

ارزیابی عملکرد و تعیین شاخص های قابل کنترل و غیرقابل کنترل

در ایستگاه های راه آهن ایران

سید محمد سید حسینی^۱، محمد حسین درویش متولی^۲

۱. استاد دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی صنایع، تهران، ایران

seyedhoseini@yahoo.com

۲. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران

Mhd.darvish@gmail.com

چکیده

سیستم حمل و نقل ریلی نقش مهم و موثری در حمل و نقل عمومی ایفا می کند. این مقاله به تحلیل کارایی ۴۵ ایستگاه راه آهن جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۳۹۲ پرداخته است. طول خطوط ریلی ایستگاه راه آهن، مساحت ایستگاه راه آهن و مساحت پایانه به عنوان ورودی ها و تعداد سفرهای انجام شده، تعداد مسافر جابه جا شده و بار و محموله ی پستی جابه جا شده نیز به عنوان خروجی ها لحاظ شده است. مدل پایه ی به کار رفته در این پژوهش به منظور ارزیابی عملکرد ایستگاه های راه آهن، مدل دو رگه می باشد که عوامل غیر قابل کنترل نیز در آن اعمال شده است. هم چنین به منظور ارزیابی تحلیل مناسبی از عملکرد ایستگاه راه آهن ها، ۴۵ ایستگاه راه آهن مورد ارزیابی به روش دسته بندی در سه گروه ۱۵، ۳۰ و ۴۵ تایی قرار گرفته، مدل طراح ی شده در حالت CRS بر روی هر سه دسته اجرا و نتایج مربوط به آن ها مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. در مرحله ی بعد، عملکرد ایستگاه های راه آهن با استفاده از مدل پایه ی CCR و بدون در نظر گرفتن عوامل غیر قابل کنترل، ارزیابی شده است. سپس میزان کارایی به دست آمده از مدل ها با استفاده از تست ناپارامتری آماری آزمون مجموع رتبه ها مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: تحلیل پوششی داده ها، عملکرد ایستگاه راه آهن، کارایی کلید واژه: اعتماد، اعتماد سازمانی، بانک، وفاداری

۱- مقدمه:

امروزه نقش ارزشمند حمل و نقل در توسعه اقتصادی کشورها واضح و آشکار است. صنعت حمل و نقل پایدار، با ایجاد رشد اقتصادی، آفرینش اشتغال مستقیم و غیرمستقیم، بهبود بخشی استانداردها، ارتقای سطح رفاه جامعه و کاهش فقر و فاصله طبقاتی، درآمدهای منطقه-ای و ملی را افزایش داده و مناطق تحت پوشش را شکوفا می‌سازد. زیربخش حمل و نقل هوایی که به اختصار صنعت ریلی نیز نامیده می‌شود به عنوان سریع‌ترین و مدرن‌ترین بخش شبکه‌ی حمل و نقل از اهمیت ویژه‌ای در تجارت جهانی و گردشگری برخوردار است. از آن جایی که هدف اصلی مدیران، استفاده‌ی بهینه از منابع موجود است تا بتوانند بهترین نتیجه را به دست آورند، بنابراین کارایی قابل بهره‌برداری از ایستگاه راه آهن ها به منظور تعیین موفقیت سیستم‌های آینده، بسیار مهم و بالارزش می‌باشد. تاکنون پژوهش‌های مختلفی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها در خصوص کارایی ایستگاه راه آهن منتشر گردیده است. این مطالعات از لحاظ دامنه‌ی جغرافیایی بسیار متفاوت و متنوع می‌باشند. بیشتر آن‌ها، ایستگاه راه آهن یک کشور را مورد بررسی قرار می‌دهند؛ اغلب این پژوهش‌ها در ایالات متحده آمریکا، برزیل، تایوان، ژاپن، استرالیا، ایتالیا و اسپانیا صورت گرفته است. در اوایل ۱۹۹۰، مطالعات الگویابی ایستگاه راه آهن ها در مقالات و نوشتارهای علمی، توسط تولوفاری^۱، آشفورد^۲ و کیوز^۳ (Schaar, ۲۰۰۸) با یک سری مطالعات اولیه که عملکرد ایستگاه راه آهن ها را به وسیله‌ی ایستگاه راه آهن ی مرجع در انگلستان با دیگر ایستگاه راه آهن اطراف آن مقایسه می‌کرد، آغاز شد. به همین ترتیب و به عنوان مثال

در سال ۱۹۹۷ گیلن و لال (Gillen, ۱۹۹۷) میزان توسعه-ی بهره‌وری و عملکرد ایستگاه های راه آهن آمریکا، در سال ۱۹۹۹ مریلوملچور (Murillo, ۱۹۹۹) تحلیل کارایی تکنیکی و تغییرات بهره‌وری در ایستگاه های راه آهن اسپانیا، در سال ۲۰۰۲ فرناندس و همکاران (۲۰۰۲، Fernandes) استفاده‌ی بهینه از ظرفیت ایستگاه های راه آهن برزیل و در سال ۲۰۰۴ یوشیدا و همکاران (۲۰۰۴، Yoshida) و باروس و همکاران [۵] و [۸] (Barros, ۲۰۰۸) به ترتیب الگویابی ایستگاه های راه آهن ژاپن و کارایی تکنیکی ایستگاه های راه آهن پرتغال را به روش تحلیل پوششی داده‌ها مورد بررسی و تحلیل قرار دادند. در راستای این پژوهش‌ها می‌توان به ارزیابی‌های انجام گرفته توسط لین و هانگ [۱۱]، مارتین و رومان [۱۲] و [۱۳]، باروس و دییک [۴] و [۵]، اسپچر و شری [۱۶]، یوو و همکاران [۱۹] و [۲۰]، تاپیادور و همکاران [۱۷]، پاتوم سیری و همکاران (Pathomsiri, ۲۰۰۸) و فونگ مکی و همکاران (Fung, ۲۰۰۸) نیز اشاره نمود.

در بخش دوم این مقاله، ابتدا مروری بر مفاهیم اولیه‌ی تحلیل پوششی داده‌ها ارائه می‌گردد. همچنین در بخش سوم با توجه به ورودی‌ها و خروجی‌های انتخابی و با در نظر گرفتن عوامل غیرقابل کنترل بر روی برخی از آن‌ها و همچنین دسته‌بندی کردن ایستگاه راه آهن ها، مدلی به منظور ارزیابی عملکرد ایستگاه های راه آهن پیشنهاد گردیده که نسبت به مدل‌های پیشین به کار رفته در این زمینه، از دقت و حساسیت بیشتری برخوردار است. سرانجام در بخش چهارم نتایج حاصل از مدل پیشنهادی با مدل CCR (بدون در نظر گرفتن عوامل غیر قابل کنترل روی ورودی‌ها) توسط تست ناپارامتری آماری آزمون مجموع رتبه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

^۱ Tolofari

^۲ Ashford

^۳ Caves

۲- ادبیات نظری

- تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها، یک روش ناپارامتری^۱ برای محاسبه‌ی کارایی نسبی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده^۲ در مقایسه با یکدیگر و با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی است. کارایی یک واحد تصمیم‌گیرنده، تابعی از عوامل و شاخص‌های درون‌سازمانی است که به منظور ارزیابی عملکرد آن از تابع تولید^۳ استفاده می‌شود. تابع تولید، تابعی است که برای هر ترکیب از ورودی‌ها ماکزیمم خروجی را می‌دهد. به دلیل چند مقدار بودن تابع تولید، پیچیدگی فرآیند تولید، تغییر در فناوری تولید و ... تابع تولید در دست نیست. بنابراین بایستی تقریبی برای این تابع برآورد شود که برای این منظور مجموعه‌ای به نام مجموعه‌ی امکان تولید (PPS)^۴ ساخته می‌شود و قسمتی از مرز آن را تقریبی از تابع تولید در نظر می‌گیرند. به عبارت دیگر، فرض کنید x بردار ورودی برای یک واحد تصمیم‌گیرنده و y بردار خروجی واحد مورد نظر باشد، در این صورت مجموعه‌ی امکان تولید به صورت $\{x \text{ نامنفی}\}$ بتواند y نامنفی را تولید کند $T = \{(x, y) | \text{تعریف می‌شود. به علاوه چارنز}^5, \text{ کوپر}^6 \text{ و رودز}^7 (۱۹۷۸) \text{ با در نظر گرفتن اصول موضوعه ی زیر}$

(۱) اصل شمول مشاهدات (ناتهی بودن):

$$\forall j (x_j, y_j) \in T, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

(۲) اصل بی‌کرانی اشعه (بازده به مقیاس ثابت):

$$\forall (x, y) \quad \forall \lambda \quad [(x, y) \in T \ \& \ \lambda \geq 0] \Rightarrow (\lambda x, \lambda y) \in T$$

(۳) اصل امکان‌پذیری:

$$\forall (x, y) \quad \forall (\bar{x}, \bar{y}) \quad \forall \lambda \quad [(x, y) \in T \ \& \ \bar{x} \geq x \ \& \ \bar{y} \leq y] \Rightarrow (\bar{x}, \bar{y}) \in T$$

(۴) اصل تحدب:

$$\forall (x, y) \quad \forall (\bar{x}, \bar{y}) \quad \forall \lambda \quad [(x, y) \in T \ \& \ (\bar{x}, \bar{y}) \in T \ \& \ \lambda \in [0, 1]] \Rightarrow \lambda(x, y) + (1 - \lambda)(\bar{x}, \bar{y}) \in T$$

(۵) اصل کمینه‌ی برون‌یابی: مجموعه‌ی T کوچکترین

مجموعه‌ای است که در چهار اصل قبل صدق می‌کند.

مجموعه‌ی امکان تولید T_C یا T_{CCR} را برگرفته از

کار قبلی فارل^۸ (۱۹۵۷) به صورت زیر پیشنهاد دادند:

$$T_C = \left\{ (x, y) \mid x \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j \ \& \ y \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j, \ \lambda_j \geq 0, \ j = 1, 2, \dots, n \right\} \quad (1)$$

به علاوه مرز مجموعه‌ی T_C که به صورت قطعه‌ای

خطی است، مرز کارا^۹ یا مرز فارل نامیده می‌شود و هر

DMU^{۱۰} که روی مرز قرار داشته باشد، کارای نسبی و در

غیر این صورت ناکار خواهد بود. هم‌چنین می‌توان به

روش‌های مختلفی DMUهای ناکارا را به سوی مرز سوق

داد که مهم‌ترین این روش‌ها عبارتند از:

الف - کاهش ورودی‌ها: یعنی حل مسأله برنامه‌ریزی

خطی زیر که معروف به مدل CCR فرم پوششی^{۱۱} در

ماهیت ورودی^{۱۱} می‌باشد:

$min \theta$

$$s. t. \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j \leq \theta x_0$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \geq y_0 \quad (2)$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

^۸ Farrell

^۹ Efficient Frontier

^{۱۰} Envelopment Form

^{۱۱} Input Oriented

^۱ Non-Parametric Method

^۲ Decision-Making Units

^۳ Production Function

^۴ Production Possibility Set

^۵ Charnes

^۶ Cooper

^۷ Rodes

$$\begin{aligned} \max z &= \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \\ \text{s. t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0}, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}, \quad r = 1, 2, \dots, s \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j \end{aligned} \quad (f)$$

$$\begin{aligned} \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \\ s^- &\geq 0 \\ s^+ &\geq 0 \end{aligned}$$

در این مدل ماکزیمم فاصله‌ی واحد تصمیم‌گیرنده از مرز کارایی سنجیده می‌شود. مدل (۴)، مدل جمعی BCC است که با حذف قید $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ به مدل جمعی CCR تبدیل می‌شود. هم‌چنین در مدل جمعی، واحد تحت ارزیابی کاراست اگر و تنها اگر $z^* = 0$ که z^* مقدار بهینه‌ی تابع هدف را نشان می‌دهد.

برای داشتن مدلی که هم شعاعی^۴ و هم غیرشعاعی باشد، تن (۲۰۰۱) مدل دورگه را که به صورت زیر ارائه می‌گردد، پیشنهاد داد. در حقیقت این مدل در برخی جاها به صورت شعاعی و در برخی دیگر به صورت غیرشعاعی، واحد مورد ارزیابی را به سمت مرز کارا سوق می‌دهد.

$$\rho^* = \min \frac{1 - \frac{m_1}{m}(1 - \theta) - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m_2} s_i^{NR-} / x_{i0}^{NR}}{1 + \frac{s_1}{s}(\varphi - 1) + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^{s_2} s_r^{NR+} / y_{r0}^{NR}}$$

در جواب بهینه‌ی مسأله (۳) اگر $\theta^* \leq 1$ ، در این صورت DMU_o ناکاراست و اگر $\theta^* = 1$ یعنی DMU_o روی مرز قرار دارد و کارا می‌باشد.

ب- افزایش خروجی‌ها: یعنی حل مسأله برنامه‌ریزی خطی زیر که معروف به مدل CCR در ماهیت خروجی^۱ می‌باشد:

$$\begin{aligned} \max \varphi \\ \text{s. t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j \leq x_o \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \geq \varphi y_o \\ & \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad ()$$

به علاوه در جواب بهینه‌ی مسأله‌ی (۳) اگر $\varphi^* = 1$ آن‌گاه DMU_o کاراست و اگر $\varphi^* \geq 1$ آن‌گاه DMU_o ناکاراست. هم‌چنین با اضافه کردن قید محدب $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ به مسأله‌های (۲) و (۳) به ترتیب مدل BCC در ماهیت ورودی و خروجی که توسط بنکر^۲، چارنز چارنز و کوپر (۱۹۸۵) پیشنهاد گردید، ساخته می‌شوند. از سوی دیگر مدل‌های CCR و BCC-چه در ماهیت ورودی و چه در ماهیت خروجی-مدل‌هایی شعاعی بوده که در آن‌ها انقباض همه‌ی ورودی‌ها و انبساط همه‌ی خروجی‌ها به یک نسبت صورت می‌گیرد. بنابراین کوپر و همکاران، مدل جمعی^۳ را به صورت زیر معرفی کردند که غیرشعاعی و هم دارای ماهیت ورودی و هم دارای ماهیت خروجی است.

^۱ Output Oriented CCR Model

^۲ Banker

^۳ Additive Model

^۴ Radial

$$s^{NR-} = 0, \quad \{ \begin{matrix} * = 1 \\ * = 1 \end{matrix} \}$$

$$s^{NR+} = 0$$

کارایی به دست آمده توسط مدل دورگه، کارایی پارائو نمی‌باشد و مدل (۵)، نیز غیرخطی بوده و می‌توان با استفاده از تبدیلات چارنز-کوپر آن را خطی نمود.

در این مقاله، عملکرد ایستگاه راه آهن جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۳۹۲، مورد ارزیابی قرار گرفته است.

- ارزیابی عملکرد ایستگاه راه آهن جمهوری اسلامی ایران با استفاده از عوامل غیرقابل کنترل راه آهن در ایران

جمهوری اسلامی ایران در سال تحت مطالعه دارای ۳۶۳ ایستگاه راه آهن عملیاتی^۲ بوده است. که از این میان ۱۱ ایستگاه راه آهن بین المللی^۳ و بقیه ایستگاه های راه آهن داخلی^۴ بوده‌اند.

امکانات بهره برداری این شرکت به این شرح است: واگن باری از همه انواع سرپوشیده، دیواره کوتاه، دیواره بلند، کفی، مخزن دار، بالاست، گاز، جرثقیل و غیره به تعداد ۱۶۳۳۰ می باشد. واگن مسافری از همه انواع به تعداد ۱۱۹۲ می باشد. لوکوموتیو در انواع دیزلی-برقی، برقی و مانوری به تعداد ۵۶۵ می باشد. تعداد ۳۶۳ ایستگاه اصلی در شبکه RAI وجود دارد.

ایستگاه‌های بین‌المللی آزاد: اهواز، سهلان، تبریز، جلفا، نیک پسنندی، تهران مهرآباد، تهران، اصفهان، بندرعباس، سریندر، منهد(از مرز رازی)

$$s. t. \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j^R \leq \theta x_o^R$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_j^{NR} + s^{NR-} = x_o^{NR}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_j^R \geq \varphi y_o^R \quad ()$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_j^{NR} - s^{NR+} = y_o^{NR}$$

$$\theta \leq 1$$

$$\varphi \geq 1$$

$$\lambda \geq 0$$

$$s^{NR-} \geq 0$$

$$s^{NR+} \geq 0$$

که در آن $Y \in R_+^{s \times n}$ و $X \in R_+^{m \times n}$

ترتیب ماتریس داده‌های ورودی و خروجی می‌باشند و n تعداد DMUها، m تعداد ورودی‌ها و s تعداد خروجی‌ها می‌باشد. هم‌چنین ماتریس ورودی به دو قسمت شعاعی

$$X^{NR} \in R_+^{m_2 \times n} \quad \text{و} \quad X^R \in R_+^{m_1 \times n}$$

تقسیم شده که در آن، $m = m_1 + m_2$ می‌باشد. به همین ترتیب، ماتریس خروجی نیز به دو قسمت شعاعی

$$Y^{NR} \in R_+^{s_2 \times n} \quad \text{و} \quad Y^R \in R_+^{s_1 \times n}$$

که در آن، $s = s_1 + s_2$ تقسیم شده است. در واقع،

... با کاهش s_i^{NR-} ، $(\forall i)$ و افزایش s_i^{NR+} ، $(\forall i)$

کارایی دورگه^۱ است اگر و تنها اگر $\dots = 1$ ، یعنی:

۱ ایستگاهی که در آن ورود و خروج هواپیما صورت گرفته است.

۲ ایستگاهی که بر اساس ضوابط سازمان بین المللی قطاری که دارای خصوصیات و شرایط لازم بین المللی^۳

است.

۳ ایستگاهی که دارای مجوز هیئت دولت برای انجام سفرهای ورودی و خروجی بین المللی و داخلی است.

۴ Hybrid-Efficient

$$i = 1, 2, 3 \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^{NR} + s_i^{NR-} = tx_{i0}^{NR}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^R \geq \varphi_r y_{r0}^R \quad r = 1, 2, 3 \quad (6)$$

$$\varphi_r \geq t, \quad r = 1, 2, 3$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$s_i^{NR-} \quad i = 1, 2, 3$$

$$t \geq 0$$

۴- یافته های تحقیق

در این مقاله به منظور تحلیل دقیق تری از عملکرد ایستگاه راه آهن های کشور، ۴۵ ایستگاه راه آهن مورد ارزیابی، به سه دسته تقسیم شده اند که دسته اول، شامل ۱۵ ایستگاه راه آهن؛ که این ایستگاه راه آهن ها ظرفیت پذیرش مسافر و امکانات کمتری نسبت به سایر ایستگاه راه آهن ها دارند. دسته دوم، شامل ۳۰ ایستگاه راه آهن؛ که ۱۵ ایستگاه راه آهن آن ایستگاه راه آهن های دسته اول و بقیه ی آن ایستگاه راه آهن های هستند که ظرفیت پذیرش مسافر و امکانات متوسطی نسبت به سایر ایستگاه راه آهن ها دارند. دسته سوم شامل کل ۴۵ ایستگاه راه آهن مورد ارزیابی می باشد؛ که در هر مرحله از کار، DMU های یکی از این سه دسته، مورد ارزیابی قرار گرفته شده است.

بر اساس جدول شماره ی (۱) نتایج اجرای این مدل برای دسته اول نشان دهنده ی این است که از میان ۱۵ ایستگاه راه آهن دسته اول، ۷ ایستگاه راه آهن بهرگان (امام حسن)، توحید (جم)، تاکستان، شرفخانه، سبزوار، کاشان و خواف کارا و بقیه ناکارا می باشند. شایان ذکر است که ایستگاه راه آهن بهرگان (امام حسن)

در سال تحت مطالعه تعداد ۲۰ میلیون مسافر و ۳۰ میلیون تن بار به وسیله راه آهن جابجا شد و تا پایان برنامه ششم توسعه، قرار است گنجایش جابجایی مسافر سالانه به ۳۶ میلیون نفر و گنجایش جابجایی بار به ۶۴ میلیون تن برسد.

۳- متدولوژی تحقیق

در این مقاله، ۴۵ ایستگاه راه آهن به عنوان DMU در نظر گرفته شده است. ورودی ها در این مقاله عبارتند از: طول خطوط ریلی ایستگاه راه آهن، مساحت ایستگاه راه آهن و مساحت پایانه و خروجی ها نیز عبارتند از: تعداد سفرهای صورت گرفته، تعداد مسافر جابه جا شده و بار و محموله ی پستی جابه جا شده. هم چنین طول خطوط ریلی ایستگاه راه آهن، مساحت ایستگاه راه آهن و مساحت پایانه که از جمله زیر ساخت های فیزیکی ایستگاه راه آهن محسوب می شوند، عوامل غیر قابل کنترل (جهانشاهلو، ۱۳۸۷) هستند که تغییرات آن ها در اختیار مدیر یا کاربر نمی باشد. اما واضح است که در صورت غیر قابل کنترل بودن این ورودی ها نیز، به حساب آوردن آن ها به منظور منعکس نمودن اندازه ی کارایی از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. (جهانشاهلو، ۱۳۸۹) به همین منظور در این مقاله، از مدل بنکر و موری (۱۹۸۶)، (جهانشاهلو، ۱۳۸۷) در طراحی مدل ارزیابی عملکرد ایستگاه راه آهن ها استفاده می شود. به علاوه مدل پایه ی به کار رفته، مدل دورگه (Cooper، ۲۰۰۶) می باشد. به عبارت دیگر، مدل خطی شده ی زیر (مدل ۶) به منظور ارزیابی عملکرد ایستگاه راه آهن ها، پیشنهاد می شود.

$$\min \quad t - \frac{1}{3} \left(\frac{ts_1^{NR-}}{x_{10}} + \frac{ts_2^{NR-}}{x_{20}} + \frac{ts_3^{NR-}}{x_{30}} \right)$$

$$t + (\varphi_1 - t) + (\varphi_2 - t) + (\varphi_3 - t) = 1$$

		ایستگاه راه آهن دسته ی اول		
۱.۰۰۰۰۰۰	$\lambda^*_1 = 1.0000$	۱.۰۰۰۰۰۰	پزند	۱
۰.۰۰۳۸۷۴	$\lambda^*_4 = 0.8597$	۰.۰۰۳۸۷۴	سریندر	۲
۰.۲۰۶۱۵۸	$\lambda^*_1 = 0.1306$	۰.۲۰۶۱۵۸	بندر خرمشهر	۳
۱.۰۰۰۰۰۰	$\lambda^*_4 = 1.0000$	۱.۰۰۰۰۰۰	توحید (جم)	۴
۰.۰۴۹۹۳۵	$\lambda^*_4 = 0.2651$	۰.۰۴۹۹۳۵	بندر ترکمن	۵
۰.۰۱۱۶۰۰	$\lambda^*_{14} = 0.5454$	۰.۰۱۱۶۰۰	قزوین	۶
۱.۰۰۰۰۰۰	$\lambda^*_7 = 1.0000$	۱.۰۰۰۰۰۰	تاکستان	۷
۰.۱۴۳۶۷۹	$\lambda^*_4 = 0.6226$	۰.۱۴۳۶۷۹	سیرجان	۸
۱.۰۰۰۰۰۰	$\lambda^*_9 = 1.0000$	۱.۰۰۰۰۰۰	شرفخانه	۹
۰.۱۱۵۶۰۸	$\lambda^*_{14} = 0.8181$	۰.۱۱۵۶۰۸	کرج	۱۰
۱.۰۰۰۰۰۰	$\lambda^*_{11} = 1.0000$	۱.۰۰۰۰۰۰	سبزوار	۱۱
۱.۰۰۰۰۰۰	$\lambda^*_{12} = 1.0000$	۱.۰۰۰۰۰۰	کاشان	۱۲
۰.۰۰۱۰۰۱	$\lambda^*_{14} = 0.9754$	۰.۰۰۱۰۰۱	درود	۱۳
۱.۰۰۰۰۰۰	$\lambda^*_{14} = 1.0000$	۱.۰۰۰۰۰۰	خواف	۱۴

برای ایستگاه راه آهن بندر خرمشهر ؛ ایستگاه راه آهن توحید(جم) برای ۴ ایستگاه راه آهن (سریندر ، بندر خرمشهر ، بندر ترکمنو سیرجان)؛ ایستگاه راه آهن تاکستان برای ۳ ایستگاه راه آهن (بندر خرمشهر ، بندر ترکمن و سیرجان) و ایستگاه راه آهن ابوموسی برای ایستگاه راه آهن جیرفت، کرج ، درود و خوی، ایستگاه راه آهن مرجع می‌باشند.

در اجرای مدل برای دسته‌ی دوم، تنها دو ایستگاه راه آهن گرگان و فیروزکوه کارا شده‌اند؛ که ایستگاه راه آهن فیروزکوه ، تنها برای ایستگاه راه آهن اردبیل، ایستگاه راه آهن مرجع می‌باشد.

به همین ترتیب ایستگاه راه آهن گرگان برای ۲۸ ایستگاه راه آهن ، ایستگاه راه آهن مرجع شناخته شده است. یعنی ایستگاه راه آهن های بهرگان(امام-حسن)، سریندر ، بندر خرمشهر ، توحید(جم)، بندر ترکمن ، قزوین، تاکستان ، سیرجان، شرفخانه ، کرج ، سبزوار ، کاشان، درود ، خواف، خوی، گرمسار ، مراغه ، یزد، اردبیل، قم ، کاشان ، پیشوا ، لامرد، میانه ، شیراز ، اندیمشک ، ساری و شهرکرد می توانند ایستگاه راه آهن گرگان را به عنوان الگو قرار دهند.

در دسته‌ی سوم نیز که ارزیابی عملکرد کل ایستگاه راه آهن ها در آن صورت پذیرفته تنها ۲ ایستگاه راه آهن گرگان و تهران کارا و بقیه‌ی ایستگاه راه آهن ها ناکارا می باشند؛ که از این میان، ایستگاه راه آهن تهران برای تمامی ایستگاه راه آهن های مورد ارزیابی به جز ایستگاه راه آهن گرگان ایستگاه راه آهن مرجع بوده است.

جدول شماره‌ی (۱): نتایج اجرای مدل ارایه شده به منظور

تحلیل کارایی ایستگاه راه آهن ها دسته اول

ردیف	نام ایستگاه راه آهن	میزان کارایی	ایستگاه راه آهن های مرجع
------	---------------------	--------------	--------------------------

	۱.۰۹۰۹			
۲۷	$\lambda_{27}^* = 1.000000$	گرگان		
۲۸	$\lambda_{27}^* = 1.3763$	اندیمشک		
۲۹	$\lambda_{27}^* = 0.4090$	ساری		
۳۰	$\lambda_{27}^* = 1.2924$	زنجان		

جدول شماره‌ی (۳): نتایج اجرای مدل ارایه شده به منظور

تحلیل کارایی ایستگاه راه آهن ها دسته سوم

ردیف	نام ایستگاه راه آهن	میزان کارایی ایستگاه راه آهن های دسته‌ی دوم	ایستگاه راه آهن های مرجع
۳۱	جلفا	۰.۰۵۲۵۰۷	$\lambda_{45}^* = 0.1021$
۳۲	سمنان	۰.۱۲۵۴۸۱	$\lambda_{45}^* = 0.0817$
۳۳	اراک	۰.۱۰۲۴۲۶	$\lambda_{45}^* = 0.0995$
۳۴	زاهدان	۰.۰۵۷۶۶۳	$\lambda_{45}^* = 0.1047$
۳۵	اهواز	۰.۲۱۰۳۴۱	$\lambda_{45}^* = 0.2199$
۳۶	سپهان	۰.۰۶۴۹۹۰	$\lambda_{45}^* = 0.1453$
۳۷	ارومیه	۰.۰۰۶۹۱۲	$\lambda_{45}^* = 0.006912$

	۱.۰۰۰۰			
۱۵	$\lambda_{14}^* = 0.6921$	خوی	۰.۰۰۱۱۸۰	۰.۰۰۱۱۸۰

جدول شماره‌ی (۲): نتایج اجرای مدل ارایه شده به منظور

تحلیل کارایی ایستگاه راه آهن ها دسته دوم

ردیف	نام ایستگاه راه آهن	میزان کارایی ایستگاه راه آهن های دسته‌ی سوم	ایستگاه راه آهن های مرجع
۱۶	گرمسار	۰.۰۰۴۹۳۳	$\lambda_{27}^* = 1.0472$
۱۷	مراغه	۰.۰۰۴۰۹۸	$\lambda_{27}^* = 1.0545$
۱۸	یزد	۰.۰۰۸۹۱۳	$\lambda_{27}^* = 1.2663$
۱۹	کرمان	۰.۰۹۶۰۸۳	$\lambda_{27}^* = 0.2307$ و $\lambda_{22}^* = 0.0508$
۲۰	قم	۰.۰۳۳۲۴۶	$\lambda_{27}^* = 0.2513$
۲۱	کاشان	۰.۰۲۰۱۹۰	$\lambda_{27}^* = 1.2903$
۲۲	فیروزکوه	۱.۰۰۰۰۰۰	$\lambda_{22}^* = 1.0000$
۲۳	پیشوا	۰.۰۰۵۹۶۶	$\lambda_{27}^* = 0.8863$
۲۴	ورامین	۰.۰۵۵۴۳۹	$\lambda_{27}^* = 0.6363$
۲۵	میانه	۰.۰۴۱۹۰۱	$\lambda_{27}^* = 1.0752$
۲۶	شیراز	۰.۰۰۳۶۱۵	$\lambda_{27}^* = 0.003615$

(Cooper, ۲۰۰۶) که مبتنی بر رتبه بندی داده‌ها بوده، مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین، میزان کارایی ایستگاه راه آهن ها که با استفاده از مدل دورگه در حالت CRS به دست آمده، در مجموعه‌ی A و نتایج حاصل از مدل CCR و بدون در نظر گرفتن عوامل غیر قابل کنترل، در مجموعه‌ی B قرار گرفته است. سپس مجموعه‌ی C که اعضای آن، همان اعضای دو مجموعه‌ی A و B بوده که به ترتیب نزولی مرتب شده‌اند، تشکیل یافته است.

$A = \{0.002207, 0.000319, 0.009547, 0.020491, 0.003520, 0.000761, 0.002619, 0.009241, 0.000151, 0.005632, 0.000132, 0.000464, 0.000055, 0.018319, 0.000051, 0.001147, 0.000966, 0.002393, 0.025835, 0.017614, 0.008337, 0.060909, 0.001465, 0.015647, 0.011880, 0.000934, 1.000000, 0.009784, 0.000032, 0.001521, 0.052507, 0.125481, 0.102426, 0.057663, 0.210341, 0.064990, 0.006912, 0.079205, 0.214439, 0.013099, 0.176671, 0.114386, 0.076827, 0.485205, 1.000000\}$

$B = \{0.378091, 0.006210, 0.298716, 0.251087, 0.088739, 0.068400, 0.344620, 0.115820, 0.122915, 0.114877, 0.107953, 0.125119, 0.013552, 0.212784, 0.035902, 0.149673, 0.144182, 0.074211, 0.567590, 0.183186, 0.071468, 0.747877, 0.239149, 0.491612, 0.114262, 0.446364, 1.000000, 0.069003, 0.533741, 0.065641, 0.254720, 0.447360, 0.511835, 0.330486, 0.617486\}$

	0.0955			
38	$\lambda_{45}^* = 0.1545$	0.079205	تبریز	
39	$\lambda_{45}^* = 0.1217$	0.214439	بندرعباس	
40	$\lambda_{45}^* = 0.1822$	0.013099	مهر آبادی	
41	$\lambda_{45}^* = 0.3011$	0.176671	نیک پسندی	
42	$\lambda_{45}^* = 0.2756$	0.114386	اصفهان	
43	$\lambda_{45}^* = 0.0576$	0.076827	خرمشهر	
44	$\lambda_{45}^* = 0.3698$	$\lambda_{27}^* = 0.4328$	مشهد	0.885205
45	$\lambda_{45}^* = 1.0000$	1.0000	تهران	

- تست ناپارامتری آماری آزمون مجموع رتبه‌ها در بخش سوم، ارزیابی عملکرد ایستگاه راه آهن ها با استفاده از مدل دورگه و با در نظر گرفتن عوامل غیر قابل کنترل روی ورودی‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در این بخش، با استفاده از مدل CCR و بدون در نظر گرفتن عوامل غیر قابل کنترل بر ورودی‌ها، عملکرد ایستگاه راه آهن ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. سپس نتایج حاصل از مدل دو رگه در حالت CRS و فرم پوششی مدل CCR، با استفاده از تست ناپارامتری آماری آزمون مجموع رتبه‌ها^۱

^۱ Rank Sum Test

$R_1 = \{2, 2, 2, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90\}$

همچنین مجموع رتبه‌ها (به شرطی که رتبه‌های تکراری را فقط یک بار محاسبه می‌کند)، به صورت زیر می‌باشد.

مجموع رتبه‌های A

$$S_A = 2799$$

مجموع رتبه‌های B

$$S_B = 1293$$

در این صورت:

$$T = \frac{s - m(m + n + 1)/2}{\sqrt{mn(m + n + 1)/12}}$$

$$T_A = 2.475772717 \geq 2.326 = T_{0.01} = T_{\frac{\alpha}{2}}$$

$$\Rightarrow \alpha = 0.02$$

$$T_B = -2.485656042 \leq -2.326 = T_{0.01} = T_{\frac{\alpha}{2}}$$

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، کارایی تکنیکی ایستگاه راه آهن جمهوری اسلامی ایران در بهره‌گیری از زیرساخت‌های فیزیکی آن‌ها با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. کار جدید ارائه شده در ارزیابی عملکرد ایستگاه راه آهن‌ها از طریق استفاده از مدل دورگه با در نظر گرفتن عوامل غیرقابل کنترل بر روی ورودی‌ها صورت

$\cdot 0.891649, \cdot 0.147122, \cdot 0.487999, \cdot 0.715688, \cdot 0.125283, \cdot 0.668112, \cdot 0.540709, \cdot 0.393894, \cdot 0.975723, 1.000000\}$

$C = \{1.000000, 1.000000, 1.000000, 1.000000, \cdot 0.975723, \cdot 0.891649, \cdot 0.747877, \cdot 0.715688, \cdot 0.668112, \cdot 0.617486, \cdot 0.567590, \cdot 0.540709, \cdot 0.533741, \cdot 0.511835, \cdot 0.491612, \cdot 0.487999, \cdot 0.485205, \cdot 0.447360, \cdot 0.446364, \cdot 0.393894, \cdot 0.378091, \cdot 0.344620, \cdot 0.330486, \cdot 0.298716, \cdot 0.254720, \cdot 0.251087, \cdot 0.239149, \cdot 0.214439, \cdot 0.212784, \cdot 0.210341, \cdot 0.183186, \cdot 0.176671, \cdot 0.149673, \cdot 0.147122, \cdot 0.144182, \cdot 0.125481, \cdot 0.125283, \cdot 0.125119, \cdot 0.122915, \cdot 0.115820, \cdot 0.114877, \cdot 0.114386, \cdot 0.114262, \cdot 0.107953, \cdot 0.102426, \cdot 0.88739, \cdot 0.79205, \cdot 0.76827, \cdot 0.74211, \cdot 0.71468, \cdot 0.69003, \cdot 0.68400, \cdot 0.65641, \cdot 0.64990, \cdot 0.60909, \cdot 0.57663, \cdot 0.52507, \cdot 0.35902, \cdot 0.25835, \cdot 0.20491, \cdot 0.18319, \cdot 0.17614, \cdot 0.15647, \cdot 0.13552, \cdot 0.13099, \cdot 0.11880, \cdot 0.09784, \cdot 0.09547, \cdot 0.09241, \cdot 0.08337, \cdot 0.06912, \cdot 0.06210, \cdot 0.05632, \cdot 0.03520, \cdot 0.02619, \cdot 0.02393, \cdot 0.02207, \cdot 0.01521, \cdot 0.01465, \cdot 0.01147, \cdot 0.00966, \cdot 0.00934, \cdot 0.00761, \cdot 0.00464, \cdot 0.00319, \cdot 0.00151, \cdot 0.00132, \cdot 0.00055, \cdot 0.00051, \cdot 0.00032\}$

اکنون اعضای مجموعه‌ی R_1 ، رتبه‌ی داده‌ها را نشان

می‌دهند.

منابع و مراجع

- [۱] جهانشاهلو، غلامرضا؛ حسین زاده لطفی، فرهاد؛ نیکومرام، هاشم؛ ۱۳۸۷؛ تحلیل پوششی داده‌ها و کاربردهای آن؛ دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات؛ ۱۵۳-۱۹۰.
- [۲] درویش متولی، محمد حسین؛ ۱۳۸۷؛ پایان نامه کارشناسی ارشد ۱۳۸۷؛ ارزیابی عملکرد واحد های دانشگاهی با استفاده از تحلیل پوششی داده ها؛ ۶۳-۱۰.
- [۳] جهانشاهلو، غلامرضا؛ محسن پور، زهرا؛ محسن پور، پرویز؛؛ ارزیابی عملکرد ایستگاه راه آهن جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۳۸۷؛ دومین همایش ملی تحلیل پوششی داده‌ها؛ رشت؛ تابستان ۱۳۸۹.
- [۴] Barros. Cp, Dieke. PUC, ۲۰۰۷, Performance evaluation of Italian railways : a data envelopment analysis. J Air Transp Manag ۱۳:۱۸۴-۱۹۱.
- [۵] Barros. Cp, Dieke. PUC, ۲۰۰۸, Measuring the economic efficiency of railways : a Simar-Wilson methodology analysis. Transp Res Part E ۴۴(۶): ۱۰۳۹-۱۰۵۱.
- [۶] Barros. Cp, Peypoch. N, ۲۰۰۸, A comparative analysis of productivity change in Italian and Portuguese railways . Int J Transport Econ ۳۵(۲): ۲۰۵-۲۱۶.
- [۷] Cooper. WW, Seiford. LM, Tone K, ۲۰۰۶, Data Envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-

پذیرفت که باعث منعکس نمودن نتایج دقیق تر امتیاز کارایی می‌باشد.

همچنین دسته‌بندی کردن ایستگاه راه آهن ها و انتخاب مدل مناسب دارای اهمیت فراوانی است. در نظر گرفتن واحدهای تصمیم گیرنده در چندین دسته (Category) به طوری که اعضای هر دسته از نظر زیر ساخت‌های فیزیکی، ظرفیت پذیرش مسافر و بار و سایر امکانات ایستگاه راه آهن ی ساختار مشابهی داشته باشند، نتایج قابل توجهی خواهد داشت. به عنوان مثال می‌توان به شناسایی ایستگاه راه آهن هایی که با توجه به این که نسبت به بقیه ایستگاه راه آهن ها امکانات کمتری دارند، اما از امکانات خود به صورت بهینه استفاده نموده‌اند، اشاره نمود؛ که بایستی دقت و توجه بیشتری در جهت رشد و توسعه‌ی آن‌ها اعمال گردد، مانند: ایستگاه راه آهن های پرند، توحید(جم)، تاکستان، شرفخانه، سبزوار، کاشان، ابوموسی، گرگان و خارک(شهدای جزیره).

علاوه بر این، کارایی ایستگاه راه آهن ها با استفاده از مدل CCR و بدون در نظر گرفتن عوامل غیرقابل کنترل در ورودی‌ها محاسبه و نتایج حاصل از اجرای مدل دورگه در حالت CRS با مدل CCR مقایسه گردیده است و نتایج آن‌ها با استفاده از تست آماری ناپارامتری آزمون مجموع رتبه‌ها بررسی شده است. که به موجب این تست، $\Gamma = ۰.۰۲$ به دست آمد.

- productivity changes in Spanish railways using a Malmquist Index, *Int J Transport Econ* XXVI(۲):۲۷۱-۲۹۲.
- [۱۵] Pathomsiri. S, Haghani. A, Dresner. M, Windle. RJ, ۲۰۰۸, Impact of undesirable outputs on the productivity of US railways . *Transp Res part E Logistics and Transp Rev* ۴۴:۲۳۵-۲۵۹.
- [۱۶] Schaar. David, Sherry. Lance, ۲۰۰۸, Comparison of data envelopment analysis methods used in airport benchmarking, *Systems Engineering and Operations Research*.
- [۱۷] Tapiador. FJ, Mateos. A, Marti-Henneberg. J, ۲۰۰۸, The geographical efficiency of Spains regional railways , A quantitative analysis, *J Air Transp Manag* ۱۴(۴):۲۰۵-۲۱۲.
- [۱۸] Yoshida. Y, Fujimoto. H, ۲۰۰۴, Japanese-airport benchmarking with the DEA and endogenous-weight TFP methods: testing the criticism of over investment in Japanese regional railways , *Transp Res Part E Logistics and Transp Rev* ۴۰:۵۳۳-۵۴۶.
- [۱۹] Yu. M.M, ۲۰۰۴, Measuring physical efficiency of domestic railways in Taiwan with undesirable outputs and environmental factors, *J Air Transp Manag* ۱۰:۲۹۵-۳۰۳
- Solver Software, ۲ nd end. Springer, New York: ۲۰۰ .
- [۸] Fernandes. E, Pacheco. RR, ۲۰۰۲, Efficient use of airport capacity, *Transp Res Part A Policy and Pract* ۳۶:۲۲۵-۲۳۸.
- [۹] Fung. MKY, Wan. KKH, Hui. YV, Law. JS, ۲۰۰۸, Productivity changes in Chinese railways ۱۹۹۵-۲۰۰۴, *Transp Res Part E Logistics and Transp Rev* ۴۴:۵۲۱-۵۴۲.
- [۱۰] Gillen. D, Lall. A, ۱۹۹۷, Developing measures of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis. *Transp Res E Logistics and transp Rev* ۳۳(۴):۲۶۱-۲۷۳.
- [۱۱] Lin. LC, Hong. Ch, ۲۰۰۶, Operational performance evaluation of international major railways : an application of data envelopment analysis, *J Air Transp Manag* ۱۲:۳۴۲-۳۵۱.
- [۱۲] Martin. JC, Roman. C, ۲۰۰۱, An application of DEA to measure the efficiency of Spanish railways prior to privatization, *J Air Transp Manag* ۷:۱۴۹-۱۵۷.
- [۱۳] Martin. JC, Roman. C, ۲۰۰۶, A benchmarking analysis of Spanish commercial railways . A comparison between SMOP and DEA ranking methods. *Networks and Spatial Economies* ۶۶:۱۱۱-۱۳۴.
- [۱۴] Murillo- Melchor. C, ۱۹۹۹, An analysis of technical efficiency and

