

## ارزیابی کارایی نواحی سیزده گانه راه آهن جمهوری اسلامی ایران به روش تحلیل پوششی داده‌ها (D.E.A)

محمد حسین پورکاظمی \*

جواد رضایی \*\*

### چکیده

بر اساس تعاریف مختلف، نسبت خروجی به ورودی هر بنگاه را کارایی آن بنگاه گویند. عمدتاً به منظور ارزیابی کارایی دو دسته روش وجود دارد که عبارتند از: ۱- روشهای پارامتری ۲- روشهای ناپارامتری. در بین روشهای پارامتری که بر پایه روشهای معمول اقتصادسنجی استوار می‌باشد، می‌توان به روشهای تابع تولید مرزی، تابع تولید مرزی قطعی، تابع تولید مرزی قطعی آماری و ... اشاره داشت. در این تحقیق با توجه به روشهای ناپارامتری که بر پایه تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی استوار می‌باشد، به ارزیابی کارایی نواحی سیزده گانه راه آهن ج.ا.ا. پرداخته شده است. مزیت عمده روش تحلیل پوششی داده‌ها نسبت به سایر روشهای موجود برای ارزیابی کارایی بنگاهها، این است که می‌توان به وسیله آن کارایی بنگاههایی که دارای چند ورودی و چند خروجی می‌باشند ارزیابی نمود.

در این مطالعه با توجه به ورودی‌ها و خروجی‌های هر یک از نواحی در سال ۱۳۷۹ به ارزیابی کارایی نواحی راه آهن کشور با دو فرض بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و بازدهی نسبت به مقیاس متغیر پرداخته شده است و به دنبال آن، پاسخی به این سؤال که: در صورت تخصیص ناکارای منابع موجود، چه راهکاری وجود دارد تا منابع آتی این بخش به صورت ناکار آ تخصیص نیابد، ارائه داده است.

\* - استادیار دانشگاه شهید بهشتی.

\*\* - کارشناس ارشد علوم اقتصادی (jrezaea@yahoo.com)

نتایج نشان می‌دهد که با فرض اول، نواحی تهران، اصفهان، هرمزگان و خراسان از بیشترین کارایی برخوردار بوده و متوسط کارایی تحت این فرض ۰/۸۶ می‌باشد؛ لذا عملاً راه آهن کشور ۱۴ درصد زیر ظرفیت عمل می‌نمایند. با در نظر داشتن فرض دوم نواحی لرستان و زاهدان نیز به جمع نواحی کارا می‌پیوندند که متوسط کارایی تحت این فرض ۰/۹۳ می‌گردد، که در این حالت ظرفیت بدون استفاده راه آهن کشور ۷ درصد خواهد بود. در نهایت با توجه به الگو بودن ناحیه هرمزگان براساس یافته‌های این تحقیق می‌توان گفت که نواحی ناکارا به منظور افزایش کارایی باید این ناحیه را الگویی خود قرار دهند.

## کلید واژه

کارایی / تحلیل پوششی داده‌ها / راه آهن

### ۱- مقدمه

بی‌تردید انسان در تمامی دوران زندگی خود همواره با مشکلی به نام محدودیت و کمیابی مواجه بوده و هست، این محدودیت و کمیابی در تمام زمینه‌ها از جمله عوامل تولید و به تبع آن کالاها و خدمات کاملاً محسوس است، از اینرو بشر برای فراهم نمودن شرایط بهتر برای زندگی چاره‌ای جز استفاده هر چه بهتر از امکانات موجود جهت دسترسی به تولید بیشتر و با کیفیت بالاتر نیست و در حال حاضر آنچه که به روشنی پاسخگویی این نیاز می‌باشد، مفهوم مقوله کارایی است.

از آنجا که حمل و نقل در مباحث توسعه همواره به‌عنوان محور اساسی قلمداد گردیده، لذا می‌بایست ساماندهی، سیاست‌گذاری و ... به منظور ارتقاء در این بخش به بهترین نحو صورت گیرد، چرا که هرگونه تخصیص نابهینه امکانات در این بخش موجب لطمات جبران‌ناپذیری می‌گردد که در بلندمدت بر فرایند توسعه تاثیر خواهد گذاشت.

حال با توجه به بحث فوق، ساماندهی در بخش حمل و نقل جزء ضروریات به شمار می‌رود. همانطور که می‌دانیم صنعت حمل و نقل به چهار شاخه جاده‌ای، ریلی، هوایی و دریایی تقسیم بندی شده است. از این میان حمل و نقل ریلی به دلیل ۱- مصرف کم انرژی ۲- ایمنی بیشتر ۳- آلودگی کمتر محیط زیست ۴- اشغال کمتر زمین در مقایسه با سایر شیوه‌های حمل و نقل، دارای صرفه اقتصادی بالایی است.

بدین ترتیب می‌توان بیان داشت که اولویت دادن به توسعه بخش حمل و نقل ریلی در بین شاخه‌های دیگر حمل و نقل، جزء ضروریات بخش حمل و نقل به شمار می‌رود<sup>۱</sup>. آنچه که در این مطالعه به دنبال آن هستیم این است که اگر چه حمل و نقل ریلی به لحاظ اقتصادی دارای صرفه بوده و می‌بایست توسعه یابد، لکن آیا در حال حاضر در سیستم ریلی منابع موجود به صورت بهینه تخصیص می‌یابد یا خیر؟ چرا که قبل از توسعه می‌بایست بستر بکارگیری منابع طوری باشد که منابعی که در آینده وارد این بخش می‌گردد، به هدر نرود که این امر نیز با تعیین و تشخیص میزان کارایی در سیستم ریلی میسر می‌گردد.

در مجموع می‌توان گفت در این مطالعه به دنبال پاسخ به این سؤال اساسی هستیم که آیا نواحی راه آهن با تمام امکانات موجود، این قابلیت و انعطاف پذیری را دارد که بتوانیم میزان جابجایی بار و مسافر را در آن افزایش دهیم و یا با همین میزان نهاده مقدار ستاده (تن - کیلومتر و نفر - کیلومتر) بیشتری داشته باشیم؟ آیا نواحی راه آهن به شکل بهینه عمل می‌کنند یا خیر؟ علاوه بر این می‌توان به هر ناحیه به تنهایی نگاه کرد و این پرسش را مطرح نمود که هر ناحیه با توجه به نهاده‌هایی که در اختیارش قرار می‌گیرد و مقدار ستانده‌ای که از آن حاصل می‌گردد، آیا می‌توان آن ناحیه را به عنوان یک واحد کارا قلمداد نمود؟ و اگر پاسخ منفی است، واحد الگو برای افزایش کارایی واحد مورد نظر کدام واحد می‌باشد؟ به منظور پاسخ به این سؤال در این مطالعه از مفهوم کارایی استفاده گردیده است. و با توجه به پرسشهای مطرح شده در این مطالعه با توجه به قابلیت‌های روش تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۲</sup>، از این روش به منظور پاسخگویی به پرسشهای اساسی مطرح شده استفاده گردیده است.

## ۲- مفاهیم و روشهای اندازه‌گیری کارایی

انسان همواره سعی بر آن داشته تا حداکثر نتیجه را با کمترین امکانات و عوامل موجود به دست آورد، این کوششها را می‌توان دستیابی به کارایی بالاتر نامید.

۱- در حال حاضر در تدوین سیاستهای کلی بخش حمل و نقل در کشور توسط مجمع تشخیص مصلحت نظام، اولویت به حمل و نقل ریلی داده شده است.

کارایی دارای مفهومی بسیار فراگیر است و بیشتر در سه حوزه مهندسی، مدیریت و اقتصاد مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. از این رو تعاریف متفاوتی در منابع مختلف از کارایی ارائه می‌شود. که در زیر به ارائه برخی از آنها خواهیم پرداخت.

منوچهر فرهنگ، در واژه نامه اقتصادی خود، کارایی را به این صورت تعریف کرده است: «کارایی نسبت مقدار تولید شده به مقدار عملی است که به کار افتاده است»<sup>۱</sup> لازم به ذکر است که ایشان کارایی فنی و کارایی اقتصادی را معادل هم دانسته‌اند. واژه نامه وبستر، کارایی را معادل اثربخشی دانسته و آن را ظرفیت تولید مطلوب با حداقل مصرف انرژی، زمان، پول یا مواد تعریف کرده است.<sup>۲</sup>

فارال<sup>۳</sup> نیز از جمله افرادی است که در زمینه کارایی فعالیتهای بسیار نموده و برای ارزیابی آن نیز روشی را پیشنهاد داد که بعدها منجر به روشی شد که در این تحقیق نیز مورد بحث واقع شده است. وی در مقاله‌ای تحت عنوان اندازه‌گیری کارایی تولید در سال ۱۹۵۷، کارایی یک بنگاه را «تولید یک ستانده به حد کافی بیشتر از یک مقدار مفروض نهاده تعریف کرده است». همچنین فارل با استفاده از این تعریف به بیان انواع کارایی به صورت زیر پرداخته است:

#### الف: کارایی فنی<sup>۴</sup>

اگر در شکل زیر منحنی مرزی  $AA'$  مکان هندسی نقاطی که نشان‌دهنده حداقل ترکیباتی از دو نهاده  $X_1$  و  $X_2$  برای تولید یک واحد محصول باشد و نقطه  $P$  بیانگر عملکرد یک بنگاه خاص جهت تولید یک واحد محصول باشد، آنگاه درجه کارایی فنی برای این بنگاه را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد.<sup>۵</sup>

$$\text{درجه کارایی فنی} = \frac{OR}{OP}$$

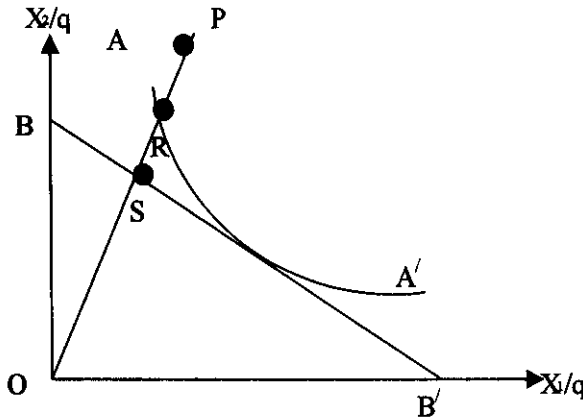
۱- منوچهر فرهنگ (۱۳۷۸).

۲- میریام وبستر (۱۳۶۲).

3- Farrel (1957).

4- Technical Efficiency.

۵- علی امامی میدی (۱۳۷۹).



به بیان دیگر، بنگاه مورد نظر می‌بایست به منظور دارا بودن عملکرد کارا از دو نهاد  $X_1, X_2$  در وضعیت نقطه  $R$  استفاده نماید.

**ب: کارایی تخصیصی<sup>۱</sup>**

این نوع کارایی، به تخصیص بهینه عوامل تولید با توجه به قیمت این عوامل اطلاق می‌شود و بیان می‌نماید که علت تغییر ترکیب استفاده از عوامل تولید، تغییر قیمت عوامل تولید می‌باشد. در این حالت با توجه به منحنی هزینه همسان  $BB'$  که ترکیبات هزینه‌ای مختلفی برای تولید یک واحد محصول را نشان می‌دهد، کاراترین ترکیب فنی را که از لحاظ تخصیصی نیز کارا می‌باشد، به صورت زیر محاسبه می‌نماید.

**ج: کارایی اقتصادی<sup>۲</sup>**

این نوع کارایی در واقع ترکیبی از دو نوع کارایی فوق است و برای همان بنگاهی که در نقطه  $P$  فعالیت می‌کند درجه کارایی اقتصادی آن به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{درجه کارایی اقتصادی} = \frac{OS}{OP}$$

بنابراین:

$$\text{درجه کارایی تخصیصی} \times \text{درجه کارایی فنی} = \text{درجه کارایی اقتصادی}$$

1- Allocative Efficiency.

2 -Economic Efficiency.

باید توجه داشت که میزان این کارایی در واقع همان میزان کارایی فنی است (از نظر روش محاسبه) با این تفاوت که وزنه‌های ورودی‌ها، قیمت خرید یا هزینه تهیه آنها بوده و وزنه‌های خروجیها قیمت فروش آنها می‌باشد.

دیدگاه فارل را می‌توان به‌عنوان پایه اساسی روش مورد بحث (تحلیل پوششی داده‌ها) در این مطالعه قلمداد نمود.

به منظور ارزیابی کارایی روشهای متفاوتی از سوی پژوهشگران مختلف ارائه شده است که عمدتاً می‌توان آنها را به دو دسته پارامتری و ناپارامتری تقسیم بندی نمود.

## ۲-۱- روش‌های پارامتری<sup>۱</sup>

روش‌های پارامتری به روش‌هایی اطلاق می‌گردد که در آنها ابتدا یک شکل خاص برای تابع تولید در نظر گرفته می‌شود، سپس با یکی از روش‌های برآورد توابع که در آمار و اقتصادسنجی مرسوم است، ضرایب مجهول (پارامترهای) این تابع برآورد می‌شود که مهمترین آن‌ها عبارتند از:<sup>۲</sup>

- تابع تولید مرزی قطعی<sup>۳</sup>
- تابع تولید مرزی قطعی آماری<sup>۴</sup>
- تابع تولید مرزی تصادفی<sup>۵</sup>
- تابع سود<sup>۶</sup>

## ۲-۲- روش‌های ناپارامتری<sup>۷</sup>

روش مطرح دیگر به منظور ارزیابی کارایی روش ناپارامتری می‌باشد. در این روش با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی به ارزیابی کارایی بنگاه‌ها پرداخته می‌شود، حال

### 1- Parametric Method.

۲- برای مطالعه بیشتر راجع به روشهای یاد شده رجوع شود به: (جواد رضایی، ارزیابی کارایی نواحی راه آهن ج.ا.ا، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۸۱).

### 3- Deterministic Frontier Production Function Method.

### 4- Deterministic Stochastic Frontier Production Function Method.

### 5- Stochastic Frontier Production Function Method.

### 6- Profit Function Method.

### 7- Non Parametric Method.

آنکه در این روش دیگر نیازی به برآورد تابع تولید نمی‌باشد و همچنین اگر بنگاه مورد نظر دارای چند خروجی متفاوت باشد، این روش در ارزیابی کارایی با مشکلی مواجه نخواهد بود. روش تحلیل پوششی داده‌ها را می‌توان به‌عنوان یکی از روش‌های ناپارامتری معرفی نمود که در این روش با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی به ارزیابی واحدهای مورد نظر پرداخته خواهد شد.

روش پارامتری برای ارزیابی کارایی واحدهای تولیدی که یک ستاده دارند و یا در صورت داشتن ستاده بیشتر بتوان این ستاده‌ها را به یکدیگر - یا به یک واحد ستاده یکسان - تبدیل کرد، مناسب هستند. اما فرض کنید بخواهیم دو واحد خدماتی در بخش حمل و نقل را از نظر کارایی با هم مقایسه کنیم و این واحدها بیش از یک ستاده داشته باشند. به‌عنوان مثال دو نمونه از این ستاده‌ها تن - کیلومتر و نفر - کیلومتر باشند و توسط هر واحد حمل‌گرفته شده باشند و همچنین هیچ شاخصی جهت تبدیل یکی از این دو به دیگری نداشته، و در عین حال هیچ توافق کلی در مورد وزن یا اهمیت هر یک از این دو وجود نداشته باشد. حال اگر بخواهیم از روش‌های قبلی، کارایی را ارزیابی و سپس مقایسه کنیم، عملاً غیر ممکن است؛ چرا که ما ستاده واحدی جهت برآورد تابعی به‌عنوان تابع تولید مرزی نداریم. این مشکل یکی از مشکلات ارزیابی کارایی به روش تابع تولید مرزی است. از طرفی در تمامی روش‌های ارزیابی کارایی با استفاده از تابع تولید مرزی یک شکل خاص برای تابع تولید تصریح می‌گردد و فروضی برای متغیرها جزء تصادفی اعمال می‌گردد که در عمل ممکن است نقض گردد. برای حل مشکلات فوق می‌توان از روشی به نام روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نمود. در این روش برای ارزیابی کارایی هر واحد، ابتدا یک واحد مجازی ایجاد می‌کنند که به‌صورت ترکیبی خطی از سایر واحدهای تصمیم‌گیری ساخته می‌شود، سپس ستاده حاصل از این واحد تصمیم‌گیری مجازی را که با بکار بردن نهاده یکی از واحدهای تصمیم‌گیری به دست می‌آید، با ستاده واقعی این واحد مقایسه می‌کنند و به این ترتیب اقدام به ارزیابی کارایی می‌نمایند.

در این مطالعه سعی بر آن شده است تا کارایی نواحی سیزده گانه راه آهن کشور از طریق روش تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی گردد و ترکیب بهینه ورودی‌ها با توجه به یک سطح مشخص خروجی‌ها و برعکس، برای افزایش کارایی به هر ناحیه پیشنهاد گردد.

### ۳- تاریخچه تحلیل پوششی داده‌ها

بحث تحلیل پوششی داده‌ها با پایان نامه دکتری ادوارد رودز<sup>۱</sup> تحت راهنمایی کوپر<sup>۲</sup> آغاز گردید که پیشرفت تحصیلی دانش آموزان مدارس آمریکا را در سال ۱۹۷۸ مورد ارزیابی قرار داده بود و نتایج این مطالعات را با همکاری چارنز<sup>۳</sup> و کوپر در مقاله‌ای که به CCR معروف است انتشار داد. CCR با تبدیل ورودی و خروجی‌های چند گانه به یک ورودی و یک خروجی روش بهینه سازی برنامه‌ریزی ریاضی را برای تعمیم اندازه کارایی یک ورودی و یک خروجی فارل (۱۹۵۷) به حالت ورودی و خروجی چند گانه به کار برد. سپس در سال ۱۹۸۴ بنکر<sup>۴</sup> چارنز و کوپر مقاله‌ای منتشر کردند که در آن مدلی به نام BBC که مخفف اسامی معرفان این مدل است، مطرح گردید. در این مدل بحث بازده به مقیاس نیز به مدل CCR اضافه شد.

### ۴- مبانی نظری تحلیل پوششی داده‌ها

در حالت اولیه، روش تحلیل پوششی داده‌ها به ارائه مدل زیر به منظور اندازه گیری کارایی نسبی می‌پردازد.

$$\text{MAX} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} Y_{ro}}{\sum_{i=1}^n v_{io} X_{io}}$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^n v_{io} X_{ij}} \leq 1 \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, n \\ u_{ro}, v_{io} \geq 0 \end{matrix} \quad \begin{matrix} r = 1, 2, \dots, s \\ j = 1, 2, \dots, m \end{matrix}$$

- 
- 1 - Edward Rhods.
  - 2 - Cooper.
  - 3 - Charnes.
  - 4 - Banker.



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

از آنجا که مدل فوق یک مدل غیر خطی است، به منظور سهولت در حل مدل فوق با فرض

$$\sum_{i=1}^n v_{io} X_{io} = 1$$

عملیات ریاضی و با توجه به دو آل مدل فوق داریم:

$$\text{Min } \theta$$

$$\text{S.t } - \sum_{r=1}^s u_r Y_{ro} + \sum_{r=1}^s \lambda_j Y_{rj} \geq 0, \quad j=1,2,\dots,n$$

$$\theta \sum_{i=1}^m v_i X_{io} - \sum_{i=1}^m \lambda_j X_{ij} \geq 0, \quad (**)$$

$$\lambda > 0$$

که در آن  $\lambda$  یک بردار  $N \times 1$  شامل اعداد ثابت می‌باشد و وزن‌های مجموعه مرجع برای  $\theta$  را نشان می‌دهد، مقادیر اسکالر به دست آمده کارایی بنگاه‌ها خواهد بود که شرط  $\theta \leq 1$  را تأمین می‌نماید. مدل فوق را در روش DEA مدل CCR می‌نامند.

#### ۴-۱- بازده به مقیاس در تحلیل پوششی داده‌ها

همانطور که می‌دانیم مفهوم بازده به مقیاس زمانی مطرح می‌گردد که، می‌خواهیم بدانیم اگر ورودی‌ها را به یک نسبت مشخص تغییر دهیم، خروجی‌ها چه تغییری خواهند کرد؟ این بحث را با فروضی می‌توان در مدل DEA گنجانده که بواسطه آن دو نتیجه مهم عاید می‌گردد: اول اینکه کارایی فنی به دو جزء کارایی مدیریتی و کارایی مقیاس تفکیک می‌گردد و دوم اینکه بنگاه‌های بزرگ از بنگاه‌های کوچک تمیز داده می‌شود.

#### ۴-۱-۱- بازده مقیاس ثابت

(مبیدی ۱۳۷۹) فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس تنها در صورتی قابل اعمال است که بنگاه‌ها در مقیاس بهینه عمل نمایند (قسمت مسطح منحنی هزینه متوسط بلند مدت).

با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس، کارایی را به گونه‌ای ارائه می‌نمود که در برگیرنده کارایی فنی خالص (کارایی ناشی از مدیریت) و کارایی ناشی از صرفه‌جویی مقیاس یک بنگاه بود. لکن از آنجا که برای ارزیابی تأثیرات تغییر و اصلاح ساختاری، اطلاعاتی در مورد کارایی مقیاس مورد نیاز است و همچنین برای تشویق مدیران نمونه، داشتن اطلاعاتی در مورد کارایی ناشی از مدیریت ضرورت می‌یابد؛ لذا اهمیت تفکیک این دو کارایی از هم روشن می‌گردد.

#### ۴-۱-۲- بازده به مقیاس متغیر

بانکر، چارنز و کوپر (۱۹۸۴)، مدل BCC مدل CCR را به گونه‌ای بسط دادند که بازده متغیر نسبت به مقیاس را در برگیرد.

انجام این مهم، در فرموله کردن مسئله دوگان در برنامه‌ریزی خطی با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس بوسیله 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:

$$\begin{aligned} \text{Min } & \theta \\ \text{S.t. } & - \sum_{r=1}^s u_r Y_{ro} + \sum_{r=1}^s \lambda_j Y_{rj} \geq 0 \\ & \theta \sum_{i=1}^m v_i X_{io} - \sum_{i=1}^m \lambda_j X_{ij} \geq 0 \\ & NI'\lambda = 1 \\ & \lambda > 0 \end{aligned}$$

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 غیرصعودی نسبت به مقیاس ( $NI'\lambda \leq 1$ ) صورت گیرد:  
به طوری که:

$$\begin{aligned} \text{Min } & \theta \\ \text{S.t. } & - \sum_{r=1}^s u_r Y_{ro} + \sum_{r=1}^s \lambda_j Y_{rj} \geq 0 \end{aligned}$$

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

$$NI' \lambda \leq 1$$

$$\lambda > 0$$

به عبارت دیگر ماهیت نوع بازده در عدم کارایی مقیاس برای یک بنگاه خاص، با مقایسه مقدار 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 CCR با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس می‌نامند. بر اساس مدل BBC، کارایی محاسبه شده در مدل CCR به دو جزء کارایی مدیریتی و کارایی مقیاس تقسیم می‌گردد.

## ۵- ورودی‌ها و خروجی‌های DEA مدل در راه آهن ج.ا.ا

همانطور که می‌دانید هر ناحیه به‌عنوان یک واحد قلمداد می‌گردد که دارای یک سری ورودی و خروجی می‌باشد. ورودی‌های هر ناحیه در واقع عبارتست از آنچه که در اختیار ناحیه قرار داده شده تا با استفاده از آنها، خروجی یا خروجی‌های ناحیه تولید شود. به منظور تعیین این ورودی‌ها و خروجی‌ها در تحقیق حاضر از مطالعه آقای کانتوس استفاده گردیده است<sup>۱</sup> 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 آهن کشورهای سوئد، سوئیس، فنلاند و هلند از بالاترین کارایی و راه آهن کشورهای نروژ، دانمارک، ایرلند و یونان از پایین‌ترین کارایی برخوردار می‌باشد. بدین ترتیب ورودی‌های در نظر گرفته شده در این بررسی عبارتند از: ۱- طول خطوط ۲- نیروی انسانی ۳- تعداد واگن باری ۴- تعداد واگن مسافری ۵- تعداد لکوموتیو ۶- میزان مصرف انرژی و نیز خروجی‌ها این مطالعه به ترتیب تن - کیلومتر و نفر - کیلومتر می‌باشد؛ لذا در این مطالعه نیز

1- Pedro Cantos (2000).

با توجه به بررسی فوق، ورودی‌ها و خروجی‌ها برای ارزیابی کارایی عملکرد نواحی راه آهن نیز به همین ترتیب در نظر گرفته شده است. در اینجا با شرح مختصری، به بررسی ورودی‌ها و خروجی‌های در نظر گرفته شده برای نواحی راه آهن می‌پردازیم.

### ۱-۵- ورودی‌ها

ورودی در تحلیل پوششی داده‌ها، عاملی است که با افزودن یک واحد از آن به سیستم با ثابت فرض کردن سایر شرایط کارایی کاهش یابد.

#### ۱-۱-۵- خطوط اصلی

از آنجا که فعالیت مورد نظر فعالیت حمل و نقلی است، لذا طول خط به عنوان یک عامل اصلی در شکل‌گیری فعالیت قلمداد می‌شود. آنچه که به نظر می‌رسد، این است که ناحیه‌ای کارا تر خواهد بود که از ظرفیت خطوط اصلی خود به خوبی بهره‌برداری نماید.

#### ۱-۲-۵- نیروی انسانی

بی‌شک فعالیت هر ناحیه را افرادی به عنوان نیروی انسانی شاغل در آن ناحیه هدایت، کنترل و مدیریت می‌کنند. این افراد بر حسب تخصص و تجربه خود در واحدهای مختلف ناحیه مشغول به کارند و نقش مهمی را در بهینگی انجام کارها در ناحیه دارند.

آنچه بدیهی به نظر می‌رسد، این است که دوباره کاری‌ها و عدم انجام بهینه امور یا تخصیص کارها به شکل نامناسب به کارمندان، همگی می‌توانند در کارایی تأثیر منفی بجا بگذارند. طبیعتاً 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 این نیروی کار را به شکل مناسب به فعالیت مختلف تخصیص داده باشد و هرگونه قصور در هر یک از این موارد باعث تنزل کارایی می‌گردد.

#### ۱-۳-۵- تعداد واگن باری

با توجه به این مسئله، آماری به صورت تعداد واگن باری در اختیار نواحی طی سال ۱۳۷۹ موجود نمی‌باشد، لذا آمار آنها براساس روابط زیر استخراج گردیده است.

مجموع رفت و برگشت

$$p = \frac{\text{مجموع تعداد رفت}}{\text{مجموع تعداد برگشت}}$$

و برگشت واگنهای باری

$$\text{تعداد واگن باری هر ناحیه} = \frac{\text{مجموع تعداد رفت و برگشت واگن باری در هر ناحیه}}{\text{برگشت واگنهای باری}}$$

## ۵-۱-۴- تعداد واگن مسافری

به منظور استخراج آمار تعداد واگن مسافری در هر ناحیه نیز با توجه به عدم وجود آمار بر اساس روابط زیر اقدام به استخراج آنها گردیده است.

$$q = \frac{\text{مجموع رفت و برگشت واگنهای مسافری باری در هر ناحیه}}{\text{تعداد کل واگنهای مسافری}}$$

$$q = \frac{\text{مجموع رفت و برگشت واگنهای مسافری باری در هر ناحیه}}{\text{تعداد کل واگنهای مسافری}}$$

## ۵-۱-۵- تعداد لکوموتیو

از آنجا که لکوموتیو در راه آهن به عنوان موتور محرکه حمل و نقل تلقی می‌گردد؛ لذا می‌توان از آن به عنوان یکی از ورودی‌های اساسی در این مدل نام برد. به منظور استخراج آمارهای مربوط به تعداد لکوموتیو در اختیار هر ناحیه از روابط زیر استفاده گردیده است:

$$R = \frac{\text{مجموع تعداد رفت و برگشت لکوموتیو در هر ناحیه}}{\text{کل لکوموتیوهای موجود}}$$

$$\text{تعداد لکوموتیوهای هر ناحیه} = \frac{\text{مجموع تعداد رفت و برگشت لکوموتیو در هر ناحیه}}{R}$$

## ۵-۶- میزان مصرف انرژی

از آنجا که مصرف انرژی یکی از عوامل اصلی و اولیه برای امور حمل و نقل است و از سوی دیگر این مصرف به عنوان مکملی برای ورودی‌های دیگر تلقی می‌گردد؛ لذا لزوم استفاده از این عامل به عنوان ورودی در مجموعه ورودی‌ها اجتناب‌ناپذیر است، لیکن آمارهای مربوط به این ورودی نیز در دسترس نمی‌باشد. بدین منظور براساس روش زیر به جمع آوری اطلاعات مربوط به استفاده انرژی در نواحی مختلف راه آهن خواهیم پرداخت.

$$E = \frac{\text{مجموع تن کیلومتر و نفر کیلومتر}}{\text{مصرف کل انرژی}}$$

$$M = \frac{\text{مجموع تن کیلومتر و نفر کیلومتر هر ناحیه}}{E}$$

میزان مصرف انرژی هر ناحیه

از سوی دیگر از آنجا که این انرژی به مصرف لکوموتیوها می‌رسد، لذا می‌توان با استفاده از اطلاعات مربوط به تعداد لکوموتیوهای هر ناحیه، میزان تقریبی مصرف انرژی را به دست آورد، پس با توجه به این موضوع داریم:

$$E' = \frac{\text{کل لکوموتیوهای موجود}}{\text{مصرف کل انرژی}}$$

$$M' = \frac{\text{تعداد لکوموتیو موجود در هر ناحیه}}{E'}$$

میزان مصرف انرژی هر ناحیه

بدین ترتیب دستیابی به آمار مصرف انرژی از هر دو روش فوق میسر است، لذا با توجه به نتایج حاصل از کارایی با آمارهای مختلف مصرف انرژی و مشاهده تورش این نتایج در نهایت یک ترکیب خطی از این دو مصرف به صورت زیر به عنوان مصرف انرژی هر ناحیه در نظر گرفته شده است.

$$\text{میزان مصرف انرژی هر ناحیه} = 0/8 \times M + 0/2 \times M'$$

انتخاب وزن بیشتر برای مصرف با توجه به عملکرد بر پایه یکسری واقعیات عینی و در نهایت تست نتایج مختلف و مشاهده وضعیت نسبتاً مطلوب این ضرایب است.

### ۲-۵- خروجی

خروجی در تحلیل پوششی داده‌ها عاملی است که با افزودن یک واحد از آن به سیستم با ثابت فرض کردن سایر شرایط کارایی افزایش یابد.

### ۱-۲-۵- تن کیلومتر

یکی از خروجی‌هایی که در مدل از آن استفاده گردیده تن - کیلومتر است که به معنای حمل یک تن بار در یک کیلومتر می‌باشد.

### ۲-۲-۵- نفر کیلومتر

یکی دیگر از خروجی‌های مدل، نفر - کیلومتر است که بر مبنای مسافت یک نفر در یک کیلومتر محاسبه می‌شود.

## ۶- استخراج نتایج مدل

با در نظر گرفتن ورودی‌ها و خروجی‌های و ارزیابی کارایی به روش تحلیل پوششی داده‌ها نتایج زیر حاصل گردیده است.

همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌گردد، میانگین کارایی مقیاس ۰/۹۲۴ و میانگین کارایی مدیریت ۰/۹۳۲ می‌باشد. این بدین معنی است که نواحی راه آهن هم به لحاظ مقیاس هم به لحاظ مدیریت، دارای فضای خالی (با ثابت فرض کردن سایر شرایط) می‌باشند، بنابراین می‌بایست ترتیبی اتخاذ گردد که از این منابع بطور بهینه استفاده گردد. موضوع دیگری که در اینجا با توجه به نتایج کارایی می‌توان به آن پرداخت این است که میانگین کل کارایی نواحی راه آهن ۰/۸۵۸ می‌باشد. این بدان معنی است که از ۱۰۰۰ واحد ظرفیت نواحی تنها از ۸۵۸ واحد استفاده می‌گردد و ۱۴۲ واحد دیگر آن عملاً بدون استفاده می‌ماند که به عنوان ظرفیت قابل توسعه قلمداد می‌شود. به عبارت دیگر می‌توان گفت راه آهن ج.ا.ا بدون افزایش ظرفیت خود و با همین امکانات موجود می‌تواند خروجی خود را ۱۴٪ افزایش دهد. بدین ترتیب می‌توان بر اساس یک فرایند علمی، ادعا نمود که سیستم حمل و نقل ریلی تنها ۱۴٪ زیر ظرفیت فعالیت می‌نماید.

جدول (۱) - نتایج کارایی نواحی راه آهن ج.ا.ا با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها

ردیف	ناحیه	کارایی فنی کل CRS	کارایی فنی خاص VRS (مدیریتی)	کارایی مقیاس	نوع بازده به مقیاس
۱	جنوب	۰/۹۴۶	۰/۹۹	۰/۹۵۶	فزاینده
۲	لرستان	۰/۸۶۸	۱،۰۰	۰/۸۶۸	فزاینده
۳	اراک	۰/۸۶۱	۰/۸۷۱	۰/۹۸۹	فزاینده
۴	تهران	۱،۰۰	۱،۰۰	۱،۰۰	ثابت
۵	شمال	۰/۷۳۶	۰/۷۶۲	۰/۹۶۶	فزاینده
۶	شمال شرق	۰/۹۰۱	۰/۹۰۵	۰/۹۹۵	فزاینده
۷	خراسان	۱،۰۰	۱،۰۰	۱،۰۰	ثابت
۸	شمال غرب	۰/۹۰۷	۰/۹۲۱	۰/۹۸۴	فزاینده
۹	آذربایجان	۰/۷۴۹	۰/۷۶۸	۰/۹۷۵	فزاینده
۱۰	اصفهان	۱،۰۰	۱،۰۰	۱،۰۰	ثابت
۱۱	جنوب شرق	۰/۸۹۵	۰/۸۹۶	۰/۹۹۹	ثابت
۱۲	هرمزگان	۱،۰۰	۱،۰۰	۱،۰۰	ثابت
۱۳	زاهدان	۰/۲۸۵	۱،۰۰	۰/۲۸۵	فزاینده
	میانگین	۰/۸۵۸	۰/۹۳۲	۰/۹۲۴	—

## ۷- رتبه بندی نواحی دارای کارایی واحد

از آنجا که یکی از اهداف روش تحلیل پوششی داده‌ها، ارائه الگوی مرجع برای نواحی ناکارا می‌باشد؛ لذا در صورت استخراج نتایجی مبنی بر این که یک مجموعه از واحدها می‌توانند به عنوان الگو مطرح باشند، می‌بایست با استفاده از روش‌هایی اقدام به انتخاب یک واحد برای معرفی واحد مرجع نمود. این روش‌ها عبارتند از:

### ۷-۱- روش تعداد دفعات

اولین روش مراجعه به تعداد دفعاتی است که ناحیه مورد نظر، به عنوان الگو و یا مرجع سایر نواحی قرار گرفته است که با توجه به این روش نواحی هرمزگان، خراسان، اصفهان و تهران به ترتیب مقام‌های اول تا چهارم را دارا می‌باشند.



### ۷-۲- روش مجموع وزنی تعداد دفعات

روش دیگری که برای رتبه‌بندی مطرح است، مراجعه به مجموع وزن نواحی دارای کارایی واحد در هر بار که به عنوان الگو برای سایر نواحی مطرح بوده اند می‌باشد، با توجه به این روش نیز نواحی هرمزگان، خراسان، اصفهان و تهران به ترتیب مقام‌های اول تا چهارم را دارا می‌باشند.

### ۷-۳- مدل آندرسون پیترسون (AP)<sup>۱</sup>

در اینجا به منظور رتبه بندی نواحی، ناحیه دارای کارایی واحد را از مجموعه واحدهای تصمیم گیرنده حذف نموده و مدل DEA را برای باقیمانده نواحی حل می‌نمائیم. با توجه به این روش نیز نواحی هرمزگان، خراسان، تهران و اصفهان به ترتیب مقام‌های اول تا چهارم را دارا می‌باشند.

از آنجا که مدل مذکور از یک پایه تئوریک مستدلی برخوردار است، لذا می‌توان به نتایج حاصل از این مدل اعتماد بیشتری داشت.

در نهایت چنانچه بخواهیم با استفاده از سه شاخص فوق‌الذکر به رتبه‌بندی نواحی به پردازیم، به ترتیب نواحی هرمزگان، خراسان، اصفهان، تهران، مقام‌های اول تا چهارم را دارا می‌باشند.

### ۸- جمع بندی و نتیجه گیری

از آنجا که روش تحلیل پوششی داده‌ها قابلیت ارائه نتایج با دو ماهیت ورودی و خروجی را دارد لذا قدرت بیشتری در ارائه راهکار برای افزایش کارایی نواحی در راه آهن ج.ا.ا را دارد، به طوری که با توجه به ماهیت ورودی می‌توان گفت استفاده از ۱۴ درصد ظرفیت خالی ناوگان با الگو برداری از ناحیه هرمزگان و با رویکرد خروجی افزایش تن - کیلومتر و نفر - کیلومتر به ترتیب به میزان ۹۰۰۷۶۰ و ۳۰۴۵۷۲ در کل شبکه موجب استفاده بهینه از منابع در این بخش می‌گردد و می‌بایست با توجه به سهم هر یک از نواحی، این تحول صورت پذیرد.<sup>۲</sup>

۱- تحلیل پوششی داده‌ها، غلامرضا جهانشاهلو، جزوه درسی دانشگاه تربیت معلم، ۱۳۸۰.

۲- رجوع شود به: جواد، رضایی؛ ارزیابی کارایی نواحی سیزده گانه راه آهن ج.ا.ا به روش تحلیل پوششی داده‌ها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۸۱.

## فهرست منابع

- ۱- ابطحی، حسن، و کاظمی، بابک؛ بهره‌وری؛ موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، چاپ اول، ۱۳۷۵.
- ۲- امامی میبدی، علی؛ اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری؛ موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، ۱۳۷۹.
- ۳- بیرقدار، محسن؛ اندازه‌گیری بهره‌وری در راه آهن ج.ا.ا؛ مجله برنامه و بودجه، شماره ۳۷، ۱۳۷۸.
- ۴- حیدری، کیومرث؛ ارزیابی کارایی نیروگاه‌های تولید برق کشور؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۷۹.
- ۵- دفتر آمار و خدمات ماشینی؛ حمل و نقل در یک نگاه؛ تهران، سازمان حمل و نقل و پایانه‌های کشور، ۱۳۷۹.
- ۶- دفتر آمار و خدمات ماشینی؛ سالنامه آماری راه آهن ج.ا.ا؛ تهران، راه آهن ج.ا.ا، ۱۳۷۹.
- ۷- روابط عمومی راه آهن ج.ا.ا؛ تاریخ جامع راه آهن ج.ا.ا؛ تهران، راه آهن ج.ا.ا، ۱۳۷۸.
- ۸- علیرضایی، محمد رضا؛ داده‌های آریب در تحلیل پوششی داده‌ها؛ پایان‌نامه دکتری دانشگاه تربیت معلم، ۱۳۷۲.
- ۹- علیرضایی، محمد رضا؛ ارزیابی کارایی شرکت‌های بیمه؛ موسسه تحقیقات بیمه‌ای، ۱۳۷۸.
- ۱۰- فرهنگ، منوچهر؛ فرهنگ علوم اقتصادی؛ انتشارات البرز، ویرایش هفتم، ۱۳۷۲.
- ۱۱- فیضی، کامران؛ اصول مدیریت بازرگانی؛ دانشگاه پیام نور، ۱۳۷۴.
- ۱۲- قلی‌نژاد، موسی؛ شاخص‌های مقایسه‌ای راه آهن کشورهای اسلامی؛ مجله صنعت حمل و نقل، شماره ۲۴، ۱۳۷۹.
- ۱۳- معاونت بهره‌برداری و سیر و حرکت راه آهن ج.ا.ا؛ شناسنامه ایستگاه‌ها؛ تهران، راه آهن ج.ا.ا، ۱۳۷۲.
- ۱۴- موحد، علی؛ راه آهن ۱۴۰۰؛ تهران مرکز تحقیقات راه آهن ج.ا.ا، ۱۳۷۸.
- ۱۵- میریام وبستر؛ (Webster's-New Collegiate Dictionary)؛ انتشارات ارغوان، چاپ اول، ۱۳۶۲.
- 16- Johnes Gerint and Johnes Jill; "Measuring the Research Performance of u.k. Economic department"; An Application of Data Envelopment Analysis, Oxford Economic Paper, No, 45, pp.332-347, 1993.
- 17- Lovell, C.A.K., "Production Frontiers and Productive Efficiency"; In the Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications, edited by Harold. Fried, C.A.K. Lovell, and Schmidt, Oxford University Press No.25, pp.3-67, 1993.
- 18- Meeusen, W. and J. Van Den Broeck; "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Function with Composed Error"; International Economic Review, No.18, pp.435-444, 1977.

- 19- Jondro, J., C.A.K. Lovell, I.S. Materov and P. Schmidt; "On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Model"; *Journal of Econometrics*, No.19, pp.233-238, 1982.
- 20- Affrit, S.N.; "Efficiency Estimation of Production Function"; *International Economic Review*, No. 13 pp. 68-598, 1972.
- 21- Aigner, A, Lovell, C.A.K, Schmidt, P; "Formulation and Estimation of Stochastic Production Function Models"; *Journal of Econometrics*, 86:21-37, 1977.
- 22- Banker, R.D. A. Charnes and W.W.Cooper; "Some Models For Estimating Technical Scale Efficiencies in Envelopment Analysis"; *Management Science*. Vol.30, No.9, pp. 1078-1092, 1984.
- 23- Cantos, Pedro; "Productivity, Efficiency, and Technical change in the European railway: A Non – Parametric approach, International"; *Journal of Transport Economic* 25 (1):55-27 (E.mail: Pedro.Cantos@uv.es), 2000.
- 24- Charnes, A.W.W. Cooper and E. Rhodes; "Measuring the Efficiency of Decision Making Units"; *European Journal of operational Research*2, pp. 429-444, 1978.
- 25- Coelli, Time; "A Guide To Frontier version 4.1: A Computer Program for stochastic Frontier Production and cost Function Estimation Center for Efficiency and Productivity Analysis"; University of New England, Australia, <http://WWW.une.edu.au/econometrics/cepa.htm>
- 26- Farrell, M; "The Measurement of Productive Efficiency"; *Journal of the Royal Statistics Society, Series A*, Vol. 120, No.3, 253-281, 1957.
- 27- Green, W.M; "Maximum Likelihood Estimation of Econometric Frontier Function"; *Journal of Econometrics*, No.46, pp.39-56, 1980.
- 28- Perelman, S.and P.Pestieau; "Technical Performance in Public Enterprises: A comparative study of railways and postal services", *European Economic Review* No.32, pp.432-441, 1988.
- 29- Schmidt, P. and R.C. Sickles; "Production Frontiers and Panel Data"; *Journal of Business and Economics Statistics*, No.27, pp.367-374, 1984.