ارزیابی کارایی فنی و رتبه‌بندی فرودگاه‌های منتخب ایران به روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA)

مقاله پژوهشی

فیروز فلاحی، دانشیار، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
بهزاد سلمانی، استاد، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
محسن پورعبادالهان کویچ، دانشیار، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
مریم صارمی*، دانشجوی دکتری، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: saremimar@gmail.com

دریافت: ۹۹/۰٤/۱۸- پذیرش: ۹۹/۱۰/۰۵
صفحه۲٦۳-۲۵۱

چکیده

امروزه ارزیابی عملکرد فرودگاه‌ها به دلیل اهمیتی که صنعت حمل‌ونقل هوایی نسبت به سایر روش‌های حمل‌ونقل دارد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و کارایی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی عملکرد بهینه فرودگاه‌هاست. هدف مطالعه حاضر ارزیابی کارایی فنی و رتبه‌بندی پنج فرودگاه بین‌المللی منتخب ایران (مهرآباد، مشهد، شیراز، تبریز و اصفهان) طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۸۹ بوده و بدین منظور از تحلیل مرزی تصادفی (SFA) استفاده شده است. نتایج این مطالعه مؤید آن است که ۹۸ درصد ناکارایی فرودگاه‌های موردبررسی، مربوط به ناکارایی فنی است. همچنین یافته‌های حاصل از سنجش کارایی فرودگاه‌ها نشان می‌دهد که کم‌ترین میزان کارایی در سال ۱۳۹۳ مشاهده شده است. به‌علاوه، هیچ‌کدام از فرودگاه‌ها نتوانسته‌اند در طول دوره موردبررسی به کارایی فنی کامل برسند اما در این بین، فرودگاه‌های مشهد و تبریز از بالاترین میزان کارایی فنی برخوردارند. فرودگاه‌های اصفهان، شیراز و مهرآباد در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: فرودگاه، کارایی، تحلیل مرزی تصادفی (SFA)

۱-مقدمه

صنعت حمل‌ونقل هر کشور یکی از معیارهای بیانگر وضعیت اقتصادی و میزان توسعه صنعتی آن کشور است. در این راستا، صنعت حمل‌ونقل هوایی به‌عنوان یکی از سریع‌ترین شیوه‌های حمل‌ونقل در جهان، جایگاهی عظیم به دست آورده و به‌سرعت در حال رشد است (نظریان و همکاران، ۱۳۸۹، (Pels et al 2003)) همین امر لزوم توجه ویژه به این صنعت را فراهم نموده است. در این میان از فرودگاه‌ها به‌عنوان زیربنایی‌ترین بخش و مهم‌ترین زیرساخت نظام حمل‌ونقل هوایی یاد می‌شود؛ چراکه رشد سریع حجم ترافیک و تقاضای سفرها و انتقالات هوایی به همراه مقررات و استانداردهای منسجم بین‌المللی و مقررات دقیق عملیات پروازی، سبب شده تا این زیرساخت‌ها به‌عنوان سیستم‌های پیچیده و پویا یکی از عناصر محوری صنعت حمل‌ونقل هوایی مطرح شوند (Tovar and Martin, 2010). لذا به علت ماهیت با ارزش فرودگاه‌های یک کشور و تأثیر آن‌ها

بر توسعه اقتصادی، همچنین به‌منظور افزایش درآمد و کم کـردن تلفات ناشی از حوادث ناگهانی فرودگاه‌ها و برای کسب اطمینان از اینکه خدمات فرودگاهی به‌درستی به مشتریان ارائه می‌گـردد، ارزیابی عملکرد فرودگاه‌های کشور امری لازم و ضـروری اسـت (طحاری مهرجردی،۱۳۹۱؛ Tovar and Martin, 2010). علاقه به بررسی عملکرد فرودگاه‌ها موضوع جدیدی نیست و در آینـده نیز این علاقه‌مندی افزایش خواهد یافت. یکی از روش‌های عملی برای افـزایش بهـره‌وری و توسـعه صـنعتی، افـزایش کـارایی در صنعت فرودگاه‌هاست. ازاین‌رو بایستی کارایی فرودگاه‌های کشور به‌طور مستمر با استفاده از ابزارهای مناسب مـورد ارزیـابی قـرار گیرد (Yang, 2010). بررسی مداوم کارایی فرودگاه‌ها اطلاعات سودمندی را در اختیار شـرکت‌هـای هـوایی، دولـت و مـدیران فرودگاه‌ها قرار می‌دهد (طحاری مهرجردی، ۱۳۹۱). بـه‌طـورکلی کارایی به مفهوم استفاده بهینه از منابع قلمداد مـی‌شـود (سـازمان ملی بهره‌وری یاران، ۱۳۹۷). هـدف از ارزیـابی کـارایی، بررسـی وضعیت موجود هر یک از فرودگاه‌ها در مقایسـه بـا یکـدیگر و درواقع تحلیل عملکرد است (نداف و همکاران، ۱۳۹۵).

طبق نظر یانگ برای ارزیابی فرودگاه‌ها چندین علت را مـی‌تـوان بیان کرد:

- دولت‌ها می‌توانند با استفاده از نتایج ارزیـابی فرودگـاه‌هـا، میـزان اثربخشی سرمایه‌گذاری به‌کاررفته در این بخش را تعیین کنند
- مدیران فرودگاه‌ها می‌توانند جایگـاه فرودگـاه خـود را در مقابـل دیگر فرودگاه‌ها محـک بزننـد (Yang, 2010, Barros and Dieke, 2008).

بنـابراین، یکـی از الزامـات مـدیریت اثـربخش فرودگـاه‌هـا، ارزیابی مداوم کارایی آن‌ها با استفاده از ابزارهای مناسـب اسـت. در کشور ایران به دلیل دولتی بودن فرودگاه‌ها، ارزیـابی کـارایی آن‌ها به‌صورت همه‌جانبه کمتر موردتوجه مسئولین و مدیران بوده است (روغنیان و فروغی، ۲۰۱۰). علی‌رغم اهمیت ارزیابی کارایی فرودگـاه‌هـا و موردتوجـه قـرار گـرفتن ایـن موضـوع در اکثـر کشورهای جهـان، تحقیقـات کمـی در ایـن خصـوص در ایـران صورت گرفتـه اسـت کـه مطالعـات موجـود نیـز تنهـا بـه روش ناپارمتریک هستند و مطالعه دقیقـی بـه روش پارامتریـک تحلیـل مـرزی تصـادفی صـورت نگرفتـه اسـت. همـین امـر اهمیـت و ضرورت هرچه بیشتر بررسی این موضوع را نشان می‌دهد لذا در مقاله حاضر از روش تحلیل مرزی تصادفی برای بررسـی کـارایی فرودگاه‌های منتخب در ایران استفاده شده است.

ازاین‌رو، با توجه به نقش فرودگاه‌ها در صنعت حمل‌ونقل هوایی کشور، این مسئله اهمیت می‌یابد که کارایی آن‌هـا مـورد ارزیـابی قرار گیرد. لذا با توجه به موارد فوق، در این مطالعه کـارایی فنـی پنج فرودگاه منتخب مهرآباد، تبریز، مشهد، اصفهان و شـیراز (بـه دلیل محدودیت دسترسی بـه داده‌هـا تنهـا ۵ فرودگـاه بـزرگ بـه پیشنهاد شرکت مادر تخصصی فرودگاه‌های ایران انتخـاب شـد). با اسـتفاده از روش تحلیـل مـرزی تصـادفی (SFA) طـی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۹ محاسبه شده است. در این روش ابتـدا تـابع هزینه/سود با توجه به فروض در نظر گرفتـه شـده، تخمـین زده می‌شود؛ سپس انحراف از مـرز بهتـرین عملکـرد و تـأثیر جملـه اخلال که فراتر از کنترل واحدهای تولیدی است بر کارایی نشـان داده می‌شود.

نتایج حاصل از این مطالعه می‌توانـد سیاسـت‌گـذاران بخـش دولتی و صاحب‌نظران شرکت مادر تخصصی فرودگاه‌های کشـور را در اتخاذ سیاست‌های مناسب در راستای ارتقا کیفیت خـدمات فرودگاه‌های کشور، همچنین در امر برنامه‌ریزی، اجـرا و ارزیـابی یاری رساند. همچنین این نوع از مطالعات می‌توانند در تصمیمات سیاسی برای انتخاب بهترین چارچوب برای سازمان‌دهی سیسـتم فرودگاهی، خصوصا زمانی که تمـام فرودگـاه‌هـا توسـط دولـت مدیریت شوند، بسیار مفید واقع گردد. در ایـن چـارچوب، ایـن مقاله مشتمل بر پنج بخش است .پـس از مقدمـه، در بخـش دوم ادبیات موضوع بیان شـده اسـت. بخـش سـوم بـه روش تحقیـق اختصاص دارد. در بخش چهارم یافته‌های مطالعه ارائه شده است؛ و بخش پایانی اختصاص به نتیجه‌گیری دارد.

۲- پیشینه تحقیق

در این بخش از مطالعه، مبانی نظری روش تحلیل مرزی تصادفی و همچنین مطالعات تجربی بیان‌شده است.

۲-۱- مدل‌های اندازه‌گیری کارایی نسبی فرودگاه‌ها

بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP)، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و تحلیل مرزی تصادفی (SFA) روش‌هایی هستند که برای اندازه‌گیری عملکرد فرودگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. انتخاب میان روش‌های مورد استفاده برای ارزیابی کارایی، یک تصمیم مبتنی بر باورهای شخصی، شایستگی محققان و دسترسی

به اطلاعات است (Martin and Voltes-Dorta, 2009) همچنین بستگی به شرایط حاکم بر محیط اقتصادی فعالیت و صنعت مورد نظر دارند. عموماً در صنایعی که عملکرد و کارایی هر یک از رشته فعالیت‌های صنعتی تحت تأثیر عوامل تصادفی همانند؛ حوادث طبیعی، اعتصابات یا جنگ قرار دارد، استفاده از روش تابع تولید مرزی تصادفی نتایج بهتری ارائه می‌کند (زراءنژاد و همکاران، ١٣٩١). روش TFP یک ایراد اساسی دارد و تفاوت بین دو TFP را نمی‌توان بین تغییرات فنی، تغییرات کارایی فنی و مقیاس و یا کارایی تخصیص تجزیه کرد. درواقع برای اینکه این تجزیه صورت گیرد بایستی مرز تولید (هزینه) ارزیابی شود که با استفاده از دو رویکرد اصلی دیگر (DEA و SFA) می‌توان این مرزها را ارزیابی نمود. به همین دلیل روش DEA و SFA نسبت به روش TFP نیاز به داده‌های بسیار بیشتری دارند (مارتین و ولتس–دورتا، ٢٠٠٩). DEA یک روش غیر پارامتریک است که از برنامه‌ریزی خطی برای قرار دادن یک سطح خطی بر روی نقاط داده‌ها استفاده می‌کند[٢]. این روش همچنین نیازی به فرم تابعی و یا فروض توزیع مربوط به مرز و عدم کارایی همانند روش SFA ندارد (Lampe and Hilgers, 2015)؛ اما با این توضیحات به روش DEA ایراداتی وارد شده است از جمله اینکه محدودیت‌های تئوریکی توابع تولید/ هزینه نمی‌توانند به‌راحتی آزمون شوند و مهم‌تر اینکه برآورد صورت گرفته تحت تأثیر عوامل غیرقابل‌پیش‌بینی و غیرقابل‌کنترل قرار می‌گیرد که این امر رسیدن به توصیه‌های سیاسی منطقی را دشوار می‌کند (Martin and Voltes-Dorta, 2009). استفاده از روش SFA می‌تواند برخی از این کاستی‌ها را مرتفع کرده و نتایج بهتری را ارائه دهد. این مدل بر اساس روش اقتصادسنجی است و برتری مدل‌های SFA نسبت به سایر الگوهای معمول در این است که در برازش تابع، نقاط متوسط را در نظر نمی‌گیرد بلکه نقاط مرزی را لحاظ می‌کند. ویژگی اصلی مدل SFA در ارائه جمله خطای دوجزئی است که یک جزء آن اثرهای تصادفی و جزء دیگر عدم کارایی است (Lampe and Hilgers, 2015، Fernandez et al. 2018,Hamdan et al. 2016). بدین معنا که اگر بنگاهی کمتر از تولید مرزی عملکرد داشته باشد، بخشی از آن به دلیل ناکارایی فنی و بخش دیگر به دلیل عامل تصادف خواهد بود. بعلاوه این روش امکان استنباط آماری در خصوص معناداری متغیرهای موجود در مدل را ممکن می‌سازد (فرناندز و همکاران، ٢٠١٨) همچنین امکان آزمون فرضیه مربوط به هر پارامتر منطبق با نظریه اقتصادی را فراهم می‌آورد و راحت‌تر می‌توان داده‌های خارج از محدوده را شناسایی کرد (Coelli et al. 1998).

٢-٢- روش تحلیل مرزی تصادفی

روش تحلیل مرزی تصادفی بر مبنای مدل‌های اقتصادسنجی و تئوری‌های اقتصاد خرد بناشده است و به‌عنوان یک ابزار پارامتریک برای اندازه‌گیری کارایی فنی بنگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سال ١٩٦٨ Aigner and Chu تابع تولید مرزی پارامتریک را به شکل کاب–داگلاس تخمین زدند (Kumbhakar and Lovell, 2000). سپس Aigner, Lovell and Schmidt (1977) و Meeusen and van den Broeck (1977) تقریبا هم‌زمان مدل تحلیل مرزی تصادفی را توسعه دادند (Silva et al., 2017؛ Mastromarco, 2008).

شکل کلی توابع مرزی تصادفی به شکل ذیل می‌باشد که به روش تحلیل مرزی تصادفی معروف است.

$$Y = \beta X + \varepsilon \quad (١)$$

$$\varepsilon = V - U \quad (٢)$$

که در آن Y محصول تولید شده، X بردار نهاده‌ها، V خطای تصادفی و U تخمینی از عدم کارایی فنی بنگاه را نشان می‌دهد. فرض می‌شود V دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس σ_V^2 و مستقل از U است. همچنین با توجه به اینکه کارایی نمی‌تواند بزرگ‌تر از یک باشد، U دارای توزیع یک‌طرفه و واریانس σ_U^2 است. به‌کارگیری روش تحلیل مرزی تصادفی نیازمند فرم خاصی از تابع تولید مرزی برای تخمین β است که معمولا از تابع تولید کاب–داگلاس و یا تابع تولید ترانسلوگ استفاده می‌شود. پس از تعیین فرم تابعی مناسب برای تخمین تابع تولید مرزی تصادفی، پارامترهای واریانس یعنی σ_V^2 و σ_U^2 به وسیله تخمین زننده حداکثر راست نمایی (Maximum likelihood) تخمین زده می‌شود[٣]. سپس بر اساس برآوردهای صورت گرفته دو پارامتر به شکل $\sigma_s^2 = \sigma_V^2 + \sigma_U^2$ و

$\gamma = \sigma_U^2 / \sigma_S^2$ تعریف می‌گردد (Battese and Coelli, 1995). حال اگر $\gamma = 0$ باشد، پس مقدار کارایی فنی مورد انتظار برابر با یک است و هیچ انحرافی به‌واسطه عدم کارایی فنی وجود ندارد (یعنی $\sigma_u^2 = 0$). اگر $\gamma = 1$ تمام انحرافات به‌واسطه عدم کارایی فنی هستند (یعنی $\sigma_u^2 = 0$) و اگر $0 < \gamma < 1$، انحرافات موجود به‌واسطه عدم کارایی مرکب از فنی و عامل تصادفی است (Battese and Corra, 1977). پس از توضیح کلی مدل تحلیل مرزی تصادفی، در ادامه کاربرد این مدل در حمل‌ونقل هوایی بیان شده است. در سال ۲۰۰۱ پلس و همکارانش روش تحلیل مرزی تصادفی را در بررسی کارایی نسبی فرودگاه‌های اروپا مورد استفاده قرار داده‌اند. ساختار مدل مورد استفاده به شکل ذیل است:

$$y_{j,t} = x'_{j,t}\beta + E_{j,t} \quad (۳)$$

$$E_{j,t} = V_{j,t} - U_j \quad (٤)$$

که در آن y_{it} محصول فرودگاه j در دوره t، x_{it} بردار نهاده فرودگاه j در دوره t است. درعین‌حال $V_{j,t} \sim N(0, \sigma_V^2)$، IID و همچنین مستقل از U_j است[٤]. U_j دارای توزیع یک‌طرفه و واریانس σ_U^2 است. اگر $U_j > 0$ باشد فرودگاه j نمی‌تواند به مرز کارآمد برسد. برای محاسبه کارایی فنی فرودگاه از فرمول زیر استفاده شده است (Pels et al, 2001):

$$h_j^f = \frac{E(y_{j,t}|U_j, x_{j,t})}{E(y_{j,t}|U_j = 0, x_{j,t})} \quad (٥)$$

سپس Pels et al (2003) روش تحلیل مرزی تصادفی را در بررسی عدم کارایی و مقیاس اقتصادی فرودگاه‌ها بکار برده‌اند. ساختار اساسی این مدل به شکل زیر است:

$$y_{j,t} = f(x_{j,t}, \exp(R)) \times \exp(E_{j,t}) \quad (٦)$$

$$E_{j,t} = V_{j,t} - U_{j,t}(z_{j,t}) \quad (٧)$$

که در آن y_{it} محصول فرودگاه j د دوره t، x_{it} بردار نهاده فرودگاه j در دوره t بوده و R نشان‌دهنده وضعیت تکنولوژی است. f یک تابع تبدیل است که بخش قطعی مرز تولید را نشان می‌دهد. V_{jt} متغیرهای تصادفی در نظر گرفته شده و دارای توزیع $N(0,\sigma_z^2)$ بوده و مستقل از U_{jt} است. U_{jt} متغیرهای تصادفی غیر منفی است که مربوط به عدم کارایی فنی تولید (نشان‌دهنده انحراف غیر منفی تصادفی از مرز تولید) بوده و به‌صورت $N(m_{it},\sigma_u^2)$ – بریده‌شده در صفر[٥]– و $m_{it} = z_{it}\delta$ در نظر گرفته می‌شود. z_{it} نیز بردار ویژگی‌های فرودگاه به‌عنوان نهاده در نظر گرفته نشده است اما می‌تواند عدم کارایی را توضیح دهد (Lita and Stamule, 2011 ؛Pels et al, 2003). اگر $U_{jt} > 0$ باشد فرودگاه j به دلیل ناکارآمدی فنی، به مرز کارایی نمی‌تواند برسد.حال اگر تابع فوق به شکل log-log برآورد شود، کارایی فنی فرودگاه به شکل ذیل خواهد بود:

$$TE_j = \frac{E(y_{j,t}|\widehat{U_{j,t}}, x_{j,t}, Z_{j,t})}{E(y_{j,t}|U_{j,t} = 0, x_{j,t}, z_{j,t})} = \exp(-\widehat{U_{j,t}}) \quad (٨)$$

که در آن $\widehat{U_{jt}}$ مقدار پیش‌بینی شده U_{jt} است (Pels et al, 2003).

Sarkis (2000) کارایی عملیاتی ٤٤ فرودگاه بزرگ ایالات‌متحده آمریکا را با استفاده از روش DEA بررسی کرده است. هزینه‌های عملیاتی، تعداد نیروی کار و تعداد باند پرواز نهاده‌ها و درآمد عملیاتی، تعداد نشست‌وبرخاست، بار حمل شده و تعداد مسافران ستاده‌های این مطالعه را شامل می‌شوند. Sarkis and Talluri (2004) در مطالعه‌ای کارایی عملیاتی فرودگاه‌های بزرگ ایالات‌متحده آمریکا را برای مدت ٥ سال با استفاده از روش ناپارامتریک موردبررسی قرار داده‌اند. نهاده‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل هزینه‌های عملیاتی، تعداد نیروی کار و تعداد باند پرواز و ستاده‌ها شامل و درآمد عملیاتی، نشست‌وبرخاست، بار حمل شده و تعداد مسافران است. Martin and Voltes-Dorta (2009) در مطالعه‌ای با استفاده از روش SFA کارایی ۳۷ فرودگاه اسپانیا را طی دوره ۱۹۹۷–۱۹۹۱ مورد ارزیابی قرار داده‌اند. آن‌ها نیروی کار و سرمایه را به‌عنوان نهاده و مجموع مسافر و بار حمل شده و تعداد نشست‌وبرخاست هواپیماها به‌عنوان ستانده در نظر گرفته‌اند. نتایج حاصل نشان می‌دهد سطح معناداری از عدم کارایی در عملیات فرودگاه‌های موردبررسی وجود دارد. Koçak (2011) کارایی فرودگاه‌های ترکیه را با استفاده از روش DEA برای سال ۲۰۰۸ موردبررسی قرار داده است. بدین منظور از هزینه‌های عملیاتی، تعداد نیروی کار، تعداد ترافیک هوایی برنامه‌ریزی‌شده، ظرفیت تعداد مسافر

فرودگاه به‌عنوان نهاده و از تعداد مسافر، میزان بار، تعداد نشست‌وبرخاست و درآمد عملیاتی به‌عنوان ستاده استفاده کرده است. Scotti et al. (2012) با استفاده از روش SFA بررسی کرده‌اند که چگونه شدت رقابت بین فرودگاه‌های ایتالیا طی دوره ۲۰۰۸-۲۰۰۵ بر کارایی فنی آن‌ها تأثیرگذار بوده است. نتایج این مطالعه نشان داد که شدت رقابت اثر منفی بر کارایی فرودگاه‌های مورد مطالعه دارد. همچنین کارایی فرودگاه‌های دولتی بیشتر از فرودگاه‌های خصوصی است. Abbott (2015) عملکرد کارایی سه فرودگاه بزرگ نیوزلند را در سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۱ با استفاده از روش DEA مورد ارزیابی قرار داده است. نتایج نشان داد کارایی فرودگاه‌ها در طول سال‌های موردبررسی افزایش‌یافته است و همچنین کارایی فرودگاه‌های بزرگ‌تر بیشتر از کارایی فرودگاه‌های کوچک است. Liu (2016) در مطالعه‌ای کارایی خدمات هوانوردی و کارایی خدمات بازرگانی۱۰ شرکت فرودگاهی آسیای شرقی را در طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳ با استفاده از روش NDEA[٤] ارزیابی کرده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد تعداد خطوط هوایی ارائه‌دهنده خدمات و تعداد مقصدها تأثیر مثبت و معناداری بر کارایی خدمات هوانوردی دارد. همچنین درآمد غیر هوانوردی و کیفیت خدمات تأثیر مثبت و معناداری بر کارایی خدمات بازرگانی دارند. Wanke and Barros (2017) در مطالعه‌ای سطح کارایی و ساختار هزینه پنج فرودگاه سنگال را با استفاده از روش DEA موردبررسی قرار داده‌اند. آن‌ها در مطالعه خود نیروی کار و طول باند را به‌عنوان نهاده و تعداد مسافر، میزان بار و تعداد نشست‌وبرخاست هواپیما را به‌عنوان ستاده در نظر گرفته‌اند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که هزینه سرمایه و هزینه نیروی کار متغیرهای ساختاری هزینه هستند و علاوه بر عملیات حمل بار، بیشترین تأثیر را بر سطح کارایی فرودگاه‌های موردبررسی دارند.

Carlucci and Coccorese (2018) مطالعه‌ای را به‌منظور بررسی اینکه چگونه تعدادی از عوامل بر کارایی و پایداری اقتصادی فرودگاه‌های منطقه اثرگذار هستند انجام داده‌اند. آن‌ها با استفاده از روش DEA کارایی فنی و کارایی مقیاس ٣٤ فرودگاه ایتالیا را طی دوره ٢٠١٦-٢٠٠٦ برآورد کرده‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد اندازه فرودگاه، حضور هواپیماهای کم-هزینه و مقررات زدایی می‌تواند بر کارایی و پایداری اقتصادی فرودگاه‌های منطقه تأثیر مثبت داشته باشد. Fernández et al. (2018) در مطالعه‌ای با استفاده از روش SFA تأثیر توریسم بر کارایی ۳۵ فرودگاه اسپانیا را طی دوره ۲۰۰۹ تا ۲۰۱٦ موردبررسی قراردادند. آن‌ها در مطالعه خود تعداد مسافران، میزان بار و درآمد فرودگاه را به‌عنوان ستاده و مخارج سرمایه‌گذاری، هزینه نیروی کار و مساحت فرودگاه را به‌عنوان نهاده در نظر گرفته‌اند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد فرودگاه‌های توریستی سطح کارایی بالاتری نسبت به سایر فرودگاه‌ها دارند. چنانکه پیش‌تر نیز گفته شد علی‌رغم اهمیت ارزیابی کارایی فرودگاه‌ها، تحقیقات کمی در این خصوص در ایران انجام گرفته است که مطالعات موجود نیز تنها به روش ناپارمتریک (DEA) هستند و مطالعه دقیقی به روش پارامتریک تحلیل مرزی تصادفی صورت نگرفته است. لذا به‌ناچار در این قسمت تنها خلاصه‌ای از مطالعات تجربی فارسی مرتبط با کارایی فرودگاه‌ها به روش تحلیل پوششی داده‌ها ارائه شده است. صفارزاده و همکارانش (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای فرودگاه‌های ایران را بر اساس سطح کارایی و سطوح ارائه خدمات با استفاده از روش AHP را رتبه‌بندی کردند. نتایج نشان می‌دهد که اهمیت عوامل مؤثر بر کارایی حدود ۳ برابر اهمیت سطوح خدمات است. هم‌چنین مهم‌ترین پارامترها، باندهای پرواز با ۲٦/۱۱ و باندهای خزش با ۹/٦ درصد و کم‌اهمیت‌ترین پارامترها، فضای نگه‌داری اطفال با ۰/۱ و دستگاه‌های خودکار با ۰/۱۱ درصد شناخته شدند. طحاری مهرجردی و همکارانش (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای به بررسی کارایی فرودگاه‌های کشور با استفاده از یکی از تکنیک‌های نا پارامتریک در این زمینه تحت عنوان تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته‌اند. فرودگاه‌های منتخب این پژوهش متشکل بر ۲۱ فرودگاه فعال کشور در زمینه حمل‌ونقل هوایی است که از این تعداد، فرودگاه‌های امام، مهرآباد، اهواز، رشت، ساری، گرگان و بیرجند حداکثر کارایی از مدل تحلیلی پوششی داده‌ها به دست آوردند. همچنین در این پژوهش از یک مکانیسم رتبه‌بندی کامل تحت عنوان تکنیک ارزیابی کارایی متقاطع به‌منظور رتبه‌بندی فرودگاه‌های کشور استفاده‌شده است. نتایج رتبه‌بندی نهایی، فرودگاه اهواز را در رتبه اول و فرودگاه آبادان را در رتبه آخر سطح عملکرد نشان داده است. روغنیان و فروغی (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای کارایی نسبی ۲۱ فرودگاه ایران را با استفاده از روش DEA بررسی کردند. آن‌ها

از تعداد نیروی کار، مساحت ترمینال و طول باند به‌عنوان نهاده و از تعداد نشست‌وبرخاست، تعداد مسافر و میزان بار به‌عنوان ستاده استفاده کرده‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که تنها فرودگاه‌ها امام خمینی و مهرآباد کارا هستند و کارایی نسبی سایر فرودگاه‌های موردبررسی کمتر از ۵۰٪ است. نداف و همکارانش (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل تلفیقی DEA/AHP، جایگاه فرودگاه‌های ایران را از نظر کارایی در سال ۱۳۹۲ نسبت به یکدیگر بررسی کردند و در ادامه با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست روند رشد بهره‌وری فرودگاه‌ها را طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس نتایج حاصل از اجرای مدل‌ها، فرودگاه‌های اهواز، مهرآباد و مشهد از حیث کارایی در سال ۱۳۹۲ رتبه‌های نخست را کسب کرده‌اند و فرودگاه آبادان در رتبه آخر قرار گرفته است؛ اما از لحاظ رشد بهره‌وری فرودگاه‌های ساری، یزد و آبادان، بیشترین بهبود را در عملکرد خود طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ داشته‌اند. در مجموع روند تغییرات بهره‌وری کل عوامل فرودگاه‌های کشور سیر صعودی داشته است و این رشد به علت افزایش در کارایی تکنولوژیک بوده است.

۳-روش تحقیق

این مطالعه از نوع تحقیقات تحلیلی- کاربردی است و از داده‌های پانل متوازن ۵ فرودگاه منتخب ایران (مهرآباد، مشهد، شیراز، تبریز و اصفهان) (به دلیل محدودیت دسترسی به داده‌ها تنها ۵ فرودگاه بزرگ به پیشنهاد شرکت مادر تخصصی فرودگاه‌های ایران انتخاب شد). طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۸۹ به‌صورت فصلی استفاده‌شده است. همچنین به‌منظور حذف اثرات فصلی، از داده‌های تعدیل شده فصلی استفاده شده است. منبع داده‌های مورداستفاده، ترازنامه مالی فرودگاه‌های موردبررسی و شرکت مادر تخصصی فرودگاه‌های کشور در سال ۱۳۹۵ است. در پژوهش حاضر از روش تحلیل تصادفی مرزی (SFA) به‌منظور ارزیابی کارایی پنج فرودگاه منتخب استفاده شده است. در این راستا در مرحله اول به‌منظور تخمین تابع تولید فرودگاه به روش مرزی تصادفی، نوع تابعی که داده‌ها بر آن برازش می‌شوند مشخص شده است. باید توجه داشت که هر چه ساختار الگو مناسب‌تر باشد، تخمین‌های حاصل شده بهتر خواهد بود. در بیشتر مطالعات تجربی تابع ترانسلوگ و کاب-داگلاس موردتوجه قرار گرفته است. در این تحقیق نیز برای محاسبه عوامل مؤثر بر درآمد فرودگاه‌های منتخب از تابع کاب-داگلاس استفاده شده است. در مرحله بعد، تابع مشخص شده به روش حداکثر درستنمایی تخمین زده شده و در آخرین مرحله، با استفاده از نتایج حاصل از تخمین، کارایی فرودگاه‌ها محاسبه شده است. لیست نهاده‌ها و ستاده استفاده شده در مطالعه حاضر عبارت‌اند از: هزینه‌های عملیاتی هوانوردی، هزینه‌های عملیاتی غیر هوانوردی و مساحت ترمینال‌ها که نقش نهاده را به عهده دارند و درآمد فرودگاه‌ها به‌عنوان ستاده فرودگاه‌ها در نظر گرفته شده است. شکل تبعی این تابع به‌صورت ذیل بیان شده است:

$$\ln(TR_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(AviTc_{it}) + \beta_2 \ln(NonAviTc_{it}) + \beta_3 \ln(terminal) + V_{it} - U_{it} \quad (۹)$$

که در آن:

- (TR) درآمد فرودگاه: نشان‌دهنده کل درآمد هوانوردی و غیر هوانوردی در پنج فرودگاه منتخب است (منبع داده‌ها: ترازنامه مالی فرودگاه‌های موردبررسی).
- (AviTc) هزینه‌های عملیاتی هوانوردی: هزینه‌های عملیاتی هوانوردی به‌جز هزینه‌های حقوق و دستمزد بخش هوانوردی (منبع داده‌ها: ترازنامه مالی فرودگاه‌های موردبررسی).
- (NonAviTc) هزینه‌های عملیاتی غیر هوانوردی: هزینه‌های عملیاتی غیر هوانوردی به‌جز هزینه حقوق و دستمزد و بازنشستگان بخش اداری-تشکیلاتی (منبع داده‌ها: ترازنامه مالی فرودگاه‌های موردبررسی).
- (terminal) مساحت ترمینال فرودگاه: مجموع مساحت ترمینال‌های داخلی و بین‌المللی فرودگاه‌های موردبررسی برحسب مترمربع
- (V): عبارت خطای تصادفی
- (U): عدم کارایی فنی
- (β) پارامترهای ضرایب مستقل مدل
- (i) نشان‌دهنده فرودگاه‌های موردبررسی
- (t) نشان‌دهنده سال‌های موردبررسی

برای تحلیل داده‌ها به روش SFA از نرم‌افزار Stata14 استفاده شده است. در بخش بعدی روند انجام مرحله‌به‌مرحله کار و نتایج حاصل به تفسیر توضیح داده‌شده است.

٤-یافته‌های تحقیق

در این بخش از مطالعه یافته‌های حاصل از سنجش کارایی فرودگاه‌های مورد مطالعه ارائه شده است. نتایج حاصل از تخمین پارامترهای تابع کاب-داگلاس (٩) در جدول (١) ارائه شده است. مشاهده نتایج تخمین بیانگر آن است که هزینه‌های عملیاتی هوانوردی، هزینه‌های عملیاتی غیر هوانوردی و مساحت ترمینال‌ها اثر مثبت و معناداری بر درآمد فرودگاه‌های مورد بررسی دارند. همچنین نتایج برآورد سهم واریانس ناکارایی فنی (σ_U^2) در تشریح کل واریانس ستاده ($\sigma^2 = \sigma_V^2 + \sigma_U^2$) با نسبت $\gamma = \frac{\sigma_U^2}{\sigma^2} = \frac{\sigma_U^2}{\sigma_V^2+\sigma_U^2}$ نشان داده شده است ([1] σ_U^2 بیانگر انحراف در میزان ناکارایی و σ_V^2 بیانگر تغییرات در جزء اخلال به دلیل عوامل تصادفی است). همان‌طور که در جدول (١) مشاهده می‌شود، مقدار γ در تابع برآورد شده برابر ٠/٩٨ بوده که حاکی از آن است که ٩٨ درصد از ناکارایی مربوط به ناکارایی فنی(U) است و سهم خطای (V) تصادفی بسیار کوچک است. این نتیجه نشان می‌دهد سهم خطاهای تصادفی که در کنترل مدیریت نیست در تابع تولید اثر بسیار ناچیزی بر درآمد فرودگاه‌ها دارد به‌طوری‌که متغیرهای لحاظ شده در تابع تولید به میزان قابل‌توجهی توانسته است نوسان‌های ستاده را توضیح داده و خطای تصادفی را کاهش دهد.

جدول ١. نتایج تخمین پارامترهای تابع درآمد پنج فرودگاه منتخب به روش SFA

متغیرهای مستقل	ضرایب	انحراف معیار
مقدار ثابت	٤/٩٧***	(٠/٨٢)
lnAviTc	٠/٤٧***	(٠/٠٥)
lnNonAviTc	٠/٢٣***	(٠/٠٥)
lnterminal	٠/٣٠***	(٠/٠٥)
σ_U	١/٣٥	
σ_V	٠/١٥	
γ	٠/٩٨	

سطح معناداری در ١٪ (***)

در این بخش یافته‌های حاصل از سنجش کارایی فرودگاه‌های مورد مطالعه ارائه گردیده است. به‌طورکلی، روش تحلیل مرزی تصادفی برای محاسبه کارایی نسبی فرودگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که در آن کارایی به‌دست‌آمده در نتیجه مقایسه فرودگاه‌های مورد مطالعه با یکدیگر است. به همین دلیل کارایی به‌دست‌آمده با استفاده از روش مرزی تصادفی، نسبی بوده و مطلق نیست. جدول (٢) نتایج رتبه‌بندی فرودگاه‌ها با استفاده از ارایی‌های تخمین زده شده در طی سال‌های ١٣٩٣-١٣٨٩ را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین کارایی فنی در طی پنج سال موردبررسی برای کل فرودگاه‌ها به ترتیب برابر با ٠/٩١، ٠/٩٠، ٠/٩١، ٠/٩١ و ٠/٨٤ درصد است. این میانگین‌ها بیانگر آن است که کمترین میزان کارایی در سال ١٣٩٣ مشاهده شده است. همچنین بر اساس نتایج جدول (٢)، هیچ‌کدام از فرودگاه‌ها نتوانسته‌اند در طول دوره موردبررسی به کارایی فنی کامل برسند. نتایج جدول (٢) مؤید آن است که فرودگاه مشهد و تبریز از بالاترین میزان کارایی فنی یعنی ٩٢٪ برخوردارند به عبارتی این دو فرودگاه ٨٪ ناکارایی فنی دارند لذا قادر خواهند بود نهاده‌های خود را به میزان ٨٪ کاهش دهند بدون آنکه تغییری در درآمدشان حاصل شود. پس‌ازآن فرودگاه اصفهان با ٩١٪ کارایی فنی در رتبه دوم قرار دارد و فرودگاه‌های شیراز و مهرآباد

به ترتیب با ۸۹٪ و ۸۵٪ کارایی، از کمترین میزان کارایی فنی برخوردارند. همچنین میانگین کارایی تمام فرودگاه‌های موردبررسی برابر با ۸۹٪ است که نشان‌دهنده عملکرد نسبتا خوب فرودگاه‌هاست به این معنا که به‌طور متوسط فرودگاه‌های مهرآباد، مشهد، شیراز، اصفهان و تبریز قادرند بدون از دست دادن ستاده (درآمد) نهاده‌های خود را به میزان ۱۱٪ کاهش دهند. در ادامه بر اساس هر یک از نهاده‌های فرودگاه تحلیل حساسیت صورت گرفته است.

هدف از تحلیل حساسیت بررسی تأثیر هریک از شاخص‌ها در جایگاه فرودگاه‌ها در رتبه‌بندی از منظر کارایی فنی به‌دست‌آمده بر اساس روش SFA است. چراکه این احتمال وجود دارد نتایج برآورد مدل نسبت به حذف هر یک از نهاده‌ها حساس باشد و با تغییر هر یک از نهاده‌ها، نتایج نیز تغییر کنند، لذا در این بخش در سه مرحله حساسیت نتایج به حذف هر یک از نهاده‌ها موردبررسی قرار گرفته شده است. بدین منظور مدل SFA دوباره برآورد شده و در هر بار یکی از نهاده‌ها حذف شده است. در اولین مرحله حساسیت نتایج نسبت به حذف نهاده هزینه عملیاتی هوانوردی (AviTc)، در مرحله دوم حساسیت نتایج نسبت به حذف نهاده هزینه‌های عملیاتی غیر هوانوردی (NonAviTc) و در آخرین مرحله حساسیت نتایج نسبت به حذف نهاده مساحت ترمینال (terminal) بررسی شده است. نتایج کارایی فنی مدل‌ها در جدول (۳) گزارش شده است.

با توجه به جدول (۳) مشاهده می‌شود که با حذف نهاده هزینه عملیاتی هوانوردی و غیر هوانوردی فرودگاه‌ها، تغییر محسوسی در میزان کارایی فرودگاه‌ها حاصل نشد؛ اما اگر بخواهیم با جزئیات بیشتری نتایج حاصل را بررسی کنیم ملاحظه می‌شود که با حذف نهاده هزینه عملیاتی هوانوردی، میزان کارایی فنی فرودگاه‌های مشهد و اصفهان کاهش یافته است. میزان کارایی فنی فرودگاه تبریز تغییری نکرده و کارایی فنی فرودگاه‌های شیراز و مهرآباد افزایش‌یافته است. شاید بتوان این‌گونه نتیجه حاصل را تفسیر کرد که فرودگاه‌های تبریز، شیراز و مهرآباد از این نهاده به‌طور مناسب استفاده نکرده‌اند. همچنین با حذف نهاده هزینه عملیاتی غیر هوانوردی، تمام فرودگاه‌های موردبررسی با کاهش کارایی مواجه شده‌اند؛ بنابراین این دو نهاده برای فرودگاه‌های متناظر به‌عنوان نهاده‌های دارای مزیت رقابتی تلقی می‌شوند و لازم است توجه ویژه‌ای به آن‌ها شود. درواقع لازم است مسئولان سازمانی ضمن شناسایی نقاط قوت فرودگاه‌ها برنامه‌ریزی‌های مناسب را برای حفظ عملکرد آن‌ها و نیز تسری آن به سایر نهاده‌ها انجام دهد.

به‌عنوان مثال، بر اساس نتایج تحلیل حساسیت مشاهده می‌شود تمام پنج فرودگاه موردبررسی نسبت به نهاده هزینه‌های عملیاتی غیر هوانوردی حساس هستند و این حساسیت در فرودگاه مهرآباد چشم‌گیرتر است به نحوی که بدون در نظر گرفتن آن، بیشترین کارایی را در بین فرودگاه‌های موردبررسی از دست داده است. این بدان معناست که فرودگاه مهرآباد از نهاده هزینه‌های عملیاتی غیر هوانوردی استفاده مناسب کرده است. سایر فرودگاه‌ها نیز می‌توانند از نحوه به‌کارگیری این نهاده در فرودگاه‌های موفق الگوبرداری نمایند.

نکته قابل‌توجه، حذف نهاده مساحت ترمینال فرودگاه‌های موردبررسی است. همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود با حذف نهاده مساحت ترمینال، کارایی فنی همه فرودگاه‌های موردبررسی افزایش‌یافته و به ۰/۹۹ رسیده است. این بدان معنی است که هیچ‌کدام از فرودگاه‌ها از نهاده مساحت ترمینال به‌طور مناسب استفاده نکرده‌اند. درحالی‌که ترمینال فرودگاه می‌تواند بخش درآمدزای فرودگاه محسوب شود و استفاده مناسب از آن سطح کارایی را افزایش دهد.

جدول ۲. کارایی فنی فرودگاه‌های مورد بررسی

فرودگاه	۱۳۸۹				۱۳۹۰				۱۳۹۱				۱۳۹۲				۱۳۹۳				میانگین فرودگاه
	فصل اول	فصل دوم	فصل سوم	فصل چهارم	فصل اول	فصل دوم	فصل سوم	فصل چهارم	فصل اول	فصل دوم	فصل سوم	فصل چهارم	فصل اول	فصل دوم	فصل سوم	فصل چهارم	فصل اول	فصل دوم	فصل سوم	فصل چهارم	
مهرآباد	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۸٤	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/٦٤	۰/۹٦	۰/۹٦	۰/۹٥	۰/۵۹	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۷۳	**۰/۸٤۸**
مشهد	۰/۸٥	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۸۸	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹٤	۰/۹٦	۰/۹٦	۰/۹٦	۰/۹۳	۰/۹٥	۰/۹٦	۰/۹۲	۰/۹۲	**۰/۹۱۹**
شیراز	۰/۹۲	۰/۹۳	۰/۹۱	۰/۸۸	۰/۹۱	۰/۸۸	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۸٦	۰/۸۳	۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۸۹	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۸٥	۰/۷٦	**۰/۸۸٦**
اصفهان	۰/۹۲	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۹۰	۰/۹٤	۰/۹٥	۰/۹۲	۰/۸۲	۰/۸۹	۰/۹۰	۰/۸۷	**۰/۹۰۷**
تبریز	۰/۹٤	۰/۹٥	۰/۹٥	۰/۹۳	۰/۹٤	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۸٤	**۰/۹۱۷**
میانگین فصلی	۰/۹۰	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸٥	۰/۹٤	۰/۹٤	۰/۹۲	۰/۸۳	۰/۸۷	۰/۸٥	۰/۸۲	
میانگین سالیانه	**۰/۹۱**				**۰/۹۰**				**۰/۹۱**				**۰/۹۱**				**۰/۸٤**				**۰/۸۹**

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۳. تحلیل حساسیت نهاده‌ها

رتبه	فرودگاه	کارایی فنی اولیه محاسبه شده	کارایی فنی بدون در نظر گرفتن نهاده		
			NonAviTC	AviTC	terminal
۱	مشهد	۰/۹۲	۰/۷۹	۰/۹۱	۰/۹۹
۲	تبریز	۰/۹۲	۰/۸۱	۰/۹۲	۰/۹۹
۳	اصفهان	۰/۹۱	۰/۷۸	۰/۹۰	۰/۹۹
٤	شیراز	۰/۸۹	۰/۷۳	۰/۹۰	۰/۹۹
٥	مهرآباد	۰/۸۵	۰/٦٥	۰/۸۹	۰/۹۹

منبع: یافته‌های تحقیق

۵-نتیجه‌گیری

در این مطالعه کارایی پنج فرودگاه منتخب مهرآباد، مشهد، شیراز، اصفهان و تبریز با استفاده از روش تحلیل تصادفی مرزی (SFA) محاسبه استفاده شده است. بدین منظور در مرحله اول به‌منظور تخمین تابع تولید فرودگاه به روش مرزی تصادفی، نوع تابع مشخص شده است. در مرحله بعد، تابع مشخص شده به روش حداکثر درستنمایی تخمین زده شده و در آخرین مرحله، با استفاده از نتایج حاصل از تخمین، کارایی فرودگاه‌ها محاسبه شده است. نتایج حاصل از تخمین تابع، نشان می‌دهد مقدار γ در تابع برآورد شده برابر ۰/۹۸ بوده که حاکی از آن است که ۹۸ درصد از ناکارایی مربوط به ناکارایی فنی (U) است و سهم خطای (V) تصادفی بسیار کوچک است.

همچنین یافته‌های حاصل از سنجش کارایی فرودگاه‌های مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۳ نشان می‌دهد که کمترین میزان کارایی در سال ۱۳۹۳ مشاهده شده است. بعلاوه، هیچ‌یک از فرودگاه‌ها نتوانسته‌اند در طول دوره موردبررسی به کارایی فنی کامل برسند اما در این بین فرودگاه‌های مشهد و تبریز از بالاترین میزان کارایی فنی یعنی ۹۲٪ برخوردارند. فرودگاه اصفهان با ۹۱٪ کارایی فنی در رتبه دوم قرار دارد و فرودگاه‌های شیراز و مهرآباد به ترتیب با ۸۹٪ و ۸۵٪ کارایی، از کمترین میزان کارایی فنی برخوردارند. همچنین نتایج حاصل نشان می‌دهد که در تمام فرودگاه‌های بین‌المللی موردبررسی تقریبا تمام ناکارایی مربوط به ناکارایی فنی است؛ لذا پیشنهاد می‌شود با استفاده از برنامه‌ریزی مناسب نقاط ضعف و قوت فرودگاه‌ها از لحاظ تکنولوژیکی و مدیریتی شناسایی گردد و نسبت به رفع این موارد سرمایه‌گذاری-های مناسب و اقدامات آموزشی صورت گیرد.

٦- مراجع

- "سازمان هواپیمایی کشوری"، (۱۳۹٦)، http://www.cao.ir/web/english

- "سازمان ملی بهره‌وری ایران"، (۱۳۹۷)، http://www.nipo.gov.ir/Portal/View/Page.aspx?PageId=ebce1541-4cde-4936-99d9-dda5906e2a19

- صفارزاده، م.، حسن‌پور، ش. و ممدوحی، الف.، (۱۳۸۹)، "رتبه‌بندی فرودگاه‌ها بر اساس کارایی و سطوح ارائه خدمات با استفاده از روش AHP"، مجله علمی-پژوهشی عمران مدرس، دوره دهم، شماره ٤، ص. ٤٦-۳۳.

- طحاری مهرجردی، م.، 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، ص. ۲۹۱-۲۷۹.

- نداف، ع.، علی محمدلو، م. و موسوی، ع.، (۱۳۹٥)، "تحلیل مقطعی کارایی و تحلیل پویای بهره‌وری فرودگاه‌های کشور با استفاده از مدل تلفیقی DEA/AHP و شاخص مالم‌کوئیست"، پژوهشنامه حمل‌ونقل، دوره ۱۳، شماره ٤، ص. ۱۱٥-۹۷.

- نظریان، الف.، قادری، الف. و حقیقی، ع.، (۱۳۸۹)، "نقش حمل‌ونقل هوایی در توسعه صنعت توریسم با تأکید بر فرودگاه

بین‌المللی ارومیه"، فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیای انسانی، سال دوم، شماره ۳، ص. ٤٤-٢٥.

-وزارت راه و شهرسازی، شرکت فرودگاه‌ها و ناوبری هوایی ایران، (۱۳۹۷)، https://en.airport.ir/introduction.

- Abbott, M., (2015), "Reform and efficiency of New Zealand's airports. Utilities Policy, 36, pp.1-9.
- Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P., (1977), "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models", Journal of econometrics, 6(1), pp.21-37.
- Barros, C. P., & Dieke, P. U., (2008), "Measuring the economic efficiency of airports: A Simar–Wilson methodology analysis", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 44(6), pp.1039-1051.
- Battese, G. E., & Corra, G. S., (1977), "Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of Eastern Australia", Australian journal of agricultural economics, 21(3), pp.169-179.
- Battese, G. E., & Coelli, T. J., (1988), "Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data, Journal of econometrics, 38(3), pp.387-399.
- Battese, G. E., & Coelli, T. J., (1992), Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. Journal of productivity analysis, 3(1-2), pp.153-169.
- Battese, G. E., & Coelli, T. J., (1995), "A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. Empirical economics, 20(2), pp.325-332.
- Carlucci, F., Cirà, A., & Coccorese, P., (2018). Measuring and explaining airport efficiency and sustainability: Evidence from Italy. Sustainability, 10(2), 400.
- Coelli, T., Rao, D. P., & Battese, G. E., (1998), "An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis", Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Fageda, X., & Voltes-Dorta, A., (2012), "Efficiency and profitability of Spanish airports: a composite nonstandard profit function approach", Universidad de Barcelona.
- Fernández, X. L., Coto-Millán, P., & Díaz-Medina, B. (2018), "The impact of tourism on airport efficiency: The Spanish case", Utilities Policy, 55, pp.52-58.
- Foroughi, A., & Esfahani, M., (2012), "A robust AHP-DEA method for measuring the relative efficiency: An application of airport industry", Management Science Letters, 2(1), pp.93-100.
- Hamdan, M., Rogers, J., & Hamdan, A., (2016), "Build to Order supply chain efficiency using Stochastic Frontier Analysis (SFA)", In 2016 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), pp. 2205-2215.
- Hooper, P. G., & Hensher, D. A., (1997), "Measuring total factor productivity of airports—an index number approach, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 33(4), pp.249-259.
- Kumbhakar, S. C., & Lovell, C. K., (2000), "Stochastic production frontier", Cambridge University Press. Kumbhakar, SC, & Sarkar, S., (2003), "Deregulation, ownership and productivity growth in the banking industry: Evidence from India", Journal of Money Credit and Banking, 35(3), 403424.
- Lampe, H. W., & Hilgers, D., (2015), "Trajectories of efficiency measurement: A bibliometric analysis of DEA and SFA, European Journal of Operational Research", 240(1), pp.1-21.
- Lita, I., & Stamule, T., (2011), "Stochastic Frontier Analysis of Production Function and Cost Function Estimation Methods", Study of Efficiency at Industry Level. Management & Marketing, 6(1), pp.163.
- Liu, D., (2016), "Measuring aeronautical service efficiency and commercial service efficiency of East Asia airport companies: An application of Network Data Envelopment Analysis", Journal of Air Transport Management, 52, pp.11-22.
- Martín, J. C., & Roman, C., (2001), "An application of DEA to measure the efficiency of Spanish airports prior to privatization", Journal of Air Transport Management, 7(3), pp.149-157.
- Martín, J. C., Román, C., & Voltes-Dorta, A., (2009), "A stochastic frontier analysis to estimate the relative efficiency of Spanish

- Scotti, D., Malighetti, P., Martini, G., & Volta, N. (2012), "The impact of airport competition on technical efficiency: A stochastic frontier analysis applied to Italian airport", Journal of Air Transport Management, 22, pp.9-15.
- Silva, T. C., Tabak, B. M., Cajueiro, D. O., & Dias, M. V. B., (2017), "A comparison of DEA and SFA using micro-and macro-level perspectives: Efficiency of Chinese local banks", Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 469, pp.216-223.
- Tovar, B., & Martín-Cejas, R. R., (2010), "Technical efficiency and productivity changes in Spanish airports: A parametric distance functions approach" Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 46(2), pp.249-260.
- Wanke, P., & Barros, C. P., (2017), "Efficiency thresholds and cost structure in Senegal airports Journal of Air Transport Management, 58, pp.100-112.
- Yang, H. H., (2010), "Measuring the efficiencies of Asia–Pacific international airports–Parametric and non-parametric evidence. Computers & Industrial Engineering, 59(4), pp.697-702.
- Yoshida, Y., (2004), "Endogenous-weight TFP measurement: methodology and its application to Japanese-airport benchmarking", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 40(2), pp.151-182.
airports", Journal of Productivity Analysis, 31(3), pp.163-176.
- Mastromarco, C., (2008), "Stochastic frontier models. Department of Economics and Mathematics-Statistics, University of Salento.
- Meeusen, W., & van Den Broeck, J., (1977), "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error", International economic review, pp.435-444.
- Oum, T. H., & Yu, C., (2004), "Measuring airports' operating efficiency: a summary of the 2003 ATRS global airport benchmarking report. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 40(6), pp.515-532.
- Pels, E., Nijkamp, P., & Rietveld, P., (2001), "Relative efficiency of European airports, Transport Policy, 8(3), pp.183-192.
- Pels, E., Nijkamp, P., & Rietveld, P., (2003), "Inefficiencies and scale economies of European airport operations, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 39(5), pp.341-361.
- Roghanian, E., & Foroughi, A., (2010), "An empirical study of Iranian regional airports using robust data envelopment analysis, International Journal of Industrial Engineering Computations, 1(1), pp.65-72.
- Sarkis, J., (2000), "An analysis of the operational efficiency of major airports in the United States. Journal of Operations management, 18(3), pp.335-351.

Assessment of Technical Efficiency and Ranking of Selected Iranian Airports (Stochastic Frontier Analysis)

Firouz Fallahi, Associate Professor, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Behzad Salmani, Professor, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Mohsen Pourebadollahan Covich, Associate Professor, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Maryam Saremi, Ph.D. Student, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

E-mail: saremimar@gmail.com

Received: September 2020-Accepted: January 2021

ABSTRACT

Air transport is an important component of the transportation industry of any country and airports are considered as one of the key inputs of this industry. Therefore, it is crucial to assess the performance and efficiency of airports and take appropriate measures to increase their efficiencies. To that end, in the present study we use stochastic frontier analysis approach to examine the technical efficiency of selected international airports in Iran (i.e. Mehrabad, Mashhad, Shiraz, Tabriz, and Isfahan airports). The findings using the data for the period 2010-2015 show that 98% of the inefficiencies observed in these airports are due to the technical inefficiencies. In addition, none of the airports under study had achieved the complete efficiency and the lowest efficiency is observed in 2015. The results also indicate that Mashhad and Tabriz airports ranked first, with the highest efficiency among the five selected airports. Isfahan and Mehrabad airports ranked second and last, respectively.

Keywords: Airports, Efficiency, Stochastic Frontier Analysis (SFA)