تحلیل کارایی و رتبه‌بندی سیستم فرودگاه‌های کشور با استفاده از رویکرد ارزیابی کارایی متقاطع

محمدحسین طحاری مهرجردی، دانش‌آموختهٔ کارشناسی‌ارشد، مؤسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی، یزد، ایران
فاطمه شاکری*، دانش‌آموختهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشکدهٔ مدیریت، دانشگاه یزد، یزد، ایران
حمید بابایی میبدی، دانش‌آموختهٔ کارشناسی‌ارشد، مؤسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی، یزد، ایران
E-mail: fatemahshakeri@yahoo.com
دریافت: ۱۳۹۱/۰۱/۲۲- پذیرش: ۱۳۹۱/۰۶/۱۵

چکیده

کسب اطمینان از ارایه بهترین و کیفی‌ترین خدمات در بخش حمل و نقل هوایی، مستلزم ارزیابی عملکرد فرودگاه‌های کشور می‌باشد. هدف از این مقاله ارزیابی کارایی فرودگاه‌های کشور با استفاده از یکی از تکنیک‌های ناپارامتریک 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 جابه‌جا شده و میزان بار حمل شده استفاده شد و فرودگاه‌های کشور به دو دسته فرودگاه‌های کارا و غیرکارا طبقه‌بندی شدند. در مرحله بعد، ضمن شناسایی فرودگاه‌های مرجع برای فرودگاه‌های ناکارا، شاخص‌های حساس مؤثر بر کارایی فرودگاه‌های کشور شناسایی و بررسی شد تا امکان افزایش کارایی هر فرودگاه نیز فراهم شود. فرودگاه‌های منتخب این پژوهش متشکل بر ۲۱ فرودگاه فعال کشور در زمینه حمل و نقل هوایی می‌باشد که از این تعداد فرودگاه‌های امام، مهرآباد، اهواز، رشت، ساری، گرگان و بیرجند حداکثر کارایی از مدل تحلیل پوششی داده‌ها به‌دست آورند. شاخص تعداد کارکنان فرودگاه به عنوان کم حساس‌ترین و شاخص مساحت ترمینال به عنوان حساس‌ترین شاخص در عملکرد کارایی فرودگاه‌های کشور شناسایی شد. در پایان از یک مکانیزم رتبه‌بندی کامل تحت عنوان تکنیک ارزیابی کارایی متقاطع به منظور رتبه‌بندی فرودگاه‌های کشور استفاده شد. نتایج رتبه‌بندی نهایی، فرودگاه اهواز را در رتبه اول و فرودگاه آبادان را در رتبه آخر سطح عملکرد نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل حساسیت، فرودگاه‌های ایران، ارزیابی کارایی متقاطع

۱- مقدمه

در این مقاله از تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان ابزاری برای ارزیابی و تحلیل کارایی سیستم فرودگاه‌های کشور استفاده شده است. تحلیل پوششی داده‌ها، واحدهای کارا را شناسایی کرده و به کاهش اتلاف منابع در سیستم فرودگاه‌ها کمک می‌کند (Adler and Berechman, 2001). 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. یکی از الزامات برای این بهبود در این زمینه، ارزیابی مداوم کارایی آنها با استفاده از ابزارهای مناسب می‌باشد

* نویسنده مسئول

Archive of SID
www.SID.ir

(Yang, 2010). امروزه عملکرد و سودمندی صنعت حمل و نقل هوایی نسبت به سایر روش‌های حمل و نقل شاید فراتر از ارایه خدمات جابه‌جایی و نقل و انتقال باشد، چرا که حمل و نقل هوایی شیوه زندگی اقتصادی، نگرش‌های اجتماعی و فرهنگی ما را متأثر کرده و در شکل دهی وضعیت تاریخی و سیاسی جوامع تاثیرگذار می‌باشد. این صنعت راه‌کارهای جدیدی برای اشتغال و تجارت ارایه می‌کند و از طرفی فرصت‌های مطلوبی را برای تبادل دائمی اطلاعات فراهم کرده و آشنایی صاحبان فرهنگ‌ها و آداب و رسوم مختلف با یکدیگر را مهیا می‌نماید. 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 بین‌المللی و مقررات دقیق عملیات پروازی سبب شده است تا این زیرساخت‌ها به عنوان سیستم‌های پیچیده و پویا و یکی از عناصر محوری صنعت حمل و نقل هوایی مطرح شوند. در اقتصاد معاصر، ارزیابی کارایی فرودگاه‌ها، به علت اهمیت استراتژیک روزافزون آن در جابه‌جایی مسافر و بار، لازم و ضروری به نظر می‌رسد (Yang, 2010). بنا به نظر یانگ چندین علت را می‌توان برای ارزیابی فرودگاه‌ها بیان کرد (Barros and Dieke, 2008):

۱) خطوط هوایی امروزه نیاز به فرودگاه‌های کارا دارد.

۲) دولت‌ها می‌توانند از نتایج ارزیابی فرودگاه‌های خود، میزان اثربخشی سرمایه‌گذاری به‌کار رفته در این بخش را تعیین کنند.

۳) مدیران فرودگاه‌ها می‌توانند جایگاه فرودگاه خود را در مقابل دیگر فرودگاه‌ها محک بزنند.

از طرفی طبق قوانین جدید در ایران، دولت همه صنایع را به افزایش بهره‌وری خود دعوت می‌کند. این قوانین به منظور افزایش رشد ۸ درصدی تولید ناخالص داخلی در سال وضع شده است، به طوری که یک سوم این رشد باید از طریق افزایش در بهره‌وری حاصل شود. با توجه به این موضوع یک راه عملی به منظور افزایش در بهره‌وری، افزایش کارایی در صنعت فرودگاهی کشور می‌باشد (Roghanian and ForoughI, 2010). در ایران تمام فرودگاه‌های داخلی و بین‌المللی به‌وسیله بخش دولتی اداره می‌شود و بخش خصوصی به غیر از مدیریت قسمت کوچکی از این فرودگاه‌ها هنوز به طور کامل وارد این بخش نشده است. دلایل زیادی در این موضوع دخالت دارند که مهم‌ترین دلیل بحث امنیت فرودگاه‌ها می‌باشد. با وجود این‌که امنیت، نقش کلیدی برای صنعت هوایی کشور دارد، داشتن فرودگاه‌های دارای عملکرد کارا یک هدف برای دولت محسوب می‌شود (Roghanian and ForoughI, 2010). در این پژوهش ابتدا با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان یکی از شاخص‌ترین تکنیک‌های ارزیابی، به شناسایی و تحلیل کارایی فرودگاه‌های کشور پرداخته و در نهایت به منظور رتبه‌بندی کامل فرودگاه‌های کشور از نظر میزان کارایی از تکنیک ارزیابی کارایی متقاطع استفاده می‌شود.

۲- تحلیل پوششی داده‌ها

به منظور ارزیابی کارایی روش‌های متفاوتی از سوی پژوهشگران مختلف ارایه شده است که اغلب می‌توان آنها را به دو دسته پارامتریک[1] و ناپارامتریک[2] تقسیم‌بندی کرد. روش‌های پارامتریک به روش‌هایی اطلاق می‌شود که در آنها ابتدا یک شکل خاص برای تابع تولید در نظر گرفته می‌شود. سپس با یکی از روش‌های برآورد توابع که در آمار و اقتصادسنجی مرسوم است، ضرایب مجهول (پارامترهای) این تابع برآورد می‌شود که مهم‌ترین آنها روش‌های تابع تولید مرزی قطعی، تابع تولید مرزی قطعی آماری، تابع تولید مرزی تصادفی و تابع سود می‌باشد. به عبارت دیگر در این روش تابع تولید مشخصی با استفاده از روش‌های مختلف آماری و اقتصادسنجی برآورد شده و سپس با به‌کارگیری این تابع نسبت به تعیین کارایی اقدام می‌شود. روش‌های پارامتریک برای ارزیابی کارایی واحدها که یک ستاده یا بیشتر از یکی دارند، در صورتی که بتوان ستاده‌ها را به یکدیگر یا به یک واحد ستادهٔ یکسان تبدیل کرد، مناسب هستند (پورکاظمی و رضایی، ۱۳۸۵). اما فرض کنید، بخواهیم دو واحد خدماتی را از نظر کارایی با هم مقایسه کنیم و این واحدها بیش از یک ستاده نیز داشته باشند و در عین حال هیچ توافق کلی در مورد وزن یا اهمیت هر یک از این دو وجود نداشته باشد. حال اگر خواسته شود که از روش‌های پارامتریک، کارایی را ارزیابی و سپس مقایسه شود، عملاً غیر ممکن است. چرا که ستادهٔ واحدی جهت برآورد تابعی به عنوان تابع تولید مرزی در اختیار نیست.

Archive of SID

www.SID.ir

این مشکل یکی از مشکلات ارزیابی کارایی به روش پارامتریک می‌باشد. در مقابل در روش‌های ناپارامتریک نیازمند تخمین تابع تولید نیست؛ بلکه مبتنی بر یکسری بهینه‌سازی ریاضی هستند که برای محاسبه کارایی نسبی از آنها استفاده می‌شود. وجود عبارت نسبی بیانگر آن است که کارایی به‌دست آمده در این روش نتیجه مقایسه بنگاه‌های موجود با یکدیگر است. بنابراین، در صورت حذف و یا اضافه شدن تعدادی از مشاهدات، مقدار کارایی محاسبه شده نیز کم یا زیاد می‌شود؛ بنابراین کارایی به‌دست آمده، نسبی است. تحلیل پوششی داده‌ها[3] یکی از تکنیک‌های ناپارامتریک می‌باشد که به‌طور گسترده در تحقیقات گوناگون مورد استفاده قرار گرفته است (Seol et.al., 2007) و (Sohn and Moon, 2004). هدف این تکنیک دست‌یابی به کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری مشابه، که دارای چندین ورودی (نهاده) و چندین خروجی (ستاده) مشابه هستند، می‌باشد (Samoilenko and Osei-Bryson, 2008). تحلیل پوششی داده‌ها شیوه‌ای برای درجه‌بندی سازمان‌ها یا واحدهای مختلف براساس ستانده‌ها و نهاده‌های آنهاست و بیشتر در مقایسه و تطبیق سازمان‌ها یا واحدها با هم کاربرد دارد. تحلیل پوششی داده‌ها را می‌توان برای نهاده‌ها و ستانده‌های چندگانه نیز محاسبه و به طور دقیق‌تر کارایی سازمان‌ها یا واحدها را با هم مقایسه کرد. ویژگی‌های این نوع تحلیل موجب می‌شود که نویسندگان آن را در ارزیابی کارایی برتر از روش‌های پارامتریک بدانند. مهم‌ترین ویژگی‌های این تحلیل عبارتند از: ارزیابی واقع‌بینانه و ارزیابی همزمان مجموعه‌ای از عوامل و جبرانی بودن مدل‌های آن که به هر به واحد تصمیم‌گیری اجازه می‌دهد کمبود هر ستانده یا نهاده خود را با کمک سایر ستانده‌ها یا نهاده‌ها جبران کند. از طرفی با توجه به این‌که مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها با برنامه‌ریزی خطی حل می‌شود و روش برنامه‌ریزی خطی به واحد اندازه‌گیری حساس نیست، نهاده‌ها و ستانده‌ها می‌توانند واحدهای اندازه‌گیری مختلفی داشته باشند. کارایی در تحلیل پوششی داده‌ها نشان می‌دهد که یک سازمان به چه خوبی از منابع خود در راستای تولید نسبت به بهترین عملکرد در مقطعی از زمان استفاده کرده است (Pierce, 1996). در تعریفی دیگر کارایی قسمتی از بهره‌وری است ولی در مفهومی ساده شامل نسبت ستانده به نهاده در یک سیستم می‌باشد (Seifert, 1994).

هرچند روز به روز بر تعداد مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها افزوده شده و هر یک جنبه تخصصی پیدا می‌کند، ولی مبنای همه آنها تعدادی مدل اصلی است که بنیان‌گذاران این روش طراحی کرده‌اند. از جمله این مدل‌ها می‌توان به مدل «چارنز، کوپر و رودز» (۱۹۷۸) با عنوان CCR[4] اشاره کرد که فرض بازدهی ثابت به مقیاس (CRS)[5] در تحلیل استفاده شده که مدل شماره ۱ شکل ریاضی آن می‌باشد (Charnes, Cooper and Rhodes, 1978).

$$
\begin{aligned}
&\text{Max} = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro} \\
&\text{st:} \\
&\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 1 \\
&\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0, \\
&\quad j = 1, 2, \dots, n \\
&u_r \ge 0, \qquad r = 1, 2, \dots, s \\
&v_i \ge 0, \qquad i = 1, 2, \dots, m
\end{aligned}
\tag{۱}
$$

همچنین مدل دیگر، مدل ارایه شده توسط «بنکر، چارنز و کوپر»، BCC[6] می‌باشد که با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس (VRS)[7] طراحی شده است که شکل ریاضی این مدل به صورت مدل شماره ۲ می‌باشد (Banker, Charnes and Cooper, 1984).

$$
\begin{aligned}
&\text{Max} = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro} + w \\
&\text{st:} \\
&\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 1 \\
&\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} + w \le \\
&0, \quad j = 1, 2, \dots, n \\
&u_r \ge 0, \quad r = 1, 2, \dots, s \\
&v_i \ge 0, \qquad i = 1, 2, \dots, m \\
&w \text{ free in sign}
\end{aligned}
\tag{۲}
$$

از یک دیدگاه مدل‌های DEA به دو دسته مدل‌های با ماهیت ورودی و مدل‌های با ماهیت خروجی تقسیم می‌شوند. هدف مدل‌های با ماهیت ورودی، ارایه مسیر بهبود با کاهش ورودی‌ها و هدف مدل‌های با ماهیت خروجی، طراحی مسیر بهبود با افزایش خروجی‌ها است (مهرگان،۱۳۸۵). در این پژوهش مدل BCC خروجی‌محور از سایر مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان مبنا به‌کار گرفته شده است. دلیل انتخاب خروجی‌محور آن است که فرودگاه‌های کشور دارای میزان ثابتی از منابع مانند نیروی انسانی، مساحت ترمینال و ... می‌باشند ولی خروجی حداکثر از آنها خواسته می‌شود. بنابراین، خروجی‌هایشان به

Archive of SID

www.SID.ir

فعالیت‌ها و نحوه تخصیص منابع به بخش‌های مختلف بستگی دارد. از سویی میزان بازده نسبت به مقیاس، نیز جهت در نظر گرفتن تغییرات احتمالی متغیر در نظر گرفته شده است. مدل BCC خروجی محور به صورت مدل شماره ۳ تعریف می‌شود (مهرگان، ۱۳۸۵).

$$\begin{aligned} &\text{Min } Z_0 = \sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} + w \\ &\text{St:} \\ &\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} = 1 \qquad \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} - \\ &\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} + w \geq 0 \\ &u_r , v_i \geq 0 \end{aligned} \qquad (۳)$$

x_{ij} : میزان ورودی i ام برای فرودگاه j ام i= 1,2,…, m

y_{rj} : میزان خروجی r ام برای فرودگاه j ام r = 1,2,…, s

v_i : وزن داده شده به ورودی i ام

u_r : وزن داده شده به خروجی r ام

W : نوع بازده به مقیاس

تحلیل پوششی داده‌ها، واحدهای مورد بررسی را به دو گروه کارا و ناکارا تقسیم می‌کند. واحدهای ناکارا را می‌توان براساس نمره ناکارایی آنها رتبه‌بندی کرد ولی این کار برای واحدهای کارا امکان‌پذیر نیست؛ زیرا نمره کارایی آنها برابر یک می‌باشد. برای رتبه‌بندی این واحدها روش‌هایی چون کارایی متقاطع و روش اندرسون – پیترسون (AP) وجود دارد (Andersen and Petersen, 1993). در این پژوهش از تکنیک ارزیابی کارایی متقاطع به منظور رتبه بندی کامل فرودگاه‌های کشور استفاده شده است. در ادامه به شرح مختصری از این تکنیک پرداخته می‌شود. فرض کنید که واحدهای کارای ما واحد های A، B، C و D تشکیل می‌دهند. حال با استناد به فرض بالا، فرم کلی ماتریس کارایی متقاطع به شرح جدول ۱ می‌باشد (Wu et al., 2011).

جدول ۱. ماتریس کارایی متقاطع

واحد	A	B	C	D
A	E_{AA}	E_{AB}	E_{AC}	E_{AD}
B	E_{BA}	E_{BB}	E_{BC}	E_{BD}
C	E_{CA}	E_{CB}	E_{CC}	E_{CD}
D	E_{DA}	E_{DB}	E_{DC}	E_{DD}

برای محاسبه درایه‌های ماتریس کارایی متقاطع، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$E_{kj} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r^k y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i^k x_{ij}} \qquad (٤)$$

پس از تکمیل ماتریس کارایی متقاطع، امتیاز کارایی هر واحد با حذف عناصر روی قطر که همگی یک هستند، با استفاده از رابطه زیر به‌دست خواهد آمد:

$$e_k = \frac{\sum_{j \neq k} E_{jk}}{n-1} \qquad (٥)$$

۳- سابقه پژوهش

در سال‌های اخیر، رتبه‌بندی فرودگاه‌ها به خاطر اختصاص مناسب بودجه به فرودگاه‌ها، مدیریت صحیح، آگاهی از جایگاه هر یک نسبت به دیگری و ایجاد رقابت سالم میان آنها مورد توجه دست اندرکاران صنعت حمل و نقل هوایی قرار گرفته است. در ایران نیز پژوهشی بر عملکرد فرودگاه‌ها در سال ۱۳۸۵ صورت گرفته است. در این پژوهش با استفاده از مدل رتبه‌بندی مبنا، فرایند رتبه‌بندی براساس تعداد محدودی از پارامترهای خدمات و تسهیلات و بدون ارایه سطح سرویس استاندارد برای آنها ارایه شده است (بهزادی راد و صفارزاده، ۱۳۸۵).

در یک پژوهش داخلی دیگر تحت عنوان «رتبه‌بندی فرودگاه‌ها بر اساس کارایی و سطح ارایه خدمات با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی»، پس از شناسایی عوامل مؤثر بر کارایی و سطوح ارایه خدمات فرودگاه‌ها، روش ارزیابی و رتبه‌بندی فرودگاه‌ها بر اساس این عوامل ارایه می‌شود. هدف اصلی این پژوهش، شناسایی و دسته‌بندی عوامل مؤثر بر کارایی و سطوح ارایه خدمات می‌باشد. میزان اهمیت هر یک از عوامل و پارامترهای زیرمجموعه آنها، با پیاده‌سازی فرایند تحلیل سلسله مراتبی روی نظرات خبرگان حاصل از پرسشنامه، تعیین شد. نتایج نشان داد که اهمیت عوامل مؤثر بر کارایی ۷۶/۷ درصد، حدود ۳ برابر اهمیت سطوح خدمات (۲۳/۳ درصد) است. همچنین مهم‌ترین پارامترها، باندهای پرواز با ۲۶/۱۱ و باندهای خزش با ۹/۶ درصد و کم‌اهمیت‌ترین پارامترها، فضای نگهداری اطفال با ۰/۱ و دستگاه‌های خودکار با ۰/۱۱ درصد شناسایی شدند (صفارزاده و همکاران، ۱۳۸۹).

Archive of SID
www.SID.ir

هر چند در زمینه به‌کارگیری تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها 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. شواهد حاکی از آن است که ورودی‌ها و خروجی‌های به‌کار گرفته توسط محققان، متفاوت می‌باشد ولی خروجی‌های رایج به‌کار گرفته شده در بیشتر تحقیقات، مربوط به تعداد مسافر و میزان بار حمل شده است. برخی از تحقیقات اخیر خروجی‌های نامطلوبی همچون زمان تأخیر و صدای هواپیما در نظر گرفته‌اند (Yu and et al., 2008) و (Pathomsiri and et al., 2008). در مورد به‌کارگیری ورودی‌ها در این تحقیقات دو رویکرد متفاوت وجود دارد. بعضی از این تحقیقات ورودی‌هایی همچون سرمایه، نیروی کار و هزینه‌های عملیاتی و تحقیقات دیگر وضعیت ساختار فیزیکی فرودگاه همچون باند، فضای ترمینال، کمربندی‌های ورودی برای ارزیابی در نظر گرفته‌اند. با توجه به این‌که هیچ‌گونه توافقی در مورد نوع بازده به مقیاس وجود ندارد، بعضی از این تحقیقات فرض بازده ثابت به مقیاس و بعضی دیگر فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس برای ارزیابی در نظر گرفته‌اند. همچنین این تحقیقات از دو رویکرد ورودی محور و خروجی محور برای مدل‌های تحقیق استفاده کرده‌اند. شرح مختصری از این تحقیقات در جدول ۲ آمده است.

٤- روش تحقیق

پژوهش حاضر از نوع کاربردی، از نظر زمان، تک‌مقطعی و از نظر شیوه اجرا توصیفی- ریاضی است. این پژوهش به دنبال ارزیابی کارایی فرودگاه‌های کشور با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. با توجه به این‌که مقایسه کارایی فرودگاه‌های کشور در صورت وجود چندین شاخص ورودی و خروجی به راحتی امکان‌پذیر نیست، در این تحقیق از روش تحلیل پوششی داده‌ها که از روش‌های مرسوم برای تلفیق چندین شاخص ارایه یک شاخص کل است، استفاده شد. از مزیت‌های این روش نسبت به سایر روش‌های پارامتریک و غیر پارامتریک می‌توان به مواردی چون، ارزیابی واقع‌بینانه، ارزیابی همزمان مجموعه عوامل، ارزیابی با گرایش مرزی به جای گرایش‌های مرکزی، ارایه واحدهای کارا، تخصیص بهینه منابع و نبود نیاز به آزمون‌های آماری مانند روش‌های پارامتریک اشاره کرد.

به طور خلاصه فراگرد پژوهش شامل چهار مرحله متوالی است. در مرحله اول با کمک مبانی و تعاریف ارایه شده در بخش ادبیات تحقیق در مورد تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و همچنین مطالعات انجام شده جهت ارزیابی عملکرد فرودگاه‌ها با استفاده از این روش، در دسترس بودن یا نبودن اطلاعات و پس از مصاحبه با خبرگان شاخص‌های مؤثر در ارزیابی که همان نهاده‌ها و ستاده‌های پژوهش می‌باشد، شناسایی شدند. با استفاده از این شاخص‌ها، ورودی‌ها که ماهیتاً نشان دهنده منابع به‌کار گرفته شده و خروجی‌ها که نمایانگر موفقیت و سطح عملکرد فرودگاه‌ها می‌باشند، مشخص و اطلاعات مرتبط با آنها جمع‌آوری شد. در مرحله دوم با استفاده از داده‌های ورودی و خروجی، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها برای هر یک از فرودگاه‌های کشور طراحی شد و میزان کارایی هر یک از فرودگاه‌ها سنجیده شد. در مرحله سوم با استفاده از حذف هر یک از ورودی‌ها و خروجی‌های فرودگاه‌های کشور اقدام به تحلیل کارایی فرودگاه‌های کشور شد. در مرحله چهارم از تکنیک کارایی متقاطع با توجه به سهولت در به‌کارگیری و دقت نسبت به روش اندرسون - پیترسون به منظور رتبه‌بندی کامل فرودگاه‌های کارا استفاده شد. تمامی این مراحل و تکنیک‌های مورد استفاده، در نمودار ۱ خلاصه شده است.

لازم به ذکر است که در این پژوهش فرآیند تحلیل کارایی فرودگاه‌ها با کمک نرم‌افزار WINQSB صورت گرفته است. این نرم‌افزار که طراحی شده توسط چانگ (۱۹۹۸) می‌باشد از جمله نرم‌افزارهای بسیار سودمند در زمینه مهندسی صنایع، اقتصاد، بازرگانی و مدیریت است و به عنوان نرم‌افزار توانا در زمینه مباحث تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی، پیش‌بینی و کنترل مطرح شده است (Chang, 1998). استفاده از این نرم‌افزار نه تنها در وقت صرفه‌جویی می‌کند بلکه خروجی کامل و زیبایی دارد که می‌تواند به صورت نوشتاری و گرافیکی حل مسئله را نمایش داده و در صورت درخواست روش حل مسئله را جزء به جزء نشان می‌دهد.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲. تحقیقات انجام گرفته در رابطه با کاربرد تکنیک DEA برای ارزیابی فرودگاه‌ها

نویسندگان	روش	حوزه پژوهش	ورودی‌ها	خروجی‌ها
Gillen and Lall (1997)	BCC & Torbit	آمریکا	۱) تعداد باند ۲) تعداد دروازه ورودی ۳) فضای ترمینال ٤) تعداد کمربندهای جمع‌آوری بار ۵) تعداد مکان‌های پارک عمومی	۱) تعداد مسافر حمل شده ۲) میزان بار حمل شده
Parker (1999)	CCR & BCC	انگلستان	۱) تعداد نیروی کار ۲) هزینه‌های سرمایه‌گذاری ۳) دیگر هزینه‌ها	۱) تعداد نشست و برخاست ۲) تعداد مسافر حمل شده ۳) میزان بار حمل شده
Murillo-Melchor (1999)	DEA-Malmquist	اسپانیا	۱) تعداد نیروی کار ۲) هزینه‌های سرمایه‌گذاری ۳) هزینه‌های عملیاتی	۱) تعداد مسافر حمل شده
Gillen and Lall (2001)	DEA-Malmquist	آمریکا	۱) تعداد باند ۲) تعداد دروازه ورودی ۳) فضای ترمینال ٤) تعداد کمربندهای جمع‌آوری بار ۵) تعداد مکان‌های پارک عمومی	۱) تعداد مسافر حمل شده ۲) میزان بار حمل شده
Sarkis (2000)	BCC & CCR	آمریکا	۱) هزینه‌های عملیاتی ۲) تعداد نیروی کار ۳) تعدا باند پرواز	۱) درآمد عملیاتی ۲) نشست و برخاست ۳) کل بار حمل شده ٤) کل مسافران
Pels et al. (2001)	BCC	قاره اروپا	۱) مساحت ترمینال ۲) فضای پارک هواپیما ۳) تعداد کمربندی‌های ورودی	۱) تعداد مسافر حمل شده ۲) تعداد نشست و برخاست
Adler and Berechman (2001)	BCC & PCA	قاره اروپا	۱) تعداد ترمینال ۲) تعداد باند ۳) فاصله از مراکز شهری ٤) زمان برقراری ارتباط	۱) مناسب بودن خطوط هوایی ۲) قابلیت اطمینان عملیاتی ۳) هزینه‌های استفاده فرودگاه ٤) رضایت‌مندی کلی
Sarkis and Talluri (2004)	CCR & Cross-efficiency	آمریکا	۱) هزینه‌های عملیاتی ۲) تعداد نیروی کار ۳) تعدا باند پرواز	۱) درآمد عملیاتی ۲) تعداد نشست و برخاست ۳) کل بار حمل شده ٤) کل مسافران جابه‌جا شده
Yoshida (2004)	Endogenous-weight	ژاپن	۱) طول باند ۲) مساحت ترمینال	۱) تعداد مسافر جابه‌جا شده ۲) میزان بار حمل شده ۳) تعداد نشست و برخاست

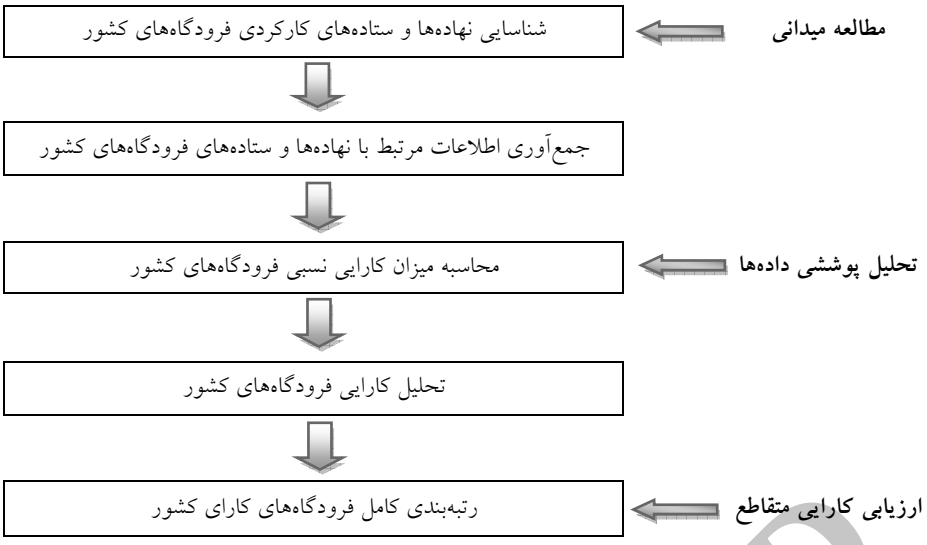
Archive of SID

www.SID.ir

Yoshida and Fujimoto (2004)	BCC & CCR	ژاپن	۱) طول باند ۲) مساحت ترمینال ۳) تعداد نیروی کار ٤) هزینه‌ها	۱) تعداد مسافر جابه‌جا شده ۲) میزان بار حمل شده ۳) تعداد نشست و برخاست
Martin and Roman (2007)	BCC	اسپانیا	۱) هزینه نیروی کار ۲) هزینه سرمایه ۳) هزینه مواد	۱) تعداد مسافر جابه‌جا شده ۲) میزان بار حمل شده ۳) تعداد نشست و برخاست
Barros and Dieke (2008)	Multiple DEA	ایتالیا	۱) هزینه نیروی کار ۲) میزان سرمایه‌گذاری ۳) هزینه‌های عملیاتی	۱) تعداد پرواز ۲) تعداد مسافر جابه‌جا شده ۳) میزان بار حمل شده ٤) میزان فروش ۵) وضعیت دریافت وصولات
Fung et al (2008)	Malmquist DEA	چین	۱) طول باند ۲) مساحت ترمینال	۱) تعداد مسافر جابه‌جا شده ۲) میزان بار حمل شده ۳) تعداد نشست و برخاست
Yu et al (2008)	CRS	تایوان	۱) هزینه نیروی کار ۲) هزینه سرمایه‌گذاری ۳) هزینه عملیاتی	۱) درآمد هواپیما ۲) میزان آلودگی صوتی
Pathomsiri et al (2008)	CRS	آمریکا	۱) تعداد باند ۲) مساحت باند ۳) مساحت فرودگاه	۱) تعداد مسافر جابه‌جا شده ۲) میزان بار حمل شده ۳) میزان تأخیر در پرواز
Roghaniana and Foroughi (2010)	CCR & AP	ایران	۱) تعداد نیروی کار ۲) طول باند ۳) مساحت ترمینال	۱) تعداد مسافر جابه‌جا شده ۲) میزان بار حمل شده ۳) تعداد نشست و برخاست
Koçak (2011)	CCR & BCR	ترکیه	۱) هزینه عملیاتی ۲) تعداد نیروی انسانی ۳) ظرفیت پرواز سالانه ٤) ظرفیت مسافر سالانه	۱) تعداد مسافر جابه‌جا شده ۲) میزان بار حمل شده ۳) درآمد عملیاتی ٤) تعداد نشست و برخاست
Gitto & Mancuso (2012)	DEA-Malmquist	ایتالیا	۱) هزینه نیروی کار ۲) هزینه سرمایه‌گذاری ۳) هزینه عملیاتی	۱) نشست و برخاست ۲) تعداد مسافر جابه‌جا شده ۳) میزان بار حمل شده ٤) درآمد هوانوردی ۵) درآمدهای غیرهوانوردی
Foroughi & Esfahani (2012)	AHP-DEA	ایران	۱) تعداد نیروی کار ۲) طول باند ۳) مساحت ترمینال	۱) تعداد مسافر جابه‌جا شده ۲) میزان بار حمل شده ۳) تعداد نشست و برخاست

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۱. مراحل ارزیابی کارایی فرودگاه‌های کشور

۵- یافته‌های تحقیق

۵-۱- ارزیابی کارایی فرودگاه‌ها

در ایران تمام فرودگاه‌های داخلی و بین‌المللی به‌وسیله بخش دولتی اداره می‌شود و هنوز بخش خصوصی به‌طور کامل وارد این بخش نشده است. با وجود این‌که بیش از ٥٤ فرودگاه در سطح کشور وجود دارد ولی اغلب آنها تقریباً غیرفعال و پروازهای منظم اندکی در آنها صورت می‌گیرد. بنابراین، در این پژوهش ۲۱ فرودگاه کشور که حجم گسترده فعالیت در صنعت فرودگاهی کشور دارند، برای ارزیابی انتخاب شدند. جدول ۳ ورودی‌ها و خروجی‌های فرودگاه‌های انتخابی و اطلاعات آنها که مربوط به عملکرد سال ۱۳۸۷ می‌باشد، نشان می‌دهد. با توجه به تعدیل ورودی‌ها و خروجی‌ها، به منظور اطمینان بیشتر از ارتباط مناسب و معنی‌دار ورودی‌ها و خروجی‌ها، همبستگی بین آنها بررسی شد. جدول ٤ نتایج ضریب همبستگی و معنی‌داری بین آنها را نشان می‌دهد. جدول ٤ نشان می دهد که بین ورودی‌ها و خروجی‌ها همبستگی قابل قبولی برقرار است. بنابراین، می‌توان از تناسب ورودی‌ها و خروجی‌ها در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها اطمینان حاصل کرد. با کاربرد مدل BCC خروجی محور تحلیل پوششی داده‌ها میزان کارایی فرودگاه‌های کشور محاسبه شد. میزان کارایی تمام فرودگاه‌ها، که از حل مدل‌ها با کمک نرم‌افزار WINQSB به‌دست آمده‌اند، در جدول ۵ ارایه شده‌اند. در اینجا با دو تحلیل مواجه هستیم. اول آن‌که باید کارایی هر فرودگاه با دیگر فرودگاه‌های کشور مقایسه گردد، دوم باید به تحلیل حساسیت هر یک از فرودگاه‌های کشور پرداخت. همان‌طور که از ستون سوم جدول ۵ پیداست، نمرات کارایی فرودگاه‌های کشور در بازه صفر و یک قرار دارد. فرودگاه‌های دارای کارایی ۱ را فرودگاه‌های کارا و فرودگاه‌های دارای کارایی پایین‌تر از ۱ را ناکارا تلقی می‌شوند.

وقتی گفته می‌شود یک فرودگاه کارا است، یعنی آن فرودگاه توانسته است حداکثر استفاده از منابع در راستای دست‌یابی به خروجی‌های خود را در مقایسه با سایر فرودگاه‌ها داشته باشد. به بیانی دیگر تعریف نهایی کارایی نسبی در تحلیل پوششی داده‌ها را می‌توان به صورت زیر مطرح کرد: یک فرودگاه براساس شواهد موجود ۱۰۰درصد کارآمد است، اگر و فقط اگر، عملکرد دیگر فرودگاه‌ها نشان ندهد که می‌توان برخی داده‌ها یا ستاده‌های آن واحد را بهبود داد و در عین حال داده‌ها و ستاده‌های دیگر آن واحد بدتر نشوند. با توجه به این‌که در تحلیل پوششی داده‌ها، وزن‌های محاسبه شده مطلوب‌ترین وزن‌ها برای بیشینه کردن کارایی واحدها هستند، انتظار می رود کارایی همه واحدها معادل یک به‌دست آید. اما در جدول ۵ دیده می‌شود که چنین نیست و تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای در کارایی واحدها مشاهده می‌گردد. فرودگاه‌های امام، مهرآباد، اهواز، رشت، ساری، گرگان و بیرجند دارای بیشترین کارایی (یک) هستند و کم‌ترین کارایی را فرودگاه آبادان دارد. نمودار ۲ نیز نمایی از وضعیت کارایی فرودگاه‌های منتخب را نشان می‌دهد.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳. داده‌های ورودی و خروجی ۲۱ فرودگاه کشور

ردیف	فرودگاه	داده‌ها			ستاده‌ها		
		تعداد کارکنان (نفر)	مساحت ترمینال (مترمربع)	طول باند (متر)	تعداد پرواز (فروند)	تعداد مسافر (نفر)	میزان بار (تن)
		Y3	Y2	Y1	X3	X2	X1
۱	امام	۵۶۰	۷۸۰۰۰	٤۱۹۸	۲۷۳۹۲	۳۹۳۹۵۳۲	۹۲٤۲٦
۲	مهرآباد	۵۷۳	۷٦۳۷۰	۸۱۵۰	۸۹۵۱٤	۱۰۸٤٦۸٦۸	۸۱٦٤۹
۳	مشهد	۲۱۸	۳۸۷۷۸	۷۷۳٦	۲۹۵۸٦	٤۱۰۹۹۸۲	۲۳۸۳۹
٤	تبریز	۱٦٦	۱۱۸۰۰	۷۱۷۱	٦۷٤۷	۸۵۳۵۸۰	۷۲۳۲
۵	اصفهان	۲۱۵	۲۱۰۵۰	۸۷۹٤	۱۳۲٦۲	۱۵۲۵۱۸۳	۱۵۹۸۸
٦	اردبیل	۵٦	۲۹۰۰	۵۸۰۰	۲۰٦٤	۲۱۳۷٦۵	۸۷۲
۷	بندرعباس	۱٤٦	۹۳۰۰	۷۱۳۳	۷۰۸۸	۸۲٦۱۵۸	۵٦٦٤
۸	شیراز	۱۹۷	۲۳۰۰۰	۸٦۰۱	۱۹٤۳۸	۱۹۰۲۵۰٦	۲۲۱۷۷
۹	زاهدان	۱۰۹	٦۸۰۰	٤۲۵۰	۲۷۲۲	۳٤۸۱۹٦	٤۸۸٦
۱۰	کرمان	۱۱۵	٦۵۵۰	۵۸۷۳	۳٤۵۹	۵۵۲۵۵۳	٤۸۳۹
۱۱	آبادان	۷۳	۱٤۷۵٤	۵۳۷۰	۲۰۳۰	۲۵۵۸۳۵	۱٦۰۳
۱۲	اهواز	۳٤	۷۹۲۰	۳٤۰۰	۱۳۰۵۰	۱۵۲۲۱۲۲	۱٤٤۸٦
۱۳	رشت	۸٦	۳۵۰۰	۳۰۵۰	۳۲۳٦	۳۰۷٦٤٦	۲٤۸۳
۱٤	یزد	۹۳	۱۱۱۰۰	٤۱۰۰	۳۰۳۳	۳۳۰۰٤۰	۲۷۸۱
۱۵	ساری	۸۹	۷۲۹٦	۲٦۵۰	۱۲٦۰	۱۵۵۷۷۵	۲۵٤۰
۱٦	بوشهر	۱۱٤	۷۰۷۲	٤٤٦۹	۲۰٤۲	۲۷۳٦۸۱	۳۳۷۱
۱۷	ارومیه	۹۱	۷۸۰۰	۳۲۵۰	۲۳۷۷	۲۹٦۸۹۰	۲۱۷٤
۱۸	کرمانشاه	۹٤	۷۷۰۰	۳٤۰۰	٤۷٦٦	٤۸۹۷۳۰	۲۰۳٦
۱۹	گرگان	٦۵	۳۲۰۰	۲۹۹۳	۲۲۸۰	۲۱۵۳۸۷	۱۸۷۳
۲۰	لارستان	٤۷	۸٤۰۰	۳۲۲۹	۱٤۷۰	۱۰٦۸٦۹	۲۳۱۷
۲۱	بیرجند	۳۹	۱۳۰۰	۵۰٦٤	۱۱۷۲	۱۱۱۳۹۸	۹۵٤

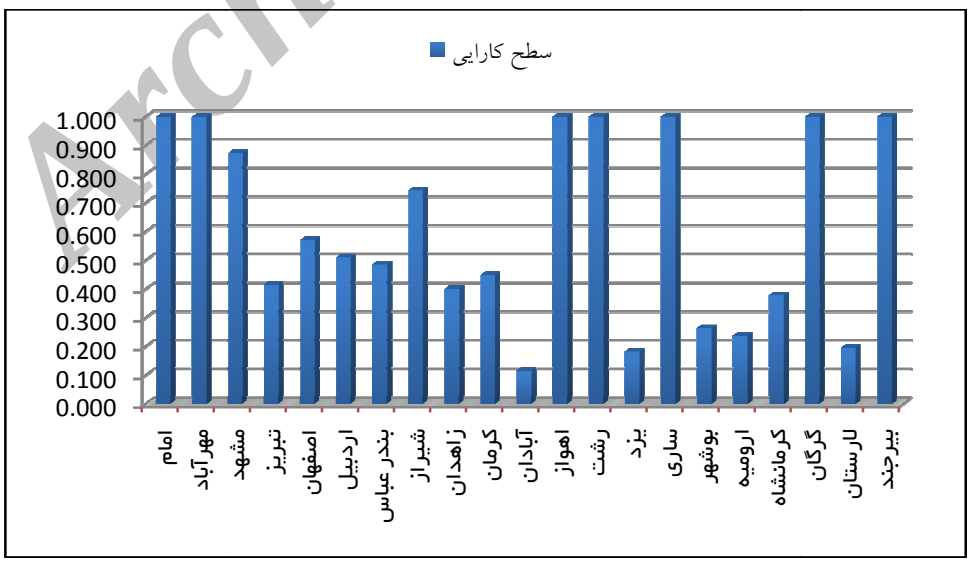
جدول ٤. ضریب همبستگی بین ورودی‌ها و خروجی

		Y1	Y2	Y3
X1	Pearson Correlation	۰/۸۳۷	۰/۸۵۹	۰/۹٦٦
	Sig. (1-tailed)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	.۰/۰۰۰
	N	۲۱	۲۱	۲۱
X2	Pearson Correlation	۰/۸٤۷	۰/۸۷۵	۰/۹۷۵
	Sig. (1-tailed)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	N	۲۱	۲۱	۲۱
X3	Pearson Correlation	۰/٤۹۹	۰/٤۸٤	۰/۳۰۷
	Sig. (1-tailed)	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۸۸
	N	۲۱	۲۱	۲۱

www.SID.ir

جدول ۵. محاسبه میزان کارایی فرودگاه های کشور

ردیف	فرودگاه	کارایی	بازده به مقیاس	توضیحات						
۱	امام	۱	ثابت							
۲	مهرآباد	۱	ثابت							
۳	مشهد	۰/۸۷۳	ثابت				۰/۶۵۸	اهواز	۰/۳۴۱	مهرآباد
٤	تبریز	۰/٤۱٦	ثابت				۰/۹٤۳	اهواز	۰/۰٥٦	مهرآباد
٥	اصفهان	۰/٥۷۱	ثابت	۰/۸۰۹	اهواز		۰/۱۲	مهرآباد	۰/۰۷	امام
٦	اردبیل	۰/٥۱۱	افزایشی				۰/۷٥۸	بیرجند	۰/۲٤۱	اهواز
۷	بندرعباس	۰/٤۸٦	ثابت				۰/۹۷۹	اهواز	۰/۰۲	مهرآباد
۸	شیراز	۰/۷٤٤	ثابت	۰/۷۸۱	اهواز		۰/۱٦	مهرآباد	۰/۰٥۸	امام
۹	زاهدان	۰/٤۰۱	افزایشی				۰/۱٦۹	بیرجند	۰/۸۳	اهواز
۱۰	کرمان	۰/٤٤۹	افزایشی				۰/۲۰٦	بیرجند	۰/۷۹۳	اهواز
۱۱	آبادان	۰/۱۱٦	ثابت				۰/۹۲۷	اهواز	۰/۰۷۲	مهرآباد
۱۲	اهواز	۱	ثابت							
۱۳	رشت	۱	افزایشی							
۱٤	یزد	۰/۱۸۳	ثابت				۰/۹٥۳	اهواز	۰/۰٤٦	مهرآباد
۱٥	ساری	۱	افزایشی							
۱٦	بوشهر	۰/۲٦٤	افزایشی				۰/۱۲۸	بیرجند	۰/۸۷۱	اهواز
۱۷	ارومیه	۰/۲۳۸	افزایشی	۰/۲	ساری		۰/۷۹۹	اهواز	۰/۰۰۰٤	امام
۱۸	کرمانشاه	۰/۳۷۹	افزایشی	۰/۰۰۷	بیرجند		۰/۰۳۷	رشت	۰/۹٥٤	اهواز
۱۹	گرگان	۱	افزایشی							
۲۰	لارستان	۰/۱۹٦	افزایشی	۰/۲۲۸	ساری		۰/۷۷	اهواز	۰/۰۰۰۷	امام
۲۱	بیرجند	۱	افزایشی							



نمودار ۲. کارایی فرودگاه‌های کشور

www.SID.ir

عدد ۰/۱۱۶ نشان می‌دهد که مدیریت فرودگاه آبادان می‌تواند تنها با استفاده از ۱۱۶ درصد منابع موجود، همین سطح از خدمات را به عنوان ستاده‌های فرودگاه، ارایه دهد. ستون چهارم جدول ۵ نوع بازده به مقیاس فرودگاه‌ها را نشان می‌دهد. بازده به مقیاس ارتباط بین نسبت تغییرات نهاده‌ها و ستانده‌های یک واحد تصمیم‌گیرنده را بیان می‌کند. نوع بازده به مقیاس یک واحد تصمیم‌گیرنده پاسخ به این سؤال است که، اگر نهاده‌ها را افزایش دهیم چه تغییری بر مقدار ستانده‌های واحد تصمیم‌گیرنده رخ می‌دهد. بازده به مقیاس یک واحد تصمیم‌گیری می‌تواند به سه نوع باشد.

اگر میزان نهاده یک واحد را به یک نسبت افزایش دهیم و ستانده‌های آن واحد بیش از نسبتی که نهاده‌ها را افزایش داده‌ایم، افزایش یابند، بازده به مقیاس، افزایشی می‌باشد. در این حالت نسبت افزایش در ستانده بزرگ‌تر از نسبت افزایش در نهاده می‌باشد. اگر میزان نهاده‌های یک واحد تصمیم‌گیری به یک نسبت افزایش یابد و میزان ستانده‌های آن واحد نیز به همان نسبت افزایش یابد یا به عبارتی دیگر، نسبت افزایش در ستانده‌ها متناسب با نسبت افزایش در نهاده‌ها باشد، گفته می‌شود بازده به مقیاس ثابت می‌باشد.

اگر میزان نهاده‌های یک واحد تصمیم‌گیری به یک نسبت افزایش یابد اما میزان ستانده‌های آن واحد به نسبت کمتری افزایش یابد، بازده نسبت به مقیاس، کاهشی می‌باشد. همان‌طور که از جدول ۵ مشخص است بازده به مقیاس تمام فرودگاه‌های کشور به غیر از فرودگاه‌های امام، مهرآباد، مشهد، تبریز، اصفهان، بندرعباس، شیراز، آبادان، اهواز و یزد که ثابت است، افزایشی می‌باشد. در ستون پنجم جدول ۵، فرودگاه‌های مرجع برای الگوگیری توسط فرودگاه‌های ناکارا، معرفی شده‌اند. در حل برنامه خطی تحلیل پوششی داده‌ها، روش حل در پی بیشینه کردن کارایی واحد هدف است.

این رویه جستجو، هنگامی که کارایی فرودگاه هدف یا دست کم یکی دیگر از فرودگاه‌ها، معادل یک شد، متوقف می‌شود. بنابراین، برای هر فرودگاه ناکارآمد، حداقل یک فرودگاه دیگر وجود دارد که با همان وزن‌های فرودگاه هدف به‌دست آمده از حل مدل، دارای کارایی یک است. به این فرودگاه‌های کارآمد، «گروه همتا یا همپایه[۸]» یا «گروه مرجع[۹]» فرودگاه ناکارآمد گفته می‌شود. این ستون، فرودگاه‌های مرجع را به ترتیب اولویت و ضریب مرجع بودن آنها، برای فرودگاه‌های ناکارای یاد شده مشخص کرده است. برای مثال، برای فرودگاه ناکارای آبادان، فرودگاه‌های کارای اهواز و مهرآباد به عنوان مرجع انتخاب شده است. به عبارت دیگر واحد مجازی برای فرودگاه آبادان، از ترکیب ۰/۰۷۲ ورودی و خروجی‌های فرودگاه مهرآباد و ۰/۹۲۷ ورودی‌ها و خروجی‌های فرودگاه اهواز ساخته شده است. پس فرودگاه آبادان با ورودی‌های بیشتر، خروجی‌های کمتری ارایه می‌کند. بنابراین، علت ناکارایی آن روشن می‌گردد. به عبارت دیگر واحدی می‌توان یافت (واحد مجازی) که با ورودی کمتر از فرودگاه آبادان، خروجی بیشتر از آن را ارایه می‌کند. بنابراین، مقادیر بهینه فرودگاه آبادان به ترتیب مشخص شده در جدول ٦ به‌دست می‌آید.

با توجه به این مقادیر بهینه، مشخص می‌شود که فرودگاه آبادان در منابع دوم و سوم مازاد دارد و باید برای رسیدن به کارایی کامل مقادیر آنها را کاهش دهد. ولی در مقدار منبع اول در شرایط بهینه می‌باشد. همین‌طور، برای خروجی‌های عملکردی اول، دوم و سوم زیر بهینه عمل می‌کند و باید برای رسیدن به سطح کارایی کامل، آنها را افزایش دهد. برای سایر فرودگاه‌های ناکارا، مقادیر بهینه به مشابه قسمت بالا به‌دست می‌آید.

در ادامه این بخش با استفاده از فرایند تحلیل حساسیت مدل تحلیل پوششی داده‌ها، وضعیت ورودی‌ها و خروجی‌ها از نظر رقابتی بودن یا مشکلات جاری بررسی می‌شود. هدف از تحلیل حساسیت، بررسی تأثیر هر کدام از شاخص‌ها در جایگاه فرودگاه‌ها در رتبه‌بندی به‌دست آمده براساس مدل تحلیل پوششی داده‌هاست. بدین منظور مدل های تحلیل پوششی داده‌ها دوباره اجرا و در هر بار یکی از ورودی‌ها یا خروجی‌ها از آنها حذف می‌شوند. نتایج کارایی مدل‌های حاصل در جدول ۷ خلاصه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦. محاسبه مقدار بهینه منابع برای فرودگاه آبادان

مقدار فعلی ورودی و خروجی فرودگاه آبادان		مقدار بهینه ورودی و خروجی برای فرودگاه آبادان		ورودی و خروجی فرودگاه مهرآباد			ورودی و خروجی فرودگاه اهواز			
↓		↓		↓			↓			
۷۳		۷۳		۵۷۳			۳٤			
۱۷۷۵٤		۱۲۸٤۰		۷٦۳۷۰			۷۹۲۰			
۵۳۷۰	=	۳۷۳۸	×	۸۱۵۰	+	(۰/۰۷۲)	۳٤۰۰	×	(۰/۹۲۷)	
۲۰۳۰		۱۸۵٤۲		۸۹۵۱٤			۱۳۰۵۰			
۲۵۵۸۳۵		۲۱۹۱۹۸۲		۱۰۸٤٦۸٦۸			۱۵۲۲۱۲۲			
۱٦۰۳		۱۹۳۰۷		۸۱٦٤۹			۱٤٤۸٦			

جدول ۷. تحلیل حساسیت ورودی و خروجی‌ها

ردیف	فرودگاه	کارایی اولیه	امتیاز کارایی بدون در نظر گرفتن شاخص					
			ورودی‌ها			خروجی‌ها		
			X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
۱	امام	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲	مهرآباد	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۳	مشهد	۰/۸۷۳	۰/۷۱۸	۰/۸۷۳	۰/۸۷۳	۰/۸۷۳	۰/۷۵٦	۰/۸۷۳
٤	تبریز	۰/٤۱٦	۰/٤۱٦	۰/۲۳۲	۰/٤۱٦	۰/٤۱٦	۰/۳۹٤	۰/٤۱٦
۵	اصفهان	۰/۵۷۱	۰/۵۷۱	۰/٤۱٦	۰/۵۷۱	۰/۵٦۸	۰/۵۷۱	۰/٤۷۸
٦	اردبیل	۰/۵۱۱	۰/۵۱۱	۰/۱۲۸	۰/۵۱۱	۰/٤۷۳	۰/۵۱۱	۰/۵۱۱
۷	بندر عباس	۰/٤۸٦	۰/٤۸٦	۰/۲٤۵	۰/٤۸٦	۰/٤۸۳	۰/٤۸٦	۰/٤۸٦
۸	شیراز	۰/۷٤٤	۰/۷٤٤	۰/٦۲۰	۰/۷٤٤	۰/۷۲۷	۰/۷٤٤	۰/٦۵۰
۹	زاهدان	۰/٤۰۱	۰/٤۰۱	۰/۱۹۱	۰/٤۰۱	۰/٤۰۱	۰/٤۰۱	۰/۲۷۱
۱۰	کرمان	۰/٤٤۹	۰/٤٤۹	۰/۱۹۵	۰/٤٤۹	۰/٤٤۹	۰/٤۱٤	۰/٤٤۹
۱۱	آبادان	۰/۱۱٦	۰/۱۰٤	۰/۱۱٦	۰/۱۱٦	۰/۱۱٦	۰/۱۰۹	۰/۱۱٦
۱۲	اهواز	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۳	رشت	۱	۱	۰/٤۲٤	۰/٦۳۲	۱	۱	۱
۱٤	یزد	۰/۱۸۳	۰/۱۸۳	۰/۱٤۲	۰/۱۸۳	۰/۱٦۹	۰/۱۸۳	۰/۱۸۳
۱۵	ساری	۱	۱	۱	۰/۱۹۲	۱	۱	۱
۱٦	بوشهر	۰/۲٦٤	۰/۲٦٤	۰/۱۳۰	۰/۲٦٤	۰/۲٦٤	۰/۲٦٤	۰/۲۰٤
۱۷	ارومیه	۰/۲۳۸	۰/۲۳۸	۰/۲۲٤	۰/۱۹۸	۰/۲۳۸	۰/۲۲۲	۰/۲۳۸
۱۸	کرمانشاه	۰/۳۷۹	۰/۳۷۹	۰/۳٦۰	۰/۳۷۷	۰/۳۳٤	۰/۳۷۹	۰/۳۷۹
۱۹	گرگان	۱	۱	۰/۳٤۳	۰/٤۹۸	۱	۱	۱
۲۰	لارستان	۰/۱۹٦	۰/۱۸۸	۰/۱۹٦	۰/۱۵٤	۰/۱۹٦	۰/۱۹٦	۰/۱٤۲
۲۱	بیرجند	۱	۱	۰/۰۸۵	۱	۱	۱	۱

www.SID.ir

نتایج این مدل نشان می‌دهد که فرودگاه‌های امام، مهرآباد و اهواز کاراترین فرودگاه‌ها در به‌کارگیری منابع بخش فرودگاهی برای ارایه خدمات در این بخش بوده‌اند. بر این اساس می‌توان گفت که سه فرودگاه نام برده با استفاده کارا از منابع انسانی، مساحت ترمینال و طول باند توانسته‌اند در مجموع عملکرد مناسبی در بخش فرودگاهی کشور داشته باشند و از این حیث نسبت به سایر فرودگاه‌ها برتری داشته‌اند. مشاهده می‌شود که در بیشتر موارد تغییری در میزان کارایی ایجاد نشد. این بدین معنی است که ورودی یا خروجی خاص تأثیر قابل توجهی در افزایش یا کاهش کارایی فرودگاه‌های کشور ندارند. از سویی در برخی از موارد (که در جدول با صورت سلول‌های هاشورخورده نشان داده شده‌اند) با حذف یک ورودی یا خروجی، میزان کارایی کاهش یافته است. این متغیرها برای فرودگاه‌های متناظر، به عنوان ورودی‌ها یا خروجی‌های دارای مزیت رقابتی تلقی می‌شوند و لازم است توجه ویژه‌ای به آنها شود. در واقع نحوه بهره‌برداری و اتخاذ این ورودی و خروجی‌ها در فرودگاه‌های متناظر به نحو مناسبی انجام می‌شود و لازم است خبرگان سازمانی ضمن شناسایی نقاط قوت آنها، برنامه‌ریزی‌های مناسب را برای حفظ عملکرد آنها و نیز تَسری آن به سایر ورودی‌ها و خروجی‌ها انجام دهند. برای مثال بر اساس نتایج تحلیل حساسیت مشاهده می‌شود که فرودگاه رشت نسبت به ورودی‌های مساحت ترمینال و طول باند به شدت حساس است به نحوی که بدون در نظر گرفتن مساحت ترمینال و طول باند، کارایی و رتبه خود را در بین فرودگاه‌های کارا از دست خواهد داد. این بدان معنی است که این فرودگاه از منابع مساحت ترمینال و طول باند استفاده مناسب کرده است و فرودگاه‌هایی که این فرودگاه را به عنوان فرودگاه مرجع انتخاب کرده، می‌توانند از نحوه به‌کارگیری این منابع در این فرودگاه الگوبرداری کنند. در تحلیل شاخص تعداد کارکنان، این شاخص به عنوان کم حساس‌ترین شاخص در سیستم فرودگاه‌های کشور محسوب می‌شود؛ چراکه با حذف این شاخص تعداد کمتری از فرودگاه‌های کشور، کارایی آنها کاهش می‌یابد. در مورد این شاخص فرودگاه‌های مشهد، آبادان و لارستان حساسیت قابل توجهی را نشان می‌دهند؛ چرا که با حذف این شاخص کارایی آنها کمتر از مقدار قبلی شده است. در مورد شاخص مساحت ترمینال می‌توان گفت، با توجه به این‌که بیشترین تغییرات کارایی با حذف آن ایجاد می‌شود، از حساس‌ترین ورودی‌های سیستم فرودگاه‌های کشور محسوب می‌شود و اکثر فرودگاه‌ها به آن حساس می‌باشند.

۵-۲- رتبه‌بندی کامل فرودگاه‌ها

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده شد، فرودگاه‌های امام، مهرآباد، اهواز، رشت، ساری، گرگان و بیرجند دارای بیشترین کارایی (یک) هستند و کم‌ترین کارایی به فرودگاه آبادان اختصاص داده شد. تحلیل پوششی داده‌ها واحدهای مورد بررسی را به دو گروه کارا و ناکارا تقسیم می‌کند. واحدهای ناکارا را می‌توان بر اساس نمره ناکارایی آنها رتبه‌بندی کرد ولی این کار برای واحدهای کارا امکان‌پذیر نیست؛ زیرا نمره کارایی آنها برابر یک می‌باشد. در این پژوهش همان‌طور که گفته شد از روش ارزیابی کارایی متقاطع که قدرت بالایی در تفکیک‌پذیری واحدهای کارا دارد به منظور رتبه‌بندی کامل فرودگاه‌های کارا استفاده شده است. با به‌کارگیری این تکنیک برای فرودگاه‌های کارای این پژوهش ماتریس کارایی متقاطع به‌صورت جدول ۸ خواهد بود. با توجه به نتایج یادشده در جدول ۸ رتبه‌بندی کامل فرودگاه‌های کشور به ترتیب زیر می‌باشد: فرودگاه اهواز، فرودگاه مهرآباد، فرودگاه امام، فرودگاه رشت، فرودگاه گرگان، فرودگاه ساری، فرودگاه بیرجند، فرودگاه مشهد، فرودگاه شیراز، فرودگاه اصفهان، فرودگاه اردبیل، فرودگاه بندرعباس، فرودگاه کرمان، فرودگاه تبریز، فرودگاه زاهدان، فرودگاه کرمانشاه، فرودگاه بوشهر، فرودگاه ارومیه، فرودگاه لارستان، فرودگاه یزد و فرودگاه آبادان.

۵-۳- مقایسه نتایج مدل پیشنهادی با سایر مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها

در این قسمت از مقاله سعی بر آن شد که نتایج مدل به‌کار رفته در این تحقیق با نتایج بعضی دیگر از مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها مقایسه و ضریب همبستگی آنها با هم بررسی گردد. بنابراین، با استفاده از داده‌های تحقیق، میزان کارایی فرودگاه‌های کشور با دو مدل دیگر تحلیل پوششی داده‌ها، یعنی مدل‌های BCC ورودی محور (BCC-I) و CCR خروجی محور (CCR-O) محاسبه شد که نتایج آنها در جدول ۹ آمده است. برای بررسی این موضوع که نتایج حاصل از مدل این پژوهش (BCC-O) با سایر مدل‌های به‌کار رفته در این بخش تا چه میزان با هم همبستگی دارند، از آزمون ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید که نتایج آن در جدول ۱۰ آمده است. بر اساس خروجی نرم افزار SPSS، از آن جا که sig کمتر از ۰/۰۵ است، همبستگی بین مدل این پژوهش با سایر مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها تأیید می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۸. ماتریس کارایی متقاطع برای فرودگاه‌های کارای کشور

	فرودگاه امام	فرودگاه مهرآباد	فرودگاه اهواز	فرودگاه رشت	فرودگاه ساری	فرودگاه گرگان	فرودگاه بیرجند
فرودگاه امام	۱	۰/۷۱۷	۰/۹۳٤	۰/۱۰۳	۰/۱۱٦	۰/۰۹۷	۰/۰٤٤
فرودگاه مهرآباد	۰/۳۱۷	۱	۰/۸۸٦	۰/۳۳۷	۰/۱	۰/۲٤۸	۰/۱۰۲
فرودگاه اهواز	۰/۱۳۳	۰/٤۲٥	۱	۰/۱۰۲	۰/۰۳۸	۰/۰۹٥	۰/۰۸۱
فرودگاه رشت	۰/۱٥۹	۰/٥۱۷	۰/٦۱٤	۱	۰/۰٦٦	۰/۲۱۳	۰/۱۲٥
فرودگاه ساری	۰/٦٦۹	۰/٤۱٤	۰/۲٤۳	۰/۰٤۹	۱	۰/۰۳۸	۰/۰۱۲
فرودگاه گرگان	۰/۱٤۸	۰/٤۷۸	۰/٥٦	۰/۲٤	۰/۰٥۹	۱	۰/۱۰۲
فرودگاه بیرجند	۰/۱۹٥	۰/٦٥۱	۰/۹۱٥	۰/٥۱۳	۰/۰۹٥	۰/۳۹٥	۱
Σ	۱/٦۲۱	۳/۲۰۲	٤/۱٥۲	۱/۳٤٤	۰/٤۷٦	۱/۰۸۹	۰/٤٦۹
e_k	۰/۲۷	۰/٥۳۳	۰/٦۹۲	۰/۲۲٤	۰/۰۸	۰/۱۸۱	۰/۰۷۸
رتبه	۳	۲	۱	٤	٦	٥	۷

جدول ۹. نتایج کارایی فرودگاه‌ها به‌وسیله مدل‌های **CCR-O** و **BCC**

فرودگاه / مدل	امام	مهرآباد	مشهد	تبریز	اصفهان	اردبیل	بندر عباس	شیراز	زاهدان	کرمان	آبادان
CCR-O	۱	۱	۰/۷٤٤	۰/۳۷٦	۰/٤۱۹	۰/٤۳۱	۰/٤٦۲	۰/٥٦۱	۰/۳۹۲	۰/٤۳۸	۰/۰۹٥
BCC-I	۱	۱	۰/۸٤۲	۰/٤٥۹	۰/٤٤	۰/۷۷۸	۰/٥۳۲	۰/٦۷۲	۰/۷۱٥	۰/٦۱٥	۰/٦۰٦
فرودگاه / مدل	اهواز	رشت	یزد	ساری	بوشهر	ارومیه	کرمانشاه	گرگان	لارستان	بیرجند	
CCR-O	۱	۰/٥٦۱	۰/۱۷٥	۰/۲۰۲	۰/۲٦	۰/۲	۰/۳۷٥	۰/٤۳۲	۰/۱٥۷	۰/٥٤۷	
BCC-I	۱	۱	۰/۷۱۹	۱	۰/٦٦۱	۰/۸٦	۰/۸٦۱	۱	۰/۹۹۸	۱	

جدول۱۰. نتایج ضریب همبستگی بین مدل‌های مختلف

		CCR-O	BCC-I	BCC-O
CCR-O	Pearson Correlation	۱	۰/٤۱۳	۰/۷٦٦
	Sig. (1-tailed)		۰/۰۳۲	۰/۰۰۰
	N	۲۱	۲۱	۲۱
BCC-I	Pearson Correlation	۰/٤۱۳	۱	۰/۷۳۹
	Sig. (1-tailed)	۰/۰۳۲		۰/۰۰۰
	N	۲۱	۲۱	۲۱
BCC-O	Pearson Correlation	۰/۷٦٦	۰/۷۳۹	۱
	Sig. (1-tailed)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	
	N	۲۱	۲۱	۲۱

www.SID.ir

٦- نتیجه‌گیری

امروزه ارزیابی عملکرد فرودگاه‌ها به‌دلیل اهمیتی که صنعت حمل و نقل هوایی نسبت به سایر روش‌های حمل و نقل دارد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شیوه‌های رایج ارزیابی عملکرد عموماً سطح خروجی‌های منتج از عملکرد سیستم سازمان را مدنظر قرار می‌دهند، در حالی که با یک رویکرد سیستمی به راحتی می‌توان دریافت که دست‌یابی به خروجی‌ها تنها در بستر بهره‌برداری از ورودی‌ها و با استفاده از فرایندهای مناسب امکان‌پذیر است و بنابراین، توجه صرف به خروجی‌ها در ارزیابی و مدیریت عملکرد، ما را به اشتباه خواهد انداخت. در این تحقیق از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان یک ابزار مؤثر برای ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری که دارای چندین ورودی و خروجی مشابه هستند استفاده شد. در ابتدا با استفاده از این تکنیک، میزان کارایی فرودگاه‌های کشور محاسبه شد.

نتایج حاصل از این مرحله حاکی از آن بود که از بین ۲۱ فرودگاه منتخب کشور فرودگاه‌های امام، مهرآباد، اهواز، رشت، ساری، گرگان و بیرجند دارای بیشترین کارایی (یک) هستند و ضعیف‌ترین عملکرد مختص فرودگاه آبادان با کارایی ۰/۱۱٦ است. در مرحله بعد اقدام به تحلیل حساسیت هر یک از ورودی و خروجی‌های فرودگاه‌ها شد. نتایج حاصل از این مرحله حاکی از آن بود که شاخص تعداد کارکنان فرودگاه کم‌حساس‌ترین و شاخص مساحت ترمینال حساس‌ترین شاخص در افزایش کارایی سیستم فرودگاه‌های کشور دارد. از طرفی نتایج این مرحله نشان داد که فرودگاه‌های امام، مهرآباد و اهواز کاراترین فرودگاه‌ها در به‌کارگیری منابع بخش فرودگاهی برای ارایه خدمات در این بخش بوده‌اند. در مرحله بعد با توجه به این‌که از بین ۲۱ فرودگاه منتخب تعداد ۷ فرودگاه، کارا تشخیص داده شدند، پس امکان رتبه‌بندی کامل فرودگاه‌های کشور نبود. بنابراین، از تکنیک ارزیابی کارایی متقاطع به منظور رتبه‌بندی فرودگاه‌های کارای کشور استفاده شد. نتایج نهایی حاکی از آن بود که فرودگاه اهواز بهترین عملکرد و فرودگاه آبادان ضعیف‌ترین عملکرد در سیستم فرودگاه‌های کشور دارند. در مرحله نهایی نتایج این تحقیق با نتایج مدل‌های دیگر ارزیابی، مقایسه و همبستگی بالای نتایج با سایر روش‌ها تأیید شد. مسئولان اجرایی می‌توانند با دسته‌بندی فرودگاه‌های کشور به دو دسته کارا و ناکارا و قرار دادن فرودگاه‌های کارا به‌عنوان الگو، جهت افزایش کارایی و عملکرد بهینه فرودگاه‌های ناکارا برنامه‌ریزی کنند. از سوی دیگر، فرودگاه‌های ناکارا با استفاده از برنامه‌ریزی جهت بهبود ورودی‌های تأثیرگذار، متناسب با اولویت آنها و نیز بهره‌گیری از تجارب فرودگاه‌های الگو، می‌توانند مسیر بهبود مناسبی را برای تعالی عملکرد خود تدارک ببینند. در این راستا، برنامه‌ریزی بهتر برای استفاده از ورودی‌ها در فرودگاه‌های مختلف با استفاده از آموزش مستمر نیروی انسانی، گسترش ترمینال و باند از پیشنهادات است. همچنین توجه کافی به منظور فراهم آوردن بستر لازم برای حضور بخش خصوصی در بخش فرودگاهی کشور برای ایجاد رقابت و انگیزه، ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به این‌که تحقیقات بسیار اندکی در حوزه ارزیابی کارایی فرودگاه‌های کشور صورت گرفته است، نقطه مثبت این پژوهش نسبت به سایر تحقیقات پیشین، تحلیل حساسیت شاخص‌های موثر بر کارایی فرودگاه‌ها و محک زنی فرودگاه‌های کشور می‌باشد. در تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود از تلفیق تکنیک‌های تحلیل پوششی داده‌ها و آنالیز مؤلفه‌های اصلی برای ارزیابی فرودگاه‌های کشور استفاده شود. به این صورت که ابتدا به جای متغیرهای اصلی از نسبت تک خروجی به تک ورودی استفاده گردد. سپس روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی را بر نسبت تک خروجی به تک ورودی اعمال کرد و در ادامه با انتخاب مؤلفه‌های اصلی، آن را به عنوان ورودی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها استفاده و تحلیل شوند. با توجه به این‌که اطلاعات این بررسی به چند سال قبل برمی‌گردد و همچنین با در نظرگرفتن این‌که به دلیل محدودیت اطلاعات، همه معیارهای ارزیابی لحاظ نشده است، در آینده پیشنهاد می‌شود با در نظرگرفتن ورودی و خروجی‌های بروزتر و بیشتری همچون هزینه فرودگاه، میزان رضایت مسافر، میزان تأخیر در فرودگاه، عمر فرودگاه و ... برای مدل دقت ارزیابی فرودگاه‌های کشور را افزایش داد که این امر لازمه تحقیقات در آینده است. همچنین، باید دقت کرد که محاسبه کارایی و عوامل مؤثر در تغییرات آن، تنها بخشی از چرخه بهبود کارایی محسوب می‌شود. بنابراین، نتایج این محاسبات به تنهایی نمی‌تواند به افزایش کارایی کمک کند، بلکه افزایش کارایی، نیازمند یک برنامه‌ریزی و تهیه نقشه بهبود کارایی می‌باشد. پس برای برنامه‌ریزی جهت ارتقای کارایی، احتیاج به

Archive of SID
www.SID.ir

شناخت سازمان از نظر گذشته کارایی و همچنین عوامل مؤثر بر تغییرات کارایی در سال‌های قبل است که لازمه این امر سیستم‌های برنامه‌ریزی استراتژیک مانند کارت امتیازی متوازن (BSC) می‌باشد.

۷- پی‌نوشت‌ها

1. Parametric Method
2. Non Parametric Method
3. Data Envelopment Analysis (DEA)
4. Charnes, Cooper & Rhodes
5. Constant Return to Scale
6. Banker, Charnes, Cooper
7. Varying Return to Scale
8. Peer Group
9. Refrence Group

۸- منابع

- اطلاعات فرودگاه‌های کشور، http://www.airport.ir.
- بهزادی‌راد، الف. و صفارزاده، م. (۱۳۸۵) "ارایه مدل ارزیابی عملکرد فرودگاه"، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
- پورکاظمی، م. ح. و رضایی، ج. (۱۳۸۵) "بررسی کارایی صنعت گردشگری با استفاده از روش‌های ناپارامتری (ایران و کشورهای منطقه)"، پژوهشنامه اقتصادی، دوره ششم، شماره ۳، ص ۳۰۱-۲۸۱.
- صفارزاده، م.، حسن‌پور، ش. و ممدوحی، ا. م. (۱۳۸۹) "رتبه‌بندی فرودگاه‌ها براساس کارایی و سطح ارایه خدمات با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی"، مجله عمران مدرس، دوره دهم، شماره ٤، ص ٤٦-۳۳.
- مهرگان، م. ر. (۱۳۸۵) "مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها"، انتشارات دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران.
- مومنی، م. (۱۳۸۵) "مباحث نوین تحقیق در عملیات"، انتشارات دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران.
- Adler, N., and Berechman, J. (2001) "Measuring airport quality from the airlines viewpoint: an application of data envelopment analysis". Transport Policy, 8: pp. 171–181.
- Andersen, P., and Petersen, N. C. (1993). "A procedure for ranking efficient units in DEA". Management Science, 39: pp. 1261–1264.
- Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W. (1984) "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis". Management Science, 30: pp. 1078–1092.
- Barros, C. P., and Dieke, P. U. C. (2008) "Measuring the economic efficiency of airports: a Simar–Wilson methodology analysis". Transportation Research Part E, 44: pp. 1039-1051.
- Chang, Y. (1998) "WinQSB: Decision Support Software for MS/OM", JohnWiley and Sons, Inc., New York.
- Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978) "Measuring the efficiency of decision making units". European Journal of Operational Research, 2(6): pp. 429–444.
- Foroughi, A., and Esfahani, M. (2012) "A robust AHP-DEA method for measuring the relative efficiency: An application of airport industry". Management Science Letters, 2: pp. 93-100.
- Fung, M. K. Y., Wan, K. K. H., Hui, Y. V., and Law, J. S. (2008) "Productivity changes in Chinese airports 1995–2004". Transportation Research Part E, 44: pp. 521–542.
- Gillen, D., and Lall, A. (1997) "Non-parametric measures of efficiency of US airports". International Journal of Transport Economics, 28: pp. 283– 306.
- Gillen, D., and Lall, A. (2001) "Developing measures of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis". Transportation Research Part E, 33: pp. 261–273.
- Gitto, S., and Mancuso, P. (2012) "Bootstrapping the Malmquist indexes for Italian airports". Int. J. Production Economics, 135: pp. 403–411.
- Koçak, H. (2011) "Efficiency examination of Turkish airports with DEA approach". International Business Research, 4: pp. 204-212.

Archive of SID
www.SID.ir

airports". Transportation Research Part A, 38: pp. 329–346.

- Seifert, L. (1994) "Identifying Excesses and Deficits in Chinese Industrial Productivity (1953-1990): a Weighted Data Envelopment Analysis Approach". Omega. 26: pp. 229-296.
- Seol, H., Choi, J., Park, G., and Park, Y. (2007) "A framework for benchmarking service process using data envelopment analysis and decision tree". Expert Systems with Applications, 32: pp. 432–440.
- Sohn, S., and Moon, T. (2004) "Decision tree based on data envelopment analysis for effective technology commercialization". Expert Systems with Applications, 26: pp. 279–284.
- Wu, J., Sun, J., Liang, L and Zha, Y. (2011) "Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon entropy". Expert Systems with Applications, 38: pp. 5162–5165.
- Yang, H. (2010) "Measuring the Efficiencies of Asia-Pacific International Airports: Parametric and Non-parametric Evidence". Computers & Industrial Engineering, doi: 10.1016/ j.cie.2010.07.023.
- Yoshida, Y. (2004) "Endogenous-weight TFP measurement: methodology and its application to Japanese-airport benchmarking". Transportation Research Part E, 40: pp.151–182.
- Yoshida, Y. and Fujimoto, H. (2004) "Japanese-airport benchmarking with DEA and endogenous-weight TFP methods: testing the criticism of over-investment in Japanese regional airports". Transportation Research Part E, 40: pp. 533–546.
- Yu, M. M., Hsu, SH., Chang, C.C., and Lee, D.H. (2008) "Productivity growth of Taiwan's major domestic airports in the presence of aircraft noise". Transp Res Part E Logistics and Transp Rev, 44: pp. 543–554.
- Martín, J. C. and Román C. (2007) "Political opportunists and mavericks? A typology of Spanish airports". Int J Transport Econ, 34: pp. 247–271.
- Murillo-Melchor, C. (1999) "An analysis of technical efficiency and productive change in spanish airports using the Malmquist index". International Journal of Transport Economics, 26: pp. 271–292.
- Parker, D. (1999) "The performance of the BAA before and after privatisation". Journal of Transport Economics and Policy, 33: pp. 133–146.
- Pathomsiri, S., Haghani, A., Dresner, M., and Windle, R. J. (2008) "Impact of undesirable outputs on the productivity of US airports". Transp Res Part E Logistics and Transp Rev, 44: pp. 235–259.
- Pierce (1996) "Efficiency Progress in the Newsothvale Government". internet: www.treesury.nsw.gov.edu.
- Pels, E., Nijkamp, P., and Rietveld, P. (2001) "Relative efficiency of European airports". Transport Policy, 8: pp. 183–192.
- Roghanian, E. and ForoughI, A. (2010) "An empirical study of Iranian regional airports using robust data envelopment analysis". International Journal of Industrial Engineering Computations, 1: pp. 65-72.
- Samoilenko, S., and Osei-Bryson, K. M. (2008) "Increasing the discriminatory power of DEA in the presence of the sample heterogeneity with cluster analysis and decision trees". Expert Systems with Applications, 34: pp. 1568–1581.
- Sarkis, J. (2000) "Operational efficiency of major US airports". Journal of Operation Management, 18: pp. 251–335.
- Sarkis, J., and Talluri, S. (2004) "Performance-based clustering for benchmarking of US

Archive of SID

www.SID.ir