

ارایه مدلی برای ارزیابی کیفیت عملکرد مراکز آموزش عالی

احسان منصوری^۱، لیلا فضلی^{۲*}

۱- استادیار، دانشگاه اراک، گروه مهندسی صنایع، اراک، ایران

۲- دانشجوی دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مهندسی صنایع، مشهد، ایران

رسید مقاله: ۶ مهر ۱۳۹۸

پذیرش مقاله: ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۹

چکیده

امروزه مهم‌ترین و اساسی‌ترین مراکز امر آموزش عالی دانشگاه‌ها و زیرمجموعه‌های آن‌ها می‌باشند. این مراکز آموزش عالی نهادهایی با رسالت مشخص هستند که سنجش کیفیت عملکرد آنها در خصوص استفاده بهینه از منابع و برآوردن هرچه بیشتر اهداف، ضرورت دارد. همچنین ارزیابی کیفیت عملکرد این مراکز یکی از ضروریات پویایی آنها می‌باشد؛ به طوری که عدم وجود فرآیند ارزیابی مستمر سبب رکود آنها می‌گردد. از طریق سنجش و ارزیابی کیفیت عملکرد می‌توان ضمن شناسایی نقاط قوت و ضعف و حداقل‌سازی منابع ورودی، وضعیت موجود و کنونی را بهبود بخشید. از این‌رو در این پژوهش با توجه به اهمیت ارزیابی کیفیت عملکرد دانشگاه‌ها و زیرمجموعه‌های آن، یک مدل ارزیابی جدید به نام تکنیک پروفایل کارایی ورودی بهبودیافته که عملکرد تکنیک پروفایل کارایی ورودی کلاسیک را بهبود می‌دهد، پیشنهاد گردید. همچنین با ارایه‌ی یک مثال عددی به همراه تحلیل نتایج و اعتبارسنجی، نشان داده شده است که این مدل پیشنهادی از اعتبار لازم برخوردار می‌باشد.

کلمات کلیدی: مراکز امر آموزش عالی، ارزیابی کیفیت عملکرد، تکنیک پروفایل کارایی ورودی، تکنیک پروفایل کارایی ورودی بهبود یافته.

۱ مقدمه

نقش و اهمیت آموزش عالی در تربیت و آماده‌سازی نیروی انسانی برای سازمان‌ها بر کسی پوشیده نیست. بنابراین افزایش کیفیت نظام آموزش عالی می‌تواند تأثیر به‌سزایی در افزایش کیفیت نیروی انسانی توانمند داشته باشد. نظام آموزش عالی در شرایط موجود و کنونی رابطه مستقیمی با توسعه همه‌جانبه جوامع دارد؛ و به عبارتی رشد و گسترش جوامع به رشد و گسترش نظام آموزش عالی آنها وابسته می‌باشد [۱].

دانشگاه‌ها و زیرمجموعه‌های آن‌ها به‌عنوان مراکز اصلی و اساسی نظام آموزش عالی، منبع مهم و با ارزش تأمین نیروی انسانی متخصص، ماهر، متفکر و کارآمد می‌باشند. آنها از یک سو حافظ و ناقل میراث فرهنگی و

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: leyla.fazli@yahoo.com

ارزش‌های حاکم بر جامعه‌اند و از سوی دیگر پاسخگوی نیازهای اجتماعی برای کسب، اشاعه و گسترش علم و فناوری می‌باشند [۲]. از این‌رو مراکز نظام آموزش عالی نقش بسیار مهم و تعیین‌کننده‌ای در رشد و گسترش اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی هر جامعه‌ای دارند و بعضاً به‌عنوان محور اصلی رشد و توسعه نیز معرفی می‌گردند. دانشگاه‌ها و زیرمجموعه‌های آنها در صورتی که همواره دغدغه بهبود کیفیت عملکرد خود را داشته باشند می‌توانند بهترین خدمات را به جامعه ارایه نمایند.

راه‌حل بهبود و ارتقا کیفیت عملکرد در هر سازمانی ایجاد ساز و کار مناسب و کارآمد سنجش و ارزیابی می‌باشد. سنجش و ارزیابی از آن جهت حایز اهمیت است که واقعیت آنچه می‌خواهد محقق شود را مشخص می‌سازد. بنابراین ضرورت استقرار نظام ارزیابی کیفیت نظام‌های دانشگاهی عبارت است از:

- از آنجایی که هزینه و بهره‌وری تحت تأثیر کیفیت قرار دارد و لذا ارتقا کیفیت موجب کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری می‌گردد [۳، ۴].

- در صورت عدم مطلوبیت کیفیت مراکز دانشگاهی، آینده‌ی علمی و فنی کشور تحت تأثیر قرار گرفته و به کمبود و فقر نیروی انسانی متخصص و کارآمد منجر می‌گردد و در نتیجه اهداف برنامه‌های رشد و گسترش اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی کشور با مشکلات متعددی مواجه خواهد شد [۵، ۶].

- عدم وجود فرآیند ارزیابی در نظام‌های دانشگاهی، موجب رکود آنها می‌گردد. بنابراین، ارزیابی عملکرد مراکز دانشگاهی سبب می‌گردد تا نقاط قوت و ضعف و نیز فرصت‌ها و عوامل بازدارنده‌ی توسعه مشخص گردند و امکان برنامه‌ریزی‌های مناسب جهت بهبود و ارتقا وضعیت فراهم گردد.

- جهانی شدن، توجه به اقتصاد دانایی محور در برنامه‌های رشد و توسعه پایدار و نیز لزوم گسترش فرصت‌های آموزش عالی برای تعداد بیشتری از داوطلبان امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

- کیفیت تمام سازمان‌ها به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم به کیفیت نظام آموزش عالی وابسته است.

مسئله سنجش کیفیت عملکرد دانشگاه و زیرمجموعه‌های آن شامل دو مرحله اساسی و اصلی زیر می‌باشد:

- **مرحله ۱-** شناسایی معیارهایی که بتوان به وسیله آن کیفیت عملکرد را به‌صورت مناسب مورد قضاوت قرارداد.

- **مرحله ۲-** ارایه یک مدل مناسب ارزیابی به‌منظور تحلیل و ارزیابی عواملی که بر کیفیت عملکرد تأثیرگذار می‌باشند.

با آن‌که هریک از روش‌های سنجش و ارزیابی کارایی و کیفیت عملکرد مزایا و معایب خاص خود را دارند، لکن تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها^۱ و مشتقات آن با عنایت بر ویژگی‌ها و مزایای خاص از کاربردی‌ترین و مؤفق‌ترین روش‌ها در مقایسه با سایر تکنیک‌های سنجش عملکرد هستند. همچنین متدولوژی DEA و مشتقات آن به موجب توسعه و نفوذ چشمگیرشان، تاکنون کارکردهای متعددی در حوزه‌های مختلف علوم داشته‌اند؛ در حالی که سایر روش‌های مطرح در حوزه سنجش کارایی این چنین کارکردهای متنوعی را ارایه ننموده‌اند. از

¹ Data Envelopment Analysis (DEA)

این رو تحقیقات بسیاری بر روی ارزیابی کیفیت عملکرد مؤسسات آموزش عالی با استفاده از مدل‌های DEA در سر تا سر جهان صورت گرفته است که برخی از آنها به شرح ذیل بیان می‌گردند:

لوپز و لانزر [۷] عملکرد ۵۸ گروه آموزشی یک دانشگاه برزیل را با استفاده از مدل DEA فازی ارزیابی نمودند.

کاتاراکی و کاتاراکیس [۸] در تحقیقاتشان به برآورد بهره‌وری ۲۰ دانشگاه ملی یونان با استفاده از شاخص‌های عملکرد، مدل DEA بازده به مقیاس ثابت ورودی محور و روش‌های اقتصادسنجی پرداختند. یافته‌های پژوهش عدم کارایی در خصوص مدیریت منابع انسانی و درآمد تحقیقات را نشان می‌دهد. همچنین فعالیت‌های پژوهشی و درآمد پژوهش به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده در بهره‌وری دانشگاه‌ها شناسایی گردیدند.

به‌منظور تعیین کارایی فنی ۳۷ دانشگاه استرالیا از دیدگاه پژوهش، لی [۹] از مدل بوت استرپ تحلیل پوششی داده‌ها^۱ که توسط سیمار و ویلسون [۱۰] ارائه گردیده است، استفاده نمود. به‌منظور آنالیز محرک‌های کارایی، یک معادله رگرسیون بر حسب امتیازات به‌دست آمده از مدل DEAB (به‌عنوان متغیر پاسخ) و ظرفیت واقعی دانشجویان، محل دانشگاه‌ها، نسبت اساتید دانشیار و بالاتر و طرح گزینش‌های سازمانی (به‌عنوان متغیرهای مستقل) برآورد می‌گردد. یافته‌ها نشان داد که ظرفیت واقعی دانشجویان تأثیر منفی و محل دانشگاه‌ها، نسبت اساتید دانشیار و بالاتر و مبلغ طرح گزینش‌های سازمانی تأثیر مثبت بر روی کارایی پژوهشی دارند.

همچنین در سوئد نیز اندرسون و همکاران [۱۱] با استفاده از مدل DEAB به بررسی کارایی فنی و بهره‌وری مؤسسات آموزش عالی پرداختند.

ذریه حبیب و مقبولی [۱۲] در تحقیقاتشان با بهره‌گیری از برخی مدل‌های DEA (۱. مدل چارنز، کوپر و رودز^۲ و ورودی و خروجی محور؛ ۲. مدل بنکر، چارنز و کوپر^۳ و ورودی و خروجی محور؛ ۳. مدل معیارمبندی بر کمکی‌ها^۴ با محدودیت‌های وزنی؛ ۴. مدل جمعی^۵). به بررسی کارایی گروه‌های آموزشی دانشگاه آزاد واحد صوفیان پرداختند؛ سپس با استفاده از مدل ابرکارایی^۶، به رتبه‌بندی هر یک از این گروه‌ها پرداختند.

شجاع و همکاران [۱۳] در تحقیقاتشان با تعمیم و گسترش مدل‌های چندمؤلفه‌ای، مدل DEA چندمؤلفه‌ای را ارائه نمودند. این مدل جهت ارزیابی عملکرد ۱۴ واحد دانشگاهی منطقه ۱۲ دانشگاه آزاد اسلامی طی یک دوره چهار ساله به کار گرفته شده است که نتایج با واقعیت‌های موجود کاملاً منطبق می‌باشد. همچنین نشان داده شد که این واحدها طی سالیان مورد بحث در مؤلفه پژوهشی مؤفق‌تر عمل نموده‌اند و رشد مناسبی داشتند در حالی که عملکردشان در حوزه آموزشی با ضعف بیشتری روبه‌رو بوده است.

عالم تبریزی، سعیدی و معزی [۱۴] به ارزیابی ۱۱ دانشکده در دانشگاه شهید بهشتی پرداختند. آنها با استفاده از مدل‌های DEA - CCR - مضرپی خروجی محور، مدل DEA بر اساس برنامه‌ریزی آرمانی و تحلیل پوششی

¹. Data Envelopment Analysis Bootstrap (DEAB)

². Charnes, Cooper, and Rhodes (DEA - CCR)

³. Banker, Charnes, and Cooper (DEA - BCC)

⁴. Slacks - Based Measure (SBM)

⁵. Additive (DEA - ADD)

⁶. Super Efficiency (DEA - SE)

داده‌ها / فرآیند تحلیل سلسله مراتبی^۱ به ارزیابی کارایی در دانشکده‌های مورد نظر پرداختند. سرانجام رتبه‌بندی نهایی با استفاده از مدل DEA – SE صورت گرفت.

پاکزاد [۱۵] با تلفیق مدل تحلیل پوششی داده‌های توأم^۲، مدل تحلیل پوششی داده‌های چند لایه‌ای^۳، تکنیک AHP و رویکرد ناحیه اطمینان^۴، یک مدل ترکیبی به نام AHP – AR – Joint MLDEA را جهت ارزیابی عملکرد گروه‌های آموزشی دانشگاه شهید باهنر کرمان از نظر کارایی آموزشی و پژوهشی ارایه نموده است.

یک رویکرد شبکه‌ای به نام تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای^۵ توسط جونز [۱۶] به منظور سنجش کیفیت دانشگاه‌های انگلستان استفاده گردید. به منظور مقایسه نتایج حاصل از مدل NDEA، از مدل DEA بازده به مقیاس ثابت کمک گرفته شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که کارایی کل به دست آمده توسط مدل NDEA، پایین‌تر از مدل DEA بازده به مقیاس ثابت است.

همچنین صیغی منفرد و صافی [۱۷] نیز به منظور ارزیابی ۹ دانشکده‌ی دانشگاه الزهراء یک مدل NDEA دو مرحله‌ای جدید را ارایه نمودند. یافته‌های پژوهش نشان داد که مدل NDEA دو مرحله‌ای پیشنهادی، قدرت تشخیص قوی‌تری نسبت به مدل‌های NDEA یک مرحله‌ای دارد.

خدابخشی و خیرالهی [۱۸] با ارایه‌ی یک مدل DEA – SE ورودی محور احتمالی به ارزیابی و رتبه‌بندی ۳۳ دانشگاه ایران پرداختند.

سینار [۱۹] با بهره‌گیری از مدل DEA چندبخشی ارایه شده توسط بیسلی [۲۰] و مدل ارایه شده توسط آلسکروف و پتروش‌چنکو [۲۱]، کارایی آموزشی و پژوهشی ۴۵ دانشگاه ترکیه را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. نتایج پژوهش نشان داد، تفاوت‌های مهمی بین دانشگاه‌ها با توجه به کارایی فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی وجود دارد.

هدف از پژوهش صورت گرفته توسط آقاجانی، کیاکجوری و یحیی تبار [۲۲] ارزیابی عملکرد ۱۲ واحد دانشگاه آزاد اسلامی استان مازندران، تعیین واحدهای الگو و مرجع برای واحدهای ناکار با استفاده از مدل DEA – ADD مضربی و پوششی و رتبه‌بندی واحدها با استفاده از مدل DEA – SE می‌باشد.

ابزری و همکاران [۲۳] با استفاده از تکنیک DEA – BCC خروجی محور کارایی گروه‌های آموزشی یک دانشگاه دولتی را ارزیابی و با استفاده از مدل DEA – SE آنها را رتبه‌بندی نمودند. در این پژوهش با طراحی سناریوهایی، دلایل اصلی و منشأ کارآمدی و ناکارآمدی هریک از گروه‌ها و میزان تأثیر این عوامل، مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس با بهره‌گیری از تکنیک قوت‌ها ضعف‌ها فرصت‌ها تهدیدها^۶، نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها بررسی و در قالب آن استراتژی‌ها و راهکارهایی به منظور ارتقای کارایی گروه‌ها ارایه گردید

^۱. Analytical Hierarchy Process (AHP)

^۲. Joint Data Envelopment Analysis (Joint DEA)

^۳. Multiple Layer Data Envelopment Analysis (MLDEA)

^۴. Assurance Region (AR)

^۵. Network Data Envelopment Analysis (NDEA)

^۶. Strengths Weaknesses Opportunities Threats (SWOT)

و در نهایت با استفاده از مدل سازی معادلات ساختاری، میزان تأثیر استراتژی های استخراج شده از SWOT مورد بررسی قرار گرفت. یافته های پژوهش حاکی از آن است که با ترکیب دو مدل DEA و SWOT، ضمن کاهش معایب دو مدل، محاسن آن دو تقویت و مدلی جامع برای سنجش و ارتقای کیفیت عملکرد گروه های آموزشی ارائه می گردد و همچنین تعیین میزان تأثیر گذاری و اولویت بندی هر یک از استراتژی ها، قابلیت اطمینان تصمیم گیری مدیران را افزایش می دهد.

اسماعیل و همکاران [۲۴] به ارزیابی عملکرد ۲۰ دانشگاه ملی در مالزی با استفاده از برخی از مدل های DEA (۱) DEA - CCR ورودی و خروجی محور؛ ۲. DEA - BCC ورودی و خروجی محور؛ ۳. DEA - ADD بازده به مقیاس ثابت و متغیر؛ ۴. مدل کوروش و آرش بازده به مقیاس ثابت و متغیر. پرداختند. پایان و رحمانی پارچی کولایی [۲۵] یک ساختار جدید به منظور ارزیابی کیفیت عملکرد ۷ واحد دانشگاه آزاد اسلامی ایران پیشنهاد نمودند. آنها یک تکنیک بر پایه مجموعه اوزان مشترک در DEA را با یک ساختار جدید پیشنهاد نمودند. با استفاده از این مدل پیشنهادی، علاوه بر ارزیابی عملکرد نسبی دانشگاه های مورد ارزیابی، عملکرد دفاتر مختلف دانشگاه ها را نیز ارزیابی نمودند. یکی از قابلیت های مدل پیشنهادی، تخمین گسترش کارایی می باشد.

در پژوهش صورت گرفته توسط شهریاری، رضوی و اصغرزاده [۲۶] برای ارزیابی کارایی ۹ دانشکده علوم انسانی دانشگاه تهران، از یک مدل پیشنهادی به نام پرو فایل کارایی ورودی^۱ فازی / AHP استفاده شد. هدف از پژوهش انجام شده توسط صفدری رنجبر و همکاران [۲۷] آن است که با استفاده از مدل DEA روشی برای ارزیابی ۱۵ دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه امیر کبیر از دیدگاه تولید دانش ارائه گردد. در این پژوهش، با کمک نظر سنجی از سه نفر از خبرگان دانشگاهی و به کارگیری تکنیک AHP، ضرایب اهمیت هر یک از زیر شاخص ها مشخص گردید و از مدل DEA بازده به مقیاس ثابت خروجی محور با محدودیت های وزنی نسبی به منظور سنجش کارایی دانشکده ها بهره گرفته شد. از نتایج به دست آمده در این پژوهش می توان به رتبه بندی دانشکده ها از دیدگاه کارایی در تولید دانش، نمودار توزیع فراوانی کارایی دانشکده ها و پتانسیل توسعه برای رسیدن به مرز کارایی برای هر دانشکده اشاره نمود.

یک مدل در شرایط عدم قطعیت توسط هانگ دو و چن [۲۸] پیشنهاد گردید؛ به طوری که این مدل با استفاده از تکنیک AHP فازی و مدل DEA - CCR با رویکرد ناحیه اطمینان، عملکرد ۱۸ دانشگاه ملی ویتنام را ارزیابی می نماید. یافته های پژوهش نشان داد، با توجه به سهم هر یک از معیارهای خروجی در امتیاز کارایی، ابتدا معیار کل ساعات تدریس و سپس به ترتیب گزنت ها و تعداد انتشارات بیشترین سهم را در امتیاز کارایی دارند. همچنین با استفاده از یافته های پژوهش، هر مدیر دانشگاه می تواند نقاط ضعف را شناسایی و بهبودهای لازم را ایجاد نماید. رویز و همکاران [۲۹] در تحقیق خود یک مدل جدید DEA را ارائه نمودند. تحلیل کارایی صورت گرفته در این پژوهش به طور خاص بر تعیین مقادیر هدف برای خروجی ها و ورودی ها و الگوبرداری برای واحدهای

^۱. Input Efficiency Profile (DEA - IEP)

ناکارا با استفاده از مدل DEA پیشنهادی تمرکز می‌نماید. در این پژوهش ۴۲ دانشگاه ملی اسپانیا مورد بررسی قرار گرفت.

ژانگ و لو [۳۰] با استفاده از مدل‌های DEA - CCR و DEA - BCC و تکنیک آنالیز اجزای اصلی^۱ کارایی فنی و مقیاس ۱۰ کالج ایالت سیچوان چین را ارزیابی نمودند. ساحنی و تاکار [۳۱] با استفاده از تکنیک DEA - AHP به سنجش عملکرد ۴ مؤسسه آموزش عالی فنی هند پرداختند.

در یک طرح پژوهشی صورت گرفته توسط دی. گرموف [۳۲]، بهره‌وری ۱۲۰ مؤسسه آموزش عالی روسیه با استفاده از مدل DEA بازده به مقیاس متغیر خروجی محور ارزیابی گردید.

با توجه به مطالب بیان شده، سنجش کیفیت عملکرد دانشگاه و زیر مجموعه‌های آن یک ضرورت انکارناپذیر است و آنچه در پژوهش‌های حوزه سنجش کیفیت عملکرد این مراکز باید دغدغه اصلی قرار گیرد، یافتن چارچوب و الگویی جامع است که مجریان و مدیران دانشگاهی بتوانند با استناد به آن، وضعیت کیفی دانشگاه خود را با توجه به یک دیدگاه همه‌جانبه محک بزنند و راهکارهایی را نیز به منظور رفع نواقص ارایه دهند. بنابراین پژوهش حاضر در صدد است؛ با عنایت بر ویژگی‌ها و مزایای خاص مدل DEA - IEP ارایه شده توسط توفالیس [۳۳]، یک مدل ارزیابی جدید مبتنی بر آن ارایه نماید. این مدل پیشنهادی که مدل پروفایل کارایی ورودی بهبود یافته^۲ نام نهاده شده است، مدل DEA - IEP کلاسیک را گسترش داده و به رفع نواقص آن پرداخته است. همچنین با بهره‌گیری از مطالعه موردی ارایه شده در پژوهش صورت گرفته توسط عالم تبریزی، سعیدی و دیلی معزی [۱۴] به بررسی عملکرد این تکنیک پیشنهادی پرداخته می‌شود.

در ادامه، در بخش ۲ معرفی مدل‌های DEA - IEP و DEA - IIEP صورت می‌پذیرد. در بخش ۳ و ۴ به ترتیب، یک مثال عددی به همراه تحلیل نتایج و اعتبارسنجی مدل پیشنهادی و جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارایه می‌گردد.

۲ مدل DEA - IIEP پیشنهادی

انسان همواره خواستار کارایی بیشتر است و آن را ابزار رسیدن به سود و مطلوبیت بیشتر می‌داند. کارایی مفهومی است که سابقه طولانی در علوم مختلف دارد. کارایی در مفهوم عام آن به معنای درجه و کیفیت رسیدن به مجموعه اهداف مطلوب است. اندازه‌گیری کارایی و روش‌های محاسباتی آن از اواخر قرن بیستم توجه بیشتر اقتصاددانان را برانگیخته است به طوری که در سال ۱۹۷۸ چارنز، کوپر و رودز مدل DEA را ارایه نمودند [۳۴]. این مدل به حداکثرسازی نسبت موزون خروجی‌ها (معیارهای خروجی) به ورودی‌ها (معیارهای ورودی) با شرط آن که همان ضرایب، کارایی سایر بنگاه‌ها را بیشتر از واحد نکند، می‌پردازد. بنابراین اندازه‌گیری کارایی نسبی در مدل DEA برای واحد تصمیم‌گیری^۳ o با استفاده از مدل زیر صورت می‌گیرد [۳۵]:

¹. Principal Component Analysis (PCA)

². Improved Input Efficiency Profiling (DEA - IIEP)

³. Decision Making Unit (DMU)

(۱) مدل

$$\max E_o = \frac{\sum u_r y_{ro}}{\sum v_i x_{io}} \quad (1)$$

s.t.

$$\frac{\sum u_r y_{rj}}{\sum v_i x_{ij}} \leq 1, \quad \forall j, \quad (2)$$

$$u_r \geq 0, v_i \geq 0, \quad \forall r, i. \quad (3)$$

که در آن u_r و v_i به ترتیب وزن خروجی r ام و ورودی i ام و y_{rj} و x_{ij} نیز به ترتیب بیانگر مقدار خروجی r ام برای DMU j ام و مقدار ورودی i ام برای DMU j ام می‌باشند.

مدل DEA فوق یک مدل برنامه‌ریزی ناپارامتری است که از عمده‌ترین مزایای آن می‌توان به: تمیز گزینه‌های کارا و ناکارا، تعیین نمره‌ی کارایی، مقایسه و الگوبرداری، عدم حساسیت به واحد اندازه‌گیری، قابلیت تعمیم‌پذیری و گسترش بیش از سایر روش‌ها، ارزیابی واقع‌بینانه‌تر، محاسبات آسان، کاهش خطا، خاصیت جبرانی بودن، انعطاف‌پذیری و برخورداری از قدرت تطبیق‌پذیری بالا جهت به کارگیری در مسایل مختلف، ارزیابی عملکرد تمامی گزینه‌ها با بهترین عملکرد ممکن در آن سیستم، ارایه نتایج نسبتاً خوب در هنگام استفاده از نمونه‌های کوچک و ... اشاره نمود [۳۸-۳۶]. اما لازم به ذکر است در به کارگیری این مدل سه مشکل زیر می‌تواند رخ می‌دهد: ۱. ضعف قدرت تفکیک؛ ۲. ناتوانی در رتبه‌بندی کامل (قادر به تمایز میان کارایی گزینه‌های دارای کارایی واحد نمی‌باشد)؛ ۳. مدل DEA فوق یک معیار شعاعی سنجش کارایی است که فرض می‌نماید یک واحد ناکارا جهت کارا شدن باید تمام ورودی‌هایش (خروجی‌هایش) را به یک نسبت کاهش (افزایش) دهد یا به عبارتی دیگر، در یک واحد ناکارا تمام ورودی‌ها به یک اندازه ناکارا هستند که فرضی غیرواقعی و غیرضروری است. بنابراین به نظر می‌رسد انتظار این که ورودی‌های مختلف دارای کارایی‌های متفاوتی باشند، واقعی‌تر است [۳۳، ۳۹]. به منظور رفع این مشکلات، در سال ۱۹۹۶ توفالیس تکنیک DEA - IEP را ارایه داد. در این مدل برای هر منبع (ورودی) یک مقدار کارایی با توجه به این که این منبع صرف چه خروجی‌هایی می‌شود، به دست آورد. برای مثال کارایی نسبی منبع i ام از DMU k ام (E_{ik}) با استفاده از برنامه‌ریزی خطی زیر به دست می‌آید:

(۲) مدل

$$\max E_{ik} = \frac{\sum u_r y_{rk}}{x_{ik}} \quad (4)$$

s.t.

$$\frac{\sum u_r y_{rj}}{x_{ij}} \leq 1, \quad \forall j, \quad (5)$$

$$u_r \geq \varepsilon, \quad \forall r (r \in t, r \leq t). \quad (6)$$

که در آن r خروجی‌هایی است که ورودی i ام صرف تولید آن‌ها می‌گردد و t کل خروجی‌ها می‌باشد (r زیرمجموعه‌ای از t می‌باشد). ε یک مقدار مثبت بسیار کوچک است. بنابراین، روش IEP به حداکثرسازی نسبت موزون خروجی‌ها به هر ورودی با شرط آن که همان ضرایب، کارایی ورودی سایر گزینه‌ها را بیشتر از واحد نکند، می‌پردازد. اکنون با توجه به ورودی موردنظر یک گزینه کارا است؛ اگر $E=1$.

با به کارگیری این مدل، بهبود قابل ملاحظه‌ای در قدرت تشخیص نتایج مدل DEA حاصل می‌شود. از سوی دیگر، با ارزیابی استفاده از هر ورودی به تنهایی، قادر به شناسایی بهترین شیوه‌ی کار در هر زمینه خواهیم بود؛ کاملاً مشخص است که ممکن است که هیچ گزینه‌ای در تمامی زمینه‌ها دارای بهترین شیوه کار نباشد و بنابراین، هر گزینه‌ای اهدافی خواهد داشت که برای رسیدن به آن‌ها فعالیت نماید. بنابراین قادر به شناسایی نقاط قوت و ضعف هر گزینه نیز هستیم. بنابراین مشکل اول و سوم مدل DEA در این مدل رفع گردید.

اما همچنان مشکل دوم مدل DEA نیز در مدل DEA – IEP برطرف نگردیده است؛ زیرا مدل DEA – IEP ارایه شده توسط توفالیس تنها با توجه به هر ورودی توانایی شناسایی بدترین گزینه را دارد؛ اما ممکن است نتواند بهترین گزینه را شناسایی نماید (قادر به تمایز گزینه‌های دارای کارایی ورودی واحد نمی‌باشد). در واقع با توجه به هر ورودی، DMUs که کارا نیستند قابل رتبه‌بندی می‌باشند؛ اما DMUs که کارا می‌باشند قابل رتبه‌بندی نمی‌باشند. در نتیجه این مدل نمی‌تواند رتبه‌بندی جامعی با توجه به هر ورودی ارایه دهد. همچنین، لازم به ذکر است که با وجود همه نقاط قوت مشخص مدل DEA – IEP، باز هم این مدل رتبه‌بندی کاملی با توجه به تمامی ابعاد را ارایه نمی‌نماید. توفالیس خود نیز به‌طور غیرمستقیم به این اشکال اساسی مدل DEA – IEP این چنین اشاره می‌نماید: ”مدل پروفایل مطرح شده ممکن است منجر به یک برنده مشخص نشود“. سپس جهت رفع این مشکل بیان می‌دارد که هنوز هم قضاوت‌های ارزشی ضروری است. اکنون این سؤال مطرح می‌گردد که اگر بیش از یک DMU در تمامی ابعاد دارای کارایی بیش از شرط تعیین شده بود، چه باید کرد؟ از این‌رو به‌منظور رفع این نقص، این مدل باید با تکنیک‌های دیگر ترکیب گردد. در نتیجه برای رتبه‌بندی با توجه به تمامی ابعاد، نتایج نهایی مدل DEA – IEP داده‌های ورودی برای تکنیک ترکیب شده با آن می‌باشد. بنابراین، یک رتبه‌بندی نادرست ممکن است حاصل گردد. از آنجایی که با استفاده از این تکنیک یک امتیاز یک، برای همه DMU‌های کارا از نقطه نظر هر ورودی به‌دست می‌آید؛ در حالی که در واقعیت عملکردشان متفاوت بوده و در نتیجه امتیازشان یک نمی‌باشد. از این‌رو به‌منظور رفع این نواقص، تکنیک DEA – IEP پیشنهاد می‌گردد.

محققان مدل‌های بسیاری را به‌منظور رفع نواقص ذکر شده‌ی مدل کلاسیک DEA ارایه داده‌اند. از آنجایی که مدل DEA – IEP حالت خاصی از مدل کلاسیک DEA می‌باشد، می‌توان با بهره‌گیری از یکی از این مدل‌های ارایه شده و تعمیم آن در مدل DEA – IEP مشکل عدم رتبه‌بندی جامع مدل DEA – IEP را بر طرف نمود. بنابراین با استفاده از مدل ارایه شده توسط پایان، نورا و لطفی [۴۰] و تعمیم آن در مدل DEA – IEP، مدلی به نام مدل DEA – IIEP را ارایه می‌نماییم که الگوریتم آن به‌صورت زیر بیان می‌گردد:

گام ۱: ابتدا یک DMU مجازی به نام واحد تصمیم‌گیری ایده‌آل^۱ معرفی می‌گردد که می‌تواند با حداقل ورودی‌ها، بیشترین خروجی‌ها را تولید نماید بنابراین:

$$x_{iIDMU} = \text{Min}_j \{x_{ij}\} \quad \forall i, \quad y_{rIDMU} = \text{Max}_j \{y_{rj}\} \quad \forall r \quad (7)$$

گام ۲: محاسبه کارایی ورودی IDMU با استفاده از مدل زیر:

مدل (۳)

$$\max E_{iIDMU} = \frac{\sum_r u_r y_{rIDMU}}{x_{iIDMU}} \quad (8)$$

s.t.

$$\frac{\sum_r u_r y_{rj}}{x_{ij}} \leq 1, \quad \forall j, \quad (9)$$

$$u_r \geq \varepsilon, \quad \forall r (r \in t, r \leq t). \quad (10)$$

گام ۳: محاسبه کارایی ورودی DMUs با استفاده از مدل زیر:

مدل (۴)

$$\max E_i = \frac{\sum_j \sum_r u_r y_{rj}}{\sum_j x_{ij}} \quad (11)$$

s.t.

$$\frac{\sum_r u_r y_{rIDMU}}{x_{iIDMU}} \leq E_{iIDMU}^*, \quad (12)$$

$$u_r \geq \varepsilon, \quad \forall r (r \in t, r \leq t). \quad (13)$$

E_{iIDMU}^* کارایی ورودی بهینه IDMU حاصله از مدل (۳) می‌باشد. همچنین، u_r^* وزن به دست آمده از مدل بالا می‌باشد. اکنون می‌توانیم کارایی ورودی هر DMU را با استفاده از رابطه (۱۴) محاسبه نماییم:

$$E_{ik} = \frac{\sum_r u_r^* y_{rj}}{x_{ij}} \quad (14)$$

با استفاده از گام‌های ارائه شده در بالا قدرت تشخیص بهبود قابل ملاحظه‌ای می‌یابد و قادر به تمایز DMUs دارای کارایی ورودی واحد می‌باشیم. در واقع با توجه به هر ورودی، قادر به رتبه‌بندی DMUs ناکارا و کارا می‌گردیم و در نتیجه این مدل می‌تواند رتبه‌بندی جامعی با توجه به هر ورودی ارائه دهد. همچنین، با توجه به اینکه برای رتبه‌بندی با توجه به تمامی ابعاد، مدل DEA - IEP باید با تکنیک دیگری ترکیب گردد، در

^۱. Ideal Decision Making Unit (IDMU)

نتیجه نتایج نهایی (امتیازات کارایی (E)) داده‌های ورودی برای تکنیک ترکیب شده با آن می‌باشد. بنابراین، از نقطه نظر هر ورودی یک رتبه‌بندی صحیح‌تر و واقعی‌تر به دست می‌آید؛ از آنجایی که با استفاده از مدل DEA - IIEP امتیاز متفاوتی برای همه DMU های کارا که عملکردشان متفاوت است، حاصل شده است. لازم به ذکر است که با وجود این نقاط قوت بیان شده، هنوز رتبه‌بندی کاملی با توجه به همه ابعاد ارایه نمی‌گردد. بنابراین جهت رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها سه گام زیر پیشنهاد می‌گردد.

گام ۴: ابتدا براساس امتیازات کارایی به دست آمده در گام‌های قبل، یک DMU مجازی به نام واحد تصمیم‌گیری ایده‌آل به صورت زیر معرفی می‌گردد:

$$\bar{E}_{iDMU} = \text{Max}_j \{E_{ij}\} \quad \forall i \quad (15)$$

گام ۵: محاسبه کارایی ورودی IDMU با استفاده از مدل زیر:

مدل (۵)

$$\max E'_{iDMU} = \sum_i u_i \bar{E}_{iDMU} \quad (16)$$

$$s.t. \quad \sum_i u_i E_{ij} \leq 1, \quad \forall j, \quad (17)$$

$$u_i \geq \varepsilon, \quad \forall i. \quad (18)$$

گام ۳: محاسبه کارایی ورودی DMU ها با استفاده از مدل زیر:

مدل (۶)

$$\max E'_i = \sum_j \sum_i u_i E_{ij} \quad (19)$$

$$s.t. \quad \sum_i u_i E_{iDMU} \leq E'_{iDMU}, \quad (20)$$

$$u_i \geq \varepsilon, \quad \forall i. \quad (21)$$

E'_{iDMU} کارایی ورودی بهینه IDMU حاصله از مدل (۵) می‌باشد. همچنین، u_i^* وزن به دست آمده از مدل بالا می‌باشد. اکنون می‌توانیم کارایی نهایی هر DMU را با استفاده از رابطه (۲۲) محاسبه نماییم:

$$E'_j = \sum_i u_i^* E_{ij} \quad (22)$$

۳ مثال عددی

به منظور بررسی مدل پیشنهادی، از مطالعه موردی ارایه شده در پژوهش صورت گرفته توسط عالم تبریزی، سعیدی و دیلی معزی [۱۴] بهره گرفته می‌شود. در این تحقیق کارایی نسبی ۱۱ دانشکده دانشگاه شهید بهشتی مورد بررسی قرار گرفته است. آنها معیارهای ارزیابی و مقادیرشان برای هر کدام از دانشکده‌ها را به صورت

جدول ۱ ارایه نمودند. در این پژوهش از نرم‌افزارهای Microsoft Excel 2010، SPSS 16.0، Lingo11.0 بر روی سیستمی با سخت‌افزار CPU=2.53GH، RAM = 2GB و نرم‌افزار Windows 7 Ultimate برای انجام محاسبات، حل مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مورد نیاز برای مدل، تحلیل نتایج و اعتبارسنجی مدل پیشنهادی استفاده می‌گردد.

جدول ۱. ارزیابی عملکرد دانشکده‌ها

خروجی‌ها			ورودی‌ها						
تعداد کتب	تعداد کتب	تعداد	تعداد فارغ التحصیلان	تعداد کارمندان	تعداد کتب کتابخانه	میزان ساعات تدریس	تعداد اعضای هیئت علمی	تعداد دانشجویان موجود	دانشکده
(O_3)	(O_4)	(O_2)	(O_1)	(I_5)	(I_4)	(I_3)	(I_2)	(I_1)	
۰/۰۳۳	۰/۰۱۶	۰/۰۸۹	۰/۱۱۲	۰/۰۲۶	۰/۰۱۶	۰/۰۶۱	۰/۰۸۷	۰/۰۷۷	ادبیات و علوم انسانی
۰/۰۰۸	۰/۰۰۹	۰/۰۳۰	۰/۰۱۸	۰/۰۰۷	۰/۰۱۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۳	۰/۰۱۸	تربیت بدنی و علوم ورزشی
۰/۰۳۷	۰/۰۵۲	۰/۰۳۲	۰/۰۴۵	۰/۰۱۹	۰/۰۸۷	۰/۰۲۹	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸	حقوق
۰/۱۲۵	۰/۰۳۶	۰/۱۲۹	۰/۰۵۹	۰/۰۳۶	۰/۰۴۰	۰/۰۳۷	۰/۰۷۷	۰/۰۵۳	علوم
۰/۰۳۱	۰/۰۷۴	۰/۰۸۰	۰/۰۶۰	۰/۰۲۰	۰/۰۷۳	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۳	علوم اقتصادی و سیاسی
۰/۰۳۳	۰/۰۸۷	۰/۰۵۶	۰/۰۶۲	۰/۰۲۴	۰/۰۷۸	۰/۰۳۲	۰/۰۳۷	۰/۰۳۸	علوم تربیتی
۰/۰۱۷	۰/۰۱۷	۰/۰۳۴	۰/۰۴۵	۰/۰۲۲	۰/۰۲۰	۰/۰۸۰	۰/۰۴۹	۰/۰۴۵	علوم ریاضی
۰/۱۰۳	۰/۰۳۰	۰/۱۱۱	۰/۰۴۰	۰/۰۲۸	۰/۰۶۵	۰/۰۲۳	۰/۰۴۴	۰/۰۳۲	علوم زمین
۰/۰۲۲	۰/۱۱۱	۰/۰۲۸	۰/۰۷۳	۰/۰۱۸	۰/۰۳۷	۰/۰۳۵	۰/۰۴۳	۰/۰۵۲	مدیریت و حسابداری
۰/۱۱۵	۰/۰۶۷	۰/۱۲۰	۰/۰۲۰	۰/۰۳۰	۰/۰۴۶	۰/۰۳۸	۰/۰۶۸	۰/۰۲۵	معماری و شهرسازی
۰/۰۸۶	۰/۰۳۴	۰/۰۲۸	۰/۰۵۲	۰/۰۳۶	۰/۰۲۷	۰/۰۲۸	۰/۰۳۳	۰/۰۴۲	برق و کامپیوتر

اکنون با استفاده از مدل DEA - IIEP به ارزیابی و رتبه‌بندی دانشکده‌ها می‌پردازیم. نتایج حاصل از این ارزیابی در جدول ۲ ارایه می‌گردد. همچنین به منظور مقایسه عملکرد مدل DEA - IIEP با مدل DEA - IEP، این مثال عددی با استفاده از مدل DEA - IEP نیز ارزیابی می‌گردد و نتایج آن در جدول ۳ ارایه می‌شود. با مقایسه نتایج ارایه شده در جداول ۲ و ۳، مطالب بیان شده در توضیح مدل DEA - IIEP به وضوح قابل مشاهده می‌باشد و به صورت خلاصه در زیر بیان می‌گردد:

○ در مدل DEA - IEP از دیدگاه هر ورودی، گروه با بهترین کیفیت عملکرد قابل شناسایی نیست؛ زیرا در این مدل کارایی ورودی دانشکده‌های کارا یک می‌باشد و قادر به تمایز بین دانشکده‌های کارا نمی‌باشد.

جدول ۲. نتایج مدل DEA - IIEP

رتبه	E	E					دانشکده
		ورودی ۵	ورودی ۴	ورودی ۳	ورودی ۲	ورودی ۱	
۴	۵/۷۸ E-۰.۶	۱/۲۰۸۵۴	۲/۶۴۳۳۵	۰/۶۵۰۷۱	۰/۶۱۳۲۰	۰/۶۶۸۷۲	ادبیات و علوم انسانی
۵	۵/۵۲ E-۰.۶	۱/۵۱۳۰۹	۱/۴۲۵۶۳	۰/۸۳۶۲۴	۰/۷۸۱۸۵	۰/۹۶۴۲۶	تربیت بدنی و علوم ورزشی
۱۰	۲/۰۸ E-۰.۶	۰/۵۹۴۶۲	۰/۱۷۴۷۹	۰/۴۹۲۱۳	۰/۴۳۵۹۴	۰/۳۸۵۷۱	حقوق
۳	۶/۷۷ E-۰.۶	۱/۲۶۵۱۲	۱/۵۳۲۵۵	۱/۵۵۴۹۵	۱/۰۰۴۲۲	۱/۴۰۸۱۹	علوم
۶	۵/۱۹ E-۰.۶	۱/۴۱۲۲۲	۰/۵۲۰۷۸	۱/۱۸۹۳۲	۱/۱۹۸۸۴	۰/۸۷۳۲۹	علوم اقتصادی و سیاسی
۷	۳/۷۱ E-۰.۶	۰/۸۲۳۸	۰/۳۴۱۱۸	۰/۷۸۰۴۹	۰/۹۰۷۲۳	۰/۸۵۲۶۱	علوم تربیتی
۸	۲/۴ E-۰.۶	۰/۵۴۵۶۳	۰/۸۰۷۸۵	۰/۱۸۹۵۵	۰/۴۱۵۹۲	۰/۴۳۷۱۳	علوم ریاضی
۲	۷/۸۸ E-۰.۶	۱/۳۹۹۶۱	۰/۸۱۱۵۰۹	۲/۱۵۲۴۰	۱/۵۱۲۱۷	۲/۰۰۶۸۷	علوم زمین
۱۱	۱/۹۷ E-۰.۶	۰/۵۴۹۲۱	۰/۳۵۹۶۲	۰/۳۵۶۸۰	۰/۳۹۰۳۲	۰/۳۱۱۵۳	مدیریت و حسابداری
۱	۷/۹ E-۰.۶	۱/۴۱۲۲۲	۱/۲۳۹۶۷	۱/۴۰۸۴۰	۱/۰۵۷۸۰	۲/۷۷۷۰۷	معماری و شهرسازی
۹	۲/۱۱ E-۰.۶	۰/۲۷۴۶۰	۰/۴۹۲۸۱	۰/۴۴۶۰۰	۰/۵۰۸۶۰	۰/۳۸۵۷۱	برق و کامپیوتر

جدول ۳. نتایج مدل DEA - IEP

دانشکده	ورودی ۱	ورودی ۲	ورودی ۳	ورودی ۴	ورودی ۵
ادبیات و علوم انسانی	۰/۸۹۱۴۹	۰/۷۶۶۱۸	۰/۸۹۶۶۳	۱	۱
تربیت بدنی و علوم ورزشی	۰/۶۸۹۲۱	۰/۶۰۰۱۵	۰/۵۸۲۰۱	۰/۶۴۸۱۳	۱
حقوق	۰/۵۹۹۴۹	۰/۶۲۰۳۴	۰/۷۷۷۹۴	۰/۲۶۷۳۳	۰/۸۲۵۷۷
علوم	۰/۸۴۴۰۴	۰/۷۳۴۰۹	۰/۸۸۶۳۱	۱	۰/۹۹۳۷۷
علوم اقتصادی و سیاسی	۰/۷۴۲۵۲	۱	۱	۰/۴۴۳۳۸	۱
علوم تربیتی	۱	۱	۰/۹۷۹۸۵	۰/۴۳۴۵۸	۰/۸۰۴۵۵
علوم ریاضی	۰/۶۱۲۹۰	۰/۵۴۶۰۴	۰/۲۷۴۲۲	۰/۴۹۸۲۶	۰/۵۱۳۸۶
علوم زمین	۱	۱	۱	۰/۵۱۴۲۴	۱
مدیریت و حسابداری	۰/۹۱۴۳۲	۱	۱	۱	۱
معماری و شهرسازی	۱	۰/۸۵۰۳۶	۰/۹۲۹۴۱	۱	۱
برق و کامپیوتر	۰/۸۸۶۰۲	۱	۰/۹۹۵۹۶	۱	۰/۷۴۰۱۶

به عنوان مثال در جدول ۳ با توجه به ورودی یک، دانشکده‌های علوم تربیتی، علوم زمینی و معماری و شهرسازی دارای امتیاز کارایی یک می‌باشند؛ بنابراین قادر به تشخیص بهترین دانشکده نمی‌باشیم. بنابراین در مدل DEA - IEP قادر به ارزیابی رتبه‌بندی جامعی با توجه به هر ورودی نمی‌باشیم؛ در حالی که در مدل DEA - IIEP پیشنهادی از آنجایی که قادر به تمایز بین دانشکده‌های کارا می‌باشد، دانشکده با بهترین و بدترین کیفیت عملکرد با توجه به هر ورودی قابل شناسایی می‌باشند؛ بنابراین با توجه به هر ورودی قادر به ارزیابی یک رتبه‌بندی جامع می‌گردیم. در نتیجه قدرت تشخیص در مدل DEA - IIEP پیشنهادی بهبود قابل توجهی

می‌نماید. به‌عنوان مثال در جدول ۲ با توجه به ورودی یک، هر کدام از دانشکده‌ها دارای امتیاز کارایی متفاوت می‌باشند؛ بنابراین قادر به تشخیص بهترین دانشکده می‌باشیم.

○ برخلاف مدل DEA - IEP، مدل DEA - IIEP پیشنهادی امکان رتبه‌بندی جامع دانشکده‌ها با توجه به تمامی ورودی‌ها میسر گردید (آخرین ستون جدول ۲ را مشاهده نمایید).

۳-۱-۱ اعتبار سنجی مدل DEA - IIEP

به‌منظور بررسی اعتبار این مدل پیشنهادی و ارزیابی عملکرد آن، می‌توان از برخی مدل‌های DEA به همراه برخی آزمون‌های آماری ناپارامتری بهره گرفت.

۳-۱-۱-۱ اعتبار سنجی با استفاده از برخی مدل‌های DEA به همراه برخی آزمون‌های آماری ناپارامتری به‌منظور ارزیابی بیشتر عملکرد مدل پیشنهادی و بررسی تفاوت آن با سایر مدل‌های DEA، از ۸ مدل دیگر که در جدول ۴ ارائه شده‌اند جهت ارزیابی دانشکده‌ها استفاده می‌گردد. این ۸ مدل به ترتیب عبارتند از: مدل برزگری‌نژاد، جهانشاهلو و رستمی مال خلیفه [۴۱]، DEA - SEM، مدل ساعتی مهدی، پایان و کرد [۴۲]، مدل شایسته و ساعتی مهدی [۴۳]، مدل برنامه‌ریزی آرمانی (Min Sum)، مدل برنامه‌ریزی آرمانی (Min Max)، مدل عالم تبریزی و همکاران [۱۴] و مدل پایان و همکاران [۴۰].

جدول ۴. رتبه‌بندی حاصل از ۸ مدل DEA دیگر

دانشکده	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8
ادبیات و علوم انسانی	۳	۱	۸	۳	۵	۴	۴	۷
تربیت بدنی و علوم ورزشی	۹	۹	۹	۸	۸	۷	۸	۶
حقوق	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۱	۹
علوم	۵	۶	۲	۲	۱	۳	۱	۴
علوم اقتصادی و سیاسی	۷	۷	۷	۵	۷	۵	۹	۲
علوم تربیتی	۲	۸	۶	۷	۴	۹	۷	۵
علوم ریاضی	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰
علوم زمین	۴	۵	۴	۱	۳	۲	۳	۱
مدیریت و حسابداری	۱	۲	۳	۴	۲	۱	۲	۱۱
معماری و شهرسازی	۶	۳	۱	۶	۹	۸	۶	۳
برق و کامپیوتر	۸	۴	۵	۹	۶	۶	۵	۸

اکنون باید به این سؤال پاسخ داده شود که آیا رتبه به‌دست آمده برای دانشکده‌ها توسط مدل DEA - IIEP پیشنهادی با رتبه به‌دست آمده از هر یک از این ۸ تکنیک یکسان است؟ برای پاسخ به این سؤال و بررسی صحت ادعای برابری رتبه‌بندی دانشکده‌ها توسط مدل DEA - IIEP با هر یک از این ۸ مدل، آزمون آماری ناپارامتریک دو جمله‌ای و فریدمن به‌صورت دوجه‌دو و مجزا انجام می‌گردد.

در آزمون فریدمن فرض آماری زیر مطرح می‌گردد:

$$\left. \begin{array}{l} H_0: \text{مدل‌های مورد بررسی از نظر رتبه واحدها با یکدیگر یکسان می‌باشند.} \\ H_1: \text{مدل‌های مورد بررسی از نظر رتبه واحدها با یکدیگر یکسان نمی‌باشند.} \end{array} \right\}$$

اکنون به صورت دوجه دو و مجزا آزمون فریدمن بین مدل DEA - IIEP و هر یک از این ۸ مدل انجام می‌گردد که نتایج به دست آمده از طریق نرم افزار SPSS 16.00 تحت $\alpha = 0/01$ در جدول ۵ نشان داده می‌شوند. با توجه به نتایج ارایه شده در جدول ۵، تفاوت معناداری میان نتایج حاصل از مدل DEA - IIEP پیشنهادی با هر یک از این ۸ مدل وجود ندارد و فرض یکسان بودن رتبه‌های به دست آمده از مدل پیشنهادی با هر یک از ۸ مدل پذیرفته می‌شود.

در آزمون دوجه‌ای با گروه‌بندی که در آن صورت می‌گیرد بر اساس درصدهای مشاهده شده در هر یک از گروه‌ها در مورد نتیجه آزمون نتیجه‌گیری می‌گردد. به منظور نمایش تفاضل بین رتبه دانشکده‌ها، آزمون دوجه‌ای در سطح صفر آزمون شده است. آزمون در سطح صفر بدین معنی است که روش‌هایی که اختلاف رتبه آنها کمتر یا مساوی صفر باشد، با یکدیگر اختلاف ندارند. از آنجا که اختلاف بین دو عدد رتبه‌ای، عدد واقعی است؛ بنابراین برای اجرای آزمون، اختلاف رتبه‌ها در نظر گرفته شده است. بدین صورت که به صورت مجزا رتبه داده شده توسط هر یک از مدل‌ها با مدل پیشنهادی مقایسه شده‌اند و تفاضل رتبه‌ها به دست آمده است. بنابراین فرض آماری در سطح صفر به صورت زیر است:

$$\left. \begin{array}{l} H_0: \mu \leq 0 \text{ (بین رتبه دو روش، اختلاف معناداری وجود ندارد.)} \\ H_1: \mu > 0 \text{ (بین رتبه دو روش، اختلاف معناداری وجود دارد.)} \end{array} \right\}$$

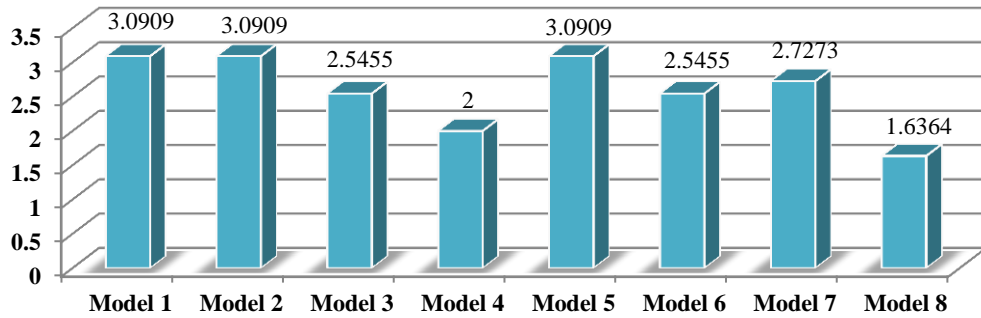
این فرض آماری بدین معنی است که اگر اختلاف بین رتبه روش‌ها کمتر یا مساوی صفر باشد فرض H_0 وگرنه فرض H_1 پذیرفته می‌شود. به بیان دیگر، روش‌هایی که میانگین اختلاف رتبه آنها کمتر یا مساوی صفر است رتبه آنها با یکدیگر اختلاف ندارند. در این سطح و تحت $\alpha = 0/01$ اختلاف بین رتبه حاصل از مدل DEA - IIEP با هر یک از این ۸ مدل به صورت مجزا کمتر یا مساوی صفر و فرض H_0 تأیید شده است. نتیجه این آزمون در جدول ۶ نشان داده شده است. همچنین میانگین اختلاف بین رتبه حاصل از مدل پیشنهادی با هر یک از این ۸ مدل در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۵. نتایج حاصل از تست فریدمن

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8
P - Value	۰/۳۱۷	۰/۲۵	۰/۱۶۵	۰/۱۱۱	۰/۳۲۳	۰/۲۸۵	۰/۲۱۴	۰/۰۵۳

جدول ۶. نتایج حاصل از آزمون دوجه‌ای

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8
P - Value	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	۰/۰۶۵	۰/۲۷۷	۰/۰۱۲	۰/۵۴۹	۰/۰۶۵	۰/۰۱۲



شکل ۱. اختلاف رتبه مدل‌ها با روش DEA - IIEP

همچنین به منظور بررسی این موضوع که نتایج حاصله از ۸ مدل مذکور و مدل پیشنهادی با هم همبستگی دارند، ناگزیر از انجام آزمون آماری هستیم. فرضیه پژوهشی این است که آیا همبستگی بین رتبه‌های حاصل از دو مدل پژوهش وجود دارد. بنابراین از آزمون ضریب همبستگی رتبه‌ای با فرض زیر استفاده می‌گردد.

$$\begin{cases} H_0: \rho = 0 \\ H_1: \rho \neq 0 \end{cases}$$

از این رو با عنایت به نتایج ۸ مدل مذکور و مدل پیشنهادی، آزمون همبستگی بین این مدل‌ها و مدل پیشنهادی تحت $\alpha = 0.01$ صورت گرفت و نتایج به دست آمده از طریق نرم‌افزار SPSS 16.0 برای این آزمون‌های همبستگی در جدول ۷ نشان داده می‌شوند. خانه‌های ستاره‌دار بیان‌گر رد فرض صفر می‌باشد.

جدول ۷. آنالیز همبستگی

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9
Model 1	—	۰/۰۱۹	۰/۰۵۱	۰/۰۱	۰/۰۰۲*	۰/۰۲۶	۰/۰۱۱	۰/۵۹۳	۰/۶۵
Model 2	۱	۰/۶۹۱	۰/۶	۰/۰۷۳۶	۰/۸۱۸	۰/۶۶۴	۰/۷۲۷	۰/۱۸۲	۰/۱۵۵
Model 3		۱	۰/۰۲۹	۰/۰۳۵	۰/۰۸۹	۰/۰۱۶	۰/۰۰۸*	۰/۷۷	۰/۴۵
Model 4			۱	۰/۶۵۵	۰/۶۳۶	۰/۷	۰/۷۴۵	۰/۱	۰/۲۵۵
Model 5				۱	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۰۶*	۰/۲۰۱	۰/۲۰۱
Model 6					۱	۰/۰۳۶	۰/۶۲۷	۰/۴۱۸	۰/۴۱۸
Model 7						۱	۰/۰۰۳*	۰/۰۷۷	۰/۰۷۱
Model 8							۱	۰/۵۵۵	۰/۵۶۴
Model 9								۱	۰/۶۷
Model 1									۱
Model 2									
Model 3									
Model 4									
Model 5									
Model 6									
Model 7									
Model 8									
Model 9									

اولین مقدار بیانگر P-Value و دومین مقدار بیانگر میزان همبستگی (ρ) می‌باشد.

۳-۲ تعیین واحدهای ناکارا و واحدهای مرجع آن‌ها

با توجه به امتیاز به دست آمده از مدل (۷) (فرم ثانویه مدل CCR) برای هر DMU، DMUs به دو دسته کارا و ناکارا تقسیم می‌شوند. یک DMU در صورتی کارا در نظر گرفته می‌شود که علاوه بر اینکه میزان کارایی مربوط به آن واحد یک ($\theta = 1$) باشد، متغیرهای کمبود خروجی (s_j^+) و مازاد ورودی (s_j^-) آن نیز صفر باشند. اگر یک واحد دارای امتیاز کارایی یک باشد، اما متغیرهای کمبود و یا مازاد آن مخالف صفر باشد و یا این که دارای امتیاز کارایی مخالف یک باشد، به عنوان واحد ناکارا در نظر گرفته می‌شود.

مدل (۷)

$$\max \theta \quad (23)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{ip}, \quad \forall i, \quad (24)$$

$$\theta y_{rp} - \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} + s_r^+ = 0, \quad \forall r, \quad (25)$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad \forall j, i, r. \quad (26)$$

واحدهای مرجع هر کدام از واحدهای ناکارا، آن‌هایی هستند که در خروجی مدل (۷) دارای $\lambda > 0$ هستند. واحدهای مرجع به عنوان الگویی هستند که واحدهای ناکارا باید به آن‌ها اقتدا کرده و متناسباً ورودی‌های خود را کاهش داده و یا اینکه خروجی‌های خود را افزایش دهند تا بتوانند به مرز کارایی برسند. علت عدم کارایی واحدها را می‌توان چنین استنباط کرد که در بین واحدهای مورد بررسی، واحدی را می‌توان یافت که با داده کمتری خروجی بیشتری را نسبت به آن به دست آورد. برای تبدیل یک واحد ناکارا در ماهیت خروجی به واحد کارا، باید مقادیر ورودی و خروجی مطابق روابط زیر تغییر کنند تا واحد ناکارا روی مرز کارایی قرار بگیرد.

$$x_{ip} = x_{ip} - s_i^- \quad \forall i \quad (27)$$

$$y_{ip} = \theta y_{rp} + s_i^+ \quad \forall r \quad (28)$$

بنابر نتایج به دست آمده از مدل (۷)، واحدهای ناکارا و واحدهای مرجع هر کدام از واحدهای ناکارا در جدول ۸ نشان داده می‌شود. همچنین واحدهای ناکارا به منظور بهبود عملکردشان سعی می‌نمایند مقادیر ورودی‌هایشان را کاهش و خروجی‌هایشان را افزایش دهند. از این رو مقادیر ورودی‌ها و خروجی‌هایی که باعث کارایی آن‌ها می‌گردد با استفاده از مدل (۷) و روابط (۲۷) و (۲۸) محاسبه گردیده است که در جدول ۹ ارایه می‌شوند.

جدول ۸. خلاصه خروجی مدل (۷)

دانشگاه	ادبیات و علوم انسانی	تربیت بدنی و ورزشی	حقوق	علوم اقتصادی و سیاسی	علوم تربیتی	علوم ریاضی	علوم زمین	مدیریت و حسابداری	معماری و شهرسازی	برق و کامپیوتر	
θ	۱	۱	۱/۲۱۱۰	۱	۱	۱	۱/۴۵۹۶	۱	۱	۱	
λ_1	۱	۰	۰/۰۶۶۵	۰	۰	۰	۰/۴۶۵۶	۰	۰	۰	
λ_2	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
λ_3	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
λ_4	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
λ_5	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	
λ_6	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰/۱۲۱۵	۰	۰	۰	
λ_7	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
λ_8	۰	۰	۰/۳۱۲۶	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	
λ_9	۰	۰	۰/۴۷۳۲	۰	۰	۰	۰/۰۴۵۴	۰	۱	۰	
λ_{10}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	
λ_{11}	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵۱۶	۰	۰	۱	
s_1^-	۰	۰	۰/۰۰۸۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
s_2^-	۰	۰	۰/۰۰۴۱	۰	۰	۰	۰/۰۰۰۳	۰	۰	۰	
s_3^-	۰	۰	۰/۰۰۱۲	۰	۰	۰	۰/۰۴۴۷	۰	۰	۰	
s_4^-	۰	۰	۰/۰۴۸۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
s_5^-	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۴۳	۰	۰	۰	
s_1^+	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
s_2^+	۰	۰	۰/۰۱۵۱	۰	۰	۰	۰/۰۰۱۳	۰	۰	۰	
s_3^+	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
s_4^+	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
واحدکارا	●	●	-	●	●	●	-	●	●	●	
واحدهای مرجع	-	-	۱، ۸ و ۹	-	-	۱، ۶ و ۹	-	-	-	-	

جدول ۹. ورودی‌ها و خروجی‌های اصلاحی برای کارا شدن واحدهای ناکارا

معیارها	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	O_1	O_2	O_3	O_4
حقوق	۰/۰۳۹۷۳	۰/۰۳۹۸۹	۰/۰۲۷۸۱	۰/۰۳۸۹۰	۰/۰۱۹	۰/۰۵۴۴۹	۰/۰۵۳۸۷	۰/۰۶۲۹۷	۰/۰۴۴۸۱
علوم ریاضی	۰/۰۴۵	۰/۰۴۸۶۶	۰/۰۳۵۳۳	۰/۰۲	۰/۰۱۷۷۰	۰/۰۶۵۶۸	۰/۰۵۰۹۶	۰/۰۲۴۸۱	۰/۰۲۴۸۱

۴ نتیجه گیری

کسب فناوری و دانش روز و پیشرفته که می تواند نقش مؤثر و کلیدی در تحقق و شتاب حرکت اجتماعی و اقتصادی ملل ایفا نماید، صرفاً با تقویت آموزش عالی و برنامه ریزی کمی و کیفی آن میسر می گردد. از این رو دانشگاه ها به عنوان بدنه اصلی آموزش عالی و مرکزی که به تربیت و آماده سازی نیروی انسانی کارآمد و ماهر برای پاسخگویی به نیازهای واقعی جامعه در زمینه های گوناگون می پردازند، نقش حیاتی و تعیین کننده ای در رشد و گسترش اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور دارند؛ چرا که دانشگاه ها با پرونده های خود به جامعه عملاً در راه توسعه قدم بر می دارند و با توجه به جایگاه و نقش دانشگاه ها و حساسیت مردم به عملکرد این نهاد، باید در هر دو بعد کیفی و کمی به صورت متعادل رشد نمایند. از سوی دیگر با توجه به محدودیت منابع مادی و انسانی جامعه، بررسی و ارزیابی عملکرد دانشگاه ها لازم و ضروری می گردد؛ چرا که عملکرد نامناسب دانشگاه ها می تواند گسترش علمی و سیستم های آموزشی و پژوهشی را محدود نماید. از این رو به همان نسبت که دانشگاه های کارا می توانند به رشد علمی و اقتصادی جامعه کمک نمایند عملکرد بد آن ها نیز می تواند بحران های عظیم اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی را در برداشته باشد. بنابراین با توجه به آنچه بیان گردید می توان نتیجه گرفت که برای اصلاح و بهبود مستمر نظام دانشگاهی، استقرار یک سازوکار مناسب ارزیابی عملکرد که به واسطه آن بتوان ضمن بهبود و ارتقای کیفیت علمی، بهبود کل نظام دانشگاهی را مدنظر قرار داد؛ در عین اینکه از متن نظام دانشگاهی و ضرورت های آن برخاسته و منطبق بر خصوصیات این نظام باشد ضروری می نماید. از این رو با توجه به اهمیت ارزیابی کیفیت عملکرد دانشگاه ها و زیرمجموعه های آن، در این پژوهش یک مدل ارزیابی بر پایه ی مدل پروفایل کارایی ورودی به نام تکنیک پروفایل کارایی ورودی بهبود یافته پیشنهاد می گردد. این مدل پیشنهادی عملکرد مدل پروفایل کارایی ورودی را بهبود داده و برخی نواقص آن را برطرف نمود. نهایتاً به منظور بررسی عملکرد مدل پیشنهادی، یک مثال عددی به همراه تحلیل نتایج و اعتبارسنجی آن ارایه می گردد. به منظور اعتبارسنجی مدل از برخی مدل های دیگر تحلیل پوششی داده ها به همراه آزمون های آماری ناپارامتری استفاده گردید که نتایج نشان داد مدل پیشنهادی از کارایی لازم برخوردار می باشد.

موارد مطالعاتی آتی که می توان در ادامه ی کار به آنها پرداخت به صورت ذیل فهرست شده اند:

- ارایه یک چارچوب مدون و ساختاریافته به منظور تدوین شاخص های ارزیابی عملکرد، چرا که یکی از مراحل اساسی در ارزیابی عملکرد شاخص ها می باشند.
- دستیابی به یک چارچوب و الگویی جامع که مجریان و مدیران دانشگاهی بتوانند با استناد به آن، وضع کیفی دانشگاه خود را با توجه به یک دیدگاه همه جانبه محک بزنند.
- در نظرگیری عدم قطعیت و ابهام در مسأله.
- کاربردی نمودن مسأله.
- با توجه به تعدد مدل هایی که برای تصمیم گیری وجود دارند، پیشنهاد می شود فرآیند تحقیق با استفاده از سایر مدل ها تکرار گردد و نتایج تحقیقات با یکدیگر مقایسه گردد.

منابع

- [۱] برینان، ج.، شاه، ت.، (۱۳۹۰). مدیریت کیفیت در آموزش عالی: چشم اندازی بین‌المللی به سنجش و تغییر سازمانی. ترجمه‌ی صالحی، ک.، زین‌آبادی، ح. ر.، پرند، ک.، تهران: نشر مرکز نشر دانشگاهی.
- [۳] هو، س.، (۱۹۹۵). مدیریت کیفیت جامع: نگرش منسجم. ترجمه‌ی حسین‌زاده، ح.، تهران: بینا.
- [۵] سالیس، ا.، (۱۳۸۰). مدیریت کیفیت فراگیر در آموزش. ترجمه‌ی صدیقی، س. ع.، تهران: نشر هوای تازه.
- [۶] اسحاقی، ف.، (۱۳۸۵). ارزیابی درونی کیفیت گروه مدیریت و برنامه‌ریزی آموزشی دانشگاه تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تهران، ایران.
- [۱۲] ذریه حبیب، م.، مقبولی، م.، (۱۳۹۰). ارزیابی کارایی گروه‌های آموزشی دانشگاه (نمونه موردی: دانشگاه آزاد اسلامی واحد صوفیان). سومین همایش ملی تحلیل پوششی داده‌ها، دانشگاه آزاد اسلامی فیروزکوه، ایران.
- [۱۳] شجاع، ن.، فلاح جلودار، م.، درویش متولی، م. ح.، (۱۳۹۰). تعیین کارایی واحدهای منطقه ۱۲ دانشگاه آزاد اسلامی با استفاده از مدل چند مؤلفه‌ای در تحلیل پوششی داده‌ها. ریاضیات کاربردی واحد لاهیجان، ۸(۲)، ۲۸-۱۱.
- [۱۴] عالم تبریزی، ا.، سعیدی، ح.، دیلی معزی، ص.، (۱۳۹۰). بکارگیری رویکرد تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای ارزیابی کارایی دانشکده‌های دانشگاه شهید بهشتی. پژوهش‌های مدیریت، ۸۹(۳۶-۲۵).
- [۱۵] پاکزاد، آ.، (۱۳۹۱). تطبیق مدل تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی عملکرد سیستم آموزشی (مطالعه موردی: گروه‌های آموزشی دانشگاه شهید باهنر کرمان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- [۲۲] آقاجانی، ح. ع.، کیاکجوری، د.، یحیی تبار، ف.، (۱۳۹۲). ارزیابی عملکرد واحدهای دانشگاه آزاد اسلامی استان مازندران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها. تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۰(۴)، ۱۲۵-۱۱۱.
- [۲۳] ابرزی، م.، بالوئی جام‌خانه، ه.، خزائی پول، ج.، پورمصطفی خشکرودی، م.، (۱۳۹۲). ارزیابی عملکرد گروه‌های آموزشی دانشگاه دولتی با استفاده از مدل‌های DEA و SWOT و معادلات ساختاری و ارایه استراتژی‌های راهبردی برای ارتقای کارایی. تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۰(۱)، ۴۱-۱۹.
- [۲۶] شهریار، س. ع.، رضوی، س. م.، اصغرزاده، ع. ا.، (۱۳۹۲). تحلیل پوششی داده‌های فازی و رویکرد نوین IEP/AHP جهت رتبه‌بندی کامل واحدهای تصمیم‌گیرنده (مطالعه موردی: دانشکده‌های علوم انسانی دانشگاه تهران). مدیریت صنعتی، ۵(۱)، ۴۲-۲۱.
- [۲۷] صفدری رنجبر، م.، خلیلی، م.، اعظمی، آ.، سبزه‌کار، ع.، (۱۳۹۲). ارزیابی کارایی دانشگاه‌ها و دانشکده‌ها از دیدگاه تولید دانش با روش تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی: دانشگاه صنعتی امیرکبیر). مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۰(۲)، ۷۶-۶۱.
- [۳۴] کاظمی، م.، نیکخواه فرخانی، ز.، (۱۳۸۸). کاربست تحلیل پوششی داده‌ها در اندازه‌گیری و تحلیل کارایی نسبی شهرستان‌های استان خراسان رضوی در کشت گندم دیم. اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲(۳)، ۸۷-۹۴.
- [۳۶] صفری، س.، ابراهیمی شقاقی، م.، شیخ، م. ج.، (۱۳۸۹). مدیریت ریسک اعتباری مشتریان حقوقی در بانک‌های تجاری با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (رتبه‌بندی اعتباری). مدرس علوم انسانی- پژوهش‌های مدیریت در ایران، ۴(۱۴)، ۱۶۴-۱۳۷.
- [۳۷] عرب مازار، ف.، (۱۳۹۰). DEA در مقابل سایر تکنیک‌های سنجش کارایی. سومین همایش ملی تحلیل پوششی داده‌ها. دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه، تهران، ایران.
- [۳۸] مؤتمنی، ع. ر.، (۱۳۸۱). طراحی مدل پویایی بهره‌وری با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA). رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

- [۴۳] شایسته، ع. ر.، ساعتی مهدی، ص.، (۱۳۹۰). چند روش برای رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری به کمک مجموعه مشترک وزن‌ها در تحلیل پوششی داده‌ها. سومین همایش ملی تحلیل پوششی داده‌ها، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه، تهران، ایران.
- [2] Fitzpatrick, J. L., Worthen, B. R., Sanders, J. R., (2004). Program evaluation: alternative approaches and practical guidelines. Boston: Pearson / Allyn and Bacon.
- [4] Chung Bing sun. T., (2002). Quality in higher education: Policies and practices. A Hong kong perspective, introduction and research approach. Journal for educational management, 17 (3).
- [7] Lopes, A. L. M., Lanzer, E. A., (2002). Data envelopment analysis – DEA and fuzzy sets to assess the performance of academic departments: A case study at federal university of Santa Catarina – UFSC. Pesquisa Operacional, 22 (2), 217–230.
- [8] Katharaki, M., Katharakis, G., (2010). A comparative assessment of Greek universities' efficiency using quantitative analysis. International Journal of Educational Research, 49, 115–128.
- [9] Lee, B. L., (2011). Efficiency of Research Performance of Australian Universities: A Reappraisal using a Bootstrap Truncated Regression Approach. Economic Analysis & Policy, 41 (3), 195–203.
- [10] Simar, L., Wilson, P. W., (2007). Estimation and inference in two – stage, semi – parametric models of production processes. Journal of Econometrics, 136, 31– 64.
- [11] Andersson, C., Antelius, J., Månsson, J., Sund, K., (2016). Technical efficiency and productivity for higher education institutions in Sweden. Scandinavian Journal of Educational Research, 1–19, DOI:10.1080/00313831.2015.1120230.
- [16] Johnes, G., (2013). Efficiency in English higher education institutions revisited: a network approach. Economics Bulletin, 33 (4), 2698–2706.
- [17] Saniee Monfared, M. A., Safi, M., (2013). Network DEA: An application to analysis of academic performance. Journal of Industrial Engineering International, 9 (15), 1–10.
- [18] Khodabakhshi, M., Kheirollahi, H., (2013). Performance evaluation of Iran universities with Stochastic Data Envelopment Analysis (SDEA). Int. J. Data Envelopment Analysis, 1 (1), 7–13.
- [19] Çınar, Y., (2013). Research and teaching efficiencies of Turkish universities with heterogeneity considerations: Application of multi – activity DEA and DEA by sequential exclusion of alternatives methods. Working Paper, Higher School of Economics WP Series, 24 Pages.
- [20] Beasley, J. E., (1995). Determining teaching and research efficiencies. Journal of the Operational Research society, 46, 441–452.
- [21] Aleskerov, F., Petrushchenko, V. V., (2013). DEA by Sequential Exclusion of Alternative. Working Paper, Higher School of Economics WP Series.
- [24] Ismail, I., Ramalingam, S., Husaini Azahan, A., Khezrimotlagh, D., (2014). Relative efficiency of public universities in Malaysia. Scholars Journal of Economics, Business and Management, 1(11), 606–612.
- [25] Payan, A., Rahmani Parchicolaie, B., (2014). Performance evaluation of universities as groups of decision making units. International Journal of Mathematical, Computational, Natural and Physical Engineering, 8 (4), 659–665.
- [28] Hung Do, Q., Chen, J. F., (2014). A hybrid fuzzy AHP – DEA approach for assessing university performance. WSEAS Transactions on Business and Economics, 11, 386–397.
- [29] Ruiz, J. L., Segura, J. V., Sirvent, I., (2015). Benchmarking and target setting with expert preferences: An application to the evaluation of educational performance of Spanish universities. European Journal of Operational Research, 242, 594–605.
- [30] Zhang, L., Luo, Y., (2016). Evaluation of input output efficiency in higher education based on data envelope analysis. International Journal of Database Theory and Application, 9 (5), 221–230.
- [31] Sahney, S., Thakkar, J., (2016). A comparative assessment of performance of select higher education institutes in India. Quality Assurance in Education, 24 (2), 278–302.
- [32] D. Gromov, A., (2017). The efficiency of Russian higher education institutions and its determinants. Working Paper, Higher School of Economics, National Research University, 17 pages.
- [33] Tofillis, C., (1997). Input efficiency profiling: an application to airlines. Computers & Operations Research, 24 (3), 253–258.
- [35] Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E., (1978) Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 2 (6), 429–444.
- [39] Adila, A., (2001). Predictors of university academic performance in Colombia instituto colombiano de neuropsicologia. bogota, Colombia. International Journal of Educational Research, 35, 411–417.
- [40] Payan, A., Noora, A. A., Lotfi, F. H., (2014). A ranking method based on common weights and benchmark point. Applications and Applied Mathematics: An International Journal (AAM), 9 (1), 318–329.

- [41] Barzegarinegad, A., Jahanshahloo, G., Rostamy – Malkhalifeh, M., (2014). Full ranking for decision making units using ideal and anti – ideal points in DEA. The Scientific World Journal, DOI: 10.1155/2014/282939.
- [42] Saati Mohtadi, S., Payan, A., Kord, A., (2012). Ranking alternatives in multi – criteria decision analysis using common weights based on ideal and anti – ideal frontiers. World Academy of Science, Engineering and Technology, 6 (8), 285–289.