

## ارزیابی فعالیت‌های تحقیق و توسعه در ایران: رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها

محمد زارعی محمودآبادی<sup>۱</sup>، محمدحسین طحاری مهرجردی<sup>۲</sup>، علیرضا مهدویان<sup>۳</sup>

**چکیده:** امروزه توانمندی، توسعه و استقلال واقعی کشورها، به میزان زیادی به توانایی آن‌ها در تولید و انتشار علم مرتبط است. هدف از این پژوهش، ارزیابی کارایی نسبی عملکرد تحقیق و توسعه ایران در مقایسه با کشورهای منطقه با استفاده از سازوکار ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و تاپسیس است. بدین منظور، فعالیت‌های تحقیق و توسعه چهارده کشور منطقه گردآوری شد. در این راستا برای ارزیابی کارایی نسبی این فعالیت‌ها از ورودی‌هایی چون، تعداد ثبت نام در رشته‌های علوم و مهندسی، تعداد محققان تحقیق و توسعه و هزینه تحقیق و توسعه استفاده شد و خروجی‌های آن نیز، تعداد مقاله‌های علمی و مهندسی، پتنت‌های دریافتی بین‌المللی و صادرات فناوری پیشرفته مد نظر قرار گرفت. برای محاسبه کارایی کشورها، با در نظر گرفتن تمام حالات ممکن، از ۴۹ ترکیب مختلف ورودی‌ها و خروجی‌ها، استفاده شد و نتایج کارایی با روش DEA به دست آمد. در پایان از روش تاپسیس برای رتبه‌بندی کامل نتایج استفاده شد. نتایج رتبه‌بندی نشان می‌دهد که لبنان و قرقیزستان، به ترتیب بهترین عملکرد و ضعیف‌ترین عملکرد را در مجموع ترکیبات متفاوت ورودی‌ها و خروجی‌ها در بین کشورهای منتخب دارند. از نتایج قابل تأمل این پژوهش، جایگاه نامناسب بخش تحقیق و توسعه ایران در بین کشورهای منتخب است که در میان ۱۴ کشور مطالعه‌شده، در رتبه سیزدهم قرار دارد.

**واژه‌های کلیدی:** تاپسیس، تحقیق و توسعه، تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی نسبی.

۱. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، مؤسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی، یزد، ایران

۳. استادیار دانشگاه علم و فرهنگ، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۳/۱۷

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۲/۰۷/۲۰

نویسنده مسئول مقاله: محمد زارعی محمودآبادی

E-mail: Mohammadzareei123@gmail.com

## مقدمه

امروزه تولید دانش و توسعه آن، عامل محرکه توسعه همه جانبه و پایدار کشورها شناخته می شود. بی شک، توسعه و پیشرفت صنعتی، اقتصادی و اجتماعی هر کشور، بستگی به پژوهش و تحقیقات مداوم در تمام زمینه ها دارد و این باعث شده است که امروزه کشورها بر اساس توانایی در تولید و کاربرد دانش طبقه بندی شوند (سرشتی، کاظمیان و دریس، ۱۳۸۹). تحقیق و توسعه (R&D) یکی از فعالیت هایی است که در مراحل مختلف فرایند نوآوری ممکن است درگیر آن شویم. R&D فقط منبعی برای ایده های جدید نیست، بلکه می تواند برای حل مسائل شناسایی شده هم به کار رود (والدرا، ۲۰۰۸). به بیان دیگر، R&D یک فرایند سازمان یافته شامل تولید، انتشار و به کارگیری دانش است (وانگ، ۲۰۰۷؛ وانگ و هانگ، ۲۰۰۷؛ لو و هانگ، ۲۰۱۰).

در سال های اخیر در اکثر کشورها، حجم وسیعی از منابع، صرف فعالیت های R&D شده است. برای مثال، در سال ۲۰۰۳ هزینه ناخالص داخلی R&D به تولید ناخالص داخلی در آمریکا، ژاپن و ۲۵ کشور اروپایی به ترتیب ۲/۶۷ درصد، ۳/۱۲ درصد و ۱/۸۶ درصد بوده است (وانگ، ۲۰۰۷). سهم R&D در ایجاد ارزش اقتصادی را می توان از ترکیب دو عامل سنجید: ۱. ارزش اقتصادی ایجاد شده توسط پروژه های R&D و ۲. ارزش زیرساخت های استراتژیک (وانگ و هانگ، ۲۰۰۷).

فعالیت های R&D علاوه بر فواید عینی، فواید غیر عینی مانند ایجاد ارتباطات غیر رسمی، عضویت در شبکه های بین المللی، سازوکار انتقال دانش و مواردی از این قبیل ایجاد می کند. گیلکینسون و بارت اظهار کردند که R&D ممکن است مزایای عینی را به سرعت ایجاد نکند، اما در دراز مدت منجر به ایجاد مزایای عینی و غیر عینی خواهد شد که از این طریق کسب و کار افراد و برنامه های آن ها توسعه پیدا خواهد کرد. کوئن و لوینتال دریافتند که R&D باعث افزایش ظرفیت جذب شرکت ها، مثل توانایی شناسایی، جذب و استخراج اطلاعات جدید از محیط داخلی یا خارجی خواهد شد؛ این منجر به تقویت نیروی کار، بهبود قابلیت های سازمان، افزایش بهره وری، کارایی و مزایای رقابتی در بازار می شود (کیولوتونگا، آماراتونگا و هیج، ۲۰۰۷). دولت ها، سرمایه گذاران و محققان، به نقش برجسته تحقیق و توسعه علمی در راه رشد اقتصادی بسیار تأکید کرده اند و اغلب اقتصاددانان معتقدند که فعالیت های R&D دولت ها، منجر به رشد اقتصادی پایدار خواهد شد (وانگ، ۲۰۰۷؛ چیسو و ماسلا، ۱۹۹۶).

با توجه به اهمیت بخش R&D در رشد اقتصادی کشورها، ارزیابی بخش تحقیق و توسعه هر کشور در مقایسه با دیگر کشورها و تعیین جایگاه آن در مناطق مختلف، ضروری به نظر می‌رسد. ایران، همانند سایر کشورها خود را نیازمند پیشرفت در حوزه R&D می‌داند و شکل‌گیری نهادهای مرتبط در این زمینه، جهت‌گیری محتوایی اسناد ملی و علمی مانند قانون برنامه چهارم و سند چشم‌انداز، نقشه جامع علمی کشور و نیز تأکید مدیران ارشد نظام بر فعالیت‌های R&D، از جمله نشانه‌هایی بر اهمیت موضوع است. با توجه به اهمیت R&D و ضرورت مدیریت آن در سطح ملی و همچنین تعامل فعال با سایر کشورها به‌ویژه کشورهای همسایه و منطقه در این زمینه، در اختیار داشتن اطلاعات پایه‌ای که بتواند تصویری از وضعیت عملکرد تحقیق و توسعه ایران را در میان کشورها به نمایش بگذارد، ضروری است. در واقع شناخت وضعیت و جایگاه عملکرد R&D کشور در سطح بین‌المللی و کشورهای منطقه، مقدمه‌ای برای ورود به مسیر توسعه ظرفیت نوآوری و دستیابی به اهداف ایران ۱۴۰۴ شمرده می‌شود. حال سؤال این است که اگر باید ایران در سال ۱۴۰۴ به رتبه اول در منطقه آسیای جنوب غربی دست یابد، در آستانه شروع برنامه پنجم توسعه و همچنین زمان تصویب نقشه جامع علمی کشور، این نظام از چه شرایطی برخوردار است و ایران چه جایگاه و رتبه‌ای در منطقه دارد (بخشی، پناهی، ملایی، کاظمی و محمدی، ۱۳۹۰).

ارزیابی عملکرد سازمان‌ها و زیرمجموعه‌های آن به‌منظور دستیابی به بهره‌وری بالاتر و رشد و بالندگی سازمان، یک ضرورت انکارناپذیر است (مهرگان، ابویی‌اردکان و سلطان‌محمدی، ۱۳۹۱). فرایند ارزیابی و مقایسه فعالیت‌های R&D به‌دلیل ماهیت پیچیده همراه با ریسک، عدم قطعیت، دوره توسعه طولانی، سخت‌بودن تشخیص خروجی‌های ملموس آن و وجود پارامترهای گوناگون خروجی، کاری بسیار دشوار است. با وجود این، عملکرد سازمان‌های R&D را می‌توان از طریق ارزیابی کارایی نسبی آنان بررسی کرد (جیوتی، بانوت و دشماخ، ۲۰۰۸).

شیوه‌های مرسوم مدیریت عملکرد، عموماً سطح خروجی‌های منتج از عملکرد سیستم سازمان را مد نظر قرار می‌دهند، در حالیکه با یک رویکرد سیستمی، به‌سادگی می‌توان دریافت که دستیابی به خروجی‌ها تنها در بستر بهره‌برداری از ورودی‌ها و با استفاده از فرایندهای مناسب امکان‌پذیر است و توجه صرف به خروجی‌ها در ارزیابی و مدیریت عملکرد، ما را به اشتباه خواهد کشاند. یکی از این روش‌هایی که طی زمان کوتاه کاربردهای فراوانی یافته است، روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)<sup>۱</sup> نام دارد و در چند دهه گذشته با عنوان یک روش مهم برای سنجش کارایی مطرح شده است (امیری و جهانی، ۱۳۸۹).

DEA روشی مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی است که برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری مشابه، کاربردهای بسیاری داشته است. توانایی‌های این روش در مقایسه واحدهای مشابه با یکدیگر و نیز، امکان تجزیه و تحلیل نتایج آن، موجب شده است که روزه‌روز بر میزان کاربرد آن در زمینه‌های گوناگون افزوده شود. از مزایای کاربرد این روش در ارزیابی کارایی عملکرد R&D واحدها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (وانگ و هانگ، ۲۰۰۷):

۱. برای مواردی که اهمیت نسبی ورودی‌های به‌کاررفته در واحدهای تصمیم‌گیرنده و خروجی‌هایی که توسط آن‌ها ایجاد می‌شود، معین نباشند، این روش بسیار با ارزش است. این موقعیت، زمانی ایجاد می‌شود که دولتی منابعش را به فعالیت‌های R&D علم و تکنولوژی اختصاص دهد، اما هیچ توافق جامعی در وزن ورودی‌ها و خروجی‌های آن وجود نداشته باشد.

۲. از آنجا که هیچ دانش مهندسی‌ای در رابطه با ارتباطات دقیق متقابل بین ورودی‌های R&D که خروجی‌های آن را تولید می‌کنند (بر اساس تابع تولید)، وجود ندارد و با توجه به اینکه DEA روشی است که هنگام ارزیابی به مشخصات پارامتریکی مثل تابع تولید نیاز ندارد، این امکان را فراهم می‌کند که بدون نیاز به تعریف تابعی که ارتباط دقیق بین R&D و ایجاد دانش و تکنولوژی را نشان دهد، ارزیابی کارایی صورت گیرد.

بنابراین مقاله پیش رو درصدد است تا با یک روش توسعه‌یافته به ارزیابی کارایی نسبی عملکرد R&D کشورهای منطقه پردازد و جایگاه ایران در این بخش را تعیین کند. در ادامه، پس از مرور پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه ارزیابی عملکرد مراکز و پروژه‌های R&D، روشی که در این پژوهش به کار گرفته شده، تشریح می‌شود. سپس به تجزیه و تحلیل نتایج پرداخته خواهد شد و در پایان نتایج جمع‌بندی شده حاصل از این پژوهش، بیان می‌شود.

### پیشینه تجربی پژوهش

تاکنون سیستم‌های ارزیابی عملکرد متفاوتی برای ارزیابی عملکرد R&D سازمان‌ها و کشورها توسعه داده شده است؛ از جمله این سیستم‌ها، می‌توان به کارت امتیازی متوازن و DEA اشاره کرد که به ترتیب به صورت کیفی و کمی با در نظر گرفتن معیارهایی، فرایند ارزیابی را انجام می‌دهند. در ادامه به توضیح کوتاهی از مطالعات انجام‌شده در این رابطه پرداخته می‌شود.

بخشی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی، به ارزیابی وضعیت نوآوری در منطقه جنوب غرب آسیا و تعیین جایگاه ایران در آن با کاربرد روش تصمیم‌گیری پرمته پرداختند. پژوهش آن‌ها دو هدف عمده را دنبال می‌کرد: ۱. ارزیابی شاخص‌های نوآوری در منطقه آسیای جنوب غربی و تعیین جایگاه ایران براساس این شاخص‌ها و ۲. تبیین کاربرد روش پرمته. بدین منظور پس از

استخراج شاخص‌های تبیین‌گر نوآوری، وضعیت و روندهای این شاخص‌ها در کشورهای منطقه بررسی شد. در مرحله بعد، شاخص‌ها با استفاده از روش آنتروپی وزن دهی شدند و در نهایت با استفاده از روش پرومته نوع دوم، پس از اولویت‌بندی کشورها، جایگاه ایران براساس شاخص ترکیبی نوآوری تعیین شده است. نتایج پژوهش نشان داد براساس شاخص ترکیبی نوآوری، لبنان، گرجستان و امارات متحده عربی در گروه کشورهایی با وضعیت نوآوری خوب جای دارند و عمان، پاکستان و سوریه نیز، در گروه کشورهایی با وضعیت نوآوری ضعیف قرار می‌گیرند.

در پژوهشی که کانتو و گونزالز (۱۹۹۹) انجام دادند، نقش عوامل داخلی و سازمانی بر اجرای اقدامات R&D در بین ۱۰۰ شرکت اسپانیایی ارزیابی شده است. این پژوهش به بررسی نقش سه نوع از منابع، شامل منابع مالی، منابع فیزیکی و منابع ناملموس بر R&D پرداخته و در پایان، مهم‌ترین عامل در اقدامات R&D را منابع ناملموس معرفی کرده است.

هاشیموتو و هاندا (۲۰۰۸)، روند کارایی تحقیق و توسعه صنعت داروسازی را طی سال‌های ۱۹۹۲-۱۹۸۳ با استفاده از رویکرد DEA و شاخص مالمکوئیست ارزیابی کردند. در این پژوهش ورودی مدل DEA، هزینه تحقیق و توسعه بود و خروجی‌های مدل نیز، تعداد حق اختراعاتی که در سال منتشر می‌شود، فروش دارویی سالانه و سود ناخالص سالانه بودند. با توجه به نتایج این پژوهش، صنعت داروسازی طی این دهه از نظر تحقیق و توسعه دچار نزول شدیدی شده؛ به‌گونه‌ای که کارایی تحقیق و توسعه این صنعت در سال ۱۹۹۲ به ۵۰ درصد مقدار آن در شروع سال ۱۹۸۳ رسیده است و تعداد کمی از شرکت‌های خلاق باقی مانده‌اند.

در مطالعه ایلات، گلانی و اشتوب (۲۰۰۸)، کارایی نسبی پروژه‌های تحقیق و توسعه طی مراحل چرخه حیات پروژه بررسی شده است. این پژوهش با استفاده از رویکردهای DEA و کارت امتیازی متوازن انجام گرفت و با توجه به برقرار بودن شرایط رقابت کامل، از مدل CCR تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شد. ورودی این مدل مبلغ سرمایه‌گذاری بود و خروجی‌های آن، پنج جنبه کارت امتیازی متوازن شامل: جنبه‌های مالی، مشتری، فرایندهای داخلی کسب‌وکار، رشد و یادگیری و جنبه عدم اطمینان بوده است.

جیوتی و همکاران (۲۰۰۸) برای نخستین بار، از دو روش تحلیل سلسله‌مراتبی و DEA برای ارزیابی کارایی سازمان‌های R&D هند استفاده کردند. در این پژوهش به‌منظور قابلیت اجرا و کنترل کارایی مدل، از میان مجموعه‌ای از ورودی‌ها و خروجی‌ها، شش خروجی و یک ورودی با نظر خبرگان انتخاب شد. در واقع شش معیار خروجی این پژوهش، بیانگر مهم‌ترین اهداف سازمان‌ها هستند که عبارتند از: مقالات منتشر شده، حق امتیازها، جریان نقدی ایجاد شده،

توسعه محصول، فرایند یا تکنولوژی، مدارک دکتری اعطا شده و جوایز کسب شده توسط سازمان. معیار ورودی نیز، بودجه سالانه تخصیص یافته به هر سازمان انتخاب شد.

در پژوهشی که لی، پارک و چوی (۲۰۰۹) در کشور کره انجام دادند، عملکرد نسبی برنامه‌های تحقیق و توسعه‌ای که دولت آنها را حمایت می‌کند و از نظر هدف ناهمگون‌اند، با استفاده از مدل DEA ارزیابی شده است. ورودی‌های مدل، میزان سرمایه‌گذاری و تعداد محققان با مدرک دکتری بود و خروجی‌های مدل را نیز سه معیار مقالات، اختراعات و منابع انسانی تشکیل می‌داد. این پژوهش ۵۴۸ پروژه تحقیق و توسعه را که تا سال ۲۰۰۵ تمام شده بودند، ارزیابی کرده است. پایان این پژوهش به رتبه‌بندی شش برنامه تحقیق و توسعه که از طرف دولت حمایت می‌شود، اختصاص یافته است.

والدراما، مندیگوری و باردوی (۲۰۰۹)، به منظور اثبات وجود ارتباط یا عدم ارتباط بین چهار جنبه کارت امتیازی متوازن برای بررسی کارایی فعالیت R&D، از بسط مدل DEA استفاده کردند. آنها طی فرایند پنج‌مرحله‌ای، جنبه‌های مختلف کارت امتیازی متوازن در یک مرحله را ورودی مدل انتخاب کردند و در مرحله بعد، همان معیارها را خروجی مدل DEA در نظر گرفتند. در پایان این پژوهش برای اثبات اثربخشی مدل DEA، ۹۰ شرکت R&D با این مدل ارزیابی شده است.

در پژوهش لیو و لو (۲۰۰۹)، کارایی مؤسسه‌های R&D تایوان به کمک DEA با رویکرد مبتنی بر شبکه دو مرحله‌ای، اندازه‌گیری شد. در این پژوهش از مدل بازده متغیر به مقیاس با رویکرد خروجی محور استفاده شده است. نتایج حاصل از اجرای جداگانه دو مدل DEA بدین صورت بود که ۱۷ مؤسسه در مرحله توسعه تکنولوژی کارایی داشتند و ۱۸ مؤسسه در مرحله انتشار تکنولوژی کارا بودند.

لو و هانگ (۲۰۱۰) در پژوهشی برای فرایند برنامه‌های توسعه تکنولوژی، دو مرحله توسعه R&D و انتشار تکنولوژی را در نظر گرفتند و سپس به محاسبه عملکرد برنامه‌های توسعه تکنولوژی با استفاده از DEA متوالی پرداختند. در مرحله اول، توانایی برنامه‌های توسعه تکنولوژی در ایجاد انتشارات، پتنت‌ها و کسب تکنولوژی اندازه‌گیری شد و در مرحله دوم، توانایی برنامه‌های توسعه تکنولوژی در انتشار تکنولوژی محاسبه شد. نتایج این پژوهش حاکی از عملکرد بهتر R&D در مقایسه با انتشار تکنولوژی است.

خلاصه‌ای از مطالعات انجام شده به همراه ورودی‌ها و خروجی‌های آنها در جدول ۱ درج شده است.

جدول ۱. خلاصه‌ای از مطالعات انجام گرفته به همراه ورودی‌ها و خروجی‌های آن‌ها

مورد	خروجی‌ها	ورودی‌ها	مطالعه
دانشکده‌ها و گروه‌های آموزشی تربیت بدنی دانشگاه‌های دولتی	فعالیت‌های آموزشی، فعالیت‌های پژوهشی و فعالیت‌های خدماتی	سرمایه‌های مالی و سرمایه‌های انسانی	حیدری-نژاد، مظفری و محقر (۱۳۸۵)
۱۰۰ شرکت اسپانیایی	تحقیق و توسعه	منابع مالی، فیزیکی و منابع ناملموس	کانتو و گونزالز (۱۹۹۹)
انتقال تکنولوژی دانشگاه‌ها	درآمد حاصل از مجوزها، توافق‌نامه‌های تجاری، شرکت‌های راه‌اندازی‌شده، اختراعات پذیرفته‌شده و اختراعات منتشر شده	کل هزینه صرف‌شده برای تحقیقات	اندرسون، دایم و لاوای (۲۰۰۷)
اقدامات تحقیق و توسعه ۳۰ کشور	پتنت‌ها و انتشارات دانشگاهی	هزینه‌های تحقیق و توسعه و نیروهای درگیر در فرایند	ونگ و هانگ (۲۰۰۷)
صنعت داروسازی	تعداد حق اختراعاتی که در سال منتشر می‌شود، فروش دارویی سالانه و سود ناخالص سالانه	هزینه تحقیق و توسعه	هاشیموتو و هاندا (۲۰۰۸)
سازمان‌های تحقیق و توسعه هند	مقاله‌های منتشر شده، حق امتیازها، جریان نقدی ایجاد شده، توسعه محصول، فرایند یا تکنولوژی، مدارک دکتری اعطا شده و جوایز کسب‌شده توسط سازمان	بودجه سالانه تخصیص‌یافته به هر سازمان	جیوتی و همکاران (۲۰۰۸)
برنامه‌های تحقیق و توسعه	مقاله‌ها، اختراعات و منابع انسانی	میزان سرمایه‌گذاری و تعداد محققان با مدرک دکتری	لی و همکاران (۲۰۰۹)
۲۶ استان کشور چین	پتنت‌های به‌کار گرفته شده، ارزش مالیات و سود محصولات جدید، ارزش افزوده محصولات جدید، ارزش صادرات و درآمدهای حاصل از فروش محصولات جدید، ورودی‌های نوآوری تکنولوژیکی غیر تحقیق و توسعه، هزینه وارد کردن تکنولوژی و هزینه جذب تکنولوژی	هزینه‌های داخلی سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه، ذخیره پتنت‌های انباشته‌شده در هر استان	گون و چن (۲۰۱۰)

با توجه به پیشینه بررسی شده، می‌توان نتیجه گرفت که فعالیت تحقیق و توسعه از چندین ورودی و چندین خروجی تشکیل شده است. استفاده از روش‌های پارامتریک که مبتنی بر تابع تولید هستند یا روش‌هایی که تحلیل‌های تک‌ورودی انجام می‌دهند، کار را مشکل می‌کند، اما مدل DEA به دلیل وجود ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه و تناسب آن برای بررسی روابط

غیرخطی در تحلیل‌ها (چانگ، لین، کائو و لیو، ۲۰۱۱)، ابزاری قدرتمند برای ارزیابی عملکرد R&D سازمان‌ها و کشورها محسوب می‌شود؛ لذا در پژوهش حاضر از این رویکرد برای ارزیابی عملکرد تحقیق و توسعه کشورهای منطقه استفاده شده است.

### روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از حیث هدف کاربردی است و از نظر نحوه جمع‌آوری اطلاعات، توصیفی به‌شمار می‌رود. در این بررسی، کشورهای منطقه جنوب غرب آسیا شامل: افغانستان، قزاقستان، یمن، ترکمنستان، ازبکستان، عراق، تاجیکستان، فلسطین، کویت، قطر، قبرس، بحرین، ایران، ارمنستان، آذربایجان، گرجستان، اردن، قرقیزستان، لبنان، عمان، پاکستان، عربستان، سوریه، ترکیه و امارات متحده عربی گزینه‌های ارزیابی بوده‌اند. گزینه‌های نامبرده بر اساس دسترسی به اطلاعات برای معیارهای پالایش‌شده، در مرحله قبل تعدیل شدند و در نهایت از میان آن‌ها ۱۴ کشور ایران، ارمنستان، آذربایجان، گرجستان، اردن، قزاقستان، قرقیزستان، لبنان، عمان، پاکستان، عربستان، سوریه، ترکیه و امارات انتخاب شده است. شایان ذکر است که این کشورها با در نظر گرفتن پراکنش و ترکیب مناسبی از کشورهای منطقه خاورمیانه، آسیای مرکزی، منطقه قفقاز، کشورهای عربی جنوب غربی و دیگر کشورهای مستقل، انتخاب شده‌اند (بخشی و همکاران، ۱۳۹۰).

این پژوهش به دنبال ارائه مدلی به‌منظور ارزیابی عملکرد R&D کشورهای منطقه با رویکرد DEA است. ضعف روش DEA این است که قدرت تفکیک مدل به تعداد واحدهای ارزیابی شده و تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های مدل بستگی دارد؛ بدین صورت که با افزایش تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های مدل، باید تعداد واحدهای ارزیابی را افزایش داد. بنابراین هرچه تعداد متغیرها (ورودی و خروجی) بیشتر باشد، قدرت تفکیک واحدهای بررسی‌شده توسط مدل کاهش می‌یابد (بال، ارکیسو و سلیبول، ۲۰۱۰). بنابراین در چنین وضعیت‌هایی باید تعداد متغیرهای مدل را کاهش داد.

ابتدا با مرور ادبیات پژوهش و مطالعات پیشین و همچنین بهره‌گیری از نظرات خبرگان ذی‌ربط، شاخص‌های مؤثر بر کارایی عملکرد R&D کشورهای منتخب، شناسایی شدند. منظور از خبرگان در این پژوهش، مدیران سازمان‌های R&D هستند. سپس با استفاده از این شاخص‌ها، ورودی‌ها که ماهیتاً نشان‌دهنده منابع به‌کار گرفته شده‌اند و خروجی‌ها که نمایانگر موفقیت و سطح عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری هستند، مشخص شدند. با توجه به اینکه ارزیابی در سطح فراملی انجام شده است، درباره معیارهای ارزیابی باید توافق بین‌المللی وجود داشته



باشد. بدین منظور ابتدا معیارهای ارزیابی براساس رویکرد بانک جهانی تعیین شد. در مرحله بعد با توجه به اینکه در ایران داده‌های مربوط به کدام معیارها در دسترس هستند، به کمک نظرسنجی از خبرگان معیارها پالایش شدند و در نهایت شش معیار، برای ورودی و خروجی مدل‌های DEA انتخاب شد.

جدول ۲ ورودی‌ها و خروجی‌های عملکرد R&D کشورهای منتخب و اطلاعات مربوط به آن‌ها را نشان می‌دهد. بازه زمانی این متغیرها، سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ است و اطلاعات لازم در این زمینه از پژوهش بخشی و همکاران (۱۳۹۰) به دست آمده است.

جدول ۲. اطلاعات مرتبط با ورودی‌ها و خروجی‌های عملکردی کشورهای منطقه

کشور	ورودی‌ها			خروجی‌ها		
	تعداد ثبت نام در رشته‌های علوم و مهندسی (درصد)	تعداد محققان تحقیق و توسعه <sup>۰</sup>	هزینه تحقیق و توسعه <sup>**</sup>	تعداد مقاله‌های علمی و مهندسی <sup>۰</sup>	پتنت‌های دریافتی بین‌المللی <sup>۰</sup>	صادرات فناوری پیشرفته <sup>***</sup>
	A	B	C	۱	۲	۳
ایران	۴۰/۵۲	۱۲۷۲	۰/۵۹	۳۸/۱۴	۰/۰۲	۶/۱۷
ارمنستان	۶/۵۷	۱۶۳۸	۰/۲۱	۵۹/۶۱	۰/۴۶	۲/۰۳
آذربایجان	۷	۱۲۰۳	۰/۲۲	۱۳/۸۱	۰/۱۲	۳/۹۴
گرجستان	۱۳/۹۷	۳۷۰۴	۰/۱۸	۳۲/۳۳	۰/۷۲	۷/۱۲
اردن	۲۲/۲۹	۵۰	۰/۳۴	۵۰/۷۸	۰/۲۲	۱/۱۲
قرقیزستان	۱۶/۹۹	۳۹۷	۰/۲	۲/۹۲	۰/۰۱	۲/۴۴
لبنان	۲۳/۵	۴	۰/۳	۵۸/۲۷	۰/۸۵	۲/۳۹
عمان	۲۰/۹۸	۳/۴۳	۰/۱۷	۴۴/۲۲	۰/۰۸	۰/۴۶
پاکستان	۱۰/۲۱	۸۰/۲۷	۰/۴۴	۳/۱۷	۲/۰۲	۱/۳۷
عربستان	۲۸/۸۶	۴۲	۰/۱۱	۲۴/۹۳	۰/۰۸	۰/۶۱
سوریه	۲۰	۲۳/۲۴	۰/۱۲	۴/۰۷	۰/۰۵	۰/۸۲
ترکیه	۲۰/۸۴	۵۷۷/۱۴	۰/۷۶	۱۰۰۸	۰/۳۱	۰/۳۸
امارات	۲۰/۹۳	۳۰	۰/۲	۵۵/۸۶	۱/۰۷	۰/۶۶
قزاقستان	۲۰	۷۸۳	۰/۲۸	۶/۳۴	۰/۱۲	۲۳

\*\*\* درصدی از صادرات صنعتی

\*\* درصدی از تولید ناخالص داخلی

\* در ازای میلیون نفر جمعیت

در مرحله بعد با استفاده از مدل DEA و با در نظر گرفتن ترکیبات مختلف ورودی‌ها و خروجی‌ها، کارایی عملکرد تحقیق و توسعه کشورهای منتخب سنجیده شد. در پایان از روش تاپسیس به منظور رتبه‌بندی کامل کشورها استفاده شد. در ادامه به شرح مختصری از روش‌های DEA و تاپسیس پرداخته می‌شود.

### تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

تحلیل پوششی داده‌ها، یک ابزار قدرتمند مدیریتی است که به منظور ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده به کار می‌رود (جعفریان مقدم و قصیری، ۱۳۸۹). تحلیل پوششی داده‌ها روش ناپارامتریکی است که با فرض اصول موضوعه تولید، به ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری مشابه می‌پردازد که دارای چندین ورودی (نهاده) و چندین خروجی (ستاده) مشابه هستند (علیرضایی، رخشان و رفیعی‌ثانی، ۱۳۹۱). هر روز بر تعداد مدل‌های DEA افزوده می‌شود و هر یک جنبه تخصصی پیدا می‌کند، ولی مبنای همه آن‌ها تعدادی مدل اصلی است که بنیان‌گذاران این روش طراحی کرده‌اند (بال و همکاران، ۲۰۱۰). از جمله این مدل‌ها می‌توان به مدل چارنز، کوپر و رودز (۱۹۷۸) با عنوان CCR اشاره کرد که با فرض بازدهی ثابت به مقیاس در تحلیل استفاده شده است و همچنین مدل دیگر، مدل ارائه‌شده بنکر، چارنز و کوپر با نام BCC است که با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس طراحی شده است. از یک دیدگاه مدل‌های DEA به دو دسته مدل‌های با ماهیت ورودی و مدل‌های با ماهیت خروجی تقسیم می‌شوند. هدف مدل‌های با ماهیت ورودی، ارائه مسیر بهبود با کاهش ورودی‌هاست، ولی هدف مدل‌های با ماهیت خروجی، طراحی مسیر بهبود با افزایش خروجی‌هاست. DEA واحدهای منتخب برای بررسی را به دو گروه کارا و ناکارا تقسیم می‌کند (مهرگان، ۱۳۸۵).

در این پژوهش از مدل BCC خروجی محور استفاده شده است. دلیل این انتخاب، آن است که کشورها دارای مقدار ثابتی از منابع مانند بودجه، محقق و ... هستند، اما خروجی حداکثر از بخش R&D آن‌ها خواسته می‌شود. همچنین از آنجا که هدف، افزایش خروجی‌های مدل است؛ لذا برای ارزیابی، مدل‌های خروجی محور مناسب‌تر است. در مدل BCC دلیلی دال بر بازده ثابت به مقیاس در کارکرد فعالیت‌های R&D کشورها وجود ندارد، بنابراین باید مقدار بازده به مقیاس آزاد گذاشته شود. مدل BCC خروجی محور به صورت رابطه ۱ است (آذر، زارعی محمودآبادی و انواری رستمی، ۱۳۹۱).

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Z_0 &= \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + w \\
 \text{s. t. } & \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1, \\
 & \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + w \geq 0, \\
 & u_r, v_i \geq 0
 \end{aligned}
 \tag{رابطه ۱}$$

که در آن متغیرها به این صورت تعریف می‌شوند:  $x_{ij}$ : میزان ورودی  $i$  ام برای کشور  $j$  ام  
 $(i = 1, 2, \dots, m)$ ;  $y_{rj}$ : میزان خروجی  $r$  ام برای کشور  $j$  ام  $(r = 1, 2, \dots, s)$ ;  $v_i$ : وزن  
 داده شده به ورودی  $i$  ام؛  $u_r$ : وزن داده شده به خروجی  $r$  ام.

### روش تاپسیس

هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ مدل تاپسیس را پیشنهاد کردند. در این روش  $m$  گزینه به وسیله  $n$  شاخص ارزیابی می‌شود. روش تاپسیس بر این مفهوم بنا شده است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن،  $A_i^+$ ) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن،  $A_i^-$ ) داشته باشد و فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص، به طور یکنواخت افزایشی یا کاهش‌ی است (پرسین، ۲۰۰۹).

### یافته‌های پژوهش

#### نتایج ارزیابی کارایی نسبی کشورها با ترکیبات مختلف شاخص‌ها

دلایل در نظر گرفتن ترکیبات مختلف ورودی‌ها و خروجی‌ها در مدل‌های DEA عبارتند از (بروسیو و داش، ۲۰۰۹):

۱. با این روش همه ترکیبات ورودی‌ها و خروجی‌ها به طور برابر ارزیابی می‌شوند.
  ۲. با توجه به اینکه نمرات کارایی هر واحد تصمیم‌گیری در مدل‌های DEA بستگی به نحوه انتخاب ورودی‌ها و خروجی‌ها دارد، بنابراین بعد از حل تمام مدل‌ها می‌توان نقاط قوت و ضعف واحدها را از طریق ورودی‌ها و خروجی‌های منتخب ارزیابی کرد.
- در این پژوهش از ترکیبات مختلف ورودی‌ها و خروجی‌ها برای تکنیک DEA استفاده شده است. برای مثال، یکی از شیوه‌های انتخاب ورودی‌ها و خروجی‌های این پژوهش، در نظر گرفتن هر سه ورودی و خروجی برای مدل است که در این نوشتار با نماد ABC۱۲۳ شناخته می‌شود. با وجود سه متغیر ورودی و سه متغیر خروجی، در مجموع برای هر کشور، ۴۹ مدل از ترکیب ورودی‌ها و خروجی‌ها طراحی شد.

$$\left[ \binom{3}{1} + \binom{3}{2} + \binom{3}{3} \right] \times \left[ \binom{3}{1} + \binom{3}{2} + \binom{3}{3} \right]$$

با توجه به تعداد کشورها (۱۴)، در کل ۶۸۶ مدل طراحی و حل شد که این عملیات با استفاده از نرم‌افزار WINQSB انجام گرفت. نتایج کارایی نسبی عملکرد R&D کشورهای منطقه حاصل از مدل‌های مختلف، در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. نتایج کارایی نسبی کشورها با ترکیبات متفاوت ورودی‌ها و خروجی‌ها

کشور	مدل	A1	A2	A3	A12	A13	A23	A123	AB1	AB2	AB3
ایران	۰/۳۵۳	۰/۰۱۰	۰/۲۶۸	۰/۲۶۸	۰/۳۵۳	۰/۶۰۰	۰/۲۶۸	۰/۶۰۰	۰/۳۵۳	۰/۰۱۰	۰/۲۶۸
ارمنستان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
آذربایجان	۰/۲۲۶	۰/۱۸۶	۱/۰۰۰	۰/۲۳۵	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
گرجستان	۰/۳۸۲	۰/۳۵۶	۰/۵۰۳	۰/۶۲۶	۰/۷۰۷	۰/۶۷۶	۰/۹۱۴	۰/۳۸۲	۰/۳۵۶	۰/۵۰۳	۰/۳۳۲
اردن	۰/۴۷۰	۰/۱۰۹	۰/۰۴۹	۰/۵۰۶	۰/۵۰۹	۰/۱۴۹	۰/۵۴۱	۰/۸۴۱	۰/۱۴۱	۰/۳۳۲	۰/۳۳۲
قرقیزستان	۰/۰۳۱	۰/۰۰۵	۰/۱۳۱	۰/۰۳۱	۰/۱۳۸	۰/۱۳۱	۰/۱۳۸	۰/۱۳۸	۰/۰۴۲	۰/۰۰۵	۰/۲۰۹
لبنان	۰/۵۴۰	۰/۴۲۱	۰/۱۰۴	۰/۸۶۹	۰/۶۲۹	۰/۴۹۵	۰/۹۳۶	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
عمان	۰/۴۰۹	۰/۰۴۰	۰/۰۲۰	۰/۴۰۹	۰/۴۲۲	۰/۰۵۶	۰/۴۲۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
پاکستان	۰/۰۴۴	۱/۰۰۰	۰/۱۵۸	۱/۰۰۰	۰/۱۶۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
عربستان	۰/۲۳۱	۰/۰۴۰	۰/۰۲۷	۰/۲۳۵	۰/۲۵۲	۰/۰۶۲	۰/۲۵۵	۰/۲۵۵	۰/۰۵۶	۰/۰۵۶	۰/۱۸۰
سوریه	۰/۰۳۹	۰/۰۲۵	۰/۰۳۶	۰/۰۵۶	۰/۰۷۱	۰/۰۵۷	۰/۰۸۷	۰/۰۸۸	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۴۰۵
ترکیه	۱/۰۰۰	۰/۱۵۳	۰/۰۱۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۶۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۵۳	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲
امارات	۰/۵۱۷	۰/۵۳۰	۰/۰۲۹	۰/۹۵۶	۰/۵۳۶	۰/۵۳۰	۰/۹۵۶	۰/۹۵۶	۰/۸۵۷	۰/۲۶۴	۰/۲۶۴
قزاقستان	۰/۰۶۰	۰/۰۵۹	۱/۰۰۰	۰/۱۰۸	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۶۰	۰/۰۵۹	۱/۰۰۰

  

کشور	مدل	AB12	AB13	AB23	AB123	ABC1	ABC2	ABC3	ABC12	ABC13	ABC23
ایران	۰/۳۵۳	۰/۶۰۰	۰/۲۶۸	۰/۶۰۰	۰/۴۱۰	۰/۰۱۰	۰/۲۶۸	۰/۴۱۰	۰/۴۱۰	۰/۶۰۰	۰/۲۶۸
ارمنستان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
آذربایجان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
گرجستان	۰/۶۲۶	۰/۷۰۷	۰/۶۷۶	۰/۹۱۴	۰/۶۵۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
اردن	۰/۸۴۱	۰/۸۴۱	۰/۳۳۲	۰/۸۴۱	۰/۸۴۱	۰/۱۴۶	۰/۳۳۲	۰/۸۴۱	۰/۸۴۱	۰/۳۳۲	۰/۳۳۲
قرقیزستان	۰/۰۴۲	۰/۲۱۰	۰/۲۰۹	۰/۲۱۰	۰/۰۶۱	۰/۰۱۲	۰/۳۸۲	۰/۰۶۱	۰/۳۸۲	۰/۳۸۲	۰/۳۸۲
لبنان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
عمان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
پاکستان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
عربستان	۰/۴۰۵	۰/۴۰۵	۰/۱۸۰	۰/۴۰۵	۰/۴۰۵	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
سوریه	۰/۰۸۸	۰/۴۰۵	۰/۴۰۵	۰/۴۰۵	۰/۴۰۵	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
ترکیه	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۶۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۶۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۶۰
امارات	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۸۵۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۳۷۵	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
قزاقستان	۰/۱۰۸	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۹۸	۰/۰۸۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

ادامه جدول ۳

مدل	ABC۱۲۳	AC۱	AC۲	AC۳	AC۱۲	AC۱۳	AC23	AC۱۲۳	B۱	B۲
ایران	۰/۶۰۰	۰/۴۱۰	۰/۱۰۰	۰/۲۶۸	۰/۴۱۰	۰/۶۰۰	۰/۲۶۸	۰/۶۰۰	۰/۳۵۳	۰/۱۰۰
ارمنستان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۵۵۲	۰/۲۲۸
آذربایجان	۱/۰۰۰	۰/۲۲۸	۰/۲۲۱	۱/۰۰۰	۰/۲۳۶	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۲۸	۰/۰۵۹
گرجستان	۱/۰۰۰	۰/۶۵۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۲۹۹	۰/۳۵۶
اردن	۰/۸۴۱	۰/۷۱۵	۰/۱۳۵	۰/۰۴۹	۰/۷۱۵	۰/۷۱۵	۰/۱۶۶	۰/۷۱۵	۰/۸۱۶	۰/۱۴۱
قرقیزستان	۰/۳۹۱	۰/۰۵۲	۰/۰۱۱	۰/۲۲۴	۰/۰۵۲	۰/۲۲۴	۰/۲۲۴	۰/۲۲۴	۰/۰۳۲	۰/۰۰۵
لبنان	۱/۰۰۰	۰/۸۶۳	۰/۵۸۰	۰/۱۰۴	۰/۹۰۱	۰/۸۹۷	۰/۶۳۱	۰/۹۷۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
عمان	۱/۰۰۰	۰/۹۶۷	۰/۱۱۴	۰/۰۵۸	۰/۹۶۷	۰/۹۶۷	۰/۱۱۹	۰/۹۶۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
پاکستان	۱/۰۰۰	۰/۰۴۴	۱/۰۰۰	۰/۱۵۸	۱/۰۰۰	۰/۱۶۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۴۹	۱/۰۰۰
عربستان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۴۰۵	۰/۰۵۶
سوریه	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۶۸	۰/۰۴۴
ترکیه	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۵۳	۰/۰۱۷	۱/۰۰۰	۰/۱۶۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۵۳
امارات	۱/۰۰۰	۰/۹۹۵	۱/۰۰۰	۰/۰۵۵	۱/۰۰۰	۰/۹۹۵	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۲۳	۰/۸۵۷
قزاقستان	۱/۰۰۰	۰/۰۹۶	۰/۰۸۷	۱/۰۰۰	۰/۱۱۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹

  

مدل	B۳	B۱۲	B۱۳	B۲۳	B۱۲۳	BC۱	BC۲	BC۳	BC۱۲	BC۱۳
ایران	۰/۲۶۸	۰/۳۵۳	۰/۶۰۰	۰/۲۶۸	۰/۶۰۰	۰/۴۱۰	۰/۱۰۰	۰/۲۶۸	۰/۴۱۰	۰/۶۰۰
ارمنستان	۰/۰۸۸	۰/۶۹۱	۰/۶۳۷	۰/۲۹۸	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۴۱۵	۰/۱۴۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
آذربایجان	۰/۱۷۱	۰/۱۶۷	۰/۲۸۷	۰/۲۱۸	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۳۳۱	۰/۱۰۴	۰/۲۳۱	۰/۴۰۵
گرجستان	۰/۳۱۰	۰/۶۰۲	۰/۵۰۸	۰/۶۲۹	۰/۹۱۴	۰/۶۵۷	۰/۸۴۷	۰/۷۲۴	۰/۸۴۷	۱/۰۰۰
اردن	۰/۳۱۱	۰/۸۱۶	۰/۸۱۶	۰/۳۱۱	۰/۵۴۱	۰/۸۱۶	۰/۱۴۶	۰/۳۱۱	۰/۸۱۶	۰/۸۱۶
قرقیزستان	۰/۱۹۱	۰/۰۳۲	۰/۱۹۱	۰/۱۹۱	۰/۱۳۸	۰/۰۵۲	۰/۰۰۹	۰/۲۰۸	۰/۰۵۲	۰/۲۱۱
لبنان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۳۶	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
عمان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۴۲۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
پاکستان	۰/۳۱۱	۱/۰۰۰	۰/۳۱۱	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۴۹	۱/۰۰۰	۰/۳۱۱	۱/۰۰۰	۰/۳۱۱
عربستان	۰/۱۸۰	۰/۴۰۵	۰/۴۰۵	۰/۱۸۰	۰/۲۵۵	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
سوریه	۰/۲۸۳	۰/۰۶۸	۰/۲۸۳	۰/۲۸۳	۰/۰۸۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
ترکیه	۰/۰۲۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۶۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۵۳	۰/۰۲۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
امارات	۰/۲۱۴	۱/۰۰۰	۰/۹۲۳	۰/۸۵۷	۰/۹۵۶	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۳۴۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
قزاقستان	۱/۰۰۰	۰/۱۰۸	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۹۸	۰/۰۸۷	۱/۰۰۰	۰/۱۱۲	۱/۰۰۰

ادامه جدول ۳

مدل	BC123	BC23	C1	C2	C3	C12	C13	C23	C123
ایران	۰/۲۶۸	۰/۲۶۸	۰/۴۰۹	۰/۱۰	۰/۲۶۸	۰/۴۱۰	۰/۶۰۰	۰/۲۶۸	۰/۶۰۰
ارمنستان	۰/۴۷۸	۰/۴۷۸	۱/۰۰۰	۰/۴۱۵	۰/۱۴۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۴۷۸	۱/۰۰۰
آذربایجان	۰/۳۰۲	۰/۴۰۵	۰/۲۲۸	۰/۱۰۴	۰/۲۶۱	۰/۲۲۹	۰/۳۹۸	۰/۲۸۷	۰/۳۹۸
گرجستان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۶۵۷	۰/۸۴۷	۰/۷۲۴	۰/۸۴۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
اردن	۰/۳۱۱	۰/۸۱۶	۰/۷۱۴	۰/۱۳۵	۰/۰۴۹	۰/۷۱۵	۰/۷۱۵	۰/۱۶۶	۰/۷۱۵
قرقیزستان	۰/۲۰۸	۰/۲۱۱	۰/۰۵۲	۰/۰۰۹	۰/۱۹۶	۰/۰۵۲	۰/۱۹۶	۰/۱۹۶	۰/۱۹۶
لبنان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۸۶۲	۰/۵۸۰	۰/۱۰۴	۰/۹۰۱	۰/۸۹۷	۰/۶۳۱	۰/۹۷۲
عمان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۶۶	۰/۱۰۸	۰/۰۵۴	۰/۹۶۷	۰/۹۶۷	۰/۱۱۹	۰/۹۶۷
پاکستان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۳۹	۱/۰۰۰	۰/۰۶۰	۱/۰۰۰	۰/۰۸۵	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
عربستان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
سوریه	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۴۳	۰/۲۶۳	۰/۴۲۶	۰/۲۶۳	۰/۴۲۶	۰/۴۵۴	۰/۴۵۴
ترکیه	۰/۱۶۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۵۳	۰/۰۱۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۱۶۰	۱/۰۰۰
امارات	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۹۵	۱/۰۰۰	۰/۰۵۳	۱/۰۰۰	۰/۹۹۵	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
قزاقستان	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۶۴	۰/۰۸۷	۱/۰۰۰	۰/۱۱۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، نمرات کارایی کشورها در بازه صفر و یک قرار دارد. نتایج به دست آمده از مدل کامل ABC123 که تمام ورودی‌ها و خروجی‌ها را در نظر می‌گیرد، حاکی از آن است که از بین ۱۴ کشور بررسی شده، ۱۱ کشور حداکثر کارایی ۱ را به دست آورده‌اند و این نشان می‌دهد که مدل کامل ABC123 از قدرت تفکیک پایینی در ارزیابی کشورها برخوردار است. با مقایسه کارایی نسبی کشورها از طریق ترکیبات مختلف، می‌توان نقاط ضعف و قوت عملکرد کشورها را بهتر تحلیل کرد. برای مثال، کشور ارمنستان تحت ارزیابی با ۴۹ مدل، توانسته است توسط ۳۷ مدل حداکثر کارایی را به دست آورد که در مقایسه با مدل‌های دیگر، یعنی مدل‌های B1, B2, B3, B12, B13, B23, BC2, BC3, BC23, C2, C3 و C23 ناکارا شناخته شده است. این نتیجه نشان می‌دهد که ارمنستان نتوانسته است حداکثر استفاده را از ظرفیت ورودی‌هایی چون B و C ببرد. در این میان، ایران نیز نتوانسته است توسط حداکثر یک مدل از ۴۹ مدل طراحی شده از ترکیبات مختلف خروجی‌ها و ورودی‌ها، حداکثر کارایی را به دست آورد و این باعث شده که نسبت به دیگر کشورها عملکرد ضعیفی داشته باشد.

### رتبه‌بندی کامل کشورها

همان‌طور که قبلاً بیان شد با توجه به اهمیت نتایج مدل‌ها، در این بخش تلاش شده است تا با تجمیع نتایج مدل‌های مختلف، به رتبه‌بندی کاملی از کشورهای منطقه دست یابیم. با فرض اینکه  $n$  واحد تصمیم‌گیری - که هر یک دارای  $m$  ورودی و  $s$  خروجی باشند - داشته باشیم و همچنین فرض کنیم این واحدهای تصمیم‌گیری توسط مجموعه‌ای از مدل‌های مختلف DEA ارزیابی شده‌اند و نمرات کارایی آن‌ها توسط هر یک از این مدل‌ها به دست آمده باشد؛ ماتریسی در ابعاد  $E_{n \times k}$  شکل می‌گیرد که هر سطر این ماتریس یک واحد تصمیم‌گیری خاص را نشان می‌دهد و هر یک از ستون‌های آن نشان‌دهنده یک مدل خاص ترکیبات ورودی‌ها و خروجی‌ها است. هر یک از درایه‌های این ماتریس، نمره کارایی واحد تصمیم‌گیری زام از نظر مدل نام است.

$$E = \begin{bmatrix} E_{11} & E_{12} & \dots & E_{1k} \\ E_{21} & E_{22} & \dots & E_{2k} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ E_{n1} & E_{n2} & \dots & E_{nk} \end{bmatrix} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, k$$

در واقع ماتریس بالا یک ماتریس تصمیم‌گیری چندشاخصه است که هر سطر این ماتریس یک آلترناتیو است و هر ستون آن یک شاخص برای ارزیابی آن آلترناتیو را تشکیل می‌دهد. در پایان به منظور رتبه‌بندی کشورها از روش تاپسیس که یکی از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه به شمار می‌رود، استفاده شده است. نتایج این رتبه‌بندی در جدول ۴ خلاصه شده است. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، نتایج رتبه‌بندی کامل کشورها نشان می‌دهد که عملکرد R&D لبنان در مقایسه با کشورهای دیگر رتبه اول را به دست آورده است و بهترین عملکرد را در بین سایر کشورهای منطقه به خود اختصاص داده است. از سویی قرقیزستان در رتبه آخر، یعنی رتبه چهاردهم جای گرفته است و ضعیف‌ترین عملکرد را در بین کشورهای دیگر منطقه دارد.

از نکات شایان توجه این پژوهش، می‌توان به تعیین جایگاه ایران در این رتبه‌بندی نهایی اشاره کرد که رتبه سیزدهم را در میان کشورهای منتخب به دست آورده است. با توجه به اینکه عملکرد بخش R&D ایران در بین ۴۹ ترکیب مختلف از ورودی‌ها و خروجی‌ها، نتوانسته است نمرات کارایی مناسبی به دست آورد، باعث شده است که در رتبه‌بندی نهایی جایگاه مناسبی نداشته باشد.

جدول ۴. رتبه‌بندی کامل کشورها با استفاده از روش تاپسیس

رتبه	$C_i^+$	$d_i^-$	$d_i^+$	کشور
۱۳	۰/۲۸۸	۰/۷۸۲	۱/۹۳۳	ایران
۲	۰/۶۶۹	۲/۱۳۸	۱/۰۵۶	ارمنستان
۹	۰/۴۹۰	۱/۵۹۶	۱/۶۵۹	آذربایجان
۴	۰/۶۳۱	۱/۸۰۶	۱/۰۵۴	گرجستان
۱۲	۰/۴۰۹	۱/۲۱۰	۱/۷۴۵	اردن
۱۴	۰/۰۹۷	۰/۲۵۷	۲/۳۹۵	قرقیزستان
۱	۰/۶۷۲	۲/۰۷۵	۱/۰۱۱	لبنان
۶	۰/۵۷۵	۱/۹۴۸	۱/۴۴۰	عمان
۵	۰/۵۸۴	۲/۰۰۱	۱/۴۲۵	پاکستان
۷	۰/۵۲۹	۱/۷۷۵	۱/۵۷۹	عربستان
۱۱	۰/۴۳۹	۱/۴۵۳	۱/۸۵۸	سوریه
۱۰	۰/۴۸۶	۱/۶۸۶	۱/۷۸۱	ترکیه
۳	۰/۶۳۵	۲/۰۱۴	۱/۱۵۹	امارات
۸	۰/۵۱۴	۱/۷۹۳	۱/۶۹۲	قزاقستان

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش از روش DEA که ابزار مناسبی برای ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری شمرده می‌شود و چندین ورودی و خروجی مشابه دارد، استفاده شده است. در این روش برای افزایش قدرت تمایز بین واحدهای کارا و ناکارا، باید تعداد واحدهایی که ارزیابی می‌شوند، متناسب با تعداد متغیرهای ورودی و خروجی باشند. به همین دلیل، در پژوهش پیش رو ترکیبات متفاوتی از ورودی و خروجی‌ها برای مدل DEA به کار رفت و کارایی عملکرد R&D کشورها از ترکیبات گوناگون محاسبه شد. در مجموع، نمرات کارایی هر کشور که از ترکیب‌های متفاوت خروجی‌ها و ورودی‌های ۴۹ مدل شکل گرفتند، به دست آمد. نتایج نشان داد که کشورها در ترکیبات گوناگون، نمرات کارایی متفاوتی به دست آورده‌اند. در پایان، به منظور رتبه‌بندی کامل کشورها از روش تاپسیس استفاده شد. برای این کار ماتریسی شکل گرفت که مدل‌های متفاوت ترکیبات ورودی و خروجی‌ها در ستون‌های ماتریس جای گرفتند و نام کشورها در سطرها آن جانمایی شد. بدین ترتیب با استفاده از روش تاپسیس رتبه‌بندی کامل کشورها به دست آمد. نتایج



رتبه‌بندی نشان می‌دهد که لبنان بهترین عملکرد را در مجموع ترکیبات متفاوت ورودی‌ها و خروجی‌ها در بین کشورهای منتخب در بخش R&D دارد و ضعیف‌ترین عملکرد مختص به قرقیزستان بوده است. از نتایج شایان توجه، جایگاه نامناسب بخش R&D ایران در میان کشورهای منتخب است. عملکرد بخش R&D ایران در میان ۱۴ کشور مطالعه‌شده در رتبه سیزدهم قرار دارد که این جایگاه برای جمهوری اسلامی ایران، رتبه مناسبی نیست و با اهداف ترسیم‌شده در سند چشم‌انداز بیست‌ساله که دستیابی به جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در منطقه آسیای جنوب غربی با تأکید بر جنبش نرم‌افزاری و تولید علم است و همچنین، اهداف علمی و نوآوری کشور که دستیابی به رتبه اول بر اساس شاخص نوآوری و شاخص فناوری است، فاصله زیادی دارد. نتایج این پژوهش تا حدودی با نتایج یافته‌های طباطبائیان و همکاران (۱۳۸۹) و بخشی و همکاران (۱۳۹۰) در خصوص وضعیت توانمندی نوآوری ایران بر اساس شاخص ترکیبی تأیید می‌شود. مزیت این پژوهش در مقایسه با سایر مطالعات پیشین که در حوزه کاربرد روش DEA در ارزیابی عملکرد بخش R&D انجام گرفته، در نظر گرفتن ترکیبات متفاوت ورودی‌ها و خروجی‌ها برای کشورها است که این حالت باعث شد همه کشورها با ترکیبات گوناگون به‌طور برابر ارزیابی شوند. چنانچه تعداد واحدهای ارزیابی‌شده نسبت به تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها از مقدار مشخصی کمتر باشد و با استفاده از مدل‌های DEA امکان تمایز بین آن‌ها وجود نداشته باشد، این رویکرد بسیار مناسب است.

با توجه به اینکه اطلاعات این بررسی به چند سال قبل برمی‌گردد و همچنین با مد نظر قراردادن محدودیت اطلاعات، همه معیارهای نوآوری در ارزیابی لحاظ نشده‌اند، در تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود با در نظر گرفتن ورودی و خروجی‌های بیشتر و به‌روزتر، عملکرد بخش R&D ایران در مقایسه با دیگر کشورها ارزیابی شود. همچنین پیشنهاد می‌شود از تلفیق روش‌های DEA و تحلیل مؤلفه‌های اصلی، عملکرد R&D کشورها ارزیابی شود؛ بدین صورت که ابتدا به جای متغیرهای اصلی از نسبت تک‌خروجی به تک‌ورودی استفاده شود و پس از آن، روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی روی نسبت تک‌خروجی به تک‌ورودی اعمال گردد و در ادامه با انتخاب مؤلفه‌های اصلی، از آن به‌منزله ورودی‌های مدل DEA استفاده کرده و تحلیل شوند.

## منابع

- آذر، ع؛ زارعی محمودآبادی، م؛ انواری رستمی، ع.ا. (۱۳۹۱). ارزیابی عملکرد متوازن با تأکید بر شاخص‌های BSC (مورد: شرکت‌های کاشی و سرامیک استان یزد)، *مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن*، ۹ (۱): ۶۳-۷۹.

امیری، م.؛ جهانی، س. (۱۳۸۹). به کارگیری یک روش IDEA/AHP برای ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان، *نشریه مدیریت صنعتی*، ۲(۵): ۱۸-۵.

بخشی، م.؛ پناهی، ر.؛ ملایی، ز.؛ کاظمی، ح.؛ محمدی، د. (۱۳۹۰). ارزیابی وضعیت نوآوری در منطقه جنوب غرب آسیا و تعیین جایگاه ایران: کاربرد روش تصمیم‌گیری پرومته، *فصلنامه سیاست علم و فناوری*، ۳(۳): ۳۱-۱۹.

جعفریان‌مقدم، ا.؛ قصیری، ک. (۱۳۸۹). مدل پویای چندهدفه تحلیل پوششی داده‌های فازی، *نشریه مدیریت صنعتی*، ۲(۴): ۳۶-۱۹.

حیدری‌نژاد، ص.؛ مظفری، ا. ا.؛ محقر، ع. (۱۳۸۵). ارزیابی کارایی دانشکده‌ها و گروه‌های آموزشی تربیت بدنی دانشگاه‌های دولتی با استفاده از مدل ریاضی تحلیل پوششی داده‌ها، *فصلنامه المپیک*، ۲(۳۴): ۱۷-۷.

سرشتی، م.؛ کاظمیان، ا.؛ دریس، ف. (۱۳۸۹). موانع انجام تحقیقات از دیدگاه اساتید و کارکنان دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، *مجله راهبردهای آموزش*، ۲(۲): ۵۷-۵۱.

طالب‌آبادیان، ح.؛ نقی‌زاده، ر.؛ خالدی، آ.؛ نقی‌زاده، م. (۱۳۹۰). شاخص ترکیبی پایش توانمندی فناوری: بررسی وضعیت توانمندی ایران و ۶۹ کشور دنیا، *فصلنامه سیاست علم و فناوری*، ۲(۴): ۹۲-۷۷.

علیرضایی، م.؛ رخشان، س.ع.؛ رفیعی‌ثانی، م. (۱۳۹۱). روش AHP/DEA تقاطعی برای رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده، *نشریه مدیریت صنعتی*، ۴(۸): ۶۸-۵۱.

مهرگان، م. (۱۳۸۵). *مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

مهرگان، م.؛ ابویی‌اردکان، م.؛ سلطان‌محمدی، ن. (۱۳۹۱). شناسایی عوامل کلیدی در مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) برای ارزیابی عملکرد گروه‌های آموزشی با استفاده از روش‌شناسی سیستم‌های نرم (SSM)، *نشریه مدیریت صنعتی*، ۴(۸): ۱۴۶-۱۲۹.

Anderson, T.R., Daim, T.U. & Lavoie, F.F. (2007). Measuring the efficiency of university technology transfer, *Technovation*, 27(5): 306-318.

Bal, H., Orkcü, H.H. & Celebioglu, S. (2010). Improving the discrimination power and weights dispersion in the data envelopment analysis, *Computers & Operations Research*, 37 (1): 99 - 107.

Banker, R. D., Charnes, A. & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, *Management Science*, 30(9): 1078-1092.

- BruceHo, C. & Dash Wu, D. (2009). Online banking performance evaluation using data envelopment analysis and principal component analysis, *Computers & Operations Research*, 36 (6): 1835-1842.
- Canto, J.G.D. & Gonzalez, I.S. (1999). A resource-based analysis of the factors determining a firm's R&D activities, *Research Policy*, 28 (8): 891-905.
- Chang, K. C., Lin, C. L., Cao, Y. & Lu, C. F. (2011). Evaluating branch efficiency of a Taiwanese bank using data envelopment analysis with an undesirable factor, *African Journal of Business Management*, 5(8): 3220-3228.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2(6): 429-444.
- Chiesa, V. & Masella, C. (1996). Searching for an effective measure of R&D performance, *Management Decision*, 34 (7): 49-57.
- Eilat, H., Golany, B. & Shtub, A. (2008). R&D project evaluation: An integrated DEA and balanced scorecard approach, *Omega*, 36(5): 895 - 912.
- Guan, J., & Chen, K. (2010). Measuring the innovation production process: A cross-region empirical study of China's high-tech innovations, *Technovation*, 30(5): 348-358.
- Hashimoto, A., Haneda, S. (2008). Measuring the change in R&D efficiency of the Japanese pharmaceutical industry, *Research Policy*, 37(10): 1829-1836.
- Jyoti & Banwet, D.K. & Deshmukh, S.G. (2008). Evaluating performance of national R&D organizations using integrated DEA-AHP technique, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 57(5): 370-388.
- Kulatunga, U., Amaratunga, D. & Haigh, R. (2007). Performance measurement in the construction research and development, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 56(8): 673-688.
- Lee, H., Park, Y., & Choi, H. (2009). Comparative evaluation of performance of national R&D programs with heterogeneous

objectives: A DEA approach, *European Journal of Operational Research*, 196(3): 847–855.

- Liu, J. S. & Lu, W. M. (2009). DEA and ranking with the network-based approach: a case of R&D performance, *Omega*, 38(6): 453-464.
- Lu, W. M. & Hung, S. W. (2010). Exploring the operating efficiency of Technology Development Programs by an intellectual capital perspective - A case study of Taiwan, *Technovation*, 31 (8): 374-383.
- Percin, S. (2009). Evaluation of third-party logistics (3PL) providers by using a two-phase AHP and TOPSIS methodology, *Benchmarking: An International Journal*, 16(5): 588-604.
- Valderrama, T. G., Mendigorri, E. M. & Bordoy, D. R. (2008). A Balanced Scorecard framework for R&D, *European Journal of Innovation Management*, 11(2): 241-281.
- Valderrama, T. G., Mendigorri, E. M. & Bordoy, D. R. (2009). Relating the perspectives of the balanced scorecard for R&D by means of DEA, *European Journal of Operational Research*, 196(3): 1177–1189.
- Wang, E. C. (2007). R&D efficiency and economic performance: A cross country analysis using the stochastic frontier approach, *Journal of Policy Modeling*, 29(2): 345-360.
- Wang, E. C. & Huang, W. (2007). Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach, *Research Policy*, 36(2): 260-273.