پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، صص ۱۸۹-۲۱۳
نوع مقاله: پژوهشی

ارائه مدلی بر پایه مدل پروفایل کارآیی ورودی جهت ارزیابی کیفیت عملکرد مراکز آموزش عالی

احسان منصوری[۱]، لیلا فضلی[۲*]

۱- استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
۲- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۹ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۲

چکیده

مراکز آموزش عالی محور توسعه پایدار اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و علمی جوامع بشری می‌باشند؛ در نتیجه ارزیابی کارآیی آن‌ها توجه فراوانی را در سطح بین‌المللی به خود معطوف نموده است. مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) به سبب خصوصیات و مزایای ویژه‌ای که دارند، از مؤفق-ترین، کارآمدترین و کاربردی‌ترین تکنیک‌های سنجش کارآیی هستند. مدل‌های DEA علاوه بر سنجش کارآیی نسبی، قادر به ارائه برنامه‌ریزی‌های لازم جهت بهبود کارآیی نیز می‌باشند. از این‌رو تاکنون تحقیقات بسیاری از مدل‌های DEA جهت سنجش کارآیی مراکز آموزش عالی بهره گرفته‌اند. در این پژوهش نیز به‌منظور سنجش کیفیت عملکرد مراکز آموزش عالی، از یکی از مدل‌های DEA به‌نام مدل پروفایل کارآیی ورودی (IEP) بهره گرفته شده است. مدل پیشنهادی یک مدل ارزیابی جدید به‌نام مدل پروفایل کارآیی ورودی بهبود یافته – ابرکارآیی (IIEP – SE) می‌باشد که عملکرد مدل IEP را از طریق رفع برخی نواقص آن بهبود بخشیده است. از طریق یک مثال عددی و مقایسه مدل پیشنهادی با سایر مدل‌های DEA نشان داده شده است که مدل پیشنهادی از اعتبار لازم و عملکرد مطلوبی برخوردار است. به‌منظور برنامه‌ریزی جهت دستیابی به کارآیی واحدهای ناکارآ، واحدهای الگو و مرجع و میزان تغییر لازم در معیارهای ورودی و خروجی برای هر واحد ناکارآ نیز تعیین گردیده است.

کلیدواژه‌ها: سنجش کیفیت عملکرد، مراکز آموزش عالی، مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، مدل پروفایل کارآیی ورودی بهبود یافته – ابرکارآیی (IIEP – SE).

* **نویسنده مسئول مقاله** E-mail: leyla.fazli@yahoo.com

۱– مقدمه

امروزه مراکز آموزش عالی یکی از منابع مهم و ارزشمند تأمین نیروی انسانی متخصص، ماهر، متفکر و کارآمد به‌شمار می‌روند. آن‌ها از یک سو حافظ و ناقل میراث فرهنگی و ارزش‌های حاکم بر جامعه هستند و از سوی دیگر پاسخگوی نیازهای اجتماعی برای کسب، اشاعه و گسترش علم و فناوری می‌باشند [۱]. بنابراین مراکز آموزش عالی نقش بسیار قابل توجهی در رشد و توسعه اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، فرهنگی و علمی هر جامعه‌ای دارند و بعضاً به‌عنوان محور اصلی و اساسی رشد و توسعه نیز معرفی می‌شوند.

مراکز آموزش عالی در صورتی‌که همواره دغدغه ارتقاء کیفیت عملکرد خود را داشته باشند، می‌توانند بهترین خدمات را به جامعه ارائه نمایند و زمانی از کیفیت لازم برخوردار خواهند بود که بتوانند به‌گونه‌ای سیستماتیک از توانایی‌ها و ظرفیت‌های عوامل متعددشان از قبیل دانشجو، استاد، برنامه درسی و محیط حداکثر استفاده را نموده و از این راه نیازها و انتظارات دانشجویان و دیگر دست اندرکاران آموزش عالی را برآورده سازند.

راه‌حل بهبود و ارتقاء کیفیت عملکرد در هر سازمانی ایجاد یک چارچوب سنجش وارزیابی مناسب و کارآمد است. ارزیابی و سنجش از آن جهت حائز اهمیت است که واقعیت آنچه را که می‌خواهد محقق شود، مشخص می‌نماید. مسئله سنجش و ارزیابی کیفیت عملکرد مراکز آموزش عالی شامل دو مرحله اصلی و اساسی زیر می‌باشد:

مرحله ۱– شناسایی شاخص‌هایی که بتوان به‌وسیله آن کیفیت عملکرد را به‌صورت مناسب مورد قضاوت قرارداد.

مرحله ۲– ارائه یک مدل مناسب سنجش و ارزیابی به‌منظور تحلیل و ارزیابی شاخص‌هایی که بر کیفیت عملکرد تأثیرگذار می‌باشند.

با آنکه هر یک از تکنیک‌های سنجش کارآیی از معایب و مزایایی برخوردار می‌باشند؛ اما مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها[1]با عنایت بر خصوصیات و مزایای ویژه آن‌ها از مؤفق‌ترین، کارآمدترین و کاربردی‌ترین تکنیک‌ها در مقایسه با سایر تکنیک‌های سنجش کارآیی عملکرد هستند. همچنین مدل‌های DEA به دلیل توسعه و نفوذ چشمگیرشان، تاکنون کارکردهای متعددی درحوزه‌های گوناگون علوم داشته است؛ در حالی‌که سایر تکنیک‌های مطرح شده در حوزه ارزیابی کارآیی این چنین کارکردهای متنوعی را ارائه ننموده‌اند. از این‌رو پژوهش‌های بسیاری بر روی ارزیابی کیفیت عملکرد مراکز آموزش عالی با استفاده از مدل‌های DEA

صورت گرفته است که خلاصه‌ای از برخی از آنها به شرح ذیل بیان می‌گردند:

آذر و ترکاشوند [۲] یک چارچوب سیستمایک مبتنی بر برخی از مدل‌ها DEA را به‌منظور انتخاب مدل DEA مناسب، رتبه‌بندی کارآیی گروه‌های آموزشی دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس، تشخیص نقاط ضعف و قوت هر یک از گروه‌ها و تعیین وضعیت استفاده بهینه از منابع در دسترس در دانشکده علوم انسانی ارائه نمودند.

عالم تبریزی، سعیدی و دیلی معزی [۳] به بررسی عملکرد ۱۱ دانشکده‌ی دانشگاه شهید بهشتی پرداختند. با استفاده از مدل‌های: DEA براساس برنامه‌ریزی آرمانی، تحلیل پوششی داده‌های چارنرز، کوپرز و رودز[۲] مضربی خروجی محور و DEA / فرایند تحلیل سلسله مراتبی[۳] کارآیی دانشکده‌های مورد نظر ارزیابی گردیدند. سرانجام رتبه‌بندی نهایی از طریق مدل تحلیل پوششی داده‌های ابرکارآیی[۴] صورت پذیرفت.

لی[۵][۴] از یک مدل بوت استرپ تحلیل پوششی داده‌ها[۶] به‌منظور برآورد کارآیی فنی ۳۷ دانشگاه استرالیا از دیدگاه پژوهش استفاده نمود. لی به‌منظور آنالیز محرک‌های کارآیی، یک معادله رگرسیون بر حسب متغیرهای محل دانشگاه‌ها، ظرفیت واقعی دانشجویان، طرح گرنت-های سازمانی و نسبت اساتید دانشیار و بالاتر (به‌عنوان متغیرهای توضیحی) و امتیازات به-دست آمده از مدل DEAB (به‌عنوان متغیر پاسخ) برآورد نمود. یافته‌ها نشان داد که نسبت استادان دانشیار و بالاتر، محل دانشگاه‌ها و مبلغ طرح گرنت‌های سازمانی تأثیر مثبت و ظرفیت واقعی دانشجویان تأثیر منفی بر روی کارآیی پژوهشی دارند. همچنین در سوئد نیز اندرسون و همکاران[۷][۵] با بهره‌گیری از یک مدل DEAB به ارزیابی کارآیی فنی و بهره‌وری مؤسسات آموزش عالی پرداختند.

شجاع و همکاران [۶] با تعمیم و گسترش مدل‌های چند مؤلفه‌ای، مدل DEA چند مؤلفه‌ای را جهت ارزیابی عملکرد ۱۴ واحد دانشگاهی منطقه ۱۲ دانشگاه آزاد اسلامی طی یک دوره چهار ساله ارائه نمودند. همچنین نشان داده شد که نتایج با واقعیت‌های موجود کاملاً منطبق می‌باشد و این واحدها طی سالیان مورد بحث در مؤلفه پژوهشی مؤفق‌تر عمل نموده و رشد مناسبی داشته‌اند؛ در حالی‌که عملکرد آن‌ها در حوزه آموزشی با ضعف بیشتری روبرو بوده است.

پاکزاد [۷] با تلفیق مدل تحلیل پوششی داده‌های چند لایه‌ای،[۸] مدل تحلیل پوششی داده‌های توأم،[۹] تکنیک AHP و رویکرد ناحیه اطمینان،[۱۰] یک مدل ترکیبی به‌نام AHP – AR – Joint

MLDEA را جهت سنجش کارآیی آموزشی و پژوهشی گروه‌های آموزشی دانشگاه شهید باهنر کرمان ارائه نموده است.

ابزری و همکاران [۸] کارآیی گروه‌های آموزشی یک دانشگاه دولتی ایران را از طریق مدل تحلیل پوششی داده‌های بنکر، چارنرز و کوپرز[۱۰] خروجی محور ارزیابی و با استفاده از مدل DEA − SE آنها را رتبه‌بندی نمودند. در این پژوهش با طراحی سناریوهایی، دلایل اصلی و منشأ ناکارآمدی و کارآمدی هر یک از گروه‌ها و میزان تأثیر این عوامل، مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس با بهره‌گیری از تکنیک قوت‌ها ضعف‌ها فرصت‌ها تهدیدها[۱۱] نقاط ضعف، قوت، تهدیدها و فرصت‌ها بررسی و در قالب آن استراتژی‌ها و راهکارهایی به‌منظور بهبود کارآیی گروه‌ها ارائه و در نهایت از طریق مدل‌سازی معادلات ساختاری[۱۲] میزان تأثیر استراتژی‌های استخراج شده از SWOT مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که با تلفیق مدل‌های SWOT و DEA، ضمن کاهش معایب آن‌ها، محاسن آن‌ها تقویت و مدلی جامع برای سنجش و بهبود کیفیت عملکرد گروه‌های آموزشی ارائه می‌گردد و نیز تعیین میزان تأثیرگذاری و اولویت‌بندی هر یک از استراتژی‌ها، قابلیت اطمینان تصمیم‌گیری مدیران را افزایش می‌دهد.

سینار[۴] [۹] با استفاده از مدل DEA چند بخشی[۵] ارائه شده توسط بیسلی[۶] و مدل ارائه شده توسط آلسکروف و پتروش چنکو[۷] کارآیی آموزشی و پژوهشی ۴۵ دانشگاه ترکیه را بررسی نمود. یافته‌های پژوهش نشان داد که تفاوت‌های قابل توجهی بین دانشگاه‌ها با توجه به کارآیی فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی وجود دارد.

جونز[۸] [۱۰] به‌منظور ارزیابی عملکرد دانشگاه‌های انگلستان از یک رویکرد شبکه‌ای به‌نام تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای[۹] استفاده نمود. یافته‌های پژوهش نشان داد که کارآیی کل به‌دست آمده توسط مدل NDEA، پایین‌تر از مدل DEA بازده به مقیاس ثابت است. همچنین صنیعی منفرد و صافی [۱۱] نیز به‌منظور بررسی کیفیت عملکرد ۹ دانشکده‌ی دانشگاه الزهرا یک مدل NDEA دو مرحله‌ای جدید را پیشنهاد نمودند. نتایج حاصله بیانگر آن است که مدل NDEA دو مرحله‌ای پیشنهادی، قدرت تشخیص قوی‌تری نسبت به مدل‌های NDEA یک مرحله‌ای دارد.

خدابخشی و خیرالهی [۱۲] یک مدل DEA − SE احتمالی ورودی محور را جهت ارزیابی و رتبه‌بندی ۳۳ دانشگاه ایران پیشنهاد نمودند.

شهریاری، رضوی و اصغرزاده [۱۳] از یک مدل پیشنهادی به‌نام پروفایل کارآیی ورودی[۲۰] فازی / AHP برای ارزیابی کارایی ۹ دانشکده علوم انسانی دانشگاه تهران استفاده نمودند.

هانگ‌دو و چن[۲۱] [۱۴] به ارزیابی عملکرد ۱۸ دانشگاه ملی ویتنام در شرایط عدم قطعیت با استفاده از تکنیک AHP فازی و مدل DEA – CCR با رویکرد AR پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که با توجه به سهم هر یک از معیارهای خروجی در امتیاز کارآیی، ابتدا معیار کل ساعات تدریس و سپس به‌ترتیب گرنت‌ها و تعداد انتشارات بیش‌ترین سهم را در امتیاز کارآیی دارا می‌باشند. همچنین با استفاده از یافته‌های پژوهش، هر مدیر دانشگاه می‌تواند نقاط ضعف را شناسایی و بهبودهای لازم را ایجاد نماید.

پایان و رحمانی پرچکلایی [۱۵] یک تکنیک بر پایه مجموعه اوزان مشترک[۲۲]در DEA را با یک ساختار جدید جهت سنجش کیفیت عملکرد ۷ واحد دانشگاه آزاد اسلامی ایران پیشنهاد نمودند. با استفاده از این مدل پیشنهادی، علاوه بر سنجش عملکرد نسبی دانشگاه‌های مورد ارزیابی، عملکرد دفاتر مختلف دانشگاه‌ها را نیز بررسی نمودند. یکی از قابلیت‌های مدل پیشنهادی، برآورد گسترش کارآیی می‌باشد.

روئیز[۲۳] و همکاران [۱۶] یک مدل جدید DEA را جهت ارزیابی کارآیی ۴۲ دانشگاه ملی اسپانیا ارائه نمودند. آنالیز کارآیی صورت گرفته در این پژوهش به‌طور ویژه بر تعیین مقادیر هدف برای خروجی‌ها و ورودی‌ها و الگوبرداری برای واحدهای ناکارآ با استفاده از مدل DEA پیشنهادی تمرکز می‌نماید.

ژانگ و لو[۲۴] [۱۷] با استفاده از مدل‌های DEA – BCC، DEA – CCR و تکنیک آنالیز اجزای اصلی[۲۵] کارآیی فنی و مقیاس ۱۰ کالج ایالت سیچوان (چین) را سنجیدند.

عزیزی و امیرتیموری [۱۸] با استفاده از یک رویکرد جدیدی بر مبنای DEA با مرز دوگانه به ارزیابی کارآیی مؤسسات آموزش عالی انگلستان پرداخته‌اند.

تورِ[۲۶] و همکاران [۱۹] بهره‌وری و کارآیی ۴۷ دانشگاه دولتی و ۲۲ دانشگاه خصوصی اسپانیا را از طریق گسترش شاخص مالم کوئیست[۲۷] پیشنهاد شده توسط کامانهو و دایسون[۲۸] و آپاریسیو[۲۹] و همکاران ارزیابی نمودند. نتایج نشان می‌دهد که در سال ۲۰۱۰ / ۲۰۰۹ ، انعطاف‌پذیری دانشگاه‌های خصوصی بیشتر می‌باشد که این به معنای تنظیم بهتر بین ورودی‌ها و خروجی‌ها در بخش خصوصی می‌باشد. با این حال، در سال ۲۰۱۴ / ۲۰۱۳، به دلیل بحران اقتصادی، ورودی‌های دانشگاه‌های دولتی کاهش یافته است؛ در صورتی‌که این

کاهش کاملاً در خروجی آن‌ها بی‌تأثیر بوده؛ در نتیجه دانشگاه‌های دولتی توانستند خود را به سطح دانشگاه‌های خصوصی برسانند.

گنیووچ و وهلـرابِ[۲۰] کـارآیی ۱۱۸ گـروه آموزشـی اقتصـاد در سرتاسـر جهـان را بـا استفاده از تکنیک‌های: DEA خروجی محور بازده به مقیاس متغیر، DEA – SE، تحلیل رویـه آزاد[۳۱]مرتبه m و مرتبه α بررسی نمودند.

ویلانو و تران[۳۲][۲۱] کیفیت عملکرد ۳۰ دانشگاه خصوصی ویتنام را بـا اسـتفاده از رویکـرد تحلیل پوششی داده‌هـای مبتنـی بـر فاصـله جهتـدار بـوت اسـترپ[۳۳]بـا ورودی‌هـای شـبه ثابـت بررسی نمودنـد. نتـایج حـاکی از آن اسـت کـه تنـوع زیـادی در سـطوح کـارآیی دانشـگاه‌هـای خصوصی در طی سال‌های تحصیلی و بین سال‌های تحصیلی و بین دانشگاه‌های بین شـهری و سایر دانشگاه‌های خصوصی وجود دارد.

طالـب[۳۴]و همکـاران [۲۲] از مـدل تحلیـل پوششـی داده‌هـای عـدد صـحیح[۳۵]خروجـی محـور تحت بازده به مقیاس ثابت و متغیر به‌منظور سنجش کیفیـت ۲۰ دانشـگاه مـالزی بهـره گرفتنـد. نتایج نشان داد که تحت بازده به مقیاس ثابت ۵۰٪ دانشگاه‌ها و تحـت بـازده بـه مقیـاس متغیـر ۵۵٪ درصد دانشگاه‌ها کارآ می‌باشند. همچنین نتایج کارآیی فنی و مقیاس حاکی از آن است کـه دانشگاه‌های دولتی مالزی در مقایسه با یکدیگر در سطح نسبتاً بالایی از کـارآیی نسـبی فعالیـت می‌کنند.

نوس[۳۶]و همکاران [۲۳] با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های کارآیی متقابل[۳۷]به ارزیابی کارآیی کلی، آموزشی، پژوهشی و اشتغال ۱۶۹ مؤسسه آموزش عالی کلمبیا پرداخته و سپس با استفاده از آنالیز خوشه‌بندی[۳۸]آنها را طبقه‌بندی نمودند. نتایج بیانگر آن است که مؤسسات در نظر گرفته شده به‌منظور دستیابی به کارآیی بیشتر نیازمند اتخاذ سیاست‌هایی می‌باشند که با توجه به نوع و مأموریت‌های آنها متفاوت هستند؛ به‌طوری‌که که مؤسساتی که اهداف پژوهشی را دنبال می‌نمایند نیازمند افزایش تعداد استادان دارای مدرک دکتری می‌باشند؛ در حالی که مؤسساتی که به دنبال اهداف آموزشی و اشتغال فارغ‌التحصیلان می‌باشند، باید بر روی استادان دارای مدرک کارشناسی ارشد سرمایه‌گذاری نمایند.

آگاسیسـتی[۳۹]و همکـاران [۲۴] بـه بررسـی ارتبـاط بـین کـارآیی مؤسسـات آمـوزش عـالی منطقه‌ای و نرخ توسعه اقتصادی منطقـه‌ای در بـین سـال‌هـای ۲۰۱۲ تـا ۲۰۱۵ در روسـیه مـی-پردازند. آن‌ها ابتدا امتیـاز کـارآیی ۴۴۹ دانشـگاه مـورد بررسـی را بـا اسـتفاده از مـدل تحلیـل

پوششی داده‌های نیمه پارامتریک دو مرحله‌ای محاسبه؛ سپس یک مدل رشد اقتصادی که امتیاز کارآیی دانشگاه‌ها را به‌عنوان یک متغیر توضیحی در نظر گرفته است را فرموله نمودند. به‌عنوان یک روش اقتصادسنجی، آنها از یک براوردگر استوار GMM استفاده نموده‌اند. یافته‌ها تأثیر قابل توجه و مثبت کارآیی مؤسسات آموزش عالی بر رشد اقتصادی منطقه را نشان دادند.

قیمایر و همکاران [۲۵] به‌منظور سنجش کارآیی دانشگاه‌های آنتاریو (کانادا) یک مدل DEA تصادفی را توسعه دادند. در این پژوهش برای نخستین بار سطح رضایت دانشجویان به‌عنوان یک معیار خروجی در نظر گرفته شده است و نشان داده شد که انتخاب ورودی‌ها و خروجی‌ها نقش تعیین کننده‌ای در تعیین رتبه دانشگاه‌ها با استفاده از مدل DEA دارد.

نوجوان و همکاران [۲۶] با تلفیق تکنیک‌های سروکوال فازی، AHP فازی، تاپسیس فازی و DEA فازی به ارزیابی کارآیی علملکرد ۸ مؤسسه آموزش عالی ایران پرداخته‌اند.

ارزیابی کیفیت عملکرد مراکز آموزش عالی یک ضرورت انکارناپذیر است؛ زیرا تلاش‌های این مراکز بدون سنجش کیفیت عملکرد آن‌ها همانند رها کردن تیری در تاریکی خواهد بود و سبب می‌گردد که دانش‌آموختگان آن‌ها را بدون دستیابی به قابلیت‌ها و توانایی‌های ضروری ترک نمایند؛ در صورتی‌که از طریق تضمین کیفیت می‌توان به دانش‌آموختگان و جامعه اطمینان داد که قابلیت آنان در راستای تحقق اهداف مورد نظر می‌باشد. بنابراین آنچه در پژوهش‌های حوزه سنجش کیفیت عملکرد مراکز آموزش عالی باید دغدغه اصلی قرار گیرد، یافتن چارچوب و الگویی جامع است که مجریان و مدیران مراکز آموزش عالی بتوانند با استناد به آن وضعیت

کیفی مراکز خود را با توجه به یک دیدگاه همه جانبه محک زده و راهکارهایی را نیز به‌منظور رفع نواقص ارائه نمایند. از این‌رو در پژوهش حاضر سعی برآن است یک مدل ارزیابی کارآمد به‌منظور سنجش کیفیت عملکرد مراکز آموزش عالی ارائه گردد. این مدل پیشنهادی یک مدل ارزیابی جدید به‌نام مدل پروفایل کارآیی ورودی بهبودیافته – ابرکارآیی می‌باشد که مدل IEP را از طریق رفع برخی نواقص اصلی آن گسترش داده است. همچنین با بهره‌گیری از مطالعه موردی صورت گرفته توسط عالم تبریزی و همکاران [۳] و مقایسه مدل پیشنهادی با دیگر مدل‌های DEA از طریق برخی تست‌های آماری، عملکرد مدل پیشنهادی بررسی می‌گردد. علاوه بر این، برای هر واحد ناکارآ، واحدهای الگو و مرجع، حداکثر سطح ورودی‌ها و حداقل

سطح خروجی‌ها جهت کارا شدن نیز تعیین گردیده است.

در ادامه، در بخش ۲ مدل IIEP – SE معرفی می‌گردد. ارزیابی اعتبار و عملکرد مدل پیشنهادی در بخش ۳ صورت می‌پذیرد. در بخش ۴ به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود. نهایتاً در بخش ۵ مراجع بیان می‌گردد.

۲- مدل IIEP – SE

کارآیی مفهومی با سابقه طولانی در علوم گوناگون می‌باشد که به‌صورت نسبت بازده واقعی حاصله به بازده استاندارد مشخص تعریف گردیده است [۲۷]. اندازه‌گیری کارآیی و روش‌های محاسباتی آن از اواخر قرن بیستم توجه اکثر اقتصاددانان را برانگیخته است [۲۸]؛ به‌طوری‌که چارنرز و همکاران [۲۹] در سال ۱۹۷۸ مدل DEA را ارائه نمودند. این مدل به حداکثرسازی امتیاز کارآیی یک واحد تصمیم‌گیری[۵] (نسبت مجموع موزون خروجی‌ها (معیارهای خروجی) به مجموع موزون ورودی‌ها (معیارهای ورودی)) با شرط آنکه کارآیی تمامی DMUs بیشتر از یک نگردد، می‌پردازد. بنابراین اندازه‌گیری کارآیی نسبی در مدل DEA برای DMU kام با استفاده از مدل زیر صورت می‌پذیرد [۲۹]:

مدل (۱)

$$\text{MAX} \quad E_k = \frac{\sum_r u_r y_{rk}}{\sum_i v_i x_{ik}} \qquad (۱)$$

$$\text{S.T.}: \qquad (۲)$$

$$\frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \le ۱ \qquad \forall j$$

$$u_r \ge ۰ \,,\; v_i \ge ۰ \qquad \forall r, i \qquad (۳)$$

u_r ،v_i، x_{ij} و y_{rj} به‌ترتیب وزن ورودی iام، وزن خروجی rام، مقدار ورودی iام برای DMU jام و مقدار خروجی rام برای DMU jام می‌باشند.

مدل DEA یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی ناپارامتری است که از عمده‌ترین مزایای آن می‌توان به: تعیین امتیاز کارآیی، تشخیص DMUs کارآ و ناکارآ، محاسبات آسان، مقایسه و الگوبرداری، عدم حساسیت به واحد اندازه‌گیری، ارزیابی واقع بینانه‌تر، قابلیت تعمیم‌پذیری و گسترش بیش از سایر روش‌ها، خاصیت جبرانی بودن، کاهش خطا، ارزیابی عملکرد تمامی

DMUs با بهترین عملکرد ممکن در آن سیستم، انعطاف‌پذیری و برخورداری از قدرت تطبیق‌پذیری بالا جهت بکارگیری در مسائل مختلف، ارائه نتایج نسبتاً خوب در هنگام استفاده از نمونه‌های کوچک و ... اشاره نمود [۳۲ – ۳۰]. اما شایان ذکر است در بکارگیری این مدل ۳ مشکل اساسی زیر می‌تواند رخ دهد: ۱. ضعف قدرت تفکیک؛ ۲. ناتوانی در رتبه‌بندی کامل (قادر به تمایز میان کارایی DMUs دارای کارایی یک نمی‌باشد)؛ ۳. مدل DEA یک معیار شعاعی سنجش کارآیی است که فرض می‌نماید یک DMU ناکارآ جهت کارآ شدن باید تمام ورودی‌هایش (خروجی‌هایش) را به یک نسبت کاهش (افزایش) دهد؛ یا به عبارتی دیگر، در یک DMU ناکارآ تمام ورودی‌ها به یک اندازه ناکارآ هستند، فرضی غیرواقعی و غیرضروری است. بنابراین به نظر می‌رسد انتظار اینکه ورودی‌های مختلف دارای کارآیی‌های متفاوتی باشند، واقعی‌تر است [۳۳ و ۲۹]. به‌منظور رفع این نواقص، توفالیس[۶] [۳۴] مدل IEP را ارائه نمود. در این مدل برای هر ورودی یک مقدار کارآیی با توجه به اینکه این ورودی صرف چه خروجی‌هایی می‌شود، به‌دست می‌آید. برای مثال کارآیی نسبی ورودی iام برای DMU kام (E_{ik}) با استفاده از برنامه‌ریزی خطی زیر به‌دست می‌آید:

مدل (۲)

$$\text{Max} \quad E_{ik} = \frac{\sum_r u_r y_{rk}}{x_{ik}} \qquad (۴)$$

$$\text{S.T.}: \qquad (۵)$$

$$\frac{\sum_r u_r y_{rj}}{x_{ij}} \leq ۱ \qquad \forall j$$

$$u_r \geq \varepsilon \qquad \forall r \ (r \in t \ , \ r \leq t) \qquad (۶)$$

t کل خروجی‌ها و r زیرمجموعه‌ای از t می‌باشد. ε یک مقدار مثبت به اندازه کافی کوچک است. بنابراین مدل IEP به حداکثرسازی کارآیی ورودی یک DMU (نسبت مجموع موزون خروجی‌ها به ورودی) با شرط آنکه همان ضرایب، کارایی ورودی تمامی DMUs را بیشتر از یک ننمایند، می‌پردازد. اکنون با توجه به ورودی مدنظر، یک DMU کارآ است؛ اگر E آن مساوی یک گردد.

با بکارگیری این مدل، بهبود قابل توجهی در قدرت تشخیص نتایج مدل DEA حاصل می‌گردد. از سوی دیگر، با ارزیابی استفاده از هر ورودی به تنهایی، قادر به شناسایی بهترین

شیوه کار در هر زمینه خواهیم بود؛ کاملاً واضح است که ممکن است هیچ کدام از DMUs در تمامی زمینه‌ها دارای بهترین شیوه کار نباشند و هر DMU اهدافی خواهد داشت که برای رسیدن به آن‌ها فعالیت می‌نماید. از این‌رو قادر به شناسایی نقاط قوت و ضعف هر DMU نیز هستیم. بنابراین نقص ۱ و ۳ مدل DEA در این مدل برطرف گردید. اما همچنان نقص ۲ مدل DEA نیز در مدل IEP رفع نگردیده است؛ زیرا مدل IEP تنها با توجه به هر ورودی قادر به شناسایی بدترین DMU می‌باشد؛ اما ممکن است نتواند بهترین DMU را شناسایی نماید (قادر به تمایز واحدهای تصمیم‌گیری دارای کارآیی ورودی واحد نمی‌باشد). در واقع با توجه به هر ورودی، واحدهای تصمیم‌گیری که کارآ نیستند، قابل رتبه‌بندی می‌باشند؛ اما واحدهای تصمیم-گیری که کارآ می‌باشند، قابل رتبه‌بندی نمی‌باشند. در نتیجه این مدل نمی‌تواند رتبه‌بندی جامعی را با توجه به هر ورودی ارائه دهد. همچنین شایان ذکر است با وجود همه نقاط قوت مشخص مدل IEP، باز هم این مدل رتبه‌بندی جامعی با توجه به تمامی ابعاد (ورودی‌ها) ارائه نمی‌نماید. توفالیس نیز به‌طور غیرمستقیم به این نقص اساسی مدل IEP این چنین اشاره می‌نماید: "مدل پروفایل مطرح شده ممکن است منجر به یک برنده مشخص نگردد." سپس جهت رفع این نقص بیان می‌دارد که هنوز هم قضاوت‌های ارزشی ضروری است. اکنون این سؤال مطرح می‌گردد که اگر بیش از یک DMU در تمامی ابعاد دارای کارآیی بیش از شرط تعیین شده باشد، چه باید کرد؟ از این‌رو به‌منظور برطرف نمودن این نقص، این مدل باید با تکنیک‌های دیگر ترکیب گردد. در نتیجه برای دستیابی به یک رتبه‌بندی جامع با توجه به تمامی ابعاد، نتایج نهایی مدل IEP به‌عنوان داده‌های ورودی برای تکنیک تلفیق شده با آن در نظر گرفته می‌شود. بنابراین یک رتبه‌بندی نادرست ممکن است حاصل گردد؛ از آن‌جایی‌که با استفاده از این مدل یک امتیاز یکسان برای تمامی واحدهای تصمیم‌گیری کارآ از دیدگاه هر ورودی به‌دست می‌آید؛ در حالی-که در واقعیت عملکرد آن‌ها متفاوت است و در نتیجه امتیاز کارآیی آن‌ها یکسان نیست. از این-رو به‌منظور رفع این نواقص، مدل$\text{IIEP} - \text{SE}$ پیشنهاد می‌گردد که الگوریتم آن به‌صورت زیر بیان می‌گردد:

گام ۱: تشکیل ماتریس کارآیی ورودی (ϑ) با استفاده از مدل IIEP

توفالیس تنها کارآیی ورودی را در حالت خوش‌بینانه در نظر گرفته است؛ به‌طوری‌که مدل (۲) بهترین کارآیی ورودی نسبی را ارائه می‌دهد. حال اگر مدل (۲) را به‌صورت مینیمم و با محدوده‌ی بیشتر از یک در نظر بگیریم، بدترین کارآیی ورودی (حالت بدبینانه) به‌دست می‌آید. برای مثال، بدترین کارآیی نسبی ورودی iام برای DMU kام ($\acute{E}_{ik}$) با استفاده از برنامه‌ریزی

خطی زیر به‌دست می‌آید:

مدل (۳)

$$\text{Min } \acute{E}_{ik} = \frac{\sum_r u_r y_{rk}}{x_{ik}} \qquad (۷)$$

$$\text{S.T. :} \qquad (۸)$$

$$\frac{\sum_r u_r y_{rj}}{x_{ij}} \geq ۱ \qquad \forall j$$

$$u_r \geq \varepsilon \qquad \forall r\ (r \in t\ ,\ r \leq t) \qquad (۹)$$

اکنون با توجه به ورودی مورد نظر، یک DMU ناکارآ است؛ اگر $\acute{E}$ آن مساوی یک گردد. بدترین کارآیی ورودی ممکن است قادر به شناسایی بدترین DMU و رتبه‌بندی DMUs ناکارآ با توجه به ورودی مورد نظر نباشد (قادر به تمایز میان واحدهای تصمیم‌گیری دارای بدترین کارآیی ورودی واحد نمی‌باشد). بنابراین بر اساس آن نیز نمی‌توان رتبه‌بندی جامعی با توجه به هر ورودی ارائه نمود. از آن‌جایی‌که هر یک از کارآیی‌های ورودی به تنهایی برای رتبه‌بندی کافی نمی‌باشند؛ با استفاده از میانگین هندسی کارآیی ورودی خوش‌بینانه و بدبینانه، یک کارآیی ورودی کلی به‌صورت زیر معرفی می‌گردد:

$$\vartheta_{ik} = \sqrt[۲]{E_{ik} \times \acute{E}_{ik}} \qquad (۱۰)$$

$$\vartheta = \begin{bmatrix} \vartheta_{۱۱} & \dots & \vartheta_{۱□} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vartheta_{m1} & \dots & \vartheta_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۱۱)$$

با توجه به هر ورودی، مدل IIEP پیشنهادی با بهره‌گیری از هر دو نوع کارآیی و ترکیب آن‌ها قدرت تشخیص را به‌طور قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌دهد و قادر به شناسایی بهترین و بدترین DMU است. در نتیجه رتبه‌بندی جامعی را با توجه به هر ورودی ارائه می‌دهد. بنابراین تصمیم‌گیری بهتر و دقیق‌تری ارائه می‌نماید؛ از آن‌جایی‌که در این مدل هر دو حالت خوش‌بینانه و بدبینانه در نظر گرفته شده و تنها بر حالت خوش‌بینانه تکیه نگردیده است. در نتیجه، از دیدگاه هر ورودی یک رتبه‌بندی صحیح‌تر و واقعی‌تر به‌دست می‌آید؛ از آن‌جایی‌که با استفاده از مدل IIEP امتیاز متفاوتی برای تمامی DMUs کارا که عملکردشان متفاوت است، حاصل شده است.

گام ۲- محاسبه امتیاز کارآیی هر DMU با توجه به تمامی ابعاد

شایان ذکر است با وجود نقاط قوتی که مدل IIEP دارد؛ این مدل قادر به ارائه یک رتبه-بندی جامع با توجه به تمامی ابعاد نمی‌باشد. بنابراین به‌منظور دستیابی به یک رتبه‌بندی جامع، تلفیق مدل DEA – SE با مدل IIEP ارائه شده در بالا پیشنهاد می‌گردد. مدل DEA – SE به حداکثرسازی امتیاز کارآیی یک DMU با شرط آنکه امتیاز کارایی تمامی DMUs دیگر بیشتر از یک نگردد، می‌پردازد [۳۵]. لازم به ذکر است در این گام معیارهای تصمیم‌گیری امتیازات کارآیی ورودی حاصله از گام پیشین می‌باشند. از این‌رو مدل فاقد معیارهای ورودی بوده و امتیاز کارآیی به‌صورت مجموع موزون خروجی‌ها یا مجموع موزون امتیازات کارآیی ورودی محاسبه می‌گردد. به‌عنوان مثال، مدل DEA – SE امتیاز نهایی کارآیی DMU kاُم ($\bar{E}_k$) را به‌صورت برنامه‌ریزی خطی زیر محاسبه می‌نماید:

مدل (۴)

$$\text{Max } \bar{E}_k = \sum_i n_i \vartheta_{ik} \quad (۱۲)$$

$$\text{S.T.}: \quad (۱۳)$$

$$\sum_i n_i \vartheta_{ij} \leq ۱ \qquad \forall j \neq k$$

$$n_i \geq \varepsilon \qquad \forall i \quad (۱۴)$$

n_i وزن خروجی iاُم یا وزن امتیاز کارآیی ورودی iاُم و ϑ_{ij} مقدار امتیاز کارآیی ورودی iاُم برای DMU jاُم که از گام پیشین حاصل گردیده است، می‌باشند. اکنون با توجه به مقادیر $\bar{E}$ حاصله از مدل بالا، می‌توان به‌طور جامع DMUs را رتبه‌بندی نمود. هر چه مقدار $\bar{E}$ بیشتر، DMU مربوطه کارآمدتر و از رتبه بهتری برخوردار می‌باشد.

۳- مثال عددی

به‌منظور ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی، از داده‌های واقعی پژوهش صورت گرفته توسط عالم تبریزی و همکاران [۳، جدول ۳ ، صفحه ۱۲] بهره گرفته شده است. در این پژوهش کارایی نسبی ۱۱ دانشکده‌ی دانشگاه شهید بهشتی بر اساس معیارهای ورودی: تعداد دانشجویان موجود (I_1)، تعداد اعضای هیئت علمی (I_2)، میزان ساعات تدریس (I_3)، تعداد کتب کتابخانه (I_4)، تعداد کارمندان (I_5) و معیارهای خروجی: تعداد فارغ‌التحصیلان (O_1)، تعداد مقالات منتشر شده (O_2)، تعداد کتب منتشر شده (O_3)، تعداد سمینار، کنفرانس‌ها و همایش‌ها (O_4) مورد بررسی

قرار گرفته است. در این پژوهش از نرم‌افزارهای Microsoft Excel 2010،Lingo11.0 و SPSS 16.0 بر روی سیستمی با سخت‌افزارRAM = 2GB، CPU = 2.53GH و نرم‌افزار Windows 7 Ultimate برای انجام محاسبات، حل مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی، تحلیل نتایج و اعتبارسنجی مدل پیشنهادی استفاده شده است.

نتایج حاصل از ارزیابی و رتبه‌بندی دانشکده‌ها با استفاده از مدل پیشنهادی IIEP – SEدر جدول‌های (۱) الی (۴) ارائه گردیده‌اند که با بررسی آنها مشاهده می‌گردد:

۱. در مدل IEP از دیدگاه هر ورودی، دانشکده با بهترین کیفیت عملکرد قابل شناسایی نیست؛ زیرا امتیاز کارآیی ورودی تمامی دانشکده‌های کارآ یک گردیده است (جدول (۱) را مشاهده نمایید). از این‌رو با استفاده از مدل IEP قادر به رتبه‌بندی جامع دانشکده‌ها از دیدگاه هر ورودی نمی‌باشیم. اما در مدل IIEP پیشنهادی با توجه به هر ورودی، هر کدام از دانشکده-ها از امتیاز کارآیی متفاوتی برخوردار شده‌اند (ستون‌های ۲ الی ۶ جدول (۳) را مشاهده نمایید)؛ بنابراین قادر به تمایز بین دانشکده‌های کارآ، تشخیص بهترین دانشکده و ارائه یک رتبه‌بندی جامع می‌باشیم.

۲. از دیدگاه هر ورودی، مدل IIEP امتیاز متفاوتی به هر کدام از دانشکده‌ها اختصاص داده است؛ در نتیجه، قدرت تفکیک بهبود قابل توجهی نموده ودر نهایت با توجه به تمامی ابعاد، یک رتبه‌بندی جامع صحیح‌تر و واقعی‌تری حاصل گردیده است.

۳. برخلاف مدل IEP، در مدل IIEP – SE پیشنهادی امکان رتبه‌بندی جامع دانشکده‌ها با توجه به تمامی ابعاد میسر گردیده است (دو ستون آخر جدول (۳) را مشاهده نمایید).

جدول (۱). بهترین کارآیی ورودی (E)

دانشکده	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
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

جدول (۲). بدترین کارآیی ورودی ($\acute{E}$)

دانشکده	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
ادبیات و علوم انسانی	۱	۱	۱/۲۳۴۳۳	۱/۹۱۸۰۸	۱
تربیت بدنی و علوم ورزشی	۱/۰۱۰۰۰	۱	۲/۰۰۱۷۱	۱/۵۳۴۷۲	۱/۲۸۹۴۱
حقوق	۱	۱/۰۵۲۵۶	۲/۵۹۶۳۵	۱	۱/۳۲۷۵۵
علوم	۱/۱۳۵۳۹	۱/۰۴۱۹۴	۲/۸۵۰۰۸	۱/۹۳۳۱۹	۱/۰۸۱۸۶
علوم اقتصادی و سیاسی	۱/۱۵۵۶۶	۱/۸۴۸۵۶	۳/۵۶۱۸۸	۱/۰۰۲۶۸	۱/۵۴۵۰۹
علوم تربیتی	۱/۶۶۹۳۹	۱/۹۳۳۶۷	۳/۴۵۱۱۱	۱	۱/۳۳۷۸۷
علوم ریاضی	۱	۱	۱	۱/۴۶۶۵۸	۱
علوم زمین	۱/۲۸۹۸۹	۱/۳۳۰۸۶	۳/۱۱۸۴۱	۱	۱/۰۳۰۱۷
مدیریت و حسابداری	۱	۱	۱/۸۸۲۳۶	۱/۴۰۱۶۸	۱/۱۱۶۹۳
معماری و شهرسازی	۱	۱	۱	۱	۱
برق و کامپیوتر	۱	۱/۲۳۹۳۶	۲/۳۵۲۹۵	۲/۱۴۸۷۸	۱

جدول (۳). کارآیی ورودی کلی (ϑ) و امتیاز نهایی کارآیی ($\bar{E}$)

دانشکده	ϑ					$\bar{E}$	Rank
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5		
ادبیات و علوم انسانی	۰/۹۴۴۱۹	۰/۸۷۵۳۲	۱/۰۵۲۰۲	۱/۳۸۴۹۵	۱	۰/۹۸۸۴۳	۶
تربیت بدنی و علوم ورزشی	۰/۸۳۴۳۳	۰/۷۷۴۶۹	۱/۰۷۹۳۶	۰/۹۹۷۳۴	۱/۱۳۵۵۲	۰/۹۹۰۷۰	۵
حقوق	۰/۷۷۴۲۷	۰/۸۰۸۰۵	۱/۴۲۱۲۰	۰/۵۱۷۰۴۲	۱/۰۴۷۰۲	۰/۸۴۲۳۲	۱۰
علوم	۰/۹۷۸۹۳	۰/۸۷۴۵۷	۱/۵۸۹۳۶	۱/۳۹۰۴۰	۱/۰۳۶۸۹	۱/۰۷۱۶۶	۴
علوم اقتصادی و سیاسی	۰/۹۲۶۳۴	۱/۳۵۹۶۱	۱/۸۸۷۲۹	۰/۶۶۶۷۶	۱/۲۴۳۰۲	۱/۱۶۶۱۲	۲
علوم تربیتی	۱/۲۹۲۰۵	۱/۳۹۰۵۶	۱/۸۳۸۹۰	۰/۶۵۹۲۳	۱/۰۳۷۴۹	۱/۱۷۲۰۵	۱
علوم ریاضی	۰/۷۸۲۸۸	۰/۷۳۸۹۴	۰/۵۲۳۶۶	۰/۸۵۴۸۳	۰/۷۱۶۸۴	۰/۷۲۹۷۹	۱۱
علوم زمین	۱/۱۳۵۷۳	۱/۱۵۳۶۳	۱/۷۶۵۹۰	۰/۷۱۷۱۱	۱/۰۱۴۹۷	۰/۹۶۸۶۱	۸
مدیریت و حسابداری	۰/۹۵۶۲۰	۱	۱/۳۷۱۹۹	۱/۱۸۳۹۳	۱/۰۵۶۸۵	۰/۹۸۳۰۶	۷
معماری و شهرسازی	۱	۰/۹۲۲۱۵	۰/۹۶۴۰۶	۱	۱	۰/۹۳۷۸۲	۹
برق و کامپیوتر	۰/۹۴۱۲۸	۱/۱۱۳۲۶	۱/۵۳۰۸۳	۱/۴۶۵۸۷	۰/۸۶۰۳۲	۱/۱۵۷۳۲	۳

۳- ۱- اعتبارسنجی مدل IIEP – SE

به‌منظور ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی و بررسی تفاوت آن با سایر مدل‌های DEA، دانشکده‌های مذکور با استفاده از مدل‌های: برزگری‌نژاد و همکاران (M_1) [۳۶]، ابرکارآیی (M_2) [۳۵]، ساعتی مهتدی و همکاران (M_3) [۳۷]، شایسته و ساعتی مهتدی (M_4) [۳۸]، DEA بر اساس برنامه‌ریزی آرمانی Min Sum وMin Max (M_5 وM_6) [۲]، عالم تبریزی و همکاران (M_7) [۳]، پایان و همکاران (M_8) [۱۵] نیز ارزیابی گردیده‌اند که نتایج حاصله در جدول (۴) ارائه شده است.

اکنون این سؤال مطرح می‌گردد که آیا اختلاف معناداری بین رتبه‌بندی‌های حاصله از مدل IIEP – SE و هشت مدل مذکور وجود دارد؟ به‌منظور پاسخ به این سؤال، آزمون فریدمن[1]و آزمون دوجمله‌ای[2]در سطح صفر با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16.00 و تحت α/۰۵ ۰ انجام گردیده است که نتایج حاصله در جدول‌های (۵) و (۶) نشان داده شده‌اند. در آزمون فریدمن اختلاف قابل توجه و چشمگیری بین میانگین رتبه‌ها وجود ندارد و سطح معناداری بیشتر از ۰/۰۵ و آماره آزمون کمتر از χ^2_8 (۱۵/۵۱) گردیده است؛ در نتیجه فرض صفر که بیانگر عدم اختلاف معنادار بین رتبه‌های حاصله از مدل‌ها می‌باشد، پذیرفته می‌شود. همچنین سطح معناداری هر آزمون دوجمله‌ای دو به دو صورت گرفته بین مدل پیشنهادی و هر یک از مدل‌ها (به‌جز مدل (۷)) بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد؛ از این‌رو فرض صفر پذیرفته و نتیجه می‌گردد که رتبه‌بندی حاصل از مدل پیشنهادی با رتبه‌بندی حاصل از هر یک از مدل‌ها (به‌جز مدل (۷)) تفاوت معناداری ندارد.

همچنین به‌منظور بررسی همبستگی مدل پیشنهادی با مدل‌های مذکور، ناگزیر از انجام آزمون همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن[3]هستیم. از این‌رو با عنایت به رتبه‌های حاصله از مدل‌های

جدول (۴). رتبه‌بندی حاصل از سایر مدل‌های DEA

دانشکده	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_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

دانشکده	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8
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

مذکور و مدل پیشنهادی، آزمون همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن بین مدل پیشنهادی و هر کدام از این مدل‌ها از طریق نرم‌افزار SPSS 16.00 و تحت $\alpha =$ ۰/۰۵ صورت گرفته است که نتایج به‌دست آمده در جدول (۷) ارائه گردیده‌اند. در جدول (۷) مشاهده می‌گردد که میزان سطح معناداری هر آزمون بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد؛ از این‌رو فرض صفر پذیرفته می‌شود. بنابراین می‌توان اظهار نمود که مدل پیشنهادی با هیچ کدام از مدل‌ها همبسته نمی‌باشد.

۳- ۲- برنامه‌ریزی جهت دستیابی به کارآیی دانشکده‌های ناکارآ

با توجه به نتایج حاصل از مدل (۵) (فرم ثانویه مدل CCR)، DMUs به دو دسته ناکارآ و کارآ تقسیم می‌گردند. یک DMU در صورتی کارآ در نظر گرفته می‌شود که علاوه بر اینکه میزان کارآیی مربوط به آن یک (θ=۱) است، متغیرهای کمبود خروجی (s_j^+) و مازاد ورودی (s_j^-) آن نیز صفر می‌باشند. اگر یک DMU دارای امتیاز کارآیی یک باشد، اما متغیرهای کمبود و یا مازاد آن مخالف صفر باشند و یا اینکه دارای امتیاز کارآیی مخالف یک باشد؛ آنگاه به‌عنوان یک DMU ناکارآ در نظر گرفته می‌شود.

مدل (۵)

$$\text{Max } \theta \qquad (۱۵)$$

جدول(۵). نتایج آزمون فریدمن

	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9
میانگین رتبه:	۵/۳۲	۵/۴۵	۵/۴۵	۴/۹۵	۵/۰۵	۴/۸۲	۴/۹۱	۴/۰۹	۴/۹۵
درجه آزادی آزمون: ۸			**آماره آزمون:** ۲/۳۰۹			**سطح معناداری:** ۰/۹۷			

M_9: مدل IIEP - SE

جدول(۶). نتایج آزمون دوجمله‌ای

		M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8
M_9	سطح معناداری	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۲۲۷	۰/۰۶۵	۰/۰۰۱	۰/۰۶۵
	میانگین رتبه	۲/۹۰۹	۳/۴۵۵	۳/۲۷۳	۳/۲۷۳	۲/۵۴۶	/۹۰۹۱	۳/۴۵۵	۲/۷۲۷

جدول (۷): آنالیز همبستگی

		M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8
M_9	سطح معناداری	۰/۲۵۹	۰/۶۸۹	۰/۵۳۷	۰/۵۰۲	۰/۱۲۵	۰/۴۵	۰/۵۱۹	۰/۳۱۲
	ضریب همبستگی	۰/۳۷۳	۰/۱۳۶	۰/۲۰۹	۰/۲۲۷	۰/۴۹۱	۰/۲۵۵	۰/۲۱۸	۰/۳۳۶

S.T.:

$$\sum_j \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{ip} \qquad \forall i \qquad (۱۶)$$

$$\theta\, y_{rp} - \sum_j \lambda_j y_{rj} + s_r^+ = 0 \qquad \forall r \qquad (۱۷)$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq ۰ \qquad \forall j,\ i,\ r \qquad (۱۸)$$

DMUs مرجع هر کدام از DMUs ناکارآ آن‌هایی هستند که در خروجی مدل (۵) دارای $\lambda > 0$ هستند. DMUs مرجع به‌عنوان الگوهایی هستند که DMUs ناکارآ باید به آنها اقتدا نموده و متناسباً ورودی‌های خود را کاهش داده و یا اینکه خروجی‌های خود را افزایش دهند تا بتوانند به مرز کارآیی برسند. علت عدم کارآیی DMUs را می‌توان چنین استنباط نمود که در بین DMUs تحت بررسی، واحد تصمیم‌گیری را می‌توان یافت که با داده کمتری خروجی بیشتری را نسبت به آن به‌دست آورد. برای تبدیل یک DMU ناکارآ در ماهیت خروجی به یک DMU کارآ، باید مقادیر ورودی و خروجی مطابق روابط زیر تغییر نمایند تا DMU ناکارآ روی مرز کارآیی قرار گیرد.

$$\hat{x}_{ip} = x_{ip} - s_i^- \qquad \forall i \qquad (۱۹)$$

$$\hat{y}_{rp} = \theta y_{rp} + s_r^+ \qquad \forall r \qquad (۲۰)$$

بنابر نتایج به‌دست آمده از مدل (۵)، دانشکده‌های حقوق و علوم ریاضی به‌عنوان دانشکده‌های ناکارآ تشخیص داده شده‌اند که با استفاده از مدل پیشنهادی نیز پایین‌ترین رتبه‌ها را کسب نموده‌اند. علاوه بر این، دانشکده‌های ادبیات و علوم انسانی، علوم زمین و مدیریت و

حسابداری به‌عنوان دانشکده‌های مرجع دانشکده حقوق و دانشکده‌های ادبیات و علوم انسانی، علوم تربیتی، مدیریت و حسابداری و برق و کامپیوتر به‌عنوان دانشکده‌های مرجع دانشکده علوم ریاضی شناسایی گردیده‌اند. همچنین دانشکده‌های حقوق و علوم ریاضی به‌منظور بهبود عملکردشان سعی می‌نمایند ورودی‌هایشان را کاهش و خروجی‌هایشان را افزایش دهند. از این‌رو حداکثر سطح ورودی‌ها و حداقل سطح خروجی‌ها که باعث کارآیی آن‌ها می‌گردد با استفاده از مدل (۵) و روابط (۱۹) و (۲۰) برآورد گردیده است که در جدول (۸) ارائه شده‌اند.

جدول (۸): حداکثر سطح ورودی‌ها و حداقل سطح خروجی‌ها جهت کارا شدن واحدهای ناکارآ

	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	O_1	O_2	O_3	O_4
حقوق	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۱۹	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۶۳	۰/۰۴۵
علوم ریاضی	۰/۰۴۵	۰/۰۴۹	۰/۰۳۵	۰/۰۲	۰/۰۱۸	۰/۰۶۶	۰/۰۵۱	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵

۴- نتیجه‌گیری

ارزیابی کیفیت عملکرد مراکز آموزش عالی همواره یکی از دغدغه‌های اصلی و مهم این حوزه بوده است؛ زیرا به همان اندازه که مراکز آموزش عالی کارآ می‌توانند به رشد علمی و اقتصادی جامعه کمک نمایند، عملکرد بد آن‌ها نیز می‌تواند بحران‌های عظیم اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی را در بر داشته باشد. بنابراین پژوهش‌های بسیاری در حوزه ارزیابی کیفیت عملکرد مراکز آموزش عالی انجام گرفته است؛ اما هر یک دارای نقاط قوت و ضعفی بوده‌اند. لذا یافتن چارچوب و الگویی جامع که بتوان با استناد به آن وضعیت کیفی مراکز آموزش عالی را با توجه به یک دیدگاه همه جانبه ارزیابی نمود، ضرورت می‌یابد. از این‌رو در پژوهش حاضر یک مدل ارزیابی جدید بر پایه‌ی مدل IEP به نام مدل IIEP – SE پیشنهاد گردید. مدل IIEP – SE عملکرد مدل IEP را از طریق رفع برخی نواقص آن بهبود داده است. عملکرد مدل پیشنهادی با استفاده از مطالعه موردی صورت گرفته توسط عالم تبریزی و همکاران بررسی گردید. به‌منظور اعتبارسنجی مدل، از برخی از مدل‌های DEA به همراه آزمون‌های آماری ناپارامتری استفاده گردید و نتایج نشان داد که اختلاف معناداری بین رتبه‌های حاصله از مدل پیشنهادی و این مدل‌ها وجود ندارد. با این شرایط مدل پیشنهادی توانسته است به میزان زیادی در رتبه‌بندی درست عمل نماید؛ درنتیجه مدل پیشنهادی از کارآیی لازم برخوردار می‌باشد. در ادامه به‌منظور ارائه راهکار مناسب جهت تصمیم‌گیری مدیران، واحدهای تصمیم‌گیری کارآ و

ناکارآ شناسایی شدند و واحدهای تصمیم‌گیری مرجع برای هر واحد تصمیم‌گیری ناکارآ مشخص گردیدند. همچنین به‌منظور تعیین اندازه لازم برای نزدیک شدن به مرز کارآیی، از دیدگاه منظرهای مختلف تعیین شد که هر واحد تصمیم‌گیری ناکارآ به چه میزان باید خود را تغییر دهد تا به واحدهای تصمیم‌گیری کارآ نزدیک گردد.

به‌منظور توسعه و ادامه راه پژوهش حاضر، پیشنهاد می‌شود به‌منظور تدوین یک برنامه استراتژیک و معیارهای سنجش عملکرد، مدل پیشنهادی با تکنیک‌های برنامه‌ریزی استراتژیک و بهبود سازمانی همچون: بنیاد مدیریت کیفیت اروپا[۱] کارت امتیاز متوازن[۲] SWOT، شش سیگما[۳] و ... تلفیق گردد. همچنین توسعه مدل پیشنهادی در یک محیط غیرقطعی همچون: احتمالی، استوار، فازی و ... می‌تواند منجر به نزدیکتر شدن نتایج به واقعیت شود. علاوه براین، توسعه و بهبود مدل IEP با استفاده از سایر رویکردها و مقایسه آن با مدل پیشنهادی از دیگر پیشنهادها جهت انجام تحقیقات آتی می‌باشد.

۵- پی‌نوشت‌ها

۱. Data Envelopment Analysis (DEA)
۲. Data Envelopment Analysis – Charnes, Cooper and Rhodes (DEA – CCR)
۳. Analytical Hierarchy Process (AHP)
٤. Data Envelopment Analysis – Super Efficiency (DEA – SE)
٥. Lee
٦. Data Envelopment Analysis Bootstrap (DEAB)
۷. Andersson
۸. Multiple Layer Data Envelopment Analysis (MLDEA)
۹. Joint Data Envelopment Analysis (Joint DEA)
۱۰. Assurance Region (AR)
۱۱. Data Envelopment Analysis – Banker, Charnes and Cooper (DEA – BCC)
۱۲. Strengths Weaknesses Opportunities Threats (SWOT)
۱۳. Structure Equation Modeling (SEM)
۱٤. Çınar
۱٥. Multi – Activity Data Envelopment Analysis (MA – DEA)
۱٦. Beasley
۱۷. Aleskerov and Petrushchenko
۱۸. Johnes
۱۹. Network Data Envelopment Analysis (NDEA)
۲۰. Input Efficiency Profiling (IEP)
۲۱. Hung Do and Chen

۲۲. Common Set of Weights
۲۳. Ruiz
۲۴. Zhang and Luo
۲۵. Principal Component Analysis (PCA)
۲۶. Torre
۲۷. Malmquist Index
۲۸. Camanho and Dyson
۲۹. Aparicio
۳۰. Gnewuch and Wohlrabe
۳۱. Free disposal hull
۳۲. Villano and Tran
۳۳. Data Envelopment Analysis – Based Bootstrap Directional Distance
۳۴. Taleb
۳۵. Integer – Valued Data Envelopment Analysis
۳۶. Navas
۳۷. Cross – Efficiency Data Envelopment Analysis
۳۸. Cluster Analysis
۳۹. Agasisti
۴۰. Two – stage Semi – Parametric Data Envelopment Analysis
۴۱. Ghimire
۴۲. Fuzzy Servqual
۴۳. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
۴۴. Improved Input Efficiency Profiling – Super Efficiency (IIEP – SE)
۴۵. Decision Making Unit (DMU)
۴۶. Tofillis
۴۷. Friedman Test
۴۸. Binominal Test
۴۹. Spearman Rank – Order Correlation Test
۵۰. European Foundation for Quality Management (EFQM)
۵۱. Balanced Score Card (BSC)
۵۲. Sigma

۶- منابع

[1] Fitzpatrick, J. L., Worthen, B. R., & Sanders, J. R. Program evaluation: alternative approaches and practical guidelines, Boston: Pearson/Allyn and Bacon, 2004.

[2] Azar, A., & Torkashvand, A. R. Assessing the teaching researching performance with the help of data envelopment analysis model: teaching groups of humanity sciences faculty, Tarbiat Modares University. *Management Research in Iran*, 10

(1), 2006, 1 – 23. (In Persian)

[3] Alem Tabriz , A., Saiedy, H., & Deilami Moezi, S. Using composed approach of DEA and AHP for efficiency evaluation faculties of Shahid Beheshti University, *Journal of Future Studies Management*, 22 (89), 2011, 25 – 36. (In Persian)

[4] Lee, B. L. Efficiency of research performance of Australian Universities: a reappraisal using a bootstrap truncated regression approach, *Economic Analysis & Policy*, 41 (3), 2011, 195 – 203.

[5] Andersson, C., Antelius, J., Månsson, J., & Sund, K. Technical efficiency and productivity for higher education institutions in Sweden, *Scandinavian Journal of Educational Research*, 61 (2), 2017, 205 – 223.

[6] Shoja, N., Fallah Jelodar, M., & Darvish Motavli, M. H. Efficiency determination of units in district 12 of Islamic Azad University using a multi – component model in data envelopment analysis, *Journal of Operational Research in its Applications*, 8 (2), 2011, 11 – 28. (In Persian)

[7] Pakzad, A. Data envelopment analysis model adaptation in evaluating the performance of the educational system (Case study: departments of Shahid Bahonar University of Kerman). Master thesis, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran, 2012. (In Persian)

[8] Abzari, M., Baloei Jamkhaneh, H., Khazaei Pool, J., & Pour Mostafa Khoshkroudi, M. Performance evaluation of public university departments using DEA and SWOT models and structural equations and strategic strategies presentation to improve efficiency, *Journal of Operational Research and Its Applications*, 10 (1), 2013, 19 – 41. (In Persian)

[9] Çınar, Y. 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, 2013, 24 Pages.

[10] Johnes, G. Efficiency in English higher education institutions revisited: a network approach, *Economics Bulletin*, 33 (4), 2013, 2698 – 2706.

[11] Saniee Monfared, M. A., & Safi, M. Network DEA: an application to analysis of academic performance, *Journal of Industrial Engineering International*, 9 (15), 2013, 1 – 10.

[12] Khodabakhshi, M., & Kheirollahi, H. Performance evaluation of Iran universities with Stochastic Data Envelopment Analysis (SDEA), *Int. J. Data Envelopment Analysis*, 1 (1), 2013, 7 – ١٣.

[13] Shahriari, S. A., Razavi, S. M., & Asgharizadeh, E. A. (2013). Fuzzy data envelopment analysis and a new approach FIEP / AHP for full ranking of decision making units: a case study of humanities faculty of Tehran University, *Industrial Management Journal*, 5 (1), 21 – 42. (In Persian)

[14] Hung Do, Q., & Chen, J. F. A hybrid fuzzy AHP – DEA approach for assessing university performance, *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 11, 2014, 386 – 397.

[15] Payan, A., &Rahmani Parchicolaie, B. Performance evaluation of universities as groups of decision making units, *International Journal of Mathematical, Computational, Natural and Physical Engineering*, 8 (4), 2014, 659 – ٦٦٥،

[16] Ruiz, J. L., Segura, J. V., & Sirvent, I. Benchmarking and target setting with expert preferences: An application to the evaluation of educational performance of Spanish universities, *European Journal of Operational Research*, 242, 2015, 594 – 605.

[17] Zhang, L., & Luo, Y. Evaluation of input output efficiency in higher education based on data envelope analysis, *International Journal of Database Theory and Application*, 9 (5), 2016, 221 – 230.

[18] Azizi, H., Amirteimoori, A. R. Flexible measures in production process: a new approach based on double –frontier DEA, *Modern Research in Decsion Making*, 2 (2), 2017, 197 – 216. (In Persian)

[19] Torre, E. M. D. L., Gómez–Sancho, J. M., & Perez – Esparrells, C. Comparing university performance by legal status: a malmquist–type index approach for the case of the Spanish higher education system, *Tertiary Education and Management*, 23 (3), 2017, 206 – 221.

[20] Gnewuch, M., & Wohlrabe, K. Super – efficiency of education institutions: an application to economics departments, *Education Economics*, 26 (6), 2018, 610 – 623.

[21] Villano, R. A., & Tran, C. D. T. T. Performance of private higher education institutions in Vietnam: evidence using DEA – based bootstrap directional distance approach with quasi – fixed inputs, *Applied Economics*, 50 (55), 2018, 5966 – 5978.

[22] Taleb, M., Khalid, R., & Ramli, R. Estimating the return to scale of an integer – valued data envelopment analysis model: efficiency assessment of a higher education institution, *Arab Journal of Basic and Applied Sciences*, 26 (1), 2019, 144 – 152.

[23] Navas, L. P., Montes, F., Abolghasem, S., Salas, R. J., Toloo, M., & Zarama, R. Colombian higher education institutions evaluation, *Socio – Economic Planning Sciences*, 71, 2020, 100801.

[24] Agasisti, T., Egorov, A., Zinchenko, D., & Leshukov, O. Efficiency of regional higher education systems and regional economic short – run growth: empirical evidence from Russia, *Industry and Innovation*, 28 (4), 2021, 507 – 534.

[25] Ghimire, S., Hassanzadeh Amin, S., & Wardley, L. J. Developing new data envelopment analysis models to evaluate the efficiency in Ontario Universities, *Journal of Informetrics*, 15 (3), 2021, 101172.

[26] Nojavan, M., Heidari, A., & Mohammaditabar, D. A fuzzy service quality based approach for performance evaluation of educational units, *Socio – Economic Planning Sciences*, 73, 2021, 100816.

[27] Taghavifard, M. T., Amiri, M., Mozafar, R. Measuring the managerial efficiency of

bank branches: a three –stage DEA analysis (In Melli Bank of Iran), *Modern Research in Decsion Making*, 2 (1), 2017, 51 – 71. (In Persian)

[28] Kazemi, M., & Nikkhah Farkhani, Z. Application of Data Envelopment Analysis in measuring analyzing relative efficiency of wheat cultivation: case of Khorasan Razavi, *Agricultural Economics & Development*, 23 (2), 2009, 87 – 94. (In Persian)

[29] Charnes, A., Cooper, W. W., & Rohdes, E. Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2 (6), 1978, 429 – ٤٤٤.

[30] Azar, A., & Motameni, A. R. Designing a productivity dynamics model with data envelopment analysis approach, *Management Research in Iran*, 7 (3), 2003, 1 – 22. (In Persian)

[31] Arab Mazar, F. DEA versus other performance measurement techniques, *3rd Conference on Data Envelopment Analysis*, Firuzkuh Islamic Azad University, Tehran, Iran, 2011. (In Persian)

[32] Safari, S., Ebrahimi Shaghaghi, M., Sheikh, M. J. Managing the credit risk of the bank's clients in commercial banks DEA Approach (Credit Rating), *Management Research in Iran*, 14 (4), 2011, 137 – 164. (In Persian)

[33] Adila, A. Predictors of university academic performance in Colombia instituto colombiano de neuropsicologia. Bogota, Colombia, *International Journal of Educational Research*, 35, 2001, 411 – ٤١٧.

[34] Tofillis, C. Input efficiency profiling: an application to airlines, *Computers & Operations Research*, 24 (3), 1997, 253 – ٢٥٨.

[35] Andersen, P., & Petersen, N. C. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis, *Management Science*, 39 (10), 1993, 1261 – 1264.

[36] Barzegarinegad, A., Jahanshahloo, G., & Rostamy – Malkhalifeh, M. Full ranking for decision making units using ideal and anti – ideal points in DEA, *The Scientific World Journal*, ٢٠١٤ (١), ٢٠١٤, ٢٨٢٩٣٩ .

[37] Saati Mohtadi, S., Payan, A., & Kord, A. 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), 2012, 285 – ۲۸۹.

[38] Shayesteh, A. R. & Saati Mohtadi, S. Some methods to rank DMU by CSW in DEA, *3rd Conference on Data Envelopment Analysis*, Firuzkuh Islamic Azad University, Tehran, Iran, 2011. (In Persian)