

مدل جدید تحلیل پوششی داده‌ها برای سنجش کارایی واحدهای تصمیم گیرنده با ساختار شبکه‌ای موازی

علی محقر^۱، حسین صفری^۲، علیرضا امیر تیموری^۳، منصور صوفی^{۴*}

۱- دانشیار، دانشگاه تهران، دانشکده مدیریت و حسابداری، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران

۲- دانشیار، دانشگاه تهران، دانشکده مدیریت و حسابداری، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران

۳- استاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، دانشکده علوم پایه، گروه ریاضی، رشت، ایران

۴- دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران، دانشکده مدیریت و حسابداری، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران

رسید مقاله: ۱۷ اسفند ۱۳۹۴

پذیرش مقاله: ۷ مرداد ۱۳۹۵

چکیده

دانشگاه آزاد اسلامی یک سیستم دانشگاهی خصوصی با ساختار تصمیم‌گیری متمرکز در ایران است که در دو سال اخیر به گونه‌ای در حال مهندسی مجدد ساختار خود است که کارایی واحدهای استانی و در نتیجه کل دانشگاه افزایش یابد. این تحقیق به دنبال توسعه‌ی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها برای سنجش کارایی واحدهای استانی این دانشگاه به عنوان واحدهای تصمیم‌گیرنده در سیستم‌های چند مرحله‌ای با ساختار شبکه‌ای موازی در یک مطالعه‌ی موردی است. علیرغم توسعه‌ی مدل‌های DEA در دهه‌ی اخیر، هنوز مدلی برای سنجش کارایی ساختار شبکه‌ای موازی با در نظر گرفتن همزمان خروجی‌های نامطلوب و ورودی‌های غیر قابل کنترل طراحی نشده است. برای طراحی چنین مدلی واحدهای استانی دانشگاه آزاد اسلامی در آفری ۱۴۰۴ مورد مطالعه قرار گرفتند و با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها بدون گرایش به ورودی یا خروجی با ساختار ترجیحی، مدل سنجش کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده و در نهایت کل دانشگاه طراحی گردید.

کلمات کلیدی: کارایی، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، واحد تصمیم‌گیرنده (DMU)، محیط تصمیم‌گیری متمرکز، کارایی، سیستم‌های چند مرحله‌ای، سیستم‌های موازی.

۱ مقدمه

در ادبیات مدیریت، کارایی به "انجام درست کار" اشاره دارد، در حالی که اثربخشی معادل با انتخاب صحیح فعالیت‌ها و یا "انجام کار درست" است. بنابراین یک سازمان یا واحد تصمیم‌گیرنده به اندازه‌ای که به اهداف خود دست پیدا می‌کند، اثربخش است و چنانچه به نحو قابل قبولی به این اهداف دست یابد، کارا نامیده می‌شود. اندازه‌گیری و ارزیابی بهره‌وری (کارایی و اثربخشی)، از اصول فعالیت‌های کنترل و برنامه‌ریزی مدیریت هستند و در سال‌های اخیر توجه محققان و نظریه‌پردازان مدیریت را به خود جلب کرده‌اند. تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)،

* عهده‌دار مکاتبات

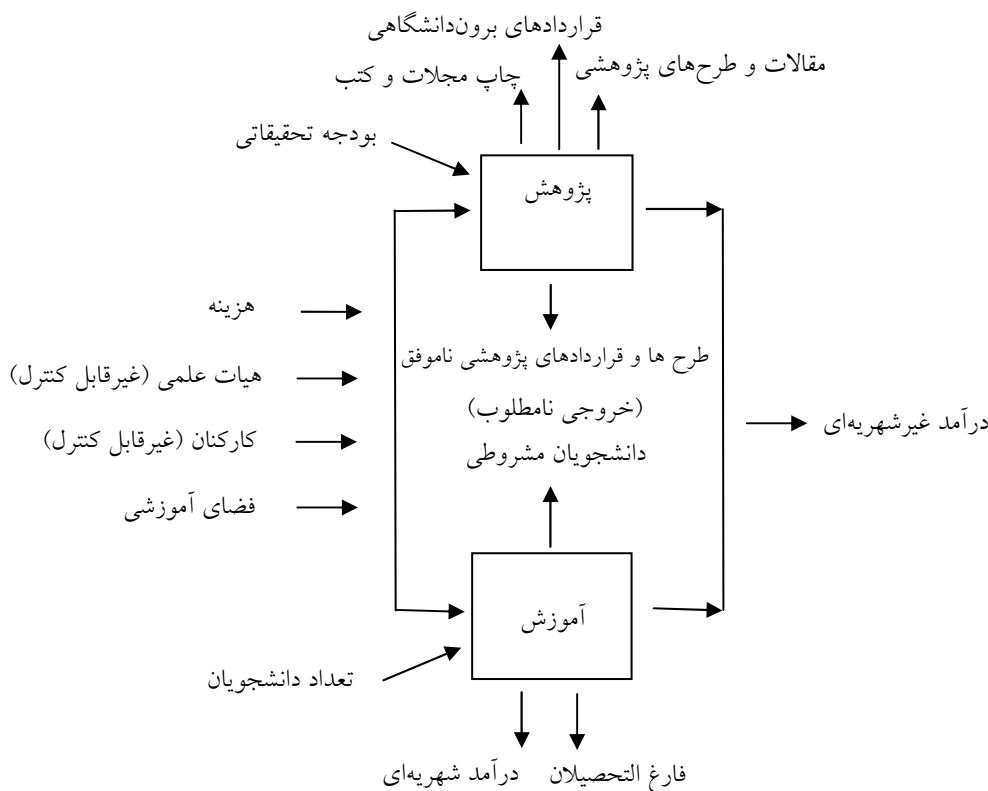
آدرس الکترونیکی: msoufi@ut.ac.ir

به عنوان یک چارچوب تئوریک جهت تجزیه و تحلیل کارایی مطرح گردیده و کاربرد آن توسط محققان، در موارد متعددی به بهبود قابل ملاحظه عملکرد منجر شده است. به دلیل کاربرد و مطالعات موردی موفق، تحلیل پوششی داده‌ها مورد توجه زیاد و استفاده گسترده محققان کسب و کار و دانشگاهیان قرار گرفته است. بررسی عملیات انبار داده [۱]، انتخاب سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر [۲]، ارزیابی عملکرد شعب بانک [۳]، تجزیه و تحلیل اظهارات مالی موسسات [۴]، سنجش کارایی موسسات آموزش عالی [۵]، حل مساله طراحی نحوه استقرار امکانات [۶] و اندازه‌گیری کارایی سرمایه‌گذاری‌های سازمانی در فناوری اطلاعات [۷] نمونه‌هایی از استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها در زمینه‌های مختلف می‌باشند. تحلیل پوششی داده‌ها از این بابت که ارزیابی کارایی بدون در نظر گرفتن ترجیحات تصمیم‌گیرنده و بر اساس داده‌های موجود است، عاری از قضاوت است [۸]. در حالی که تحلیل پوششی داده‌های استاندارد، یک فرایند ساده را مورد توجه قرار می‌دهد که در آن مصرف ورودی‌ها باعث تولید خروجی‌ها می‌شود، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای یک توالی از فرایندها را مورد توجه قرار می‌دهد که هر کدام از آنها مجموعه ورودی‌های خود را مصرف می‌نمایند تا مجموعه خروجی‌های خود را تولید کنند. خروجی‌های یک مرحله از فرایند که به عنوان ورودی‌های مرحله بعد مورد استفاده قرار می‌گیرند، واسطه نامیده می‌شوند [۹]. برای اندازه‌گیری کارایی چنین سیستم‌های به هم وابسته‌ای، مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای ارایه شده توسط فار و گروسکوف [۱۰]، دسترسی کاملی به اطلاعات اساسی جعبه سیاه و اندازه‌گیری عملکرد کلی و عملکرد زیر فرایندهای DMU ها را فراهم می‌سازد [۱۱]. لیو و لو [۱۲] از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای برای ارزیابی و رتبه‌بندی عملکرد بخش R&D موسسات تحقیقاتی تحت حمایت دولت تایوان استفاده کردند. مدل دو مرحله‌ای ارزیابی کارایی آنها، فرایند R&D را به دو مرحله توسعه تکنولوژی و مرحله انتشار تفکیک کرده است. لو و همکاران [۱۳] از تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای برای ارزیابی تولید و کارایی بازاریابی خطوط هوایی ایالات متحده استفاده نمودند. آگرل و حاتمی [۱۴] به بررسی مفاهیم تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، خصوصاً مدل‌های دو مرحله‌ای و کاربردهای جدید آن در مدیریت زنجیره تامین پرداختند. کائو و لیو [۱۵] مدل تحلیل پوششی داده‌ها را برای محاسبه کارایی سیستم‌های دو مرحله‌ای، در محیط فازی توسعه دادند. یانگ و لیو [۱۱] مدل سری دو مرحله‌ای و مدل چند هدفه فازی را برای یک ارزیابی معتبر، عادلانه و قابل اتکا در شعب بانک تایوان ادغام نمودند. آختر و همکاران [۱۶] عملکرد ۲۱ بانک در بنگلادش را مطالعه نموده و از رویکرد شبکه‌ای دو مرحله‌ای برای حداکثرسازی خروجی‌های مطلوب و به حداقل رساندن خروجی‌های نامطلوب استفاده کردند. دی‌یو و همکاران [۱۷] یک مدل بازی چانه‌زنی نش را برای اندازه‌گیری عملکرد DMU های دارای ساختار دو مرحله‌ای ارایه نمودند. لی و همکاران [۱۸] با این فرض که ورودی‌های مرحله دوم، شامل خروجی‌های مرحله اول و ورودی‌های اضافی مرحله دوم هستند، مدل لیانگ و همکاران [۱۹] را توسعه دادند. همایون‌فر و امیر تیموری [۲۰] در مطالعه خود، از یک رویکرد مبتنی بر DEA شبکه‌ای فازی برای هدف‌گذاری در یک محیط تصمیم‌گیری متمرکز استفاده نمودند که به طور همزمان خروجی‌های مطلوب و نامطلوب را در برنامه ریزی مورد ملاحظه قرار می‌دهد. علاوه بر انواع مدل‌هایی که به نمونه‌ای از آنها اشاره شد، جدول ۱، برخی از مطالعات اخیر (۲۰۱۴-۲۰۱۶) در رابطه با شبکه‌های دو مرحله‌ای را نشان می‌دهد:

جدول ۱. مطالعات اخیر در زمینه شبکه‌های دو مرحله‌ای

منبع	حوزه کاربرد	نوع داده	خروجی بد	$I_p = O_p$
[۲۱]	شرکت‌های انرژی در هند	قطعی	خیر	بله
[۲۲]	صنعت بانکداری اسلامی پاکستان	قطعی	خیر	بله
[۲۳]	بانکداری و ارز در استرالیا	قطعی	خیر	بله
[۲۴]	صنعت بانکداری و سهام چین	قطعی	خیر	بله
[۲۵]	صنعت هتل‌داری ایران	قطعی	خیر	بله
[۲۶]	صنعت خدمات بهداشتی ترکیه	قطعی	خیر	بله
[۲۷]	توسعه مدل DEA دو مرحله‌ای فازی	فازی	خیر	بله
[۲۸]	صنعت الکترونیک ژاپن	قطعی	خیر	بله
[۲۹]	شرکت‌های انرژی در آمریکا	قطعی	بله	خیر
[۳۰]	زنجیره تأمین سبز	قطعی	خیر	بله
[۳۱]	بخش بانکداری اسپانیا	قطعی	بله	خیر
[۳۲]	بانک‌های آمریکا	قطعی	خیر	بله
[۳۳]	شبکه‌های پویا	قطعی	بله	خیر
[۳۴]	فن‌آوری آلودگی مولد اسپانیا	قطعی	خیر	بله
[۳۵]	مدل SBM جایگزین DEA شبکه‌ای	قطعی	خیر	بله
[۳۶]	فرایندهای توزیع برق در ایران	قطعی	خیر	بله
[۳۷]	ارزیابی عملکرد زنجیره تامین	قطعی	خیر	بله
[۳۸]	شبکه‌ی پویا در بانکداری استرالیا	قطعی	خیر	بله
[۳۹]	تجزیه و تحلیل اولویت‌های مشتری	قطعی	بله	خیر
[۴۰]	محیط زیست محصولات چین	قطعی	خیر	بله

این مقاله به قسمت اول از مدل‌سازی نحوه‌ی تخصیص منابع و تعیین اهداف (برنامه‌ریزی تولید) به واحدهای استانی (DMU) دانشگاه آزاد اسلامی که دارای ساختار مدیریتی تصمیم‌گیری متمرکز است، می‌پردازد. این دانشگاه دارای ساختار شبکه‌ای موازی با ورودی‌ها و خروجی‌های مشترک است که در شکل ۱ مشاهده می‌شود. در این قسمت، مساله مورد مطالعه طراحی مدلی برای محاسبه‌ی کارایی هر یک از DMU ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها است که در آن علاوه بر موازی بودن شبکه، خروجی‌های نامطلوب و ورودی‌های غیر قابل کنترل نیز مورد توجه قرار گیرند. هر یک از DMU ها از ساختار زیر پیروی می‌نمایند:



شکل ۱. شاخص‌های ورودی و خروجی همراه با خروجی‌های نامطلوب و ورودی‌های غیر قابل کنترل

۲ ورودی‌های غیر قابل کنترل و خروجی‌های نامطلوب

یکی از مهمترین ویژگی‌های روش‌های رایج DEA آن است که ورودی‌ها و خروجی‌ها قابل کنترل باشند، ولی در واقعیت ممکن است ورودی‌ها و/یا خروجی‌های سیستم به عوامل محیطی و/یا عواملی که خارج از کنترل آن است وابسته باشند. این نوع داده‌ها را داده‌های غیر قابل کنترل می‌نامند. اولین مقاله‌ای که به‌طور مستقیم به بررسی داده‌های غیر قابل کنترل پرداخته است، مقاله بنکر و موری [۴۱] است. مدل بنکر و موری برای ارزیابی عملکرد واحدی را از مقایسه آنها با محیط‌هایی تعیین می‌کند که از دیدگاه عوامل غیر قابل کنترل، می‌توانند محیط‌های سختگیرانه‌تری باشند یا نباشند. همچنین بنکر و موری مدل جدیدی برای ارزیابی عملکرد با شرط قابل کنترل یا غیرقابل کنترل بودن داده‌های قطعی ارائه کردند که در حال حاضر از پرکاربردترین مدل‌ها در این رابطه به شمار می‌رود. روجرو [۴۲] مدلی را ارائه داد که مجموعه مرجع واحد تحت بررسی را از واحدهایی با محیط سخت‌گیرانه‌تر و یا حداقل محیط مشابه انتخاب می‌کند. بعلاوه، یکی از محدودیت‌های اصلی مدل تحلیل پوششی داده‌ها استاندارد، حالتی است که در آن فرآیند تولید محصولات نامطلوبی مانند ضایعات و آلاینده‌ها تولید می‌کند. تحقیق در مورد خروجی‌های نامطلوب اولین بار توسط فار و گروسکوف [۴۳] مطرح گردید و در چند سال گذشته تا حد زیادی افزایش یافته است. مطالعات متعددی برای بررسی این نوع خروجی‌ها انجام شده است. به عنوان مثال، شل [۴۴] از یک رویکرد تبدیل داده‌ها برای تبدیل عوامل نامطلوب به مطلوب استفاده کرده است. با استفاده از طبقه‌بندی خاصیت نامتغیر سیفورد و ژو

[۴۵] از مدل تحلیل پوششی داده‌ها استاندارد برای بهبود عملکرد از طریق افزایش خروجی مطلوب و کاهش خروجی‌های نامطلوب استفاده کرده‌اند. فار و گروسکف [۴۶] با توجه به مطالعه سیفورد و ژو رویکردی مبتنی بر تابع فاصله مستقیم^۱، جهت افزایش خروجی‌های مطلوب و کاهش خروجی‌های نامطلوب ارایه نمودند. کورهونن و لوپتاسیک [۴۷] از تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه‌گیری کارایی زیست محیطی ۲۴ نیروگاه دارای سوخت زغال سنگ در حضور خروجی‌های نامطلوب استفاده کردند. جهانشاهلو و همکاران [۴۸] رویکردی مبتنی بر مدل‌های DEA غیرشعاعی برای بررسی همزمان ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب ارایه کردند. امیرتیموری و کردرستمی [۴۹] ارزیابی کارایی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیری بهم وابسته را که تشکیل یک DMU بزرگ‌تر با عوامل مطلوب و نامطلوب را می‌دادند، مورد بررسی قرار دادند. امیرتیموری و همکاران [۵۰] یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها ارایه نمودند که از طریق افزایش ورودی‌های نامطلوب و کاهش خروجی‌های نامطلوب، برای بهبود عملکرد نسبی مورد استفاده قرار می‌گرفت. لیانگ و همکاران [۵۱] یک رویکرد اثربخش برای برخورد با خروجی‌های نامطلوب و به طور همزمان کاهش ابعاد مجموعه داده‌ها ارایه کردند. در چند سال اخیر وانگ و همکاران [۵۲]، وو و همکاران [۵۳] و پژوهشگران دیگر نیز مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها را برای اندازه‌گیری کارایی در فرایندهای تولیدی دارای عوامل نامطلوب ارایه داده‌اند.

۳ مدل اندازه‌گیری کارایی با ورودی‌های غیر قابل کنترل و خروجی‌های نامطلوب

همان‌طور که در شکل (۱) ملاحظه می‌شود، ۳۱ واحد دو مولفه‌ای موازی در شبکه‌ی دانشگاه آزاد استقرار دارند. کارایی کل واحد k ام از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E_k^{(a)} = \frac{\sum_{i=1}^b u^{(i)} y_k^{(i)} + \sum_{i=1}^b u^{(si)} (\beta_i y_k^{(si)}) - \sum_{i=1}^b \rho^{(si)} (\gamma_i \bar{x}_k^{(si)})}{\sum_{i=1}^b v^{(i)} x_k^{(i)} + \sum_{i=1}^b v^{(si)} (\alpha_i x_k^{(si)}) + \sum_{i=1}^b w^{(i)} \bar{y}_k^{(i)}} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^b \alpha_i = 1$$

$$\sum_{i=1}^b \beta_i = 1$$

$$\sum_{i=1}^b \gamma_i = 1$$

در این رابطه $\bar{x}_k^{(si)}$ ورودی غیر قابل کنترل مشترک واحد k ، $\bar{y}_k^{(i)}$ خروجی نامطلوب مستقل واحد k ، $y_k^{(i)}$ خروجی مستقل واحد k ، $y_k^{(si)}$ خروجی مشترک واحد k ، $x_k^{(i)}$ ورودی مستقل واحد k و $y_k^{(si)}$ ورودی مشترک واحد k می‌باشد. α_i ، β_i و γ_i به ترتیب اوزان ورودی مشترک، خروجی مشترک و ورودی‌های غیر قابل کنترل مشترک واحد k می‌باشند که به صورت متغیر در نظر گرفته می‌شوند. به علاوه، کارایی مولفه‌ی i از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

¹ Directional distance function

$$E_k^{(i)} = \frac{u^{(i)} y_k^{(i)} + u^{(si)} (\beta_i y_k^{(si)}) - \rho^{(si)} (\gamma_i \bar{x}_k^{(si)})}{v^{(i)} x_k^{(i)} + v^{(si)} (\alpha_i x_k^{(si)}) + w^{(i)} \bar{y}_k^{(i)}} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^b \alpha_i = 1$$

$$\sum_{i=1}^b \beta_i = 1$$

$$\sum_{i=1}^b \gamma_i = 1$$

در نتیجه کارایی کل از حل مدل زیر به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} & \text{Max } E_k^a \\ & \text{s.t.} \\ & E_j^{(a)} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n, \\ & E_j^{(i)} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, b, \\ & \sum_{i=1}^b \alpha_i = 1 \\ & \sum_{i=1}^b \beta_i = 1 \\ & \sum_{i=1}^b \gamma_i = 1 \\ & u^{(i)}, u^{(si)}, \rho^{(si)}, v^{(i)}, v^{(si)}, w^{(i)} \geq \varepsilon. \end{aligned} \quad (3)$$

به عبارت دیگر خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} \text{Max } E_k^{(a)} &= \frac{\sum_{i=1}^b u^{(i)} y_k^{(i)} + \sum_{i=1}^b u^{(si)} (\beta_i y_k^{(si)}) - \sum_{i=1}^b \rho^{(si)} (\gamma_i \bar{x}_k^{(si)})}{\sum_{i=1}^b v^{(i)} x_k^{(i)} + \sum_{i=1}^b v^{(si)} (\alpha_i x_k^{(si)}) + \sum_{i=1}^b w^{(i)} \bar{y}_k^{(i)}} \\ & \text{s.t.} \\ & \frac{\sum_{i=1}^b u^{(i)} y_j^{(i)} + \sum_{i=1}^b u^{(si)} (\beta_i y_j^{(si)}) - \sum_{i=1}^b \rho^{(si)} (\gamma_i \bar{x}_j^{(si)})}{\sum_{i=1}^b v^{(i)} x_j^{(i)} + \sum_{i=1}^b v^{(si)} (\alpha_i x_j^{(si)}) + \sum_{i=1}^b w^{(i)} \bar{y}_j^{(i)}} \leq 1 \\ & \frac{u^{(i)} y_j^{(i)} + u^{(si)} (\beta_i y_j^{(si)}) - \rho^{(si)} (\gamma_i \bar{x}_j^{(si)})}{v^{(i)} x_k^{(i)} + v^{(si)} (\alpha_i x_k^{(si)}) + w^{(i)} \bar{y}_k^{(i)}} \leq 1 \\ & \sum_{i=1}^b \alpha_i = 1 \\ & \sum_{i=1}^b \beta_i = 1 \\ & \sum_{i=1}^b \gamma_i = 1 \\ & u^{(i)}, u^{(si)}, \rho^{(si)}, v^{(i)}, v^{(si)}, w^{(i)} \geq \varepsilon. \end{aligned} \quad (4)$$

با تغییر متغیر چارنز-کوپر، مدل غیرخطی زیر را خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} \text{Max } E_k^{(a)} &= \sum_{i=1}^b u^{(i)} y_k^{(i)} + \sum_{i=1}^b u^{(si)} \left(\beta_i y_k^{(si)} \right) - \sum_{i=1}^b \rho^{(si)} \left(\gamma_i \bar{x}_k^{(si)} \right) \\ \text{s.t.} \\ \sum_{i=1}^b v^{(i)} x_k^{(i)} + \sum_{i=1}^b v^{(si)} \left(\alpha_i x_k^{(si)} \right) + \sum_{i=1}^b w^{(i)} \bar{y}_k^{(i)} &= 1 \\ \sum_{i=1}^b u^{(i)} y_j^{(i)} + \sum_{i=1}^b u^{(si)} \left(\beta_i y_j^{(si)} \right) - \sum_{i=1}^b \rho^{(si)} \left(\gamma_i \bar{x}_j^{(si)} \right) - \\ \sum_{i=1}^b v^{(i)} x_j^{(i)} - \sum_{i=1}^b v^{(si)} \left(\alpha_i x_j^{(si)} \right) - \sum_{i=1}^b w^{(i)} \bar{y}_j^{(i)} &\leq 0 \quad \forall j \\ u^{(i)} y_j^{(i)} + u^{(si)} \left(\beta_i y_j^{(si)} \right) - \rho^{(si)} \left(\gamma_i \bar{x}_j^{(si)} \right) - \\ v^{(i)} x_j^{(i)} - v^{(si)} \left(\alpha_i x_j^{(si)} \right) - w^{(i)} \bar{y}_j^{(i)} &\leq 0 \quad \forall j \\ \sum_{i=1}^b \alpha_i &= 1 \\ \sum_{i=1}^b \beta_i &= 1 \\ \sum_{i=1}^b \gamma_i &= 1 \\ u^{(i)}, u^{(si)}, \rho^{(si)}, v^{(i)}, v^{(si)}, w^{(i)} &\geq \varepsilon. \end{aligned} \quad (5)$$

اکنون مدل غیرخطی فوق را به کمک تغییر متغیرهای $\beta_i u^{(si)} = \bar{u}^{(si)}$ و $\gamma_i \rho^{(si)} = \bar{\rho}^{(si)}$ ، $\alpha_i v^{(si)} = \bar{v}^{(si)}$ مدل خطی زیر تبدیل می کنیم:

$$\begin{aligned} \text{Max } E_k^{(a)} &= \sum_{i=1}^b u^{(i)} y_k^{(i)} + \sum_{i=1}^b \bar{u}^{(si)} y_k^{(si)} - \sum_{i=1}^b \bar{\rho}^{(si)} \bar{x}_k^{(si)} \\ \text{s.t.} \\ \sum_{i=1}^b v^{(i)} x_k^{(i)} + \sum_{i=1}^b \bar{v}^{(si)} x_k^{(si)} + \sum_{i=1}^b w^{(i)} \bar{y}_k^{(i)} &= 1 \\ \sum_{i=1}^b u^{(i)} y_j^{(i)} + \sum_{i=1}^b \bar{u}^{(si)} y_j^{(si)} - \sum_{i=1}^b \bar{\rho}^{(si)} \bar{x}_j^{(si)} - \sum_{i=1}^b v^{(i)} x_j^{(i)} - \sum_{i=1}^b \bar{v}^{(si)} x_j^{(si)} - \sum_{i=1}^b w^{(i)} \bar{y}_j^{(i)} &\leq 0 \quad \forall j \\ u^{(i)} y_j^{(i)} + \bar{u}^{(si)} y_j^{(si)} - \bar{\rho}^{(si)} \bar{x}_j^{(si)} - v^{(i)} x_j^{(i)} - \bar{v}^{(si)} x_j^{(si)} - w^{(i)} \bar{y}_j^{(i)} &\leq 0 \quad \forall j, i \\ u^{(i)} &\geq \varepsilon \\ \bar{u}^{(si)} &\geq \beta_i \varepsilon \\ \bar{\rho}^{(si)} &\geq \gamma_i \varepsilon \\ v^{(i)} &\geq \varepsilon \\ \bar{v}^{(si)} &\geq \alpha_i \varepsilon \\ w^{(i)} &\geq \varepsilon \end{aligned} \quad (6)$$

۴ مورد مطالعه

همان‌طور که در مقدمه مقاله بیان گردید، هدف از این تحقیق در گام اول محاسبه ی کارایی ۳۱ واحد استانی دانشگاه آزاد اسلامی است که در آن، هر واحد تصمیم‌گیرنده دارای دو ورودی مشترک قابل کنترل، دو ورودی مشترک غیر قابل کنترل، یک ورودی قابل کنترل اختصاصی برای مولفه پژوهشی و یک ورودی قابل کنترل اختصاصی برای مولفه آموزشی، سه خروجی مطلوب پژوهشی، دو خروجی مطلوب آموزشی، یک خروجی مشترک مطلوب، یک خروجی نامطلوب آموزشی و یک خروجی نامطلوب پژوهشی می باشد. جداول ۲، ۳ و ۴ اطلاعات دریافتی ۳۱ واحد استانی تحت ارزیابی را در سال‌های ۱۳۹۴، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ نشان می‌دهند.

جدول ۲. ورودی‌ها و خروجی‌های ۳۱ واحد استانی دانشگاه آزاد در سال ۱۳۹۴

واحد	ورودی مشترک		ورودی مستقل		خروجی مستقل		خروجی نامطلوب								
	قابل کنترل	غیر قابل کنترل	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی							
	هزینه جاری (میلیارد ریال)	مساحت کل ساختمان‌ها (متر مربع)	(تجمعی)	کل هیأت علمی تمام وقت و نیمه وقت (تجمعی)	تعداد کارکنان	بودجه پژوهشی (میلیارد ریال)	کل دانشجوی (تجمعی)	عنوان کتاب تألیف شده (در سال)	طرح‌های تحقیقاتی برون دانشگاهی	تعداد مقالات پژوهشی	شهریه (میلیارد ریال)	فارغ التحصیلان	درآمد غیرشهریه	دانشجویان مشروطی	طرح‌های ناموفق
۱	۲۶۶۷	۵۴۶۵۴۹	۱۹۵۷	۲۲۱۲	۲۶۳	۸۶۲۷۸	۹	۱۵	۱۲۳۴	۲۶۲۷	۱۵۸۸۱	۱۷۵	۱۶۳۰۷	۲۴	
۲	۱۰۳۸	۲۳۰۸۷۳	۸۸۷	۸۷۱	۱۱۴	۴۴۳۸۱	۷	۷	۲۹۲	۱۱۳۸	۷۵۶۸	۷۹	۸۳۸۸	۲۵	
۳	۶۴۴	۱۳۶۱۵۹	۴۷۹	۶۰۳	۶۶	۲۲۷۴۳	۸	۴	۲۷۶	۶۵۹	۴۱۰۵	۳۱	۴۲۹۸	۸	
۴	۲۹۵۳	۱۱۵۰۴۲۱	۲۲۹۵	۱۹۵۸	۲۷۴	۸۹۹۶۳	۲۵	۶۰	۱۷۶۱	۲۷۴۲	۱۶۴۶۵	۲۶۰	۱۷۰۰۳	۴۴	
۵	۹۵۸	۱۶۸۰۸۸	۶۹۵	۷۵۹	۹۷	۳۷۸۰۲	۶	۱	۴۰۶	۹۶۹	۶۴۹۴	۴۴	۷۱۴۵	۱۸	
۶	۲۸۴	۵۰۱۷۷	۲۳۵	۲۴۹	۳۶	۹۰۷۴	۳	۳	۹۵	۳۵۷	۱۶۳۴	۵	۱۷۱۵	۷	
۷	۶۴۷	۱۴۶۵۲۷	۳۴۶	۴۶۴	۶۷	۲۷۷۳۲	۲	۱۶	۲۸۲	۶۷۳	۴۹۰۹	۷۷	۵۲۴۱	۱۲	
۸	۱۰۲۷۱	۱۴۵۱۰۷۷	۶۷۹۴	۸۶۰۷	۱۱۰۵	۳۷۵۷۶۵	۵۱	۵۶	۸۱۰۷	۱۱۰۴۶	۶۷۵۰۶	۹۸۷	۷۱۰۲۰	۸۴	
۹	۳۴۷	۱۲۲۵۲۷	۳۲۵	۲۳۲	۳۴	۱۱۷۰۱	۱	۳	۱۳۱	۳۴۳	۲۰۶۶	۴۳	۲۲۱۱	۶	
۱۰	۳۲۰	۱۳۵۷۶۶	۲۰۱	۲۶۸	۲۹	۱۰۳۲۱	۲	۳	۱۳۴	۲۹۴	۱۹۶۵	۳۱	۱۹۵۱	۱	
۱۱	۱۹۳۷	۵۷۱۴۹۵	۱۳۸۰	۱۷۰۷	۱۹۲	۶۳۳۳۵	۷	۲۱	۱۰۵۱	۱۹۲۱	۱۱۹۲۴	۱۵۶	۱۱۹۷۰	۱۴	
۱۲	۲۷۶	۸۴۵۷۵	۲۴۷	۲۵۸	۲۵	۸۲۶۱	۱	۲	۹۵	۲۵۳	۱۴۵۲	۲۴	۱۵۶۱	۸	
۱۳	۳۰۱۷	۷۸۰۴۵۳	۲۱۰۵	۲۶۰۶	۲۹۶	۱۰۵۰۷۵	۱۴	۶۱	۸۸۳	۲۹۵۸	۱۷۹۴۰	۲۱۸	۱۹۸۵۹	۴۶	
۱۴	۶۴۸	۲۱۸۳۶۸	۶۴۴	۵۹۳	۶۲	۲۰۰۷۹	۳	۳	۳۲۲	۶۲۳	۳۸۲۵	۴۷	۳۷۹۵	۱۵	
۱۵	۱۲۸۲	۳۳۹۱۰۵	۸۷۸	۱۰۱۸	۱۰۰	۲۹۹۹۰	۳	۳۰	۷۲۸	۱۰۰۴	۵۹۳۷	۱۵۴	۵۶۶۸	۱۰	
۱۶	۵۹۳	۱۶۳۰۰۳	۳۵۹	۶۱۴	۶۶	۲۹۱۵۹	۳	۱۸	۱۹۹	۶۶۳	۴۸۷۵	۵۲	۵۵۱۱	۷	
۱۷	۲۶۵۳	۸۶۱۶۰۲	۲۲۴۸	۲۲۸۳	۲۶۴	۱۰۰۵۵۲	۲۹	۱۸	۹۳۱	۲۶۳۷	۱۷۲۹۷	۱۸۴	۱۹۰۰۴	۳۱	

ورودی مشترک	ورودی مستقل	خروجی مستقل	خروجی مشترک	خروجی نامطلوب													
					پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی
قابل کنترل	غیر قابل کنترل	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی
هزینه جاری (میلیارد ریال)	مساحت کل ساختمان‌ها (متر مربع)	کل هیأت علمی تمام وقت و نیمه وقت (تجمعی)	تعداد کارکنان	بودجه پژوهشی (میلیارد ریال)	کل دانشجوی (تجمعی)	عنوان کتاب تألیف شده (در سال)	طرح‌های تحقیقاتی برون دانشگاهی	تعداد مقالات پژوهشی	شهریه (میلیارد ریال)	فارغ التحصیلان	درآمد غیر شهریه	دانشجویان مشروطی	طرح‌های ناموفق	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱
۱۲۱۱	۲۴۳۲۱۰	۷۴۲	۹۹۹	۱۲۲	۳۸۲۶۵	۳	۲	۶۰۵	۱۲۱۷	۶۹۸۲	۱۳۷	۷۲۳۲	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱
۳۲۰	۶۲۰۵۰	۲۰۹	۲۵۷	۳۰	۱۰۶۰۸	۳	۵	۳۵۹	۲۹۶	۱۹۹۰	۲۵	۲۰۰۵	۶	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲
۶۱۹	۱۱۱۵۴۰	۵۲۸	۴۲۷	۶۱	۱۹۸۶۳	۲	۷	۲۰۳	۶۱۲	۳۴۴۲	۶۱	۳۷۵۴	۱۲	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳
۱۲۷۹	۴۱۲۳۵۸	۸۶۶	۱۲۹۲	۱۴۴	۴۶۷۹۸	۷	۹	۷۰۰	۱۴۳۸	۸۹۱۳	۱۱۳	۸۸۴۵	۱۶	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴
۸۲۹	۱۳۸۹۷۴	۵۶۵	۴۸۳	۸۶	۳۰۶۲۸	۲	۶	۳۵۹	۸۶۳	۵۳۷۷	۶۹	۵۷۸۹	۱۷	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵
۴۹۶	۷۹۹۷۹	۳۱۴	۴۰۷	۶۰	۱۷۹۹۲	۲	۱۲	۲۴۸	۶۰۱	۳۳۳۴	۴۳	۳۴۰۰	۸	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶
۷۷۶	۱۹۸۸۶۵	۷۰۰	۵۷۶	۸۷	۳۰۵۱۶	۶	۹	۴۲۵	۸۷۵	۵۵۲۲	۲۷	۵۷۶۸	۱۰	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷
۱۲۵۹	۱۹۰۳۷۴	۹۸۴	۱۰۳۱	۱۳۳	۴۵۲۸۹	۶	۱۸	۵۲۴	۱۳۳۳	۸۰۴۴	۵۸	۸۵۶۰	۲۱	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸
۸۳۶	۲۶۶۷۰۷	۵۴۴	۶۹۷	۸۸	۳۳۴۰۴	۱	۹	۳۵۴	۸۷۶	۵۹۳۷	۸۱	۶۳۱۳	۲۳	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹
۲۳۵۳	۴۸۰۰۳۶	۱۷۸۴	۱۹۲۶	۲۲۵	۶۳۶۶۵	۵	۱۶	۱۱۸۸	۲۲۴۹	۱۲۳۴۹	۱۷۳	۱۲۰۳۳	۶۴	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰
۱۵۹۸	۵۱۲۰۵۰	۱۰۰۸	۱۴۰۱	۱۴۸	۴۲۹۹۳	۹	۱۳	۱۱۳۹	۱۴۸۲	۸۵۷۳	۱۳۱	۸۱۲۶	۱۸	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱
۷۹۸	۱۴۶۴۰۰	۳۴۱	۶۱۷	۱۱۹	۳۷۶۳۹	۳	۱۱	۵۳۲	۱۱۹۴	۷۰۰۷	۱۵۶	۷۱۱۴	۸	۲۹	۳۰	۳۱	
۷۶۰	۲۰۰۵۵۱	۷۱۶	۶۱۵	۷۵	۲۴۵۷۵	۶	۴	۳۳۰	۷۵۴	۴۴۹۰	۴۲	۴۶۴۵	۱۳	۳۰	۳۱		
۸۳۳	۳۲۰۱۴۱	۴۷۲	۸۸۹	۷۹	۲۳۴۱۲	۱۲	۱۶	۵۲۱	۷۸۵	۴۹۲۸	۹۳	۴۴۲۵	۹	۳۱			

۱۸

جدول ۴. ورودی‌ها و خروجی‌های ۳۱ واحد استانی دانشگاه آزاد در سال ۱۳۹۶

واحد	ورودی مشترک		ورودی مستقل		خروجی مستقل		خروجی نامطلوب	
	قابل کنترل	غیر قابل کنترل	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی	پژوهشی	آموزشی
	هزینه جاری (میلیارد ریال)	مساحت کل ساختمان‌ها (متر مربع) (تجمعی)	کل هیأت علمی تمام وقت و نیمه وقت (تجمعی)	تعداد کارکنان	بودجه پژوهشی (میلیارد ریال)	کل دانشجوی (تجمعی)	عنوان کتاب تألیف شده (در سال)	طرح‌های تحقیقاتی برون دانشگاهی
	تعداد مقالات پژوهشی	شهریه (میلیارد ریال)	فارغ التحصیلان	درآمد غیرشهریه	دانشجویان مشروطی	طرح‌های ناموفق		
۱	۴۱۷۲	۵۷۷۵۲۳	۲۳۴۹	۱۹۸۳	۴۴۲	۹۳۱۶۶	۱۲	۴۶
۲	۱۶۷۲	۲۴۱۷۹۹	۱۱۴۷	۷۸۸	۱۹۲	۵۰۲۳۳	۱۱	۲۶
۳	۱۰۵۷	۱۵۷۰۲۲	۵۷۲	۵۳۸	۱۱۳	۲۳۴۰۰	۸	۲۷
۴	۴۶۳۴	۱۱۵۵۰۸۸	۲۷۳۳	۱۶۸۱	۴۵۶	۹۱۷۷۲	۲۵	۹۳
۵	۱۴۸۸	۱۸۸۲۹۶	۸۹۱	۶۹۸	۱۶۲	۳۵۸۰۵	۶	۳
۶	۵۰۰	۵۲۰۳۸	۳۲۰	۲۲۶	۶۰	۹۹۳۰	۳	۱۴
۷	۱۰۷۷	۱۶۶۸۳۶	۵۶۹	۴۲۹	۱۲۱	۳۰۵۰۰	۸	۳۲
۸	۱۵۸۹۵	۱۹۰۷۰۰۸	۹۸۳۵	۷۴۹۸	۱۹۲۱	۳۸۴۶۴۷	۱۰۰	۱۳۷
۹	۵۶۲	۱۱۹۱۹۸	۴۷۵	۲۱۱	۵۶	۱۳۲۰۹	۳	۶
۱۰	۵۳۶	۱۴۰۸۸۱	۳۴۲	۲۲۵	۵۳	۱۱۳۸۴	۲	۹
۱۱	۳۱۲۶	۶۱۷۷۳۳	۱۶۴۷	۱۵۰۳	۳۳۴	۶۴۸۸۷	۹	۲۷
۱۲	۴۶۳	۸۹۳۰۰	۴۱۲	۲۲۱	۴۷	۹۸۰۲	۱	۴
۱۳	۴۸۰۷	۷۸۶۳۰۲	۲۶۲۲	۲۲۴۴	۴۸۱	۱۱۶۰۱۰	۱۶	۹۹
۱۴	۱۰۵۱	۲۲۷۰۵۲	۷۶۶	۴۵۰	۱۰۲	۲۰۳۵۵	۴	۱۰
۱۵	۱۹۱۷	۳۵۳۲۵۳	۱۰۷۵	۹۰۷	۱۸۲	۲۹۳۴۰	۴	۳۸
۱۶	۹۸۸	۱۶۵۵۰۶	۶۲۰	۵۵۹	۱۱۱	۳۱۲۹۰	۴	۵۵
۱۷	۴۰۸۸	۹۷۹۰۱۲	۲۴۵۷	۱۸۹۸	۴۳۷	۱۰۲۸۰۳	۳۲	۴۳
۱۸	۱۸۵۵	۲۴۷۴۱۹	۸۹۷	۷۶۶	۱۹۳	۳۶۰۹۶	۱۶	۱۴
۱۹	۴۶۲	۶۵۷۰۰	۳۰۶	۲۲۰	۵۲	۱۱۷۵۲	۳	۱۶
۲۰	۱۰۰۱	۱۱۵۳۱۴	۶۵۷	۳۸۱	۱۰۶	۲۲۳۶۵	۲	۲۳
۲۱	۲۱۵۲	۴۵۶۳۵۶	۱۲۴۵	۹۳۷	۲۳۷	۴۸۶۴۲	۸	۴۷
۲۲	۱۱۸۳	۱۴۱۳۰۹	۶۹۵	۴۴۴	۱۳۴	۳۱۵۴۱	۴	۱۴
۲۳	۸۳۳	۹۳۹۸۰	۴۸۰	۳۰۸	۹۴	۱۸۵۲۵	۴	۲۴
۲۴	۱۲۶۷	۲۰۹۳۲۹	۸۸۲	۵۲۳	۱۴۸	۳۴۵۴۵	۶	۲۰
۲۵	۱۹۷۶	۲۰۰۹۴۰	۱۱۸۱	۸۹۰	۲۲۲	۴۷۱۴۹	۱۰	۳۱
۲۶	۱۳۴۱	۲۸۱۲۳۶	۹۳۷	۶۲۷	۱۴۸	۳۲۸۰۳	۴	۲۳
۲۷	۳۸۲۵	۴۸۵۱۰۰	۱۹۳۹	۱۶۹۸	۳۷۶	۵۸۷۸۳	۸	۸۸
۲۸	۲۵۳۵	۵۱۸۹۹۰	۱۲۴۹	۱۱۸۴	۲۵۶	۴۴۷۰۸	۸	۱۷
۲۹	۱۳۰۶	۱۷۰۴۴۰	۵۷۴	۵۶۳	۱۹۹	۳۹۳۲۶	۷	۲۸
۳۰	۱۱۶۷	۲۰۵۱۷۸	۸۴۳	۵۱۳	۱۱۲	۲۵۳۸۵	۶	۷
۳۱	۱۲۵۴	۳۳۴۳۴۹	۵۸۹	۷۶۲	۱۳۵	۲۴۳۵۱	۱۲	۲۸

پس از برنامه‌نویسی و ورود اطلاعات در نرم افزار GAMS، کارایی کل، کارایی پژوهشی و کارایی آموزشی هر یک از DMU ها محاسبه شدند که در جداول ۵، ۶ و ۷ ملاحظه می شوند.

جدول ۵. کارایی کل و مولفه‌های پژوهشی و آموزشی در سال ۱۳۹۴

واحد	کارایی آموزشی	کارایی پژوهشی	کارایی کل	واحد	کارایی آموزشی	کارایی پژوهشی	کارایی کل
۱	۰/۹۲۷	۰/۱۲۳	۰/۹۲۵	۱۷	۰/۹۴۰	۰/۴۹۳	۰/۹۳۷
۲	۰/۹۳۰	۰/۱۴۵	۰/۹۲۹	۱۸	۱	۰/۵۹۳	۰/۹۹۸
۳	۰/۵۸۹	۱	۱	۱۹	۰/۷۹۰	۱	۱
۴	۰/۴۹۱	۱	۰/۹۹۹	۲۰	۰/۹۷۵	۰/۳۰۹	۰/۹۷۴
۵	۰/۹۱۲	۰/۴۹۷	۰/۹۱۲	۲۱	۱	۰/۶۸۵	۰/۹۹۹
۶	۰/۷۸۷	۱	۱	۲۲	۱	۰/۲۶۴	۰/۹۹۹
۷	۰/۹۸۹	1	۱	۲۳	۱	۰/۹۶۵	۱
۸	۰/۹۴۰	۰/۴۱۴	۰/۹۳۶	۲۴	۰/۹۹۹	۱	۱
۹	۱	۰/۸۲۳	۱	۲۵	۰/۹۸۲	۰/۴۵۶	۰/۹۸۰
۱۰	۱	۰/۸۸۰	۱	۲۶	۱	۰/۴۶۴	۰/۹۹۹
۱۱	۱	۰/۸۳۸	۰/۹۹۹	۲۷	۰/۹۴۵	۰/۲۴۴	۰/۹۴۱
۱۲	۰/۹۵۴	۰/۲۶۲	۰/۹۵۴	۲۸	۰/۹۳۹	۰/۲۳۹	۰/۹۳۵
۱۳	۰/۹۴۷	۰/۲۳۵	۰/۹۴۴	۲۹	۱	۰/۹۹۸	۱
۱۴	۱	۰/۲۳۹	۰/۹۹۹	۳۰	۰/۹۶۵	۰/۲۹۷	۰/۹۶۱
۱۵	۱	۰/۹۶۲	۱	۳۱	۰/۹۴۰	۰/۴۲۶	۰/۹۳۶
۱۶	۰/۹۷۱	۱	۱	میانگین	۰/۹۳۳	۰/۶۰۸	۰/۹۷۶

جدول ۶. کارایی کل و مولفه‌های پژوهشی و آموزشی در سال ۱۳۹۵

واحد	کارایی آموزشی	کارایی پژوهشی	کارایی کل	واحد	کارایی آموزشی	کارایی پژوهشی	کارایی کل
۱	۰/۹۰۴	۰/۵۷۲	۰/۹۰۳	۱۷	۰/۹۴۲	۰/۶۶۱	۰/۹۴۱
۲	۰/۹۰۵	۰/۶۲۹	۰/۹۰۴	۱۸	۰/۹۳۹	۱	۱
۳	۰/۷۸۱	۱	۱	۱۹	۰/۹۶۴	۱	۱
۴	۰/۷۵۷	۱	۰/۹۹۹	۲۰	۰/۹۸۲	۰/۹۳۰	۰/۹۸۲
۵	۰/۸۸۷	۰/۷۲۸	۰/۸۸۶	۲۱	۰/۹۹۶	۱	۱
۶	۱	۰/۲۱۵	۱	۲۲	۱	۰/۹۲۴	۱
۷	۰/۸۴۷	۱	۱	۲۳	۱	۰/۸۸۴	۱
۸	۰/۹۴۲	۰/۷۵۵	۰/۹۴۱	۲۴	۰/۹۹۷	۱	۱
۹	۱	۰/۳۳۸	۱	۲۵	۱	۰/۹۹۹	۱
۱۰	۱	۰/۸۳۱	۱	۲۶	۰/۹۹۳	۰/۹۹۰	۰/۹۹۳
۱۱	۰/۹۸۴	۱	۱	۲۷	۰/۹۵۰	۰/۷۰۸	۰/۹۴۸

واحد	کارایی آموزشی	کارایی پژوهشی	کارایی کل	واحد	کارایی آموزشی	کارایی پژوهشی	کارایی کل
۱۲	۰/۹۷۸	۰/۴۹۹	۰/۹۷۸	۲۸	۰/۹۴۲	۰/۶۹۲	۰/۹۴۰
۱۳	۰/۹۵۵	۰/۷۲۲	۰/۹۵۳	۲۹	۱	۰/۹۶۹	۱
۱۴	۰/۹۹۶	۰/۶۰۸	۰/۹۹۵	۳۰	۰/۹۸۳	۱	۱
۱۵	۱	۰/۹۴۹	۱	۳۱	۰/۹۴۲	۰/۷۵۵	۰/۹۴۱
۱۶	۰/۹۷۹	۱	۱	میانگین	۰/۹۵۳	۰/۸۱۸	۰/۹۷۸

جدول ۷. کارایی کل و مولفه‌های پژوهشی و آموزشی در سال ۱۳۹۶

واحد	کارایی آموزشی	کارایی پژوهشی	کارایی کل	واحد	کارایی آموزشی	کارایی پژوهشی	کارایی کل
۱	۰/۹۹۶	۰/۲۴۷	۰/۹۹۵	۱۷	۰/۹۹۷	۰/۴۹۵	۰/۹۹۵
۲	۰/۹۹۷	۰/۳۶۶	۰/۹۹۷	۱۸	۱	۰/۹۴۲	۱
۳	۰/۴۳۸	۱	۱	۱۹	۰/۸۸۱	۱	۱
۴	۰/۹۸۶	۱	۰/۹۹۹	۲۰	۱	۰/۹۲۹	۱
۵	۰/۹۹۶	۰/۳۴۸	۰/۹۹۶	۲۱	۰/۸۴۰	۱	۰/۹۹۹
۶	۰/۶۵۵	۱	۱	۲۲	۰/۹۴۳	۱	۱
۷	۰/۵۶۲	۱	۱	۲۳	۱	۰/۸۸۷	۱
۸	۰/۹۹۷	۰/۵۱۲	۰/۹۹۵	۲۴	۱	۰/۹۴۷	۱
۹	۱	۰/۲۷۸	۱	۲۵	۰/۹۸۴	۱	۱
۱۰	۰/۹۹۱	۱	۱	۲۶	۰/۹۹۸	۰/۹۱۳	۰/۹۹۸
۱۱	۰/۹۷۶	۱	۱	۲۷	۰/۹۹۷	۰/۴۳۸	۰/۹۹۵
۱۲	۱	۰/۲۹۰	۱	۲۸	۰/۹۹۷	۰/۳۳۲	۰/۹۹۴
۱۳	۰/۹۹۷	۰/۴۴۲	۰/۹۹۵	۲۹	۱	۰/۹۶۸	۱
۱۴	۰/۹۹۹	۰/۶۶۵	۰/۹۹۸	۳۰	۱	۰/۹۹۲	۱
۱۵	۱	۰/۹۷۶	۱	۳۱	۰/۹۹۷	۰/۵۱۲	۰/۹۹۵
۱۶	۰/۷۴۸	۱	۱	میانگین	۰/۹۳۲	۰/۷۵۹	۰/۹۹۸

۵ بحث و نتیجه گیری

۵-۱ کارایی کل

داده‌های جمع‌آوری شده در سال ۱۳۹۴ مربوط به عملکرد واقعی واحدهای استانی است، در حالی که داده‌های سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ مقادیر پیش‌بینی شده‌ی واحدها می‌باشند. از مقایسه کارایی کل واحدهای استانی در جدول ۸ می‌توان نتیجه گرفت که در سال ۱۳۹۴، تنها ۹ واحد استانی کشور بر روی مرز کارایی قرار دارند که در صورت تحقق برنامه‌ها در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ به ترتیب ۱۱ و ۱۰ واحد استانی بر روی مرز کارایی قرار خواهند گرفت. استان‌های ۶، ۷، ۹ و ۱۶ در سال ۱۳۹۵ از مرز کارایی خارج می‌شوند و برای حفظ موقعیت خود نیاز به بازنگری در برنامه‌های این سال خواهند داشت. واحد استانی ۶ در سال ۱۳۹۶ دوباره به مرز کارایی باز

می‌گردد. در صورت تحقق برنامه‌های واحدهای ۱۱، ۲۲، ۲۵ و ۳۰ در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶، این استان‌ها از ناکارایی به مرز کارایی خواهند رسید. واحدهای ۱، ۲ و ۵ علیرغم ناکارا بودن در سال ۱۳۹۴، در سال ۱۳۹۵ عملکرد ضعیف‌تری خواهند داشت، ولی سایر واحدها در طی این دو سال اجرای برنامه‌ها، سیر صعودی طی می‌نمایند. تا جایی که در سال ۱۳۹۶ همگی واحدهای استانی از عملکرد بالای ۹۹ درصدی برخوردار خواهند گردید. چهار واحد ۱۵، ۲۳، ۲۴ و ۲۹ در هر سه سال روی مرز کارا باقی خواهند ماند. تحلیل کارایی واحدهای استانی می‌تواند راهنمای خوبی برای برنامه‌ریزان سازمان و واحدها جهت ثبات یا تغییر برنامه‌ها باشد.

۵-۲ کارایی مولفه‌ی پژوهشی

عملکرد واحدهای استانی از نظر مولفه‌ی پژوهشی به گونه‌ای است که هیچ کدام از واحدهای استانی روی مرز کارایی قرار نمی‌گیرند و این شاید به دلیل در نظر نگرفتن خریدهای سرمایه‌ای و برگزاری کنفرانس‌های علمی از بودجه‌ی پژوهشی در محاسبه‌ی کارایی نسبی باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، کارایی پژوهشی واحدهای استانی (۵) و (۳۰) نزدیک به صفر و واحدهای استانی ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۲۰، ۲۲، ۲۷ و ۲۸ بسیار پایین و بین ۲۰ تا ۳۰ درصد می‌باشد. همچنین ۹ واحد استانی دیگر نیز دارای کارایی پژوهشی بین ۴۰ تا ۵۰ درصد هستند. در مجموع کارایی ۶۴/۵ درصد واحدهای استانی زیر ۵۰ درصد می‌باشند. تنها ۸ واحد استانی با کارایی ۹۹/۹۹ درصد نزدیک به مرز کارا هستند که با تغییر برنامه‌ها می‌توانند به مرز کارایی برسند. البته در صورتی که امکان تغییر در ورودی‌ها وجود داشته باشد، چرا که برخی از ورودی‌ها غیر قابل کنترل می‌باشند و امکان تغییر آنها وجود ندارد. با توجه به اینکه ساختار مدیریتی دانشگاه آزاد اسلامی متمرکز می‌باشد، واحدهای استانی قادر به تغییر برنامه‌های خود نمی‌باشند. به عنوان مثال: در صورتی که یک واحد استانی برای افزایش کارایی پژوهشی نیاز به کاهش بودجه‌ی پژوهشی داشته باشد، باید از سازمان مرکزی مجوز دریافت نماید.

در سال ۱۳۹۵ هر چند که میزان افزایش کارایی پژوهشی در برخی واحدهای استانی به سطح قابل قبولی نمی‌رسد، ولی به غیر از واحدهای ۶، ۹ و ۲۳ که با افت کارایی مواجه خواهند بود، سایر واحدها افزایش کارایی خواهند داشت. در سال ۱۳۹۶ واحدهای استانی ۵ و ۱۲ از نظر پژوهشی ناکارا خواهند شد و ۱۱ واحد استانی دیگر با کاهش کارایی پژوهشی مواجه می‌شوند.

۵-۳ کارایی مولفه‌ی آموزشی

کارایی مولفه‌ی آموزشی در سال ۱۳۹۴ نسبت به کارایی مولفه‌ی پژوهشی در همین سال مناسب‌تر است. نکته‌ی قابل توجه این است که در واحدهای دارای عملکرد پژوهشی نامناسب، وضعیت کارایی آموزشی مناسب است و در واحدهایی که وضعیت آموزشی مناسبی ندارند، وضعیت پژوهشی مناسب است. در این سال ۱۲ واحد استانی از کارایی ۹۹/۹۹ درصد برخوردارند که نسبت به کارایی کل و کارایی پژوهشی، وضعیت مناسب‌تری است. همچنین به غیر از ۴ واحد استانی، کارایی آموزشی سایر واحدهای استانی بالای ۹۰ درصد می‌باشد.

دانشگاه در سال ۱۳۹۵ با افت کارایی در ۶ واحد استانی مواجه خواهد شد و ۸ واحد در سطح کارایی ۹۹/۹۹ درصدی خواهند بود. در سال ۱۳۹۶ در صورت تحقق برنامه‌ها، ۹ واحد به کارایی آموزشی ۹۹/۹۹ درصدی خواهند رسید و در ۷ واحد استانی، کارایی آموزشی نسبت به سال ۱۳۹۵ به سطح پایین‌تری افت پیدا می‌کند. یکی از دلایل کاهش کارایی می‌تواند کاهش درآمد شهریه‌ای و تعداد دانشجویان در برخی از واحدها نسبت به سال قبل باشد.

جدول ۸. کارایی واحدهای استانی دانشگاه آزاد اسلامی در سال‌های ۹۴ تا ۹۶

DMUs	کارایی کل			کارایی پژوهشی			کارایی آموزشی		
	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶
۱	۰/۹۲۵	۰/۹۰۳	۰/۹۹۵	۰/۱۲۳	۰/۵۷۲	۰/۲۴۷	۰/۹۲۷	۰/۹۰۴	۰/۹۹۶
۲	۰/۹۲۹	۰/۹۰۴	۰/۹۹۷	۰/۱۴۵	۰/۶۲۹	۰/۳۶۶	۰/۹۳۰	۰/۹۰۵	۰/۹۹۷
۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۵۸۹	۰/۷۸۱	۰/۴۳۸
۴	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۱	۱	۱	۰/۴۹۱	۰/۷۵۷	۰/۹۸۶
۵	۰/۹۱۲	۰/۸۸۶	۰/۹۹۶	۰/۴۹۷	۰/۷۲۸	۰/۳۴۸	۰/۹۱۲	۰/۸۸۷	۰/۹۹۶
۶	۱	۱	۱	۱	۰/۲۱۵	۱	۰/۷۸۷	۱	۰/۶۵۵
۷	۱	۱	۱	1	۱	۱	۰/۹۸۹	۰/۸۴۷	۰/۵۶۲
۸	۰/۹۳۶	۰/۹۴۱	۰/۹۹۵	۰/۴۱۴	۰/۷۵۵	۰/۵۱۲	۰/۹۴۰	۰/۹۴۲	۰/۹۹۷
۹	۱	۱	۱	۰/۸۲۳	۰/۳۳۸	۰/۲۷۸	۱	۱	۱
۱۰	۱	۱	۱	۰/۸۸۰	۰/۸۳۱	۱	۱	۱	۰/۹۹۱
۱۱	۰/۹۹۹	۱	۱	۰/۸۳۸	۱	۱	۱	۰/۹۸۴	۰/۹۷۶
۱۲	۰/۹۵۴	۰/۹۷۸	۱	۰/۲۶۲	۰/۴۹۹	۰/۲۹۰	۰/۹۵۴	۰/۹۷۸	۱
۱۳	۰/۹۴۴	۰/۹۵۳	۰/۹۹۵	۰/۲۳۵	۰/۷۲۲	۰/۴۴۲	۰/۹۴۷	۰/۹۵۵	۰/۹۹۷
۱۴	۰/۹۹۹	۰/۹۹۵	۰/۹۹۸	۰/۲۳۹	۰/۶۰۸	۰/۶۶۵	۱	۰/۹۹۶	۰/۹۹۹
۱۵	۱	۱	۱	۰/۹۶۲	۰/۹۴۹	۰/۹۷۶	۱	۱	۱
۱۶	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۹۷۱	۰/۹۷۹	۰/۷۴۸
۱۷	۱	۰/۹۴۱	۰/۹۹۵	۰/۴۹۳	۰/۶۶۱	۰/۴۹۵	۰/۹۴۰	۰/۹۴۲	۰/۹۹۷
۱۸	۰/۹۷۴	۱	۱	۰/۵۹۳	۱	۰/۹۴۲	۱	۰/۹۳۹	۱
۱۹	۰/۹۹۹	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۷۹۰	۰/۹۶۴	۰/۸۸۱
۲۰	۰/۹۹۹	۰/۹۸۲	۱	۰/۳۰۹	۰/۹۳۰	۰/۹۲۹	۰/۹۷۵	۰/۹۸۲	۱
۲۱	۱	۱	۰/۹۹۹	۰/۶۸۵	۱	۱	۱	۰/۹۹۶	۰/۸۴۰
۲۲	۱	۱	۱	۰/۲۶۴	۰/۹۲۴	۱	۱	۱	۰/۹۴۳
۲۳	۰/۹۸۰	۱	۱	۰/۹۶۵	۰/۸۸۴	۰/۸۸۷	۱	۱	۱
۲۴	۰/۹۹۹	۱	۱	۱	۱	۰/۹۴۷	۰/۹۹۹	۰/۹۹۷	۱
۲۵	۰/۹۴۱	۱	۱	۰/۴۵۶	۰/۹۹۹	۱	۰/۹۸۲	۱	۰/۹۸۴
۲۶	۰/۹۳۵	۰/۹۹۳	۰/۹۹۸	۰/۴۶۴	۰/۹۹۰	۰/۹۱۳	۱	۰/۹۹۳	۰/۹۹۸
۲۷	۱	۰/۹۴۸	۰/۹۹۵	۰/۲۴۴	۰/۷۰۸	۰/۴۳۸	۰/۹۴۵	۰/۹۵۰	۰/۹۹۷
۲۸	۰/۹۶۱	۰/۹۴۰	۰/۹۹۴	۰/۲۳۹	۰/۶۹۲	۰/۳۳۲	۰/۹۳۹	۰/۹۴۲	۰/۹۹۷
۲۹	۰/۹۳۶	۱	۱	۰/۹۹۸	۰/۹۶۹	۰/۹۶۸	۱	۱	۱
۳۰	۱	۱	۱	۰/۲۹۷	۱	۰/۹۹۲	۰/۹۶۵	۰/۹۸۳	۱
۳۱	۰/۹۷۴	۰/۹۴۱	۰/۹۹۵	۰/۴۲۶	۰/۷۵۵	۰/۵۱۲	۰/۹۴۰	۰/۹۴۲	۰/۹۹۷

نهایتاً باید به این نکته اشاره کرد که هدف اصلی تحقیق، تخصیص بهینه‌ی منابع و اهداف به واحدهای استانی دانشگاه آزاد است، به گونه‌ای که کارایی واحدهای استانی و کارایی کل دانشگاه افزایش یابد. طراحی مدل سنجش کارایی اولین مرحله‌ی این تحقیق است. آنچه که در این مقاله ارایه گردیده است، سنجش کارایی واحدها با سه معیار کارایی کل، کارایی پژوهش و کارایی آموزشی با در نظر گرفتن ورودی‌های غیر قابل کنترل و خروجی‌های نامطلوب در یک سیستم شبکه‌ای موازی با ورودی‌ها و خروجی‌های مشترک است. برای رتبه‌بندی استان‌ها می‌توان از روش‌شناسی‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MADM) استفاده نمود. برای پیش‌بینی مولفه‌ها نیز می‌توان از روش‌های پیش‌بینی شبکه عصبی و یا الگوریتم ژنتیک استفاده نمود که در پژوهش‌های مختلف به عنوان بهترین روش‌های موجود معرفی شده‌اند. در این مرحله قادر به تخصیص نمی‌باشیم، چرا که از طرفی با دو هدف متضاد افزایش خروجی‌ها و کاهش ورودی‌ها و از طرف دیگر با واحدهای استانی که از نظر بزرگی و کوچکی متفاوت هستند و در تخصیص باید مدنظر قرار گیرند، مواجهیم. بنابراین، برای تخصیص بهینه، باید با استفاده از برنامه‌ریزی چندهدفه و در نظر گرفتن بزرگی و کوچکی واحدها مدل مناسبی طراحی نمود.

منابع

[۲۰] همایون‌فر، م.، امیر تیموری، ع.ر.، (۱۳۹۵). برنامه‌ریزی تولید شبکه‌ای در حضور عوامل نامطلوب- رویکرد تحلیل پوششی داده-

های فازی. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۱۳(۱)، ۱۲۱-۱۴۱.

- [1] Mannino, M., Hong, S., Choi, I., (2008). Efficiency evaluation of data warehouse operations. Decision Support Systems, 44, 883-898.
- [2] Liu, S. T., (2008). A fuzzy DEA/AR approach to the selection of flexible manufacturing systems. Computers & Industrial Engineering, 54, 66-79.
- [3] Camanho A. S., Dyson R. G., (2005). Cost efficiency measurement with price uncertainty: a DEA application to bank branch assessments. EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH, 161(2), 432-446.
- [4] Edirisinghe, N. C. P, Zhang, X., (2007). Generalized DEA model of fundamental analysis and its application to portfolio optimization. Journal of Banking and Finance, 31(11), 11-25.
- [5] Johnes, J., (2006). Measuring Teaching Efficiency in Higher Education: An Application of Data Envelopment Analysis to Economics Graduates from UK Universities 1993. European Journal of Operational Research, 174(1), 443-456.
- [6] Ertay, T., Ruan, D., Tuzkaya, U. R., (2006). Integrating data envelopment analysis and analytic hierarchy for the facility layout design in manufacturing systems. Information Sciences, 176, 237-262.
- [7] Shafer, S. M., Byrd, T. A. A., (2000). framework for measuring the efficiency of organizational investments in information technology using data envelopment analysis. Omega, 28, 125-141.
- [8] Korhonen, P. J., Luptacik, M., (2004). Eco-efficiency analysis of power plants: an extension of data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 154, 437-446.
- [9] Lozano, S., Gutiérrez, E., Moreno, P., (2013). Network DEA approach to airports performance assessment considering undesirable outputs. Applied Mathematical Modelling, 37, 1665-1676.
- [10] Färe, R., Grosskopf, S., (1996). Productivity and intermediate products: A frontier approach. Economics Letters, 50, 65-70.
- [11] Yang, C., Liu, H. M., (2012). Managerial efficiency in Taiwan bank branches: A network DEA. Economic Modelling, 29, 450-461.
- [12] Liu, J. S. Lu, W. M., (2010). DEA and ranking with the network-based approach: a case of R&D performance. Omega, 38, 453-464.
- [13] Lu, W. M., Wang, W. K. Hung, S. W., Lu, E. T., (2012). The effects of corporate governance on airline performance. Production and Marketing Efficiency Perspectives, Transportation Research Part E, 48, 529-544.

- [14] Agrell, P. J., Hatami-Marbini, A., (2013). Frontier-based performance analysis models for supply chain management: State of the art and research directions. *Computers & Industrial Engineering*, 66, 567–583.
- [15] Kao, C., Liu, S. T., (2011). Efficiencies of two stage systems with fuzzy data. *Fuzzy Sets and Systems*, 176(1), 20–35.
- [16] Akther, S., Fukuyama, H., Weber, W., (2013). Estimating two-stage network slacks-based inefficiency: An application to Bangladesh banking. *Omega*, 41, 88–96.
- [17] Du, J., Liang, L., Chen, Y., Cook, W. D., Zhu, J. A., (2011). A bargaining game model for measuring performance of two stage network structures. *European Journal of Operational Research*, 210, 390–397.
- [18] Li, Y., Chen, Y., Liang, L., Xie, J., (2012). DEA models for extended two-stage network structures. *Omega*, 40, 611–618.
- [19] Liang, L., Cook, W. D., Zhu, J., (2008). DEA models for two-stage processes: game approach and efficiency decomposition. *Naval Research Logistics*, 55, 643–653.
- [21] Saxena, P., Saxena, R., Deepak, S., (2016). Benchmarking: An International Journal Efficiency evaluation of the energy companies in CNX 500 Index of the NSE, India using data envelopment analysis. *Benchmarking: An International Journal*, <http://dx.doi.org/10.1108/BIJ-08-2014-0074>, 23(1), 113–126.
- [22] Tariq, M., Zanib, M. A., (2016). Efficiency analysis of Islamic banks in Pakistan Muhammad. *Humanomics*, 32(1), 19–32.
- [23] Langston, C., (2016). The reliability of currency and purchasing power parity conversion for international project cost benchmarking. *Benchmarking: An International Journal*, 23(1), 63–77.
- [24] Zha, Y., Liang, N., Wu, M., Bian, Y., (2016). Efficiency evaluation of banks in China: A dynamic two-stage slacks-based measure approach. *Omega (United Kingdom)*. <http://doi.org/10.1016/j.omega.2014.12.008>
- [25] Dabestani, R., Shahin, A., Saljoughian, M., Shirouyehzad, H., (2016). Importance-performance analysis of service quality dimensions for the customer groups segmented by DEA - the case of four star hotels. *International Journal of Quality & Reliability Management Importance-performance*, 33(2), <http://dx.doi.org/10.1108/IJQRM-02-2014-0022>.
- [26] Aksezer, Ç. S., (2016). A nonparametric approach for optimal reliability allocation in health services. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 33(2), 284–294.
- [27] Hemmati, M., Feiz, D., Jalilvand, M. R., Kholghi, I., (2016). Journal of Modelling in Management Development of fuzzy two-stage DEA model for competitive advantage based on RBV and strategic agility as a dynamic capability. *Journal of Modelling in Management*, 11(1), <http://dx.doi.org/10.1108/JM2-12-2013-0067>.
- [28] Kwon, H. B., James, J. L., Roh, J., (2016). Best performance modeling using complementary DEA-ANN approach: application to Japanese electronics manufacturing firms. *Benchmarking: An International Journal*, 23(3), <http://dx.doi.org/10.1108/BIJ-09-2014-0083>.
- [29] Zografidoua, E., Petridis, K., Arabatzis, G., Dey, P. K., (2016). Optimal design of the renewable energy map of Greece using weighted goal-programming and data envelopment analysis. *Computers & Operations Research*, 66, 313–326.
- [30] Azadi, M., Shabani, A., Khodakarami, M., Farzipoor Saen, R., (2015). Planning in feasible region by two-stage target-setting DEA methods: An application in green supply chain management of public transportation service providers. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. <http://doi.org/10.1016/j.tre.2014.12.009>
- [31] Lozano, S., (2015a). A joint-inputs Network DEA approach to production and pollution-generating technologies. *Expert Systems with Applications*, 42(21), 60–68.
- [32] Kwon, H. B., Lee, J., (2015). Two-stage production modeling of large U.S. banks: A DEA-neural network approach. *Expert Systems with Applications*, 42(19), 6758–6766.
- [33] Herrera-Restrepo, O. T., Trainor, J., Murray-Tuite, P., Edara, P., (2016). A multi-perspective dynamic network performance efficiency measurement of an evacuation: A dynamic network-DEA approach. *Omega*, 60, 45–59.
- [34] Lozano, S., (2016). Slacks-based inefficiency approach for general networks with bad outputs: An application to the banking sector. *Omega*, 60(1), 73–84.
- [35] Lozano, S., (2015b). Alternative SBM Model for Network DEA. *Computers & Industrial Engineering*, 82, 33–40.

- [36] Khalili-Damghani, K., Shahmir, Z., (2015). Uncertain network data envelopment analysis with undesirable outputs to evaluate the efficiency of electricity power production and distribution processes. *Computers & Industrial Engineering*, 88, 131-150.
- [37] Shafiee, M., Hosseinzadeh Lotfi, F., Saleh, H., (2014). Supply chain performance evaluation with data envelopment analysis and balanced scorecard approach. *Applied Mathematical Modelling*, 38(21-22), 5092-5112.
- [38] Avkiran, N. K., (2014). An illustration of dynamic network DEA in commercial banking including robustness tests. *Omega*, 55, 141-150.
- [39] Kumar, A., Shankar, R., Debnath, R., (2015). Analyzing customer preference and measuring relative efficiency in telecom sector: A hybrid fuzzy AHP/DEA study. *Telematics and Informatics*, 32(3), 447-462.
- [40] Zhu, Z., Wang, K., Zhang, B., (2014). Applying a network data envelopment analysis model to quantify the eco-efficiency of products: A case study of pesticides. *Journal of Cleaner Production*, 69, 67-73.
- [41] Banker, R. D., Morey, R. C., (1986). Efficiency Analysis for Exogeneously Fixed Inputs and Outputs. *Operations Research*, 34(4), 513-521.
- [42] Ruggiero, V., (1997). Criminals and service providers. *Cross-National Dirty Economies, Crime, Law and Social Change*, 28(1), 27-38.
- [43] Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, K., Pasurka, C., (1989). Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: A nonparametric approach. *The Review of Economics and Statistics*, 71, 90-98.
- [44] Scheel, H., (2001). Undesirable outputs in efficiency evaluation. *European Journal of Operational Research*, 132, 400-410.
- [45] Seiford, L. M., Zhu, J., (2002). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European Journal of Operational Research*, 142, 16-20.
- [46] Färe, R. Grosskopf, S. (2004). Modelling undesirable factors in efficiency evaluation. *European Journal of Operational Research*, 157, 242-245.
- [47] Korhonen, P. J., Luptacik, M., (2004). Eco-efficiency analysis of power plants: an extension of data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 154, 437-446.
- [48] Jahanshahloo, G. R., Hosseinzadeh-Lotfi, F., Moradi, M., (2005). A DEA approach for fair allocation of common revenue. *Applied Mathematics and Computation*, 160, 719-724.
- [49] Amirteimoori, A., Kordrostami, S., (2005). Allocating fixed costs and target setting: A dea-based approach. *Applied Mathematics and Computation*, 171, 136-151.
- [50] Amirteimoori, A., Kordrostami, S., & Sarpasat, M. (2006). Modeling undesirable factors in data envelopment analysis. *Applied Mathematics and Computation*, 180, 444-452.
- [51] Liang, L., Li, Y., Li, S., (2009). Increasing the discriminatory power of DEA in the presence of the undesirable outputs and large dimensionality of data sets with PCA. *Expert Systems with Applications*, 36, 5895-5899.
- [52] Wang, K., Yu, S., Zhang, W., (2013). China's regional energy and environmental efficiency. A DEA Window Analysis Based Dynamic Evaluation, *Mathematical and Computer Modelling*, 58, 1117-1127.
- [53] Wu, J., Lv, L., Sun, J., Ji, X. (2015). A comprehensive analysis of China's regional energy saving and emission reduction efficiency: From production and treatment perspectives. *Energy Policy*, <http://doi.org/10.1016/j.enpol>.