‌های انسانی در صنایع مبتنی بر فناوری پیشرفته پرداخته و نشان دادند که این صنایع به‌جای سرمایه‌بر بودن به کارکنان ماهر و توانمند (سرمایه‌های انسانی) خود متکی هستند؛ بنابراین، سرمایه‌های انسانی (محقق تحقیق و توسعه) که افرادی باهوش و نوآور هستند، ازطریق شبکهٔ تحقیق و توسعه، نوآوری، موفقیت تحصیلی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر تولید فناوری پیشرفته نقش دارند.

شکاف پژوهش

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، تحقیقات انجام شده و پیشینه نشان می‌دهد که متغیرهای مؤثر بر تولید فناوری پیشرفته به‌صورت مجزا و یا دوبه‌دو تحت بررسی قرار گرفتند و در هیچ یک از تحقیقات، شبکهٔ سرمایه‌های انسانی (محقق تحقیق و توسعه)، هزینه‌کرد برای تحقیق و توسعه، نوآوری، موفقیت تحصیلی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی آن هم به‌صورت همزمان در کشورها با درنظرگرفتن ضریب هوشی انجام نشده و در این خصوص شکاف تحقیقاتی وجود دارد و نوآوری پژوهش در این بخش می‌باشد؛ بنابراین، در این تحقیق به بررسی شبکهٔ تأثیرگذاری زیرساخت‌هایی بر پایه و اساس سرمایه‌های انسانی، هزینه‌کرد برای تحقیق و توسعه و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را در نهادهای پژوهشی و بخش صنعت بر کارایی تولید فناوری‌های پیشرفته در ۵۶ کشور منتخب با ضریب هوشی بالای ۸۵ درصد با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

روش‌شناسی

این پژوهش از لحاظ هدف، کاربردی و از نظر روش، کمی و توصیفی است که در زمرهٔ استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. زیرا استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به ما کمک می‌کند تا با دقت و قابلیت اطمینان داده‌ها را افزایش داده و تصمیم‌گیری‌های بهتری را محقق می‌سازد. جامعهٔ آماری شامل ۵۶ کشور منتخب جهان

با ضریب هوش ملی بالای ۸۵، شامل آرژانتین، بلژیک، بلغارستان، کانادا، شیلی، چین، کاستاریکا، کرواسی، قبرس، جمهوری چک، دانمارک، استونی، فنلاند، فرانسه، گرجستان، آلمان، یونان، مجارستان، ایسلند، اندونزی، ایران، ایرلند، ایتالیا، ژاپن، کویت، لاتویا، لیتوانی، لوکزامبورگ، مالزی، مالت، مکزیک، مونته نگرو، هلند، نروژ، فیلیپین، لهستان، پرتغال، کره جنوبی، رومانی، روسیه، صربستان، سنگاپور، اسلواکی، اسلوونی، اسپانیا، سوئد، سوئیس، تایلند، ترینیداد و توباگو، ترکیه، امارات متحده عربی، اوکراین، انگلستان، آمریکا، اروگوئه و ویتنام هستند. گردآوری داده‌ها به‌صورت کتابخانه‌ای و از طریق مراجعه به درگاه‌های رسمی بین‌المللی مانند بانک جهانی[1] در بازهٔ زمانی سال ۲۰۱۸ (پیش از ظهور همه‌گیری کرونا) است. علت انتخاب سال ۲۰۱۸، شاخص موفقیت تحصیلی (تعداد مقالات علمی و فنی) است؛ زیرا که آخرین سال ارائهٔ داده‌ها در این درگاه، سال ۲۰۱۸ می‌باشد.

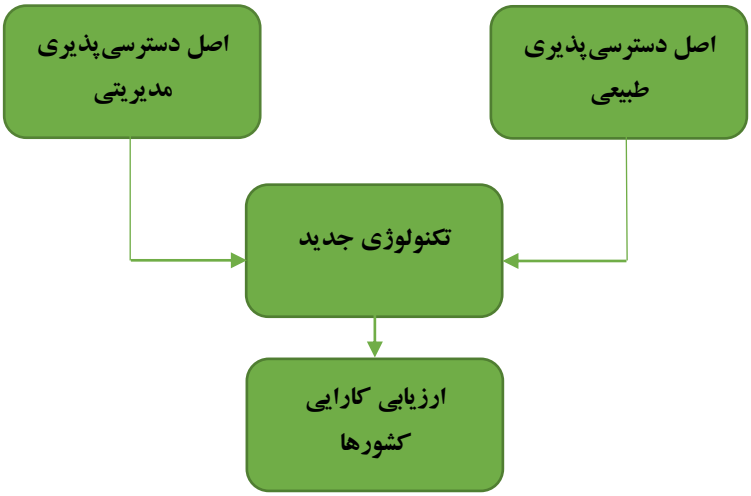
در این پژوهش، یک زنجیرهٔ دومرحله‌ای برای تولید فناوری‌های پیشرفته در نظر گرفته شده است که در آن تعداد محقق تحقیق و توسعه به‌عنوان شاخص کمی سرمایهٔ انسانی و میزان هزینه‌کرد تحقیق و توسعه و تولید ناخالص داخلی (پیوند برگشتی) به‌عنوان ورودی‌های مرحلهٔ اول مدل (لو و همکاران، ۲۰۱۶)، (تورس – ساموئل و همکاران[2]، ۲۰۲۰)، تعداد درخواست‌های ثبت پتنت به‌عنوان شاخص کمی نوآوری و تعداد مقالات علمی و فنی تولید شده در هر کشور به‌عنوان شاخص کمی عملکرد آکادمیک و موفقیت تحصیلی به‌عنوان خروجی مرحلهٔ اول (لو و همکاران، ۲۰۱۶) و (سانچز و پرز[3]، ۲۰۰۲) و ورودی برای مرحلهٔ دوم و تولید فناوری پیشرفته و تولید ناخالص داخلی به‌عنوان خروجی‌های نهایی از یک مدل شبکهٔ تحلیل پوششی داده‌ها برای ۵۶ کشور منتخب در نظر گرفته شده‌اند (تورس – ساموئل و همکاران، ۲۰۲۰). سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نیز به‌عنوان متغیری که سرریزهای حاصل از آن نقش بسزایی در نوآوری و تولید فناوری

[1] world bank on http://data.worldbank.org
[2] Torres-Samuel et al
[3] Sánchez & Perez

پیشرفته دارد (یو و همکاران[1]، ۲۰۲۲) به‌عنوان یک ورودی ثانویه بر بخش صنعت در مرحلهٔ دوم مدل تعبیه شده است.

مدل‌سازی ریاضی

در این تحقیق، پژوهشگر به دنبال این است تا با اعمال تأثیر مستقیم همزمان هر دو اصل دسترسی‌پذیری طبیعی و مدیریتی با ساخت تکنولوژی‌های جدید اقدام به ارزیابی کارایی کشورها بر اساس شاخص‌های تولید فناوری‌های پیشرفته نماید. در شکل ۱ فرآیند ساخت تکنولوژی تحقیق نشان داده شده است.



شکل ۱- فرآیند ساخت تکنولوژی تحقیق

ایجاد تکنولوژی جدید برای ساخت مدل

در این تحقیق فرض می‌شود با کاهش در برخی ورودی‌های خاص (دستهٔ ورودی‌های مدیریتی) طبق فرض سنتی در تحلیل پوششی‌داده‌ها، خروجی‌های مطلوب افزایش داده شود. همچنین، ورودی‌های غیر مدیریت‌پذیر را که تحت کنترل مدیریت نیستند در سطح موجود خود نگه داشته می‌شوند. به‌منظور ارزیابی تحلیل پوششی داده‌ها در این تحقیق J

[1] Yue et al

واحد تحت ارزیابی DMU در نظر گرفته شده است. هر DMU_j که $j = 1, \dots, J$ است، دارای m ورودی $X_j = x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}$ مصرف می‌کند تا r خروجی مطلوب $Y_j = y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{rj}$ تولید کند. بر طبق طبقه‌بندی سویوشی و گوتو[1] (۲۰۱۰) ورودی‌ها را در دو دستهٔ مدیریت‌پذیر و غیر مدیریت‌پذیر طبقه‌بندی می‌کنیم. ورودی‌های غیر مدیریت‌پذیر $x_{pj}^{N}(p = 1, \dots, P)$ شامل مواردی هستند که برای ایجاد خروجی ثابت باقی بمانند زیرا در غیر این صورت میزان خروجی نامطلوب افزایش‌می‌یابد. در جدول ۳ طبقه‌بندی ورودی‌های غیر مدیریت‌پذیر نشان داده شده است. همچنین، ورودی‌های مدیریت‌پذیر $x_{qj}^{M}(q = 1, \dots, Q)$ شامل مواردی هستند که قادرند به‌منظور از بین‌بردن خروجی‌های نامطلوب و به طور همزمان برای افزایش خروجی‌های مطلوب بهبود یابند. بنابراین، طبق فرض سنتی تحلیل پوششی داده‌ها با آن-ها رفتارکرده و به دنبال کاهش در مقدار آن‌ها خواهیم بود. در جدول ۳ طبقه‌بندی ورودی‌های مدیریت‌پذیر نشان داده شده است. بنابراین، با تعاریف ذکر شده، تکنولوژی جدید این امکان را دارد که با رعایت موارد فوق قادر باشد اولاً ورودی‌های مدیریت‌پذیر را در راستای بهبود خروجی‌ها بر طبق اصل دسترسی‌پذیری مدیریتی تغییر دهد و همچنین اگر نمی‌توان ورودی‌های غیرمدیریت‌پذیر را بر اساس اصل دسترسی‌پذیری طبیعی کاهش داد حداقل در سطح موجود آن نگه دارد. بنابراین، در ساخت تکنولوژی جدید با مشخصه‌های زیر روبرو هستیم تا به واحد کارا برسیم که عبارت‌اند از:

- از طریق افزایش خروجی مطلوب،
- از طریق کاهش ورودی مدیریت‌پذیر،
- از طریق ثابت نگه‌داشتن سطح ورودی‌های غیر مدیریت‌پذیر.

در جدول ۳ کلیهٔ اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای مسئله در حالت کلی تعریف شده است.

[1] Sueyoshi and Goto

جدول ۳: نمادگذاری

نماد	توضیحات
P	مجموعهٔ ورودی‌های غیر مدیریت‌پذیر
Q	مجموعهٔ ورودی‌های مدیریت‌پذیر
R	مجموعهٔ خروجی‌های مطلوب
J	مجموعهٔ DMUها (واحدهای تحت ارزیابی یا همان کشورها)
x_{qj}^{M}	ورودی مدیریتی q ام DMUj
x_{pj}^{N}	ورودی غیرمدیریتی p ام DMUj
y_{rj}	خروجی مطلوب r ام DMUj
λ_j	قیمت سایهٔ ورودی و خروجی‌های DMUj
Θ	مقدار تابع هدف (ضریب تعدیل ورودی‌ها)

منبع: محقق

در این صورت با رعایت موارد فوق تکنولوژی جدید برای ساخت ناحیهٔ شدنی به‌صورت معادلات ۱ تا ۳ فرمول‌بندی می‌شود.

1. $T = \{(X^N, X^m, Y) : \sum \lambda_j x_{pj}^N = x_{pk}^N$
2. $\sum \lambda_j x_{qj}^M \leq x_{qk}^M$
3. $\sum \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk}$

$$p = 1, \dots, P; q = 1, \dots, Q; r = 1, \dots, R$$

در رابطهٔ ۱، معادلهٔ اول $\sum \lambda_j x_{pj}^N = x_{pk}^N$ مربوط به ورودی‌های غیر مدیریت‌پذیر است و بیان می‌کند اگر طبق اصل دسترسی‌پذیری طبیعی نمی‌توان ورودی‌های غیر مدیریت‌پذیر را کاهش داد حداقل در سطح موجود آن نگه داشت. رابطهٔ ۲ نامعادلهٔ دوم، $\sum \lambda_j x_{qj}^M \leq x_{qk}^M$ مربوط به ورودی‌های مدیریت‌پذیر دسترسی‌پذیری مدیریتی است. این محدودیت به این معنا است که کاهش در بردار ورودی‌ها، در جهت افزایش

خروجی‌های مطلوب و کاهش همزمان خروجی‌های نامطلوب طبق فرض سنتی تحلیل پوششی‌داده‌ها است. نامعادلهٔ (۳)، $\sum \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk}$ منعکس‌کنندهٔ دسترسی‌پذیری قوی برای خروجی‌های مطلوب در ناحیهٔ شدنی است.

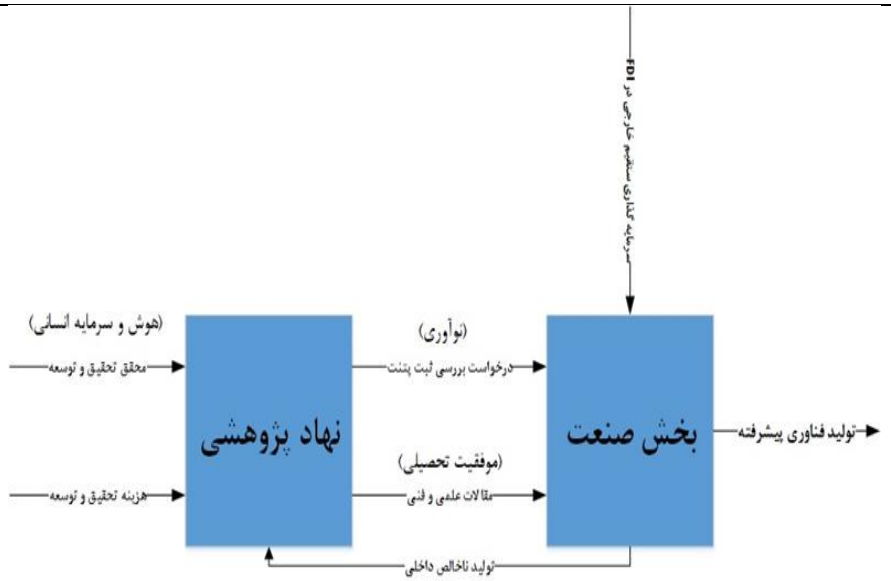
تعیین ورودی و خروجی‌های مدل

انتخاب متغیرهای ورودی و خروجی یکی از مهم‌ترین گام‌های ارزیابی کارایی به روش تحلیل پوششی داده‌ها است. انتخاب نادرست متغیرها، نتایج ارزیابی را بی‌اعتبار می‌کند. در این پژوهش ورودی‌ها و خروجی‌ها از طریق گردآوری داده‌های متغیرهای پژوهش از منابع معتبر و استفاده از نظرات متخصصان و اساتید دانشگاهی صاحب‌نظر انتخاب شده است.

سرانجام در جدول ۴، متغیرهای نهایی شناسایی شده است. همچنین، در شکل ۲، ساختار شبکهٔ این تحقیق به‌منظور ارزیابی کارایی کشورها بر اساس شاخص‌های تولید فناوری‌های پیشرفته به‌صورت زیر طراحی شده است.

جدول ٤: ورودی‌ها و خروجی‌ها

مرحلهٔ اول			مرحلهٔ دوم		
ورودی مدیریت‌پذیر	**ورودی غیر مدیریت‌پذیر**	**خروجی مرحلهٔ اول**	**ورودی مدیریت‌پذیر**	**ورودی غیر مدیریت‌پذیر**	**خروجی مرحلهٔ دوم**
هزینهٔ تحقیق و توسعه $\boldsymbol{x_1^1}$	محقق تحقیق و توسعه x_2^1	درخواست ثبت پتنت z_1^1	–	درخواست ثبت پتنت z_1^1	تولید فناوری‌های پیشرفته y
–	تولید ناخالص داخلی y_1^2	مقالات علمی و فنی z_2^1	–	مقالات علمی و فنی z_2^1	–
–	–	–	–	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی x_1^2 FDI	–



شکل ۲- ساختار شبکهٔ مسئله

بر اساس شبکهٔ در نظر گرفته شده در شکل ۲، به طور کلی زنجیرهٔ پیشنهاد شده برای ارزیابی کارایی کشورها بر اساس شاخص‌های تولید فناوری‌های پیشرفته در دو مرحله در نظر گرفته می‌شود. با توجه به شکل ۲، معیارها و روش‌ها در مجموعه‌ای از مطالعات و تحقیقات با هم استفاده می‌شوند تا رابطهٔ نهادهای پژوهشی و صنعت در دنیای واقعی از ابعاد گوناگون بررسی و ارزیابی شود. برای مثال، تعداد پتنت و مقالات علمی به‌عنوان فناوری‌هایی از نهادهای پژوهشی به صنعت انتقال یابند. هرچه تعداد انتقال فناوری‌ها بیشتر باشد، نشان‌دهندهٔ رابطهٔ قوی بین نهادهای پژوهشی و صنعت است. در این صورت معیار ارزش اقتصادی فناوری‌هایی را که از نهادهای پژوهشی به صنعت انتقال می‌یابند، مورد ارزیابی قرار می‌دهد. برای این کار، تولید ناخالص داخلی با سرمایه‌گذاری صورت گرفته را محاسبه می‌کنند. این معیار نشان می‌دهد که آیا نهادهای پژوهشی توانسته‌اند فناوری‌های سودآوری را تولید کنند یا خیر. در این تحقیق در دو سطح وجود ارتباط و همکاری میان نهادهای پژوهشی و صنعت مورد توجه قرار گرفته است. این ارتباط و همکاری می‌تواند از طریق پروژه‌های مشترک، انتشار مقالات و مشارکت در

کنفرانس‌ها و همایش‌های مشترک برقرار شود. وجود ارتباط و همکاری فعال نشان‌دهندهٔ رابطهٔ مثبتی بین نهادهای پژوهشی و صنعت است. وجود رابطهٔ قوی بین نهادهای پژوهشی و صنعت می‌تواند فرصت‌های شغلی برای پژوهشگران و صنعتگران ایجاد کند. این فرصت‌ها ممکن است از طریق استخدام پژوهشگران در صنعت یا ایجاد شرکت‌های نوپا مبتنی بر فناوری‌های نهادهای پژوهشی ایجاد شوند. در شکل ۲، مرحلهٔ اول "نهادهای پژوهشی" و در مرحلهٔ دوم "بخش صنعت" به‌عنوان المان‌های اصلی این زنجیره در نظر گرفته شده‌اند. بر اساس طبقه‌بندی انجام شده در میان ورودی‌ها و خروجی‌ها، در مرحلهٔ اول، ورودی‌های تعداد محقق تحقیق و توسعه (شاخص سرمایهٔ انسانی) و هزینه‌های تحقیق و توسعه به ترتیب به‌عنوان ورودی‌های غیر مدیریت‌پذیر و مدیریت‌پذیر اختصاصی این مرحله به همراه تولید ناخالص داخلی از مرحلهٔ دوم مصرف می‌شوند تا خروجی مرحلهٔ اول که درخواست ثبت پتنت (نوآوری) و مقالات علمی و فنی (موفقیت تحصیلی) هستند حاصل شوند. خروجی‌های مرحلهٔ اول خصوصیتی دارند که به‌عنوان ورودی غیر مدیریت‌پذیر مرحلهٔ دوم وارد بخش صنعت می‌شوند. علاوه بر این در مرحلهٔ دوم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به‌عنوان ورودی غیر مدیریت‌پذیر اختصاصی مرحلهٔ دوم در نظر گرفته شده است. همچنین، مرحلهٔ دوم دارای دو خروجی است. اول تولید ناخالص داخلی که به‌عنوان خروجی مرحلهٔ دوم در مرحلهٔ اول مصرف می‌شود. دوم تولید فناوری‌های پیشرفته که به‌عنوان خروجی مرحلهٔ دوم و همچنین خروجی کلی شبکه در نظر گرفته می‌شود.

مدل تحلیل پوششی داده‌های پیشنهادی

با در نظر گرفتن ساختار نشان داده شده در شکل ۲، مدل کارایی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها را با ملحوظ داشتن تکنولوژی موجود در مجموعه معادلات ۱ تا ۳ به‌صورت معادلات ۴ تا ۱۳ ارائه می‌گردد.

(۴)

$$\min \theta$$
$$Subject\ to:$$

(۵)

$$\sum \lambda_j x_{1j}^1 \leq \theta x_{1k}^1$$

(۶)

$$\sum \lambda_j x_{2j}^1 \geq \theta x_{1k}^1$$

(۷)

$$\sum \lambda_j y_{1j}^2 \geq \theta y_{1k}^2$$

(۸)

$$\sum \lambda_j z_{1j}^1 \geq z_{1k}^1$$

(۹)

$$\sum \lambda_j z_{2j}^1 \geq z_{2k}^1$$

(۱۰)

$$\sum \lambda_j z_{1j}^1 = \theta z_{1k}^1$$

(۱۱)

$$\sum \lambda_j z_{2j}^1 = \theta z_{2k}^1$$

(۱۲)

$$\sum \lambda_j x_{1j}^2 = \theta x_{1k}^2$$

(۱۳)

$$\sum \lambda_j y_j \geq y_k$$
$$\lambda_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, n$$

معادلهٔ ۴، تابع هدف مسئله را نشان می‌دهد که تا حد امکان قادر است از طریق کاهش در ورودی‌ها، خروجی‌ها را افزایش دهد تا واحد تحت ارزیابی روی مرز کارا قرار بگیرد. معادلهٔ (۵) تضمین می‌کند که رفتار سنتی در خصوص ورودی‌های مدیریت‌پذیر در مرحلهٔ اول به کار گرفته شود. معادلهٔ ۶ و ۷ تضمین می‌کند اگر چنانچه سیستم قابلیت تسلط بر ورودی‌های غیر مدیریت‌پذیر را ندارد، بر روی سطح موجود آن را ثابت نگه دارد. به‌طوری که در معادلهٔ ۶ ورودی غیر مدیریت‌پذیر اختصاصی مرحلهٔ اول و در رابطهٔ ۷ ورودی غیر مدیریت‌پذیر که خروجی مرحلهٔ دوم است ثابت نگه داشته می‌شود. معادلات ۸ تا ۱۱ نشان‌دهندهٔ متغیرهای میانی برای اتصال دو مرحله هستند که در مرحلهٔ

اول به‌عنوان خروجی در نظر گرفته شده‌اند و در مرحلهٔ دوم به‌صورت ورودی هستند. روابط آن‌ها در مرحلهٔ اول طبق اصل طبیعی و در مرحلهٔ دوم طبق اصل دسترسی مدیریتی در نظر گرفته شده است. معادلهٔ ۱۲ تضمین می‌کند که سطح ورودی غیر مدیریت‌پذیر اختصاصی در مرحلهٔ دوم ثابت نگه داشته شود و سرانجام، معادلهٔ ۱۳ تضمین می‌کند که حداکثر خروجی برای واحد تحت ارزیابی در نظر گرفته شود. همچنین، متغیرهای اصلی در مدل فوق θ و λ_j هستند که به ترتیب آزاد در علامت و پیوسته هستند.

یافته‌ها

تعیین کارایی کل و کارایی نهادهای پژوهشی و بخش صنعت کشورها

با در نظر گرفتن مدل معرفی شده در مجموعهٔ معادلات ۴ تا ۱۳ و ملحوظ دانستن داده‌های موجود بر اساس اطلاعات مستخرج از بانک جهانی[1]، ۵۶ کشور با ضریب هوشی بالای ۸۵ برای محاسبهٔ کارایی بر اساس شاخص‌های تولید فناوری‌های پیشرفته مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

بر اساس نتایج به‌دست آمده، از میان ۵۶ کشور منتخب با ضریب هوشی بیشتر از ۸۵، ۱۲ کشور (سنگاپور، چین، کره جنوبی، ژاپن، سوئیس، انگلستان، آلمان، سوئد، فرانسه، آمریکا، روسیه و مالزی) در تولید فناوری‌های پیشرفته به‌صورت کارا عمل می‌کنند. این بدان معنا است که دو بخش صنعت و نهادهای پژوهشی در این ۱۲ کشور به طور کامل در خدمت جامعه برای تولید فناوری‌های پیشرفته هستند. در مقابل ۴۴ کشور از ناکارایی دو بخش صنعت و نهادهای پژوهشی در تولید فناوری‌های پیشرفته، با توجه به ضریب هوشی مناسب رنج می‌برند.

نظر به اینکه ساختار در نظر گرفته شده برای تولید فناوری به‌صورت یک زنجیرهٔ دومرحله‌ای است، کارایی مرحلهٔ اول (نهادهای پژوهشی) و کارایی مرحلهٔ دوم (بخش صنعت) به تفکیک محاسبه شده است. محاسبهٔ کارایی این مراحل به طور جداگانه این

[1] World Bank on http://data.worldbank.org

امکان را فراهم می‌سازند تا علت ناکارایی هر یک از کشورهای ناکارا در تولید فناوری‌های پیشرفته را مشخص کند. زیرا، در صورتی که یک کشور کارا است، در هر دو مرحله قطعاً کارا خواهد بود. اما در صورتی که به طور کلی یک کشور ناکارا باشد می‌توان مشخص کرد که در مرحلهٔ اول، مرحلهٔ دوم یا هر دو مرحله ناکارا است. در جدول ۵، کارایی کل و کارایی و ناکارایی مراحل کشورهای در نظر گرفته شده نشان داده شده است.

جدول ۵: مقدار کارایی کل و مرحلهٔ اول (نهاد پژوهشی) و مرحلهٔ دوم (نهاد صنعت)

ردیف	کشورها	کارایی کل	کارایی مرحلهٔ اول (نهاد پژوهشی)	کارایی مرحلهٔ دوم (بخش صنعت)	ردیف	کشورها	کارایی کل	کارایی مرحلهٔ اول (نهاد پژوهشی)	کارایی مرحلهٔ دوم (بخش صنعت)
۱	سنگاپور	۱	۱	۱	۲۹	دانمارک	۰.۸٦	۰.۸۹	۱
۲	چین	۱	۱	۱	۳۰	قبرس	۰.۸٦	۰.۸٤	۰.۸۹
۳	کره جنوبی	۱	۱	۱	۳۱	کانادا	۰.۸۵	۱	۰.۸۵
٤	ژاپن	۱	۱	۱	۳۲	یونان	۰.۸٤	۰.۷٤	۰.۹۱
۵	سوئیس	۱	۱	۱	۳۳	لهستان	۰.۸۳	۰.۸	۰.۸۵
٦	انگلستان	۱	۱	۱	۳۴	رومانی	۰.۷۹	۰.۷۹	۰.۷۹
۷	آلمان	۱	۱	۱	۳۵	کرواسی	۰.۷۸	۰.۷۳	۰.۷۹
۸	سوئد	۱	۱	۱	۳۶	شیلی	۰.۷۸	۰.٦۲	۰.۸۲
۹	فرانسه	۱	۱	۱	۳۷	بلژیک	۰.۷۷	۰.٦۹	۰.۷۸
۱۰	آمریکا	۱	۱	۱	۳۸	استونی	۰.۷٤	۰.۷٤	۰.۷٤
۱۱	روسیه	۱	۱	۱	۳۹	اسلواکی	۰.۷٤	۰.۷۵	۰.۷
۱۲	مالزی	۱	۱	۱	۴۰	ایرلند	۰.۷٤	۱	۰.٦۷
۱۳	ترکیه	۰.۹۸	۱	۰.۹٦	۴۱	بلغارستان	۰.۷۲	۰.۷٤	۰.۷۲
۱٤	اندونزی	۰.۹۸	۰.۹۹	۱	۴۲	پرتغال	۰.٦٦	۰.٦	۰.٦۹
۱۵	امارات متحده عربی	۰.۹۷	۰.۹۵	۱	۴۳	جمهوری چک	۰.٦۵	۰.٦	۰.٦۷
۱٦	نروژ	۰.۹٦	۱	۰.۹٤	۴۴	آرژانتین	۰.٦۵	۰.٦	۰.٦٤

ردیف	کشورها	کارایی کل	کارایی مرحلهٔ اول (نهاد پژوهشی)	کارایی مرحلهٔ دوم (بخش صنعت)	ردیف	کشورها	کارایی کل	کارایی مرحلهٔ اول (نهاد پژوهشی)	کارایی مرحلهٔ دوم (بخش صنعت)
۱۷	اسپانیا	۰.۹۵	۱	۰.۹٤	۴۵	اروگوئه	۰.٦٥	۰.٦٦	۰.٦۲
۱۸	کویت	۰.۹٤	۰.۹٤	۱	۴۶	اسلوونی	۰.٦٤	۰.۵۵	۰.٦۹
۱۹	مجارستان	۰.۹۳	۰.۹۲	۰.۹٦	۴۷	لیتوانی	۰.٦٤	۰.۵۹	۰.۷
۲۰	هلند	۰.۹۲	۱	۰.۹۵	۴۸	مکزیک	۰.٦٤	۰.٦	۰.۷۲
۲۱	ایران	۰.۹۲	۱	۰.۹٤	۴۹	گرجستان	۰.٦٤	۰.٦٦	۰.۵۹
۲۲	ایتالیا	۰.۹۱	۰.۸۸	۱	۵۰	لاتویا	۰.۵۸	۰.٤۲	۰.۵۹
۲۳	ویتنام	۰.۹۱	۰.۹۲	۰.۸۸	۵۱	فیلیپین	۰.۵۵	۰.۵	۰.۵۹
۲٤	ایسلند	۰.۸۹	۰.۸۲	۱	۵۲	کاستاریکا	۰.٤۹	۰.٤۸	۰.۵۲
۲۵	صربستان	۰.۸۹	۰.۸٤	۰.۹۲	۵۳	لوکزامبورگ	۰.٤۸	۰.٤۱	۰.۵۹
۲٦	تایلند	۰.۸۹	۰.۸۹	۰.۸۹	۵۴	ترینیداد و توباگو	۰.٤۵	۰.٤۳	۰.۵٦
۲۷	فنلاند	۰.۸۸	۰.۸۹	۰.۸۱	۵۵	مالت	۰.۳۸	۰.٤۲	۰.۳٦
۲۸	اوکراین	۰.۸۸	۰.۷٤	۰.۹۲	۵۶	مونته نگرو	۰.۳٦	۰.۲۵	۰.٤۵

منبع : یافته‌های پژوهش

با توجه به جدول ۵ مشخص می‌شود که هر یک از کشورهای ناکارا در تولید فناوری‌های پیشرفته در کدام یک از بخش‌های صنعت و نهادهای پژوهشی ضعیف عمل می‌کنند. برای مثال، کشور کانادا با امتیاز کارایی ۰.۸۵ به‌عنوان یک کشور ناکارا در تولید فناوری‌های پیشرفته قلمداد می‌شود. اما با توجه به امتیاز کارایی محاسبه شده برای کشور کانادا مشخص می‌شود که این کشور در نهادهای پژوهشی به‌زعم برخورداری از دانشگاه‌های برتر نیازهای لازم برای تولید فناوری را به‌خوبی قادر است برطرف نماید و امتیاز کارایی یک را در این مرحله دارا است. اما در مقابل این کشور در بخش صنعت، کارایی لازم را ندارد و در این بخش ناکارا است؛ بنابراین، نتیجه می‌گیریم که این کشور

با تقویت بخش صنعت خود می‌تواند در زمرهٔ کشورهای تولید فناوری‌های پیشرفته قرار گیرد.

رتبه‌بندی کشورهای تولیدکنندهٔ فناوری‌های پیشرفته بر اساس ابرکارایی

در این بخش از تحقیق با استفاده از محاسبهٔ ابرکارایی[1] ۱۲ کشور ابرکارا با ضریب هوشی بالای ۸۵ در این تحقیق رتبه‌بندی می‌شوند. بر اساس محاسبهٔ مقدار ابرکارایی، امتیاز کارایی منحصربه‌فرد بیشتر از یک برای تمامی کشورهای کارا محاسبه می‌شود تا بر اساس آن و مرتب کردن نزولی آن رتبهٔ کشورهای حاضر در این تحلیل محاسبه شود. در جدول ۶ امتیاز کارایی کلی، امتیاز ابرکارایی و رتبهٔ هر یک از کشورها نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود برای کشورها با امتیاز کارایی ۱/۰۰، یک امتیاز ابرکارایی منحصربه‌فرد بیشتر از یک محاسبه شده است.

جدول ٦: رتبه‌بندی کشورها بر اساس امتیاز ابرکارایی

ردیف	نام کشور	امتیاز کارایی کلی	امتیاز ابرکارایی	رتبه	ردیف	نام کشور	امتیاز کارایی کلی	امتیاز ابرکارایی	رتبه
۱	آمریکا	۱	۲/۵۴۶	۱	۷	چین	۱	۱/۲۴۵	۷
۲	انگلستان	۱	۲/۱۱۲	۲	۸	کره جنوبی	۱	۱/۱۵۲	۸
۳	روسیه	۱	۱/۹۹۸	۳	۹	سنگاپور	۱	۱/۱۳۸	۹
٤	آلمان	۱	۱/۹۸۵	۴	۱۰	سوئیس	۱	۱/۱۲۴	۱۰
۵	فرانسه	۱	۱/۳۴۵	۵	۱۱	سوئد	۱	۱/۱۰۲	۱۱
٦	ژاپن	۱	۱/۲۶	۶	۱۲	مالزی	۱	۱/۱۰۲	۱۱

بر اساس نتایج به‌دست آمده، سه کشور برتر صاحب فناوری در جهان در سال ۲۰۱۸ مشخص شده‌اند که عبارت‌اند از ایالات متحده آمریکا، بریتانیا و روسیه که به ترتیب با امتیازهای ابرکارایی ۲/۵۴۶، ۲/۱۱۱ و ۱/۹۹۸ همراه هستند. لازم به ذکر است در صورت

[1] super-efficiency

عدم استفاده از ابرکارایی اولویت‌بندی کشورها امکان‌پذیر نیست. چون ۱۲ کشور وجود داشتند که امتیاز کارایی آن‌ها برابر با یک و مشابه یکدیگر بود؛ اما با استفاده از ابرکارایی یک امتیاز منحصربه‌فرد برای آن‌ها محاسبه شده است.

بهبود کارایی کشورهای ناکارا

در این بخش از تحقیق مقدار بهبود در میزان ناکارایی کشورهای ناکارا، بر اساس محاسبهٔ میزان بهبود در مقدار ورودی سنجیده شده است. کشور اسلوونی با بیشترین بهبود در ورودی به میزان ۰/۷۰۲ و کشور کویت با کمترین بهبود در ورودی به میزان ۰/۰۰۳۶ می‌توانند در گروه کشورهای کارای تولید فناوری‌های پیشرفته قرار گیرند.

جدول ۷: تغییرات ممکن در ورودی برای بهبود کارایی

ردیف	کشورها	کارایی کل	هزینهٔ تحقیق و توسعه	ورودی بهبودیافته	مقدار بهبود در ورودی	ردیف	کشورها	کارایی کل	هزینه تحقیق و توسعه	ورودی بهبودیافته	مقدار بهبود در ورودی
۱	کویت	۰/۹۴	۰/۰۶	۰/۰۵۶۴	۰/۰۰۳۶	۲۳	آرژانتین	۰/۶۵	۰/۴۹	۰/۳۱۸۵	۰/۱۷۱۵
۲	اندونزی	۰/۹۸	۰/۲۳	۰/۲۲۵۴	۰/۰۰۴۶	۲۴	کاستاریکا	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۱۸۱۳	۰/۱۸۸۷
۳	ترکیه	۰/۹۸	۱/۰۳	۱/۰۰۹۴	۰/۰۲۰۶	۲۵	یونان	۰/۸۴	۱/۲۱	۱/۰۱۶۴	۰/۱۹۳۶
٤	امارات متحده	۰/۹۷	۱/۲۸	۱/۲۴۱۶	۰/۰۳۸۴	۲۶	لهستان	۰/۸۳	۱/۲۱	۱/۰۰۴۳	۰/۲۰۵۷
۵	ترینیداد و توباگو	۰/۴۵	۰/۰۸	۰/۰۳۶	۰/۰۴۴	۲۷	کرواسی	۰/۷۸	۰/۹۵	۰/۷۴۱	۰/۲۰۹
٦	ویتنام	۰/۹۱	۰/۵۳	۰/۴۸۲۳	۰/۰۴۷۷	۲۸	بلغارستان	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۵۴	۰/۲۱
۷	اوکراین	۰/۸۸	۰/۴۷	۰/۴۱۳۶	۰/۰۵۶۴	۲۹	اسلواکی	۰/۷۴	۰/۸۴	۰/۶۲۱۶	۰/۲۱۸۴
۸	اسپانیا	۰/۹۵	۱/۲۴	۱/۱۷۸	۰/۰۶۲	۳۰	ایسلند	۰/۸۹	۲	۱/۷۸	۰/۲۲
۹	ایران	۰/۹۲	۰/۸۵.	۰/۷۸۲	۰/۰۶۸	۳۱	کانادا	۰/۸۵	۱/۶۸	۱/۴۲۸	۰/۲۵۲
۱۰	شیلی	۰/۷۸	۰/۳۷	۰/۲۸۸۶	۰/۰۸۱۴	۳۲	لاتویا	۰/۵۸	۰/۶۴	۰/۳۷۱۲	۰/۲۶۸۸
۱۱	نروژ	۰/۹۶	۲/۰۵	۱/۹۶۸	۰/۰۸۲	۳۳	ایرلند	۰/۷۴	۱/۱۷	۰/۸۶۵۸	۰/۳۰۴۲
۱۲	قبرس	۰/۸۶	۰/۶۲	۰/۵۳۳۲	۰/۰۸۸۶	۳۴	مونته نگرو	۰/۳۶	۰/۵	۰/۱۸	۰/۳۲

ردیف	کشورها	کارایی کل	هزینهٔ تحقیق و توسعه	ورودی بهبودیافته	مقدار بهبود در ورودی	ردیف	کشورها	کارایی کل	هزینه تحقیق و توسعه	ورودی بهبودیافته	مقدار بهبود در ورودی
۱۳	گرجستان	۰/۶۴	۰/۲۸	۰/۱۷۹۲	۰/۱۰۰۸	۳۵	فنلاند	۰/۸۸	۲/۷۶	۲/۴۲۸۸	۰/۳۳۱۲
۱٤	صربستان	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۸۱۸۸	۰/۱۰۱۲	۳۶	لیتوانی	۰/۶۴	۰/۹۴	۰/۶۰۱۶	۰/۳۳۸۴
۱۵	رومانی	۰/۷۹	۰/۵	۰/۳۹۵	۰/۱۰۵	۳۷	مالت	۰/۳۸	۰/۵۹	۰/۲۲۴۲	۰/۳۶۵۸
۱٦	مجارستان	۰/۹۳	۱/۵۱	۱/۴۰۴۳	۰/۱۰۵۷	۳۸	استونی	۰/۷۴	۱/۴۲	۱/۰۵۰۸	۰/۳۶۹۲
۱۷	مکزیک	۰/۶۴	۰/۳۱	۰/۱۹۸۴	۰/۱۱۱۶	۳۹	دانمارک	۰/۸۶	۲/۹۷	۲/۵۵۴۲	۰/۴۱۵۸
۱۸	تایلند	۰/۸۹	۱/۱۱	۰/۹۸۷۹	۰/۱۲۲۱	۴۰	پرتغال	۰/۶۶	۱/۳۵	۰/۸۹۱	۰/۴۵۹
۱۹	ایتالیا	۰/۹۱	۱/۴۲	۱/۲۹۲۲	۰/۱۲۷۸	۴۱	لوکزامبورگ	۰/۴۸	۱/۱۷	۰/۵۶۱۶	۰/۶۰۸۴
۲۰	اروگوئه	۰/۶۵	۰/۳۹	۰/۲۵۳۵	۰/۱۳۶۵	۴۲	بلژیک	۰/۷۷	۲/۸۶	۲/۲۰۲۲	۰/۶۵۷۸
۲۱	فیلیپین	۰/۵۵	۰/۳۲	۰/۱۷۶	۰/۱۴۴	۴۳	جمهوری چک	۰/۶۵	۱/۹	۱/۲۳۵	۰/۶۶۵
۲۲	**هلند**	**۰/۹۲**	**۲/۱٤**	**۱/۹٦۸۸**	**۰/۱۷۱۲**	**٤٤**	**اسلوونی**	**۰/٦٤**	**۱/۹۵**	**۱/۲٤۸**	**۰/۷۰۲**

بررسی اعتبار مدل پیشنهادی

برای بررسی اعتبار مدل خروجی پیشنهادی، طبق رویهٔ مرسوم در مطالعات تحلیل پوششی داده‌ها نتایج با یک مدل پایهٔ شناخته شده مانند CCR مقایسه شده است. از آنجایی که مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها از خاصیت فرا تخمینی تبعیت می‌کنند در صورتی که مدل پیشنهادی تعداد واحدهای کارای کمتری ارائه نماید از اعتبار مطلوبی بهره‌مند خواهد بود. در جدول ۸ نتیجهٔ مقایسه با مدل پایهٔ CCR از حیث تولید تعداد واحدهای کارا نشان داده شده است.

جدول ۸: مقایسه کارایی کلی مدل پیشنهادی و مدل CCR

ردیف	کشورها	کارایی کل	کارایی CCR	ردیف	کشورها	کارایی کل	کارایی CCR
۱	سنگاپور	۱	۱	۲۹	دانمارک	۰/۸۶	۰/۸۹
۲	چین	۱	۱	۳۰	قبرس	۰/۸۶	۰/۸۴
۳	کره	۱	۱	۳۱	کانادا	۰/۸۵	۱

ردیف	کشورها	کارایی کل	کارایی CCR	ردیف	کشورها	کارایی کل	کارایی CCR
	جنوبی						
٤	ژاپن	۱	۱	۳۲	یونان	۰/۸۴	۰/۷۴
۵	سوئیس	۱	۱	۳۳	لهستان	۰/۸۳	۰/۸
٦	انگلستان	۱	۱	۳۴	رومانی	۰/۷۹	۰/۷۹
۷	آلمان	۱	۱	۳۵	کرواسی	۰/۷۸	۰/۷۳
۸	سوئد	۱	۱	۳۶	شیلی	۰/۷۸	۰/۶۲
۹	فرانسه	۱	۱	۳۷	بلژیک	۰/۷۷	۰/۶۹
۱۰	آمریکا	۱	۱	۳۸	استونی	۰/۷۴	۰/۷۴
۱۱	روسیه	۱	۱	۳۹	اسلواکی	۰/۷۴	۰/۷۵
۱۲	مالزی	۱	۱	۴۰	ایرلند	۰/۷۴	۱
۱۳	ترکیه	۰/۹۸	۱	۴۱	بلغارستان	۰/۷۲	۰/۷۴
۱٤	اندونزی	۰/۹۸	۰/۹۹	۴۲	پرتغال	۰/۶۶	۰/۶
۱۵	امارات متحده عربی	۰/۹۷	۰/۹۵	۴۳	جمهوری چک	۰/۶۵	۰/۶
۱٦	نروژ	۰/۹۶	۱	۴۴	آرژانتین	۰/۶۵	۰/۶
۱۷	اسپانیا	۰/۹۵	۱	۴۵	اروگوئه	۰/۶۵	۰/۶۶
۱۸	کویت	۰/۹۴	۰/۹۴	۴۶	اسلوونی	۰/۶۴	۰/۵۵
۱۹	مجارستان	۰/۹۳	۰/۹۲	۴۷	لیتوانی	۰/۶۴	۰/۵۹
۲۰	هلند	۰/۹۲	۱	۴۸	مکزیک	۰/۶۴	۰/۶
۲۱	ایران	۰/۹۲	۱	۴۹	گرجستان	۰/۶۴	۰/۶۶
۲۲	ایتالیا	۰/۹۱	۰/۸۸	۵۰	لاتویا	۰/۵۸	۰/۴۲
۲۳	ویتنام	۰/۹۱	۰/۹۲	۵۱	فیلیپین	۰/۵۵	۰/۵
۲٤	ایسلند	۰/۸۹	۰/۸۲	۵۲	کاستاریکا	۰/۴۹	۰/۴۸
۲۵	صربستان	۰/۸۹	۰/۸۴	۵۳	لوکزامبورگ	۰/۴۸	۰/۴۱
۲٦	تایلند	۰/۸۹	۰/۸۹	۵۴	ترینیداد و توباگو	۰/۴۵	۰/۴۳
۲۷	فنلاند	۰/۸۸	۰/۸۹	۵۵	مالت	۰/۳۸	۰/۴۲

ردیف	کشورها	کارایی کل	کارایی CCR	ردیف	کشورها	کارایی کل	کارایی CCR
۲۸	اوکراین	۰/۸۸	۰/۷۴	۵۶	مونته نگرو	۰/۳۶	۰/۲۵

با توجه به نتایج به‌دست آمده از مقایسهٔ مدل پیشنهادی و مدل سنتی CCR در مدل CCR کشورهای کارا از حیث تولید فناوری نسبت به مدل پیشنهادی بیشتر هستند. بر اساس نتایج حاصل شده طبق روش CCR کشورهای ترکیه، نروژ، اسپانیا، هلند، ایران، کانادا و ایرلند به جمع کشورهای کارا اضافه می‌شوند. این موضوع نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی در خصوص مقابله با خاصیت فرا تخمینی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها موفق عمل می‌کند؛ بنابراین، می‌توانیم نتیجه بگیریم که مدل پیشنهادی از اعتبار مطلوبی برخوردار است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش یک مدل شبکهٔ تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی کشورهای تولیدکنندهٔ فناوری‌های پیشرفته بر اساس استفادهٔ دو اصل دسترسی‌پذیری طبیعی و مدیریتی ارائه شده است. با استفاده از مدل ارائه شده و بر اساس اطلاعات گردآوری شده از بانک جهانی برای ۵۶ کشور دارای ضریب هوشی بالای ۸۵ امتیاز کارایی محاسبه شده است که ۱۲ کشور از حیث تولید فناوری‌های پیشرفته منطبق بر زنجیرهٔ در نظر گرفته شده به‌عنوان کشورهای کارا شناسایی شده‌اند. این تحقیق برخلاف تحقیقات هم‌تراز موجود مانند یو و همکاران (۲۰۲۲)؛ تان و همکاران (۲۰۲۲) که فقط به جنبهٔ سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی پرداخته‌اند یا تحقیق دومازوت و همکاران (۲۰۲۱)؛ چارتاوفونتوکون و همکاران (۲۰۲۱) که به بحث نوآوری و تحقیق و توسعهٔ فناوری‌های پیشرفته پرداخته‌اند، به عوامل مختلف دیگری که بر روی تولید فناوری تأثیر دارد پرداخته است که از این طریق به کشورهای صاحب تکنولوژی یا در حال توسعه که دارای ضریب هوشی بالای ۸۵ درصد هستند پرداخته است. همچنین، نشان داده شده است که این کشورهای کارای تولید فناوری‌های پیشرفته، در میان کشورهایی هستند که

حداقل ضریب هوشی[۱] آن‌ها ۹۱ بوده و در هیچ یک از کشورهایی که ضریب هوشی کمتر از ۹۱ دارند امتیاز کارایی برابر با یک محاسبه نشده است. همچنین، با محاسبهٔ امتیاز کارایی مراحل به طور جداگانه، علت ناکارایی هر یک از کشورها نشان داده شد. برای مثال در کشور ایران که به طور کلی یک کشور ناکارا در تولید فناوری‌های پیشرفته محسوب می‌شود، علی‌رغم اینکه نهادهای پژوهشی به‌عنوان واحد کارا شناسایی شده اما بخش صنعت آن علت ناکارایی این کشور در تولید فناوری پیشرفته است. سرانجام، با استفاده از محاسبهٔ مقدار ابرکارایی برای کشورهای کارا، یک امتیاز منحصربه‌فرد برای رتبه‌بندی کشورها ارائه شده است. طبق رتبه‌بندی به‌دست آمده، سه کشور برتر صاحب فناوری در جهان مشخص شده‌اند که عبارتند از ایالات متحده آمریکا، بریتانیا و روسیه که به ترتیب با امتیازهای ابرکارایی ۲/۵۴۶، ۲/۱۱۱ و ۱/۹۹۸ همراه هستند. علاوه بر موارد فوق‌الذکر مشخص‌شده است که چگونه کشورهای ناکارا با تغییر در مقدار ورودی می‌توانند مقدار کارایی خود را بهبود ببخشند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، کشور اسلوونی با بیشترین مقدار تغییر در بهبود کارایی از طریق کاهش در مقدار ورودی‌ها یعنی رسیدن به اندازهٔ ۱/۲۴۸ واحد و کشور کویت با کمترین مقدار تغییر و رسیدن به اندازهٔ ۰/۰۵۶۴ واحد قادر خواهند بود به‌عنوان کشورهای پیشرو در تولید فناوری‌های پیشرفته در کنار سایر کشورهای پیشتاز در این عرصه قرار بگیرند. نتایج نشان دادند که در صورت ناکارایی، علت ناکارا بودن کشور در تولید فناوری‌های پیشرفته چه بخشی است. برای مثال در کشور ایران که به طور کلی یک کشور ناکارا در تولید فناوری‌های پیشرفته محسوب می‌شود علی‌رغم اینکه نهادهای پژوهشی به‌عنوان واحد کارا شناسایی شده اما بخش صنعت آن علت ناکارایی است. با توجه به اینکه امتیاز کارایی کشور ایران در نهادهای پژوهشی ۱ و در بخش صنعت ۰/۹۴ است، نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که کشورهای ناکارا با تغییر در مقدار ورودی مدیریت‌پذیر می‌توانند مقدار کارایی خود را بهبود ببخشند؛ بنابراین، کشور ایران با تغییر در ورودی هزینه‌کرد برای تحقیق و توسعه از تولید ناخالص داخلی به میزان ۰/۷۸۲ می‌تواند در گروه کشورهای پیشرو در

[۱] آخرین داده‌های هوش ملی در این سایت قابل دستیابی است. https://viewoniq.org/?page_id=9

تولید فناوری‌های پیشرفته قرار گیرد. علاوه بر این، با توجه به مشخص شدن وضعیت و رتبهٔ ایران و مشخص کردن میزان هزینه‌کرد در عرصهٔ تولید فناوری پارک‌های علم و فناوری، مراکز رشد و تولید فناوری و همچنین معاونت محترم علم و فناوری ریاست‌جمهوری و مراکز تابع آن‌ها مانند بنیاد ملی نخبگان می‌توانند با ایجاد صرفه-جویی‌ها در تدوین سیاست‌های مربوطه اقدامات لازم را انجام دهند.

طبق رتبه‌بندی به‌دست آمده از نتایج پژوهش، سه کشور برتر صاحب فناوری در جهان مشخص شده‌اند که عبارت‌اند از ایالات متحده آمریکا، بریتانیا و روسیه که به ترتیب با امتیازهای ابرکارایی ۲/۵۴۶، ۲/۱۱۱ و ۱/۹۹۸ همراه هستند که در اولویت اول، دوم و سوم قرار می‌گیرند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، کشور ایران در اولویت‌بندی کشورهای صاحب تکنولوژی باوجود اینکه در بخش نهادهای پژوهشی، یک کشور کارا بشمار می‌آید؛ اما با توجه به اینکه در بخش صنعت ناکارایی مشاهده شده است، قرار نگرفته است. اما طبق تحلیل انجام شده مشخص شده است که اگر در میزان هزینه‌کرد ۶.۸ درصد تغییر به وجود آید ایران نیز می‌تواند به‌عنوان یکی از کشورهای صاحب تکنولوژی بشمار بیاید. این هزینه‌کرد می‌تواند در راستای حمایت حداکثری از نهادهای پژوهشی و صنعتی برای ارتقاء همکاری با یکدیگر باشد.

منابع

- حمیدی فراهانی، امیرحسین؛ عباسی، حامد. (۲۰۲۲). بررسی اثر تأمین مالی، سرمایهٔ انسانی و تحقیق و توسعه بر ارزش‌افزوده صنایع کارخانه‌ای ایران با استفاده از رویکرد پانل کوانتایل. فصلنامهٔ علمی پژوهش‌های اقتصاد صنعتی، ۶(۲۰)، ۱۵ – ۲۵.
- رادفر، رضا؛ خمسه، عباس. (۱۳۹۴). مدیریت تکنولوژی نگرشی جامع بر تکنولوژی، نوآوری و تجاری‌سازی، انتشارات علمی و فرهنگی.
- فتحی اجیرلو، شهروز؛ امیرتیموری، علیرضا؛ کرد رستمی، سهراب. (۱۳۹۹). اندازه‌گیری کارایی هزینه در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای. *پژوهش‌های نوین در ریاضی، ۶(۲۷)، ۱۵۴-۱۴۱.*
- محمودزاده، ابراهیم؛ باقری، ابوالفضل؛ دهقان پیر، علی. (۲۰۱۵). تأثیر ابعاد فناوری برتر بر عملکرد بازار محصولات جدید. فصلنامهٔ مدیریت توسعهٔ فناوری، ۳(۲)، ۳۱ – ۶۲.

– میرزا محمدی، س؛ ارغند، ح. (۱۳۹۵). تأثیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر روی نوآوری در کشورهای منتخب: رهیافت پانل دیتا. جویشگر علمی فارسی (علم نت).

- Azam, S. (2017). A cross-country empirical test of cognitive abilities and innovation nexus. International Journal of Educational Development, 53, 128-136.

- Charutawephonnukoon, P., Jermsittiparsert, K., & Chienwattanasook, K. (2021). Impact of high technology exports, patent applications and research and development expenditure on economic growth: evidence from ASEAN countries. Psychology and Education, 58(2), 1956-1972.

- D'Angelo, A. (2012). Innovation and export performance: a study of Italian high-tech SMEs. Journal of management & governance, 16, 393-423.

- Diebolt, C., Hippe, R., Diebolt, C., & Hippe, R. (2022). The long-run impact of human capital on innovation and economic growth in the regions of Europe. Human capital and regional development in Europe: A long-run comparative view, 85-115.

- Domazet, I., Marjanović, D., Ahmetagić, D., & Bugarčić, M. (2021). The impact of innovation indicators on increasing exports of high technology products. Ekonomika preduzeća, 69(1-2), 31-40.

- Erkan, B., & Yildirimci, E. (2015). Economic complexity and export competitiveness: The case of Turkey. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 195, 524-533.

- Gelade, G. A. (2008). IQ, cultural values, and the technological achievement of nations. Intelligence, 36(6), 711-718.

- Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., & Simoes, A. (2014). The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity. Mit Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/9647.001.0001.

- Kirkegaard, E. O. (2021). Solid numbers, missed opportunities: Review of The intelligence of nations.

- kolossovski, E. (2019). *What makes a great high-tech product? Eleanor kolossovski 2019—Google Search*.

- Kucharčíková, A. (2011). Human Capital–Definitions and Approaches. Human Resources Management & Ergonomics, 5(2), 60-70 - Google Search.

- Landry, R., Amara, N., & Lamari, M. (2002). Does social capital determine innovation? To what extent?. Technological forecasting and social change, 69(7), 681-701.

- Lapatinas, A., & Litina, A. (2019). Intelligence and economic sophistication. Empirical Economics, 57, 1731-1750.

- Lu, W. M., Kweh, Q. L., Nourani, M., & Huang, F. W. (2016). Evaluating the efficiency of dual-use technology development programs from the R&D and socio-economic perspectives. Omega, 62, 82-92.

- Lynn, R., & Mikk, J. (2007). National differences in intelligence and educational attainment. Intelligence, 35(2), 115–121.

- Medase, K. (2020). The Impact of the Heterogeneity of Employees' Qualifications on Firm-Level Innovation Evidence from Nigerian Firms.

- Meisenberg, G. (2014). Cognitive human capital and economic growth in the 21st century. Economic *Growth* in the 21st Century: Perspectives, Role of Governmental Policies, Potential and Constraints, 49-106.

- OECD. "Education Attainment." Text. Accessed November 6, 2020. https://www.oecd- ilibrary.org/education/education-attainment/indicator-group/english_025421e5-en.

- Örkcü, H. H., Özsoy, V. S., Örkcü, M., & Bal, H. (2019). A neutral cross efficiency approach for basic two stage production systems. Expert systems with applications, 125, 333-344.

- Rindermann, H. (2012). Intellectual classes, technological progress and economic development: The rise of cognitive capitalism. Personality and Individual Differences, 53(2), 108-113.

- Sánchez, A. M., & Perez, M. P. (2002). R&D project efficiency management in the Spanish industry. International Journal of Project Management, 20(7), 545-560.

- Sun, X., Li, H., & Ghosal, V. (2020). Firm-level human capital and innovation: Evidence from China. China Economic Review, 59, 101388.

- Tan, J., Zhang, Y., & Cao, H. (2022). The FDI-spawned technological spillover effects on innovation quality of local enterprises: evidence from industrial firms and the patents in China. Applied Economics, 1-16.

- Tavassoli, M., Saen, R. F., & Zanjirani, D. M. (2020). Assessing sustainability of suppliers: A novel stochastic-fuzzy DEA model. Sustainable production and consumption, 21, 78-91.

- Torres-Samuel, M., Vásquez, C. L., Luna, M., Bucci, N., Viloria, A., Crissien, T., & Manosalva, J. (2020). Performance of education and research in Latin American countries through data envelopment analysis (DEA). Procedia computer science, 170, 1023-1028.

- Usman, M. (2019). Relationship between R&D investment and high-tech exports: Empirical study from Pakistan. Journal on Innovation and Sustainability RISUS, 10(1), 110-123.

- Viglioni, M. T. D., & Calegario, C. L. L. (2020). Home country innovation performance: Moderating the local knowledge and inward foreign direct investment. Global Business Review, 0972150920920778.

- Yue, L., Huang, C., & Cao, Y. (2022). The impact of FDI technology spillover on the innovation quality of Chinese enterprises: A microperspective based on geographic proximity. European Journal of Innovation Management, (ahead-of-print).

- Zhong, L. (2017). Innovation as determinants of economic growth in US counties. Journal of Applied Business and Economics, 19(4), 107-116.