مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال سیزدهم، شماره اول (پیاپی ٤٨)، بهار ٩٥، ص ص ١٢٠-٩٧
شاپا ٧٢٨٦-٢٢٥١

ارزیابی کارایی و بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر کشورهای مختلف با تحلیل پوششی داده‌ها و تصمیم‌گیری چند معیاره

زهرا علیمرادی*[1]، عبدالحمید اشراق نیای جهرمی[2]، میثم نعیمی[3]، حسین امین صدرآبادی[4]

۱- کارشناس ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی صنایع، تهران، ایران

۲- دانشیار، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی صنایع، تهران، ایران

۳ - کارشناس ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی راه‌آهن، تهران، ایران

۴- معاون پژوهشی، مرکز آموزش و تحقیقات راه‌آهن جمهوری اسلامی‌ایران، تهران، ایران

رسید مقاله: ۳۰ دی ۱۳۹۴

پذیرش مقاله: ۴ خرداد ۱۳۹۵

چکیده

تحقیق حاضر به شناسایی شاخص‌های کمی کارایی و بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر پرداخته و پس از تعیین این شاخص‌ها، وضعیت کارایی و بهره‌وری کشورهای دارای فناوری راه‌آهن سریع‌السیر را با هم مقایسه می‌کند. برای مقایسه کارایی و بهره‌وری، به ترتیب از روش تحلیل پوششی داده‌ها و فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شده است. در ابتدا، روش تحلیل پوششی داده‌ها برای محاسبه‌ی کارایی راه‌آهن سریع‌السیر ارایه شده است. برای ورودی‌های مساله، از داده‌های آماری موجود و تحقیقات گذشته استفاده شده است. محاسبات کارایی با دو روش بازده به مقیاس متغیر و بازده به مقیاس ثابت انجام شده است. هر یک از این دو روش با رویکرد ورودی-محور بر روی داده‌های راه‌آهن سریع‌السیر کشورهای مختلف پیاده‌سازی و نتایج آن‌ها با هم مقایسه شده است، سپس با استفاده از روش اندرسون-پیترسون به رتبه‌بندی نهایی کشورهای کارا (دارای کارایی واحد) پرداخته شده است. در ادامه‌ی مقاله، از فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره جهت مقایسه‌ی بهره‌وری کشورهای مدنظر استفاده شده است. برای این منظور، سه معیار اساسی مشخصات فنی، عوامل اقتصادی و عملکرد بهره‌برداری به عنوان شاخص‌های کلیدی مقایسه انتخاب شده‌اند. هر یک از این معیارها به زیرشاخص‌های فرعی تقسیم شده و فرآیند تصمیم‌گیری بر روی کل سیستم پیاده‌سازی شده است. در پایان، رتبه‌بندی کشورها از دو منظر کارایی و بهره‌وری ارایه شده است. نتیجه‌ی این تحقیق نشان می‌دهد که اکثر کشورهای دارای این فناوری، سطح مطلوبی از کارایی و بهره‌وری را دارا بوده و چهار کشور ژاپن، چین، فرانسه و اسپانیا به ترتیب رتبه‌های اول تا چهارم کارایی و بهره‌وری را دارند.

کلمات کلیدی: کارایی، بهره‌وری، تحلیل پوششی داده‌ها، تصمیم‌گیری چند معیاره، راه‌آهن سریع‌السیر

۱ مقدمه

تعریف راه‌آهن سریع‌السیر و مرز بین این نوع ترابری ریلی و راه‌آهن عادی بسته به مراجع مختلف، متفاوت است. امروزه در متون علمی‌سرعت ۲۰۰ کیلومتر در ساعت را آستانه‌ی قابل پذیرش برای قطارهای سریع‌السیر می‌دانند [۱]. حمل و نقل ریلی سریع‌السیر به دلیل دارا بودن ضریب امنیت بالا، مصرف انرژی کم و کاهش چشم‌گیر زمان

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: alimoradi.zahra@gmail.com

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

سفر یکی از مؤثرترین شیوه های حمل و نقل در دنیا بود و در کشور ایران نیز برنامه های مختلفی در جهت دستیابی به این فناوری نوین وجود دارد. به دلیل قرار داشتن کشور ایران در مرحله‌ی انتخاب فناوری و وارد کردن آن از کشورهای پیشرفته، موضوع کارایی و بهره‌وری این صنعت از اهمیت بالایی برای پژوهش برخوردار است.

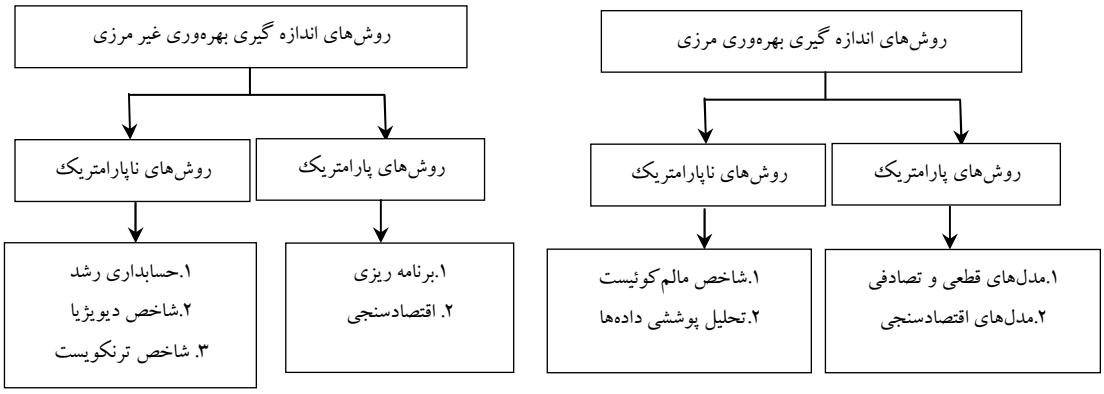
مطالعه‌ی بهره‌وری و کارایی از دیر باز مد نظر محققان بسیاری در راه‌آهن عادی بوده است. بررسی بهره‌وری و کارایی راه‌آهن عادی ایران و مقایسه‌ی آن با دیگر کشورها در تحقیقات مختلف از جمله [۲-۷] مورد مطالعه قرار گرفته است. در برخی از تحقیقات گذشته، محاسبه‌ی کارایی راه‌آهن عادی با استفاده از شاخص‌های کیفی انجام شده است [۸]. همچنین برخی مطالعات گذشته [۹و۱۰] به بررسی کارایی خطوط ریلی سریع‌السیر در نواحی شهری با شناسایی شاخص‌های کلیدی تصمیم‌گیری در این ارتباط پرداخته‌اند.

بررسی ادبیات فنی نشان می‌دهد که هرچند مبحث بهره‌وری در راه‌آهن عادی مورد ارزیابی و مقایسه‌ی برخی محققان قرار گرفته، لیکن تاکنون تحقیقات اندکی در رابطه با بهره‌وری و کارایی راه‌آهن سریع‌السیر انجام پذیرفته است. البته برخی تحقیقات از قبیل [۱۱-۱۳] به بررسی بهره‌وری در راه‌آهن سریع‌السیر با محوریت مدیریت استراتژیک پرداخته‌اند؛ لیکن محدویت تحقیقات یاد شده این است که تنها مختص کشور خاص یا کریدور مخصوصی از راه‌آهن سریع‌السیر هستند. محدودیت دیگر این تحقیقات گذشته این است که هدف آن‌ها برنامه‌ریزی برای ساخت راه‌آهن سریع‌السیر و اعمال سیاست‌های مدیریت استراتژیک بوده است و موضوع بهره‌وری به عنوان یک مبحث فرعی در آن‌ها مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، برخی تحقیقات دیگر از جمله [۱۴-۱۶] به مطالعه اثرات و پیامدهای احداث خطوط سریع‌السیر بر سایر سیستم‌ها و همچین مطالعه‌ی این اثرات قبل و بعد از احداث خطوط می‌پردازند؛ لیکن این مطالعات نیز دید جامعی از مقایسه‌ی بهره‌وری کشورهای گوناگون با لحاظ کردن فاکتورهای سنجش مختلف ارایه نمی‌دهند. علاوه بر این، اکثر تحقیقات گذشته در ارتباط با موضوع بهره‌وری راه‌آهن عادی، از جمله [۳]، تعریف روشنی از شاخص‌های مؤثر ارایه نمی‌دهند و تنها تعداد محدودی از شاخص‌ها را در نظر می‌گیرند. محدودیت دیگر در تحقیقات فعلی عدم استفاده از تکنیک‌های ارزشیابی تطبیقی و تحلیل پوششی برای مقایسه‌ی بین سیستم‌های گوناگون یا کشورهای مختلف است. استفاده‌ی ترکیبی از دو روش تحلیل پوششی و فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره در ارزیابی عملکرد راه‌آهن سریع‌السیر کشورهای مختلف موضوع مهمی است که تاکنون مورد توجه مطالعات گذشته قرار نگرفته است. تحقیق حاضر تلاش می‌کند تا با پیاده‌سازی این بررسی ترکیبی، مقایسه‌ی نسبتا جامعی بین کشورهای دارای این فناوری ارایه نموده و راه را برای بومی‌سازی این فناوری از کشورهای دارای تجارب مرتبط باز نماید.

به طور کلی روش‌های ارزیابی بهره‌وری و کارایی به دو دسته روش‌های پارامتری و ناپارامتری تقسیم‌بندی می‌شود. انواع روش‌های محاسبه‌ی بهره‌وری در شکل ۱ نشان داده شده‌است [۱۷-۱۹].

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]



شکل ۱. روش‌های محاسبه‌ی بهره‌وری و کارایی

روش‌های پارامتری، به روش‌هایی اطلاق می‌گردد که در آن‌ها ابتدا مدل تخمینی خاصی از تابع تولید با استفاده از روش‌های آماری (مانند تابع کاب -داگلاس[۲۰]) در نظر گرفته می‌شود، سپس با یکی از روش‌های برآورد توابع که در علم آمار و اقتصادسنجی مرسوم است، ضرایب مجهول (پارامترها) در این تابع برآورد می‌شود و با استفاده از تابع برآورد شده، کارائی نهایی محاسبه می‌گردد. چون در این روش، پارامتر یا پارامترهایی از تابع اصلی برآورد می‌شود به روش پارامتری معروف است. پایه گذار روش‌های ناپارامتری در محاسبه‌ی بهره‌وری و ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده، اقتصاددانی به نام فارل [۲۱] بوده است. او در سال ۱۹۵۷، سیستمی‌شامل دو ورودی و یک خروجی را مورد بررسی قرار داد و به تحلیل بهره‌وری واحدها با یک روش ناپارامتری پرداخت. برخلاف روش‌های ناپارامتری، روش‌های پارامتری به دقت بیش‌تر در نوع تابع، دقت بیش‌تر در بهره‌وری و اعمال اثرات مرتبط با مقیاس و اعمال بهتر شاخص‌های غیر فنی شهرت دارند. با این حال روش‌های پارامتری به اطلاعات ورودی بیش‌تری نیاز داشته و پیچیدگی محاسباتی بیش‌تری نسبت به روش‌های پارامتری دارند. به همین دلیل روش‌های ناپارامتری رواج بیش‌تری نسبت به روش‌های ناپارامتری دارند [۱۷-۱۹].

تحلیل پوششی داده‌ها (DEA: Data Envelopment Analysis) و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP: Analytic Hierarchy Process) از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری می‌باشند که امروزه مورد استفاده‌ی تحقیقات در زمینه‌های مختلف قرار می‌گیرند. تحلیل پوششی داده‌ها نسبت به فرایند تحلیل سلسله مراتبی از توانمندی نسبتا بالاتری در اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی عملکرد برخوردار است [۲۲]. در زمینه‌ی به کارگیری تکنیک‌های برنامه ریزی خطی تحلیل پوششی داده‌ها، تحقیقات بسیاری شامل کتب، مقالات و رساله‌های پژوهشی ارایه گردیده است. تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان ابزار مهمی‌برای ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری و بهبود عملکرد عملیات تولیدی و خدماتی شناخته شده است. این روش به طور گسترده ای در ارزیابی عملکرد سازمان‌های تولیدی و خدماتی به کار می‌رود. با توجه به اهمیت کارایی، اندازه‌گیری آن برای سیستم‌های حمل و نقل عواید زیادی را فراهم می‌نماید. همزمان با افزایش اهمیت کارایی، روش‌های اندازه گیری آن نیز دستخوش تغییرات زیادی شده است و الگوهای متعددی برای محاسبه‌ی آن ارایه شده است. مبنای

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

محاسبات همه‌ی روش‌ها بررسی این موضوع است که چگونه با حداقل منابع موجود، حداکثر استفاده را از آن سیستم حمل و نقل فراهم شده و بیش‌ترین خدمات را به کاربران آن سیستم حمل و نقلی ارایه می‌نماید. در بخش نخست این مقاله از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی راه‌آهن سریع‌السیر در کشورهای مختلف استفاده شده است.

از سوی دیگر، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در زمینه‌های تصمیم‌گیری گوناگون مورد استفاده‌ی محققین قرار گرفته است و کابردهای زیادی در زمینه‌ی حمل و نقل ریلی (به عنوان مثال [۲۳]) داشته است. این روش یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند منظوره است که اولین بار توسط توماس ساعتی ابداع گردید [۲۴]. استفاده از این روش در تصمیم‌گیری‌های گروهی باعث خواهد شد که مزایای فنون تصمیم‌گیری گروهی حفظ شود و معایب آن‌ها (از جمله سرعت پایین و هزینه‌ی بالاتر) برطرف شود [۲۵و۲۶]. این روش هنگامی‌که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه‌ی رقیب و چندین معیار تصمیم‌گیری گوناگون روبرو است می‌تواند راهگشای فرآیند تصمیم‌گیری باشد. معیارهای مطرح شده می‌توانند کمی‌و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مبنای مقایسات زوجی است. برای اعمال این روش بر روی یک وضعیت تصمیم‌گیری پیچیده، باید مساله به بخش‌های کوچک‌تر آن تجزیه شده، سپس این اجزاء در یک ساختار سلسله مراتبی مورد ارزیابی قرار گیرد. در بخش دوم این مقاله تلاش شده است که به کاربرد این روش جهت مقایسه‌ی بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر در کشورهای مختلف پرداخته شود.

۲ محاسبه‌ی کارایی راه‌آهن سریع‌السیر با روش تحلیل پوششی داده‌ها

هدف اصلی این بخش اندازه‌گیری کارایی راه‌آهن سریع‌السیر در کشورهای دارای این فناوری به روش تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. برای تعیین و تشخیص میزان کارایی، شناسایی عوامل موثر بر کارایی در این فناوری نوین ضروری می‌باشد. در این تحلیل، هر یک از کشورهای مورد بررسی به عنوان یک واحد تجزیه و تحلیل قلمداد می‌شود که دارای یک مجموعه‌ی ورودی و خروجی است. تعیین ورودی‌ها و خروجی‌هایی که به بهترین نحو نشان دهنده‌ی کارایی کشورها باشند از ضروریات تحقیق حاضر است. به طور کلی می‌توان مراحل تحلیل در این بخش را به این صورت خلاصه کرد: ۱) تعیین کارایی هر کشور درمقایسه با سایر کشورها، ۲) تعیین و رتبه‌بندی کشورهای کارا و ناکارا و ۳) بررسی تجربیات کشورهای مختلف برای افزایش کارایی و بهره‌وری.

۲-۱ معرفی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها

مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، میزان توانایی هر واحد تصمیم‌گیرنده در تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها را ارزیابی می‌کند که این میزان توانایی، کارایی نامیده می‌شود. به عبارت دقیق‌تر در این گونه مدل‌ها، با استفاده از برنامه ریزی ریاضی و با توجه به جایگاه واحدهای مورد بررسی، ابتدا مجموعه‌ی امکان پذیری تولید به دست می‌آید، سپس این مجموعه، مرز امکان تولید را مشخص می‌سازد. این مرز نشان دهنده‌ی جایگاه بهترین تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌هاست. این مرز را مرز کارا گویند. در این روش منحنی مرزی کارا از یک سری نقاط که به

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

وسیله‌ی برنامه ریزی خطی تعیین می‌شود ایجاد می گردد. برای تعیین این نقاط می‌توان از دو فرض بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس استفاده کرد [۲۷]، سپس ارزیابی واحدها بر اساس فاصله‌ی آن‌ها از این مرز، انجام می‌شود و راهکارهای بهبود کارایی، بر مبنای نزدیک شدن به مرز انجام می گیرد (برای جزئیات بیش‌تر به [۴و ۲۸] مراجعه نمائید)؛؛ بنابراین برای محاسبه‌ی کارایی، نیازی به تعیین پیشاپیش تابع تولید و در نتیجه تعیین وزن‌های ثابت نمی‌باشد؛ بلکه با این روش، در یک فضای رقابتی به تعیین وزن‌هایی بهینه، برای محاسبه‌ی درآمد کل و هزینه‌ی کل پرداخته می‌شود. به عبارت دیگر مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، با ایجاد یک فضای رقابتی که با بهره گیری از واحدهای تحت بررسی ایجاد می‌شود، وزن‌هایی را به صورت اختصاصی به هر واحد تخصیص می‌دهند و کارایی هر واحد را بر مبنای وزن‌های غیر ثابت و اختصاصی محاسبه می کنند؛ لذا کارایی محاسبه شده با این مدل‌ها، صورت مقایسه ای پیدا می کند؛ بنابراین مقدار کارایی به دست آمده، بیانگر نرخ تبدیل هزینه‌ی کل به درآمد کل است و قابلیت مقایسه ای آن می‌تواند در رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده، بر اساس کارایی بالاتر، مفید واقع شود. روش برنامه ریزی خطی با انجام یک سری تحلیل‌های بهینه سازی مشخص می کند که آیا واحد تصمیم‌گیرنده مورد نظر روی مرز کارایی قرار گرفته است و یا خارج آن قرار دارد. بدین وسیله واحدهای کارا و ناکارا از یکدیگر تفکیک می‌شوند. برای تعیین فاصله‌ی نقاط از مرز کارا می‌توان از دو فرض بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس استفاده کرد. بازده به مقیاس، بیانگر پیوند بین تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم می‌باشد. یکی از توانایی‌های روش تحلیل پوششی داده‌ها، کاربرد الگوهای مختلف متناظر با بازده به مقیاس‌های متفاوت و همچنین اندازه‌گیری بازده به مقیاس واحدهاست[۲۹]. در ادامه دو الگوی CCR و BCC جهت محاسبه‌ی کارایی توضیح داده شده‌اند.

چارنز و همکاران دیدگاه فارل را توسعه دادند و الگویی ارایه کردند که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی را داشت [۳۰]. این الگو به نام CCR معروف شده که در واقع بر اساس حرف اول نام پدید آورندگان الگو؛ یعنی چارنز، کوپر و رودز نامگذاری شده است. الگوی مذکور دارای بازده ثابت به مقیاس است و سعی دارد با انتخاب وزن‌های بهینه برای متغیرهای ورودی و خروجی واحد تحت بررسی، کسر کارایی این واحد (واحد صفر) را به گونه ای بیش‌تر کند که کارایی سایر واحدها از حد بالای یک، تجاوز نکند؛ یعنی هر مضربی از ورودی‌ها، همان مضرب از خروجی‌ها را تولید می کند؛ بنابراین واحدهای کوچک و بزرگ، با هم مقایسه می‌شوند. با توجه به این تعریف، این الگو با استفاده از رابطه‌ی (۱) بیان می گردد:

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

$$
\begin{aligned}
Max \quad & \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}} \\
s.t. \quad & \\
& \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le 1, \\
& j = 1,2,\ldots,n \ , \quad u_r \ge 0 \ , \ v_i \ge 0
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

در مدل برنامه‌ریزی کسری فوق u_r، وزن ستاده‌ی r اُم، v_i وزن نهاده‌ی i اُم و O، اندیس واحد تصمیم‌گیرنده تحت بررسی است. ($o \in \{1,2,\ldots,n\}$). y_{ro} و x_{io} نیز، به ترتیب، مقادیر ستاده‌ی r اُم و نهاده‌ی i اُم برای واحد تحت بررسی (واحد o) هستند. همچنین y_{rj} و x_{ij} ، به ترتیب، مقادیر ستاده‌ی r اُم و مقدار نهاده‌ی i اُم برای واحد j اُم هستند. تعداد ستاده‌ها در این رابطه با S نشان داده شده، m، تعداد نهاده‌ها و n نیز بیانگر تعداد واحدهاست. لازم به ذکر است که تعریف کارایی در این مدل کسری عبارت است از: "حاصل تقسیم ترکیب وزنیِ ستاده‌ها بر ترکیب وزنیِ نهاده‌ها".

بنکر و همکاران، الگوی CCR را برای حالت‌های بازده به مقیاس متغیر تعمیم داده و مدل پیشنهادی BCC را ارایه نمودند [۳۱]. الگوی BCC در حقیقت شکل توسعه یافته‌ی الگوی CCR می‌باشد. این مدل نیز بر اساس حرف اول نام پدید آورندگانش؛ یعنی بنکر، چارنز و کوپر نامگذاری شده و نسبت بازده به مقیاس را متغیر فرض می‌کند. بازده به مقیاس متغیر؛ یعنی هر مضربی از ورودی‌ها، می‌تواند همان مضرب، یا کم‌تر از آن و یا بیش‌تر از آن را، در خروجی‌ها تولید کند. استفاده از بازده متغیر نسبت به مقیاس موجب می‌شود تا با محاسبه‌ی کارایی فنی بر حسب مقادیر کارایی ناشی از مقیاس و کارایی ناشی از مدیریت، تحلیل بسیار دقیقی ارایه گردد. برای ساخت مدل‌های نهاده گرا و ستاده گرا در مدل اصلی BCC ، از همان مبانی مدل CCR استفاده می‌شود. در مدل نهاده گرا با کاهش نهاده‌ها میزان کارایی افزایش می‌یابد؛ ولی در مدل ستاده گرا با افزایش ستاده‌ها میزان کارایی افزایش می‌یابد. انجام این مفهوم در فرموله کردن مساله‌ی دوگان در برنامه‌ریزی خطی با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس با اضافه نمودن محدودیت $NI'\lambda = 1$ (قید تحدب) به این مدل CCR می‌باشد، در این حالت محاسبات با فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس انجام می‌شود؛ بنابراین مدل BCC با شکل نهاده گرا به صورت رابطه‌ی (۲) قابل بیان می‌باشد:

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

$$
\begin{aligned}
&Min \quad \theta \\
&s.t. \\
&\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro} + \sum_{r=1}^{s} \lambda_j y_{ij} \geq 0 \quad , \quad \theta \sum_{i=1}^{m} v_r x_{io} - \sum_{r=1}^{s} \lambda_j x_{ij} \geq 0 \\
&j = 1,2,...,n \ , \quad u_r \geq 0 \ , \quad v_i \geq 0 \ , \quad NI'\lambda = 1, \qquad \lambda \geq 0
\end{aligned} \tag{۲}
$$

که در این رابطه، λ فاکتور مقیاس بوده و سایر پارامترها مشابه بخش قبل می‌باشد. مدل فوق با قید بازده متغیر نسبت به مقیاس، مشخص نمی‌کند که آیا سازمان در ناحیه‌ی بازده صعودی یا نزولی نسبت به مقیاس فعالیت می‌کند. این موضوع در عمل با مقایسه‌ی قید بازده غیر صعودی نسبت به مقیاس صورت می‌گیرد؛ بنابراین در این حالت:

$$
\begin{aligned}
&Min \quad \theta \\
&s.t. \\
&\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro} + \sum_{r=1}^{s} \lambda_j y_{ij} \geq 0 \quad , \quad \theta \sum_{i=1}^{m} v_r x_{io} - \sum_{r=1}^{s} \lambda_j x_{ij} \geq 0 \\
&j = 1,2,...,n \ , \quad u_r \geq 0 \ , \quad v_i \geq 0 \ , \quad NI'\lambda \leq 1, \qquad \lambda \geq 0
\end{aligned} \tag{۳}
$$

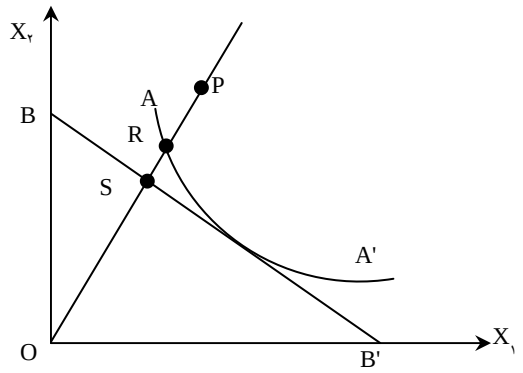
مساله‌ی اساسی در روابط اخیر (هر دو مدل CCR و BCC) این است که معیار ارایه شده جهت سنجش کارائی، به مجموعه‌ای از وزن‌ها نیاز دارد که برای تمام واحدهای مورد بررسی، قابل استفاده باشد؛ بنابراین ارزش ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌تواند متفاوت باشد و از طرفی واحدهای مختلف می‌توانند به نحوی عملیات خود را سازماندهی نمایند که خروجی‌هایی با ارزش‌های متفاوت ارایه کنند. متغیرهای مدل‌های بالا، وزن‌ها بوده و این مدل‌ها کارایی را با اختصاص مناسب‌ترین مقادیر برای وزن‌های واحد i ام اندازه‌گیری می‌کنند [۳۲-۳۴].

۲-۲ معرفی انواع کارایی

همان طور که اشاره شد، دیدگاه فارل در واقع مبنای روش تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. بر اساس این دیدگاه، کارایی به صورت‌های مختلف قابل تعریف است [۳۵]. شکل ۲ ارایه دهنده‌ی نحوه‌ی ارزیابی کارایی بر اساس دیدگاه فارل می‌باشد. در این شکل، منحنی مرزی 'AA مکان هندسی نقاطی است که نشان دهنده‌ی حداقل ترکیباتی از دو ورودی X_1 و X_2 برای تولید یک واحد محصول است. همچنین نقطه‌ی P بیانگر عملکرد یک سازمان خاص جهت تولید یک واحد محصول می‌باشد.

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]



شکل ۲. نحوه‌ی ارزیابی کارایی روش فارل

با توجه به شکل ۲، انواع کارایی به صورت زیر قابل بیان می‌باشد:

- کارایی فنی (کارایی کل): با توجه به پاره خط‌های نشان داده در شکل ۲، درجه‌ی کارایی فنی برای سازمان از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\text{درجه کارایی فنی} = \frac{OR}{OP} \qquad (۴)$$

- کارایی تخصیصی : این نوع کارایی به معنی حداکثر تولید حاصل از مقدار عوامل تولید به حداکثر تولید در سطح بهینه‌ی عوامل تولید می‌باشد. در این حالت کارایی با توجه به رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{درجه کارایی تخصیصی} = \frac{OS}{OR} \qquad (۵)$$

- کارایی اقتصادی: این نوع کارایی در واقع ترکیبی از دو نوع کارایی مذکور می‌باشد و با ضرب آن‌ها در یکدیگر محاسبه می‌گردد:

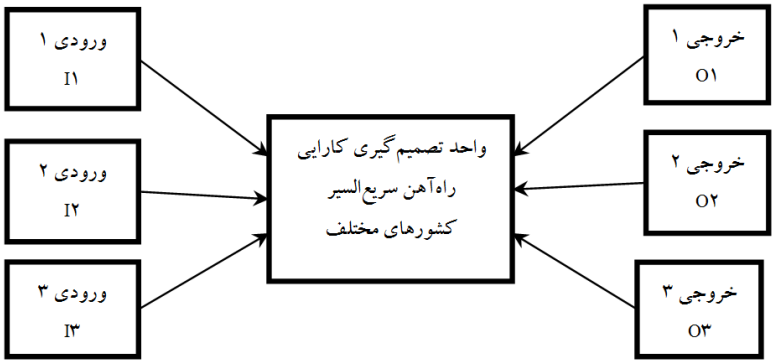
$$\text{درجه کارایی اقتصادی} = \frac{OS}{OP} \qquad (۶)$$

۲-۳ تعیین شاخص‌های ورودی و خروجی مدل تحلیل پوششی

برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به مولفه‌های مدل تحلیل پوششی در این تحقیق، مطالعات به صورت میدانی صورت گرفته و پس از مشخص شدن ترکیب کلی ورودی‌ها و خروجی‌ها، اطلاعات لازم در خصوص کارایی راه‌آهن سریع‌السیر کشورهای مختلف جمع‌آوری شده است. در این روش شاخص‌های کلیدی عملکرد سیستم به عنوان یک واحد تصمیم‌گیری (DMU) در نظر گرفته شده‌اند که با به کارگیری مدل تحلیل پوششی به محاسبه‌ی کارایی آن‌ها پرداخته شده است. شکل ۳ نمای کلی مدل تحلیل پوششی داده‌ها را در این تحقیق نمایش می‌دهد.

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]



شکل ۳. نمای کلی مدل تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی کارایی راه‌آهن سریع‌السیر کشورهای مختلف

با توجه به اینکه در این تحقیق، دو رویکرد اصلی اندازه‌گیری کارایی بر اساس مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها مورد استفاده قرار گرفته است، جمع‌آوری اطلاعات لازم و مناسب برای استفاده در مدل‌های فوق ضروری می‌باشد. بدین منظور از مطالعات کتابخانه‌ای جهت اطلاع از سوابق و شرایط راه‌آهن سریع‌السیر در کشورهای مختلف استفاده شده است. کشورهای دارای فناوری راه‌آهن سریع‌السیر به عنوان واحدهای مجزا در نظر گرفته شده و اطلاعات ورودی مورد نیاز مدل تحلیل پوششی در مورد آن‌ها استخراج گردیده است. برای ارزیابی‌های هزینه‌ها در این تحقیق، با در نظر گرفتن شاخص سرمایه‌ها، هزینه‌ها و درآمدها، ورودی‌ها به قیمت‌های ثابت سال ۲۰۱۴ میلادی (سال مرجع یکسان برای همه‌ی کشورها برای فراهم کردن امکان مقایسه) تبدیل شده است. در ادامه به معرفی نهاده‌ها و ستاده‌های مدل پرداخته شده است. لازم به ذکر است که در مدل تحلیل پوششی داده‌ها هر چه تعداد واحدهای مورد ارزیابی نسبت به تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها بیش‌تر باشد قدرت تفکیک مدل بیش‌تر می‌گردد.

- ورودی‌های مدل تحلیل کارایی

عامل 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. با این تعریف، ورودی‌های زیر برای ارزیابی کارایی راه‌آهن سریع‌السیر در کشورهای مختلف قابل تصور می‌باشد:

- هزینه‌های پرسنلی: این هزینه‌ها در راه‌آهن سریع‌السیر شامل کلیه‌ی هزینه‌های حقوق و دستمزد کارکنان می‌باشد. فعالیت هر ناحیه از شبکه‌ی خطوط راه‌آهن سریع‌السیر را افرادی به عنوان نیروی انسانی شاغل در آن ناحیه، مدیریت می‌کنند. واحدی را می‌توان کاراتر از سایر واحدها قلمداد کرد که هم به‌اندازه‌ی 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 از موارد فوق باعث تنزل کارایی خواهد شد.
- طول خطوط: با در نظر گرفتن این شاخص، کشوری کاراتر خواهد بود که خروجی بهره‌برداری راه‌آهن سریع‌السیر (مسافر-کیلومتر و یا درآمد) در آن نسبت به طول خطوط (میزان زیرساخت فراهم شده برای

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

راه‌آهن سریع‌السیر) بیش‌تر باشد. این موضوع نشان می‌دهد که راه‌آهن سریع‌السیر مربوطه از ظرفیت خطوط خود به خوبی بهره‌برداری کرده است.

- هزینه‌های غیرپرسنلی: این هزینه‌ها شامل سایر هزینه‌های بهره‌برداری از راه‌آهن سریع‌السیر، به جز حقوق و دستمزد کارکنان می‌باشند. مبالغ پرداختی این صنعت در جهت نگهداری و هزینه‌های عملیاتی در این دسته قرار می‌گیرد.
- سرمایه‌گذاری: این هزینه‌ها شامل دارایی ثابت این صنعت حمل و نقل می‌باشد. هزینه‌های سرمایه‌گذاری شامل هزینه‌های مربوط به خرید زمین، قطار سریع‌السیر و تجهیزات مورد نیاز سیستم می‌باشد.

- خروجی‌های مدل تحلیل کارایی

خروجی در تحلیل پوششی داده‌ها عاملی است که با افزودن یک واحد از آن به سیستم با فرض ثابت بودن سایر شرایط، کارایی افزایش می‌یابد. با این تعریف، خروجی‌های زیر برای ارزیابی کارایی راه‌آهن سریع‌السیر در کشورهای مختلف قابل تصور می‌باشد:

- نفر-کیلومتر(میلیون) : مسافرت یک نفر در یک کیلومتر از راه‌آهن سریع‌السیر، به‌عنوان مبنای محاسبات بهره‌وری سیستم در نظر گرفته می‌شود. این عامل مهم‌ترین خروجی هر گونه صنعت ریلی اعم از متعارف و سریع‌السیر محسوب می‌شود. جهت به‌دست آوردن میزان کل مسافر-کیلومتر می‌توان ابتدا درآمد سیستم را با استفاده از آمار ترافیکی جابه‌جایی مسافر (آمار ترافیک مسافری درآمدزا) به دست آورد، سپس با توجه به تعداد فروش بلیط برای مسیرهای مختلف و طول مسافت پیموده شده توسط مسافرین، میزان مسافر-کیلومتر جابه‌جایی مسافر تعیین می‌گردد.
- درآمد: شامل عوایدی است که از احداث راه‌آهن سریع‌السیر ایجاد می‌شود. مهم‌ترین بخش درآمد در این سیستم حمل و نقل، حاصل از فروش بلیط می‌باشد. این شاخص با مسافر-کیلومتر ارتباط دارد ولی در نظر گرفتن درآمد به عنوان یک خروجی مجزا دقت محاسبات کارایی را بالا می‌برد.

۲-٤ جمع آوری داده‌ها

جمع آوری داده‌های صحیح مهم‌ترین گام در ارزیابی کارایی و بهره‌وری است. برای انجام این تحقیق اطلاعات گسترده‌ای از مشخصات و جزئیات انواع خطوط راه‌آهن سریع‌السیر در کشورهای مختلف مورد نیاز بوده که این داده‌ها از مقالات، سالنامه‌های آماری و تحقیقات گذشته استخراج گردیده است. مراجع [۳۶-۴۲] جهت استخراج داده‌های فنی و اقتصادی و شرایط بهره‌برداری از خطوط راه‌آهن سریع‌السیر در کشورهای مختلف جهان مد نظر قرار گرفته‌است. برای پیاده‌سازی روش تحقیق ابتدا به جمع آوری داده از منابع مختلف و در زمینه‌های مختلف پرداخته شده و ورودی‌های مورد نیاز برای تحلیل کارایی جمع آوری گردیده است. جداول ۱-۳ مشخصات فنی-اقتصادی و شاخص‌های مورد نیاز این تحقیق را جهت پیاده‌سازی مدل تحلیل پوششی داده‌ها ارایه می‌دهد. در این جداول هزینه‌ها و درآمدها به صورت سالانه بیان گردیده‌است.

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

جدول ۱. مشخصات فنی-اقتصادی کشورهای دارای فناوری راه‌آهن سریع‌السیر در اتحادیه اروپا تا سال۲۰۱۳

پارامتر	فرانسه	اسپانیا	ایتالیا	آلمان	هلند	انگلستان	بلژیک
مساحت(کیلومتر مربع)	۶۷۴۸۴۳	۵۰۵۹۹۲	۳۰۱۲۳۰	۳۵۷۰۲۱	۴۱۵۲۶	۲۴۳۶۱۰	۳۰۵۲۸
جمعیت(میلیون نفر)	۶۵/۷۰	۴۷/۲۷	۶۰/۵۴	۸۱/۸۰	۱۶/۷۷	۶۳/۲۳	۱۱/۱۴
طول کل خطوط سریع‌السیر (کیلومتر)	۲۷۹۳	۴۹۰۰	۱۰۷۶	۱۷۶۲	۱۲۰	۱۵۷۳	۲۰۹
طول خطوط سریع ساخته شده(کیلومتر)	۲۰۳۶	۳۱۰۰	۹۲۶	۱۳۳۴	۱۲۰	۱۹۲	۲۰۹
طول خطوط سریع در حال ساخت (کیلومتر)	۷۵۷	۱۸۰۰	۱۵۰	۴۲۸	–	۴۶۷	–
درصد مجموع طول خطوط به مساحت	۰/۴۱	۰/۹۷	۰/۳۶	۰/۴۹	۰/۲۹	۰/۶۵	۰/۶۸
طول خطوط ساخته شده به جمعیت	۳۰/۹۹	۶۵/۵۸	۱۵/۳۰	۱۶/۳۱	۷/۱۶	۳/۰۴	۱۸/۷۶
طول خطوط به جمعیت	۴۲/۵۱	۱۰۳/۶۶	۱۷/۷۷	۲۱/۵۴	۷/۱۶	۲۴/۸۹	۱۸/۷۶
خطوط معمولی ریلی	۲۹۶۴۰	۱۵۹۴۷	۲۴۱۷۹	۴۱۹۸۱	۲۸۹۶	۱۷۷۳۲	۳۵۱۳
درصد طول خطوط به مساحت	۰/۳۰	۰/۶۱	۰/۳۱	۰/۳۷	۰/۲۹	۰/۰۸	۰/۶۸
مسافر کیلومتر (میلیون)	۵۶۱۸۶	۹۲۷۵	۳۶۰۴۴	۵۵۲۵۴	۵۰۰۴۲	۴۸۰۲۱	۴۵۷۴۶
مساحت به طول خطوط معمولی	۲۲/۷۷	۳۱/۷۳	۱۲/۴۶	۸/۵۰	۱۴/۳۴	۱۳/۷۴	۸/۶۹
بیش‌ترین سرعت(در حال بهره‌برداری)	۳۲۲	۳۰۶	۳۰۶	۳۰۶	۳۰۶	۴۰۲	۳۰۶
بیش‌ترین سرعت(در حال ساخت)	۳۲۲	۳۰۶	۳۲۰	۳۰۶	–	۴۰۰	–
اولین سال بهره‌برداری	۱۹۸۱	۱۹۹۲	۱۹۸۱	۱۹۹۱	۲۰۰۹	۲۰۰۳	۱۹۹۷
طول خطوط به مساحت	۴/۳۹	۳/۱۵	۸/۰۳	۱۱/۷۶	۶/۹۷	۷/۲۸	۱۱/۵۱
طول خطوط به جمعیت	۴۵۱	۳۳۷	۳۹۹	۵۱۳	۱۷۲	۷۵۹	۳۱۵
درصد طول *خطوط سریع به خطوط عادی*	۹/۴۲	۳۰/۷۳	۴/۴۵	۴/۲۰	۴/۱۴	۸/۸۸	۵/۹۵
مسافرکیلومتر به سرمایه	۱۱۴۳۹۵۰۰	۲۸۷۵۱۰۰	۱۳۳۵۰۸۰	۴۳۳۵۸۲۴	۱۶۶۸۰۶	۱۲۶۳۰۱	۵۶۲۴۱۲

جدول ۲. مشخصات فنی-اقتصادی کشورهای دارای فناوری راه‌آهن سریع‌السیر در سایر نقاط جهان تا سال۲۰۱۳

پارامتر	ژاپن	چین	کره‌جنوبی	ترکیه	ازبکستان	تایوان	آمریکا
مساحت(کیلومتر مربع)	۳۷۷۹۴۴	۹۷۰۷۰۰۰	۱۰۰۲۱۰	۷۸۳۵۶۲	۴۴۷۴۰۰	۳۵۹۸۰	۹۶۲۹۰۹۱
جمعیت(میلیون نفر)	۱۲۸	۱۳۶۴	۵۰	۷۷	۲۷	۲۳	۳۱۸
طول کل خطوط سریع‌السیر (کیلومتر)	۳۴۴۶	۲۷۴۷۹	۹۷۴	۱۹۵۰	۳۴۴	۳۴۵	۱۷۳۷
طول خطوط سریع ساخته شده(کیلومتر)	۲۶۶۴	۱۴۴۲۴	۴۱۲	۱۵۰۶	۳۴۴	۳۴۵	۸۹۷
طول خطوط سریع در حال ساخت (کیلومتر)	۷۸۲	۱۳۰۵۳	۵۶۲	۴۴۴	–	–	۸۴۰
درصد مجموع طول خطوط به مساحت	۰/۹۱	۰/۲۸	۰/۹۷	۰/۲۵	۰/۰۸	۰/۹۶	۰/۰۲
طول خطوط ساخته شده به جمعیت	۲۰/۸۸	۱۰/۵۷	۸/۲۴	۱۹/۶۴	۱۲/۵۷	۱۴/۹۶	۲/۸۲
طول خطوط به جمعیت	۲۷/۰۱	۲۰/۱۵	۱۹/۴۸	۲۵/۴۳	۱۲/۵۷	۱۴/۹۶	۵/۴۶
خطوط معمولی ریلی	۲۳۴۷۴	۱۰۳۱۴۴	۵۲۴۲	۱۲۰۰۰	۴۲۸۰	۱۷۰۳	۲۲۴۷۹۲
درصد طول خطوط به مساحت	۰/۷۰	۰/۱۵	۰/۴۱	۰/۱۹	۰/۰۸	۰/۹۶	۰/۰۱
مسافر کیلومتر (میلیون)	۱۰۸۴۲۲	۲۰۱۴۳	۹۰۹۶۴	۱۹۵۴	۹۳۷۶۵	۹۳۷۶۵	۳۵۶۵
مساحت به طول خطوط معمولی	۱۶/۱۰	۹۴/۱۱	۱۹/۱۲	۶۵/۳۰	۱۰۴/۵۳	۲۱/۱۳	۱۵/۰۰

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

پارامتر	ژاپن	چین	کره‌جنوبی	ترکیه	ازبکستان	تایوان	آمریکا
بیش‌ترین سرعت(در حال بهره‌برداری)	۳۰۶	۳۵۴	۳۰۶	۲۵۸	۳۰۶	۳۰۶	۲۴۱۰
بیش‌ترین سرعت(در حال ساخت)	۳۷۰	۳۵۴	۳۰۶	۲۵۸	–	–	۳۶۰
اولین سال بهره‌برداری	۱۹۶۴	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۰۷	۲
طول خطوط به مساحت	۶/۲۱	۱/۰۶	۵/۲۳	۱/۵۳	۰/۹۶	۴/۷۳	۶/۶۷
طول خطوط به جمعیت	۱۸۴	۷۶	۱۰۵	۱۵۶	۱۵۸	۷۴	۱۱
درصد طول *خطوط سریع به خطوط عادی*	۱۴/۶۸	۲۶/۶۴	۱۸/۵۸	۱۶/۲۵	۸/۰۴	۲۰/۲۶	۰/۷۷
مسافرکیلومتر به سرمایه	۲۸۸۸۳۶۰۰	۱۷۰۹۰۵۸۸	۱۰۷۰۷۷۱	۱۴۰۰۹۵	۱۷۰۲۵۷۹	۸۵۱۲۸۹	۲۶۶۶۶۷

جدول ۳. شاخص‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی راه‌آهن سریع‌السیر (ورودی‌ها و خروجی‌های تحلیل پوششی)

شماره واحد	واحد تصمیم‌گیری	سرمایه ساخت هر کیلومتر (میلیون دلار)	طول خطوط (کیلومتر)	هزینه‌های پرسنلی (میلیون دلار)	هزینه‌های غیر پرسنلی (میلیون دلار)	مسافر-کیلومتر (میلیون نفر به کیلومتر)	درآمد (میلیون دلار)
۱	ژاپن	۸/۵	۲۶۶۴	۶۰۸	۳۰۹۶	۱۰۸۴۲۱	۱۰۸۰۳۳
۲	فرانسه	۵/۲	۲۰۳۶	۳۱۵	۱۸۷۹	۵۶۱۸۶	۵۶۱۸۶۱
۳	چین	۳/۷	۱۴۴۲۴	۹۱	۵۹۲	۲۰۱۴۲	۱۶۱۱۴۳
۴	اسپانیا	۳/۹	۳۱۰۰	۱۰۰	۴۳۵	۹۲۷۴	۹۲۷۴۵
۵	آلمان	۵/۴	۱۳۳۴	۵۵۸	۱۹۷۳	۵۵۲۵۴	۵۵۲۵۴۱
۶	ایتالیا	۳/۵	۹۲۶	۳۸۰	۱۳۸۶	۳۶۰۴۴	۳۶۰۴۴۱
۷	بلژیک	۴/۵	۲۰۹	۴۸۱	۲۱۷۸	۴۵۷۴۶	۴۵۷۴۶۴
۸	هلند	۴/۹	۱۲۰	۴۹۵	۲۲۷۴	۵۰۰۴۱	۵۰۰۴۱۷
۹	کره جنوبی	۷/۴	۴۱۲	۶۸۹	۴۳۱۱	۹۰۹۶۳	۹۰۹۶۳۶
۱۰	ترکیه	۴/۹	۱۵۰۶	۲۲	۱۲۲	۱۹۵۳	۱۹۵۳۵
۱۱	تایوان	۴/۵	۳۴۵	۱۰۴	۷۸۱۳	۹۳۷۶۵	۹۳۷۶۵۲
۱۲	انگلستان	۴/۷	۱۹۲	۵۲۸	۱۷۱۵	۴۸۰۲۰	۴۸۰۲۰۸
۱۳	آمریکا	۳/۹	۸۹۹	۷۸	۱۲۲	۳۵۶۵	۳۵۶۵۵

۲-۵ نتایج مدل تحلیل پوششی داده‌ها

در این بخش، نتایج انجام محاسبات مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای راه‌آهن سریع‌السیرکشورهای مختلف به صورت کارایی فنی، کارایی مدیریتی و کارایی مقیاس ارایه گردیده است. محاسبات انجام شده در این بخش بر اساس رویکرد ورودی- محور و با استفاده از روابط ارایه شده در بخش قبل صورت پذیرفته است. برای این منظور، نمرات کارایی کلیه کشورها با استفاده از مدل‌های CCR و BCC با گرایش نهاده محور (ورودی- محور) محاسبه شده و نتایج آن در جدول ۴ ارایه گردیده است.

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

جدول ٤. نتایج ارزیابی کارایی راه‌آهن سریع‌السیر کشورهای مختلف

شماره واحد	کشور	کارایی فنی	کارایی مدیریتی	کارایی مقیاس	مجموع وزنی ضرایب	نوع بازده به مقیاس
١	ژاپن	١/٠٠٠	١/٠٠٠	١/٠٠٠	١/٠٠٠	ثابت
٢	فرانسه	١/٠٠٠	١/٠٠٠	١/٠٠٠	١/٠٠٠	ثابت
٣	چین	١/٠٠٠	١/٠٠٠	١/٠٠٠	١/٠٠٠	ثابت
۴	اسپانیا	١/٠٠٠	١/٠٠٠	١/٠٠٠	١/٠٠٠	فزاینده
۵	آلمان	٠/٩٨۴	١/٠٠٠	٠/٩٨٣	٠/٩٨٣	فزاینده
۶	ایتالیا	٠/٩۶١	١/٠٠٠	٠/٩۶١	٠/۶۴٢	فزاینده
٧	بلژیک	٠/٩٣٨	٠/٩۶٨	٠/٩۶٨	٠/٨١۴	فزاینده
٨	هلند	٠/٩۴٠	٠/٩۶٣	٠/٩۶٨	٠/٨٩١	فزاینده
٩	کره جنوبی	٠/٩٣۴	٠/٩۴۴	٠/٩٨٨	٠/۶١٩	ثابت
١٠	ترکیه	٠/٩١۵	٠/٩۴۴	٠/٩۶٨	٠/٣۵٠	فزاینده
١١	تایوان	٠/٩٠٧	٠/٩۴٠	٠/٩۶۴	٠/۶۶٩	کاهنده
١٢	انگلستان	٠/٩٢۴	٠/٩٣٨	٠/٩٨۴	٠/٨۵۵	فزاینده
١٣	آمریکا	٠/٩١٠	٠/٩٢٧	٠/٩٨١	٠/۵٧٠	فزاینده

در صورتی که کارایی به دست آمده برای یک واحد تصمیم‌گیری مساوی یک باشد، بدین مفهوم است که واحد تحت بررسی کاراست و در صورتی که مقدار آن کوچک‌تر از یک باشد، بسته به مقدار اعداد به دست آمده، می‌توان روی کارایی قضاوت نمود. لازم به ذکر است که عوامل ورودی یا خروجی به تنهایی نمی‌توانند اثر مستقیم بر روی کارایی داشته باشند. به عنوان مثال، نمی‌توان لزوما این طور قضاوت کرد که ناحیه‌ی دارای مسافر- کیلومتر بالاتر، کارایی بالاتری نیز دارد. به عبارت دیگر اثر کل عوامل با هم، وضعیت کشورها را از لحاظ کارایی راه‌آهن سریع‌السیر نمایان می‌سازد. همچنین لازم به توضیح است که برای رسیدن به کارایی فنی واحد، باید به‌اندازه‌ی اختلاف کارایی به دست آمده تا یک در نهاده‌ها صرفه جویی نمود.

٦-٢ رتبه‌بندی نهایی و بحث بر روی نتایج کارایی

بر اساس نتایج بخش قبل، چهار کشور ژاپن، فرانسه، چین و اسپانیا دارای کارایی واحد با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها هستند. یکی از اهداف تحلیل انجام شده در این مقاله، ارایه ی یک الگوی مرجع برای کشور ایران است؛ لذا مقایسه‌ی بین کشورهای با کارایی واحد نیز حائز اهمیت بوده و می‌تواند راهگشای برنامه‌ریزی جهت احداث خطوط سریع‌السیر در ایران باشد. مدل اندرسون- پیترسون یکی از روش‌های مطرح برای رتبه‌بندی کشورهای با کارایی واحد می‌باشد که قابلیت اعتماد بیش‌تری نسبت به سایر روش‌های موجود دارا بوده و با کمک آن می‌توان به معرفی واحد تصمیم‌گیری مرجع (کشور منتخب) پرداخت [۴۳]. در این روش کشورهای دارای کارایی کم‌تر از واحد به صورت گام به گام از مجموعه واحدهای تصمیم‌گیری حذف شده و کارایی کشورهای کارا با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه می‌شود. با تکرار متوالی این فرآیند (حذف کشور

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

ناکارا در هر مرحله) نتایج رتبه‌بندی نهایی کشورهای کارا به دست می‌آید. با اعمال این روش بر روی داده‌های این تحقیق، نتایج تحلیل در جدول ۵ ارایه گردیده است. بر اساس نتایج به دست آمده، کشورهای ژاپن، چین، فرانسه و اسپانیا به ترتیب رتبه‌های اول تا چهارم کارایی را به دست آورده‌اند.

جدول ۵. نتایج رتبه‌بندی کارایی راه‌آهن سریع‌السیر برای کشورهای کارا (مدل اندرسون- پیترسون)

رتبه واحد (کشور)	واحد تصمیم‌گیری	کارایی فنی	کارایی مدیریتی	کارایی مقیاس
۱	ژاپن	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
۲	چین	۰/۹۸۴	۰/۹۹۰	۰/۹۹۴
۳	فرانسه	۰/۹۷۰	۰/۹۸۶	۰/۹۸۴
۴	اسپانیا	۰/۹۵۳	۰/۹۸۵	۰/۹۶۸

با توجه به رتبه‌بندی به دست آمده در جداول ۴-۵ ، نتایج به صورت زیر قابل بحث می‌باشد:

۱) همان طور که مشاهده می‌شود کشورهای ژاپن، چین، فرانسه و اسپانیا به ترتیب مقام‌های اول تا چهارم را در کارایی صنعت حمل و نقل ریلی سریع‌السیر به دست آورده‌اند. این موضوع بیانگر این است که این چهار کشور از ظرفیت خود استفاده‌ی مطلوب‌تری نسبت به سایر کشورها داشته‌اند. توضیحات تکمیلی در بخش بهره‌وری ارایه شده است.

۲) با توجه به نتایج تحلیل، ژاپن بالا ترین کارایی حمل و نقل ریلی سریع‌السیر را در سراسر جهان داراست. این امر به دلیل توجه ویژه به مسائل بهره‌وری در این کشور است. مدیریت صحیح و اصولی نهاده‌ها در این سیستم حمل و نقل، دلیل اصلی این شرایط بهره‌وری در راه‌آهن سریع‌السیر ژاپن است.

۳) موضوع قابل توجه دیگر رتبه‌ی بالای کشور چین در بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر است. کشور چین با وجود داشتن رتبه‌ی اول طول خطوط، کارایی مطلوبی نیز دارد.

۴) کشور فرانسه با داشتن رتبه‌ی سوم کارایی، توجیه پذیری مناسبی در سیستم راه‌آهن سریع‌السیر دارا می‌باشد. سایر کشورهای اروپایی نیز رتبه‌ی نسبتا مطلوبی درکارایی داشته و اختلاف آن‌ها نسبت به هم اندک می‌باشد.

۳ فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در ارزیابی بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر

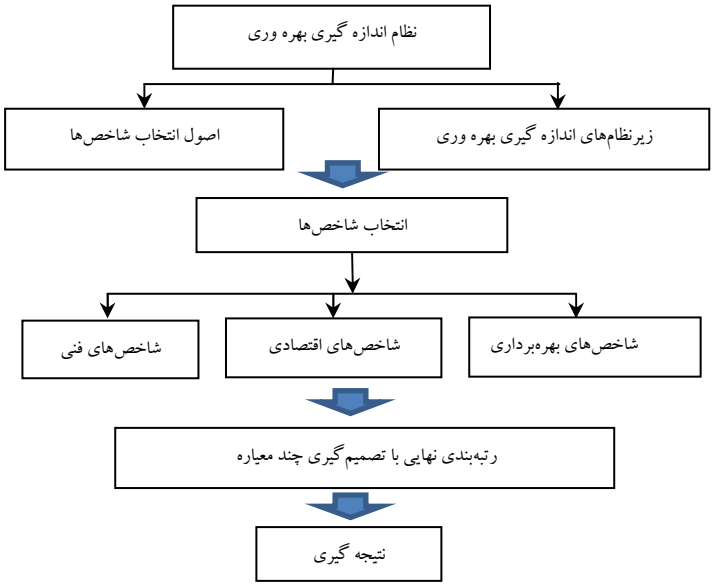
در ادامه‌ی مقاله فرآیند سلسله مراتبی بر روی مساله‌ی ارزیابی بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر پیاده‌سازی شده است. برای این منظور، سه سطح اصلی مورد بررسی قرار گرفته‌است:

- هدف: رتبه‌بندی کشورها بر اساس وضعیت بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر
- گزینه‌ها:کشورهای دارای فن آوری راه‌آهن سریع‌السیر
- معیارها و زیر معیارها: سه معیار اصلی و نه معیار فرعی

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

در این بخش با تلفیق دو روش ارزیابی بهره‌وری و تحلیل سلسله مراتبی، در نهایت موضوع بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر در کشورهای مختلف به صورت سیستماتیک تحلیل گردیده است. شکل ۴ ساختار کلی تحلیل در این بخش از مقاله را نمایش می‌دهد. ورودی‌های مورد نیاز تحلیل در این بخش از جداول ۱-۳ استخراج گردیده است.



شکل ٤. ساختار کلی فرآیند سلسله مراتبی در ارزیابی بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر

۳-۱ معرفی شاخص‌های اندازه‌گیری بهره‌وری

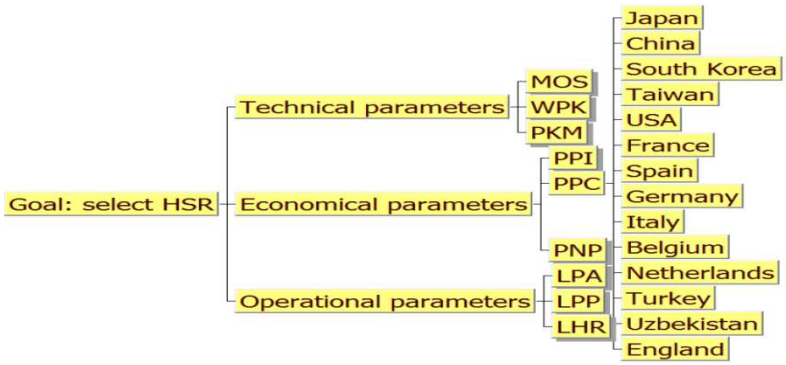
برای اندازه گیری سطح بهره‌وری در یک سیستم از شاخص‌های بهره‌وری استفاده می‌گردد. مشابه توضیحات ارایه شده برای کارایی، وضعیت عمومی‌شاخص‌های بهره‌وری نیز به صورت نسبت ستانده به داده سیستم (یا به عبارت دیگر خروجی‌ها به ورودی‌ها) است. جدول ۶ شاخص‌های انتخاب شده در این تحقیق جهت ارزیابی بهره‌وری را به همراه حروف اختصاری آن‌ها نمایش می‌دهد. همچنین ساختار سلسله مراتبی این بخش همراه با مجموعه معیارها و گزینه‌های مورد بررسی برای رتبه‌بندی بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر کشورهای مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است.

جدول ٦. معیارها و زیر معیارهای تحقیق به همراه حروف اختصاری آن‌ها

شاخص‌های فنی	شاخص‌های اقتصادی	شاخص‌های بهره‌برداری
واگن‌های مسافربری WPK	مسافر-کیلومتر به سرمایه (سرمایه به طول خطوط) PPI	طول خطوط به جمعیت LPA
بهره‌وری خطوط PKM	مسافر-کیلومتر به هزینه‌های پرسنلی PPC	طول خطوط به مساحت LPP
متوسط سرعت بهره‌برداری MOS	مسافر-کیلومتر به هزینه‌های غیر پرسنلی PNP	طول خطوط سریع‌السیر به خطوط ریلی LHR

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

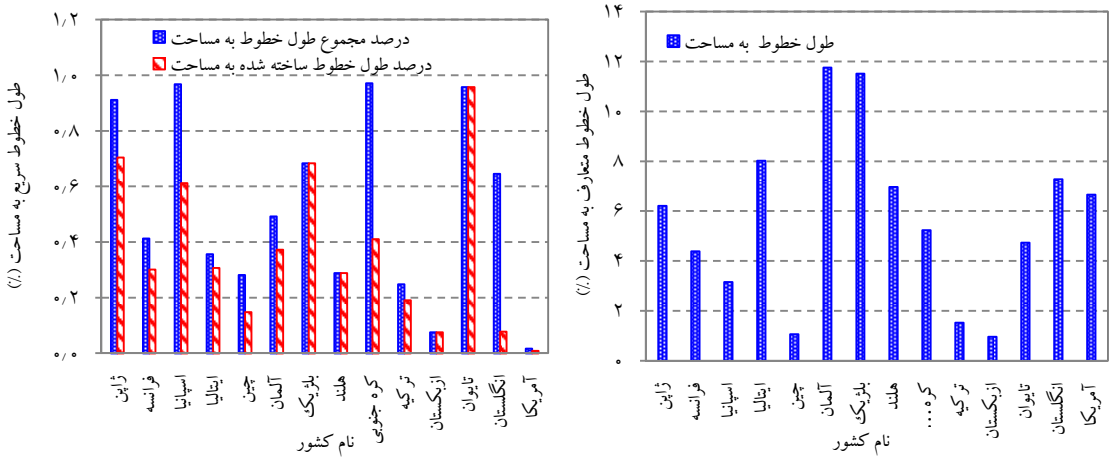
[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]



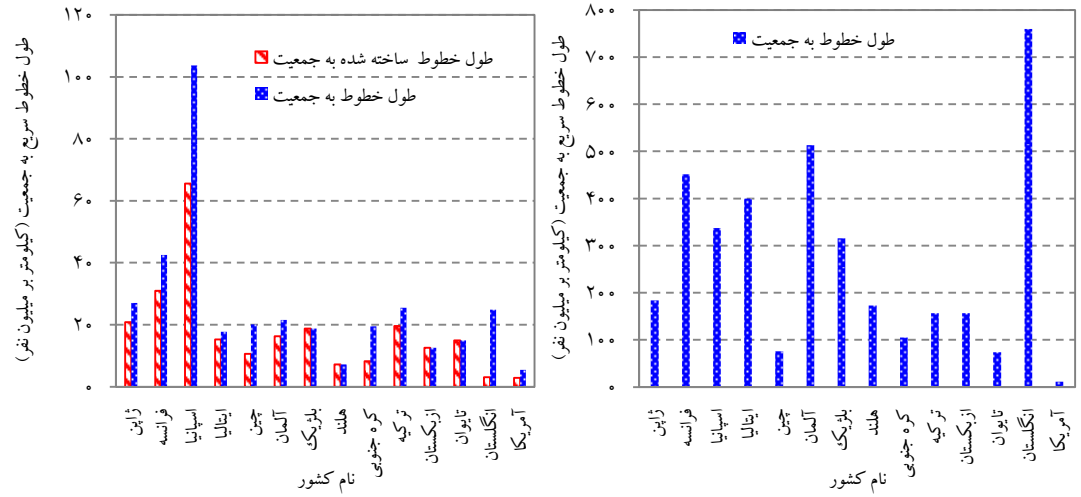
شکل ۵. پیاده‌سازی فرآیند سلسله مراتبی در ارزیابی بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر شامل هدف، معیارها و گزینه‌های مورد بررسی (برای سادگی از حروف اختصاری انگلیسی استفاده شده است.)

۳-۲ محاسبه‌ی شاخص‌های اندازه‌گیری بهره‌وری

شاخص‌های بهره‌وری معرفی شده در بخش قبل با استفاده از داده‌های جداول ۱-۳ برای کشورهای مختلف به دست آمده و در شکل‌های ۶-۱۲ نشان داده شده‌است.



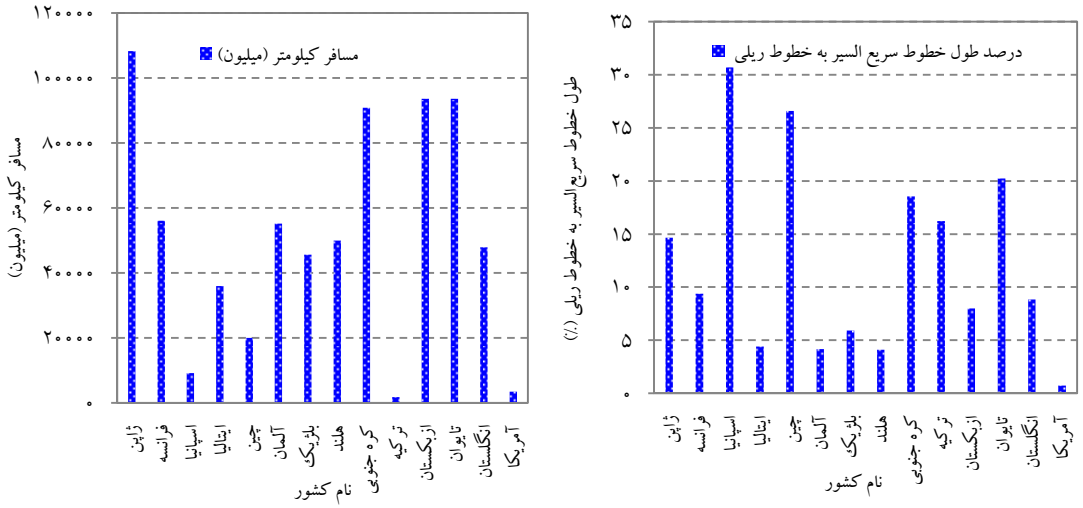
شکل ٦. راست: شاخص طول خطوط متعارف به مساحت، چپ: شاخص طول خطوط راه‌آهن سریع‌السیر به مساحت



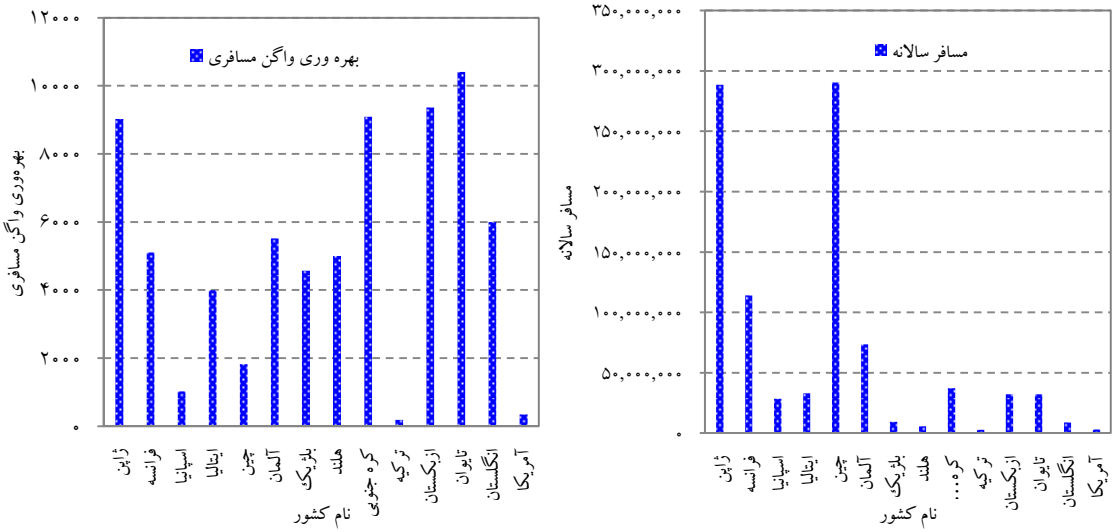
شکل ۷. راست: شاخص طول خطوط متعارف به جمعیت کشور، چپ: شاخص طول خطوط ریلی سریع‌السیر به جمعیت هر کشور

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

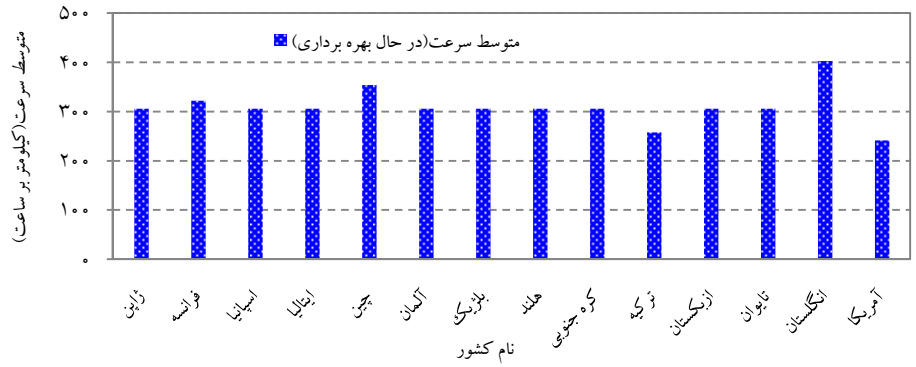
[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]



شکل ۸. راست: شاخص طول خطوط سریع‌السیر به خطوط ریلی، چپ: شاخص مسافر کیلومتر سالانه (میلیون نفر بر کیلومتر)

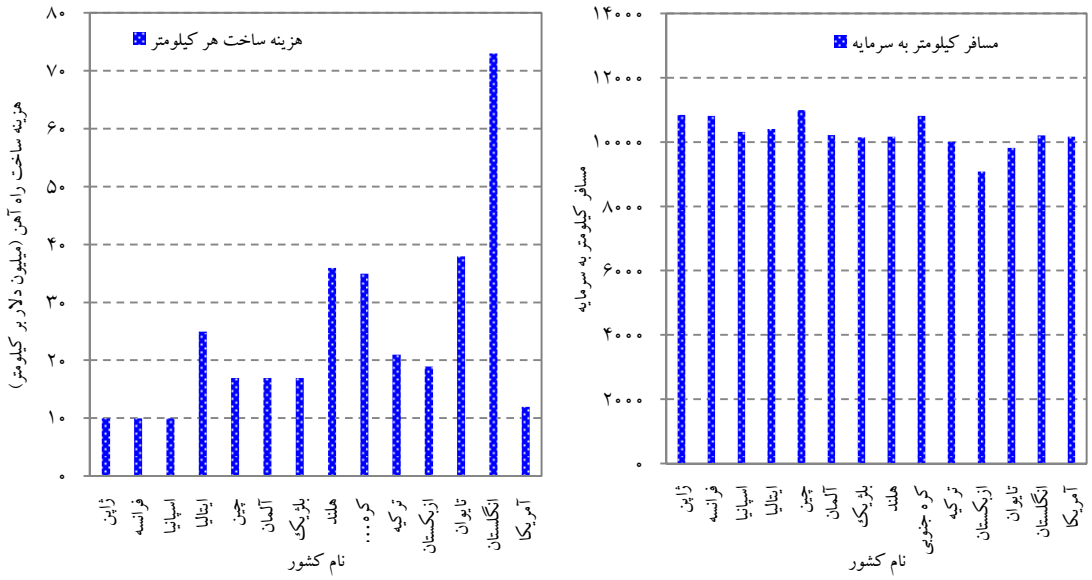


شکل ۹. راست: شاخص مسافر سالانه (نفر) چپ: شاخص بهره‌وری واگن‌های مسافربری

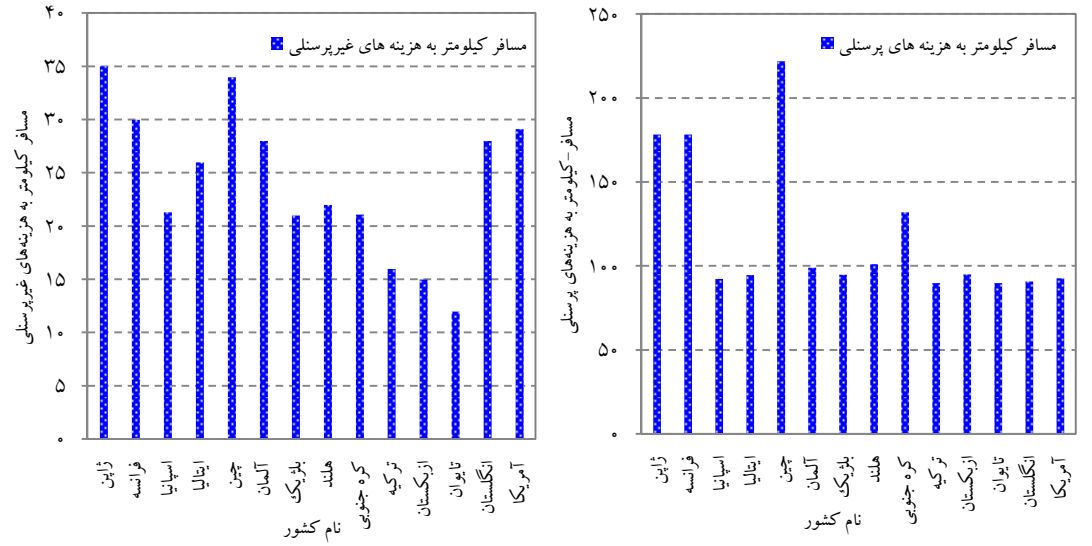


شکل ۱۰. شاخص متوسط سرعت بهره‌برداری راه‌آهن سریع‌السیر در کشورهای مختلف

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]



شکل ۱۱. راست: شاخص هزینه ساخت راه‌آهن سریع‌السیر در هر کیلومتر ، چپ: شاخص مسافر-کیلومتر به سرمایه



شکل ۱۲. راست: شاخص مسافر-کیلومتر به هزینه‌های غیر پرسنلی ، چپ: شاخص مسافر-کیلومتر به هزینه‌های پرسنلی (نفر به دلار)

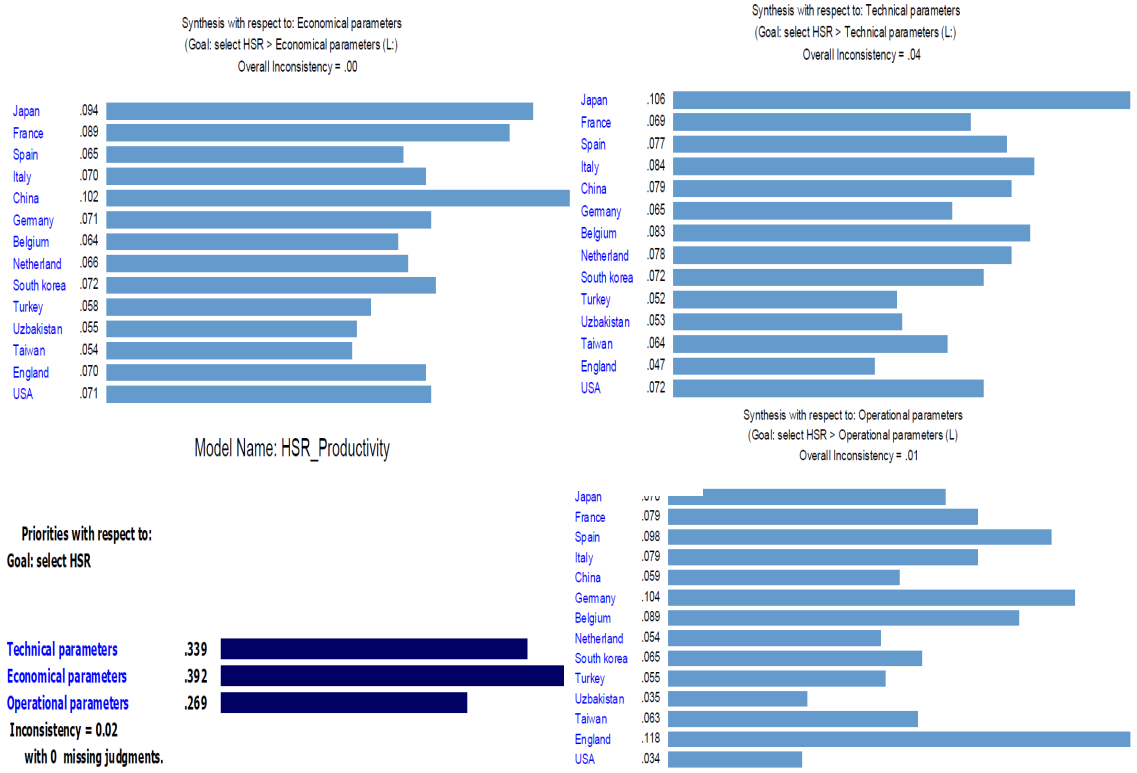
۳-۳ نتایج تصمیم‌گیری چند معیاره برای بهره‌وری کشورهای مختلف

در این بخش با استفاده از مقایسه‌ی زوجی معیارهای انتخابی (به صورت کمی‌بر اساس نمودارهای ارایه شده برای هر شاخص)، میانگین هندسی هر یک از مقایسه‌های زوجی به دست آمده است. در واقع از داده‌های هر سطح تصمیم‌گیری، میانگین هندسی گرفته شده و وزن‌های به دست آمده نرمال شده‌است. منظور از وزن نرمال آن است که جمع اوزان هر سطح برابر ۱ بوده و میانگین هندسی به دست آمده در هر سطر بر مجموع عناصر ستون میانگین هندسی تقسیم شده باشد. پس از تعیین وزن هر یک از معیارها در گام بعد، گزینه‌ها به صورت زوجی براساس هر معیار مقایسه شده‌است. بعد از اینکه مقایسه‌ها انجام شد، داده‌ها به ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی

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

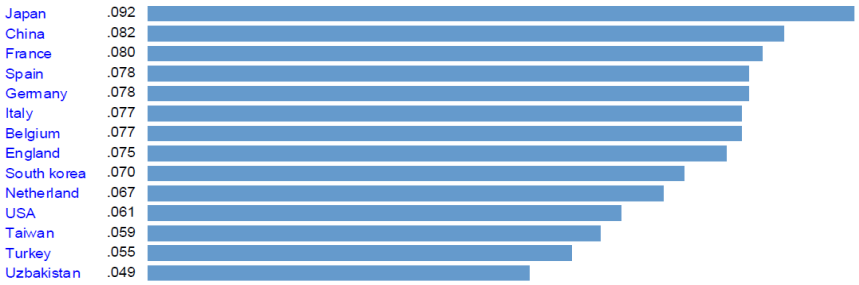
[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

منتقل شده‌است. برای تعیین وزن معیارهای اصلی مقایسه، از روش پرسشنامه‌ی خبره استفاده شده است. برای این منظور با استفاده از طراحی پرسشنامه‌های متعدد و توزیع آن‌ها بین تعدادی از کارشناسان و مدیران صنعت حمل و نقل ریلی، در نهایت با تلفیق کلیه‌ی نظرات، اوزان مربوط به معیارهای اصلی تعیین شده است. پس از وزن دهی به این زیرمعیارها، کشورهای مورد بررسی بر اساس سه معیار اصلی رتبه‌بندی شده‌است. شکل ۱۳ ارایه دهنده‌ی رتبه‌بندی کشورها بر اساس معیارهای اصلی (فنی، اقتصادی و بهره‌برداری) می‌باشد.



شکل ۱۳. عملکرد بهره‌وری کشورهای مختلف با توجه به (الف) پارامترهای فنی، (ب) پارامترهای اقتصادی (پ) پارامترهای بهره‌برداری و (ت) نتایج وزن دهی سه معیاراصلی

با توجه به محاسبات صورت گرفته، در نهایت رتبه‌بندی کشورها بر اساس مجموع کلی معیارها انجام گردیده و نتایج تحلیل در شکل ۱۴ منعکس گردیده است. این نمودار، رتبه‌ی نهایی بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر کشورهای مورد بررسی را نسبت به هم نمایش می‌دهد. برای سهولت مقایسه، نتایج از اولویت زیاد به نمایش نشان داده شده‌است.



شکل ۱۴. رتبه‌بندی نهایی کشورها بر اساس کلیه معیارها

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

٤ جمع بندی و بحث روی نتایج بهره‌وری و کارایی کشورهای مختلف

با توجه به رتبه‌بندی به دست آمده در شکل ۱۴ و نتیجه‌ی رتبه‌بندی کارایی در بخش قبل، نتایج به صورت زیر قابل بحث می‌باشند.

۱) همان طور که مشاهده می‌شود سه کشور ژاپن، چین و فرانسه به ترتیب دارای رتبه‌های اول تا سوم در بهره‌وری صنعت راه‌آهن سریع‌السیر هستند که این نتایج به نتایج بخش کارایی مطابقت دارد. این موضوع بیانگر این است که این سه کشور در مجموع همه‌ی پارامترهای فنی، اقتصادی و بهره‌برداری، شرایط مطلوب‌تری نسبت به سایر کشورها داشته‌اند.

۲) با توجه به نتایج تحلیل ژاپن بالا ترین بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر را در سراسر جهان داراست. مشابه توضیح ارایه شده در بخش کارایی، این امر به دلیل توجه ویژه به مسائل بهره‌وری در این کشور است. ژاپن در سال ۱۹۸۷ اصلاحات مهمی‌در زمینه‌ی راه‌آهن سریع‌السیر انجام داده است [۴۰و ۴۴] . مجموع این تحولات صورت گرفته در راه‌آهن ژاپن، مدیریت صحیح و خصوصی‌سازی، دلایل اصلی این شرایط بهره‌وری در راه‌آهن سریع‌السیر ژاپن است. میزان بالای شاخص مسافر-کیلومتر و قرار داشتن در دومین رتبه‌ی سهم طول خطوط ریلی جهان از دیگر دلایل رتبه‌ی نخست کشور ژاپن می‌باشد. موضوع دیگر در صعنت سریع‌السیر ژاپن، مبحث طبقه بندی ایستگاه‌ها و محدوده‌های ریلی بر اساس میزان سوددهی آن‌هاست که سبب شده تا برای هر محدوده، سیاست جدا گانه‌ای لحاظ شود تا به حداکثر بهره‌وری برسد [۴۵و ۴۶]. همچنین لازم به ذکر است که توجه به موضوع بهره‌وری در تمامی‌صنایع ژاپن امری اولویت‌دار است [۴۷].

۳) مشابه نتایج کارایی، کشور چین رتبه‌ی مطلوبی در بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر دارا می‌باشد. دلیل اصلی این موضوع این است که کشور چین با داشتن حدود ۴۰ درصد از کل خطوط ریلی سریع‌السیر جهان، رتبه‌ی اول طول خطوط را دارا بوده و از حیث کمیت شرایط بسیار مطلوبی دارد؛ البته لازم به ذکر است که این کشور جمعیت و مساحت بسیار بالایی نیز دارد و حتی با وجود این مقادیر ، باز هم رتبه‌ی مطلوبی در بهره‌وری دارد. دلیل اصلی این موضوع این است که وزن دهی به نحوی انجام شده که نقش معیارهای مرتبط با مساحت، طول خطوط و بهره‌برداری به صورت نسبی وارد محاسبات شده است. لازم به ذکر است که توجه کشور چین به مسایل اقتصادی همیشه جزو اولویت‌های سیاست‌های مالی و مدیریتی بوده است. همکاری نهادهای دولتی برای احداث خطوط سریع‌السیر نیز از دیگر امتیازات این کشور بوده است [۴۱و ۴۸].

۴) کشور فرانسه با داشتن رتبه‌ی سوم بهره‌وری، اولین کشور اروپایی است که دارای صنعت راه‌آهن سریع‌السیر شده است و در واقع سایر کشورهای اروپا شبکه‌ی ریلی خود را بر مبنای سیاست‌های مشترک در اتحادیه‌ی اروپا و بر اساس شبکه‌ی سریع‌السیر فرانسه توسعه داده‌اند. همچنین فرانسه با درس گرفتن از راه‌آهن ژاپن، سیاست‌های ساخت خطوط سریع‌السیر را اتخاذ نموده است. همین موضوع نشان دهنده‌ی اهمیت بالای بهره‌وری و توجیه پذیری اقتصادی در این کشور بوده است [۴۹].

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

۵) سایر کشورهای اروپایی نیز رتبه‌ی نسبتا مطلوبی در بهره‌وری داشته و اختلاف آن‌ها نسبت به هم اندک می‌باشد. دلیل اصلی این موضوع استفاده از یک شبکه‌ی ریلی مشترک در اروپا و نزدیکی جغرافیایی آن‌ها به یکدیگر می‌باشد. همچنین جمعیت و مساحت این کشورها نسبتا کم‌تر بوده و در اندازه‌های نزدیک به هم قرار دارد؛ بنابراین رتبه‌ی بهره‌وری آن‌ها نزدیک به هم به دست آمده است؛ البته هنوز هم در مورد خطوط سریع‌السیر با یکدیگر رقابت دارند.

۶) کشورهای آمریکا و انگلستان در این رتبه‌بندی از جایگاه بالایی برخوردار نبودند؛ لیکن این دو کشور در حال توسعه و بهره‌برداری از خطوط ریلی سریع‌السیر جدید می‌باشند؛ لذا با توجه به مطالعاتی که در زمینه‌ی امکان سنجی، برنامه‌ریزی استراتژیک و بحث‌های مرتبط دیگری که اخیرا صورت گرفته و در حال انجام است، در آینده پیشرفت‌های چشم‌گیری در این زمینه خواهند داشت و احتمالا شرایط مطلوب‌تری از نظر بهره‌وری به دست خواهند آورد [۱۲و۵۰]

۷) کشورهای تایوان، ترکیه و ازبکستان، در سال‌های اخیر صاحب تکنولوژی راه‌آهن سریع‌السیر شده‌اند و طول خطوط سریع‌السیر آن‌ها زیاد نیست؛ لیکن برنامه‌ریزی‌های مناسبی برای توسعه‌ی خطوط در آینده داشته و پروژه‌های مختلفی هم در دست احداث دارند [۵۱و۵۲].

۵ نتیجه‌گیری

در این مقاله پس از ارایه ی انواع روش‌های محاسبه‌ی کارایی و بهره‌وری، ابتدا به پیاده‌سازی روش تحلیل پوششی داده‌ها برای محاسبه‌ی کارایی راه‌آهن سریع‌السیر پرداخته شد. در این راستا به محاسبه و مقایسه‌ی کارایی بین راه‌آهن سریع‌السیر در کشورهای دارای این فناوری پرداخته شد. برای نیل به این هدف شاخص‌های مختلف اثرگذار برکارایی این سیستم حمل و نقل (شاخص‌های ورودی و خروجی) شناسایی شد، سپس بر مبنای شاخص‌های پیشنهادی، به انجام محاسبات کارایی با استفاده از دو روش بازده به مقیاس متغیر و بازده به مقیاس ثابت پرداخته شد. هر یک از این دو روش با رویکرد ورودی- محور بر روی داده‌های راه‌آهن سریع‌السیر کشورهای مختلف پیاده‌سازی و نتایج آن‌ها مقایسه گردید. در ادامه با استفاده از روش اندرسون-پیترسون به رتبه‌بندی کارایی راه‌آهن سریع‌السیر در کشورهای با کارایی واحد پرداخته شد.

در بخش دوم تحقیق برای ارزیابی بهره‌وری راه‌آهن سریع‌السیر در کشورهای یاد شده، از روش تحلیل سلسله مراتبی چند معیاره استفاده شد. برای نیل به این هدف ابتدا به شناسایی شاخص های مختلف اثرگذار بر بهره وری خطوط سریع‌السیر پرداخته شد و با معرفی و دسته بندی شاخص‌ها، در نهایت شاخص‌های اصلی و فرعی طبقه بندی شدند. در ادامه، روش محاسبه‌ی بهره‌وری بر اساس شاخص‌های انتخابی تشریح گردید و نتایج ارزیابی کشورها برای هر یک از شاخص‌ها به دست آمد، سپس فرآیند ارزیابی بهره‌وری با فرآیند تصمیم‌گیری چندمعیاره تلفیق گردید و با توجه به اصول رتبه‌بندی معیارها، رتبه‌بندی شاخص‌های کلیدی مطرح شد. در ادامه، با لحاظ کردن همه‌ی معیارها و زیرمعیارها، رتبه‌بندی نهایی کشورها ارایه گردید.

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

در پایان با توجه به نتایج به دست آمده از دو بخش کارایی و بهره‌وری، به بحث در مورد خروجی‌های کشورهای مختلف پرداخته شد. نتایج این بررسی نشان داد که هم در کارایی و هم بهره‌وری، چهار کشور ژاپن، چین، فرانسه و اسپانیا به ترتیب دارای رتبه‌های اول تا چهارم صنعت حمل و نقل ریلی سریع‌السیر هستند. سایر کشورهای اروپایی در رتبه‌های بعدی قرار داشته و نتایج کارایی و بهره‌وری آن‌ها اختلاف نسبتا کمی‌با یکدیگر دارد. دو کشورآمریکا و انگلستان به دلیل قرار داشتن در مرحله‌ی توسعه و ساخت هنوز در این رتبه‌بندی جایگاه بالایی ندارند. کشورهای تایوان، ترکیه و ازبکستان نیز که در سال‌های اخیر صاحب این فناوری شده‌اند، در رتبه‌های بعدی هستند و با برنامه‌ریزی‌های بلند مدت در حال بهبود سیستم‌های حمل و نقل ریلی سریع‌السیر می‌باشند.

منابع

[۲] موحدی، م.، حسینی، س. ا.، (۱۳۸۹). تعیین و رتبه‌بندی کارایی نواحی مختلف راه‌آهن جمهوری اسلامی‌ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها. مجله ریاضیات کاربردی واحد لاهیجان، ۷(۱)، ۴۹-۶۴.

[۳] خرازی، ف.، اویسی، ع.، (۱۳۸۷). شاخص‌های مقایسه ای ایران و کشورهای منطقه در سال ۲۰۰۶. گزارش مرکز تحقیقات راه‌آهن، تهران، ایران.

[۴] پورکاظمی، م.، سلطانی، ح.، (۱۳۸۶). ارزیابی کارائی راه‌آهن جمهوری اسلامی‌ایران در مقایسه با راه‌آهن‌های کشورهای آسیائی و خاورمیانه. مجله تحقیقات اقتصادی، ۸۶، ۸۷-۱۲۱.

[۵] پورکاظمی، م.، رضایی، ج.، (۱۳۸۲). ارزیابی کارایی نواحی سیزده گانه راه‌آهن جمهوری اسلامی‌ایران به روش تحلیل پوششی داده‌ها (D.E.A) . مجله تحقیقات اقتصادی، ۶۳، ۱۴۵-۱۶۳.

[۶] پورکاظمی، م.، (۱۳۸۱). ارزیابی کارایی نواحی سیزده گانه راه‌آهن جمهوری اسلامی‌ایران به روش تحلیل پوششی داده‌ها. مجله تحقیقات اقتصادی، ۳(۴)، ۱۰۵-۱۲۴.

[۷] اقدسی، م.، غلامی، ع.، (۱۳۸۲). بررسی شاخص‌های بهره‌وری و ترکیب عوامل تولید در راه‌آهن جمهوری اسلامی‌ایران. مجله فنی و مهندسی مدرس، ۱۱، ۷۹-۹۶.

[۲۲] باقریان، م.، (۱۳۸۰). تصمیم‌گیری حکیمانه: رویکرد جدید به الگوسازی در مدیریت. مرکز آموزش مدیریت دولتی، تهران، ایران.

[۲۵] معماریانی، ع. ا.، آذر ع.، (۱۳۷۳). تکنیکی نوین برای تصمیم‌گیری گروهی AHP. دانش مدیریت، ۲۷ ، ۲۲-۳۲.

[۲۶] قدسی‌پور، ح.، (۱۳۸۶). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP). انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

[۲۷] معین الدینی، پ.، هاشمی، س.، (۱۳۸۲). ارزیابی کارایی واحدهای اجرایی گمرک ایران از طریق روش تحلیل پوششی داده‌ها. مجله مدیرساز، ۶(۳)، ۳۲-۳۸.

[۳۵] امامی، ع.، (۱۳۷۹). اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری. موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، تهران، ایران.

[۴۳] خدابخشی، م.، کرمی، م.، ثامری‌پور ع.، (۱۳۹۴). مدل ابرکارایی با داده‌های ترتیبی در تحلیل پوششی داده‌های نادقیق- یک مطالعه موردی: بررسی مراکز خدمات مخابراتی کره جنوبی. تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۲(۲)، ۱-۱۸.

[۴۷] حسن زاده، ع.، مرادی، ب.، (۱۳۸۲). مرکز بهره‌وری ژاپن و نقش آن در ارتقاء بهره‌وری. تازه‌های اقتصاد، ۹۹ ، ۲۵-۲۶.

[1] Yanase, N., (2010). Necessities for future high speed rolling stock. Report of International Union of Railways (UIC), Paris, France.

[8] Corriere, F., Di Vincenzo, D., (2012). The rail quality index as an indicator of the global comfort in optimizing safety, quality and efficiency in railway rails. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 53(0), 1088-1097.

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

[9] Monzón, A., Ortega, E., López, E., (2013). Efficiency and spatial equity impacts of high-speed rail extensions in urban areas. Cities, 30(0), 18-30.
[10] Chen, C. C., Chen, S. J., (2013). The impacts on economic technical efficiency of counties/cities in western Taiwan after the operation of Taiwan high speed rail (THSR). 3rd International Conference on Humanities, Geography and Economics, Bali, Indonesia, 148-152.
[11] Sakamoto, R., (2012). High speed railway productivity, how does organizational restructuring contribute to HSR productivity growth? Master thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, MA, USA.
[12] Archila Téllez, A. F., (2013). Intercity passenger rail productivity in the Northeast corridor: implications for the future of high-speed rail. Master thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, MA, USA.
[13] Archila, A. F., Sakamoto, R., Fearing, R. C., Sussman, J. M., (2014). Productivity of passenger rail transportation services in the Northeast corridor. Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, Paper No. 14-3177, Washington DC, USA.
[14] Hernández, A., Jiménez, J. L., (2014). Does high-speed rail generate spillovers on local budgets? Transport Policy, 35(0), 211-219.
[15] Couto, A., Graham, D. J., (2008). The impact of high-speed technology on railway demand. Transportation, 35(1), 111-128.
[16] Couto, A., (2011). The effect of high-speed technology on European railway productivity growth. Journal of Rail Transport Planning & Management, 1(2), 80-88.
[17] Casu, B., Girardone, C., Molyneux, P., (2004). Productivity change in European banking, A comparison of parametric and non-parametric approaches. Journal of Banking & Finance, 28(10), 2521-2540.
[18] Resti, A., (1997). Evaluating the cost-efficiency of the Italian banking system: What can be learned from the joint application of parametric and non-parametric techniques. Journal of Banking & Finance, 21(2), 221-250.
[19] Hollingsworth, B., (2003). Non-parametric and parametric applications measuring efficiency in health care. Health Care Management Science, 6(4), 203-218.
[20] Švarc, J., Švarc, A., (1989). Application of the Cobb-Douglas model to the use of information resources by industry in Croatia, Yugoslavia. Information Processing & Management, 25(3), 319-331.
[21] Farrell, M. J., (1957). The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society Series A (General),120(3), 253-290.
[23] Puvanasvaran, A., Perumal, A., Tian, R. K. S., Vasu, S. A., Muhamad, M. R., (2012). Integration model of ISO 14001 with lean principles. American Journal of Applied Sciences, 9(12), 1974-1978.
[24] Saaty, T., (1980). AHP: The analytic hierarchy process. McGraw-Hill, NY, USA.
[28] Afsharian, M., Alirezaee, M., Reichling, P., (2012). The master Malmquist index measurement using DEA–based weighted average efficiency. International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies, 4(1), 21-42.
[29] Banker, R. D., Thrall, R. M., (1992). Estimation of returns to scale using data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 62(1), 74-84.
[30] Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E., (1978). Measuring the efficiency of decision making units. European journal of operational research, 2(6), 429-444.
[31] Banker, R. D., Morey, R. C., (1986). Efficiency analysis for exogenously fixed inputs and outputs. Operations Research, 34(4), 513-521.
[32] Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., Battese, G. E., (2005). An introduction to efficiency and productivity analysis. Springer, NY, USA.
[33] Cowing, T. G., Stevenson, R. E., (1981). Productivity measurement in regulated industries. Academic Press, NY, USA.
[34] Fried, H. O., Lovell, C. K., Schmidt, S. S., (2008). The measurement of productive efficiency and productivity growth. Oxford University Press, NY, USA.
[36] De Rus, G., Barrón, I., Campos, J., Gagnepain, P., Nash, C., Ulied, A., Vickerman, R., (2009). Economic analysis of high speed rail in Europe. Fundación BBVA, Bilbao, Spain.
[37] Vickerman, R., (1997). High-speed rail in Europe: experience and issues for future development. The annals of regional science, 31(1), 21-38.
[38] Ross, J. F., (1994). High-speed Rail: Catalyst for European Integration? JCMS: Journal of Common Market Studies, 32(2), 191-214.

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]

[39] Gutierrez, J., Gonzalez, R., Gomez, G., (1996). The European high-speed train network: predicted effects on accessibility patterns. Journal of transport geography, 4(4), 227-238.
[40] Takatsu, T., (2007). The history and future of high-speed railways in Japan. Japan Railway & Transport Review, 48, 6-21.
[41] Wu, J., Nash, C., Wang, D., (2014). Is high speed rail an appropriate solution to China's rail capacity problems? Journal of Transport Geography, 40, 100-111.
[42] Chang, Y. H., Yeh, C. H., Shen, C. C., (2000). A multiobjective model for passenger train services planning: application to Taiwan's high-speed rail line. Transportation Research Part B: Methodological, 34(2), 91-106
[44] Taniguchi, M., (1992). High speed rail in Japan: A review and evaluation of the Shinkansen train. Transportation Center, University of California, Paper No. 103, CA, USA.
[45] Van de Velde, D. M., (2013). Learning from the Japanese railways: Experience in the Netherlands. Policy and Society, 32(2), 143-161.
[46] Fukui, K., (1992). Japanese national railways privatization study, the experience of Japan and lessons for developing countries. Report No. WDP172, World Bank, Washington DC, USA.
[48] Wong, W., Han, B., Ferreira, L., Zhu, X., Sun, Q., (2002). Evaluation of management strategies for the operation of high-speed railways in China. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 36(3), 277-289.
[49] Gómez-Ibáñez, J. A., de Rus, G., (2006). Competition in the railway industry: an international comparative analysis, Edward Elgar Publishing, MA, USA.
[50] Finger, M., (2014). Governance of competition and performance in European railways: An analysis of five cases. Utilities Policy, 31, 278–288.
[51] Cheng, Y. H., (2010). High-speed rail in Taiwan: New experience and issues for future development. Transport policy, 17(2), 51-63.
[52] Akgungor, A. P., Demirel, A., (2007). Evaluation of Ankara-Istanbul high speed train project. Transport, 22(1), 1-3.

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

[DOR: 20.1001.1.22517286.2016.13.1.7.5]