ارزیابی کارایی عملکرد فرودگاه‌های بین‌المللی کشور با استفاده از تکنیک VFB-DEA

مقاله پژوهشی

تورج کریمی*، استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت پردیس فارابی، دانشگاه تهران، ایران
میثم شهبازی، استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت پردیس فارابی، دانشگاه تهران، ایران
علی یوسف زاده، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی، دانشگاه تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول:tkarimi@ut.ac.ir

دریافت: ۹۸/۰۳/۰۵- پذیرش: ۹۸/۰۸/۰۵
صفحه۱۱۸-۱۰۱

چکیده

امروزه عملکرد و سودمندی صنعت حمل و نقل هوایی نسبت به سایر روش‌های حمل و نقل شاید فراتر از ارایه خدمات جابجایی و نقل و انتقال باشد، چرا که حمل و نقل شیوه زندگی اقتصادی، نگرش اجتماعی و فرهنگی ما را متأثر کرده و در شکل دهی وضعیت تاریخی و سیاسی جوامع تأثیرگذار می باشد. کسب اطمینان از ارایه بهترین و کیفی ترین خدمات در بخش حمل و نقل هوایی، مستلزم ارزیابی عملکرد فرودگاه‌های کشور می باشد. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی کارایی عملکرد و رتبه‌بندی فرودگاه‌های بین‌المللی کشور با در نظر گرفتن همکاری میان آن‌ها با استفاده از تکنیک VFB-DEA می‌باشد. این پژوهش از دید هدف، کاربردی، از دیدگاه نوع داده، کمی و از نظر شیوه گردآوری داده‌ها، توصیفی پیمایشی می‌باشد. چارچوب ارزیابی فرودگاه‌ها از مبانی نظری و پیشینه پژوهش استخراج گردید، این چارچوب دارای ٤ بعد، ۶ مؤلفه و ١٤ شاخص می‌باشد که متغیرهای ورودی و خروجی ارزیابی فرودگاه‌ها را تشکیل می‌دهند که شامل ۹ متغیر ورودی و ۵ متغیر خروجی می‌باشد. این پژوهش ۹ فرودگاه بین المللی کشور را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. اطلاعات فرودگاه‌ها از طریق سامانه شرکت فرودگاه‌ها و ناوبری هوایی کشور جمع آوری گردید و توسط تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی همکارانه (VFB-DEA) در نرم افزار LINGO 11 مدل‌سازی گردید. با استفاده از این تکنیک میزان کارایی هر فرودگاه با استفاده از همکاری با فرودگاه‌های دیگر مشخص گردید و میزان کارایی فرودگاه‌ها بر اساس این همکاری برآورد گردیده است. یافته‌های این پژوهش رتبه‌های فرودگاه‌ها را براساس میزان کارایی نمایان می‌سازد و پیشنهاداتی را در همکاری هر فرودگاه با فرودگاه‌های دیگر ارایه می‌دهد. سپس پیشنهادهایی کاربردی و پژوهشی حاصل از انجام پژوهش برای پژوهشگران آینده با توجه به تجربیات ارایه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد، فرودگاه بین المللی، تحلیل پوششی داده ها (DEA)، کارایی متقاطع تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی‌همکارانه (VFB-DEA)

۱- مقدمه

امروزه کارایی در سطح واحدها به عنوان یک مسئله‌ی عمده در سازمان‌ها شناخته می‌شود، که منجر به تشدید رقابت، جهانی‌شدن، نوآوری در فناوری و افزایش مقررات زدایی شده است (Stewart, Motousek & Nguyen, 2016). ارزیابی کارایی یکی از وظایف چالش بر انگیز سازمان‌ها می‌باشد که به شدت توسط محققان در سال‌های اخیر مورد توجه قرارگرفته است. از گذشته تا سال ۱۹۵۷ که فارل یک روش برای ارزیابی عملکرد ارایه کرد، ارزیابی‌ها از طریق بررسی‌های عمومی در سازمان‌ها صورت می‌گرفت. امروزه نیز روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک به‌طور گسترده در تحقیقات کارایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین نتایج تحقیقات کارایی نشان می‌دهند که وجود یک سیستم

کارا، منجر به استفاده‌ی بهینه از منابع مادی و مالی سازمان می‌شود. به طوری که مقدار کمی بهبود در میزان کارایی منجر به‌صرفه جویی‌های بالایی در سازمان‌ها شده است (Dadrasmoghadam & Jafari, 2015). در سال‌های اخیر ارزیابی کارایی فرودگاه نیز یکی از حوزه‌های روبه رشد در تحقیقات به شمار می‌رود. این ارزیابی‌ها برای انواع ذینفعان، ازجمله فرودگاه‌ها، نهادهای نظارتی، دولت‌ها، مسافران و خطوط هوایی دارای اهمیت فراوانی می‌باشند. ازاین‌رو انگیزش‌هایی برای بررسی کارایی فرودگاه‌ها وجود دارد که شامل ارزیابی کمک‌های مالی و کارایی‌های عملیاتی، ارزیابی استراتژی‌های سرمایه‌گذاری جایگزین و در سال‌های اخیر ارزیابی کارایی فرودگاه نیز یکی از حوزه‌های روبه رشد در تحقیقات به شمار می‌رود(Lai, et al. 2015). در این راستا، بسیاری از مؤسسات بین‌المللی مانند ایکائو به اجرا و اصلاح فرمولاسیون استانداردها و ضوابط بین‌المللی فرودگاه‌ها و همچنین تصویب دستورالعمل‌ها و ممیزی‌های جدید در راستای جهانی‌شدن فرودگاه‌ها هستند. اما ایکائو همواره از تأثیر پژوهش‌های دانشگاهی در فرایند بهبود کارایی فرودگاه‌ها غافل بوده است که انجمن‌های بین‌المللی فرودگاه‌ها و انجمن بین‌المللی حمل‌ونقل هوایی باید چنین مسائلی را شناسایی و اجرا نمایند. اما آنچه در عملکرد صنعت هوانوردی کشور آشکار است کم توجهی به خلاقیت و از دست دادن منابع فکری، مالی و اجتماعی است. در صورتی که فرودگاه‌های کشور در انطباق با استانداردها و ضوابط بین‌المللی ایکائو هستند و به عنوان یکی از مجریان آن در منطقه‌ی خاورمیانه به حساب می‌آیند. بااین‌حال، فعالیت‌های عملی و حرفه‌ای آن بسیار کمتر از فعالیت‌های نظری آن بوده است و به گونه‌ای بوده که فرودگاه‌های کشور ما را به حداقل استانداردهای ایمنی، رضایت مشتری و خدمات کارآمد نزدیک کرده است ولی در جهت افزایش کارایی و درک نارضایتی مشتری کمک چندانی نکرده است(Pedram & Payan, 2015). ازاین‌رو، نیاز است که عملکرد فرودگاه‌ها در هر دوره ازنظر کارایی یا بهره‌وری مورد ارزیابی قرار گیرد. تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) یکی از مدل‌های مورداستفاده در مطالعات کارایی و بهره‌وری فرودگاه‌ها به‌حساب می‌آید(Wanke, Barros & Nwaogbe, 2016). تحلیل پوششی داده‌ها در اصل توسط چارنز و همکاران در سال ۱۹۷۸ ارایه شد، که یک روش ناپارامتریک برای ارزیابی کارایی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری همگن (DMUs) می‌باشد که در آن‌یک یا چند ورودی برای تولید یک یا چند خروجی مصرف می‌شوند. هدف از تحلیل پوششی داده‌ها حداکثر سازی نسبت مجموع وزنی خروجی به مجموع وزنی ورودی واحدهای تصمیم‌گیری مورد ارزیابی که دارای کارایی بزرگ‌تر از یک نباشند. روندهای محاسبه برای هر DMU تکرار می‌شود و حداکثر نسبت به دست آمده به‌عنوان نمرات کارایی DMU تعریف می‌شود. DEA باعث می‌شود که هیچ فرضی در مورد تابع تولید و هیچ محدودیت وزن‌دهی برای ورودی یا خروجی وجود نداشته باشد. علاوه بر این، DEA قابلیت خوبی جهت شناسایی بهترین مرز فعالیت و رتبه‌بندی DMUها دارد(Chu, 2016). ولی استفاده از روش DEA سنتی در ارزیابی کارایی فرودگاه‌ها این مطالعه را با دو محدودیت روبه‌رو می‌کند: ۱- عملکرد مدل DEA سنتی بر اساس به حداکثر رساندن کارایی خودواحد و حداقل رساندن کارایی DMU های دیگر است. به‌طوری‌که این روش کارایی هرکدام از واحدهای تصمیم‌گیری را به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌دهد و اگر دو واحد تصمیم‌گیری مانند فرودگاه‌ها باهم همکاری داشته باشند این همکاری‌ها در ارزیابی کارایی نادیده انگاشته می‌شود. ۲- در مدل DEA سنتی، هر DMU، توانایی تولید خود را با توانایی تولید یک مرز واقعی بهینه می سنجد. هنگامی که نتیجه ی آن ۱ است، DMU دارای کارایی فنی است در غیر اینصورت، DMU دارای ناکارایی فنی است. با این حال نمی‌توانیم تفاوت بین DMUهای کارا (فرودگاه های کارا) را تشخیص دهیم. پس نیاز است که از مدل کارایی متقاطع تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی همکارانه (VFB-DEA)استفاده کنیم (Cui & Li, 2015). بنا بر توسعه و اهمیت حمل و نقل هوایی در سطح بین المللی و نیاز به ارزیابی کارایی فرودگاه‌های بین المللی، در این پژوهش نیاز دانسته شده است که به بررسی کارایی فرودگاه‌های بین‌المللی کشور با استفاده از تکنیک کارایی متقاطع تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی همکارانه (VFB-DEA) بپردازیم.

۲- پیشینه تحقیق

بهبود مستمر عملکرد سازمان‌ها، نیروی عظیم هم‌افزایی ایجاد می‌کند که این نیروها می‌تواند پشتیبان برنامه رشد و توسعه و ایجاد فرصت‌های تعالی سازمانی شود . دولت‌ها و سازمان‌ها و مؤسسات تلاش جلوبرنده‌ای را در این مورد اعمال می‌کنند. بدون بررسی و کسب آگاهی از میزان پیشرفت و دستیابی به اهداف و بدون شناسایی چالش‌های پیش روی سازمان و کسب بازخور و اطلاع از میزان اجرای سیاست‌های تدوین‌شده و شناسایی مواردی که به بهبود جدی نیاز دارند، بهبود مستمر عملکرد میسر نخواهد شد. تمامی موارد مذکور بدون اندازه‌گیری و ارزیابی امکان‌پذیر نیست (رحیمی، ۱۳۸۵). نظام‌های سنجش عملکرد با مقایسه نتایج واقعی و مقاصد و اهداف راهبردی به مدیران در پیگیری اجرای راهبرد کسب‌وکار کمک می‌کنند. سیستم ارزیابی عملکرد به‌عنوان ساختار اصلی به‌منظور شفاف‌سازی مجموعه ابزارها و ارتباطات مورداستفاده سازمانی در راستای اجرای راهبردها در نظر گرفته می‌شود (McAdam, Hazlett & Gillespie, 2008). در بررسی علت وجودی ارزیابی عملکرد با دو دیدگاه روبه‌رو می‌شویم: یکی نگرش سنتی به ارزیابی است که در آن، مهم‌ترین هدف ارزیابی، قضاوت و یادآوری عملکرد است. دیگری نگرش نوین است که در آن بر رشد و توسعه و بهبود عملکرد توجه می‌شود(Vits & Gelders, 2002). بررسی رویکردهای مختلف نسبت به ارزیابی عملکرد بیانگر این است که نظام ارزیابی باید با رشد و توسعه سازمان‌ها متناسب، و پاسخگوی ابعاد گوناگون و متعدد آن‌ها باشد. توسعه فناوری، نقش عوامل حیاتی موفقیت در عملکرد، ساختار رقابت داخلی و جهانی، مزیت کیفیت، جایگاه سازمان و کالاها و خدمات ارائه‌شده توسط آن نزد بازار و مشتریان و ... ازجمله عواملی است که امروزه باید در ارزیابی عملکرد مورد توجه قرار گیرد. نکته دیگری که امروزه در ادبیات مدیریت عملکرد به آن توجه شده این است که بین ارزیابی نتایج (خروجی) و ارزیابی فرایندها و عملکرد داده‌ها (ورودی) ارتباط بسیار مهم و قابل‌توجهی برقرار است(Olsen, et al. 2007). کارایی، مفهوم مدیریتی است که سابقه طولانی در علم مدیریت دارد (Colombie, 2008). فردریک تیلور، کارایی را نسبت کارکرد واقعی به استاندارد می‌داند. برای داشتن کارایی صد در صد باید به وضعیت مطلوب توجه کرد و با فرض اینکه ستانده مطلوب همواره بیشتر یا مساوی ستانده واقعی است، نسبت جدید کارایی نیز مقداری بین صفر و یک خواهد بود(Goncharuk, 2009).روش‌های مختلفی برای تعیین مرز کارایی وجود دارد که این روش‌ها به‌طورکلی بر دودسته‌اند: روش‌های پارامتریک و روش‌های نا پارامتریک(Coelli, et al. 2005).

$$E_j = Max\ Z_0\ \frac{\sum_{r=1}^{k} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{s} v_i x_{ij}} \qquad (۱)$$

روش‌های پارامتریک شامل تحلیل رگرسیون ساده (روش تابع غیرمرزی) و تحلیل تابع مرزی تصادفی و قطعی (روش تابع مرزی) است (Taner & Sezen, 2009). روش‌های ناپارامتریک بر بهینه‌سازی ریاضی مبتنی است و برای محاسبه «کارایی نسبی» مورداستفاده قرار می‌گیرد. مفهوم نسبی در این جمله، بسیار حائز اهمیت است؛ چراکه کارایی در این روش درنتیجه مقایسه بنگاه‌های موجود با یکدیگر حاصل می‌شود. در صورت حذف و یا اضافه شدن تعداد مشاهدات، ممکن است مقدار کارایی محاسبه‌شده نیز تغییر کند (Barretta, 2008). روش‌های نا پارامتریک خود به دودسته، روش تابع غیرمرزی (گروه‌های شاخص) و روش تابع مرزی (تحلیل پوششی داده‌ها) تقسیم می‌شود. در سال ۱۹۵۷ فارل با استفاده از روشی مانند اندازه‌گیری کارایی در مباحث مهندسی به‌اندازه گیری کارایی برای یک واحد تولیدی اقدام کرد. موردی که فارل برای اندازه‌گیری کارایی مدنظر قرار داده بود، شامل یک ورودی و یک خروجی که کارایی‌های فنی و تخصیصی و مشتق تابع تولید کارا را اندازه‌گیری می‌کرد. بااین‌حال، او در ارایه روشی که دربرگیرنده ورودی‌ها و خروجی‌ها متعدد باشد، موفق نبود (Seydel, 2006). در سال ۱۹۷۸، چارنز، کوپر و رودز دیدگاه فارل را توسعه دادند و الگویی را ارایه کردند که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و چندین خروجی را داشت. این الگو تحلیل پوششی داده‌ها نام گرفت و با توجه به نام ارایه‌دهندگان آن به الگوی CCR معروف شد. این الگو بر اساس تعریف فارل از کارایی نسبی، طبق رابطه زیر توسعه‌یافته است:

در این رابطه Ej کارایی نسبی واحد j ام، ur وزن خروجی rام، vi وزن ورودی iام، yrj میزان خروجی rام و

Xij میزان ورودی iام در واحد j ام، k تعداد خروجی‌ها و s تعداد ورودی‌ها است. محدودیت دیگر در این تعریف این است که مقدار Ej در هر n واحد باید کمتر از یک باشد. هرگاه نتیجه حل این الگو برابر عدد یک باشد، آن واحد تصمیم‌گیری کارا خواهد بود. با تبدیل این الگو به یک الگوی خطی، الگوی برنامه‌ریزی خطی برای سنجش کارایی نسبی به دست خواهد آمد. اما در این بخش به طور مختصر به مواردی از مطالعات مرتبط با این موضوع در داخل و خارج از کشور اشاره می‌شود. طحاری مهرجردی و همکاران در سال ۱۳۹۱ پژوهشی را تحت عنوان تحلیل کارایی و رتبه‌بندی سیستم فرودگاه‌های کشور با استفاده از رویکرد ارزیابی کارایی متقاطع انجام داده‌اند. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی کارایی فرودگاه‌های کشور با استفاده از یکی از تکنیک‌های نا پارامتریک در این زمینه تحت عنوان تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. 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 جابه‌جاشده میزان بار حمل شده استفاده شد و فرودگاه‌های کشور به دودسته فرودگاه‌های کارا و غیرکارا طبقه‌بندی شدند. نتایج رتبه‌بندی نهایی، فرودگاه اهواز را در رتبه اول و فرودگاه آبادان را در رتبه آخر سطح عملکرد نشان داد. افشار کاظمی و همکاران در سال ۱۳۹۰ پژوهشی را تحت عنوان ارزیابی کارایی نسبی شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران (هما) در مقایسه با شرکت‌های برتر هواپیمایی جهان با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) را انجام داده‌اند. هدف این پژوهش شناسایی و تبیین شاخص‌های اندازه‌گیری کارایی خطوط هوایی و به دست آوردن کارایی نسبی آن‌ها با استفاده از مدل مناسب تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) می‌باشد. وانکه و همکاران در سال ۲۰۱۶ پژوهشی را تحت عنوان ارزیابی کارایی عملکرد فرودگاه‌های کشور نیجریه با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های فازی (Fuzzy-DEA) انجام داده‌اند. در این پژوهش از مدل فازی جهت رفع ابهام در اندازه‌گیری ورودی‌ها و خروجی‌های موجود در فرودگاه‌های نیجریه استفاده‌شده است. همچنین پس‌ازآن جهت کنترل اثرات تصادفی از رگرسیون بوت استرپ استفاده‌شده است. نتایج نشان می‌دهند که استفاده مشترک از رگرسیون بوت استرپ و تحلیل پوششی داده‌های فازی (Fuzzy-DEA) منجر به نتایج قوی‌تری در پژوهش‌ها شده است. هدف از انجام این پژوهش ارائه یک مدل جهت ارزیابی کارایی فرودگاه‌ها در کشور نیجریه بر اساس معیارهای عملیاتی استخراج‌شده از ادبیات‌های تحقیق، می‌باشد. در این پژوهش اطلاعات مربوط به ۳۰ فرودگاه در کشور نیجریه در فواصل زمانی سال‌های ۲۰۰۳ الی ۲۰۱۳ مورد ارزیابی قرارگرفته شده است. متغیرهای ورودی و خروجی این پژوهش بر اساس اطلاعات در دسترس انتخاب شده‌اند که عبارت‌اند از: الف) متغیرهای ورودی: ظرفیت ترمینال (تعداد مسافرین/ سال)، ابعاد باند (مترمربع)، تعداد کارکنان و منطقه باند (مترمربع). ب) متغیرهای خروجی: تعداد مسافرین (در سال)، تعداد حرکات (فرود و برخاست در سال)، میزان محموله‌ها (کیلوگرم/ سال) و میزان پست‌ها (کیلوگرم/سال) (Wanke, Barros & Nwaogbe, 2016). کوی و لی در سال ۲۰۱۵ پژوهشی را تحت عنوان ارزیابی کارایی انرژی برای خطوط هوایی: با استفاده از تکنیک انجام داده‌اند. در این پژوهش کارایی انرژی در خطوط هوایی توسط تعداد کارکنان، سهام سرمایه و هر هزار تن نفت سفید در حمل و نقل هوایی به عنوان متغیر ورودی و درآمد هر هزار کیلومتر، درآمد هر کیلومتر مسافر، درآمد کل و نرخ کاهش انتشار گاز CO_2 به عنوان متغیرهای خروجی در نظر گرفته شده‌اند. همچنین، یک مدل جدید با نام تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی همکارانه (VFB-DEA) جهت محاسبه بازده انرژی ۱۱ خطوط هوایی در سال‌های ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۲ ارایه‌شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کارایی سرمایه یک عامل مهم در ارزیابی بهره‌وری انرژی است (Cui & Li, 2015). لای و همکاران در سال ۲۰۱۵ پژوهشی را تحت عنوان ارزیابی کارایی عملکرد فرودگاه‌ها با استفاده از تکنیک AHP/DEA-AR یکپارچه انجام داده‌اند. آن‌ها تلاش کرده‌اند با استفاده از ادبیات‌های تحقیقات گذشته با تکنیک‌های مختلف اقتصادسنجی به مقایسه‌ی بین کارایی‌های فرودگاه‌های مختلف بپردازند. این پژوهش از روش تصمیم‌گیری چند معیاره سلسله مراتبی (AHP) برای به کار بردن وزن دهی متغیرهای ورودی و خروجی در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و ناحیه اطمینان تحلیل

پوششی داده‌ها (DEA-AR) برای ارزیابی ۲٤ فرودگاه بین‌المللی استفاده می‌کند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که قدرت تبعیض در مدل پیشنهادشده AHP/DEA-AR بیشتر از مدل سنتی DEA در ارزیابی کارایی عملکرد فرودگاه‌ها بوده است. این پژوهش همچنین از شاخص‌های ورودی و خروجی زیر جهت ارزیابی کارایی عملکرد فرودگاه‌ها استفاده نموده است که در شکل زیر نشان داده‌شده است. در این پژوهش برای تحلیل پوششی داده‌ها یک ناحیه اطمینان برای وزن هر ورودی و خروجی بر اساس اهمیت آن‌ها بیان می‌شود(Lai, et al. 2015).

بنا بر مطالعات صورت گرفته روش تحلیل پوششی داده‌ها روشی مناسب جهت اندازه گیری کارایی فرودگاه‌ها می باشد ولی این روش مطالعات را با دو محدودیت رو به‌رو می‌سازد: ۱- عملکرد مدل DEA سنتی بر اساس به حداکثر رساندن کارایی خود واحد و حداقل‌رساندن کارایی DMUهای دیگر است. به‌طوری‌که این روش کارایی هرکدام از واحدهای تصمیم‌گیری را به‌طور جداگانه موردبررسی قرار می‌دهد و اگر دو واحد تصمیم‌گیری مانند فرودگاه‌ها باهم همکاری داشته باشند این همکاری‌ها در ارزیابی کارایی نادیده انگاشته می‌شود.

۲- در مدل DEA سنتی، هر DMU، توانایی تولید خود را با توانایی تولید یک مرز واقعی بهینه می‌سنجد. هنگامی‌که نتیجه‌ی آن ۱ است، DMU دارای کارایی فنی است در غیر این صورت، DMU دارای ناکارایی فنی است. بااین‌حال نمی‌توانیم تفاوت بین DMU های کارا (فرودگاه‌های کارا) را تشخیص دهیم. پس‌نیاز است که از مدل کارایی متقاطع تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی همکارانه (VFB-DEA) استفاده کنیم(Cui & Li, 2015).

۳-روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی، از نظر نوع داده، کمی و از نظر شیوه گردآوری داده ها، توصیفی پیمایشی می‌باشد. جامعه آماری تحقیق شامل تمام فرودگاه‌های بین‌المللی جمهوری اسلامی ایران که دارای کد بین‌المللی ایکائو هستند، می‌باشند. کد فرودگاهی ایکائو یا مکان‌یاب ایکائو، کدی چهارحرفی (رقمی) است که هر یک از فرودگاه‌های دنیا را با آن می‌توان نشان داد. این کدها توسط سازمان بین‌المللی هواپیمایی مسافری تعریف و منتشر شده‌اند. کد ایکائو برای برنامه‌ریزی پرواز و کنترل ترافیک هوایی استفاده می‌شود.

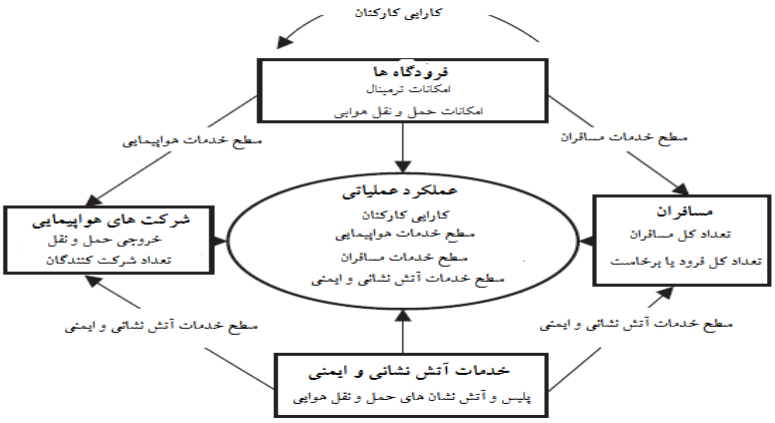
روش نمونه‌گیری این تحقیق از نوع غیر تصادفی و روش قضاوتی می‌باشد که از میان کل فرودگاه‌های موجود در کشور فقط ۹ فرودگاه بین‌المللی که دارای کد بین‌المللی ایکائو هستند و دارای مقاصد پروازی خارجی هستند، انتخاب شده‌اند. اطلاعات فرودگاه‌های مورد نظر از سامانه شرکت فرودگاه‌ها و ناوبری هوایی استخراج گردیده است. اسامی این فرودگاه‌ها در جدول (۱) ذکر شده است.

جدول ۱. اسامی فرودگاه‌های مورد بررسی پژوهش

نام فرودگاه	کد ایکائو و یاتا
فرودگاه بین‌المللی بندرعباس	یاتا: GDS – ایکائو: OIKB
فرودگاه بین‌المللی شهید بهشتی اصفهان	یاتا: IFN – ایکائو: OIFM
فرودگاه بین‌المللی کیش	یاتا: KIH – ایکائو: OIBK
فرودگاه بین‌المللی شهید هاشمی نژاد مشهد	یاتا: MHD – ایکائو: OIMM
فرودگاه بین‌المللی شهید دستغیب شیراز	یاتا: SYZ – ایکائو: OISS
فرودگاه بین‌المللی شهید مدنی تبریز	یاتا: TBZ – ایکائو: OITT
فرودگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)	یاتا: IKA – ایکائو: OIIE
فرودگاه بین‌المللی شهید باکری ارومیه	یاتا: OMH – ایکائو: OITR
فرودگاه بین‌المللی زاهدان	یاتا: ZAH – ایکائو: OIZH

۳-۱- مدل مفهومی پژوهش

در تحقیقی که وانگ و همکاران در سال ۲۰۰٤ تحت عنوان تجزیه و تحلیل مقایسه ای از عملکردهای عملیاتی فرودگاه‌های بزرگ تایوان انجام داده‌اند. آن‌ها چارچوبی را جهت اندازه‌گیری کارایی عملکرد فرودگاه‌ها مبتنی بر رابطه‌ی بین چهار بعد: فرودگاه، مسافران، شرکت‌های هواپیمایی و خدمات ایمنی و آتش‌نشانی ارائه داده‌اند. آن‌ها با استفاده از مصاحبه با خبرگان و تحلیل روابط خاکستری به استخراج ابعاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌های این چارچوب پرداخته‌اند. چهارچوب موردنظر در شکل نشان داده‌شده است. چارچوب یادشده دارای ٤ بعد، ۹ مؤلفه و ۱۸ شاخص بوده که مؤلفه درآمد به دلیل محدودیت در جمع‌آوری اطلاعات حذف گردیده و چارچوب موردبررسی در این پژوهش دارای ٤بعد، ۸ مؤلفه و ۱٦ شاخص می‌باشد که می‌تواند به عنوان چارچوبی مناسب برای ارزیابی کارایی عملکرد فرودگاه‌های مختلف به کار رود.



شکل ۱. چارچوب ارزیابی عملکرد فرودگاه‌ها (Wang, et al. 2004)

۳-۲- تعریف شاخص های ورودی و خروجی

ورودی‌های مدل عبارت‌اند از:

- **عامل فرودگاه**

– نیروی کار (تعداد کارکنان)

– امکانات ترمینال (مساحت سطح ساختمان ترمینال– تعداد سکوهای بارگیری و تعداد سالن‌های Check-in)

–امکانات حمل‌ونقل هوایی (اندازه صحن فرودگاه، تعداد پارکینگ‌های خودرو)

- **عامل کنترل حمل‌ونقل هوایی و خدمات ایمنی و امنیت**

– خدمات آتش‌نشانی و پلیسی (تعداد آتش‌نشان‌ها، تعداد ایستگاه‌های پلیس)

– خدمات کنترل حمل‌ونقل هوایی (تعداد واحدهای کنترل حمل‌ونقل هوایی)

خروجی‌های مدل عبارت‌اند از :

- **عامل شرکت‌های هواپیمایی**

–شرکت های هواپیمایی (تعداد شرکت های هواپیمایی)

– حمل‌ونقل هوایی (تعداد فرازوفرودها، میزان بار حمل شده، تعداد مسیرها)

- **عامل مسافرین**

– مسافر (تعداد کل مسافرین جابه‌جا شده)

۳-۳- تحلیل پوششی داده ها با مرز مجازی همکارانه (VFB-DEA)

تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) در اصل توسط چارنز و همکاران در سال ۱۹۷۸ ارایه شد، که یک روش ناپارامتریک برای ارزیابی کارایی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری همگن (DMUs) می‌باشد که در آن‌یک یا چند ورودی برای تولید یک یا چند خروجی مصرف می‌شوند. هدف از تحلیل

پوششی داده‌ها حداکثر سازی نسبت مجموع وزنی خروجی به مجموع وزنی ورودی واحدهای تصمیم‌گیری مورد ارزیابی که دارای کارایی بزرگ‌تر از یک نباشند. روندهای محاسبه برای هر DMU تکرار می‌شود و حداکثر نسبت به‌دست‌آمده به‌عنوان نمرات کارایی DMUها تعریف می‌شود. DEA باعث می‌شود که هیچ فرضی در مورد تابع تولید و هیچ محدودیت وزن‌دهی برای ورودی یا خروجی وجود نداشته باشد. علاوه بر این، DEA قابلیت خوبی جهت شناسایی بهترین مرز فعالیت و رتبه‌بندی DMU ها دارد(Chu, Wu & Song، 2016). ولی استفاده از روش DEA سنتی در ارزیابی کارایی فرودگاه‌ها این مطالعه را با دو محدودیت روبه‌رو می‌کند: ۱- مدل DEA سنتی بر این اساس که عملکرد آن به حداکثر رساندن کارایی خود واحد و حداقل رساندن کارایی DMU های دیگر است، صورت می‌گیرد. به طوری که این روش کارایی هر کدام از واحدهای تصمیم‌گیری را به طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌دهد و اگر دو واحد تصمیم‌گیری مانند فرودگاه‌ها باهم همکاری داشته باشند این همکاری‌ها در ارزیابی کارایی نادیده انگاشته می‌شود. ۲- در مدل DEA سنتی، هر DMU، توانایی تولید خود را با توانایی تولید یک مرز واقعی بهینه می‌سنجد. هنگامی‌که نتیجه‌ی آن ۱ است، DMU دارای کارایی فنی است در غیر این صورت، DMU دارای ناکارایی فنی است. بااین‌حال نمی‌توانیم تفاوت بین DMU های کارا (فرودگاه‌های کارا) را تشخیص دهیم. پس‌نیاز است که از مدل کارایی متقاطع تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی همکارانه (VFB-DEA) استفاده کنیم(Cui & Li، 2015). مدل VFB-DEA دو محدودیت مدل DEA سنتی را برطرف کرده و دارای دو ویژگی عمده در بررسی ارزیابی عملکرد فرودگاه‌ها می‌باشد: ۱- DMU ها در این مدل در حین حداکثر سازی کارایی خود، کارایی DMU های دیگر را نیز حداکثر می‌سازد، و همچنین به‌راحتی می‌تواند همکاری میان DMUها (فرودگاه‌ها) را در نظر بگیرد و نتایج منطقی‌تری را ارایه کند. ۲- در این مدل تمام DMU ها ناکارا هستند و کارایی آن‌ها کمتر از ۱ می‌باشد و به‌راحتی قابل‌بررسی می‌باشند و همچنین باعث می‌شود مرزهای مرجع بدون تغییر باقی بمانند تا مدل بتواند نتایج ارزیابی معقول‌تری را ارایه نماید(Cui & Li، 2015).

۳-۳-۱ بهبود محدودیت اول تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

یک مدل مشتق شده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، به نام مدل کارایی متقاطع تحلیل پوششی داده‌های همکارانه جهت بهبود محدودیت اول طراحی گردیده است(Yang, Xia & Liang, 2011). در این مدل، هر واحد تصمیم‌گیری به‌عنوان یک همکار در نظر گرفته می‌شود. هنگامی‌که واحد تصمیم‌گیری کارایی خود را حداکثر می‌نماید، همچنین واحدهای تصمیم‌گیری دیگر را نیز حداکثر می‌نماید. این مدل این امکان را نیز می‌یابد که رابطه‌ی همکاری میان واحدهای تصمیم‌گیری (DMU)ها را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. جزییات مدل کارایی متقاطع تحلیل پوششی داده‌های همکارانه (Benevolent DEA) به‌صورت زیر معرفی می‌گردد:

بر اساس مدل CCR، کارایی واحد تصمیم‌گیری K می‌تواند به‌صورت زیر برنامه‌ریزی گردد.

$$\boldsymbol{Max\ z_k = u' y_k} \quad (۲)$$

$$\boldsymbol{s.t.\ \ v' x_k = 1} \quad (۳)$$

$$\boldsymbol{u' y_j - v' x_j \le 0 \quad j = 1, 2, \dots, n} \quad (٤)$$

$$\boldsymbol{u \ge 0\ ,\ \ v \ge 0} \quad (٥)$$

برای واحد تصمیم‌گیری k، راه‌حل بهینه $(\boldsymbol{z_k^*, u_k^*, v_k^*})$ می‌باشد. راه‌حل بهینه برای دیگر واحدهای تصمیم‌گیری به‌صورت $(\boldsymbol{z_j^*, u_j^*, v_j^*})$ می‌باشد و همچنین کارایی متقاطع واحد تصمیم‌گیری k نیز به‌صورت زیر می‌باشد:

$$\boldsymbol{E_k = \frac{1}{n} \frac{\sum_{j=1}^{n} u'_j\, y_k}{\sum_{j=1}^{n} v'_j\, y_k}} \quad (٦)$$

بر اساس دیدگاه دایل و گرین[10] (۱۹۹٤) کارایی متقاطع همکارانه میان واحد تصمیم‌گیری k و واحد تصمیم‌گیری l به‌صورت زیر برنامه‌ریزی می‌گردد:

$$Max\ z_{kl} = u'y_k \quad (۷)$$

$$s.t.\ \ v'x_k = 1 \quad (۸)$$

$$u'y_j - v'x_j \le 0, \quad j = 1,2,\dots,n \quad (۹)$$

$$u'y_l - z^* v'x_l = 0 \quad (۱۰)$$

$$u \ge 0, \quad v \ge 0 \quad (۱۱)$$

میانگین کارایی متقاطع همکارانه واحد تصمیم‌گیری k به‌صورت زیر به دست می‌آید:

$$E_K = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^{n} \gamma_{kl} \quad (۱۲)$$

مدل تحلیل پوششی داده‌های همکارانه (Benevolent DEA) نمی‌تواند محدودیت دوم مدل سنتی تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) را بهبود دهد. به همین دلیل، در نتایج ارزیابی این مدل، واحدهای تصمیم‌گیری کارای زیادی یافت می‌شود که این مدل توانایی تشخیص مقادیر بیشتر و کمتر میان آن‌ها را ندارد.

۳-۳-۲ بهبود محدودیت دوم تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

براساس دیدگاه چارنز و همکاران (۱۹۹۱)، واحدهای تصمیم‌گیری (DMU) به دو گروه قابل‌تقسیم بندی هستند: واحدهای تصمیم‌گیری که درون مرز کارایی هستند و واحدهایی که خارج مرز کارایی قرار دارند. اگرچه واحدهایی که درون مرز کارایی قرار دارند نیز به سه گونه بیان می‌شوند: واحدهای تصمیم‌گیری که کاملاً کارا هستند، واحدهای تصمیم‌گیری که نسبتاً کارا هستند یعنی نزدیک به کارایی کامل قرار دارند و واحدهای تصمیم‌گیری که دارای کارایی ضعیف هستند یعنی کارایی آن‌ها نزدیک به صفر می‌باشد. جهت شناسایی گونه‌های فوق، مدل تحلیل پوششی داده‌های ویژه (Super DEA) پیشنهاد می‌گردد. عملکرد اساسی مدل تحلیل پوششی داده‌های ویژه، ارزیابی هر واحد تصمیم‌گیری نسبت به واحدهای تصمیم‌گیری مرجع می‌باشد (Chiu, Chen & Bai, 2011).

که مدل آن به‌صورت زیر برنامه‌ریزی می‌گردد:

$$Max\ z = u'y_i \quad (۱۳)$$

$$s.t.\ \ v'x_i = 1 \quad (۱٤)$$

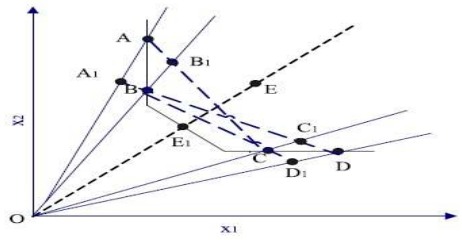
$$u'y_j - v'x_j \le 0, \quad j = 1,2,\dots,n, \quad j \ne i \quad (۱۵)$$

$$u \ge 0, \quad v \ge 0 \quad (۱٦)$$

بنابراین، نتایج مدل تحلیل پوششی داده‌های ویژه دارای کارایی‌های یکسان نمی‌گردند. اگرچه، این مدل نیز دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد. شکل ۳-۳ نحوه عملکرد این مدل را بیان می‌دارد:

همان‌طور که شکل ۳-۳ نشان داده‌شده است، بر اساس مدل سنتی تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) واحدهای A، B، C و D در مرز کارایی قرار دارند. درصورتی‌که واحد E ناکارا می‌باشد. در مدل تحلیل پوششی داده‌های ویژه (Super DEA)، هنگامی‌که کارایی واحد B محاسبه می‌گردد، از مجموعه مرجع حذف می‌گردد و مجموعه مرجع از ABCD به ACD تغییر می‌یابد.

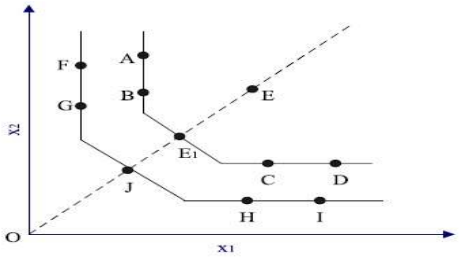
کارایی واحد B به‌صورت $\frac{OB_1}{OB} > 1$ می‌باشد. علاوه بر این، برای واحد تصمیم‌گیری E که در مدل سنتی تحلیل پوششی داده‌ها ناکارا به‌دست‌آمده است، مرز کارایی همان ABCD باقی می‌ماند و کارایی آن نیز بدون تغییر به‌صورت $\frac{OE_1}{OE} < 1$ باقی می‌ماند.



شکل ۲. مدل Super DEA

با این‌حال، در مدل تحلیل پوششی داده‌های ویژه، مجموعه مرجع هنگامی واحدهای مختلف محاسبه می‌گردند تغییر می‌یابد، که ممکن است به نتایج غیرمنطقی منجر گردند. در شکل ۳-۳، کارایی واحدهای A، B، C و D در تحلیل پوششی داده‌های ویژه به‌صورت $\frac{OA_1}{OA} < 1$، $\frac{OB_1}{OB} > 1$، $\frac{OC_1}{OC} > 1$ و $\frac{OD_1}{OD} < 1$ می‌باشد. در مقایسه با مدل سنتی تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی واحدهای A و D کمتر می‌شود درحالی‌که کارایی واحدهای B و C افزایش می‌یابد. این اختلافات به دلیل تغییر مجموعه‌های مرجع می‌باشد که ممکن است منجر به نتایج غیرمنطقی گردد. به دلیل غلبه بر محدودیت این مدل بیان و ژو [11](۲۰۱۳) مدلی را تحت عنوان مرز مجازی تحلیل پوششی داده‌ها را پیشنهاد داده‌اند. جهت توضیح بیشتر در مورد مدل مرز مجازی تحلیل پوششی داده‌ها شکل ۳-٤ معرفی می‌گردد. در مدل تحلیل پوششی داده‌های سنتی، واحدهای A، B، C و D کارا و واحد E ناکارا به‌دست‌آمده است. کارایی واحدهای A، B، C و D یک می‌باشد درحالی‌که مدل سنتی تحلیل پوششی داده‌ها قادر به شناسایی تفاوت آن‌ها نیست.

مرز مجازی تحلیل پوششی داده‌ها یک مرز مجازی به نام FGHI ایجاد می‌کند که به‌عنوان مرز مرجع بهینه برای واحدهای A، B، C، D و E به‌حساب می‌آید، که بر این اساس این واحدها ناکارا می‌شوند.



شکل ۳. مدل مرز مجازی تحلیل پوششی داده‌ها (virtual frontier DEA)

اگر $\boldsymbol{\beta}$ نشان‌دهنده مجموعه DMU های ارزیابی‌شونده باشد و $\boldsymbol{\psi}$ مجموعه DMU های مرجع (مرز مجازی) باشد، مدل مرز مجازی تحلیل پوششی داده‌ها به‌صورت زیر برنامه‌ریزی می‌گردد:

$$\boldsymbol{Max\ z = u'y_i} \quad (۱۷)$$

$$\boldsymbol{s.t.\ \ v'x_i = 1} \quad (۱۸)$$

$$\boldsymbol{u'y_j - v'x_j \le 0,\ j = 1,2,\dots,n,\qquad j \in \psi} \quad (۱۹)$$

$$\boldsymbol{u \ge 0,\quad v \ge 0} \quad (۲۰)$$

در این مدل، مجموعه DMU های مرجع و مجموعه DMUهای ارزیابی‌شونده دو مجموعه‌ی متفاوت هستند، همچنین این مدل امکان تشخیص واحدهای کارا را در مدل سنتی DEA ارایه می‌دهد. در ادامه فرایند ارزیابی، مجموعه DMU مرجع بدون تغییر باقی می‌ماند و جواب منطقی‌تری را نسبت به مدل تحلیل پوششی داده‌های ویژه ارایه می‌دهد.

در ادامه به نحوه انتخاب مجموعه مرجع خواهیم پرداخت. مطابق ادبیات تحقیق بیان و ژو (۲۰۱۳) و کوی و لی (۲۰۱٤)، تعداد واحدهای مرجع باید با واحدهای ارزیابی‌شونده برابر باشد. مجموعه $\boldsymbol{X_{i0} = min\{x_{ij}\}}$ و $\boldsymbol{y_{r0} = max\{y_{rj}\}}$ ، j= 1, 2, …, n واحدهای تصمیم‌گیری را ارائه می‌دهد، $\boldsymbol{x_{ij}}$، i امین ورودی واحد تصمیم‌گیری j را نشان می‌دهد، $\mathbf{y_{rj}}$، rامین خروجی واحد تصمیم‌گیری j را نشان می‌دهد.

با انتخاب مجموعه مرجع واحدهای تصمیم‌گیری ، می‌توان بیان نمود که ورودی‌های واحد تصمیم‌گیری مرجع j از واحد تصمیم‌گیری واقعی j کمتر می‌باشد و همچنین خروجی‌های آن نیز از واحد تصمیم‌گیری واقعی بیشتر است. بنابراین، میزان کارایی برای مدل تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی از میزان مدل سنتی تحلیل پوششی داده‌ها کمتر است، که می‌توان اطمینان یافت میزان کارایی مدل تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی کمتر یک یا مساوی صفر و یا بزرگ‌تر از صفر می‌باشد. بر اساس محدودیت‌های مدل سنتی تحلیل پوششی داده‌ها و مدل‌های ذکرشده در بخش‌های گذشته، این پژوهش یک مدل جدید از ترکیب مدل‌های ذکرشده به نام مدل تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی همکارانه (VFB-DEA) ارائه می‌نماید، به‌طوری‌که قادر به حل دو محدودیت موجود در مدل سنتی تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) می‌باشد.

۳-۳-۳ تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی همکارانه (VFB-DEA)

در مدل تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی همکارانه (VFB-DEA)، کارایی متقاطع واحد تصمیم‌گیری K با واحد تصمیم‌گیری l می‌تواند به‌صورت زیر برنامه‌ریزی گردد (Cui & Li, 2015):

$$\boldsymbol{Max\ z_{kl} = u'y_k} \quad (۲۱)$$

$$\boldsymbol{s.t.\quad v'x_k = 1} \quad (۲۲)$$

$$\boldsymbol{u'y_j - v'x_j \le 0,\quad j = 1,2,\dots,n,\ j \in \psi} \quad (۲۳)$$

$$\boldsymbol{u'y_l - z_l^* v'x_l = 0,\qquad l = 1,2,\dots,n} \quad (۲٤)$$

$$\boldsymbol{u \ge 0,\quad v \ge 0} \quad (۲۵)$$

$\boldsymbol{\psi}$ مجموعه مرجع واحد تصمیم‌گیری می‌باشد.

میانگین کارایی متقاطع (VFB-DEA) واحد تصمیم‌گیری K به‌صورت زیر می‌باشد:

$$\boldsymbol{E_K = \frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n} \gamma_{kl}} \quad (۲٦)$$

دو مدل متفاوت جهت حل دو محدودیت مدل سنتی تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) یادآوری گردید، درنهایت مدلی جامع جهت حل محدودیت‌ها ذکر گردید که شامل این عملکردهای خاص می‌باشند: ۱- واحدهای تصمیم‌گیری (DMU) در مدل VFB-DEA کارایی خود را ماکزیمم کرده و کارایی واحدهای تصمیم‌گیری (DMU) دیگر را نیز ماکزیمم می‌نماید به‌طوری‌که بتواند رابطه همکارانِ میان واحدهای تصمیم‌گیری را منعکس نماید. برای اکثر واحدهای تصمیم‌گیری اگرچه عمل ماکزیمم کردن کارایی خود و واحدهای تصمیم‌گیری دیگر بسیار مناسب می‌باشد، تجسم رابطه همکاری میان واحدهای تصمیم‌گیری نیز می‌تواند در شرایط وجود همکاری جواب قانع‌کننده‌ای را ارایه نماید.

۲- در مدل VFB-DEA، همه واحدهای تصمیم‌گیری ناکارا هستند و مقدار آن‌ها کمتر از یک می‌باشد، بنابراین، امکان تشخیص واحدهای کارای مدل سنتی تحلیل پوششی داده‌ها را فراهم می‌سازد. همچنین در مقایسه با تحلیل پوششی داده‌های ویژه(Super DEA) مرز مرجع در مدل VFB-DEA بدون تغییر باقی خواهد ماند، به‌طوری‌که راه‌حل‌های معقول‌تری به دست خواهد داد(Cui & Li, 2015).

بر این اساس، مدل مورداستفاده در این پژوهش تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی همکارانه (VFB-DEA) می‌باشد. که در این تحقیق فرودگاه‌ها بر اساس متغیرهای ورودی و خروجی مورد نظر برنامه‌ریزی خواهند شد و بر اساس میزان کارایی رتبه‌بندی می‌گردند.

٤- یافته‌های پژوهش

مدلی جهت ارزیابی کارایی عملکرد واحدها با نام تحلیل پوششی داده ها با مرز مجازی همکارانه (VFB-DEA) ارایه داده‌اند که دو محدودیت موجود در تحلیل پوششی داده‌های سنتی را رفع نموده و جواب منطقی‌تری را در دسترس قرار می‌دهد. در مدل کارایی متقاطع تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی همکارانه (VFB-DEA) کارایی متقاطع هر واحد بنا بر میزان همکاری با واحدهای دیگر به صورت زیر در نرم افزار LINGO 11 مدلسازی می‌گردد:

قدم اول: قبل از شروع مدلسازی به شناسایی مجموعه‌ی مرجع $\boldsymbol{\psi}$ برای واحدهای تصمیم‌گیری مورد بررسی می پردازیم. ابتدا نیاز است ورودی‌ها و خروجی‌های مرجع به صورت زیر شناسایی گردند:

$$\boldsymbol{X_{i0} = \min\{x_{ij}\}, y_{r0} = \max\{y_{rj}\}}$$

$\boldsymbol{x_{ij}}$ نشان دهنده i امین ورودی واحد تصمیم گیری j می باشد، و همچنین $\boldsymbol{y_{rj}}$ نشان دهنده r امین خروجی واحد تصمیم‌گیری j می‌باشد. از این رو مجموعه واحدهای مرجع J با میزان ورودی های $\boldsymbol{X_{i0}}$ و میزان خروجی‌های $\boldsymbol{y_{r0}}$ تشکیل می گردد.

قدم دوم: پس از شناسایی ورودی‌ها و خروجی‌های مجموعه مرجع نیاز است میزان کارایی هرواحد بر اساس میزان همکاری با واحدهای دیگر برنامه ریزی گردد:

$$\boldsymbol{Max\ z_{kl} = u' y_k} \quad (٢٦)$$

$$\boldsymbol{s.t.\quad v' x_k = 1} \quad (٢٧)$$

$$\boldsymbol{u' y_J - v' x_J \le 1,\quad J = 1,2,\dots,n,\ J \in \psi} \quad (٢٨)$$

$$\boldsymbol{u' y_l - z_l^* v' x_l = 0,\qquad l = 1,2,\dots,n} \quad (٢٩)$$

$$\boldsymbol{u \ge 0,\quad v \ge 0} \quad (٣٠)$$

$\boldsymbol{\psi}$ مجموعه مرجع واحد تصمیم‌گیری می‌باشد.

قدم سوم: پس از محاسبه کارایی بر اساس میزان همکاری هر واحد با واحدهای دیگر، حال می توانیم کارایی متقاطع (VFB-DEA) واحد تصمیم‌گیری K را به‌صورت زیر بدست آوریم:

$$\boldsymbol{E_K = \frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n} \gamma_{kl}} \quad (٢٦)$$

در ادامه نیز به مدل‌سازی فرودگاه بین المللی بندر عباس می‌پردازیم:

قدم اول: بنا بر اطلاعات جدول ۲ و ۳ به بررسی انتخاب کمترین میزان هر ورودی و همچنین بیشترین میزان هر خروجی در این پژوهش می پردازیم:

جدول ۲. کمترین میزان متغیرهای ورودی

متغیرهای ورودی	کمترین میزان ورودی
تعداد کارکنان	۳۵۹
مساحت سطح ساختمان ترمینال (مترمربع)	٤۲۰۰
تعداد سکوهای بارگیری	۱۰
تعداد سالن های CHECK-IN	۲
اندازه صحن فرودگاه (هکتار)	۳٤۳
تعداد پارکینگ های هواپیما	۵
تعداد ایستگاه های آتش نشانی	۳
تعداد ایستگاه های پلیس	۵
تعداد واحدهای کنترل حمل و نقل هوایی	۳

جدول۳. بیشترین میزان متغیرهای خروجی

متغیرهای خروجی	بیشترین میزان خروجی
تعداد شرکت های هواپیمایی	٤٩
تعداد برخاست و فرود	٧٠٠٨٤
میزان بار حمل شده	٢٤١٢٨٥٢٨
تعداد مسیرها	٧٠
تعداد مسافرین جابه جا شده	١٤٨٠٢٠٤١٥

قدم دوم: پس از شناسایی ورودی ها و خروجی های مجموعه مرجع به مدلسازی فرودگاه بین المللی بندرعباس با همکاری فرودگاه بین المللی شهید بهشتی اصفهان می پردازیم:

$$\max z = 13y_1 + 10243\, y_2 + 10816205y_3 + 21y_4 + 1123641y_5 \quad (۳۱)$$

st (۳۲)

$$528x_1 + 6888x_2 + 12x_3 + 2x_4 + 481x_5 + 8x_6 + 3x_7 + 5x_8 + 3x_9 = 1$$

$$49y_1 + 70084\, y_2 + 24128528y_3 + 70y_4 + 148020415y_5 - 359x_1 - 4200x_2 - 10x_3 - 2x_4 - 343x_5 - 5x_6 - 3x_7 - 5x_8 - 3x_9 \le 0 \quad (۳۳)$$

$$21y_1 + 23040y_2 + 24128528y_3 + 40y_4 + 2593414y_5 - 937x_1 - 13750x_2 - 16x_3 - 2x_4 - 1041x_5 - 10x_6 - 4x_7 - 8x_8 - 5x_9 = 0 \quad (۳٤)$$

$$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 \ge 0 \ , \quad x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9 \ge 0 \quad (۳۵)$$

با توجه به یک بودن مقدار بهینه z^* در مدل تحلیل پوششی داده‌های سنتی برای فرودگاه بین المللی شهید بهشتی اصفهان، مقدار یک در میزان ورودی‌های محدودیت سوم ضرب شده است.

جدول ٤. حل مدلسازی خطی برای فرودگاه بندرعباس با همکاری فرودگاه شهید بهشتی اصفهان

متغیر	جواب	هزینه کاهش یافته
Y_1	۰	۸/۹٦٥
Y_2	۰	۲۱۱۷۳/۸۷
Y_3	۰/٤١٤٤٤e-۷	۰
Y_4	۰	۱۰/۳۷۹
Y_5	۰	۰/٦٥٢۳۰١٤e+۸
X_1	۰	۷٥/۷٥۸
X_2	۰	۱۲۰٤/۹٦۲
X_3	۰	۰/۸۹٦
X_4	۰	۰
X_5	۰	٦۱/۸٦۱
X_6	۰	۱/۳٤٤
X_7	۰/۳۳۳	۰
X_8	۰	۰
X_9	۰	۰
Z^*	۰/٤٤۸	–

در ادامه نیز، در جدول زیر حل متغیرهای مصنوعی یا کمکی بیان می‌گردد.

جدول ۵. حل متغیرهای کمکی و مصنوعی مدلسازی فرودگاه بندرعباس

شماره محدودیت	کمکی یا مصنوعی	مقدار	قیمت سایه
۱	R_1	۰/٤٤٨	۱
۲	S_1	۰	۰/٤٤٨
۳	R_2	۰	۰/٤٤٨۲

جدول ٦. میزان کارایی فرودگاه‌ها با همکاری فرودگاه‌های دیگر با تکنیک VFB-DEA

فرودگاه ها	بندرعباس	شهید بهشتی اصفهان	کیش	هاشمی‌نژاد مشهد	دستغیب شیراز شهید	شهید مدنی تبریز	امام خمینی (ره)	شهید باکری ارومیه	زاهدان
بندرعباس	۰/۰۲۵۳	۰/٤٤٨۲	۰/۰۰۰۲	۰/۱٤٦۱	۰/۰۹۵۷	۰/۱٤۲۷	۰/۱۹۰۳	۰/۰۰۱۲	۰/۰۲۰۰
شهید بهشتی اصفهان	۰/۰۰۱۱	۱	۰/۵۰۷	۰/۳۲۸۷	۰/۰۵۱۹	۰/٤٦۲۵	۰/۲۵٤۳	۰/۰۰۰٤	۰/۰۳٦۱
کیش	۰/۰۰۷۵	۰/۱۱۷۱	۰/۰۰۰۲	۰/۳٤۱۲	۰/۰٦۰۰	۰/۰۳۹٦	۰/۰٤۱۱	۰/۰۵۰۱	۰/۰۱٤۵
هاشمی‌نژاد مشهد	۰/۰۱۷۱	۰/۰٤۱۵	۰/۰۱۵۱	۱	۰/۸۷۱٤	۰/۰۰۰۵	۰/۰۲۰۵	۰/۰۱۵۱	۰/۰۲۹۸
شهید دستغیب شیراز	۰/۰۰۱۰	۰/۱۳۷۱	۰/۰۰۰۱	۰/٤٤٤٤	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰٤۱۱	۰/۰٦۰۲	۰/۰۰۰۱
شهید مدنی تبریز	۰/۰۱۰۵	۰/۰۷۳۲	۰/۰۰۰۲	۰/۲۰۳۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰٤۱۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۳۵
امام خمینی (ره)	۰/۰۲۱۸	۰/۲۱٦۱	۰/۰۳۵۹	۰/۵۰۷۵	۰/۰۱۵۵	۰/۰۰۹۲	۰/۰۲۷٤	۰/۰۰۷۰	۰/۰۲۸۲
شهید باکری ارومیه	۰/۰۱۲٦	۰/۰۱٦۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۵۱۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۰۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱٦۰
زاهدان	۰/۰۰۸۳	۰/۱٦٦۷	۰/۰۰۰۲	۰/۰۵۹۲	۰/۰۰۱٦	۰/۰۳٦۹	۰/۱۰۰۳	۰/۰۵۳٤	۰/۰۵۱۳

٤-۱- رتبه بندی فرودگاه ها بر اساس میزان کارایی

بر اساس جدول ٦ میزان کارایی هر فرودگاه با همکاری فرودگاه های دیگر بر اساس تکنیک VFB-DEA محاسبه گردیده است. در این بخش با توجه به کارایی‌های بدست آمده از هر فرودگاه به محاسبه‌ی کارایی هر فرودگاه به تنهایی می‌پردازیم که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد:

قدم سوم- برای محاسبه کارایی هر فرودگاه به محاسبه میانگین میزان کارایی هر فرودگاه با همکاری فرودگاه‌های دیگر می‌پردازیم:

$$E_K = \frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n}\gamma_{kl} \quad (۲٦)$$

$$E_{\text{بندرعباس}} = \frac{0.0253 + \cdots + 0.0200}{9} = 0.0871$$

با توجه به رابطه‌ی فوق میزان کارایی فرودگاه بین‌المللی بندرعباس۰/۰۸۷۱ بدست آمده است. بدین ترتیب برای هر یک از فرودگاه‌ها به طور جداگانه میزان کارایی را محاسبه می‌کنیم، که در جدول ۷ به بیان میزان کارایی فرودگاه‌ها می‌پردازیم.

جدول۷. میزان کارایی محاسبه شده

نام فرودگاه	میزان کارایی
فرودگاه بین‌المللی بندرعباس	۰/۰۸۷۱
فرودگاه بین‌المللی شهید بهشتی اصفهان	۰/۰۷۸۱
فرودگاه بین‌المللی کیش	۰/۰۷٤٥
فرودگاه بین المللی شهید هاشمی نژاد مشهد	۰/۲۲۳٤
فرودگاه بین المللی شهید دستغیب شیراز	۰/۰٦۰۷
فرودگاه بین المللی شهید مدنی تبریز	۰/۰۳۸۰
فرودگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)	۰/۰۹٦٥
فرودگاه بین‌المللی شهید باکری ارومیه	۰/۰۱۳۰
فرودگاه بین المللی زاهدان	۰/۰٥۳٤

۵- نتیجه‌گیری

هدف از انجام این تحقیق ارزیابی عملکرد فرودگاه‌های بین‌المللی کشور جمهوری اسلامی ایران با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها با مرز مجازی همکارانه (VFB-DEA) می‌باشد. و به‌طور مشخص فقط ۹ فرودگاهی که دارای کد ایکائو و دارای مقاصد پروازی خارجی هستند مدنظر قرارگرفته شده است. با توجه به فرآیند بسیار زمان‌بر و پیچیده به دست آوردن اطلاعات مربوط به فرودگاه‌ها به ارزیابی عملکرد ۹ فرودگاه بین‌المللی در کشور پرداختیم. ابتدا جهت بررسی تفاوت‌ها میان مدل ارائه‌شده و تحلیل پوششی داده‌های سنتی ابتدا به مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌ها سنتی پرداخته‌ایم. بنا بر نتایج به‌دست‌آمده از روش تحلیل پوششی داده‌های سنتی از ۹ فرودگاه موجود ۷ فرودگاه دارای کارایی کامل یا یک بودند. تاکنون روش‌های زیادی جهت ارزیابی واحدهای کارا در مدل تحلیل پوششی داده‌های سنتی ارایه‌شده است، ولی مدل‌های ارایه‌شده به دلیل ایجاد مرزهای کارایی متفاوت برای هر واحد تصمیم‌گیری نتایج غیرمنطقی ارایه داده‌اند و همچنین همکاری میان هر واحدها را در نظر نمی‌گیرند، پس بر آن شده‌ایم که میزان کارایی فرودگاه‌ها را با در نظر گرفتن میزان همکاری با فرودگاه‌های دیگر با استفاده از تکنیک VFB-DEA به دست آوریم.

-فرودگاه بین‌المللی شهیدهاشمی‌نژاد مشهد به دلیل داشتن میزان کارایی ۰/۲۲۳٤ در رتبه اول و فرودگاه بین‌المللی شهید باکری شهید باکری ارومیه با داشتن میزان کارایی ۰/۰۱۳۰ در رتبه نهم قرارگرفته است. از مقادیر به‌دست‌آمده از میزان کارایی فرودگاه‌ها می‌توان بیان نمود که هر چه میزان ورودی‌ها افزایش‌یافته باشد و یا اینکه میزان خروجی‌ها کاهش‌یافته باشد بر میزان همکاری میان فرودگاه‌ها میسر است و موجب فاصله گرفتن فرودگاه‌ها از مرز مجازی بهینه تعیین‌شده می‌گردد. در ادامه نیز فرودگاه بین‌المللی امام خمینی به دلیل داشتن خروجی زیاد می‌توانست دارای کارایی بالایی باشد ولی میزان ورودی بسیار بالا منجر به کاهش میزان کارایی این فرودگاه شده است. این فرودگاه رتبه دوم را توانست کسب کند. بر این اساس، فرودگاه بین‌المللی بندرعباس، شهید بهشتی اصفهان، شهید دستغیب شیراز، فرودگاه بین‌المللی کیش، زاهدان و فرودگاه بین‌المللی شهید مدنی تبریز بنا بر دلایل مطرح گشته در رتبه‌های سوم الی

هشتم قرار گرفته‌اند. در ادامه نیز توصیه‌هایی را می‌توان بنا بر نتایج بدست آمده بیان نمود به صورت زیر می‌باشد:

– فرودگاه بین‌المللی مشهد با میزان کارایی ۰/۲۲۳٤ توانست رتبه اول را کسب کند. بنا بر مقادیر وزن‌های به‌دست‌آمده برای همکاری فرودگاه مشهد با فرودگاه‌های دیگر می‌توان بیان نمود که اگر فرودگاه مشهد تعداد مسیرهای هواپیماها و میزان بار حمل شده‌ی خود را افزایش دهد و همچنین بتواند تعداد سکوهای بارگیری خود را ثابت نگه‌دارد می‌تواند کارایی خود را افزایش دهد.

– فرودگاه بین‌المللی‌امام خمینی (ره) با میزان کارایی ۰/۰۹٦۵ رتبه دوم را کسب نمود. بنا بر میزان وزن‌های خروجی و ورودی‌های به‌دست‌آمده از طریق تکنیک VFB-DEA می‌توان بیان نمود که اگر فرودگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) میزان بار حمل شده و میزان پروازها (تعداد فرود و برخاست) را افزایش دهد و بتواند از سوی دیگر میزان تعداد پارکینگ‌های هواپیماهای خود را ثابت نگه دارد می‌تواند در صورت همکاری با فرودگاه‌های دیگر، خود را به مرز کارایی نزدیک کند.

– فرودگاه بین‌المللی بندرعباس با میزان کارایی ۰/۰۸۷۱ رتبه سوم را کسب نموده است. بنا بر میزان وزن‌های ورودی و خروجی به‌دست‌آمده از روش VFB-DEA می‌توان بیان نمود که اگر فرودگاه بین‌المللی بندرعباس بتواند میزان بار حمل شده، تعداد مسیرها و تعداد شرکت‌های هواپیمایی خود را افزایش دهد و میزان تعداد کارکنان، تعداد سکوهای بارگیری و تعداد سالن‌های Check-in خود را کاهش ثابت نگه دارد می‌تواند با همکاری با فرودگاه‌ها خود را به مرز کارایی برساند.

– فرودگاه بین‌المللی شهید بهشتی اصفهان با میزان کارایی ۰/۰۷۸۱ رتبه چهارم را کسب نموده است. بنا بر میزان وزن ورودی و خروجی به‌دست‌آمده از روش VFB-DEA می‌توان بیان نمود که اگر فرودگاه بین‌المللی شهید بهشتی اصفهان بتواند میزان بار حمل شده و تعداد پروازها (فراز و فرود) و تعداد مسیرهای خود را افزایش دهد و تعداد سالن‌های Check-in، اندازه صحن فرودگاه خود را ثابت نگه دارد می‌تواند خود را به مرز کارایی نزدیک نماید.

– فرودگاه بین‌المللی شهید دستغیب شیراز با میزان کارایی ۰/۰٦۷۰ رتبه‌ی پنجم را کسب نموده است. بنا بر میزان وزن‌های ورودی و خروجی به‌دست‌آمده درروش VFB-DEA فرودگاه بین‌المللی شهید دستغیب شیراز می‌تواند با افزایش میزان تعداد پروازها (فرود و برخاست)، میزان بار حمل شده و تعداد مسیرها و همچنین ثابت نگه‌داشتن و یا کاهش تعداد کارکنان، مساحت سطح ساختمان پایانه و تعداد سالن‌های Check-in میزان کارایی خود را به‌تنهایی و یا با همکاری فرودگاه‌های دیگر افزایش دهد.

– فرودگاه بین‌المللی کیش با میزان کارایی ۰/۰۷٤۵ رتبه ششم را کسب نموده است. بنا بر میزان وزن‌های ورودی و خروجی به‌دست‌آمده از روش VFB-DEA فرودگاه بین‌المللی کیش می‌تواند با افزایش میزان بار حمل شده، تعداد پروازها (برخاست و فرود) و تعداد مسیرها و همچنین با ثابت نگه‌داشتن یا کاهش میزان تعداد سالن‌های Check-in، اندازه صحن فرودگاه و تعداد واحدهای کنترل حمل‌ونقل هوایی می‌تواند میزان کارایی خود را در صورت همکاری با فرودگاه‌های دیگر به مرز کارایی نزدیک نماید.

– فرودگاه بین‌المللی زاهدان با میزان کارایی ۰/۰۵۳٤ رتبه‌ی هفتم را کسب نموده است. بنا بر میزان وزن‌های ورودی و خروجی به‌دست‌آمده از روش VFB-DEA فرودگاه بین‌المللی زاهدان می‌تواند با افزایش میزان تعداد پرواز(برخاست و فرود)، میزان بار حمل شده و تعداد مسیرها و همچنین کاهش و یا ثابت نگه‌داشتن میزان تعداد سالن‌های Check-in و اندازه صحن فرودگاه میزان کارایی خود را با همکاری فرودگاه‌های دیگر به مرز کارایی نزدیک نماید.

– فرودگاه بین‌المللی شهید مدنی تبریز با میزان کارایی۰/۰۳۸۰ رتبه نهم را کسب نموده است. بنا بر میزان وزن‌های ورودی و خروجی به‌دست‌آمده از روش VFB-DEA فرودگاه تبریز می‌تواند با افزایش تعداد شرکت‌های هواپیمایی، میزان بار حمل شده و تعداد مسیرها و همچنین با ثابت نگه‌داشتن و یا کاهش تعداد سالن‌های Check-in و تعداد واحدهای کنترل حمل‌ونقل هوایی میزان کارایی خود را افزایش دهد.

– فرودگاه‌بین‌المللی شهید باکری ارومیه با کارایی ۰/۰۱۳۰ رتبه نهم را کسب نمود. بنا بر میزان وزن‌های ورودی و خروجی‌های به‌دست‌آمده از روش VFB-DEA فرودگاه ارومیه می‌تواند با افزایش تعداد شرکت‌های هواپیمایی، تعداد

پروازها (فرود و برخاست)، میزان بار حمل شده، تعداد مسیرها و تعداد مسافرین جابه‌جا شده و همچنین با کاهش و یا ثابت نگه‌داشتن مساحت سطح ساختمان ترمینال، تعداد سالن‌های Check-in و تعداد واحدهای کنترل حمل‌ونقل هوایی میزان کارایی خود را به مرز کارایی نزدیک نماید.

در این بخش پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده توصیه می‌گردد که بنا بر مطالعه پژوهش‌های پیشین، یکی از موضوعات مهم جهت ارزیابی کارایی عملکرد فرودگاه‌ها بررسی میزان انتشار گازهای CO_2 توسط آن ها می‌باشد. بر این اساس پژوهشگران می توانند این مؤلفه را نیز در ارزیابی کارایی عملکرد فرودگاه‌ها مورد نظر قرار دهند. براساس اطلاعات این پژوهش می‌توان به بررسی فرودگاه‌های بین‌المللی ایران با فرودگاه‌های بین‌المللی دیگر کشورها پرداخت و باهم مقایسه کرد. بنابر اینکه چهارچوب پژوهش جهت اندازه‌گیری کارایی فرودگاه‌ها در سال ۲۰۰٤ انجام گرفته شده بود، پژوهشگران می توانند چهارچوبی جدید جهت ارزیابی فرودگاه‌ها ارایه دهند.

٦- پی‌نوشت‌ها

1. International Civil Aviation Organization (ICAO)
2. Data Envelopment Analysis
3. Decision Making Units
4. Virtual Frontier Benevolent DEA Cross Efficiency model
5. Farrel
6. Charnes
7. Cooper
8. Rohdes
9. Boot Strapped
10. Doyle and Green
11. Bian and Xu

۷- مراجع

-رحیمی، غ.، (۱۳۸۵)، "ارزیابی عملکرد و بهبود مستمر سازمان"، مجله تدبیر، شماره ۱۷۳.

-طحاری مهرجردی، م.ح.، شاکری، ف. و بابایی میبدی، ح.، (۱۳۹۱)، "تحلیل کارایی و رتبه‌بندی سیستم فرودگاه‌های کشور با استفاده از رویکرد ارزیابی کارایی متقاطع"، پژوهشنامه حمل‌ونقل، سال نهم، شماره سوم.

-افشارکاظمی، م. ع.، طلوعی اشلقی، ع. و چرخچی، ر.، (۱۳۹۰)، "ارزیابی کارایی نسبی شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران (هما)، "در مقایسه با شرکت‌های برتر هواپیمایی جهان با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره هفتم.

-Barretta, A. D., (2008), "The exclusion of indirect costs from efficiency benchmarking, Benchmarking: An International Journal, Vol. 15, No. 4, pp. 345-367.

-Charnes, A. and Cooper, w.w. (1985), "Preface to Topics in DEA, Annuals of operation".

-Chiu, Y.H., Chen, Y.C., Bai, X.J., (2011), Efficiency and risk in Taiwan banking: SBM super-DEA estimation. Appl. Econ. 43 (5), pp.587-602.

-Chu, J. F., Wu, J., & Song, M. L., (2016), "An SBM-DEA model with parallel computing design for environmental efficiency evaluation in the big data context: a transportation system application". Annals of Operations Research, pp.1-20.

-Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'donnell, C. J., Battese, G. E., (2005), "An introduction to efficiency and productivity analysis, Second Edition, Springer.

-Colombier, C., (2008), Efficiency in public infrastructure provision: a theoretical note, Journal of Economic Studies, Vol. 35, No. 6, PP. 528-543.

-Cui, Q., & Li, Y. (2015), "Evaluating energy efficiency for airlines: An application of VFB-DEA". Journal of Air Transport Management, 44, pp.34-41.

-Dadrasmoghadam, T., & Mohammadjafari, M., (2015), "Evaluating the efficiency and productivity of gas units using combined artificial neural networks and data envelope analysis".

-Goncharuk, A. G., (2009), "Improving of the efficiency through benchmarking: a case of Ukrainian breweries, Benchmarking: An

-Seydel, J., (2006), "Data envelopment analysis for decision support, Industrial Management & Data Systems", Vol. 106, No.1, pp. 81-95.

–Stewart, C., Matousek, R., & Nguyen, T. N., (2016), "Efficiency in the Vietnamese banking system: A DEA double bootstrap approach". Research in International Business and Finance, 36, pp.96-111.

-Taner, M. T., Sezen, B., (2009), "An assessment of diagnostic efficiency by Taguchi/DEA methods, International Journal of Health Care Quality Assurance, Vol. 22, No. 1, pp. 93-98.

-Vits, J., Gelders, L. (2002), Performance improvement theory, International Journal of Production Economics, Vol. 77, No. 3, pp. 285- 298.

-Wanke, P., Barros, C. P., & Nwaogbe, O. R. (2016). Assessing productive efficiency in Nigerian airports using Fuzzy-DEA. Transport Policy, 49, pp.9-19.

-Yang, F., Xia, Q., Liang, L., (2011), "DEA cross efficiency evaluation method for competitive and cooperative decision making units". Syst. Eng. Theory Pract. 31 (1), 92e98.

International Journal", Vol. 16, No. 1, pp. 70-87.

-Lai, P. L., Potter, A., Beynon, M., & Beresford, A., (2015), "Evaluating the efficiency performance of airports using an integratedAHP/DEA-ARtechnique. Transport Policy, 42, pp.75-85.

-McAdam, R., Hazlett, S. A., Gillespie, K. A. (2008), Developing a conceptual model of lead performance measurement and benchmarking: A multiple case analysis, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 28, No. 12, pp. 1153-1185.

-Olsen, E. O., Zhou, H., Lee, D. M. S., NG, Y. E., Chong, C. C., Padunchwit, P., (2007), "Performance measurement system and relationships with performance results: A case analysis of a continuous improvement approach to PMS design, International Journal of Productivity and Performance Management", Vol. 56, No. 7, pp. 559- 582.

-Pedram, M., & Payan, A., (2015), "Efficiency Evaluation of International Airports in Iran using Data Envelopment Analysis. Indian Journal of Science and Technology, 8(S9), pp.67-74.

Evaluating the Efficiency Performance of International Airports Using an VFB-DEA Technique

T. Karimi, Assistant Professor, Management Faculty, College of Farabi, University of Tehran, Qom, Iran.

M. Shahbazi, Assistant Professor, Management Faculty, College of Farabi, University of Tehran, Qom, Iran.

A. Yousefzade, M.Sc., Grad., College of Farabi, University of Tehran, Qom, Iran.

E-mail: tkarimi@ut.ac.ir

Received: June 2019- Accepted: October 2019

ABSTRACT

To ensure the best and most qualitative services in the aviation sector, we need to evaluate the performance of the airports in the country. The purpose of this research is to evaluate the performance and ranking of international airports of the country, taking into account the cooperation between them using the VFB-DEA technique. It is an applied, quantitative and descriptive research. The framework for assessing airports has been extracted from theoretical foundations and research background. The framework has 4 dimensions, 6 components and 14 indicators that comprise input and output variables for airport assessment, which includes 9 input variables and 5 output variables. The study evaluates nine international airports within the country. Airport information was collected through the company's airports and aeronautical navigation and modeled using Benevolent Virtual Boundary Data Envelopment Analysis (VFB-DEA). The results of this research show the airports' rating on the basis of efficiency and offers suggestions for cooperation between each airport and other airports. Then, research suggestions from researchers for future researchers are presented in the light of the experiences.

Keywords: Evaluating Performance, International Airport, DEA, Virtual Frontier Benevolent DEA, VFB-DEA