**فصلنامه مطالعات مدیریت فناوری اطلاعات سال سوم، شماره ۱۱، بهار ۹٤**
**صفحات ۹۷ تا ۱۲۲**

# رتبه بندی توانمندی فناورانه در کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه با رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره

**مجتبی آقایی***
**سید امید باسیرو****

## چکیده

در این پژوهش با بهره‌گیری از شاخص‌های متعدد برگرفته از انواع مختلف مدل‌های ارزیابی توانمندی فناورانه در سطح ملی، به رتبه‌بندی کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصاد و توسعه به لحاظ توانمندی فناورانه به روش تصمیم‌گیری چند معیاره پرداخته شد. در گام نخست با استفاده از روش کتابخانه‌ای، مروری بر مقالات و کتب مرتبط انجام شد. در این مرحله مهم‌ترین مدل‌ها و معیارهای ارزیابی توانمندی فناورانه در سطح ملی مورد بررسی قرار گرفته شد و درنهایت ۱٤ شاخص به‌عنوان معیارهای تصمیم‌گیری مورد بررسی قرار گرفت. سپس با به‌کارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری مجموع ساده موزون، تاپسیس و الکتره کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه از حیث توانمندی فناورانه رتبه‌بندی شده‌اند. در ادامه به‌منظور ادغام نتایج هر تکنیک، از روش کپلند استفاده شده است. پژوهش حاضر از جنبه روش در دسته پژوهش‌های کمی است و از منظر هدف از نوع پژوهش‌های کاربردی است. بر اساس یافته‌های پژوهش آمریکا، ژاپن و آلمان به‌عنوان پیشگامان توانمندی فناورانه در میان کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه قلمداد می‌شوند.

**کلیدواژگان:** توانمندی فناورانه، کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه، تصمیم‌گیری چندمعیاره، کپلند

---

* دانشجوی دکتری، مدیریت صنعتی، گرایش تحقیق در عملیات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران (نویسنده مسئول: mojtaba_aghaei68@yahoo.com)

** کارشناس ارشد، مدیریت تکنولوژی،دانشکده مهندسی پشرفت، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

**تاریخ دریافت: ۹٤/۷/۲۲** **کد مقاله: ۱۰٦۸** **تاریخ پذیرش: ۹٤/۸/۲۳**

## مقدمه

در سرتاسر زندگی بشر، فناوری تأثیری عمیق بر زندگی او و پیشرفت‌های تمدن داشته است. فناوری، تمام جنبه‌های زندگی بشری را مورد هجوم خود قرار داده است. فعالیت شرکت‌ها، دولت‌ها و تک‌تک افراد جامعه به‌شدت به فناوری وابسته شده‌اند. با ورود به قرن بیست و یکم میزان پیشرفت‌های فناوری و وابستگی جوامع به آن، به‌شدت افزایش یافته است (اعرابی، ۱۳۸۹). فناوری از دیرباز به‌سان یکی از مهم‌ترین عناصر اساسی تولید و توسعه، همواره با رشد دانش بشری در حال تغییر بوده است. پیشرفت‌های فناوری بر میزان کارایی سایر عناصر درگیر در فرایند تولید و توسعه تأثیر داشته و نقش خود را در این فرایند پررنگ‌تر نموده است (مجموعه مطالعات پشتیبان سند تحول راهبردی علم و فناوری کشور، ۱۳۸۹). تغییرات فناورانه و ورود به عصر اقتصاد دانش‌بنیان موجب پدیدار شدن پارادایم جدیدی در رشد و توسعه همه‌جانبه کشورها شده است. تا چندی پیش اقتصاددانان بر این نکته اعتقاد داشتند که تفاوت سطح توسعه‌یافتگی میان کشورها تنها با عامل سرمایه تجمیعی برحسب کارگر قابل‌سنجش است. بااین‌وجود از سال ۱۹۶۰ به بعد این ایده مطرح گردید که تمایزات ایجادشده در سطح توسعه‌یافتگی کشورها مرتبط با تفاوت‌های فناورانه آن‌هاست. مردم دنیا آرزو دارند که فناوری‌های جدید برای آن‌ها پیام‌آور زندگی سالم‌تر، آزادی‌های اجتماعی بیشتر، افزایش دانش و بهبود معیشت باشد. در کنار این امیدواری‌ها، نگرانی‌هایی نیز از ناحیه عدم کاربرد فناوری‌های جدید در توسعه کشورهای درحال‌توسعه و حتی افزایش فاصله کشورهای فقیر و غنی وجود دارد. پرواضح است که تفاوت فناوری در قرن ۲۱ باعث افزایش فاصله توسعه‌یافتگی بین کشورها می‌شود. امروزه فناوری عاملی حیاتی و راهبردی در توسعه و پیشرفت کشورها مطرح بوده و تلاش‌های زیادی در جهت بهبود و ارتقای توانمندی فناورانه در سطح ملی در دنیا انجام شده است. در اقتصاد رقابتی امروزی کشورها بدون موفقیت درزمینه توسعه توانمندی فناورانه و موارد مکمل نمی‌توانند انتظار جبران فاصله خود با کشورهای توسعه‌یافته را داشته باشند (طباطبائیان ،۱۳۸۹). به همین منظور سیاست‌گذاری علم و فناوری و نوآوری یکی از اساسی‌ترین اقدامات دولت‌ها و نهادهای بین‌المللی است بی‌تردید یکی از مهم‌ترین گام‌های سیاست‌گذاری و تدوین راهبرد در جهت ارتقای توان فناورانه در سطح ملی، شناسایی وضعیت موجود و داشتن دیدی مناسب و جامع از وضعیت توانمندی فناورانه خود و

سایر کشورها است. الگو گیری رویکردی مقایسه‌ای و محک‌زنی خود با دیگر کشورها بر اساس شاخص‌هایی جامع و موردتوافق بین‌الملل از مهم‌ترین اقدامات در شناسایی وضعیت موجود است. بنابراین ارزیابی توانمندی فناورانه، اطلاعات مهم و راهبردی را در اختیار سیاست‌گذاران این عرصه قرار خواهد داد. شناسایی نقاط قوت و ضعف و سطح فعلی قابلیت‌های فناورانه، تعیین جایگاه میان رقبا و فاصله از سطح ایده‌آل، از مهم‌ترین بروندادهای یک فرایند ارزیابی توانمندی فناورانه است. هدف اصلی این پژوهش استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به‌منظور ارزیابی توانمندی فناورانه در میان کشورهای سازمان همکاری اقتصادی و توسعه است. در ادامه با مروری بر مفاهیم توانمندی فناورانه، مدل‌های ارزیابی توانمندی فناورانه و شاخص‌های مؤثر بر آن تلاش شده است که تعریفی جامع از این مفاهیم ارائه شود. سپس با جمع‌بندی شاخص‌های شناسایی‌شده و نظر خبرگان، شاخص‌های منتخب جهت ارزیابی توانمندی فناورانه در سطح ملی گزینش شده‌اند. درنهایت با بهره‌گیری از مدل‌های تصمیم‌گیری مجموع ساده موزون، تاپسیس و الکتره، توانمندی فناورانه در سطح کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه[1] ارزیابی و کشورهای رتبه‌بندی شده‌اند.

## مبانی نظری پژوهش

### توانمندی فناورانه

اهمیت توانمندی فناورانه در توسعه اقتصادی در مطالعات زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. تفاوت در سطح فناوری به‌عنوان عامل اصلی تفاوت در نرخ رشد کشورها در پژوهش‌های تجربی بسیاری به اثبات رسیده است. (شفیعا،۱۳۸۹). توانمندی فناورانه، همواره به‌طور نامنظمی میان کشورها توزیع شده است. دهه‌های زیادی کشورهای محدودی همچون آمریکا، کانادا، ژاپن و اروپای غربی، به‌عنوان پیشتازان در توانمندی فناورانه در سطح جهان مطرح بودند. در این باب، در دو دهه گذشته جامعه علمی و اندیشمندان، پیرامون دو موضوع مطالعاتی را انجام داده‌اند.

۱- چگونگی ارائه مدلی جامع جهت ارزیابی و سنجش توانمندی فناورانه در سطح ملی بر اساس شاخص‌ها و ابعاد مختلف

1. OECD

۲- پویایی جهانی فناوری، آیا بر اساس یک روند همگراست یا هنوز هم تعداد محدودی کشورهای پیشرفته توانمندی تولید و عرضه فناوری‌ها و نوآوری‌های جدید را در جهان به عهده خواهند داشت.

اخیراً نوآوری فناورانه در مقابل اهمیت نهادسازی‌ها در جهت رشد اقتصادی، اهمیت ویژه‌ای یافته است. ماک یر معتقد است که نوآوری فناورانه به‌احتمال‌زیاد بیشتر از نهادهای اقتصادی توانایی توضیح توسعه در جوامع را دارا است. مطالعات کیم و لی نیز این استدلال را تائید می‌کند. مطالعات آن‌ها نشان داد که نهادها و سیاست‌ها به‌منظور رشد بلندمدت اقتصادی مهم هستند. علاوه بر این فناوری و آموزش عالی در اقتصادهای پیشرفته و نوظهور نقش مهمی ایفا می‌کند. درحالی‌که نهادهای اقتصادی و سطوح دوم آموزش‌وپرورش به‌نوبه خود نقش بسیار مهمی در کشورهای با درامد پایین خواهند داشت. بر اساس مطالعات آن‌ها، مسئله امروز، این است که کشورها چگونه می‌توانند از طریق اکتساب و دستیابی به فناوری سطح شکاف فناوری خود را کاهش دهند. در مطالعات توانمندی فناورانه، فرض این است که کشورها به لحاظ ظرفیت جذب، توسعه و انطباق فناوری‌ها متفاوت هستند. مراحل تقلید و پذیرش فناوری، نیازمند مهارت، دانش و یادگیری است. این فرایند زمان‌بر و هزینه‌بر است. مفهوم توانمندی فناورانه به‌منظور تشریح توسعه کره، توسط کیم پیشنهاد شد. او توانمندی فناورانه را توانایی به‌کارگیری دانش فناورانه در تلاش برای جذب، استفاده، انطباق و تغییرات فناوری‌های موجود. علاوه بر سطح بنگاه این مفهوم به‌منظور توضیح شکست کشورهای توسعه‌نیافته در انجام فرایند جهش تکنولوژیک و توسعه اقتصادی به کار رفته است (فیلیپتی[1]، ۲۰۱۱)کیم در مطالعات خود توانمندی فناورانه را شامل، توانمندی تولیدی، توانمندی سرمایه‌گذاری و توانمندی نوآوری در نظر گرفته است (کیم[2]،۱۹۹۷) در سطح بنگاهی توانمندی‌های فناوری شرکت‌ها، به‌عنوان اهرمی در جهت ارتقای راهبرد فناوری شرکت و زمینه‌ساز توسعه موفقیت‌آمیز فناوری در شرکت‌های نوآور است. توانمندی اشاره به توانایی یک سازمان در انجام مجموعه‌ای هماهنگ از وظایف دارد. به‌کارگیری منابع سازمانی در جهت دستیابی به یک نتیجه خاص است و منابع سازمانی مجموعه‌ای از دارایی‌ها و ورودی‌هایی است که در اختیار سازمان است یا سازمان بر آن‌ها کنترل دارد (بانرژی[3]، ۲۰۱۲).توانمندی فناورانه در سطح ملی در ابعاد

1. Filippetti
2. Kim
3. Banerjee

سرمایه‌گذاری فیزیکی (زیرساخت‌ها)، سرمایه انسانی و تلاش‌های فناورانه دسته‌بندی می‌شود. ابعاد سه‌گانه توانمندی فناورانه، در تعامل و وابستگی با یکدیگر هستند و تعیین میزان سهم هر یک از اجرا در عملکرد ملی دشوار است. توسعه و ارتقای توانمندی فناورانه تنها از طریق توسعه و بهبود هم‌زمان در هر سه جز صورت خواهد گرفت. اگر سرمایه‌گذاری‌های فیزیکی در سطح ملی انجام گردد اما مهارت‌ها و نیازمندی‌های فناوری، به‌منظور بهبود کارایی توسعه نیابد، توانمندی فناورانه با کارایی لازم توسعه نمی‌یابد. همچنین چنانچه مهارت‌ها و سرمایه انسانی توسعه یابد اما این مهارت‌ها با تلاش‌های فناورانه ترکیب نشود کارایی به‌طور پویا ارتقا نخواهد یافت. سرمایه‌گذاری فیزیکی در حقیقت به‌عنوان زیرساخت اساسی و توانمندی پایه‌ای هر جامعه مدنظر است. کارخانه‌ها، تجهیزات فنی، انرژی و زیرساخت ارتباطی همگی از نیازمندی‌های پایه‌ای هر صنعت می‌باشند. سرمایه انسانی نه‌تنها شامل مجموعه مهارت‌ها و توانایی‌هایی که از طریق آموزش‌های رسمی پدید می‌آیند؛ بلکه مجموعه تجارب و مهارت‌های فنی که در حین فعالیت‌های فناورانه شکل می‌گیرند نیز است. سومین جز توانمندی فناورانه، تلاش‌های فناورانه است. سرمایه‌های فیزیکی و منابع انسانی آموزش‌دیده، در ترکیب با تلاش‌های فناورانه موجب بهبود بهره‌وری و توسعه صنعتی و فناوری می‌شوند (کرولی[1]، ۲۰۱۲)

## مدل‌های ارزیابی توانمندی فناورانه در سطح ملی

در دو دهه اخیر مطالعات زیادی با هدف ارائه مدلی جامع جهت سنجش توانمندی فناورانه در سطوح ملی انجام شده است. امروزه استفاده از شاخص‌های ترکیبی برای ارزیابی مفاهیم پیچیده در علوم اجتماعی بسیار موردتوجه قرار گرفته است. شاخص‌های ترکیبی به‌طور گسترده در رشته‌های علمی مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از میانگین‌های حسابی متغیرهای موردسنجش به‌منظور ارزیابی شاخص توانمندی فناورانه امروزه بسیار مورد انتقادات است. به‌کارگیری شاخص‌های ترکیبی به‌منظور خلاصه‌سازی یک مفهوم پیچیده در علوم اجتماعی در دهه‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. سنجش عملکرد علمی، نوآوری و فناوری در سطح ملی و مقایسه میان کشورها یکی از مواد اولیه کاربرد شاخص‌های ترکیبی است. این

1. Cerulli

رویکرد در توسط بسیاری از محققین، نهادهای بین‌المللی و سیاست‌گذارانی که علاقه‌مند به اتخاذ سیاست‌های مناسب در حوزه علم و فناوری ملی بوده‌اند استفاده شده است. در سال‌های اخیر شاخص‌های مختلفی در حوزه علم و فناوری و نوآوری پیشنهاد شده است. با وجود معرفی شاخص‌های گوناگون در حوزه علم و فناوری و نوآوری، همگی این شاخص‌ها حداقل در دو حوزه شباهت زیادی با هم دارند. اولاً آن‌ها ترکیبی از شاخص‌های فرعی و زیر معیارها هستند. دوماً به‌منظور ترکیب زیر معیارها و شاخص‌های فرعی، از روش‌های میانگین ساده یا موزون بهره می‌گیرند (کرولی[1]، ۲۰۱۲). در ادامه مروری بر مهم‌ترین مدل‌های ارزیابی توانمندی فناورانه در سطح ملی ارائه شده است.

## شاخص دستیابی به فناوری

این شاخص ترکیبی در سال ۲۰۰۱ توسط برنامه توسعه سازمان ملل متحد (یو ان دی پی) ارائه شده است. این شاخص ترکیبی میزان دستیابی یک کشور به فناوری را بیان می‌دارد؛ به عبارتی این شاخص سهم مشارکت کشورها در ایجاد و کاربرد فناوری را سنجش می‌کند. شاخص‌های انتخاب‌شده در این مدل مرتبط با اهداف و سیاست‌های فناوری در همه کشورها، صرف‌نظر از سطح توسعه‌یافتگی هر کدام است. از این شاخص ترکیبی به‌منظور ارزیابی توانمندی فناورانه در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه می‌توان استفاده نمود. ابعاد و متغیرهای مورداستفاده در این مدل در جدول شماره یک نشان داده شده است.

**جدول ۱. ابعاد و متغیرهای شاخص ترکیبی دستیابی به فناوری (برنامه توسعه سازمان ملل[2]، ۲۰۰۱)**

| ابعاد | شاخص‌ها |
|---|---|
| خلق فناوری | سرانه پروانه ثبت اختراع در اداره ثبت اختراع هر کشور |
| | دریافتی سرانه حق امتیاز از خارج |
| انتشار فناوری جدید | سرانه میزبان‌های اینترنتی |
| | نرخ صادرات فناوری‌های برتر و متوسط به کل صادرات |
| انتشار فناوری قدیمی | لگاریتم سرانه تلفن (ثابت و همراه) |

1. Cerulli
2. United Nations Development Program

| ابعاد | شاخص‌ها |
|---|---|
| | لگاریتم سرانه مصرف الکتریسیته |
| مهارت نیروی انسانی | متوسط سال‌های تحصیل |
| | نرخ ناخالص ثبت‌نام تحصیلات عالی در علم، ریاضی و مهندسی |

## شاخص ترکیبی اقتصاد دانش

اقتصاد با خلق و کاربرد مداوم دانش در مرکز فرایند توسعه اقتصادی، تبدیل به اقتصاد دانشی می‌شود. به عبارتی اقتصاد دانشی، اقتصادی است که دانش را به‌عنوان موتور کلیدی رشد اقتصاد به کار گیرد؛ چنین اقتصادی دانش را به‌منظور توسعه اقتصادی، خلق، اکتساب و انتشار آن به کار می‌گیرد. طرح مناسب برای تبدیل‌شدن به اقتصاد دانشی موفق دربرگیرنده عناصری از قبیل سرمایه‌گذاری بلندمدت در آموزش، محیط اقتصادی مساعد برای مبادلات بازار و سایر موارد است. بانک جهانی در سال ۲۰۰۶ عناصر تشکیل‌دهنده چارچوب اقتصاد دانش را ارائه کرده است؛ این روش‌شناسی تصویری از عملکرد کلی اقتصاد در چهار محور دانش را نشان می‌دهد. ابعاد و محورهای اقتصاد دانش در جدول شماره دو نشان داده شده است.

**جدول ۲. ابعاد و متغیرهای شاخص ترکیبی اقتصاد دانش(موسسه بانک جهانی[1]، ۲۰۰۹)**

| ابعاد | رژیم مساعد نهادی و اقتصادی | زیرساخت‌های مناسب اطلاعاتی | سیستم نوآور و کارآمد | نیروی کار تحصیل‌کرده و ماهر |
|---|---|---|---|---|
| شاخص‌ها | موانع تعرفه‌ای و غیر تعرفه‌ای | تعداد تلفن به ازای هزار نفر | تعداد محققان تحقیق و توسعه به ازای هر میلیون نفر | میانگین رشد نرخ باسوادی (درصد افراد بالاتر از ۱۵ سال) |
| | کیفیت مقررات | تعداد رایانه به ازای هزار نفر | تعداد پروانه‌های ثبت اختراع به ازای هر میلیون نفر | میزان ثبت‌نام در دبیرستان |
| | اجرای قانون | تعداد کاربران اینترنت به ازای هزار نفر | تعداد مقالات فنی و علمی به ازای هر میلیون نفر | میزان ثبت‌نام در دانشگاه |

1. World Bank institute

## مدل آرکو

این مدل بر سنجش هم‌زمان دانش ضمنی و آشکار تأکید دارد. لذا علاوه بر تلاش به‌منظور ارزیابی توانایی کشورها در زمینه وسایل، تجهیزات و زیرساخت‌ها، به ارزیابی توانایی موجود کشورها در حوزه‌هایی مانند مهارت‌های نیروی انسانی نیز می‌پردازد. این مدل ضمن ارائه یک شاخص ترکیبی نهایی که نشانگر سطح توانمندی فناورانه کشورها است، به بررسی ابعاد مختلف تشکیل‌دهنده سطح توانمندی فناورانه کشورها می‌پردازد. ابعاد و متغیرهای به‌کاررفته در این مدل در جدول شماره سه ارائه شده است.

**جدول ۳. ابعاد و متغیرهای مدل آرکو (آرچی بوگی[1]،۲۰۰٤)**

| ابعاد | شاخص‌ها |
|---|---|
| خلق فناوری | سرانه پروانه ثبت اختراع در آمریکا |
| | تعداد مقالات علمی |
| زیرساخت فناوری | نفوذ اینترنت |
| | نفوذ تلفن |
| | سرانه مصرف الکتریسیته |
| توسعه مهارت انسانی | ثبت‌نام در رشته‌های مهندسی و علوم |
| | متوسط سال‌های تحصیل |
| | میزان با سوادی |

## مدل رند

موسسه رند، یک نهاد غیرانتفاعی است که از طریق تحلیل و تحقیقات خود به بهبود تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری‌ها کمک می‌کند. حدود شصت سال است که محققان و دانشمندان مختلفی در این موسسه در زمینه کمک به هدف‌گذاری و حل مشکلات و چالش‌های پیش روی دولتمردان تلاش می‌کنند. یکی از نیازهای اساسی دولتمردان در هر کشور داشتن دیدی روشن از وضعیت توانمندی فناورانه است. موسسه رند به‌منظور حل این مشکل مدلی را برای ارزیابی ظرفیت علم و فناوری کشورها طراحی نموده است. ظرفیت علم و فناوری عبارت از توانایی یک کشور در جذب و نگهداری دانش تخصصی به‌منظور بهره‌برداری از آن برای هدایت تحقیقات، برآوردن نیازها، توسعه محصولات و انجام کارای فرایندها است. جدول شماره چهار ابعاد و متغیرهای مدل

1. Archibugi

رند را نشان می‌دهد.

**جدول ٤. ابعاد و متغیرهای مدل ارزیابی ظرفیت علم و فناوری رند (وانگر[1]، ٢٠٠٤)**

| ابعاد | شاخص‌ها |
|---|---|
| عوامل توانمند ساز | سرانه تولید ناخالص داخلی |
| | شاخص آموزش |
| منابع | هزینه تحقیق و توسعه نسبت به تولید ناخالص داخلی |
| | سرانه تعداد مؤسسات تحقیق و توسعه |
| | محققان فعال در زمینه تحقیق و توسعه |
| دانش ضمنی | سرانه پروانه ثبت اختراع در آمریکا |
| | سرانه انتشار علم و فناوری |
| | تعداد مقالات مشترک |

## شاخص ترکیبی عملکرد رقابتی صنعتی

توسعه صنعتی نماد پیشرفت و درجه صنعتی شدن کشورها است. سازمان توسعه صنعتی ملل متحد (یونیدو) در سال ۲۰۰۳ شاخص ترکیبی عملکرد رقابت صنعتی را برای کمک به عملکرد صنعتی کشورها در اقتصاد جهانی توسعه داد و شاخص عملکرد رقابت صنعتی را در قالب گزارش توسعه صنعتی ۲۰۰۲-۲۰۰۳ منتشر نمود.این سازمان هر ساله این شاخص را بهبود داده و آن را کامل‌تر می‌کند. محرک‌های عملکرد صنعتی منعکس‌کننده تعاملی پیچیده از عواملی چون نهادها، مهارت‌ها، فناوری‌ها، زیرساخت‌ها، شبکه‌سازی‌ها، ثبات سیاسی و اقتصادی و سایر عوامل است. بنا بر گزارش‌های توسعه صنعتی، پنج محرک اصلی که بر عملکرد صنایع تأثیر مستقیم دارند شامل مهارت‌ها، تلاش‌های فناورانه، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی روبه‌داخل، پرداخت‌های فنی و حق امتیازها و زیرساخت‌های مدرن است. شاخص ترکیبی عملکرد رقابتی صنعتی که در گزارش سال ۲۰۰۹ منتشرشده است در چهار بعد عملکرد رقابت صنعتی را در کشورها مورد ارزیابی قرار داده است. جدول شماره پنج ابعاد و متغیرهای این شاخص را نشان می‌دهد.

1. Wagner

**جدول ۵. ابعاد و متغیرهای شاخص عملکرد رقابتی در گزارش توسعه صنعتی (سازمان توسعه صنعتی ملل متحد[1]، ۲۰۰۹)**

| ابعاد | شاخص‌ها |
|---|---|
| ظرفیت صنعتی | سرانه ارزش‌افزوده تولیدات (دلار) |
| ظرفیت صادرات تولیدات | سرانه صادرات کالاهای تولیدی (دلار) |
| شدت صنعتی سازی | سهم ارزش‌افزوده تولیدات در تولید ناخالص داخلی ٪ |
| | سهم فعالیت‌ها با فناوری برتر و متوسط، در ارزش‌افزوده تولیدات ٪ |
| کیفیت صادرات | سهم صادرات کالاهای تولیدی در کل صادرات |
| | سهم محصولات با فناوری برتر و متوسط در کل صادرات ٪ |

## شاخص رقابت‌پذیری جهانی

در سال ۲۰۰۱ شاخص رقابت‌پذیری جهانی توسط مجمع جهانی اقتصاد منتشر شد. در این گزارش کشورهای جهان از نظر رقابت‌پذیری، علم و فناوری مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. نقطه قوت این شاخص انتشار سالانه و بهبود شاخص‌ها توسط مجمع جهانی اقتصاد است. همچنین در این ارزیابی کشورها بر اساس سطح توسعه‌یافتگی اقتصادی در سه دسته اقتصادهای عامل گرا، اقتصادهای کارایی گرا و اقتصادهای نوآوری گرا دسته‌بندی می‌شوند؛ کشورهایی که در بینابین این دسته‌ها قرار گیرند نیز به‌عنوان اقتصادهای در حال گذار قلمداد می‌شوند. این مدل بر اساس ۱۲ شاخص به ارزیابی رقابت‌پذیری کشورها می‌پردازد. نکته حائز اهمیت در ارزیابی تخصیص وزن‌های متفاوت به شاخص‌ها بر اساس سطح توسعه‌یافتگی کشورها است. جدول شماره شش ابعاد و متغیرهای اصلی این مدل را نشان می‌دهد.

1. United Nations Industrial Development Organization

**جدول ٦. ابعاد و متغیرهای شاخص رقابت‌پذیری جهانی(مجمع جهانی اقتصاد[1]، ۲۰۰۸)**

| ابعاد | شاخص‌ها |
|---|---|
| نیازهای اولیه | نهادها |
| | زیرساخت |
| | ثبات اقتصاد کلان |
| | بهداشت و آموزش اولیه |
| کارایی | آموزش در مقاطع بالاتر |
| | کارایی بازار کالا |
| | کارایی بازار نیروی کار |
| | تکامل‌یافتگی بازار مالی |
| | آمادگی فناورانه |
| | اندازه بازار |
| نوآوری | تکامل‌یافتگی کسب‌وکار |
| | نوآوری |

مدل‌های مورد بررسی در جدول شماره هفت به‌اختصار ارائه شده است.

**جدول ۷. مروری بر مدل‌های ارزیابی توانمندی فناورانه در سطح ملی**

| ردیف | عنوان مدل | سال انتشار | توضیحات |
|---|---|---|---|
| ۱ | شاخص دستیابی به فناوری | ۲۰۰۱ | این شاخص توسط برنامه توسعه سازمان ملل ارائه شد و شاخصی ترکیبی است که به بررسی وضعیت کشورهای مختلف در نحوه ایجاد و انتشار فناوری و مهارت‌های انسانی موردنیاز برای مشارکت در نوآوری‌های فناورانه در عصر شبکه‌ای می‌پردازد. |
| ۲ | شاخص ترکیبی اقتصاد دانش | ۲۰۰٦ | این مدل توسط بانک جهانی[2] به‌منظور ارزیابی اقتصاد دانش‌بنیان در کشورها ارائه شده است که در چهار بعد ساختار و محرک‌های اقتصادی، نوآوری، آموزش و توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات خلاصه می‌شود. |
| ۳ | مدل ارکو | ۲۰۰٤ | این مدل در سه بعد خلق فناوری، زیرساخت فناوری و توسعه مهارت‌های انسانی به سنجش هم‌زمان دانش آشکار و ضمنی در سطح ملی می‌پردازد.(آرچی بوگی،۲۰۰٤) |

1. World Economic Froum
2. World Bank institute

| ردیف | عنوان مدل | سال انتشار | توضیحات |
|---|---|---|---|
| ٤ | مدل رند | ۲۰۰۱ | این مدل توسط موسسه غیرانتفاعی رند به‌منظور سنجش ظرفیت علم و فناوری در سه بعد عوامل توانمند ساز، منابع و دانش ضمنی ارائه شده است.(وانگر، ۲۰۰٤) |
| ٥ | عملکرد رقابت صنعتی | ۲۰۰۳ | این مدل توسط برنامه توسعه سازمان ملل جهت سنجش توانمندی کشورها در تولید و صادرات کالای رقابتی ارائه شد. این مدل پنج محرک مهارت‌ها، تلاش فناورانه، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، پرداخت‌های فنی و حق امتیازها و زیرساخت‌های مدرن را بر توسعه صنعتی کشورها مؤثر می‌داند. (برنامه توسعه سازمان ملل، ۲۰۰۱) |
| ٦ | شاخص رقابت‌پذیری جهانی | ۲۰۰۱ | این شاخص ترکیبی توسط مجمع جهانی اقتصاد به‌منظور سنجش رقابت‌پذیری کشورها ارائه شد. این مدل دوازده بعد را در برگرفته که هر یک جنبه‌های خاصی از رقابت‌پذیری را سنجش می‌کنند. (مجمع جهانی اقتصاد، ۲۰۰۸) |

## روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش با بهره‌گیری از شاخص‌های ترکیبی انواع مختلف مدل‌های ارزیابی توانمندی فناورانه، به رتبه‌بندی کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه به لحاظ توانمندی فناورانه به روش تصمیم‌گیری چند معیاره پرداخته شد. در گام نخست با استفاده از روش کتابخانه‌ای، مروری بر مقالات و کتب مرتبط انجام شد. در این مرحله مهم‌ترین مدل‌ها و معیارهای ارزیابی توانمندی فناورانه در سطح ملی موردبررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه پژوهش حاضر توانمندی فناورانه را در سطح بین‌المللی مورد بررسی قرار داده است؛ شاخص‌های ارزیابی باید مورد توافق بین‌المللی باشند. بدین منظور معیارهای ارزیابی از گزارش‌های منتشرشده توسط سازمان‌های بین‌المللی نظیر بانک جهانی، UNDP و OECD و با نظر خبرگان به دست آمده است. مهم‌ترین عواملی که در انتخاب شاخص مدنظر قرار گرفته‌اند شامل؛ اطلاعات شاخص اکثریت کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه پوشش دهد، داده‌های شاخص از سال ۲۰۰۹ به بعد در دسترس باشد، بر اساس مطالعات پیشین و نظر خبرگان مورد تأیید باشد، ابعاد گوناگون توانمندی فناورانه را مورد ارزیابی قرار دهد.

بر اساس عوامل ذکرشده ١٤ شاخص به‌عنوان معیارهای تصمیم‌گیری موردبررسی قرار گرفت. داده‌های مربوط به هر شاخص نیز از گزارش‌ها منتشره توسط سازمان‌های بین‌المللی همچون سازمان همکاری‌های توسعه و اقتصاد و بانک جهانی به دست آمده است. بر اساس مطالب فوق، می‌توان بیان نمود پژوهش حاضر از جنبه روش در دسته پژوهش‌های کمی است و از منظر هدف از نوع پژوهش‌های کاربردی است. در ادامه شاخص‌های نهایی به همراه شرح مختصری از شاخص ارائه شده است. سپس با به‌کارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری مجموع ساده موزون، تاپسیس و الکتره کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه از حیث توانمندی فناورانه رتبه‌بندی شده‌اند.

## معرفی تکنیک های اجرایی تحقیق

### مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

تصمیم‌گیری از مهم‌ترین وظایف مدیریت بوده و در دنیای رقابتی امروز، رمز موفقیت سازمان‌ها در ابعاد ملی و بین‌المللی به کارآمدی و اثربخشی تصمیمات مدیران سازمان است. لزوم درک سیستمی از محیط پیچیده و پر ابهام کسب‌وکارها، اتخاذ تصمیم کارآمد و مؤثر را دشوار می‌سازد. امروزه سیاست‌گذاران و تصمیم گیران به‌منظور اخذ تصمیم با معیارهای متنوعی مواجه هستند. در هر مسئله تصمیم، چند معیار تصمیم‌گیری مدنظر است؛ که گاهی با هم متناقض بوده و در اغلب موارد نیز معیارها کیفی هستند. مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره MCDM شامل یک سری از تکنیک‌ها است که اجازه می‌دهد؛ طیفی از معیارهای وابسته به یک موضوع امتیازدهی و وزن دهی شده و سپس به‌وسیله کارشناسان و گروه‌های ذینفع رتبه‌بندی شوند. (هیگس[1]، ٢٠٠٦) روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به دو گروه اصلی تصمیم‌گیری چند هدفه و تصمیم‌گیری چند شاخصه تقسیم‌بندی می‌شوند. (اصغرپور، ۱۳۸۵)

در این پژوهش از سه روش SAW، TOPSIS و ELECTERE جهت رتبه‌بندی کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه از حیث توانمندی فناورانه استفاده شده است. در ادامه به معرفی این روش‌ها می‌پردازیم. (عطایی، ۱۳۸۹)

1. Gary Higgs

## روش مجموع ساده موزون (SAW)

روش مجموع ساده موزون، یکی از ساده‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است. در این روش با محاسبه اوزان شاخص‌ها، می‌توان گزینه‌های تصمیم را بر اساس شاخص‌ها رتبه‌بندی نمود. گام‌های به‌کارگیری این روش شامل:

۱. کمی کردن ماتریس تصمیم‌گیری
۲. بی مقیاس سازی خطی مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری
۳. ضرب ماتریس بی مقیاس شده در اوزان شاخص‌ها
٤. انتخاب بهترین گزینه ($A^*$) با استفاده از معیار زیر:

$$A^* = \{A_i \mid \max_i \sum_j w_j \cdot a_{ij}\}$$

## روش تاپسیس

روش تاپسیس توسط یون و هوانگ در سال ۱۹۸۱ ارائه گردید. در این روش گزینه‌ها بر اساس شباهت به حل ایده‌آل رتبه‌بندی می‌شوند؛ مراحل کلی این روش به شرح ذیل است.

گام۱: ساخت ماتریس تصمیم

$$D = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} x_1 & \cdots & x_j & \cdots & x_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & & & & \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

$$W = (w_1, \ldots, w_j, \ldots, w_n)$$

گام ۲: تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری موجود به یک ماتریس "بی مقیاس شده".

گام ۳: ایجاد ماتریس "بی مقیاس" وزین با مفروض بودن بردار w (به‌عنوان ورودی الگوریتم): عناصر ماتریس استانداردشده وزن‌دار ($v_{ij}$) با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$v_{ij} = r_{ij} . w_j$$

گام٤: مشخص نمودن راه‌حل ایده آل مثبت و ایده آل منفی

$$A^+ = [v_1^+, \ldots, v_j^+, \ldots, v_n^+]; \qquad v_j^+ = \max_i \{v_{ij}\}$$

$$A^- = [v_1^-, \ldots, v_j^-, \ldots, v_n^-]; \qquad v_j^- = \max_i \{v_{ij}\}$$

گام۵: محاسبه اندازه فاصله از ایده آل مثبت و منفی

برای به دست آوردن فاصله هر گزینه از ایده آل‌های مثبت و منفی، در اینجا رابطه مربوط به روش اقلیدسی بیان می‌گردد:

فاصله گزینه iام از ایدئال مثبت

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_{s_j^+})^2}$$

فاصله گزینه iام از ایده آل منفی

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_{s_j^-})^2}$$

گام ٦: محاسبه نزدیکی نسبی گزینه‌ها به راه‌حل ایده آل.

این شاخص را جهت ترکیب کردن مقادیر $S_i^-$ و $S_i^+$ و درنتیجه مقایسه گزینه‌ها نسبت به هم تعریف می‌کنیم که با رابطه زیر قابل‌محاسبه است:

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$

گام ۷: رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس نزدیکی نسبی آن‌ها به راه‌حل‌های ایده‌آل

روش الکتره

مدلELECTERE[1] در اواخر دهه ۱۹۸۰ مطرح شد و به‌عنوان یکی از بهترین فنون MADM، موردتوجه قرار گرفت. اساس این مفهوم، "روابط غیر رتبه‌ای[2]" است.یعنی لزوماً به رتبه‌بندی گزینه‌ها منتهی نمی‌شود، بلکه ممکن است گزینه‌هایی را حذف کند.الگوریتم حل این مدل تصمیم‌گیری به‌صورت زیر است:

گام۱: در این مرحله مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری مسئله را با استفاده از نورم بی مقیاس می‌کنیم.این ماتریس را N می‌نامیم.

$$N = [n_{ij}] \ , \ n_{ij} = \frac{a_{ij}}{[\sum_{i=1}^{m} a_{ij}^2]^{\frac{1}{2}}}$$

1. Elimination et Choice in Translating to Reality
2. Outranking

گام۲: در این مرحله با استفاده از ماتریس w(اوزان شاخص‌ها) و رابطه زیر،ماتریس بی مقیاس شده موزون را به دست آوریم:

$$V = N \times W_{n\times n}$$

گام۳: در این مرحله تمامی گزینه‌ها، نسبت به تمام شاخص‌ها،مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و مجموعه "ماتریس‌های هماهنگ و ناهماهنگ " تشکیل می‌شود.مجموعه هماهنگ از گزینه‌های k و l که با $S_{k,l}$ نشان داده می‌شود، مشتمل بر کلیه شاخص‌هایی خواهد بود که در آن‌ها، گزینه $A_k$ بر گزینه $A_l$ به ازای آن‌ها مطلوبیت بیشتری داشته باشد. برای یافتن این مطلوبیت، باید به نوع شاخص‌های تصمیم‌گیری، از نظر داشتن جنبه مثبت یا منفی توجه شود.یعنی:

اگر شاخص موردنظر دارای جنبه مثبت باشد داریم:

$$S_{k,l} = \{j | v_{kj} \geq v_{lj} \quad , j = 1,000 \ , m$$

اگر شاخص دارای جنبه منفی باشد،داریم:

$$S_{k,l} = \{j | v_{kj} \leq v_{lj} \quad , j = 1,000 , m$$

مجموعه ناهماهنگ $D_{k,l}$نیز شامل شاخص‌هایی است که در آن‌ها، گزینه $A_k$ نسبت به گزینه $A_l$ مطلوبیت کمتری داشته باشد،یعنی:

اگر شاخص موردنظر دارای جنبه مثبت باشد داریم:

$$D_{k,l} = \{j | v_{kj} < v_{lj} \quad , j = 1,000 \ , m$$

اگر شاخص دارای جنبه منفی باشد،داریم:

$$D_{k,l} = \{j | v_{kj} > v_{lj} \quad , j = 1,000 \ , m$$

گام٤: در این مرحله از اطلاعات فوق،ماتریس هماهنگ را به دست می‌آوریم.این ماتریس، یک ماتریس مربع $m \times m$ بوده که قطر آن، فاقد عنصر است.سایر عناصر این ماتریس نیز از جمع اوزان شاخص‌های متعلق به مجموعه‌ی هماهنگ حاصل می‌شود؛ یعنی:

$$I_{k,l} = \sum w_j \ , \qquad j \in A_{k,l}$$

گام۵: در این مرحله ماتریس ناهماهنگ محاسبه می‌شود.قطر اصلی این ماتریس عنصری ندارد و سایر عناصر این ماتریس، طبق رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$NI_{k,l} = \frac{\max|v_{kj} - v_{lj}| \ , j \in D_{k,l}}{\max|v_{kj} - v_{lj}| \ , j \in \text{همه شاخص ها}}$$

گام٦: در این مرحله "ماتریس هماهنگ مؤثر" محاسبه می‌شود. برای ایجاد این ماتریس، ابتدا باید یک حد آستانه‌ای را تعیین کرد و اگر هر عنصر ماتریس I بزرگ‌تر یا مساوی

آن باشد، آن مؤلفه در ماتریس H، مقدار یک به خود می‌گیرد و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد. معیار عمومی برای مشخص شدن این حد، عبارت است از میانگین مقادیر ماتریس I(یعنی $\bar{I}$):

$$\bar{I} = \sum_{l=1}^{m} \sum_{k=1}^{m} I_{kl} / m(m-1)$$

گام۷: در این مرحله نیز "ماتریس ناهماهنگ مؤثر" را به دست آوریم.این ماتریس با G نشان داده می‌شود.در این ماتریس برخلاف ماتریس I ،بعد از مشخص کردن حد آستانه، اگر هر عنصر ماتریس G بزرگ‌تر یا مساوی آن باشد مقدار صفر و در غیر این صورت مقدار یک را می‌گیرد.

$$\overline{NI} = \sum_{l=1}^{m} \sum_{k=1}^{m} NI_{kl} / m(m-1)$$

گام۸: در این مرحله با ترکیب ماتریس هماهنگ مؤثرH و ماتریس ناهماهنگ مؤثرG،"ماتریس کلیِ مؤثر"(F) به دست می‌آید.محاسبه این ماتریس به‌صورت مقابل است:

$$\mathrm{F_{kl}} = \mathrm{H_{kl}} \times \mathrm{G_{kl}}$$

حال می‌توان گزینه‌ها را رتبه‌بندی نمود، که برای این کار باید عناصر هر سطر از ماتریس کلی مؤثر را جمع نمود و سپس اعداد حاصل برای هر سطر به ترتیب از بزرگ به کوچک نشان‌دهنده رتبه گزینه‌ها است.

**جدول ۸. شاخص‌های منتخب جهت ارزیابی توانمندی فناورانه**

| شاخص | نماد شاخص | شرح مختصر شاخص | منبع دریافت داده‌ها |
|---|---|---|---|
| شاخص توسعه منابع انسانی | $C_1$ | میزان توسعه‌یافتگی جوامع را در سه بعد آموزش، بهداشت و سطح درآمد ارزیابی می‌کند. | گزارش توسعه منابع انسانی یو ان دی پی |
| مخارج تحقیق و توسعه (درصدی از تولید ناخالص داخلی) | $C_2$ | بیانگر میزان منابع اختصاص‌یافته به تحقیق و توسعه بر اساس پارامترهای اقتصاد کلان است؛ این شاخص اهمیت تحقیق و توسعه در یک جامعه را نیز مدنظر قرار می‌دهد. | شاخص‌های علم و فناوری منتشرشده توسط بانک جهانی |
| تعداد مقالات علمی | $C_3$ | مقالات علمی یکی از مهم‌ترین منابع دانش صریح است و نشانگر میزان خروجی دانشمندان و محققان در یک جامعه است. | شاخص‌های علم و فناوری منتشرشده توسط بانک جهانی |
| تعداد کاربران اینترنت (در ۱۰۰ نفر) | $C_4$ | اینترنت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های کسب دانش در جوامع مدنظر است. | شاخص‌های توسعه جهانی منتشرشده توسط بانک جهانی |

| شاخص | نماد شاخص | شرح مختصر شاخص | منبع دریافت داده‌ها |
|---|---|---|---|
| سرانه تعداد محققان فعال در تحقیق و توسعه | $C_5$ | نیروهایی حرفه‌ای هستند که در خلق دانش، محصولات، فرآیندها، روش‌ها و سیستم‌های جدید متخصص هستند. این شاخص بیانگر تعداد نیروی محقق فعال در تحقیق و توسعه به ازای ۱۰۰۰۰۰۰ نفر نیروی کار شاغل در کشور است. | شاخص‌های علم و فناوری منتشرشده توسط بانک جهانی |
| سرانه رایانه‌های شخصی | $C_6$ | دسترسی به رایانه شخصی نیز از مهم‌ترین زیرساخت‌های کسب دانش و نوآوری در کشورها است. | شاخص‌های توسعه جهانی منتشرشده توسط بانک جهانی |
| سهم صادرات تولیدات با فناوری متوسط و بالا (درصدی از صادرات صنعتی) | $C_7$ | نشانگر تحولات فناورانه در یک کشور و میزان رقابت‌پذیری کشورها در بازارهای بین‌المللی صنایع فناورانه است. | شاخص‌های علم و فناوری منتشرشده توسط بانک جهانی |
| سرمایه‌گذاری خارجی روبه‌داخل | $C_8$ | میزان سرمایه‌گذاری افراد غیر ساکن در یک کشور را ارزیابی می‌کند و نشانگر درجه آزادی اقتصادی در یک کشور است. | گزارش سرمایه‌گذاری جهانی سازمان ملل متحد |
| سرمایه‌گذاری خارجی رو به بیرون | $C_9$ | برابر با میزان سرمایه‌گذاری یک کشور در سایر کشورها است و توان فناورانه یک کشور در انتشار و انتقال فناوری به سایر کشورها را مدنظر دارد. | گزارش سرمایه‌گذاری جهانی سازمان ملل متحد |
| سهم ارزش‌افزوده کالاهای فناورانه از کل صادرات تولیدی | $C_{10}$ | نشانگر میزان توسعه‌یافتگی کشورها در علم و فناوری است و به‌عنوان خروجی سیستم توسعه علم و فناوری است. | گزارش توسعه صنعتی یونیدو در سال ۲۰۱۲ |
| تولید ناخالص داخلی سرانه | $C_{11}$ | حاصل نسبت ارزش کالاها و خدمات تولیدشده در درون مرزهای جغرافیایی یک کشور در بازه زمانی یک سال بر جمعیت کشور است؛ همچنین زیرساخت لازم جهت حمایت اقتصاد و فعالیت‌های تحقیق و توسعه را ارزیابی می‌کند. | گزارش رقابت‌پذیری جهانی مجمع جهانی اقتصاد در سال ۲۰۱۰ |
| تعداد خطوط تلفن ثابت و همراه | $C_{12}$, $C_{13}$ | از مهم‌ترین زیرساخت‌های توسعه شهری محسوب شده و همچنین ابزاری جهت سنجش توسعه فناوری‌های قدیمی در یک کشور است. | شاخص‌های توسعه جهانی منتشرشده توسط بانک جهانی |

| شاخص | نماد شاخص | شرح مختصر شاخص | منبع دریافت داده‌ها |
|---|---|---|---|
| تعداد پتنت های ثبت‌شده در اداره ثبت پتنت آمریکا | $C_{14}$ | نشانگر تعداد پتنت‌هایی که ساکنان هر کشور در یکی از سه موسسه پتنت ایالات‌متحده، اتحادیه اروپا و ژاپن ثبت کرده‌اند و به‌عنوان خروجی نوآوری در یک کشور سنجش می‌شود. | اداره ثبت پتنت آمریکا در سال ۲۰۱۱ (USPTO)[1] |

## یافته‌های پژوهش

پس از تعیین شاخص‌ها و جمع‌آوری داده‌های موردنیاز، ماتریس تصمیم تدوین شد. در گام نخست وزن شاخص‌ها از طریق روش آنتروپی به دست آمد و سپس با به‌کارگیری روش‌های مجموع ساده موزون، تاپسیس و الکتره سطح توانمندی فناورانه در بین ۳۲ کشور عضو سازمان اقتصادی و توسعه ارزیابی شد. یافته‌های پژوهش در جداول شماره ۹ و ۱۰ ارائه شده است.

جهت تعیین ضریب اهمیت و وزن نسبی هر شاخص روش آنتروپی شانون مورد استفاده قرار گرفته است؛ وزن نسبی شاخص‌های منتخب در جدول شماره ۹ ارائه شده است.

**جدول ۹. وزن شاخص‌های منتخب بر اساس روش آنتروپی شانون**

| $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ | $C_5$ | $C_6$ | $C_7$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰,۰۰۶ | ۰,۰۲۷ | ۰,۱۸٤ | ۰,۰۱ | ۰,۰۲۸ | ۰,۰۰۸ | ۰,۰۲۸ |
| $C_8$ | $C_9$ | $C_{10}$ | $C_{11}$ | $C_{12}$ | $C_{13}$ | $C_{14}$ |
| ۰,۱۱۹ | ۰,۱۷۵ | ۰,۰۱۱ | ۰,۰۱۸ | ۰,۰۱۱ | ۰,۰۰٤ | ۰,۳۷۱ |

همان‌گونه که مشاهده می‌شود بیشترین ضریب اهمیت شاخص‌ها مربوط به تعداد پتنت‌های ثبت‌شده و پس از آن میزان سرمایه‌گذاری‌های خارجی روبه‌داخل و رو به بیرون و تعداد مقالات علمی است. کمترین ضریب اهمیت نیز مربوط به سرانه خطوط تلفن همراه است. بنابراین شاخص‌های مرتبط با خروجی‌های نظام علم و فناوری کشورها وزن بیشتری به خود اختصاص داده‌اند. همچنین درجه آزادی اقتصادی و توانمندی کشورها در جذب سرمایه‌گذاران خارجی نیز از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر توانمندی فناورانه است.

1. U.S. Patent And Trademark Office

**جدول ۱۰. رتبه‌بندی کشورها به تفکیک روش‌های SAW, TOPSIS, ELECTERE**

| کشورها | SAW | TOPSIS | ELECTERE | کشورها | SAW | TOPSIS | ELECTERE | کشورها | SAW | TOPSIS | ELECTERE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ایالات‌متحده | ۱ | ۱ | ۱ | استرالیا | ۱۱ | ۱۲ | ۱۰ | اسلوونی | ۲۵ | ۲۳ | ۳۱ |
| ژاپن | ۲ | ۲ | ۲ | سوئد | ۱۰ | ۱۳ | ۱۱ | پرتغال | ۲۴ | ۲۴ | ۳۰ |
| آلمان | ۳ | ۳ | ۵ | فنلاند | ۱۳ | ۱۴ | ۱۴ | نیوزلند | ۲۳ | ۲۵ | ۱۹ |
| انگلستان | ۴ | ۴ | ۳ | ایرلند | ۱۷ | ۱۵ | ۱۸ | مکزیک | ۲۸ | ۲۶ | ۲۳ |
| فرانسه | ۵ | ۵ | ۶ | دانمارک | ۱۴ | ۱۶ | ۱۳ | استونی | ۲۷ | ۲۷ | ۲۰ |
| کره جنوبی | ۶ | ۶ | ۴ | ایسلند | ۱۹ | ۱۷ | ۲۸ | یونان | ۳۰ | ۲۸ | ۲۵ |
| هلند | ۹ | ۷ | ۸ | لوکزامبورگ | ۲۰ | ۱۸ | ۲۷ | اسلواکی | ۲۹ | ۲۹ | ۳۲ |
| سوئیس | ۷ | ۸ | ۹ | نروژ | ۱۶ | ۱۹ | ۱۷ | لهستان | ۲۶ | ۳۰ | ۲۴ |
| کانادا | ۸ | ۹ | ۷ | اتریش | ۱۸ | ۲۰ | ۱۵ | شیلی | ۳۲ | ۳۱ | ۲۹ |
| اسپانیا | ۱۲ | ۱۰ | ۱۶ | مجارستان | ۲۲ | ۲۱ | ۲۱ | ترکیه | ۳۱ | ۳۲ | ۲۶ |
| ایتالیا | ۱۵ | ۱۱ | ۱۲ | جمهوری چک | ۲۱ | ۲۲ | ۲۲ | | | | |

با توجه به نتایج متفاوت به‌دست‌آمده از روش‌های گوناگون؛ با استفاده از آزمون‌های آماری معنادار بودن این تفاوت‌ها موردبررسی قرار گرفت. بدین منظور، ازآنجایی‌که داده‌های تحقیق از نوع رتبه‌ای هستند؛ از ضریب همبستگی اسپیرمن و تاو کندال بی که میزان پیوند بین داده‌های رتبه‌ای را مشخص می‌کند استفاده شده است. (مؤمنی، ۱۳۸۹) بنابراین فرضیه‌های آزمون به‌صورت زیر تعریف خواهند شد.

بین نتایج روش‌های مختلف رتبه‌بندی همبستگی معناداری وجود ندارد. $H_0=$

بین نتایج روش‌های مختلف رتبه‌بندی همبستگی معناداری وجود دارد. $H_1=$

به‌منظور آزمون فرضیه فوق، نتایج حاصله از روش‌های مختلف رتبه‌بندی، به‌صورت زوجی با همدیگر مقایسه شده‌اند و با استفاده از نرم‌افزار SPSS، آزمون‌های همبستگی اسپیرمن و آزمون تاو کندال بی انجام شده است. ازآنجایی‌که سطح معناداری در آزمون فرضیه، کمتر از ۵ درصد است؛ فرضیه صفر در سطح اطمینان ۹۵ درصد رد می‌شود. بنابراین در سطح فاصله اطمینان ۹۵ درصد؛ نتایج به‌دست‌آمده از به‌کارگیری تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری، جهت ارزیابی سطح توانمندی فناورانه در میان کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه ؛ همبستگی قوی با یکدیگر داشته و علی‌رغم جابجایی چند رتبه‌ای اختلاف معناداری با همدیگر ندارند.

**جدول ۱۱. همبستگی نتایج با استفاده از آزمون اسپیرمن و تاو کندال بی(مؤمنی، ۱۳۸۹)**

| مقایسات زوجی نتایج | ضریب همبستگی اسپیرمن | ضریب تاو کندال بی |
|---|---|---|
| SAW&TOPSIS | ۰,۹۸۱ | ۰.۸۹۵ |
| SAW&ELECTERE | ۰,۹۲۳ | ۰.۷۸۲ |
| ELECTERE&TOPSIS | ۰,۸۹۰ | ۰.۷۴۲ |

## رتبه‌بندی ادغامی

امروزه کاربرد تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، در زمینه‌های متنوعی در حال گسترش است. سادگی و درک آسان این تکنیک‌ها و همچنین استفاده از معیارهای کمی و کیفی به‌طور هم‌زمان در فرایند تصمیم‌گیری، از مهم‌ترین مزیت‌های تکنیک‌های تصمیم‌گیری نسبت به مدل‌سازی و برنامه‌ریزی ریاضی است. تصمیم گیران سازمانی به‌منظور اتخاذ تصمیمات مهم و راهبردی از روش‌های متفاوتی استفاده می‌کنند که ممکن است به‌کارگیری روش‌های متعدد و گوناگون، نتایج متفاوتی را حاصل نماید. بنابراین به‌منظور جمع‌بندی نهایی و ترکیب نتایج در تکنیک‌های تصمیم‌گیری، روش‌های ادغامی

توسعه داده شده است. روش‌های میانگین رتبه‌ها، روش بردا و روش کپلند از مهم‌ترین روش‌های ادغامی در مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه است. در این پژوهش از تکنیک‌های مجموع ساده موزون، تاپسیس و الکتره به‌منظور رتبه‌بندی استفاده شد؛ علی‌رغم جابجایی رتبه برخی کشورها، بر اساس آزمون‌های آماری؛ همبستگی قوی و معناداری بین نتایج به‌دست‌آمده از تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری وجود دارد. بااین‌حال به‌منظور ترکیب نتایج به‌دست‌آمده و توافق نتایج، از روش کپلند به‌منظور ادغام نتایج حاصل از روش‌های SAW، TOPSIS و ELECTERE استفاده شده است. در این روش ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها ایجاد می‌شود. درصورتی‌که بر اساس روش‌های مختلف تصمیم‌گیری، تعداد ارجحیت گزینه‌ای بر گزینه دیگر بیش از تعداد مغلوب شدن آن گزینه بر گزینه دیگر باشد؛ در ماتریس مقایسه زوجی عدد ۱ گذاشته می‌شود و اگر در این مقایسه، رای اکثریت وجود نداشت یا آرا با هم مساوی باشند در ماتریس مقایسه زوجی عدد صفر قرار می‌گیرد. عدد ۱ به‌منزله ارجحیت سطر بر ستون است و عدد صفر به‌منزله ارجحیت ستون بر سطر است. درنهایت رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس تفاضل مقادیر مجموع سطر و مجموع ستون‌ها انجام می‌شود. (عطایی، ۱۳۸۹) جدول ۱۲ رتبه‌بندی نهایی را بر اساس روش کپلند نشان می‌دهد.

**جدول۱۲. رتبه‌بندی کشورها به روش کپلند**

| کشورها | Capland | کشورها | Capland | کشورها | Capland |
|---|---|---|---|---|---|
| ایالات‌متحده | ۱ | ایتالیا | ۱۰ | اسلوونی | ۲۱ |
| ژاپن | ۲ | سوئد | ۱۱ | پرتغال | ۲۳ |
| آلمان | ۳ | فنلاند | ۱۲ | نیوزلند | ۲۲ |
| انگلستان | ۴ | ایرلند | ۱۳ | مکزیک | ۲۸ |
| فرانسه | ۵ | دانمارک | ۱۴ | استونی | ۲۵ |
| کره جنوبی | ۶ | ایسلند | ۱۵ | یونان | ۲۴ |
| هلند | ۷ | لوکزامبورگ | ۱۶ | اسلواکی | ۲۷ |
| سوئیس | ۷ | نروژ | ۱۷ | لهستان | ۲۶ |
| کانادا | ۷ | اتریش | ۱۸ | شیلی | ۲۹ |
| استرالیا | ۸ | مجارستان | ۱۹ | ترکیه | ۳۰ |
| اسپانیا | ۹ | جمهوری چک | ۲۰ | | |

## بحث و نتیجه‌گیری

امروزه فناوری به‌عنوان کلید اصلی رشد و توسعه کشورها قلمداد می‌گردد. با مروری بر روند توسعه در کشورهای پیشرفته صنعتی و اقتصادهای نوظهور، نقش فناوری و نوآوری به‌عنوان کلید خلق ثروت و توسعه این کشورها نمایان می‌گردد. بی‌تردید آنچه موجب ایجاد تحول و توسعه از طریق فناوری می‌شود، مدیریت کارآمد و اثربخش نهادهای سیاسی، اجتماعی و اقتصادی در حوزه علم و فناوری خواهد بود. بر همین اساس سیاست‌گذاری و مدیریت راهبردی علم و فناوری در سطح ملی، از مهم‌ترین اقدامات کشورها است. سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان در کشورهای درحال‌توسعه نیز با درک اهمیت فناوری در توسعه ملی، با نگاهی بر مسیر توسعه فناوری در کشورهای توسعه‌یافته و صنعتی، به دنبال تدوین مدلی بومی و اثربخش جهت برنامه‌ریزی و مدیریت علم و فناوری در سطح ملی می‌باشند. از دیگر سو سنجش و ارزیابی سطح توانمندی فناورانه و تعیین جایگاه علمی و فناورانه کشورها در عرصه بین‌المللی پیش‌نیاز برنامه‌ریزی علم و فناوری خواهد بود. این پژوهش با هدف ارزیابی سطح توانمندی فناورانه در کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه و با به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه مجموع ساده موزون، تاپسیس و الکتره انجام شده و درنهایت با استفاده از روش ادغامی کپلند رتبه نهایی کشورها تعیین شده است. بخش اعظم کشورهای موردمطالعه در این پژوهش در زمره کشورهای توسعه‌یافته و صنعتی جهان هستند و یافته‌ها گواه این است که سطح فناوری در کشورهای توسعه‌یافته و صنعتی شده به‌مراتب بالاتر از کشورهای درحال‌توسعه است. در این پژوهش ۳۲ کشور عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه، به لحاظ سطح توانمندی فناورانه رتبه‌بندی شدند. بر اساس یافته‌های پژوهش آمریکا، ژاپن و آلمان به‌عنوان پیشگامان توانمندی فناورانه در میان کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه قلمداد می‌شوند. نکته جالب‌توجه در این پژوهش قرارگیری کشورهای صنعتی جهان (آمریکا، ژاپن، آلمان، انگلستان، فرانسه، کانادا و ایتالیا) در میان ده کشور توانمند به لحاظ فناوری است؛ به‌عبارت‌دیگر فناوری عامل کلیدی رشد و توسعه و خلق مزیت رقابتی این کشورها است. این کشورها به‌عنوان رهبران و پیشتازان فناوری قلمداد شده و سایر جوامع به‌عنوان پیروان، به دنبال کاهش شکاف فناوری از طریق اکتساب، انتقال و ارتقا توانمندی‌های درونی خود هستند. در

میان کشورهای موردمطالعه، کشور ترکیه به‌عنوان همسایه و رقیب اصلی کشور ایران در منطقه نیز در رتبه نامطلوبی قرار گرفته است. که بیانگر شکاف فناورانه این کشور در قیاس با کشورهای توسعه‌یافته و صنعتی است. نکته حائز اهمیت برای سیاست‌گذاران در کشورهای درحال‌توسعه؛ تعیین ترکیب بهینه دستیابی به فناوری از طریق تحقیق و توسعه درونی و کسب و انتقال فناوری از بیرون مرزها است؛ همچنین شناسایی و انتخاب روش مناسب در انتقال فناوری بر اساس مؤلفه‌های منحصربه‌فرد اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و فرهنگی در هر جامعه از مهم‌ترین تصمیمات نهادهای مربوطه در کشورهای پیرو است. همچنین بهبود توانمندی فناورانه و کاهش شکاف تکنولوژیک نیازمند سرمایه‌گذاری‌های بسیاری در زیرساخت‌های نرم جوامع ازجمله مؤلفه‌های فرهنگی است.

از دیگر نتایج مهم این مطالعه تعیین ضریب اهمیت شاخص‌های ارزیابی توانمندی فناورانه بوده است. در این پژوهش شاخص ثبت پتنت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌ها ارزیابی شده‌اند. به‌عبارت‌دیگر، اهمیت مالکیت فکری و حفاظت از دارایی‌های فناورانه از الزامات توسعه فناوری و خلق توانمندی فناورانه در سطح ملی است. همچنین توانایی کشورها در جذب سرمایه‌گذاری‌های خارجی نشانگر میزان باز بودن فضای اقتصادی در کشور میزبان است. از دیگر سو حجم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی رو به بیرون، به‌عنوان توانایی کشورها در اشاعه، انتقال و انتشار فناوری‌های خود به دیگر کشورها نقش زیادی در توسعه توانمندی فناورانه آن‌ها خواهد داشت. به‌عبارت‌دیگر آنچه باعث خلق و توسعه ثروت از طریق فناوری می‌شود، توجه و تمرکز بر بهبود شاخص‌های خروجی و تجاری‌سازی فناوری است، زیرا فناوری تنها در صورت تجاری شدن و ورود به بازار توان خلق ثروت و ارزش‌آفرینی را دارا است.

## منابع


اصغرپور، م، (۱۳۸۵)، **تصمیم‌گیری چند معیاره**، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

خلیل، ط. (۱۳۸۹). م. اعرابی، د. ایزدی، **مدیریت تکنولوژی رمز موفقیت در رقابت و خلق ثروت**. تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی.

شفیعا، م. علاف جعفری، ا. (۱۳۹۱). ارائه چارچوب ارزیابی قابلیت‌های فناوری جهت توسعه آن‌ها در محیط رقابتی. **دومین کنفرانس بین‌المللی و ششمین کنفرانس ملی مدیریت فناوری**. تهران

طباطبائیان، س. ح، نقی‌زاده، ر.، خالدی، آ.، نقی زاده، م. (۱۳۸۹). شاخص ترکیبی پایش توانمندی فناورانه: بررسی وضعیت توانمندی فناورانه ایران و ٦۹ کشور دنیا. **سیاست علم و فناوری**، ۹۲-۷۷.

طباطبائیان، س. ح. ، نقی زاده، ر، خالدی، آ(۱۳۸۹). **مروری بر مدل‌های ارزیابی توانمندی فناورانه در سطح ملی** . تهران :مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور.

عطایی، م (۱۳۸۹). **تصمیم‌گیری چند معیاره**. شاهرود: دانشگاه صنعتی شاهرود.

فرقانی، ع. (۱۳۸۹). سنجش توانمندی فناورانه در سطح ملی، مطالعه موردی کشور ایران. **فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی** ۱۳ـ۵.

مجموعه مطالعات پشتیبان سند تحول راهبردی علم و فناوری کشور، (۱۳۸۹)، تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

مؤمنی، م.، & فعال قیومی، ع. (۱۳۸۹). **تحلیل‌های آماری با استفاده از SPSS**. تهران: مؤمنی.

Archibugi, D., Coco, A., 2004; "A New Indicator of Technological Capabilities for Developed and Developing Countries"; **World Development**; 32(4), pp. 629-654.

Banerjee, P. M. (2012). From information technology to bioinformatics: Evolution of technological capabilities in India. **Technological Forecasting & Social Change**, 665-675.

Cerulli, G., & Filippetti, A. (2012). The complementary nature of technological capabilities: Measurement and robustness issues. **Technological Forecasting & Social Change**, 875-887.

Filippetti, A., & Peyrache, A. (2011). The Patterns of Technological Capabilities of Countries: A Dual Approach using Composite Indicators and Data Envelopment Analysis. **World Development**, 1108-1121.

Gary Higgs.,( 2006.) Integrating multi-criteria techniques with geographical information systems in waste facility location to enhance public participation, **Journal of Waste Management &Research**, volume24, pp 105-1

Kim, L., 1997; Imitation to Innovation : **The Dynamics of Korea's Technological Learning**; Harvard Business School Press , Harvard.

Lall, S. (1992). Technological Capabilities and Industrialization. **World Development**, 165-186.

U.S. Patent And Trademark Office (USPTO), 2011; **Extended Year Set - Historic Patents By Country, State, and Year Utility Patents**; Washington DC, Retrieved from http://www.uspto.gov on 2011

United Nations Development Program (UNDP), 2001; **Human Development Report 2001, Making New Technologies Work for Human Development**; Oxford University Press; New York; http://www.undp.org.

United Nations Industrial Development Organization(UNIDO), 2009; **Industrial Development Report 2009**, Breaking In and Moving Up: New Industrial Challenges for the Bottom Billion and the Middle-Income Countries; http://www.unido.org.

Wagner, C.S., Brahmakulam, I.T., Brian, A., Jackson, A.,Wong,T.Y., 2001; "**Science and Technology Collaboration: Building Capacity in Developing Countries**"; RAND Corporation, Washington DC, Document No: MR-1357.0-WB.

World Bank institute, 2009; **Measuring Knowledge in the World Economies**; Washington, DC, www.worldbank.org.

World Economic Froum (WEF); **The Global Competitiveness Report 2008-2009**; Geneva, Printed and bound in Switzerland by SRO-Kundig.