

## الگویابی مجازی در فعالیت‌های تحقیق و توسعه به کمک تحلیل پوششی داده‌ها

فرهاد عباسی\*

مدیر گروه آینده‌پژوهی و ارزیابی فناوری، مؤسسه مطالعات و تحقیقات فناوری، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

### چکیده

الگویابی، ابزار پایش عملکرد و پوییش "بهترین عملکرد" از طریق یادگیری از دیگران است. در مقاله حاضر برای الگویابی میان پروژه‌های تحقیق و توسعه، مدل جدیدی با عنوان الگویابی مجازی (VBM) به کمک تحلیل پوششی داده‌ها ارائه شده است. از مزیت‌های این مدل، تعریف نشانگرهای ستانده براساس مراحل تحقیق و توسعه و رفع مشکل ناهمگونی ستانده‌های تحقیقاتی است. مدل پیشنهادی با استفاده از نشانگرهای نهاده - ستانده ۳۰ پروژه تحقیق و توسعه گروه‌های پژوهشی الکترونیک سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران به‌طور تجربی آزموده شده است. نتایج مطالعه مؤید آن است که برای تشخیص بهترین عملکرد، معیار کارایی باید همراه با معیار اثربخشی به‌کار گرفته شود. براساس مدل VBM، ۱۷ درصد از پروژه‌ها، مرجعی برای دیگر پروژه‌ها تشخیص داده شدند. از ویژگی‌های برجسته پروژه‌های مرجع، برنامه‌ریزی مؤثر نیروی انسانی و همچنین انجام بازاریابی برای واگذاری نتایج تحقیقات بوده است. استفاده از الگویابی مجازی می‌تواند به ارتقای چشمگیر سطح کارایی پروژه‌های تحقیق و توسعه بینجامد.

کلید واژه‌ها: الگویابی؛ تحلیل پوششی داده‌ها؛ R&amp;D؛ کارایی؛ پروژه‌های الکترونیک.

### ۱- مقدمه

ما از این موضوع اطلاع یابد و بر ما پیشی جوید. از این رو، منطقی است بهترین عملکرد را در صنعت مورد نظر یا در صنعتی دیگر را بیابیم و از آن الگو برداریم. این کار را الگویابی یا ترازایی می‌گویند [۲]. از آنجا که برای اجرای یک فرآیند راهی نیست که همواره بهترین باشد، الگویابی یا بهینه‌کاو فرآیندی مداوم و مستمر به‌شمار می‌رود. از عمده‌ترین نتایج و مزایای الگویابی، شناخت بهتر مشتریان و رقبا، آگاهی سریع‌تر از ابتکارات و نوآوری‌های مهم و چگونگی به‌کارگیری آنها برای افزایش سودآوری است [۳].

تغییر فناوری مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده رشد بلندمدت بهره‌وری و از این رو، ارتقای استانداردهای زندگی در گذر زمان تلقی می‌شود. پیشرفت‌های فناوری از نوآوری حاصل می‌شوند که فرآیندی مشتعل بر اختراع محصولات جدید، بهبود محصولات موجود، و کاهش هزینه تولید

"بزرگ فکر کن، کوچک عمل کن و همین الان شروع کن" (از شعارهای سازمان ملل)

مدیریت سازمان‌ها بدون توجه به عملکرد آنها امکان‌پذیر نیست و برای اندازه‌گیری عملکرد سازمان‌ها به سیستم دقیق و کارآمدی نیاز است که از آن به سیستم اندازه‌گیری عملکرد یاد می‌شود.

ارزیابی مقایسه‌ای یکی از مؤثرترین شیوه‌ها در جهت بهبود سازمان است [۱]. برای این‌که بدانیم در زمینه فعالیت مورد نظر، چه کسی کار بهتری انجام می‌دهد، به الگویابی<sup>۱</sup> نیاز داریم. برخی از سازمان‌ها ممکن است در زمینه‌ای بهتر از سازمان‌های دیگر در آن رشته عمل کنند و چه بسا یکی از رقبا پیش از

\*abbasi@irost.org  
1. Benchmarking

## ۲- بررسی سوابق موضوع

هر پروژه تحقیق و توسعه (R&D) تلاش موقتی سازمان یافته برای دستیابی به هدفی معین (ایجاد یا بهبود یک محصول - کالا یا خدمت - یا فرآیند منحصر به فرد) در قالب منابع (بودجه، زمان، نیروی انسانی، ابزار و تجهیزات پژوهش، دانش فنی در دسترس و جز آنها) است. چگونه می‌توان موفقیت و عملکرد هر پروژه R&D را سنجید؟ سنجش مؤلفه‌های اساسی مدیریت پروژه است؛ تا آنجا که گفته‌اند: «اگر نتوانید چیزی را اندازه بگیرید، نمی‌توانید در آن بهبود ایجاد کنید»<sup>۲</sup>

ریشه‌ی واژه لاتین «بنچ‌مارکینگ» یا الگویابی (یا بهینه‌کاوای یادگیری از بهترین‌ها) که برخی از مؤلفان آن را به «روش بهبود تطبیقی» [۶] برگردانده‌اند، در علم زمین‌شناسی قرار دارد و از این رشته به دیگر شاخه‌های علمی گسترش یافته است. «بنچ‌مارک» عبارت است از نقطه‌ای مرجع برای اندازه‌گیری و «بنچ‌مارکینگ» در زمین‌شناسی به معنای اندازه‌گیری و مقایسه‌ی نقاط مختلف زمین با یک نقطه مرجع است. به گفته‌ی دیگر، الگویابی عبارت است از تعیین اختلاف نقاط نسبت به هم.<sup>۳</sup> با این‌همه، در مدیریت و به‌ویژه در مدیریت راهبردی، الگویابی فرآیندی است که برای ارزیابی جنبه‌های مختلف سازمان‌ها در فرآیندهای عملیاتی خود - در مقایسه با بهترین عملکرد و معمولاً در همان صنعت - به‌کار می‌رود. [۷]

افزون بر این، الگویابی به این معناست که آن‌قدر متواضع باشید که بپذیرید کسی هست که در کاری بهتر از شما عمل می‌کند، و آن‌قدر عاقل باشید که بیاموزید چگونه به او برسید و حتی از او پیشی بگیرید [۸].

الگویابی به‌عنوان فرآیندی رسمی، ابتدا به‌کوشش شرکت رنگ زیراکس ابداع شد.<sup>۴</sup> در اواخر دهه ۱۹۷۰، شرکت زیراکس در رقابت با شرکت‌های ژاپنی تولیدکننده دستگاه کپی با مشکل مواجه شد، زیرا این شرکت‌ها محصولات خود را به بهایی ارزان‌تر از قیمت تمام‌شده شرکت زیراکس می‌فروختند. شرکت رنگ زیراکس برای آن‌که بداند برای بقا در این عرصه چه باید بکند، به مقایسه مستقیم خود در این رقابت جدید، براساس نشانگرهایی مثل هزینه‌های سرانه تولید، زمان تولید و تحویل و روش‌های تولید، روی آورد.

### 2. William Thomson (1824 - 1907)

۳. در این زمینه، در حال حاضر نهادی با نام اداره ترازایی در مدیریت نقشه‌برداری زمینی، وابسته به سازمان نقشه‌برداری کشور فعالیت می‌کند که شامل گروه‌های شناسایی، ساختمان، قرائت، ثقل سنجی و قسمت محاسبات ترازایی دقیق است. اجرای طرح ترازایی دقیق به‌صورت اساسی از سال ۱۳۶۲ در این اداره شروع شده است.

۴. شرکت Rank Xerox در ۱۹۵۶ با سرمایه‌گذاری مشترک شرکت زیراکس آمریکا و شرکت Rank انگلیس برای تولید و فروش تجهیزات زیراکس ابتدا در اروپا و سپس در آفریقا و آسیا تشکیل شد.

کالاها و خدمات است. تحقیق و توسعه اصطلاحی است برای آن دسته از فعالیت‌های دانشمندان، مهندسان، کارآفرینان، مخترعان، و حتی افراد عادی که دانش جدید را می‌پرورند یا شیوه‌های بهتری برای انجام امور پیشنهاد می‌دهند و با حصول موفقیت، پاداش می‌گیرند [۴].

بسیاری از تحلیلگرانی که به اهمیت تحقیق و توسعه (R&D) در کشفیات جدید آگاه‌اند، رابطه بین مخارج R&D و رشد بهره‌وری را مطالعه کرده‌اند و در نتیجه، مطالعات تجربی بسیاری به برآورد تأثیرات سرمایه‌گذاری R&D بر چنین رشدی پرداخته‌اند. بر اثر یافته‌های مطالعات یادشده، این توافق حاصل آمده است که مخارج R&D بر رشد بهره‌وری اثر مثبت دارد. نقطه آغازین در اغلب مطالعات اقتصادسنجی نقش تحقیق و توسعه در رشد بهره‌وری استفاده از یک تابع تولید مثل کاب - داگلاس<sup>۱</sup> است. در این مطالعات فعالیت تحقیق و توسعه یکی از متغیرهای توضیحی در نظر گرفته می‌شود. صرف نظر از شکل تابعی یا تکنیک مورد استفاده، مشکلات اندازه‌گیری خاصی در همه این مطالعات تجربی یافت می‌شود. از جمله این موضوعات این است که علی‌رغم تنوع داده‌های در دسترس مشتمل بر مخارج تحقیق و توسعه، نرخ‌های ثابت پتنت و نیز مخارج تجهیزات تجسم‌کننده پیشرفت‌های فناورانه، بیشتر سنجه‌های نهاده‌ها و ستانده‌های R&D غیرمستقیم‌اند و نقش نوآوری را ناقص منعکس می‌سازند [۴].

الگویابی ابزار پایش عملکرد سازمانی است که سالیان بسیاری است برای جست‌وجوی «بهترین عملکرد» به‌کار می‌رود؛ گو این‌که در اکثر سازمان‌ها، الگویابی تحقیق و توسعه (R&D)، موتور نوآوری تلقی می‌شود [۵]. در این‌گونه فعالیت‌ها تعیین بنچ‌مارک یا استاندارد قابل قبول به‌منزله الگوی ارزیابی عملکرد مشکل است. این استاندارد‌ها به‌ندرت از پیش تعیین می‌شوند و از این‌رو، در عمل متفاوت خواهند بود.

در این مقاله، ضمن به دست دادن تصویری اجمالی از مفهوم و مدل‌های الگویابی، تلاش شده است تا نحوه اجرای فرآیند الگویابی در فعالیت‌های تحقیق و توسعه تجزیه و تحلیل شود و مدلی جدید با عنوان الگویابی مجازی برای تعیین استانداردهای عملکردی پروژه‌های تحقیق و توسعه پیشنهاد شود. در ادامه مقاله، نتایج اجرای الگویابی مجازی در میان ۳۰ پروژه تحقیق و توسعه در رشته الکترونیک گروه‌های پژوهشی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران (IROST) گزارش شده است.

### 1. Cobb-Douglas

فرآیند توضیحات توصیفی در این باره به دست می دهد که چگونه فرآیندهای معینی در دستیابی به سطح عملکرد مستند شده اجرا می شود.

\* الگویابی راهبردی<sup>۵</sup>: مقایسه گزینه های راهبردی و حالاتی که دیگر سازمان ها اتخاذ کرده اند. معمولاً هدف از این نوع الگویابی، که به ندرت از آن استفاده می شود، جمع آوری اطلاعات برای بهبود برنامه ریزی راهبردی و تثبیت موقعیت<sup>۶</sup> یک سازمان است.

عنصر اصلی در فرآیند الگویابی، مفهوم پنج مارک یا تراز یا الگو است. معمولاً بهترین عملکرد یا بهترین عملکرد برای اجرای فرآیند پنج مارکینگ به عنوان پنج مارک یا تراز انتخاب می شود. تراز یا پنج مارک به مثابه استاندارد است که از رهگذار آن می توان فعالیت های در دست مطالعه را اندازه گرفت و درباره شان قضاوت کرد. از این رو، در این مقاله تعریف زیر برای الگویابی یا بهینه کاوی پذیرفته شده است:

فرآیند مستمر جست و جو، تشخیص استانداردهای عملکردی سازمان های همتا (واقعی - مجازی) با بهترین عملکرد در یک زمینه خاص و مقایسه عملکرد سازمان مورد نظر در آن زمینه با استانداردهای یاد شده برای هدف گذاری به منظور بهبود و ارتقای عملکرد سازمان [۱۳]. به طور کلی، فرآیند الگویابی را می توان در پنج مرحله اصلی به شرح زیر خلاصه کرد:

\* تعیین زمینه ها و فرآیندهای مورد مطالعه؛

\* مستندسازی زمینه ها و فرآیندهای منتخب؛

\* شناسایی مستمر بهترین تجارب: سازمان هایی که این فرآیندها را به بهترین نحو انجام می دهند؛

\* تحلیل علل وجود تفاوت های عملکردی میان فرآیندهای خودی و بهترین تجارب؛

\* اجرای فعالیت های بهبود براساس یافته های حاصل از الگویابی.

## ۲-۱- محدوده های قابل الگویابی در R&D

در گذشته، ارزیابی برنامه های تحقیق و توسعه کمتر مورد استقبال نویسندگان و پژوهشگران قرار گرفته است. در نتیجه، مقالات یا گزارش های اندکی، به ویژه در زمینه موضوع مورد مطالعه، در دسترس است.

در فعالیت های همگون تشخیص میزان پیشرفت و موفقیت نسبتاً آسان است<sup>۷</sup>. یکی از عواملی که ارزیابی عملکرد فعالیت های تحقیق و توسعه را دشوار می سازد، ناهمگونی ستاندهای تحقیقاتی است و به علت مشخص

از این روست که امروزه شرکت رنگ زیراکس را پیشرو در الگویابی می دانند. الگویابی را معمولاً هر شرکتی به تنهایی به مرحله اجرا درمی آورد. البته گاهی هم ممکن است الگویابی با همکاری گروهی از شرکت ها صورت پذیرد. هر سازمانی ماهیتی منحصر به فرد دارد، اما به هر روی، همواره می توانیم از چگونگی تفاوت ها و شباهت های خود با دیگر سازمان ها استفاده کنیم. این اطلاعات منبع پایان پذیری برای یادگیری هستند. هر سازمانی باید از طریق فرآیند الگویابی، استانداردهای عملکردی را شناسایی کند.

الگویابی منافع بسیاری برای سازمان ها در بردارد؛ از جمله این که فرصتی برای ارزیابی عملکرد فراهم می آورد و موقعیت نسبی سازمان ها را در رشته مورد نظر مشخص می سازد. الگویابی حتی رقبای قادر می کند با یکدیگر به گفت و گو بپردازند و از طریق مطالعات ساختاریافته و به اشتراک گذاشتن یافته ها، سازمان های رقیب می توانند استانداردهای عملکردی خود را بهبود بخشند. برای مثال، مرکز بهره وری و کیفیت امریکا [۹] کنسرسیومی برای مطالعه الگویابی در زمینه سنجش بهره وری تحقیق و توسعه تشکیل داده است. هدف این کنسرسیوم، کمک به سازمان های شرکت کننده در فرآیند الگویابی برای یادگیری چگونگی سنجش موفقیت آمیز بهره وری R&D عنوان شده است.

از واژه الگویابی تعاریف گوناگونی ارائه شده است؛ از جمله تعاریف عملیاتی در این زمینه می توان به دو تعریف زیر اشاره کرد:

\* الگویابی عبارت است از مقایسه بین همتایان رقیب درباره ابعاد معین عملکرد، با اهداف تشخیص و سبقت جویی با بهترین عملکرد<sup>۱۰</sup> [۱۰].

\* الگویابی عبارت است از فرآیند سنجش و مقایسه مستمر فرآیندهای کسب و کار در مقابل فرآیندهای قابل مقایسه سازمان های پیشرو برای دستیابی به اطلاعاتی که به سازمان در تشخیص و اعمال بهبودها کمک می کند [۱۱].

براساس ماهیت سازمان های درگیر در فرآیند الگویابی و اهدافی که از مطالعه الگویابی دنبال می شود، گونه های مختلفی از الگویابی وجود دارد. عمدتاً سه نوع الگویابی را می توان تعریف کرد [۱۲]:

\* الگویابی عملکرد<sup>۱</sup>: مقایسه سنجدهای عملکرد. معمولاً هدف در این نوع الگویابی عبارت است از تعیین وضعیت یک سازمان در مقایسه با دیگر سازمان ها، تشخیص زمینه ها یا فرآیندهایی که احتیاج به بهبود دارند و هدف گذاری<sup>۲</sup> واقعی مبتنی بر سطح عملکردی که دیگران کسب کرده اند.

\* الگویابی فرآیند<sup>۳</sup>: مقایسه روش ها و اقدامات به کار رفته در فرآیند کسب و کار؛ معمولاً این نوع با الگویابی عملکرد ترکیب می شود؛ الگویابی

1. best practice

2. Performance benchmarking

3. Goal setting

4. Process benchmarking

5. Strategic benchmarking

6. Positioning

۷. چون کارها به هم شبیه گردند، آخرشان را با اول شان قیاس کن. حضرت علی (ع) [۱۴].

نبودن قیمت این ستاندها، محاسبه ارزش افزوده آنها مشکل است.

با این همه، برای ارزیابی عملکرد تحقیق و توسعه باید معیاری قابل اندازه‌گیری در دست باشد تا نتایج این اندازه‌گیری باید برای بهبود عملکرد و کسب مزیت برای سازمان به کار رود. از جمله ابزارهایی که می‌توان برای بهبود عملکرد واحدهای پژوهشی از آن بهره جست، الگویابی بین واحدهای مختلف تحقیقاتی است که می‌تواند نتایج چشمگیری در بهبود عملکرد داشته باشد.

الگویابی ابزار مناسبی برای بهبود عملکرد سازمان‌ها از طریق آزمون سنجه‌های کلیدی<sup>۱</sup> و مقایسه آنها با سازمان‌هایی است که بهترین عملکرد را دارند. بهبود فرآیند فعالیتهای تحقیقاتی عموماً می‌تواند به صورت یکی از دو نوع زیر در نظر گرفته شود:

\* بهبود کارایی

\* بهبود اثربخشی

در سنجش کارایی واحدهای تحقیق و توسعه، رابطه ستاندها و نتایج فعالیتهای R&D با نهادها بررسی می‌شود و در سنجش اثربخشی، رابطه ستاندها و نتایج فعالیتهای R&D با اولویت‌ها و اهداف مورد مطالعه قرار می‌گیرد. به منظور الگویابی در فعالیتهای تحقیقاتی، سنجه‌های الگویابی باید دارای مشخصه‌های زیر باشند [۱۵]:

\* کمی و قابل سنجش باشند؛

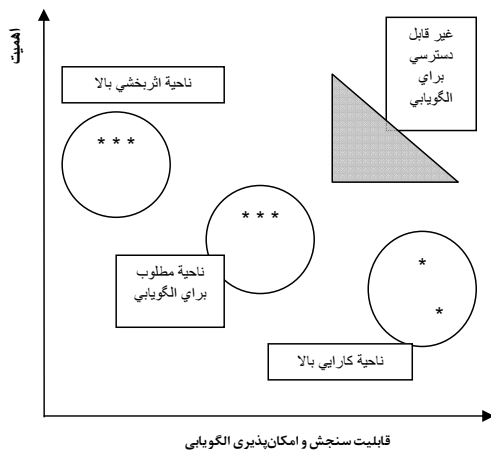
\* برای مقایسه قابل استفاده باشند؛

\* به‌کارگیری نتایج حاصل از الگویابی برای اقدامات بهبود عملکرد امکان‌پذیر باشد.

در مجموع، با توجه به این‌که بهبود کارایی در زمینه فعالیتهای تحقیقاتی، سه معیار یادشده را تأمین می‌کند، برای انجام الگویابی مناسب است. البته باید توجه داشت که بهبود کارایی، گرچه به‌خودی‌خود مطلوب است، ضرورتاً به بهبود اثربخشی نمی‌انجامد. از این رو، باید در کمی‌سازی عواملی که تأثیر مستقیمی بر اثربخشی و نتایج تحقیق و توسعه دارند، تلاش زیادی صورت گیرد و عمده‌ترین نشانگرهای نتایج تحقیقات نیز در تخمین کارایی به منظور الگویابی لحاظ شوند.

همان‌گونه که در نمودار ۱ آمده است، ناحیه هاشورخورده عموماً برای انجام الگویابی فعالیتهای تحقیق و توسعه قابل دستیابی نیست. مطالعات نشان می‌دهد که الگویابی در محدوده دایره فوقانی سمت چپ (که در آن فقط سنجه‌های انتخاب پروژه، مدیریت پروژه، مدیریت تیم و مانند آنها قرار دارند) یا دایره تحتانی سمت راست (که در آن فقط سنجه‌های تعداد

۱. سنجه‌ها (measures) ارقامی اند که مشخصه بُعد خاصی از عملکرد توصیف می‌کنند.



نمودار ۱. محدوده‌های قابل الگویابی در فعالیتهای

### تحقیق و توسعه [۱۵]

پتنت‌ها، هزینه‌های بالاسری، هزینه سرانه هر پژوهشگر و مانند آنها واقع‌اند) با شکست مواجه می‌شود.

موضوعات ناحیه فوقانی سمت چپ (که در آن فقط سنجه‌های اثربخشی قرار دارند)، به آسانی برای فرآیند الگویابی قابل دستیابی نیست. ناحیه تحتانی سمت راست که سنجه‌هایی همچون تعداد پتنت در هر سال یا هزینه سرانه هر پتنت را در برمی‌گیرد، علی‌رغم آن‌که معیار قابلیت سنجش ترازایی را تأمین می‌کند، اما ارتباطی چندانی فوی با عوامل اصلی موفقیت واحدهای تحقیقاتی ندارند. در نتیجه، برای ارزیابی فعالیتهای تحقیق و توسعه برای یک سازمان نشانگرهای مناسبی به‌شمار نمی‌آیند. از این رو، ناحیه مطلوب برای الگویابی در فعالیتهای تحقیق و توسعه تا اندازه امکان باید به ناحیه سایه‌خورده نزدیک باشد، که سنجه‌های ارزیابی تا حد قابل قبول دارای اهمیت‌اند و پنج‌مارک‌های معنی‌دار در این ناحیه می‌توانند مشخص شوند. البته در این ناحیه، تعیین سنجه‌های مناسب چندانی آسان نیست.

غالباً برای واحدهای تحقیق و توسعه اهمیت دارد که به منظور بررسی کیفیت ستاندها و نتایج حاصل از فعالیتهای تحقیق و توسعه خود، با مشتریان، کارکنان علمی و فنی خود و دیگر سازمان‌ها و مؤسسات تحقیقاتی ارتباط برقرار کنند و با استفاده از همه این منابع، زمینه‌های بهبود عملکرد خود را شناسایی کنند. الگویابی، در واقع این فرآیند را فرمول‌بندی می‌کند.

در مطالعه حاضر، تعریف نشانگرهای ستاندهای پروژه‌های تحقیق و توسعه با توجه به مراحل عنوان‌شده برای فعالیتهای R&D در مرجع [۱۶] صورت گرفته که فعالیتهای R&D مشتمل بر دو مرحله ذیل تفکیک شده است:

الف) مرحله ایجاد: یعنی ستاندهای کلی فعالیتهای تحقیق و توسعه عمدتاً

فعالیت‌های تحقیق و توسعه ۳۰ کشور (۲۳ عضو OECD به همراه ۷ کشور پیشرفته دیگر) را به‌عنوان DMU در دوره ۱۹۹۷-۲۰۰۲ مطالعه کرده‌اند. همچنین، سان کای و همکارانش [۲۲] کارایی نظام‌های منطقه‌ای نوآوری<sup>۳</sup> (RIS) سی استان چین را با استفاده از DEA اندازه گرفتند و مقایسه کردند.

در زمینه فعالیت‌های تحقیق و توسعه، سانتانیو و همکارش [۱۷] کارایی ۱۲ نمونه از آزمایشگاه‌های تحقیق و توسعه (R&D) وابسته به شورای تحقیقات علمی و صنعتی<sup>۴</sup> (CSIR) کشور هند را با به‌کارگیری تکنیک DEA و با استفاده از نرم‌افزار Frontier Analyst، تجزیه و تحلیل و مقایسه کردند. در مطالعه آنها، نشانگرهای مورد استفاده برای نهاده‌های تحقیق و توسعه تعداد کارکنان علمی و کارکنان فنی است و نشانگرهای ستانده تعداد مقالات پژوهشگران هندی منتشر شده در مجلات هند و شمار مقالات پژوهشگران هندی منتشر شده در مجلات خارجی و نیز تعداد پتنت‌های ثبت و اعطاشده است.

کوهونن و همکارانش [۲۳] و چرچی و واندن آبیل [۲۴] تکنیک DEA را برای ارزیابی فعالیت‌های تحقیق و توسعه دانشگاه، به‌ترتیب در فنلاند و هلند، به‌کار برده‌اند.

در پژوهش حاضر، واحد تحلیل یک پروژه تحقیق و توسعه است. با توجه به این‌که ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه بر پایه سنجه‌های مختلف مشکل است [۱۹] و دسترسی به اطلاعات قیمت یا ضرایب اهمیت ستانده‌های پروژه‌های در دست مطالعه دشوار می‌باشد، برای الگویابی و تشخیص استانداردهای عملکردی و بهترین عملکرد در میان پروژه‌های تحقیق و توسعه، از تکنیک DEA استفاده شده است. این تکنیک در ۱۹۷۸ به‌کوشش چارنر، کوپر و رودث [۲۵] برای سنجش کارایی فنی سازمان‌هایی که ستانده‌های آنها فاقد قیمت بازاری است، ابداع شده است. یادآور می‌شود که لیبنستین [۲۶] نخستین بار در ۱۹۶۶ به تجزیه و تحلیل تفاوت بین کارایی تخصیصی<sup>۵</sup> و کارایی غیرتخصیصی (ناکارایی X) پرداخته است.

در پژوهش حاضر، مدلی برای الگویابی بین پروژه‌های R&D با عنوان "مدل الگویابی مجازی<sup>۶</sup> (VBM) مبتنی بر DEA" طراحی شده است. به دلیل آن‌که پروژه‌های تحقیق و توسعه انتخاب‌شده به‌طور مجازی در کنار هم قرار گرفته‌اند و به‌منظور تشخیص بهترین عملکرد (استاندارد) و پروژه‌های هم‌تا (الگو) برای سایر پروژه‌های ناکارا، هر پروژه تحقیق و توسعه

به‌صورت تغییرات جزئی و تغییرات اساسی متجلی می‌شود. در این فاز عمدتاً یک توانمندی بالقوه ایجاد می‌شود که می‌تواند به‌طور بالفعل به‌کار گرفته شود.

ب) مرحله انتقال: یعنی هدف کلی فعالیت‌های تحقیق و توسعه، انتقال و به‌کارگیری دانش ایجادشده در تولید یا فرآیندهای ساخت و تولید است. در این مرحله، ارزش توانمندی بالقوه نمود عینی پیدا می‌کند. در برخی موارد چنین انتقالی هرگز صورت نمی‌گیرد و گاهی نیز کمپانی‌ها دانش فنی‌ای را که توسعه داده‌اند، به‌فروش می‌رسانند که ممکن است خریداران آن را به بازار انتقال دهند. یکی از الزامات این انتقال، تدوین دانش فنی است. به این منظور در پژوهش حاضر، برای سنجش مقدار ستانده فعالیت‌های تحقیق و توسعه در مرحله ایجاد، نشانگر "میزان دستیابی به دانش فنی" و برای سنجش ستانده‌های مرحله انتقال، "میزان مستندسازی یا تدوین دانش فنی" پروژه‌های R&D تعریف شده است.

## ۲-۲-۲- مدل الگویابی

بررسی مطالعات و تحقیقات برخی از پژوهشگران، از جمله سانتانیو و همکارش [۱۷]، ایلات، گولانی و اشتاب [۱۸]، سونر، اوئئات و تازکایا [۱۹]، عباسی [۱۳]، و وانگ و هانگ [۲۰] نشان می‌دهد که برای الگویابی و تعیین استانداردهای عملکردی در میان پروژه‌های تحقیق و توسعه، به‌ویژه پروژه‌های دولتی، تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۱</sup> (DEA) مناسب است. DEA یک روش ناپارامتری نسبتاً جدید "مبتنی بر داده‌ها" است که با به‌کارگیری برنامه‌ریزی خطی، داده‌ها را تبدیل به اطلاعات می‌کند و با شناسایی واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMUs)<sup>۲</sup> الگو و مرجع، سنجش کارایی نسبی و امکان بهبود عملکرد واحدهای ناکارا را فراهم می‌سازد. تعریف یک DMU کلی و انعطاف‌پذیر است. تاوارز [۲۱] اقدام به مطالعه کتاب‌سنجی در خصوص تحلیل پوششی داده‌ها در دوره ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۱ کرده است. بررسی وی حاکی از آن است که در خلال این دوره، حدود ۱۸ هزار صفحه مطلب درباره تکنیک DEA نوشته شده است. البته در حال حاضر این روند به‌شدت رشد کرده است؛ چنان‌که در سال‌های اخیر DEA کاربردهای متنوعی یافته و برای ارزیابی عملکرد انواع مختلف سازمان‌های شاغل در فعالیت‌های متنوع و در کشورهای مختلف به‌کار رفته است.

برای نمونه، در زمینه ارزیابی نوآوری در سطح ملی، وانگ و هانگ [۲۰] با به‌کارگیری DEA و چارچوب مفهومی تولید نوآوری در سطح ملی، کارایی

3. Regional Innovation Systems  
4. Council of Scientific and Industrial Research (CSIR)  
5. allocative efficiency  
6. Virtual Benchmarking Model

1. Data Envelopment Analysis  
2. Decision Making Units

ممکن نشان داده شوند. به طور کلی، برپایه نتایج حاصل از این تکنیک می‌توان گفت که کارا بودن هر پروژه R&D از نظر فنی به این معناست که آن پروژه در تولید ستانده‌های تعریف شده هیچ‌گونه اتلاف منابع نداشته باشد یا به گفته‌ای، بر روی بالاترین استاندارد عملکردی قرار داشته باشد. مرز استاندارد معمولاً در عمل نامعلوم است که در DEA این مرز با استفاده از اطلاعات نهاده‌ها و ستانده‌های DMUهای مورد مطالعه استخراج می‌شود.

### ۳- روش‌شناسی پژوهش

#### ۳-۱- اطلاعات خام و روش‌ها

برای آزمون تجربی مدل الگویابی مجازی برپایه تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، ابتدا نشانگرهای زیر برای نهاده‌ها و ستانده‌های پروژه‌های R&D با توجه به نمودار (۱) و مراحل فعالیت‌های R&D [۲۱] انتخاب شد.

برای سنجش مقدار ستانده فعالیت‌های تحقیق و توسعه در مرحله ایجاد و به منظور رفع مشکل ناهمگونی ستانده‌های پروژه‌های R&D، از درصد دستیابی به دانش فنی و اهداف تحقیقاتی پروژه‌های خاتمه‌یافته گروه‌های R&D به عنوان متغیر نماینده استفاده شد (Y1).

از سوی دیگر، هدف کلی فعالیت‌های تحقیق و توسعه، انتقال دانش و تجربه کسب‌شده به محصولات یا فرآیندهای ساخت و تولید است. یکی از الزامات این انتقال، تدوین دانش فنی است. به این منظور، برای سنجش عملکرد این مرحله از فعالیت‌های تحقیقاتی از درصد مستندسازی یا تدوین دانش فنی پروژه‌های خاتمه‌یافته استفاده شد (Y2). برای سنجش نهاده‌های پروژه‌های R&D، شاخص‌های زیر به کار رفتند:

$X1 =$  متوسط زمان صرف‌شده برای اجرای پروژه (به ماه)؛

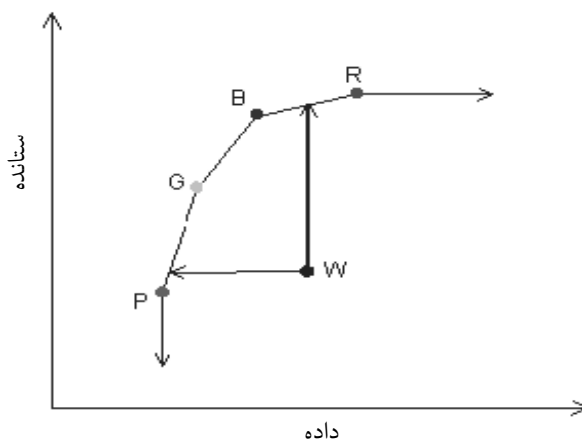
$X2 =$  تعداد همکاران پروژه‌ها (معادل تمام وقت/ نفر)؛

$X3 =$  میزان هزینه صرف‌شده برای اجرای هر پروژه (میلیون ریال).

اطلاعات خام متغیرهای بالا براساس نمونه‌ای همگون به حجم ۳۰ پروژه R&D از میان پروژه‌های خاتمه‌یافته در دوره ۱۳۷۷-۱۳۷۸ گروه‌های پژوهشی رشته الکترونیک سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، از طریق نظرسنجی از مجریان، کارشناسان و ناظران پروژه‌ها و با استفاده از پرسشنامه و همچنین کارنامه عملکرد سالانه گروه‌های تحقیقاتی گردآوری شد. مشخصات پروژه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. برای افزایش اعتبار اطلاعات خام، پرسشنامه در سه سطح توسط مجریان، کارشناسان و ناظران پروژه‌ها تکمیل شد. از میانگین نظرهای سه گروه یادشده (مجریان،

به عنوان یک DMU فرض شده است. از طریق این مدل ممکن است برخی از پروژه‌ها به طور مجازی با استفاده از شبیه‌سازی تعیین شوند؛ در حالی که در عالم واقع چنین پروژه‌هایی وجود ندارد. از این رو، در مطالعه حاضر این فرآیند، الگویابی مجازی تلقی شده است. الگویابی مجازی مبتنی بر مشخصه‌های نهاده - ستانده پروژه‌های R&D منتخب است. پروژه‌های مجازی الگو می‌توانند به مثابه هدفی برای بهبود عملکرد یا یادگیری واحدهای ناکارا به کار روند. در نمودار ۲ مثالی ساده با فرض یک نهاده و یک ستانده مشاهده نحوه تعریف الگویابی مجازی ارائه شده است؛ تصور کنید در نمونه مورد مطالعه، پنج پروژه R&D خاتمه‌یافته با عناوین B, G, P, R و W وجود داشته باشد و بخواهیم براساس نهاده‌ها و ستانده‌های آنها مرز تولید تشکیل دهیم. از طریق الگویابی مجازی، برای پروژه W که به دنبال حداقل‌سازی نهاده‌هاست، می‌توان پروژه مجازی A را تشخیص داد که ترکیبی از پروژه‌های واقعی P و G است و بهترین حالت ممکن برای W به شمار می‌رود. پروژه مجازی A می‌تواند الگوی حداقل‌سازی نهاده برای پروژه W در نظر گرفته شود. از سوی دیگر، پروژه مجازی حداکثرساز برای پروژه W پروژه C است که ترکیبی از دو پروژه B و R به شمار می‌رود.

با تکنیک DEA کارایی هر پروژه R&D از طریق مقایسه نسبت ستانده‌های موزون به نهاده‌های موزون میان پروژه‌های مورد الگویابی محاسبه می‌شود. اوزان ستانده‌ها و نهاده‌ها برای هر پروژه مجزا محاسبه می‌شود. هر پروژه دارای مجموعه مختلف اوزان است و این اوزان چنان انتخاب می‌شوند تا نمره کارایی آن پروژه حداکثر شود. در نتیجه، این بدان معناست که پروژه‌های دارای اهداف مختلف می‌توانند به بهترین حالت



نمودار ۲. فرآیند الگویابی مجازی براساس مشخصه‌های

نهاده - ستانده پروژه

1. production frontier

محدودیت‌های منابع یا دانش و اطلاعات ناقص مانع از اجرای پروژه R&D در مقیاس بهینه شوند. بانکر و همکارانش [۲۷] برای رفع این مشکل با افزودن شرط تحدب برای اوزان (مجموع ضرایب اهمیت = یک) به مدل برنامه‌ریزی فوق، مدل BCR را ارائه کرده‌اند که فرض آن بازده متغیر به مقیاس است. از این‌رو، در پژوهش حاضر مقادیر کارایی پروژه‌های R&D تحت دو فرض CRS و VRS سنجیده شده‌اند.

### ۳-۳- ابزار اندازه‌گیری و تحلیل نتایج

در این پژوهش، الگویابی مجازی در دو مرحله کلی صورت گرفته است. در مرحله نخست، برای تعیین استانداردهای عملکردی و شناسایی پروژه‌های R&D مرجع از طریق تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، از نرم‌افزار کامپیوتری DEAP و با فرض حداکثرسازی ستاده و تلقی پروژه R&D به‌عنوان واحد تصمیم‌گیری (DMU) استفاده شده است. نرم‌افزار DEAP برنامه‌ای رایانه‌ای است که از آن برای اجرای DEA استفاده می‌شود. این برنامه به‌کوشش کونلی [۲۸] با استفاده از زبان فرترن نوشته شده است. در مرحله بعدی، مشخصه‌ها و ویژگی‌های برجسته پروژه‌های مرجع از طریق مطالعه موردی شناسایی شده‌اند.

### ۴- یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که بررسی آثاری که در این زمینه نوشته شده‌اند، نشان می‌دهد، بهبود کارایی در پروژه‌های R&D که سه معیار قابلیت سنجش، قابلیت مقایسه و قابلیت به‌کارگیری نتایج حاصل از الگویابی را برای اقدامات بهبود عملکرد تأمین می‌کند، برای الگویابی مناسب است. برای اندازه‌گیری کارایی و الگویابی میان پروژه‌های R&D، به‌ویژه پروژه‌های دولتی، به‌دلیل مختلف و از جمله در دسترس نبودن اطلاعات مربوط به قیمت ستانده‌های R&D، به‌کارگیری روش DEA ترجیح دارد. یکی از مزیت‌های روش DEA نسبت به دیگر روش‌ها، شناسایی یک یا چند الگو و مرجع به منظور بهبود کارایی برای DMUهای ناکارا است. در پژوهش حاضر، با طراحی مدل الگویابی مجازی (VBM) مبتنی بر تکنیک DEA، کارایی پروژه‌های R&D به‌طور نسبی محاسبه شده و راهکارهای مدیریتی برای ارتقای عملکرد پیشنهاد شده است. در این بخش، نتایج حاصل از اجرای مدل الگویابی مجازی (VBM)، براساس پیمایش صورت گرفته، ارائه می‌شود.

### ۴-۱- تعیین پروژه‌های الگو

براساس محاسبه کارایی ۳۰ پروژه R&D گروه‌های پژوهشی الکترونیک، پنج

کارشناسان و ناظران پروژه‌ها) برای سنجش میزان پیشرفت و موفقیت پروژه‌ها در دستیابی به اهداف پیش‌بینی شده استفاده شد و مقادیر ستانده‌ها (Y1 و Y2) برای استفاده در تخمین کارایی تعیین شدند. در نهایت، به‌منظور تعیین میزان اعتبار نتایج حاصل از به‌کارگیری مدل DEA برای الگویابی، پنج پروژه مرجع شناسایی و با این مدل، مورد مطالعه قرار گرفت و ویژگی‌های برجسته آنها برای آن‌که پروژه‌های ناکارا از آنها الگوبرداری کنند، استخراج شد.

### ۳-۲- مدل

در پژوهش حاضر با توجه به این‌که در پروژه‌های تحقیق و توسعه، گسترش فعالیت‌های نوآوری‌های فناورانه حائز اهمیت است، برای الگویابی مجازی، از مدل DEA با رویکرد حداکثرسازی ستانده‌های R&D با دو فرض بازده ثابت به مقیاس<sup>۱</sup> (CRS) و بازده متغیر به مقیاس<sup>۲</sup> (VRS) استفاده شد. براساس مدل CCR از DEA اولیه چارلز و همکارانش [۲۵]، فرض می‌کنیم که عملکرد ۳۰ پروژه R&D الکترونیک به عنوان واحدهای تصمیم‌گیری با استفاده از ۳ نهاده (x<sub>ij</sub>) و ۲ ستانده (y<sub>ij</sub>) ارزیابی می‌شود. در این صورت مدل DEA به شکل زیر خواهد بود:

$$\text{Max } h_{jo} = \sum_{r=1}^2 U_r y_{rjo}$$

S.t.

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ijo} = 1$$

$$\sum_{r=1}^2 u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^3 v_i x_{ij} \leq 0 \quad , \quad j = 1, \dots, n$$

که x<sub>ij</sub> و y<sub>ij</sub> به‌ترتیب بیانگر مقدار i امین نهاده (i=1, . . . , 3) و مقدار r امین ستانده (r=1, . . . , 2) برای (j=1, . . . , n=30) DMU<sub>j</sub> است و نشانگرهای ستانده‌های R&D (y<sub>ij</sub>) به‌ترتیب شامل درصد دستیابی به نتایج پیش‌بینی شده پروژه‌های R&D (Y1) و درصد تدوین دانش فنی حاصل از اجرای پروژه‌های R&D (Y2) و نشانگرهای نهاده‌های تحقیقاتی (x<sub>ij</sub>) شامل مدت زمان اجرای پروژه‌های R&D به ماه (x<sub>1j</sub>)، تعداد نیروی انسانی درگیر در اجرای پروژه‌های R&D (x<sub>2j</sub>) و هزینه اجرای پروژه‌های R&D (x<sub>3j</sub>) است. فرض مدل CCR بازده ثابت به مقیاس (CRS) است. در عمل ممکن است برخی از عوامل، از جمله

1. Constant Returns to Scale (CRS)
2. Variable Returns to Scale (VRS)

جدول ۰۱. نهاده‌ها و ستانده‌های پروژه‌های R&D الکترونیک سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

نهاده‌ها			ستانده‌ها		کد شناسایی	عنوان پروژه	DMU
X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>			
۲۲	۵	۲۶	۱۰۰	۱۰۰	EE1	ارتعاش سنج چندمنظوره	۱
۲۷	۸	۶۰	۸۰	۸۰	EE2	PLC و تستر مربوطه	۲
۴۲	۵	۴۰	۱۰۰	۱۰۰	EE3	آزمایشگاه DSP و پردازش سیگنال	۳
۳۴	۶	۱۵۳	۱۰۰	۱۰۰	EE4	پایگاه داده‌های سریع	۴
۲۴	۵	۱۷.۱	۱۰	۱۰۰	EE5	سیستم ردیاب براساس پردازشگر موازی	۵
۲۴	۵	۷۵	۱۰۰	۱۰۰	EE6	موتور رلوکتانسی	۶
۲۲	۵	۶۷	۱۰۰	۱۰۰	EM1	پاکس اکسیمتر	۷
۲۵	۷	۷۶.۸	۱۰	۱۰	EM2	امواج مغزی (EEG)	۸
۳۶	۴	۱۵	۹۰	۹۰	EM3	الکترومایوگرام ۸ کاناله	۹
۴۷	۲۰	۱۸۰	۵۰	۵۰	EM4	نمونه دست سایبرنتیک	۱۰
۳۶	۵	۱۰.۹	۱۰	۱۰	EM5	آموزش صحبت کردن به ناشنویان	۱۱
۱۷	۲	۹.۶	۱۰	۸۰	EM6	سمعک درون دندانی	۱۲
۳۰	۶	۲۰	۱۰۰	۱۰۰	ET1	سیگنال ژنراتور RF	۱۳
۱۲	۹	۴۰۰	۱۰	۹۰	ET2	ماکس نوری ۸ مگابیت برثانیه	۱۴
۳۱	۲۵	۱۹۵۰	۱۰۰	۱۰۰	ET3	BIS	۱۵
۱۶	۴	۶	۵۰	۵۰	TE1	فشارسنج الکترونیکی	۱۶
۱۶	۳	۵.۳	۱	۱	FE1	انتقال اطلاعات در مراکز دیسپاچینگ	۱۷
۳۲	۲	۷۴.۸	۱۰۰	۱۰۰	FE2	تابلوی کنترل الکترونیکی آسانسور	۱۸
۲۲	۵	۹.۵	۱۰	۱۰۰	FE3	دستگاه همورثید	۱۹
۱۹	۴	۴۰	۱۰	۱۰۰	KhE1	دوچرخه برقی فیزیوتراپی	۲۰
۴۱	۴	۳۶	۱۰۰	۱۰۰	IE1	الکتروکاردیوگرام	۲۱
۳۶	۳	۱۵	۱۰۰	۱۰۰	IE2	کنترل‌کننده‌ی چهارناحیه سرو موتور DC	۲۲
۳۶	۳	۱۳	۹۰	۹۰	IE3	رابط کامپیوتر به تلویزیون با قدرت تفکیک ۴۸۰ در ۶۴۰	۲۳
۳۵	۵	۴۰	۱۰۰	۱۰۰	IE4	دستگاه آنالیزکننده شیمیایی	۲۴
۹	۵	۵۴	۱۰	۱۰۰	IE5	تابلوی فرمان و مانیتورینگ	۲۵
۱۱	۲	۸.۲	۱۰	۱۰۰	IE6	دستگاه کنترل نخ تار الکتریکی	۲۶
۶	۱	۵.۷	۱۰	۱۰۰	IE7	سیستم یکپارچه تولید	۲۷
۲۹	۳	۱۴.۵	۱۰	۱۰۰	IE8	طراحی و ساخت Frame Grabber	۲۸
۳۶	۴	۱۶۰	۱۰۰	۱۰۰	IE9	بویه‌های هواشناسی	۲۹
۶	۷	۳۰	۱۰۰	۱۰۰	AE1	الکتریکی کردن دستگاه شبکه پیچ اتوماتیک	۳۰

ارزیابی عملکرد در تخمین کارایی به کار رفته‌اند و بازده ثابتی نسبت به مقیاس دارند (جدول ۲). کارایی حدود ۳/۳ درصد از پروژه‌ها کمتر از ۲۰ درصد است. دامنه کارایی ۱۶/۷ درصد از پروژه‌ها بین ۲۰ تا ۴۰ درصد و ۶/۷ درصد نیز بین ۴۱ تا ۶۰ درصد است. همچنین، کارایی ۳۳/۳ درصد از پروژه‌ها بین ۶۱

پروژه AE1، FE2، IE2، IE7 و TE1 مرز کارایی را تشکیل می‌دهند. این پروژه‌ها صد درصد کارا هستند و بالاترین استانداردهای عملکردی پروژه‌های R&D مورد مطالعه را از نظر فناوری تشکیل می‌دهند. همچنین، پروژه‌های یادشده یک تا ۲۰ بار برای دیگر پروژه‌های گروه‌های پژوهشی به عنوان استاندارد



جدول ۲. نتایج تخمین کارایی پروژه های R&D الکترونیک سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران

DMU	کد شناسایی	تعداد دفعات به عنوان پروژه همتا برای دیگر پروژه ها	پروژه های همتا	بازده نسبت به مقیاس	کارایی		
					کارایی فرضی	کارایی فرضی با فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS-TE)	کارایی فرضی با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس (CRS-TE)
۱		۰	۲۲ ۱۸ ۳۰	DRS	۰/۹۷۳	۱	۰/۹۷۳
۲		۰	۱۸ ۳۰ ۲۲	DRS	۰/۶۴	۰/۸	۰/۵۲
۳		۰	۳۰ ۲۲ ۱۸	DRS	۰/۷۱	۱	۰/۷۱
۴		۰	۱۸ ۳۰	DRS	۰/۶۵	۱	۰/۶۵
۵		۰	۳۰ ۲۲ ۲۷	DRS	۰/۳۳۳	۱	۰/۳۳۳
۶		۰	۳۰ ۱۸	DRS	۰/۸۴۸	۱	۰/۸۴۸
۷		۰	۳۰ ۱۸	DRS	۰/۸۸۳	۱	۰/۸۸۳
۸		۰	۳۰ ۱۸	DRS	۰/۰۶۹	۰/۱	۰/۰۶۹
۹		۰	۲۲	DRS	۰/۹۷۳	۰/۹	۰/۸۷۶
۱۰		۰	۳۰ ۱۸	DRS	۰/۲۸	۰/۵	۰/۱۴
۱۱		۰	۲۳ ۱۶	DRS	۰/۹۳۸	۰/۱۲۸	۰/۱۲
۱۲		۰	۲۲ ۲۷ ۳۰	DRS	۰/۶۱۳	۰/۸	۰/۴۹
۱۳		۰	۲۲ ۳۰	DRS	۰/۹۰۳	۱	۰/۹۰۳
۱۴		۰	۳۰ ۱۸	DRS	۰/۵	۰/۹	۰/۴۵
۱۵		۰	۱۸ ۳۰	DRS	۰/۲۶۳	۱	۰/۲۶۳
۱۶		۱	۱۶	-	۱	۱	۱
۱۷		۰	۱۷	IRS	۰/۰۲۴	۱	۰/۰۲۴
۱۸		۱۵	۱۸	-	۱	۱	۱
۱۹		۰	۲۲ ۲۷	DRS	۰/۶	۱	۰/۶
۲۰		۰	۱۸ ۲۲ ۳۰ ۲۷	DRS	۰/۳۱۶	۱	۰/۳۱۶
۲۱		۰	۲۲ ۱۸ ۳۰	DRS	۰/۷۹۱	۱	۰/۷۹۱
۲۲		۱۳	۲۲	-	۱	۱	۱
۲۳		۱	۲۳	-	۱	۱	۱
۲۴		۰	۲۲ ۱۸ ۳۰	DRS	۰/۷۷۵	۱	۰/۷۷۵
۲۵		۰	۳۰ ۲۷ ۱۸	DRS	۰/۶۶۷	۱	۰/۶۶۷
۲۶		۰	۲۲ ۲۷ ۳۰	DRS	۰/۶۹۵	۱	۰/۶۹۵
۲۷		۷	۲۷	-	۱	۱	۱
۲۸		۰	۳۰ ۲۲ ۲۷	DRS	۰/۳۹۳	۱	۰/۳۹۳
۲۹		۰	۱۸ ۳۰	DRS	۰/۷۴۶	۱	۰/۷۴۶
۳۰		۲۰	۳۰	-	۱	۱	۱
				میانگین	۰/۶۴	۰/۹۰	۰/۷۰
				انحراف معیار	۰/۳۱۵	۰/۲۳۸	۰/۲۷۱

کارایی فناورانه	فراوانی	درصد	درصد معتبر	درصد تجمعی
کمتر از ۲۰٪	۱	۳/۳	۳/۳	۳/۳
۲۰-۴۰٪	۵	۱۶/۷	۱۶/۷	۲۰
۴۱-۶۰٪	۲	۶/۷	۶/۷	۲۶/۷
۶۱-۸۰٪	۱۰	۳۳/۳	۳۳/۳	۶۰
بیش از ۸۰٪	۱۲	۴۰	۴۰	۱۰۰
کل	۳۰	۱۰۰	۱۰۰	

جدول ۳. درصد فراوانی کارایی فناورانه پروژه‌های R&D

مورد مطالعه

دست یافته است. نمونه ساخته شده با استانداردهای بین‌المللی انطباق دارد.

مرحله نیمه‌صنعتی طرح نیز در دست اجرا بوده است.

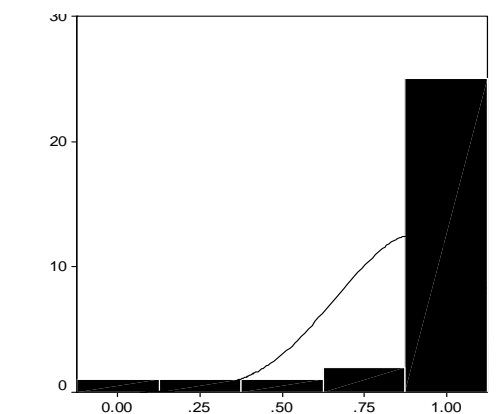
از ویژگی‌های مهم و برجسته پروژه‌های مرجع که دیگر طرح‌ها می‌توانند از آنها الگو برداری کنند، "برنامه‌ریزی مؤثر و پیش‌بینی دقیق نیروی متخصص مورد نیاز"، "نیازسنجی و برقراری ارتباط مستمر با مشتری" و همچنین "تدوین دانش فنی حاصله" است؛ چنان‌که:

\* هیچ‌کدام از این پروژه‌ها در مرحله اجرا با کمبود نیروی متخصص مواجه نشده‌اند.

\* همه این پروژه‌ها به گونه‌ای با متقاضی و مشتری نتایج تحقیقات در ارتباط بوده‌اند و برای واگذاری دانش فنی حاصل از پروژه بازاریابی کرده‌اند. همچنین نتایج آنها به بخش خصوصی واگذار شده است.

\* به استثنای پروژه IE7، دانش فنی در چهار پروژه مرجع دیگر به طور کامل تدوین شده است.

در هریک از پروژه‌های مرجع (TE1, IE7, IE2, FE2, AE1)، از



نمودار ۳. نمرات کارایی پروژه‌های R&D با فرض بازده متغیر به مقیاس (VRS)

تا ۸۰ درصد است. از سوی دیگر، از میان ۳۰ پروژه R&D مورد مطالعه، ۴۰ درصد کارایی بیش از ۸۰ درصد دارند (جدول ۳).

میانگین کارایی مدیریت (کارایی فنی با فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس) پروژه‌های R&D مورد مطالعه حدود ۹۰ درصد با انحراف معیار ۲۴ درصد است. میانگین کارایی فنی پروژه‌ها برابر ۷۰ درصد با انحراف معیار ۲۷ درصد است (جدول ۲).

بیشتر پروژه‌های مورد مطالعه با بازده نزولی به مقیاس مواجه‌اند. چنان‌که میانگین کارایی مقیاس حدود ۶ درصد کمتر از میانگین کارایی فنی است. از این رو، می‌توان گفت که گروه‌های پژوهشی می‌توانند سطح فعلی ستانده‌های پروژه‌های R&D خود را صرفاً با ۷۰ درصد از منابع خود تولید کنند. به عبارت دیگر، میزان ستانده‌های فعلی با نهاده‌های کمتری قابل دستیابی است و میانگین ناکارایی فنی این پروژه‌ها معادل ۳۰ درصد است. نمودار توزیع نمرات کارایی فناورانه پروژه‌های R&D مورد مطالعه حاصل از به‌کارگیری تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها با دو فرض بازده متغیر به مقیاس (VRS) و بازده ثابت به مقیاس (CRS)، به ترتیب به صورت نمودار ۳ و نمودار ۴ است.

۴-۲- مشخصه‌های پروژه‌های الگو

مطالعه موردی پنج پروژه مرجع (TE1, IE7, IE2, FE2, AE1)، نشان می‌دهد این پروژه‌ها در شمار پروژه‌های موفق بوده‌اند. از این رو، انتخاب آنها به منزله الگو و مرجعی برای ۲۵ پروژه تحقیق و توسعه دیگر با استفاده از مدل VBM به منظور محاسبه کارایی و هدف‌گذاری در ارتقای ستانده‌های پروژه‌های تحقیق و توسعه درست بوده است:

\* پروژه AE1 از جمله طرح‌های برنده در جشنواره بین‌المللی خوارزمی است که به عنوان اختراع ثبت شده و نمونه ساخته شده آن با موفقیت در یک شرکت خصوصی در دست بهره‌برداری است.

\* پروژه FE2 از جمله طرح‌های تحقیقاتی مشترک است که نمونه ساخته شده با استانداردهای بین‌المللی مطابقت دارد و دانش فنی طرح تدوین و نتیجه طرح به بخش خصوصی واگذار شده است.

\* پروژه IE2 با سرمایه‌گذاری کامل سازمان پژوهش‌ها در مقیاس نیمه‌صنعتی اجرا شده و اهداف پیش‌بینی شده آن کاملاً تحقق یافته است. نتیجه طرح از قابلیت تولید صنعتی برخوردار است.

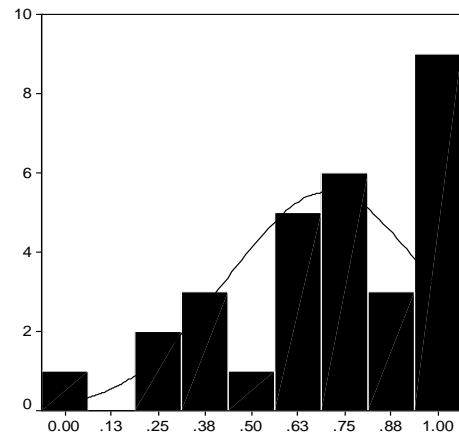
\* پروژه IE7 از طرح‌های تحقیقاتی مشترک است که در تولید محدود به مرحله اجرا درآمده است. سرمایه مورد نیاز برای این طرح به صورت وام در اختیار مجری قرار گرفته و اهداف پیش‌بینی شده کاملاً تحقق یافته است.

\* پروژه TE1 در مقیاس نمونه اجرا شده و کاملاً به اهداف پیش‌بینی شده

پروژه‌های R&D در دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده و تدوین دانش فنی حاصله با توجه به منابع و بهترین فناوری در دسترس تعریف شده است و با استفاده از مدل الگویابی مجازی، حدود ۱۷ درصد از پروژه‌های مورد مطالعه برای دیگر پروژه‌ها به منزله الگو و مرجع ارزیابی شناسایی شده‌اند. این پروژه‌ها از بازده ثابت نسبت به مقیاس برخوردارند. پروژه‌های ناکارا می‌توانند با الگوبرداری از ویژگی‌های برجسته پروژه‌های مرجع و هم‌تا-شامل برنامه‌ریزی مؤثر نیروی انسانی و پیش‌بینی دقیق نیروی متخصص مورد نیاز قبل از اجرا و همچنین از لحاظ خواسته‌ها و نیازهای مشتری در فرآیند فعالیت‌های تحقیق و توسعه - بدون تأثیر منفی بر کیفیت ستانده‌های R&D به میزان قابل توجهی میزان کارایی خود را در مقایسه با پروژه‌های دارای توانمندی مشابه افزایش دهند. مطالعه موردی حاکی از اعتبار بالای مدل VBM در انتخاب پروژه‌های الگو و مرجع برای الگوبرداری است.

با توجه به نتایج حاصل از پژوهش، توصیه می‌شود تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) به‌طور ادواری برای تعیین استانداردهای عملکردی و مقایسه نتایج فناورانه پروژه‌های R&D مراکز تحقیقاتی به‌کار گرفته شود. با توجه به میزان پایین تدوین دانش فنی در پروژه‌های مورد مطالعه، پیشنهاد می‌شود شیوه‌نامه مستندسازی دانش فنی به‌منظور افزایش قابلیت انتقال و تجاری‌سازی نتایج تحقیقات و در نتیجه، ارتقای ستاندهای تحقیقاتی تهیه و تدوین شود و در اختیار پژوهشگران و مجریان پروژه‌های تحقیق و توسعه قرار گیرد.

همچنین، پیشنهاد می‌شود فرآیند صدای مشتری به‌منظور پیاده‌سازی خواسته‌ها و نیازهای آشکار و پنهان مشتریان نتایج تحقیقات در فعالیت‌های تحقیق و توسعه به‌کار گرفته شود.



نمودار ۴. نمرات کارایی پروژه‌های R&D با فرض بازده ثابت به مقیاس (CRS)

نهادهای کمتری نسبت به پروژه‌های ناکارا استفاده شده است. از این رو، آنها را پروژه‌های الگو برای دیگر پروژه‌های R&D تلقی می‌کنیم.

پروژه‌های ناکارا غالباً به دلیل عدم پیش‌بینی دقیق نیروی انسانی متخصص مورد نیاز نتوانسته‌اند کاملاً به اهداف پیش‌بینی شده دست یابند. در واقع، این پروژه‌ها می‌توانستند با الگوبرداری از ویژگی‌های برجسته پروژه‌های مرجع - شامل برنامه‌ریزی کارآمد نیروی انسانی متخصص پیش از اجرا و همچنین برقراری ارتباط با مشتری و بازاریابی نتایج تحقیقات در فرآیند فعالیت‌های تحقیق و توسعه - میزان کارایی خود را بدون تأثیر منفی بر کیفیت ستاندهای پروژه‌ها، به میزان ۶۵ درصد افزایش دهند.

## ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج بررسی نشان می‌دهد که در فعالیت‌های R&D با توجه به این‌که بهبود کارایی، سه معیار قابلیت سنجش، مقایسه و به‌کارگیری نتایج حاصل از الگویابی در بهبود عملکرد را تأمین می‌کند، برای الگویابی در پروژه‌های R&D مناسب است. الگویابی عبارت است از فرآیند مستمر جست‌وجو، تعیین استانداردهای عملکردی و سنجش عملکرد در مقایسه با بهترین عملکرد سازمان‌های هم‌تا (واقعی - مجازی) به‌منظور هدف‌گذاری برای بهبود و ارتقای عملکرد سازمان. بررسی آثار پژوهشی در این زمینه، نشان می‌دهد که هنوز مدل کاملاً جامعی برای الگویابی در میان پروژه‌های تحقیق و توسعه وجود ندارد، زیرا ستاندهای فناورانه این‌گونه پروژه‌ها معمولاً پیش از ورود به مرحله تجاری‌سازی، فاقد قیمت بازاری یا اوزان مورد توافق هستند. مدل الگویابی مجازی مبتنی بر DEA (VBM) می‌تواند مشکل ناهمگونی نهادها و ستاندهای چندگانه پروژه‌های R&D را برطرف کند.

در مدل VBM، بهترین عملکرد فناورانه به‌صورت اجرای موفقیت‌آمیز

References:

- and Development laboratories: A Data Envelopment Analysis approach", 8th international conference on scientometrics and informetrics proceedings, Sydney , AUSTRALIE, 2001.
- [18]. Eilat H., Golany B, & Shtub A., "Constructing and Evaluating Balanced Portfolios of R&D Projects with Interactions: A DEA based methodology", *European Journal of Operational Research*, 2005.
- [19]. Soner Selin, ?nüt Semih & Tuzkaya Umüt, "Evaluation and selection of R&D projects using an integrated BSC-DEA methodology", *The 35th International Conference on Computers and Industrial Engineering*, Istanbul, Turkey, June, 2005.
- [20]. Wang, E. C., Huang W. , Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach , *Research Policy* 36, pp 260-273, 2007.
- [21]. Tavares, Gabriel, "*A BIBLIOGRAPHY OF DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (1978-2001)*", Rutgers Center for Operations Research, Rutgers University, JANUARY, 2002.
- [22]. Sun Kai; Ju Xiao-feng; Li Yu-hua , "Performance Evaluation of Chinese Regional Innovation Systems Based on Data Envelopment Analysis", *International Conference on Management Science and Engineering*, Page(s):1800 - 1804, Oct. 2006.
- [23]. Korhonen, R. Tainio and J. Wallenius, "Value efficiency analysis of academic research", *European Journal of Operational Research* 130, pp. 121-132, 2001.
- [24]. Cherchye and Vanden Abeele, "On research efficiency: a micro-analysis of Dutch university research in economic and business management", *Research Policy* 34, pp. 495-516, 2005.
- [25]. Charnes, A., Cooper, W. W. & Rhodes, E., "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, pp429-444, 1978.
- [26]. Leibenstein, H., "Allocative Efficiency vs. X-Efficiency", *American Economic Review*, June 1966, 56 (3), 392-415, 1966.
- [27]. Banker, R.D.; Charnes, A. & Cooper, W.W. , "Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30(9), 1078-1092, 1984.
- [28]. Coelli, T. J., "*A guide to DEAP version 2.1, CEPA*", Working Papers No.8/96, 1996.
- [1] اخوان، پیمان، الگوبرداری، ماهنامه تدبیر، شماره ۱۴۳، فروردین ۱۳۸۳.
- [۲] عباسی، فرهاد، تخمین کارایی و بهره‌وری صنایع، نشریه نوآوران، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، شماره ۱۱۱، آبان ماه ۱۳۷۹
- [۳] ساموئل کی. هو، ۱۹۹۵، مدیریت کیفیت جامع (TQM)، مترجم حسین حسین‌زاده، نشر دانشکار، چاپ اول، ص ۱۸۷، بهمن ۱۳۷۹
- [4]. R&D and Productivity Growth: A Background Paper, The Congress of the United States, Congressional Budget Office, June 2005
- [5]. Ettlíe, John E., *Innovation and R&D - Industrial Research Institute survey on R&D*, Gardner Publications, Inc. 1997
- [۶]. کیمیاگری، علی‌محمد، راهنمای کاربردی روش بهبود تطبیقی (بنج مارکینگ)، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) سال انتشار ۱۳۷۸ : چاپ اول.
- [7]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Main-Page>
- [8]. APQC (1993a), *The Benchmarking Management Guide*, American Productivity and Quality Center, Cambridge, MA: Productivity Press, 1993.
- [9]. APQC, *Measuring Research and Development (R&D) Productivity: An APQC consortium benchmarking study*, JUNE 3, 2004
- [10]. Tidd J., Bessant J. & Pavitt K., "*Managing innovation: integrating technological, market and organizational change*", 3rd Edition. John Wiley & Sons, Ltd. 582 p, 2005
- [11]. APQC (1993b), "*Basics of Benchmarking*", American Productivity and Quality Center, Houston, 1993
- [12]. Andersen, Bjrn & Pettersen, Per-Gaute, "*The Benchmarking Handbook. Step-by-step instructions*". London: Chapman & Hall, 1996
- [۱۳]. عباسی، فرهاد، تعیین بهترین عملکرد فناورانه در پروژه‌های تحقیقاتی کاربردی، مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت تکنولوژی، پژوهشگاه نیرو، اردیبهشت ۱۳۸۴
- [۱۴]. علی (ع): نهج البلاغه، باب گزیده، شماره ۷۳
- [15]. EIRMA , "*Benchmarking in R&D*", Report of EIRMA Working Group 51, 1998 , [ttp://www.eirma.org](http://www.eirma.org).
- [16]. Baglieri E., "R&D Performance measurement: a reference model", *7th International Forum on Technology Management*, Kyoto 1997, Proceedings.
- [17]. Santanu, Roy & NAGPAUL P. S., "A quantitative evaluation of relative efficiencies of Research