مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال دهم، شماره چهارم (پیاپی ۳۹)، زمستان ۹۲، ص ص ۱۵۳-۱۳۹
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

ارزیابی تراکم ورودی در مرکز آزمایشگاه‌های کالیبراسیون شرکت هسا با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

علیرضا صحرائی[1*]، محمد ایزدیخواه[2]، آرش شاهین[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی، گرایش تحقیق در عملیات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، گروه ریاضی، اراک، ایران

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، گروه ریاضی، اراک، ایران

۳- دانشیار دانشگاه اصفهان، گروه مدیریت، اصفهان، ایران

رسید مقاله: ۲۲ خرداد ۱۳۹۲

پذیرش مقاله: ۲۳ مهر ۱۳۹۲

چکیده

بی‌شک محدودیت منابع و امکانات تولید از زمان‌های گذشته تا عصرکنونی که عصر اطلاعات فرامدرن و توسعه چشمگیر علم و فن است همواره مطرح بوده و درآینده نیز با شدت فزونی‌تری خود را بر شرایط اقتصادی تحمیل خواهد کرد. هر سازمانی برای اعمال مدیریت صحیح می‌تواند از الگوهای علمی ارزیابی عملکرد بهره‌گیرد. یکی از ابزارهای کارامد که این مهم را محقق ساخته تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. در این مقاله، مرکز آزمایشگاه‌های کالیبراسیون شرکت هواپیماسازی ایران (هسا) به عنوان یک مورد مطالعاتی در نظرگرفته شده و با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها، تراکم ورودی ارزیابی و محاسبه می‌گردد. بدین منظور تعداد ۳ ورودی و ۲ خروجی در نظرگرفته شده است. ضمنا قلمرو پژوهش ۱۰ آزمایشگاه تحت ارزیابی به عنوان DMU می‌باشد و عملکرد آن‌ها در سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و نیمه نخست سال ۱۳۹۰ مدنظر است؛ روند کار به صورت جداگانه برای هر سال انجام می‌گیرد. بنابراین روش تحقیق به صورت گام به‌گام تشریح می‌گردد و در انتها بعد از ارایه نتایج و یافته‌های تحقیق، و بحث و بررسی پیرامون آن‌ها، پیشنهاداتی نیز مطرح خواهد شد. به طور خلاصه نتایج حاکی‌است که برخی از آزمایشگاه‌ها با میزانی ورودی مازاد مواجه هستند و بایستی این میزان از ورودی‌ها را بکاهند تا بهبود عملکرد حاصل گردد.

کلمات کلیدی: ارزیابی عملکرد، کارایی و ناکارایی، تحلیل پوششی داده‌ها، واحد تصمیم‌گیری، تراکم ورودی.

۱ مقدمه

انسان همواره سعی برآن داشته که حداکثر نتیجه را با کم‌ترین امکانات و عوامل موجود به‌دست آورد. این کوشش‌ها را می‌توان دستیابی به کارایی بالاتر نامید [۱]. مفهوم عمومی کارایی که مورد استفاده قرار می‌گیرد همان حاصل تقسیم مجموع وزنی مقدار ورودی‌ها (داده‌ها) به مجموع وزنی مقدارخروجی‌ها (ستانده‌ها) می‌باشد

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: alireza.sahraei@msn.com

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[۲]. در واقع کارایی به معنی استفاده بهینه از منابع و دستیابی به تولید بیش‌تر با منابع معین می‌باشد. ارتقای کارایی به عنوان یکی از منابع مهم تامین رشد اقتصادی و افزایش رقابت‌پذیری سازمان‌ها مورد توجه می‌باشد. به طورکلی کارایی مربوط به اجرای درست کارها در سازمان است؛ یعنی تصمیماتی که با هدف کاهش هزینه‌ها، افزایش مقدار تولید و بهبود کیفیت محصول اتخاذ می‌شوند. مدیران همواره سعی دارند با بهره‌گیری از تجارب علمی، کارایی و اثربخشی سازمان را افزایش دهند.

در این مقاله مرکز آزمایشگاه‌های کالیبراسیون شرکت هواپیماسازی ایران (هسا) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور از الگوهای متداول تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) استفاده خواهد شد. تعداد ۳ ورودی و ۲ خروجی در این پژوهش در نظرگرفته شده است. ضمنا قلمرو پژوهش ۱۰ آزمایشگاه تحت ارزیابی است که در سال‌های ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹ و نیمه اول ۹۰ و به صورت جداگانه برای هرسال ارزیابی انجام خواهدگرفت؛ و با رویکردی علمی تراکم ورودی در بازه‌های زمانی ذکر شده مشخص می‌گردد. در نهایت طبق نتایج به‌دست آمده راهکارهای لازم جهت بهبود عملکرد واحدها ارایه خواهد شد. بنا به موقعیت مهم و حساسی که شرکت هسا و متعاقباً مرکز آزمایشگاه‌های کالیبراسیون شرکت، دارا می‌باشد مسلماً بهره‌گیری از نتایج و راهکارهای این مقاله می‌تواند گامی مفید در پیشرفت و ترقی شرکت هسا و طبیعتاً صنعت کشور باشد.

ادامه این مقاله بدین شکل سازماندهی شده است: در بخش بعدی ادبیات تحقیق و مبانی نظری و مفاهیم کلی پیرامون کارایی، ارزیابی عملکرد،تحلیل پوششی داده‌ها، تراکم در تحلیل پوششی داده‌ها و الگوهای متداول آن‌ها پرداخته می‌شود. سپس روش‌شناسی پژوهش تشریح می‌گردد. در پی‌آن، نتایج کار و بحث پیرامون یافته‌های حاصل ارایه خواهد شد. در نهایت پس از نتیجه‌گیری، پیشنهاداتی نیز مطرح می‌گردد.

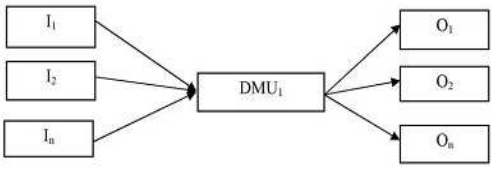
۲ تحلیل پوششی داده‌ها

به منظور ارزیابی کارایی روش‌های متفاوتی از سوی پژوهشگران مختلف ارایه شده است که اغلب می‌توان آن‌ها را به دو دسته پارامتری و ناپارامتری تقسیم‌بندی نمود. در رویکرد پارامتری برای تخمین تابع تولید از روش‌های آماری استفاده می‌شود [۳]. در روش‌های پارامتری با استفاده از روش‌های مختلف آماری و اقتصادسنجی، تابع تولید مشخصی تخمین زده می‌شود، سپس با به کارگیری این تابع، نسبت به تعیین کارایی اقدام می‌گردد. در رویکرد ناپارامتری به جای استفاده از روش‌های آماری به استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی تاکید دارد و توجه این رویکرد بیشتر بر روی مرز تولید به جای تابع تولید است [۳]. در این روش‌ها با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی، به ارزیابی کارایی بنگاه‌ها پرداخته می‌شود. یکی از مهم‌ترین روش‌های ناپارامتری روش تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد.

چارنز، کوپر و رودز در سال ۱۹۷۶ الگویی را ارایه‌کردندکه توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی را داشت. این الگو، تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، نام گرفت و اول بار، در رساله‌ی دکترای، رودز و به راهنمایی کوپر تحت عنوان "ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان مدارس ملی آمریکا" در دانشگاه کارنگی مورد استفاده قرار گرفت [۴].

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

DEA یک تکنیک تخمین فردی با تکیه بر اصل بهینه‌سازی است که به مشخصه قیاسی (علت و معلولی) از فرم تابع مدل نیاز ندارد؛ مرز DEA بر مبنای مشاهده رفتار شرکت‌هایی با بهترین عملکرد به‌دست می‌آید و مبنای تجربی دارد. بنابراین ارزیابی بوسیله مدل‌های DEA با عملکرد واقعی بقیه شرکت‌ها مطابقت می‌کند و می‌تواند به‌دست‌آوردنی فرض شود. به طور خلاصه بهترین شرکت‌ها در روی مرز شناسایی شده و محکی برای قضاوت در مورد عملکرد سایر سازمان‌ها بدون آگاهی در حدود تابع عملکرد آن خواهند شد. شکل ۱ نمایش ساده مفهوم تحلیل پوششی داده‌ها را ارایه می‌دهد [۲]:



شکل ۱. مفهوم تحلیل پوششی داده‌ها

برای هر واحد تصمیم‌گیری ناکارا، DEA یک مجموعه از واحدهای کارا را مشخص می‌کند که می‌توانند به عنوان الگو برای بهبود عملکرد مورد استفاده قرار گیرند. بر اساس مدل DEA یک DMU ناکارا است اگر واحد یا ترکیبی از واحدها وجود داشته باشند که بتوانند همان مقدار خروجی واحد تحت بررسی را با مقدار ورودی کمتری تولید کنند. این ترکیب به عنوان گروه‌های الگو برای واحد تصمیم‌گیری ناکارا مطرح می‌باشند. در ادامه به توضیح دو اصطلاح حائز اهمیت در DEA و مدل‌های آن پرداخته می‌شود:

ماهیت الگوی مورد استفاده: ماهیت الگوهای DEA شامل دو حالت به این شرح می‌باشد [۵]:

الف. ماهیت ورودی: درصورتی‌که در فرایند ارزیابی با ثابت نگه‌داشتن سطح خروجی‌ها، سعی در حداقل‌سازی ورودی‌ها داشته باشیم؛ ماهیت الگوی مورد استفاده ورودی است. در الگوی DEA با دیدگاه ورودی، به دنبال به‌دست‌آوردن ناکارایی به عنوان نسبتی می‌باشیم که بایستی از ورودی‌ها کاسته شود تا خروجی بدون تغییر بماند و واحد در مرز کارایی قرار گیرد.

ب. ماهیت خروجی: درصورتی که در فرایند ارزیابی با ثابت نگه‌داشتن سطح ورودی‌ها سعی در افزایش سطح خروجی‌ها داشته باشیم؛ ماهیت الگوی مورد استفاده خروجی است. در دیدگاه خروجی، به دنبال نسبتی هستیم که باید خروجی‌ها افزایش یابند بدون آن‌که تغییر در ورودی‌ها به وجود آید ، تا واحد مورد نظر به مرزکارایی برسد.

بازده به مقیاس الگوی مورد استفاده: بازده به مقیاس بیانگر پیوند بین تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم می‌باشد. در تحلیل پوششی داده‌ها معمولا با دو نوع بازده به مقیاس به قسم زیر مواجه هستیم [۵]:

الف. بازده به مقیاس ثابت (CRS): بازده به مقیاس ثابت یعنی هر مضربی از ورودی‌ها همان مضرب از خروجی‌ها را تولید می‌کند.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

ب. بازده به مقیاس متغیر (VRS): بازده به مقیاس متغیر یعنی هر مضربی از ورودی‌ها می‌تواند همان مضرب از خروجی‌ها یا کم‌تر از آن و یا بیش‌تر از آن را در خروجی تولید کند.

۲-۱ الگوهای متداول تحلیل پوششی داده‌ها

طی سالیان گذشته، مدل‌ها و الگوهای زیادی برای تحلیل پوششی داده‌ها معرفی شده‌اند. در حالی‌که که منبع و مرجع تقریباً تمامی آن‌ها مدل‌های سنتی تحلیل پوششی داده‌ها شامل الگوهای CCR و BCC می‌باشد.

۲-۱-۱ الگوی CCR

الگوی CCR از جمله مدل‌های بازده به مقیاس ثابت می‌باشد. نام این الگو ازحروف اول نام سه محقق به وجود آورنده آن یعنی چارنز، کوپر و رودز گرفته شده است و در سال ۱۹۷۸ ارایه شد. این الگو سعی دارد با انتخاب وزن‌های بهینه، برای متغیرهای ورودی و خروجی واحد تحت بررسی، کارایی آن واحد را به گونه‌ای بیش‌تر کند که کارایی سایر واحدها از حد ۱ تجاوز نکند. این الگو به صورت زیر می‌باشد [۵]:

$$
\begin{aligned}
&Min \quad \theta \\
&s.t. \\
&\sum_{j=1}^{n} x_{ij} + s_i^- = \theta x_{io}, \quad i = 1,...,m, \\
&\sum_{j=1}^{n} y_{rj} + s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1,...,s, \\
&\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \qquad j = 1,...,n.
\end{aligned}
\tag{1}
$$

۲-۱-۲ الگوی BCC

در سال ۱۹۸۴ بنکر، چارنز و کوپر مدل جدیدی را عرضه کردند که با توجه به حروف اول نام آنان به مدل BCC شهرت یافت. هرگاه بازده نسبت به مقیاس ثابت نباشد مدل CCR توانایی محاسبه کارایی و بهره‌وری را ندارد؛ به همین علت برای رفع این مشکل، مدل BCC را که در آن بازده نسبت به مقیاس ممکن است متغیر (افزایشی- ثابت یا کاهشی) باشد مطرح شد. در زیر به ساختار ریاضی مدل مذکور اشاره می‌شود [۵]:

$$
\begin{aligned}
&Min \quad \theta \\
&s.t. \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{io}, \quad i = 1,...,m, \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} + s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1,...,s, \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1, \qquad j = 1,...,n, \\
&\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \qquad j = 1,...,n.
\end{aligned}
\tag{2}
$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

تفاوت عمده این مدل با مدل CCR قید جدیدی است که به مساله افزوده شده است.

در هر دو روش CCR و BCC، جواب به دست آمده به طور مستقیم میزان کارایی نسبی واحد تحت بررسی را نشان می‌دهد: در صورتی که مقدار نهایی به‌دست آمده برای یک واحد یعنی θ^*، مساوی ۱ باشد بدین مفهوم است که DMU_o (واحد تحت بررسی) کارا است و در صورتی که مقدار آن کوچک‌تر از ۱ باشد واحد تحت بررسی کارای ضعیف می‌باشد.

توجه کنید که y_{rj} مقدار خروجی نوع r واحد تصمیم‌گیری j–ام، x_{ij} مقدار ورودی نوع i واحد تصمیم‌گیری j–ام در نظر گرفته می‌شود. Y_j یک بردار $s\times n$ از خروجی‌ها و X_j یک بردار $m\times n$ از ورودی‌هاست؛ فرم کلی ماتریسی آن‌ها بدین شکل می‌باشد [۶]:

$$X=\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{و} \quad Y=\begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{s1} & Y_{s2} & \dots & Y_{sn} \end{bmatrix}$$

λ_j نسبت ورودی و خروجی واحد j–ام، s_i^- و s_i^+ نیز به ترتیب، بردارهای متغیرهای کمکی ورودی و خروجی بنگاه هستند؛ به عبارتی دیگر به ترتیب، مقداری که باید از ورودی مورد نظر کسر و به خروجی مورد نظر اضافه شود تا واحد مورد نظر به واحدی کارا تبدیل شود. θ میزان کارایی واحد می‌باشد؛ در واقع θ نسبت میزان بهینه ورودی مورد نیاز برای کسب مقدار معینی خروجی به میزان مورد استفاده را نشان می‌دهد. θ بین ۰ و ۱ می‌باشد. اگر میزان مورد استفاده ورودی با میزان بهینه آن برابر باشد در این صورت θ برابر ۱ می‌شود و اگر θ برابر ۱ شود به این مفهوم است که بنگاه مزبور از لحاظ فنی کارا است. بنابراین می‌توان گفت به دنبال پیداکردن جواب (S^-, S^+, λ,θ) هستیم؛ اگر $\theta=1$ و $S^-=0$, S^+ به‌دست آید در این صورت بنگاه مزبور کارا است. حال اگر $\theta=1$ ولی S^+ و S^- مخالف صفر باشند در این صورت بنگاه مزبور کارا نیست [۷]. در نهایت، مقادیر بهینه ورودی و خروجی برای کارا شدن عملکرد بنگاه P–ام از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\hat{X} = \theta^*_P X_P - S_i^{-*}$$

$$\hat{Y} = Y_P + S_r^{+*}$$

در حقیقت مقادیر ورودی و خروجی فوق، مقادیری هستند که اگر واحد تحت ارزیابی به آن‌ها برسد به واحدی کارا تبدیل خواهد شد. به این واحد به اصطلاح واحد بهبود یافته نیز می‌گویند.

۳ تراکم در تحلیل پوششی داده‌ها

اگر برخی از ورودی‌ها به صورت رقم‌هایی به کار رفته باشند که باعث کاهش خروجی شود آن‌گاه تراکم به وجود می‌آید. به طور مثال افزایش تعداد معدنچی‌ها که در یک معدن زیرزمینی به یکدیگر برخورد می‌کنند

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

نمونه‌ای است که کاهش در تعداد معدنچی‌ها می‌تواند منجر به افزایش حجم بهره‌برداری از معدن شود [۸]. آن‌چه در ادامه می‌آید تعریف دقیق تراکم است که در مفهومی عام بیان شده است:

تراکم: تراکم موجود است هرگاه کاهش در یک یا چند ورودی بدون بدتر شدن دیگر ورودی‌ها یا خروجی‌ها باعث افزایش در یک یا چند خروجی گردد، و برعکس، تراکم رخ می‌دهد هرگاه افزایش در یک یا چند ورودی بدون بهتر شدن دیگر ورودی‌ها یا خروجی‌ها باعث کاهش در یک یا چند خروجی گردد [۹].

اکنون به منظور شفاف‌سازی رابطه تراکم با ناکارایی، تعریفی از ناکارایی تکنیکی (فنی) نیز در زیر ارایه می‌شود. با این تعریف می‌توان بین تراکم و ناکارایی تکنیکی تمایز قائل شد:

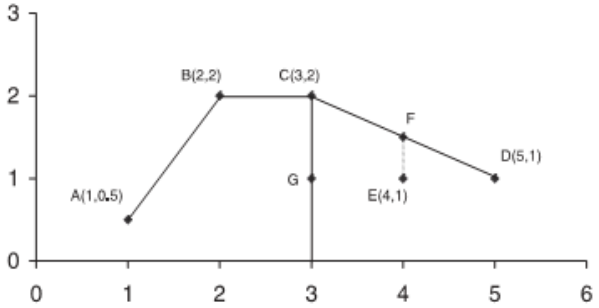
ناکارایی تکنیکی (فنی): ناکارایی تکنیکی زمانی واقع می‌شود که بهبود برخی از ورودی‌ها یا خروجی‌ها بدون بدتر شدن دیگر ورودی‌ها یا خروجی‌ها امکان‌پذیر باشد [۹].

بنابراین ناکارایی تکنیکی نشانگر هزینه‌های غیر ضروری برای برخی ورودی‌ها می‌باشد. توجه کنید که هیچ صحبتی در مورد کاهشی در ورودی که باعث هرگونه افزایش در خروجی باشد به میان نیامده است. ضمناً پرواضح است که تراکم نوعی از ناکارایی محسوب می‌شود اما لزوما عکس مطلب صادق نیست. حال به تعریف زیر از کارایی توجه نمایید:

کارایی تکنیکی (فنی): کارایی تکنیکی حاصل می‌شود اگر و فقط اگر بهبود برخی از ورودی‌ها یا خروجی‌ها بدون بدتر شدن دیگر ورودی‌ها یا خروجی‌ها امکان‌پذیر نباشد [۹].

۳-۱ تعبیر هندسی

برای درک بهتر بحث شکل ۲ را در نظر بگیرید. مختصات هر نقطه به صورت ورودی در سمت چپ و خروجی در سمت راست پرانتز نشان داده شده است. تعداد پنج واحد تصمیم‌گیری (DMU) وجود دارد که هرکدام دارای یک ورودی و یک خروجی هستند. هر واحد تصمیم‌گیری با یک نقطه در شکل نشان داده شده است (A-B-C-D-E).



شکل ۲. تراکم

نقطه C را در نظر بگیرید؛ مقدار خروجی آن برابر y=۲ می‌باشد. نقطه B نیز خروجی با میزان مشابه خروجی C دارد. درحالی‌که B این خروجی را در ازای ورودی X=۲ به‌دست آورده ولی C برای کسب این میزان خروجی،

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

ورودی X=۳ را مصرف کرده است. بنابراین بدون بدتر شدن یا بهتر شدن خروجی C می‌توان ورودی را از X=۳ به X=۲ کاهش داد که در نتیجه جابه‌جایی‌ای از نقطه C به نقطه B خواهیم داشت؛ این‌ها همه بدین معنا است که واحد C کارا نیست زیرا واحدی یافت شد که همان خروجی C را با ورودی کم‌تری کسب کرده است. هم‌چنین تراکم در نقطه D رخ می‌دهد چرا که با حرکت از نقطه D به C، کاهش ورودی منجر به افزایش خروجی می‌شود و این همان شواهد ذکر شده برای وجود تراکم می‌باشد .ضمناً بیش‌ترین خروجی کسب شده (Y =۲) بدون کاهش ورودی D از X = ۵ به X = ۳ به‌دست نخواهد آمد. نقاط A و B و نیز تمامی نقاطی که روی خط متصل کننده A و B قرار دارند، طبق تعریف کارا هستند؛ در علم تحلیل پوششی داده‌ها این خط (خط متصل‌کننده A و B) را مرز کارایی می‌نامند. در واقع نقاطی که روی این مرز قرار ندارند نمی‌توانند کارا باشند. بنابراین نقاطی که روی خط اتصال B و C وخط اتصال C و D قرار دارند ناکارا (ناکارای تکنیکی) تلقی می‌گردند [۱۰].

۳-۲ الگوی محاسبه تراکم

مبنای کار این مقاله بر اساس روش ابداع شده توسط کوپر و دیگران در سال ۲۰۰۲ می‌باشد که به روش یک مدله مشهور است و از جمله متداول‌ترین الگوهای ارزیابی تراکم محسوب می‌گردد. این مدل که از مدل خروجی محور BCC نشات گرفته بدین صورت ارایه شده است [۱۱].

$$
\begin{aligned}
&Max \quad \Phi+\varepsilon(\sum_{r=1}^{s} s_r^{+}-\sum_{i=1}^{m} s_i^{-c}) \\
&s.t. \\
&\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij}+s_i^{-c}=x_{io}, \qquad i=1,\ldots,m, \\
&\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj}+s_r^{+}=\Phi y_{ro}, \qquad r=1,\ldots,s, \\
&\sum_{j=1}^{n}\lambda_j=1, \qquad j=1,\ldots,n, \\
&\lambda_j, s_i^{-c}\geq 0, \qquad j=1,\ldots,n.
\end{aligned}
\tag{۳}
$$

جواب حاصل از مدل فوق برابر $(\Phi^*, \lambda^*, s^{+^*}, s^{-c^*})$ می‌باشد که در آن $s_i^{-c^*}$ بیانگر میزان تراکم در i- امین ورودی است.

کارایی DEA: DMU_O طبق مدل (۳) کارا است اگر هر دو شرط زیر برقرار باشد:

۱) $\Phi^* = 1$

۲) مقادیر بهینه تمام متغیرهای تصنعی برابر صفر باشد.

توجه‌کنید از آن‌جایی که تراکم نوعی ناکارایی محسوب می‌شود بنابراین می‌توان گفت که تراکم وجود دارد اگر و فقط اگر در جواب بهینه $(\Phi^*, \lambda^*, s^{+^*}, s^{-c^*})$ از (۳) حداقل یکی از شرایط زیر برقرار باشد:

۱) $\emptyset^* < 1$ و حداقل یک $s_i^{-c^*} > 0$ $(1 \leq i \leq m)$ وجود داشته باشد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

۲) حداقل یک $s_r^{+^*} > 0$ $(1 \le r \le s)$ و $s_i^{-c^*} > 0$ $(1 \le i \le m)$ وجود داشته باشد.

٤ روش تحقیق

شرکت صنایع هواپیماسازی ایران «هسا» در سال ۱۳۵۳ با نام شرکت هلیکوپترسازی ایران تأسیس شد. با پیروزی انقلاب اسلامی، کار ساخت کارخانه که تا آن زمان یازده درصد (۱۱٪) پیشرفت داشته متوقف می‌شود و فعالیت‌های طرح ساختمانی ازسال ۱۳۶۴ مجدد آغاز می‌گردد. همگام با انجام عملیات ساختمانی در سال ۱۳۶۵ فعالیت‌های صنعتی با شکل‌گیری و ظهور پروژه‌های مختلف و هواگردها آغاز گردید و اتمام عملیات ساخت کارخانه تا سال ۱۳۷۴ ادامه داشت. این شرکت به عنوان اولین مرکز ساخت انواع پرنده بال ثابت و بالگردان تعیین و با در دستور قرار گرفتن برنامه ساخت هواپیمای مسافربری روند تکاملی خود را طی می‌نماید.

مرکز آزمایشگاهی تحقیقاتی، صنعتی و کالیبراسیون شرکت صنایع هواپیماسازی ایران در یک دسته‌بندی کلی شامل هشت آزمایشگاه بدین صورت می‌باشد: آزمایشگاه کالیبراسیون، آزمایشگاه اندازه‌گیری ابعادی، آزمایشگاه متالوژی، آزمایشگاه شیمی،آزمایشگاه تست‌های غیرمخرب، آزمایشگاه غیرفلزی، آزمایشگاه بهداشت صنعتی، آزمایشگاه تست مجموعه‌های ساخته شده. به طور خاص، ۱۰ آزمایشگاه تحت ارزیابی یا به عبارتی واحدهای تصمیم‌گیری DEA به ترتیب عبارتند از: آزمایشگاه MPI، آزمایشگاهUT ، آزمایشگاه X-Ray، آزمایشگاه بهداشت، آزمایشگاه پلیمر، آزمایشگاه رنگ وپوشش، آزمایشگاه سوخت و روغن، آزمایشگاه شیمی، آزمایشگاه متالوگرافی، آزمایشگاه مکانیک. در این مقاله، واحدهای مرکز آزمایشگاه‌های کالیبراسیون شرکت هواپیماسازی ایران (هسا) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و تراکم موجود در ورودی‌های مورد نظر به‌دست خواهد آمد. بدین منظور مدل (۳) مورد استفاده قرار می‌گیرد. قلمرو زمانی تحقیق نیز سال‌های ۸۶، ۸۷، ۸۸ ، ۸۹ و نیمه نخست ۹۰ می‌باشد. ضمنا بررسی برای هر سال به صورت مجزا صورت می‌پذیرد.

و اما طبیعی است که معیارهای زیادی درحوزه ارزیابی عملکرد هر سازمانی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، انتخاب این معیارها توسط تصمیم‌گیرندگان و با توجه به شرایط تصمیم‌گیری صورت می‌پذیرد. بنابراین در گام نخست یک تیم باتجربه از متخصصین تحقیق در عملیات، صاحب نظران عرصه تحلیل پوششی داده‌ها، اساتید دانشگاهی، مدیران اجرایی مرکز آزمایشگاه‌های کالیبراسیون شرکت هسا تشکیل شد. پس از بحث و گفتگو و مقایسه نظرات اعضای تیم و نیز با در نظر گرفتن شاخص‌های مورد استفاده در مطالعات مشابه انجام شده تاکنون و هم‌چنین با توجه به محدودیت‌های زمانی، مکانی، امنیتی و... که در مسیر تحقیق پیش بینی شد، سرانجام فهرستی از بهترین شاخص‌هایی که می‌توانست جهت سنجش عملکرد واحدهای تحت ارزیابی این تحقیق مورد استفاده قرارگیرد تهیه شد؛ در گام بعدی شاخص‌های اولیه توسط تیم ارزیابی مورد غربال‌گری نهایی قرار می‌گیرند تا شاخص‌های نهایی تحقیق معین گردد.

سرانجام به منظور استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها تعیین گروهی از متغیرهای ورودی و متغیرهای خروجی ضروری است. لذا در این مرحله شاخص‌های نهایی به دو گروه ورودی‌ها و خروجی‌ها بدین شکل تقسیم‌بندی گردیدند:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

متغیرهای ورودی:

- تعداد نیروی انسانی مشغول به کار
- میزان حقوق پرداختی به کارکنان و پاداش و مزایا (برحسب واحد پولی)
- اعتبارات و هزینه‌های خرید تجهیزات مورد نیاز و مواد مصرفی (برحسب واحد پولی)

متغیرهای خروجی:

- درآمدهای حاصل از کارها و پروژه‌های انجام گرفته (برحسب واحد پولی)
- تعداد مقالات، کتب، تالیف، ترجمه، اختراع، طرح‌های تحقیقاتی و پژوهشی، طرح کسر خدمت

حال برطبق ورودی‌هاوخروجی‌های مصوب اقدام به‌گردآوری داده‌ها برای هریک از واحدهای تصمیم‌گیری نموده تا داده‌ها مورد پردازش و تحلیل قرارگیرند. روند تحلیل داده‌ها نیز بدین صورت است که پس از اعمال الگوی (۳) بر روی داده‌های گردآوری شده، تراکم هر یک از ورودی‌ها در صورت وجود، برای واحدهای آزمایشگاهی تحت ارزیابی در قلمرو زمانی مورد نظر و به صورت سال به سال محاسبه می‌گردد و در پی آن، نتایج به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

۵ یافته‌ها

میزان تراکم موجود در هر یک از سه ورودی برای واحدهای تحت ارزیابی در هر سال بدین صورت به‌دست آمده است (جدول‌های ۱ تا ۵).

جدول ۱. میزان تراکم ورودی در سال ۱۳۸۶

DMU	میزان تراکم در ورودی اول	میزان تراکم در ورودی دوم	میزان تراکم در ورودی سوم
آزمایشگاه MPI	۰	۰	۰
آزمایشگاهUT	۰	۰	۰
آزمایشگاهX-Ray	۰	۱۷۲۹۴۰۰	۲۵۶۱۸۰۰
آزمایشگاه بهداشت	۰	۰	۰
آزمایشگاه پلیمر	۰	۰	۱۳۱۵۰۰۰
آزمایشگاه رنگ و پوشش	۰	۰	۲۷۲۵۰۰۰
آزمایشگاه سوخت و روغن	۳/۴۷	۵۰۱۰۸۰۰	۰
آزمایشگاه شیمی	۱۱/۰۲	۲۰۷۰۵۰۰۰	۰
آزمایشگاه متالوگرافی	۰	۰	۰
آزمایشگاه مکانیک	۰	۰	۰

جدول ۲. میزان تراکم ورودی در سال ۱۳۸۷

DMU	میزان تراکم درورودی اول	میزان تراکم در ورودی دوم	میزان تراکم در ورودی سوم

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

آزمایشگاه MPI	۰	۰	۰
آزمایشگاهUT	۰	۰	۰
آزمایشگاهX-Ray	۱۶	۴۴۸۰۰۰۰۰	۹۰۴۱۰۰۰
آزمایشگاه بهداشت	۰	۰	۰
آزمایشگاه پلیمر	۴	۰	۱۲۱۵۰۰۰
آزمایشگاه رنگ و پوشش	۴	۰	۳۶۲۵۰۰۰
آزمایشگاه سوخت و روغن	۸	۹۸۰۰۰۰۰	۲۵۵۵۰۰۰
آزمایشگاه شیمی	۱۴	۲۳۸۰۰۰۰۰	۲۵۲۰۰۰۰
آزمایشگاه متالوگرافی	۰	۰	۰
آزمایشگاه مکانیک	۰	۰	۰

جدول ۳. میزان تراکم ورودی در سال ۱۳۸۸

DMU	میزان تراکم در ورودی اول	میزان تراکم در ورودی دوم	میزان تراکم در ورودی سوم
آزمایشگاه MPI	۰	۰	۰
آزمایشگاهUT	۰	۰	۰
آزمایشگاهX-Ray	۰	۰	۴۲۹۶۸۰۰
آزمایشگاه بهداشت	۰	۰	۰
آزمایشگاه پلیمر	۰	۰	۱۱۰۳۰۰۰
آزمایشگاه رنگ و پوشش	۰	۰	۳۹۳۳۰۰۰
آزمایشگاه سوخت و روغن	۰/۶۳	۰	۱۲۸۹۷۰۰
آزمایشگاه شیمی	۱۱/۴۴	۲۷۰۹۶۰۰۰	۰
آزمایشگاه متالوگرافی	۰	۰	۴۲۸۰۰۰۰
آزمایشگاه مکانیک	۱۲	۳۳۶۰۰۰۰۰	۱۸۲۸۲۰۰۰

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

جدول ٤. میزان تراکم ورودی در سال ۱۳۸۹

DMU	میزان تراکم در ورودی اول	میزان تراکم در ورودی دوم	میزان تراکم در ورودی سوم
آزمایشگاه MPI	۰	۰	۰
آزمایشگاهUT	۰	۰	۰
آزمایشگاهX-Ray	۰	۰	۶۹۴۴۴۰۰
آزمایشگاه بهداشت	۰	۰	۰
آزمایشگاه پلیمر	۰	۰	۱۱۶۰۰۰۰
آزمایشگاه رنگ و پوشش	۰	۰	۴۳۹۵۰۰۰
آزمایشگاه سوخت و روغن	۰/۵۷	۰	۱۳۴۱۲۰۰
آزمایشگاه شیمی	۱۴/۰۱	۴۰۶۲۳۰۰۰	۰
آزمایشگاه متالوگرافی	۰	۰	۴۳۳۰۰۰۰
آزمایشگاه مکانیک	۱۲	۳۷۸۰۰۰۰۰	۱۸۸۷۴۰۰۰

جدول ۵. میزان تراکم ورودی در سال ۱۳۹۰

DMU	میزان تراکم در ورودی اول	میزان تراکم در ورودی دوم	میزان تراکم در ورودی سوم
آزمایشگاه MPI	۰	۰	۰
آزمایشگاهUT	۰	۰	۲۴۹۹۰۰۰
آزمایشگاهX-Ray	۰	۳۵۰۰۰۰۰	۰
آزمایشگاه بهداشت	۰	۰	۰
آزمایشگاه پلیمر	۰	۰	۰
آزمایشگاه رنگ و پوشش	۰	۰	۰
آزمایشگاه سوخت و روغن	۲	۷۰۰۰۰۰۰	۰
آزمایشگاه شیمی	۸	۲۸۰۰۰۰۰۰	۰
آزمایشگاه متالوگرافی	۰	۰	۰
آزمایشگاه مکانیک	۰	۰	۱۲۳۲۳۰۰۰

٦ بحث

همان‌طورکه بیان شد هرگاه‌کاهش در یک یا چند ورودی باعث افزایش در یک یا چند خروجی گردد آن‌گاه تراکم وجود دارد. بنابراین رفع تراکم در ورودی‌ها موجب می‌شود که خروجی‌ها بهبود یابند. در واقع صحبت از

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

امکانات مازادی است که می‌توان از آن‌ها صرف نظر کرد؛ به عبارتی دیگر وجود این میزان اضافی از ورودی‌ها ضروری نبوده و حذف آن‌ها معمولاً با افزایش کارایی واحدها همراه خواهد بود. در این جا نیز همان‌گونه که از نتایج به‌دست آمده پیدا است در سال‌های مختلف تراکم ورودی برای برخی واحدهای تحت بررسی وجود دارد.

به عنوان نمونه سال ۱۳۸۶ را در نظر بگیرید: آزمایشگاه X-Ray دارای ۱۷۲۹۴۰۰ واحد تراکم در ورودی دوم و ۲۵۶۱۸۰۰ واحد تراکم در ورودی سوم می‌باشد. در نتیجه دراین آزمایشگاه به مقدار ۱۷۲۹۴۰۰ واحد میزان مبالغ پرداختی بیشتر از میزان مورد نیاز و ۲۵۶۱۸۰۰ واحد هزینه مصرفی اضافی وجود دارد. بنابراین اگر ۱۷۲۹۴۰۰ واحد از مبالغ پرداختی و ۲۵۶۱۸۰۰ واحد از هزینه‌ها کاسته شود خروجی یا خروجی‌های مورد نظر افزایش خواهند یافت. آزمایشگاه رنگ و پوشش و آزمایشگاه پلیمر نیز در ورودی سوم به ترتیب دارای ۱۳۱۵۰۰۰ و ۲۷۲۵۰۰۰ واحد تراکم هستند. پس با کاستن این مقادیر از هزینه‌هایشان با عملکرد بهتری از آن‌ها مواجه خواهیم بود. آزمایشگاه شیمی و آزمایشگاه سوخت و روغن به ترتیب ۳/۴۷و ۱۱/۰۲ واحد در ورودی اول و ۲۰۷۰۵۰۰۰ و ۵۰۱۰۸۰۰ واحد در ورودی دوم تراکم دارند که با حذف این مقادیر از ورودی‌های واحدهای مذکور به نتایج بهتری دست خواهیم یافت. ضمناً در مواردی که تراکم برای DMU ها برابر صفر به‌دست آمده است مقادیر ورودی‌ها به میزان کافی بوده و مقادیر مازاد وجود ندارد. برای دیگر سال‌ها نیز می‌توان روند بررسی را به طور مشابه انجام داد.

و اما در مجموع می‌توان گفت: در چهار و نیم سال اخیر از نظر فراوانی وجود تراکم، در ورودی اول کمتر از ورودی دوم و در ورودی دوم کمتر از ورودی سوم تراکم موجود بوده است؛ این بدین معنا است که در واحدهای آزمایشگاهی مورد ارزیابی، نحوه عملکرد مسئولین به این ترتیب بوده است که در زمینه جذب پرسنل مورد نیاز بهتر از نحوه پرداخت بهینه مبالغ به‌کارکنان، و در نحوه پرداخت بهینه مبالغ به‌کارکنان بهتر از نحوه صرف هزینه‌های خرید تجهیزات و مواد مصرفی عمل شده است. بنابراین در طی این سال‌ها میزان مازاد هزینه‌های خرید تجهیزات مورد نیاز و مواد مصرفی بیش از میزان مبالغ پرداختی اضافی و نیروی انسانی مازاد، در عدم حصول نتایج بهتر، تاثیرگذار بوده است.

ضمناً آزمایشگاه سوخت و روغن و آزمایشگاه شیمی در تمامی سال‌ها در ورودی اول دارای تراکم بوده‌اند. علاوه براین، آزمایشگاه شیمی در ورودی دوم نیز همین وضعیت را داشته است؛ این چنین برداشت می‌شود که در سال‌های ۱۳۸۶ تا پایان نیمه نخست ۱۳۹۰ در آزمایشگاه شیمی در مورد نحوه چینش پرسنل و میزان مبالغ پرداختی به کارکنان و در آزمایشگاه سوخت و روغن در نحوه چینش پرسنل به طرز بهینه عمل نشده است. هم‌چنین به نظر می‌رسد ازآن‌جایی که آزمایشگاه بهداشت طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ در هیچ یک از ورودی‌ها تراکم نداشته است از نقطه نظر اختصاص کلیه منابع مورد نظر، در مقایسه با سایر آزمایشگاه‌ها عملکرد خوبی داشته است.

به روشنی توجه مدیران، دست‌اندرکاران و تصمیم گیرندگان شرکت هسا و به طورخاص مرکزآزمایشگاه‌های کالیبراسیون شرکت،به نتایج این تحقیق امری ضروری به نظر می‌رسد. مسئولین ذی ربط می‌بایست به دقت نتایج را بررسی نموده و راهکارهای لازم را در جهت کاهش میزان تراکم موجود اتخاذ نمایند؛

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

این امر صرفه‌جویی در منابع موجود و سرمایه‌های مادی و معنوی شرکت را منجر شده و متعاقباً عملکرد کمی و کیفی واحدها را بهبود خواهد داد.

۷ نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، مرکز آزمایشگاه‌های کالیبراسیون شرکت هواپیماسازی ایران (هسا) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف اصلی این مطالعه تعیین میزان تراکم ورودی در هر یک از آزمایشگاه‌های مرکز آزمایشگاه‌های کالیبراسیون شرکت هسا در قلمرو زمانی مورد نظر، با به‌کارگیری روش‌های نوین DEA بوده است. ابتدا فهرستی از بهترین شاخص‌هایی که می‌توانست جهت سنجش عملکرد واحدهای تحت ارزیابی این تحقیق مورد استفاده قرارگیرد تهیه شد. سپس شاخص‌های نهایی تحقیق توسط تیم ارزیابی پس از غربال‌گری معین گردد و در نهایت تعداد ۳ ورودی تعداد نیروی انسانی، حقوق پرداختی به کارکنان و پاداش و مزایا، اعتبارات و هزینه‌های خرید تجهیزات مورد نیاز و مواد مصرفی و ۲ خروجی درآمدهای حاصل از کارها و پروژه‌های انجام گرفته، تعداد مقالات، کتب، تالیف، ترجمه، اختراع، طرح‌های تحقیقاتی و پژوهشی، طرح کسر خدمت در نظر گرفته شد. ۱۰ آزمایشگاه تحت ارزیابی به عنوان DMU ها محسوب می‌شوند. قلمرو زمانی تحقیق نیز سال‌های ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹ و نیمه نخست ۹۰ و به صورت سال به سال و جداگانه می‌باشد. ضمناً برای هر سال ارزیابی به صورت مجزا صورت گرفت. با کمک میزان تراکم هر یک از ورودی‌ها در هر واحد برای هر سال مشخص گردید. در مجموع نتایج بیانگر آن بود که برخی از آزمایشگاه‌های تحت بررسی با میزانی ورودی مازاد مواجه هستند و بایستی این میزان از ورودی‌ها را بکاهند تا بهبود عملکرد حاصل گردد. لازم به ذکر است که از جمله محدودیت‌هایی که در روال این تحقیق وجود داشت می‌توان به عدم دسترسی به میزان برخی شاخص‌های موردنظر بنا به دلایلی از قبیل مسایل امنیتی، وقتگیر بودن گردآوری داده‌ها، در دسترس نبودن کامل داده‌ها، عدم همکاری برخی مسئولین ذیربط و ... - اشاره نمود و در نتیجه ناگزیر، این شاخص‌ها در روند ارزیابی مورد استفاده قرار نگرفتند.

۸ پیشنهادات

در طرح‌های آتی می‌توان با روالی مشابه روال این طرح، از روش دیگر ارزیابی تراکم ورودی که در [۸] آمده است نیز جهت محاسبه میزان تراکم در واحدهای آزمایشگاهی مرکز آزمایشگاه‌های کالیبراسیون شرکت هواپیماسازی ایران (هسا) استفاده نمود و نتایج را مورد بحث و گفتگو و مقایسه قرار داد. ضمناً می‌توان روند این تحقیق را برای ارزیابی عملکرد واحدهای این طرح به شکل کلی یعنی به صورت یک دوره پنج ساله از ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ اعمال نمود؛ تا علاوه بر ارزیابی سال به سال، ارزیابی‌ای کلی‌تر نیز در قلمرو زمانی مابین سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۹۰ در دسترس باشد. بدین ترتیب می‌توان گفت ارزیابی دقیق‌تری حاصل خواهد شد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

منابع

[۱] پورکاظمی، م. ح.، رضایی، ج.، (۱۳۸۳). بررسی کارایی صنعت گردشگری با استفته از روش های ناپارامتری(ایران و کشورهای منطقه). پژوهشنامه اقتصادی، شماره ۶۱: ۳۰۱-۲۸۱.

[۲] سیدجعفررنگرز، فریبا. ارزیابی عملکرد با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها. ۱۳۹۰/۱۰/۲۲، سایت جامع مدیریت "اثیر"، http://www.athir.blogfa.com.

[۳] صفایی قادیکلایی، ع.، یحیی‌زاده‌فر، م.، شکوهی، ب.، (۱۳۸۶). اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های سرمایه گذاری با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها در سازمان بورس اوراق بهادار تهران. پژوهشنامه علوم انسانی و اجتماعی "مدیریت"، شماره ۲۵: ۱۲۰-۹۷.

[۴] مهرگان، محمدرضا. (۱۳۸۳). مدل های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

[۵] خواجوی، ش.، سمیعی‌فرد، ع. ر.، ربیعه، م.، (۱۳۸۴). کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) در تعیین پرتفویی از کاراترین شرکت‌های پذیرفته در بورس اوراق بهادار تهران. مجله علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه شیراز، شماره ۲: ۸۹-۷۵.

[۶] دادگر، ی.، نیک‌نعمت، ز.، (۱۳۸۶). کاربرد مدل DEA در ارزیابی کارایی واحدهای اقتصادی، مطالعه موردی سرپرستی های بانک تجارت. دوفصلنامه جستارهای اقتصادی، شماره ۷: ۵۴-۱۱.

[۷] هادیان، ا.، عظیمی‌حسینی، آ.، (۱۳۸۳). محاسبه کارایی نظام بانکی در ایران با استفاده از روش تحلیل فراگیر داده‌ها. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۲۰: ۲۵-۱.

[۱۲] توکلی مقدم، ر.، عمل‌نیک، م. ص.، رفعتی، م. ع.، (۱۳۸۳). متدولوژی بکارگیری روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) در سازمان‌های تحقیقاتی. نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران، شماره ۱: ۱۸۵-۱۷۵.

[۱۳] جونز، گ.، (۱۳۷۶). اقتصاد آموزش، ترجمه عمادزاده، مصطفی ، اصفهان: جهاد دانشگاهی دانشگاه اصفهان.

[۱۴] سلیمانی هونی، س.، حسین‌زاده سلجوقی، ف.، (۱۳۹۰). تراکم در تحلیل پوششی داده‌ها. پایان نامه کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - تحقیق در عملیات. دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده ریاضی.

[۱۵] صحرائی، ع. ر.، (۱۳۹۰). کاربرد تحلیل پوششی داده ها (DEA) در ارزیابی عملکرد دانشگاه ها، {طرح پژوهشی}، تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

[۱۶] صحرائی، ع. ر.، (۱۳۹۱). روشی یک مدله بر اساس ترکیبات تقلیل یافته ورودی‌ها، به منظور ارزیابی تراکم ورودی در DEA. پایان نامه کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی - تحقیق در عملیات. دانشگاه آزاد اسلامی اراک، دانشکده ریاضی.

[۱۷] صحرائی، ع. ر.، (۱۳۹۱). ارزیابی کارایی واحدهای مختلف آزمایشگاه‌های شرکت هسا با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، {طرح پژوهشی}، اصفهان: شرکت هواپیماسازی ایران (هسا).

[۱۸] عباسیان، ع.، مهرگان، ن.، (۱۳۸۶). اندازه‌گیری بهره وری عوامل تولید بخش‌های اقتصادی کشور به روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA). مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۸: ۱۷۶-۱۵۳.

[۱۹] محمدی، ع.، (۱۳۸۷). اندازه گیری کارایی واحدهای تولیدی طیور یا رویکرد DEA، مطالعه موردی استان فارس. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۶۳: ۱۱۶-۸۹.

[۲۰] مهرگان، م. ر.، (۱۳۸۳). ارزیابی عملکرد سازمان‌ها، تهران: انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

[۲۱] امامی میبدی، ع.، ایزدی، ز.، (۱۳۸۷). اندازه گیری کارایی فنی و بهره وری پالایشگاه‌های نفت تهران (۱۳۸۰ الی ۱۳۸۶). فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۱۷: ۵۶-۳۱.

[8] Khodabakhshi, M, Asgharian, M., (2009). An input relaxation measure of efficiency in stochastic data envelopment analysis. Applied Mathematical Modeling, 33: 2010-2023.

[9] 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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[10] Cooper, W. W, Deng, H, Zhimin, H, Susan, Li, X (2004). Chance constrained programming approaches to congestion in stochastic data envelopment analysis. Eur.J. Operate. Res, 155: 487–501.
[11] Cooper, W. W, Deng, H, Zhimin, H, Susan, Li, X. (2002). A one-model approach to congestion in data envelopment analysis. Socio-Economic Planning Sciences, 36: 231-238.
[22] Adler, N, Friedman, L, & Sinuany-Stern, Z. (2002). Review of ranking methods in the data envelopment analysis context. European Journal of Operational Research,140: 249-265.
[23] Andersen, P, Niels Christian, P. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. Management Science, 10: 1261-1264.
[24] Charnes, Cooper, W.W, Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Unit. European of Operational Research, 6: 429-444.
[25] Cooper, W. W, Bisheng, G, Shanling, Li. (2001). Comparisons and evaluations of alternative approaches to the treatment of congestion in DEA. European Journal of Operational Research, 132: 62-74.
[26] Cooper, W.W, Deng, H, Bisheng, G, Li, Sh, & Thrall, R.M. (2001). Using DEA to improve the management of congestion in Chinese industries (1981_1997). Socio-Economic Planning Sciences, 35: 227-242.
[27] Fare, R, Groskopf, S. (1983). Measuring congestion in production. Zeitschrift fur National economies, 43: 257-271.
[28] Jahanshahloo, G. R, HosseinzadehLotfi, F, Shahverdi, R, Adabitabar, M, Rostamy-Malkhalifeh, M, Sohraiee, S. (2007). Ranking DMUs by L1-norm with fuzzy data in DEA. Chaos, Solitons and Fractals, 130: 1-9.
[29] Li, Sh, Jahanshahloo, G. R, & Khodabakhshi, M. (2007). A super– efficiency model for ranking efficient units in data envelopment analysis. Applied Mathematics and Computation, 184: 638-648.
[30] Asgharian, M., Khodabakhshi, M., Neralic L., (2010). Congestion in stochastic data envelopment analysis: An input relaxation approach. International Journal of Statistics and Management System, 5: 84-106.
[31] Jahanshahloo, G. R, Khodabakhshi, M., Hosseinzadeh Lotfi, F., Moazami Goudarzi, M. R., (2011). Computation of Congestion in DEA Models with Productions Trade-offs and Weight Restrictions. Applied Mathematical Sciences, 14: 663 – 676.
[32] Flegg, A. T, Allen, D. O., (2009). Congestion in the Chinese automobile and textile industries revisited. Socio-Economic Planning Sciences, 43: 177–191.
[33] Noura, A. A., Hosseinzadeh Lotfi, F., Jahanshahloo, G. R., Fanati Rashidi, S., Barnett, P. (2010). A new method for measuring congestion in data envelopment analysis. Socio-Economic Planning Sciences, 44: 240-246.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]