Journal of Emerging Defense Knowledge and Research Policy

Volume 1, Issue 3
September 2024
p.p 25-51

Shahid Sattari Air University

Analysis of aviation companies safety efficiency with window data envelopment analysis approach

Mazaher Rezaeifar[1]

Abstract

Background & Purpose: The aim of this thesis is to investigate the factors affecting the safety efficiency of airlines by utilizing Data Envelopment Analysis (DEA) method.

Methodology: a wide range of attempts has been made that firstly through using literature review, a set of inputs and outputs measures can be extracted proportionate to the subject of the research. Using the Fuzzy Delphi Method and taking advantage of the viewpoints of the experts having activities in the field of aviation, including pilots, engineers and especially aviation safety experts, inputs and outputs indexes are identified and appropriately defined. For weighting and measuring indicators obtained, special vector method is used. Finally, the safety efficiency of seven airlines is calculated and evaluated by using of Data Envelopment Analysis (DEA) method within the framework of window analysis technique in 3 state of the constant ratio to scale, variable ratio to scale, non-increasing ratio to scale and output oriented approach within a five – year period.

Findings: The results show that manpower, fixed capital and current costs are the effective inputs and financial and service efficiency are the desired outputs. In addition, the biggest role in the inputs, belongs to the pilots and in the outputs, the ratio of the number of flights without accidents or incidents to the total number of flights of the company are the most important criteria. On the other hand, the highest stability in safety efficiency is related to airline number 3 with a value of 1, and the lowest amount is assigned to airlines number 5 and 7 with a value of about 50 percent.

Conclusion: Reduction of surplus human resource, making domestic flights more profitable, transfer of ownership and use of leased planes with shorter average life, and unifying of airlines can be considered as solutions.

Keywords: Window DEA, Fuzzi Delphi, Safety Efficiency, Aviation company

1. PhD student of industrial management, University of Tehran, Tehran, Iran.. **E-mail:mrezaeifar@ut.ac.ir**

Received:2022/3/4

Accepted:2023/06/26

Corresponding Author: Mazaher Rezaeifar

فصلنامهٔ سیاستگذاری دانش و پژوهش‌های نوین دفاعی
دوره ۱، شماره ۳
مهر ۱۴۰۳
صص ۲۵-۵۱

معاونت پژوهش و فناوری

اندازه‌گیری کارایی ایمنی شرکت‌های هواپیمایی با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای

مظاهر رضایی‌فر[۱]

چکیده

زمینه و هدف: هدف این مقاله اینست تا عوامل اثرگذار بر کارایی ایمنی شرکت‌های هواپیمایی بررسی و کارایی ایمنی شرکت‌های هواپیمایی ایران با به‌کارگیری روش تحلیل پوششی داده‌ها اندازه‌گیری شود.

روش‌شناسی: ابتدا با به‌کارگیری مرور ادبیات، مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی ورودی و خروجی متناسب با موضوع پژوهش استخراج گردد. در ادامه با به‌کارگیری روش دلفی فازی و با بهره‌گیری از نظرات متخصصان حوزه‌ی هوانوردی شامل خلبانان، مهندسین و به‌خصوص متخصصین ایمنی هوانوردی، شاخص‌های ورودی و خروجی شناسایی‌شده به‌صورت مناسب بازتعریف شوند. جهت وزن‌دهی شاخص‌های به‌دست‌آمده از روش مقایسات زوجی استفاده گردیده است. درنهایت کارایی ایمنی هفت خط هوایی با کمک روش تحلیل پوششی داده‌ها در چارچوب تکنیک تحلیل پنجره‌ای در وضعیت‌های بازدهی ثابت به مقیاس، بازدهی متغیر به مقیاس و بازدهی غیر افزایشی به مقیاس و مدل خروجی محور در یک دوره ۵ ساله محاسبه و تحلیل می‌گردند.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهند که نیروی انسانی، سرمایه ثابت و هزینه های جاری، شاخص‌های ورودی اثرگذار و بازده مالی و خدماتی خروجی های مورد نظر می‌باشند. ضمن اینکه بیشترین نقش در ورودی های به خلبان و در خروجی ها درامد و نسبت تعداد پرواز بدون سانحه یا رویداد به کل تعداد پروازهای شرکت می‌باشد. از طرفی بیشترین ثبات در کارایی ایمنی مربوط به خط هوایی شماره ۳ با مقدار ۱ و کمترین میزان به خطوط هوایی شماره ۵ و ۷ با مقدار حدود ۵۰ درصد اختصاص دارد.

نتیجه‌گیری: کاهش نیروی انسانی مازاد، درامدزا کردن پروازهای داخلی، واگذاری مالکیت و استفاده از هواپیماهای اجاره‌ای با میانگین عمر کمتر و تجمیع شرکت‌های هواپیمایی به عنوان راه‌کار می‌تواند مدنظر قرار گیرد

کلیدواژه‌ها: *تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای، دلفی فازی، شرکت هواپیمایی، کارایی ایمنی*

---

۱. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه تهران، استان تهران، ایران . **رایانامه:** mrezaeifar@ut.ac.ir

---

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۱۳
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۵
نویسنده مسئول مقاله: مظاهر رضایی فر

مقدمه

مهم‌ترین هدف شرکت‌های هواپیمایی ارائه خدمات بهتر به مسافران و کسب سود بیشتر است. واضح است که کلیه خدماتی که یک شرکت هواپیمایی به مسافران خود ارائه می‌دهد زمانی معنا و مفهوم پیدا می‌کنند که در سایه امنیت تولیدشده از سوی شرکت قرار گیرند. بدیهی است اعتماد مسافران به یک خط هوایی و انتخاب آن، در ابتدا به موضوعات مرتبط با ایمنی آن و سپس به خدمات دیگر آن خط هوایی برمی‌گردد. قطعاً اگر مسافران به دنبال شرکتی هستند که از ناوگان باکیفیت‌تری برخوردار است، اولین دغدغه آنان امنیت پرواز است. به عبارتی درک مسافران از میزان امنیت یک خط هوایی می‌تواند ضامن بقای آن باشد. ازاین‌رو شرکت‌های هواپیمایی همواره باید اشراف کاملی بر موضوعات مرتبط با ایمنی خود داشته و زمینه را برای حداکثر سازی ایمنی پروازهای خود فراهم نمایند.

ایمنی در هوانوردی همواره عاملی کلیدی برای بقا، اعتبار، پرستیژ بین‌المللی و اعتماد مسافران به یک خط هوایی به‌شمار می‌رود(کویی[1] و لی[2]، ۲۰۱۵). ازاین‌رو شرکت‌های حمل‌ونقل هوایی همواره به دنبال افزایش سطح ایمنی خود بوده و هستند. بدیهی است که خطوط هوایی در ایران نیز هیچ‌گاه از این قاعده مثتثنی نبوده‌اند. تاکنون بنا به دلایلی که از سوی مسئولین، مهم‌ترین آن‌ها تحریم صنعت هوایی خوانده می‌شده، حمل‌ونقل هوایی ایران از نظر ایمنی وضعیت مناسبی نداشته است. گواه این ادعا آمارهای مرتبط با ایمنی است که از سوی سازمان های بین‌المللی هوانوردی نظیر سازمان بین‌المللی حمل و نقل هوایی[3] منتشر شده است. گزارش‌های مربوط به بازه زمانی بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۱ در این نهاد نشان می‌دهند که هوانوردی ایران بیش از ۲۵ مورد حادثه مرگبار را تجربه نموده است که با توجه به نسبت کل پروازهای انجام شده، در مقایسه با استانداردهای جهانی بسیار بالاتر است .

در سال‌های اخیر علاقه به موضوع ایمنی در هوانوردی به‌طور فزاینده‌ای رشد داشته است. پژوهش‌گران از جنبه‌های گوناگون به آن پرداخته‌اند. بیشتر پژوهش‌ها بر دو محور ارزیابی ایمنی خطوط هوایی مختلف، با به‌کارگیری روش‌های گوناگون و بررسی عوامل مؤثر بر ایمنی در هوانوردی متمرکز شده‌اند(بروکر[4]، ۲۰۱۱؛ مالس‌ورث[5] و برگس[6]، ۲۰۱۳؛ مالکا[1]،

---

[1] Cui
[2] Li
[3] IATA
[4] Brooker
[5] Molesworth
[6] Burgess

۲۰۱۳؛ کویی و یو، ۲۰۲۱؛ وانگ[2] و همکاران، ۲۰۲۲؛).
بررسی پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که کارایی ایمنی در صنعت هوانوردی یکی از موضوعاتی است که علیرغم اهمیت بسیار خصوصاً در ایران مغفول مانده است.
ازاین‌رو نیاز است تا پژوهشی جامع با هدف شناسایی شاخص‌های اثرگذار بر کارایی ایمنی در شرکت‌های هواپیمایی انجام شود تا علاوه بر مشخص شدن ضعف‌ها و کاستی‌های موجود و علل آن‌ها در شرکت‌های حمل‌ونقل هوایی کشور، زمینه‌ی رفع آن‌ها نیز فراهم گردد.
هدف اصلی این پژوهش ارائه مدلی جهت تعیین کارایی ایمنی شرکت‌های هواپیمایی است. اهداف فرعی نیز عبارتند از:
۱) تعیین شاخص‌های ورودی و خروجی جهت تعیین کارایی ایمنی در شرکت‌های هواپیمایی
۲) وزن‌دهی زیرشاخص‌ها با نظر خبرگان با هدف تعیین اولویت‌ها
۳) اندازه‌گیری کارایی ایمنی در شرکت‌های هواپیمایی مورد نظر

پیشینهٔ پژوهش

ایمنی همواره یکی از دغدغه‌های متخصصین و پژوهش‌گران حوزه‌های مختلف علوم مهندسی بوده است. پژوهش‌گران از جنبه‌های مختلف به موضوع ایمنی پرداخته‌اند. یکی از موضوعات جدیدی که ذهن پژوهش‌گران را در این خصوص در سال‌های اخیر به خود جلب نموده کارایی ایمنی است.
بر اساس نظر مارتینز[3] (۲۰۱۱) نیروی کار شامل خلبانان و دیگر کارکنان درگیر در این امر نمی‌تواند تنها ورودی سیستم ایمنی هوانوردی باشد بلکه این سیستم دارای ورودی‌های دیگری نیز می‌باشد که از آن‌جمله می‌توان به میزان سرمایه‌گذاری اولیه، هزینه‌های جاری و تکنولوژی مورد استفاده اشاره نمود.
ویو و همکاران (۲۰۱۲) معتقدند که چگونگی استفاده از ورودی‌های این سیستم به‌–گونه‌ای که بتوان با حداقل ورودی بهترین نتیجه را حاصل کرد، کیفیت پردازش هر خط هوایی را مشخص نموده و نشان‌دهنده‌ی تکنیک منحصربه‌فرد ایشان خواهد بود.

---

[1] Makela
[2] Wang
[3] Martinez

نه‌تنها عملکرد ایمنی خطوط هوایی بلکه عملکرد تجاری آن‌ها را نیز بایستی به‌عنوان خروجی سیستم ایمنی در هوانوردی در نظر گرفت(برک[1] و حیدری، ۲۰۱۸). ازآنجایی‌که سود هر شرکت به‌طور مستقیم تابع میزان ایمنی آن شرکت می‌باشد، پس ورودی‌های سیستم ایمنی بایستی خروجی‌ای به‌نام سود شرکت را نیز تأمین نمایند(کویی و لی، ۲۰۱۵). درنهایت می‌توان نسبت تعداد پروازهای بدون سانحه یا رویداد را به کل تعداد پروازهای شرکت هواپیمایی و یا نسبت حجم مسافر جابه‌جاشده‌ی یک شرکت بدون رخداد سانحه یا رویداد به کل مسافر جابه‌جاشده توسط شرکت را به‌عنوان خروجی قابل اندازه‌گیری در نظر گرفت(کانگ، ۲۰۲۱).

بررسی ادبیات موجود نشان می‌دهد که کارایی ایمنی خطوط هوایی موضوعی است که به نسبت کارایی از سابقه کمتری برخوردار بوده و نیازمند توجه بیشتر است.

از طرفی در ادبیات در سایر بخش‌های حمل و نقل نیز پژوهش‌هایی مرتبط با موضوع انجام گردیده است. گیتلمن[2] و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از یک مطالعه موردی به جمع‌آوری داده‌های قبل و بعد از پیاده سازی بهسازی، در چندین نقطه از مسیر خطوط قطار بین شهری و مقایسه آن‌ها پرداخته و نتایجی را مبنی بر موثر بودن این بهسازی‌ها به‌دست آوردند. تعریف ایشان از اصطلاح کارایی ایمنی در زیرساخت‌های قطار غیر شهری، سهم کاهش شدت و تناوب تصادفات در مکان‌هایی بود که بهسازی‌ها در آن مکان‌ها صورت پذیرفته بود. به باور نویسندگان این پژوهش، تعریف گیتلمن و همکارانش از واژه کارایی ایمنی در این پژوهش مناسب نبوده و ایشان صرفا میزان تاثیر بهسازی‌ها را با مقایسه تصادفات قبل و بعد از انجام بهسازی‌ها در مکان‌های مورد نظر را به‌دست آورده‌اند. واژه کارایی زمانی معنا می-یابد که یک سیستم با ورودی(ها) و خروجی(ها)یی وجود داشته باشند که به هم وابسته‌اند، حال آنکه ممکن است در آماری که پژوهش‌گران یاد شده به آن استناد می‌کنند این نکته مغفول مانده باشد که آیا کاهش تصادفات صرفاً تغییرات و بهسازی‌ها بوده یا عوامل دیگری هم وجود داشته‌اند.

کویی و لی(۲۰۱۵) برای نخستین بار با به‌کارگیری نظرات پژوهش‌گرانی همچون ویو و همکاران(۲۰۱۲)، مارتینز(۲۰۱۱)، کلینچ و هیلی(۲۰۱۱) و بلومبرگ و همکاران(۲۰۱۲)، در خصوص سیستم ایمنی در هوانوردی غیرنظامی، به تعریف اصطلاح کارایی ایمنی در هوانوردی غیر نظامی پرداخته و کارایی ایمنی ۱۰ خط هوایی در کشور چین را بین سال‌های

---

[1] Barak
[2] Gitelman

۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ با به‌کارگیری تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالم–کوئیست به‌دست آوردند. ایشان معتقدند کارایی ایمنی، ظرفیت تحقق بخشیدن بهترین میزان عملکرد تجاری و ایمنی یک خط هوایی در زمانی است که ورودی‌ها ثابت باشند یا به‌عبارتی، ظرفیت تحقق بخشیدن کمترین ورودی در زمانی است که میزان عملکرد تجاری و ایمنی یک خط هوایی ثابت بماند. آن‌ها نیروی کار، سرمایه، هزینه‌ها و تکنولوژی را به‌عنوان ورودی‌ها و از درصد سود خالص و همچنین درصد حجم جابه‌جایی مسافر بدون سانحه یا رویداد را به کل پروازهای شرکت‌های مورد بررسی، به‌عنوان خروجی‌های سیستم ایمنی استفاده نمودند. نتایج ایشان نشان داد که مهم‌ترین عامل موثر بر کارایی ایمنی عبارتست از: سرمایه‌گذاری در آموزش خلبانان و کارکنان بخش ایمنی.

تحلیل پوششی داده‌ها نخستین بار در سال ۱۹۷۸ توسط چارنز و همکارانش معرفی شد. از زمانی که مطالعات در زمینه تحلیل پوششی داده‌ها نخستین بار توسط ایشان شکل گرفت، رشد سریع و مداومی را تجربه کرده است(امروز نژاد، ۲۰۱۸).

به دلیل اهمیت موضوع کارایی در خطوط هوایی، مطالعات بسیاری با به‌کارگیری انواع تکنیک‌های تحلیل پوششی داده‌ها صورت گرفته است(کویی، ۲۰۲۱).

باربوت[1] و همکاران(۲۰۰۸) با به‌کارگیری تحلیل پوششی داده‌های استاندارد و رگرسیون به مطالعه ۴۹ خط هوایی بین‌المللی پرداختند. یکی از مهم‌ترین نتایج ایشان این بود که شرکت‌هایی که خدمات کمتر با هزینه‌های کم‌تر ارائه می‌کنند نسبت به شرکت‌هایی که بابت خدمات بهتر و کامل‌تر خود بهای بیشتری دریافت می‌نمایند، عملکرد بهتری از لحاظ بهره‌وری دارند.

باروس و پیپاچ[2] (۲۰۰۹) از تحلیل پوششی داده‌های استاندارد و تکنیک رگرسیون برای محاسبه عملکرد عملیاتی چندین خط هوایی اروپایی در بازه زمانی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ استفاده کردند .ایشان همچنین کاری مشابه را برای محاسبه کارایی تکنیکی چند خط هوایی در آمریکا انجام دادند.(باروس و پیپاچ، ۲۰۱۳).

شیرازی و محمدی(۲۰۱۹) جهت بررسی کارایی ۱۴ خط هوایی ایرانی از نیروی کار، سرمایه، انرژی و مواد به عنوان ورودی ها و مسافر و بار حمل شده را خروجی کار خود قرار دادند.

---

[1] Barbot
[2] Barros & Peypoch

سائینی و ترانگ(۲۰۲۲) و کائو و همکاران(۲۰۲۲) نیز در پژوهش‌های خود در این حوزه، داده‌هایی نظیر هزینه‌های خدمات و عملیات، اندازه خط هوایی و تعداد مسافر را به‌عنوان ورودی و تعداد مسافر و بار جابه‌جاشده و همچنین میزان حمل بار ضرب در مسافت جابه‌جاشده را خروجی در نظر گرفتند.

بررسی های بیشتر نشان می‌دهند که ورودی‌های پرکاربرد عبارتنداز: انواع سرمایه، هزینه-های جاری و تعداد کارکنان(کویی و یو، ۲۰۲۱؛ یو و همکاران، ۲۰۱۹؛ عمرانی و همکاران،۲۰۲۲) و بالطب خروجی‌های بیشتر استفاده شده در مدل‌ها نیز شامل سود و درامد(علی و همکاران،۲۰۲۱)، مسافت–بار و مسافت–مسافر می باشند(ژو و همکاران،۲۰۲۱؛ یو و ژی،۲۰۲۰).

بررسی‌ها همچنین بیانگر این موضوع هستند که بیشتر تحقیقات انجام شده ، از داده‌های مربوط به یک سال استفاده نموده و نقش زمان و مقایسه یک خط هوایی با خود را در زمان-های مختلف نادیده گرفته‌اند(حیدری و عمرانی، ۲۰۲۰). حال آنکه در این پژوهش علاوه بر مقایسه ایرلاین‌ها با هم، خود به تنهایی در طی زمان نیز بررسی خواهند شد. این کار با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها در قالب تکنیک پنجره‌ای امکان‌پذیر خواهد بود.

روش‌شناسی پژوهش

به‌طور خلاصه، این پژوهش از نظر هدف، از نوع کاربردی، بر اساس زمان پژوهش از نوع گذشته‌نگر و بر اساس نوع داده‌ها غیرآزمایشی و از نوع توصیفی- پیمایشی است و از روش دلفی استفاده می‌کند. از طرفی چون این پژوهش قصد دارد کارایی ایمنی شرکت‌های هواپیمایی را در یک بازه ۵ ساله اندازه‌گیری کند، از نوع طولی است.

برای اجرای این پژوهش نخست با به‌کارگیری مطالعات کتابخانه‌ای و مرور ادبیات پیشین، مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی ورودی و خروجی متناسب با موضوع استخراج می‌گردد. سپس تعداد ۱۲ نفر از متخصصان حوزه‌ی ایمنی هوانوردی غیرنظامی(به تفکیک خلبان، مهندس پرواز و متخصصان حوزه ایمنی هوانوردی) انتخاب شده و با به‌کارگیری روش دلفی فازی به تعیین پارامترهای ورودی و خروجی مناسب مبادرت می‌شود. در ادامه شاخص‌های غربال شده با استفاده از روش مقایسات زوجی وزن‌دهی می‌گردند. درنهایت نیز با روش تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای، کارایی ایمنی در ۷ شرکت هواپیمایی بررسی و محاسبه خواهند شد.

روش دلفی فازی

دلفی رویکردی در تحقیق برای استخراج نظرات از یک گروه متخصصان در مورد یک موضوع یا یک سؤال است که با به‌کارگیری پرسش‌نامه‌ها است که تا زمان دستیابی به اجماع نظرات مداوم تکرار می‌شود(هوانگ، ۲۰۲۰).

روش دلفی فازی، از میانگین هندسی به‌عنوان مبنایی برای گروه تصمیم‌گیرنده به‌منظور غربال نمودن عوامل نامناسب و اجتناب از تأثیر مقادیر انتهایی استفاده می‌کند. همچنین، علاوه بر کاهش مصرف هزینه و زمان، تصمیم‌گیرندگان را قادر می‌سازد تا به نتیجه بهتری در انتخاب عامل برسند(دلاور، ۱۴۰۱) نوردرهابن(۱۹۹۵)، نشان داد که کاربرد روش دلفی فازی ابهام‌های موجود در نظرهای خبرگان را برطرف می‌کند. در این مطالعه، برای تبدیل واژگان زبانی خبرگان به اعداد فازی از اعداد فازی مثلثی استفاده شده است(پادیلا، ۲۰۲۱).

جدول شماره ۱: اعداد مثلثی فازی

گزینه‌های زبانی	اعداد قطعی	اعداد فازی مثلثی
اهمیت خیلی زیاد	۴	(۱، ۱، ۰/۷۵)
اهمیت زیاد	۳	(۱، ۰/۷۵، ۰/۵)
اهمیت کم	۲	(۰/۷۵، ۰/۵ ، ۰/۲۵)
اهمیت بسیار کم	۱	(۰/۵، ۰/۲۵، ۰)
بدون اهمیت	۰	(۰/۲۵ ، ۰، ۰)

در این روش، ابتدا جمع‌آوری نظرهای گروه تصمیم‌گیرنده و تخصیص عدد فازی مثلثی به نظر خبره، با توجه به واژۀ زبانی انتخاب شده توسط خبره به معیار موردنظر انجام می‌گیرد(سهرابی، ۱۳۹۰). در ادامه، ارزش ارزیابی از عدد فازی مثلثی هر معیار که خبرگان به آن معیار داده‌اند، محاسبه می‌شود. در این مطالعه، از تکنیک میانگین هندسی برای یافتن نظر خبرگان دربارۀ یک معیار استفاده می‌شود.

برای دیفازی سازی هم از رابطۀ (۱) استفاده می‌شود:

$$S_j = \frac{a_j+4b_j+c_j}{6} \quad j=1,2,\ldots,m \qquad (۱)$$

در انتها، برای استخراج معیارهای موردنظر، حدی برای قبول یا عدم قبول آن معیار (مثلا میانگین حسابی) در نظر گرفته می‌شود(پیشین).

لازم به ذکر است که جهت وزن‌دهی از روش مقایسات زوجی(ساعتی، ۱۹۸۰) استفاده شده است.

جدول شماره ۲: سیستم ترجیحات(ساعتی، ۱۹۸۰)

ترجیح	ضریب
یکسان بودن دو شاخص a و b	۱
ترجیح کم شاخص a بر b	۳
ترجیح زیاد شاخص a بر b	۵
ترجیح خیلی زیاد شاخص a بر b	۷
ترجیح فوق‌العاده زیاد شاخص a بر b	۹
اعداد واسط ۲، ۴، ۶ و ۸ را هم می‌توان اختصاص داد.	

با توجه به کیفی بودن محیط تصمیم‌گیری و شاخص‌ها، غالباً در قضاوت‌ها مشکل به وجود می‌آید . بدین معنا که در مقایسه دوبه‌دو شاخص‌ها خبرگان نمی‌توانند قضاوت کاملاً ثابت، سازگار و پایداری را داشته باشد. پیش از تلفیق نظر خبرگان، باید تک‌تک ماتریس‌های مقایسات زوجی بررسی و نرخ ناسازگاری آن‌ها محاسبه گردد . چنانچه ماتریس ناسازگار باشد ، باید از طرف خبره مربوطه مورد بازبینی و قضاوت مجدد قرار گیرد . اگر نرخ ناسازگاری کوچک‌تر و مساوی ۱۰ درصد باشد، نیازی به تجدیدنظر در آن نیست و می‌توان آن ماتریس را در ترکیب نظرات به کار گرفت(پیشین).

روش تحلیل پوششی داده‌ها

تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها(DEA)، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی، برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده(DMU) در حضور چندین ورودی و خروجی است. اولین بار فارل به آن پرداخت و سپس چارنز و همکاران (۱۹۷۸) و در ادامه دیدگاه او را توسعه دادند و الگویی را ارائه کردند که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی را داشت. الگوی اولیه(CCR) و الگوی بعدی (BCC) نامیده شدند که در آن‌ها به ترتیب بازده به مقیاس ثابت و متغیر در نظر گرفته می‌شود(مهرگان، ۱۴۰۰).

بازده به مقیاس بیان‌گر پیوند بین تغییرات ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم می‌باشد. یکی از توانایی‌های روش DEA ،کاربرد الگوهای مختلف متناظر با بازده به مقیاس‌های متفاوت و همچنین اندازه‌گیری بازده به مقیاس واحدهاست. در یک دسته‌بندی، بازده به مقیاس یا ثابت است یا متغیر. هرگاه هر مضربی از ورودی‌ها همان مضرب از خروجی‌ها را تولید کند، الگوی CCR بازده به مقیاس واحدها را ثابت فرض می‌کند. بنابراین واحدهای کوچک و بزرگ با هم مقایسه می‌شوند. هرگاه هر مضربی از ورودی‌ها، مضربی کمتر و یا

بیشتر از آن را، در خروجی‌ها تولید کند، الگویBCC بازده به مقیاس را متغیر فرض می-کند(امامی، ۱۳۸۸).

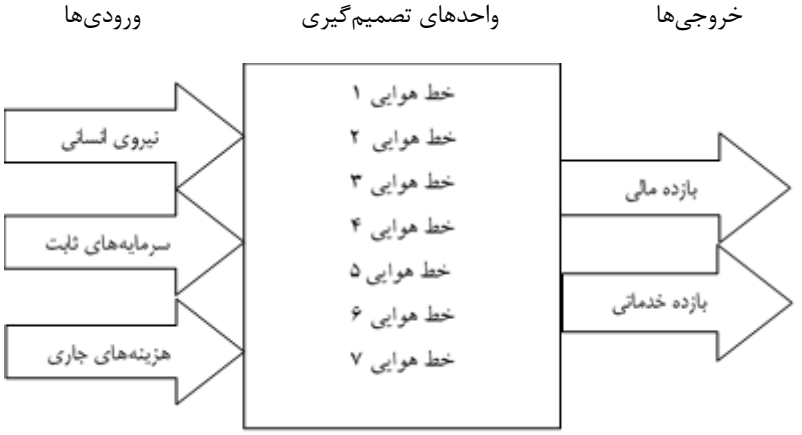
در الگوی CCR ، که در آن بازده به مقیاس ثابت است، مقادیر به‌دست‌آمده برای کارایی در دو دیدگاه مساوی هستند ولی در مدل BCC این مقادیر متفاوت هستند. علت انتخاب دیدگاه برای یک الگو، در ارزیابی نسبی عملکرد واحدها اینست که در بعضی موارد مدیریت واحد هیچ کنترلی بر میزان خروجی ندارد و مقدار آن از قبل مشخص و ثابت می‌باشد. برعکس در بعضی از موارد میزان ورودی ثابت و مشخص است و میزان تولید(خروجی)، متغیر تصمیم است و در چنین شرایطی، دیدگاه خروجی‌محور مناسب می‌باشد. بنابراین انتخاب ماهیت ورودی و خروجی بر اساس میزان کنترل مدیر، بر "ورودی‌ها"یا "خروجی‌ها" تعیین می‌گردد(آذر، ۱۳۹۳).

در این پژوهش برای اندازه‌گیری کارایی ایمنی شرکت‌های هواپیمایی طی بازه زمانی ۵ ساله از مدل تحلیل پوششی داده‌ها در چارچوب تکنیک تحلیل پنجره‌ای در ۳ وضعیت "بازدهی ثابت به مقیاس و مدل خروجی‌محور"، "بازدهی متغیر به مقیاس و مدل خروجی‌محور" و "بازدهی غیر افزایشی به مقیاس و مدل خروجی‌محور" استفاده می‌شود. دلیل استفاده از این سه روش مشخص کردن نوع بازده به مقیاس مناسب جهت پژوهش می‌باشد. همچنین علت اصلی استفاده از رویکرد پنجره‌ای در این پژوهش این است که با افزایش تعداد واحدهای تصمیم‌گیری قدرت تمایز روش افزایش می‌یابد(پیکانی، ۲۰۲۱).

رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها استاندارد در شرایط ثابت به‌کار برده می‌شود، به این معنی که اثر تغییرات زمان را نادیده می‌گیرد. این امر می‌تواند به نظر گمراه‌کننده باشد، زیرا شرایط در طی زمان می‌تواند به سمت استفاده بیشتر از منابع برای تولید نتایج مطلوب گرایش داشته باشد. درواقع DEA مدل‌هایی برای سنجش کارایی در طی زمان دارد. ازجمله این مدل‌ها می‌توان تکنیک تحلیل پنجره‌ای را نام برد. تکنیک پنجره‌ای برای اولین بار توسط چارنز(۱۹۸۴) معرفی شد. در این تکنیک عملکرد هر DMU در طول زمان به‌گونه‌ای ارزیابی می‌شود که گویی در هر دوره زمانی دارای هویت متفاوتی می‌باشد. این روش کمک می‌کند که عملکرد هر DMU را در طول زمان ردیابی کنیم. از طرف دیگر این روش برای نمونه-های کوچک ازآنجایی‌که باعث ایجاد درجه آزادی بزرگ‌تری برای نمونه می‌شود، بسیار مناسب می‌باشد. در مورد تعریف و اندازه پنجره هیچ نوع تئوری و منطق اساسی وجود ندارد. اکثر پژوهش‌هایی که در این زمینه انجام‌گرفته است از پنجره ۳ تا ۵ ساله استفاده شده است.

اساس کار تحلیل پنجره‌ای میانگین متحرک می‌باشد. (خوانندگان محترم جهت توضیح کامل روش رجوع کنند به یانگ، ۲۰۰۹).

مدل مفهومی پژوهش



شکل شماره ۳: مدل مفهومی پژوهش

یافته‌های پژوهش

در پژوهش حاضر ابتدا با به‌کارگیری روش دلفی فازی، عوامل تأثیرگذار بر کارایی ایمنی شرکت‌های هواپیمایی، تعریف و شناسایی شدند. سپس با توجه به اینکه ورودی‌های سیستم ایمنی، خود دارای زیر شاخص‌هایی بودند، با به‌کارگیری روش مقایسات زوجی وزن‌دهی گردیدند. درنهایت با به‌کارگیری روش تحلیل پوششی داده پنجره‌ای، کارایی ایمنی شرکت-های هواپیمایی موردنظر اندازه‌گیری شد.

داده‌های مرتبط با موضوع پژوهش از سالنامه منتشره توسط سازمان هواپیمایی کشوری[1] استخراج شده است.

به‌منظور شناسایی و اولویت‌بندی عوامل تأثیرگذار بر کارایی ایمنی شرکت‌های هواپیمایی، پس از بررسی ادبیات موجود، با نظر خبرگان حوزه ایمنی در هوانوردی تمامی ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم ایمنی در قالب ۳ ورودی و ۲ خروجی قرار گرفتند. جهت شناسایی

[1] CAO of iran annual report

عوامل مؤثر با نظر خبرگان پرسش‌نامه‌ای تدوین گردید. تعداد ۱۲ پرسش‌نامه که به تعداد پاسخ‌دهندگان می‌باشد، در اختیار آن‌ها قرار گرفت که تمام پرسش‌نامه‌ها طی ۳ مرحله اصلاحی بصورت جامع و کامل به‌دست آمد. این پرسش‌نامه‌ها به‌صورت کیفی و بر اساس طیف ۵ نقطه‌ای لیکرت از فوق‌العاده مهم تا بی‌اهمیت قید شده است. حال بعد از پخش و گردآوری پرسش‌نامه، جهت تعیین مهم‌ترین عوامل، از روش دلفی فازی و از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

لازم به ذکر است که ترکیب خبرگان شامل ۷ نفر معلم خلبان و ۵ نفر معلم ارزیاب مهندس پرواز بوده اند که از این تعداد ۶ نفر سابقه خدمت در بخش ایمنی پرواز را در خطوط هوایی ایرانی داشته اند.

نتایج روش مقایسات زوجی

پس از مشخص شدن ورودی‌ها و خروجی‌ها به علت اینکه هرکدام از ورودی‌ها، خود دارای موارد مختلفی(زیر شاخص‌ها) بودند، نظر خبرگان این بود که این‌ها هم‌وزن نیستند. به همین علت پرسش‌نامه دیگری در قالب یک ماتریس مقایسات زوجی در اختیار ایشان قرار گرفت تا نظرات خود را اعمال نمایند. سپس با به‌کارگیری روش مقایسات زوجی و نرم‌افزار اکسل، وزن هریک مشخص شد(جدول شماره ۳).

جدول شماره ۳: اوزان اولیه شاخص‌های ورودی و خروجی مناسب جهت

وزن	شاخص
۰/۲۵	خدمه پروازی
۰/۱۶	پرسنل تعمیر و نگهداری
۰/۱۳	هواپیما (شامل تایپ، شرکت سازنده، عمر و ...)
۰/۰۶	تجهیزات تعمیر و نگهداری
۰/۱۳	حقوق و مزایای خدمه پروازی
۰/۰۷	حقوق و مزایای پرسنل تعمیر و نگهداری
۰/۱۰	سرمایه گذاری در آموزش کارکنان پروازی
۰/۱۰	سرمایه گذاری در آموزش پرسنل تعمیر و نگهداری
۱	مجموع

پس از نرمال کردن، وزنهای نهایی برای هر کدام از ورودی ها در جدول شماره ۴ آمده است. به طور مثال وزن اولیه خدمه پروازی از کل شاخص‌ها ۰/۲۵ و کارکنان نت ۰/۱۶ بوده است لذا با توجه به این که نیروی انسانی شامل این دو بوده است، وزن شاخص خدمه ۰/۶۳ و کارکنان نت ۰/۳۷ بدست آمده است. در مورد بقیه موارد نیز به همین ترتیب نرمال سازی انجام شده است.

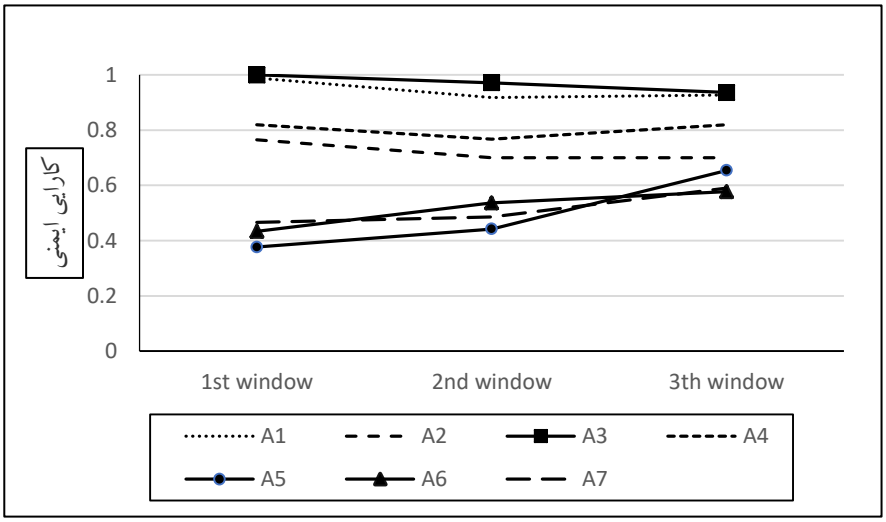
جدول شماره ۴: شاخص‌های ورودی و خروجی مناسب جهت بررسی کارایی ایمنی و وزن‌های نهایی برای هرکدام از ورودی‌ها و خروجی ها

		ردیف	شاخص‌ها	وزن (درصد)
ورودی ها	نیروی انسانی	۱	خدمه پروازی	۶۳
		۲	کارکنان تعمیر و نگهداری	۳۷
	سرمایه ثابت	۱	هواپیما (شامل تایپ، شرکت سازنده، عمر و ...)	۷۰
		۲	تجهیزات تعمیر و نگهداری	۳۰
	هزینه‌های جاری	۱	حقوق و مزایای خدمه پروازی	۳۳
		۲	حقوق و مزایای کارکنان تعمیر و نگهداری	۱۸
		۳	سرمایه‌گذاری در آموزش کارکنان پروازی	۲۴
		۴	سرمایه‌گذاری در آموزش کارکنان تعمیر و نگهداری	۲۵
خروجی ها	بازده مالی	۱	درامد شرکت هواپیمایی	۱۰۰
	بازده خدماتی	۱	نسبت تعداد پرواز بدون سانحه یا رویداد به کل تعداد پروازهای شرکت	۱۰۰

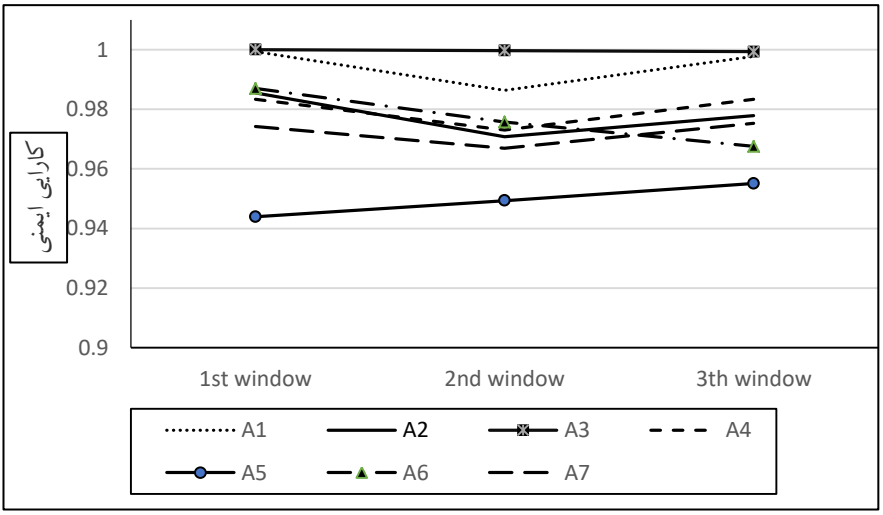
نتایج روش تحلیل پوششی داده پنجره‌ای

ازآنجایی‌که تحلیل پنجره‌ای یک DMU را در هر سال با هویتی متفاوت ارزیابی می‌کند، بازه ۵ ساله شامل سه پنجره سه ساله می‌باشد و هر پنجره برای ۷ شرکت هواپیمایی معادل ۲۱ واحد تصمیم‌گیری می‌باشد و چون ۳ پنجره در هر مدل وجود دارد، به تعداد ۶۳ مدل برنامه‌ریزی خطی برای هر حالت (۱- بازده به مقیاس ثابت ۲- بازده به مقیاس متغیر و ۳- بازده به مقیاس غیر افزایشی) حل شد. خط هوایی همان‌طور که پیش‌تر بیان شد در این

پژوهش تعداد ۱۸۹ (۳*۶۳) مدل برنامه‌ریزی خطی با به‌کارگیری نرم‌افزار لینگو حل شد. نتایج روش CCR و BCC به ترتیب در نمودارهای ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند.



نمودار شماره ۱: میانگین کارایی ایمنی شرکت‌ها در مدل CCR



نمودار شماره ۲: میانگین کارایی ایمنی شرکت‌ها در مدل BCC

جدول شماره ۵: مراجع واحدهای ناکارا در مدل BCC

شرکت هواپیمایی ناکارا	پنجره	سال	میزان کارایی	شرکتهای مرجع	پنجره	سال	ضریب
خط هوایی ۱	۱	۱۳۹۱	۹۹	خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۰	۰/۲۸
				خط هوایی ۱	۱	۱۳۹۲	۰/۶۸
خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۱	۹۹	خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۵۸
				خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۱۸
				خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۳	۰/۲۴
خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۲	۹۹	خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۳
				خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۴۴
				خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۳	۰/۲۶
خط هوایی ۱	۳	۱۳۹۲	۹۹	خط هوایی ۳	۳	۱۳۹۲	۰/۳۰
				خط هوایی ۱	۳	۱۳۹۳	۰/۲۵
				خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۴۵
خط هوایی ۲	۱	۱۳۹۰	۹۸	خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۰	۰/۵۳
				خط هوایی ۱	۱	۱۳۹۲	۰/۴۷
خط هوایی ۲	۱	۱۳۹۱	۹۵	خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۰	۰/۴۵
				خط هوایی ۱	۱	۱۳۹۲	۰/۵۵
خط هوایی ۲	۱	۱۳۹۲	۹۸	خط هوایی ۱	۱	۱۳۹۰	۰/۶
				خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۱	۰/۲۶
				خط هوایی ۱	۱	۱۳۹۲	۰/۱۴
خط هوایی ۲	۲	۱۳۹۱	۹۵	خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۲۵
				خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۵۷
				خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۳	۰/۱۸
خط هوایی ۲	۲	۱۳۹۲	۹۶	خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۰۲
				خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۷۸
				خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۳	۰/۲
خط هوایی ۲	۲	۱۳۹۳	۹۹	خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۳۸
				خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۳	۰/۶۲
خط هوایی ۲	۳	۱۳۹۲	۹۷	خط هوایی ۳	۳	۱۳۹۲	۰/۳۸
				خط هوایی ۱	۳	۱۳۹۳	۰/۲۵
				خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۳۷
خط هوایی ۲	۳	۱۳۹۳	۹۷	خط هوایی ۱	۳	۱۳۹۳	۰/۴۸
				خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۵۲

خط هوایی ۲	۳	۱۳۹۴	۹۹	خط هوایی ۱	۳	۱۳۹۳	۰/۶۷
				خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۳۳
خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۳	۹۹	خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۹۰
				خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۰۶
				خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۳	۰/۰۴
خط هوایی ۳	۳	۱۳۹۲	۹۹	خط هوایی ۳	۳	۱۳۹۲	۰/۸۰
				خط هوایی ۱	۳	۱۳۹۳	۰/۰۵
				خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۱۵
خط هوایی ۴	۱	۱۳۹۰	۹۸	خط هوایی ۱	۱	۱۳۹۰	۰/۳
				خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۱	۰/۶۱
				خط هوایی ۱	۱	۱۳۹۲	۰/۰۹
خط هوایی ۴	۱	۱۳۹۱	۹۷	خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۰	۰/۶۸
				خط هوایی ۱	۱	۱۳۹۲	۰/۳۲
خط هوایی ۴	۱	۱۳۹۲	۹۹	خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۰	۰/۷
				خط هوایی ۱	۱	۱۳۹۲	۰/۳
خط هوایی ۴	۲	۱۳۹۱	۹۷	خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۴۷
				خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۴۵
				خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۳	۰/۰۸
خط هوایی ۴	۲	۱۳۹۲	۹۹	خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۶۵
				خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۲۵
				خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۳	۰/۱
خط هوایی ۴	۲	۱۳۹۳	۹۹	خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۷۹
				خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۰۶
				خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۳	۰/۱۵
خط هوایی ۴	۳	۱۳۹۲	۹۹	خط هوایی ۳	۳	۱۳۹۲	۰/۸۰
				خط هوایی ۱	۳	۱۳۹۳	۰/۰۵
				خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۱۵
خط هوایی ۴	۳	۱۳۹۳	۹۷	خط هوایی ۳	۳	۱۳۹۲	۰/۶۲
				خط هوایی ۱	۳	۱۳۹۳	۰/۰۷
				خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۳۱
خط هوایی ۴	۳	۱۳۹۴	۹۷	خط هوایی ۳	۳	۱۳۹۲	۰/۵۲
				خط هوایی ۱	۳	۱۳۹۳	۰/۲۲
				خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۲۶
خط هوایی ۵	۱	۱۳۹۰	۹۳	خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۰	۱
خط هوایی ۵	۱	۱۳۹۱	۹۵	خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۰	۱
خط هوایی ۵	۱	۱۳۹۲	۹۴	خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۰	۰/۹۲

					خط هوایی ۱	۱	۱۳۹۲	۰/۰۸
خط هوایی ۵	۲	۱۳۹۱	۹۵		خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۶۷
					خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۲	۰/۳۳
خط هوایی ۵	۲	۱۳۹۲	۶۵		خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۶۶
					خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۳۱
					خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۳	۰/۰۳
خط هوایی ۵	۲	۱۳۹۳	۹۲		خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۶۲
					خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۳۳
خط هوایی ۵	۳	۱۳۹۳	۹۳		خط هوایی ۳	۳	۱۳۹۲	۰/۸۷
					خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۱۳
خط هوایی ۵	۳	۱۳۹۴	۵۸		خط هوایی ۳	۳	۱۳۹۲	۰/۲۴
					خط هوایی ۱	۳	۱۳۹۳	۰/۱۳
					خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۶۳
خط هوایی۶	۱	۱۳۹۰	۹۹		خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۰	۱
خط هوایی ۶	۱	۱۳۹۲	۹۷		خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۰	۰/۹
					خط هوایی ۱	۱	۱۳۹۲	۰/۱
خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۲	۹۷		خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۴۲
					خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۵۳
					خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۳	۰/۰۵
خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۳	۹۵		خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۲۹
					خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۶۳
					خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۳	۰/۰۸
خط هوایی ۶	۳	۱۳۹۲	۹۷		خط هوایی ۳	۳	۱۳۹۲	۰/۵۸
					خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۴۲
خط هوایی ۶	۳	۱۳۹۳	۹۵		خط هوایی ۳	۳	۱۳۹۲	۰/۴۸
					خط هوایی ۱	۳	۱۳۹۳	۰/۰۳
					خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۴۹
خط هوایی ۶	۳	۱۳۹۴	۹۷		خط هوایی ۳	۳	۱۳۹۲	۰/۲۶
					خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۷۴
خط هوایی ۷	۱	۱۳۹۰	۹۷		خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۰	۱
خط هوایی ۷	۱	۱۳۹۱	۹۹		خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۰	۱
خط هوایی ۷	۱	۱۳۹۲	۹۶		خط هوایی ۳	۱	۱۳۹۰	۰/۹۱
					خط هوایی ۱	۱	۱۳۹۲	۰/۰۹
خط هوایی ۷	۲	۱۳۹۱	۹۹		خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۳۴
					خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۶۶

خط هوایی ۷	۲	۱۳۹۲	۹۶	خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۴۳
				خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۵۵
				خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۳	۰/۰۲
خط هوایی ۷	۲	۱۳۹۳	۹۴	خط هوایی ۳	۲	۱۳۹۱	۰/۳۰
				خط هوایی ۶	۲	۱۳۹۱	۰/۶۶
				خط هوایی ۱	۲	۱۳۹۳	۰/۰۴
خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۲	۹۶	خط هوایی ۳	۳	۱۳۹۲	۰/۴۲
				خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۵۸
خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۳	۹۶	خط هوایی ۳	۳	۱۳۹۲	۰/۰۷
				خط هوایی ۷	۳	۱۳۹۴	۰/۹۳

جداول شماره ۶ تا ۱۴ نتایج حل مدل‌های CCR و BCC و NIRS و مقایسه آن‌ها و نتیجه گیری در مورد بازدهی به مقیاس واحدهای تصمیم‌گیری(شرکت‌های هواپیمایی) را در سال‌ها و پنجره‌های مختلف نشان می‌دهد.

جداول شماره ۶: نتایج حل مدل‌های سه‌گانه در پنجره اول- سال اول

شرکت/ مدل	CCR	BCC	NIRS	کارایی مقیاس	نوع بازدهی به مقیاس
خط هوایی ۱	۰/۹۳۸	۱	۱	۰/۹۳۸	**کاهشی**
خط هوایی ۲	۰/۷۵۱	۰/۹۸۵	۰/۹۸۵	۰/۷۶۳	**کاهشی**
خط هوایی ۳	۱	۱	۱	۱	**ثابت**
خط هوایی ۴	۰/۸۸۴	۰/۹۸۳	۰/۹۸۳	۰/۸۹۹	**کاهشی**
خط هوایی ۵	۰/۳۵۹	۰/۹۲۹	۰/۹۲۹	۰/۳۸۷	**کاهشی**
خط هوایی ۶	۰/۴۸۵	۰/۹۹۰	۰/۹۹۰	۰/۴۹۰	**کاهشی**
خط هوایی ۷	۰/۴۶۷	۰/۹۷۰	۰/۹۷۴	۰/۴۸۱	**افزایشی**

جداول شماره ۷: نتایج حل مدل‌های سه‌گانه در پنجره اول- سال دوم

شرکت/ مدل	CCR	BCC	NIRS	کارایی مقیاس	نوع بازدهی به مقیاس
خط هوایی ۱	۰/۹۳۸	۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	۰/۹۸۵	**کاهشی**
خط هوایی ۲	۰/۷۴۳	۰/۹۵۵	۰/۹۵۵	۰/۷۷۸	**کاهشی**
خط هوایی ۳	۱	۱	۱	۱	**ثابت**
خط هوایی ۴	۰/۷۸۶	۰/۹۷۳	۰/۹۷۳	۸۰۷	**کاهشی**
خط هوایی ۵	**۰/۳۶۷**	**۰/۹۴۹**	**۰/۹۴۹**	**۰/۳۸۷**	**کاهشی**
خط هوایی ۶	**۰/۳۷۰**	**۱**	**۱**	**۰/۳۷۰**	**کاهشی**
خط هوایی ۷	**۰/۴۶۸**	**۰/۹۹۰**	**۰/۹۹۰**	**۰/۴۷۳**	**کاهشی**

جداول شماره ۸: نتایج حل مدل‌های سه‌گانه در پنجره اول- سال سوم

شرکت/ مدل	CCR	BCC	NIRS	کارایی مقیاس	نوع بازدهی به مقیاس
خط هوایی ۱	**۱**	**۱**	**۱**	**۱**	**ثابت**
خط هوایی ۲	**۰/۸۴۹**	**۰/۹۸۵**	**۰/۹۸۵**	**۰/۸۶۱**	**کاهشی**
خط هوایی ۳	**۱**	**۱**	**۱**	**۱**	**ثابت**
خط هوایی ۴	**۰/۷۸۶**	**۰/۹۹۳**	**۰/۹۹۳**	**۰/۷۹۲**	**کاهشی**
خط هوایی ۵	**۰/۴۰۲**	**۰/۹۴۰**	**۰/۹۴۰**	**۰/۴۲۸**	**کاهشی**
خط هوایی ۶	**۰/۴۴۵**	**۰/۹۷۰**	**۰/۹۷۰**	**۰/۴۶۰**	**کاهشی**
خط هوایی ۷	**۰/۴۶۰**	**۰/۹۶۰**	**۰/۹۶۰**	**۰/۴۷۸**	**افزایشی**

جداول شماره ۹ : نتایج حل مدل‌های سه‌گانه در پنجره دوم- سال دوم

شرکت/ مدل	CCR	BCC	NIRS	کارایی مقیاس	نوع بازدهی به مقیاس
خط هوایی ۱	۰/۹۲۰	۰/۹۹۶	۰/۹۹۶	۰/۹۲۳	کاهشی
خط هوایی ۲	۰/۷۱۱	۰/۹۵۲	۰/۹۵۲	۰/۷۴۶	کاهشی
خط هوایی ۳	۱	۱	۱	۱	ثابت
خط هوایی ۴	۰/۶۲۶	۰/۹۷۳	۰/۹۷۳	۰/۶۴۲	کاهشی
خط هوایی ۵	۰/۳۷۱	۰/۹۵۶	۰/۹۵۶	۰/۳۸۷	کاهشی
خط هوایی ۶	۰/۴۹۳	۱	۱	۰/۴۹۳	کاهشی
خط هوایی ۷	۰/۴۷۳	۰/۹۹۳	۰/۹۹۴	۴۷۶	افزایشی

جداول شماره ۱۰: نتایج حل مدل‌های سه‌گانه در پنجره دوم- سال سوم

شرکت/ مدل	CCR	BCC	NIRS	کارایی مقیاس	نوع بازدهی به مقیاس
خط هوایی ۱	۰/۸۳۴	۰/۹۹۳	۱	۰/۸۴۰	کاهشی
خط هوایی ۲	۰/۶۸۸	۰/۹۶۹	۰/۹۶۹	۰/۷۰۹	کاهشی
خط هوایی ۳	۱	۱	۱	۱	ثابت
خط هوایی ۴	۰/۷۸۶	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۷۸۹	کاهشی
خط هوایی ۵	۰/۴۵۷	۰/۶۳۶	۰/۹۴۶	۰/۷۱۷	افزایشی
خط هوایی ۶	۰/۵۵۲	۰/۹۷۴	۰/۹۷۴	۰/۵۶۶	کاهشی
خط هوایی ۷	۰/۵۰۲	۰/۹۶۴	۰/۹۶۴	۰/۵۲۲	کاهشی

جداول شماره ۱۱: نتایج حل مدل‌های سه‌گانه در پنجره دوم- سال چهارم

شرکت/ مدل	CCR	BCC	NIRS	کارایی مقیاس	نوع بازدهی به مقیاس
خط هوایی ۱	**۱**	**۱**	**۱**	**۱**	**ثابت**
خط هوایی ۲	**۰/۸۱۶**	**۰/۹۹۰**	**۰/۹۹۰**	**۰/۸۲۴**	**کاهشی**
خط هوایی ۳	**۰/۹۱۴**	**۰/۹۹۹**	**۰/۹۹۹**	**۰/۹۱۵**	**کاهشی**
خط هوایی ۴	**۰/۸۸۸**	**۰/۹۷۷**	**۰/۹۷۷**	**۰/۹۰۹**	**کاهشی**
خط هوایی ۵	**۰/۴۹۸**	**۰/۹۲۵**	**۰/۹۲۵**	**۰/۵۳۸**	**کاهشی**
خط هوایی ۶	**۰/۵۶۴**	**۰/۹۵۲**	**۰/۹۵۱**	**۰/۵۹۲**	**افزایشی**
خط هوایی ۷	**۰/۴۷۹**	**۰/۹۴۳**	**۰/۹۶۳**	**۰/۵۰۸**	**افزایشی**

جداول شماره ۱۲: نتایج حل مدل‌های سه‌گانه در پنجره سوم- سال سوم

شرکت/ مدل	CCR	BCC	NIRS	کارایی مقیاس	نوع بازدهی به مقیاس
خط هوایی ۱	**۰/۸۳۴**	**۰/۹۹۳**	**۰/۹۹۳**	**۰/۸۴۰**	**کاهشی**
خط هوایی ۲	**۰/۸۴۰**	**۰/۹۷۳**	**۰/۹۷۳**	**۰/۸۶۲**	**کاهشی**
خط هوایی ۳	**۰/۸۵۰**	**۰/۹۹۸**	**۰/۹۹۸**	**۰/۸۵۲**	**کاهشی**
خط هوایی ۴	**۰/۸۵۰**	**۰/۹۹۸**	**۰/۹۹۸**	**۰/۸۴۲**	**کاهشی**
خط هوایی ۵	**۰/۵۵۱**	**۰/۹۶۱**	**۰/۵۵۱**	**۰/۵۷۳**	**افزایشی**
خط هوایی ۶	**۰/۶۵۲**	**۰/۹۷۵**	**۰/۹۷۵**	**۰/۶۶۸**	**کاهشی**
خط هوایی ۷	**۰/۶۲۲**	**۰/۹۶۴**	**۰/۹۶۴**	**۰/۶۴۵**	**کاهشی**

جداول شماره ۱۳: نتایج حل مدل‌های سه‌گانه در پنجره سوم- سال چهارم

شرکت/ مدل	CCR	BCC	NIRS	کارایی مقیاس	نوع بازدهی به مقیاس
خط هوایی ۱	۱	۱	۱	۱	ثابت
خط هوایی ۲	۰/۶۲۷	۰/۹۶۹	۰/۹۶۹	۰/۴۶۶	کاهشی
خط هوایی ۳	۰/۹۶۲	۱	۰/۹۶۲	۰/۹۶۳	افزایشی
خط هوایی ۴	۰/۷۳۹	۰/۹۷۶	۰/۹۷۶	۰/۷۵۷	کاهشی
خط هوایی ۵	۰/۷۶۵	۰/۹۲۷	۰/۹۹۲	۰/۸۲۵	افزایشی
خط هوایی ۶	۰/۵۵۴	۰/۹۵۴	۰/۹۵۴	۰/۵۸۱	کاهشی
خط هوایی ۷	۰/۵۴۲	۰/۹۶۱	۰/۹۶۰	۰/۵۶۴	افزایشی

جداول شماره ۱۴: نتایج حل مدل‌های سه‌گانه در پنجره سوم- سال پنجم

شرکت/ مدل	CCR	BCC	NIRS	کارایی مقیاس	نوع بازدهی به مقیاس
خط هوایی ۱	۰/۹۴۸	۱	۱	۰/۹۴۸	کاهشی
خط هوایی ۲	۰/۸۱۶	۰/۹۹۰	۰/۹۹۰	۰/۸۲۴	کاهشی
خط هوایی ۳	۱	۱	۰/۹۹۷	۱	افزایشی
خط هوایی ۴	۰/۸۶۹	۰/۹۷۵	۰/۹۷۵	۰/۸۹۰	کاهشی
خط هوایی ۵	۰/۶۴۴	۰/۵۷۸	۰/۹۳۱	۰/۸۹۶	افزایشی
خط هوایی ۶	۰/۵۲۵	۰/۹۷۲	۰/۹۷۲	۰/۵۴۰	کاهشی
خط هوایی ۷	۰/۶۰۴	۱	۱	۰/۶۰۳	کاهشی

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نمرات کارایی شرکت‌های هواپیمایی به‌دست‌آمده از حل مدل‌های BCC و NIRS ، نکات زیر را می‌توان مشاهده کرد.

۱- مقایسه مقادیر کارایی به‌دست‌آمده از روش BCC با مقادیر به‌دست‌آمده از روش CCR نشان می‌دهد که روش CCR تعداد کمتری از شرکت‌ها را کارا نشان داده و همچنین مقادیر ناکارایی را هم کمتر نشان می‌دهد که این نکته با توجه به ماهیت روش‌های فوق و مرز کارایی آن‌ها قابل پیش‌بینی بوده تحقق آن در این پژوهش اثباتی است بر درستی نتایج به-

دست آمده از حل مدل‌ها.

۲- مقایسه مقادیر کارایی به‌دست‌آمده از روش BCC با مقادیر به‌دست‌آمده از روش CCR نشان می‌دهد که در اندازه‌گیری سیستم ایمنی، باید پذیرفت که در شرکت‌های هواپیمایی صرفه‌های ناشی از مقیاس وجود دارد و عملاً فرض بازده ثابت به مقیاس ظاهر نمی‌شود. نتایج نشان می‌دهند که شرکت‌های هواپیمایی با توجه به داده‌ها و ستاده‌های موجود اکثراً دارای بازده به مقیاس کاهشی هستند، که این امر می‌تواند ناشی از کاستی‌های مدیریتی باشد. این موضوع ازآن‌جهت که اکثر مدیران شرکت‌ها به فکر افزایش ناوگان و به طبع آن کارکنان خود هستند، می‌تواند قابل اهمیت باشد.

بر اساس یافته‌های پژوهش پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

۱) کاهش نیروی انسانی مازاد وچابک‌تر شدن شرکت مخصوصا برای شرکتی مثل خط هوایی ۲ می‌تواند بسیار مفید باشد.

۲) سعی در درامدزا کردن پروازهای داخلی برای شرکت‌هایی مثل خط هوایی ۵، خط هوایی ۷ و خط هوایی ۶ در راستای افزایش ستاده‌ها می‌تواند راه گشا باشد.

۳) واگذاری مالکیت منابع غیر قابل استفاده در راستای کاهش هزینه‌ها(کاهش ورودی‌ها) مثل استفاده از هواپیماهای اجاره‌ای به‌جای مالکیتی می‌تواند راهکار مناسبی جهت کاهش هزینه‌های ناشی از استهلاک و نگهداری هواپیماها باشد.

۴) تجمیع شرکت‌های هواپیمایی و مدیریت یکپارچه به جهت کاهش هزینه‌ها(ورودی‌ها) می‌تواند مدنظر باشد.

۳- با توجه به میانگین نمرات کارایی شرکت‌های هواپیمایی بدست آمده از حل مدل CCR ، می توان آنها به۳ دسته تقسیم کرد:

۱) **دسته اول** شامل شرکت‌های هواپیمایی شماره ۱ و ۳ می باشد که با میانگین نمرات کارایی بالای ۹۸ سطح کارایی عالی دارند. این نمرات نشان دهنده تخصیص مناسب نهاده به ستاده هاست. همچنین این شرکت‌ها همواره دارای ثبات نمرات کارایی بوده‌اند که بسیار حائز اهمیت می‌باشد. توجه به دارایی‌های این شرکت‌ها نشان می‌دهد که اولا نسبت به بقیه، از ناوگان با کیفیت تری برخوردار هستند که با توجه به آن انتخاب اول مسافران بوده و باعث افزایش سودآوری آن‌ها گردیده است. سودآوری بیشتر این شرکت‌ها ناشی از پروازهای خارجی زیادی است که انجام می‌دهند.

۲) **دسته دوم** شامل شامل شرکت‌های هواپیمایی شماره ۲ و ۴ می‌باشند. این دو شرکت که از سابقه بالایی نسبت به دیگر شرکت‌های هواپیمایی برخوردارند نیز با توجه به شرایط از عملکرد مطلوبی برخوردارند. نتایج نشان می‌دهند که میانگین کارایی این شرکت‌ها در حدود

۸۰ می‌باشد که نمره قابل قبولی محسوب می‌شود. در مورد این شرکت‌ها می توان بـه ایـن نکته مهم اشاره کرد که تعداد قابل توجهی از هواپیماهای شرکت به علـل مختلـف زمینگیـر بوده و یا از کارایی لازم و با صرفه برخوردار نیستند. ضمن اینکه با نهاده‌های بیشتر یا برابر با خط هوایی شماره ۱ ستاده‌های کمتری دارند. این موضوع خـود مـی‌توانـد دسـتمایه تحقیـق دیگری باشد که علت یا علل آن برای نگارنده پوشیده است.

۳) **دسته سوم** شامل شرکت‌های شماره ۵ و ۶ و ۷ می‌باشد. این شرکت‌هـا تقریبـا نمـرات میانگین یکسانی را کسب نموده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که میانگین نمرات این شرکت‌ها در حدود ۵۰ می‌باشد که نمره‌ای متوسط محسوب می‌شود. در مقایسه نهاده‌ها و ستاده‌های ایـن شرکت‌ها با شرکت‌های موفق‌تر به وضوح می‌توان دریافت که علت عمده این اختلاف سطح کارایی را نه در ایمنی بلکه در موضوعی دیگر باید جستجو کرد. نتایج نشان می‌دهند که ایـن شرکت‌ها علیرغم داشتن پروازهای خارجی اندک، بیشتر تلاش خود را معطوف بـه پروازهـای داخلی خود کرده‌اند. اکثر مدیران بخش هوانوردی بـر ایـن موضـوع اتفـاق نظـر دارنـد کـه پروازهای داخلی با توجه به حجم کمتر مسافران نسبت به صندلی موجود و همچنین قیمـت-های به زعم ایشان ارزان(نسبت به مخارج سنگین) از حاشیه سود کمی برخوردارند، کـه ایـن امر ستاده سیستم ایمنی ایشان که میزان سود خالص می‌باشد را کاهش می‌دهد. البته نـوع و کیفیت ناوگان این شرکت‌ها که عموما از هواپیماهای متوسط برخوردارند نیز زمینـه را بـرای کاهش ستاده دیگر فراهم‌تر می‌نماید.

پیشنهادها:

با توجه به موضوع پر اهمیت کارایی ایمنی به نظر می رسد این موضوع نیازمند توجه بیشـتر خصوصا در حوزه هوانوردی می‌باشد. استفاده از مدل‌های دیگر نیز می‌تواند مد نظر قرار گیرد تا با مقایسه آن‌ها، نتایج کاربردی‌تر و قابل اعتناتر به‌دست آید.

از طرفی می‌توان پژوهش‌هایی را با هدف بدست آوردن علل ناکارمـدی و ارائـه راه حـل بـه انجام رساند.

منابع

آذر، عادل؛ موتمنی، علیرضا.، (۱۳۹۳). اندازه گیری بهره وری در شرکت های تولیدی بـا مـدل هـای تحلیـل پوششی داده ها . ماهنامه علمی- پژوهشی دانشور رفتار. دانشگاه شاهد، سال ۱۱، شماره ۸، ص ۵۴-۴۱.

امامی میبدی.ع، افقه.م.و، رحمانی صفتی.م.ح (۱۳۸۸). اندازه گیری کارایی فنی و بهـره وری در نیروگاههـای بخاری و گازی. فصلنامه اقتصاد مقداری (فصلنامه بررسیهای اقتصادی).

دلاور، علی(۱۴۰۱). روش تحقیق در روان‌شناسی و علوم تربیتی، تهران: انتشارات رشد.

سهرابی، بابک، رئیسی، ایمان و طهماسبی پور، کاوه، (۱۳۹۰). طراحی سیستم خبره فازی برای انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان بر مبنای مطالعه موردی، دو فصلنامه مدیریت صنعتی، دوره ۳، شماره ۶، ص ۱۸-۵.

مهرگان، محمدرضا (۱۴۰۰). مدلهای کمی ارزیابی عملکرد سازمانها. انتشارات دانشکده مدیریت تهران

Ali, N.S.Y., C. Yu, and K.F. See, Four decades of airline productivity and efficiency studies: A review and bibliometric analysis. Journal of Air Transport Management, 2021. 96: p. 102099

Barak, S. and J.H. Dahooei, A novel hybrid fuzzy DEA-Fuzzy MADM method for airlines safety evaluation. Journal of Air Transport Management, 2018. 73: p. 134-149.

Barbot, C., Costa, Sochirca, E., (2008). Airlines performance in the new market context: a comparative productivity and efficiency analysis. J. Air Transp. Manage. 14 (5), 270–274.

Barros, C.P., Peypoch, N., (2009). An evaluation of European airlines' operational performance. Int. J. Prod. Econ. 122 (2), 525-533.

Barros, C.P., Liang, Q.B., Peypoch, N., (2013). The technical efficiency of US airlines. Transport. Res. Part A 50, 139–148.

Blomberg, J., Henriksson, E., Lundmark, R., (2012). Energy efficiency and policy in Swedish pulp and paper mills: a data envelopment analysis approach. Energy Policy 42, 569–579.

Brooker, P., (2011). Experts, Bayesian Belief Networks, rare events and aviation risk estimates. Saf. Sci. 49, 1142–1155.

Clinch, J.P., Healy, J.D., (2011). Cost-benefit analysis of domestic energy efficiency. Energy Policy 29 (2), 113–124.

Cui, Q and Li, y. (2015), the change trend and influencing factors of civil aviation safety efficiency: The case of Chinese airline companies. Safety Science 75 (2015) 56–63

Cui, Q. and L.-T. Yu, A review of data envelopment analysis in airline efficiency: state of the art and prospects. Journal of Advanced Transportation, 2021. 2021: p. 1-13.

Emrouznejad, A. and G.-l. Yang, A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. Socio-economic planning sciences, 2018. 61: p. 4-8.

Heydari, C., H. Omrani, and R. Taghizadeh, A fully fuzzy network DEA-Range Adjusted Measure model for evaluating airlines efficiency: A case of Iran. Journal of Air Transport Management, 2020. 89: p. 101923

Huang, J., M. Koopialipoor, and D.J. Armaghani, A combination of fuzzy Delphi method and hybrid ANN-based systems to forecast ground vibration resulting from blasting. Scientific Reports, 2020. 10(1): p. 19397.

Gitelman, V., Vis, M., Weijermars, W. and Hakkert, S. (2014). Development of Road Safety Performance Indicators for the European Countries. ASSRJ. 1(4).

Kang, L. and C. Wu, Measuring the development of Chinese provincial road safety over the period 2007–2016. Measurement, 2021. 175: p. 109133.

Kao, F.-C., et al., Exploring the Influence of Corporate Social Responsibility on Efficiency: An Extended Dynamic Data Envelopment Analysis of the Global Airline Industry. Sustainability, 2022. 14(19): p. 12712.

Martínez, C.I.P., (2011). Energy efficiency development in German and Colombian non-energy-intensive sectors: a non-parametric analysis. Energ. Effi. 4, 115–131.

Molesworth, B.R.C., Burgess, M., (2013). Improving intelligibility at a safety critical point: in flight cabin safety. Saf. Sci. 51, 11–16.

Omrani, H., M. Shamsi, and A. Emrouznejad, evaluating sustainable efficiency of decision-making units considering undesirable outputs: an application to airline using integrated multi-objective DEA-TOPSIS. Environment, Development and Sustainability, 2022: p. 1-32.

Padilla-Rivera, A. Social circular economy indicators: Selection through fuzzy delphi method. Sustainable Production and Consumption, 2021. 26: p. 101-110.

Peykani, P., et al., Window data envelopment analysis approach: A review and bibliometric analysis. Expert systems, 2021. 38(7): p. e12721.

Saaty TL (1980), the Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.

Saini, A., D. Truong, and J.Y. Pan, Airline efficiency and environmental impacts–Data envelopment analysis. International Journal of Transportation Science and Technology, 2022.

Shirazi, F. and E. Mohammadi, Evaluating efficiency of airlines: A new robust DEA approach with undesirable output. Research in Transportation Business & Management, 2019. 33: p. 100467.

Yang, H. H. and Chang, C. (2009). "Using DEA window analysis to measure efficiencies of Taiwan's integrated telecommunication firms ". Telecommunications Policy, Vol. 33, Issues 1–2, 98–108.

Yu, H., et al., A comparative study of airline efficiency in China and India: A dynamic network DEA approach. Research in Transportation Economics, 2019. 76: p. 100746.

Wang, C.-N., et al., Output targeting and runway utilization of major international airports: A comparative analysis using DEA. Mathematics, 2022. 10(4): p. 551.

Wu, F., Fan, L.W., Zhou, P., Zhou, D.Q., (2012). Industrial energy efficiency with CO2 emissions in China: a non-parametric analysis. Energy Policy 49, 164–172.

Xu, Y., et al., Evaluating the environmental efficiency of the US industry using a

directional distance function DEA approach. Journal of Management Analytics, 2021. 8(1): p. 1-18.

Yu, H., et al., A comparative study of airline efficiency in China and India: A dynamic network DEA approach. Research in Transportation Economics, 2019. 76: p. 100746.

Yu, D. and X. He, A bibliometric study for DEA applied to energy efficiency: Trends and future challenges. Applied Energy, 2020. 268: p. 115048.