فصلنامه علمی مطالعات بین‌رشته‌ای دانش‌راهبردی
سال دهم، شماره ۳۹، تابستان ۱۳۹۹، صفحه ۵۰۸- ۴۸۱

مقاله پژوهشی: مقایسه ایران و منتخبی از کشورهای اروپایی با سطح نوآوری متوسط از منظر قابلیت های فناورانه

حسین محمدخانی غیاثوند[۱]؛ حنیف کازرونی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۳۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۲۵

چکیده

کشورها دارای چشم‌انداز و درک متفاوتی از نیازهای فناورانه خود هستند اما یک چیز در همه‌ی آن‌ها ثابت است و آن نیاز این کشورها به ساخت، حفظ و بهبود قابلیت‌های فناورانه است. هدف اصلی این مقاله مقایسه جمهوری اسلامی ایران و منتخبی از کشورهای اروپایی با سطح نوآوری متوسط (روسیه، ترکیه، یونان، اوکراین، ایتالیا، رومانی، لهستان، اسپانیا و پرتغال) از منظر قابلیت‌های فناورانه است. این مقاله همچنین به دنبال شناسایی نقاطی است که ایران برای بهبود قابلیت‌های فناورانه خود باید بر آن‌ها تمرکز نماید. بر این اساس در گام اول، با بررسی ادبیات موجود، سنجه‌های ارزیابی قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان استخراج شد. سپس سنجه‌های استخراج‌شده با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در محیط فازی وزن دهی شده و کشورها با استفاده از داده‌های بین‌المللی و روش تاپسیس رتبه‌بندی شدند و از مقایسه آنها نقاطی که ایران برای بهبود قابلیت‌های فناورانه خود باید بر آن‌ها تمرکز نماید، شناسایی گردید. نتایج نشان داد که در میان ده کشور مورد بررسی ایتالیا، اسپانیا و ایران به ترتیب سه کشور برتر بوده و سه کشور پرتغال، اوکراین و یونان به ترتیب ضعیف‌ترین جایگاه را کسب نموده‌اند. نتایج همچنین نشان داد که ایران از نظر تولید مقالات علمی و فنی، پروانه های ثبت اختراع، آموزش عالی و همچنین زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات از جایگاه مناسبی برخوردار بوده و برای بهبود در وضعیت قابلیت‌های فناورانه خود به ترتیب باید بر تولید محصولات با فناوری پیشرفته، تعداد پژوهشگران تمام وقت کشور و هزینه کرد در تحقیق و توسعه تمرکز نماید.

کلیدواژه‌ها: قابلیت‌های فناورانه، نوآوران متوسط، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، تاپسیس

[۱] - کارشناس ارشد مدیریت تکنولوژی، دانشکده مهندسی پیشرفت، دانشگاه علم و صنعت ایران و پژوهشگر دانشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی.

[۲] - استادیار، دانشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی/ نویسنده مسئول.

(رایانامه: Hanif.kazerooni@gmail.com)

مقدمه

فناوری به عنوان پایه و اساسی برای رشد و توسعه شناخته می‌شود بر همین اساس کشورهایی که دارای قابلیت بیشتری در خلق، بهره‌برداری و استفاده از فناوری دارند از شانس بیشتری برای موفقیت در بازار رقابتی جهانی که به طور فزاینده‌ای در حال فناوری محور شدن است، برخوردارند. می‌توان گفت بدون قابلیت‌های فناورانه کافی، یک کشور قادر نخواهد بود در فعالیت‌های اقتصادی و جهان مبتنی بر دانش و فناوری امروزی فعالیت نماید؛ به عبارت دیگر، سطح قابلیت‌های فناورانه یک کشور تعیین می‌نماید که آن کشور تا چه حد می‌تواند از این توسعه مبتنی بر علم و فناوری سود ببرد.

قابلیت‌های فناورانه یک کشور را می‌توان به عنوان توانایی استفاده موثر از دانش فناورانه در تلاش برای جذب، استفاده، بهره‌برداری و تغییر فناوری‌های موجود تعریف نمود که این مفهوم از ایده ظرفیت جذب نشأت می‌گیرد و تنسها شامل تحقیق و توسعه سازمان‌یافته نمی‌گردد بلکه سایر قابلیت‌های مورد نیاز برای بهره‌برداری تجاری از فناوری را نیز شامل می‌شود. قابلیت فناورانه به عنوان یک منبع اطلاعاتی، سیاست‌گذاران را قادر می‌سازد تا جایگاه کشور و همچنین نقاط قوت و ضعف آن را شناسایی نموده و بر اساس آن سیاست‌های نوآوری مناسبی را تدوین نمایند. کشورهای مختلف ممکن است دارای چشم‌انداز و درک متفاوتی از نیازهای فناورانه خود بوده و همچنین اهداف، سیاست‌ها و برنامه‌های متفاوتی داشته باشند اما یک چیز در همه‌ی آن‌ها ثابت است و آن نیاز این کشورها به ایجاد و ساخت قابلیت‌های فناورانه، حفظ این قابلیت‌ها و بهبود آن‌هاست چون در ادبیات حاکم بر سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری قابلیت‌های فناورانه به عنوان جزء اساسی و کلید رشد اقتصادی، رفاه اجتماعی، رقابت‌پذیری بین‌المللی و ایجاد ظرفیت نوآوری در دنیای امروز شناخته می‌شود. جمهوری اسلامی ایران نیز به عنوان کشوری که به دنبال دستیابی به قله‌های علم، فناوری و نوآوری در عرصه بین‌المللی است نیاز دارد که به ایجاد، حفظ و بهبود قابلیت‌های فناورانه خود مبادرت ورزد و قدم اول در این راه شناسایی وضع موجود کشور می‌باشد. بر همین اساس مسئله اصلی که باعث انجام این پژوهش شده تعیین جایگاه و وضعیت فعلی کشور در زمینه قابلیت‌های فناورانه در عرصه بین‌المللی بوده و سوالات اصلی و فرعی آن عبارتند از:

- سؤال اصلی

۱. جمهوری اسلامی ایران در مقایسه با منتخبی از کشورهای اروپایی دارای سطح نوآوری متوسط از نظر قابلیت‌های فناورانه در چه جایگاهی قرار دارد؟

- سؤال‌های فرعی

۱. شاخص‌های ارزیابی قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان کدام‌اند؟

۲. اولویت شاخص‌های ارزیابی قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان چگونه است؟

۴. وضعیت جمهوری اسلامی ایران و کشورهای مورد بررسی در زمینه شاخص‌های انتخاب‌شده چگونه است؟

۵. جمهوری اسلامی ایران برای بهبود قابلیت‌های فناورانه خود باید بر چه نقاطی متمرکز گردد؟

پیشینه شناسی تحقیق و مبانی نظری

پیشینه شناسی

تاکنون محققان و سازمان‌های بسیاری به موضوع قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان پرداخته و فعالیت‌های مختلفی را در زمینه اندازه‌گیری این قابلیت‌ها و همچنین مقایسه کشورها از منظر قابلیت‌های فناورانه انجام داده‌اند که در ادامه به معرفی بخشی از این فعالیت‌ها پرداخته می‌شود. دسای و همکاران[1] (۲۰۰۲) شاخص‌های سنجش قابلیت‌های فناورانه ای را تحت عنوان شاخص پیشرفت فناوری توسعه داده و از طریق آن ۷۲ کشور را مورد مطالعه قراردادند. آن‌ها قابلیت فناورانه این کشورها را در چهار بعد؛ خلق فناوری، انتشار نوآوری‌های قدیمی، انتشار نوآوری‌های جدید و توسعه منابع انسانی بررسی نموده و کشورهای مورد مطالعه را به چهار دسته: رهبران، دارای پتانسیل رهبری، به‌کارگیرنده پویا و کشورهای محروم تقسیم نمودند. آرچیبوگی و کوکو (۲۰۰۴) در پژوهش خود، شاخص جدیدی را برای ارزیابی قابلیت‌های فناورانه کشورها ارائه نمودند، آن‌ها در این پژوهش ۱۶۲ کشور را از منظر قابلیت‌های فناورانه مقایسه نمودند. آرچیبوگی و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهش خود شاخص‌های مختلف که توسط سازمان‌های جهانی نظیر کمیسیون اروپا، مجمع جهانی اقتصاد و غیره ارائه‌شده بودند را جمع‌آوری نموده و پس از ترکیب آن‌ها ۴۵ کشور را از منظر قابلیت‌های فناورانه مورد ارزیابی قرار می‌دهند آنها همچنین در

[1] Desai et al

این پژوهش رتبه‌بندی‌های منتشرشده از این سازمان‌ها را با نتایج پژوهش خود مقایسه می‌نمایند. مولینا دمونه و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهش خود پیشران‌های قابلیت فناورانه در کشورهای در حال توسعه را با استفاده از تحلیل‌های اقتصادسنجی و همچنین ارزیابی بنگاه‌ها و شرکت‌های این کشورها مورد بررسی قراردادند. در این پژوهش سه کشور برزیل، آرژانتین و شیلی با استفاده از پایگاه داده بانک جهانی و روش اقتصادسنجی از منظر قابلیت‌های فناورانه مورد ارزیابی قرارگرفته و سطح قابلیت‌های فناورانه در آن‌ها تعیین گردید. خیاط و لی (۲۰۱۵) در پژوهش خود قابلیت‌های فناورانه را در کشورهای در حال توسعه اندازه‌گیری نمودند. آن‌ها در این پژوهش ۶۱ کشور را طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۸ میلادی مورد بررسی قرار داده و کشورها را رتبه‌بندی نمودند و پس از تقسیم این ۶۱ کشور در سه دسته از بالاترین نرخ نوآوری تا ضعیف‌ترین نرخ نوآوری، پیشنهادهای سیاستی را برای بهبود نرخ نوآوری و قابلیت‌های فناورانه برای کشورهای ضعیف ارائه کردند. علی و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش خود وضعیت پیشرفت فناورانه کشورهای عضو سازمان همکاری اسلامی را با استفاده از شاخصی که قابلیت‌های فناورانه این کشورها را در چهار بعد؛ خلق فناوری، انتشار نوآوری‌های قدیمی، انتشار نوآوری‌های جدید و توسعه منابع انسانی می‌سنجید، بررسی نموده و آن‌ها را رتبه‌بندی نمودند. آن‌ها همچنین این کشورها را با کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه از منظر قابلیت‌های فناورانه و شاخص‌های ارزیابی علم و فناوری مقایسه نمودند. ویلسیکوا[1](۲۰۱۵) در پژوهش خود این موضوع را که صادرات به تنهایی می‌تواند شاخصی برای سنجش قابلیت‌های فناورانه یک کشور باشد را مورد بررسی قرار داده و نشان می‌دهد که صادرات به تنهایی نمی‌تواند شاخص خوبی برای سنجش سطح قابلیت فناورانه یک کشور باشد بلکه برای سنجش درست قابلیت‌های فناورانه باید از ترکیبی از شاخص‌ها استفاده کرد. در جمع بندی مطالعات انجام شده و به طور خاص مطالعات صورت گرفته در داخل کشور می توان گفت در زمینه‌ی قابلیت‌های فناورانه در جمهوری اسلامی ایران پژوهش‌های زیادی انجام نشده است و معدود پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه نیز به بررسی قابلیت‌های فناورانه در سطح سازمان‌ها و صنایع می‌پردازد. در خصوص وجه افتراق و نوآوری این مقاله نیز قابل ذکر است در این مقاله با توجه به شاخص‌ها و ابعاد مختلف معرفی شده توسط دانشمندان و اندیشمندان مختلف، شاخص‌هایی جامع و کامل برای سنجش قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان ارائه می‌گردد همچنین این پژوهش برای اولین بار به مقایسه جمهوری

[1] VLČKOVA

اسلامی ایران با منتخبی از کشورهای اروپایی با سطح نوآوری متوسط از منظر قابلیت‌های فناورانه می پردازد.

مبانی نظری

۱- قابلیت فناورانه

دانش و فناوری مهم‌ترین عامل و نیروی توسعه اقتصادی، اجتماعی و صنعتی است(میرجلیلی و همکاران، ۱۱۶:۱۳۹۷). قابلیت‌های فناورانه یک کشور عامل اصلی است که به واسطه آن یک کشور می‌تواند به توسعه اقتصادی دست پیدا کند. این قابلیت‌ها را می توان توانایی یک کشور در خلق، بهره‌برداری و استفاده از فناوری‌ها و نوآوری‌های جهانی تعریف نمود (علی و همکاران، ۱۱۷:۲۰۱۵). کیم[۱](۲۰۰۱) قابلیت فناورانه را توانایی استفاده موثر از دانش فناورانه در تولید، مهندسی و نوآوری و همچنین توانایی توسعه محصولات و فرآیندهای جدید در پاسخ به محیط اقتصادی در حال تغییر تعریف می‌نماید وی همچنین بیان می‌کند که قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان باید به عنوان ظرفیت یک کشور در خلق، استفاده، جذب و انتقال دانش به منظور توسعه کارآمد نوآوری‌های فناورانه ای که به رشد و توسعه‌ی کشور کمک می‌کند، تعریف شود. خیاط و لی[۲](۲۰۱۵) قابلیت‌های فناورانه را عاملی موثر بر میزان نوآوری هم در سطح خرد و هم در سطح کلان معرفی می‌نماید؛ و همچنین دوترنت و همکاران[۳](۲۰۱۸) در پژوهش خود به نقل از برخی از پژوهشگران حوزه مدیریت فناوری و نوآوری، قابلیت فناورانه را توانایی استفاده کارآمد از دانش فناورانه برای تولید، سرمایه‌گذاری و نوآوری تعریف می‌نمایند. مولینا دمونه و همکاران[۴] (۲۰۱۲) نیز بیان می‌نمایند که قابلیت فناورانه دربردارنده منابع مورد نیاز برای مدیریت و اداره تغییرات بوده که این منابع شامل مهارت‌ها، دانش تجربی و نظام‌های سازمانی است.

۲- سطوح قابلیت فناورانه

به طور کلی قابلیت‌های فناورانه در دو سطح خرد (سازمان و بنگاه) و کلان (ملی) مطرح

[۱] Kim
[۲] Khayyat & Lee
[۳] Dutrénit et al
[۴] Molina-Domene et al

می‌شود. در سطح خرد این قابلیت عبارت است از دانش و مهارت مورد نیاز برای شناسایی، ارزیابی، به کارگیری و توسعه فناوری و تکنیک های مرتبط با صنعت (فرتوک زاده و همکاران، ۱۶۵:۱۳۹۹). قابلیت‌های فناورانه در سطح ملی دارای سه جزء؛ سرمایه‌های فیزیکی، سرمایه انسانی و فعالیت‌های فناورانه است که سرمایه‌های فیزیکی به عنوان قابلیت پایه شناخته می‌شوند و وجود آن‌ها ضروری است و بدون میزان مشخصی از زیرساخت‌های کارآمد (تجهیزات، راه‌آهن، بزرگراه‌ها، شبکه‌ها وغیره) هیچ صنعتی نمی‌تواند وجود داشته باشد. سرمایه انسانی نیز از طریق آموزش و پرورش، آموزش عالی و یادگیری با آزمون و خطا ارتقاء یافته و ظرفیت استفاده کارآمد و موثر از دارایی‌های فیزیکی را فراهم می‌آورد (لال[1] ۱۷۰:۱۹۹۲). همچنین در مورد تلاش فناورانه می توان گفت که این تلاش‌ها با طیف وسیعی از تولید، طراحی و پژوهش درون بنگاه‌ها همراه بوده و توسط زیرساخت فناورانه که اطلاعات، استانداردها، دانش پایه و امکانات مختلفی را برای شرکت‌های خصوصی فراهم می‌آورند، پشتیبانی می‌گردد و بدون این تلاش‌ها و فعالیت‌های مستمر فناورانه در سطح ملی، سرمایه‌های فیزیکی و انسانی به خوبی باهم ترکیب نشده و بهره‌برداری از آن‌ها ممکن نخواهد بود (لال، ۱۷۰:۱۹۹۲).

۳- ابعاد قابلیت فناورانه

آرچیبوگی و کوکو[2](۲۰۰۴) قابلیت‌های فناورانه را جزء اصلی دستیابی به اهداف مادی مانند میزان رضایت از زندگی و یا درآمد بالا می‌داند و سه بعد؛ خلق فناوری، زیرساخت های فناورانه و همچنین توسعه و خلق مهارت های انسانی را به عنوان ابعاد اصلی این قابلیت‌ها معرفی می‌نمایند. آنها همچنین فعالیت‌های پژوهشی، زیرساخت‌ها، مهارت‌های انسانی و انباشت سرمایه را اجزای دیگر تشکیل‌دهنده قابلیت‌های فناورانه یک کشور معرفی می‌نمایند (آرچیبوگی و کوکو، ۱۷۶:۲۰۰۵). به طور کلی در بررسی و مطالعه قابلیت‌های فناورانه باید سه مفهوم ناهمگن مادی یا غیرمادی بودن، دانش صریح و دانش ضمنی، خلق و انتشار دانش توجه نمود. طبق نظر آرچیبوگی و کوکو (۲۰۰۵) می‌توان قابلیت‌های فناورانه را از بعد مادی در کالاهای سرمایه‌ای، تجهیزات و زیرساخت‌ها دید درحالی‌که از بعد غیرمادی باید قابلیت‌های فناورانه را در مهارت‌های انسانی و قدرت خبرگی و تخصص انسان جستجو کرد. آن‌ها همچنین تاکید می‌کنند که هر دو بعد مادی و

[1] Lall
[2] Coco

غیرمادی در کنار یکدیگر اساس و شالوده‌ی قابلیت‌های فناورانه یک کشور را تشکیل خواهند داد. به طور کلی در قابلیت‌های فناورانه باید هم دانش صریح شامل؛ کتاب‌ها، مقاله‌ها و پروانه‌های ثبت اختراع در نظر گرفته شود و هم دانش ضمنی افراد که حاصل یادگیری آن‌ها با آزمون و خطا است. همچنین در قابلیت‌های فناورانه علاوه بر خلق دانش باید بر بهره‌برداری از آن نیز تاکید گردد چون ممکن است کشوری توانایی بالایی در تولید دانش داشته باشد اما نتواند دانش تولیدشده را به کار گیرد پس برای سنجش قابلیت فناورانه تنها نباید بر تولید دانش تمرکز گردد بلکه باید بهره‌برداری از دانش نیز مورد توجه قرار گیرد (آرچیبوگی و کوکو، ۱۷۶:۲۰۰۵).

۴- شاخص‌های سنجش قابلیت های فناورانه در سطح کلان

در ادبیات حوزه مدیریت و سیاست گذاری فناوری به منظور سنجش قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان شاخص های متعددی وجود دارند. جدول شماره ۱ مجموعه‌ای از شاخص‌هایی که در سطح کلان به سنجش قابلیت‌های فناورانه می‌پردازند را نمایش می‌دهد.

جدول شماره ۱: شاخص‌های سنجش قابلیت های فناورانه در سطح کلان

کد	نام شاخص توسعه داده‌شده	ابعاد	کد سنجه	سنجه‌ها	منابع
A	شاخص پیشرفت فناوری[1]	خلق فناوری	۱	- پروانه‌های ثبت اختراع	(دسای و همکاران،۲۰۰۲: ۹۹-۱۰۱)
			۲	- دریافت حق امتیاز (لیسانس)	
		انتشار نوآوری‌های قدیمی	۳	- تلفن	
			۴	- مصرف الکتریسیته	
		انتشار نوآوری‌های جدید	۵	- میزبان اینترنتی[2]	
			۶	- صادرات محصولات با فناوری بالا و متوسط	
		مهارت‌های انسانی	۷	- سال‌های تحصیل	
			۸	- نرخ ثبت‌نام در آموزش عالی	
B		عوامل توانمند ساز	۱	- نرخ ثبت‌نام آموزش عالی در رشته‌های علمی	(واگنر و همکاران، ۲۰۰۴)

[1] Technology Achievement index

[2] Internet host

	شاخص ظرفیت علم و فناوری[1]		۲	– تولید ناخالص داخلی	
		منابع	۳	– تعداد دانشمندان و مهندسان	
			۴	– هزینه کرد در تحقیق و توسعه	
			۵	– تعداد نهادها	
		دانش درونی شده[3]	۶	– پروانه‌های ثبت اختراع	
			۷	– مقالات علمی	
			۸	– کتب و مقالات مشترک	
C	شاخص فناوری[4]	خلق دانش علمی و فناورانه جدید	۱	– پروانه‌های ثبت اختراع	(آرچیبوگی و همکاران،۲۰۰۹: ۹۲۴-۹۲۵)
			۲	– هزینه کرد در تحقیق و توسعه	
		زیرساخت‌ها و اشاعه فناوری اطلاعات و ارتباطات جدید	۳	– فعالیت‌های تحقیقاتی مشترک بین صنعت و دانشگاه	
			۴	– تلفن همراه	
			۵	– کاربران رایانه‌های شخصی	
			۶	– کاربران اینترنت	
			۷	– میزبانان اینترنتی	
			۸	– ظرفیت ایجاد فضایی مناسب برای اشاعه فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات توسط نهادها	
		سرمایه انسانی	۹	– نرخ ثبت‌نام در آموزش عالی	
		رقابت‌پذیری	۱۰	– قابلیت رقابتی کشور	
D	آرکو[5]	خلق فناوری	۱	– پروانه‌های ثبت اختراع	(آرچیبوگی و کوکو،۲۰۰۴: ۶۳۲-۶۳۶)
			۲	– مقالات علمی	
		زیرساخت فناوری	۳	– اینترنت	
			۴	– تلفن	
			۵	– مصرف الکتریسیته	
		مهارت‌های انسانی	۶	– نرخ ثبت‌نام آموزش عالی در رشته‌های علمی و مهندسی	
			۷	– نرخ سواد	

[2] Wagner et al
[1] Science and technology capacity index
[3] Embedded knowledge
[4] Technology index
[5] ArCo

		۸		– متوسط سال‌های تحصیل	
E	شاخص قابلیت فناورانه[1]	۱	خلق دانش علمی و فناورانه جدید	– پروانه‌های ثبت اختراع	(خیاط و لی،۲۰۱۵: ۲۱۹–۲۲۰)
		۲		– مقالات مهندسی و علمی	
		۳		– هزینه کرد دولت در تحقیق و توسعه	
		۴	زیرساخت‌ها و اشاعه فناوری اطلاعات و ارتباطات جدید	– کاربران اینترنت	
		۵		– دسترسی به اینترنت	
		۶		– کاربران رایانه‌های شخصی	
		۷		– تلفن‌های ثابت	
		۸		– تلفن‌های همراه	
		۹		– خدمات دولت الکترونیک	
		۱۰		– حقوق مالکیت فکری	
		۱۱	سرمایه انسانی	– نرخ ثبت‌نام در آموزش عالی	
		۱۲		– نرخ سواد	
		۱۳	رقابت‌پذیری	– صادرات محصولات با فناوری پیشرفته	
F	شاخص گلوکاپ[2]	۱	نوآوری کسب‌وکار	– پروانه‌های ثبت اختراع	(سرولی[3] ۲۰۱۴:۱۴۹)
		۲		– تحقیق و توسعه بخش کسب‌وکار	
		۳	دانش و مهارت‌ها	– محققان فعال در تحقیق و توسعه	
		۴		– مقالات علمی و فنی	
		۵		– تحقیق و توسعه بخش دولتی	
		۶	زیرساخت‌ها	– رایانه‌های شخصی	
		۷		– تلفن‌های ثابت و همراه	
		۸		– کاربران اینترنت	
		۹		– سرمایه‌های ثابت	
G	شاخص فعالیت فناورانه[4]	۱	خلق دانش علمی و فناورانه جدید	– پروانه‌های ثبت اختراع	(آرچیبوگی و همکاران،۲۰۰۹: ۹۲۴–۹۲۵)
		۲		– مقالات علمی و فنی	
		۳	سرمایه انسانی	– افراد فعال در تحقیق و توسعه	
		۴		– نرخ سوادآموزی	
		۵		– ثبت‌نام در متوسطه	

[1] Technological capability index (TC-index)
[2] GloCap
[3] Cerulli
[4] Technological Activity Index

H	شاخص دانش[1]	خلق دانش علمی و فناورانه جدید	۱	– پروانه‌های ثبت اختراع	(آرچیبوگی و همکاران،۲۰۰۹: ۹۲۴-۹۲۵)
			۲	– مقالات علمی	
		زیرساخت‌ها و اشاعه فناوری اطلاعات و ارتباطات جدید	۳	– رایانه‌های شخصی	
			۴	– کاربران اینترنت	
		سرمایه انسانی	۵	– نرخ سواد	
			۶	– ثبت‌نام متوسطه	
			۷	– ثبت‌نام در آموزش عالی	
			۸	– تعداد محققان	
I	آرچیبوگی – فیلیپیتی	ورودی‌های فناورانه و نوآورانه	۱	هزینه کرد در تحقیق و توسعه	(آرچیبوگی و فیلیپیتی[2] ۲۲:۲۰۱۵)
		خروجی‌های علمی	۲	مقالات علمی	
		خروجی‌های فناورانه	۳	پروانه‌های ثبت اختراع	
			۴	محصولات با فناوری پیشرفته	

با توجه به بررسی و تجزیه و تحلیل شاخص‌های سنجش قابلیت های فناورانه در سطح کلان، مشاهده می‌گردد که برای ارزیابی قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان سنجه‌های مختلفی به کار گرفته می‌شود که در میان آنها سنجه های؛ زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، پروانه‌های ثبت اختراع، مقالات علمی و فنی، آموزش عالی، هزینه کرد در تحقیق و توسعه، تعداد پژوهشگران تمام وقت کشور، تولید محصولات با فناوری پیشرفته بیش‌ترین[3] تکرار را در آثار منتشرشده از سازمان‌ها و پژوهشگران فعال در حوزه قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان دارند.

روش‌شناسی تحقیق

در این پژوهش که از نوع توصیفی و غیر آزمایشگاهی می‌باشد از روش آمیخته استفاده شده است به طوریکه؛ ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای شاخص‌های ارزیابی قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان جمع‌آوری شده و با استفاده از نظر خبرگان و تحلیل سلسله مراتبی در محیط فازی شاخص‌های اصلی شناسایی می‌گردد سپس این شاخص‌ها به عنوان معیارهای ورودی روش

[1] Knowledged Index
[2] Filippetti
[3] High tech

اولویت‌بندی تاپسیس مورد استفاده قرارگرفته و با به‌کارگیری داده‌های بین‌المللی کشورها با روش تاپسیس رتبه‌بندی می‌گردد. سپس با استفاده از خروجی‌های روش تاپسیس جمهوری اسلامی ایران با سایر کشورها از منظر قابلیت‌های فناورانه مقایسه شده و نقاطی که باید جمهوری اسلامی ایران برای بهبود قابلیت‌های فناورانه خود بر آن‌ها متمرکز گردد، شناسایی می‌شود. لازم به ذکر است که ابزار جمع آوری اطلاعات از خبرگان پرسشنامه‌ای است که به منظور وزن دهی به سنجه‌های ارزیابی قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان با روش تحلیل سلسله مراتبی در محیط فازی و مبتنی بر مقایسات زوجی طراحی شده و روایی آن از طریق راهنمایی و مشورت با خبرگان و پایایی آن از طریق نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی مورد سنجش قرار گرفته است. تعداد خبرگان مورد سوال قرار گرفته در این پژوهش ۱۵ نفر و نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی ۰,۰۸ محاسبه شده است که چون این نرخ کمتر از ۰,۱ است نشان‌دهنده حد قابل قبول ثبات و قابلیت اطمینان مقایسات زوجی در این پژوهش است. در پژوهش حاضر همچنین برای گردآوری داده های معتبر بین المللی از گزارش های شاخص نوآوری جهانی و گزارش شاخص رقابت پذیری جهانی استفاده شده و برای تجزیه و تحلیل داده ها و اطلاعات هر دو روش آماری و غیر آماری به کارگرفته شده است به طوری‌که در میان روش‌های آماری از آمار توصیفی برای نمایش داده‌ها و اطلاعات مرتبط با کشورها و وضعیت آن‌ها از منظر قابلیت‌های فناورانه در قالب جداول و نمودارها استفاده‌شده و همچنین از روش‌های غیر آماری نظیر روش تحلیل سلسله مراتبی در محیط فازی و تاپسیس که مبتنی بر مدل‌سازی ریاضی هستند، برای وزن دهی به سنجه‌های قابلیت‌های فناورانه و رتبه‌بندی کشورها استفاده شده است.

روش تحلیل سلسله مراتبی در محیط فازی

در این مقاله از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی بهبودیافته (بسط یافته) استفاده شده است که در ادامه به تشریح این روش پرداخته می‌شود. فرض کنید $\tilde{P}_{ij}$ مجموعه‌ای از ترجیحات تصمیم گیران در مورد یک شاخص نسبت به دیگر شاخص‌ها باشد. ماتریس مقایسات زوجی به صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{P}_{12} & \tilde{P}_{1n} \\ \tilde{P}_{21} & 1 & \tilde{P}_{2n} \\ \tilde{P}_{n1} & \tilde{P}_{n2} & 1 \end{bmatrix}$$

که n تعداد عناصر مرتبط در هر سطر است. اوزان فازی هر شاخص ماتریس مقایسات زوجی به وسیله روش میانگین هندسی باکلی به دست می‌آید. میانگین هندسی ارزش مقایسات فازی شاخص i به هر شاخص از رابطه (۳-۴) به دست می‌آید.

$$\tilde{r}_i = \left(\prod_{j=1}^{n} \tilde{P}_{ij}\right)^{1/n} \qquad i = 1, 2, 3, \ldots, n$$

سپس وزن فازی iمین شاخص به وسیله یک عدد فازی مثلثی نشان داده می‌شود.

$$\mathbf{w_i} = \mathbf{r_i} \otimes (\mathbf{r_1} \oplus \mathbf{r_2} \oplus \ldots \oplus \mathbf{r_m})^{-1}$$

بعد از محاسبه فاکتورهای وزن فازی، به وسیله فرمول زیر وزن‌ها دیفازی شده و سپس نرمال می شوند.

$$W_{crisp} = \frac{l + 4m + u}{6}$$

در این مقاله جهت محاسبه وزن در مقایسات زوجی، از عبارات کلامی و اعداد فازی مثلثی مندرج در جدول شماره ۲ استفاده شده است.

جدول شماره ۲: عبارات کلامی و اعداد فازی جهت وزن دهی به معیارها (بلهادی و همکاران[1] ۲۰۱۷:۱۱۲۹)

کد	اولویت‌ها	معادل فازی اولویت‌ها		
		حد پایین (L)	حد متوسط (m)	حد بالا (u)
۱	اهمیت یکسان	۱	۱	۱
۲	یکسان تا نسبتاً مهم‌تر	۱	۲	۳
۳	نسبتاً مهم تر	۲	۳	۴
۴	نسبتاً مهم‌تر تا اهمیت زیاد	۳	۴	۵
۵	اهمیت زیاد	۴	۵	۶
۶	اهمیت زیاد تا بسیار زیاد	۵	۶	۷
۷	اهمیت بسیار زیاد	۶	۷	۸
۸	بسیار زیاد تا کاملاً مهم‌تر	۷	۸	۹
۹	کاملاً مهم‌تر	۸	۹	۱۰

[1] Belhadi et al

به طور کلی می‌توان گام‌های ذیل را برای روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده‌شده در این مقاله بیان نمود:

۱. تشکیل ماتریس تصمیم ادغام‌شده

۲. محاسبه میانگین هندسی اعداد فازی هر سطر از ماتریس تصمیم ادغام‌شده

۳. محاسبه مجموع اعداد فازی جدول میانگین هندسی ماتریس تصمیم ادغام‌شده

۴. تقسیم هر سطر از جدول میانگین هندسی سطرهای ماتریس ادغام‌شده بر مجموع اعداد فازی سطرها که در گام سوم محاسبه شد

۵. تبدیل وزن‌های فازی به عدد قطعی و نرمال سازی آن‌ها

روش تاپسیس

روش تاپسیس برای نخستین بار توسط هوانگ و یون[۱](۱۹۸۱) معرفی شد. زاوادسکاس و همکاران[۲](۲۰۱۶) در پژوهش خود شش گام ذیل را برای این روش بیان می‌نمایند:

- ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری
- نرمال سازی ماتریس تصمیم‌گیری
- ایجاد ماتریس نرمال وزین
- مشخص نمودن راه حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی
- محاسبه فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل‌ها
- محاسبه شاخص شباهت به گزینه ایده‌آل (CL) و رتبه‌بندی گزینه‌ها

ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری

قدم اول در روش تاپسیس ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری است که شامل m گزینه و n معیار باشد. با تلاقی هر گزینه و معیار با یکدیگر به عنوان x_{ij}، ماتریس $(x_{ij})_{m\times n}$ تشکیل خواهد شد.

[۱] Hwang & Yoon
[۲] Zavadskas

نرمال سازی ماتریس تصمیم‌گیری

در این مرحله باید ماتریس تصمیم‌گیری، به ماتریس بدون مقیاس (R) تبدیل گردد که این تبدیل با استفاده از رابطه ذیل انجام می‌شود.

$$R = (r_{ij})_{m\times n}$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=x^{۲}_{ij}}^{m}}}$$

$$i = ۱,۲,\dots,m \quad j = ۱,۲,\dots,n$$

ایجاد ماتریس نرمال وزین

در این مرحله ماتریس بدون مقیاس وزین بر اساس معادلات ذیل به دست می‌آید:

$$V = (v_{ij})_{m\times n}$$

$$v_{ij} = r_{ij} \times w_j$$

$$i = ۱,۲,\dots,m \quad j = ۱,۲,\dots,n$$

مشخص نمودن راه حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی

در این مرحله راه حل ایده آل مثبت (A^+) و راه حل ایده آل منفی (A^-) با استفاده از روابط ذیل محاسبه می‌گردد.

$$A^+ = \{(max v_{ij} | j \in J), (min v_{ij} | j \in J')\}$$
$$A^+ = \{v_۱^+, v_۲^+, \dots, v_n^+\}$$

$$A^- = \{(min v_{ij} | j \in J), (max v_{ij} | j \in J')\}$$
$$A^- = \{v_۱^-, v_۲^-, \dots, v_n^-\}$$

محاسبه فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل‌ها

در این مرحله میزان فاصله گزینه iام با ایده‌آل‌های مثبت (d_i^+) از طریق رابطه ذیل محاسبه می‌گردد.

$$\left\{\left(\sum_{j=1}^{n} v_{ij} - v_j^+\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$i = 1,2,\dots,m$$

در این مرحله همچنین میزان فاصله گزینه iام با ایده‌آل‌های منفی(d_i^-) از طریق رابطه ذیل محاسبه می‌گردد.

$$\left\{\left(\sum_{j=1}^{n} v_{ij} - v_j^-\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$i = 1,2,\dots,m$$

محاسبه شاخص شباهت به گزینه ایده‌آل (CL) و رتبه‌بندی گزینه‌ها

در این مرحله شباهت به گزینه ایده آل با استفاده از رابطه ذیل محاسبه‌شده و گزینه‌های موجود از مسئله مفروض به صورت نزولی رتبه‌بندی می‌گردد.

$$Cl_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \qquad 0 \le C_i \le 1 \quad i = 1,2,\dots,m$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها

رتبه‌بندی کشورهای مورد مطالعه از منظر قابلیت‌های فناورانه

کشورهای مورد مطالعه از منظر قابلیت‌های فناورانه

به دلیل در حال توسعه بودن جمهوری اسلامی ایران و کسب جایگاهی متوسط در رتبه‌بندی‌های بین‌المللی که سالانه کشورها را از منظر علم، فناوری و نوآوری مورد ارزیابی و مقایسه قرار می‌دهند، مقایسه ایران با کشورهایی اروپایی که در این گزارش‌ها جایگاه متوسطی را کسب نموده‌اند می‌تواند تصویر روشنی از وضعیت جمهوری اسلامی ایران در زمینه علم، فناوری و نوآوری نشان دهد. در بین گزارش‌های بین‌المللی که سالانه کشورها را از نظر علم، فناوری و

نوآوری مورد ارزیابی و مقایسه قرار می‌دهند می‌توان به گزارش‌های مختلفی اشاره نمود از جمله؛ گزارش شاخص نوآوری جهانی، گزارش رقابت‌پذیری جهانی و اسکوربورد نوآوری اروپا[1] از این رو در این مقاله با استناد به گزارش شاخص نوآوری جهانی که به طور مشترک توسط دانشگاه کرنل، مدرسه کسب‌وکار جهانی و سازمان جهانی مالکیت فکری تهیه و منتشر می‌گردد و گزارش رقابت‌پذیری جهانی که توسط مجمع جهانی اقتصاد منتشرشده و کشورها را از نظر قدرت رقابت‌پذیری ملی مورد بررسی و رتبه‌بندی قرار می‌دهد و همچنین اسکوربورد نوآوری اروپا که یک ابزار آماری ایجادشده توسط کمیسیون اروپا بوده و عملکرد علم، فناوری و نوآوری اعضای اتحادیه اروپا را ارزیابی می‌کند و کشورهای این اتحادیه را به چهار دسته (رهبران نوآوری، نوآوران قوی، نوآوران متوسط، نوآوران ضعیف) تقسیم می‌نماید، کشورهای **روسیه، ترکیه، یونان، اوکراین، ایتالیا، رومانی، لهستان، اسپانیا** و **پرتغال** که از منظر نوآوری جایگاهی متوسط و نزدیک به جمهوری اسلامی ایران دارند، به عنوان کشورهای مورد مطالعه برگزیده شدند. در ادامه وضعیت جمهوری اسلامی ایران و کشورهای اروپایی انتخاب شده از منظر جایگاه در گزارش‌های بین‌المللی و سنجه‌های ارزیابی قابلیت‌های فناورانه شناسایی شده و در جدول شماره ۳ و ۴ نمایش داده شده است.

جدول شماره ۳: وضعیت کشورهای مورد مطالعه در گزارش‌های بین‌المللی مربوط به علم، فناوری و نوآوری (گزارش شاخص نوآوری جهانی،۲۰۱۸: ۲۵۹-۳۳۵؛ گزارش رقابت‌پذیری جهانی،۲۰۱۸:۲۴۷-۵۷۶؛ اسکوربورد نوآوری اروپا،۲۰۱۸: ۵۷-۸۵)

کشور	تولید ناخالص داخلی (میلیارد دلار و با احتساب برابری قدرت خرید)	رتبه در شاخص نوآوری جهانی	رتبه قابلیت نوآوری در گزارش رقابت‌پذیری جهانی	وضعیت در اسکوربورد نوآوری اروپا
روسیه	۴۰۰۰,۱	۴۶	۳۶	-
ترکیه	۲۱۳۲,۷	۵۰	۴۷	متوسط
یونان	۲۹۹,۵	۴۲	۴۴	متوسط
اوکراین	۳۶۶,۴	۴۳	۵۸	ضعیف
ایتالیا	۲۳۰۷,۱	۳۱	۲۲	متوسط

[1] European Innovation Scoreboard

رومانی	۴۷۴	۴۹	۵۷	ضعیف
لهستان	۱۱۱۰,۷	۳۹	۳۸	متوسط
اسپانیا	۱۷۶۸,۶	۲۸	۳۶	متوسط
پرتغال	۳۱۱,۳	۳۲	۳۲	متوسط
ایران	۱۶۳۰,۹	۶۵	۶۵	–

جدول شماره ۴: وضعیت کشورهای مورد مطالعه در سنجه‌های ارزیابی قابلیت‌های فناورانه (گزارش شاخص نوآوری جهانی،۲۰۱۸: ۲۵۹-۳۳۵؛ گزارش شاخص نوآوری جهانی،۲۰۱۳: ۱۷۹-۲۶۱؛ گزارش رقابت‌پذیری جهانی،۲۰۱۸:۲۴۷-۵۷۶)

کشور	سنجه‌های ارزیابی قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان						
	زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات (امتیاز دسترسی به فناوری اطلاعات و ارتباطات) + (امتیاز کاربرد فناوری اطلاعات و ارتباطات)	**پروانه‌های ثبت اختراع** (پروانه های ثبت شده در مبدا تقسیم بر میلیارد دلار تولید ناخالص داخلی و بر اساس برابری قدرت خرید)	**مقالات علمی و فنی** (مقالات تقسیم بر میلیارد دلار تولید ناخالص داخلی و بر اساس برابری قدرت خرید)	**آموزش عالی** (درصد ناخالص ثبت نام در آموزش عالی)+ (فارغ‌التحصیلان در رشته های علمی و مهندسی)	**هزینه کرد در تحقیق و توسعه** (به صورت درصدی از تولید ناخالص داخلی)	**تعداد پژوهشگران تمام وقت کشور** (به ازای هر یک میلیون نفر)	**تولید و صادرات محصولات با فناوری پیشرفته** (تولید محصولات با فناوری پیشرفته به عنوان درصدی از تولید)
روسیه	۱۳۳,۶	۷	۷,۲	۱۱۰,۸	۱,۱	۲۹۷۹,۱	۰,۲
ترکیه	۱۱۲,۲	۳,۴	۸,۳	۱۱۵,۶	۰,۹	۱۲۱۵,۸	۰,۳
یونان	۱۳۵,۸	۲,۳	۲۱,۶	۱۴۷,۳	۱	۲۵۹۹,۳	۰,۱
اوکراین	۹۷,۷	۶,۳	۱۰,۲	۱۱۰,۱	۰,۵	۱۰۳۷,۲	۰,۲
ایتالیا	۱۳۶,۸	۵,۸	۱۷,۸	۸۶,۲	۱,۳	۲۱۳۱,۵	۰,۴
رومانی	۱۲۵,۷	۲,۳	۱۱,۵	۷۶,۸	۰,۵	۹۱۲,۴	۰,۴
لهستان	۱۳۰,۵	۴,۴	۱۷,۸	۸۹,۵	۱	۲۱۵۸,۵	۰,۳
اسپانیا	۱۵۲,۱	۲,۶	۲۱,۱	۱۱۵,۱	۱,۲	۲۷۱۹,۷	۰,۴

پرتغال	۱۴۰,۶	۲,۹	۳۱,۲	۹۰,۸	۱,۳	۳۹۲۸,۶	۰,۲
ایران	۱۰۲,۸	۹,۶	۱۷,۲	۱۱۲,۷	*۰,۸	**۱۴۹۱,۴	۰,۳

وزن دهی معیارهای مورد نیاز رتبه بندی با تحلیل سلسله مراتبی در محیط فازی

در این مقاله برای رتبه‌بندی کشورهای مورد مطالعه از روش تاپسیس استفاده شده است. برای استفاده از این روش باید معیارها و همچنین اوزان نسبی آن‌ها در اختیار باشد. همان طور که قبلاً بیان شد سنجه‌های استخراج‌شده برای ارزیابی قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان به عنوان معیارهای این روش انتخاب شدند. جدول شماره ۵ معیارهای استفاده شده در روش تاپسیس را نمایش می‌دهد.

جدول شماره ۵: معیارهای رتبه‌بندی کشورهای مورد مطالعه از منظر قابلیت فناورانه

نام	معیارها
C1	زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات
C2	تعداد پژوهشگران تمام وقت کشور
C3	هزینه کرد در تحقیق و توسعه
C4	مقالات علمی و فنی
C5	آموزش عالی
C6	پروانه‌های ثبت اختراع
C7	تولید محصولات با فناوری پیشرفته

همان طور که بیان شد در این مقاله برای تعیین اوزان نسبی معیارهای مورد نیاز برای رتبه‌بندی کشورها با روش تاپسیس از روش تحلیل سلسله مراتبی در محیط فازی استفاده شد که نتایج آن در جدول شماره ۶ نمایش داده شده است.

جدول شماره ۶: مقایسه زوجی معیارها نسبت به هدف

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7

* در این سنجه گزارش شاخص نوآوری جهانی ۲۰۱۸ برای جمهوری اسلامی ایران از آمار سال ۲۰۱۱ استفاده نموده لذا در این پژوهش برای ارزیابی بهتر وضعیت جمهوری اسلامی ایران به گزارش سال ۲۰۱۳ که جدید تر بوده استناد می‌گردد.

** در این سنجه گزارش شاخص نوآوری جهانی ۲۰۱۸ برای جمهوری اسلامی ایران از آمار سال ۲۰۱۱ استفاده نموده لذا در این پژوهش برای ارزیابی بهتر وضعیت جمهوری اسلامی ایران به گزارش سال ۲۰۱۳ که جدید تر بوده استناد می‌گردد.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	مجموع
(۵)	(۱،۱،۱)	(۰،۱۵۹،۰،۲۵۹)	(۰،۱۳۰،۰،۱۵۰،۰،۱۷۷)	(۰،۲۴۶،۰،۱۷۲،۰،۲۰۹)	(۰،۲۲۶،۰،۲۸۳،۰،۳۸)	(۰،۱۵۳،۰،۱۷۱،۰،۲۲۶)	(۱،۱،۱)	۰،۳۲۵
(۴)	(۰،۱۶۱،۰،۱۹۲،۰،۲۳۹)	(۰،۱۳۷،۰،۱۳۳،۰،۲۰۹)	(۰،۱۸۱،۰،۲۲۱،۰،۲۸۶)	(۰،۲۱۲،۰،۲۵۹،۰،۳۵)	(۴،۰۸۱،۵،۱۰۳،۶،۱۱۷)	(۱،۱،۱)	(۴،۲۷۶،۵۵۱۷،۶،۵۴۲)	۰،۱۱۰
(۳)	(۰،۱۶۱،۰،۱۹۲،۰،۲۳۹)	(۰،۵۹۲،۰،۷۸۷،۱،۰۵)	(۰،۲۲۸،۰،۲۹۹،۰،۳۷)	(۱،۱،۱)	(۳،۷۸۴،۴،۸۱۷،۵،۸۳۷)	(۲،۹۸۴،۳،۸۶۸،۴،۷۲۵)	(۴،۷۹۶،۵۸۲۱،۶،۸۳۹)	۰،۰۵۲
(۵)	(۱،۴۴۲،۱،۷۸۱،۹۶۴)	(۱،۱،۱)	(۱،۱،۱)	(۲،۲۸۹،۳،۳۶۹،۴،۳۸۷)	(۴،۹۰۵،۵،۹۳۴،۶،۹۵۴)	(۳،۴۹۲،۴،۵۱۶،۵،۵۳۲)	(۵،۶۲۹،۶،۶۶۲،۷،۶۷۱)	۰،۰۳۰
(۴)	(۰،۵۳۱،۰،۵۹۳،۰،۶۹۳)	(۱،۱،۱)	(۰،۵۰۹،۰،۵۷۵،۰،۶۹۳)	(۰،۹۰۵،۱،۲۷۱،۶،۶۹۷)	(۴،۱۹۱،۵،۲۰۶،۶،۲۱۷)	(۴،۷۸۵،۷۹۶،۶،۷۰۷)	(۳،۷۶۴،۸۷۷،۵،۹۰۵)	۰،۰۴۲
(۱)	(۱،۱،۱)	(۰،۱۵۹۰،۱۸۹۰،۲۳۶۴)	(۰،۱۳۱،۰،۱۵۱،۰،۱۷۷)	(۰،۱۵۶،۰،۱۸۵۰،۲۳۷)	(۰،۶۲۰،۷۸۷،۱،۰۵۶)	(۰،۳۳۷،۰،۴۰۹،۰،۵۳۶)	(۰،۶۲۹،۰،۸۲۷،۱،۱۵۷)	۰،۲۶۱

۰٫۳۱۴	۰٫۲۵۳	۰٫۲۰۸	۰٫۱۰۶	۰٫۰۵۰	۰٫۰۴۱	۰٫۰۲۹	وزن نرمال
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	رتبه
نرخ ناسازگاری: ۰٫۰۸							

با توجه به جدول شماره ۶ می‌توان گفت، معیار تولید محصولات با فناوری پیشرفته با وزن ۰٫۳۱۴ اولویت اول، زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات با وزن ۰٫۲۵۳ اولویت دوم، آموزش عالی با وزن ۰٫۲۰۸ اولویت سوم، پروانه‌های ثبت اختراع با وزن ۰٫۱۰۶ اولویت چهارم، مقالات علمی و فنی با وزن ۰٫۰۵۰ اولویت پنجم، تعداد پژوهشگران تمام وقت با وزن ۰٫۰۴۱ اولویت ششم و هزینه کرد در تحقیق و توسعه با وزن ۰٫۰۲۹ اولویت هفتم را در بین معیارهای رتبه‌بندی کشورهای مورد مطالعه از منظر قابلیت‌های فناورانه کسب کرده است.

رتبه‌بندی کشورهای مورد مطالعه با روش تاپسیس فازی

همان طور که قبلاً بیان شد در این مقاله برای رتبه‌بندی کشورهای مورد مطالعه از روش تاپسیس استفاده شد که در ادامه به صورت گام به گام به ارائه نتایج و رتبه‌بندی کشورهای مورد مطالعه از منظر قابلیت‌های فناورانه با روش تاپسیس پرداخته می‌شود.

گام اول: در این گام، ماتریس تصمیم روش تاپسیس که در این مقاله یک ماتریس سطری و ستونی بوده که در آن ده کشور به عنوان گزینه در سطر و هفت معیار در ستون قرارگرفته‌اند و هر سلول نیز امتیاز هر کشور بر اساس هر معیار است، تشکیل شد که نتایج این گام در جدول شماره ۷ نمایش داده شده است.

جدول شماره ۷: ماتریس تصمیم تاپسیس

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
روسیه	۱۳۳٫۶	۲۹۷۹٫۱	۱٫۱	۷٫۲	۱۱۰٫۸	۷	۰٫۲
ترکیه	۱۱۲٫۲	۱۲۱۵٫۸	۰٫۹	۸٫۳	۱۱۵٫۶	۳٫۴	۰٫۳

یونان	۱۳۵,۸	۲۵۹۹,۳	۱	۲۱,۶	۱۴۷,۳	۲,۳	۰,۱
اوکراین	۹۷,۷	۱۰۳۷,۲	۰,۵	۱۰,۲	۱۱۰,۱	۶,۳	۰,۲
ایتالیا	۱۳۶,۸	۲۱۳۱,۵	۱,۳	۱۷,۸	۸۶,۲	۵,۸	۰,۴
رومانی	۱۲۵,۷	۹۱۲,۴	۰,۵	۱۱,۵	۷۶,۸	۲,۳	۰,۴
لهستان	۱۳۰,۵	۲۱۵۸,۵	۱	۱۷,۸	۸۹,۵	۴,۴	۰,۳
اسپانیا	۱۵۲,۱	۲۷۱۹,۷	۱,۲	۲۱,۱	۱۱۵,۱	۲,۶	۰,۴
پرتغال	۱۴۰,۶	۳۹۲۸,۶	۱,۳	۳۱,۲	۹۰,۸	۲,۹	۰,۲
ایران	۱۰۲,۸	۱۴۹۱,۴	۰,۸	۱۷,۲	۱۱۲,۷	۹,۶	۰,۳

گام دوم: در این گام ماتریس تصمیم نرمال محاسبه شده است که جدول شماره ۸ این ماتریس تصمیم نرمال شده را نمایش می‌دهد. در این مقاله تمامی معیارها جنبه مثبت دارند.

جدول شماره ۸: ماتریس تصمیم نرمال تاپسیس

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
روسیه	۰,۳۳۰	۰,۴۰۸	۰,۳۴۸	۰,۱۲۸	۰,۳۲۷	۰,۴۲۵	۰,۲۱۳
ترکیه	۰,۲۷۸	۰,۱۶۷	۰,۲۸۵	۰,۱۴۷	۰,۳۴۱	۰,۲۰۶	۰,۳۲۰
یونان	۰,۳۳۶	۰,۳۵۶	۰,۳۱۷	۰,۳۸۴	۰,۴۳۴	۰,۱۴۰	۰,۱۰۷
اوکراین	۰,۲۴۲	۰,۱۴۲	۰,۱۵۸	۰,۱۸۱	۰,۳۲۵	۰,۳۸۳	۰,۲۱۳
ایتالیا	۰,۳۳۸	۰,۲۹۲	۰,۴۱۲	۰,۳۱۶	۰,۲۵۴	۰,۳۵۲	۰,۴۲۶
رومانی	۰,۳۱۱	۰,۱۲۵	۰,۱۵۸	۰,۲۰۴	۰,۲۲۶	۰,۱۴۰	۰,۴۲۶
لهستان	۰,۳۲۳	۰,۲۹۶	۰,۳۱۷	۰,۳۱۶	۰,۲۶۴	۰,۲۶۷	۰,۳۲۰
اسپانیا	۰,۳۷۶	۰,۳۷۳	۰,۳۸۰	۰,۳۷۵	۰,۳۳۹	۰,۱۵۸	۰,۴۲۶
پرتغال	۰,۳۴۸	۰,۵۳۸	۰,۴۱۲	۰,۵۵۴	۰,۲۶۸	۰,۱۷۶	۰,۲۱۳
ایران	۰,۲۵۴	۰,۲۰۴	۰,۲۵۳	۰,۳۰۵	۰,۳۳۲	۰,۵۸۳	۰,۳۲۰

گام سوم: در این گام ماتریس نرمال وزین که حاصل‌ضرب وزن معیارهای به دست آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی در ماتریس نرمال است، ایجاد می‌گردد؛ که می‌توان آن را در جدول شماره ۹ مشاهده نمود.

جدول شماره ۹: ماتریس وزن دار تاپسیس

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
روسیه	۰,۰۸۴	۰,۰۱۷	۰,۰۱۰	۰,۰۰۶	۰,۰۶۸	۰,۰۴۵	۰,۰۶۷
ترکیه	۰,۰۷۰	۰,۰۰۷	۰,۰۰۸	۰,۰۰۷	۰,۰۷۱	۰,۰۲۲	۰,۱۰۰
یونان	۰,۰۸۵	۰,۰۱۵	۰,۰۰۹	۰,۰۱۹	۰,۰۹۰	۰,۰۱۵	۰,۰۳۳
اوکراین	۰,۰۶۱	۰,۰۰۶	۰,۰۰۵	۰,۰۰۹	۰,۰۶۸	۰,۰۴۱	۰,۰۶۷
ایتالیا	۰,۰۸۶	۰,۰۱۲	۰,۰۱۲	۰,۰۱۶	۰,۰۵۳	۰,۰۳۷	۰,۱۳۴
رومانی	۰,۰۷۹	۰,۰۰۵	۰,۰۰۵	۰,۰۱۰	۰,۰۴۷	۰,۰۱۵	۰,۱۳۴
لهستان	۰,۰۸۲	۰,۰۱۲	۰,۰۰۹	۰,۰۱۶	۰,۰۵۵	۰,۰۲۸	۰,۱۰۰
اسپانیا	۰,۰۹۵	۰,۰۱۵	۰,۰۱۱	۰,۰۱۹	۰,۰۷۱	۰,۰۱۷	۰,۱۳۴
پرتغال	۰,۰۸۸	۰,۰۲۲	۰,۰۱۲	۰,۰۲۸	۰,۰۵۶	۰,۰۱۹	۰,۰۶۷
ایران	۰,۰۶۴	۰,۰۰۸	۰,۰۰۷	۰,۰۱۵	۰,۰۶۹	۰,۰۶۲	۰,۱۰۰

گام چهارم: در این گام ایده‌آل‌های مثبت (+A) و منفی (-A) محاسبه شده است به طوری که ایده آل مثبت برابر با بزرگ‌ترین درایه ستون ماتریس نرمال و ایده آل منفی برابر با کوچک‌ترین درایه ستون ماتریس نرمال است. نتایج این گام در جدول شماره ۱۰ نمایش داده شده است.

جدول شماره ۱۰: ایده‌آل‌های مثبت و منفی

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A+	۰,۰۹۵	۰,۰۲۲	۰,۰۱۲	۰,۰۲۸	۰,۰۹۰	۰,۰۶۲	۰,۱۳۴
A-	۰,۰۶۱	۰,۰۰۵	۰,۰۰۵	۰,۰۰۶	۰,۰۴۷	۰,۰۱۵	۰,۰۳۳

گام پنجم: در این گام فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل مثبت (+d) و ایده‌آل منفی (-d) محاسبه می‌شود. در واقع گزینه‌ای اهمیت بیشتر و رتبه بهتری کسب می‌کند که کمترین فاصله را تا ایده آل مثبت و بیش‌ترین فاصله را تا ایده‌آل منفی داشته باشد. نتیجه این گام را می‌توان در ستون اول و دوم جدول شماره ۱۴ مشاهده نمود.

گام ششم: در این گام شاخص شباهت هر گزینه محاسبه‌شده و بر اساس آن گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌گردد به طوریکه هر چقدر شاخص شباهت یک گزینه بزرگ‌تر باشد نشان‌دهنده رتبه

بهتر آن گزینه است. نتایج این گام در ستون سوم و چهارم جدول شماره ۱۱ نمایش داده شده است.

جدول شماره ۱۱: رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها

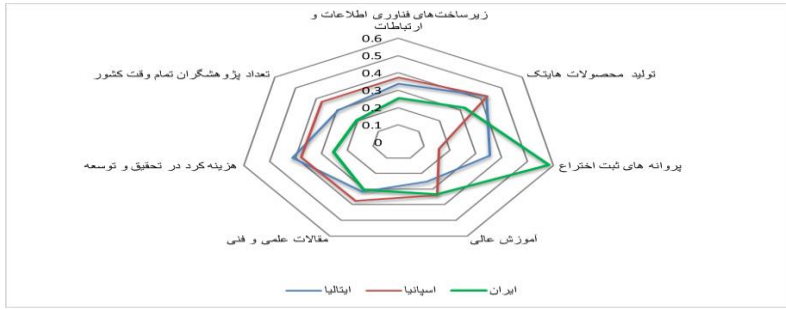
	+d	-d	Cl	رتبه
روسیه	۰,۰۷۷	۰,۰۵۶	۰,۴۲۲	۷
ترکیه	۰,۰۶۶	۰,۰۷۲	۰,۵۲۲	۶
یونان	۰,۱۱۲	۰,۰۵۲	۰,۳۱۸	۱۰
اوکراین	۰,۰۸۵	۰,۰۴۷	۰,۳۵۵	۹
ایتالیا	۰,۰۴۸	۰,۱۰۷	۰,۶۸۸	۱
رومانی	۰,۰۷۱	۰,۱۰۲	۰,۵۹۱	۴
لهستان	۰,۰۶۳	۰,۰۷۳	۰,۵۳۷	۵
اسپانیا	۰,۰۵۰	۰,۱۱۰	۰,۶۸۵	۲
پرتغال	۰,۰۸۷	۰,۰۵۲	۰,۳۷۵	۸
ایران	۰,۰۵۴	۰,۰۸۵	۰,۶۱۴	۳

با توجه به نتایج تاپسیس کشور ایتالیا با امتیاز ۰,۶۸۸ رتبه اول، کشور اسپانیا با امتیاز ۰,۶۸۵ رتبه دوم، کشور جمهوری اسلامی ایران با امتیاز ۰,۶۱۴ رتبه سوم را از منظر قابلیت‌های فناورانه در میان ده کشور بررسی‌شده کسب نموده‌اند و اوکراین با امتیاز ۰,۳۵۵ و یونان با امتیاز ۰,۳۱۸ به ترتیب رتبه نهم و دهم یعنی ضعیف‌ترین رتبه را از منظر قابلیت‌های فناورانه در میان کشورهای مورد بررسی کسب نموده‌اند.

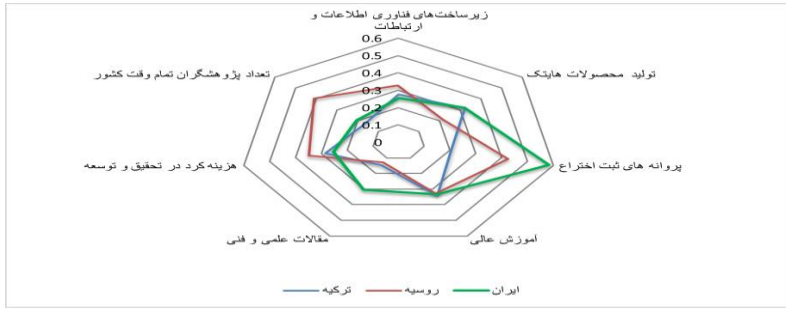
تحلیل وضعیت جمهوری اسلامی ایران در قابلیت‌های فناورانه

با توجه به نتایج رتبه‌بندی با روش تاپسیس، جمهوری اسلامی ایران در میان کشورهای مورد مطالعه این مقاله (روسیه، ترکیه، یونان، اوکراین، ایتالیا، رومانی، لهستان، اسپانیا و پرتغال) از منظر قابلیت‌های فناورانه در رتبه سوم ایستاده است که جایگاه مناسبی است. اکنون برای تشریح بیشتر وضعیت جمهوری اسلامی ایران و همچنین کمک به سیاست‌گذاران عرصه علم و فناوری

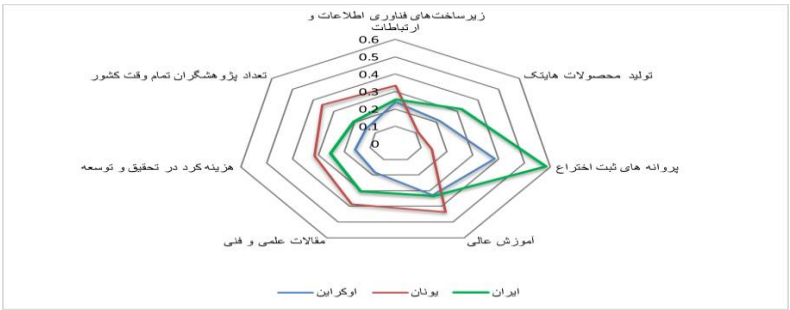
کشور جهت شناسایی نقاط مهمی که جهت حفظ و بهبود وضعیت قابلیت‌های فناورانه باید بر آن‌ها تمرکز کرد، به تبیین وضعیت جمهوری اسلامی ایران در هر سنجه از سنجه‌های ارزیابی قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان پرداخته می‌شود. شکل های شماره ۱، ۲و۳ وضعیت جمهوری اسلامی ایران را در هر سنجه از سنجه‌های ارزیابی قابلیت‌های فناورانه به ترتیب نسبت به دو کشور؛ برتر، میانی و آخر نشان می‌دهد. قابل‌ذکر است این نمودارها بر اساس جدول شماره ۸ یعنی ماتریس تصمیم نرمال شده روش تاپسیس رسم شده‌اند.



نمودار شماره ۱: وضعیت ایران در سنجه‌های ارزیابی قابلیت‌های فناورانه نسبت به دو کشور برتر



نمودار شماره ۲: وضعیت ایران در سنجه‌های ارزیابی قابلیت‌های فناورانه نسبت به دو کشور میانی



نمودار شماره ۳: وضعیت ایران در سنجه‌های ارزیابی قابلیت‌های فناورانه نسبت به دو کشور آخر

با توجه به نمودارهای نمایش داده‌شده می‌توان گفت که جمهوری اسلامی ایران از نظر پروانه‌های ثبت اختراع، تولید مقالات علمی و فنی و همچنین وضعیت آموزش عالی در میان کشورهای مورد مطالعه از جایگاه بسیار خوبی برخوردار بوده و وضعیت مطلوبی دارد لذا این نقاط قوت باید حفظ‌شده و در جهت تقویت آن‌ها تلاش گردد. از نظر زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات نیز جمهوری اسلامی ایران از وضعیت خوبی برخوردار بوده و اختلاف زیادی با کشورهای برتر مورد مطالعه ندارد لذا باید در این مورد نیز وضعیت فعلی حفظ و تقویت گردد. با توجه به نمودارهای نمایش داده‌شده، می توان گفت جمهوری اسلامی ایران نسبت به کشورهای برتر مورد مطالعه در سه سنجه تولید محصولات با فناوری پیشرفته، هزینه کرد در تحقیق و توسعه، تعداد پژوهشگران تمام وقت کشور نیاز به بهبود و تقویت دارد که در میان آنها با توجه به جدول شماره ۶ به ترتیب تولید محصولات با فناوری پیشرفته، تعداد پژوهشگران تمام وقت کشور و هزینه کرد در تحقیق و توسعه دارای اهمیت بیشتری هستند و سیاست‌گذاران عرصه علم و فناوری کشور باید بر بهبود این نقاط تمرکز بیشتری داشته باشند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

الف– نتیجه‌گیری

قابلیت‌های فناورانه یک کشور عامل اصلی است که به واسطه آن یک کشور می‌تواند به توسعه اقتصادی پایدار دست پیدا کند. این قابلیت‌ها را توانایی یک کشور در خلق، بهره‌برداری و استفاده از فناوری‌ها و نوآوری‌های جهانی تعریف می‌نماید. همچنین می‌توان قابلیت فناورانه را

توانایی استفاده موثر از دانش فناورانه در تولید، مهندسی و نوآوری و همچنین توانایی توسعه محصولات و فرآیندهای جدید در پاسخ به محیط اقتصادی در حال تغییر تعریف نمود. در این مقاله، که به دنبال مقایسه جمهوری اسلامی ایران و منتخبی از کشورهای اروپایی با سطح نوآوری متوسط (روسیه، ترکیه، یونان، اوکراین، ایتالیا، رومانی، لهستان، اسپانیا و پرتغال) از منظر قابلیت‌های فناورانه بود. با بررسی و تدقیق در ادبیات قابلیت فناورانه در سطح کلان سنجه‌های ارزیابی این قابلیت‌ها استخراج شد و با استفاده از نظرخواهی خبرگان حوزه مدیریت فناوری و همچنین حوزه سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری اهمیت این سنجه‌ها تعیین گردید سپس با استفاده از داده‌های بین‌المللی و به‌کارگیری روش تاپسیس این کشورها از نظر قابلیت‌های فناورانه رتبه‌بندی شده و در نهایت وضعیت جمهوری اسلامی ایران و نقاطی که نیاز به تمرکز بیشتری برای بهبود قابلیت‌های فناورانه دارند مشخص شد. نتایج نشان داد که در میان ده کشور مورد بررسی کشور ایتالیا، اسپانیا و جمهوری اسلامی ایران به ترتیب سه کشور برتر از نظر قابلیت‌های فناورانه بوده و سه کشور پرتغال، اوکراین و یونان به ترتیب با کسب رتبه هشتم، نهم و دهم ضعیف‌ترین جایگاه را در میان کشورهای مورد بررسی کسب نموده‌اند. نتایج همچنین نشان داد که جمهوری اسلامی ایران از نظر تولید مقالات علمی و فنی، پروانه های ثبت اختراع، آموزش عالی و همچنین زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در میان کشورهای مورد مطالعه از جایگاه مناسبی برخوردار بوده و برای بهبود در وضعیت قابلیت‌های فناورانه خود به ترتیب باید بر تولید محصولات با فناوری پیشرفته، تعداد پژوهشگران تمام وقت کشور و هزینه کرد در تحقیق و توسعه تمرکز نماید.

ب- پیشنهادات

از آنجایی که تحقیق فعلی تنها به بیان وضعیت موجود جمهوری اسلامی ایران و کشورهای مورد مطالعه از منظر قابلیت‌های فناورانه پرداخته و تنها نقاطی را که جمهوری اسلامی ایران برای بهبود قابلیت‌های فناورانه باید بر آن‌ها تمرکز نماید را معرفی می‌کند لذا پیشنهاد می‌گردد پژوهشی در راستای ارائه راهکار و راه حل ایجاد بهبود در نقاط تمرکز معرفی‌شده انجام گیرد. همچنین می‌توان پیشنهادهای ذیل را که بر مبنای مطالعات محقق در زمینه مورد بررسی ایجادشده و امکان و فرصت پرداختن به آن‌ها در تحقیق حاضر میسر نبوده است را بیان نمود:

- تحلیل جایگاه و مقایسه جمهوری اسلامی ایران با سایر کشورهای جهان از منظر

قابلیت‌های فناورانه با استفاده از شاخص ها و مسیر طی شده در این پژوهش

- مقایسه سنجه‌های ارزیابی قابلیت‌های فناورانه در سطح کلان با سایر سطوح نظیر؛ بنگاه، بخش و صنعت
- به‌کارگیری سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای این پژوهش و مقایسه نتایج حاصله به منظور اعتبارسنجی و تایید یافته‌ها

منابع

- فرتوک زاده، حمیدرضا؛ طهماسبی، سیامک؛ اصلی‌پور، حسین؛ بوشهری، علیرضا و توکلی، غلامرضا (۱۳۹۹). الگوی تدوین راهبردهای قابلیت محور در سازمان صنایع دریایی با رویکرد آینده پژوهی. ***مطالعات بین رشته‌ای دانش راهبردی***. ۱۰ (۳۸). ۱۹۱- ۱۶۱
- میرجلیلی، سیدحسین؛ حسینی، سیدشمس‌الدین وعبدی، یوسف (۱۳۹۷). بررسی عوامل مؤثر بر توسعه صادرات محصولات دانش بنیان (با فناوری بالا) در کشورهای منتخب. ***مطالعات بین رشته‌ای دانش راهبردی***. ۸ (۳۳). ۱۱۵-۱۴۴.

- Ali, T. M., Bashir, T., & Kiani, A. K. (2015). Assessment of technological capabilities of OIC countries. ***Science, Technology and Society***, 20(1), 114-۱۳۱.
- Archibugi, D., & Coco, A. (2004). A new indicator of technological capabilities for developed and developing countries (ArCo). ***World Development***, 32(4), 629-654.
- Archibugi, D., & Coco, A. (2005). Measuring technological capabilities at the country level: A survey and a menu for choice. ***Research policy***, 34(2), 175-۱۹۴.
- Archibugi, D., Denni, M., & Filippetti, A. (2009). The technological capabilities of nations: The state of the art of synthetic indicators. ***Technological Forecasting and Social Change***, 76(7), 917-93۱.
- Archibugi, D., & Filippetti, A. (Eds.). (2015). ***The handbook of global science, technology, and innovation***. John Wiley & Sons.
- Belhadi, A., Touriki, F. E., & El Fezazi, S. (2017). Prioritizing the solutions of lean implementation in SMEs to overcome its barriers: An integrated fuzzy AHP-TOPSIS approach. ***Journal of Manufacturing Technology Management***, 28(8), 1115-1139.
- Cerulli, G. (2014). The impact of technological capabilities on invention: an investigation based on country responsiveness scores. ***World Development***, 59,

۱۴۷-۱۶۵.

- Cornell University, INSEAD, and WIPO (2013-۲۰۱۸): □□□ □□obal Innovation Index 2013-2018: ***Innovation Feeding the World***, Ithaca, Fontainebleau, and Geneva. https://www.globalinnovationindex.org
- Desai, M., Fukuda-Parr, S., Johansson, C., & Sagasti, F. (2002). Measuring the technology achievement of nations and the capacity to participate in the network age. ***Journal of Human Development***, 3(1), 95-122.
- Dutrénit, G., Natera, J. M., Anyul, M. P., & Vera-Cruz, A. O. (2018). ***Development profiles and accumulation of technological capabilities in Latin America***. Technological Forecasting and Social Change.
- European Commission (201۸), ***The European Innovation Scoreboard*** (EIS),Retrievedfromhttp://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/scoreboards_en
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). ***Methods for multiple attribute decision making***. In Multiple attribute decision making (pp. 58-1۹۱). □□□□□□□□□, □□□□□□, Heidelberg.
- Khayyat, N. T., & Lee, J. D. (2015). A measure of technological capabilities for developing countries. ***Technological Forecasting and Social Change***, 92, ۲۱۰-۲۲۳.
- Kim, L. (2001). The dynamics of technological learning in industrialisation. ***International Social Science Journal***, 53(168), 297-308.
- Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. ***World development***, 20(2), 165-186.
- Molina-Domene, M. A., & Pietrobelli, C. (2012). Drivers of technological capabilities in developing countries: An econometric analysis of Argentina, Brazil and Chile. ***Structural Change and Economic Dynamics***, 23(4), 504-۵۱۵.
- Vlčková, J. A. N. A. (2015). Can exports be used as an indicator of technological capabilities of countries?. ***Geography***: ***Journal of Czech Geographical Society***, 120(3), 314-329.
- Wagner, C., Horlings, E., & Dutta, A. (2004). ***A Science and Technology Capacity Index: Input for Decision Making***. The Hague: Rand Corporation.
- World Economic Forum (WEF). 2017. The Global Competitiveness Report ۲۰۱۷–۲۰۱۸. □□□□□□, □□□□□□□□□□□□: □□□. □□□□□://□□□.□□□□□□□.□□□/□□□□□□□/□□□-***global-competitiveness report***-۲۰۱۷-۲۰۱۸.
- Zavadskas, E. K., Mardani, A., Turskis, Z., Jusoh, A., & Nor, K. M. (2016). Development of TOPSIS method to solve complicated decision-making problems—An overview on developments from 2000 to 2015. ***International Journal of Information Technology & Decision Making***, 15(03), 645-6۸۲.