

تعیین و رتبه‌بندی کارایی نواحی مختلف راه آهن جمهوری اسلامی ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها

محمد مهدی موحدی^{۱*}، سید محی الدین حسینی^۲

^۱گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فیروزکوه

^۲دانش آموخته گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سمنان

چکیده

امروزه یکی از شاخص‌های توسعه هر کشور، میزان و چگونگی بهره‌مندی از حمل و نقل ریلی روان، ایمن، پرسرعت و به طور کلی حمل و نقل ریلی کارا و اثربخش می‌باشد. در این مقاله با استفاده از تکنیک خاص تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) کارایی فنی نواحی چهارده گانه راه آهن جمهوری اسلامی ایران اندازه‌گیری و مقایسه شده است. همچنین واحدهای الگو برای نواحی ناکارا معرفی و نواحی کارا رتبه‌بندی گردیده‌اند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸۷ از مجموع ۱۴ ناحیه مورد بررسی تعداد ۵ ناحیه در حالت CRS (کارایی فنی کل) و تعداد ۹ واحد در حالت VRS (کارایی فنی خالص) کارا می‌باشند و میانگین کارایی مجموع نواحی در این دو حالت به ترتیب برابر با ۰/۶۶۶ و ۰/۷۸۲ بوده است. بنابراین می‌توان ادعا کرد که در سال مورد بررسی سیستم حمل و نقل ریلی ایران ۰/۳۳۴ زیر ظرفیت فعالیت می‌کند. نواحی تهران، خراسان، اصفهان، هرمزگان و شرق دارای کارایی واحد می‌باشند و روی مرز کارایی قرار گرفته‌اند. همچنین نتایج رتبه‌بندی نواحی کارا نشان می‌دهد نواحی هرمزگان، شرق، خراسان، تهران و اصفهان به ترتیب با امتیازهای ۲/۷۴، ۱/۶۴، ۱/۳۳، ۱/۰۸ و ۱/۰۳ دارای بالاترین سطح کارایی می‌باشند.

کلمات کلیدی: کارایی، تحلیل پوششی داده‌ها، راه آهن.

۱ مقدمه

بی‌شک بشر در تمامی دوران حیات خود همواره با محدود بودن عوامل تولید و به تبع آن کالاها و خدمات مواجه بوده و هست. بشر به منظور به دست آوردن شرایط زندگی بهتر چاره‌ای جز استفاده بهینه از امکانات موجود و دسترسی به تولید بیشتر و با کیفیت بالاتر ندارد. در حال حاضر آنچه که به روشنی پاسخ‌گوی این نیاز می‌باشد به دست آوردن حداکثر نتیجه از امکانات و عوامل محدود تولید و در یک کلمه "کارایی" می‌باشد.

^۰عهده دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: mmmovahedi@gmail.com

از آنجا که حمل و نقل در مباحث توسعه همواره به عنوان یکی از محورهای اساسی قلمداد شده، لذا باید ساماندهی، سیاست‌گذاری و امثال آن به منظور ارتقاء در این بخش به بهترین شکل صورت گیرد، چرا که هرگونه تخصیص بهینه نشده امکانات در این بخش موجب لطمات جبران ناپذیری می‌گردد که در بلندمدت بر فرآیند توسعه تأثیر خواهد گذاشت.

حال با توجه به بحث فوق، ساماندهی در بخش حمل و نقل به چهار شاخه‌ی جاده‌ای، ریلی، هوایی، دریایی تقسیم‌بندی شده که از میان حمل و نقل ریلی به دلایل عدیده‌ای از جمله حجم انرژی مصرفی، تأثیرات زیست محیطی و ایمنی و ارزانی در مقایسه با سایر روش‌های حمل و نقل از صرفه‌ی اقتصادی بالایی برخوردار است. صرفه اقتصادی بالا حمل و نقل ریلی، توسعه این بخش از حمل و نقل را ضروری می‌سازد.

با عنایت به مباحث بالا سولاتی را می‌توان مطرح کرد؛ آیا منابع موجود به صورت بهینه در این صنعت تخصیص داده می‌شوند؟ آیا قبل از توسعه بیشتر کارایی منابع به گونه‌ای است که در آینده منابع وارد شده در این بخش هدر نروند؟ پاسخ‌گویی به سولاتی از این دست جز با تعیین و ارزیابی میزان کارایی نواحی مختلف راه‌آهن میسر نمی‌باشد. بنابراین ارزیابی کارایی نواحی مختلف راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران به منظور تعیین و تشخیص میزان کارایی و شناسایی عوامل موثر بر آن در هر ناحیه، امری لازم به نظر می‌رسد.

۲ مساله پژوهش

امروزه ارزیابی و بررسی عملکرد بخش‌های مختلف اقتصادی از جمله مسائل بسیار مهمی است که توجه بسیاری از محققان را به خود جلب نموده و خصوصاً با مطرح شدن مباحثی همچون تمرکز زدایی و افزایش مسئولیت‌پذیری مدیران اجرایی بخش‌های مختلف و همچنین بحث بهینه‌سازی منابع موجود، سازمان‌های مختلف را بر آن داشته که به بررسی عملکرد واحدهای تحت سرپرستی خود بپردازند. راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران از این قاعده مستثنی نبوده و بایستی به ارزیابی و بررسی عملکرد نواحی مختلف خود بپردازد. در حال حاضر آنچه که به روشنی پاسخ‌گوی این نیاز می‌باشد اندازه‌گیری کارایی نواحی مختلف راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران و مقایسه آن با یکدیگر است.

یکی از شاخص‌های کارایی هر سیستمی نسبت خروجی‌ها به ورودی‌های آن است. برای ارزیابی کارایی دو روش کلی وجود دارد: ۱- روش‌های پارامتری ۲- روش‌های ناپارامتری. در این تحقیق، از روش ناپارامتری برای ارزیابی کارایی نواحی راه‌آهن ج.ا.ا. استفاده شده است. مزیت عمده روش تحلیل پوششی داده‌ها در سنجش کارایی سیستم‌هایی است که ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه دارند. پس از اندازه‌گیری کارایی نواحی مختلف می‌توان مدیران را در تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از منابع به منظور حصول حداکثر خروجی یاری کرد.

بر این اساس، مساله اصلی پژوهش حاضر "رتبه‌بندی نواحی مختلف راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها" در نظر گرفته شده است.

۲-۱ اهمیت و اهداف پژوهش

حمل و نقل یکی از ارکان اصلی رشد و توسعه هر جامعه‌ای محسوب می‌شود، بالا بودن کارایی این بخش از اقتصاد از اهمیت زیادی برخوردار است. از میان شقوق مختلف آن، حمل و نقل ریلی اهمیت زیادی دارد، زیرا از یک طرف سرمایه‌گذاری زیادی روی آن انجام می‌شود و از طرف دیگر به دلیل پایین بودن هزینه‌های سوخت، آلودگی محیط زیست و همچنین بالا بودن ایمنی آن در سال‌های اخیر مورد توجه مسئولین قرار گرفته است. از آنجا که منابع قابل استفاده محدود است بالا رفتن بهره‌وری و کارایی در این بخش از اقتصاد، اهمیت ویژه‌ای دارد. افزایش روزافزون رقابت در زمینه‌های مختلف، سازمان‌ها را بر آن داشته تا از زوایای مختلف به ارزیابی عملکرد واحدهای تابعه خود بپردازند. راه آهن جمهوری اسلامی ایران نیز از این قاعده مستثنی نمی‌باشد و به منظور باقی ماندن در چرخه‌ی رقابت ناچار به استفاده بهینه از تمامی امکانات و عوامل خود به منظور حصول حداکثر نتایج می‌باشد. این مهم محقق نمی‌شود مگر با ارزیابی کارایی نواحی مختلف در یک چهارچوب علمی، تا راهکارهای مناسب به مدیران نواحی مختلف ارائه گردد.

در این تحقیق انگیزه‌ی اصلی ما اندازه‌گیری کارایی نواحی مختلف راه آهن جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. به این منظور تعیین عوامل موثر بر کارایی نواحی امری ضروری است. همچنین شناسایی نواحی الگو برای واحدهای ناکارا به منظور بهبود کارایی از دیگر اهداف این تحقیق است. به طور خلاصه این تحقیق خواهد کوشید که به چند سؤال زیر پاسخ دهد:

۱. آیا کارایی نواحی مختلف راه آهن در سال ۱۳۸۷ بهینه بوده است؟
۲. آیا نواحی راه آهن با امکانات موجود قابلیت و انعطاف‌پذیری را دارند که بتوان میزان جابجایی بار و مسافر را در آن‌ها افزایش داد؟
۳. آیا هر ناحیه به تنهایی، با توجه به نهاده‌هایی که در اختیارش قرار می‌گیرد و مقدار ستاده‌ای که از آن حاصل می‌شود، به عنوان یک واحد کارا قلمداد می‌شود؟
۴. واحد یا واحدهای الگو برای افزایش کارایی واحدهای ناکارا کدامند؟

۲-۲ سابقه و مبانی نظری پژوهش

اهمیت بهره‌وری و کارایی در فرآیند تولید و فعالیت‌های اقتصادی پیشینه‌ای طولانی در ادبیات اقتصادی دارد. در پی تعالی و تکامل دانش بشر در حوزه‌های مختلف و از جمله اقتصاد، مفاهیم کارایی و بهره‌وری توسعه و تکامل یافته و در دو دهه اخیر، اندازه‌گیری آن بر مبنای نظریه‌های اقتصادی امکان‌پذیر و عملی‌تر شده است. در مفهوم جدید، کارایی، به معنی تلف نکردن منابع است که از نسبت ستانده به کل نهاده به دست می‌آید و بهره‌وری^۱ نیز به مفهوم مقایسه کارایی یک بنگاه (سازمان) طی دو زمان متفاوت و یا مقایسه کارایی دو بنگاه (سازمان) نسبت به یکدیگر در یک زمان مشخص است و به عبارت دیگر بهره‌وری مقایسه کارایی است [۱].

. Productivity

اصولاً از لحاظ اهداف کاربردی تعاریف دیگری از کارایی وجود دارد ولی غالباً کارایی معرف نسبت ستانده ها به نهاد ها در مقایسه با یک استاندارد مشخص تعریف می‌شود (برهانی، ۱۳۷۷).

در ساده‌ترین حالت که بنگاهی یک واحد نهاده و یک واحد ستانده دارد، کارایی به صورت نسبت ساده ستانده به نهاده در مقایسه با یک استاندارد مشخص تعیین و تعریف می‌گردد. این استاندارد مشخص می‌تواند حداکثر تولید ممکن ستانده‌های قابل دسترس با توجه به تابع تولید باشد. در این صورت لازم است که تابع تولید به نوعی مشخص گردد ولی غالباً واحدها چندین ستانده و چندین نهاده دارند که در این حالت کارایی به صورت نسبت مجموع وزنی ستانده به مجموع وزنی نهاده تعریف می‌شود. به عبارت دیگر در این حالت با استفاده از وزن‌های مختلف، نهاده‌ها و ستانده‌های چندگانه به یک نهاده مجازی و یک ستانده مجازی تبدیل شده و یا به نوعی همسنگ می‌شوند [۹].

با توجه به تعاریف ارائه شده تشخیص کارایی منوط به تعریف و مقایسه با یک حد مطلوب استاندارد است و مبنای یک چنین حد مطلوبی می‌تواند به روش‌های متفاوتی تعیین گردد که از جمله این روش‌ها می‌توان به روش تحلیل نسبت و روش تحلیل مرزی اشاره نمود.

در روش تحلیل مرزی از مفهوم کارایی که رابطه مستقیمی با مفهوم ارزیابی عملکرد دارد استفاده شده و مرزی به عنوان مرز کارایی به وجود می‌آید و شعبه‌ها و واحدهایی که بر روی این مرز فعالیت می‌کنند کارا شناخته می‌شوند و به عبارت دیگر آن‌ها بهترین عملکرد را داشته و واحدهایی که در زیر مرز کارایی فعالیت کنند به عنوان واحدهای ناکارا شناخته می‌شوند [۴].

در نظریه‌های اقتصادی برای تعیین مرز کارایی (تابع تولید) دو روش مهم پارامتریک و ناپارامتریک وجود دارد. در رویکرد پارامتریک تعیین مرز کارایی روش‌های متفاوتی چون روش تحلیل تابع مرزی تصادفی (SFA)^۲، روش مرزی ضخیم (TFA)^۳ و روش توزیع آزاد (DFA)^۴ وجود دارد. اصولاً در تمامی این روش‌های پارامتریک سعی بر آن است که با استفاده از فرض‌های متفاوت، یک تابع تولید مرزی به شکل خاصی (نظیر کاب داگلاس، ترانسلوگ و...) با یک جمله خطای ترکیبی، تخمین زده شود و به این وسیله میزان ناکارایی واحدها را به دو دسته عوامل تصادفی و عوامل ناکارایی نسبت دهد (بوئر و همکاران ۱۹۹۸).

مهم‌ترین ایراد روش پارامتریک، فرض‌های متفاوتی است که برای توابع و جزء ناکارایی در نظر می‌گیرد. لذا با در نظر گرفتن فرض‌های مختلف، تخمین‌های بسیار متفاوتی حاصل می‌گردد که امکان مقایسه عملی بین واحدها را با مشکل مواجه می‌سازد (ودودی مفید، ۱۳۸۵).

در سطح ناپارامتریک، روش‌های متفاوتی برای مشاهده ناکارایی وجود دارد که از مهم‌ترین و پرکاربردترین آن‌ها می‌توان به روش مرز پله‌ای^۵ و روش برنامه‌ریزی خطی^۶ اشاره نمود که هر دو جزء الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی هستند (ودودی مفید، ۱۳۸۵، صص ۳۸-۳۷).

² Stochastic Frontier Approach

³ Tick Frontier Approach

⁴ Distribution Free Approach

⁵ Stepped Frontier

⁶ Liner Programming

۳ اندازه‌گیری کارایی به روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)^۷

بحث تحلیل پوششی داده‌ها با رساله‌ی دکتری ادوارد رودز^۸ تحت راهنمایی کوپر آغاز شد، که پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان مدارس آمریکا را در سال ۱۹۷۸ مورد ارزیابی قرار داده و نتایج این مطالعات را با همکاری چارلز و کوپر در مقاله‌ای که به CCR معروف گردید انتشار یافت. CCR با تبدیل ورودی و خروجی‌های چندگانه به یک ورودی و یک خروجی روش بهینه‌سازی برنامه‌ریزی ریاضی را برای تعمیم اندازه‌ی کارایی یک ورودی و یک خروجی فازی به حالت ورودی و خروجی چندگانه به کار برد [۷].

سپس در سال ۱۹۸۴ بنکر، چارلز و کوپر مقاله‌ای منتشر کردند که در آن مدلی به نام BCC که مخفف اسامی ایشان است، مطرح گردید. در این مدل بحث بازده به مقیاس نیز به مدل CCR اضافه شد [۷].

این روش که عمدتاً به عنوان روش اندازه‌گیری کارایی در جهان شناخته شده است، در حین اندازه‌گیری کارایی نوع بازده به مقیاس تولید را نیز به تفکیک برای بنگاه‌ها ارائه می‌نماید، با پیشرفت و تکامل روش فوق، در حال حاضر DEA یکی از حوزه‌های فعال تحقیقاتی در اندازه‌گیری کارایی بوده و به طور چشم‌گیری مورد استقبال پژوهش‌گران جهان قرار گرفته است، این روش برای ارزیابی عملکرد سازمان‌های دولتی و غیرانتفاعی که اطلاعات قیمتی آن‌ها معمولاً در دسترس نیست یا غیر قابل اتکا است، کاربرد قابل ملاحظه‌ای دارد. در این روش به جای لفظ تولیدکننده به منظور جامعیت بخشیدن عموماً به عنوان واحد تصمیم‌ساز (DMU)^۹ به کار برده می‌شود. این روش (DEA) که تکنیک برنامه‌ریزی خطی را به کار می‌گیرد از جمله روش‌های ناپارامتریک تخمین توابع هم‌مقداری تولید می‌باشد [۱].

در حالت اولیه روش تحلیل پوششی داده‌ها به ارایه مدل زیر به منظور اندازه‌گیری کارایی نسبی می‌پردازد.

$$\begin{aligned} \max \quad & \frac{\sum_{r=1}^S U_{ro} y_{ro}}{\sum_{i=1}^n V_{io} X_{io}} \\ \text{s.t.} \quad & \frac{\sum_{r=1}^S U_{ro} y_{rj}}{\sum_{i=1}^n V_{io} X_{ij}} \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \\ & r = 1, 2, \dots, s, \\ & U_{ro}, V_{io} \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m. \end{aligned}$$

⁷ Data Envelopment Analysis

⁸ Edward Rhods

⁹ Decision Making Unit

به عبارت دیگر در روش تحلیل پوششی داده‌ها نسبت موزون خروجی‌ها و ورودی‌ها را حداکثر می‌کنیم به این شرط که همین ضرایب در سایر بنگاه‌ها کارایی آن‌ها را از واحد بیشتر نکند.

بنکر، چانز و کوپر (BCC، ۱۹۷۴) مدل CCR را به گونه‌ای بسط دادند که بازده متغیر نسبت به مقیاس را در بر گیرد.

انجام این مفهوم در فرموله کردن مسئله دوگان در برنامه‌ریزی خطی با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس با اضافه نمودن محدودیت $NI'\lambda = 1$ (قید تحدب) به این مدل می‌باشد، در این حالت محاسبات با فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس انجام می‌شود.

به طوری که:

$Min \theta$

s.t.

$$\sum_{r=1}^S U_r Y_{ro} + \sum_{r=1}^S \lambda_j y_{ij} \geq 0, \quad j=1,2,\dots,n,$$

$$\theta \sum_{i=1}^m V_i X_{io} - \sum_{i=1}^m \lambda_j X_{ij} \geq 0,$$

$$NI'\lambda = 1, \quad \lambda \geq 0.$$

مدل فوق با قید بازده متغیر نسبت به مقیاس مشخص نمی‌کند که آیا بنگاه در ناحیه بازده صعودی یا نزولی نسبت به مقیاس فعالیت می‌کند. این مهم در عمل با مقایسه قید بازده غیر صعودی نسبت به مقیاس ($NI'\lambda \leq 1$) صورت گیرد:

به طوری که:

$Min \theta$

s.t.

$$\sum_{r=1}^S U_r Y_{ro} + \sum_{r=1}^S \lambda_j y_{ij} \geq 0, \quad j = 1,2,\dots,n,$$

$$\theta \sum_{i=1}^m V_i X_{io} - \sum_{i=1}^m \lambda_j X_{ij} \geq 0,$$

$$NI'\lambda \leq 1,$$

$$\lambda \geq 0$$

به عبارت دیگر ماهیت نوع بازده در عدم کارایی مقیاس برای یک بنگاه خاص با مقایسه کارایی فنی در حالت بازده غیر صعودی نسبت به مقیاس، با مقدار کارایی فنی بازده متغیر نسبت به مقیاس، تعیین می‌شود، بدین صورت که اگر این دو با هم مساوی باشند آن‌گاه بنگاه مورد نظر با بازده نزولی نسبت به مقیاس مواجه می‌باشد، در غیر این صورت شرط بازده صعودی نسبت به مقیاس برقرار است.

مدل فوق را در روش DEA مدل BCC با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس می نامند. براساس مدل BCC ، کارایی محاسبه شده در مدل CCR به دو جزء کارایی مدیریتی و کارایی مقیاس تقسیم می گردد.

۴ پیشینه مطالعاتی تحقیق

در رابطه با مدل تحقیق یعنی تحلیل پوششی داده ها، DEA مطالعات متعددی شده و مقالات زیادی به چاپ رسیده است در عین حال برای محاسبه و تحلیل بهره وری و کارایی در خصوص راه آهن ها، مطالعات اندکی مشاهده می شود. در اینجا به چند مورد اشاره می شود: از جمله مطالعات داخلی که در رابطه با ارزیابی کارایی راه آهن جمهوری اسلامی ایران وجود دارد می توان به مطالعه موحدی [۱] اشاره نمود که در آن کارایی راه آهن جمهوری اسلامی ایران طی سال های ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۲ با استفاده از تحلیل پوششی داده ها (DEA) محاسبه شد و همچنین واحدهای کارا رتبه بندی گردیده اند. در این تحقیق هر سال راه آهن به عنوان یک واحد تصمیم گیری تعریف شده است. ورودی هایی که برای محاسبه کارایی در این تحقیق در نظر گرفته شده است: تعداد لوکوموتیو معادل در سرویس، تعداد واگن های باری، تعداد سالن مسافرتی، طول خطوط، تعداد پرسنل و هزینه های عمرانی و عملیاتی می باشد، همچنین خروجی های در نظر گرفته شده تن کیلومتر بار حمل شده، نفر کیلومتر جا به جا شده و درآمد می باشد. نتایج ارزیابی کارایی و عملکرد راه آهن طی دوره مطالعه (۱۳۵۰ تا ۱۳۸۲)، ۶ سال را به عنوان سال های کارا نشان می دهد.

از مطالعات داخلی دیگری که در رابطه با ارزیابی کارایی راه آهن جمهوری اسلامی ایران وجود دارد می توان به مطالعه موحدی [۱۰] اشاره نمود که در آن کارایی راه آهن جمهوری اسلامی ایران با سایر کشورهای مورد مقایسه قرار گرفته است، اطلاعات به دست آمده از کشورهای UIC مربوط به سال ۲۰۰۲ جمع آوری شده است. در این تحقیق دو خروجی مسافر کیلومتر جابه جا شده و تن کیلومتر بار حمل شده در نظر گرفته شده است و در مقابل آن پنج ورودی جمع خطوط اصلی، لکوموتیوهای معادل، تعداد واگن های مسافری، تعداد واگن های باری و میانگین تعداد پرسنل مورد بررسی قرار گرفته اند.

به علت آن که بهره وری کلی در نظر بوده است، مدل ریاضی تحلیل پوششی داده ها (DEA) برای این منظور به کار رفته است.

از دیگر مطالعات داخلی که در آن کارایی نواحی مختلف راه آهن ج.ا.ا. با استفاده از تحلیل پوششی داده ها اندازه گیری شده است. پایان نامه کارشناسی ارشد آقای جواد رضایی می باشد که طی آن کارایی نواحی مختلف در سال ۱۳۸۱ اندازه گیری شده است. ورودی ها و خروجی های در نظر گرفته شده در این پژوهش به ترتیب طول خطوط اصلی، تعداد نیروی انسانی، تعداد واگن مسافری، تعداد لوکوموتیو، میزان مصرف انرژی، تن کیلومتر بار حمل شده و نفر کیلومتر مسافر جا به جا شده می باشد.

از جمله مهم ترین تحقیقات خارجی که در زمینه ارزیابی عملکرد در بخش حمل و نقل ریلی انجام شده است می توان به مطالعه ام ویو ۱۹۹۴ اشاره نمود که در آن یک مشخصه را به عنوان خروجی در نظر گرفته اند. همچنین ام و همکاران ۱۹۹۹ یک مرور کامل روی ارزیابی بهره وری و کارایی در حمل و نقل ریلی داشته اند. نتایج این

ارزیابی به مشخصات خروجی‌ها حساسیت زیادی نشان می‌دهند. کنتزو و همکاران [8] شاخص‌های کارایی را با استفاده از نگرش‌های غیر پارامتریک به دست آورده‌اند و کووی و ریدینگتون ۱۹۹۶ متودولوژی دیگری را به کار برده‌اند. بر طبق مطالعه‌ی آن‌ها، اندازه‌گیری دقیق کارایی ممکن نیست و تنها برای مشخص کردن خوب و بد بودن عملکرد می‌توان از آن استفاده کرد. در بعضی از مطالعات، عملکرد برخی از شرکت‌ها خیلی کارا تشخیص داده می‌شوند، در حالی که در مطالعات دیگر این شرکت‌ها ناکارا تشخیص داده شده بودند.

پدرو کانتوس و همکاران [8] شرکت راه آهن اروپا را با استفاده از تکنیک غیر پارامتری تحلیل پوششی داده‌ها مورد مقایسه قرار داده‌اند. در این مطالعه مسافر کیلومتر و تن کیلومتر و بار دیگر تعداد قطار مسافری کیلومتر و تعداد واگن باری کیلومتر به عنوان خروجی در نظر گرفته شده است.

متغیرهای مورد استفاده به عنوان ورودی در این مطالعه عبارتند از: (۱) تعداد کارکنان، (۲) مصرف انرژی و مواد اولیه، (۳) تعداد لکومتیو، (۴) تعداد سالن‌های مسافری، (۵) تعداد واگن‌های باری و (۶) خطوط اصلی به کیلومتر. با استفاده از آزمون‌های ضریب پیرسون و ضریب رتبه‌بندی اسپیرمن، مشخص شد که اندازه‌گیری کارایی با هر یک از دو خروجی مذکور از لحاظ آماری مساوی هستند. در این مطالعه که در کشور اسپانیا انجام گرفته با در نظر گرفتن ۱۶ کشور اروپایی، به ارزیابی کارایی آن‌ها با توجه به روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته شده است، با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه راه آهن‌های کشورهای سوئد، سوئیس، فنلاند، هلند از بالاترین کارایی و راه آهن‌های نروژ، دانمارک، ایرلند، یونان از پایین‌ترین کارایی برخوردار می‌باشد.

۴-۱ روش تحقیق

به منظور انتخاب روش تحقیق مناسب برای انجام مطالعه، بررسی موضوع و اهداف از الزامات می‌باشد. هدف اصلی ما در تحقیق حاضر اندازه‌گیری کارایی نواحی مختلف راه آهن جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. به منظور تعیین و تشخیص میزان کارایی، شناسایی عوامل موثر بر کارایی در هر ناحیه ضروری است. هر ناحیه به عنوان یک واحد تحلیل قلمداد می‌شود و دارای یک مجموعه ورودی و خروجی است. تعیین ورودی‌ها و خروجی‌هایی که به بهترین نحو نشان دهنده کارایی نواحی باشند از ضروریات تحقیق حاضر است. برای دستیابی به اهداف بالا مشاهده و مصاحبه با مدیران و کارکنان نواحی مختلف در سرلوحه کار قرار گرفت. روش تحقیق طی چند مرحله به صورت زیر است که مشخصات مطلوب سیستم اندازه‌گیری کارایی را بیان می‌کند؛ شامل:

- ۱- دوره ارزیابی بر اساس سهولت دسترسی به اطلاعات و اهداف مدیریت از ارزیابی کارایی مشخص گردیده است.
- ۲- مشاهده و مصاحبه با مدیران و کارکنان نواحی مختلف راه جمهوری اسلامی ایران و همچنین بهره‌گیری از نظرات کارشناسان مرکز تحقیقات راه آهن ج.ا.ا
- ۳- تعیین ورودی‌ها و خروجی‌هایی که به بهترین نحو کارایی نواحی مختلف را نشان دهند.
- ۴- جمع‌آوری اطلاعات به منظور معنادار شدن به مشاهدات.
- ۵- اندازه‌گیری کارایی نواحی مختلف با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها.

۵ اندازه‌گیری کارایی، تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های مدل DEA در این پژوهش

همان‌طور که اشاره شد، هر ناحیه به عنوان یک واحد تصمیم‌ساز (DMU) در نظر گرفته می‌شود و دارای مجموعه‌ای از ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌باشد. در واقع هر ناحیه با استفاده از ورودی‌هایی که در اختیار دارد به تولید خروجی‌ها می‌پردازد. همان‌طور که در مباحث نظری تحلیل پوششی داده‌ها اشاره شد، کارایی نسبت موزون کل ستاده‌ها به کل نهاده‌ها است؛ بنابراین تشخیص صحیح و درست ورودی‌ها و خروجی‌ها که به بهترین نحو نشان دهنده کارایی باشد از الزامات تحقیق حاضر است.

با عنایت به مطالعه پیشینه تحقیق جاری و همچنین مشاهده و مصاحبه با مدیران نواحی مختلف ورودی‌های در نظر گرفته شده در این بررسی عبارت‌اند از: ۱- طول خطوط، ۲- نیروی انسانی، ۳- تعداد واگن باری، ۴- تعداد واگن مسافری و نیز خروجی‌های این مطالعه به ترتیب نفر کیلومتر و تن کیلومتر می‌باشد.

ورودی‌ها

ورودی در تحلیل پوششی داده‌ها عاملی است که با افزودن یک واحد از آن به سیستم، با فرض ثابت بودن سایر شرایط، کارایی کاهش می‌یابد. ورودی‌های تحقیق حاضر به صورت زیر معرفی می‌شوند.

خطوط اصلی

از آنجا که فعالیت مورد نظر حمل و نقل است، لذا طول خط در شکل‌گیری آن به عنوان عامل اصلی قلمداد می‌شود به نظر می‌رسد آن ناحیه‌ای کارا تر است که از ظرفیت خطوط اصلی خود به خوبی بهره‌برداری کند.

نیروی انسانی

بی‌شک فعالیت هر ناحیه را افرادی به عنوان نیروی انسانی شاغل در آن ناحیه مدیریت می‌کنند. این افراد بر حسب تخصص و تجربه خود در واحدهای مختلف ناحیه فعالیت می‌کنند و نقش مهمی را در ناحیه برای انجام درست کارها دارند.

آنچه بدیهی به نظر می‌رسد این است که دوباره کاری‌ها و عدم انجام بهینه امور یا تخصیص کارها به شکل نامناسب به کارکنان، به طور کلی در کارایی تاثیر منفی به وجود می‌آورند. بنابراین واحدی را می‌توان کارا تر از سایر واحدها قلمداد کرد که هم به اندازه مناسب و لازم از نیروی انسانی استفاده کرده باشد و هم نیروی کار را به شکل مناسب به فعالیت مختلف تخصیص داده باشد. به این ترتیب هر گونه قصور در هر یک از موارد فوق باعث تنزل کارایی خواهد شد.

تعداد واگن باری

با توجه به این که آماری به صورت تعداد واگن باری در اختیار نواحی، طی سال موجود نمی‌باشد، لذا آمار آن‌ها بر اساس روابط زیر استخراج گردیده است (جوادی رضایی، ۱۳۸۱).

$$p = \frac{\text{(مجموع تعداد رفت و برگشت واگن های باری)}}{\text{(کل واگن های باری موجود)}}$$

$$p = \frac{\text{(مجموع تعداد رفت و برگشت واگن های باریدر هر ناحیه)}}{\text{تعداد واگن های باری هر ناحیه}}$$

تعداد سالن مسافری

به منظور استخراج آمار تعداد واگن مسافری در هر ناحیه و با توجه به عدم وجود آمار، بر اساس روابط زیر به استخراج آن ها اقدام شده است (جواد رضایی، ۱۳۸۱).

$$q = \frac{\text{(مجموع رفت و برگشت واگن های مسافری)}}{\text{(تعداد کل واگن های مسافری)}}$$

$$q = \frac{\text{(مجموع تعداد رفت و برگشت واگن های مسافری هر ناحیه)}}{\text{تعداد واگن های مسافری هر ناحیه}}$$

خروجی ها

خروجی در تحلیل پوششی داده ها عاملی است که با افزودن یک واحد از آن به سیستم با فرض ثابت بودن سایر شرایط، کارایی افزایش می یابد.

تن کیلومتر

یکی از خروجی هایی که در مدل از آن استفاده شده تن - کیلومتر است، که به معنای حمل یک تن بار در یک کیلومتر می باشد.

نفر کیلومتر

یکی دیگر از خروجی های مدل، نفر - کیلومتر است که بر مبنای مسافرت یک نفر در یک کیلومتر محاسبه می شود.

واحد حمل

در مدل تحلیل پوششی داده ها هر چه تعداد واحدهای مورد ارزیابی نسبت به تعداد ورودی ها و خروجی ها بیشتر باشد قدرت تفکیک مدل بیشتر می گردد (مهرگان، ۱۳۸۳). به همین دلیل برای کم کردن جمع ورودی ها و خروجی ها، در تحقیق حاضر تن کیلومتر و نفر کیلومتر با هم جمع شده و به عنوان واحد حمل در نظر گرفته شده است. این روش مورد قبول اتحادیه بین المللی راه آهن های دنیا (UIC) می باشد.

یافته های تحقیق

با در نظر گرفتن ورودی ها و خروجی ها و ارزیابی کارایی به روش تحلیل پوششی داده ها نتایج جدول ۳ حاصل شده است.

یافته های تحقیق نشان می دهد که در سال ۱۳۸۷ از مجموع ۱۴ ناحیه مورد بررسی تعداد ۵ ناحیه در حالت CRS (کارایی فنی کل) و تعداد ۹ واحد در حالت VRS (کارایی فنی خالص) کارا می باشند و میانگین کارایی مجموع

نواحی در این دو حالت به ترتیب برابر با ۰/۶۶۶ و ۰/۷۸۲ بوده است. همچنین مجموعاً ۸ واحد با بازدهی فزاینده و تعداد ۱ واحد با بازدهی کاهشدهنده و ۵ واحد با بازدهی ثابت به مقیاس فعالیت می نمودند.

نواحی تهران، خراسان، اصفهان، هرمزگان و شرق دارای کارایی واحد می باشند و بر روی مرز کارایی قرار گرفته اند. لازم به ذکر است کارا بودن این نواحی که با عدد یک نشان داده شده است به معنای آن نیست که عملکرد این نواحی طی این سال بدون نقص می باشد. بلکه معنای آن این است که، کارایی نواحی کارا، در مقایسه با سایر نواحی برابر با یک است. در تحقیق جاری عملکرد نواحی جنوب، لرستان، اراک، شمال، شمال شرق، شمال غرب، آذربایجان، یزد و جنوب شرق ناکارا نشان داده شده است. کارایی ناحیه یزد خیلی به یک نزدیک است. در روش DEA برای هر واحد ناکارا، مجموعه ای از شعب کارا به عنوان الگو معرفی می شوند که با ضرایب مشخصی اهداف نهاده و یا محصول را برای آن واحد ناکارا مشخص می کنند.

به عنوان مثال برای ناحیه آذربایجان، نواحی با شماره ۱۱، ۱۲، ۲ و ۱ به عنوان الگوی مرجع معرفی شده است. این نواحی به ترتیب یزد، هرمزگان، لرستان و جنوب هستند. ناحیه آذربایجان برای کارا شدن، با توجه به مقدار نهاده های مورد استفاده، و در نظر گرفتن ترکیب خطی از نواحی کارا، که در جدول آمده است، باید خروجی های خود را افزایش دهد. همین تحلیل را می توان برای سایر واحدهای ناکارا داشت.

| ناحیه | طول خط | تعداد پرسنل | تعداد سالن مسافری | تعداد واگن باربری |
|-----------|--------|-------------|-------------------|-------------------|
| جنوب | 382 | 655 | 24.3856927 | 710.3977509 |
| لرستان | 215 | 708 | 32.0601472 | 664.3547971 |
| اراک | 398 | 695 | 39.46213586 | 1327.983365 |
| تهران | 930 | 991 | 402.6409365 | 1984.059145 |
| شمال | 400 | 623 | 26.7652277 | 960.075472 |
| شمال شرق | 1071 | 610 | 166.0316008 | 712.5764396 |
| خراسان | 731 | 1079 | 195.1581992 | 1157.464665 |
| شمال غرب | 485 | 642 | 75.31864043 | 1061.311872 |
| آذربایجان | 468 | 754 | 24.40385709 | 1030.519739 |
| اصفهان | 832 | 759 | 56.963525 | 2914.940189 |
| یزد | 682 | 717 | 17.95549887 | 4965.521961 |
| هرمزگان | 965 | 897 | 16.69307381 | 1878.755859 |
| جنوب شرق | 546 | 243 | 15.24900486 | 679.0246341 |
| شرق | 931 | 230 | 24.91245999 | 218.0141125 |

جدول ۱: آمار و ارقام ورودیهای در نظر گرفته شده طی سال ۱۳۸۷

منبع: راه آهن ایران، (۱۳۸۷)، امکانات و عملکرد راه آهن، مرکز تحقیقات راه آهن.

| ردیف | ناحیه | واحد حمل (مجموع تن کیلومتر و نفر کیلومتر) |
|------|-----------|---|
| ۱ | جنوب | 1746 |
| ۲ | لرستان | 1101 |
| ۳ | اراک | 1364 |
| ۴ | تهران | 6324 |
| ۵ | شمال | 482 |
| ۶ | شمالشرق | 995 |
| ۷ | خراسان | 5212 |
| ۸ | شمالغرب | 1027 |
| ۹ | آذربایجان | 689 |
| ۱۰ | اصفهان | 5061 |
| ۱۱ | یزد | 3821 |
| ۱۲ | هرمزگان | 5760 |
| ۱۳ | جنوبشرق | 496 |
| ۱۴ | شرق | 1749 |

جدول ۲: آمار و ارقام خروجی در نظر گرفته شده طی سال ۱۳۸۷ (ارقام به هزار)

منبع: راه آهن ایران، (۱۳۸۷)، امکانات و عملکرد راه آهن، مرکز تحقیقات راه آهن.

| ردیف | ناحیه | کارایی فنی کل CRS | کارایی فنی خالص VRS (مدیریتی) | کارایی مقیاس | نوع بازده به مقیاس | شماره واحدهای الگو | حرکت شعاعی (میلیون واحد حمل) |
|------|-------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------------|--|---------------------------------------|
| ۱ | جنوب | ۰/۷۴۵ | ۱/۰۰ | ۰/۷۴۵ | فزاینده | ۱ | ۰ |
| ۲ | لرستان | ۰/۷۷۸ | ۱/۰۰ | ۰/۷۷۸ | فزاینده | ۲ | ۰ |
| ۳ | اراک | ۰/۵۴۰ | ۰/۶۴۴ | ۰/۸۳۹ | فزاینده | (۱۰، ۰/۲۶۶)، (۱۳، ۰/۰۵۷) و (۲، ۰/۶۷۷) | ۷۵۵/۶۰۲ |
| ۴ | تهران | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | - | ۴ | ۰ |
| ۵ | شمال | ۰/۱۹۴ | ۰/۲۸۴ | ۰/۶۸۵ | فزاینده | (۱۰، ۰/۰۶)، (۱۳، ۰/۱۲۸) و (۲، ۰/۲۳۵)، (۱۱، ۰/۰۳۱) و (۱، ۰/۵۴۷) | ۱۲۱۵/۹۵۷ |
| ۶ | شمال شرق | ۰/۲۷۶ | ۰/۲۹۱ | ۰/۹۴۸ | کاهنده | (۴، ۰/۰۸) و (۷، ۰/۳۷۶) و (۱۴، ۰/۵۴۴) | ۲۴۲۱/۹۱۹ |
| ۷ | خراسان | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ثابت | ۷ | ۰ |
| ۸ | شمالغرب | ۰/۳۲۰ | ۰/۴۵۱ | ۰/۷۱۰ | فزاینده | (۴، ۰/۰۴۷) و (۱۳، ۰/۱۰۴) و (۱، ۰/۷۱۵) و (۱۰، ۰/۱۳۳) | ۱۲۴۸/۰۷۵ |
| ۹ | آذربایجان | ۰/۲۴۰ | ۰/۲۸۱ | ۰/۸۵۴ | فزاینده | (۱۲، ۰/۱۹۹)، (۲، ۰/۲۲۱) و (۰، ۰/۲۳) و (۱۱، ۰/۵۵۷) | ۱۷۶۰/۹۵۶ |
| ۱۰ | اصفهان | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | - | ۱۰ | ۰ |
| ۱۱ | یزد | ۰/۹۳۲ | ۱/۰۰ | ۰/۹۳۲ | فزاینده | ۱۱ | ۰ |
| ۱۲ | هرمزگان | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | - | ۱۲ | ۰ |
| ۱۳ | جنوب شرق | ۰/۲۹۵ | ۱/۰۰ | ۰/۲۹۵ | فزاینده | ۱۳ | ۰ |
| ۱۴ | شرق | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | ۱/۰۰ | - | ۱۴ | ۰ |
| | میانگین | ۰/۷۸۲ | ۰/۸۴۲ | - | - | - | - |

جدول ۳: نتایج کارایی نواحی راه آهن ج. ۱.۱ با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها

رتبه بندی واحدهای کارا

تحلیل پوششی داده ها واحدهای تحت بررسی را به دو گروه "واحدهای کارا" و "غیر کارا" تقسیم می کند. واحدهای کارا واحدهایی هستند که امتیاز کارایی آن ها برابر با "یک" است. واحدهای ناکارا با کسب امتیاز قابل رتبه بندی هستند، اما واحدهایی که امتیاز کارایی آن ها برابر یک است با استفاده از مدل های کلاسیک تحلیل پوششی داده ها قابل رتبه بندی نیستند روش هایی به منظور رتبه بندی واحدهای کارا ارایه گردیده است که در این میان استفاده از نتایج روش اندرسون - پترسون قابل اتکا می باشد. نتایج رتبه بندی با استفاده از روش اندرسون - پترسون برای نواحی دارای کارایی واحد نشان می دهد نواحی هرمزگان، شرق، خراسان، تهران و اصفهان به ترتیب با امتیاز ۲/۷۴، ۱/۶۴، ۱/۳۳، ۱/۰۸ و ۱/۰۳ دارای بالاترین سطح کارایی می باشند.

۶ نتیجه گیری و پیشنهادات

همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شد میانگین کارایی مقیاس ۰/۸۴۲ و میانگین کارایی مدیریت ۰/۷۸۲ است. این بدین معنی است که نواحی راه آهن هم به لحاظ مقیاس، هم به لحاظ مدیریت، دارای فضای خالی (با فرض ثابت بودن سایر شرایط) هستند. بنابراین باید ترتیبی اتخاذ شود که از این منابع به طور بهینه استفاده شود. موضوع دیگری که با توجه به نتایج کارایی می‌توان به آن پرداخت مقدار میانگین کل کارایی نواحی راه آهن ۰/۶۶۶ است به عبارت دیگر می‌توان گفت راه آهن ج.ا.ا. بدون افزایش ظرفیت خود و با استفاده از امکانات موجود و در دسترس، و در صورت اعمال برنامه‌ریزی بهتر، می‌تواند خروجی خود را تا ۰/۳۳۴ افزایش دهد.

همان‌طور که اشاره شد در تحقیق جاری هر ناحیه راه آهن به عنوان یک واحد تصمیم‌گیری تعریف گردیده است. از این رو، هدف ارزیابی عملکرد، تعیین نواحی کارا و ناکارا و ارائه پیشنهاد به منظور بهبود کارایی می‌باشد. در مجموع می‌توان گفت کاهش هر یک از ورودی‌ها و افزایش هر یک از خروجی‌ها می‌تواند روی افزایش کارایی مؤثر باشد. در ذیل به چند مورد اشاره می‌گردد:

۱. از آنجا که نواحی جنوب، لرستان، اراک، شمال، شمالغرب، آذربایجان، یزد و جنوب شرق با بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس مواجه می‌باشند، با تغییرات ساختاری می‌توانند سطح کارایی خود را بهبود ببخشند و با تغییر اندازه به سوی مقیاس بهینه حرکت نمایند. لذا پیشنهاد می‌گردد سرمایه‌گذاری در توسعه خطوط و خرید ناوگان حمل و نقل کالا و مسافر برای این نواحی در اولویت قرار گیرد.

۲. با توجه به این که مقدار حرکت شعاعی^{۱۰} ناحیه‌ی اراک برابر با ۷۵۵/۶۰۲ میلیون واحد حمل است، به منظور رسیدن به سطح کارایی مطلوب، پیشنهاد می‌گردد این ناحیه به میزان ۷۵۵/۶۰۲ میلیون واحد در خروجی‌های خود افزایش داشته باشد. واحدهای الگو ناحیه اراک نواحی اصفهان، لرستان و جنوب شرق می‌باشند. چنانچه با تعداد رفت و برگشت کمتر واگن‌های باری، تناژ بار بیشتری حمل گردد وضعیت کارایی این ناحیه بهبود می‌یابد.

۳. با توجه به مقدار حرکت شعاعی، ناحیه‌ی شمال برای رسیدن به مرز کارایی باید میزان خروجی خود را به میزان ۱۲۱۵/۹۵۷ میلیون واحد حمل افزایش دهد.

۴. با توجه به مقدار حرکت شعاعی، ناحیه‌ی شمال شرق برای رسیدن به مرز کارایی باید میزان خروجی خود را به میزان ۲۴۲۱/۹۱۹ میلیون واحد حمل افزایش دهد.

۵. با توجه به قرار گرفتن ناحیه شمال غرب در مسیر ترانزیت کالا، عملکرد این ناحیه در حمل بار به مراتب ضعیف‌تر از جابجایی مسافر است. این موضوع در نتیجه‌ی کارایی این ناحیه محسوس است. ناحیه شمال غرب به منظور رسیدن به سطح مطلوب کارایی باید به میزان ۱۲۴۸/۰۵۷ میلیون واحد در خروجی‌های خود افزایش داشته باشد. بخش اعظم این افزایش باید در اعمال سیاست‌هایی به منظور جذب بار متمرکز گردد. بدین منظور ایجاد تسهیلات ویژه برای صاحبان کالا، بازاریابی، سرعت، دقت و کیفیت در حمل و نقل کالا و مسافر ضروری به نظر می‌رسد.

¹⁰ . Radial Movement

۶. ناحیه آذربایجان که شبکه ریلی آن در مسیر مبادی ورودی و خروجی بار از کشور قرار گرفته است تنها ناحیه در میان نواحی دارای این مشخصه می باشد که کارایی مدیریت آن واحد نیست. پیشنهاد می گردد این ناحیه به منظور رسیدن به سطح کارایی مطلوب ۱۷۶۰/۹۵۶ میلیون واحد خروجی های خود را افزایش دهد. همچنین به علت ماهیت خاص ناحیه از لحاظ شیب و فراز، ارتفاع از سطح دریا و کوهستانی بودن آن، نیروی انسانی زیادی در این ناحیه تمرکز پیدا نموده است، تعدیل نیروی انسانی با جایگزینی تکنولوژی مورد استفاده در زمینه های متعدد و همچنین اصلاح خطوط، از یک طرف با کاهش ورودی ها و از طرف دیگر با بالا رفتن ایمنی و سرعت قطارها در جذب بار و مسافر مؤثر می باشد.

۷. در ناحیه ی جنوب شرق با برنامه ریزی بهتر برای استفاده از امتیاز حمل بار معدن چادرملو و همچنین تردد کمتر واگن های خالی در مسیر اصفهان - چادرملو امکان افزایش خروجی های آن فراهم است. تعدیل نیروی انسانی و بالابردن کیفیت کاری نیروها از طریق آموزش مستمر از دیگر پیشنهادات می باشد. شناسایی فرصت ها به منظور استفاده از تردد واگن ها در مسیر برگشت به چادرملو و استفاده از آن توصیه می گردد.

۸. برنامه ریزی بهتر برای استفاده از ورودی ها در نواحی مختلف با استفاده از واگن های باری دو سر بار، آموزش مستمر نیروی انسانی، نگهداری، مرمت و بازسازی خطوط از دیگر پیشنهادات است.

۹. توجه کافی به منظور فراهم آوردن بستر لازم برای حضور بخش خصوصی در حمل بار و جابجایی مسافر به منظور ایجاد رقابت و انگیزه ضروری به نظر می رسد.

منابع

- [۱] امامی میبدی، علی، (۱۳۷۹)، اصول اندازه گیری کارایی و بهره وری، تهران، انتشارات موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، چاپ اول.
- [۲] دفتر آمار و فن آوری اطلاعات، گروه آمار و اطلاع رسانی، (۱۳۷۹)، آمار فعالیت های راه آهن، مرکز تحقیقات راه آهن.
- [۳] رضایی، جواد، (۱۳۸۱)، ارزیابی کارایی نواحی راه آهن ج.ا.ا. به روش تحلیل پوششی داده ها، پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه شهید بهشتی.
- [۴] سامتی، مرتضی، رضوانی، محمدعلی، (۱۳۸۰)، بررسی کارایی دانشگاه های بزرگ دولتی با استفاده از تحلیل پوششی داده ها (DEA)، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۵۹، پاییز و زمستان ۱۳۸۰.
- [۵] مرکز تحقیقات راه آهن، (۱۳۸۷)، امکانات و عملکرد راه آهن، مرکز تحقیقات راه آهن.
- [۶] مهرگان، محمدرضا، (۱۳۸۳)، مدل های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان ها، تهران، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، چاپ اول.
- [۷] ودودی مفید برهان، موسی خانی مرتضی و حمیدی ناصر، (۱۳۸۵)، توسعه ی یک روش برای ارزیابی کارایی و بهره وری در بخش آموزش عالی، مجله ی پژوهشگر (مدیریت)، سال سوم شماره ی ۶.
- [8] Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., Some Models for Estimation Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis. Management Science 30, 1984, 1078-1092.
- [9] Bauer, et al, Consistency condition for regulatory analysis of financial institution, A comparison of frontier efficiency method, Journal of economic and business, 9, 50(2), 1998, 85-90.
- [10] Cantos, P., "Productivity, Efficiency, and Technical change in the European railway: A Non - Parametric approach, International Journal of Transport Economic. Vol. 25 No. 1, 2000, PP. 55-27 (E.mail: Pedro. Cantos a uv.es).
- [11] Cowie, j. and G. Riddington, Measuring the Efficiency of European Railways, Applied Economics 28, 1996, 1027-35.
- [12] Jahanshahloo, G.R and Alirezaee, M., Tutorial on data Envelopment Analysis proceeding. f₂₈th Amic, Tabriz university, 1995, march 28 - 30.

- [13] Movahedi & etal , (2006) , Iranian Railway Efficiency. Comparison with other countries and Offering suggestion for its development, International Railway symposium, turkey.
- [14] Movahedi & et al, Iranian Railway Efficiency (1971-2004): An Application of DEA, Int. j. Contemp. Math. Sciences, vol2, No31, 2007,1569-1579.
- [15] Oum, T.H. and C. Yu, Economic Efficiency of Railways and Implications For Public, 1994.
- [16] Oum, T.H., W.G. Waters II, and C. Yu, A Survey of Productivity and Efficiency Meas-urement in Rail Transport, Journal of Transport Economics and Policy, 33, 1999, No. 1:9-44.

Archive of SID