

## ارزیابی کارایی فرودگاه‌های ایران با بهره‌گیری از

### روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه دومرحله‌ای اولویت‌دار

ظهیری پریسا<sup>۱</sup>، باقرزاده ولمی هادی<sup>۲\*</sup>، میربلوکی مهناز<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه ریاضی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهری

۲- استادیار، گروه ریاضی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهری

(دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۵/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲۷)

#### چکیده

به دنبال احداث فرودگاه‌های جدید در کشور و توسعه صنعت هوانوردی و حساسیت در امر خدمت‌رسانی مطلوب به مسافری به‌عنوان یک مزیت رقابتی در صنعت گردشگری کشور، ارزیابی عملکرد و تخمین میزان کارایی فرودگاه‌های کشور و شرکت‌های حمل و نقل هوایی به مسئله مهمی تبدیل شده‌است. با این حال تحقیقات بسیار کمی در مورد تجزیه سیستم فرودگاه‌ها با دیدگاه شبکه تحلیل پوششی داده‌ها و بحث در مورد یافتن علل ناکارایی زیرواحدهای موثر در عملکرد وجود دارد. جهت ارزیابی عملکرد فرودگاه‌ها تاکنون از دیدگاه مستقل در شبکه تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده‌است که در این دیدگاه به‌دلیل ماهیت مقادیر میانی همواره مشکلاتی وجود دارد. در این مقاله برای نخستین بار جهت ارزیابی عملکرد ۳۰ فرودگاه در ایران در سال ۱۳۹۴، از دیدگاه مشارکتی زیرواحدها استفاده می‌گردد و علاوه بر آن عوامل ناکارایی در حالت مشارکتی اولویت‌دار در زیرواحدها بررسی می‌گردد. ابتکار ما در این مقاله ارائه روشی نوین است تا در حالتی که کارایی فرودگاه و کارایی زیرواحد حمل و نقل هوایی از نظر اهمیت از اولویت بیشتری برخوردار است، علل ناکارایی عارضه‌یابی شده و فرودگاه‌ها براساس آن ارزیابی گردد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی، شبکه دومرحله‌ای، شرکت‌های هواپیمایی، فرودگاه‌ها

## Evaluation the efficiency of Iran's airports by applying the two-stage Network of Data Envelopment Analysis method

Parisa Zahiri, Hadi Bagherzadeh Valami, Mahnaz Mirbolouki

#### Abstract

Following the construction of new airports in the country and the development of aeronautical industry and sensitivity to the desirability of serving the passengers as a competitive advantage in the country's tourism industry, evaluating performance and estimating the efficiency of airports in the country and aviation companies an important issue has changed. However, there is very little research on the analysis of airport systems with the network view of Data Envelopment Analysis and discussion of finding the causes of inefficiency of subunits that are effective in performance. To assess airport performance, an independent view has been used in data envelopment analysis. In this view, there are always problems due to the nature of the mean values. In this paper, for the first time, the evaluation of the performance of 30 airports in Iran in 1394, is used from the Cooperative approach of view of the subunits, and in addition, ineffective factors are considered in the priority Cooperative in subunits. Our initiative in this article presents a new methodology, in which the efficiency of the airport and the efficiency of the aviation subunit are of more importance, the causes of the inefficiency of the complications and the airports to be evaluated.

**Key words:** Data Envelopment Analysis, Efficiency, Two-stage Network, Airlines Companies, Airports

\*نویسنده مخاطب: هادی باقرزاده ولمی، تلفن: ۰۹۱۲۶۳۶۹۰۱۹، پست الکترونیک: Hadi\_bagherzadeh@yahoo.com

## مقدمه

در مطالعات موجود، چندین روش برای اندازه‌گیری میزان کارایی فرودگاه‌ها و عملکرد شرکت‌های هوایی به کار رفته است. از جمله این روش‌های کاربردی می‌توان روش مجموع شاخص بهره‌وری TFP<sup>۱</sup>، تحلیل پوششی داده‌ها DEA<sup>۲</sup> و همچنین تحلیل مرز تصادفی SFA<sup>۳</sup> را نام برد [۲۱]. گرچه این روش‌ها به‌طور گسترده‌ای در مساله ارزیابی فرودگاه‌ها یا شرکت‌های هوایی استفاده شده‌اند اما استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به دلیل انعطاف‌پذیری و غیرپارامتریک و چندشاخصه بودن به‌عنوان روشی کارآمد در ارزیابی کارایی فرودگاه‌ها و شرکت‌های هواپیمایی مطرح می‌باشد. از آنجاکه اساس ارزیابی‌ها تعدادی شاخص و معیار است که برخی تاثیر مستقیم و برخی تاثیر معکوس در عملکرد دارند، در روش تحلیل پوششی داده‌ها آن‌ها را به دو دسته ورودی و خروجی تقسیم می‌نمایند. محققین برای اولین بار در این روش ارزیابی، مساحت باند فرودگاه و ظرفیت پذیرش سالیانه مسافر را ورودی‌های سیستم و حجم مسافر و محموله حمل‌شده را خروجی‌ها در نظر گرفتند [۳و۶]. در ادامه این تحقیقات، درآمد تجاری و درآمد فرودگاه نیز به مجموعه خروجی‌ها افزوده شد [۷و۸]. فن و همکاران از تلفیق تحلیل پوششی داده‌های متداول و تابع فاصله جهت‌دار استفاده نمودند و در روش خود خروجی‌های نامطلوبی (همچون سر و صدای هواپیما و تاخیر آن) را نیز لحاظ کردند [۹].

یکی از دلایل به تعویق افتادن جمع‌آوری اطلاعات در مورد فرودگاه‌ها و شرکت‌های هواپیمایی، عدم دسترسی به اطلاعات ورودی مرتبط با شرکت‌های هواپیمایی می‌باشد در مطالعات انجام‌گرفته متغیرهای ورودی عمدتاً به سه دسته نیروی کار (تعداد و حقوق دستمزد)، سرمایه (طول باند و مساحت ترمینال) و هزینه‌های عملیاتی تقسیم شدند [۱۰و۱۱]. اگر فرودگاه به عنوان یک جعبه سیاه در نظر گرفته شود، جهت اندازه‌گیری میزان کارایی فرودگاه از ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی استفاده می‌گردد.

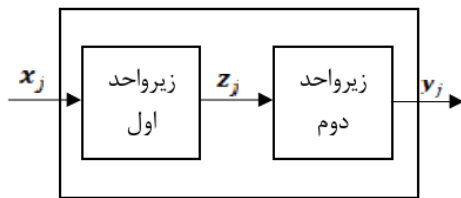
محققین DEA در بحث شبکه بیان نمودند که شناسایی عارضه‌های دخیل در عملکرد فرودگاه‌ها می‌تواند به بهبود عملکرد آن‌ها کمک کند و غفلت از محصولات میانی، موجب عدم شناخت عوامل موثر در ناکارایی می‌شود [۱۱و۱۲].

به‌دنبال این نظریه، تحلیل پوششی داده‌های شبکه در صنعت هوانوردی توسعه یافت، بدین‌صورت که عملکرد فرودگاه به دو زیرواحد به شرح زیرواحد جابجایی هواپیما و زیرواحد بارگذاری جهت جابجایی هواپیما تقسیم شد و کارایی هر زیرواحد به‌دست آمد. اگر چه در این محاسبات مقادیر ورودی و خروجی، خدمات حمل‌ونقل هوایی در نظر گرفته شد متأسفانه به خدمات غیرهوانوردی و تاثیر خدمات تجاری در کارایی فرودگاه‌ها توجهی صورت نگرفت.

در ادامه محققین، با فرض نامحدود بودن منابع، ورودی فرودگاه را به دو بخش تقسیم نموده و مساحت باند فرودگاه و مساحت فضای سوختگیری (پارکینگ) هواپیما و تعداد گیت‌های شبانه‌روزی به‌عنوان ورودی‌های مرحله اول، جهت تعیین مقادیر میانی، خروجی مرحله اول را یک خروجی مطلوب، به‌عنوان مثال ترافیک هوایی و دو خروجی نامطلوب از جمله تاخیرهای پرواز و انباشته تاخیر در پرواز در نظر گرفته که این خروجی‌ها به‌عنوان ورودی‌های مرحله دوم ترافیک‌هوایی و تسمه چمدان‌ها و تعداد بلیط‌ها را شامل گردید و در نهایت درآمد مالیاتی و تجاری و حجم محموله خروجی نهایی را تشکیل داد و سپس کارایی فرودگاه ارزیابی گردید [۱۳و۱۵].

با اینکه عوامل موثر در تغییر کارایی در تحلیل پوششی داده‌ها قابل درک می‌باشد، اخیراً روشی جدید و ترکیبی از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها همراه با تجزیه و تحلیل رگرسیون به کار گرفته شده است. در دیدگاه مذکور عوامل غیرقابل کنترل مدیران همچون متغیرهای محیطی (به‌عنوان مثال جمعیت در اطراف فرودگاه و سرانه تولید ناخالص داخلی و رقابت منطقه‌ای و قدرت مشتری و سهم بازار هواپیمایی و غیره) و ویژگی فرودگاه (وضعیت مرکز و ساختار باند و ساعت‌های پرواز و غیره) در میزان کارایی موثر در نظر گرفته شدند [۳و۱۶و۱۸].

در این مقاله پس از بررسی روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه دومرحله‌ای، دیدگاه مستقل و دیدگاه مشارکتی جهت ارزیابی کارایی کلی مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه مدلی پیشنهاد می‌گردد که با استفاده از مدل چندهدفه و با دیدگاه مشارکتی، در حالتی که کارایی زیرواحد اول و کارایی واحد تصمیم‌گیرنده به‌صورت جعبه سیاه، مورد اولویت باشد ناکارایی زیرواحد را شناسایی نماید. سپس این مدل پیشنهادی چنان توسعه می‌یابد که کارایی زیرواحد بدون اولویت، بدتر



شکل ۱ - ساختار دو مرحله‌ای DMU<sub>j</sub>

$v$  و  $u$  به ترتیب وزن‌های ورودی و خروجی بوده و اگر  $E_o = 1$  باشد، واحد تحت ارزیابی کارا است و در صورتی که  $E_o \leq 1$ ، واحد ناکارا است.

اکنون فرض کنید یک واحد تصمیم‌گیرنده با دو زیر واحد به صورت سری در شکل ۱ نشان داده شود.  $m$  ورودی  $(x_{ij}, i=1,2,\dots,m)$  در مرحله اول برای تولید  $q$  خروجی  $(z_{kj}, k=1,2,\dots,q)$  استفاده می‌کنند، خروجی‌های بدست آمده از اولین مرحله به صورت ورودی‌های مرحله دوم،  $s$  خروجی نهایی  $(y_{rj}, r=1,2,\dots,s)$  را تولید می‌سازد.

### دیدگاه دومرحله‌ای مستقل (غیرمشارکتی)

در این دیدگاه با استفاده از مدل  $CCR$  کارایی زیر واحد اول  $E_o^1$  و کارایی زیر واحد دوم  $E_o^2$  محاسبه می‌گردد. کارایی در دو زیر واحد به صورت مستقل و نسبت‌های وزن دار شده می‌باشد.  $v, w, u$  به ترتیب وزن‌های نامنفی بردارهای  $x, z, y$  می‌باشند. اگر  $v^*, w^*, u^*$  وزن‌های بهینه در دو زیر واحد باشد خواهیم داشت؛

$$E_o = \frac{u^* y_o}{v^* x_o} \leq 1$$

$$E_o^1 = \frac{w^* z_o}{v^* x_o} \leq 1 \quad (2)$$

$$E_o^2 = \frac{u^* y_o}{w^* z_o} \leq 1$$

در مدل تجزیه کارایی، نمره کارایی کلی، به‌ازای وزن خاص از  $v, w, u$  از جمله وزن بهینه، میانگین هندسی دو کارایی به صورت رابطه (۳) بدست می‌آید [۱۵]؛

$$E_o = E_o^1 \cdot E_o^2 \quad (3)$$

نگردد، در مرحله بعد عملکرد ۳۰ فرودگاه در ایران در سال ۱۳۹۴ موجود در سالنامه آماری هواپیمایی کشور [۱۹]، با استفاده از شبکه در تحلیل پوششی داده‌ها با دیدگاه‌های مستقل و مشارکتی و مشارکتی اولویت‌دار مقایسه می‌گردد.

### تحلیل پوششی داده‌های شبکه دو مرحله‌ای

تحلیل پوششی داده‌ها توسط چارنز و همکاران با ارائه مدل  $CCR$  جهت ارزیابی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده استفاده شد [۲۰]. مدل‌های سنتی جهت ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده مبتنی بر وزن‌دهی ورودی اولیه و خروجی نهایی و به صورت جعبه سیاه و بدون در نظر گرفتن روابط درونی واحد تصمیم‌گیرنده صورت می‌گرفت.

در سال‌های اخیر محققان در تجزیه فرایند چند مرحله‌ای جهت ارزیابی کارایی هر بخش، از واحدهای تصمیم‌گیرنده استفاده نموده‌اند.

در شبکه دومرحله‌ای هر واحد تصمیم‌گیرنده به دو زیر واحد تقسیم می‌شود. زیر واحد اول با صرف بردار ورودی خارجی  $x$ ، بردار خروجی  $z$  را تولید می‌نماید و این بردار خروجی در زیر واحد دوم به عنوان بردار ورودی می‌باشد و در زیر واحد دوم با صرف بردار ورودی  $z$ ، بردار خروجی نهایی  $y$  تولید خواهد شد. بردار  $z$  مقدار میانی این ساختار نامیده می‌شود. شکل ۱ ساختار یک شبکه دومرحله‌ای را نشان می‌دهد.

فرض کنید  $(x_{ij}, i=1,\dots,m)$  و  $(y_{rj}, r=1,\dots,s)$  به ترتیب  $i$  امین ورودی و  $r$  امین خروجی  $(DMU_j, j=1,\dots,n)$  باشند. در تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی نسبی واحد تحت ارزیابی با استفاده از مدل  $CCR$  به صورت رابطه (۱) محاسبه می‌گردد [۲۰]؛

$$E_o = \max \frac{u y_o}{v x_o}$$

$$s.t.$$

$$\frac{u y_j}{v x_j} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$u \geq 0, v \geq 0$$

### دیدگاه دومرحله‌ای مشارکتی

رویکردی که دسپوتیس و همکاران جهت ارزیابی کارایی دومرحله‌ای ارائه نمودند، ارزیابی منحصر به فرد کارایی در دو مرحله به طور همزمان می‌باشد در این روش جهت به دست آوردن کارایی کلی برخلاف روش تجزیه کارایی دیدگاهی انعطاف پذیر و تجزیه ناپذیر ارائه گردید [۲۱]. بدین صورت که جهت به دست آوردن کارایی یک واحد تصمیم گیرنده دومرحله‌ای، مرحله ۱ در ماهیت خروجی و مرحله ۲ در ماهیت ورودی تعریف می‌گردد. به طوری که وزن‌های میانی برای هر دو مرحله یکسان می‌باشد و دو زیر واحد جهت به حداکثر رساندن کارایی کلی، میزان کارایی خود را تعدیل می‌نمایند.

در واقع می‌توان همواره  $x$  را به اندازه کافی در مرحله اول کوچک و  $y$  را در مرحله دوم آن قدر بزرگ انتخاب نمود تا جواب بهینه بدست آید. این دو مدل بصورت مشترک در مدل (۴) به صورت یک برنامه ریزی دوهدفه بیان می‌گردد [۲۱]:

$$\begin{aligned} & \min \frac{\eta x_o}{\varphi z_o} \\ & \max \frac{\omega y_o}{\varphi z_o} \\ & s.t. \end{aligned} \quad (۴)$$

$$\frac{\eta x_j}{\varphi z_j} \geq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\frac{\omega y_j}{\varphi z_j} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\eta \geq 0, \varphi \geq 0, \omega \geq 0,$$

سپس مدل (۴) که یک برنامه دوهدفه است، پس از تبدیلات به صورت تک‌هدفه و با جمع دو تابع هدف به صورت مدل (۵) بیان می‌گردد:

$$\begin{aligned} & \min v x_o - u y_o \\ & s.t. \\ & w z_o = 1 \\ & w z_j - v x_j \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (۵)$$

$$u y_j - w z_j \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$v \geq 0 \quad w \geq 0 \quad u \geq 0$$

در حل مدل (۵) جواب‌های بهینه  $(w^*, v^*, u^*)$  به دست

خواهد آمد [۲۱].

با این روش قادر به ارزیابی کارایی در هر دو مرحله به طور همزمان و با وزن مشترک برای دو مرحله می‌باشیم، زیرا هر دو مرحله متمایل هستند تا با یکدیگر کار کنند و کارایی کلی را برای واحد تصمیم گیرنده به حداکثر برسانند.

### روش پیشنهادی؛ شبکه دومرحله‌ای مشارکتی با اولویت‌بندی زیر واحد اول

در این دیدگاه در شبکه دومرحله‌ای، زیر واحدی که از نظر مدیر مهم‌تر است با اولویت‌بندی، رهبر و جهت ارزیابی دقیق‌تر رهبر، زیر واحد دیگر پیرو در نظر گرفته می‌شود [۲۲]. به طور مثال اگر زیر واحد اول از اهمیت بیشتری برخوردار باشد، کارایی واحد تصمیم گیرنده با بیشینه‌سازی دو تابع هدف به طور همزمان ارائه می‌گردد.

در مدل (۶) تابعی دوهدفه ارائه شده است که تابع هدف اول واحد تصمیم گیرنده را به صورت جعبه سیاه در نظر گرفته و تابع هدف دوم زیر واحد اول را رهبر در نظر می‌گیرد و این دو هدف برای واحد تصمیم‌گیری دارای اهمیت بیشتری می‌باشد. دو تابع هدف در ماهیت خروجی عبارتند از:

$$\begin{aligned} & \max \frac{\varphi z_o}{\eta x_o} \\ & \max \frac{\omega y_o}{\eta x_o} \end{aligned} \quad (۶)$$

$$\varphi z_j - \eta x_j \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\omega y_j - \eta x_j \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\eta \geq 0 \quad \varphi \geq 0 \quad \omega \geq 0$$

سپس با استفاده از تبدیلات چارنز و کوپر [۱۸]، توابع هدف را خطی نموده و با فرض  $t \geq 0$ ، چنانچه  $t \eta x_o \geq 0$ ،  $t \omega y_o \geq 0$  و  $t \varphi z_o \geq 0$ ، هم‌ارز با تابع دو هدفه مدل (۶)، مدل (۷) را خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} & \max w z_o \\ & \max u y_o \\ & v x_o = 1 \\ & w z_j - v x_j \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ & u y_j - v x_j \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ & v \geq 0 \quad w \geq 0 \quad u \geq 0 \end{aligned} \quad (۷)$$

«اقتصاد هوانوردی» بخش حمل‌ونقل هوایی سهم به‌سزایی در افزایش بهره‌وری خدمات هوانوردی دارد.

اما باتوجه به‌اینکه غالباً چنین تغییراتی در صنعت حمل و نقل، در کوتاه‌مدت تقریباً غیرممکن است؛ لذا اولویت‌دادن به فعالیت‌های فرودگاهی و بهینه‌سازی فرآیندهای درونی صنعت هوانوردی از جمله، بهبود ساختارهای اداری، مالی و مشتری‌مداری، امری مهم می‌باشد.

این صنعت در سال‌های پس از جنگ، متحمل تهدیدها و تحریم‌های بین‌المللی قرار گرفته است و در سال‌های پس از جنگ، مجدداً سیر تحولی را در پیش گرفت؛ از آنجاکه، دو شاخص مهم هزینه بالای سفر نسبت به درآمدها و دسترس‌پذیری ناوگان هوایی از دیدگاه اقتصادی در کشور ایران مناسب با سطح درآمد غالب مردم نمی‌باشد، اجرای خصوصی‌سازی در کشور و روندی مناسب جهت فعالیت‌های زیرساختی در ترمینال، باند و ... امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

هم‌اکنون در پهنه جغرافیایی کشورمان بیش از ۸۰ فرودگاه، سرویس‌دهی و پشتیبانی‌های مطلوبی هم‌چون، گزارشات دقیق اطلاعات هوانوردی، اصلاح و برقراری مسیرهای تقرب پروازی و عملیاتی نگه‌داشتن تمامی مسیرهای هوایی را انجام می‌دهند.

توجه به زیرساخت‌ها و سامانه‌های فرودگاهی در ایران موجب کیفیت در فرودگاه‌ها می‌باشد. کیفیت، بزرگترین هنر خدمات‌رسانی است؛ محققان معدودی در زمینه مسئولیت خدمات‌رسانی و مدیریت فرودگاهی تحقیق کردند و از روش‌های مختلفی برای ارزیابی‌ها و تحلیل عملکرد فرودگاه‌ها، استفاده نمودند. این روش‌ها بیشتر شامل بهره‌وری کل عوامل می‌باشد. لذا ضروری است به شاخص‌های فیزیکی فرودگاهی و همچنین، برنامه‌ریزی در زمینه ظرفیت پردازش ترافیک (رفت‌وآمد) و مسافری فرودگاه‌های داخلی ایران پرداخته شود و با استفاده از روش دومرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها، کیفیت فرودگاه‌ها و میزان کارایی آن‌ها با توجه به عوامل متعدد بررسی گردد.

استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها در شبکه فرودگاهی کشور سازمان هواپیمایی کشوری مسئول اجرا و نظارت همه فعالیت‌ها از جمله فعالیت‌های ناوگان هوایی کشور می‌باشد. این مقاله با استفاده از اطلاعات این سازمان و نقش آن در

اگر با دیدگاه مستقل مقادیر  $E_1^o$ ،  $E_2^o$  و  $E_o^o$  به‌عنوان نقاط ایده‌آل به‌ترتیب برای واحد تصمیم‌گیرنده، زیرواحد اول و زیرواحد دوم باشند، جواب‌های‌شدنی در حل مدل پیشنهادی (۸)، وزن‌هایی را پیشنهاد می‌کند که با استفاده از این وزن‌ها، بهترین نمره کارایی به‌دست خواهد‌آمد و در نتیجه برآوردی از مرز پاراتو در فضای توابع هدف خواهیم داشت [۲۳].

$$\min \delta + \sigma$$

$$s.t.$$

$$vx_o = 1$$

$$E_o^1 - wz_o \leq \delta \quad (8)$$

$$E_o - uy_o \leq \sigma$$

$$uy_o - E_o^2 wz_o \leq 0 \quad (8a)$$

$$wz_j - vx_j \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$uy_j - wz_j \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (8b)$$

$$v \geq 0 \quad w \geq 0 \quad u \geq 0$$

از رابطه (۸a) می‌توان دریافت که در رابطه  $E^{bb} = E_o^1 \cdot E_o^2$  با هدف اولویت‌بخشی به بهبود کارایی مرحله اول و بررسی دقیق آن و کارایی سیستم به‌عنوان جعبه سیاه، کارایی مرحله دوم افزایش می‌یابد. به‌بیانی دیگر در ارزیابی دقیق مرحله اول، کاهش نمره کارایی را در مرحله اول و کارایی سیستم به‌عنوان جعبه سیاه خواهیم داشت. لذا نیاز است این کاهش نمره کارایی در زیرواحد اول با افزایش نمره کارایی مرحله دوم خنثی گردد. کران بالای این افزایش کارایی مستقل  $E_o^2$  می‌باشد. این رابطه موجب می‌گردد که ارزیابی دقیق‌تر مرحله اولویت‌دار به ضرر مرحله دیگر در ارزیابی ختم نگردد.

**نکته:** با حذف محدودیت (۸a) نقصی بر مدل (۸) وارد نمی‌گردد. فرض کنید  $(\hat{w}, \hat{v}, \hat{u})$  جواب بهینه مدل (۸) باشد. بنابراین طبق (۸b) خواهیم داشت  $\hat{u}y_j - \hat{w}z_j \leq 0$  به بیانی دیگر  $(\hat{u}y_o / \hat{w}x_o) \leq 1$  و در نتیجه  $(\hat{u}y_o / \hat{w}x_o) \leq E_o^2$  بنا بر این محدودیت (۸a) زائد می‌باشد.

**ارزیابی کارایی شبکه هوایی کشور در بخش پروازهای داخلی**

بدیهی است که برقراری نظام رفاه اجتماعی و بهره‌ور، هدف اصلی در اقتصاد هر کشور می‌باشد؛ لذا توجه به رشد

در این مثال کاربردی با استفاده از داده‌های آماری سالنامه سازمان هواپیمایی کشوری اطلاعات مربوط به خدمات حمل‌ونقل هوایی و خدمات تجاری ۳۰ فرودگاه از ۶۰ فرودگاه در شهرهای ایران که دارای ورودی و خروجی مشترک می‌باشند، در پروازهای داخلی جمع‌آوری شده است [۱۹].

این فرودگاه‌ها به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند. همچنین برای آنکه اعداد کوچک در مقابل اعداد بزرگ ارزش خود را از دست ندهند، داده‌ها نرمال‌سازی شده‌اند و بر بزرگترین داده تقسیم گردیدند. پس از نرمال‌سازی، همه داده‌ها بین صفر و یک می‌باشند که در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

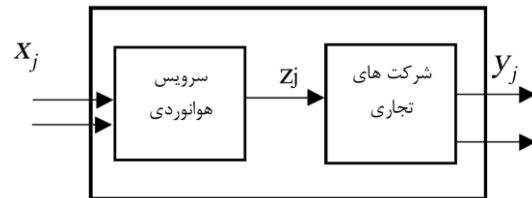
در جدول ۳ کارایی فرودگاه‌ها با استفاده از مدل‌های مستقل (غیرمشارکتی) در تحلیل پوششی داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت و پس از آن فرودگاه‌ها رتبه‌بندی شدند و در جدول ۴ روش‌های مشارکتی بررسی گردید.

استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه به دنبال این هدف است که در صورتی که واحدی ناکارآمد است، دلیل ناکارآمدی آن برخلاف مدل‌های سنتی تحلیل پوششی داده‌ها، در عوامل و ساختارهای درونی عارضه‌یابی گردد. در حالت ساده شبکه دومرحله‌ای، مفهوم فوق به این معنی است که دلیل ناکارآمدی مرحله اول است یا مرحله دوم، در مدل‌های قبلی تحلیل پوششی داده‌های شبکه دومرحله‌ای از جمله مقاله دسپوتیس هر دو مرحله بدون اولویت مورد کنکاش قرار می‌گرفت [۲۴].

در برخی از سیستم‌ها به دلیل پاره‌ای از دیدگاه‌های مدیریتی، مرحله‌ای به مرحله دیگر اولویت دارد. بدین معنی که اگر دلیل ناکارایی به مرحله اولویت‌دار برنگردد وضعیت ناکارایی اهمیتی ندارد و اگر به مرحله اولویت‌دار برگردد، آن زیرواحد ناکارا محسوب می‌گردد.

فرودگاه‌های ایران و شرکت‌های هواپیمایی به توصیف رویکرد به‌دست‌آمده و مقایسه آن نتایج با روش مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها می‌پردازد.

اگر فرودگاه به‌عنوان یک واحد تصمیم‌گیرنده شامل دو زیرواحد در نظر گرفته شود، می‌توان آن را به صورت شبکه تحلیل پوششی داده‌ها در شکل ۲ نشان داد.



شکل ۲- شبکه فرودگاه شامل دو مرحله

در شبکه پیشنهادی سرویس‌های هوانوردی کشور با توجه به ورودی‌های مساحت باند و ظرفیت پذیرش مسافر، به مسافران خدمات ارائه می‌نماید و شرکت‌های تجاری در ارائه خدمات پروازهای ورودی و خروجی با خروجی‌های تعداد مسافران و حجم محموله‌ها نقش دارند. مقادیر میانی نیز ترافیک هوایی می‌باشد. نوع شاخص‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- نوع شاخص و نماد و واحدهای اندازه‌گیری

نوع شاخص	نماد	شاخص	واحد
ورودی شماره ۱	$x_1$	ظرفیت سالیانه پذیرش مسافر	(نفر)
ورودی شماره ۲	$x_2$	مساحت باند فرودگاه	(هکتار)
مقدار میانی	$z_1$	ترافیک هوایی	(تعداد)
خروجی شماره ۱	$y_1$	حجم محموله ورودی	(تن)
خروجی شماره ۲	$y_2$	تعداد مسافرین ورودی	(نفر)

جدول ۲- مقادیر ورودی و میانی و خروجی در واحدهای تصمیم‌گیری

واحد	نام فرودگاه	ورودی		مقدار میانی	خروجی	
		$x_1$	$x_2$	$z_1$	$y_1$	$y_2$
۱	سیرجان	۰/۰۱۵۴۷	۰/۰۱۵۷۸۳	۰/۰۰۵۸۰۴	۰/۰۰۳۶۳۷	۰/۰۰۰۹۹۹
۲	شیراز	۰/۲۱۸۵۴۹	۰/۲۲۵۰۴۷	۰/۳۲۸۳۹	۰/۱۴۹۳۸۵	۰/۱۶۴۵۱۵
۳	اراک	۰/۰۲۱۷۰۱	۰/۰۲۱۷۰۱	۰/۰۰۷۲۳۸	۰/۰۰۱۰۲۶	۰/۰۰۰۲۷
۴	ارومیه	۰/۰۶۲۸۳۸	۰/۰۶۲۸۳۸	۰/۰۳۳۰۶۱	۰/۰۲۳۶۸۵	۰/۰۲۷۹۱۴
۵	اصفهان	۰/۲۰۰۹۳۵	۰/۲۰۰۹۳۵	۰/۳۲۴۰۳۷	۰/۱۵۰۳۱۷	۰/۱۲۵۹۵۴
۶	اهواز	۰/۰۶۵۷۶۱	۰/۰۶۵۷۶۱	۰/۲۰۲۶	۰/۲۷۶۲۹۶	۰/۱۵۰۹۰۷

جدول ۲- مقادیر ورودی و میانی و خروجی در واحدهای تصمیم‌گیری (ادامه)

واحد	نام فرودگاه	ورودی		مقدار میانی		خروجی	
		$x_1$	$x_2$	$z_1$	$y_1$	$y_2$	
۷	ایرانشهر	۰/۰۰۸۰۸۱	۰/۰۰۸۰۸۱	۰/۰۰۲۵۶۵	۰/۰۰۲۸۹۱	۰/۰۰۰۶۱۸	
۸	آبادان	۰/۲۰۳۴۲۰	۰/۲۰۳۴۲	۰/۰۴۷۶۷۲	۰/۰۳۸۶۹۸	۰/۰۲۸۹۷۷	
۹	بجنورد	۰/۰۲۴۸۴۳	۰/۰۲۴۸۴۳	۰/۰۲۱۳۱۸	۰/۰۰۰۴۶۶	۰/۰۰۲۶۶۷	
۱۰	بم	۰/۰۴۰۷۱۳	۰/۰۴۰۷۱۳	۰/۰۰۰۹۱۱	۰/۰۰۰۳۷۳	۰/۰۰۱۳۶۸	
۱۱	بندرعباس	۰/۰۹۳۵۲۶	۰/۰۹۳۵۲۶	۰/۱۹۵۱۵۹	۰/۱۵۳۹۵۴	۰/۰۷۶۸۷۶	
۱۲	بندرلنگه	۰/۰۵۶۴۰۸	۰/۰۵۶۴۰۸	۰/۰۱۴۵۱	۰/۰۰۶۲۴۸	۰/۰۰۲۵۰۷	
۱۳	بوشهر	۰/۰۷۱۷۳۸	۰/۰۷۱۷۳۸	۰/۰۸۹۲۲۸	۰/۰۶۷۳۲۶	۰/۰۲۸۱۲۷	
۱۴	تبریز	۰/۱۱۶۹۰۸	۰/۱۱۶۹۰۸	۰/۱۳۰۱۰۱	۰/۰۵۲۴۰۶	۰/۰۷۳۴۴۲	
۱۵	خوی	۰/۰۳۹۴۵۶	۰/۰۳۹۴۵۶	۰/۰۰۱۷۵۵	.	۰/۰۰۰۷۳۱	
۱۶	رامسر	۰/۰۰۸۳۸۸	۰/۰۰۸۳۸۸	۰/۰۱۶۶۶۱	۰/۰۰۰۰۹۳	۰/۰۰۱۳۰۹	
۱۷	رشت	۰/۰۴۳۸۴۰	۰/۰۴۳۸۴	۰/۰۶۵۸۷۷	۰/۰۰۶۶۲۱	۰/۰۲۶۳۳۶	
۱۸	زابل	۰/۰۴۶۷۶۳	۰/۰۴۶۷۶۳	۰/۰۰۵۸۶۳	۰/۰۰۳۶۳۷	۰/۰۰۰۸۰۲	
۱۹	زاهدان	۰/۰۶۱۳۷۷	۰/۰۶۱۳۷۷	۰/۰۵۸۸۵	۰/۰۸۰۱۹۴	۰/۰۳۴۷۸۴	
۲۰	ساری	۰/۰۹۴۹۸۸	۰/۱۶۰۷۴۸	۰/۰۳۵۸۲۸	۰/۰۰۱۹۵۸	۰/۰۰۹۰۲۳	
۲۱	سبزوار	۰/۰۲۶۳۰۴	۰/۰۲۶۳۰۴	۰/۰۰۱۹۹۱	۰/۰۰۱۴۹۲	۰/۰۰۳۳۱	
۲۲	شاهرود	۰/۰۲۹۶۲۱	۰/۰۲۹۶۲۲	۰/۰۰۴۰۳۲	.	۰/۰۰۰۰۰۵	
۲۳	طیس	۰/۰۳۷۹۹۵	۰/۰۳۷۹۹۵	۰/۰۰۱۶۶۲	۰/۰۰۲۷۰۴	۰/۰۰۰۷۸	
۲۴	کرمان	۰/۰۴۵۳۰۲	۰/۰۴۵۳۰۲	۰/۱۸۴۲۸۵	۰/۱۵۸۳۳۶	۰/۰۴۹۶۴۳	
۲۵	کرمانشاه	۰/۴۱۳۰۸۳	۰/۱۳۰۸۳۴	۰/۰۷۱۰۸۲	۰/۰۴۱۸۶۹	۰/۰۴۷۱۲۴	
۲۶	گرگان	۰/۰۶۳۰۴۳	۰/۰۶۳۰۴۳	۰/۰۲۶۶۷۵	۰/۰۰۱۳۰۵	۰/۰۱۷۵۰۹	
۲۷	لامرد	۰۰۷۳۰۷	۰۰۷۳۰۷	۰/۰۰۴۲۰۱	۰/۰۰۱۳۹۹	۰/۰۰۱۸۹۹	
۲۸	مشهد	۳۰۳۶۳۹	۳۰۳۶۳۹	۰/۶۸۳۵۴۷	۰/۶۲۶۹۱۲	۰/۳۴۸۷۸۸	
۲۹	مهرآباد	۱	۱	۱	۱	۱	
۳۰	یزد	۰۴۸۲۲۴	۰۴۸۲۲۴	۰/۰۴۸۳۳	۰/۰۲۸۵۳۴	۰/۰۲۶۴	

جدول ۳ - ارزیابی کارایی کلی فرودگاه‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله: روش مستقل (غیر مشارکتی)

ردیف	فرودگاه‌ها	روش مستقل (۳)			روش جعبه سیاه مدل (۱)	
		کارایی مرحله اول	کارایی مرحله دوم	کارایی کلی	رتبه فرودگاه	کارایی
۱	سیرجان	۰/۹۲	۰/۱۵	۰/۱۳۸	۵	۰/۵۶
۲	شیراز	۰/۳۷	۰/۲۹	۰/۱۰۳۷	۷	۰/۳۳
۳	اراک	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۰۲۴	۲۷	۰/۰۱
۴	ارومیه	۰/۱۳	۰/۴۹	۰/۰۶۳۷	۱۳	۰/۱۹
۵	اصفهان	۰/۴	۰/۲۲	۰/۰۸۸	۹	۰/۲۷
۶	اهواز	۰/۷۶	۰/۴۳	۰/۳۲۶۸	۱	۱/۰۰
۷	ایرانشهر	۰/۰۸	۰/۲۶	۰/۰۲۰۸	۱۹	۰/۰۹
۸	آبادان	۰/۰۶	۰/۳۵	۰/۰۲۱	۱۸	۰/۰۶
۹	بجنورد	۰/۲۱	۰/۰۷	۰/۰۱۴۷	۲۱	۰/۰۵

جدول ۳ - ارزیابی کارایی کلی فرودگاه‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله: روش مستقل (غیر مشارکتی) (ادامه)

ردیف	فرودگاه‌ها	روش مستقل (۳)			روش جعبه سیاه مدل (۱)	
		کارایی مرحله دوم	کارایی کلی	رتبه فرودگاه	کارایی	رتبه
۱۰	بم	۰/۸۷	۰/۰۰۸۴	۲۴	۰/۰۱	۲۴
۱۱	بندرعباس	۰/۲۳	۰/۱۱۳۷	۶	۰/۳۹	۶
۱۲	بندرلنگه	۰/۱	۰/۰۱	۲۳	۰/۳	۹
۱۳	یوشهر	۰/۱۸	۰/۰۵۵۸	۱۴	۰/۲۲	۱۳
۱۴	تبریز	۰/۳۳	۰/۰۸۹۱	۸	۰/۲۷	۱۰
۱۵	خوی	۰/۲۴	۰/۰۰۲۴	۲۷	۰/۰۱	۲۴
۱۶	رامسر	۰/۰۵	۰/۰۲۴۵	۱۷	۰/۰۷	۱۹
۱۷	رشت	۰/۲۳	۰/۰۸۵۱	۱۰	۰/۲۶	۱۱
۱۸	زابل	۰/۱۴	۰/۰۰۴۲	۲۵	۰/۰۲	۲۳
۱۹	زاهدان	۰/۳۴	۰/۰۸۱۶	۱۱	۰/۳۱	۸
۲۰	ساری	۰/۱۵	۰/۰۱۳۵	۲۲	۰/۰۴	۲۲
۲۱	سبزوار	۰/۹۶	۰/۰۱۹۲	۲۰	۰/۰۵	۲۱
۲۲	شاهرود	۰	۰	۲۸	۰/۰۰	۲۵
۲۳	طبس	۰/۳۸	۰/۰۰۳۸	۲۶	۰/۰۲	۲۳
۲۴	کرمان	۰/۲۰	۰/۰۲	۲	۰/۸۳	۲
۲۵	کرمانشاه	۰/۳۸	۰/۰۴۹۴	۱۵	۰/۱۶	۱۵
۲۶	گرگان	۰/۳۸	۰/۰۰۳۸	۲۶	۰/۱۲	۱۶
۲۷	لامرد	۰/۲۶	۰/۰۳۶۴	۱۶	۰/۱۱	۱۷
۲۸	مشهد	۰/۳	۰/۱۶۵	۳	۰/۵	۴
۲۹	مهرآباد	۰/۵۸	۰/۱۴۵	۴	۰/۴۴	۵
۳۰	یزد	۰/۳۲	۰/۰۸	۱۲	۰/۲۴	۱۲

جدول ۴ - ارزیابی کارایی کلی فرودگاه‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله: روش مشارکتی

ردیف	فرودگاه‌ها	روش مشارکتی مدل (۵)			روش مشارکتی اولویت‌دار مدل (۸)	
		نمره بدست آمده مدل (۵)	کارایی با وزن‌های بهینه مدل (۵)	رتبه فرودگاه	نمره بدست آمده مدل (۸)	وزن‌های بهینه مدل (۸)
۱	سیرجان	۰/۹۴	۰/۱۳۴۲	۵	۰/۵۶	۰/۰۰۰۷
۲	شیراز	۲/۴۲	۰/۱۰۶۹	۷	۰/۳	۰/۰۰۰۰
۳	اراک	۱۲/۱۶	۰/۰۰۲۷	۲۷	۰/۰۱	۰/۰۰۰۰
۴	ارومیه	۷/۲۴	۰/۰۶۳۲	۱۲	۰/۱۹	۰/۰۰۳۱
۵	اصفهان	۲/۳	۰/۰۸۹۴	۸	۰/۲۵	۰/۰۱۹۵
۶	اهواز	۰/۸۹	۰/۳۲۶۸	۱	۰/۹۱	۰/۰۸۸۴
۷	ایرانشهر	۱۲/۵۵	۰/۰۲۰۴	۱۸	۰/۰۹	۰/۰۰۰۱
۸	آبادان	۱۷/۰۱	۰/۰۲۰۳	۱۹	۰/۰۶	۰/۰۰۱۲
۹	بجنورد	۴/۶۷	۰/۰۱۵۳	۲۱	۰/۰۵	۰/۰۰۰۱
۱۰	بم	۱۸۰/۹۳	۰/۰۰۴۸	۲۴	۰/۰۱	۰/۰۰۰۰



جدول ۴ - ارزیابی کارایی کلی فرودگاه‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله: روش مشارکتی (ادامه)

روش مشارکتی اولویت‌دار مدل (۸)			روش مشارکتی مدل (۵)				
رتبه فرودگاه	کارایی با وزن‌های بهینه مدل (۸)	نمره بدست آمده مدل (۸)	رتبه فرودگاه	کارایی با وزن‌های بهینه مدل (۵)	نمره بدست آمده مدل (۵)	فرودگاه‌ها	ردیف
۶	۰/۰۱۶۹	۰/۳۷	۶	۰/۱۱۷۱	۱/۷۲	بندرعباس	۱۱
۱۶	۰/۰۰۰۴	۰/۳	۲۳	۰/۰۰۶۳	۱۵۷/۱۴	بندرلنگه	۱۲
۱۲	۰/۰۰۳۴	۰/۲۲	۱۳	۰/۰۵۵۸	۳/۰۹	بوشهر	۱۳
۷	۰/۰۱۱۵	۰/۲۶	۸	۰/۰۸۹۴	۳/۳۳	تبریز	۱۴
۱۹	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱	۲۸	۰/۰۰۲۶	۹۱/۲۱	خوی	۱۵
۱۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۷	۱۷	۰/۰۲۲۲	۲	رامسر	۱۶
۱۰	۰/۰۰۳۹	۰/۲۶	۹	۰/۰۸۵۵	۲/۴۸	رشت	۱۷
۱۹	۰/۰۰۰۰	۰/۰۲	۲۵	۰/۰۰۴۴	۳۲/۳	زابل	۱۸
۸	۰/۰۰۶۴	۰/۳	۱۰	۰/۰۸۰۶	۳/۹	زاهدان	۱۹
۱۷	۰/۰۰۰۲	۰/۰۴	۲۲	۰/۰۱۳۵	۱۰/۶۴	ساری	۲۰
۱۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۵	۲۰	۰/۰۱۷۹	۵۲/۷۸	سبزوار	۲۱
۱۹	۰/۰۰۰۰	۰	۲۹	۰	۲۹/۸۸	شاهرود	۲۲
۱۹	۰/۰۰۰۰	۰/۰۲	۲۶	۰/۰۰۴۱	۹۲/۶۲	طبس	۲۳
۴	۰/۰۳۰۱	۰/۸	۳	۰/۱۹۹۵	۰/۸	کرمان	۲۴
۹	۰/۰۰۴۲	۰/۱۶	۱۴	۰/۰۵۱۲	۷/۱۰	کرمانشاه	۲۵
۱۴	۰/۰۰۱۲	۰/۱۲	۱۵	۰/۰۳۹۵	۹/۲۳	گرگان	۲۶
۱۸	۰/۰۰۰۱	۰/۱۱	۱۶	۰/۰۳۷	۶/۸۱	لامرد	۲۷
۲	۰/۱۰۱۳	۰/۴	۴	۰/۱۶۴۱	۱/۵۱	مشهد	۲۸
۱	۰/۱۴۰۰	۰/۳	۲	۰/۲۰۸۸	۳/۴۹	مهرآباد	۲۹
۱۱	۰/۰۰۳۷	۰/۲۴	۱۱	۰/۰۷۷۹	۳/۷۴	یزد	۳۰

دارای رتبه تکریمی و برجسته می‌باشد. اما هنگامی که زیر واحد اول (حمل‌ونقل هوایی) دارای اولویت می‌باشد، رتبه آن به ۱۵ افزایش یافته‌است. پس می‌توان دریافت سرویس حمل‌ونقل هوایی دارای نقصان در نحوه عملکرد می‌باشد و می‌بایست در جهت رفع مشکل اقدام گردد.

در واحد تصمیم‌گیری شماره ۱۴ (فرودگاه تبریز) تغییرات رتبه بسیار کم مشاهده می‌گردد، هنگامی که سیستم اولویت‌دار می‌گردد رتبه کمتر خواهد شد و این بدین معنی است که عملکرد مرحله اول مطلوب می‌باشد. برای خدمات هوایی جهت نهادهای دولتی سیستم حمل‌ونقل دارای اولویت است و این فرودگاه عملکرد خوبی را با توجه به اولویت از خود نشان داده است.

در جدول ۵، واحدهای تصمیم‌گیری ۱ و ۱۴ و ۲۴ انتخاب شده و رتبه‌بندی با توجه به مدل‌های ارائه‌شده در این مقاله در آنها بررسی شده‌است.

جدول ۵ - رتبه‌بندی با استفاده از مدل‌های ارائه‌شده

واحد	فرودگاه	کارایی کلی	کارایی جعبه سیاه	مشارکتی اولویت‌دار	مشارکتی
۱	سیرجان	۵	۳	۱۵	۵
۱۴	تبریز	۸	۱۰	۷	۸
۲۴	کرمان	۲	۲	۴	۳

همانطور که مشاهده می‌گردد واحد تصمیم‌گیری شماره ۱ (فرودگاه سیرجان)، با توجه به مدل‌های مستقل و مشارکتی

مزیت استفاده از روش مشارکتی که برای نخستین بار در ارزیابی فرودگاه‌ها استفاده می‌گردد در مقایسه با روش مستقل که تاکنون استفاده شده‌است این است که در روش پیشین زیرواحد اول (حمل‌ونقل) با ورودی‌های فرودگاه حداکثر کارایی را خواهد داشت اما زیرواحد دوم (تجاری) با ورودی‌های میانی، ناکارا جلوه خواهد کرد. همچنین مزیت استفاده از روش مشارکتی اولویت‌دار نسبت به روش مشارکتی این است که علاوه‌براین که زیرواحدها با مشارکت یکدیگر کارایی فرودگاه را به حداکثر می‌رسانند، اولویت زیرواحدها نیز در عدد کارایی دخیل می‌باشد و برای هر فرودگاه بسته به نوع خدمات‌رسانی آن واحد (دولتی یا خصوصی یا رزمی و...) اولویت زیرواحدی خاص و مرتبط با ماموریت آن فرودگاه در تعیین نمره کارایی تاثیرگذار است.

امید است این دیدگاه در مدل‌های چندمرحله‌ای نیز گسترش داده شود و با تعیین اولویت‌بخشی به زیرواحدها علل ناکارایی در هر مرحله عارضه‌یابی گردد.

#### پی‌نوشت‌ها

- 1 Total Factor Productivity
- 2 Data Envelopment Analysis
- 3 Stochastic Frontier Analysis
- 4 Charnes, Cooper, Rhodes

#### منابع و مراجع

- [1]. Abbott, M., Wu, S., "Total factor productivity and efficiency of Australian airports", Aust. Econ. Rev, vol. 35, No. 3, pp. 244-260, 2002.
- [2]. Yoshida, Y., Fujimoto, H., "Japanese-airport benchmarking with the DEA and endogenous-weight TFP methods: testing the criticism of over investment in Japanese regional airport", Transp. Res. Part E, vol. 40, No. 6, pp. 533-546, 2004.
- [3]. Adler, N., Ülkü, T., Yazhemy, E., "Small regional airport sustainability: lessons from Benchmarking", J. Air Transp. Manag, vol. 33, No. 10, pp. 22-31, 2013.
- [4]. Gitto, S., Mancuso, P., "The two faces of airport business: a non-parametric analysis of the Italian airport industry" J. Air Transp Manag, vol. 20, No. 5, pp. 39-42, 2012.
- [5]. Merkert, R., Odeck, J., Brathen, S., Pagliari., "A review of different benchmarking methods in the context of regional airports", Transp. Rev, vol. 32 (3), pp. 379-395, 2012.

واحد تصمیم‌گیری شماره ۲۴ (فرودگاه کرمان) نیز علی‌رغم افت و خیزهای مشاهده‌شده با کمی بهتر کار کردن در زیرواحد اول دارای رتبه بهتری خواهد شد. تغییرات در سیستم زیرواحد اول موجب افزایش کارایی و کمتر شدن رتبه آن خواهد گردید.

#### نتیجه‌گیری

تاکنون در تحقیقات انجام‌شده جهت بررسی علل ناکارآمدی فرودگاه‌ها با استفاده از روش شبکه دومرحله‌ای در تحلیل پوششی داده‌ها، از روش مستقل استفاده شده است. در روش مستقل، زیرواحدها به رقابت با یکدیگر می‌پردازند و هرکدام دارای کارایی منحصربه‌فرد می‌باشند و در نهایت، میانگین کارایی دو زیرواحد به‌عنوان نمره کارایی فرودگاه منظور می‌گردد. اما با نادیده گرفتن مقادیر میانی، ممکن است رقابت موجب گردد که با مقادیر خروجی از مرحله اول، عملکرد زیرواحد دوم با ورودی‌های انباشته، ناکارا جلوه کند و حاصل‌ضرب دو زیرواحد عددی غیرواقعی شود.

در روش مشارکتی زیرواحدها در جهت کارآمد نمودن سیستم، با یکدیگر به مشارکت می‌پردازند. در مدل‌سازی این دیدگاه، زیرواحدها به‌طور هم‌زمان اندازه کارایی خود را تعدیل می‌نمایند.

ابتکار ما در این مقاله ارائه روش مشارکتی اولویت‌دار در ارزیابی فرودگاه‌های کشور می‌باشد، بدین معنی که هر فرودگاه به‌عنوان یک واحد تصمیم‌گیرنده به دو زیرواحد سرویس‌های هوانوردی و شرکت‌های تجاری تقسیم شده، سپس یکی از زیرواحدها که از نظر مدیریت اهمیت بیشتری دارا است، در اولویت قرار می‌گیرد و با معرفی نقاط ایده‌آل مدلی خطی ارائه می‌گردد.

مدل پیشنهادی در این مقاله از آن جهت حائز اهمیت است که می‌توان تاثیر عوامل کم اهمیت را در میزان کارایی واحد تصمیم‌گیری کمتر دخیل نمود. بدین معنی که در ارزیابی اگر واحدی ناکارا شود نشان می‌دهد که زیرواحد مهم‌تر خوب کار نکرده‌است لذا جهت بهبود آن زیرواحد باید اقدام گردد و اگر نمره کارایی آن مطلوب باشد، زیرواحد مهم‌تر با ارزیابی دقیق با اهداف مدیریتی منطبق می‌باشد. به‌بیانی دیگر در روش پیشنهادی علاوه بر اهمیت شاخص‌های ورودی و خروجی، زیرواحدها نیز دارای اولویت می‌باشند.

- [6]. Nicola, A.D., Gitto, S., Mancuso, P., "Airport quality and productivity changes: a Malmquist index decomposition assessment", *Transp. Res. Part E*, vol. 58, No. 11, pp. 67-75, 2013.
- [7]. Oum, T.H., Yan, J., Yu, C., "Ownership forms matter for airport efficiency: results from Bayesian estimation of stochastic cost frontiers for worldwide airport", *J. Urban Econ*, vol. 64, No. 2, pp. 422-435, 2007.
- [8]. Yu, M.M., "Measuring physical efficiency of domestic airports in Taiwan with undesirable outputs and environmental factors", *J. Air Transp. Manage*, vol. 10, No. 5, pp. 295-303, 2004.
- [9]. Fan, L. W., Wu, F., Zhou, P., "Efficiency measurement of Chinese airports with flight delays by directional distance function", *J. Air Transp. Manage*, vol. 34, No. 1, pp. 140-145, 2014.
- [10]. Li, S. L., "The cost allocation approach of airport service activities", *J. Air Transp Manage*, vol. 38, No. 6, pp. 48-53, 2014.
- [11]. Tsui, W.H.K., Balli, H.O., Gilbey, A., Gow, H., "Operational efficiency of Asia Pacific airports", *Air Transp. Manag*, vol. 40, No. 8, pp. 16-24, 2014.
- [12]. Tone, K., Tsutsui, M., "Network DEA: a slacks-based measure approach", *Eur. J. Oper. Res*, vol. 197, No 1, pp. 243-252, 2009.
- [13]. Lozano, S., Gutierrez, E., "Moreno, P, Network DEA approach to airports performance assessment considering undesirable outputs", *Appl. Math. Model*, vol. 37, No. 4, pp. 1665-1676, 2013.
- [14]. Maghbouli, M., Amirteimoori, A., Kordrostami, S., "Two-stage network structures with undesirable outputs: a DEA based approach", *Measurement*, vol. 48, No. 2, pp. 109-118, 2014.
- [15]. Kao, C., Hwang, S.N.3, "Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: an application to non-life insurance companies in Taiwan", *Eur. J. Oper. Res*, vol. 185, No. 1, pp. 418-429, 2008.
- [16]. Liu, D., "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*, vol. 52, pp. 11-22, 2016.
- [17]. Ha, H.K., Wan, Y.I., Yoshida, Y., Zhang, A., "Airline market structure and airport efficiency: evidence from major Northeast Asian airports", *J. Air Transp Manag*, vol. 33, No. 10, pp. 32-42, 2013.
- [18]. Merkert, R., Mangia, L., "Efficiency of Italian and Norwegian airports: a matter of management or of the level of competition in remote regions", *Transp Res, Part A*, vol. 62, No 4, pp. 30-38, 2014.
- [19]. [Http://www.cao.ir](http://www.cao.ir)
- [20]. Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E., "Measuring the efficiency of decision making units", *Eur. J. Oper. Res*, vol. 2, No. 6, pp. 429-444, 1978.
- [21]. Despotis, D. K., Koronakos, G., & Sotiros, D., "Composition versus decomposition in two-stage network DEA: A reverse approach", *Journal of Productivity Analysis*, vol. 45, No. 1, pp. 71-87, 2016.
- [22]. Liang L, Cook WD, Zhu J., "DEA models for two-stage processes: game approach and efficiency decomposition", *Naval Research Logistics*, vol. 55, pp. 643-53, 2008.
- [23]. Charnes, A., Cooper, W.W., "The non-Archimedean CCR ratio for efficiency analysis: a rejoinder to Boyd and Fare", *Eur. J. Oper. Res*, vol. 15, No. 3, pp. 333-334, 1984.
- [24]. Despotis, D. K., Koronakos, G., & Sotiros, D., "A Multi-objective Programming Approach to Network DEA with an Application to the Assessment of the Academic Research Activity", *Procedia Computer Science*, vol. 55, pp. 370-379, 2015.