مدیریت تولید و عملیات، دوره ششم، شماره (۱)، پیاپی(۱۰)، بهار و تابستان ۱۳۹٤
دریافت: ۹۲/۱/۲۰ پذیرش: ۹۳/۳/۳۱
صص: ۹۹-۱۱۲

بررسی اثر تراکم در خروجی نامطلوب با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها مطالعه موردی: ارزیابی عملکرد دانشگاه

محمد محلاتی راینی
استادیار دانشکده مدیریت، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران

چکیده

هدف این مقاله ارائه مدلی برای بررسی اثر تراکم در خروجی‌های نامطلوب بر عملکرد و کارایی مؤسسات است. اندازه‌گیری تراکم برای ارزیابی عملکرد و تخصیص مناسب منابع، اهمیت ویژه‌ای داشته و تعیین آن با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها مورد توجه محققان بوده‌است؛ زیرا تراکم موجب کاهش کارایی می‌شود. از دیدگاه مدیریت، هرگاه افزایش یک یا چند ورودی موجب کاهش یک یا چند خروجی گردد؛ به‌طوری‌که سایر ورودی و خروجی‌ها بدون تغییر باشند، تراکم رخ می‌دهد یا بالعکس. اگرچه درحضور خروجی‌های مطلوب و نامطلوب، تعریف تراکم متفاوت خواهد بود؛ زیرا همواره افزایش خروجی‌های مطلوب و کاهش خروجی‌های نامطلوب مدّنظر است. بنابراین، در این موارد نمی‌توان تعاریف و تئوری‌های متداول تراکم را مستقیما برای اندازه‌گیری تراکم استفاده نمود. مطالعاتی که تاکنون انجام شده، عموما به خروجی‌های مطلوب پرداخته‌اند، درحالی که خروجی مطلوب و نامطلوب همواره به‌صورت همزمان در مؤسسات تولیدی و خدماتی وجود دارند. دراین مطالعه، روش جدیدی برای اندازه‌گیری تراکم با درنظرگرفتن خروجی‌های نامطلوب پیشنهاد شده، سپس این روش برای تحلیل اثر تراکم در خروجی‌های نامطلوب و ورودی‌ها بر عملکرد دانشکده های دانشگاه به کار برده شده است. نتایج نشان می‌دهد تمامی دانشکده های ناکارا دارای تراکم در خروجی نامطلوب هستند. همچنین، تراکم درخروجی‌های نامطلوب بیشترین همبستگی را با کارایی دارد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، تراکم، خروجی نامطلوب، دانشگاه، ناکارایی تکنیکی.

نویسنده مسؤول: m_mohallati@yahoo.com

۱-مقدمه

مفهوم تراکم[1] دارای دامنه کاربرد گسترده‌ای در علوم مختلف مانند: علوم پزشکی، مهندسی ترافیک و حمل و نقل و جمعیت است. همچنین، کاربرد زیادی در زندگی روزمره دارد. در تعاریف اقتصادی وقتی افزایش حداقل یک ورودی بدون بهبود سایر ورودی‌ها و خروجی‌ها باعث کاهش تعدادی از خروجی‌ها از حداکثر مقدار خود گردد، تراکم رخ داده است، یا برعکس، وقتی کاهش در یک یا چند ورودی به افزایش در برخی خروجی‌ها منجر شود (بدون بدترکردن هیچ ورودی و یا خروجی دیگر). تراکم پدیده‌ای در فرایند تولید است که افزایش ورودی، موجب کاهش خروجی گردد، همچنین، تراکم را می‌توان به عنوان یک حدّ نهایی ناکارایی تکنیکی در نظر گرفت(کوپر و همکاران[2]، ۲۰۰۱).

یک مثال مناسب از تراکم، معادن هستند: وقتی که تعداد کارگران در معدن زیاد شود، مقدار ماده معدنی استخراج شده کاهش پیدا می‌کند. همچنین، افزایش تعداد کارگران یک تولیدی کوچک موجب تصادم آنها با یکدیگر می‌شود. این مطلب مثالی از تراکم است که کاهش تعداد کارگران موجب افزایش خروجی و میزان تولید می‌گردد. تراکم را در موضوع‌های متفاوتی می‌توان بررسی کرد. برای مثال، کوپر تراکم را در تولیدات چین بررسی کرد و به ارتباط بین تراکم و استخدام اجباری سالیانه ۱٦ تا ۱۸ میلیون نیروی کار جدید برای جلوگیری از بیکاری توسط دولت چین اشاره کرد (کوپر و همکاران، ۲۰۰۱).

تراکم در سیستم‌های آموزشی و به تبع آن در دانشگاه ها نیز رخ می‌دهد. در دانشگاه‌ها نیز مازاد ورودی می‌تواند موجب کاهش خروجی گردد. افزایش نسبت دانشجو به هیأت علمی می‌تواند باعث کاهش تعدادی از خروجی‌های دانشگاه مانند رشد علمی گردد. با کاهش در تعداد دانشجویان و ثابت نگه‌داشتن دیگر ورودی‌ها ممکن است خروجی‌هایی مانند کارهای تحقیقی و مشاوره‌های علمی بهبود یابند. افزایش تعداد دانشجویان، موجب افزایش ساعات تدریس آموزشی و همچنین، افزایش تعداد دانشجویان در کلاس درس شده، بنابراین، زمان کمتری برای انجام مطالعات پژوهشی و تحقیقاتی در اختیار استادان قرار دارد که از اثرهای منفی تراکم ورودی‌هاست.

فار[3] و همکاران(۱۹۸٦) سطوح مختلف تراکم در اقتصاد را مطرح کردند. آنها برای تعیین مقدار تراکم ورودی، نسبت دو اندازه کارایی تکنیکی فارل که یکی تحت دسترسی ضعیف[4] ورودی‌ها و دیگری تحت دسترسی قوی[5] ورودی‌ها را محاسبه می‌کند پیشنهاد کردند. سپس کوپر و همکاران(۲۰۰۱) روشی بر اساس تحلیل پوششی داده‌ها[6](DEA) برای تعیین تراکم معرفی کردند. تحلیل پوششی داده‌ها یک تکنیک تصمیم گیری است که کاربرد وسیعی در آنالیز عملکرد در بخش‌های عمومی و خصوصی دارد. در سه دهه گذشته تحلیل پوششی داده‌ها به‌صورت مفهومی و عملی توسعه یافته و به عنوان ابزاری مناسب برای اندازه‌گیری عملکرد، اندازه‌گیری رشد بهره‌وری و الگوبرداری معرفی شده است (کوپر و همکاران، ۲۰۰۷؛ جهانشاهلو و همکاران، ۲۰۱۱؛ اشرفی و همکاران ،۲۰۱۱). اندازه‌گیری تراکم در

مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های عموما در مدل‌های خروجی‌محور مطرح می‌شود که اساسا افزایش (افزایش بیش از حد) در تخصیص منابع را بررسی می‌کند.

ارزیابی کارایی در حضور عوامل نامطلوب، اولین بار توسط فار و همکاران (۱۹۸۹) در یک مدل تحلیل پوششی داده‌های غیرخطی مطرح گردید. اسکل[۷] (۲۰۰۱) مدل‌های شعاعی که به‌طور همزمان خروجی‌های مطلوب و غیرمطلوب[۸] را در نظر می‌گیرد، پیشنهاد کرد.

در این مقاله یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها با خروجی نامطلوب ارائه گردیده، سپس ارتباط این خروجی و تراکم روی کارایی دانشکده‌ها بررسی شده است.

این تحقیق شامل بخش‌های زیر است: ابتدا با مروری بر مفاهیم اساسی روش تحلیل پوششی داده‌ها و اندازه‌گیری تراکم با استفاده از آن به بررسی اثر خروجی نامطلوب بر کارایی پرداخته شده، سپس مدلی برای اندازه تراکم موجود در ورودی‌ها و خروجی نامطلوب پیشنهاد داده شده و اندازه‌گیری تراکم و اثر آن بر کارایی دانشکده های دانشگاه تحت بررسی قرار گرفته است. بخش ۹ به بحث و تحلیل نتایج حاصل از پژوهش اختصاص یافته و در پایان نتیجه‌گیری آمده است.

۲-مروری بر ادبیات تحقیق

۲-۱- مدل‌های پایه تحلیل پوششی داده‌ها

فارل[۹] (۱۹۵۷) مدلی برای اندازه‌گیری کارایی تولید با استفاده از مرز تولید یا به عبارتی مرز کارایی بدون استفاده از تابع تولید پیشنهاد داد. او مرز تولید را به صورت تابع قطعه قطعه خطی، از اتصال مطلوب‌ترین واحدهای تصمیم‌گیری(DMU) به‌دست آورد. این منحنی مرز کارایی یا مرز پوششی نامیده شده که برای رسم آن از هیچ پارامتر جامعه استفاده نشده است؛ ضمن آنکه این مرز برای ارزیابی کارایی تکنیکی، کارایی تخصیصی و کارایی قیمت به‌کار رفته، مقدار کارایی را در بازه صفر و یک تعریف می کند. مقدار یک نشان دهنده واحد کاراست و در غیر این صورت ناکارا خواهد بود. این تئوری دارای سه فرضیه اساسی و مهم است: ۱- مرز تولید از کاراترین واحدها برای ارزیابی ساخته شده و واحدهای ناکارا پایین مرز قرار می‌گیرند؛۲- بازده به مقیاس ثابت است؛۳- مجموعه امکان تولید محدب است.

چارنز و همکاران[۱۰] (۱۹۷۸) مفهوم اندازه‌گیری کارایی فارل را از حالت چند ورودی و یک خروجی به مفهوم چند ورودی و چند خروجی تعمیم دادند. آنها برای تبدیل به یک ورودی و یک خروجی مجازی از ترکیب خطی داده‌ها استفاده نموده، آن را مدل تحلیل پوششی داده‌ها نامیدند. تحلیل پوششی داده‌ها از برنامه‌ریزی‌های ریاضی برای ارزیابی کارایی نسبی یک مجموعه از واحدهای قابل مقایسه و همگن با عنوان واحدهای تصمیم گیرنده (DMU) استفاده می‌کند. یکی از نقاط قوت DEA، غیرپارامتری بودن آن است؛ بدین معنا که فقط مقادیر ورودی‌های مصرف شده و خروجی‌های تولید شده، به منظور ارزیابی کارایی نسبی واحدها لازم است. در این روش با توجه به ورودی‌ها و خروجی‌ها مجموعه‌ای با

عنوان مجموعه امکان تولید ایجاد می‌شود. دو نوع از عمومی‌ترین مدل‌های DEA، بازده به مقیاس ثابت[11](CRS) و بازده به مقیاس متغیر[12](VRS) هستند که هر دو از ترکیب خطی ورودی‌ها وخروجی‌های واحدهای تصمیم‌گیری موجود استفاده می‌کنند. در بازده به مقیاس ثابت فرض می‌شود که رابطه معنی‌داری بین مقیاس عملیاتی و کارایی وجود ندارد؛ یعنی واحدهای بزرگ به همان میزان می‌توانند کارا باشند که واحدهای کوچک در تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها کارا هستند. تحت فرض بازده به مقیاس ثابت حداقل ورودی برای تولید حداکثر خروجی به‌کاررفته و تمام ورودی‌ها و خروجی‌ها قابل کنترل هستند. در بازده به مقیاس متغیر، افزایش در ورودی موجب افزایش متناسب در خروجی نمی گردد. هنگامی که رابطه معناداری بین اندازه واحد و کارایی وجود دارد، از مدل بازده به مقیاس متغیر استفاده می شود. بنابراین، در این مدل کارایی تکنیکی به دو بخش کارایی تکنیکی خالص و کارایی قیاسی تقسیم شده و بازده به مقیاس هر واحد تعیین می‌گردد (کوپر و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۲- اندازه‌گیری تراکم در تحلیل پوششی داده‌ها

پس از ارائه روش اندازه‌گیری تراکم با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها توسط فار و همکاران (۱۹۸۵)، چهار روش اصلی برای این بحث مطرح شده است:

روش اول مدلی شعاعی است که توسط فار و همکاران در ۱۹۸۵ پیشنهاد شد، که تراکم را به صورت تفاوت بین تکنولوژی‌های دسترسی ضعیف و قوی اندازه می‌گیرد. این مدل در تشخیص تراکم وقتی فقط یک ورودی وجود دارد، ناموفق است؛ زیرا تکنولوژی دسترسی قوی و ضعیف در این حالت با یکدیگر یکسان هستند.

روش دوم بر پایه اندازه‌گیری متغیرهای کمکی است و توسط کوپر (۱۹۹٦) ارائه گردید. او دریافت که مقدار تراکم در ورودی‌ها با ثابت نگاه داشتن خروجی‌ها به عنوان نقطه مرجع و محاسبه بیشترین مقداری است که ورودی‌ها را می‌توان کاهش داد. این روش مشکل روش اول را ندارد؛ اگرچه قدرت تشخیص بین اثر تراکم ناشی از کارایی تکنیکی محض را ندارد.

خدابخشی (۲۰۰۹) روش سوم سنجش تراکم را به صورت روش تک مدل مطرح نمود. این روش مشابه روش دوم است که ترکیب ساده‌تری از ورودی‌ها را به کار برده، دارای این مزیت است که می‌تواند زمان محاسبه را کاهش دهد.

آخرین روش، یک روش تک مدل پیشنهادی توسط وی و یان[13] (۲۰۰٤) است. این روش دسترسی ضعیف را می پذیرد؛ یعنی شکل تساوی ورودی‌ها که امکان مرتّب کردن هیچ یک از کمکی‌های ورودی مثبت را ندارد. تراکم از نسبت کارایی تکنیکی به تکنیکی محض به‌دست می آید. این روش معایب دو روش فوق را ندارد. براساس این مدل‌ها کاربردهای متعددی وجود دارد.

۲-۳- کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در آموزش

یکی از روش‌های متداول در ارزیابی آموزشی، روش DEA است. اولین مدل DEA توسط چارنز، کوپر و رودز برای اندازه‌گیری و مقایسه عملکرد مدارس

خصوصی و دولتی در آمریکا ارائه شده است. ارزیابی آموزشی و پژوهشی متعددی در دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی در کشورهای مختلف با استفاده از روش DEA انجام شده است. راگیرو[14]( ) DEA را برای سنجش کارایی هزینه های صرف شده برای ایجاد خدمات آموزشی در مدارس ایالت نیویورک به‌کار برد. جونز[15] (۱۹۹۳) از مدل‌های مختلف تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی عملکرد پژوهشی دانشکده های اقتصاد انگلستان استفاده نمود. استرن[16] عملکرد هزینه و دستمزد کارمندان را برحسب تعداد دانشجویان و گرانت های پژوهشی بررسی نمود (استرن و همکاران،۱۹۹٤).

پژوهش‌های متعددی برای ارزیابی عملکرد مؤسسات آموزشی در ایران نیز انجام شده است. نمونه‌هایی از آنها عبارتند از: آذر و ترکاشوند، ارزیابی عملکردهای گروه‌های آموزشی در دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس را در سال‌های ۱۳۷۹ تا۱۳۸۲ با دیدگاه آموزشی- پژوهشی بر اساس مدل‌های مختلف DEA و درنهایت، مدل تحلیل پوششی داده‌های آرمانی انجام داده‌اند(آذر،۱۳۸۵). عملکرد پژوهشی استادان گروه صنایع در دانشگاه آزاد اسلامی توسط ابراهیمی و همکاران براساس مرتبه علمی و کارهای پژوهشی شامل مقالات، راهنمایی پایان نامه تحصیلات تکمیلی و طرح های پژوهشی انجام شده است(ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۰). اسفندیار و همکاران از مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی برای ارزیابی عملکرد کارکنان دانشگاه استفاده نمودند (اسفندیار و همکاران، ۱۳۹۰).

۳-کارایی در تحلیل پوششی داده‌ها

فرض کنید n واحد تصمیم‌گیری وجود دارد، که هر واحد تصمیم‌گیری با دریافت ورودی‌ها طی فرایندی آنها را به خروجی‌ها تبدیل می‌کند. در این مدل، مقادیر ورودی و خروجی‌ها معلوم و معین هستند، که

$y_{rj} >$ مقدار r امین خروجی (r = ۱،۲،...,k)

$x_{ij} >$ مقدار i امین ورودی (i = ۱،۲،...,m)

از واحد تصمیم‌گیری j ام(DMU_j) (j = ۱،۲،...,n) را نشان می دهند. هر واحد تصمیم‌گیری با یک زوج از بردارهای ورودی و خروجی

$(X_j, Y_j) \in \mathcal{R}^{m+s}, j \in \{۱,۲, \dots, n\}$

مشخص می شود. در مدل تحلیل پوششی داده‌ها مجموعه امکان تولید به صورت زیر تعریف می‌شود:

$T = \{(X, Y) | \text{راتولیدکند } Y \in \mathcal{R}_+^s \text{ میتواند } X \in \mathcal{R}_+^m\}$

مجموعه‌های امکان تولید طبق مدل‌های بازده به مقیاس ثابت و بازده به مقیاس متغیر به صورت زیر تعریف می شوند:

$$T_{CRS} = \{(X_j, Y_j) | \exists \boldsymbol{\lambda} = (\lambda_۱, \lambda_۲, \dots, \lambda_n) \\ \lambda_j \geq ۰ \ \forall j, \boldsymbol{\lambda} Y \geq Y_j, \boldsymbol{\lambda} X \leq X_j\}$$

$$T_{VRS} = \{(X_j, Y_j) | \exists \boldsymbol{\lambda} = (\lambda_۱, \lambda_۲, \dots, \lambda_n) \\ \lambda_j \geq ۰, \forall j, \boldsymbol{\lambda} Y \geq Y_j, \boldsymbol{\lambda} X \leq X_j \\ , \sum_{j=۱}^{n} \lambda_j = ۱\}$$

اکنون اندازه‌گیری کارایی DMU ها را با استفاده از کارایی ماهیت خروجی به صورت زیر تعریف می-کنیم:

$$\text{Efficiency} = \varphi^* = \max\{\varphi | (X, \varphi Y) \epsilon T\}$$

واحد تحت ارزیابی عموما .DMU نامیده می شود. به منظور ارزیابی عملکرد نسبی.DMU، مدل

پوششی CCR با ماهیت خروجی و بازده به مقیاس ثابت به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} &\varphi_o^* = \text{Max} \quad \varphi_o, \\ &\text{S.t.} \sum_{j=}^{n} \lambda_j x_{ij} \le x_{io}, \ i = \ , \ , \dots, m, \\ &\quad \sum_{j=}^{n} \lambda_j y_{rj} \ge \varphi_o y_{ro}, \ r = \ , \ , \dots, k, \\ &\quad \lambda_j \ge \ , \ j = \ , \ , \dots, n. \end{aligned} \qquad (۱)$$

مدل فوق برای هر یک از DMU ها باید به طور جداگانه حل شود تا کارایی واحدها بهدست آید. در مدل بازده به مقیاس متغیر، به مدل (۱) قید $\sum_{j=۱}^{n} \lambda_j = ۱$ اضافه می شود.

تعریف ۱: اگر φ_o^* مقدار بهینه مدل (۱)باشد، DMU. کارا است؛ اگر و فقط اگر $\varphi_o^* = ۱$ و همه متغیرهای کمکی در جواب بهینه مدل (۱) صفر باشند (کوپر و همکاران،۲۰۰۷).

هر واحد تصمیم‌گیری که جواب بهینه آن در مدل (۱) بزرگتر از یک شود، یک واحد ناکارا است. درواقع $۱ - \varphi_o^*$ مقدار ناکارایی را نشان می دهد.

تعریف۲ (کارایی):.DMU کارا است؛ اگر و فقط اگر امکان بهبود تعدادی از ورودی‌ها و خروجی‌ها بدون بدتر شدن دیگر ورودی‌ها و خروجی‌ها وجود نداشته باشد.

تعریف۳ (ناکارایی تکنیکی): .DMU ناکارا است وقتی امکان بهبود تعدادی از ورودی‌ها و خروجی‌ها بدون بدترشدن دیگر ورودی‌ها و خروجی‌ها وجود داشته باشد.

٤- اندازه‌گیری تراکم با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها

اندازه‌گیری تراکم در تحلیل پوششی داده‌ها براساس مجموعه امکان تولید انجام می‌شود. در مجموعه امکان تولید فرض بر آن است که از ورودی‌ها به طور کامل استفاده می‌شود. لذا در حالت عادی با افزایش ورودی‌ها انتظار افزایش خروجی‌ها را داریم، ولی در حالت تراکم، هنگامی که تولید به حداکثر مقدار خود رسیده باشد، افزایش ورودی‌ها باعث کاهش خروجی‌ها می‌شود. برای اندازه‌گیری تراکم با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها باید کارایی همه واحدهای تصمیم‌گیری محاسبه شود تا واحدهای ناکارا تعیین گردند؛ زیرا تراکم در واحدهای ناکارا اتفاق می‌افتد. دو مفهوم دسترسی قوی و ضعیف برای ساخت مدل‌های تشخیص تراکم نقش مهمی دارند.

تعریف٤ (دسترسی قوی): اگر همه ورودی‌ها افزایش یابند، آنگاه خروجی‌ها کاهش پیدا نخواهند کرد (وی و یان، ۲۰۰٤).

تعریف۵ (دسترسی ضعیف): اگر همه ورودی‌ها به یک نسبت افزایش یابند، آنگاه خروجی‌ها کاهش پیدا نخواهند کرد (وی و یان، ۲۰۰٤).

٤- ۱- تراکم و روش اندازه شعاعی (FGL)

فار، گراسکوف و لاول[۱۷] اولین روش اندازه‌گیری تراکم، با عنوان FGL را ارائه نمودند(فار و همکاران، ۱۹۸۵).

این روش در دو مرحله انجام می‌شود: در مرحله اول با حل مدل (۱)، واحدهای تصمیم‌گیری به دو دسته کارا و ناکارا تقسیم می‌شوند. در مرحله دوم، از مدل خروجی محور به صورت زیر استفاده می شود:

$$\begin{aligned} &\beta_o^* = \text{Max} \quad \beta_o \\ &\text{S.t.} \sum_{j=۱}^{n} \lambda_j x_{ij} \le \tau x_{io}, i = ۱,۲, \dots, m, \\ &\quad \sum_{j=۱}^{n} \lambda_j y_{rj} = \beta_o y_{ro}, \ r = ۱,۲, \dots, k, \\ &\quad ۰ \le \tau \le ۱, \\ &\quad \lambda_j \ge ۰, \ j = ۱,۲, \dots, n. \end{aligned} \qquad (۲)$$

مدل(۲) در مقایسه با مدل (۱) دارای یک متغیر جدید τ است که برای مقیاس متناسب ترکیبات محدب ورودی‌ها وخروجی‌های مشاهده شده به کار می‌رود. تفاوت دیگر این دو مدل در این است که نامساوی خروجی‌ها به مساوی تبدیل شده است؛ لذا قیود خروجی نمی‌توانند متغیر کمکی بگیرند که این مفهوم به عنوان دسترسی ضعیف تعبیر می‌شود. اندازه تراکم ورودی به صورت زیر تعریف شده است:

$C(\varphi_o^*, \beta_o^*) = \frac{\varphi_o^*}{\beta_o^*}$ اگر $C(\varphi_o^*, \beta_o^*) = ۱$ باشد ورودی‌ها بدون تراکم و اگر $C(\varphi_o^*, \beta_o^*) > ۱$ باشد

تراکم وجود دارد. این روش فقط قادر به تشخیص واحدهای دارای تراکم بوده؛ ولی در تعیین مقدار تراکم هر یک از ورودی‌های آنها ناتوان است.

مدل‌های (۱) و (۲) فقط در مجموعه قیود اختلاف دارند: وقتی فقط یک ورودی وجود دارد، به‌جای قید ورودی مدل (۱)

"$\sum_{j=۱}^{n} \lambda_j x_{ij} \le \tau x_{io}\ ,\ ۰ \le \tau \le ۱$" می‌توان قید "$\sum_{j=۱}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}$" را جایگزین کرد که قید ورودی مدل(۲) است (کائو، ۲۰۱۰)[۱۸].

۴-۲ -تراکم و متغیرهای کمکی (CTT)

کوپر، تامپسون و ترال[۱۹] روش متفاوت از FGL را برای اندازه‌گیری تراکم پیشنهاد دادند(کوپر و همکاران،۱۹۹۶). این روش نیز شامل دو مرحله است: در مرحله اول از مدل خروجی محور به صورت زیر استفاده می شود:

$$Max \quad \varphi_o + \varepsilon\left(\sum_{r=۱}^{k} s_r^+ + \sum_{i=۱}^{m} s_i^-\right)$$
$$\text{S.t.} \sum_{j=۱}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io},\ i = ۱,۲,\dots,m,$$
$$\sum_{j=۱}^{n} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \varphi_o y_{ro},\ r = ۱,۲,\dots,k$$
$$\sum_{j=۱}^{n} \lambda_j = ۱$$
$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \ge ۰, \quad r = ۱,۲,\dots,k,$$
$$i = ۱,۲,\dots,m, \quad j = ۱,۲,\dots,n. \qquad (۳)$$

فقط واحدهای ناکارا ممکن است دارای تراکم باشند. بنابراین، ابتدا با استفاده از مدل (۳) مقدار کارایی DMU. را محاسبه می کنیم. برای یک جواب بهینه $(\varphi_o^*, \lambda^*, S^{-*} S^{+*})$ از مدل (۳)، اگر این جواب بهینه ناکارایی را نشان دهد، در مرحله دوم مدل (٤) حل می شود:

$$Max \quad \sum_{i=۱}^{m} \delta_i$$
$$\text{S.t.}$$
$$\sum_{j=۱}^{n} \lambda_j x_{ij} + \delta_i = x_{io} - s_i^{-*}, i = ۱,۲,\dots,m,$$
$$\sum_{j=۱}^{n} \lambda_j y_{rj} = \varphi_o^* y_{ro} + s_r^{+*},\ r = ۱,۲,\dots,k$$
$$\sum_{j=۱}^{n} \lambda_j = ۱$$
$$s_i^{-*} \ge \delta_i,$$
$$i = ۱,۲,\dots,m, \lambda_j, \delta_i \ge ۰$$
$$i = ۱,۲,\dots,m,$$
$$j = ۱,۲,\dots,n. \qquad (٤)$$

هدف در مدل (٤) به‌دست آوردن ماکزیمم مجموع متغیرهای کمکی ورودی‌هاست و محدودیت‌های اضافی $s_i^{-*} \ge \delta_i$ موجب ماکزیمم شدن هر یک از متغیرهای کمکی می‌شوند.

سپس مقدار تراکم را به صورت زیر تعیین می‌کنیم:

$C_i^* = s_i^{-*} - \delta_i^* i = ۱,۲,$,m.

به‌طوری‌که:

δ_i^*: مقدار بهینه به‌دست آمده از مدل (٤) و s_i^{-*}: مقدار بهینه به‌دست آمده از مدل (۳)

C_i^*: مقدار تراکم متناظر با ورودی i ام

۵- خروجی نامطلوب در تحلیل پوششی داده‌ها

در فرایند تولید عموما ضایعات نیز وجود داشته که باعث تحمیل هزینه اضافه بر مؤسسات می‌گردد. لذا ضایعات را می‌توان به عنوان خروجی نامطلوب در نظرگرفت. در مدل‌های اولیه DEA و همچنین

مدل‌های فوق‌الذکر از خروجی‌های نامطلوب صرفنظر شده‌است. خروجی‌های نامطلوب اغلب به طور مشترک با خروجی‌های مطلوب تولید می‌شوند (تولید خروجی مطلوب، بدون تولید مقداری خروجی نامطلوب نمی تواند تولید شود).

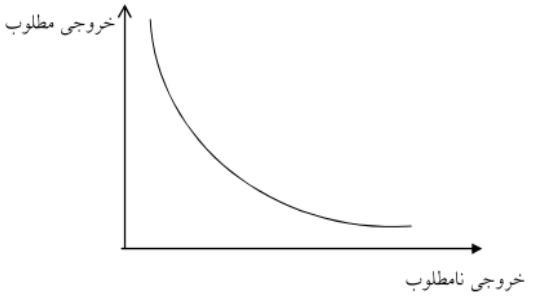
اگر در مدل DEA ورودی‌ها با نماد X و خروجی‌ها با نماد (Y^g, Y^b) معرفی شوند؛ به‌طوری‌که Y^g و Y^b به‌ترتیب خروجی‌های مطلوب (خوب) و نامطلوب(بد) هستند؛ بدیهی است که برای بهبود عملکرد باید خروجی مطلوب را افزایش و خروجی نامطلوب را کاهش داد. اگرچه در مدل BCC استاندارد برای بهبود عملکرد هر دو خروجی مطلوب و نامطلوب افزایش می‌یابد. به منظور افزایش خروجی‌های مطلوب و کاهش خروجی‌های نامطلوب فار و همکاران، مدل (۱) را به صورت برنامه ریزی غیر خطی زیر اصلاح کردند(فار و همکاران،۱۹۸۹):

$$\begin{aligned}
\varphi_o^* = \text{Max}\quad & \varphi_o, \\
\text{S.t.}\ & \textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le x_{io}, \quad i = 1,2,\dots,m, \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj}^{g} \ge \varphi_o y_{ro}^{g}, \quad r \in G, \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj}^{b} \ge \frac{1}{\varphi_o} y_{ro}^{b}, \quad r \in B, \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1, \\
& \lambda_j \ge 0, \qquad j = 1,2,\dots,n. \qquad (5)
\end{aligned}$$

G: مجموعه خروجی‌های مطلوب

B: مجموعه خروجی‌های نامطلوب

در این مدل به طور همزمان خروجی‌های مطلوب افزایش و خروجی‌های نامطلوب کاهش می‌یابند، و منحنی بین خروجی مطلوب و نامطلوب مطابق شکل (۱) است. در این مدل تغییرات هر دو خروجی به طور متناسب در دو جهت مخالف هستند.



شکل (۱): خروجی مطلوب برحسب خروجی نامطلوب

٦- مدل جدید در ارزیابی تراکم همزمان ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب

به منظور ارائه مدل برای تعیین تراکم در ورودی و خروجی‌های نامطلوب، ابتدا مدل (۵) را اصلاح می‌نماییم. این مدل، غیرخطی است که به منظور خطی سازی آن طرفین قید مربوط به خروجی نامطلوب را در ضرب کرده و سپس تغییر متغیر $\varphi_o \lambda_j = \gamma_j$ را به کار می‌بریم. بنابر این، مدل (۵) به مدل برنامه‌ریزی زیر تبدیل می شود:

$$\begin{aligned}
\varphi_o^* = \text{Max}\quad & \varphi_o, \\
\text{S.t.}\ & \textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \le x_{io}, \quad i = 1,2,\dots,m, \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj}^{g} \ge \varphi_o y_{ro}^{g}, \quad r \in G, \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \gamma_j y_{rj}^{b} \ge y_{ro}^{b}, \quad r \in B, \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1, \\
& \textstyle\sum_{j=1}^{n} \gamma_j = \varphi_o, \\
& \lambda_j, \varphi_o \ge 0, \qquad j = 1,2,\dots,n. \qquad (6)
\end{aligned}$$

شایان ذکر است که مدل (٦) توانایی ارزیابی خروجی‌های مطلوب و نامطلوب را مشابه مدل غیر خطی (۵) دارد.

اکنون برای تعیین تراکم، ابتدا جواب بهینه مدل فوق را به‌دست می آوریم.

اگر $(\varphi_o^*, \lambda^*, \gamma^*, S^{-*}, S^{+*})$ جواب بهینه مدل(٦) باشد؛ به‌گونه‌ای که φ_o^* بیانگر ناکارایی DMU_o باشد،

دراین صورت برای محاسبه تراکم از مدل (۷) استفاده می کنیم:

$$
\begin{aligned}
&Max \quad \sum_{i=1}^{m} \delta_i \\
&\text{S.t.} \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + \delta_i = x_{io} - s_i^{-*}, i = 1,2,\dots,m, \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj}^{g} = \varphi_o^{*} y_{ro}^{g} + s_r^{+*}, \quad r \in G, , \\
&\sum_{j=1}^{n} \gamma_j y_{rj}^{b} = y_{ro}^{b} + s_r^{+*}, \quad r \in B, \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1, \\
&\sum_{j=1}^{n} \gamma_j = \varphi_o, \\
&s_i^{-*} \geq \delta_i, \qquad i = 1,2,\dots,m, \\
&\lambda_j, \delta_i \geq 0, \ i = 1,2,\dots,m, j = 1,2,\dots,n.
\end{aligned}
\tag{۷}
$$

مدل فوق، مدلی جدید برای تعیین تراکم در ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب است که مدلی کاملتر نسبت به مدل‌های ارائه شده قبلی است.

در واقع، در این روش، ابتدا با استفاده از مدل جدید (٦)، دسته‌بندی واحدها در دو گروه کارا و ناکارا در حضور خروجی نامطلوب انجام شده و سپس با استفاده از مدل (۷) و عبارت $C_i^* = s_i^{-*} - \delta_i^*$مقدار تراکم هر یک از ورودی‌ها و خروجی نامطلوب سنجیده می شود.

۷- مطالعه موردی: تراکم در دانشگاه‌ها:

تراکم نوعی ناکارایی است که در ضمن فرایند تولید ممکن است رخ دهد؛ به‌طوری‌که افزایش حداقل یک ورودی سبب کاهش در حداقل یک خروجی شود. تراکم نیز نوعی ناکارایی را نشان می دهد؛ پس امکان بهبود کارایی در واحدهای دارای تراکم، با شناسایی تراکم وجود دارد.

این مطالعه به بررسی عملکرد دانشکده‌ها و تعیین میزان کارایی و محاسبه میزان تراکم شاخص‌های ورودی و خروجی نامطلوب بر ناکارایی می‌پردازد.

دانشکده‌های دانشگاه آزاد اسلامی زاهدان به عنوان واحدهای تصمیم‌گیری (DMU) در نظر گرفته شده اند. متغیرهای ورودی و خروجی پس از مشورت با مدیران انتخاب گردیده‌اند و ارزیابی از دیدگاه مدیران انجام شده است.

متغیرهای ورودی:

تعداد دانشجویان ثبت نامی (x_1)،

تعداد اعضای هیأت علمی (x_2)،

جدول(۱): ورودی‌ها و خروجی‌های دانشکده ها

دانشکده	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2	y_3	y_4
۱	٤۳۳	٥	۸۸	٥٦	۱	٤٥	۱٥
۲	۲٤۲	۱	٥٥	۳٥	۲	۱۰	۸
۳	۲۳۳	۲	۳۸	٤٦	٦	٤۰	۷
٤	٤۰٦	۱	٦٥	٥۱	٦	۰	۱۲
٥	۹۸۹	۱۰	۱٤۰	۷٥	۲	٦۰	۱۸
٦	۱۲۷٦	۹	۱٤٥	۱٤۸	۲	٦۰	۲۲
۷	۲۱۹۰	٦	۱٦٥	۱۸۹	۲	۲۰	۲٥
۸	٦۳٤	٦	۸۲	٦۸	٤	٤۰	۱۸
۹	۷٥۷	٤	۷۸	۱۰۳	۲	۱۰	۱۲
۱۰	٦٥۰	۱۲	٦٤	۲٥	۲	۱۳۰	۲۰
۱۱	٥۲٥	٦	۹۰	٤۳	۸	۱۲۰	۲۱
۱۲	۱۰۲۰	۲	۱۰۰	۱۱٦	۱	۰	۲٤
۱۳	۱۷۱۸	۱۱	۱٤۰	۱۱۱	٤	٥۰	۲٤
۱٤	۱۰۲٥	٦	۱۲۰	۸۰	۳	۹۰	۱۷
۱٥	٦٥٥	۱۱	۸۸	۳۰	۱۰	٥۰	۱٦
۱٦	۹۲٤	٥	۹۲	۳۹	۱	۲۰	۲۱
۱۷	۳٦۰	٦	۷۲	۳۱	۱	۲۰	۱۰
۱۸	۷۷۹	۸	۱۰۲	۱٤٦	۱	۱۰	۱٤
۱۹	٥۸۹	٥	۹۲	۱۱٥	۱	۰	۱٥
۲۰	٤٤۱	٤	۸۰	۳٥	۱	۲۰	۱۳
۲۱	۲٥۸	٥	٥۰	۱۱	۱	۲۰	۱۲

تعداد واحدهای ارائه شده توسط استادان مدعو(x_3).

متغیرهای خروجی:

تعداد فارغ‌التحصیلان (y_1)،

تعداد دانشجویان قبولی به مقاطع بالاتر(y_2)،

کارهای پژوهشی و تحقیقاتی (y_3)، تعداد دانشجویان اخراجی (y_4)، که یک متغیر نامطلوب است.

داده‌های جمع‌آوری شده شامل ۲۱ دانشکده مربوط به سال ۱۳۹۰ است که در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول(۲) کارایی و میزان تراکم در واحدهای ناکارا

دانشکده	کارایی	تراکم در x_1	تراکم در x_2	تراکم در x_3	تراکم در y_4
۱	۰/۸۲۷	۰	۰/۵۹۳	۲۱/۸۵۸	۵/۸۵۸
۲	۱	۰	۰	۰	۰
۳	۱	۰	۰	۰	۰
٤	۱	۰	۰	۰	۰
۵	۰/۷۱۱	۱۷/۵۷۱	۲/۲۱۷	۱۷/۳۰٦	۳/۷۰٦
٦	۱	۰	۰	۰	۰
۷	۱	۰	۰	۰	۰
۸	۰/۸۰٦	۰	۰/۳۷۷	۰	۷/۹۸۲
۹	۱	۰	۰	۰	۰
۱۰	۱	۰	۰	۰	۰
۱۱	۱	۰	۰	۰	۰
۱۲	۱	۰	۰	۰	۰
۱۳	۰/۸٦۹	۲۱۱/۳۰٦	٤/۷۱۷	٦/۲۲٤	٤/۵۵۳
۱٤	۱	۰	۰	۰	۰
۱۵	۱	۰	۰	۰	۰
۱٦	۰/٤۰۳	٦۳/٤۹٦	۰	۰	۳٦/۱٦۱
۱۷	۰/٤۸۲	۰	۲/۵۳۵	۱۷/۵٤۹	۱۱/۲۰۷
۱۸	۱	۰	۰	۰	۰
۱۹	۱	۰	۰	۰	۰
۲۰	۰/٤۷۹	۰	۰	۱٦/۵۸۲	۱۵/۷٦۵
۲۱	۰/٤۲۷	۰	۲/٦۵۸	۷/۵٤۸	۱۹/۹۱۱
همیستگی		۰/۱۰۵	۰/۳٤٤	۰/٤۷۳	۰/۹۳۲

داده‌ها براساس مستندات موجود در دانشکده‌ها و حوزه پژوهشی آنها جمع‌آوری شده است. شایان ذکر است که تعیین مقدار متغیر y_3(کارهای پژوهشی)، شامل مقالات و نوع چاپ آن (مقالات ISI، علمی پژوهشی و...)، همچنین، طرح های پژوهشی و چاپ کتاب، براساس آیین‌نامه ارتقای اعضای هیأت علمی، امتیازات کار پژوهشی محاسبه شده است.

۸- نتایج پژوهش و تحلیل آن

۸-۱- نتایج

مدل‌های (٦) و (۷) را که توسعه‌یافته مدل CTT با خروجی نامطلوب است، با استفاده از نرم افزار DEA-Solver وLINGO حل نموده و خلاصه نتایج شامل امتیاز کارایی، تراکم ورودی‌ها و خروجی نامطلوب در جدول ۲ نشان داده شده است.

مقادیر کارایی در جدول ۲ آمده است که بهترین مقدار کارایی ممکن برای هر دانشکده به‌ازای خروجی‌ها و ورودی‌های معین در مقایسه با سایر دانشکده‌هاست.

۸-۲- تحلیل و تفسیر نتایج

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، ۱۳ دانشکده کارا و ۸ دانشکده ناکارا هستند. متوسط مقدار ناکارایی ۰/۵۵۸ است. دانشکده‌های ناکارا در همه یا بعضی از ورودی‌ها دارای تراکم هستند؛ اما همه آنها در خروجی نامطلوب تراکم دارند. به عبارت دیگر، در میان ۸ دانشکده ناکارا، سه دانشکده دارای تراکم در تعداد دانشجویان (ورودی اول)، ٦ دانشکده دارای تراکم در تعداد اعضای هیأت علمی (ورودی دوم) و دروس ارائه شده توسط استادان مدعوّ (ورودی سوم) بوده؛ ولی تمامی ۸ دانشکده در تعداد دانشجویان اخراجی (خروجی نامطلوب) دارای تراکم هستند.

با تعیین مقدار تراکم به علت استفاده از مازاد ورودی‌ها و خروجی نامطلوب نتایج نشان می‌دهد که ناکارایی ها صددرصد به علت اثر تراکم هستند.

سطر آخر در جدول ۲ ضریب هبستگی میان کارایی واحدها را با تراکم ورودی‌ها و خروجی نامطلوب نشان می‌دهد. این ضریب همبستگی بین ۰/۱۰۵ تا ۰/۹۳۲ متغیر است. همبستگی معنی‌داری میان دانشجویان اخراجی و کارایی (۰/۹۳۲) وجود دارد، درحالی‌که همبستگی میان ناکارایی و تراکم ورودی‌ها وجود ندارد. این نشان می‌دهد که عامل اصلی ناکارایی واحدها شاخص خروجی نامطلوب است.

جدول ۳ تراکم هریک از ورودی‌ها و خروجی نامطلوب نسبت به مقادیر خودشان را نشان می دهد. نتایج نشان می‌دهد یک همبستگی قوی میان خروجی نامطلوب و ناکارایی وجود دارد.

همان‌گونه که نتایج در جدول ۳ نشان می دهند، تراکم نسبی در ورودی اول (تعداد دانشجویان ثبت نامی) به طور متوسط دارای حداقل تراکم است و بیشترین تراکم مربوط به خروجی نامطلوب (تعداد دانشجویان اخراجی) است.

افزایش در تعداد دانشجویان اخراجی دارای بیشترین تأثیر بر ناکارایی است؛ زیرا باعث کاهش سایر خروجی‌ها مانند تعداد دانشجویان فارغ التحصیل و تعداد دانشجویان قبولی در مقطع بالاتر می‌شود.

اعتبار مدل ارائه شده براساس مدل‌های مرسوم در تحلیل پوششی داده‌ها بوده؛ که این مدل با استفاده از روابط منطقی ریاضی به یک مدل مناسب خطی برای تعیین میزان تراکم در ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب تبدیل شده است. نتایج عددی حاصل نیز اعتبار مدل را تأیید می کنند.

۹- نتیجه‌گیری

ارزیابی عملکرد و تشخیص نقاط ضعف و قوت هر مؤسسه از ملزومات مدیریت است. یکی از ابزارهای مناسب و کارآمد در این زمینه، تحلیل پوششی داده‌هاست که به عنوان یک روش غیرپارامتری به منظور محاسبه کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده استفاده می‌شود. استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها علاوه بر تعیین میزان کارایی نسبی، نقاط ضعف سازمان را در شاخص‌های مختلف تعیین کرده و با ارائه میزان مطلوب آنها، خط مشی سازمان را به سوی ارتقای کارایی و بهره وری مشخص می‌کند.

جدل (۳) رابطه بین کارایی و تراکم ورودی ها و خروجی نامطلوب

	تراکم x_1 / x_1	تراکم x_2 / x_2	تراکم x_3 / x_3	تراکم y_4 / y_4
میانگین	۰/۰۰۹۹۷۵	۰/۰۸۵۰۵	۰/۰۴۸۴۹۷	۰/۳۳۰۶۷۵
همبستگی	۰/۲۲۷۰۸	۰/۵۱۳۸۸	۰/۵۸۳۰۲۶	۰/۹۸۸۷۵۷

هدف از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، شناسایی و بهبود واحدهای ناکاراست. یکی از حالت‌هایی که واحد تحت ارزیابی ناکاراست، زمانی است که تراکم رخ می‌دهد. این پدیده یکی از مفاهیم اساسی در اقتصاد است که بی‌توجهی به آن، به بدنه اقتصادی مؤسسه ضرر وارد می‌کند. تحلیل پوششی داده‌ها

ابزاری برای بررسی و شناسایی این پدیده است. در این مقاله، علاوه بر مروری بر تحلیل پوششی داده‌ها، تعریف تراکم، مدل‌های اندازه‌گیری و تشخیص تراکم آورده شده است. در مدل‌های معمول، تراکم فقط در ورودی‌ها سنجیده می‌شود. در این مقاله، مدلی جدید برای اندازه‌گیری تراکم در ورودی‌ها و خروجی نامطلوب با استفاده از DEA ارائه گردیده است. شناسایی و ارزیابی تراکم کاربردهای مهمی در مراکز آموزشی و واحدهای صنعتی و تولیدی دارد. کاربردهای بیشمار تراکم موجب شده که محققان به بررسی تراکم و ارائه مدل‌هایی برای ارزیابی آن بپردازند. خروجی نامطلوب بررسی تراکم در خروجی نامطلوب و اثر آن بر ناکارایی تاکنون بررسی نشده است. این بحث دارای اهمیت ویژه‌ای است؛ زیرا افزایش خروجی نامطلوب می‌تواند باعث کاهش خروجی‌های مطلوب گردد.

مدل پیشنهاد شده در این مطالعه دارای ویژگی‌های زیر است:

- قابلیت تشخیص تراکم در ورودی‌ها؛
- تعیین تراکم در خروجی نامطلوب؛
- ارائه مدلی برای بررسی تراکم در دانشگاه؛
- بررسی اثر تراکم روی ناکارایی واحدهای تصمیم گیری و تعیین دلایل ایجاد کننده آن؛
- تحلیل اثر سایر شاخص‌های مؤثر بر کارایی.

به طور خاص، چرا افزایش در هر یک از ورودی‌ها موجب افت در خروجی‌ها می‌شود؟ نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در یک دانشکده، افزایش در تعداد دانشجویان ثبت نامی و با ثابت نگه‌داشتن تعداد اعضای هیأت علمی و دیگر منابع، موجب افت در خروجی شامل تحقیق و مشاوره می‌شود و این، به علت آن است که افزایش دانشجویان در تضاد با زمان محدود هیأت علمی است. علاوه بر آن، هزینه های ارزیابی و نظارت اضافه می‌گردد؛ به عبارت دیگر افزایش دانشجویان تحصیلات تکمیلی بر روی خروجی تحقیق مفید خواهد بود، در حالی‌که افزایش دانشجویان سایر مقاطع باعث کاهش خروجی‌هایی مانند تحقیق خواهد شد؛ زیرا کارکنان مانند گذشته قادر نیستند وقت کافی برای دانشجویان صرف کنند. همچنین، دانشجویان اخراجی باعث افت سایر خروجی‌ها، مانند تعداد فارغ التحصیلان و قبولی سطح بالاتر می‌گردند، بنابراین، تراکم در خروجی نامطلوب باعث کاهش سایر خروجی‌ها و موجب افت کارایی می شود.

منابع

آذر، عادل؛ ترکاشوند، علیرضا.(۱۳۸۵)."ارزیابی عملکرد آموزشی و پژوهشی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها: گروه‌های آموزشی دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس"، *فصلنامه مدرس علوم انسانی*، ۱۰، ۱، ۱-۲۳.

ابراهیمی، علیرضا؛ ساعتی، صابر و رئیسی، صدیق. (۱۳۹۰). "ارزیابی عملکرد پژوهشی اساتید با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها، کاربردی در دانشکده صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب،" *مجله ریاضیات کاربردی*، ۲، ۲۹، ۷۱-۸۰.

اسفندیار،محمد؛ فلاح جلودار، مهدی و درویش متوالی، محمد حسین.(۱۳۹۰). "طراحی مدل تلفیقی برای ارزیابی عملکرد کارکنان دانشگاه‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و مجموعه های فازی (مطالعه موردی)، *پژوهشگر فصلنامه مدیریت*، ۸، ۲۲، ۲٤-۳۵.

Farrell, M.J. (1957). "The measurement of productive efficiency". *J. of Royal Statistical Society Series A*, 120, 253–381.

Johnes, G., &Johnes, J. (1993)."Measuring the research performance of UK economics departments: an application of data envelopment analysis". *Oxford Economic Papers*, 45, 332-347.

Kao, C. (2010). "Congestion measurement and elimination under the framework of data envelopment analysis". *Int. J. Production Economics,* 123, 257–265.

Khodabakhshi, M. (2009)."A one-model approach based on relaxed combinations of inputs for evaluating input congestion in DEA". *Journal of Computational and Applied Mathematics,* 230, 443–450.

Lep, M. &Mesarec, B. (2007). "Road Transport Congestion Costs Calculations Adaptation to Engineering Approach". *Am. J. Applied Sci* 5 (1), 29-33.

Ruggiero, J. (1998). "Non-discretionary inputs in data envelopment analysis". *European Journal of Operational Research,* 111(3), 461–468.

Scheel, H. (2001). "Undesirable outputs in efficiency valuations". *Eur. J. Oper. Res*, 132, 400–410.

Stern, Z.S., Mehrez, A., &Barboy, A. (1994). "Academic departments efficiency via DEA". *Computers and Operations Research*, 21(5), 543-556.

Wei, Q.L., & Yan, H. (2004)."Congestion and returns to scale in data envelopment analysis". *European Journal of Operational Research,* 153, 641–660.

Banker, R.D., Charnes, A., & Cooper, W.W. (1984). "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Manage Sci* 30(9), 1078-1092.

Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes E. (1978)."Measuring the efficiency of decision making units". *Eur. J.Oper. Res* 2, 429–444.

Cooper, W.W., Thompson, R.G., & Thrall, R.M. (1996)."Introduction: extension and new developments in DEA". *Annals of Operations Research* 66, 3–45.

Cooper, W.W., Seiford, L.M., & Tone, K. (2007)."Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software". Kluwer Academic Publishers Boston.

Cooper, W.W., Deng, H., Gu, B., Li, S., & Thrall, R.M. (2001). "Using DEA to improve the management of congestion in Chinese industries (1981-1997)". *Socio-Economic Planning Sciences* 35,227-242.

Färe, R., &Svensson, L. (1980). "Congestion of production factors". *Econometrica* 48, 1745–1752.

Färe, R., Grosskopf, S., & Lovell, C.A.K. (1985). "The Measurement of Efficiency of Production". Kluwer- Nijhoff Publishing, Boston.

Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K., &Pasurka, C. (1989). "Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable : a nonparametric approach". *The Review of Economics and Statistics,*71, 90– 98.

پی‌نوشت

1-Congestion
2-Cooper et al
3-Fare et al
4-weakly
5-Strongly
6-Data Envelopment Analysis
7-Scheel
8-Desirable and UndesirableOutputs

9-Farrel
10-Charnes
11-Constant Return to Scale
12- Variable Return to Scale
13-Wei, Yan
14- Ruggiero
15-Johns
16-Stern et al
17-Far ,Grasskopf& Lovell
18- Kao
19 -Cooper, Thompson & Thrall

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی