مجله تحقیقات اقتصادی / شماره ۷۸ / بهار ۸۶ / صفحات ۱۲۱-۸۷

ارزیابی کارائی راه‌آهن جمهوری اسلامی‌ایران در مقایسه با راه‌آهن‌های کشورهای آسیائی و خاور میانه *

محمد حسین پورکاظمی

دانشیار دانشکده علوم اقتصادی وسیاسی دانشگاه شهید بهشتی h_pourkazemi@yahoo. com. au

حسینعلی سلطانی

کارشناس‌ارشد دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی دانشگاه شهید بهشتی h_soltani2001@yahoo. com

تاریخ دریافت:۸۵/۸/۲۱ تاریخ تصویب: ۸۶/۳/۱۶

چکیده

VRS CRS

JEL : C14,C61,L92.

1- Union International des Chemins defer (UIC).

۱- مقدمه

معضل محدودیت منابع و امکانات تولید و به تبع آن کالاها و خدمات همواره دست به گریبان جوامع بوده است. بنابراین استفاده اصولی و بهینه از منابع و امکانات امری اجتناب ناپذیر است. تا با جلوگیری از اتلاف منابع و سرمایه‌ها شرایط برای تحقق اهداف مطلوب فراهم گردد. صنعت حمل و نقل به‌عنوان یکی از محورهای توسعه اجتماعی و اقتصادی در بیشتر کشورها مورد توجه سیاستگذاران اقتصادی بوده تا با ساماندهی این بخش زمینه ارتقاء و عملکرد بهینه آن محقق گردد[6] همچنین کشور ما به‌دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و راهبردی آن و نیز به لحاظ وجود خطوط مختلف فرعی و اصلی راه‌آهن، ارتباط با آب‌های آزاد و اتصال شرق به غرب، امکانات بالقوه ای را جهت تمرکز بر روی بخش حمل و نقل و افزایش درآمدهای ترانزیتی ناشی از جابجایی بار و مسافر دارد. بخش حمل و نقل ریلی به جهت مصرف کمتر انرژی، ایمنی بیشتر، آلودگی کمتر محیط زیست و اشغال کمتر زمین در مقایسه با سایر شیوه های حمل و نقل دارای صرفه اقتصادی بالاتری می‌باشد. [7]

بنابراین توجه ویژه به این بخش در میان شاخه‌های حمل و نقل می‌تواند در اولویت سیاست‌گذاری های کلان اقتصادی جوامع مختلف قرار گیرد. آمارهای موجود در کشور مبین آنست که در طول ۱۰ سال گذشته سهم ارزش افزوده بخش حمل و نقل از کل کشور رقم قابل توجهی بوده به‌طوری که در سال‌های ۱۳۸۰ و۱۳۸۱ به‌ترتیب ۸/۴ و ۸/۳ درصد از کل تولید ناخالص داخلی کشور را به خود اختصاص داده است ضمن آنکه سهم بخش حمل و نقل ریلی از ۰/۹ درصد در سال ۱۳۷۹ به ۱/۸ درصد در سال ۱۳۸۱ رسیده است[1] [10] بررسی‌های آماری بیانگر آنست که کشور ما از نظر امکانات و زیرساخت‌ها وضعیت نسبتاً خوبی دارا بوده است حال آنکه میزان بهره‌گیری و بهره‌برداری از این زیر ساخت‌ها مناسب نبوده است و جایگاه مطلوبی ندارد[9].

حمل و نقل ریلی از مهمترین عوامل تحول اقتصاد جهان و شروع استفاده از آن همزمان با انقلاب صنعتی است. از ۳۷۰ سال پیش که نخستین واگن های اسبی در انگلیس برای حمل ذغال سنگ به‌کار گرفته شد تا سال ۱۸۰۴ که موتورهای بخار برای حرکت واگن های قطار و حمل بار و مسافر به‌کار گرفته شد حدود ۱۷۰ سال گذشته بود و به‌تدریج سرعت بشر در دستیابی به فن آوری های جدید و توسعه و پیشرفت افزایش می‌یافت. مهمترین ویژگی این دوران که دوران انقلاب صنعتی است، افزایش سرعت و حجم انتقال بار و مواد اولیه و کالا است که به تحول بزرگ صنعتی و اقتصادی در جهان منجر شد. اولین شبکه های راه‌آهنی جهان در سال ۱۸۲۵ در انگلیس و در سال ۱۸۲۸ در آمریکا افتتاح گردیده است در سال ۱۸۸۲ موتور رودولف دیزل[1] مورد آزمایش قرار گرفت. بنابراین از سال ۱۹۳۴ موتورهای دیزل جایگزین موتور های بخار شد و باعث افزایش سرعت حمل و نقل با قطار و کاهش آلودگی و میزان مصرف انرژی گردید. [1] کشور ما در میان بیشتر کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه قدمت کم‌تری از نظر تاسیس راه‌آهن دارد و نخستین اقدامات آن به سال‌های (۱۲۹۰ه ش) باز می‌گردد. [9]

در این مقاله با بررسی کارائی و تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید راه‌آهن کشورمان و سایر کشورها و ارائه تحلیل حساسیت‌های مناسب، راهکارهای علمی‌برای بهبود کارائی و بهینگی حمل و نقل ریلی کشور ارائه شده است. بنابراین باید به این سوالات پاسخ داده شود که کشورمان از نظر کارائی در بین این کشورها چه جایگاهی دارد؟ و روند آن چگونه بوده است. آیا منابع موجود در کشور در مقایسه با سایر کشور های در حال توسعه به‌نحوه مطلوبی استفاده می‌گردد یا خیر؟ ضمن آنکه آیا با منابع موجود این قابلیت و انعطاف پذیری وجود دارد که بتوانیم میزان بار و مسافر را افزایش دهیم یا این‌که منابع کم‌تری را جهت تحقق نیازهای کنونی جابجائی بار و مسافر به‌کار گیریم.

1- Rodulf Dizel.

۲- مفاهیم و روش‌های اندازه‌گیری کارائی و بهره‌وری

کارائی دارای مفهومی مهم و پیچیده می‌باشد که در حوزه‌های مختلف با تعاریف متفاوت به‌کار گرفته می‌شود. در برخورد با واژه کارائی با مجموعه ای از مفاهیم و تعاریف روبه‌رو می‌شویم. کارائی ممکن است نسبت ستانده به نهاده باشد. گاه ممکن است نسبت هزینه واقعی به هزینه استاندارد برای محاسبه‌کارائی به‌کار رود. در تعریف آن از دیدگاه اقتصادی کارائی در مورد یک بنگاه به دو نسبت اشاره دارد. نسبت اول، امکان‌پذیری حداکثر تولید با یک مجموعه نهاده معین (یا حداقل نهاده برای تولید ستانده معین) که این نسبت کارائی فنی نامیده می‌شود بنابراین تنها نهاده‌هایی در این نسبت لحاظ می‌کنیم که خاصیت فیزیکی و خریداری داشته باشند. در مورد نسبت دوم نیز نسبت ستانده به نهاده است که البته یک شکل آن به‌صورت ارزش ستانده به ارزش نهاده تعریف می‌گردد، یعنی قیمت های محصولات و همچنین نهاده‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند و آن را کارائی قیمتی (تخصیصی[1]) می‌نامند. در این حالت کارایی اقتصادی[2] حاصلضرب کارایی تکنیکی (فنی) و کارایی قیمتی است. در حقیقت علت به‌کارگیری آن اینست که حل مشکلات فنی تولید برای یک بنگاه کافی نیست و بنگاه باید عملکرد خود را با قیمت‌های رایج و نسبی نهاده‌ها در بازار تطبیق دهد[3,4].

بهره‌وری نیز مفهومی‌است که به‌عنوان یک ویژگی بسیار مهم به یک سیستم می‌توان نسبت داد وآن را هدف اصلی سیستم به حساب آورد.

مفاهیم بهره‌وری به نوعی ارتباط میان مقدار (ارزش) کالاها و خدمات تولید شده و مقدار (ارزش) منابع و نهاده مصرف شده در جریان تولید این کالاها و خدمات در یک سیستم را بیان می‌نماید، که روابط آن کمی و قابل اندازه‌گیری می‌باشد.

1- Allocative Efficiency.
2- Economic Efficiency.

سازمان همکاری‌های اقتصادی اروپا[1] در سال ۱۹۵۰ بهره‌وری را نسبت بازده به یکی از عوامل تولید نامید. دیویس[2] (۱۹۵۵) افزایشی که در میزان محصول در اثر منابع به‌کار رفته ایجاد می‌گردید را به‌عنوان بهره‌وری معرفی نمود. فابریکنت[3] (۱۹۶۲) نسبت بین ستانده و نهاده را بهره‌وری می‌دانست و سومانث[4] (۱۹۷۹) نسبت بازده ملموس به نهاده بهره‌وری کل عوامل تولید می‌نامید.

سازمان بین‌المللی کار[5] (ILO) بهره‌وری را با توجه به نهاده‌های کار، سرمایه، زمین و نسبت ترکیب این نهاده‌ها به محصولات در نظر گرفت. اما در زمینه اندازه‌گیری بهره‌وری حمل و نقل ریلی نخستین بار در سال ۱۹۵۱ برگر[6] مطالعاتی را انجام نمود. در سال ۱۹۶۵ دیکین[7] وجورج[8] بهره‌وری صنایع خدمانی را بررسی نمودن که حمل ونقل را نیز در بر می‌گرفت. [8]

۱-۲- روش‌های اندازه‌گیری کارایی

به‌طور کلی روش های ارزیابی کارایی را در دو دسته روش‌های پارامتری و ناپارامتری[9] تقسیم بندی نمود:

الف) روش‌های پارامتری

به روش‌هایی اطلاق می‌گردد که در آن‌ها ابتدا یک شکل خاص برای تابع تولید(مانند تابع کاب-داگلاس) در نظر گرفته می‌شود. سپس با یکی از روش‌های برآورد توابع که در آمار و اقتصادسنجی مرسوم است، ضرایب مجهول (پارامترها) این تابع برآورد می‌شود و با استفاده از تابع برآورد شده کارائی محاسبه می‌گردد.

پرتال جامع علوم انسانی

1- Organization for European Economic Co-operation. .
2- Davis.
3- Fabricant .
4- Somanth .
5- International Labor Organization.
6- Barger.
7- Deakin.
8- George.
9- Non- Parametric Method.

چون در این روش، پارامتر یا پارامترهائی از تابع برآورد می‌شود به روش پارامتری معروفند. مهمترین روش‌های پارامتری به قرار ذیل است:[2]

- تابع تولید مرزی قطعی[1]
- تابع تولید مرزی قطعی آماری[2]
- تابع تولید مرزی تصادفی[3]
- تابع سود[4]

ب) روش ناپارامتری

در این روش با کمک تکنیک برنامه‌ریزی ریاضی به محاسبه کارایی نسبی بنگاه‌ها پرداخته می‌شود. و دیگر نیازی به برآورد تابع تولید نیست، و چنانچه بنگاه‌ها دارای چند خروجی متفاوت باشد، این روش در ارزیابی کارایی دچار مشکل نمی‌شود. اما این نکته را باید در نظر گرفت که کارائی حاصله در این روش در مقایسه با سایر واحدهاست و نسبی می‌باشد. روش تحلیل پوششی داده‌ها را می‌توان به‌عنوان یکی از روش‌های ناپارامتری معرفی نمود.

روش تحلیل پوششی داده‌ها

مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها معمولا به شکل نسبت‌ها معرفی می‌شود. محاسبه کارائی در حالت تک نهاده و تک ستانده به‌صورت نسبت ستانده به داده تعریف می‌گردد. و در حالت اندازه‌گیری نسبی واحد ها در شرایط وجود تعداد زیادی نهاده و ستانده بر مجموع موزون واحدها متمرکز می‌گردد. و کارائی فنی به‌صورت نسبت مجموع موزون ستانده‌ها به مجموع موزون داده‌ها تعریف می‌شود. عمده مزیت این مدل‌ها در برابر روش‌های پارامتری آنست که در شرایط وجود چندین خروجی به نحوی که هیچ شاخصی جهت تبدیل آن‌ها به یکدیگر نباشد و در عین حال هیچ توافق کلی در مورد وزن یا اهمیت آن‌ها وجود نداشته باشد می‌توان از این مدل‌ها استفاده نمود[2].

1- Deterministic Frontier Production Function.
2- Deterministic Stochastic Frontier Production Function.
3- Stochastic Frontier Production Function.
4- Profit Function.

در زمینه به‌کارگیری تکنیک‌های برنامه‌ریزی خطی تحلیل پوششی داده‌ها بیش از ۳۲۰۰ مقاله و رساله پژوهشی و تحقیقاتی در فاصله سال‌های ۱۹۷۸ تا سال ۲۰۰۱ ارائه گردیده است. که این مطالعات در زمینه‌های مختلف نظیر ارزیابی کارائی بیمارستان‌ها، مراکز آموزشی، نیروگاه‌ها، صنایع مختلف و بخش کشاورزی بوده است. [19]

در شرایط بررسی کارائی n واحد همگن موسوم به واحدهای تصمیم‌گیری که هرکدام دارای p ورودی و s خروجی باشد، کارائی واحد i ام (i=1,2,……,n) به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد.

x_{ji} : میزان ورودی j ام برای واحد i ام (j=1,2,……,m)

y_{ri} : میزان خروجی r ام برای واحد i ام (r=1,2,……,p)

u_r : وزن اختصاص داده شده به خروجی r ام

v_j : وزن اختصاص داده شده به ورودی j ام

$$\text{کارائی واحد i ام} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ri}}{\sum_{j=1}^{p} v_j x_{ji}} \qquad (۲)$$

مسئله اساسی در رابطه بالا اینست که معیار ارائه شده سنجش کارائی، به مجموعه‌ای از وزن‌ها نیاز دارد که برای تمام واحد های مورد بررسی، مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین با توجه به این دو نکته، ارزش ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌تواند متفاوت باشد و از طرفی واحدهای مختلف می‌توانند به نحوه ای عملیات خود را سازماندهی نمایند که خروجی‌هایی با ارزش‌های متفاوت ارائه کنند. [11]

چارنز، کوپر و رودز (CCR) در سال ۱۹۷۸ مدل نسبتی خود را بر مبنای حداقل‌کردن عوامل تولید و با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس ارائه نمودند. [10] آن‌ها در مدل خود به خروجی‌ها و ورودی‌ها وزن‌های مختلفی را اختصاص دادند و واحد هایی را مطرح کردند که می‌توانند وزن‌هایی را که برای آن‌ها متناسب‌تر و روشن تر در مقایسه با سایر واحدها باشد بپذیرند. تحت این شرایط که به مدل نسبتی CCR معروف است به‌گونه‌ای این نسبت تعیین می‌گردد که

کسر مجموع وزنی ضرایب را حداکثر نماید و برای سایر واحدها با فرض نسبت کم‌تر از یک باشد این روش برای تک تک واحدهای تصمیم‌گیری به‌کار برده می‌شود.

$$\text{Max} \quad Z_i = \frac{\sum_{r=1}^{p} u_r y_{ri}}{\sum_{j=1}^{m} v_j x_{ji}} \qquad (۳)$$

$$\text{st}: \quad \frac{\sum_{r=1}^{p} u_r y_{ri}}{\sum_{j=1}^{m} v_j x_{ji}} \le 1 \quad , u_r , v_j \ge 0$$

متغیر های مدل بالا وزن‌ها بوده و جواب مسأله مناسبترین مقادیر را برای وزن‌های واحد i ام ارائه و کارائی آن را اندازه‌گیری می‌کند. در مدل بالا در شرایط عدم محدودیت ضرایب خروجی خیلی بزرگ و ضرایب ورودی خیلی کوچک می‌گردد. جهت جلوگیری از چنین مشکلی نسبت‌های کارائی واحدها را کوچکتر یا مساوی یک در نظر می‌گیریم. در برخی از نتایج مشاهده می‌کنیم که مقدار ضرایب حاصله برابر صفر می‌شود دراینصورت عملاً ورودی یا خروجی مربوط به آن ضریب اصلاً لحاظ نمی‌گردد در این صورت لازم است جهت جلوگیری از بروز این خطا مقادیر ضرایب u_i, v_j از مقدار حداقلی بسیار ناچیز مانند ε بزرگتر باشند و مقدار با توجه به مقادیر نتایج مدل تعیین می‌گردد. [11,20]

مدل پوششی CCR ورودی محور[1] و خروجی محور[2]

چارنز، کوپر و رودز در ساخت مدل تحلیل پوششی داده‌ها به روابط تجربی در ارتباط با تعداد واحد های مورد ارزیابی و تعداد خروجی‌ها و ورودی‌ها به‌صورت ذیل رسیدند.

1- Input Oriented.
2- Output Oriented.

(تعداد خروجی‌ها + تعداد ورودی‌ها) × ۳ ≤ تعداد واحدهای مورد ارزیابی

عدم به‌کارگیری رابطه فوق در عمل باعث قرارگرفتن تعداد زیادی از واحدها بر روی مرز کارائی می‌شود و قدرت تفکیک مدل کاهش می‌یابد.

فرم دوگان مدل بالا به‌صورت خطی میزان کارائی (θ) برای هر بنگاه را ارائه می‌نماید متغیر متناظر با محدودیت $\sum_{j=1}^{m} v_j x_{ji} = 1$ را در مساله دوگان با تابع هدف (θ) و متغیرهای متناظر با محدودیت های $\sum_{r=1}^{p} y_{ri} u_r - \sum_{j=1}^{m} v_j x_{ji} \le 0$ که با λ_i بیان گردد ویک مدل ورودی محور می‌باشد.

$$\text{Min } y_k = \theta$$

$$\text{St}: \quad \sum_{i=1}^{n} \lambda_i y_{ri} \ge y_{rk} \;,\; \theta x_{jk} - \sum_{i=1}^{n} \lambda_i x_{ji} \ge 0$$

$$\lambda_i \ge 0 \;,\; (r = 1,2,....,p) \;,\; (j = 1,2,.....,m) \;,\; (i = 1,2,.....n)$$

λ یک بردار $n\times 1$ شامل اعداد ثابت می‌باشد که وزن‌های مجموعه مرجع را نشان می‌دهد و نشانگر نسبتی از ورودی‌ها و خروجی‌های تمامی‌واحدهای به هم آمیخته است که واحد مجازی را ایجاد می‌کنند. مقادیر اسکالر به‌دست آمده برای θ کارایی بنگاه‌ها خواهد بود که شرط $\theta \le 1$ را تامین می‌نماید.

در رابطه فوق اولین قید بیان می‌دارد که آیا مقادیر واقعی محصول تولید شده توسط بنگاه i ام با استفاده از عوامل تولید مورد استفاده می‌تواند بیش از این باشد. محدودیت دوم دلالت بر این دارد که عوامل تولیدی که توسط بنگاه i ام به‌کار می‌روند، حداقل بایستی به اندازه عوامل به‌کار رفته در بنگاه مرجع باشند. λ و θ متغیرهای تصمیم در مدل محسوب می‌شوند.

θ عبارتست از نسبت میزان بهینه نهاده مورد نیاز برای تحصیل مقدار مشخصی محصول به‌میزان مورد استفاده از عوامل برای تولید همان میزان محصول. مدل برنامه‌ریزی خطی لازم است n بار و هر مرتبه برای یکی از بنگاه‌ها

حل شود. در نتیجه میزان کارائی (θ) برای هر بنگاه به‌دست خواهد آمد. اگر $\theta=1$ باشد، نشان‌دهنده نقطه‌ای روی منحنی هم مقداری تولید و یا تابع تولید مرزی است و بنابراین طبق نظریه فارل، بنگاه دارای کارائی نسبی می‌باشد. [2,11]

در مدل‌های خروجی محور بر خلاف مدل‌های ورودی محور، یک واحد درصورتی کاراست که امکان افزایش یکی از خروجی‌ها بدون کاهش یک خروجی دیگر و یا افزایش یک ورودی وجود نداشته باشد. به‌صورت رابطه زیر تعریف می‌گردد.

(۵) مدل خروجی محور CCR

$$\text{Max } y_k = \theta$$

$$\text{St}: \quad \sum_{i=1}^{n} x_{ji}\lambda_i \le x_{jk} \;,\; \sum_{i=1}^{n} y_{ri}\lambda_i \ge \theta y_{rk}$$

$$\lambda_i \ge 0 \;,\; (i=1,2,.....,n) \;,\; (j=1,2,.....m) \;,\; (r=1,2,.....,p)$$

مدل‌های خروجی محور در شرایط تمرکز بر روی خروجی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد در این شرایط واحد k ام زمانی کاراست که هیچ ترکیبی محدبی ($x=\sum_{i=1}^{n}\lambda_i x_i$) از واحدها قادر به ارائه ورودی کم‌تری نسبت به واحد تحت بررسی نباشد. همچنین هیچ ترکیبی $y=\sum_{i=1}^{n}\lambda_i y_i$ از خروجی‌ها قادر به افزایش دادن نسبت θ خروجی واحد مورد نظر نباشد. پارامتر ($\theta\ge1$) بیانگر مقدار افزایش نسبی خروجی واحد k ام می‌باشد در حالی که سطح خروجی ثابت است. این افزایش به‌طور همزمان برای تمام خروجی‌ها اعمال می‌شود و منجر به حرکت شعاعی به سمت سطح پوششی می‌گردد. [2,11]

۲-۲- روش‌های اندازه‌گیری بهره‌وری

۱-۲-۲- روش داده - ستانده[1]

این روش ابتدا برای مطالعه جریانات اقتصاد ملی به‌کارگرفته شده و در واقع ماتریس معکوسی که در این تحلیل مورد استفاده قرارگرفته است به معکوس لئونتیف معروف است. هرچند از روش تحلیل داده- ستانده برای اندازه‌گیری بهره‌وری در سطح ملی کارهای زیادی انجام شده است ولی در سطح بنگاهی کار خاصی صورت نگرفته است.

۲-۲-۲- روش ارزش افزوده[2]

این روش از دهه ۱۹۳۰ به‌عنوان روشی جهت اندازه‌گیری بهره‌وری متداول گردید و شرکت‌ها جهت ایجاد سیستم‌های انگیزشی از این روش برای محاسبه بهره‌وری استفاده نمودند. که از آن جمله مدل راکر[3] بود که براساس افزایش بهره‌وری، پرداخت‌ها را تنظیم می‌نمود. در این روش، میزان ارزشی که بر مواد یا کالا و خدماتی تهیه شده از بیرون افزوده می‌گردید به‌عنوان معیار کارائی واحد تولید محسوب می‌شد. بنابراین:

ارزش افزوده= ستانده- مواد یا خدمات تهیه شده از بیرون

با داشتن ارزش افزوده می‌توان به تعریف بهره‌وری جزئی برای هریک از منابع تولید دست یافت. [8]

$$\frac{\bullet\bullet\bullet\bullet\blacksquare\bullet\bullet\blacksquare}{\bullet\blacksquare\bullet\bullet\bullet\bullet\blacksquare\bullet\bullet\bullet\blacksquare\bullet\bullet\bullet} = \bullet\,\bullet\bullet\,\bullet\bullet\bullet\,\blacksquare\bullet\bullet\bullet\bullet\,\blacksquare\blacksquare \qquad (۶)$$

۳-۲-۲- روش شاخصی

الف) شاخص کندریک[4][8]

این شاخص براساس نسبت محصول خالص (تولید واقعی) به‌میانگین وزنی عوامل تولید کار و سرمایه است. در این شاخص فرض بر آنست که شرایط رقابت

1- Input-Output.
2- Value added .
3- Rucker.
4- Kendrick Index.

کامل حاکم بوده و کالاها و عوامل تولید دارای بازاری رقابت است و ایـن شـاخص به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

$$TFP = \frac{V}{r.k + w.l} \qquad (۷)$$

که در آن w و r به‌ترتیب سهم نیروی کار و سرمایه در ارزش افزوده است و V ارزش افزوده، k موجودی سرمایه و l تعداد نیروی کـار اسـت. بـرای حـصول از مقادیر سهم عوامل تولید در ارزش افزوده، تابع تولیـد کـاب داگـلاس را بـا فـرض بازده ثابت به مقیاس تولید در نظر می‌گیریم یعنی:

$$V = Ak^{\alpha}l^{\beta}, \alpha + \beta = 1 \qquad (۸)$$

ب) شاخص ابتدائی[1]

با فرض وجود دو عامل سرمایه و نیـروی کـار در فرآینـد تولیـد، نـسبت ارزش تولید به مجموع موزون از ارزش عوامل تولید به‌صورت زیر در نظر گرفته می‌شود.

$$TFP = \frac{Q}{\alpha(r.k) + \beta(w.l)} \qquad (۹)$$

که β, α سهم عامل کار و سرمایه در تولید و r، w ارزش سرمایه و نیروی کـار به‌کارگرفته شده در تولید است.

ج) شاخص مالم کوئیست [20]

این شاخص تا سال ۱۹۹۲ چندان مورد استفاده قرار نمی‌گرفـت در ایـن سـال نخستین تخمین عملی به کمک این روش انجام پذیرفت. این روش دارای مزایایی است که از آن جمله:

۱- از اطلاعات مقداری استفاده می‌کند

۲- فروض محدودکننده کمتری دارد.

۳- نیازی به تخمین‌های اقتصادسنجی ندارد.

این شاخص بر پایه تابع مسافت- محـصول اسـت و در آن $t=1,2,\ldots,n$ و X, Y بردارهای ستانده و داده در دوره t می‌باشد.

1- Elementry Index.

$X=(x_1,x_2,.....,x_m)$, $Y=(y_1,y_2,.....,y_p)$

در این مطالعه از شاخص مالم کوئیست جهت انجام محاسبات اندازه‌گیری انواع شاخص‌های بهره‌وری کل عوامل تولید استفاده شده است. توضیحات تفصیلی آن در ادامه آورده شده است.

تابع مسافت[1]

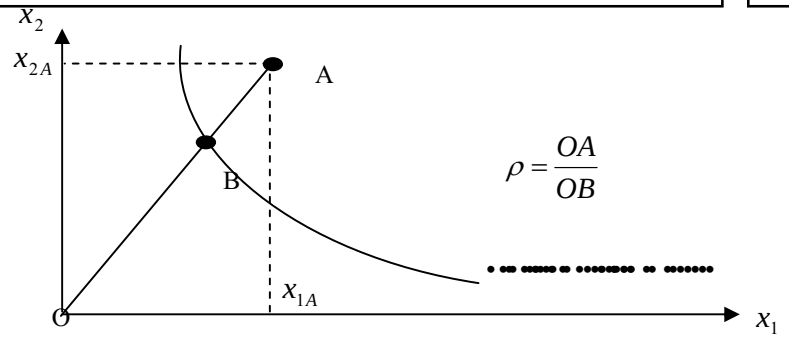
جهت به‌کارگیری بهره‌وری کل عوامل تولید از طریق شاخص مالم کوئیست ابتدا بایستی توابع مسافت تعریف گردد. این تابع در روش تحلیل فراگیر داده‌ها برای محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید به روش شاخص مالم کوئیست براساس نسبت مسافت هر واحد تولیدی در یک دوره از تابع تولید مرزی همان دوره یا دوره های دیگر شکل می‌گیرد و به دو حالت تابع مسافت- عوامل تولید و تابع مسافت - محصول به‌کار برده می‌شود. تابع مسافت- عوامل تولید در شاخص مالم کوئیست در دوره زمانی t و با مقادیر مقایسه‌ای سایر واحد های همان دوره بیانگر عکس مقادیر کارائی مورد نظر فارل می‌باشد. بنابراین مهمترین مزیت به‌کارگیری این توابع مسافت، ارتباط نزدیک آن با معیار کارائی می‌باشد. اگر تکنولوژی تولید یک بنگاه در زمان t به‌صورت زیر تعریف شود داریم: [2,20]

$$T^t=\left\{(x^t,y^t): x^t\in R_+, y^t\in R_+\right\} \qquad (\bullet\bullet)\bullet$$

که X^t می‌تواند Y^t را تولید کند. $Y^t=\{y_1,y_2,.....,y_p\}$ بردار ستانده و $X^t=\{x_1,x_2,....,x_m\}$ بردار داده در زمان t است. T^t فهرستی از ترکیب تکنولوژی داده‌ها و ستانده‌ها در دوره t است. تابع مسافت- عوامل تولید نیز براساس مجموعه عوامل تولید و مطابق نمودار (۱) به‌صورت زیر تعریف می‌گردد.

$D_i^t(x^t,y^t)=\max\left\{\rho:\left(\frac{X}{\rho}\in L^t(y^t)\right)\right\}$ که در آن $L^t(y^t)=\left\{x^t:(x^t,y^t)\in T^t\right\}$ و مجموعه بردارهای داده است که می‌تواند بردار محصول را تولید نماید.

1- Distance Function.



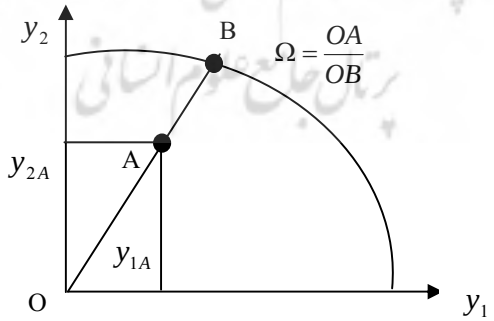
نمودار۱- تابع مسافت – عوامل تولید و مجموعه عوامل تولید

$$D_0^t\left(x^t, y^t\right) = \min\left\{\Omega > 0 : \left(\frac{Y}{\Omega} \in S^t(x^t)\right)\right\}$$

$$s^t\left(x^t\right) = \left\{y^t : \left(x^t, y^t\right) \in T^t\right\} \qquad (۱۰)$$

Ω در شرایط به‌کارگیری یک واحد در دوره t با مقادیر مقایسه‌ای سایر واحدهای تصمیم‌گیری در همان دوره برابر کارائی فنی فارل است. و ضمناً معکوس مقدار تابع مسافت- عوامل تولید است. $D_0^t\left(x^t,y^t\right) = 1 \Big/ D_1^t\left(x^t,y^t\right)$

در نمودار (۲) $s^t\left(x^t\right)$ عبارت از سطح محاط شده توسط منحنی امکانات تولید مرزی و محورهای y_1, y_2 است مقدار تابع مسافت در نقطه A برابراست با[2,14]:



نمودار ۲- تابع مسافت - محصول و مجموعه امکانات تولید

شاخص تغییرات بهره‌وری مالم کوئیست

شاخص مالم کوئیست دارای ویژگی‌های مطلوبی جهت اندازه‌گیری تغییرات بهره‌وری می‌باشد در این بخش ضمن بررسی دقیق این شاخص، اجزاء آن نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

کیوز[1]، کریستنسن[2] و دیورت[3] در سال ۱۹۸۲ شاخص بهره‌وری مالم کوئیست را با توجه به تابع مسافت - عوامل تولید به‌صورت زیر تعریف نمودند به‌طوری‌که E_i^{t+1} تغییر کارائی فنی و T_i^{t+1} تغییرات تکنولوژی در شرایط انتقال تابع مرزی بین دو دوره t و t+1 را اندازه‌گیری می‌کند. [2,14]

$$M_i^{t+1}\left(y^{t+1},x^{t+1},y^t,x^t\right)=\left(\frac{D_i^t\left(y^{t+1},x^{t+1}\right)D_i^{t+1}\left(y^{t+1},x^{t+1}\right)}{D_i^t\left(y^t,x^t\right)D_i^{t+1}\left(y^t,x^t\right)}\right)^{1/2}=$$

$$\left(\frac{D_o^{t+1}\left(y^t,x^t\right)D_o^t\left(y^t,x^t\right)}{D_o^{t+1}\left(y^{t+1},x^{t+1}\right)D_o^t\left(y^{t+1},x^{t+1}\right)}\right)^{1/2}=\frac{D_i^{t+1}\left(y^{t+1},x^{t+1}\right)}{D_i^t\left(y^t,x^t\right)}\times \qquad (۱۲)$$

$$\left(\frac{D_i^t\left(y^{t+1},x^{t+1}\right)D_i^t\left(y^t,x^t\right)}{D_i^{t+1}\left(y^{t+1},x^{t+1}\right)D_i^{t+1}\left(y^t,x^t\right)}\right)^{1/2}=\frac{D_o^t\left(y^t,x^t\right)}{D_o^{t+1}\left(y^{t+1},x^{t+1}\right)}\times$$

$$\left(\frac{D_o^{t+1}\left(y^{t+1},x^{t+1}\right)D_o^{t+1}\left(y^t,x^t\right)}{D_o^t\left(y^{t+1},x^{t+1}\right)D_o^t\left(y^t,x^t\right)}\right)^{1/2}=E_i^{t+1}\times T_i^{t+1}$$

با توجه به رابطه فوق در صورت وجود رشد بهره‌وری این شاخص بزرگتر از واحد و در صورت عدم رشد بهره‌وری، کمتر از واحد خواهد بود. همچنین اگر هیچ تغییری در ستانده‌ها و داده‌ها مشاهده نشود یعنی $x^t=x^{t+1},y^t=y^{t+1}$ باشد این شاخص برابر واحد است. مقادیر تابع مسافت بر پایه بررسی مقایسه موقعیت واحد تحت بررسی در دوره $q=\{t,t+1\}$ ، $D(x^q,y^q)$ از تابع مرزی (ترکیب داده‌ها -

1- Caves.
2- Chrisfensen .
3- Diewert.

ستانده‌ها در دوره زمانیp، $p=\{t,t+1\}$,$D^p(x,y)$ داده‌های کل مقادیر واحدها به‌کار گرفته می‌شود که براساس مدل‌های زیر به‌دست می‌آید [2].

$$\left\{D_0^{t+1}(X_{t+1},Y_{t+1})\right\}^{-1}=\max\ \phi \qquad \left\{D_0^{t}(X_{t},Y_{t})\right\}^{-1}=\max\ \phi$$

$$St:\ -\phi Y_{it+1}+Y_{t+1}\lambda\geq 0 \qquad St:\ -\phi Y_{it}+Y_{t}\lambda\geq 0$$

$$X_{it+1}-X_{t+1}\lambda\geq 0\ ,\ \lambda\geq 0 \qquad X_{it}-X_{t}\lambda\geq 0\ ,\ \lambda\geq 0$$

(••)•

$$\left\{D_0^{t+1}(X_{t},Y_{t})\right\}^{-1}=\max\ \phi \qquad \left\{D_0^{t}(X_{t+1},Y_{t+1})\right\}^{-1}=\max\ \phi$$

$$St:\ -\phi Y_{it}+Y_{t+1}\lambda\geq 0 \qquad St:\ -\phi Y_{it+1}+Y_{t}\lambda\geq 0$$

$$X_{it}-X_{t+1}\lambda\geq 0\ ,\ \lambda\geq 0 \qquad X_{it+1}-X_{t}\lambda\geq 0\ ,\ \lambda\geq 0$$

فیر[1]، گروسکیف[2]. لیندگرین[3] وروس[4] بحث عدم کارائی در شاخص بهره‌وری مالم کوئیست را مطرح نمودند که در شرایط تابع مسافت کمتر از یک است. شاخص بهره‌وری مالم کوئیست به دو شاخص تفکیک می‌گردد. [2,14]

۱- اندازه‌گیری تغییرات کارائی EFFCH

۲- اندازه‌گیری تغییرات تکنولوژی ECHCH

$$M_0^{t+1}\left(y^{t+1},x^{t+1},y^{t},x^{t}\right)=\mathrm{ECHCH}\times\mathrm{EFFCH}$$

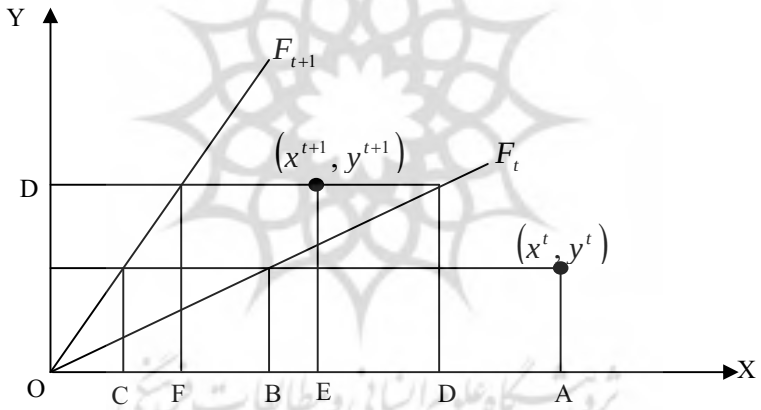
اندازه تغییرات تکنولوژی به‌صورت تغییرات منحنی هم‌مقداری داده و ستانده نمایش داده می‌شود.

در تحلیل‌های اندازه‌گیری بهره‌وری بحث بازده متغیر به مقیاس مطرح می‌گردد. در این‌صورت با توجه به‌تفکیک کارائی به دو دسته کارائی مدیریتی و

1- Fare.
2- Grosskopf .
3- Lindgrin .
4- Roos .

کارائی مقیاس، می‌توان وضعیت تغییرات صرفه‌جوئی نسبت به مقیاس را نیز بررسی نمود.

کارائی مدیریت مؤید سخت کوشی، تلاش و خلاقیت مدیریت و کارکنان و ترکیب مناسب عوامل تولید جهت افزایش بهره‌وری محسوب می‌گردد. در شرایطی که در صنعت هزینه متوسط تولید برای تولید کنندگان با مقیاس بزرگ کمتر از هزینه متوسط تولید برای تولیدکنندگان با مقیاس کوچک باشد، صرفه‌جوئی ناشی از مقیاس در تولید (کارائی مقیاس) وجود خواهد داشت. کارائی تکنولوژی بیانگر تکنیک و تکنولوژی برتر جهت به‌کارگیری برای تولید بیشتر با همان منابع و نهاده‌ها و یا میزان تولید قبلی محصولات در شرایطی که مواد اولیه و نهاده‌های کار و سرمایه به‌کار گرفته شده کمتر گردد [2].



نمودار۳- اندازه‌گیری بهره‌وری بر پایه شاخص مالم کوئیست [2]

$$M^{t+1} = \frac{D_i^{t+1}\left(y^{t+1}, x^{t+1}\right)}{D_i^{t}\left(y^{t}, x^{t}\right)} \times \left(\frac{D_i^{t}\left(y^{t+1}, x^{t+1}\right)}{D_i^{t+1}\left(y^{t+1}, x^{t+1}\right)} \frac{D_i^{t}\left(y^{t}, x^{t}\right)}{D_i^{t+1}\left(y^{t}, x^{t}\right)} \right)^{1/2} \quad (۹)$$

$$= \frac{OE/OF}{OA/OB} \times \left[\frac{OE/OD}{OE/OF} \times \frac{OA/OB}{OA/OC} \right]^{1/2}$$

اجزاء شاخص بهره‌وری عوامل تولید

[illegible]

۱- شاخص تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید[1] (TFPCH)
۲- شاخص تغییرات تکنولوژی[2] (ECHCH)
۳- شاخص تغییرات کارائی[3] (EFFCH)
۴- شاخص تغییرات کارائی مقیاس[4] (SECH)
۵- شاخص تغییرات کارائی مدیریت[5] (PECH)

قبلاً اشاره گردید که شاخص تغییرات کارائی از حاصلضرب شاخص‌های تغییرات کارائی مقیاس و کارائی مدیریت به‌دست می‌آید و شاخص تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید از حاصل‌ضرب شاخص‌های تغییرات کارائی و تغییرات تکنولوژی حاصل می‌شود. [2]

۳- سوابق مطالعات

به‌کارگیری روش تحلیل پوششی داده‌ها به‌منظور ارزیابی کارایی و تغییرات بهره‌وری بنگاه‌های مختلف (حداقل در ایران) یک تکنیک نسبتاً جدید محسوب می‌گردد. در اینجا به برخی از مطالعات مرتبط با تحقیق به‌صورت اجمالی می‌پردازیم و در انتها تحقیقاتی را که در زمینه کارایی صنعت حمل و نقل ریلی در ایران و جهان انجام شد را ارائه می‌دهیم. تا علاوه بر آشنائی با این مطالعات،

1- Total Factor Productivity Change Index (TFPCH).
2- Technical Change Index(ECHCH).
3- Efficiency Change Index(EFFCH).
4- Scale Efficiency Change Index(SECH).
5- Pure Efficiency Change Index(PECH).

وجوه اشتراک وتمایز آن‌ها با تحقیق کنونی ملموس‌تر گردد. این سوابق در دو دسته سوابق داخل و خارج از کشور ارائه شده است.

۱-۳- سوابق مطالعات داخل کشور

اولین نوع تحقیق در زمینه کارائی حمل و نقل ریلی مربوط به‌ارزیابی کارایی نواحی سیزده گانه راه‌آهن ج. ا. ا از طریق روش ناپارامتری تحلیل پوششی داده‌هابوده است. در این مطالعه با توجه به ورودی‌ها و خروجی‌های هریک از نواحی در سال ۱۳۷۹ به ارزیابی کارایی نواحی راه‌آهن کشور با دو فرض بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و بازدهی نسبت به مقیاس متغیر پرداخته شده است و به‌دنبال آن، پاسخی به این سؤال که در صورت تخصیص ناکارای منابع موجود، چه راهکاری وجود دارد تا منابع آتی این بخش به‌صورت ناکارآ تخصیص نیابد، ارائه داده است. 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 راه‌آهن کشور ۱۴ درصد زیر ظرفیت عمل می‌نماید. 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 راه‌آهن کشور ۷ درصد خواهد بود. درنهایت با توجه به الگو بودن ناحیه هرمزگان براساس یافته‌های این تحقیق می‌توان گفت که نواحی ناکارا به منظور افزایش کارایی باید این ناحیه را الگوی خود قرار دهند. [10]

در مطالعه‌ای[۱] دیگر از طریق تعریف ۵ شاخص ریلی و بررسی آن در مورد ده کشور مدنظر به رتبه‌بندی این کشورها پرداخته شده است. این کشورها شامل مواردی بوده‌اند که به لحاظ اقتصادی و سیاسی قابل مقایسه با کشورمان

۱- Union International des Chemins defer (••••).

می‌باشند و شامل ایران، اکراین، رومانی، بلغارستان، مصر، ترکیه، یوگسلاوی، الجزایر، مجارستان وکرواسی بوده‌اند

نتایج حاصل نشان داد که کشور ما در سال ۱۹۹۹در بهره‌وری خطوط رتبه نهم، در شاخص بهره‌وری واگن‌های باری رتبه سوم، در توزیع لکوموتیوها طول خطوط ریلی رتبه هشتم، در بهره‌وری لکوموتیو به بار ومسافر جابجا شده رتبه سوم و در توزیع واگن‌ها به کل خطوط ریلی رتبه ششم را در میان ده کشور مقایسه شده داشته است. و این نتیجه حاصل گردید که ایران دارای تراکم پایین خطوط می‌باشد و با توجه به برخی از شاخص‌های ایران استفاده بهینه ای در منطقه کریدور بین‌المللی خود ننموده است. ضمن آن‌که توزیع واگن‌ها و لکوموتیوها نسبت به خطوط ریلی بسیار اندک می‌باشد و نیاز به سرمایه‌گذاری جهت افزایش کمیت ناوگان حمل و نقل ریلی می‌باشد. [5]

در تحقیق دیگری کارائی راه‌آهن ایران طی سال‌های ۱۳۵۹-۱۳۷۵بر پایه روش‌های پارامتری، بررسی شده است. جهت تعیین مقادیرحداکثر تولید و کارائی، در حالت اول از طریق دو عامل تولید، تعداد لکوموتیو و مجموع تعداد واگن باری و مسافری در سرویس استفاده گردیده است. مجموع نفر کیلومتر و تن کیلومتر (واحد ترافیک) به‌عنوان ستانده در این مدل مطرح می‌باشد. به کمک این داده‌ها و با استفاده از متغیر دامی‌جنگ، از طریق مدل‌های اقتصادسنجی تابع تولید مربوطه تخمین زده شده است. با تعیین ضرایب و نیز با مشخص نمودن تابع تولید مرزی، از طریق نسبت مقادیر تابع تولید مرزی و تابع تولید واقعی، مقادیر کارائی برای سال‌های مورد نظر تعیین گردیده است. در حالت دوم تعداد واگن‌های باری ومسافری به‌صورت منفک در نظر گرفته می‌شود. در این‌صورت تعداد عوامل تولید سه مورد خواهد بود. با توجه به داده‌های آماری موجود و با فرض تابع تولید کاب- داگلاس، مقادیر کارائی فنی، تخصیصی و اقتصادی محاسبه و ارائه شده است. نتایج حاصله نشان داده است که راه‌آهن ایران در زمینه استفاده از عوامل تولید، از عامل واگن‌های باری به‌صورت غیر اقتصادی

استفاده نموده است و فشار زیادی به عامل لکوموتیو وارد شده است. همچنین تغییرات کارائی در طول دوره زمانی روند نامشخصی داشته است اما در کل در طول دوره جنگ مقادیر آن کمتر از دوره‌های دیگر بوده است. به‌علاوه به‌دلیل عدم به‌کارگیری هزینه‌های ثابت حمل بار و مسافر و نیز مدت زمان حمل بار و مسافر مقادیر کارائی در سطح نسبتاً بالائی (مقادیر به یک نزدیک می‌باشند) قرار دارند. [12]

۲-۳- سوابق مطالعات خارج از کشور

در زمینه به‌کارگیری تکنیک‌های برنامه‌ریزی خطی منجمله در زمینه تحلیل پوششی داده‌ها بیش از ۳۲۰۰ مقاله و رساله پژوهشی وتحقیقاتی در فاصله سال‌های ۱۹۷۸ تا سال ۲۰۰۱ ارائه گردیده است. که این مطالعات در زمینه‌های مختلف نظیر ارزیابی کارائی بیمارستان‌ها، مراکز آموزشی، نیروگاه‌ها، صنایع مختلف و بخش کشاورزی بوده است.

ژان اوئیزید[1] و دیمتریس کریستوپول[2] در مقاله ای وجود شرایط ناکارائی سیستم ریلی را در ۱۰ کشور اروپائی مورد بررسی قرار داده‌اند و برای بررسی آن از مشخصه‌های عوامل تولید خدمات ریلی استفاده نموده‌اند. نتایج بررسی‌ها از طریق تابع انعطاف‌پذیری مک فادن[3] به کمک مقادیر متوسط ورودی‌های قیمت موجودی سرمایه، قیمت نیروی کار و قیمت انرژی و خروجی درآمد برای دوره ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۳ با هدف کاهش هزینه‌ها صورت گرفته است.

نتایج حاصل بر پایه تحلیل از روش پارامتری به کمک تکنیک‌های اقتصادسنجی مشخص نمود که از میان ۱۰ کشور مورد بررسی فرانسه و پرتقال در زمینه منابع انسانی و موجودی سرمایه به‌ترتیب بالاترین و پایین‌ترین کارائی را

1- John Loizides.
2- Dimitris Christopoulos.
3 - McFadden.

دارند ضمن آنکه هلند و دانمارک در زمینه مصرف انرژی به‌ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین کارائی می‌باشد. [20]

پدرو کانتوس و همکارانش[1] در مطالعات خود کارائی ۱۷ کشور اروپائی را برای مقادیر متوسط برای دوره ۱۹۷۰-۱۹۹۵ از طریق تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها مورد بررسی قراردادند و با سه رویکرد متفاوت در متغیرهای خروجی آن را بررسی نمودند. در حالت اول مقادیر نفر- کیلومتر و تن - کیلومتر به‌عنوان خروجی در نظر گرفته شد. در حالت دوم قطار مسافری - کیلومتر و قطاری باری- کیلومتر به‌عنوان خروجی درنظر گرفته شد و از طریق تحلیل پوششی داده‌ها کارائی راه‌آهن‌ها بررسی گردید. در حالت سوم ابتدا دو متغیر مستقل تعداد مسافر به قطار و میزان تن به قطار و نیز متغیر وابسته لگاریتم نسبت این دو متغیر تعریف شده و بعد از انجام برآوردها به کمک OLS پارامترهای مربوطه را تخمین زده شده است.

از مقایسه میان حالت‌های مختلف این نتیجه حاصل شد که حساسیت کارائی‌ها نسبت به خروجی‌ها درست بوده است. ضمن آنکه تقریباً تفاوت خاصی میان حالت‌های مختلف به‌کارگرفته شده مشاهده نمی‌شود و نشانگر همرائی مناسب خروجی‌ها می‌باشد.

براساس نتایج حاصله، میزان متوسط کارائی در دوره‌های مختلف کشورهایی مانند سوئد، سویس، فنلاند، هلند، دارای عملکردی کارا و راه‌آهن‌های کشورهای یونان، ایرلند، دانمارک و نروژ عملکردی ناکارا هستند. [13]

در مطالعات صورت گرفته در زمینه بررسی کارائی شبکه ریلی انگلیس در سال ۲۰۰۲ با تمرکز بر پایه مدل‌های پارامتری وغیر پارامتری به‌اندازه‌گیری کارائی هزینه ای و مقیاس در شبکه ریلی انگلستان پرداخته شده است. در این مطالعه که توسط جان کندی و اندرو جان اسمیت صورت گرفته است براساس داده‌های

1- Pedro Cantos, Josem. Pastor, Lorenzo Serrano.

آماری ۱۹۹۶ تا سال ۲۰۰۱ به بررسی کارائی مورد نظر از طریق تکنیک‌های COLS [1] , SFA[2] , DEA پرداخته شده است.

نتایج نشان داد که در حالت کلی بهره‌وری و کارائی در سال‌های اولیه بعد از خصوصی سازی رشد مناسبی داشته است. در مطالعه کارائی ۷ ناحیه انگلستان نیز از این تکنیک‌ها و رویکردهای مطالعه‌ای استفاده گردیده است. متغیرهای ورودی شامل متغیرهای قیمتی (هزینه نگهداری تجهیزات، تاسیسات و واگن‌ها، هزینه تعمیرات، تعویض‌ها و بازسازی‌ها، متغیرهای کیفی) میزان متوسط تاخیر سالانه ورود به ایستگاه، میزان طول ریل‌های شکسته یا غیر قابل استفاده و متغیر طول خطوط می‌باشد و متغیرهای خروجی شامل میزان مسافر قطار- مایل، مسافر تن- مایل و تن بار ناخالص- مایل می‌باشد و واحدهای تصمیم‌گیری (نواحی بریتانیا) برحسب موقعیت جغرافیایی شامل ۱- ناحیه جنوب انگلیس ۲- شرق انگلیس ۳- شمال غرب انگلیس ۴- غرب انگلیس ۵- مرکزی ۶- اسکاتلند و ۷- شمال شرق لندن می‌باشد. بر پایه نتایج حاصل شده در ابتدای دوره بررسی کارائی مقیاس ناحیه شرق انگلیس در سه روش COLS، SFA و DEA کم‌ترین مقدار و ناحیه غرب بالاترین مقدار را داشته است و در انتهای دوره مورد بررسی ناحیه شمال شرق لندن و اسکاتلند بالاترین میزان کارائی و ناحیه شرق انگلیس کم‌ترین کارائی مقیاس را داشته است. نتایج حاصل شده همچنین بیانگر این مسئله بوده است که میانگین کارائی هزینه ای کل نواحی در روش SFA بالاترین مقدار و در روش‌های COLS و DEA به‌ترتیب مقادیر حاصل شده کم‌تر شده است. [18]

۴- چارچوب مدل

در این مطالعه از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها جهت اندازه‌گیری کارائی نسبی راه‌آهن کشورها و شاخص مالم کوئیست[1] برای اندازه‌گیری تغییرات

1- Corrected ordinary least squares.
2- Stochastic frontier analysis.

بهره‌وری و تکنولوژی بر مبنای حداقل نمودن عوامل تولید یا حداکثر نمودن ستانده‌ها استفاده شده است و مبنای اولیه آن بر پایه ورودی‌ها و خروجی‌های استفاده شده توسط پدرو کانتوس جهت تحلیل کارائی راه‌آهن‌های کشورهای اروپائی می‌باشد. [13]

در تحقیق فعلی با توجه به تفاوت سطح تکنولوژی راه‌آهن ایران و کشورهای توسعه یافته امکان مقایسه مطلوب نخواهد بود و غیر قابل اطمینان است. بنابراین تحقیق کنونی به کشورهای در حال توسعه آسیائی و خاورمیانه به ویژه کشورهای در مجاورت کشور خودمان محدود می‌گردد.

۱-۴- متغیرهای مدل

داده‌های متغیرهای مورد نظر براساس اطلاعات مراکز آماری و تحقیقاتی راه‌آهن کشور و نیز اطلاعات کشورهای عضو اتحادیه بین‌المللی راه‌آهن‌ها و سازمان همکاری راه‌آهن‌ها می‌باشد.

کشورهای مدنظر جهت بررسی مقایسه‌ای کارائی حمل و نقل ریلی شامل کشورهای در حال توسعه ذیل می‌باشد.

۱- آذربایجان ۲- ایران ۳- ازبکستان ۴- الجزایر ۵- ترکیه ۶- تاجیکستان ۷- ترکمنستان ۸- تایوان ۹- تونس ۱۰- هند ۱۱- سوریه ۱۲- چین ۱۳- قزاقستان ۱۴- قرقیزستان ۱۵- فلسطین اشغالی ۱۶- عربستان ۱۷- عراق ۱۸- مالزی ۱۹- مصر ۲۰- مراکش ۲۱- مغولستان ۲۲- کره جنوبی ۲۳- گرجستان ۲۴- ویتنام

داده‌های آماری کشورهای مورد اشاره برای دوره پنج ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ گردآوری و مورد استفاده قرار گرفته شده است.

در راه‌آهن کشورهای مختلف از منابع گوناگون برای تولید محصول و ارائه خدمت حمل و نقل بار و مسافر استفاده می‌گردد. این منابع در دو دسته منابع سرمایه‌ای و نیروی کار می‌باشد که به کمک آنها خدمات باری و مسافری ارائه

1- malm quist Index.

می‌گردد. انتخاب دقیق و مناسب نهاده‌ها و ستاده‌ها یکی از عوامل تعیین‌کننده در دستیابی به نتایج قابل اطمینان و متناسب با اهداف راه‌آهن کشور در ارزیابی آن با سایر راه‌آهن‌ها خواهد بود.

۱-۱-۴- ورودی‌ها

۱- مجموع کل طول خطوط اصلی

خطوط ریلی به‌شیوه‌ها مختلفی تقسیم‌بندی و اندازه‌گیری می‌شود. در یک شیوه تقسیم بندی خطوط ریلی شامل خطوط اصلی و خطوط فرعی است.

با توجه به آمار موجود در زمینه طول خطوط اصلی در راه‌آهن‌های کشورها این خطوط در سه دسته بندی ۱- خطوط یک خطه ۲- خطوط دو خطه و ۳ - خطوط برقی ارائه شده است و با توجه به ساختار این خطوط، ارزش هرکدام از آنها و نیز نسبت به‌کارگیری این خطوط در کشورهای مختلف، مجموع این خطوط به‌عنوان یک ورودی در مدل به‌کار گرفته شده است.

۲- تعداد پرسنل (هزار نفر)[20] : این آمار در برگیرنده متوسط تعداد پرسنل به‌کار گرفته در بخش‌های مختلف را ه آهن در طول ۱۲ ماه سال می‌باشد. برای محاسبه میانگین سالانه، از مجموع پرسنل رسمی و ساعتی، میانگین عددی ارقام مربوط به ۱۲ ماه یک سال گرفته می‌شود.

۳- تعداد واگن‌های باری (واحد): آمار مربوط به واگن‌های باری شامل کل واگن‌های بار گیری بر اساس آمار در یافتی واگن‌های باری تهیه و ارائه می‌گردد و واگن‌های در حال سرویس و غیر سرویس را شامل می‌گردد.

۴- تعداد سالن‌های مسافری (واحد): سالنهای مسافری راه‌آهن و شرکت‌های حمل و نقل ریلی مشتمل بر واگن‌های منتظر یا تحت تعمیر، یا تحت عملیات (در سرویس) در وضعیت در جه یک، دو و یا سه بر حسب اکسپرس و یا معمولی دسته بندی می‌گردند.

۵- تعداد لکوموتیو (واحد): با توجه به نوع دیزلی، برقی و یا بخار این وسائل کشنده تقسیم بندی می‌گردند و در دادهای آماری وسائل کشنده بر حسب قدرت

کیلو وات و نوع خطوط کاربردی دسته بندی می‌گردند. هرچند علاوه بر لکوموتیوها از توربوترن‌ها نیز استفاده می‌شود ولی آمار بین‌المللی آن ارائه نشده است.

۲-۱-۴- خروجی‌ها

داده‌های آمار خروجی در مدل مورد نظر با توجه به آمار موجود در دو دسته خروجی‌های اصلی و خروجی‌های توسعه‌ای به‌کار گرفته شده است.

الف- خروجی‌ها اصلی

۱- نفر- کیلومتر(میلیون) : مسافرت یک نفر در یک کیلومتر به‌عنوان مبنای محاسباتی در نظر گرفته می‌شود. جهت به‌دست آوردن میزان کل نفر کیلومتر درآمد ترافیکی جابجائی مسافر آمار ترافیک مسافری درآمدزا با توجه به تعداد فروش بلیط برای مسیرهای مختلف و طول مسافت پیموده شده توسط مسافرین میزان نفر-کیلومتر جابجائی مسافر تهیه می‌گردد. و بر حسب میلیون آورده شده است.

۲- تن- کیلومتر(میلیون): حمل یک تن بار در یک کیلومتر مبنای محاسبه در مورد شاخص مذکور می‌باشد وجهت اندازه‌گیری میزان کل تن –کیلومتر جابجائی بار در سطح کشور با توجه به حجم بار حمل شده و مسیر جابجائی بار، آمار ترافیک باری دریافت می‌گردد. و بر حسب میلیون آورده شده است.

ب- خروجی‌های توسعه یافتگی

این داده‌ها بر حسب نوع ساختار راه‌آهن در کشورها و میزان توسعه یافتگی حمل و نقل ریلی در کشور و اثر آن بر روی افزایش بهره‌وری و کارائی مورد استفاده قرار گرفته است.

۱- تراکم خطوط ریلی : این شاخص بر حسب نسبت مجموع طول خطوط به مساحت هر کشور به‌دست می‌آید. و یکی از شاخص‌های تعیین کننده نقش حمل و نقل ریلی در هر کشور محسوب می‌گردد.

۲- نسبت طول خطوط برقی به طول کل خطوط: این شاخص به‌عنوان سهم خطوط برقی از کل خطوط ریلی

نشاندهنده میزان توسعه یافتگی تکنولوژی حمل و نقل ریلی در هر کشور می‌باشد.

۳- نسبت طول خطوط دو خطه به مجموع طول خطوط: این شاخص به‌عنوان سهم خطوط دو خطه از کل خطوط ریلی، معرف میزان توسعه یافتگی تکنولوژی حمل و نقل ریلی در هر کشور می‌باشد.

بنابراین مدل برنامه‌ریزی خطی مورد نظر ۵ ورودی و ۵ خروجی مورد استفاده قرار گرفته شده است.

۵- نتایج حاصل شده الگو

با توجه به شاخص‌ها و متغیرهای تعریف شده خروجی‌ها و ورودی‌ها برای ۲۴ کشور منتخب در حال توسعه آسیا و خاورمیانه مطابق جدول ۱ از طریق مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص بهره‌وری مالم کوئیست کارائی و تغییرات بهره‌وری کشورهای منتخب اندازه‌گیری و ارائه گردیده است.

۵-۱- وضعیت رتبه‌بندی کارائی راه‌آهن کشورها

در بررسی‌های صورت گرفته جهت اندازه‌گیری کارائی کشورهای مفروض مشخص گردید که در همه حالت‌های کارائی، تحت شرایط CCR,BCC با وجود یا عدم وجود ε، در روش‌های رتبه‌بندی شمارشی، وزنی، اندرسون- پیترسون و کارائی متقاطع، کشور فلسطین اشغالی دارای بالاترین رتبه به لحاظ کارائی بوده است. این جایگاه حتی در شرایط وجود قیدهای وزنی نیز برقرار می‌باشد. به‌علاوه کشور تایوان نیز به جز در شرایط بازده متغیر به مقیاس و حالت وجود قیود وزنی، در سایر موارد در رتبه دوم قرار دارد. کشورهای مصر، کره جنوبی، قزاقستان، مراکش و گرجستان در رتبه‌های بعدی قرار دارند. آنجه که در این میان دارای اهمیت زیادی می‌باشد وضعیت کشورمان در میان کشورهای بررسی شده

می‌باشد. که به‌طور کلی دارای وضعیت نامطلوبی می‌باشد. جدول ۲ جایگاه رتبه ایران را در روش‌های مختلف رتبه‌بندی نشان می‌دهد.

بنابراین پیداست که کشورمان همواره داری رتبه‌ای بالاتر از دهم بوده است و هرچند در هیچ کدام از این تکنیک‌ها از رتبه هیجدهم بدتر نشده است ولی با توجه به این‌که کشورهای مدل همگی کشورهای در حال توسعه می‌باشند بنابراین جایگاه ایران بسیار نامناسب می‌باشد. که با توجه به نقش نهاده‌ها و ستانده‌ها در آن در ادامه به بررسی آنها پرداخته شده است.

۲-۵- ترکیب موجود و بهینه به‌کارگیری نهاده‌ها و ستانده‌ها

نتایج حاصل در این بخش با سه سناریو مورد بررسی قرار گرفته شده است. در حالت اول از طریق تمرکز روی ورودی‌ها (ورودی محور) نتایج برای دوره‌های زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ بررسی شده است که نشان می‌دهد راه‌آهن کشور جهت بهینه شدن بایستی تمام ورودی‌ها را به‌صورت تغییرات شعاعی و مازاد کاهش دهد و نسبت کاهش منابع در ورودی‌های مختلف و برای دوره‌های مختلف متفاوت است که نتایج آن در جدول ذیل مشاهده می‌شود.

نتایج بررسی با توجه به جدول ۳ نشان می‌دهد که منابع مازاد به‌ترتیب در مورد مجموع طول خطوط و تعداد واگن باری بالاترین میزان می‌باشد و تعداد پرسنل و تعداد سالن مسافری کم‌ترین میزان می‌باشد. به‌علاوه به‌طور تقریبی هر چه از سال ۲۰۰۰ به سمت سال ۲۰۰۴ حرکت می‌کنیم میزان استفاده موثر از منابع بهتر گردیده است ولی همچنان بهینه نیست.

در حالت خروجی محور نتایج برای طول دوره زمانی بررسی شده با توجه به جدول ۴ نشان می‌دهد که راه‌آهن کشور جهت رسیدن به شرایط بهینه بایستی تمام خروجی‌ها را افزایش و نیز برخی از ورودی‌ها را کاهش دهد. که در مورد خروجی‌ها به‌صورت تغییرات شعاعی و تغییرات مازاد و در مورد ورودی‌ها به‌صورت تغییرات مازاد دیده می‌شود. نتایج جدول ۴ تایید کنند این مسئله می‌باشد که در دوره زمانی به‌طور کلی هرچه به سمت جلو حرکت می‌کنیم نیاز به افزایش

کم‌تری در مقادیر خروجی جهت رسیدن به شرایط کارا خواهد بود. به‌طوری که در سال ۲۰۰۰ تقریباً تمام خروجی‌ها بایستی نزدیک به دو برابر گردد. به‌علاوه میزان افزایش خروجی تراکم طول خطوط نشانگر لزوم افزایش بسیار زیاد این خروجی توسعه‌ای می‌باشد. در حالی که افزایش این خروجی منوط به افزایش طول خطوط می‌باشد و ابهام برانگیز می‌گردد. در سناریو آخر با به‌کارگیری ضریب اهمیت وزنی خروجی‌ها و عدم کاهش ورودی طول خطوط سعی در حل این مشکل گردید که نتایج آن در ادامه آورده شده است.

در این حالت با فرض این‌که ورودی مجموع خطوط و خروجی‌های تراکم طول خطوط، نسبت طول خطوط برقی به مجموع خطوط و نسبت طول دو خطه به مجموع خطوط متغیرهای محیطی می‌باشند به بررسی و تحلیل مدل پرداخته شد که نتایج آن با توجه به امکان تغییرات بهتر بر روی خروجی‌های مدل به‌صورت حالت خروجی محور ارائه گردیده است. جدول ۵ مقادیر موجود و بهینه خروجی‌ها را نشان می‌دهد.

۶- نتایج و پیشنهادات

۱- نتایج حاصل از مدل در حالت‌های بررسی شده نشان داد که راه‌آهن کشور همواره رتبه ای بالاتر از دهم داشته است این مسئله با توجه به جداول ۲ کاملاً مشهود می‌باشد. بنابراین رتبه کارائی مربوط به راه‌آهن کشور با توجه به کشورهای مذکور مطلوب نمی‌باشد

۲- نتایج مدل نشانگر آنست که مقادیر کارائی ارائه شده روند صعودی داشته است و هر سال نسبت به سال قبل افزایش یافته است. نتایج آن در جدول ۶ دیده می‌شود.

البته بایستی توجه داشت که تغییرات کارائی فنی و بهره‌وری کل عوامل تولید در طول دوره روند نامشخصی داشته اند. هرچند همواره تغییرات تکنولوژی و کارائی فنی (به جزء سال آخر) بالاتر از میانگین کل کشورها بوده است.

۳- با توجه بـه ناکـارائی راه‌آهـن کـشور لـزوم بهبـود منـابع مـورد اسـتفاده و خروجی‌های حاصل شده ضروری خواهد بود بنابراین جهت بهینه سـازی راه‌آهـن کشور از سناریوهای مختلف که در قسمت قبل اشاره گردید اسـتفاده شـده اسـت که بهترین آن افزایش ستانده‌های بخش حمل و نقل ریلی می‌باشد تا شرایط برای کارا شدن نسبی راه‌آهن کشور فراهم گردد.

نتایج تحقیق بیانگر عدم ارائه ستانده کافی در سیستم حمل و نقل ریلی عامل اصلی ناکارائی راه‌آهن کشور می‌باشد. که این مسئله در درجه اول بیشتر ناشـی از ناکارائی مدیریتی(۰/۳۹) و در درجه بعد ناکارائی مقیاس(۰/۰۱۵) می‌باشد به‌علاوه تغییرات ناچیز تکنولوژی نیز ممکن است مزید بر علت شده باشد. بنابراین با توجه نتایج حاصل از تحقیق مشاهد می‌کنیم:

۱- سیستم حمل و نقل کنونی از ظرفیت‌های موجود استفاده مناسب و بهینـه صورت نمی‌گیرد.

۲- کشور ما دارای جایگاه مناسبی از نظر کارائی در میان کـشورهای مفـروض نمی‌باشد.

۳- مطابق جدول ۱ عمده ناکارائی راه‌آهن کـشور ناشـی از ناکـارائی مـدیریت (۰/۴۰۱) می‌باشد و ناکارائی مقیاس (۰/۰۰۹) ناچیر می‌باشد

۴- جهت بهبود کارائی به‌صورت اصولی بایـستی خروجـی‌هـای اصـلی مطـابق جدول ۵ افزایش یابد و کشورهای کره جنوبی و فلسطین اشغالی به‌عنوان الگـوی مرجع ترکیب مجازی می‌باشد.

۵- با توجه به جدول ۷ تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولیـد بـالاتر از متوسـط کل کشورها بـوده اسـت امـا در طـول دوره بـه‌طـور متوسـط رونـد تغییـرات آن نامشخص بوده ولی در انتهای دوره نسبت به ابتدای آن نزولی بوده است.

فهرست منابع

- احتشامی، منوچهر، (۱۳۸۳)، راه‌آهن در ایران، چاپ دوم، دفتر پژوهش‌هـای فرهنگی.

- امامی‌میبدی، علی، (۱۳۸۴)، اصول اندازه‌گیری کارائی و بهره‌وری، موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، چاپ دوم.
- پورکاظمی، محمدحسین، رضایی جواد، (پائیز و زمستان ۱۳۸۲)، ارزیابی کارایی نواحی سیزده گانه راه‌آهن جمهوری اسلامی‌به روش تحلیل پوششی داده‌ها، مجله تحقیقات اقتصادی.
- پورکاظمی محمدحسین، غضنفری، سید حسن، (۱۳۸۴)، کارائی کارخانجات صنعت قند کشور به روش تحلیل پوششی داده‌ها، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۲۲.
- ثقفی، مصطفی، (۱۳۷۸)، مقالات ششمین همایش حمل ونقل ریلی، توسعه و بهره‌برداری، مفاهیم اندازه‌گیری بهره‌وری و شاخص‌های آن در بخش حمل و نقل مسافری ریلی.
- صفارزاده، محمود، (۱۳۷۷)، جایگاه حمل ونقل زمینی در توسعه اقتصاد کشور، مجموعه مقالات کنفرانش حمل و نقل.
- فروزنده، کاظم،(۱۳۷۸)، توسعه زیربناهای حمل و نقل ضامن تقلیل مصرف انرژی، پنجمین همایش حمل و نقل ریلی.
- کاظمی، بابک و ابطحی، سیدحسین، (۱۳۷۹)، بهره‌وری، انتشارات موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.
- گروه آمار و اطلاع‌رسانی راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، (۱۳۸۳)، مقایسه برخی شاخص‌های آماری حمل و نقل ریلی ایران و چند کشور جهان در سال۲۰۰۳، ۲۰۰۲.
- مرکز آمار ایران (۱۳۸۱،۱۳۸۰)، سالنامه آماری کشور سال‌های ۱۳۸۰و ۱۳۸۱
- مهرگان، محمدرضا،(۱۳۸۳)، اندازه‌گیری عملکرد سازمان‌ها به کمک روش تحلیل پوششی داده‌ها، انتشارات دانشگاه تهران.
- وسطائی، ایمان، مجموعه مقالات چهارمین همایش حمل و نقل ریلی، اندازه‌گیری کارائی راه‌آهن جمهوری اسلامی‌ایران طی سال‌های ۱۳۵۹-۱۳۷۵، (۱۳۷۷).

13- Coelli, T. and S. Perleman (2000): "Technical efficiency of European railways: a distance function approach," Applied Economics 32 (15), 1967-1976 .

14- Decline in Productivity in Japan and Disparities Between Firms in the 1990s(2003): An Empirical Approach Based on Data Enpelopment Analysis, Development Bank Japan Research Report.

15- Dimitris Christopoulos, John Loizides, Efthymios G. Tsionnas (May 2001): "Efficiency in European Railways: not as Inefficient as one Might Think" Journal of Applied Economics, Vol. IV, No. 1 (May 2001), 63-88

16- Jens Krüger, Uwe Cantner and Horst Hanusch: "Explaining International Productivity Differences" University of Augsburg, July 1998

17- John Kennedy and Andrew S. J. Smith ,(2002): "Assessing the efficient cost of sustaining Britain's rail network" : perspectives basedon Zonal comparisons .

18- Pedro Cantos, Josem. Pastor, Lorenzo Serrano (2000): "Efficiency Measures and Output Specification:The Case of European Railways" Journal of Transportation and Statistics.

19- Tavares, Gabriel ,(2001) A Bibliography of Data Envelopment Analysis(1978-2001)

20- Tim Coelli, center for Efficiency and Productivity Analysis Department of Econometrics, University of New England, A Guide to DEAP Version 2. 1: A Date Envelopment Analysis (Computer) Program .

جدول ۱- مقادیر کارائی فنی و کارائی مقیاس و نوع بازده مدل BCC در شرایط وجود و عدم وجود ε

	0. 873	0. 920	0. 920			1	1. 000	1. 000	

	0.787	0. 997	0. 871		0. 127	1. 000	1. 000	
	0.678	0. 811	0. 791		1	1. 000	1. 000	
	0. 773	0. 786	0. 785		1	0. 997	0. 997	
	0.985	0. 599	0. 599		1	0. 996	0. 996	
	0. 726	0. 549	0. 549		1	0.979	0. 979	
	0. 865	0. 486	0. 486		0. 828	0. 977	0. 977	
	0. 496	0. 415	0. 415		0. 992	0. 952	0. 952	
	0. 382	0. 396	0. 393		0. 965	0. 945	0. 945	
	0.967	0. 376	0. 371		0. 327	0. 920	0. 944	
	0. 983	0. 361	0. 361		995 .	0. 942	0. 942	
	0. 803	0. 336	0. 336		0. 736	0. 901	0. 934	

جدول۲- وضعیت ایران به لحاظ رتبه‌بندی کارائی فنی در میان ۲۴ کشور مفروض

BCC	CCR	CCR	CCR	CCR	CCR	

جدول۳- مقادیر ورودی‌های واقعی و بهینه در شرایط به‌کارگیری مدل ورودی محور

				M. Km		

جدول۴- مقادیر خروجی‌های موجود و بهینه در شرایط به‌کارگیری مدل خروجی محور

جدول۵- مقادیر خروجی‌های واقعی و بهینه در شرایط به‌کارگیری مدل خروجی محور با وجود متغیرهای محیطی

جدول۶- مقادیر کارائی فنی در طول دوره بررسی راه‌آهن ایران

جدول ۷- مقایسه میانگین درصد شاخص‌های بهره‌وری عوامل تولید کل کشورها و ایران

TFPCH	SECH	PECH	TECHCH	EFFCH		

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی