تحلیل مقطعی کارایی و تحلیل پویای بهره‌وری فرودگاه‌های کشور با استفاده از مدل تلفیقی DEA/AHP و شاخص مالم‌کوئیست

عبدالرضا نداف، دانشیار، دانشکده اقتصاد مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
مسلم علی‌محمدلو*، دانشیار، دانشکده اقتصاد مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
سیده عالیه موسوی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mslmaml@gmail.com
دریافت: 95/08/20- پذیرش: 95/12/05

چکیده

با وجود اهمیت فرودگاه‌های کشور به عنوان مهم‌ترین زیرساخت‌های حمل و نقل هوایی، پژوهش‌های اندکی در کشور به تحلیل عملکرد فرودگاه‌ها پرداخته‌اند. توجه پژوهشگران این حوزه تنها به بررسی کارایی فرودگاه‌های کشور در یک مقطع زمانی خاص معطوف بوده است و جای خالی تحلیل‌های پویا برای بررسی روند عملکرد فرودگاه‌های کشور در بین پژوهش‌های داخلی به چشم می‌خورد. روشن است که برای ارزیابی جامع عملکرد یک مجموعه، ارائه تحلیل مقطعی امری لازم و ضروری است، اما اکتفا به این نوع تحلیل، همه جنبه‌های عملکرد واحدها را پوشش نمی‌دهد و برای دستیابی به نتایج جامع باید عملکرد واحدها را در طول زمان بررسی نمود. از این رو در پژوهش حاضر سعی شده است تا با به‌کارگیری رویکرد تلفیقی DEA/AHP، جایگاه فرودگاه‌های کشور از نظر کارایی در سال 1392 نسبت به یکدیگر سنجیده شود و رتبه‌بندی کامل فرودگاه‌ها صورت پذیرد. در ادامه با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست، روند رشد بهره‌وری واحدها طی سال‌های 1387 تا 1392 بررسی شده است. در واقع این کار با هدف ارائه تحلیل پویایی از عملکرد فرودگاه‌های کشور در طول زمان انجام پذیرفته است. بر اساس نتایج حاصل از اجرای مدل‌ها، فرودگاه‌های اهواز، مهرآباد و مشهد از حیث کارایی در سال 1392 رتبه‌های نخست را کسب کرده‌اند و فرودگاه آبادان در رتبه آخر قرار گرفته است. اما از لحاظ رشد بهره‌وری فرودگاه‌های ساری، یزد و آبادان، بیش‌ترین بهبود را در عملکرد خود طی سال‌های 1387 تا 1392 داشته‌اند. در مجموع روند تغییرات بهره‌وری کل عوامل فرودگاه‌های کشور سیر صعودی داشته است و این رشد به علت افزایش در کارایی تکنولوژیک بوده است.

واژگان کلیدی: کارایی ، بهره‌وری، DEA/AHP، شاخص مالم کوئیست، فرودگاه

1-مقدمه

در عصر حاضر دست‌یابی به رشد اقتصادی از طریق ارتقای بهره‌وری از مهم‌ترین اهداف اقتصادی کشورها به شمار می‌آید. ارتقای بهره‌وری با استفاده بهینه از عوامل تولید حاصل می‌گردد و در نیل به رشد اقتصادی مستمر و توسعه پایدار نقش مهمی را ایفا می‌نماید. بررسی عملکرد کشورهایی که در چند دهه اخیر از رشد اقتصادی قابل توجهی بهره‌مند شده‌اند، بیانگر این واقعیت است که بخش عمده‌ای از رشد اقتصادی اکثر این کشورها از طریق افزایش بهره‌وری حاصل شده است (ولی‌زاده، 1384). از طرفی طبق قوانین جدید در ایران، دولت همه صنایع را به افزایش بهره‌وری خود دعوت می‌کند. این قوانین به منظور افزایش رشد 8 درصدی تولید ناخالص داخلی در سال وضع شده است، به طوری که یک سوم این رشد باید از طریق افزایش در بهره‌وری حاصل شود (Roghanian and Foroughi, 2010).

کارایی و بهره‌وری معیارهایی هستند که به کمک آن‌ها می‌توان به طور مستمر شرایط موجود را بهبود بخشید. قدم ابتدایی در چرخه بهبود کارایی و بهره‌وری، اندازه‌گیری است. اندازه‌گیری کارایی و بهره وری به عنوان یک سیستم بستر ساز، شرایطی را فراهم می‌آورد تا تصمیم‌گیران دریابند در چه وضعیتی قرار دارند و بتوانند برای بهبود شرایط فعلی اقدام به برنامه‌ریزی کنند (پورکاظمی،1390).

تحلیل مقطعی مهم است و به نوعی عکس برداری در یک مقطع زمانی خاص می‌باشد. از طرفی تحلیل پویا روند کاهش یا افزایش بهره‌وری را نشان می‌دهد. برای درک بهتر عملکرد یک مجموعه نیاز است که هم به صورت مقطعی و هم به صورت پویا تحلیل صورت گیرد. کارایی به مفهوم تلف نکردن منابع قلمداد می‌شود و از نسبت کل ستاده‌ها به کل نهاده‌ها به‌دست می‌آید (حسینی، 1391). هدف از ارزیابی کارایی، بررسی وضعیت موجود هر یک از واحدها در مقایسه با یکدیگر، و در واقع تحلیل مقطعی عملکرد است. اما برای تحلیل پویای عملکرد واحدها لازم است تغییرات بهره‌وری در طول زمان اندازه‌گیری شود (Ahn and Min, 2014).

بهره‌وری یکی از مفاهیم مطالعه عملکرد در طول زمان است. شاخص بهره‌وری بر مبنای مقایسه دوتایی می‌باشد که عموماً اشاره به مقایسه کارایی یک سازمان در دو زمان مختلف دارد. برای محاسبه بهره‌وری از شاخص مالم کوئیست و تحلیل پوششی داده‌ها استفاده می‌شود. این شاخص تفکیک بهره‌وری کل را به دو جزء عمده آن یعنی تغییرات تکنولوژیکی و تغییرات کارایی فنی میسر می‌سازد (عظیمیان ، 1392).

فرودگاه‌های یک کشور به علت ماهیت با ارزش آن‌ها، به‌طور گسترده بر توسعه اقتصادی آن کشور تأثیر می‌گذارد. امروزه به منظور افزایش درآمد و کم کردن تلفات ناشی از حوادث ناگهانی، بهبود مداوم عملکرد فرودگاه‌ها لازم و ضروری می‌باشد (طحاری مهرجردی، 1391). نکته قابل توجه دیگر در اهمیت فرودگاه‌ها این است که تقاضای جهانی برای سفرهای هوایی از سال 1997 تا کنون سالانه به طور میانگین 5/2 درصد رشد داشته است (Ahn, 2014).کشور ما نیز از این قاعده مستثنا نیست و بر اساس آمارهای موجود در سایت رسمی فرودگاه‌های کشور، تعداد پروازها در دهه اخیر همواره رو به افزایش بوده است. فرودگاه سیستمی است جهت ارایه خدمات وسیع و پیچیده در جهت برآورده سازی تقاضای نقل و انتقال مسافران و جابه‌جایی بار. برای کسب اطمینان از این‌که خدمات فرودگاهی به درستی به مشتریان ارایه می‌گردد، ارزیابی عملکرد فرودگاه‌های کشور امری ضروری است (Tovar, 2010).

توسعه صنعت حمل و نقل هوایی به علت افزایش فعالیت‌های تجاری و افزایش تمایل افراد جامعه برای مسافرت و توسعه گردشگری است. در این میان از فرودگاه‌ها به عنوان زیربنایی‌ترین بخش و مهم‌ترین زیرساخت نظام حمل و نقل هوایی یاد می‌شود چرا که رشد سریع حجم ترافیک و تقاضای سفرها و انتقالات هوایی به همراه مقررات و استانداردهای منسجم بین المللی و مقررات دقیق عملیات پروازی سبب شده است تا این زیرساخت‌ها به عنوان سیستم‌های پیچیده، پویا و یکی از عناصر محوری صنعت حمل و نقل هوایی مطرح شوند (Tovar and Martin, 2010).

در اقتصاد معاصر، ارزیابی کارایی فرودگاه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا اطلاعات سودمندی را در اختیار شرکت‌های هوایی، دولت‌ها و مدیران فرودگاه‌ها قرار می‌دهد (طحاری مهرجردی، 1391).

بنابراین، یکی از الزامات مدیریت اثربخش فرودگاه‌ها، ارزیابی مداوم آن‌ها با استفاده از ابزارهای مناسب است. در طول سالیان گذشته با رشد و توسعه سریع بازارهای هوایی در آسیا، بسیاری از فرودگاه‌های بین المللی بزرگ در منطقه توسعه یافته و یا احداث شده‌اند که این امر مدیران فرودگاه‌ها را ملزم به بهبود عملکردشان می‌نماید.

در کشور ایران به دلیل دولتی بودن فرودگاه‌ها، ارزیابی کارایی آن‌ها به صورت همه جانبه کم‌تر مورد توجه مسئولین و مدیران بوده است (Foroughi, 2010).

این پژوهش با هدف ارزیابی مقطعی کارایی و پویای بهره‌وری فرودگاه‌های کشور انجام پذیرفته است. به این منظور ابتدا با به‌کار گیری رویکرد تلفیقی DEA/AHP، واحدهای تحت مطالعه از حیث کارایی با هم مقایسه و رتبه‌بندی شده‌اند. دلیل استفاده از این رویکرد این است که رتبه‌بندی کامل واحدها صورت پذیرد. در گام بعد در جهت تحلیل عملکرد واحدها در طول زمان از شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست استفاده شده است. و در نهایت عملکرد فرودگاه‌ها از طریق تحلیل ترکیبی مقطعی و پویا صورت پذیرفته است.

2-مبانی نظری و پیشینه پژوهش

2-1-کارایی، اثر بخشی و بهره وری

کارایی از جمله واژه‌هایی است که مفهوم فراگیری دارد و در حوزه‌های مهندسی، مدیریت و اقتصاد و حسابداری مورد بحث و رسیدگی قرار می‌گیرد. با توجه به منابع محدود در دسترس، بشر همواره در پی این بوده که از حداقل امکانات و منابع حداکثر بهره را ببرد (حنیفه‌زاده، 1390). بنابراین می‌توان گفت کارایی عبارت است از تلف نکردن منابع که از نسبت کل ستانده به نهاده به دست می‌آید (پورکاظمی، 1390).

اقتصاددانان بهره‌وری را با جهت‌گیری کارایی تعریف می‌کنند. در این جهت‌گیری، فعالیت‌هایی اقتصادی و سودآور هستند که کالا و خدمات ارایه شده توسط آن‌ها مورد نیاز بازار بوده و به صورت رقابتی در بازار عرضه شوند. اما در حالت کلی بهره‌وری تلفیقی از شاکله‌های کارایی و اثر بخشی است. به عبارت دیگر، بهره‌وری از ترکیب دو مؤلفه‌ی اثربخشی و کارایی نتیجه می‌گردد. به این ترتیب بهره‌وری نه تنها "کمیت بازده" بلکه "کیفیت بازده" و "تحقق هدف" را نیز مورد ارزیابی قرار می‌دهد (فلاح، 1386).

مفهوم کارایی معمولاً با دو واژه "اثربخشی" و "بهره‌وری" اشتباه می‌شود. اثربخشی میزان هم‌جهت بودن انجام فعالیت‌های یک سازمان را با اهداف تعیین شده برای آن نشان می‌دهد، به عبارت دیگر اثربخشی درجه دستیابی هدف را بیان می‌دارد، اما بهره‌وری ترکیبی از اثربخشی و کارایی است. زیرا اثربخشی با عملکرد، و کارایی با استفاده از منابع در ارتباط است (ابراهیمی، 1390).

کارایی انواع مختلفی دارد که عبارت است از: تکنیکی (فنی)، تخصیصی (قیمتی)، اقتصادی (هزینه‌ای)، مقیاس و ساختاری. کارایی تکنیکی، توانایی یک بنگاه را برای به دست آوردن ماکزیمم ستانده از یک مجموعه از نهاده‌های داده شده را منعکس می‌کند. کارایی تخصیصی، توانایی یک بنگاه را برای استفاده از نهاده‌ها در نسبت‌های بهینه با توجه به قیمت‌های متناظر نهاده‌ها نشان می‌دهد. کارایی اقتصادی، ترکیبی از کارایی تکنیکی و کارایی تخصیصی مرتبط است. یک سازمان تنها در صورتی کارایی اقتصادی دارد که هم ازلحاظ تکنیکی و هم ازلحاظ تخصیصی کارا باشد. کارایی مقیاس از نسبت کارایی فنی به کارایی فنی خالص به دست می‌آید و در آخر کارایی ساختاری است که می‌توان از آن برای سنجش کارایی صنعت استفاده کرد. کارایی ساختاری یک صنعت از متوسط وزنی کارایی بنگاه‌های آن صنعت به دست می‌آید (سپهردوست، 1392).

نوع دیگری از کارایی که در پژوهش‌های پیشین به آن اشاره شده است کارایی مقیاس است. کارایی مقیاس، بیانگر نسبت کارایی فعلی یک واحد به کارایی در مقیاس بهینه آن واحد تولیدی است. به عبارت دیگر کارایی مقیاس، بیانگر تولید در مقیاس بهینه یک واحد تولیدی است (فلاح، 1386).

بنابر آن‌چه گفته شد، مفاهیم کارایی و بهره‌وری علی‌رغم این که همبستگی و ارتباط تنگاتنگی در توضیح عملکرد نسبی واحدهای تولیدی داشته و نقش همگامی نیز در رشد اقتصادی دارند، متفاوت از یکدیگرند. در واقع کارایی بیان‌گر میزان و حدود استفاده از امکانات تولیدی بالقوه می‌باشد و برای تحلیل عملکرد در یک مقطع زمانی خاص کاربرد دارد. در مقابل، بهره‌وری، عملکرد یک عامل تولیدی و یا کل عوامل تولیدی مورد مصرف را در فرآیند تولید یک محصول (ستانده)، نشان می‌دهد. بهره‌وری شاخصی است که مطالعه عملکرد یک مجموعه را در طول زمان میسر می‌سازد و با رویکردی پویا به ارزیابی و تحلیل واحدهای تحت مطالعه می‌پردازد (حکیمی‌پور، عوضعلی‌پور و قائمی، 1391).

2-2-اندازه‌گیری کارایی

به منظور ارزیابی کارایی روش‌های مختلفی از سوس پژوهشگران ارایه شده است که می‌توان آن‌ها را به دو دسته پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم کرد. تحلیل پوششی داده‌ها یکی از روش‌های ناپارامتریک برای اندازه‌گیری کارایی است. این یک روش کمی است که به منظور اندازه گیری کارایی فنی نسبی واحدهای سازمانی مختلف استفاده می‌شود. تحلیل پوششی داده‌ها، یک روش برنامه‌ریزی خطی، برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم گیرنده است. فارل با استفاده از روشی همانند اندازه‌گیری کارایی در مباحث مهندسی، به اندازه‌گیری کارایی برای واحد تولیدی اقدام کرد. موردی که فارل برای اندازه‌گیری کارایی مد نظر قرار داد، شامل یک ورودی و یک خروجی بود (کرد،1390). در این روش نیازی به مشخص نمودن نوع تابع تولید نمی‌باشد و منحنی مرزی کارا از یک سری نقاط که به‌وسیله برنامه‌ریزی خطی تعیین می‌شود، ایجاد می‌گردد. روش برنامه‌ریزی خطی، بعد از یک سری بهینه سازی

مشخص می‌کند که آیا واحد تصمیم گیرنده مورد نظر روی خط کارایی قرار گرفته است و یا خارج از آن قرار دارد. بدین وسیله واحدهای کارا و ناکارا از یکدیگر تفکیک می شوند؛ کارایی به دست آمده نسبی بوده و مطلق نمی‌باشد. به عبارت دیگر، این روش اندازه‌ی رضایت‌بخش عملکرد ما را در مقایسه با رقبا نشان می‌دهد؛ ولی کار ما را با یک ماکزیمم نظری مقایسه نمی‌کند (سلطان‌پناه، 1386).

چارنز، کوپر و رودز دیدگاه فارل را توسعه دادند و الگویی ارایه کردند که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی را داشت. از آن‌جا که این الگو توسط چارنز، کوپر و رودز ارائه گردید، به الگوی CCR معروف شد. آن‌ها مدل خود را بر مبنای حداقل سازی عوامل تولید و با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس ارایه نمودند. این مدل پس از تعیین منحنی مرز کارا، مشخص می‌کند که واحدهای تصمیم گیرنده در کجای این مرز قرار دارند و برای رسیدن به مرز کارا چه ترکیبی از نهاده‌ها و ستانده‌ها را می‌بایست انتخاب کنند (شاهین، 1393).

تحلیل پوششی داده‌ها واحدهای تحت بررسی را به دوگروه "واحدهای کارا" و "غیر کارا" تقسیم می‌کند. واحدهای کارا واحدهایی هستند که امتیاز کارایی آن‌ها برابر با یک است. واحدهای غیرکارا با کسب امتیاز کارایی قابل رتبه‌بندی هستند. اما واحدهایی که کارایی آن‌ها برابر یک است با استفاده از مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها قابل رتبه‌بندی نیستند (ابویی، 1391).

2-3-اندازه گیری بهره‌وری

شاخص‌های عددی در اندازه‌گیری بهره‌وری و تغییرات آن نقش به‌سزایی دارند. در این خصوص شاخص‌های متعددی نیز مطرح گردیده‌اند که هر یک دارای ویژگی‌های خاص خود می‌باشند. در این میان شاخص بهره‌وری مالم کوئیست یکی از بارزترین شاخص‌هایی است که برای اندازه‌گیری میزان تغییرات در بهره‌وری کل عوامل تولیدی و تفکیک اجزای آن معرفی شده است. از شاخص مالم کوئیست برای تجزیه و تحلیل تغییرات در کارایی و بهره‌وری در طی زمان استفاده می‌شود. این شاخص تفکیک بهره‌وری را به دو جزء عمده آن یعنی تحولات تکنولوژیک و تغییرات در کارایی، میسر ساخته است (پاداش، 1385:).

شاخص مالم کوئیست دارای ویژگی‌های قابل توجهی است، بدین صورت که محاسبه آن بر خلاف دیگر شاخص‌های مهم سنجش بهره‌وری کل عوامل تولید، نیازی به داشتن اطلاعات مربوط به قیمت عوامل تولیدی و محصول که بعضاً جمع‌آوری آنان مشکل بوده و یا امکان‌پذیر نمی‌باشد، ندارد. استفاده از شاخص مذکور مستلزم داشتن هیچ فرض رفتاری از قبیل حداکثر کردن سود یا حداقل نمودن هزینه، نیست. ویژگی جذاب این شاخص در تجزیه نمودن اثر تغییر در کارایی فنی و اثر تغییر در تکنولوژی است (حکیمی‌پور، 1391).

2-4-پیشینه پژوهش

بررسی پیشینه داخلی نشان می‌دهد که تا کنون پژوهشی در زمینه اندازه‌گیری بهره‌وری فرودگاه‌های کشور صورت نگرفته است، اما در خصوص ارزیابی کارایی فرودگاه‌ها در سال‌های اخیر، می‌توان به دو مورد زیر اشاره کرد:

فروغی (1388)، در پژوهشی تحت عنوان "ارایه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای رتبه‌بندی فرودگاه‌های مهم کشور" با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها در فضای بهینه‌سازی استوار به بررسی و مقایسه کارایی نسبی 21 فرودگاه مهم کشور پرداخته است و بر این اساس فرودگاه‌های کارا و ناکارا مشخص و رتبه‌بندی گردیده است. در این پژوهش از دو مدل پایه تحلیل پوششی داده‌ها و سپس از مدل RODEA و هم‌چنین از 3 متغیر ورودی (تعداد کارکنان، مساحت ترمینال و طول باند) و 3 متغیر خروجی (تعداد پروازها، تعداد مسافران و میزان بار) برای ارزیابی کارایی و رتبه‌بندی فرودگاه‌ها استفاده شده است. نتایج حاصل از آزمون همبستگی حاکی از همبستگی زیاد بین درجات کارایی حاصل از دو مدل بوده است. بر اساس نتایج، فرودگاه مهرآباد در عنوان برترین فرودگاه قرار گرفته است.

طحاری مهرجردی، شاکری و بابایی (1391)، با هدف ارزیابی کارایی فرودگاه‌های کشور، پژوهشی را تحت عنوان "تحلیل کارایی و رتبه‌بندی سیستم فرودگاه‌های کشور با استفاده از رویکرد ارزیابی کارایی متقاطع" به انجام رسانده‌اند. در این پژوهش کارایی فرودگاه‌های کشور با استفاده از یکی از تکنیک‌های ناپارامتریک در این زمینه تحت عنوان تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه گردیده است. به این صورت که از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی فرودگاه‌ها با ورودی‌هایی هم‌چون تعداد نیروی کار، مساحت ترمینال، طول باند و خروجی‌هایی هم‌چون تعداد پرواز، تعداد مسافر جابه‌جا

شده و میزان بار حمل شده استفاده شده است و فرودگاه‌های کشور به دو دسته فرودگاه‌های کارا و ناکارا دسته‌بندی شده‌اند. در مرحله بعد، شاخص‌های حساس مؤثر بر کارایی فرودگاه‌های کشور شناسایی شده است. در پایان از یک مکانیزم رتبه‌بندی کامل تحت عنوان تکنیک ارزیابی کارایی متقاطع به منظور رتبه‌بندی فرودگاه‌های کشور استفاده شده است. نتایج رتبه‌بندی نهایی، فرودگاه اهواز را در رتبه اول و فرودگاه آبادان را در رتبه آخر سطح عملکرد نشان داده است.

هر چند در زمینه به کارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری برای ارزیابی فرودگاه‌های ایران تحقیقات کمی در دسترس است ولی مطالعات زیادی در مورد سایر کشورها وجود دارد. بعضی از این پژوهش‌ها در زمینه ارزیابی فرودگاه‌های داخلی یک کشور و برخی دیگر مربوط به ارزیابی فرودگاه‌های چندین کشور می‌باشد. شرح مختصری از پژوهش‌های صورت گرفته در خارج از کشور در رابطه با ارزیابی کارایی و بهره‌وری فرودگاه‌ها در جدول 1 آمده است. این جدول روش‌های گوناگون مورد استفاده برای ارزیابی فرودگاه‌ها و هم‌چنین شاخص‌های ورودی و خروجی این پژوهش‌ها را نشان می‌دهد.

جدول 1. پژوهش‌های خارجی انجام شده در زمینه ارزیابی فرودگاه‌ها

پژوهشگران	واحدهای تحت مطالعه	روش	ورودی‌ها	خروجی‌ها
Gillen and Lall (1997)	21 فرودگاه آمریکا 1989-1993	BCC and Torbit	تعداد باند/ تعداد دروازه ورودی/ تعداد کارکنان/ تعداد کمربند تحویل بار/ تعداد پارکینگ/ مساحت ترمینال/ مساحت فرودگاه	تعداد مسافر حمل شده/ میزان بار حمل شده
Parker (1999)	فرودگاه‌های بریتانیا 1979-1996	CCR and BCC	تعداد کارکنان/ هزینه سرمایه‌گذاری/ سایر هزینه‌ها	تعداد مسافر حمل شده/ میزان بار حمل شده
Martin and Roman (2001)	27 فرودگاه اسپانیا 1997	BCC and CCR	هزینه کارکنان/ هزینه سرمایه‌گذاری/ هزینه مواد	تعداد پرواز/ تعداد مسافران حمل شده/ میزان بار حمل شده
Abbott and Wu (2002)	12 فرودگاه استرالیا 1990-2000	DEA and Malmquist	تعداد کارکنان/ طول باند/ هزینه سرمایه‌گذاری	تعداد مسافران حمل شده/ میزان بار حمل شده
Oum, Yu and Fu (2003)	50 فرودگاه آسیا، اقیانوس آرام، اروپا و آمریکای شمالی 1999	TFP and residual TFP	تعداد کارکنان/ مساحت ترمینال/ تعداد باند/ تعداد دروازه ورودی/ هزینه سرمایه/ هزینه مواد/ هزینه برون‌سپاری	تعداد مسافر حمل شده/ تعداد پرواز/ میزان بار حمل شده/ درآمد حاصل از فعالیت‌های تجاری
Pels, Nijkamp and Rietvle (2003)	33 فرودگاه اروپایی 1995-1997	DEA and Stochastic frontier analysis	تعداد باند/ مساحت پارکینگ هواپیما/ تعداد کانتر/ تعداد کمربند تحویل بار	تعداد مسافران حمل شده/ تعداد پرواز
Sarkis and Talluri (2004)	44 فرودگاه آمریکا 1990-1994	CCR and Cross-efficiency	هزینه‌های عملیاتی/ تعداد کارکنان/ تعداد باند/ تعداد دروازه ورودی	تعداد مسافر حمل شده/ تعداد پرواز/ میزان بار حمل شده/ میزان درآمد
Yoshida and Fujimoto (2004)	67 فرودگاه ژاپنی 2000	BCC and CCR	تعداد کارکنان/ طول باند/ مساحت ترمینال/ هزینه‌ها	تعداد مسافر حمل شده/ تعداد پرواز/ میزان بار حمل شده
Lin and Hong (2006)	20 فرودگاه بین المللی 2003	CCR, BCC, Cross-efficiency and AP	تعداد کارکنان/ تعداد کانتر/ تعدادباند/ تعداد کمربند تحویل بار/ تعداد پارکینگ/ مساحت ترمینال	تعداد مسافر حمل شده/ تعداد پرواز/ میزان بار حمل شده
Martin and Roman (2006)	34 فرودگاه اسپانیا 1997	BCC	هزینه کارکنان/ هزینه سرمایه‌گذاری/ هزینه مواد	تعداد پرواز/ تعداد مسافران حمل شده/ میزان بار حمل شده
Fung et al. (2008)	25 فرودگاه چین 1995-2004	DEA and Malmquist	مساحت ترمینال/ تعدادباند	تعداد پرواز/ تعداد مسافران حمل شده/ میزان بار حمل شده

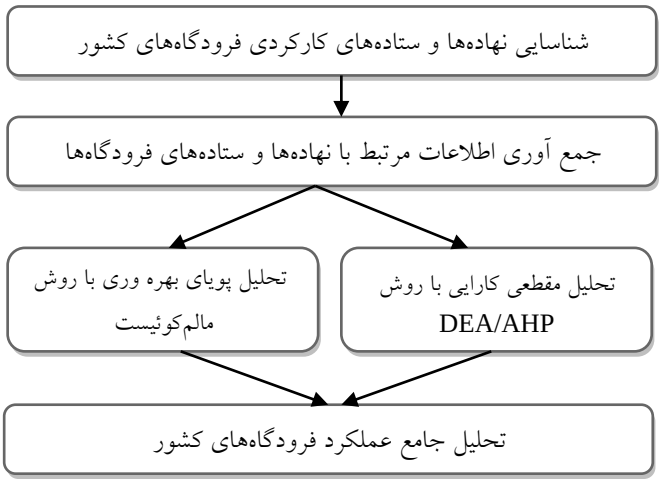
پژوهشگران	واحدهای تحت مطالعه	روش	ورودی‌ها	خروجی‌ها
Yu et al. (2008)	4 فرودگاه تایوان 1995-1999	CCR	هزینه کارکنان/ هزینه سرمایه‌گذاری/ هزینه عملیاتی	درآمد فرودگاه/ میزان آلودگی صوتی/ تعداد پرواز/ تعداد مسافران حمل شده
Barros (2008)	27 فرودگاه انگلیس 2000-2005	Random stochastic frontier model	هزینه کارکنان/ هزینه سرمایه‌گذاری/ هزینه عملیاتی	تعداد مسافر حمل شده/ تعداد پرواز
Lam, Low and Tang (2009)	11 فرودگاه آسیا و اقیانوس آرام 2001-2005	CCR, BCC and SBM	هزینه کارکنان/ هزینه سرمایه‌گذاری/ هزینه خدمات و مواد/ هزینه برون‌سپاری/ ارزش تجاری	تعداد مسافر حمل شده/ تعداد پرواز/ میزان بار حمل شده
Barros and Weber (2009)	27 فرودگاه بریتانیا 2000-2005	DEA and Malmquist	هزینه کارکنان/ هزینه سرمایه‌گذاری/ سایر هزینه‌ها	تعداد مسافر حمل شده/ تعداد پرواز/ میزان بار حمل شده
Kocak (2011)	40 فرودگاه ترکیه 2008	CCR and BCC	هزینه عملیاتی/ تعداد کارکنان/ تعداد هواپیماهای آماده ارائه سرویس	نسبت تعداد مسافر به مساحت/ نسبت ترافیک پرواز به تعداد باند/ میزان بار حمل شده/ میزان درآمد عملیاتی
Chow and Fung (2012)	30 فرودگاه چین 2000-2006	Malmquist	مساحت ترمینال/ طول باند	تعداد مسافر حمل شده/ تعداد پرواز/ میزان بار حمل شده
Perelman and Serebrisky (2012)	21 فرودگاه آمریکای لاتین 2000-2007	CRS and VRS and Malmquist	تعداد کارکنان/ تعداد باند/ مساحت ترمینال	تعداد مسافر حمل شده/ تعداد پرواز/ میزان بار حمل شده
De Nicola, Gitto and Mancuso (2013)	20 شرکت مدیریت فرودگاهی ایتالیا 2006-2008	DEA and Malmquist	هزینه کارکنان/ هزینه سرمایه‌گذاری/ سایر هزینه‌ها	تعداد مسافر حمل شده/ تعداد پرواز/ میزان بار حمل شده
Ahn and Min (2014)	23 فرودگاه اروپا، آمریکای شمالی و آسیای شرقی 2006-2011	CCR, BCC, Super CCR and Malmquist	مساحت فرودگاه/ تعداد باند/ مساحت ترمینال مسافربری/ مساحت ترمینال حمل بار	تعداد مسافر حمل شده/ تعداد پرواز/ میزان بار حمل شده
Tsui, Gilbey and Balli (2014)	11 فرودگاه اصلی نیوزلند 2010-2012	SBM and Malmquist	هزینه عملیاتی/ تعداد باند	درآمد عملیاتی/ تعداد مسافر حمل شده/ تعداد پرواز

3-روش‌شناسی و مدل پژوهش

با توجه به این‌که می‌توان از نتایج این پژوهش در ارزیابی فرودگاه‌های کشور و رتبه‌بندی آن‌ها استفاده کرد و یافته‌های جدیدی را به مدیران فرودگاه‌ها ارایه کرد، این پژوهش از حیث ماهیت کاربردی است. از نظر اهداف، پژوهشی توصیفی است، زیرا به بررسی وضعیت موجود می‌پردازد و بر اساس اطلاعات موجود، به توصیف وضعیت کارایی و بهره‌وری فرودگاه‌های کشور می‌پردازد. از نظر زمانی یک تحقیق طولی است و با توجه به این‌که رویکرد اصلی این تحقیق رتبه‌بندی فرودگاه‌های کشور بر اساس میزان بهره‌وری آن‌هاست، برای این منظور از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی استفاده می‌گردد، لذا این پژوهش جنبه ریاضی دارد و روش‌های کمی در آن به کار گرفته می‌شود.

جامعه آماری این پژوهش را فرودگاه‌های کشور تشکیل می‌دهند. با وجود این‌که 54 فرودگاه در سطح کشور وجود دارد، ولی تعداد زیادی از آن‌ها تقریباً غیر فعال هستند و پروازهای منظم اندکی در آن‌ها صورت می‌گیرد. نمونه آماری این پژوهش فرودگاه‌های جمهوری اسلامی ایران می‌باشند که تعداد نشست و برخاست‌های آن‌ها بیش از 1000 فروند در سال بوده است و یا به عبارتی از نظر ترافیک هوایی، پر ترافیک‌ترین فرودگاه‌های کشور بوده‌اند. در حال حاضر 21 فرودگاه در سطح کشور دارای این ویژگی هستند.

در این پژوهش برای ارزیابی و تحلیل سیستم فرودگاه‌های کشور، با به‌کارگیری رویکرد تلفیقی DEA/AHP، واحدهای تحت مطالعه از حیث کارایی نسبی در سال 1392 رتبه‌بندی می‌شوند. به منظور تعیین بهره‌وری فرودگاه‌ها، شاخص تغییرات بهره‌وری مالم‌کوئیست برای هر یک از واحدها از سال 1387 تا سال 1392 محاسبه می‌گردد. شکل 1 فرآیند کلی تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل 1. فرآیند کلی تحقیق

جدول 2 ورودی‌ها و خروجی‌های به کار گرفته شده در این پژوهش را نشان می‌دهد. با مراجعه به سایت رسمی فرودگاه‌های کشور، اطلاعات مربوط به نهاده‌ها و ستاده‌های مدل جمع‌آوری شده است.

جدول 2. ورودی‌ها و خروجی‌های مدل

ورودی‌ها	خروجی‌ها
مساحت ترمینال طول باند	تعداد پرواز تعداد مسافر جابه‌جا شده میزان بار حمل شده

در این بخش معرفی مختصری از مدل تلفیقی DEA-AHP ارایه می‌گردد. برای شناخت بهتر این مدل، ابتدا مدل‌های DEA و AHP به صورت جداگانه توضیح داده می‌شود.

3-1-تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

به طور کلی روش تحلیل پوششی داده‌ها بر پایه برنامه ریزی خطی است. این روش مقایسه‌ای بین واحدهای تصمیم‌گیرنده را انجام می‌دهد که از ورودی‌های مشابهی جهت تولید خروجی‌های مشابه استفاده می‌کنند. هدف تحلیل پوششی داده‌ها این است که تعیین کند کدام واحد روی مرز کارا و کدام یک داخل مرز کارا قرار دارد. به عبارت دیگر این روش همه واحدها را به طبقات کارا و ناکارا تجزیه می کند (شکیبایی و گل‌محمدی، 1393: 108).

مدل کلی برنامه ریزی خطی تحلیل پوششی داده‌ها به شکل زیر می باشد:

$$\text{MAX Z: } \frac{\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} V_i X_{i0}} \qquad (j=0)$$

$$\text{St: } \frac{\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} V_i X_{ij}} \leq 1 \qquad (j=1,2,3,\ldots\ldots,n)$$

به‌طوری که در آن:

n : تعداد واحدهای تصمیم‌گیری

s : تعداد خروجی

m : تعداد ورودی

U_r= وزن تخصیص داده شده به خروجی rام (r= 1,2,……,s)

V_i= وزن تخصیص داده شده به ورودی iام (i= 1,2,……,m)

از نمادهای x_{ij} و y_{rj} به‌عنوان ورودی و خروجی واحد تصمیم‌گیری jام استفاده شده که با توجه به شاخص‌ها با کمک اندیس i، قابل تفکیک از یکدیگر خواهند بود.

هدف تحلیل پوششی داده‌ها تعیین کارایی یک سیستم یا واحد تصمیم‌گیری از طریق فرآیند چگونگی تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها است. به عبارت دیگر، هدف شناسایی واحدهایی است که بیش‌ترین میزان خروجی را از کم‌ترین میزان ورودی به‌دست می‌آورند، چنین واحدی که دارای کارایی مساوی یک باشد واحد کارا و دیگر واحدها که کارایی بین صفر و یک دارند واحدهای ناکارا شناخته می‌شوند (Tsui (et al.), 2014: 19-20). در واقع هدف تحلیل پوششی داده‌ها این است که تعیین کند کدام واحد تصمیم‌گیرنده روی مرز کارایی و کدام یک داخل مرز کارایی قرار دارد (شرفی، 1393: 11).

3-2-فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یا AHP که نخستین بار در سال 1979 ارایه شد، یکی از روش‌های مناسب برای تصمیم‌گیری به‌شمار می‌رود. در این روش با استفاده از مقایسه زوجی گزینه‌ها و رتبه‌بندی آن‌ها، اقدام به اتخاذ تصمیم مناسب می‌گردد. خروجی روش AHP، اولویت گزینه‌ها را به صورت رتبه‌بندی مشخص می‌سازد. به عبارت دیگر، این مدل تکنیکی است که برای رتبه‌بندی مجموعه‌ای از گزینه‌ها یا برای انتخاب بهترین از یک مجموعه گزینه به‌کار می‌رود.

اولین قدم در فرآیند سلسله مراتبی، ایجاد و طراحی مسئله مورد بررسی است که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند. در رأس سلسله مراتب، هدف اصلی و کلی موضوع تصمیم‌گیری و در مراتب پایین‌تر، صفات و معیارهایی قرار گرفته‌اند که به گونه‌ای در کیفیت هدف تأثیر گذارند و در آخرین سطح، گزینه‌ها و انتخاب‌های تصمیم قرار می‌گیرند (جبل‌عاملی و رسولی‌نژاد، 1390: 258).

3-3-مدل DEA-AHP

مدل DEA-AHP یک رویکرد دو مرحله‌ای برای رتبه‌بندی کامل واحدهای تصمیم‌گیرنده دارای چندین ورودی و چندین خروجی است. در این روش ابتدا یک مدل DEA برای هر زوج از واحدها بدون در نظر گرفتن سایر واحدها حل می‌گردد، سپس با استفاده از نتایج به‌دست آمده از حل مدل‌های DEA ماتریس مقایسات زوجی تشکیل و با حل مدل AHP رتبه‌بندی کامل انجام می‌شود. مراحل این روش را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

مرحله اول: تشکیل ماتریس مقایسات زوجی با استفاده از مدل DEA.

فرض می‌شود n واحد سازمانی وجود دارد. هر واحد m ورودی و s خروجی دارد. X_{ij} ورودی iام واحد jام و Y_{rj}، خروجی rام از واحد jام است. برای هر زوج از واحدهای A و B مدل کلاسیک CCR اجرا می‌گردد:

$$E_{AA} = Max\ Z_{AA} = : \sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rA}$$

$$St:$$
$$\sum_{i=1}^{m} V_i X_{iA} = 1$$
$$\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rB} \leq 1$$
$$\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rB} - \sum_{i=1}^{m} V_i X_{iA} \leq 0$$
$$U_r\ ,\ V_i \geq 0 \qquad r= 1,2,\dots,s \qquad i= 1,2,\dots,m$$

این مدل دارای s + m متغیر و سه محدودیت است. از آن‌جایی که مسئله دارای سه محدودیت است و تعداد متغیرهای اساسی با محدودیت‌ها برابر است تنها یک V_i از معادله اول و دو متغیر برای محدودیت‌های دوم و سوم مثبت خواهند شد. اگر واحد A کارا نباشد، از آن‌جایی که کارایی نسبی محاسبه می‌شود، واحد B کارا است، لذا باید محدودیت سوم به صورت تساوی برقرار گردد ($S_3 = 0$). در نتیجه اگر S_2 مساوی صفر باشد، واحد A کارا و واحد B کارا نیست. برای محاسبه کارایی متقاطع مدل زیر باید حل گردد:

$$E_{BA} = Max\ Z_{BA} = \sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rB}$$

$$St:$$
$$\sum_{i=1}^{m} V_i X_{iB} = 1$$
$$\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rB} \leq 1$$
$$\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rA} - E_{AA} \sum_{i=1}^{m} V_i X_{iA} = 0$$
$$U_r\ ,\ V_i \geq 0 \qquad r= 1,2,\dots,s \qquad i= 1,2,\dots,m$$

که E_{BA} مقدار بهینه ارزیابی واحد B می‌باشد. متقارن با دو مدل مذکور، دو مدل دیگر نیز باید حل گردد تا E_{BB} و E_{AB} محاسبه گردد. به این ترتیب چهار مدل، حل می‌شود. با به‌کارگیری نتایج مدل‌های فوق، ماتریس مقایسات زوجی، که هر عنصر a_{jk} آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید، تشکیل می‌گردد.

$$a_{jk} = (E_{jj} + E_{jk}) / (E_{kk} + E_{kj})$$
$$a_{ij} = 1\ ,\ if\ \ i=j$$

باید توجه کرد که در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، قطر اصلی ماتریس مقایسات زوجی دارای مقدار یک بوده و عنصر a_{jk} منعکس کننده ارزیابی واحد j نسبت به k است.در این ماتریس a_{kj} معکوس a_{jk} خواهد بود. به این ترتیب در این مرحله ماتریس مقایسات زوجی تشکیل می‌گردد.

مرحله دوم: رتبه‌بندی با استفاده از مدل AHP

در مرحله دوم، بر اساس ماتریس حاصل از مرحله قبل، یک مدل تحلیل سلسله مراتبی تشکیل و رتبه‌بندی صورت می‌پذیرد، که برای آن مجموع اعداد هر ستون را یافته، هر عنصر بر مجموع آن ستون تقسیم می‌شود، که این ماتریس نرمال شده است. میانگین عناصر هر سطر ماتریس نرمال شده را محاسبه کرده و میانگین به دست آمده، وزن رتبه‌ای هر واحد را نشان خواهد داد (عالم تبریز و همکاران، 1390: 28).

3-4-شاخص مالم کوئیست

شاخص تغییرات بهره‌وری مالم کوئیست (M_0)، بین دو زمان t و $t+1$ را می‌توان برحسب توابع مسافت به شرح رابطه 6

تعریف نمود:

$$M_0^{t,t+1}(x_t, y_t, x_{t+1}y_{t+1}) = [\frac{d_0^t(\ (x_{t+1},y_{t+1})}{d_0^t(\ (x_t,y_t)} \cdot \frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}\ y_{t+1})}{d_0^t(\ (x_t,y_t)}]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

در رابطه فوق، $d_0^t\ (x_{t+1}\ ,\ y_{t+1})$ فاصله سطح ستانده مشاهده شده در دوره $t+1$ نسبت به تکنولوژی تولید دوره t و $d_0^{t+1}\ (x_t\ ,\ y_t)$ نیز فاصله ستانده مشاهده شده در دوره t نسبت به تکنولوژی دوره $t+1$ را نشان می‌دهند. هرچند که تابع مسافت $d_0^{t+1}\ (x_{t+1}\ ,\ y_{t+1})$ ، بنا به تعریف مقداری کوچک‌تر و یا مساوی یک را در برمی‌گیرد، اما از آن‌جائی که داده‌های مربوط به زمان t (یعنی x_t و y_t) با تکنولوژی تولید دوره $t+1$ ، عملاً قابل ارائه نمی‌باشند، لذا امکان این وجود دارد که $d_0^{t+1}\ (x_t\ ,\ y_t)$ بزرگ‌تر از یک، فرض شود، بنابراین شاخص تغییرات بهره‌وری مالم کوئیست بزرگ‌تر- مساوی یک خواهد بود. بزرگ‌تر از یک بودن مقدار M_0، اشاره بر رشد مثبت بهره‌وری کل عوامل تولیدی از دوره t تا دوره $t+1$ دارد و در مقابل کوچک‌تر از یک بودن آن، کاهش بهره‌وری کل عوامل تولیدی را در بین دو دوره مذکور نشان می‌دهد. مساوی یک بودن M_0 نیز بیان‌گر عدم تغییر در بهره‌وری کل عوامل تولیدی در طی دوره مورد نظر، می‌باشد. بایستی توجه داشت که رابطه مذکور در واقع یک میانگین هندسی از دو شاخص بهره‌وری کل عوامل تولیدی است. شاخص اول از مقایسه $(x_t\ ,\ y_t)$ و $(x_{t+1}\ ,\ y_{t+1})$ نسبت به تکنولوژی زمان t و شاخص دوم نیز از مقایسه $(x_t\ ,\ y_t)$ و $(x_{t+1}\ ,\ y_{t+1})$ نسبت به تکنولوژی زمان $t+1$ به‌دست می‌آیند.

رابطه قبل را می‌توان با انجام دادن یک سری عملیات جبری، به این صورت

$$M_0^{t,t+1}(x_t, y_t, x_{t+1}\ y_{t+1}) = \frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}\ y_{t+1})}{d_0^t(\ (x_t,y_t)}[\frac{d_0^t(\ (x_{t+1},y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_{t+1}\ y_{t+1})} \cdot \frac{d_0^t(\ (x_t,y_t)}{d_0^{t+1}(\ (x_t,y_t)}]^{\frac{1}{2}} \quad \text{رابطه (7)}$$

در رابطه فوق، عبارت خارج از براکت، تغییر در سطح کارایی فنی را در بین دو دوره زمانی t و $t+1$ اندازه‌گیری می‌کند که می‌تواند بزرگ‌تر، مساوی و یا کوچک‌تر از یک باشد، بزرگ‌تر از یک بودن آن به معنی نزدیک شدن به منحنی تولید مرزی و بهبود کارایی و کوچک‌تر از یک بودن آن نیز بیان‌گر دورتر شدن از منحنی مرزی و کاهش کارایی، در طول زمان است. عبارت داخل براکت نیز تغییرات تکنولوژیکی را نشان می‌دهد که برابر با میانگین هندسی انتقال تکنولوژی در بین دو دوره، می‌باشد. این عبارت نیز می‌تواند بزرگ‌تر، مساوی و یا کوچک‌تر از یک باشد، بزرگ‌تر از یک بودن آن به منزله انتقال منحنی تولید مرزی به سمت بالا و پیش‌رفت تکنولوژی است و کوچک‌تر از یک بودن آن به معنی افت تکنولوژی و انتقال منحنی مرزی به سمت پایین است. هم‌چنان‌که مشاهده می‌شود، اندازه‌گیری شاخص تغییرات بهره‌وری مالم کوئیست، M_0 مستلزم محاسبه توابع مسافت است. برای حل این توابع می‌توان از روش برنامه‌ریزی خطی تحلیل پوششی داده‌ها، استفاده کرد (Fung (et al.), 2008: 527-528).

4-یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که عنوان شد، تحقیق حاضر در دو مرحله انجام شده است. در این بخش نتایج حاصل از اجرای مدل‌ها و یافته‌های پژوهش ارایه می‌گردد. جدول 3 اطلاعات مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های مدل را در سال‌های 1387 و 1392 نشان می‌دهد.

جدول 3. داده‌های مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های فرودگاه‌های کشور در سال‌های 1387 و 1392

کد	نام فرودگاه	مساحت پایانه مسافری (متر مربع)		طول باند (متر)		تعداد نشست و برخاست (فروند)		اعزام و پذیرش مسافر (نفر)		ارسال و پذیرش بار (تن)	
		1387	1392	1387	1392	1387	1392	1387	1392	1378	1392
A	آبادان	14754	13920	5370	5370	2029	3354	255683	354974	1588	3071
B	اردبیل	2900	2900	5800	5800	2046	1920	213765	203486	871	1005
C	ارومیه	7800	6000	3250	3250	2377	2871	296890	350466	2136	2347
D	اصفهان	21050	26550	8794	8794	13262	17335	1525476	2103633	15978	20701
E	امام (تهران)	78000	78300	8447	4198	27354	36827	3939532	4986477	92426	98904

F	اهواز	7920	7920	16800	3400	3400	7133	7133	13050	18480	1523460	1993991	14488	16673
G	بندرعباس	9300	16800	7920	7133	7133	3400	3400	7089	9860	826654	953366	6389	7590
H	بوشهر	7072	8077	4469	8939	7133	3400	3400	2042	3660	273681	420772	3371	5021
I	بیرجند	1300	3000	5064	6162	7133	3400	3400	1174	1229	111398	113019	954	1010
J	تبریز	11800	15500	7171	7171	7133	3400	3400	6747	9778	853782	1235403	7231	9823
K	رشت	3500	9000	3050	2917	7133	3400	3400	3236	3526	307866	317782	2483	3045
L	زاهدان	6800	8942	4250	4250	7133	3400	3400	2724	4432	348280	408453	4889	3732
M	ساری	7296	11000	2650	2650	7133	3400	3400	1260	2937	155775	314915	673	3209
N	شیراز	23000	23200	8606	8606	7133	3400	3400	19441	24623	1903695	2329428	22178	24835
O	کرمان	6550	6700	5873	5873	7133	3400	3400	3459	4266	552882	730477	4840	5573
P	کرمانشاه	7700	7800	3400	3400	7133	3400	3400	4766	4314	490159	452858	2277	3165
Q	گرگان	3200	4314	2993	2993	7133	3400	3400	2280	2668	215628	195607	1874	1520
R	لارستان	2400	2400	3229	3329	7133	3400	3400	1470	1587	106869	113836	2317	2712
S	مشهد	38778	54578	7736	7736	7133	3400	3400	29587	51345	4110952	7321371	23850	65685
T	مهرآباد	76370	74930	8150	8019	7133	3400	3400	89523	108614	10854292	13106391	96910	99638
U	یزد	11100	10900	4100	4100	7133	3400	3400	3032	4889	330040	471164	2781	3225

4-1-رتبه‌بندی فرودگاه‌ها با استفاده از رویکرد DEA/AHP در سال 1392

برای اجرای این مدل تمام واحدها به صورت دو به دو با هم مقایسه می‌شوند. به این ترتیب 210 زوج در نظر گرفته می‌شود و با استفاده از اطلاعات مربوط به سال 1392 که ورودی فرمول‌های E_{jj} ، E_{kk} ، E_{jk} و E_{kj} می‌باشد، این مقادیر کارایی برای تمامی زوج واحدها محاسبه می‌گردد. هر عنصر ماتریس مقایسات زوجی از حل چهار مدل DEA به‌دست می‌آید. پس از حل این چهار مدل با استفاده از نرم‌افزار Lingo، مقادیر E_{jj}، E_{kk} ، E_{jk} و E_{kj} محاسبه می‌شود. در ادامه با به‌کارگیری رابطه 5 مقدار a_{jk} که همان درایه ماتریس مقایسات زوجی است حاصل می‌شود. بنابراین به ازای هر زوج از واحدها که با هم مقایسه می‌شوند یکی از خانه‌های ماتریس مقایسات زوجی تکمیل می‌گردد.

نمونه این چهار مدل برای فرودگاه A در مقایسه با فرودگاه B با استفاده از داده‌های جدول 3 به صورت زیر است:

E_{11}:

$$Max \quad 3354u_1+354974u_2+3071u_3$$

St:

$$5370v_1+13920v_2 = 1$$

$$3354u_1+354974u_2+3071u_3 \le 1$$

$$1920u_1+203486u_2+1005u_3-(5800v_1+2900v_2) \le 0$$

$$u_1, u_2, u_3, v_1, v_2 \ge 0$$

E_{12}:

$$Max \quad 3354u_1+354974u_2+3071u_3$$

St:

$$5370v_1+13920v_2 = 1$$

$$3354u_1+354974u_2+3071u_3 \le 1$$

$$1920u_1+203486u_2+1005u_3-(5370v_1+13920v_2) \le 0$$

$$u_1, u_2, u_3, v_1, v_2 \ge 0$$

E_{21}:

$$Max \quad 1920u_1+203486u_2+1005u_3$$

St:

$$5800v_1+2900v_2 = 1$$

$$1920u_1+203486u_2+1005u_3 \le 1$$

$$3354u_1+354974u_2+3071u_3-(5800v_1+2900v_2) \le 0$$

$$u_1, u_2, u_3, v_1, v_2 \ge 0$$

E_{22}:

$$Max \quad 1920u_1+203486u_2+1005u_3$$

St:

$$5800v_1+2900v_2 = 1$$

$$1920u_1+203486u_2+1005u_3 \le 1$$

$$3354u_1+354974u_2+3071u_3-(5370v_1+13920v_2) \le 0$$

$$u_1, u_2, u_3, v_1, v_2 \ge 0$$

از حل معادلات فوق جواب بهینه 1 برای E_{11} و E_{22} حاصل می‌شود.

جواب بهینه دو مدل اخیر نیز برای E_{12} و E_{21} برابر با 1 است.

عنصر مربوطه در ماتریس مقایسات زوجی با استفاده از رابطه 5 محاسبه می‌گردد. این عنصر مربوط به سطر اول و ستون دوم است.

$a_{12} = (1+1) / (1+1) = 1$

همان‌گونه که عنوان شد، درایه a_{kj} معکوس a_{jk} می‌باشد، بنابراین:

$a_{21} = 1/ a_{12} = 1$

به همین ترتیب لازم است عنصر a_{ij} و a_{ji} برای تمامی زوج واحدها در مقایسه با یکدیگر محاسبه شود. درایه‌های قطر اصلی ماتریس همگی برابر با یک هستند. به این ترتیب ماتریس مقایسات زوجی بر اساس مقادیر کارایی نسبی واحدها تشکیل می‌شود، این ماتریس در قالب جدول 4 نشان داده شده است.

با داشتن ماتریس مقایسات زوجی، نوبت به اجرای مدل AHP می‌رسد، تا رتبه‌بندی نهایی واحدها صورت گیرد. به این منظور ابتدا ماتریس نرمال شده به‌دست آمده است و سپس با محاسبه میانگین سطرهای این ماتریس وزن رتبه‌ای هر واحد محاسبه شده است. در نهایت واحدهای مورد مطالعه بر اساس این وزن رتبه‌بندی شده‌اند، که در جدول 5 آورده شده است.

جدول 4. ماتریس مقایسات زوجی فرودگاه‌ها

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
A	1	1	0.792	0.369	0.512	0.117	0.537	1	1	0.458	0.722	0.688	0.902	0.254	0.860	0.614	1	1	0.256	0.166	0.746
B	1	1	1	1	1	0.284	1	1	1.030	1	1	1	1	0.699	1	1	1	1	0.704	0.457	1
C	1.263	1	1	0.737	1	0.232	1	1	1.161	0.759	1	1	1	0.582	1	1	1	1	0.509	0.334	1
D	2.710	1	1.357	1	1	0.480	1.112	1.255	1.595	1	1.631	1.318	1.779	0.884	1	1.181	1.056	1	0.694	0.586	1.456
E	1.953	1	1	1	1	1	1	1.038	1.148	1	1.2	1	1.761	1	1	1	1	1	1	0.950	1.048
F	8.547	3.521	4.310	2.083	1	1	3.937	3.390	5.682	3.155	4.505	4.717	4.049	1.701	2.309	4.219	3.774	1.862	1	1	4.566
G	1.862	1	1	0.899	1	0.254	1	1	1.342	0.531	1.019	1.082	1	0.565	1	1	1	1	0.624	0.405	1.159
H	1	1	1	0.797	0.963	0.295	1	1	1.106	0.981	1	1	1	0.581	0.747	1	1	1	0.516	0.467	1
I	1	0.971	0.861	0.627	0.871	0.176	0.745	0.904	1	0.649	1	0.827	1	0.386	0.643	0.830	0.956	0.794	0.435	0.283	1
J	2.183	1	1.318	1	1	0.317	1.884	1.019	1.541	1	1.127	1.272	1.131	0.794	1	1.074	1.020	1	0.671	0.477	1.143
K	1.385	1	1	0.613	8.33	0.222	0.981	1	1	0.887	1	1	1	0.422	1	1	1	1	0.416	0.270	1
L	1.453	1	1	0.759	1	0.212	0.924	1	1.209	0.786	1	1	1	0.467	1	1	1	1	0.527	0.342	1
M	1.109	1	1	0.562	0.568	0.247	1	1	1	0.884	1	1	1	0.439	1	1	1	1	0.284	0.203	1
N	3.937	1.431	1.718	1.131	1	0.588	1.770	1.721	2.591	1.259	2.370	2.141	2.278	1	1	1.73	1.715	1	1	0.805	2.32
O	1.163	1	1	1	1	0.433	1	1.339	1.555	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.813	0.626	1
P	1.629	1	1	0.847	1	0.237	1	1	1.205	0.931	1	1	1	0.578	1	1	1	1	0.588	0.382	1.064
Q	1	1	1	0.947	1	0.265	1	1	1.046	0.980	1	1	1	0.583	1	1	1	1	0.657	0.427	1
R	1	1	1	1	1	0.537	1	1	1.259	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.939	0.850	1
S	3.906	1.420	1.965	1.441	1	1	1.603	1.936	2.299	1.490	2.404	1.898	3.521	1	1.23	1.701	1.522	1.065	1	0.905	2.096
T	6.024	2.188	2.994	1.706	1.053	1	2.469	2.141	3.534	2.096	3.704	2.924	4.926	1.242	1.597	2.618	2.342	1.176	1.105	1	3.236
U	1.340	1	1	0.687	0.954	0.219	0.863	1	1	0.875	1	1	1	0.431	1	0.940	1	1	0.477	0.309	1

جدول 5. رتبه‌بندی فرودگاه‌های کشور بر اساس میزان کارایی در سال 1392

رتبه	نام فرودگاه	وزن	رتبه	نام فرودگاه	وزن	رتبه	نام فرودگاه	وزن
1	اهواز	0.1260	8	لارستان	0.0428	15	بوشهر	0.0359
2	مهرآباد	0.0928	9	کرمان	0.0421	16	ارومیه	0.0353
3	مشهد	0.0692	10	تبریز	0.0420	17	زاهدان	0.0352
4	شیراز	0.0640	11	بندرعباس	0.0382	18	یزد	0.0341
5	امام (تهران)	0.0482	12	اردبیل	0.0378	19	ساری	0.325
6	اصفهان	0.0475	13	کرمانشاه	0.370	20	بیرجند	0.0300

7	رشت	0.0469	14	گرگان	0.0369	21	آبادان	0.0257

4-2-محاسبه بهره‌وری فرودگاه‌ها با استفاده از شاخص مالم کوئیست

در بخش دوم این پژوهش به تحلیل پویای عملکرد فرودگاه‌های کشور پرداخته می‌شود، تا روند کارایی فرودگاه‌ها در طول بازه زمانی مشخص مورد بررسی قرار گیرد و تغییرات بهره‌وری واحدها ارزیابی شود. به این منظور با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست، در بازه زمانی سال 1387 تا سال 1392 بهره‌وری فرودگاه‌ها محاسبه شده است. اطلاعات مربوط به این دو مقطع زمانی در جدول 3 آورده شده است. با وارد کردن این داده‌ها در نرم افزار DEAP، و اجرای مدل، خروجی نرم افزار در قالب تغییرات کارایی قابل مشاهده است. جدول 6 تغییرات کارایی واحدهای مورد مطالعه را در بازه زمانی پژوهش نشان می‌دهد.

آن‌چه باعث افزایش کارایی و بهره‌وری می‌شود کاهش در ستاده‌ها و یا افزایش نهاده‌های واحدهاست. با بررسی داده‌های پژوهش می‌توان دریافت که به علت ماهیت نهاده‌های مدل که مشخصه‌های فیزیکی فرودگاه‌هاست، کاهشی در آن‌ها مشاهده نمی‌شود و تنها افزایش در ستاده‌هاست که منجر به بهبود بهره‌وری در اکثر واحدها شده است. بر اساس آن‌چه در ادبیات موضوع عنوان شد، تغییرات بهره‌وری می‌تواند ناشی از تغییر در کارایی فنی یا کارایی تکنولوژیک باشد. شاخص مالم کوئیست که نشانگر تغییرات بهره‌وری کل می‌باشد، از حاصل ضرب کارایی فنی و کارایی تکنولوژیک به دست می‌آید. جدول 7 میانگین تغییرات کارایی و بهره‌وری در واحدهای تحت مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول 6. تغییرات کارایی فرودگاه‌های کشور در سال 1387 تا سال 1392

نام فرودگاه	تغییرات کارایی فنی خالص	تغییرات کارایی مقیاس	تغییرات کارایی فنی	تغییرات کارایی تکنولوژیکی	تغییرات بهره‌وری	رتبه بر اساس رشد بهره‌وری
آبادان	1.061	1.093	1.159	1.337	1.551	3
اردبیل	1.233	0.537	0.663	1.416	0.938	14
ارومیه	1.071	1.083	1.160	1.308	1.518	4
اصفهان	0.967	1.028	0.994	1.137	1.131	12
امام (تهران)	0.949	0.999	0.948	0.767	0.727	18
اهواز	1.000	1.000	1.000	1.277	1.277	7
بندرعباس	0.822	0.665	0.547	1.361	0.744	17
بوشهر	0.616	1.841	1.133	1.151	1.304	6
بیرجند	0.800	0.400	0.320	1.416	0.454	21
تبریز	0.978	0.861	0.842	1.301	1.095	13
رشت	0.959	0.356	0.341	1.393	0.476	20
زاهدان	0.971	0.556	0.540	1.277	0.690	19
ساری	1.000	1.506	1.506	1.196	1.801	1
شیراز	1.006	0.974	0.980	1.191	1.167	10
کرمان	1.037	0.952	0.987	1.279	1.262	8
کرمانشاه	1.004	0.629	0.631	1.416	0.894	15
گرگان	1.000	0.613	0.613	1.416	0.868	16
لارستان	1.000	1.017	1.017	1.151	1.170	9
مشهد	1.255	1.002	1.258	1.159	1.457	5

مهرآباد	1.000	1.000	1.000	1.000	1.137	11
یزد	1.049	1.116	1.171	1.382	1.618	2

جدول 7. روند کارایی و بهره‌وری در مجموعه فرودگاه‌های کشور در سال 1387 تا سال 1392

	تغییرات کارایی فنی خالص	تغییرات کارایی مقیاس	تغییرات کارایی فنی	تغییرات کارایی تکنولوژیکی	تغییرات بهره‌وری
فرودگاه‌های کشور	0.980	0.851	0.834	1.250	1.042

با توجه به جدول 7 ملاحظه می‌شود که با وجود کاهش کارایی فنی فرودگاه‌ها، بهره‌وری فرودگاه‌ها نه تنها سیر نزولی نداشته است، بلکه با رشد اندکی نیز روبرو شده است. این موضوع به علت افزایش کارایی تکنولوژیک می‌باشد، که در واقع کاهش کارایی فنی را جبران کرده است.

نتایج حاصل از ارزیابی کارایی فرودگاه‌های کشور در سال 1392 در کنار نتایج حاصل از محاسبه شاخص مالم‌کوئیست در جدول 8 مشاهده می‌شود. با قرارگیری این نتایج در کنار هم می‌توان مشاهده نمود که لزوماً فرودگاه‌هایی که در سال 1392 کارایی بالایی داشته‌اند، در طی سال‌های اخیر روند رو به رشدی را در بهره‌وری تجربه نکرده‌اند. ستون دیگر این جدول نیز مربوط به رتبه‌بندی فرودگاه‌های کشور از نظر میزان کارایی بر اساس عملکرد آن‌ها در سال 1387 می‌باشد، که برای مقایسه عملکرد فرودگاه‌های مختلف طی این دو سال آورده شده است.با توجه به نتایج، فرودگاه ساری از لحاظ رشد بهره‌وری در رتبه نخست و فرودگاه بیرجند در رتبه آخر قرار گرفته است. این در حالی است که از نظر کارایی در سال 1392، فرودگاه اهواز رتبه نخست را به خود اختصاص داده است. فرودگاه آبادان که در سال 1392 آخرین رتبه را از نظر کارایی داراست، اما از نظر رشد بهره‌وری در رتبه سوم قرار دارد و این نشان دهنده عملکرد رو به بهبود این واحد در طی سال‌های اخیر می‌باشد.

جدول 8. رتبه‌بندی فرودگاه‌ها بر اساس کارایی و تغییرات بهره‌وری

رتبه	رتبه‌بندی فرودگاه‌ها از نظر میزان کارایی در سال 1387*	رتبه‌بندی فرودگاه‌ها از نظر میزان کارایی در سال 1392	رتبه‌بندی فرودگاه‌ها از نظر میزان تغییرات بهره‌وری از سال 1387 تا سال 1392
1	اهواز	اهواز	ساری
2	مهرآباد	مهرآباد	یزد
3	امام (تهران)	مشهد	آبادان
4	رشت	شیراز	ارومیه
5	گرگان	امام (تهران)	مشهد
6	ساری	اصفهان	بوشهر
7	بیرجند	رشت	اهواز
8	مشهد	لارستان	کرمان
9	شیراز	کرمان	لارستان
10	اصفهان	تبریز	شیراز
11	اردبیل	بندرعباس	مهرآباد
12	بندرعباس	اردبیل	اصفهان
13	کرمان	کرمانشاه	تبریز
14	تبریز	گرگان	اردبیل
15	زاهدان	بوشهر	کرمانشاه
16	کرمانشاه	ارومیه	گرگان
17	بوشهر	زاهدان	بندرعباس

18	ارومیه	یزد	امام (تهران)
19	لارستان	ساری	زاهدان
20	یزد	بیرجند	رشت
21	آبادان	آبادان	بیرجند

*اطلاعات این ستون جدول بر اساس خروجی‌های پژوهش طحاری مهرجردی و همکاران (1391) می‌باشد.

در نتایج پژوهش طحاری مهرجردی و همکاران (1391)، ملاحظه می‌شود که با به‌کارگیری روش کارایی متقاطع، در سال 1387، فرودگاه‌های امام، مهرآباد و اهواز به عنوان کاراترین واحدها در رتبه‌های نخست قرار گرفته‌اند و فرودگاه آبادان در رتبه آخر است. با مقایسه نتایج این دو پژوهش می‌توان دریافت که فرودگاه آبادان در هر دو مقطع در رتبه آخر، و فرودگاه‌های اهواز و مهرآباد در رتبه‌های نخست قرار دارند. اما فرودگاه امام با این‌که در سال 1387 رتبه اول را به خود اختصاص داده است، در سال 1392 در رتبه پنجم قرار گرفته است. علت این موضوع را می‌توان افزایش چشم‌گیر در یکی از نهاده های این واحد دانست.

5- نتیجه‌گیری

تحلیل پوششی داده‌ها شیوه‌ای برای درجه‌بندی واحدهای مختلف بر اساس ستاده‌ها و نهاده‌های آن‌هاست. ارزیابی واقع‌بینانه و ارزیابی هم‌زمان مجموعه‌ای از عوامل، از جمله ویژگی‌هایی هستند که موجب می‌شود پژوهشگران آن را در ارزیابی کارایی برتر از روش‌های پارامتریک دانست. اما یکی از نقاط ضعف تحلیل پوششی داده‌ها، عدم کنترل وزن نهایی به‌دست آمده برای نهاده‌ها و ستاده‌هاست؛ به عبارت دیگر از آن‌جایی که وزن محاسبه شده به صورت قطعی و بدون تأثیر عوامل ذهنی محاسبه می‌شود، ممکن است یک واحد را نسبتاً کارا سازد، در صورتی که کارایی آن ذاتی نبوده و از وزن آن ناشی شده است. از سوی دیگر در روش AHP مشکل به‌کارگیری قضاوت ذهنی موجب ایجاد ناسازگاری در مقایسات زوجی بین معیارها و گزینه‌ها می‌شود. در این پژوهش برای حل دو مشکل فوق، از رویکرد تلفیقی DEA/AHP استفاده شده است.

واضح است که اکتفا به تحلیل مقطعی عملکرد فرودگاه‌ها نمی‌تواند اطلاعات جامعی را در اختیار مدیران صنعت حمل و نقل هوایی کشور برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری قرار دهد؛ بنابراین تحلیل پویای عملکرد فرودگاه‌ها نیز الزامی است. در این پژوهش بر اساس داده‌های مربوط به سال 1387 و سال 1392، تغییرات بهره‌وری فرودگاه‌ها در این بازه زمانی محاسبه شده است.

ابتدا ورودی‌ها و خروجی‌های مدل، تعیین شده، و اطلاعات مربوط به آن‌ها از سایت رسمی فرودگاه‌های کشور اخذ گردیده است. پس از اجرای مدل نتایج حاصل از تحلیل مقطعی نشان داد که در سال 1392 فرودگاه اهواز، مهرآباد و مشهد، بیش‌ترین وزن را از نظر کارایی داشته‌اند، در حالی که فرودگاه آبادان از لحاظ کارایی در جایگاه آخر قرار گرفته است.

بر اساس نتایج حاصل از شاخص مالم کوئیست، فرودگاه‌های ساری، یزد و آبادان بیش‌ترین رشد بهره‌وری را در این بازه زمانی داشته‌اند در حالی که فرودگاه‌های اردبیل، کرمانشاه، گرگان، بندر عباس، امام، زاهدان، رشت و بیرجند با کاهش بهره‌وری مواجه بوده‌اند.

با بررسی نهاده‌ها و ستاده‌های فرودگاه‌هایی که بهره‌وری آن‌ها سیر نزولی داشته است، ملاحظه می‌شود که کاهش بهره‌وری در همه این واحدها به جز فرودگاه اردبیل و کرمانشاه، به علت افزایش در نهاده‌هاست. در زمان افزایش نهاده‌ها، برای جلوگیری از کاهش بهره‌وری، این واحدها باید ستاده‌های خود را به همان نسبت افزایش دهند، اما نتایج شاخص مالم کوئیست حاکی از آن است که افزایش در ستاده‌ها در حدی نبوده که افزایش در نهاده‌ها را جبران کند و همین موضوع علت کاهش بهره‌وری در این واحدها بوده است.

یکی از مزایای شاخص مالم کوئیست، تفکیک بهره‌وری به اجزای آن، یعنی تحولات تکنولوژیک و تغییرات در کارایی می‌باشد. بر اساس نتایج به دست آمده از میانگین بهره‌وری فرودگاه‌های کشور، مشاهده می‌شود که افزایش در بهره‌وری کل فرودگاه‌ها به علت افزایش در کارایی تکنولوژیک بوده است. به عبارت دیگر با وجود کاهش کارایی فنی فرودگاه‌ها، افزایش در کارایی تکنولوژیک به حدی بوده است که این کاهش را جبران نموده و باعث افزایش در بهره‌وری کل شده است.

6- مراجع

- ابویی، ف. و میردهقان اشکذری، س.م. و شفیعی رودپشتی، م. (1391) "ارزیابی کارایی شرکت‌های بیمه در ایران"، فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، شماره 27 و 28، زمستان 1390 و بهار 1391، ص 218-201.

- پاداش، الف. (1385) "تجزیه و تحلیل بهره‌وری شرکت‌های صنعتی تولید کننده مواد غذایی و آشامیدنی در بورس ایران با استفاده از شاخص مالم کوئیست"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

- پورکاظمی، م.ح. و صمصامی، ح. و ابراهیمی قوام‌آبادی، خ. (1390) "اندازه گیری کارایی و بهره‌وری شرکت‌های بیمه دولتی و خصوصی با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم کوئیست"، پژوهشنامه بیمه، سال بیست و ششم، شماره 4، زمستان 1390، ص 26-1.

- جبل‌عاملی، ف. و رسولی‌نژاد، الف. (1390) "به‌کارگیری مدل تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی سلسله مراتبی (DEA-AHP) در رتبه‌بندی شعب بانکی: مطالعه موردی بانک صادرات در شهر تهران"، پژوهش‌نامه اقتصادی، سال یازدهم، شماره 3، پاییز 1390، ص 276-249.

- حسینی، م.ح. (1391) "اندازه‌گیری تغییرات بهره‌وری با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم‌کوئیست در شرکت‌های مدیریت تولید برق"، چشم‌انداز مدیریت صنعتی، شماره 6، تابستان 1391، ص 150-129.

- حکیمی‌پور، ن. و عوضعلی‌پور، م.ص. و قائمی، ذ. (1391) "ارزیابی تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولیدی صنایع بزرگ در استان‌های ایران با استفاده از شاخص مالم کوئیست"، پژوهش‌های مدیریت عمومی، سال پنجم، شماره 15، بهار 1391، ص 161-135.

- حنیفه‌زاده، ل. (1390) "اندازه و ساختار بازار و کارایی شرکت‌های بیمه در ایران"، سومین همایش ملی تحلیل پوششی داده‌ها.

- سپهردوست، ح. و کامران، ن. (1392) "ارزیابی بهره‌وری و تحلیل حساسیت عوامل مؤثر بر کارایی صنایع کوچک" ، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)، سال سیزدهم، شماره اول، بهار 1392، ص 174-155.

- سلطان‌پناه، ه. و مرادی، ف. و بخشا، ن. (1386) "ارزیابی کارایی نسبی شعب شرکت سهامی بیمه البرز با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها"، فصلنامه صنعت بیمه، سال بیست و دوم، شماره 4، زمستان 1386، ص 177-151.

- شاهین، الف. و صنایعی، ع. و رضایی، م.ص. (1393) "اندازه‌گیری کارایی برند بانک‌های خصوصی اصفهان بر مبنای رضایت و وفاداری مشتریان با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها"، مدیریت تولید و عملیات، دوره پنجم، شماره 1، بهار و تابستان 1393، ص 142-125.

- شرفی، الف. (1393) "اندازه‌گیری کارایی بانک سپه (سرپرستی استان فارس) با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های پویا"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

- شکیبایی، الف. گل‌محمدی شورکی، م. (1393) "تأثیر پذیرش شرکت‌ها در بورس اوراق بهادار بر بهره‌وری: رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)"، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، سال بیست و دوم، شماره 70، تابستان 1393، ص 118-103.

- طحاری‌مهرجردی، م.ح. و شاکری، ف. و بابایی میبدی، ح. (1391) "تحلیل کارایی و رتبه‌بندی سیستم فرودگاه‌های کشور با استفاده از رویکرد ارزیابی کارایی متقاطع"، پژوهشنامه حمل و نقل، سال نهم، شماره 3، پاییز 1391، ص 291-275.

- عالم تبریز، الف. و سعیدی، ح. و دیلمی معزی، ص.(1390) "به‌کارگیری رویکرد تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای ارزیابی کارایی دانشکده‌های دانشگاه شهید بهشتی"، پژوهش‌های مدیریت،

شماره 89، تابستان 1390، ص 36-25.

– عظیمیان، م. و شاهین، الف. و علینقیان، م. و بدری، س.م.ع. (1392) "توسعه رویکردی تلفیقی از تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص بهره‌وری مالم کوئیست برای ارزیابی عملکرد پروژه‌ها"، مدیریت صنعتی، دوره پنجم، شماره 1، بهار و تابستان 1392، ص 62-43.

– فروغی، الف. (1388) "ارایه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای رتبه‌بندی فرودگاه‌های مهم کشور" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی اراک.

– فلاح، م. (1386) "ارزیابی کارایی شعب شرکت‌های بیمه با روش تحلیل پوششی داده‌ها"، تازه‌های جهان بیمه، شماره 115 و 116، صص 24-17.

– کرد، ب. و شیخ‌زاده، شکوه و جعفری، راضیه (1390) "ارزیابی کارایی بانکها به روش تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی: یکی از بانک‌های استان سیستان و بلوچستان) "، سومین همایش ملی تحلیل پوششی داده‌ها.

– ولی‌زاده زنوز، پ. (1384) "بررسی بهره‌وری در اقتصاد ایران"، مجموعه پژوهش‌های اقتصادی بانک مرکزی ایران جمهوری اسلامی ایران، شماره 24.

-Abbott, M. and Wu, S. (2002) “Total factor productivity and efficiency of Australian airports”, Australian Economic Review, vol. 35, pp. 244-260.

-Ahn, Young-Hyo and Min, Hokey (2014) “Evaluating the multi-period operating efficiency of international airports using data envelopment analysis and the Malmquist productivity index”, Journal of Air Transport Management, vol. 39, pp. 12-22.

-Barros, Carlos Pestana (2008) “Technical efficiency of UK airports”, Journal of Air Transport Management, vol. 14, pp. 175-178.

-Barros, Pestana Carlos and Weber, L.William (2009) “Productivity growth and biased technological change in UK airports”, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 45, pp. 642-653.

-Chow, Clement Kong Wing and Fung, Michael Ka Yiu (2012) “Estimating indices of airport productivity in Greater China”, Journal of Air Transport Management, vol. 24, pp. 12-17.

-De Nicola, Arianna, Gitto, Simone and Mancuso, Paolo (2013) “Airport quality and productivity changes: A Malmquist index decomposition assessment”, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 58, pp. 67-75.

-Fung, Michael Ka Yiu, Wan, Ken Kai Hong, Hui, Yer Van and Law, Japhet Sebastian (2008) “Productivity changes in Chinese airports 1995–2004”, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 44, pp. 521-542.

-Gillen, David and Lall, Ashish (1997) “Developing measures of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis”, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 33, pp. 261-273.

-Kocak, Habip (2011) “Efficiency Examination of Turkish Airports with DEA Approach”, International Business Research, vol. 4, pp. 204-212.

-Lam, Shao Wei, Low, Joyce M.W. and Tang, Loon Ching (2009) “Operational efficiencies across Asia Pacific airports”, Transportation Research Part E, vol. 45, pp. 654-665.

-Lin, L.C. and Hong, C.H. (2006) “Operational performance evaluation of international major airports: An application of data envelopment analysis”, Journal of Air Transport Management, vol. 12, pp. 342-351.

-Martin, Juan Carlos and Roman, Concepcion (2001) “An application of DEA to measure the efficiency of Spanish airports prior to privatization”, Journal of Air Transport Management, vol. 7, pp. 149-157.

-Martin, Juan Carlos and Roman, Concepcion (2006) “A benchmarking analysis of Spanish commercial airports: a comparison between SMOP and DEA ranking methods”, Networks and Spatial Economics, Vol. 6, pp. 111-134.

-Tovar, Beatriz and Martín-Cejas, Roberto Rendeiro (2010) "Technical efficiency and productivity changes in Spanish airports: A parametric distance functions approach", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 46, pp.249-260.

-Tsui, Wai Hong Kan, Balli, Hatice Ozer, Gilbey, Andrew and Gow, Hamish (2014) "Operational efficiency of Asia–Pacific airports", Journal of Air Transport Management, vol. 40, pp. 16-24.

-Tsui, Wai Hong Kan, Gilbey, Andrew and Balli, Hatice Ozer (2014) "Estimating airport efficiency of New Zealand airports", Journal of Air Transport Management, vol. 35, pp. 78-86.

-Yoshida, Y. and Fujimoto, H. (2004) "Japanese-airport benchmarking with the DEA and endogenous-weight TFP methods: testing the criticism of overinvestment in Japanese regional airports", Transportation Research Part E, vol. 40, pp. 533-546.

-Yu, M.M., Hsu, SH., Change, C.C. and Lee, D.H. (2008) "Productivity growth of Taiwan's major domestic airports in the presence of aircraft noise", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 44, pp. 543-554.

-Oum, Tae Hoon, Yu, Chunyan and Fu, Xiaowen (2003) "A comparative analysis of productivity performance of the world's major airports: summary report of the ATRS global airport benchmarking research report—2002", Journal of Air Transport Management, vol. 9, pp. 285-297.

-Parker, D. (1999) "The performance of BAA before and after privatization", Journal of Transport Economics and Policy, vol. 33, pp. 133-145.

-Pels, E., Nijkamp, P. and Rietvle, P. (2003) "Inefficiencies and scale economies of European airport operations", Transportation Research Part E, vol. 39, pp. 341-361.

-Perelman, Sergio and Serebrisky, Tomás (2012) "Measuring the technical efficiency of airports in Latin America", Utilities Policy, vol. 22, pp. 1-7.

-Roghanian, Emad and Foroughi, Amin (2010) "An empirical study of Iranian regional airports using robust data envelopment analysis", International Journal of Industrial Engineering Computations, vol. 1, pp. 65-72.

-Sarkis, J. and Talluri, S. (2004) "Performance-based clustering for benchmarking of US airports", Transportation Research Part A, vol. 38, pp. 329-346.