"Research Article"

10.30495/QJOPM.2022.1941011.3232

Developing a Comprehensive Performance Evaluation Model while Enhancing the Resolution of Decision-Making Units in Data Overlay Analysis through a Fuzzy Inference System

*Navid Sharifi (Ph.D.)[1], Maghsoud Amiri (Ph.D.)[*2], Laya Olfat (Ph.D.)[3], Amir Yousefli(Ph.D.)[4]*

(Received: 2022.04.03- Accepted:2022.07.11)

Abstract

The utilization of data envelopment analysis models for assessing and ranking organizational performance is on the rise. One of the important challenges of this model is the diminishing of the decision-making unit's precision when dealing with a multitude of inputs and outputs. Hence, the aim of the present research was to develop a comprehensive performance evaluation model while enhancing the resolution of decision-making units. To this end, a balanced scorecard was used to identify comprehensive indicators. At the same time, for the first time, two objective and subjective approaches based on factor analysis and fuzzy inference system were used simultaneously to reduce indicators and improve the resolution of decision-making units. This study used an explanatory-descriptive method and was conducted as an applied-developmental research. The statistical population for identifying performance evaluation indicators and developing fuzzy inference rules included the experts of higher education institutions of Semnan city. Moreover, twenty-four higher education institutions of Semnan city were selected for model testing. The researcher made two questionnaires for the data collection. The validity of the questionnaires was confirmed by content and construct validity, respectively. Also, the reliability of the questionnaires was confirmed by Cronbach's alpha value and composite reliability of more than 0.7 respectively. The main accomplishment of the research can be designing a unified model with objective and subjective approaches to improve the resolution of decision units. In this regard, 26 indicators were identified and reduced to 8 structures by factor analysis. Also, the structures were scored by relying on the designed fuzzy inference system. The results demonstrated a significant improvement in the resolution of decision-making units when utilizing the proposed model, in contrast to conventional models which are mostly based on objective and subjective methods. As a result, the number of effective units in the proposed model effectively reduced to 10. Additionally, the results of the Kruskal-Wallis test and the calculation of the standard deviation of the efficiency scores revealed that the proposed model with an average rating of 48.29 and a dispersion of 0.221 has a lower efficiency rating and a greater dispersion as compered to other models. This finding serves as a confirmation of the enhanced resolution achieved by the proposed model

Key Words: data envelopment analysis, Mamdani fuzzy inference system, balanced scorecard, higher education institution

1.Ph.D. Candidate, Industrial Management Department, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran
2.Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran
*.Corresponding Author: amiri@atu.ac.ir
3.Professor, Department of Industrial Management, School of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran
4.Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Zanjan University, Zanjan, Iran

10.30495/QJOPM.2022.1941011.3232

((مقاله پژوهشی))

طراحی مدل جامع ارزیابی عملکرد همراه با بهبود قدرت تفکیک پذیری واحدهای تصمیم در تحلیل پوششی داده‌ها به اتکای سیستم استنتاج فازی

نوید شریفی[۱] ، مقصود امیری*[۲]، لعیا الفت[۳]، امیر یوسفلی[۴]

(دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۰۱۴ –پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۴/۲۰)

چکیده

استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها–برای ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی سازمان‌ها– در حال گسترش است. یکی از چالش‌های مهم این مدل، کاهش قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر در مواجهه با تعداد زیاد ورودی و خروجی است؛ بنابراین هدف پژوهش، توسعهٔ مدل جامع ارزیابی عملکرد همراه با بهبود قدرت تفکیک پذیری واحدهای تصمیم‌گیر است. در این راستا از کارت امتیازی متوازن برای شناسایی شاخص‌های جامع استفاده شد. برای اولین بار–به‌طور همزمان–از دو رویکرد عینی و ذهنی مبتنی بر تحلیل عاملی و سیستم استنتاج فازی برای کاهش شاخص‌ها و بهبود قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر استفاده شد. پژوهش از حیث روش، توصیفی–تبیینی و از لحاظ جهت گیری تحقیق، کاربردی–توسعه‌ای است. جامعهٔ آماری–برای شناسایی شاخص‌های ارزیابی عملکرد و تدوین قوانین استنتاج فازی–خبرگان مؤسسات آموزش عالی شهرستان سمنان بوده است. همچنین بیست و چهار مؤسسه آموزش عالی شهرستان سمنان برای تست مدل انتخاب شدند. ابزارگردآوری داده‌ها دو پرسشنامه محقق ساخته است. روایی پرسشنامه‌ها به ترتیب توسط روایی محتوا و سازه مورد تأیید قرارگرفت. همچنین پایایی پرسشنامه‌ها به ترتیب به استناد مقدارآلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی بیشتر از ۰,۷مورد تایید است. دستاورد پژوهش را می‌توان طراحی مدل تلفیقی با رویکردهای عینی و ذهنی برای بهبود قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر دانست. در این خصوص ۲۶ شاخص شناسایی شد و توسط تحلیل عاملی به ۸ سازه تقلیل یافت. همچنین با اتکا به سیستم استنتاج فازی طراحی شده،سازه‌ها نمره‌دهی شدند. نتایج نشان داد:قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر توسط مدل پیشنهادی در مقایسه با دیگر مدل‌های مرسوم مبتنی بر رویکردهای عینی و ذهنی بیشتر بوده به طوری‌که تعداد واحدهای کارا در مدل پیشنهادی به ۱۰ مورد کاهش یافته است. همچنین منتج از نتایج آزمون کروسکال– والیس و محاسبه انحراف معیارنمرهٔ کارایی؛ مدل پیشنهادی به ترتیب با کسب میانگین رتبه ۴۸,۲۹ و کسب پراکندگی ۰,۲۲۱دارای رتبه کارایی کمتر و پراکندگی نمره کارایی بیشتر نسبت به سایر مدلها است که تأییدی بر بهبود قدرت تفکیک‌پذیری مدل پیشنهادی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی:تحلیل پوششی داده‌ها،سیستم استنتاج فازی ممدانی،کارت امتیازی متوازن،مؤسسات آموزش عالی

۱ – دانشجوی دکتری گروه مدیریت صنعتی ، دانشکده مدیریت و حسابداری ،دانشگاه علامه طباطبایی،تهران،ایران
۲ – استاد گروه مدیریت صنعتی،دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی،تهران،ایران
*. نویسنده مسؤول: amiri@atu.ac.ir
۳ – استاد گروه مدیریت صنعتی،دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی،تهران،ایران
۴ – استادیار گروه مهندسی صنایع،دانشکده فنی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

مقدمه

امروزه سازمانها در محیطی پویا و رقابتی مشغول فعالیت‌اند؛ محیطی که متغیرهای آن دائماً در حال تغییر و امکان پیش بینی تغییرات دشوار است. در این محیط رقابتی آگاهی از اینکه عملکرد سازمان تا چه حد در راستای اهداف موفق بوده و درک موقعیت سازمان از محیط پیچیدهٔ امروز برای مدیران سازمانها اهمیت فراوانی دارد. با ارزیابی عملکرد و تعیین جایگاه سازمان، مدیریت می‌تواند نسبت به توفیق عملیات در راستای دستیابی به اهداف آگاهی یافته و قدرت پیگیری و –در صورت لزوم –اصلاح آنها را پیدا کند(حسین‌زاده لطفی و کوچکی،۱۳۹۶). یکی از ابزارهای کارآمد، برای ارزیابی عملکرد سازمانها تحلیل پوششی داده‌ها است؛ تحلیل پوششی داده‌ها بر گرفته از برنامه ریزی ریاضی است. این روش هیچ‌گونه پیش فرضی از تابع تولید را در نظر نمی گیرد؛ لذا با حل مدل‌های ریاضی و استناد به ورودی و خروجی‌های واحدهای تحت بررسی، عملکرد آنها را مورد ارزیابی قرار می دهد. این واحدهای مستقل؛ ورودی‌های یکسان و همگنی را برای دستیابی به خروجی‌های یکسان مورد استفاده قرار می‌دهند(زاهدی و همکاران،۲۰۲۱).تحلیل پوششی داده‌ها روشی ناپارامتری است که اولین بار در سال ۱۹۷۸ توسط چارنز،کوپر و رودر ارائه شد(چارنز و کوپر[1]،۱۹۹۷). واحدهای تصمیم‌گیر با دریافت ورودیها؛ خروجیهای مختص خود را تولید می کنند. مدیران واحدها به طور مستقل در خصوص واحد خود تصمیم‌گیری می کنند. بنابراین آنها را واحدهای تصمیم گیر[2] می نماند.

مدل های تحلیل پوششی داده‌ها غالباً به دو دسته بازده نسبت به مقیاس ثابت[3] و بازده نسبت به مقیاس متغیر [4] تقسیم بندی می شود. اگر n واحد تصمیم گیر با m ورودی وs خروجی داشته باشیم مدل بازده نسبت به مقیاس ثابت و متغیر برای ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیر به ترتیب به شرح روابط(۱و۲) ارائه می شوند:

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

$$St: \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0 \qquad (۱)$$

$$for\ j = 1,2,\dots,n$$

$$u_r, v_i \ge 0$$

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

$$St: \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} + \omega \le 0 \qquad (۲)$$

$$for\ j = 1,2,\dots,n$$

$$u_r, v_i \ge 0 \quad \omega \text{ نامقید}$$

1- Charnes, Cooper, Rhodes
2- Decision Making Units(DMU)
3- Charnes, Cooper, Rhodes (CCR)
4- Banker,Charnes, Cooper (BCC)

در نتیجه y_{rj} میزان خروجی r ام برای واحد j ام به ازای ؛ x_{ij} مقدار ورودی i ام برای واحد j ام؛ u_r وزن خروجی r ام.؛ v_i وزن ورودی i ام می باشد.

مقادیر محاسبه شده بازه بین صفر تا یک را به خود اختصاص می دهند؛ در صورتی که واحد مورد مطالعه، مقدار یک را به خود اختصاص دهد کارا و در غیر این صورت ناکارا نامیده می شود. یکی از شروط در نظر گرفته شده برای واحدهای تصمیم‌گیر، تعداد آنها در مقایسه با تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها است. برای اطمینان از قدرت تفکیک پذیری مناسب و اعتبار نتایج حاصله، طبق یک رابطهٔ تجربی تعداد واحدهای تصمیم‌گیر باید حداقل سه برابر مجموع ورودی‌ها و خروجی‌ها باشد(وونگ،۲۰۲۱). با افزایش تعداد متغیرهای ورودی و خروجی فضای حل مسئله برای آن بیشتر می شود. ممکن است بعضی از ورودی‌ها و خروجی‌ها مقادیر صفر به خود بگیرند. همچنین توزیع وزنی غیر واقعی 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 رتبه بندی می شوند نیز رخ می دهد؛ در نتیجه کاهش قدرت تمایز را به همراه خواهد داشت(صفری همکاران،۱۳۹۸). برای رفع این چالش تلاش‌های فراوانی توسط محققان صورت پذیرفته است.

تامپسون و همکاران[1](۱۹۸۶) برای اولین بار از محدودیت های وزنی برای بهبود قدرت تفکیک پذیری واحدهای تصمیم‌گیر استفاده کردند.دایسون و تاناسولیس[2](۱۹۸۸)،چارنز و همکاران(۱۹۹۰) در مقالات خود قیدهای جدیدی را به مسئله اضافه نمودند.در آثار علمی مربوطه، در ادامه، روش منطقه تضمین[3]توسط تامپسون و همکاران(۱۹۹۰)،خلیلی و همکاران(۲۰۱۰)، ساریکو و دایسون[4](۲۰۰۴)، مسیت و آلپ(۲۰۱۳) و پوشش نسبت مخروطی[5] توسط چارنز و همکاران(۱۹۹۰)،کائو و کونگ(۲۰۱۰) به عنوان استراتژی‌های حل مسائل ناشی از وزن‌های غیرواقعی مورد استفاده قرار گرفت.این روش‌ها دارای کاستی‌هایی بود؛ تکنیک منطقه تضمین و نسبت مخروطی تا حد زیادی به اندازه‌گیری‌های ورودی و خروجی وابسته بود. در برخی موارد، احتمال ایجاد راه حلهای نشدنی وجود داشت. این تکنیکها با افزایش محدودیت‌ها حل آن را دشوارتر می‌کردند. وزنهای مشترک[6]،دیگر ایده ای بود که نخستین بار توسط کوک و همکاران[7](۱۹۹۰) ارائه شد.هدف تحقیقات این بود که فقط یک وزن برای هر شاخص ورودی و خروجی محاسبه شود و مقایسه کارایی واحدهای تصمیم‌گیر بر اساس وزن

1- Thompson etal
2- Dyson, Thanassoulis
3- Assurance Region
4- Sarrico
5- Cone ratio method
6- Common Set Of Weights
7- Cook

مشترک صورت پذیرد. کائو و هونگ(۱۹۹۰) متذکر شدند انعطاف روش DEA در تعیین وزنها تصمیم‌گیری را مورد خدشه قرار می دهد. لذا رویکردی توافقی برای محاسبه وزنهای مشترک ارائه داد. این روش به‌دنبال شناسایی وزنهایی بود که کمترین فاصله با اوزان ایده ال را دارا باشد. در نتیجه بر مبنای دسته ای از وزن‌ها کارایی توافقی حاصل می‌شد که در مقابل دیگر روشها منحصر به فرد و پارتو باشد. جهانشاهلو(۲۰۰۵) اثبات کرد: اگر یکی از اجزای بردار ورودی یا خروجی واحد مورد بررسی، بر اجزای واحد دیگر غلبه کند آن واحد در برخی الگوهای تحلیل پوششی کارا می شود؛ در نتیجه روشی ارائه نمودند که با حل یک الگو مجموع وزنهای مشترکی حاصل می شود و با حل الگویی دو مرحله ای واحدهای کارا قابل رتبه بندی خواهند شد. آذر و همکاران(۱۳۹۳) در تعیین اوزان مشترک، از یک الگوی ماکس مین استفاده نمودند؛ آنها معتقدند: منطق پیشنهادی باعث بهبود قدرت تفکیک پذیری و مدیریت اوزان بنا به اقتضای مسئله می‌شود. روش دیگری که در ادبیات برای بهبود تفکیک پذیری واحدهای تصمیم توسعه یافته است سوپرکارایی[1] نام دارد. اندرسون پیترسون[2](۱۹۹۳) مدل سوپرکارایی را –برای رتبه بندی واحدهای کارای راسی–ارائه نمودند؛ آنها جهت تعیین رتبه بندی واحدهای تصمیم آنها را از مجموعه امکان تولید حذف و مدل را برای باقیمانده واحدهای تصمیم اجرا کردند. مدل سوپرکارا در برخی مسائل راه حلهای نشدنی ارائه می‌دهد به ویژه در مدل بازده به مقیاس متغیر؛ بنابراین تلاش‌هایی برای حل مسائل نشدنی صورت پذیرفت. سویشی[3](۱۹۹۹) کران‌های خاصی را بر روی وزن‌های ورودی و خروجی در مدل سوپرکارایی تعریف کردند؛ آنها نیز مانند مدل‌های قبلی واحد تصمیم گیرنده تحت ارزیابی را از مجموعه حذف کردند و متغیر کمکی را برای بقیه واحدها در نظر گرفتند. این مدل با عنوان متغیر کمکی تعدیل یافته ارائه شد؛ این مدل مانند مدل قبل برای بعضی از داده‌ها نشدنی است. محرابیان و همکاران(۱۹۹۹) مدلی ارائه نمودند که به مدل MAJ معروف است. در مدل اندرسون پیترسون حرکت به سوی مرز در امتداد شعاعی صورت می‌گرفت که ممکن بود جواب ناشدنی داشته باشد. اما در این مدل غیر شاعی حرکت به سوی مرز در امتداد محورهای ورودی در ماهیت ورودی و با قدم مساوی انجام می شود که مشکل ناپایداری را حل کرده اما همچنان برای برخی داده‌ها ناشدنی وجود دارد. لی و همکاران[4](۲۰۰۷) مدل سوپرکارایی غیرشعاعی LJK را ارائه نمودند. این مدل نیز برای برخی داده‌ها نشدنی است.چن[5](۲۰۰۵) روشی را مطرح نمود که از هر دو نوع مدل سوپرکارای

1- Super efficiency
2- Andersen& Petersen
3- Sueyoshi
4- Li etal
5- Chen

ورودی و خروجی محور در یک مدل تلفیقی سوپرکارا برای تفکیک‌پذیری بیشتر استفاده شد؛ در نتیجه ادعا نمود روش ارئه شده احتمال نشدنی بودن به مراتب کمتری از روش های پیشین دارد. سلیمانی و جهانشاهلو(۲۰۰۶) در رد ادعای چن(۲۰۰۵) بدون ارائهٔ روشی جدید با ارائهٔ چندین مثال، مدل چن را مورد تردید قرار دادند. لطفی و جهانشاهلو(۲۰۰۷) رویکرد نرم را معرفی کردند که در آن برخی نواقص روش های AP وMAJ را برطرف کرد ولی در رتبه بندی واحدهای غیرکارا ناتوان بود. رضایی و همکاران(۲۰۱۲) با استفاده از نرم چیبیشف، مدلی با استفاده از واحدهای تصمیم‌گیر کارا پیشنهاد نمودند که برخی مشکلات مدل AP را رفع نمود. فلاح جلودار(۲۰۱۹) برای بر طرف کردن مشکلات نشدنی بودن و ناپایداری مدل‌های APوMAJ مدلی پیشنهاد نمودند که به جای در نظر گرفتن گام ثابت برای کاهش ورودی‌ها جهت تصویر بر روی مرز کارایی،از گام‌های متفاوت استفاده می‌کند. همچنین انبساط ورودی‌ها و انقباض خروجی‌ها در نظر گرفته شد. از جمله معایب این مدل می‌توان به استفاده صرف از داده‌های نرمال اشاره کرد. چن و همکاران(۲۰۲۱) از یک مدل سه مرحله سوپرکارایی مبتنی بر تئوری بازی‌ها استفاده نمودند.در رویکردی دیگر، روش کارایی متقاطع[1] برای فائق آمدن بر چالش تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر پیشنهاد شد. سکستون وهمکارانش[2] (۱۹۸۶) مدلی به نام کارایی متقاطع را ایجاد نمودند که خودارزیابی را با همتاارزیابی ترکیب می کند؛ در این روش،کارایی هر واحد تصمیم، هم براساس وزن‌های خود و هم براساس وزن دیگر واحدهای تصمیم محاسبه می شود. با این حال در این روش چندین عیب وجود دارد؛ مخصوصاً امکان دارد جواب منحصر به فرد حاصل نشود. دویل و گرین[3](۱۹۹۵) برای حل این مشکل صورت بندیهای تهاجمی و مشفقانه‌ای به عنوان اهداف ثانویه به این مدل اضافه نمودند.ژی و همکاران[4](۲۰۰۸) برای بهبود هر چه بیشتر تفکیک‌پذیری، تئوری بازیها را به مدل های متقاطع اضافه کردند. وانگ چین و لوو[5](۲۰۱۱) روشهای نوینی بر اساس کارایی متقاطع از طریق ارائه واحدهای تصمیم مجازی و واحدهای ضد ایده‌آل مجازی پیشنهاد دادند. آنها مدل کارایی متقاطع در تحلیل پوششی بر اساس بدترین حالت ممکن را ارائه کردند و به این تفکر پرداختند که هر واحد تصمیم‌گیری باید به دنبال مجموعه‌ای از وزن‌ها برای حداکثر کردن فاصله خود از واحد تصمیم ضد ایده‌آل باشد.یانگ[6](۲۰۱۳) روش کارایی متقاطع تهاجمی را بر مبنای رهیافتی استدلالی– مدرکی برای بازتاب اولویت‌های

1- Cross Efficiency
2- Sexton etal
3- Doyle & Green
4- Jie etal
5- Wang, Chin and Luo
6- Yang

تصمیم گیرنده‌ها توسعه داد که موجب بهبود تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم در برخی از مسائل شد. همچنین برای پارتو نبودن بردار کارایی متقاطع، محققانی چون دونگ و همکاران(۲۰۲۰) با استفاده از نظریهٔ بازی‌ها برای رفع این نقص مدلی ارائه دادند. دوتولی و همکاران[1](۲۰۱۵) یک روش کارایی متقاطع با رویکردی جدید ارائه دادند که در آن از منطق فازی برای بهبود قدرت تفکیک پذیری واحدهای تصمیم استفاده شد.

در ادامه بحث، محققانی مانند لی و ریوس[2](۱۹۹۹)؛ چن و همکاران(۲۰۰۹)؛ فروغی(۲۰۱۱) رویکرد DEA-MCDM را با توجه به چارچوب تصمیم‌گیری چندهدفه به عنوان ابزاری برای مواجهه با مسائل بهبود قدرت تفکیک پذیری ارائه دادند. کوک و زو[3](۲۰۱۴) به یافتن وزن مشترک با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی پرداختند. ویژگی تحقیق آنها این بود که با شیوهٔ جدید بیشترین انحراف امتیازات مجموعه را از سطوح آرمانی ایده ال به کمترین میزان می رساند. بال و همکاران[4](۲۰۱۰) در ادامهٔ تحقیقات پیشین برای رفع مشکلات تحقیق لی و ریوس(۱۹۹۹) از روش برنامه ریزی آرمانی برای حل همزمان هر سه هدف مدل تحلیل پوششی داده‌های چند معیاره استفاده کردند؛ در این مقاله ادعا شد روش جدید، مناسب مدل‌های بازده به مقیاس ثابت و متغیر بوده و پراکندگی اوزان و قدرت تفکیک‌پذیری واحدها را در چارچوب تحلیل پوششی‌های چندمعیاره بهبود داده است. قاسمی و همکاران(۲۰۱۴) با ارائهٔ مقاله‌ای در نفی روش استفاده شده در تحقیق بال و همکران(۲۰۱۰) با ذکر چند مثال نقض رویکرد آنها را مورد انتقاد قرار دادند. در این خصوص تحلیلی پوششی چند معیاره دوهدفه (Bio-MCDM) پیشنهاد نمودند؛ پیشنهاد آنها از لحاظ قدرت تفکیک‌پذیری بر مدل‌های پیشین مورد بحث ارجحیت داشته و همچنین محاسبات کمتری را برای حل احتیاج دارد. کومار و همکاران(۲۰۱۵)؛اوتی و همکاران(۲۰۱۷) از تحلیل سلسله‌مراتبی در تلفیق با تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نمودند. باقرخاورین(۲۰۱۶) نیز از یکی از روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره به نام PROMETHEE در تلفیق با تحلیل پوششی داده‌ها –برای رتبه بندی دقیقتر واحدهای تصمیم– استفاده نمود. در گروهی دیگر از پژوهش‌ها محققان تمرکز خود را بر کاهش تعداد ورودی و خروجی تحلیل پوششی داده‌ها– برای بهبود قدرت تفکیک پذیری واحدهای تصمیم– معطوف نموده اند. در خصوص کاهش شاخص های ورودی و خروجی چندین روش وجود دارد؛ ژولنی و رول[5](۱۹۸۹) غربالگری شاخص‌ها را دستور کار خود قرار دادند؛ برای این منظور، استفاده از

1- Dotoli etal
2- Li& Reeves
3- Cook& Zhu
4- Bal etal
5- Golany & Roll

روش دلفی و تحلیل سلسله مراتبی داده‌ها برای به دست آورن اهمیت شاخص‌های ورودی و تعیین میانگین‌های وزنی، نظرات خبرگان برای شاخص ها پیشنهاد شد. حسینی عراقی و همکاران(۱۳۹۵) با استفاده از تاپسیس به وزن‌دهی شاخص‌های ورودی و خروجی، به تحلیل پوششی و انتخاب شاخص‌های مهم با استناد بر نتایج تاپسیس پرداخت.عادل آذر و نوبهار(۱۳۹۴) از سناریوهایی چون میانگین ساده، میانگین موزون با اتکا به تحلیل سلسله مراتبی برای ادغام شاخص‌های ورودی به تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نمود تا به این طریق قدرت تفکیک پذیری واحدهای تصمیم را بهبود دهد. صفری و همکاران(۱۳۹۶) با اتکا به روش سوآرا(SWARA)[1]به غربالگری شاخص‌ها و تعیین وزن آنها پرداختند. روش دیگری که در کاهش شاخص‌های ورودی به کار می رود تجزیه به مؤلفه های اصلی(PCA) است. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، اولین بار توسط پیرسون (۱۹۰۱) معرفی شد. زو [2](۱۹۹۸) تجزیه به مؤلفه‌های اصلی را برای ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار داد. در ادامه آدلر و گلانی[3](۲۰۰۲) و برخی دیگر به جای استفاده از ورودی و خروجی‌های اصلی به تحلیل پوششی داده‌ها از روش PCA استفاده کردند. جنکینس و همکاران[4](۲۰۰۳) از ماتریس کواریانس جزئی –برای حذف متغیرهایی که با یکدیگر همبستگی زیادی دارند– در تحلیل پوشش داده‌ها استفاده کردند. وانگ و همکاران[5](۲۰۱۳) از تحلیل سلسله مراتبی برای به دست آورن اوزان اولیهٔ شاخص‌ها استفاده کردند. سپس وزنهای اولیه را با وزنهای PCA ترکیب و سپس توسط DEA رتبه بندی کردند. امیری و همکاران(۱۳۹۵) با هدف بهبود نتایج تحلیل پوششی داده ها، از رویکرد تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و وزن های مشترک استفاده نمودند. در مقابل روش های مبتنی بر ماتریس همبستگی، روش های دیگری وجود دارد که اثر حذف یا اضافه شدن متغیر بر کارایی را مد نظر قرار می دهد؛ برای این منظور از آزمون آماری ساخته شده توسط بنکر استفاده می شود. اگر در تغییرات کارایی بر اثر، متغیرخاصی معنادار باشد آنگاه در خصوص استفادهٔ آن در مدل، تصمیم‌گیری می شود (ابیرامی و همکاران،۲۰۲۱). اونسال و نظمان(۲۰۲۰) نیز از روش آنالیز تشخیصی[6] توسط پژوهشگرانی برای این منظور استفاده نمودند.

در جمع‌بندی ادبیات در خصوص بهبود قدرت تفکیک‌پذیری می‌توان بیان نمود؛ روش های بهبود رتبه بندی واحدهای تصمیم‌گیر را می‌توان در دو دسته "پس از تحلیل" و "پیش از تحلیل"

1- Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis
2- Zhu
3- Adler & Golany
4- Jenkins
5- Wang etal
6- Discriminant Analysis

توسط تحلیل پوششی داده‌ها دسته بندی نمود. در دسته اول از پژوهش ها، پس از تعیین متغیرهای ورودی و خروجی با ابتکاراتی که بر روی مدل های تحلیل پوششی داده‌ها انجام می شود و یا پس از تعیین رتبه واحدها به بهبود رتبه‌بندی واحدهای کارا پرداخته می‌شود؛ ازجمله این روش‌ها می‌توان به منطقه تضمین، روش پوشش نسبی مخروطی، مدل‌های سوپرکارایی، کارایی متقاطع و مدلهای تلفیقی تصمیم گیری چند معیاره اشاره نمود. در دسته دوم، تمرکز بر کاهش متغیرهای ورودی و خروجی پیش از استفاده آنها در مدل های استاندارد تحلیل پوششی داده‌ها است؛ پژوهش‌های موجود در این دسته خود در دو رویکرد عینی و ذهنی جای گرفته‌اند. این دو رویکرد نقیصه‌های خود را دارند و مسئله اصلی پژوهش حاضر نیز کاهش این نقیصه ها است. رویکردهای عینی بر الگوی داده‌ها و روابط بین متغیرها متکی بوده در نتیجه نظرات خبرگان در تعیین متغیرهای ورودی و خروجی اهمیتی ندارد؛ از جمله این روش ها می‌توان به تجزیه به مؤلفه‌های اصلی[1]، تحلیل عاملی[2] و ماتریس همبستگی[3]، ماتریس کواریانس اشاره نمود (وو،۲۰۲۱؛ پورنادر و همکاران۲۰۱۳). از طرف دیگر رویکردهای ذهنی با تمرکز صرف بر نظرات خبرگان به کاهش متغیرها پرداخته‌اند؛ در این رویکرد از تکنیک‌های غربالگری متغیرها از جمله دلفی[4]،میانگین وزنی، تصمیم‌گیری چند معیاره[5] برای احصای دانش خبرگان در مراحل کاهش، ادغام و وزن‌دهی متغیرهای ورودی و خروجی استفاده شده است (کومار،۲۰۱۵؛ آزاده و همکارن ۲۰۰۸،نوبهار و عادل آذر،۱۳۹۴).جدول(۱) تحقیقات انجام شده در این خصوص را نشان می دهد.

جدول ۱: رویکردهای کاهش متغیرهای ورودی و خروجی DEA

Table 1: Approaches to reducing input and output variables in DEA

رویکرد	روش	تکنیک ها	منابع
ذهنی	غربالگری و تعیین وزن مناسب برای ادغام شاخص‌ها توسط خبرگان	Delphi Mean AHP FAHP TOPSIS SWARA	(گلینی،۱۹۸۹) (حسینی عراقی و همکاران،۱۳۹۵) (نوبهاروآذر،۱۳۹۴) (صفری و همکاران،۲۰۱۸)
عینی	کاهش شاخص‌ها با مدل‌های آماری	FA PCA Correlation matrix	(زو[6]،۱۹۹۸) (آدلر و گلانی[7]،۲۰۰۲) (جنکیس و اندرسون[8]،۲۰۰۳) (امیری و همکاران،۱۳۹۵)

1- Principal Component Analysis (PCA)
2- Factor Analysis (FA)
3- Correlation matrix
4- Delphi method
5- MCDM
6- Zhu etal
7- Adler & Golany
8- Jenkins & Anderson

بنابراین برای رفع مسائل موجود در هر یک از رویکردهای ذکر شده جای روشی سازمان یافته برای ترکیب تحلیل عینی و عقلانی–که قادر به ارائهٔ نتایج عملی‌تر، ساده‌تر و نزدیک به واقعیت باشد– خالی است. بنابر این با توجه به آنچه بیان شد مدل تلفیقی پژوهش را می‌توان رویکردی جدید در روش‌های کاهش شاخص‌های ورودی و خروجی با در نظر گرفتن هم‌زمان الگوی داده ها و قضاوت‌های خبرگان دانست که در آن، هر دو مقولهٔ عینیت موجود در الگوی داده‌ها و عقلانیت موجود در قضاوت های خبرگان همراه با جامعیت شاخص‌های شناسایی شده مدنظر قرار گرفته است. با توجه به آنچه بیان شد پژوهش به دنبال پاسخگویی به این سئوال است: آیا می‌توان با استفاده از ابزارهای تحلیل پوششی داده ها، تحلیل عاملی و سیستم استنتاج فازی، مدلی برای ارزیابی عملکرد طراحی کرد که قدرت تفکیک‌پذیری بالاتری نسبت به سایر مدل‌های ادغام شاخص‌های ورودی و خروجی به تحلیل پوششی داده‌ها داشته باشد؟

طراحی مدل بر چهار گام استوار است؛ گام اول، شامل شناسایی و پالایش شاخص‌های مناسب ارزیابی عملکرد مؤسسات آموزش عالی بر اساس مناظر کارت امتیازی متوازن است. در گام دوم، سازه های مکنون ورودی و خروجی به تحلیل پوششی داده‌ها احصا می‌گردند. در گام سوم، مقادیر سازه های مکنون با اتکا به سیستم استنتاج فازی محاسبه می شود. نهایتاً در گام چهارم عملکرد واحدهای تصمیم با مدل پیشنهادی مشخص و قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر با رویکردهای مرسوم ادغام شاخص‌ها مقایسه می شود. شکل (شماره ۱) مراحل اجرای مدل طراحی شده را نشان می دهد.

شکل۱: مراحل اجرای مدل تلفیقی ارزیابی عملکرد

Figure 1: Steps of implementing the integrated performance appraisal model

گام اول شناسایی شاخص‌های ارزیابی عملکرد مؤسسات آموزش عالی است در مرحله اول این گام به شناسایی شاخص‌های ارزیابی عملکرد دانشگاه و مؤسسات آموزش عالی به استناد اسناد بالادستی وزارت علوم تحقیقات و فناوری،شورای عالی انقلاب فرهنگی و مطالعهٔ ادبیات داخلی و خارجی پرداخته شد. از جمله مستندات در این خصوص مصوبات شورای عالی انقلاب فرهنگی در جلسه ۵۵۰ مورخ ۱۳۸۳/۸/۲۶ می باشد. برای اطمینان از جامعیت شاخص های شناسایی شده در ارزیابی عملکرد از کارت امتیازی متوازن استفاده شد.

مفهوم کارت امتیازی متوازن[1] توسط نورتون و رابرت کاپلان ابداع شد؛ پژوهش آنها معیارهایی برای بینش جامع از عملکرد سازمان برای مدیران ارائه نمود؛ آنها ادعا نمودند دارایی‌های نامشهودی چون سرمایهٔ انسانی و ذهنی علاوه بر دارایی‌های مشهود –در آینده نزدیک–به عنوان مزیت رقابتی سازمان‌ها به حساب می آید(سیم و کو[2]،۲۰۰۱).کارت امتیازی متوازن می‌تواند با همسوکردن خواسته‌های کارکنان با راهبردهای سازمان، بهبود عملکرد را به ارمغان آورده و معیارهای سنجش‌پذیر متناسب با راهبردهای سازمان –برای ارزیابی عملکرد– ارائه نماید.کارت امتیازی متوازن چهار منظر را در سازمان مدنظر قرار می دهد(بلو[3]،۲۰۱۲). هدف اصلی این کارت، هماهنگی بین عملیات کوتاه مدت با راهبردهای سازمانی است. در ادامه به بررسی مناظر این کارت با در نظر گرفتن مورد مطالعه –مؤسسات آموزش عالی– پرداخته می شود.

در منظر مالی، حداکثر نمودن سودآوری هدف سازمان‌هاست. مقادیر شاخص‌های این منظر، میزان موفقیت استراتژی‌ها و شاخص‌های مناظر دیگر را در موفقیت مالی سازمان انعکاس می‌دهد (والمحمدی و فیروزه،۱۳۸۹). مؤسسات آموزش عالی از شهریه دانشجویان،کارگاه‌های آزاد و پژوهش‌های مشترک با صنعت، درآمد حاصل نموده و هم‌زمان سعی در کاهش هزینه‌های مازاد خود دارند.

منظر مشتری، به شناسایی خواسته‌ها و نیازهای مشتری پرداخته است؛ مشتریان مؤسسات آموزش عالی را می‌توان دانشجویان، والدین و کارمندان در نظر گرفت(کانجی[4]،۱۹۹۹).

سازمان‌ها در منظر فرآیندهای داخلی، فرآیندها و شایستگی‌های سرآمد خود را مشخص می کنند، فرآیندها باید طوری طراحی شود تا برای مشتریان ارزش آفرین باشد. فرآیندهای داخلی را می‌توان به طور کلی به چهار گروه عملیاتی،مدیریت مشتری،نوآوری و قانونی–اجتماعی تقسیم کرد.

1- Balanced Score Card
2- Sim &Kho
3- Ballou etal
4- Kanji etal

رقابت گسترده در دنیای امروز باعث می شود سازمانها در منظر رشد و یادگیری، علاوه بر در نظر گرفتن بهبود مستمر در تولیدات و فرآیندهای حال حاضر خود، در خصوص معرفی فرآیندهایی گسترده توانایی کسب نمایند. این دیدگاه می تواند به عنوان نیروی محرکه برای سه منظر دیگر باشد. پیشرفت فناوری اطلاعات، رقابت را بین مؤسسات آموزش عالی گسترده نموده است. برای رشد؛ مؤسسات آموزش عالی متکی به دارایی نامشهود خود هستند که شامل سرمایه انسانی و اطلاعاتی می باشد. در جدول (شماره۲) لیستی از شاخص‌های احصا شدهٔ متمرکز بر مناظر مالی، مشتری، فرآیندهای داخلی و رشد و یادگیری کارت امتیازی متوازن ارائه شده است.

جدول۲: شاخص های ارزیابی عملکرد دانشگاه ها بر اساس مناظر کارت امتیازی متوازن

Table 2: Performance evaluation indicators of universities based on balanced scorecard views

ابعاد	شاخصها	منابع
مالی	میزان بودجه آموزشی و پژوهشی دانشگاه ؛ درآمدهای پژوهشی وجانبی	(عالی پور ونصری،۱۳۹۶) (مهرالحسنی و همکاران،۱۳۹۲) (مهرگان و دهقان،۱۳۸۷) (یارمحمدیان و همکاران،۱۳۹۴) (یزدان پناه و احسانی،۱۳۸۸) (شغلی و روشناس،۱۳۹۵)
مشتری	تعداد دانشجویان ورودی کاردانی،کارشناسی و کارشناسی ارشد ؛ تعداد فارغ التحصیلان کاردانی، کارشناسی و ارشد ؛ درصد قبولی در مقاطع تحصیلات تکمیلی؛ تعداد مقالات چاپ شده ISI ، علمی پژوهشی و همایشهای دانشجویان	
فرآیندهای داخلی	تعداد گرایش های ارائه شده کارشناسی و ارشد ؛ نسبت دانشجو به کارکنان؛نسبت دانشجو به استاد ؛ تعداد هیات علمی جذب شده؛ تعداد پست های اجرایی؛ تعداد منابع کتابخانه ؛ تعداد تجهیزات رایانه ای موجود؛ میزان تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی؛ تعداد طرح های تحقیقاتی با دیگر دانشگاه ها و صنعت؛ تعداد مقالات داوری شده؛ تعداد هیات علمی ارتقا یافته؛ میزان ثبت اختراع؛ میانگین نمره ارزشیابی کارکنان؛ میانگین نمره ارزشیابی اساتید	
رشد و یادگیری	تعداد دوره های آموزشی برگزار شده بهبود توانمندی کارکنان؛ تعداد کارگاه های برگزار شده آموزشی اعضای 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 سامانه های فناوری اطلاعات؛ میزان دسترسی فضای مجازی موجود جهت آموزش الکترونیک در طول ترم ؛ تعداد کنفرانس های علمی برگزار شده ؛ تعداد مقالات چاپ شده اعضای هیات علمی بدون نویسنده دانشجو ؛ تعداد کتب اعضای هیات علمی؛ تعداد پایان نامه های دفاع شده ؛ تعداد انجمن علمی های مصوب	

مرحله دوم پالایش شاخص‌ها نام دارد؛ از چالش‌های ارزیابی مؤسسات آموزش عالی عدم توجه به تفاوت آنها و دیدگاه مدیرانی است که در دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی مشغول به فعالیت هستند. پژوهشها نشان داده است اهمیت شاخص‌های ارزیابی عملکرد بر اساس نظرات این مدیران متفاوت است؛ این تفاوتها می‌تواند به دلیل ماهیت سرمایه گذاری(خصوصی،دولتی)؛ تأمین فضا، امکانات و همچنین کیفیت علمی و تحصیلی دانشجویان ورودی به آنها باشد(داوود آبادی وهمکاران،

۱۳۹۹). بنابراین تعیین شاخص‌های مناسب برای ارزیابی عملکرد مؤسسات آموزش عالی از اهمیت ویژه ای برخوردار است؛ براین اساس برای پالایش شاخص‌های شناسایی شده مرحلهٔ قبل، نظرات خبرگان مؤسسات آموزش عالی از طریق پرسشنامه محقق ساخته(الف) احصا شده است.

گام دوم شامل شناسایی سازه های ورودی و خروجی به کمک تحلیل عاملی است؛ در مرحله اول این گام، به شناسایی سازه‌های ورودی وخروجی به DEA هم‌راستا با مناظر BSC انجام شد؛ در این مرحله شاخص‌های نهایی مرحله قبل، بر اساس مناظر کارت امتیازی به سازه‌های ورودی و خروجی تحلیل پوششی داده‌ها تقسیم شدند. بنابراین کاهش تعداد شاخص‌ها و تشکیل متغیرهای مکنون ورودی و خروجی بر اساس مناظر کارت امتیازی متوازن می‌تواند در عین جامعیت شاخص‌ها برای ارزیابی عملکرد، بهبود تفکیک پذیری واحدهای تصمیم‌گیر را به همراه داشته باشد؛ برای این منظور پرسشنامه (ب) طراحی و در اختیار خبرگان قرار گرفت تا میزان توافق خود را برای در نظر گرفتن شاخص‌های نهایی شده مرحله قبل– به عنوان ورودی یا خروجی تحلیل پوششی داده‌ها –بر اساس مناظر کارت امتیازی متوازن بیان نمایند. در تحلیل داده‌های این مرحله، از تحلیل عاملی مرتبه اول استفاده شد.

مرحلهٔ سوم این گام شامل بررسی برازش مدلهای اندازه‌گیری است؛ برازش مدل، روشی برای سنجش میزان سازگاری یک الگوی نظری (تئوریک) با یک الگوی تجربی است. برای بررسی برازش مدل از شاخص‌هایی چون NFI و AGFI همراه با RMSEA استفاده شده است.

گام سوم،شامل محاسبه مقادیر سازه‌ها توسط سیستم استنتاج فازی(FIS) است؛اکنون سازه‌های مکنون –که به عنوان ورودی و خروجی مدل تحلیل پوششی داده‌ها هستند– شناسایی شدند؛ برای محاسبه مقادیر سازه‌ها از سیستم استنتاج فازی ممدانی استفاده شد؛ سیستم ممدانی می‌تواند با استفاده از مجموعه‌های فازی و منطق فازی، مجموعه کاملاً غیرساختاری از تجربه های زبانی را به یک الگوریتم تبدیل کند. مکانیزم استنتاج، براساس شناخت متغیرهای ورودی و قواعد ارائه شده خروجی، مدل فازی را تولید می کند.

مرحله اول این گام فازی سازی است؛ در مرحله فازی سازی معین می شود که درجهٔ عضویت هر ورودی که در دامنهٔ مجموعهٔ فازی قرار دارد، در تابع عضویت متناظر آن چقدر است (زیمزمن[1]،۲۰۱۱).شاخص های سازنده سازه‌ها به عنوان ورودی سیستم استنتاج فازی در نظر گرفته شده و خروجی آن نیز مقدار سازه ی است که شاخص‌ها، آن را تبیین نموده اند. برای تبدیل متغیرهای زبانی به فازی و تعیین درجه عضویت‌ها با مجموعه‌های فازی بر اساس نظر خبرگان سه

1- Zimmermann

سطح برای ورودی‌ها ی سیستم استنتاج فازی انتخاب شده است. برای تدوین توابع عضویت مجموعه های فازی میزان هر یک از شاخص‌ها از بانک اطلاعاتی مؤسسات آموزش عالی مورد مطالعه، احصا و کمترین و بیشترین مقدار هر شاخص برای ساخت مجموعه فازی مثلثی به شرح توابع عضویت زیر به کار گرفته شد.

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

روابط زیر ورودی‌ها را به یک تابع عضویت[1] به سه مقدار فازی پایین[2]،متوسط[3] و بالا[4] تبدیل می کند.

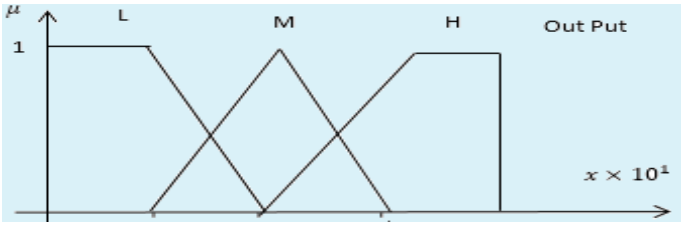
$$\mu_L = \begin{cases} 1 & x < min \\ \frac{center - x}{center - min} & min \leq x \leq center \\ 0 & x > center \end{cases}$$ رابطه (۱)

$$\mu_M \begin{cases} 0 & x < min \\ \frac{x-min}{center-min} & inf \leq x \leq center \\ \frac{max-x}{max-center} & center \leq x \leq max \\ 0 & x > max \end{cases}$$ رابطه (۲)

$$\mu_H = \begin{cases} 0 & x < center \\ \frac{x - center}{max - center} & min \leq x \leq center \\ 1 & x > max \end{cases}$$ رابطه (۳)

در ادامه به بررسی خروجی سیستم استنتاج فازی و متغیرهای کلامی مناسب آن می‌پردازیم. برای بیان مقادیر سازه‌ها از متغیر های زبانی کم، متوسط و زیاد استفاده شد. با استناد به نظر خبرگان مؤسسات آموزش عالی مورد مطالعه، سه مجموعه فازی برای خروجی سیستم استنتاج فازی تشکیل شد. نتایج به شرح شکل (شماره۲)گزارش می گردد.

1- Membership Function
2- Law
3- Moderate
4- High



شکل۲ : مقادیر کلامی سازه‌های ورودی و خروجی DEA (خروجی سیستم ممدانی)

Figure 2:
Verbal values of DEA input and output structures (Mamdani system output)

مرحله دوم شامل ساختن قوانین فازی می‌باشد؛ برای محاسبه خروجی‌ها قوانین تعریف می‌شوند؛ این قوانین که به شکل "IF…THEN…" تعریف می شوند، شاخص‌های ورودی سیستم استنتاج فازی را به خروجی وصل می کنند. قوانین طوری تدوین می‌شوند تا سیستم را با استفاده از متغیرهای کلامی به جای فرمول های ریاضی توصیف نمایند. بخش IF به عنوان پیشین و بخش THEN به عنوان نتیجه معرفی می‌شوند(همان ماخذ).در استنتاج فازی ممدانی قوانین به صورت زیر تعریف می شوند:

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

که XوYو... ورودی‌ها ی سیستم و Z و... خروجی های آن هستند. همچنین استلزام قواعد بر اساس رابطه زیر محاسبه می شود.

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

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

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

در گام تجمیع برای محاسبه خروجی، زیر مجموعه های فازی بایکدیگر ترکیب می شوند؛ در نتیجه برای هر خروجی زیر مجموعهٔ فازی تشکیل می شود. بنابراین هدف جمع همه خروجی قاعده ها برای تشکیل خروجی کل سیستم است. لذا عملگر Max به صورت زیر محاسبه می گردد:

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

برای ساخت قوانین از نظرات پنج خبره مؤسسات آموزش عالی شهرستان سمنان(۲ استاد تمام و ۱ دانشیار، با بیش از ۲۵ سال سابقه مدیریتی و مدرک تحصیلی مرتبط و ۲ نفر از کارشناسان با سابقه دفتر نظارت و ارزیابی دانشگاه مادر استان) استفاده شد. وزن قوانین با توجه به فراوانی خبرگانی که در تدوین هر قانون نقش داشته اند محاسبه شد. به‌طوری‌که اگر یک نفر در تدوین قانون نقش داشته باشد وزن ۰,۲و چنانچه هر پنج خبره در این خصوص نقش داشته باشند مقدار وزن ۱ را به خود اختصاص می‌دهد.

در مرحلهٔ سوم به فازی‌زدایی می پردازیم؛ پس از محاسبه خروجی‌های فازی، مقادیر برای استفاده هرچه ساده تر به اعداد قطعی تبدیل می شوند، این عمل را فازی‌زدایی گویند(داوود آبادی و همکاران، ۱۳۹۹). روش‌های متنوعی برای فازی‌زدایی وجود دارد. در این پژوهش، روش مرکز ثقل[1] برای فازی‌زدایی استفاده شد.

$$Z^* = \frac{\int \mu_{\tilde{A}}(Z).z d_z}{\int \mu_{\tilde{A}}(Z) d_z}$$

گام چهارم، شامل ارزیابی عملکرد و بررسی قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر با مدل پیشنهادی پژوهش است؛ پس از ادغام شاخص‌ها و محاسبه مقادیر سازه‌های ورودی و خروجی، نوبت به بررسی عملکرد واحدهای تصمیم مورد مطالعه، توسط مدل ریاضی تحلیل پوشش داده‌ها می رسد. در این پژوهش بیست و چهار مؤسسهٔ آموزش عالی استان سمنان برای ارزیابی عملکرد انتخاب شدند. مدل مورد استفاده برای ارزیابی CCR خروجی محور است. علت استفاده خروجی محور این است که به دانشگاه ها مقادیر ثابتی از منابع، بودجه و دانشجو داده می‌شود و خروجی تا حد امکان از آنها خواسته می شود؛ از این رو دانشگاه ها در تعیین میزان ورودی‌های خود نقش چندانی ندارند. ولی خروجی‌هایشان به فعالیت‌ها و نحوهٔ تخصیص منابع به بخش‌های مختلف بستگی دارد. همچنین برای اطمینان از قدرت تفکیک پذیری واحدهای تصمیم، مدل پیشنهادی با چهار روش مرسوم کاهش شاخص‌های ورودی و خروجی به تحلیلی پوششی داده‌ها، شامل استفاده از میانگین ساده، استفاده از میانگین وزنی به کمک تحلیل سلسه مراتبی داده ها[2]، کاهش ورودی و خروجی‌ها توسط تجزیه به مؤلفه‌های اصلی[3] و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی وزن دار[4] مقایسه شد.

1- Centroid
2- AHP
3- PCA
4- WPCA

ابزار و روش

تحقیق حاضر از نظر هدف، کاربردی- توسعه ای و از حیث روش، در زمرۀ پژوهش‌های توصیفی- تبیینی جای دارد؛ زیرا علاوه بر شناخت وضعیت فعلی به تبیین مدل ارزیابی عملکرد و شناخت روابط بین شاخص‌ها می پردازد. جامعه آماری شامل رؤسا، معاونان آموزشی، پژوهشی، دانشجویی و مالی مؤسسات آموزش عالی و کارشناسان دفتر ارزیابی و نظارت دانشگاه مادر شهرستان سمنان است. جمع آوری داده‌ها از طریق دو پرسشنامۀ (الف) برای پالایش شاخص‌ها و پرسشنامۀ (ب) برای تعیین سازه‌های ورودی و خروجی به مدل تحلیل پوششی داده‌ها به همراه مصاحبه از ۵ نفر از خبرگان منتخب برای تدوین قوانین استنتاج فازی انجام شده است. مستند به فرمول کوکران، برای تعیین حجم نمونۀ مناسب برای پرسشنامه (الف) و با نظر به تحلیل عاملی استفاده شده در پرسشنامه (ب) و استناد به فرمول $5q \leq n \leq 15q$ تعداد ۵۷ نفر به عنوان نمونۀ آماری انتخاب شدند. برای اطمینان از روایی، پرسش‌نامه‌ها بین چند نفر از افراد توزیع و پس از ابهام‌زدایی و اطمینان از روایی محتوا ، در بین نمونه آماری توزیع گردید. پایایی پرسشنامه (الف) توسط آلفای کرونباخ مورد ارزیابی قرار گرفت. مقادیر برای شاخص‌های مالی، مشتری، فرآیندهای داخلی و رشد و یادگیری و کل پرسشنامه به ترتیب ۰,۷۷؛۰,۸۴؛۰,۷۶؛ ۰,۸۴ و۰,۸۵ محاسبه شد. همچنین پایایی ترکیبی[1] برای پایداری درونی سازه‌های منتج از پرسشنامه(ب) محاسبه شد. در این خصوص مقادیر محاسبه شده به ترتیب ۰,۹۰؛۰,۸۵؛۰,۹۲ و ۰,۸۷ است که بیشتر از ۰,۷ و مورد پذیرش است. همچنین برای تست قدرت تفکیک پذیری مدل پیشنهادی و با در نظر گرفتن حداقل سه برابر بودن واحدهای تصمیم نسبت به مجموع ورودی و خروجی‌ها تعداد ۲۴ مؤسسۀ آموزش عالی شهرستان سمنان برای این منظور انتخاب شدند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

یافته ها

برای شناسایی شاخص‌های مناسب ارزیابی عملکرد بر اساس مناظر کارت امتیازی متوازن، شاخص‌ها از ادبیات احصا و مورد پالایش قرارگرفتند. همانطور که در جدول (شماره۳) ملاحظه می شود با استناد به نظر خبرگان، تناسب هر یک از شاخص‌ها با شرایط مؤسسات آموزش عالی به استناد آزمون t مورد بررسی قرار گرفته است.

1- Composite Reliability

جدول۳: شاخص های مناسب مؤسسات آموزش عالی بر اساس مناظر BSC و آزمون t

Table 3:

Appropriate indicators of higher education institutions based on BSC landscapes

مناظر BSC	شماره	شاخص‌ها Indicator	ماهیت type Input,output	حد بالا upper band	حد پایین Lower band	Sig
مالی Financial	۱	بودجه آموزشی Incoming education budget	I	1.1	0.55	0.000
	۲	بودجه پژوهشی Incoming research budget	I	1.09	0.53	0.000
	۳	درآمدهای پژوهشی outgoing research income	O	1.33	0.82	0.000
	۴	درآمدهای جانبی Output side income	O	1.20	0.62	0.000
مشتری Customer	۱	تعداد ورودی کاردانی و کارشناسی The number of incoming associate and bachelor's degrees	I	1.17	0.68	0.000
	۲	تعداد ورودی تحصیلات تکمیلی Number of incoming graduate students	I	0.96	0.38	0.000
	۳	تعداد فارغ التحصیلان کاردانی و کارشناسی The number of outgoing associate and bachelor graduates	O	1.03	0.45	0.000
	۴	تعداد فارغ التحصیلان تحصیلات تکمیلی The number of outgoing postgraduate graduates	O	1.12	0.57	0.000
	۵	درصد قبولی در تحصیلات تکمیلی The percentage of passing in graduate studies	O	1.06	0.49	0.000
	۶	تعداد مقالات چاپ شده در همایش ها The number of articles published in outgoing conferences	O	1.24	0.66	0.000
	۷	تعداد مقالات چاپ شده ترویجی و پژوهشی صرفاً با نویسنده دانشجو The number of published promotional and research articles solely with outgoing student authors	O	1.43	0.96	0.000
فرآیندهای داخلی Internal processes	۱	تعداد گرایش های ارائه شده Number of orientations offered input	I	0.74	0.10	0.010
	۲	تعداد هیأت علمی جذب شده Number of incoming faculty members	I	1.13	0.62	0.000
	۳	تعداد منابع کتابخانه ای Number of input library resources	I	1.34	0.83	0.000
	۴	میزان منابع آزمایشگاهی و کارگاهی The amount of input laboratory and workshop resources	I	0.84	0.31	0.000
	۵	تعداد طرح های با دیگر دانشگاه ها و صنعت Number of projects with other universities and output industry	O	1.12	0.39	0.000
	۶	تعداد هیات علمی ارتقاء یافته The number of upgraded academic staff	O	1.15	0.57	0.000
	۷	میانگین نمره ارزشیابی کارکنان The average evaluation score of outgoing employees	O	1.05	0.36	0.000
	۸	میانگین نمره ارزشیابی اساتید The average evaluation score of outgoing professors	I	1.04	0.40	0.000

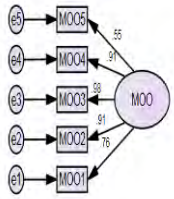
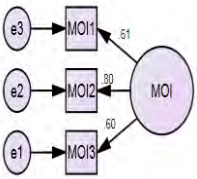
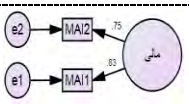
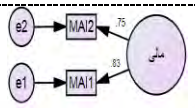
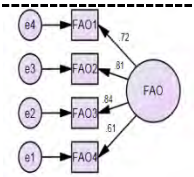
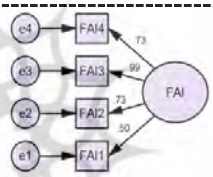
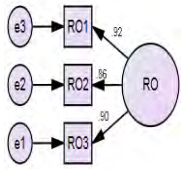
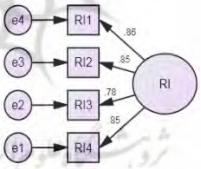
رشد و یادگیری Growth and learning	۱	تعداد دورههای آموزشی برای توانمندسازی کارکنان Number of training courses to empower incoming employees I	0.96	0.45	0.000
	۲	تعداد کارگاه های برگزار شده آموزشی اعضاء هیات علمی The number of educational workshops held by incoming faculty members I	1.09	0.56	0.000
	۳	تعداد فعالیتهای دانشجویی در دسترس از طریق سامانه های IT Number of student activities available through input IT systems I	0.85	0.24	0.001
	۴	میزان دسترسی فضای مجازی برای آموزش الکترونیک The accessibility of virtual space for incoming electronic education I	1.16	0.67	0.000
	۵	تعداد کنفراسهای علمی برگزار شده The number of held scientific conferences O	1.00	0.47	0.000
	۶	تعداد مقالات چاپ شده اعضاء هیات علمی بدون نویسنده دانشجو The number of articles published by faculty members without outgoing student authors O	1.09	0.53	0.000
	۷	تعداد پایان نامه های دفاع شده The number of defended theses output O	1.08	0.57	0.000

نظر به مثبت بودن حد بالا و پایین، میزان نمرهٔ هر شاخص از مقدار میانگین مد نظر بیشتر بوده در نتیجه شاخص‌های فوق برای مراحل بعدی پژوهش مناسب ارزیابی شده و مورد استفاده قرار می گیرند. لازم به ذکر است برای جلوگیری از افزایش حجم مطالب، صرفاً شاخص های مناسب ارزیابی عملکرد مؤسسات آموزش عالی که در (جدول شماره۱) از ادبیات احصا شده بود در (جدول شماره ۳) ارائه شده است. گام بعدی شامل شناسایی سازه‌هایی است که حکم ورودی و خروجی به مدل تحلیل پوششی داده‌ها را دارند. بنابراین شاخص‌های پالایش شده توسط تحلیل عاملی مرتبهٔ اول عامل بندی شدند؛ نتایج حاصله به شرح جدول (شماره ۴)گزارش می گردد:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول٤: تحلیل عاملی سازه های منتج از منظر BSC بر اساس ورودی و خروجی های DEA

Table 4: Factor analysis of resulting structures from the perspective of BSC based on DEA

خروجی هاOutputs					کارت امتیازی متوازن Balanced Scorecard					ورودی هاInputs		
خروجی Amos	pvalue	بارعاملی factor load	مناظر Sights		خروجی Amos			pvalue	بارعاملی factor load	مناظر Sights		
	***	0.55	مشتری Customer					***	0.61	مشتری Customer		
	***	0.91						***	0.80			
	***	0.98						***	0.70			
	***	0.91										
	***	0.76										
0.96 0.96 0.03	AGFI	CFI	RMSEA		0.97 0.95 0.04			AGFI	CFI	RMSEA		
	***	0.84	مالی Financial					***	0.75	مالی Financial		
	***	0.72						***	0.83			
0.99 0.98 0.02	AGFI	CFI	RMSEA		0.98 0.97 0.05			AGFI	CFI	RMSEA		
	***	0.72	فرایند داخلی Internal processes					***	0.73	فرایند داخلی Internal processes		
	***	0.81						***	0.99			
	***	0.84						***	0.73			
	***	0.60						***	0.50			
0.98 0.96 0.04	AGFI	CFI	RMSEA		0.97 0.98 0.06			AGFI	CFI	RMSEA		
	***	0.96	رشد و یادگیری Growth and learning					***	0.86	رشد و یادگیری Growth and learning		
	***	0.82						***	0.85			
	***	0.90						***	0.78			
								***	0.85			
0.98 0.99 0.02	AGFI	CFI	RMSEA		0.98 0.96 0.05			AGFI	CFI	RMSEA		

با توجه به نتایج حاصله و برای اطمینان، صرفاً بارهای عاملی قوی(۰,۶ و بیشتر) برای استفاده در مراحل بعدی در نظر گرفته شدند. لازم به ذکر است: با توجه به اینکه مقادیر آماره t در تمامی موارد از ۱,۹۶ بیشتر و مقادیر برازشها مناسب است، لذا روابط مورد پذیرش و مدل‌ها، نهایی تلقی می گردند. پس از شناسایی سازه‌ها و تأیید آنها نوبت به محاسبه مقادیر سازه‌ها می رسد. در این خصوص از سیستم استنتاج فازی ممدانی کمک گرفته شد. بازه های فازی متغیرهای کلامی شامل کمترین(Min) و بیشترین(Max) مقدار هر شاخص مشخص و با استناد به روابط(۱و۲و۳) تابع عضویت به شرح جدول (شماره ۴) معین گردید.

جدول۵ : مقادیر کلامی و اعداد فازی تعریف شده برای شاخص‌های سازه‌های ورودی

Table 5: Verbal values and fuzzy numbers defined for indices of input structures

ماهیت سازه Type of structure	سازه ها Structures	متغیر کلامی Verbal variable	اعداد فازی Fuzzy numbers		
			شاخص1 Index 1	شاخص2 Index 2	شاخص3 Index 3
ورودی Input	مالی Financial	کم(L)	(500-500-2250)	(300-300-1650)	-
		متوسط(M)	(500-2250-4000)	(300-1650-3000)	-
		زیاد(H)	(2250-4000-4000)	(1650-3000-3000)	-
	مشتری Customer	کم(L)	(22-22-51)	(31-31-67)	(54-54-105)
		متوسط(M)	(22-51-80)	(31-66.5-102)	(54-105-156)
		زیاد(H)	(51-80-80)	(67-102-102)	(105-105-156)
	فرآیند داخلی Internal processes	کم(L)	(12-12-22)	(4-4-8)	(300-300-1550)
		متوسط(M)	(12-18-32)	(4-8-12)	(300-1550-2800)
		زیاد(H)	(22-32-32)	(8-12-12)	(1550-2800-2800)
	رشد و یادگیری Growth and learning	کم(L)	(1-3.5-3.5)	(1-2.5-2.5)	(4-4-8)
		متوسط(M)	(1-3.5-6)	(1-2.5-4)	(4-8-12)
		زیاد(H)	(3.5-6-6)	(3.5-4-4)	(8-12-12)
خروجی Output	مالی Financial	کم(L)	(0-0-250)	(300-300-650)	-
		متوسط(M)	(0-250-500)	(300-650-1000)	-
		زیاد(H)	(250-500-500)	(650-1000-1000)	-
	مشتری Customer	کم(L)	(31-31-68)	(64-64-117)	(5-5-10)
		متوسط(M)	(31-67.5-104)	(64-117-170)	(5-9.5-14)
		زیاد(H)	(68-104-104)	(117-170-170)	(10-14-14)
	فرآیند داخلی Internal processes	کم(L)	(0-0-2)	(1-1-3)	(68-68-75)
		متوسط(M)	(0-2-4)	(1-3-5)	(68-75-82)
		زیاد(H)	(2-4-4)	(3-5-5)	(75-82-82)
	رشد و یادگیری Growth and learning	کم(L)	(0-0-1)	(8-8-17)	(0-0-70)
		متوسط(M)	(0-1-2)	(8-16.5-25)	(0-70-140)
		زیاد(H)	(1-2-2)	(17-25-25)	(70-140-140)

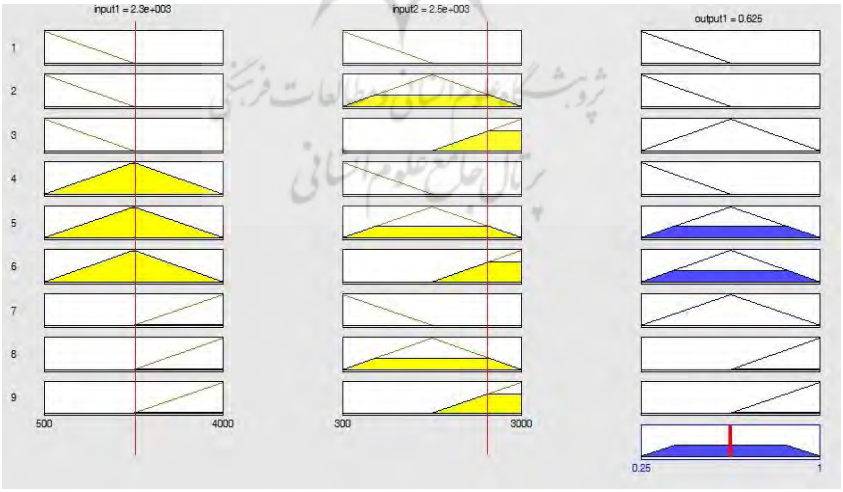
پس از مشخص شدن ورودیهای سیستم استنتاج فازی (شاخص‌های تشکیل‌دهنده سازه‌های ورودی و خروجی تحلیل پوششی داده ها) مقادیر سازه‌ها –که حکم خروجی سیستم استنتاج فازی را دارند– محاسبه گردید. برای محاسبهٔ مقادیر سازه‌ها احتیاج به تدوین قوانین سیستم استنتاج فازی است. با توجه به دو شاخص معین شده برای سازه مالی و سه متغیر کلامی در نظر گرفته شده برای آن، حداکثر قوانین قابل احصا برای سازه مالی (۳۲) و برای دیگر سازه‌ها – که دارای سه شاخص و سه متغیر کلامی هستند–(۳۳) است؛ برخی قواعد به شرح جدول (شماره۶)گزارش می گردد:

جدول٦ : برخی قواعد تدوین شده برای سازه‌ها در پایگاه قواعد ممدانی

Table 6: Some rules developed for structures in the Mamdani rules database

سازه ورودی Entrance structures	سازه خروجی Output structure	Rule	شاخص1 Index 1	شاخص2 Index 2	شاخص 3 Index 3		برای شاخص‌های ورودی For input indexes	برای شاخص‌های خروجی For output indexes
مالی Financial	مالی Financial	قاعده1 اگر if	L	L	–	آنگاه then	L	L
		⋮	⋮	⋮	–	⋮	⋮	⋮
		قاعده9 اگر if	H	H	–	آنگاه then	H	H
⋮	⋮	⋮	⋮			⋮	⋮	⋮
رشد و یادگیری growth and learning	رشد و یادگیری growth and learning	قاعده1 اگر if	L	L	L	آنگاه then	L	L
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
		قاعده27 اگر if	H	H	H	آنگاه then	H	H

در ادامه، با ورود داده‌های منتج از پایگاه اطلاعاتی مؤسسات آموزش عالی به سیستم استنتاج ممدانی، مقادیر سازه‌ها(خروجی استنتاج فازی) محاسبه شد. نظر به اینکه برای هر ۲۴واحد تصمیم‌گیر باید مقدار ۸ سازه ورودی و خروجی محاسبه شود، در نتیجه ۱۹۲ بار استنتاج فازی انجام شد که به علت حجم بالا، صرفاً مقدار سازه مالی ورودی مختص به DMU شماره ۳ در شکل(شماره۳) نشان داده شده است.



شکل۳: مقدار محاسبه شده برای سازه ورودی مالی در DMU شماره۳

Figure 3: The value calculated for the financial input structure in DMU No. 3

از این مقادیر در گام چهارم برای ارزیابی عملکرد مؤسسات آموزش عالی مورد مطالعه و مقایسهٔ نتایج قدرت تفکیک‌پذیری با دیگر مدل‌های مورد بحث استفاده شد؛ نتایج به شرح جدول (شماره ۷) گزارش می گردد:

جدول۷: مقایسه نتایج مدل پیشنهادی

Table 7: Comparison of the results of the proposed model

واحد تصمیم گیر decision making unit	DEA	DEA Mean	DEA AHP	DEA PCA	DEA WPCA	DEA FIS-FA-BSC
DMU_1	1	1	1	0.801	0.967	0.636
DMU_2	1	0.819	0.753	0.959	0.996	0.693
DMU_3	1	1	1	1	1	1
DMU_4	1	0.706	0.718	0.781	0.968	0.599
DMU_5	1	1	1	1	1	1
DMU_6	1	1	1	0.993	1	0.958
DMU_7	1	1	1	1	1	1
DMU_8	1	1	1	1	1	1
DMU_9	1	0.683	0.718	0.812	0.957	0.441
DMU_{10}	1	0.969	1	0.896	0.968	0.406
DMU_{11}	1	1	1	1	1	1
DMU_{12}	1	1	1	1	1	1
DMU_{13}	1	1	1	1	1	1
DMU_{14}	1	1	1	1	1	1
DMU_{15}	1	0.745	0.833	1	0.991	0.297
DMU_{16}	1	0.901	0.948	0.939	0.971	0.446
DMU_{17}	1	0.814	0.695	0.968	0.989	0.584
DMU_{18}	1	1	1	0.698	0.938	0.754
DMU_{19}	1	1	1	1	0.996	1
DMU_{20}	1	0.710	0.766	0.721	0.958	0.668
DMU_{21}	1	1	0.683	1	1	0.834
DMU_{22}	1	1	0.926	1	1	0.682
DMU_{23}	1	1	1	1	1	1
DMU_{24}	1	1	1	0.726	0.947	0.644
میانگین Average	1	0.931	0.918	0.929	0.985	0.780

همانطور که ملاحظه می‌شود مدل پیشنهادی دارای کمترین میانگین است؛ در نتیجه به نظر می‌رسد تفکیک بهتری را در نمره کارایی واحدهای تصمیم‌گیر ایجاد نموده است؛ برای بررسی وجود تفاوت معنادار بین میانگین مدل‌های مختلف ارائه شده از آزمون کروسکال والیس استفاده شد.

$$\begin{cases} H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 \\ H_1: \text{لااقل بین دو میانگین تفاوت وجود دارد} \end{cases}$$

جدول۸: نتایج آزمون کروسکال- والیس

Table 8: Kruskal-Wallis test results

مدل ها models	تعداد Number	میانگین رتبه average rank	نمره کارایی مدل ها Efficiency score of the models	
DEA/FA-FIS-BSC	24	48.29	کای مربع chi square	24.449
DEA-PCA	24	68.40	درجه آزادی Degrees of freedom	5
DEA-WPCA	24	72.60	سطح معناداری	0.000
DEA-AHP	24	71.21	Significance level	
DEA-Mean	24	75.00		
DEA	24	99.50		

سطح معناداری محاسبه شده در جدول(شماره ۸) کمتر از ۰,۰۵ است؛ لذا ادعای همسان بودن میانگین کارایی‌ها در مدل‌ها رد می شود. باتوجه به اینکه میانگین رتبهٔ کارایی در مدل پیشنهادی پژوهش از سایر مدلها کمتر است، در نتیجه قدرت تفکیک بیشتری ایجاد شده است. در ادامه تعداد واحدهای تصمیم‌گیر کارا و ناکارا نیز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج در جدول(شماره۹) ارائه شده است.

جدول۹ : مقایسه تعداد واحدهای کارار و ناکارا در مدل های مختلف

Table 9: Comparison of the number of working and inefficient units in different models

مؤسسات آموزش عالی ناکارا Inefficient higher education institutions		مؤسسات اموزش عالی کارا Effective higher education institutions		**مدل ها** models
درصد Percent	تعداد Number	درصد Percent	تعداد Number	
0%	0	100%	24	DEA
33%	8	67%	16	DEA-Mean
37.5%	9	62.5%	15	DEA-AHP
46%	11	54%	13	DEA-PCA
46%	11	54%	13	DEA-WPCA
48%	14	42%	10	DEA/FA-FIS-BSC

با توجه به محاسابات جدول(۹) تعداد واحدهای کارا در مدل پیشنهادی نسبت به دیگر مدلها کاهش یافته است؛ در نتیجه مدل پیشنهادی دارای قدرت تفکیک پذیری بیشتری است. همچنین

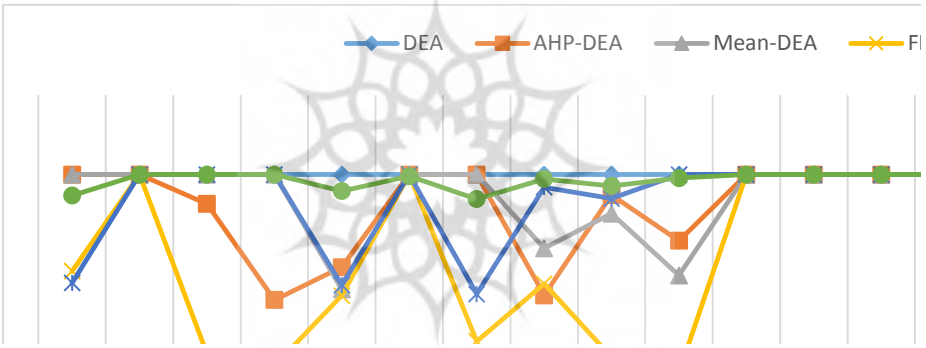
مستند به محاسبات ارائه شده درجدول(۱۰) ضرایب پراکندگی نمرهٔ مدل پژوهش از دیگر مدل‌ها بالاتر است که نشان از تفکیک بهتر واحدهای تصمیم‌گیر دارد.

جدول۱۰: ضرایب پراکندگی مدل ها

Table 10: Dispersion coefficients of the models

مدل ها models	DEA	DEA Mean	DEA AHP	DEA PCA	DEA WPCA	DEA FA-FIS-BSC
انحراف معیار standard deviation	0	0.112	0.120	0.105	0.02	0.221

پراکندگی ایجاد شده در نمرات حاصل از مدل پیشنهادی نسبت به دیگر مدل‌های مورد بررسی به صورت عینی نیز در شکل(شماره ۳) منعکس شده است.



شکل٤: پراکندگی نمره کارایی در مدل های کاهش ورودی و خروجی

Figure 4: Performance score scatter in input and output reduction models

بحث و نتیجه گیری:

سازمانها با توجه به محیط پیچیده و رقابتی کنونی دریافتند برای حفظ بقا و پیشرفت، باید جنبه‌های مختلف سازمان خود را ارزیابی نموده و از توجه صرف به جنبهٔ مالی پرهیز نمایند؛ بنابراین در سیر تکامل مدل‌های ارزیابی عملکرد، توجه به جامعیت شاخص‌ها و جنبه‌های مختلف ارزیابی عملکرد در دستور کار پژوهشگران بوده است. در این مقاله تلاش شد مدل ارزیابی عملکرد مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها – با شناسایی شاخص‌های متنوع و در نظرگرفتن ابعاد مختلف سازمانی به اتکای کارت امتیازی متوازن همراه با قدرت تفکیک مناسب واحدهای تصمیم‌گیر– توسعه پذیرد. زیرا در اغلب پژوهش‌های پیشین، به دلیل ترس از عدم تفکیک پذیری واحدهای تصمیم‌گیر از

شاخص‌های محدودی استفاده شده است؛ این ضعف ناشی از کاهش نسبت تعداد واحدهای مورد ارزیابی به تعداد ورودی و خروجی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها است؛ به عبارتی تعداد زیاد ورودی‌ها و خروجی‌ها باعث کاهش قدرت تفکیک‌پذیری واحدهای تصمیم‌گیر شده است. بنابراین تمرکز بر جامعیت شاخص‌ها و کاهش ورودی و خروجی‌ها با حفظ اطلاعات مستخرج از آنها در دستور کار تحقیق بوده است. نقطهٔ قوت پژوهش حاضر را می‌توان در تلفیق استفاده از رویکردهای ذهنی و عینی –برای کاهش متغیرها نسبت به سایر پژوهش ها– دانست. در رویکرد ذهنی، قضاوت‌های عقلایی خبرگان مبنای تعیین اهمیت شاخص‌ها برای ادغام و غربالگری است؛ در این خصوص ژولنی و رول(۱۹۸۹)،عادل آذر و نوبهار(۱۳۹۴)، حسینی عراقی و همکاران(۱۳۹۵)،صفری و همکاران(۱۳۹۶)،گوتا و همکاران[1](۲۰۱۸)،قوامی و همکاران(۲۰۱۹)، وانگ[2](۲۰۱۹) با تکیه بر نظرات خبرگان از تکنیکهای عمدتاً تصمیم‌گیری چند معیاره –برای تعیین اهمیت ورودی‌ها و خروجی‌ها وکاهش آنها– استفاده کردند؛ درنتیجه توجه به الگوی توزیع داده‌ها و روابط آماری در این دسته از تحقیقات مغفول مانده است. بنابراین پژوهش حاضر –علاوه بر استفاده از نظرات خبرگان با اتکا به سیستم استنتاج فازی– از ابزارهای رویکرد عینی نیز برای جبران این نقیصه استفاده نموده است؛ در رویکرد عینی، کاهش شاخص‌ها صرفاً بر پایه الگوی توزیع داده‌ها وروش‌های همبستگی آماری دنبال شده است؛ در این خصوص ژو و همکاران(۱۹۹۸)، آدلر و گلانی(۲۰۰۲)، ژو و هونگ(۲۰۱۱)، دنگ(۲۰۲۰)،وو همکاران[3](۲۰۲۱) با در نظر گرفتن الگوی داده‌ها و استفاده از ماتریس همبستگی داده‌ها و به کمک تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تحلیل عاملی و ضرایب همبستگی به کاهش تعداد متغیرهای ورودی و خروجی تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند؛ بنابراین در پژوهش حاضر نیز از ابزار تحلیل عاملی برای در نظر گرفتن الگوی داده‌ها استفاده شده است. مدل پیشنهادی برای فائق آمدن بر کاستی‌های موجود از تلفیق هم‌زمان رویکردهای عینی و ذهنی با اتکا به تحلیل عاملی و سیستم استنتاج فازی ممدانی بهره برده است. این امر می‌تواند توجه به الگوی داده‌ها و عقلانیت موجود در نظرات خبرگان را در ترکیب با یکدیگر به همراه داشته و دقت و اتعطاف مناسبی را برای تعیین مقادیر ورودی و خروجی به تحلیل پوششی داده‌ها فراهم نماید.

نتایج شامل شناسایی بیست و دو شاخص نهایی، شامل یازده شاخص با ماهیت ورودی و یازده شاخص با ماهیت خروجی است که در چهار سازهٔ ورودی و چهار سازهٔ خروجی هماهنگ با مناظر مالی، مشتری، فرآیندهای داخلی و رشد و یادگیری کارت امتیازی متوازن احصا شده‌اند. همچنین

1- Gupta etal
2- Wang etal
3- Wu etal

برای تست قدرت تفکیک پذیری از مدل‌های EA-CLassic، در حیطه رویکرد ذهنی(DEA-AHP وDEA-Mean) رویکرد عینی (DEA-PCA) رویکرد عینی- ذهنی(DEA-WPCA) برای مقایسه استفاده شد. مدل پیشنهادی توانست تعداد واحدهای کارا در مدل‌های ذکر شده را به ترتیب از بیست و چهار، هجده، یازده و هشت واحد به شش واحد کارا کاهش داده است. همچنین آزمون نمرات حاصل از مدل‌ها توسط آزمون کروسکال والیس اختلاف معناداری را در میانگین کارایی مدل ها نشان داده و کمترین میانگین را به مدل پیشنهادی اختصاص داده است که نشان از تفکیک مناسب واحدهای تصمیم‌گیر دارد. بنابراین توصیه می شود از مدل پیشنهادی –در مواقعی که تعداد واحدهای تصمیم نسبت به ورودی و خروجی‌ها کم است- استفاده شود. از طرفی قابلیت‌های سیستم استنتاج فازی شرایط استفاده هم‌زمان از شاخص‌های کمی و کیفی برای ساخت سازه‌های ورودی و خروجی را فراهم می آورد. در نتیجه مزیت مهمی برای استفاده از مدل، هنگامی‌که محققان با متغیرهای کیفی مواجه هستند فراهم می آورد. به منظور توسعهٔ مدل پیشنهاد می گردد تعیین وزن قوانین و توابع عضویت مورد استفاده، بررسی شوند. استفاده از سیستم فازی عصبی در تدوین قوانین –برای ارزیابی مستمر سالانه- و حل چند مثال عددی- برای بررسی قدرت تفکیک پذیری در مقایسه با دیگر مدل‌های کاهش شاخص‌ها- پیشنهاد می گردد. همچنین استفاده از نسخه های جدیدتر کارت امتیازی متوازن با مناظر گوناگون برای ارزیابی هر چه جامع‌تر سازمان می‌تواند مفید واقع شود.در خصوص بهبود عملکرد مؤسسات آموزش عالی با توجه به یافته ها پیشنهادهایی چون تلاش در جذب منابع مالی از طریق برگزاری کارگاه های آموزشی کوتاه مدت،کلاس های ضمن خدمت برای ارگان‌ها، سمینارها، قراردادهای پژوهشی با صنعت، تلاش برای بهبود رتبه علمی استادان، برنامه‌ریزی در خصوص طرح های بهبود توانمندی کارکنان، افزایش برگزاری کنفرانس‌های ملّی و بین المللی؛ طراحی شیوه‌های انگیزشی برای ترغیب اعضای هیأت علمی در تولید علم و نگارش مقالات علمی، همچنین بررسی مشکلات دانشجویان دارای سنوات و کمک به آنها برای اتمام هرچه زودتر دورهٔ تحصیلی خود ارائه می گردد.

تعارض منافع: نویسندگان هیچگونه تعارض منافع ندارند.

References

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(1), 107132. **doi:10.1016/ j.compeleceng.2021.107132**

Adler, N., & Golany, B. (2002). Including principal component weights to improve discrimination in data envelopment analysis. Journal of the Operational Research Society, 53(9), 985-991.

Alipour, Nasri, & Faramarz. (2017). Investigation and analysis of educational performance indicators of the University of Marine Sciences by BSC-TOPSIS method. Journal of Marine Science Education, 4 (2), 45-60 [In Persian].

Amiri, M. Ramezanzadeh, M. Khatami Firoozabadi, M & Sedghiani. (2016). Evaluating the performance of scientific departments of Amin University of Law Enforcement Sciences by the common weights approach in data envelopment analysis and fuzzy principal component analysis. Quarterly Journal of Resource Management, (14), 11-36 [In Persian]

Andersen, P., & Petersen, N. C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. Management science, 39(10), 1261-1264. **doi:10.1287/mnsc.39.10.1261**

Azar,A. Zarei Mahmoudabadi,M. (2013). Improve performance measurement and resolution in DEA models by introducing a new model. Journal of Improving Management, (20),99-114 [In Persian].

Bagherikahvarin, M., & De Smet, Y. (2016). A ranking method based on DEA and PROMETHEE II (a rank based on DEA & PR. II). Measurement, 89, 333-342.**doi:10.1016/j.measurement.2016.04.026**

Bal, H., Örkcü, H. H., & Çelebioğlu, S. (2010). Improving the discrimination power and weights dispersion in the data envelopment analysis. Journal of

Computers & Operations Research, 37(1), 99-107. **doi:10.1016/j.cor.2009.03.028**

Ballou, B., Casey, R. J., Grenier, J. H., & Heitger, D. L. (2012). Exploring the strategic integration of sustainability initiatives: Opportunities for accounting research. Accounting Horizons, 26(2),265-288. **doi:10.2308/acch-50088**

Charnes, A., Cooper, W. W., Huang, Z. M., & Sun, D. B. (1990). Polyhedral cone-ratio DEA models with an illustrative application to large commercial banks. Journal of econometrics, 46(1-2), 73-91.**doi:10.1016/0304-4076(90)90048-X**

Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A. Y., & Seiford, L. M. (1997). Data envelopment analysis theory, methodology and applications. Journal of the Operational Research society, 48(3), 332-333. **doi:10.1057/palgrave.jors.2600342**

Chen, X., Liu, X., Gong, Z., & Xie, J. (2021). Three-stage super-efficiency DEA models based on the cooperative game and its application on the R&D green innovation of the Chinese high-tech industry. Computers & Industrial Engineering, 156(6), 107234. **doi:10.1016/j.cie.2021.107234**

Chen, Y. (2005). Measuring super-efficiency in DEA in the presence of infeasibility. European Journal of Operational Research, 161(2), 545-551. **doi:10.1016/j.ejor.2003.08.060**

Chen, Y. W., Larbani, M., & Chang, Y. P. (2009). Multiobjective data envelopment analysis. Journal of the Operational Research Society, 60(11), 1556-1566. **doi:10.1057/jors.2009.92**

Cook, W. D., & Zhu, J. (2014). DEA Cobb–Douglas frontier and cross-efficiency. Journal of the Operational Research Society, 65(2), 265-268. **doi:10.1057/jors.2013.13**

Cook, W. D., Roll, Y., & Kazakov, A. (1990). A dea model for measuring the relative eeficiency of highway maintenance patrols. Journal of information

systems and operational research, 28(2), 113-124. **doi:10.1080/03155986.1990.11732125**

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.

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(8),122548.**doi:10.1016/j.jclepro.2020.122548**

Dong, F., Zhang, Y., & Zhang, X. (2020). Applying a data envelopment analysis game cross-efficiency model to examining regional ecological efficiency: Evidence from China. Journal of Cleaner Production, 267(6), 122031. **doi:10.1016/j.jclepro.2020.122031**

Dotoli, M., Epicoco, N., Falagario, M., & Sciancalepore, F. (2015). A cross-efficiency fuzzy data envelopment analysis technique for performance evaluation of decision making units under uncertainty. Journal of Computers & Industrial Engineering, 79, 103-114.**doi:10.1016/j.cie.2014.10.026**

Doyle, J. R., & Green, R. H. (1995). Cross-Evaluation In Dea: Improving Discrimination Among Dmusjournal of Information Systems and Operational Research, 33(3), 205-222. **doi:10.1080/03155986.1995.11732281**

Dyson, R. G., & Thanassoulis, E. (1988). Reducing weight flexibility in data envelopment analysis. Journal of the operational research society, 39(6), 563-576.

Fallah jelodar, M. (2019). Ranking of efficient decision-making units in data envelopment analysis. Twelfth International Conference of the Iranian Association for Operations Research. [In Persian].

Foroughi, A. A. (2011). A note on "A new method for ranking discovered rules from data mining by DEA", and a full ranking approach. Journal of Expert Systems with Applications, 38(10), 12913-12916.**doi:10.1016/j.eswa.2008.10.038**

Ghasemi, M. R., Ignatius, J., & Emrouznejad, A. (2014). A bi-objective weighted model for improving the discrimination power in MCDEA. European Journal of Operational Research, 233(3), 640-650. [In Persian].

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].

Golany, B., & Roll, Y.(1989). An application procedure for DEA. Omega, 17(3), 237-250.

Gupta, P., Mehlawat, M. K., Aggarwal, U., & Charles, V. (2018). An integrated AHP-DEA multi-objective optimization model for sustainable transportation in mining industry. Journal of Resources Policy, 74(4). **doi:10.1016/j.resourpol.2018.04.007**

Hosseini Iraqi, S. Bakhshi, E. Kahrizi, F. (2016). Integrated model of data envelopment analysis and TOPSIS to evaluate the performance of bank branches. International Conference on Industrial Engineering and Management, 1-18. [In Persian].

Hosseinzadeh Lotfi, F. Kouchaki Tajani, E. (2017). Cross-efficiency and its application in ranking decision-making units with fuzzy inputs and outputs (study on ten dairy companies). The first international conference on fuzzy systems management, 1-15. [In Persian].

Jahanshahloo, G. R., Memariani, A., Lotfi, F. H., & Rezai, H. Z. (2005). A note on some of DEA models and finding efficiency and complete ranking using common set of weights. Journal of Applied mathematics and computation, 166(2), 265-281.

Jenkins, L., & Anderson, M. (2003). A multivariate statistical approach to reducing the number of variables in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 147(1), 51-61.

Jie, W. U., Liang, L., & ZHA, Y. C. (2008). Determination of the weights of ultimate cross efficiency based on the solution of nucleolus in cooperative game. Systems Engineering-Theory & Practice, 28(5), 92-97. **doi:10.1016/S1874-8651(09)60023-5**

Kanji, G. K., Malek, A., & Tambi, B. A. (1999). Total quality management in UK higher education institutions.Total Quality Management,10(1),129-153. **doi:10.1080/0954412998126**

Khalili, M., Camanho, A. S., Portela, M. C. A. S., & Alirezaee, M. R. (2010). The measurement of relative efficiency using data envelopment analysis with assurance regions that link inputs and outputs. European Journal of Operational Research, 203(3), 761-770 [In Persian].

Kumar, A., Shankar, R., & Debnath, R. M. (2015). Analyzing customer preference and measuring relative efficiency in telecom sector: A hybrid fuzzy AHP/DEA study. Telematics and Informatics, 32(3), 447-462. **doi:10.1016/j.tele.2014.10.003**

Li, S. Jahanshahloo, G. R., Khodabakhshi, M. (2007). A super-efficiency model for ranking units indata envelopment analysis. Journal of Applied Mathematics and Computation. 638-648.

Li, X. B., & Reeves, G. R. (1999). A multiple criteria approach to data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 115(3), 507-517. **doi:10.1016/S0377-2217(98)00130-1**

Lotfi, F. H., Jahanshahloo, G. R., & Esmaeili, M. (2007). Classification of decision making units with interval data using SBM model. Jornal of Applied Mathematical Sciences, 1(14), 681-689 [In Persian].

Mecit, E. D., & Alp, I. (2013). A new proposed model of restricted data envelopment analysis by correlation coefficients. Journal of Applied Mathematical Modelling, 37(5), 3407-3425.

Mehr Al-Hassani, Mohammad Hossein, Emami, Haghdoost, Dehnaviyeh, Amanpour, ... & Bazar Afshan. (2017). Evaluating the performance of medical universities in the country with a combined approach of balanced scorecard and hierarchical analysis process (AHP-BSC): 2013. Iranian Journal of Epidemiology, 12, 55-64. [In Persian].

Mehrabian, S., Alirezaee, M. R., & Jahanshahloo, G. R. (1999). A complete efficiency ranking of decision making units in data envelopment analysis. Journal of Computational optimization and applications, 14(2), 261-266 [In Persian].

Mehregan, & Dehghan Nairi. (2009). Coherent approach of BSC-TOPSIS to evaluate the top management schools of universities in Tehran province. Journal of Industrial Management, 1 (2), 153-168. [In Persian].

Nobahar,E. Azar,A. (2015) Presenting a model for evaluating the performance of bank branches using the combined approach of PCA and DEA (Case study: third degree branches of agricultural banks). Journal of Organizational Resource Management Research No. 3, 1-22.

Omrani, H. Qarizadeh Birgh, R. Shafiee Kalibari, & Saeed. (2014). Provide a hybrid model for evaluating the performance and ranking of Iranian insurance companies using the opinion of experts. Journal of Industrial Management, 6 (4), 791-807 [In Persian].

Otay, İ., Oztaysi, B., Onar, S. C., & Kahraman, C. (2017). Multi-expert performance evaluation of healthcare institutions using an integrated intuitionistic fuzzy AHP & DEA methodology. Knowledge-Based Systems, 133, 90-106. **doi:10.1016/j.knosys.2017.06.028**

Rezai Balf F., Zhiani Rezai H., Jahanshahloo G. R., Hosseinzadeh Lotfi, G. R.(2012) "Ranking efficient DMUs using the Tchebycheff norm", journal of Applied Mathematical Modelling, 36: 46–56[In Persian].

Safari, H., Hossein, Kazemi, Alieh, Mehrpour Layeghi, & Ahmad. (2018). Evaluate the performance of the operational areas of the gas transmission company using the DEA-SWARA-WASPAS combined method. Journsl of Industrial Management Studies, 16 (49), 139-171[In Persian].

Sarrico, C. S., & Dyson, R. G.(2004). Restricting virtual weights in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 159(1), 17-34. **doi:10.1016/S0377-2217(03)00402-8**

Sexton, T. R.(1986). The methodology of data envelopment analysis. New directions for program evaluation, 32, 7-29.

Shaghli, A., & Roshanas, Kh. (2016). Application of Balanced Scorecard (BSC) and Analytic Hierarchy Process (AHP) in Evaluating the Performance of Scientific Departments: A Case Study in the Faculty of Pharmacy, Zanjan University of Medical Sciences. Journal of Education Development, 9 (22), 53-63[In Persian].

Sim, K. L., & Koh, H. C. (2001). Balanced scorecard: a rising trend in strategic performance measurement. Measuring business excellence, 5(2), 18-27.

Soleimani-Damaneh, M., Jahanshahloo, G. R., & Foroughi, A. A. (2006). A comment on "Measuring super-efficiency in DEA in the presence of infeasibility". European Journal of Operational Research, 170(1), 323-325. **doi:10.1016/j.ejor.2004.09.045**

Sueyoshi, T., & Goto, M. (2012). Environmental assessment by DEA radial measurement: US coal-fired power plants in ISO (Independent System Operator) and RTO (Regional Transmission Organization). Energy Economics, 34(3), 663-676. **doi:10.1016/j.eneco.2011.08.016**

Thompson, R. G., Langemeier, L. N., Lee, C. T., Lee, E., & Thrall, R. M. (1990). The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application

to Kansas farming. Journal of econometrics, 46(1-2), 93-108. **doi:10.1016/0304-4076(90)90049-Y**

Thompson, R. G., Singleton Jr, F. D., Thrall, R. M., & Smith, B. A. (1986). Comparative site evaluations for locating a high-energy physics lab in Texas. interfaces, 16(6), 35-49. **doi:10.1287/inte.16.6.35**

Ünsal, M. G., & Nazman, E. (2020). Investigating socio-economic ranking of cities in Turkey using data envelopment analysis (DEA) and linear discriminant analysis(LDA). Annals of Operations Research,294(1),281-295.

Val Mohammadi, Ch. Firoozeh, N. (2010). Evaluate the performance of the organization using the BSC technique (case study). Journal of Researcher, 7(18), 72-87. [In Persian].

Wang, G., & SU, G. (2013). An Empirical Study of the Economic Sustainable Development Ability of Shandong Province: Based on PCA, DEA and AHP Stratifying Method. Journal of China University of Petroleum (Edition of Social Sciences).

Wang, Y. M., & Chin, K. S. (2011). The use of OWA operator weights for cross-efficiency aggregation. Journal of Omega, 39(5), 493-503. **doi:10.1016/j.omega. 2010.10.007**

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.

Wong, W. P. (2021). A Global Search Method for Inputs and Outputs in Data Envelopment Analysis: Procedures and Managerial Perspectives. Symmetry, 13(7), 1155.

Wu, T. H., Chung, Y. F., & Huang, S. W. (2021). Evaluating global energy security performances using an integrated PCA/DEA-AR technique.

Journal of Sustainable Energy Technologies and Assessments, 45, 101041. **doi:10.1016/j.seta.2021.101041**

Yang, G.L., Yang,J.B., Liu, W.B., & Li, X.X.(2013). Cross-efficiency aggregation in DEA models using the evidential-reasoning approach. European Journal of Operational Research, 231(2), 393-404. **doi:10.1016/j.ejor.2013.05.017**

Yarmohammadian, S. Fooladvand, Sh & Badri. (2015). Provide a model for evaluating the performance of universities; Case study of Islamic Azad University, Khorasgan Branch. Journal of New Approach in Educational Management, 6 (22), 19-38.

Yazdan Panah, A & Ehsani, A.(2009). Model of Performance Evaluation Indicators in Higher Education Centers in the Strategic Planning Process Case: Shahid Beheshti University. Journal of Human Resources Research, Imam Hossein University, (1),5. [In Persian].

Zahedi-Seresht, M., Khosravi, S., Jablonsky, J., & Zykova, P. (2021). A data envelopment analysis model for performance evaluation and ranking of DMUs with alternative scenarios. Computers & Industrial Engineering, 1-26. **doi:10.1016/j.cie.2020.107002**

Zhu, J. (1998). Data envelopment analysis vs. principal component analysis: An illustrative study of economic performance of Chinese cities. European journal of operational research, 111(1), 50-61.

Zimmermann, H. J. (2011). Fuzzy set theory-and its applications. Springer Science & Business Media.