مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره هفتم / تابستان ۱۳۹۰

ارزیابی کارایی نسبی شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران (هما) در مقایسه با شرکت‌های برتر هواپیمایی جهان با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

محمد علی افشارکاظمی [۱]
عباس طلوعی اشلقی [۲]
رکسانه چرخچی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۲۸

چکیده

رقابت در حمل و نقل هوایی همواره رو به افزایش بوده و این تغییرات موجب گردیده تا شناسایی وضعیت کارایی خطوط هوایی و آگاهی از وضعیت آن ها نسبت به رقبا مسئله بسیار مهمی بشمار رود . هدف این تحقیق شناسایی و تبیین شاخص های اندازه گیری کارایی خطوط هوایی و بدست آوردن کارایی نسبی آنها با استفاده از مدل مناسب تحلیل پوششی داده ها (DEA)، می باشد . در این روش برای افزایش قدرت تمایز بین واحدهای کارا و ناکارا باید تعداد واحدهای مورد ارزیابی متناسب با تعداد متغیرهای ورودی و خروجی باشد . بدین منظور ابتدا شاخص های کمی و کیفی جهت ارزیابی تعیین و سپس به وسیله روش تحلیل مؤلفه های اصلی(PCA) ، تعداد این شاخص ها کاهش یافته و موثر ترین شاخص ها، متناسب با تعداد واحد های تحت بررسی تعیین شده و با وارد کردن ورودی ها و خروجی های جدید در مدل تحلیل پوششی داده ها، ضمن محاسبه کارایی نسبی ۲۶ شرکت هواپیمایی و رتبه بندی آنها، شرکت های مرجع جهت افزایش کارایی شرکت های ناکارا نیز مشخص گردیده اند.

واژه‌های کلیدی: خط هوایی، کارایی نسبی، تحلیل مؤلفه های اصلی، تحلیل پوششی داده‌ها.

۱- استادیار، دانشکده مدیریت ،دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران dr.mafshar@gmail.com
۲- دانشیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد،دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
۳ - دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی،دانشکده مدیریت و اقتصاد،دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

۱- مقدمه

در تمامی سازمان ها، بالا بردن کارایی و همچنین اثربخشی را می توان به عنوان هدفی اساسی که از اهمیتی بالا برخوردار است، به شمار آورد.در واقع کارایی بیانگر این مفهوم است که یک سازمان به چه نحوی از منابع خود در راستای تولید یا ارائه خدمت نسبت به بهترین عملکرد در مقطعی از زمان استفاده کرده است. [Chen Y. , 2009]

حمل ونقل فرایندی است که بنیان اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، سیاسی و نظامی هر کشوری را تحت تأثیر قرار داده و روابط هر کشور را با دیگر سرزمین ها تقویت می نماید، منابع طبیعی جهان را دگرگون ساخته و فاصله بین شهرها را کوتاه می نماید. در مقایسه روش های مختلف حمل و نقل (زمینی، دریایی، هوایی)با یکدیگر، حمل ونقل هوایی از بالاترین سرعت برخوردار است. از این رو به علت صرفه جویی در زمان و کاهش قابل ملاحظه در هزینه ها، این نوع حمل ونقل اهمیت خاصی دارد

[Barbot, C., Costa A. and Sochirca, E, 2008.]

این تحقیق در صدد آن است تا با تعیین شاخص های اثرگذار بر کارایی، کارایی نسبی هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران را نسبت به شرکت های برتر هواپیمایی جهان، به دست آورده، عوامل ناشناخته ای که موجبات ناکارایی این شرکت را در مقایسه با رقبای جهانی (هواپیمایی الامارات، سنگاپور، قطر، ...)، فراهم نموده است را مشخص نموده و جهت بهبود این عوامل با تعیین شرکت مرجع مناسب، راهکارهای اجرایی ارائه دهد.

در نهایت این تحقیق در صدد پاسخگویی به سؤالات زیر است:

۱) عوامل تأثیرگذار در تعیین کارایی شرکت های هواپیمایی کدامند؟
۲) میزان کارایی نسبی هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران در مقایسه با رقبای جهانی چقدر است؟
۳) راهکارهای بهبود کارایی شرکت هما با توجه به شاخص های تعیین شده چیست؟
۴) واحدهای مرجع[1] جهت مقایسه و افزایش کارایی شرکت هما کدامند؟

۲- مبانی نظری و پیشینه

ارزیابی عملکرد و کارایی

مؤسسات، سازمان‌ها و دستگاه های اجرایی با هر نوع ماموریت، رسالت، هدف و چشم اندازی که دارند نهایتاً در یک قلمرو ملی و یا بین‌المللی عمل نموده و ملزم به پاسخگویی به کلیه ذینفعان اعم از مشتریان، ارباب رجوع، کارکنان و غیره می باشند.

به طور کلی نظام ارزیابی عملکرد را می توان فرایند سنجش، اندازه گیری، مقایسه میزان و نحوه دستیابی به وضعیت مطلوب دانست که با معیارها و نگرشی خاص در حوزه تحت پوشش در دوره زمانی معین با هدف بازنگری، اصلاح و بهبود مستمر انجام می شود . اندازه گیری کارایی به خاطر اهمیت آن در ارزیابی عملکرد یک سازمان همواره مورد توجه محققین قرار داشته است. به طور کلی دو گروه عمده برای اندازه گیری کارآیی وجود دارد که عبارتند از روش های پارامتری و روش های غیر پارامتری.

در روش های پارامتریک، جهت محاسبه ی کارایی ضمن تصریح یک تابع تولید خاص، پارامترها به روش های اقتصاد سنجی برآورد می گردند، لیکن در روش های غیر پارامتریک علاوه بر آنکه شکلی خاص برای تابع تولید فرض می شود و با استفاده از برنامه ریزی ریاضی به محاسبه کارایی پرداخته می شود. تحلیل پوششی داده ها[۲] در گروه غیر پارامتری جای داشته که به ارزیابی کارایی نسبی واحدها در مقایسه با یکدیگر می پردازد.

تحلیل پوششی داده ها

اندازه گیری کارایی به خاطر اهمیت آن در ارزیابی عملکرد یک شرکت یا سازمان همواره مورد توجه محققین قرار داشته است. در سال ۱۹۵۷ فارل با استفاده از روشی مانند اندازه گیری کارایی در مباحث مهندسی اقدام به اندازه گیری کارایی برای یک واحد تولیدی نمود. موردی که فارل برای اندازه گیری کارایی مدنظر قرار داده بود شامل یک ورودی و یک خروجی بود. مطالعه فارل شامل اندازه گیری «کارایی های فنی» و «تخصیصی» و «مشتق تابع تولید کارا» بود. فارل مدل خود را برای تخمین کارایی بخش کشاورزی آمریکا نسبت به سایر کشورها مورد استفاده قرار داد با این وجود او در ارائه روشی که در برگیرنده ورودی ها و خروجی های متعدد باشد موفق نبود.چارنز، کوپر و رودرز دیدگاه فارل را توسعه داده و مدلی را ارائه کردند که توانایی اندازه گیری کارایی با چندین ورودی و چندین خروجی را داشت. این مدل تحت عنوان «تحلیل پوششی داده‌ها»

نام گرفت و اولین بار در رساله دکتری «ادوارد رودرز»به راهنمایی «کوپر» مورد استفاده قرار گرفت و در سال ۱۹۷۸ در مقاله ای تحت عنوان اندازه گیری کارایی واحدهای تصمیم گیرنده ارائه شد. از آن جا که این مدل توسط «چارنز» «کوپر» و «رودرز» ارائه گردید به مدل CCR معروف گردید.هدف در این مدل اندازه گیری و مقایسه کارایی نسبی واحدهای سازمانی همگن می باشد. [Roll, Y, Golany, B., 1993] یکی از ویژگی های مدل «تحلیل پوششی داده ها ساختار بازده به مقیاس آن می باشد. بازده به مقیاس می تواند «ثابت» یا «متغیر» باشد. بازده به مقیاس ثابت بدان معنا است که افزایش در مقدار ورودی منجر به افزایش خروجی به همان نسبت می شود. در بازده متغیر افزایش خروجی بیشتر یا کمتر از نسبت افزایش در ورودی است. مدل های CCR از جمله مدل های بازده ثابت نسبت به مقیاس است.

مدل ریاضی این روش به صورت زیر می‌باشد:

$$\min z = \theta - \varepsilon\left(\sum_{i=1}^{m} s_i^- + \sum_{r=1}^{p} s_r^+\right) \qquad (۱)$$

$$s.t$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0} \qquad i = 1, 2, 3, \ldots, m$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro} \qquad r = 1, 2, 3, \ldots, p$$

$$\lambda_j \geq 0 \qquad j = 1, 2, 3, \ldots, n$$

در سال ۱۹۸۴ بنکر، چارنز و کوپر با تغییر در مدل CCR مدل جدیدی را عرضه کردند به

مدل BCC شهرت یافت. مدل BCC مدلی از انواع مدل تحلیل پوششی داده ها است که به ارزیابی کارایی نسبی واحدهایی با بازده متغیر نسبت به مقیاس می پردازد.

مدل ریاضی این روش به صورت زیر می باشد:

$$\min z = \theta - \varepsilon\left(\sum_{i=1}^{m} s_i^- + \sum_{r=1}^{p} s_r^+\right)$$

$$s.t$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$$

$$\lambda_y, s_r^+, s_i \geq 0$$

$$\theta : free$$

$$i = 1, 2, 3, \ldots, m$$

$$r = 1, 2, 3, \ldots, p$$

$$j = 1, 2, 3, \ldots, n \qquad (۲)$$

اهمیت

ارزیابی

عملکرد در صنعت خطوط هوایی

سال های ۹۲-۱۹۸۹ برای صنعت خطوط هوایی، یک دوره چالش و تحول بشمار می رفت . به دلیل رکود اقتصادی که در سال ۱۹۸۹ در سطح صنعت شروع شد، خطوط هوایی دچار تحولاتی شدند . در این دوره دو دسته از مسائل باعث ایجاد عدم قطعیت های اساسی و قابل ملاحظه ای برای خطوط هوایی در سرتاسر دنیا شدند. این مسائل عبارت بودند از:

۱) مشکلات کوتاه مدت مانند جنگ خلیج فارس و رکود اقتصادی.

۲) مسائل بلند مدت مانند مسائل زیست محیطی، رقابت، قوانین، و هزینه ها.

علیرغم وجود عدم قطعیت، خطوط هوایی نیازمند تصمیم سازی های بلند مدت می باشند. دلیل این امر اینست که مسائلی همچون عوامل هزینه ای (بجز سوخت و نیروی انسانی) از قبیل مالکیت هواپیما، ساخت تجهیزات و توسعه سیستم راه ها، مسائلی هستند

که چند دهه زمان نیاز دارند. به دلیل اینکه هواپیما و تجهیزات بسیار گران هستند، هزینه سرمایه در عملیات خطوط هوایی یک فاکتور بسیار مهم طولانی مدت محسوب می شود.

درآمد عملیاتی حاصل از حمل و نقل هوایی همواره رو به رشد بوده است. میزان اشتغال زایی این بخش نیز درخور توجه است. رقابت در حمل و نقل هوایی با سرعت زیادی رو به افزایش بوده و محیط نسبت به تغییرات بسیار حساس و هوشیار است. این تغییرات سبب شده اند شناسایی وضعیت خطوطی که کارا مدیریت نمی شوند و یا خدمات با کیفیت پایین ارائه می دهند مسئله مهمی به شمار رود. سه حوزه دولت، سرمایه گذاران و خود خطوط هوایی هر کدام با انگیزه ای متفاوت نیاز دارند عملکرد خطوط را ارزیابی کنند و از وضعیت آن آگاهی داشته باشند. [Graham, 2005] پیامد نیازهای مختلف به آگاهی از عملکرد خطوط هوایی این خواهد بود که می بایست ارزیابی از جنبه های مختلفی بررسی شود.

دلایل انتخاب تحلیل پوششی داده ها به عنوان متدولوژی تعیین کارایی

یکی از سوالات مهمی که باید پاسخ داده شود اینست که به چه دلایلی تحلیل پوششی داده ها نسبت به سایر روش های تحلیل برای تحقیقات استراتژی ترجیح داده می شود. تحلیل پوششی داده ها تنها متدولوژی است که بین تمام فاکتورها و عوامل کارایی ارتباط برقرار می کند. این تکنیک رابطه بین هر ورودی و خروجی را ارزیابی می کند و نهایتا به یک شاخص عددی از عملکرد می رسد. بعلاوه تحلیل پوششی داده ها برای هر واحد تصمیم گیری[۳] یک واحد مجازی تعریف می کند که این واحد مجازی به آن ها این امکان را می دهد بدانند در ورودی هایشان چقدر ورودی مازاد داشته اند و درخروجی هایشان چقدر خروجی کمبود داشته اند و ناکارایی های خود را تشخیص دهند. درواقع با این راهکار می توانند اقدام به افزایش کارایی از طریق کاهش ورودی یا افزایش خروجی و یا هردو بنمایند.

همچنین تحلیل پوششی داده ها توانسته است بر مشکلاتی نظیر اینکه اطلاعات مالی از نظر مقایسه بین المللی محدودیت دارند و همچنین واحدهای اندازه گیری اطلاعات غیر مالی متنوع هستند، فائق آید. در تحلیل پوششی داده ها نیازی به هم واحد بودن شاخص

های ورودی و خروجی نیست و همچنین اطلاعات غیرمالی نظیر میزان توانمندی کارکنان را نیز می توان لحاظ کرد.در ارزیابی عملکرد شرکت های هواپیمایی نیز روش های تحلیل پوششی داده ها جز محبوب ترین روش ها بوده است. [Lemaitre, A. 1998]

۳- تحلیل مؤلفه های اصلی[۴]

از آنجایی که در تحقیقاتی که با استفاده از مدل ریاضی DEA مورد بررسی قرار می گیرند، برای به دست آوردن تعداد شاخص ها باید رابطه زیر بین ورودی ها و خروجی ها با تعداد واحدهای تصمیم گیری بر قرار باشد:

تعداد DMU، < (تعداد ورودی ها + تعداد خروجی ها)×۳ **(۳)**

لذا در صورت تعیین تعداد زیاد شاخص به عنوان ورودی ها و خروجی ها جهت ارزیابی و تعیین کارایی با مشکل کمبود واحدهای تصمیم گیری مواجه خواهیم شد؛ چرا که دستیابی به اطلاعات دقیق مشابه در مورد شرکت های مختلف، کاری بسیار دشوار و در بازه زمانی کوتاه، تقریبا غیر ممکن است.

بنابراین، برای استفاده بهینه از داده های گردآوری شده، باید شاخص هایی را به عنوان ورودی و خروجی در نظر بگیریم که بیشترین اثر را در تعیین کارایی این شرکت ها، دارند. این کار از طریق تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA)، امکانپذیر می باشد. تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA) روشی مفید برای کاهش متغییرهای مازاد، در زمانی است که مسئله در دست بررسی شامل تعداد زیادی متغیر می باشد، مازاد بودن متغیرها به این مفهوم است که تعدادی از متغیرها بدلیل همبستگی بالا با یکدیگر یک ساختار را اندازه گیری می نمایند. به این طریق می توان با تعداد کمتری مؤلفه اصلی به همان نتایج دست یافت. [Adler, N., Yazhemsky, E., 2009] با استفاده از این روش می توان اطمینان حاصل نمود که موثرترین شاخصها از بین شاخصهای در دسترس جهت تعیین کارایی انتخاب می شوند. هدف از تحلیل مؤلفه های اصلی، تشریح تغییرات مجموعه ای از داده های چند متغیره در قالب مجموعه ای از متغیرهای غیر همبسته است که ترکیب خطی از متغیرهای اصلی هستند. به این ترکیب های خطی غیر همبسته، مؤلفه هم گفته می شود. تعداد مؤلفه ها در تحلیل مؤلفه های اصلی، برابر تعداد متغیرهاست که از بین آنها چند مؤلفه محاسبه شده اول که دارای مقدار واریانس معنی دار هستند، مورد استفاده قرار می گیرند. در واقع

چند مؤلفه اصلی به عنوان ملاک تشخیص، تهیه نموده و با توجه به اینکه این مؤلفه ها بدون اینکه اطلاعات زیادی از دست داده بشود تقریباً ۱۰۰٪ تغییرات موجود را محاسبه می کنند، به جای متغیرها در تجزیه و تحلیل های بعدی به کار می روند. همچنین برای اینکه بدانیم هر کدام از مؤلفه ها به کدام متغیر بیشتر بستگی دارند، با به دست آوردن ضرایب همبستگی بین مؤلفه های اصلی و متغیرها به این نکته پی خواهیم برد.[Jolliffe,2002]

تحلیل مؤلفه های اصلی به عنوان ترکیب خطی وزین شده بهینه از متغیرهای در دست بررسی است که به صورت فرمول کلی زیر ارائه می گردد:

$$c_i = b_{i1}(x_1) + b_{i2}(x_2) + \ldots + b_{ip}(x_p) \quad (۴)$$

که در آن:

c_i: میزان امتیاز مؤلفه اصلی iام

b_{ip}: وزن مشاهده شده متغیر pام در مؤلفه اصلی iام

x_p: امتیاز متغیر pام

در این تحقیق، به منظور رتبه بندی واحدها، از روش اندرسون-پیترسون (AP) استفاده شده است که امکان تعیین کاراترین واحد را میسر می سازد . با این تکنیک ، امتیاز واحدهای کارا می تواند از یک بیشتر و به این ترتیب واحدهای کارا نیز مانند واحدهای غیر کارا می توانند رتبه بندی گردند . این روش در سال 1993 توسط اندرسون و پیترسون پیشنهاد گردید . در این روش ابتدا مدل مضربی یا پوششی برای واحدهای تحت بررسی حل می شود تا واحدهای کارا و غیر کارا مشخص شوند . سپس تنها واحدهای کارایی را که امتیاز آنها در مرحله اول معادل یک شده است را در نظر گرفته و از مجموعه محدودیت ها ، محدودیت مربوط به آن واحد حذف و دوباره مدل حل می شود . از آنجا که محدودیت مربوط به واحد تحت بررسی که حد بالای آن عدد یک می باشد حذف می شود، مقدار کارایی می تواند بیش از یک گردد . به این ترتیب واحدهای کارا با امتیازاتی بالاتر از یک رتبه بندی می گردند.

۴- نتایج تحقیق

شناسایی شاخص ها جهت ارزیابی کارایی شرکت های هواپیمایی

در بسیاری از تحقیقات مربوط به ارزیابی عملکرد، توجه محققان به شاخص های کمی و اغلب مالی بوده است. همانطور که بیان گردید در مدل DEA، امکان به کارگیری ورودی ها و خروجی ها مختلفی با مقیاس های مختلف اندازه گیری وجود دارد. بنابراین در تحقیق فوق شاخص های کیفی و کمی با هم در نظر گرفته شدند. شناسایی این شاخص ها، حاصل گزارشات انجمن بین المللی حمل و نقل هوایی (یاتا) [IATA, 2009] ، نظرخواهی از خبرگان و فعالان این صنعت و همچنین بر اساس پاداش ها و جوایز دریافتی توسط برخی شرکت های هواپیمایی بوده است. شاخص های کمی و کیفی مشخص شده و مؤثر در تعیین میزان کارایی شرکت های هواپیمایی عبارتند از:

الف) شاخص های کمی: تعداد هواپیما، تعداد کارکنان هر شرکت هواپیمایی، تعداد مسافر جا بجا شده، ، هزینه کل عملیاتی، هزینه پرسنلی، هزینه سوخت، هزینه تعمیر و نگهداری، درآمد کل عملیاتی و سود/زیان عملیاتی.

ب) شاخص های کیفی: قدمت هواپیماها، سیستم اطلاعات، استانداردهای عملیاتی، راحتی پرواز، نظافت و کارایی پرسنل.

داده های مربوط به شاخص های کمی در جدول ۱ ارائه شده است (کلیه هزینه ها و درآمدها بر حسب میلیون دلار می باشد)

جدول ۱: داده های کمی گردآوری شده

خط هوایی	تعداد هواپیماها	تعداد کارکنان	هزینه کل عملیاتی	هزینه پرسنل
Cathay Pasific Airways	126	20907	8037/37	1622/67
Kingfisher Airlines	66	7590	1558/13	147/45
Singapore Airlines	108	13934	9342/72	1595/58
Air Berlin	152	8278	4154/03	562/8
ANA All Nippon Airways	216	33045	15006/42	3393
Austrian Airlines	91	7200	3004/17	561/53
Thai Airways	91	27002	4984/58	838/11
British Airways	238	44987	14304/39	3526/41
China Airlines	66	10000	3270/07	457/86
Emirates Airline	142	36652	10862/05	1727/74

EVA air	55	4480	2381/94	223/81
Turkish Airlines	132	12750	4217/03	687/47
American Airlines	890	74000	20921	6807
Continental Airlines	600	42210	12732	3137
Delta Air Lines	983	81106	28387	6838
Southwst Airlines	537	34726	10088	3468
Japan Airlines	279	50000	23423/9	3249/09
JetBlue Airways	151	11100	3187	776
Lufthansa	722	117521	31608/92	7652/1
South African Airways	51	8000	3357/88	490/38
Qantas Airways	137	35000	14349	3684
Air Asia	84	7500	709/73	97/83
Jet Airways	86	13483	2521/73	301/85
Hawaiian Airlines	33	3844	1076	273
Air Canada	332	22900	9548/23	1662/72
Iran Air	53	8890	875	100

ادامه جدول ۱: داده های کمی گردآوری شده

خط هوایی	هزینه سوخت	هزینه تعمیر و نگهداری	مسافر جابجا شده	درآمد کل عملیاتی	سود/زیان عملیاتی
Cathay Pasific Airways	08/2231	52/844	24558	37/8613	576
Kingfisher Airlines	84/385	9/74	10900	1128	(430/14)
Singapore Airlines	32/3099	253	16480	42/9389	46/7
Air Berlin	58/1148	93/239	27911	76/4189	38/73
ANA All Nippon Airways	5616	1287	44560	11/14371	(635/31)
Austrian Airlines	82/1403	268	9945	1/2629	(375/07)
Thai Airways	48/1504	27/330	18477	3/5171	186/72
British Airways	26/4610	93/791	33117	08/13854	31/1450
China Airlines	44/1373	96/231	10024	98/3216	097/53
Emirates Airline	55/3242	64/230	27454	8/11832	75/070
EVA air	890	23/90	6022	54/2293	4/188
Turkish Airlines	19/1006	55/251	25102	13/4693	1/476

فصلنامه علمی پژوهشی کاوش های مدیریت و حسابداری

American Airlines	5553	1280	85000	19917	(1004)
Continental Airlines	3317	617	62809	12586	(146)
Delta Air Lines	7384	1434	161049	28063	(324)
Southwst Airlines	3044	719	101338	10350	262
Japan Airlines	47/5956	22/1364	41155	55/22828	35)/(595
JetBlue Airways	945	149	23000	3286	99
Lufthansa	75/4651	04/915	76543	77/31954	85/345
South African Airways	975	1/234	6898	95/3618	07/261
Qantas Airways	3602	2834	38600	14552	203
Air Asia	68/296	08/131	14254	62/1001	89/291
Jet Airways	81/1051	174	11080	08/2456	65)/(65
Hawaiian Airlines	244	128	5850	1184	108
Air Canada	2324.62	720.75	31000	9248.15	(300.08)
Iran Air	130	60	6200	800	(75)

مقادیر داده های کیفی شاخصهای مورد تأیید خبرگان صنعت هواپیمایی در جدول ۲ نشان داده شده است:

جدول ۲. داده های کیفی نهایی

	قدمت هواپیماها	سیستم اطلاعات	استانداردهای عملیاتی	راحتی پرواز	نظافت	کارایی پرسنل
Cathay Pacific Airways	1	4.5	4	4	3.5	4
Kingfisher Airlines	1	4	4	4	4.5	5
Singapore Airlines	1	4	4	4	5	5
Air Berlin	1	3.5	4	3	3	4
ANA All Nippon Airways	1	4	4	4	4	4.5
Austrian Airlines	1	4	4	3.5	4	4
Thai Airways	1	4	4	4	4	4.5
British Airways	2	4	4	4	2.5	3
China Airlines	1	3.5	4	4	3.5	4
Emirates Airline	1	4	4	4	3.5	3.5
EVA air	1	4	4	4	4	4
Turkish Airlines	1	4	4	4	3.5	4

American Airlines	2	3.5	4	3	2.5	3
Continental Airlines	2	4	4	3	3	3
Delta Air Lines	2	4	4	3	2.5	3
Southwest Airlines	2	3	3	2.5	2	3
Japan Airlines	2	3.5	4	3	3.5	3
JetBlue Airways	1	4	4	3.5	3.5	4
Lufthansa	1	4	4	3	3.5	3
South African Airways	1	4	4	3.5	3	3
Qantas Airways	2	4	4	3.5	2.5	3
Air Asia	2	3.5	3	3	3	3.5
Jet Airways	1	3.5	3	3	3	2.5
Hawaiian Airlines	2	3	4	3	3	3
Air Canada	2	4	4	3	3	3.5
Iran Air	4	2	2	2	2	2.5

تعیین ورودی ها و خروجی های مدل تحلیل پوششی داده ها

شاخص هایی که افزایش آنها موجب کاهش کارایی می شود، به عنوان ورودی و شاخص هایی که افزایش آنها موجب افزایش کارایی می شود، به عنوان خروجی مدل DEA، در نظر گرفته می شوند.

بنابراین، شاخص های ورودی و خروجی به صورت جدول ۳ می باشند:

جدول ۳. شاخص های ورودی و خروجی نهایی

شاخص های ورودی	شاخص های خروجی
تعداد هواپیما	تعداد مسافر جابجا شده
تعداد پرسنل	درآمد عملیاتی کل
هزینه های عملیاتی کل	سود عملیاتی
هزینه پرسنل	سیستم اطلاعات
هزینه سوخت	استانداردهای امنیتی
هزینه تعمیر و نگهداری	راحتی حین پرواز
قدمت هواپیماها	نظافت
	کارایی پرسنل

کاهش ورودی ها و خروجی ها به روش PCA

با توجه به این که تعداد شاخصهای ورودی هفت عدد و تعداد شاخصهای خروجی هشت عدد می باشد، در مجموع پانزده عدد شاخص برای ارزیابی کارایی در دست می باشد. مطابق فرمول می باید حداقل چهل وپنج (۳×۱۵) DMU جهت ارزیابی وجود داشته باشد، از آنجا که DMU جهت ارزیابی بیست وشش عدد است لذا باید به روشی نظام مند اقدام به کاهش شاخصها و انتخاب شاخصهای موثر نمود. در این مرحله تعداد ورودی و خروجی های مدل به وسیله روش PCA، کاهش یافته و شاخص های اثربخش تر، برای استفاده در مدل DEA، شناسایی می گردند.

مؤلفه های اصلی حاصل از اجرای روش PCA به وسیله نرم افزار SAS در ارتباط با ورودی های مدل، به صورت جدول ۴ می باشد:

جدول ۴. مؤلفه های اصلی ورودی ها

	Prin1	Prin2	Prin3	Prin4	Prin5	Prin6	Prin7
X1	0.007925	0.000668	0.102384	0.001371	-.247714	0.963372	-.002002
X2	0.952997	-.294400	0.011433	-.042269	0.056357	0.005700	-.000009
X3	0.287595	0.872572	-.345757	0.138597	-.130957	-.000096	0.000031
X4	0.074006	0.097420	0.683112	0.428599	-.538178	-.212268	0.000259
X5	0.058203	0.360962	0.585532	-.666290	0.281814	0.010454	0.000026
X6	0.012607	0.110282	0.245660	0.592759	0.741119	0.163433	-.000586
X7	0.000003	0.000002	0.000168	0.000252	0.000075	0.002079	0.999998

The PRINCOMP Procedure

Eigen values of the Covariance Matrix

	Eigen value	Difference	Proportion	Cumulative
1	836257808	828329627	0.9896	0.9896
2	7928181	7438626	0.0094	0.9990
3	489555	251074	0.0006	0.9996
4	238481	131155	0.0003	0.9999
5	107326	98426	0.0001	1.0000
6	8900	8899	0.0000	1.0000
7	0		0.0000	1.0000

از مقادیر بالا دریافته می شود که مؤلفه اصلی اول (ترکیب خطی اول)، به میزان تقریباً ۹۸/۹۶٪ از تغییرات مورد نظر را در بر دارد و به تنهایی می تواند نشان دهنده میزان اثر هر یک از ورودی ها باشد.

با توجه به میزان اثر هر یک از متغیرها در ۷ ترکیب خطی ارائه شده در جدول ۵، این نتیجه به دست می آید که متغیر اول، یعنی تعداد هواپیما، دارای اثری برابر با ۸۵٪ و متغیر دوم، یعنی تعداد پرسنل، دارای اثری برابر با ۹۹,۹٪ و متغیر سوم، یعنی هزینه های عملیاتی کل، دارای اثری به میزان ۹۶٪ و متغیر چهارم، یعنی هزینه پرسنل، دارای اثری برابر با ۹۶٪ و متغیر پنجم، یعنی هزینه سوخت، دارای اثری به میزان ۸۲٪ و متغیر ششم، یعنی هزینه تعمیر و نگهداری، دارای اثری برابر با ۵۷٪ و متغیر هفتم، یعنی قدمت هواپیماها، اثری به میزان ۱۱٪ بر ترکیب خطی اول (P1) دارند.

جدول ۵: میزان اثر هر یک از ورودی ها بر مؤلفه های اصلی

Pearson Correlation Coefficients, N = 26
Prob > |r| under H0: Rho=0

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
P1	0.85113	0.99955	0.95861	0.96103	0.82640	0.57511	0.11190
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0021	0.5863
P2	0.00699	-0.03007	0.28319	0.12318	0.49902	0.48983	0.00660
	0.9730	0.8841	0.1610	0.5488	0.0095	0.0111	0.9745
P3	0.26603	0.00029	-0.02788	0.21463	0.20115	0.27114	0.16577

	0.1890	0.9989	0.8924	0.2924	0.3245	0.1803	0.4183
P4	0.00249	-0.00075	0.00780	0.09399	-0.15976	0.45663	0.17372
	0.9904	0.9971	0.9698	0.6479	0.4356	0.0190	0.3960
P5	-0.30138	0.00067	-0.00495	-0.07917	0.04533	0.38300	0.03467
	0.1346	0.9974	0.9809	0.7006	0.8260	0.0535	0.8665
P6	0.33751	0.00002	-0.00000	-0.00899	0.00048	0.02432	0.27743
	0.0918	0.9999	1.0000	0.9652	0.9981	0.9061	0.1700
P7	-0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-0.0000	0.92283
	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	<.0001

در نتیجه ۴ متغیر اول، بیشترین اثر را بر مؤلفه اصلی اول دارند و چون تعداد پرسنل و هزینه پرسنل، اطلاعاتی در یک زمینه ارائه می دهند، سه متغیر اول، دوم و سوم، یعنی تعداد هواپیما،

تعداد پرسنل و هزینه عملیاتی کل، به عنوان متغیرهای ورودی در نظر گرفته می شوند.

مؤلفه های اصلی حاصل از اجرای روش PCA در نرم افزار SAS در ارتباط با خروجی های مدل، به صورت جدول ۶ می باشد:

جدول ۶: مؤلفه های اصلی خروجی ها

	Prin1	Prin2	Prin3	Prin4	Prin5	Prin6	Prin7	Prin8
X1	0.982588	-.185791	0.001397	0.000017	-.000001	0.000003	-.000004	0.000007
X2	0.185777	0.982568	0.006854	-.000039	-.000028	-.000026	0.000013	-.000019
X3	-.002646	-.006475	0.999976	0.000107	-.000154	0.000084	0.000169	0.000044
X4	0.000001	0.000028	0.000129	0.345638	0.485418	0.227975	-.499729	-.585834
X5	0.000001	0.000034	-.000113	0.314571	0.495072	0.434120	0.650818	0.209582

X6 -.000005 0.000021 0.000081 0.416329 0.372991 -.660773 -.193054 0.462230

X7 -.000008 0.000035 -.000125 0.529238 -.458470 0.465583 -.350442 0.412475

X8 -.000006 -.000010 -.000146 0.572850 -.412257 -.325851 0.408201 -.478623

The PRINCOMP Procedure

Eigenvalues of the Covariance Matrix

	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	1352298631	1324497375	0.9797	0.9797
2	27801256	27633315	0.0201	0.9999
3	167941	167940	0.0001	1.0000
4	1	1	0.0000	1.0000
5	0	0	0.0000	1.0000
6	0	0	0.0000	1.0000
7	0	0	0.0000	1.0000
8	0		0.0000	1.0

از مقادیر بالا دریافته می شود که مؤلفه اصلی اول (ترکیب خطی اول)، به میزان تقریباً۹۸٪ از تغییرات مورد نظر را در بر دارد و به تنهایی می تواند نشان دهنده میزان اثر هر یک از خروجی ها باشد.

با توجه به میزان اثر هر یک از متغیرها در ۸ ترکیب خطی ارائه شده در جدول ۷، این نتیجه به دست می آید که متغیر اول، یعنی مسافر جابجا شده، دارای اثری برابر با ۹۹,۹٪ و متغیر دوم، درآمد عملیاتی کل، دارای اثری برابر با ۷۹٪ و متغیر سوم، یعنی سود عملیاتی، دارای اثری به میزان ۲۳٪ و متغیر چهارم، سیستم اطلاعات، دارای اثری برابر با ۷٪ و متغیر پنجم، استانداردهای عملیاتی، دارای اثری به میزان ۹٪ و متغیر ششم، راحتی حین پرواز، دارای اثری برابر با ۳۳٪ و متغیر هفتم، نظافت، اثری به میزان ۴۱٪ و متغیر هشتم، یعنی کارایی پرسنل، اثری برابر با ۳۳٪ بر ترکیب خطی اول (P1) دارند.

جدول۷. میزان اثر هر یک از خروجی ها بر مؤلفه های اصلی

Pearson Correlation Coefficients, N = 26
Prob > |r| under H0: Rho=0

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
P1	0.99963	0.79680	-0.23023	0.07033	0.09493	-0.33148	-0.40837	-0.32736
	<.0001	<.0001	0.2578	0.7328	0.6446	0.0981	0.0383	0.1026
P2	-0.02710	0.60425	-0.08079	0.29989	0.36764	0.19707	0.25415	-0.07775
	0.8954	0.0011	0.6948	0.1366	0.0646	0.3346	0.2103	0.7058
P3	0.00002	0.00033	0.96978	0.10692	-0.09382	0.05859	-0.07052	-0.08386
	0.9999	0.9987	<.0001	0.6031	0.6485	0.7762	0.7321	0.6838
P4	0.00000	-0.00000	0.00000	0.75716	0.69402	0.79753	0.79228	0.87273
	1.0000	1.0000	1.0000	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
P5	-0.00000	-0.00000	-0.00000	0.45163	0.46390	0.30347	-0.29150	-0.26675
	1.0000	1.0000	1.0000	0.0206	0.0170	0.1318	0.1485	0.1877
P6	0.00000	-0.00000	0.00000	0.11859	0.22743	-0.30058	0.16551	-0.11788
	1.0000	1.0000	1.0000	0.5639	0.2638	0.1357	0.4191	0.5663
P7	-0.00000	0.00000	0.00000	-0.23137	0.30347	-0.07816	-0.11088	0.13144
	1.0000	1.0000	1.0000	0.2554	0.1318	0.7043	0.5897	0.5222
P8	0.00000	-0.00000	0.00000	-0.22099	0.07962	0.15248	0.10633	-0.12557
	1.0000	1.0000	1.0000	0.2780	0.6990	0.4571	0.6052	0.5411

در نتیجه ۳ متغیر اول، دوم وهفتم، بیشترین اثر را بر مؤلفه اصلی اول دارند. یعنی تعداد مسافر جابجا شده، درآمد کل عملیاتی و نظافت، به عنوان متغیرهای خروجی در نظر گرفته می شوند.

اجرای مدل CCR **به وسیله ورودی ها و خروجی های کاهش یافته**

در این مرحله، ورودی ها و خروجی های تعیین شده در مرحله قبل، وارد مدل تحلیل پوششی داده ها می شود تا کارایی نسبی شرکت های هواپیمایی ارزیابی شده و شرکت های کارا و ناکارا مشخص شوند. نتیجه حاصل از اجرای مدل CCR توسط نرم افزار EMS، به صورت جدول ۸ ارائه شده است:

جدول ۸. نتیجه حاصل از اجرای مدل DEA

ردیف	شرکت هواپیمایی	درصد کارایی	شماره ردیف شرکت هواپیمایی مرجع و میزان تغییر ورودیها متناسب با ورودیهای شرکت مرجع	رتبه
۱	Pasific Cathay Airways	٪۱۰۱/۰۵		۱۱
۲	Kingfisher Airlines	٪۹۲/۹۶	)۱/۲۲(۲۴) , ۰/۲۸(۲۲	۱۶
۳	Singapore Airlines	٪۱۴۲/۰۱		۲
۴	Air Berlin	٪۱۳۷/۱۶		۴
۵	ANA All Nippon Airways	٪۹۴/۲۹	/۳۳),۴(۰/۴۴),۱۲(۰/۱۴),۲۱(۰/۶۰) ۳(۰	۱۴
۶	Austrian Airlines	٪۸۴/۵۵	/۰۹),۴(۰/۰۸),۱۱(۰/۱۶),۲۴(۰/۸۹) ۳(۰	۲۴
۷	Thai Airways	٪۹۷/۶۳	),۲۱(۰/۱۸),۲۲(۰/۲۶),۲۴(۰/۷۹) ۱۰(۰/۱۱	۱۲
۸	British Airways	٪۸۸/۶۳	۱۰(۰/۶۵),۲۰(۱/۵۷),۲۲(۰/۴۶)	۲۱
۹	China Airlines	٪۹۰/۱۱	),۲۰(۰/۳۵),۲۲(۰/۰۴),۲۴(۰/۶۳) ۱۰(۰/۰۸),۱۲(۰/۰۵	۲۰
۱۰	Emirates Airline	٪۱۰۳/۵۳		۹
۱۱	EVA air	٪۱۳۰/۶۰		۵
۱۲	Turkish Airlines	٪۱۰۳/۶۱		۸
۱۳	American Airlines	٪۸۴/۰۱	۱۲(۳/۸۸),۲۲(۱/۶۹)	۲۵
۱۴	Continental Airlines	٪۸۷/۹۱	۱۲(۲/۵۵),۲۲(۰/۶۱)	۲۲
۱۵	Delta Air Lines	٪۹۰/۵۶	۴(۱/۴۳),۱۲(۴/۶۳),۲۲(۰/۳۵)	۱۸
۱۶	Southwest Airlines	٪۱۱۱/۸۹		۷

۱۳	۳(۱/۴۹)،۱۰(۰/۶۳)،۲۱(۰/۰۹)	٪۹۴/۴۵	Japan Airlines	۱۷
۱۵	۲۲(۰/۴۵)،۲۴(۰/۰۳) ۴(۰/۲۵)،۱۲(۰/۳۷)،	٪۹۳/۰۴	JetBlue Airways	۱۸
۱۷	۱۰(۱/۶۶)،۲۰(۲/۴۳)،۲۲(۳/۵۲)	٪۹۰/۷۴	Lufthansa	۱۹
۱۰		٪۱۰۳/۳۸	African South Airways	۲۰
۳		٪۱۴۱/۱۷	Qantas Airways	۲۱
۱		٪۲۴۲/۲۲	Air Asia	۲۲
۲۳	۱۰(۰/۱۳)،۲۲(۰/۵۲)،۲۴(۰/۳۳)	٪۸۴/۹۴	Jet Airways	۲۳
۶		٪۱۲۹/۳۹	Hawaiian Airlines	۲۴
۱۹	۳(۰/۲۶)،۱۲(۰/۸۵)،۲۰(۰/۷۸)	٪۹۰/۳۶	Air Canada	۲۵
۲۶	۱۰(۰/۰۱)،۲۲(۰/۳۴)،۲۴(۰/۳۲)	٪۷۵/۴۲	Iran Air	۲۶

همانطور که مشاهده می شود، در نتیجه اجرای مدل CCR، ۱۵ شرکت هواپیمایی از میان ۲۶ شرکت، ناکارا هستند. این شرکت ها عبارتند از:Kingfisher Airlines، ANA All ، American Airlines ،Continental Airline ،Austrian Airlines ،Nippon Airway ، JetBlue Airways، Japan Airlines، Thai Airways، British Airways،China Airlines ، Delta Air Lines، Air Canada، Jet Airways،Lufthansa و Iran Air . ۱۱ شرکت دیگر، کارا هستند.

با توجه به درصد کارایی شرکت های هواپیمایی، ۲۶ شرکت هواپیمایی مورد بررسی، با استفاده از روش اندرسون-پیترسون (AP) رتبه بندی شدند و تغییرات لازم در ورودی های شرکت های هواپیمایی ناکارا در جهت کارا شدن آنها ارائه شد.

شرکت های مرجع جهت افزایش کارایی هر شرکت ناکارا، مشخص شده و مقداری تغییر ورودی های ار شرکت ناکارا متناسب با شرکت های مرجعش نشان داده شده است.

برای مثال، میزان کارایی نسبی شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران Iran Air، با استفاده از این روش مقدار۷۵/۴۲٪ تعیین گردید و از میان ۲۶ شرکت هواپیمایی تحت بررسی رتبه بیست وششم را به خود اختصاص داد. این شرکت برای تبدیل شدن به یک شرکت کارا باید ورودی های خود را به میزان ۰/01 مشابه شرکت هواپیمایی Emirates Airline و به میزان ۰/۳۴ مشابه شرکت هواپیمایی Air Asia و به میزان ۰/۳۲ مشابه شرکت Hawaiian Airlines تغییر دهد. در واقع سه شرکت هواپیمایی مذکور شرکتهایی

هستند که شرکت هواپیمایی جمهوری اسلامی ایران جهت افزایش کارایی باید عملکرد آنها را بعنوان مرجع مد نظر قرار دهد.

۵- نتیجه گیری و بحث

امروزه خطوط هوایی بیشتر از گذشته نیاز دارند برای بقا در بازار رقابتی از موقعیت خود و رقبایشان آگاهی داشته باشند. بدین منظور باید بتوانند با استفاده از روش های علمی از وضعیت کارایی خود نسبت به سایر خطوط هوایی اطلاعات دقیقی کسب کنند.

تحلیل پوششی داده ها ابزاریست که بطور وسیع در مطالعات اندازه گیری کارایی موسسات و بخش های مختلف بکار گرفته شده است .یکی از مسائل مهم که بحثی پایان ناپذیر است تعیین ورودی ها و خروجی ها می باشد . برای مدلسازی عملیات خطوط هوایی و تبیین ورودی ها و خروجی ، مدل های پیشین، اغلب بر داده های مالی تاکید می کنند، در این صورت با چنین دیدگاهی اگر یک خط هوایی، هواپیماهای جوان و امکانات عالی داشته باشد و درآمد نسبتا خوبی هم کسب کند کارا نشان داده خواهد شد و تلاشی که یک خط هوایی کوچک برای کسب حداکثر بهره از امکانات کم خود مبذول می دارد نادیده انگاشته می شود .از این رو سعی شد در این مدل به نهاده هایی که خطوط هوایی از آن ها بهره می برند اعم از مالی و غیر مالی توجه شود.

استفاده از روش آنالیز اجزای اصلی، برای شناسایی شاخص های اصلی، ارزیابی عملکرد را دقیق تر می سازد. این روش به تعیین شاخص های اثربخش تر به عنوان ورودی و خروجی های مدل تحلیل پوششی داده ها، کمک می کند و سپس تکنیک تحلیل پوششی داده ها از مجموع واحد های تحت بررسی، تعدادی را به صورت واحد کارا معرفی می نماید و به کمک آن ها مرز کارایی تشکیل می شود و این مرز ملاک کارایی است. یکی از نکات قابل توجه در این تکنیک آن است که به منظور ارزیابی عملکرد، واحد های تحت بررسی، با ملاک ها و استانداردهای از پیش تعیین شده، ارزیابی نمی شوند بلکه ملاکِ این سنجش وضعیت عملکردی دیگر واحد ها می باشد. از دیگر ویژگی های ارائه شده توسط این ترکیب الگوسازی است که به وسیله آن راهکارهای بهبود کارایی تعیین می گردد. نتایج بررسی نشان می دهد که برخی از واحد ها با وجود داشتن نتایج قابل قبول در بخش مالی و سوددهی در سال ۲۰۰۹ میلادی، در این سال، به عنوان واحدی ناکارا معرفی شده اند؛

مانند شرکت هواپیمایی Thai Airways، JetBlue Airways و Lufthansa و بر عکس، شرکتی زیان ده مانند شرکت هواپیمایی Eva Air، در سال مورد نظر، به عنوان شرکتی کارا مشخص شده است. بنابراین، توجه به شاخص های کیفی و تلاش در جهت ارتقای سطح کیفی و دیگر مواردی غیر از داده های مالی یک شرکت هواپیمایی، می توانند نقش بسزایی در کارا کردن یک شرکت هواپیمایی نسبت به سایر شرکت های رقیب در جهان، داشته باشند. همانطور که در قبل نیز اشاره گردید یکی ازمزایای روش تحلیل پوششی داده ها شناسایی واحد های کارای مرجع به عنوان واحد های الگو از نظر عملکردی برای دیگر واحد های ناکارا است. بر اساس نتایج به دست آمده، می توان این واحدها را به عنوان واحد های موفق تر در صنعت هواپیمایی جهان به شمار آورد.

یکی از مزایای استفاده از این مدل برای مدیران و تحلیلگران عملکرد خطوط هوایی اینست که می توانند وضعیت کارایی خطوط را نسبت به هم بسنجند و به مدیران نشان داده می شود با توجه به عملکرد سایر خطوط تا چه حد می توانند ضمن ثابت ماندن میزان خروجی، ورودی ها را کاهش دهند.

فهرست منابع

1) Adler, N. and Golany, B. (2001) "Evaluation of deregulated airline networks using data envelopment analysis combined with principle component analysis with an application to Western Europe", European Journal of Operational Research, No.132, pp. 260-273.
2) Adler, N. and Yazhemsky, E. (2009) " Improving discrimination in Data Envelopment Analysis: PCA-DEA versus Variable Reduction. Which method at what cost?", Hebrew University of Jerusalem, Working Paper of the Hebrew University Business School.
3) Allen, R. et.al. (1997) "Weights restriction and Value Judgements in Data Envelopment Analysis: Evolution, development and future directions", Annal of Operations Research, No. 73, pp. 13-34.
4) Barbot, C., Costa A. and Sochirca, E. (2008) "Airlines performance in the new market context: A comparative productivity and efficiency analysis" Journal of air transport management, No.14, pp.270-274.
5) Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A. (1994) "Evaluating program and managerial efficiency: An application of data envelopment analysis to program follow through." Management Science, No.27, pp.668-697.

6) Chen, Y. (2009) "Ranking efficient units in DEA" Omega, The international of management science, No.32, pp.213-219.
7) Easton, L., Murphy, D.J. and Pearson, J.H. (2002) "Purchasing performance evaluation:with data envelopment analysis", European Journal of Purchasing & Supply Management No.8, pp.123-134.
8) Graham, A. (2005) "Airport benchmarking: a review of the current situation", Benchmarking: an international journal, Vol. 12 No. 2, pp. 99-111.
9) IATA, (2009) "World Air Transport Statistics, IATA member's statistics", International Air Tranport Association, Montreal, Geneva. Website: www.iata.org
10) Jolliffe I.T. , (2002), Principal Component Analysis, Series: Springer Series in Statistics, 2nd ed., Springer, NY, XXIX, 487 p. 28 illus. ISBN 978-0-387-95442-4
11) Lemaitre, A., (1998) "The development of performance indicators at airports: a management perspective", paper presented at the 8th World Conference on Transport Research, July, Antwerp.
12) Roll, Y, Golany, B. (1993) "Alternate Methods of Treating Factor Weights in DEA" Omega International Journal of Management Science, No.21, pp.99-109.
13) Schefczyk M. (2008) "Operational performance of airlines: an extension of traditional measurement paradigms", Strategic Management Journal, No.14, pp.301-317.
14) Shanling Li, Jahanshahloo G.R., Khodabakhshi, M. (2007) "A super-efficiency model for ranking efficient units in data envelopment analysis"Applied Mathematics and Computation, No.184, pp.638-648.

یادداشت‌ها

[1] Benchmark
[2] Data Envelopment Analysis (DEA)
[3] Decision Making Unit (DMU)
[4] Principal Component Analysis