مطالعات مدیریت راهبردی
شماره ۵۰ ـ تابستان ۱۴۰۱
ص‌ص ۳۳۰-۳۰۷

طراحی مدل تلفیقی ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیر سازمانی

نوید شریفی *، مقصود امیری **، لعیا الفت **، امیر یوسفلی ***

چکیده

محیط پیچیده امروز، سازمان‌ها را با چالش رسیدن به اهداف مواجه می‌کند. وجود نظام ارزیابی عملکرد برای پایش عملکرد سازمان در دستیابی به اهداف اجتناب ناپذیر است. بنابراین هدف اصلی این مقاله ارائه مدل تلفیقی برای ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیر با قدرت تفکیک‌پذیری مناسب (مورد مطالعه: موسسات آموزش عالی) است. پژوهش از حیث روش جنبه توصیفی- تبیینی دارد. از لحاظ جهت‌گیری پژوهش توسعه‌ای است. جامعه آماری شامل خبرگان دانشگاهی شهر سمنان می باشند که ۵۷ نفر آنها به روش تصادفی انتخاب شدند. ابزار گردآوری داده‌ها دو پرسشنامه محقق ساخته است که روایی محتوا و سازه آنها به استناد نظر خبرگان و تحلیل عاملی و پایایی آنها به استناد مقدارآلفای کرونباخ بیشتر از ۰,۷ مورد تایید قرار گرفته است. قوانین استنتاج فازی نیز بر اساس نظر پنج نفر از خبرگان منتخب دانشگاهی تدوین شد. همچنین برای ارزیابی عملکرد، رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی «تحلیل پوششی داده‌ها» مورد استفاده قرار گرفت. یافته‌ها شامل شناسایی ۹ متغیر ورودی و ۸ متغیر خروجی است. پس از انجام تحلیل عاملی بر روی شاخص‌ها سه سازه وضعیت پذیرش دانشجو، وضعیت نیروی انسانی و وضعیت زیرساخت با ماهیت ورودی و سه سازه وضعیت آموزشی و پژوهشی دانشجویان، وضعیت درآمدهای دانشگاهی و وضعیت ارائه خدمات دانشگاهی به عنوان سازه‌های خروجی شناسایی شدند. تدوین ۲۷ قانون برای محاسبه مقدار هر سازه توسط سیستم استنتاج فازی ممدانی از دیگر یافته‌های پژوهش است. مدل پیشنهادی۶ واحد را کارا ارزیابی نموده است که در مقایسه با واحدهای کارای شناسایی شده چهار مدل دیگر به مراتب کمتر است. همچنین نتایج حاصل از آزمون کروسکال- والیس گویای میانگین رتبه کارایی کمتر مدل پیشنهادی نسبت به سایر مدل‌ها است که تاییدی بر این مدعا می‌باشد.

کلید واژگان: ارزیابی عملکرد؛تحلیل پوششی داده‌ها؛ استنتاج فازی؛ موسسات آموزش عالی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۰۶

* دانشجوی دکتری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)
Email: Navid_2468@yahoo.com
** استاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
*** استادیار، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران.

۱. مقدمه

سازمان‌های امروزی در محیطی پرتلاطم فعالیت می‌کنند. محیطی با متغیرهای فراوان و در حال تغییر که پیش‌بینی آنها مشکل است. در این محیط آگاهی از میزان عملکرد سازمان نشان می‌دهد هزینه و زمان صرف شده تا چه میزان برای دستیابی به اهداف سازمانی موثر بوده است. با ارزیابی عملکرد، مدیر می‌تواند نسبت به تحقق اهداف آگاهی یافته و در صورت لزوم اصلاحات لازم را اعمال نماید [۱۹]. نظام ارزیابی عملکرد شرایط را برای استفاده مناسب از امکانات مادی و معنوی برای توسعه سازمانی فراهم می‌کند[۱۴]. یک نظام ارزیابی عملکرد اگر بر پایه شایستگی‌های سازمانی طراحی شود می‌تواند شالوده سازمان را پایه‌ریزی نموده و بهبود عملکرد سازمان را به دنبال داشته باشد. سازمان‌ها بدون آگاهی از میزان دستیابی به اهداف، کسب بازخورد و اطلاع از نحوه اجرای سیاست‌های تدوین شده نمی‌توانند بهبود مستمر عملکرد داشته باشند. این موارد بدون اندازه‌گیری و ارزیابی عملکرد امکان‌پذیر نیست [۳۰]. اگر اندازه‌گیری دقیق و صحیحی نباشد کنترل نمودن ممکن نیست و هرچه را که نتوان کنترل کرد مدیریت آن امکان‌پذیر نخواهد بود. بنابراین استفاده از مدل‌هایی که بادقت و صحت، میزان عملکرد سازمان‌ها را اندازه‌گیری کند از نیازهای اساسی مدیران برای ارتقاء عملکرد سازمان و بهبود وضعیت رقابت‌پذیری در محیط امروزی است. تاکنون مدل‌های مختلفی به منظور ارزیابی عملکرد سازمان‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. سیستم‌های نوین ارزیابی عملکرد برخاسته از سه خاستگاه تمرکز بر کیفیت (مانند: دمینگ، بالدریج، مدل تعالی)، تمرکز بر برنامه‌ریزی استراتژیک (مانند: کارت امتیازی متوازن) و استفاده از فنون تحقیق در عملیات (مانند: تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل سلسله‌مراتبی) هستند.

یکی از مدل‌های رایج ارزیابی عملکرد DEA[۱] است که در دسته فنون تحقیق در عملیات جای گرفته است. مدل مذکور غیرپارامتریک است و هیچ نیازی برای شناخت تابع تولید ندارد. این روش فاقد نقطه ضعف سایر سیستم‌های اندازه‌گیری است که نوعی مطلق‌گرایی را دنبال می‌کنند. بنابراین کارا شدن واحد تحت بررسی یک کمیت قابل دست‌یابی است [۲۴]. نگاهی به آمار منتشر شده نشان می‌دهد در سال ۱۹۹۹ بیش از ۴۰۰ مقاله، کتاب و رساله دکتری به کمک تحلیل پوششی داده‌ها تدوین شده است[۷]، که این تعداد در سال ۲۰۲۱ به حدود ۶۸۰۰۰ عنوان رسیده است. این امر گویای جایگاه خاص این مدل و افزایش روز افزون استفاده از آن در پژوهش‌های علمی برای بررسی عملکرد است [۴۵]. لذا ضرورت رفع چالش‌های استفاده از آن مورد توجه پژوهشگران کثیری از جمله پژوهش حاضر قرار گرفته است.

در ارزیابی کارایی به وسیله تحلیل پوششی داده‌ها به هر واحد تصمیم‌گیرنده (DMU[۲]) نمره عملکرد نسبت داده می شود. مقدار این نمره بین صفر و یک است. یکی از مشکلات در مسائل عملی احتمال کارا ارزیابی شدن بیش از یک واحد تصمیم‌گیر است. پس برای همه آنها نمره کارایی یکسان در نظر گرفته می‌شود. بنابراین تعداد قابل توجهی از DMUها با اکتساب نمره یک کارا ارزیابی می‌شوند. در نتیجه از لحاظ نظری نمی‌توان تمایزی بین عملکرد آنها قائل شد [۱۶]. این مسئله توجه محققان زیادی را به خود جلب نموده است. آنها سعی نمودند تا با ارائه روش‌هایی، DMUهای کارا را از هم تمیز دهند. به عبارتی یک رتبه‌بندی کامل برای کلیه DMUها ارائه نمایند. مفهوم فوق در پیشینه تحلیل پوششی داده‌ها قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای کارا (رتبه‌بندی واحدهای کارا) نامیده می‌شود [۲]. این ضعف مدل تحلیل پوششی داده‌ها به‌خصوص هنگامی که تعداد واحدهای تصمیم-گیرنده کمی وجود داشته باشد نمایان می‌شود. تعداد کم واحدهای تصمیم باعث می‌شود تعداد زیادی از واحدها کارا تشخیص داده شوند. هنگامی که تعداد ورودی و خروجی‌ها نسبت به واحدهای تصمیم زیاد باشد مدل تحلیل

---

۱ Data Envelopment Analysis

۲ Decision making unit (DMU)

پوششی داده‌ها در تفکیک واحدهای کارا از ناکارا با مشکل مواجه می‌گردد. هرچه نسبت واحدهای تصمیم‌گیر به تعداد ورودی و خروجی‌ها بیشتر باشد مدل، قدرت تفکیک‌پذیری بالاتری خواهد داشت. بر اساس یک رابطه تجربی تعداد واحدهای تصمیم باید بزرگتر مساوی سه برابر مجموع ورودی‌ها و خروجی‌ها باشد [۲۰]. برای رفع این نقیصه روش‌هایی برای بهبود قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای کارا ارائه شده است. هر کدام از این روش‌ها از یک مشخصه یا ویژگی خاص به عنوان معیار رتبه‌بندی استفاده می‌کنند. این روش‌ها دارای معایبی هستند و هیچکدام به طور کامل برای تمامی مسائل، قدرت تفکیک‌پذیری بالایی ندارند. بررسی مقالات علمی نشان داد مسئله قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم در مدل تحلیل پوششی داده‌ها هنوز هم یکی از دغدغه‌های مهم محققین از جمله [۲،۳،۲۱،۲۲،۲۳،۲۹،۳۷و۴۶] است. گروهی از پژوهش‌ها برای رفع این نقیصه تمرکز خود را بر کاهش متغیرهای ورودی و خروجی و همزمان حفظ اطلاعات موجود در آنها معطوف داشته‌اند. این پژوهش‌ها غالباً بر دو رویکرد ذهنی و عینی کاهش متغیرها استوار هستند [۹و۱۳و۴۳و۴۷]. رویکردهای عینی بر الگوی داده‌ها و روابط بین متغیرها متکی بوده در نتیجه نظرات خبرگان در غربالگری شاخص‌ها اهمیتی ندارد. در سوی مقابل رویکردهای ذهنی با تمرکز صرف بر نظرات خبرگان به کاهش متغیرها پرداخته‌اند. در این گروه از پژوهش‌ها اغلب از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای احصاء دانش خبرگان در مراحل کاهش، ادغام و وزن‌دهی متغیرهای ورودی و خروجی استفاده می‌شود [۳۲]. برخی پژوهشگران معتقدند لزوماً توجه به روابط متغیرها و تحلیل همبستگی مورد استفاده در رویکردهای عینی نمی‌تواند معیار مناسبی برای حذف متغیرها باشد. زیرا استفاده از همین متغیرهای حذفی در تحلیل پوششی داده‌ها می‌تواند بر نمرات کارایی تاثیرگذار باشد [۳۳]. بنابراین نظر به کاستی‌های موجود، ضرورت ارائه مدلی که بتواند از مزایای هر دورویکرد استفاده نموده تا منجر به محاسبه مقادیر واقعی‌تر شده و در عین حال از قدرت تفکیک‌پذیری بالا برخوردار باشد احساس می‌شود.

بنابراین نوآوری پژوهش را می‌توان در استفاده همزمان از رویکرد عینی و ذهنی برای طراحی مدل ارزیابی عملکرد و بالتبع همراه با نتایج عملی‌تر، ساده‌تر و نزدیکتر به واقعیت دانست. بنابر آنچه گفته شد هدف پژوهشگر طراحی مدل تلفیقی متکی بر تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل عاملی و سیستم استنتاج فازی است. استفاده از تحلیل عاملی تضمین کننده توجه به مقوله عینیت موجود در الگوی داده‌ها است. از طرف دیگر عقلانیت موجود در قضاوت‌های خبرگان انعطاف لازم را برای تدوین قوانین سیستم استنتاج فازی فراهم آورده و محاسبه مقادیر دقیقتر و نزدیک به واقعیت را برای ورود به تحلیلی پوششی داده‌ها ممکن می سازد. در نتیجه بهبود قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر را به ارمغان خواهد آورد.

پژوهش حاضر موسسات آموزش عالی را مورد مطالعه و آزمون قرار داده است. بررسی پیشینه نشان داد اگر چه تلاش‌هایی برای ارتقای کیفی آموزش عالی، هماهنگ با رشد کمی آن انجام شده است ولی نیازمند کار عملی بیشتری برای ارزیابی عملکرد است. این نیاز به ویژه در حیطه مدل‌های ارزیابی عملکرد حوزه‌ای تخصصی مشهود است. ضرورت انجام ارزیابی عملکرد واحدهای آموزش عالی در برنامه سوم و چهارم توسعه مطرح گردید. سپس به دنبال این دو برنامه در برنامه پنجم توسعه، استقرار نظام جامع ارزیابی و رتبه‌بندی دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی با هدف تضمین و ارتقاء کیفیت آموزشی و پژوهش و در نهایت دستیابی هر چه بیشتر به رسالت دانشگاه مورد توجه قرار گرفت [۲]. در بین استان‌های کشور، استان سمنان بر اساس آخرین سرشماری‌های انجام شده با دارا بودن ۶۴ دانشگاه و مرکز آموزش عالی؛ جمعیت دانشجویی حدود سه برابر میانگین کشوری را در خود جای داده است. طبق آخرین آمار منتشره به ازاء هر صدهزار نفر جمعیت پنج هزار نفر دانشجو در کشور وجود دارد. که این تعداد برای استان سمنان به چهارده هزارو دویست نفر رسیده است. بنابراین با توجه به رشد جمعیت دانشگاهی در این استان برخی از موسسات آموزش عالی آن برای ارزیابی عملکرد و

آزمون مدل پیشنهادی انتخاب شدند. با توجه به آنچه بیان شد پژوهش حاضر درصدد پاسخگویی به پرسشهای زیر است:

۱) آیا می‌توان با استفاده از ابزارهای تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل عاملی و سیستم استنتاج فازی، مدلی برای ارزیابی عملکرد طراحی کرد که قدرت تفکیک‌پذیری بالاتری نسبت به مدل کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها داشته باشد؟

۲) آیا مدل تلفیقی پیشنهادی از قدرت تفکیک‌پذیری بالاتری نسبت به سه روش مدل تحلیل پوششی داده‌ها – میانگین؛ تحلیل پوششی داده‌ها – تحلیل سلسله مراتبی داده‌ها؛ تحلیل پوششی داده‌ها– تجزیه به مولفه‌های اصلی برخوردار است؟

۳) شاخص‌ها و سازه‌های مناسب ارزیابی عملکرد موسسات آموزش عالی کدامند؟

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

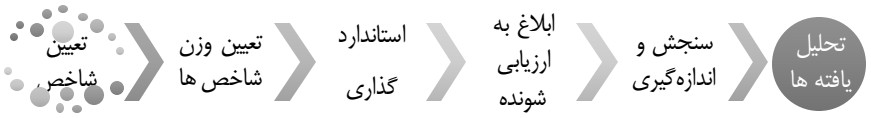
ارزیابی عملکرد

سازمان‌ها اهدافی را برای خود تعیین می‌کنند که منطبق با خواست ذی‌نفعان سازمان باشد. دستیابی به این اهداف از پیش تعیین شده، بدون برنامه‌ای مکتوب و یکپارچه ممکن نیست. سازمان باید قادر به طراحی و اجرای برنامه‌ها بوده و میزان موفقیت در اجرای آنها را با ارزیابی عملکرد بسنجند [۱۵]. مدیران از منابع موجود برای فعالیت‌های سازمان استفاده کرده تا خواسته‌های و انتظارات مشتریان سازمان را برآورده نمایند. سازمان موفق با استفاده بهینه از منابع به اهداف سازمانی نائل شده و نیاز ذینفعان را برآورده می‌نماید. تعاریف متعددی از ارزیابی عملکرد ارائه شده است. از دید نیلی [۳۱] اختصاص مقادیر کمی به کارایی و اثر بخشی ارزیابی عملکرد نامیده می‌شود. وردر و دیویس [۴۴] ارزیابی عملکرد را فرآیندی دانسته که عملکرد فرد یا گروه را در رابطه با اجرای وظایف محوله اندازه‌گیری کرده و اجرای درست آن، منافع سازمان را به همراه خواهد داشت. ارزیابی عملکرد در خصوص چگونگی استفاده از منابع در چارچوب شاخص کارایی بیان می‌شود. در آسان‌ترین تعریف اگر نسبت خروجی به ورودی را کارایی بدانیم، نظام ارزیابی عملکرد کارایی تصمیمات مدیر را در استفاده بهینه از منابع مورد ارزیابی قرار می‌دهد [۳۴]. در تعریفی دیگر ارزیابی عملکرد، فرآیند سنجش و اندازه‌گیری عملکرد سازمان‌ها در دوره‌های مشخص زمانی است که شاخص‌ها و معیارهای این ارزیابی از قبل برای آنها به شفافیت بیان شده باشد. بررسی دیدگاه‌های مختلف ارزیابی عملکرد نشان می‌دهد سیستم ارزیابی عملکرد باید متناسب پیشرفت و توسعه سازمان‌ها باشد و ابعاد گوناگون توسعه فناوری، رقابت‌های درون و برون سازمانی، جایگاه خدمات و کالاها در میان مشتریان و رقبا و غیره را مد نظر قرار دهد [۱۲].

ارزیابی عملکرد مناسب موجب انگیزش کارکنان در جهت رفتار مناسب شده و جزء اصلی تدوین و اجرای سیاست سازمان است. ارزیابی عملکرد می‌تواند بازخوردهای مورد نیاز سازمان در زمینه‌های زیر را فراهم کند:

- بررسی میزان دستیابی به اهداف سازمانی؛ معین می‌کند که آیا سیاست‌های تدوین شده موفقیت آمیز بوده‌اند یا خیر.
- با بررسی رضایت کارکنان و مشتریان و میزان نتایج مورد انتظار سازمان؛ میزان صحیح بودن سیاست-های سازمانی مشخص می‌شود.
- ارزیابی عملکرد می‌تواند با شناسایی فرصت‌ها و کمبودهای سازمان زمینه‌های مورد توجه مدیران را مشخص کند [۵].

فرآیند ارزیابی عملکرد فارغ از مدلی که برای آن در نظر می‌گیریم دارای فعالیت‌هایی منظم و با ترتیب منطقی است. در اولین مرحله از این فرآیند شاخص‌ها و واحدهای اندازه‌گیری معین می‌شود. شاخص‌ها مسیر سازمان در دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده را مشخص می‌کنند. در تدوین شاخص‌ها چشم‌انداز، ماموریت، اهداف کلان، استراتژی‌ها و برنامه‌های عملیاتی مد نظر قرار می‌گیرند. برای تدوین شاخص‌ها از منابع گوناگون از جمله قوانین و مقررات، دستورالعملهای داخلی و مصوبات استفاده می‌شود. سازمان‌ها باید شاخص‌هایی را انتخاب کنند که جامع ، قابل اندازه‌گیری، واقع‌گرایانه و دارای چارچوب زمانی بوده و بانک اطاعاتی آن موجود باشد [۱]. اغلب، وزن و اهمیت شاخص‌ها یکسان نبوده، بنابراین در مرحله بعد وزن شاخص‌ها معین می‌شود. مرحله سوم شامل تعیین استاندارد برای شاخص‌ها و تعیین میزان مطلوب آنها برای سازمان است. ابلاغ شاخص‌ها به ارزیابی شونده، سنجش و اندازه‌گیری عملکرد مطلوب با استانداردهای مورد انتظار و تحلیل یافته‌ها در مراحل بعدی یک فرآیند ارزیابی عملکرد جای می‌گیرند. نمودار ۱مراحل ارزیابی عملکرد در سازمان را نشان می‌دهد.



نمودار ۱. مراحل ارزیابی عملکرد

تحلیل پوششی داده‌ها و چالش قدرت تفکیک‌پذیری

تحلیل پوششی داده از جمله روش‌های ناپارامتری موجود در مباحث تحقیق در عملیات است. تحلیل پوششی داده‌ها برگرفته از برنامه‌ریزی ریاضی است. به وسیله آن کارایی واحدهای تحت بررسی مورد سنجش قرار می‌گیرد. این روش هیچگونه پیش فرضی از تابع تولید را در نظر نمی‌گیرد. با حل مدل‌های ریاضی و استناد بر ورودی‌ها و خروجی‌های واحدهای تحت بررسی کارایی آنها را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. واحدهای تصمیم‌گیر مستقل هستند و با ورودی‌های یکسان خروجی یکسانی را تولید می‌کنند. یکی از بایدها در این مسائل لزوم همگونی ورودی‌ها و خروجی‌هاست. لذا مرزی بدست می‌آید که مرز کارا نام دارد. واحدهای کارا روی مرز قرار گرفته و دیگر واحدهایی که روی مرز قرار نمی‌گیرند ناکارا هستند[۶]. واحدهای تصمیم‌گیر دریافت کننده ورودی‌ها و تولید کننده خروجی‌ها هستند. هر واحد مدیران مختص خود را دارد که به طور مستقل در خصوص واحد خود تصمیم‌گیری می‌کنند. بر این اساس آنها را واحدهای تصمیم‌گیر می‌نامند.

واحدهای تصمیم‌گیر باید شرایط مقایسه را داشته باشند. از این‌رو آنها را واحدهای همگن می‌نامند. از دیگر شرایط در نظر گرفته شده برای واحدهای تصمیم تعداد آنها در مقایسه با تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها است. اگر تعداد واحدهای تصمیم حداقل از سه برابر مجموع ورودی‌ها و خروجی‌ها بیشتر نباشد نتایج معتبر نیستند [۸]. مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها را می‌توان به دو گونه CCR[۱] (بازده نسبت به مقیاس ثابت) وBCC[۲] (بازده نسبت به مقیاس متغیر) دسته‌بندی نمود. اگر n واحد تصمیم‌گیر با m ورودی و s خروجی داشته باشیم مدل بازده نسبت به مقیاس ثابت و متغیر برای اندازه‌گیری کارایی DMU ها به ترتیب به شرح روابط ۱ و ۲ ارائه شده‌اند:

$$Max \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r.}}{\sum_{i=1}^{m} v_l x_{i.}} \qquad Max \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r.} + \omega}{\sum_{i=1}^{m} v_l x_{i.}}$$

۱ Charnes, Cooper, Rhodes (CCR)
۲ Banker,Charnes, Cooper (BCC)

$$St: \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0 \quad (۱)$$
$$for\ j = 1,2,\dots,n$$
$$u_r, v_i \ge 0$$

$$St: \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} + \omega \le 0 \quad (۲)$$
$$for\ j = 1,2,\dots,n$$
$$u_r, v_i \ge 0 \quad \omega \text{ نامقید}$$

y_{rj} میزان خروجی r ام برای واحد j ام ؛ x_{ij} مقدار ورودی i ام برای واحد j ام؛ u_r وزن خروجی r ام؛ v_i وزن ورودی i ام ؛ n تعداد واحدهای تصمیم؛ s تعداد خروجی‌ها و m تعداد ورودی‌ها می‌باشد.

با توجه به تعداد DMUها مدل تحلیل پوششی اجرا و مقادیر واحد تصمیم‌گیر محاسبه می‌شود. مقادیر محاسبه شده بازه بین صفر تا یک را به خود اختصاص می‌دهند. در صورتی که واحد مورد مطالعه مقدار یک را به خود اختصاص دهد کارا و در غیر این صورت ناکارا نامیده می‌شود.

مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها ضعف‌هایی نیز دارد. تلاش برای ارائه رویکرد جدید در این خصوص کماکان ادامه دارد. همانطور که اشاره شد یکی از ضعف‌ها مربوط به تعداد واحدهای تصمیم‌گیر در مقابل تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌باشد [۲۶]. با افزایش تعداد متغیرهای ورودی و خروجی فضای حل مسئله برای آن بیشتر می‌شود در نتیجه کاهش قدرت تمایز را به همراه خواهد داشت [۳۶]. تعداد زیاد متغیرهای ورودی و خروجی باعث می‌شود بعضی از ورودی‌ها و خروجی‌ها مقادیر صفر به خود بگیرند. بنابراین بعضی از متغیرها در برآورد ارزیابی جهت دستیابی به رتبه‌بندی نهایی، مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. در مقابل، توزیع وزنی غیر واقعی در تحلیل پوششی داده‌ها، زمانی که واحدهای تصمیم‌گیری به خاطر وزن‌های بیش از حد بالا در یک خروجی واحد و یا وزن‌های بیش از حد پایین در ورودی واحد به عنوان واحد کارا رتبه‌بندی می‌شوند نیز رخ می‌دهد. روش‌های متعددی از جمله روش منطقه تضمین[۱] و روش پوشش نسبی مخروطی[۲] به عنوان استراتژی‌های توزیع وزن‌های غیرواقعی مد نظر قرار گرفته است. نظر به کاستی‌های روش‌های پیشنهادی مدل‌های سوپر کارایی[۳] و کارایی متقاطع[۴] و مدل‌های تلفیقی تصمیم‌گیری چند معیاره با مدل‌های تحلیل پوششی توسعه یافتند.

گروهی دیگر از روش‌ها که با اهداف پژوهش حاضر همراستا هستند به تمرکز روی کاهش متغیرهای ورودی و خروجی برای بهبود قدرت تفکیک‌پذیری پرداخته‌اند. روش‌های گوناگونی در این خصوص پیشنهاد شده اما پژوهشگران در خصوص بهترین روش اتفاق نظر ندارند [۳۸]. در ساده‌ترین صورت از آزمون قضاوتی استفاده می‌شود. در این خصوص با نظرخواهی از خبرگان متغیرهایی که دارای بیشترین اطلاعات برای دستیابی به اهداف تحلیل پوششی داده‌ها هستند مشخص و مورد استفاده قرار می‌گیرند. از روش‌های مرسوم در این خصوص می‌توان به دلفی و تحلیل سلسله‌مراتبی داده‌ها اشاره کرد. برای نمونه در پژوهش لیو [۲۷] غربالگری شاخص‌ها در دستور کار قرار گرفت. برای این منظور استفاده از روش دلفی و تحلیل سلسله‌مراتبی داده‌ها برای به دست آورن اهمیت شاخص‌های ورودی و تعیین میانگین‌های وزنی نظرات خبرگان برای شاخص‌ها پیشنهاد شد. حسینی عراقی و همکاران [۱۸] با استفاده از تکنیک تعیین رجحان ترتیبی با تشابه به پاسخ ایده‌آل به وزن‌دهی شاخص‌های ورودی و خروجی تحلیل پوششی و انتخاب شاخص‌های مهم با استناد بر نتایج آن پرداختند. عادل آذر و همکاران [۴] از سناریوهایی چون میانگین ساده و میانگین موزون با اتکا به تحلیل سلسله‌مراتبی برای ادغام شاخص‌های ورودی به تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نمودند. آنها به این طریق قدرت تفکیک‌پذیری

---

۱ Assurance Region
۲ Cone ratio method
۳ Super-efficiency
۴ Cross Efficiency

واحدهای تصمیم را بهبود دادند. صفری و همکاران [۳۶] با اتکا به روش سوآرا (SWARA)[۱] به غربالگری شاخص‌ها و تعیین اوزان پرداختند.

روش رگرسیون و همبستگی از دیگر روش‌هایی است که در خصوص کاهش متغیرها استفاده می‌شود. برخی از متغیرهایی که در مدل ارزیابی عملکرد استفاده می‌شوند ممکن است دارای همبستگی بالایی باشند. لذا باید برای تحلیل کنار گذاشته شده و از متغیرهایی با حداقل همبستگی استفاده شود. در این خصوص شفیعا و همکاران [۳۹] در پژوهشی برای انتخاب تأمین‌کننده به شناسایی ریسک‌های متعدد پرداخته و سپس برای کاهش تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها و گروه‌بندی انواع ریسک‌ها از تحلیل عاملی استفاده نمودند. همچنین جهانشاهلو و همکاران برای وزن‌دهی به شاخص‌های ورودی تحلیل پوششی از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده کردند [۲۰]. الفت و همکاران [۴۲] جهت ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین با تحلیلی پوششی داده برای دسته‌بندی و کاهش ورودی و خروجی‌ها از تحلیل عاملی تاییدی استفاده نمودند. از طرفی از نظرات خبرگان برای وزن‌دهی شاخص‌ها و سازه‌ها استفاده کردند [۲۴].

روش دیگر استفاده از ماتریس کواریانس جزئی برای حذف متغیرهای با همبستگی بالا است. در این خصوص به جای استفاده از ورودی و خروجی‌های شناسایی شده، تحلیل پوششی داده‌ها از تجزیه به مولفه‌های اصلی[۲] کمک گرفته و مولفه‌های شناسایی شده را به جای ورودی و خروجی‌های اولیه به مدل وارد می‌کنند[۴۶].

زو و همکاران تجزیه به مولفه‌های اصلی را برای ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار دادند. در ادامه آدلر و گلانی و برخی دیگر به جای استفاده از ورودی و خروجی‌های اصلی به تحلیل پوششی داده‌ها از روش PCA استفاده کردند [۴۱]. هینوجنس و همکاران [۱۷] از ماتریس کواریانس جزئی برای حذف متغیرهایی که با همبستگی زیاد در تحلیل پوشش داده‌ها استفاده کردند. ژو و هونگ از تحلیل سلسله‌مراتبی برای بدست آورن اوزان اولیه شاخص‌ها استفاده نمودند. سپس وزن‌های اولیه را با وزن‌های PCA ترکیب و توسط DEA رتبه‌بندی کردند. امیری و همکاران [۴۲] با هدف بهبود نتایج تحلیل پوششی داده‌ها، از رویکرد تجزیه به مولفه‌های اصلی و وزن‌های مشترک استفاده نمودند. در انتها، از برنامه‌ریزی چند هدفه مین- ماکس برای پیدا کردن وزن‌های مشترک استفاده نمودند.

در مقابل روش‌های مبتنی بر ماتریس همبستگی روش‌های دیگری وجود دارد که اثر حذف یا اضافه شدن متغیر بر کارایی را مد نظر قرار می‌دهد. برای این منظور از آزمون آماری بنکر استفاده می‌شود. اگر تغییرات کارایی بر اثر متغیر خاصی معنادار باشد آنگاه در خصوص استفاده آن در مدل تصمیم‌گیری می‌شود [۱]. در ادامه روش‌های دیگری مانند تحلیل تشخیصی[۳] برای این منظور استفاده شد. در این خصوص پژوهشگرانی چون [۴۰و۴۶،۲۹] به این موضوع پرداختند. در داخل کشور نیز رمضانیان و همکاران [۳۵] روشی برای تعیین متغیرهای ورودی و خروجی بر اساس آنالیز تشخیص طراحی نمودند.

سیستم استنتاج فازی

استفاده از منطق فازی انعطاف‌پذیری بالایی در مسائل تصمیم‌گیری به همراه دارد. به کمک این منطق می‌توان از متغیرهای زبانی غیر دقیق استفاده و این توصیفات را به مدل تبدیل کرد [۲۸]. سیستم‌های استنتاج فازی نیز بر مبنای مفاهیم نظریه فازی ارائه شده است. سیستم استنتاج فازی می‌تواند قدرت تصمیم‌گیری را در شرایط عدم قطعیت بهبود دهد و جواب‌های مطمئن تری را ارائه نماید [۲۷]. موتور استنتاج فازی قلب سیستم استنتاج فازی است. این موتور قاعده‌های فازی تدوین شده را با یک نگاشت از ورودی‌های فازی به مجموعه‌ای از

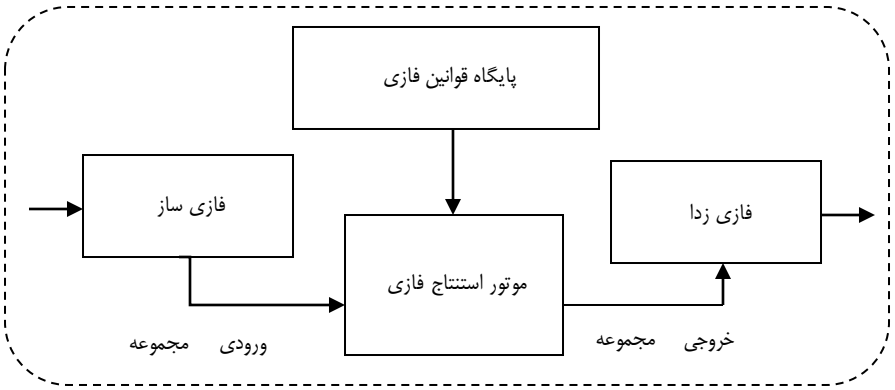
---

۱ Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis

۲ Principal Component Analysis (PCA)

۳ Discriminant Analysis

خروجی‌های فازی تبدیل می‌کند. غالباً ورودی و خروجی‌های سیستم استنتاج فازی مقادیری قطعی هستند. لذا واسطه‌هایی بین موتور استنتاج و داده‌های کسب شده از محیط قرار می‌گیرد. نمودار ۲ تصویر سیستم استنتاج فازی را نشان می‌دهد.



نمودار ۲. چارچوب سیستم استنتاج فازی [1]

دو نوع از سیستم‌های استنتاج فازی معروف ممدانی و سوگنو نام دارد. در ادامه گام‌های روش ممدانی که مورد استفاده در پژوهش حاضر است، شرح داده شده می‌شود:

- گام اول: شناسایی شاخص‌ها و جمع‌آوری اطلاعات برای مدلسازی؛
- گام دوم: تبدیل شاخص‌های کیفی به کمّی و تعیین اعداد فازی برای داده‌های موجود؛
- گام سوم: مشخص نمودن میزان عضویت برای داده‌ها به اتکاء تابع عضویت هر شاخ؛
- گام چهارم: تدوین پایگاه قوانین فازی برای شاخص‌های پایگاه قوانین. این قوانین بر مبنای گزاره-های«اگر-آنگاه» هستند که بر اساس نظر خبرگان بین شاخص‌ها طراحی می‌شوند؛
- گام پنجم: استفاده از استنتاج ممدانی برای تحلیل داده.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی- توسعه‌ای و از حیث روش در زمره پژوهش‌های توصیفی- تبیینی جای دارد. زیرا علاوه بر شناخت وضعیت فعلی به تبیین مدل ارزیابی عملکرد و شناخت روابط بین شاخص‌ها می‌پردازد. از طرفی پژوهش از استراتژی‌های پیمایشی استفاده نموده است. در ادامه گام‌های طراحی مدل تشریح شده و در هرمرحله جامعه آماری،روش نمونه‌گیری و ابزار جمع‌آوری اطلاعات تشریح می‌شود.

طراحی مدل بر چهار گام استوار است. گام اول شامل شناسایی و پالایش شاخص‌های ورودی و خروجی مناسب ارزیابی عملکرد موسسات آموزش عالی (مورد مطالعه) است. در گام دوم با اتکاء به شاخص‌های شناسایی شده سازه‌های مکنون ورودی و خروجی احصاء می‌گردند. در گام سوم مقادیر سازه‌های مکنون با اتکاء به سیستم استنتاج فازی محاسبه می‌شود. نهایتاً در گام چهارم عملکرد واحدهای تصمیم مورد مطالعه مشخص و قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر با دو رویکرد مرسوم ادغام شاخص‌ها شامل میانگین‌گیری و استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی داده‌ها برای ادغام شاخص‌ها مقایسه می‌شود. نمودار ۳ مراحل اجرای مدل طراحی شده را نشان می‌دهد.

گام ۱ **(شناسایی شاخص‌های ورودی- خروجی)**	•۱-۱) شناسایی شاخص‌ها ارزیابی عملکرد موسسات آموزش عالی •۱-۲) پالایش شاخص‌ها بر اساس نظر خبرگان
گام ۲ **(شناسایی سازه‌های ورودی خروجی توسط FA)**	•۲-۱) تعیین بار عاملی شاخص‌های مرتبط با هر سازه •۲-۲) بررسی برازش مدل‌های اندازه گیری
گام ۳ **(محاسبه مقادیر سازه‌ها توسط FIS)**	•۳-۱) فازی سازی ورودی‌ها به سیستم استنتاج فازی •۳-۲) تشکیل پایگاه قوانین؛ موتور استنتاج •۳-۳) فازی زدایی خروجی‌های سیستم استنتاج فازی
گام ٤ **(ارزیابی عملکرد توسط مدل تلفیقی DEA)**	•۴-۱) ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم توسط مدل پیشنهادی •۴-۲) بررسی قدرت تفکیک پذیری مدل با سایر مدل‌های کلاسیک

نمودار ۳. مراحل اجرای مدل تلفیقی ارزیابی عملکرد

گام اول)شناسایی شاخص‌های ورودی-خروجی مناسب ارزیابی عملکرد موسسات آموزش عالی

مرحله ۱-۱) شناسایی شاخص‌ها

شناسایی شاخص‌های ارزیابی عملکرد دانشگاه و موسسات آموزش عالی به استناد اسناد بالادستی وزارت علوم تحقیقات و فناوری، شورای عالی انقلاب فرهنگی و مطالعه پیشینه داخلی و خارجی انجام شد. از جمله مستندات در این خصوص مصوبات شورای عالی انقلاب فرهنگی در جلسه ۵۵۰ مورخ ۱۳۸۳/۸/۲۶ می باشد. شاخص‌های ارزیابی عملکرد در این مصوبه شامل حوزه‌های آموزش، پژوهش، دانشجویی، اعتبارات و امکانات است. با توجه به ادبیات بررسی شده شاخص‌های ارزیابی عملکرد دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی با در نظر گرفتن ماهیت ورودی و خروجی برای تحلیل پوششی داده‌ها به شرح زیر است:

- شاخص‌ها (ماهیت ورودی): میزان بودجه آموزشی و پژوهشی دانشگاه؛ تعداد دانشجویان ورودی کاردانی،کارشناسی و کارشناسی ارشد؛ تعداد هیات علمی جذب شده؛ تعداد پست‌های اجرایی؛ تعداد منابع کتابخانه؛ تعداد تجهیزات رایانه‌ای موجود؛ میزان تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی؛ تعداد دوره‌های آموزشی برگزار شده بهبود توانمندی کارکنان؛ تعداد کارگاه‌های برگزار شده آموزشی اعضاء هیات علمی؛ تعداد اعضای هیات علمی فرستاده شده به فرصت مطالعاتی؛ تعداد بانک‌های اطلاعات علمی رایگان در دسترس دانشجویان؛ تعداد فعالیت‌های اداری و دانشجویی در دسترس از طریق سامانه‌های فناوری اطلاعات؛ میزان دسترسی فضای مجازی موجود جهت آموزش الکترونیک در طول ترم [۱،۲،۵].
- شاخص‌ها (ماهیت خروجی): تعداد فارغ التحصیل کاردانی، کارشناسی و کارشناسی ارشد؛ درصد قبولی در مقاطع تحصیلات تکمیلی؛ تعداد مقالات چاپ شده ISI، علمی پژوهشی و همایش‌ها؛ تعداد طرح‌های تحقیقاتی با دیگر دانشگاه‌ها و صنعت؛ تعداد مقالات داوری شده؛ تعداد هیات علمی ارتقاء یافته؛ میزان ثبت اختراع؛ میانگین نمره ارزشیابی کارکنان؛ میانگین نمره ارزشیابی اساتید تعداد کنفراس‌های علمی برگزار شده؛ تعداد مقالات چاپ شده اعضاء هیات علمی؛ تعداد کتب اعضای هیات علمی؛ تعداد پایان نامه‌های دفاع شده؛ تعداد انجمن علمی‌های مصوب [۱،۲،۵].

مرحله ۱-۲) پالایش شاخص‌ها

یکی از چالش‌های ارزیابی موسسات آموزش عالی، عدم توجه به تفاوت آنها و دیدگاه مدیرانی است که در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی مشغول به فعالیت هستند. پژوهش‌ها نشان داده است اهمیت شاخص‌های

ارزیابی عملکرد بر اساس نظرات این مدیران متفاوتند. این تفاوت‌ها می‌تواند به دلیل ماهیت سرمایه‌گذاری (خصوصی، دولتی)؛ تامین فضا و امکانات و همچنین کیفیت علمی و تحصیلی دانشجویان ورودی به آنها باشد [۵]. بنابراین تعیین شاخص‌های مناسب برای ارزیابی عملکرد موسسات آموزش عالی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. محقق برای پالایش شاخص‌های شناسایی شده مرحله قبل از خبرگان موسسات آموزش عالی کمک گرفتند. موسسات آموزش عالی مورد مطالعه در شهر سمنان مستقر هستند. بنابراین از خبرگان آنها به همراه خبرگان دانشگاه مادر سرپرستی کننده این موسسات (سابقه کاری بالای ۵ سال و داشتن سمت اجرایی مرتبط) به عنوان جامعه آماری استفاده شد. از بین این افراد ۵۷ نفر مستند به فرمول کوکران به عنوان نمونه آماری انتخاب شدند. برای استفاده از نظر این افراد پرسشنامه محقق ساخته (الف) برگفته از شاخص‌های احصاء شده از ادبیات در غالب طیف لیکرت در اختیار آنها قرار گرفت تا نظر خود را در خصوص متناسب بودن هر یک از شاخص‌های یافت شده از ادبیات با ماهیت این نوع موسسات بیان نمایند. برای اطمینان از روایی، پرسشنامه بین تنی چند از خبرگان توزیع و پس از ابهام زدایی و اطمینان از روایی محتوا، در بین نمونه آماری توزیع گردید.
ضرایب پایایی محاسبه شده از روش آلفای کرونباخ برای پرسشنامه (الف) برای کل شاخص‌ها ۰/۸۵ از حد تعریف شده (۰/۷) بیشتر بوده و رضایت بخش است.

گام دوم) شناسایی سازه‌های ورودی و خروجی به اتکاء تحلیل عاملی

مرحله۲-۱) تعیین بارعاملی شاخص‌های مرتبط با هر سازه

تعداد زیاد شاخص‌های ورودی و خروجی، مدل تحلیل پوششی داده‌ها را با مشکل کاهش قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر مواجه می‌کند. بنابراین در این مرحله به کمک تحلیل عاملی تاییدی سازه‌های مناسب ورودی و خروجی شناسایی و بار عاملی شاخص‌های هر عامل مشخص شد. برای دستیابی به سازه‌های ذکر شده پرسشنامه (ب) مشتمل بر شاخص‌های نهایی شده گام قبل طراحی و در اختیار خبرگان ذکر شده قرار گرفت. در خصوص روایی ابزار سنجش در این مورد از روایی سازه تجربی استفاده می‌شود. همچنین پایایی کل پرسشنامه ۰/۸۳ محاسبه شد که با توجه به حد آستانه ۰/۷ مورد پذیرش است.

مرحله۲-۲) بررسی برازش مدل‌های اندازه‌گیری

برازش مدل روشی برای سنجش میزان سازگاری یک الگوی نظری (تئوریک) با یک الگوی تجربی است [۵]. در این پژوهش شاخص‌های مطلقی چون NFI و AGFI همراه با RMSEA استفاده خواهد شد.

گام سوم) محاسبه مقادیر سازه‌ها توسط سیستم استنتاج فازی(FIS)

اکنون شاخص‌های مناسب ارزیابی عملکرد و سازه‌های مکنون ورودی و خروجی به مدل تحلیل پوششی داده‌ها شناسایی شدند. برای محاسبه مقادیر سازه‌ها که از این پس ورودی‌ها و خروجی‌های DEA محسوب می‌شوند، از سیستم استنتاج فازی ممدانی استفاده شد. سیستم ممدانی می‌تواند با استفاده از مجموعه‌های فازی و منطق فازی مجموعه کاملاً غیر ساختاری از تجربه‌های زبانی را به یک الگوریتم تبدیل کند. مکانیزم استنتاج، بر اساس شناخت متغیرهای ورودی و قواعد ارائه شده خروجی، مدل فازی را تولید می‌کند. طراحی سیستم خبره فازی مورد نظر از مراحل زیر تشکیل شده است:

مرحله ۳-۱) فازی‌سازی

نخستین مرحله پردازش سیستم خبره فازی، فازی‌سازی ورودی‌های سیستم است. در مرحله فازی‌سازی معین می‌شود که درجه عضویت هر ورودی که در دامنه مجموعه فازی قرار دارد، در تابع عضویت متناظر آن چقدر است [۵]. شاخص‌های سازه‌ها به عنوان ورودی سیستم استنتاج فازی در نظر گرفته شده و خروجی آن نیز مقدار سازه‌ای است که شاخص‌ها آن را تبیین نموده‌اند. برای تبدیل متغیرهای زبانی به فازی و تعیین درجه عضویت‌ها با مجموعه‌های فازی بر اساس نظر خبرگان سه سطح برای ورودی‌های سیستم استنتاج فازی انتخاب

شده است. برای تدوین توابع عضویت مجموعه‌های فازی میزان هر یک از شاخص‌ها از بانک اطلاعاتی موسسات آموزش عالی مورد مطالعه احصاء و کمترین و بیشترین مقدار هر شاخص برای ساخت مجموعه فازی مثلثی به شرح تابع عضویت زیر به کار گرفته شد.

طیف شاخص=[Min-Max] $center = \frac{Min+Max}{2}$

روابط زیر ورودی‌ها را به یک تابع عضویت[۱] به سه مقدار فازی پایین[۲]،متوسط[۳] و بالا[۴] تبدیل می‌کند.

رابطه ۱

$$\mu_L = \begin{cases} 1 & x < min \\ \frac{center - x}{center - min} & min \le x \le center \\ 0 & x > center \end{cases}$$

رابطه ۲

$$\mu_M \begin{cases} 0 & x < min \\ \frac{x - min}{center - min} & inf \le x \le center \\ \frac{max - x}{max - center} & center \le x \le max \\ 0 & x > max \end{cases}$$

رابطه ۳

$$\mu_H = \begin{cases} 0 & x < center \\ \frac{x - center}{max - center} & min \le x \le center \\ 1 & x > max \end{cases}$$

در ادامه به بررسی خروجی سیستم استنتاج فازی و متغیرهای کلامی مناسب آن می پردازیم. برای بیان مقادیر سازه‌ها از متغیرهای زبانی استفاده شد. با استناد به نظر خبرگان موسسات اموزش عالی مورد مطالعه سه مجموعه فازی برای خروجی سیستم استنتاج فازی تشکیل شد. نتایج به شرح جدول ۱ گزارش می‌گردد.

جدول ۱. مقادیر کلامی سازه‌های ورودی و خروجی DEA (خروجی سیستم ممدانی)

معادل فارسی	نماد استفاده شده	اعداد فازی		
زیاد	L	(۰	۰	۰/۵۰)
متوسط	M	(۰	۰/۵۰	۱)
کم	H	(۰/۵۰	۱	۱)

مرحله ۳-۲) قوانین استنتاج فازی

برای محاسبه خروجی‌ها قوانین تعریف می‌شوند. این قوانین که به شکل "IF…THEN…" تعریف می‌شوند، شاخص‌های ورودی سیستم استنتاج فازی را به خروجی وصل می‌کنند. قوانین طوری تدوین می‌شوند تا سیستم را با استفاده از متغیرهای کلامی به جای فرمول‌های ریاضی توصیف نمایند. بخش IF به عنوان پیشین و

۱ Membership Function
۲ Low
۳ Moderate
۴ High

بخش THEN به عنوان نتیجه معرفی می‌شوند [۵]. در استنتاج فازی ممدانی قوانین به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$R_i: IF\ X\ is\ A_i\ and\ Y\ is\ B_i\ and\ \dots\ THEN\ Z\ is\ C_i\ and\ \dots \quad i = 1,2,\dots,n$$

که X وY و... ورودی‌های سیستم و Z و... خروجی‌های آن هستند. همچنین استلزام قواعد بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\alpha_i = min\left(\mu_{Ai}(x_0), \mu_{Bi}(x_0)\right)$$

بنابراین در استلزام مینیمم (استلزام ممدانی) عملگرد AND به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$\mu_{ci}(w) = \mu_{(A_i\ and\ B_i)} \longrightarrow c_i(x_0, y_0, w), \forall\ w \epsilon W \qquad Min\left(\mu_{A_i\ and\ B_i}(x_0, y_0), \mu_{ci}(w)\right)$$

در گام تجمیع برای محاسبه خروجی، زیر مجموعه‌های فازی با یکدیگر ترکیب می‌شوند. در نتیجه برای هر خروجی زیر مجموعه فازی تشکیل می‌شود. بنابراین هدف جمع همه خروجی قاعده‌ها برای تشکیل خروجی کل سیستم است. بنابراین عملگر Max به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\mu_{c^*}(w) = Max\left(\mu_{c_1'}(w), \mu_{c_2'}(w), \dots, \mu_{c_n'}(w)\right)$$

مرحله ۳-۳) فازی‌زدایی

پس از محاسبه خروجی‌های فازی مقادیر برای استفاده هرچه ساده‌تر به اعداد قطعی تبدیل می‌شوند. این عمل را فازی‌زدایی گویند[۵]. روش‌های متنوعی برای فازی‌زدایی وجود دارد. در این پژوهش روش مرکز ثقل[1] برای فازی‌زدایی استفاده شد.

گام چهارم) ارزیابی عملکرد و قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر توسط مدل تلفیقی DEA

پس از ادغام شاخص‌ها و محاسبه مقادیر سازه‌های ورودی و خروجی حال نوبت به بررسی عملکرد واحدهای تصمیم مورد مطالعه توسط مدل ریاضی تحلیل پوشش داده‌ها می‌رسد. در این پژوهش هجده موسسه آموزش عالی و علمی کاربردی استان سمنان (موسسه آموزش عالی کومش، فضیلت، رشد دانش، ادیبان، شیخ علاالدله، مولوی، آریا، برآیند و علمی کاربردی، شهرداری، پالند صاف ،نیروی انتظامی، هلال احمر، دادگستری، جهاد دانشگاهی، جهاد کشاورزی، مون گارشو، غرب استیل، کلران) برای ارزیابی عملکرد انتخاب شدند. مدل پژوهش حاضر CCR خروجی محور است. علت استفاده خروجی محور این است که به دانشگاه‌ها مقادیر ثابتی از منابع، بودجه و دانشجو داده می‌شود و خروجی تا حد امکان از آنها خواسته می‌شود. از این رو دانشگاه‌ها در تعیین میزان ورودی‌های خود نقش چندانی ندارند. ولی خروجی‌هایشان به فعالیت‌ها و نحوه تخصیص منابع به بخش های مختلف بستگی دارد. از این رو مدل‌های خروجی محور مناسب‌تر است.

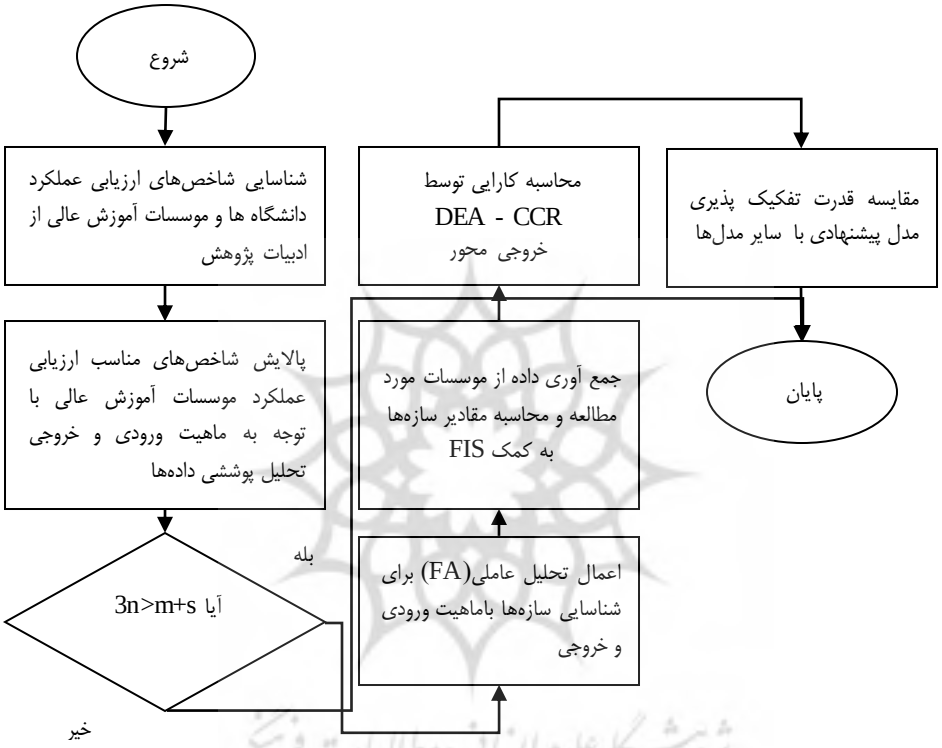
1 Centroid

$$Min\ z_p = \sum_{r=1}^{s} v_i x_{ip}$$

$$S.t \begin{cases} \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rp} = 1 \\ \sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0 \quad j = 1, \dots, n \end{cases}$$

$$v_i \ge 0\ , u_r \ge 0 \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m$$

در نمودار ۴ الگوریتم حل مدل تلفیقی پیشنهادی ارائه شده است.



نمودار ۴. الگوریتم حل مدل پیشنهادی

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌ها

گام اول شامل شناسایی شاخص‌های ورودی- خروجی مناسب ارزیابی عملکرد موسسات آموزش عالی است. برای این منظور شاخص‌های شناسایی شده در ادبیات بر اساس نظر خبرگان و با استناد به آزمون تی مورد بررسی قرار گرفتند که نتایج به شرح جدول ۲ گزارش می‌شود.

جدول ۲. شاخص‌های ورودی-خروجی مناسب ارزیابی عملکرد موسسات آموزش عالی

ماهیت شاخص	شاخص‌ها	حد بالا	حد پایین	Sig	وضعیت
ورودی	۱- تعداد ورودی کاردانی	۱/۱۷	۰/۶۸	۰/۰۰۰	مناسب
	۲- تعداد ورودی کارشناسی	۰/۹۶	۰/۳۸	۰/۰۰۰	مناسب
	۳- تعداد ورودی کارشناسی ارشد	۲/۱۵	۰/۸۹	۰/۰۰۰	مناسب
	۴- تعداد دوره‌های برگزار شده برای توانمندسازی کارکنان	۰/۹۶	۰/۴۵	۰/۰۰۰	مناسب

ماهیت شاخص	شاخص‌ها	حد بالا	حد پایین	Sig	وضعیت
	۵- تعداد کارگاه‌های برگزار شده آموزشی اعضاء هیات علمی	۱/۰۹	۰/۵۶	۰/۰۰۰	مناسب
	۶-تعداد فعالیت‌های اداری و دانشجویی در دسترس از طریق IT	۰/۸۵	۰/۲۴	۰/۰۰۱	مناسب
	۷- تعداد گرایش‌های ارائه شده	۰/۷۴	۰/۱۰	۰/۰۱۰	مناسب
	۸- تعداد هیات علمی جذب شده	۱/۱۳	۰/۶۲	۰/۰۰۰	مناسب
	۹- تعداد منابع کتابخانه‌ای	۱/۳۴	۰/۸۳	۰/۰۰۰	مناسب
خروجی	۱۰- تعداد فارغ التحصیلان کاردانی و کارشناسی	۱/۰۳	۰/۴۵	۰/۰۰۰	مناسب
	۱۱- تعداد فارغ التحصیلان تحصیلات تکمیلی	۱/۱۲	۰/۵۷	۰/۰۰۰	مناسب
	۱۲- تعداد مقالات چاپ شده دانشجویان در همایش‌ها	۱/۲۴	۰/۶۶	۰/۰۰۰	مناسب
	۱۳- درآمدهای پژوهشی	۱/۳۳	۰/۸۲	۰/۰۰۰	مناسب
	۱۴- سایر درآمدها	۱/۲۰	۰/۶۲	۰/۰۰۰	مناسب
	۱۵-تعداد طرح ها با دیگر دانشگاه‌ها و صنعت	۱/۱۲	۰/۳۹	۰/۰۰۰	مناسب
	۱۶-تعداد هیأت علمی ارتقاء یافته	۱/۱۵	۰/۵۷	۰/۰۰۰	مناسب
	۱۷- میانگین نمره ارزشیابی کارکنان	۱/۰۵	۰/۳۶	۰/۰۰۰	مناسب

برای کاهش حجم مطالب از شاخص‌های نام برده شده در مرحله۱-۱ فقط شاخص‌های مناسب در جدول ۲ ذکر شد. گام دوم شامل شناسایی سازه‌های ورودی و خروجی به DEA است. برای این منظور شاخص‌های پالایش شده توسط تحلیل عاملی مرتبه اول عامل بندی و به شرح جدول ۳ گزارش می‌گردد.

جدول۳. تحلیل عاملی سازه‌های ورودی و خروجی

ورودی‌ها				خروجی‌ها			
گویه ها	سازه	بار عاملی	مقدار t	گویه ها	سازه	بار عاملی	مقدار t
Q_1	وضعیت پذیرش دانشجو	۰/۶۱	۲/۵۸	Q_{10}	وضعیت آموزشی و پژوهشی دانشجویان	۰/۵۵	۳/۶۵
Q_2		۰/۸۰	۳/۶۵	Q_{11}		۰/۹۱	۴/۲۳
Q_3		۰/۷۰	۳/۱۴	Q_{12}		۰/۹۱	۳/۱۲
Q_4	وضعیت رشد سرمایه انسانی (هیات علمی و کارکنان)	۰/۸۶	۲/۹۶	Q_{13}	وضعیت درامدهای دانشگاهی	۰/۸۴	۲/۱۳
Q_5		۰/۸۵	۲/۱۴	Q_{14}		۰/۷۲	۲/۸۵
Q_6		۰/۸۵	۲/۰۶				
Q_7	وضعیت زیرساخت	۰/۷۴	۲/۸۷	Q_{15}	وضعیت ارائه خدمات	۰/۷۲	۳/۹۶
Q_8		۰/۹۹	۴/۲۱	Q_{16}		۰/۸۱	۳/۰۱
Q_9		۰/۷۳	۳/۱۴	Q_{17}		۰/۸۴	۳/۳۳

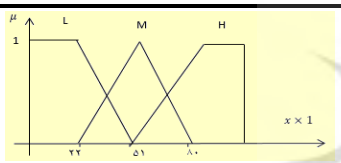
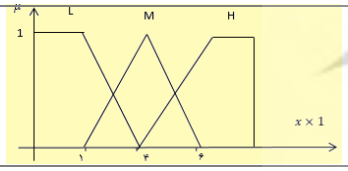
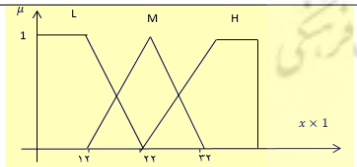
با توجه به اینکه مقادیر آماره t در تمامی موارد از ۱/۹۶ بیشتر است. لذا روابط مورد پذیرش و مدل‌ها نهایی تلقی می‌شوند. برای اطمینان از مدل و شناسایی تفاوت بین مقادیر مشاهده شده و مقادیر مورد انتظار در مدل از شاخص‌های نکویی برازش استفاده شد. از جمله شاخص کای دو نسبت به درجه آزادی معیار تناسب تطبیق و تعدیل با نمونه شناخته می‌شود که میزان کمتر از سه مطلوب می باشد. شاخص‌های برازندگی نرم NFI، و شاخص نکویی برازش تعدیل شده AGFI با داشتن مقادیر نزدیک به یک مطلوب ارزیابی می‌شوند. نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های برازش در جدول ۴ گزارش شده است.

جدول ۴. شاخص‌های نیکویی برازش مدل‌های اندازه‌گیری

سازه‌ها	RMSEA	AGFI	NFI	سازه‌ها	RMSEA	AGFI	NFI
وضعیت پذیرش دانشجویان	۰/۰۴۷	۰/۹۸	۰/۹۹	آموزشی و پژوهشی	۰/۰۳۲	۰/۹۸	۰/۹۵
وضعیت توسعه سرمایه انسانی	۰/۰۲۲	۰/۹۴	۰/۹۳	درآمدهای دانشگاه	۰/۰۴۴	۰/۹۶	۰/۹۴
وضعیت زیر ساخت ها	۰/۰۳۰	۰/۹۵	۰/۹۸	وضعیت ارائه خدمات	۰/۰۳۶	۰/۹۸	۰/۹۷

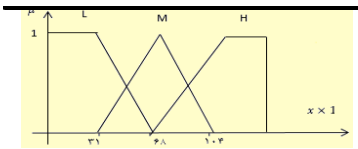
پس از شناسایی سازه‌ها وتأیید مدل‌های اندازه‌گیری در گام سوم نوبت به محاسبه مقادیر سازه‌ها می‌رسد. محقق در این خصوص از سیستم استنتاج فازی ممدانی کمک گرفته است. برای بازه‌های فازی متغیرهای کلامی کمترین (Min) و بیشترین (Max) مقدار هر شاخص مشخص و با استناد روابط تعریف شده تابع عضویت آنها معین گردید. به عنوان مثال در خصوص تعداد کارگاه‌های برگزار شده آموزش اعضای هیات علمی کمترین تعداد برگزاری دوره ۱ و بیشترین ۴ بوده است. بنابراین تابع عضویت برای متغیر کلامی کم عدد فازی (۲,۵-۱-۱) برای متغیر کلامی متوسط عدد فازی (۴-۲,۵-۱) و برای متغیر کلامی زیاد عدد فازی (۴-۴-۲,۵) در نظر گرفته شد.

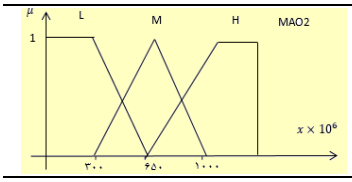
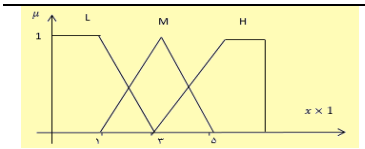
جدول ۵ . بازه فازی و برخی توابع عضویت شاخص‌های سازنده سازه‌های ورودی DEA

	متغیر کلامی	بازه فازی S-I1	بازه فازی S-I2	بازه فازی S-I3	توابع عضویت شاخص اول سازه‌ها
وضعیت پذیرش دانشجو	کم(L)	۲۲-۵۱	۳۱-۶۷	۵۴-۱۰۵	
	متوسط(M)	۲۲-۸۰	۳۱-۱۰۲	۵۴-۱۵۶	
	زیاد(H)	۵۱-۸۰	۶۷-۱۰۲	۱۰۵-۱۵۶	
		T-I1	T-I2	T-I3	
وضعیت توسعه سرمایه انسانی	کم(L)	۱-۴	۱-۳	۴-۸	
	متوسط(M)	۱-۶	۱-۴	۴-۱۲	
	زیاد(H)	۴-۶	۳-۴	۸-۱۲	
		B-I1	B-I2	B-I3	
وضعیت زیر ساخت ها	کم(L)	۱۲-۲۲	۴-۸	۳۰۰-۱۵۵۰	
	متوسط(M)	۱۲-۳۲	۴-۱۲	۳۰۰-۲۸۰۰	
	زیاد(H)	۲۲-۳۲	۸-۱۲	۱۵۵۰-۲۸۰۰	

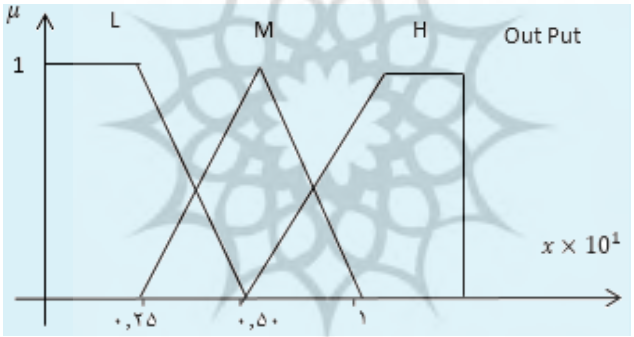
مستند به تحلیل عاملی تاییدی و مدل‌های اندازه‌گیری حاصله هر سازه ورودی متشکل از سه شاخص می‌باشد. در جدول ۵ مقادیر زبانی هر شاخص، بازه فازی آن متغیر زبانی و برخی از توابع عضویت به تصویر درآمده است.

جدول ۶ . بازه فازی و برخی توابع عضویت شاخص‌های سازنده سازه‌های خروجی DEA

	متغیر کلامی	بازه فازی E-O1	بازه فازی E-O2	بازه فازی E-O3	توابع عضویت شاخص اول سازه‌ها
وضعیت آموزشی و پژوهشی	کم(L)	۳۱-۶۸	۶۴-۱۱۷	۵-۱۰	
	متوسط(M)	۳۱-۱۰۴	۶۴-۱۷۰	۵-۱۴	
	زیاد(H)	۶۸-۱۰۴	۱۱۷-۱۷۰	۱۰-۱۴	

			R-O2	R-O1	
وضعیت درآمدهای دانشگاهی		کم(L)	۳۰←۶۵۰	۰–۲۵۰	
		متوسط(M)	۳۰←۱۰۰۰	۰–۵۰۰	
		زیاد(H)	۶۵←۱۰۰۰	۲۵۰–۵۰۰	
			Se-O3	Se-O2	Se-O1
وضعیت ارائه خدمات		کم(L)	۴–۸	۱–۳	۱–۴
		متوسط(M)	۴–۱۲	۱–۴	۱–۶
		زیاد(H)	۸–۱۲	۳–۴	۴–۶

همچنین جدول ۶ مقادیر زبانی هر شاخص، بازه فازی آن متغیر زبانی و برخی از توابع عضویت سازه‌های خروجی را نشان می‌دهد. در ادامه پس از مشخص شدن ورودی‌های سیستم استنتاج فازی (شاخص‌های سازنده سازه‌های ورودی و خروجی تحلیل پوششی داده‌ها) مقادیر هر سازه محاسبه شده که حکم خروجی سیستم استنتاج فازی را دارد. در این خصوص مقدار هر سازه با استناد به نظر خبرگان مقداری مابین ۰ و ۱ با تابع عضویت نمودار ۵ تعیین شد.



نمودار ۵ . تابع عضویت خروجی سیستم ممدانی(مقادیر سازه‌ها)

در ادامه قواعد با پنج نفر از خبرگان تدوین شد. وزن هر قانون متناسب با فراوانی نفرات در تدوین آن قانون تعیین شد. بنابراین چنانچه هر پنج نفر در خصوص قانونی اتفاق نظر داشته باشند وزن ۱ و چنانچه فقط یک نفر در این خصوص قانون را تدوین نموده باشد نمره ۰,۲ به آن اختصاص یافته است.

با توجه به سه شاخص معین شده برای هر سازه و سه متغیر کلامی در نظر گرفته شده برای آنها حداکثر قوانین قابل احصاء برای هر سازه (۳۳) است. یافته‌ها برای برخی قواعد تدوین شده به شرح جدول ۷ گزارش می‌گردد.

جدول ۷ . برخی قواعد تدوین شده برای سازه‌ها در پایگاه قواعد ممدانی

سازه	Rule		S-I1	S-I2	S-I3		مقدار سازه
وضعیت پذیرش دانشجو	قاعده۱	اگر	L	L	L	آنگاه	L
	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.
	قاعده۲۷	اگر	H	H	H	آنگاه	H
	.		.			.	.
	.		.			.	.
	.		.			.	.

	Rule		Se-O1	Se-O2	Se-O3		مقدار سازه
وضعیت ارائه خدمات	قاعده۱	اگر	L	L	L)	آنگاه	L
	.	.	.		.	.	.
	.	.	.		.	.	.
	.	.	.		.	.	.
	قاعده۲۷	اگر	H	H	H	آنگاه	H

در ادامه کار، داده‌های منتج از پایگاه اطلاعاتی موسسات آموزش عالی وارد سیستم استنتاج ممدانی شده و مقادیر سازه‌ها (خروجی استنتاج فازی) محاسبه شد. از این مقادیر در گام چهارم برای ارزیابی عملکرد موسسات آموزش عالی مورد مطالعه استفاده شد. نتایج به تفکیک ورودی و خروجی‌های DEA به شرح جدول ۸ گزارش می‌گردد.

جدول ۸ مقادیر سازه‌ها ؛ منتج از استنتاج فازی ممدانی

نام واحد	خروجی FIS					
	خروجی DEA			ورودی DEA		
	آموزشی پژوهشی	وضعیت درآمدها	وضعیت ارائه خدمات	پذیرش دانشجو	رشد و توسعه سرمایه انسانی	وضعیت زیرساخت
DMU1	۰/۵۹۹	۰/۴۲۲	۰/۴۱۱	۰/۶۰۲	۰/۶۵۹	۰/۶۴۵
DMU2	۰/۳۶۹	۰/۳۱۱	۰/۶۵۷	۰/۶۶۰	۰/۶۳۸	۰/۶۷۶
DMU3	۰/۸۶۹	۰/۳۸۱	۰/۸۷۴	۰/۵۲۳	۰/۶۲۵	۰/۶۶۵
DMU4	۰/۵۲۸	۰/۳۲۵	۰/۵۷۳	۰/۶۲۷	۰/۶۹۷	۰/۸۶۰
DMU5	۰/۶۲۵	۰/۶۶۶	۰/۴۷۲	۰/۶۲۵	۰/۴۷۳	۰/۸۵۶
DMU6	۰/۶۴۶	۰/۶۲۸	۰/۳۵۷	۰/۶۳۱	۰/۸۴۹	۰/۶۴۲
DMU7	۰/۶۲۳	۰/۶۳۲	۰/۷۵۰	۰/۵۳۶	۰/۷۲۶	۰/۶۷۸
DMU8	۰/۸۶۴	۰/۷۹۹	۰/۸۵۷	۰/۶۲۵	۰/۶۴۷	۰/۶۲۹
DMU9	۰/۴۰۱	۰/۲۸۴	۰/۴۷۲	۰/۴۸۲	۰/۶۴۷	۰/۶۵۳
DMU10	۰/۳۷۸	۰/۳۵۶	۰/۲۴۹	۰/۵۵۳	۰/۶۰۱	۰/۶۳۲
DMU11	۰/۵۰۳	۰/۷۱۸	۰/۸۷۶	۰/۶۲۷	۰/۵۴۱	۰/۵۴۶
DMU12	۰/۸۶۶	۰/۶۰۲	۰/۸۷۸	۰/۶۰۹	۰/۶۰۹	۰/۵۷۵
DMU13	۰/۸۵۸	۰/۶۱۹	۰/۸۷۰	۰/۶۶۲	۰/۲۶۶	۰/۶۱۱
DMU14	۰/۶۲۶	۰/۶۵۲	۰/۸۷۸	۰/۵۳۱	۰/۷۳۹	۰/۶۲۵
DMU15	۰/۴۴۳	۰/۳۰۲	۰/۲۴۹	۰/۸۳۹	۰/۶۵۴	۰/۶۲۸
DMU16	۰/۴۷۷	۰/۲۰۱	۰/۳۷۰	۰/۵۷۳	۰/۸۶۷	۰/۶۳۷
DMU17	۰/۶۴۶	۰/۲۸۳	۰/۳۵۷	۰/۶۳۳	۰/۷۰۷	۰/۸۷۱
DMU18	۰/۳۱۰	۰/۲۶۵	۰/۳۰۲	۰/۶۵۹	۰/۷۸۲	۰/۷۷۰

پس از اجرای مدل تحلیل پوششی داده‌های CCR خروجی محور نتایج کارایی موسسات آموزش عالی مورد مطالعه به شرح جدول ۹ محاسبه شده است.

جدول ۹ ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیر بامدل تلفیقی FIS/FA-DEA

واحد تصمیم‌گیر	کارایی	واحد تصمیم‌گیر	کارایی
DMU_1	۰/۶۷۴	DMU_{10}	۰/۵۰۴
DMU_2	۰/۶۶۵	DMU_{11}	۱
DMU_3	۱	DMU_{12}	۱
DMU_4	۰/۵۷۲	DMU_{13}	۱
DMU_5	۰/۹۴۵	DMU_{14}	۱
DMU_6	۰/۷۷۹	DMU_{15}	۰/۴۶۹
DMU_7	۰/۹۳۸	DMU_{16}	۰/۵۳۹
DMU_8	۱	DMU_{17}	۰/۶۲۸
DMU_9	۰/۵۹۱	DMU_{18}	۰/۳۳۲

در ادامه گام چهارم و بررسی ادعای بهبود قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم توسط مدل تلفیقی، نتایج مدل پژوهش با روش کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها و روش‌های مرسوم ادغام شاخص‌ها از جمله میانگین ساده و میانگین موزون بر اساس تحلیل سلسله‌مراتبی داده‌ها مقایسه شد. قابل ذکر است در خصوص ادغام شاخص‌ها در تکنیک سلسله‌مراتبی اهمیت هر شاخص توسط این تکنیک محاسبه و در مقدار شاخص ضرب شد. در جدول ۱۰صرفاً نتایج نهایی حاصل از ارزیابی عملکرد مدل‌های مختلف ارائه شده است.

جدول ۱۰. مقایسه مدل‌های مرسوم کاهش متغیرها با مدل پژوهش

واحدهای تصمیم‌گیر	ارزیابی کارایی				
	DEA	Mean-DEA	AHP-DEA	PCA-DEA	FIS/FA-DEA
DMU1	۱	۱	۰/۸۲۹	۰/۷۵۸	۰/۶۷۴
DMU2	۱	۰/۹۵۸	۰/۸۰۷	۰/۷۸۵	۰/۶۶۵
DMU3	۱	۱	۱	۱	۱
DMU4	۱	۰/۷۹۶	۰/۶۹۳	۰/۶۹۱	۰/۵۷۲
DMU5	۱	۱	۰/۹۸۵	۰/۸۶۵	۰/۹۴۵
DMU6	۱	۱	۰/۹۲۶	۰/۸۹۵	۰/۷۷۹
DMU7	۱	۱	۱	۱	۰/۹۳۸
DMU8	۱	۱	۱	۱	۱
DMU9	۱	۰/۸۹۱	۰/۷۱۶	۰/۷۹۶	۰/۵۹۱
DMU10	۱	۰/۹۸۶	۱	۰/۸۴۵	۰/۵۰۴
DMU11	۱	۱	۱	۱	۱
DMU12	۱	۱	۱	۱	۱
DMU13	۱	۱	۱	۱	۱
DMU14	۱	۱	۱	۱	۱
DMU15	۱	۰/۸۴۲	۰/۷۳۵	۰/۶۳۲	۰/۴۶۹
DMU16	۱	۱	۰/۹۴۸	۱	۰/۵۳۹
DMU17	۱	۰/۸۶۹	۰/۷۰۴	۰/۶۹۸	۰/۶۲۸
DMU18	۱	۰/۷۵۵	۰/۵۹۳	۰/۸۵۰	۰/۳۳۲
میانگین	۱	۰/۹۵۰	۰/۸۸۵	۰/۸۶۰	۰/۷۵۷

برای بررسی وجود تفاوت معنادار بین میانگین مدل‌های مختلف ارائه شده از آزمون کروسکال- والیس استفاده شد.

$$\begin{cases} H_0: \mu_D = \mu_M = \mu_A = \mu_F = \mu_P \\ H_1: \text{لااقل بین دو میانگین تفاوت وجود دارد} \end{cases}$$

جدول ۱۱. نتایج آزمون کروسکال- والیس

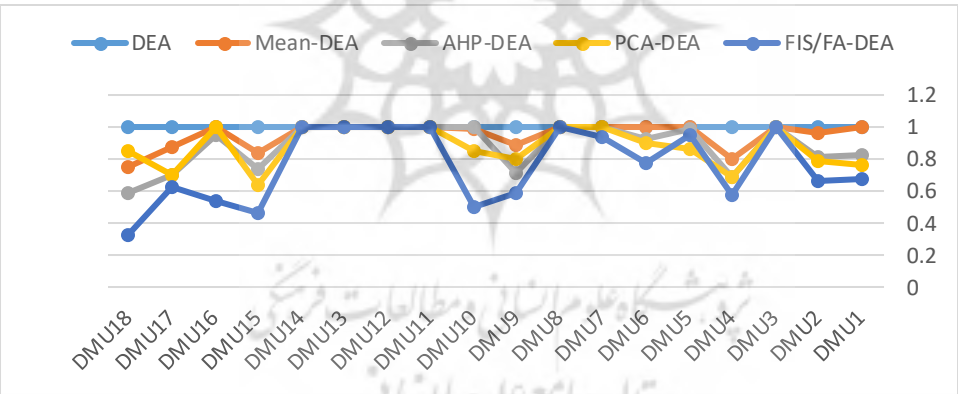
نمره کارایی مدل‌ها		میانگین رتبه	تعداد	مدل‌ها
۲۲/۸۹۹	کای مربع	۶۵/۰۰	۱۸	DEA
۴	درجه آزادی	۵۱/۰۳	۱۸	Mean-DEA
۰/۰۰۰	سطح معناداری	۴۱/۳۳	۱۸	AHP-DEA
		۴۰/۷۵	۱۸	PCA-DEA
		۲۹/۳۹	۱۸	FIS/FA-DEA

با توجه به اینکه سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ است. لذا فرض صفر رد شده و ادعای همسان بودن میانگین کارایی‌ها در مدل‌ها رد می‌شود. همان‌طور که در جدول ۱۱ درج شده است میانگین رتبه کارایی در مدل پیشنهادی (۲۹,۳۹) از سایر مدل‌ها کمتر بوده در نتیجه قدرت تفکیک بیشتری را ایجاد کرده است. از طرف دیگر نتایج حاصل از مدل پیشنهادی پژوهش و دیگر مدل‌ها در خصوص واحدهای تصمیم گیر کارا و ناکارا در جدول۱۲ گزارش می گردد.

جدول ۱۲. مقایسه تعداد واحدهای کارار و ناکارا در مدل‌های مختلف

مدل‌ها	موسسات اموزش عالی کارا		موسسات آموزش عالی ناکارا	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد
DEA	۱۸	٪۱۰۰	۰	٪۰
DEA-Mean	۱۱	٪۶۱	۷	٪۳۹
DEA-AHP	۸	٪۶۶	۱۰	٪۵۴
DEA-PCA	۸	٪۶۶	۱۰	٪۵۴
DEA/FA-FIS	۶	٪۳۳	۱۲	٪۶۷

با توجه به محاسبات مذکور، تعداد واحدهای کارا در مدل (DEA/FA-FIS) نسبت به دیگر مدل‌ها کاهش یافته است. برای درک بهتر تفاوت کارایی‌های مدل پیشنهادی پژوهش با مدل‌های مرسوم، نمودار ۶ ترسیم شده است.



نمودار ۶. پراکندگی نمره کارایی با مدل‌های مورد بررسی

همانطور که به صورت عینی نیز مشخص است، مدل تلفیقی پژوهش مبتنی بر تحلیل عاملی و سیستم استنتاج ممدانی به مراتب تفکیک بیشتری را در کارایی واحدهای تصمیم‌گیر ایجاد نموده است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یکی از دغدغه‌های مهم در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها نیاز سازمان‌ها به مدل ارزیابی عملکرد با معیارهای جامع است. چنین مدلی می‌تواند با ارائه تصویر گویا از عملکرد واحدهای مورد مطالعه، میزان کارایی و اثربخشی اقدامات سازمانی را برای رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده مشخص کند. بنابراین ضرورت طراحی مدلی ارتقاء یافته و مطمئن که با در برگرفتن معیارهای همه جانبه بتواند از نقاط قوت مدل‌های کنونی استفاده و تاحد امکان کاستی‌های موجودشان را برطرف نماید اجتناب ناپذیر است.

این پژوهش تمرکز خود را بر طراحی مدل تلفیقی ارزیابی عملکرد برای بهبود قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر در مدل تحلیل پوششی داده‌ها گذاشته است. ضعف قدرت تفکیک‌پذیری ناشی از نسبت تعداد واحدهای مورد ارزیابی به تعداد ورودی و خروجی‌های مدل تحلیل پوشی است. به عبارتی تعداد زیاد ورودی‌ها و خروجی‌ها باعث کاهش قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر می‌شود [۱۰]. بنابراین تمرکز مدل تلفیقی پژوهش بر کاهش متغیرهای ورودی و خروجی با حفظ اطلاعات مستخرج از آنها است. در تحقیقات داخلی در این زمینه می‌توان به مقالات آذر و نوبهار اشاره کر د[۳۲] که در آن دو رویکرد ذهنی مشتمل بر میانگین ساده و موزون برای کاهش ورودی و خروجی‌ها به تحلیل پوششی داده‌ها را با رویکرد عینی استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی و تحلیل پوششی داده‌ها مقایسه نمود. همتی و عباسی [۱۶] از تکنیک تعیین رجحان ترتیبی با تشابه به پاسخ ایده‌آل و قاسمی و برزویی [۱۱] از تحلیل سلسله‌مراتبی برای وزن‌دهی و ادغام متغیرها استفاده نمودند. داوودآبادی و همکاران[۸] با مبنا قرارد دادن رویکرد عینی از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده نمود. آنها مولفه‌های اصلی حاصل شده را به عنوان ورودی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها در نظر گرفتند. یزدی و همکاران [۴۸] با کمک تجزیه به مولفه‌های اصلی، متغیرهای خروجی را کاهش داد و سعی در بهبود قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر نمود. در خارج کشور نیز دنگ و همکاران [۹] به کمک تجزیه به مولفه‌های اصلی مولفه‌های اصلی ورودی را شناسایی نمودند و از خروجی‌ها بدون هیچ تغییری در تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نمودند. وو و همکاران [۴۶] نیز با ترکیب خطی ارائه داده شده مستقل از داده‌های اولیه مبتنی بر تجزیه به مولفه‌های اصلی سعی در بهبود قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم نمودند. گوتا و همکاران [۱۳] با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی سعی در وزن‌دهی متغیرها برای استفاده در تحلیل پوششی داده‌ها نمود. در خصوص وجوه اشتراک و افتراق مقاله حاضر می‌توان بیان نمود کاهش متغیرها مانند دیگر پژوهش‌ها برای بهبود تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم مد نظر است. اما در برخی پژوهش‌ها شناسایی مولفه‌های اصلی ورودی و در برخی مقالات شناسایی مولفه‌های اصلی خروجی در دستور کار بوده است. پژوهش حاضر کاهش متغیرهای ورودی و خروجی را به طور همزمان در دستور کار قرار داده است. همچنین نقطه قوت پژوهش را می‌توان در استفاده همزمان از رویکردهای ذهنی و عینی برای محاسبه هر چه دقیقتر و به واقعیت نزدیکتر مقادیر سازه‌های اصلی برای استفاده در تحلیل پوششی دانست.

این پژوهش توجه به الگوی داده‌ها و عقلانیت موجود در نظرات خبرگان را توامان مورد نظر قرار داده و برای اولین بار از سیستم استنتاج فازی در تلفیق با تحلیل عاملی تاییدی برای کاهش متغیرهای ورودی و خروجی به مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نموده است. با توجه به مزیت سیستم استنتاج فازی در تولید خروجی‌های غیرخطی و فازی مدل تلفیقی از مزیت انعطاف بالایی برخوردار بوده و نمرات قطعی مناسب‌تری را برای متغیرهای ادغامی محاسبه می‌نماید که این امر بهبود قدرت تفکیک‌پذیری در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها را به ارمغان می‌آورد.

برای آزمایش مدل پیشنهادی از اطلاعات هجده موسسه آموزش عالی استفاده شد. مدل پیشنهادی با مدل کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها و سه روش مرسوم کاهش داده بر اساس میانگین‌گیری ساده و میانگین موزون بر اساس تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی و همچنین شناسایی عوامل اصلی توسط تجزیه به مولفه‌های اصلی مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهد استفاده از مدل پیشنهادی توانسته تعداد واحدهای کارا در مدل‌های نام برده را به ترتیب از هجده، یازده و هشت واحد کارا به شش واحد کارا کاهش دهد. در نتیجه بهبود قدرت تفکیک‌پذیری را به همراه داشته است. همچنین در تأیید یافته‌های پژوهش آزمون کروسکال–والیس اختلاف معناداری را در میانگین کارایی مدل‌ها نشان می‌دهد. مدل پیشنهادی دارای کمترین میانگین محاسبه شده برای کارایی

واحدهای مورد مطالعه بوده در نتیجه بر ادعای بهبود تفکیک‌پذیری مدل پیشنهادی نسبت به سایر رویکردها صحه می‌گذارد.

در خصوص مورد مطالعه با توجه به نتایج سه سازه وضعیت آموزشی پژوهشی دانشجویان، وضعیت درآمدهای دانشگاهی و وضعیت ارائه خدمات به عنوان خروجی مدل تحلیل پوششی داده‌ها در نظر گرفته شدند. لذا هر نوع بهبودی در مقادیر شاخص‌های سازنده ها آنها بهبود عملکرد واحد مورد بررسی را به همراه خواهد داشت. درخصوص تقویت سازه وضعیت آموزشی و پژوهشی پیشنهاد می‌شود موسسات برای ارتقاء فرهنگ پژوهش در بین دانشجویان و ارائه مقالات علمی به ارائه مشوق‌های مالی، برگزاری کارگاه‌های مقاله نویسی و نرم افزارهای آماری پرداخته و انگیزه و تسلط دانشجویان را در این زمینه بالا ببرند. از طرف دیگر مسئولین آموزش و مشاوره موسسات می‌توانند با شناسایی مشکلات دانشجویانی که در فراغت ازتحصیل آنها وقفه ایجاد شده همکاری‌های لازم را در حدود اختیار و توانایی موسسه به عمل آورند. بهبود مقدار سازه وضعیت درآمدی موسسات نیز به واسطه اهتمام مسئولین و اعضاء هیات علمی موسسات در ارائه طرح‌های پژوهشی مشترک صنعت و دانشگاه، حمایت از پایان‌نامه‌های کاربردی مورد نیاز سازمان‌ها و صنعت میسر می‌شود. همچنین برگزاری همایش‌های علمی و مهیا نمودن زیرساخت‌های لازم برای اخذ مجوز برگزاری دوره‌های آزاد از وزارت علوم تحقیقات و فناوری بهبود درآمد دانشگاه را به همراه خواهد داشت. برنامه‌ریزی برای برگزاری دوره‌های توانمندسازی منابع انسانی توسط روسا و معاونین اداری موسسات از دیگر پیشنهادهایی است که می‌تواند بهبود مقادیر سازه وضعیت ارائه خدمات را بهمراه داشته باشد.

همچنین پیشنهاد می‌شود از مدل طراحی شده زمانی که تعداد واحدهای تصمیم نسبت به ورودی و خروجی‌ها کم است و یا در مواجه با متغیرهای کیفی استفاده شود. در اغلب پژوهش‌ها فرض رابطه خطی بین متغیرهای ورودی و خروجی از همان ابتدا پذیرفته می‌شود که می‌تواند همیشه درست نباشد. بنابراین سیستم استنتاج فازی می‌تواند با تولید خروجی‌های غیرخطی و فازی مقادیر دقیقتری را محاسبه نموده تا پس از فازی-زدایی در تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شود.

در پایان در خصوص محدودیت های پژوهش متذکر می‌شویم برای جلوگیری از کثرت متغیرهای ورودی و خروجی و در نتیجه کاهش دقت خبرگان در طراحی قوانین استنتاج فازی پرکاربردترین آنها از ادبیات احصاء و پس از پالایش مورد استفاده قرار گرفت. همچنین استفاده از متغیرهای کیفی برای ارزیابی عملکرد، یکی از مزایای مدل پیشنهادی است. اما به دلیل عدم استفاده از این متغیرها در موسسات مورد مطالعه و در دسترس نبودن مقادیرشان در بانک اطلاعاتی موسسات از استفاده آنها صرفه نظر شد. همچنین به دیگر پژوهشگران پیشنهاد می‌گردد استفاده از رویکردهای متفاوت وزن‌دهی قوانین و تدوین توابع عضویت را مد نظر قرار داده و نهایتاً صحت مدل پیشنهادی را با دیگر مدل‌های رتبه‌بندی کارایی مورد بررسی قرار دهند.

منابع

1. Abirami, G., & Venkataraman, R. (2021). Performance analysis of the dynamic trust model algorithm using the fuzzy inference system for access control. Computers & Electrical Engineering, 92, 107132.
2. Andersen, P., & Petersen, N. C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. Management science, 39(10), 1261-1264.
3. Asadi, A., & Aslani, M. (2009). Evaluation of research efficiency of educational groups using DEA model, Quarterly Journal of Educational Leadership and Management, 3(4), 55-72. (In Persian)
4. Azar, A., & Mahmoudabadi, M. (2013). Improving the performance and resolution of the DEA model by introducing a new CWS model, Management Improvement Quarterly, 7(2), 99-113. (In Persian)
5. Azizi, H., & Jafari Shaer, A. (2013). Evaluation and supplier selection by intermittent DEA models with a confidence interval: A DEA approach with efficient and inefficient boundaries, Journal of Industrial Management, 8(25), 1-16. (In Persian)
6. Chen, M., Ang, S., Yang, F., & Jiang, L. (2021). Efficiency evaluation of non-homogeneous DMUs with inconsistent input quality. *Computers & Industrial Engineering*, 107418.
7. Dadgar, Y., & Nik, N. (2007). Application of DEA model in testing the efficiency of economic units; Case study supervised by Tejarat Bank. Bi-Quarterly Journal of Economic Research, 4(7), 11-54.
8. Davoudabadi, R., Mousavi, S. M., & Sharifi, E. (2020). An integrated weighting and ranking model based on entropy, DEA and PCA considering two aggregation approaches for resilient supplier selection problem. Journal of Computational Science, 40, 101074. (In Persian)
9. Deng, F., Xu, L., Fang, Y., Gong, Q., & Li, Z. (2020). PCA-DEA-Tobit regression assessment with carbon emission constraints of China's logistics industry. Journal of Cleaner Production, 271, 122548.
10. Ghasemi, M., & Nabizadeh, A. (2017). Improving the resolution power in data envelopment analysis model using arman deviation variables, Journal of Industrial Management, 9(4), 765-780. (In Persian)
11. Ghavami, S. M., Borzooei, Z., & Maleki, J. (2020). An effective approach for assessing risk of failure in urban sewer pipelines using a combination of GIS and AHP-DEA. Process Safety and Environmental Protection, 133, 275-285. (In Persian)
12. Ghorchyan, N., Jafari, P., & Rahgozar, H. (2009). Designing a model for evaluating the performance of Islamic Azad University units based on indicators of organizational excellence using data envelopment analysis method, Journal of New Approach in Educational Management, 2(5), 101-116. (In Persian)
13. Gupta, P., Mehlawat, M. K., Aggarwal, U., & Charles, V. (2018). An integrated AHP-DEA multi-objective optimization model for sustainable transportation in mining industry. Resources Policy, 101180.
14. Hagan, C. M., Konopaske, R., Bernardin, H. J., & Tyler, C. L. (2006). Predicting assessment center performance with 360 degree, top down, and customer based competency assessments. Human Resource Management: Published in Cooperation with the School of Business Administration, The University of Michigan and in alliance with the Society of Human Resources Management, 45(3), 357-390.
15. Haji Ketabi, A. Kiai, B., & Nasiri, N. (2005). Investigating the nature of performance management according to the BSC model. Second National Conference on Performance Management. (In Persian)
16. Hemmati,M., Abbasi, S.,(2016) . Provide a multi-step method of common weight and TOPSIS in order to rank the units. New research in decision making. 193-215. (In Persian)

17. Hinojosa, M. A., Lozano, S., Borrero, D. V., & Mármol, A. M. (2017). Ranking efficient DMUs using cooperative game theory. Expert Systems with Applications, 80, 273-283.
18. Hosseini Iraqi, S., Bakhshi, E., & Kahrizi, KH. (2016). Integrated model of data envelopment analysis and TOPSIS to evaluate the performance of bank branches. International Conference on Industrial Engineering and Management. (In Persian)
19. Hosseinzadeh Lotfi, F., & Kouchaki Tajani, E. (2017). Cross-efficiency and its application in the same ranking of decision makers with fuzzy inputs and outputs (study on a dairy company). The first national conference on fuzzy systems management. (In Persian)
20. Jahanshahloo, G., Hosseinzadehlotfi, R., & Barzegarinejad, A. (2012). Gaining weight for AHP efficiency matrix matrices using DEA method with confidence region, 4th National Conference on Data Envelopment Analysis.
21. Kao, C., & Hwang, S. N. (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. European journal of operational research, 185(1), 418-429.
22. Komsiyah, S., & Desvania, E. (2021). Traffic lights analysis and simulation using fuzzy inference system of mamdani on three-signaled intersections. Procedia Computer Science, 179, 268-280.
23. Kord Rostami, S., & Amirteymori, A. (2016). Indicators of partial and general technical efficiency in data envelopment analysis, Journal of New Research in Mathematics, 2(5), 37-42. (In Persian)
24. Lee, H. S., Chu, C. W., & Zhu, J. (2011). Super-efficiency DEA in the presence of infeasibility. European Journal of Operational Research, 212(1), 141-147.
25. Lima-Junior, F. R., & Carpinetti, L. C. R. (2020). An adaptive network-based fuzzy inference system to supply chain performance evaluation based on SCOR® metrics. Computers & Industrial Engineering, 139, 106191.
26. Liu, W., & Wang, Y. M. (2018). Ranking DMUs by using the upper and lower bounds of the normalized efficiency in data envelopment analysis. Computers & Industrial Engineering, 125, 135-143.
27. Liu, W., & Wang, Y. M. (2018). Ranking DMUs by using the upper and lower bounds of the normalized efficiency in data envelopment analysis. Computers & Industrial Engineering, 125, 135-143.
28. Mavani, N. R., Lim, C. Y., Hashim, H., Rahman, N. A., & Ali, J. M. (2021). Fuzzy Mamdani based user-friendly interface for food preservatives determination. Food and Bioproducts Processing, 126, 282-292.
29. Mecit, E. D., & Alp, I. (2013). A new proposed model of restricted data envelopment analysis by correlation coefficients. Applied Mathematical Modelling, 37(5), 3407-3425.
30. Mirsepasi, N. (1999). Individual performance evaluation, sixteenth collection, individual performance evaluation, Sixteenth Collection, Public Management Training Center Publications. (In Persian)
31. Neely, A., Gregory, M., & Platts, K. (1995). Performance measurement system design: a literature review and research agenda. International journal of operations & production management.
32. Nobahar, E., & Azar, A. (2015). Presenting a performance evaluation model of bank branches using a combined approach of principal component analysis and PCA-DEA data envelopment analysis. Organizational Resource Management Research, 5(3), 1-22. (In Persian)
33. Omrani, H., Qarizadeh Biragh, R., 7 Shafiee Kalibari, S. (2014). Provide a hybrid model for evaluating the performance and ranking of Iranian insurance companies using the opinion of experts. Industrial Management, 6(4), 791-807. (In Persian)

34. Rahimi, G. (2006). Performance Evaluation and Continuous Improvement of Organizations, Tadbir Magazine, 173. (In Persian)
35. Ramezaniyan, M., Yakideh, K., & Oveys, O. (2014). Selection of evaluation indicators in data envelopment analysis using diagnostic analysis, Quarterly Journal of Industrial Management Studies, 12(32), 141-157.
36. Safari, H., Kazemi, A., & Mehrpour Layeghi, A. (2018). Evaluation of the performance of the operational areas of the gas transmission company using the combined method DEA-SWARA-WASPAS. Industrial Management Studies, 49, 139-171.
37. Sarrico, C. S., & Dyson, R. G. (2004). Restricting virtual weights in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 159(1), 17-34.
38. Seresht, M., Khosravi, S., Kablonsky, J., & Zykova, P. (2021). A data envelopment analysis model for performance evaluation and ranking of DMUs with alternative scenarios, Journal of Computers & Industrial Engineering, 152(2), 121-136.
39. Shafia, M., Mahdavi, M., & Bagherpour, M. (2013). Presenting a two-level data envelopment analysis model in supply chain risk management in order to select a supplier. International Industrial Engineering and Production Management, 3, 315-326. (In Persian)
40. Shahriyari, S., Razavi, M., & Ezatollah, A. (2013). Envelopment analysis of fuzzy data and a new approach to complete ranking of decision-making units, Quarterly Journal of Industrial Management, 5(1), 21-42.
41. Tavakoli Golpayegani, M., Alem Tabriz, A., Amiri, M., & Motameni, A. (2016). Explaining the integrated strategic model of insurance industry performance evaluation, Quarterly Journal of Strategic Management Studies, 25,1 51-171. (In Persian)
42. Ulfat, L., Bamdad Sufi, J., Amiri, M., & Ebrahimpour Azbari, M. (2012). A model for evaluating supply chain performance using network data envelopment analysis model (Case: Supply chain of pharmaceutical companies of Tehran Stock Exchange). Industrial Management Studies 26. 1-0. (In Persian)
43. Wang, Z., Hao, H., Gao, F., Zhang, Q., Zhang, J., & Zhou, Y. (2019). Multi-attribute decision making on reverse logistics based on DEA-TOPSIS: A study of the Shanghai End-of-life vehicles industry. Journal of cleaner production, 214, 730-737.
44. Werther Jr, W. B., & Davis, K. (1981). Human resources and personnel management.
45. Wu, J., Chu, J., Sun, J., & Zhu, Q. (2016). DEA cross-efficiency evaluation based on Pareto improvement. European Journal of Operational Research, 248(2), 571-579.
46. Wu, T. H., Chung, Y. F., & Huang, S. W. (2021). Evaluating global energy security performances using an integrated PCA/DEA-AR technique. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 45, 101041.
47. Yazdi, H. Shariatmadari Sarkani, G., & Najafi, E. (2015). Study of human resource efficiency using PCA-DEA integrated method (Case study - Ministry of Labor and Social Security). Second National Conference on Engineering Science Development. (In Persian)