Archive of SID.ir

Journal of Decisions and Operations Research

www.journal-dmor.ir

J. Decis. Oper. Res. Vol. 6, No. 3 (2021) 365–381.

Paper Type: Original Article

# Resource Allocation and Target Setting Based on DEA with Managerial Disposability: Evaluation and Optimization the Greenhouse Gas Emissions Reduction in International Airlines

**Hengameh Mohamadinejadrashti[1], Alireza Amirteimoori[1], Sohrab Kordrostami[2,*], Farhad Hosseinzadeh Lotfi[3]**

[1] *Department of Applied Mathematics, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran; hengameh.mohamadinezhad@gmail.com; ateimoori@iaurasht.ac.ir.*

[2] *Department of Applied Mathematics, Lahidjan Branch, Islamic Azad University, Lahidjan, Iran; sohrabkordrostami@gmail.com.*

[3] *Department of Mathematics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.; farhad@hosseinzadeh.ir.*

**Citation:**

Mohamadinejadrasht, H., Amirteimoori, A., Kordrostami, S., & Hosseinzadeh Lotfi, F. (2021). Resource allocation and target setting based on DEA with managerial disposability: evaluation and optimization the greenhouse gas emissions reduction in international airlines. *Journal of decisions and operations research, 6* (3), 365-381.

Received: 20/12/2020 Reviewed: 08/02/2021 Revised: 05/05/2021 Accept: 16/05/2021

## Abstract

**Purpose:** In resource allocation and target setting problems, a central planner decision making from a managerial point of view has a pivotal role, especially in presence of undesirable outputs such as greenhouse gas emissions. In these situations, firms have to incorporate to each other to achieve the goals of the central planner. The existing DEA-based resource allocation models have not considered the influence of managerial effort and technology innovation. In this study, we will use the managerial disposability assumption to reflect the central planner managerial achievement and technology novelty perspective in the process of resource allocation and target setting.

**Methodology:** Using a managerial disposability assumption in this paper offers a solution to a correct and acceptable resource allocation and target setting along with improving the performance of units. To analyze the method presented in this paper, the data of 29 famous international airlines representing the global aviation industry have been selected and studied.

**Findings:** The results of this study show that in this model, decision-making units use managerial disposability assumption in the regulation of undesirable outputs based on the perspective of cooperation strategies to improve their environmental performance. In addition, in this approach increasing the inputs, fixing the amount of the desirable outputs, reducing the amount of undesirable outputs will be allowed. This model ensures that the adjusted decision-making units in the next period, will improve their efficiency after resource allocation and target setting, as well as improving the overall efficiency is observed in the results obtained by this method.

**Originality/Value:** The paper presents a new approach of resource allocation and target setting based on data envelopment analysis which considers the impact of managerial effort and technology innovation on resource allocation and target setting problems.

**Keywords:** Data envelopment analysis, Resource allocation, Target setting, Managerial disposability assumption.

Corresponding Author: sohrabkordrostami@gmail.com

10.22105/dmor.2021.262906.1288

Licensee. **Journal of Decisions and Operations Research**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Journal of Decisions and Operations Research

تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

دوره ۶، شماره ۳، (۱۴۰۰)، ۳۸۱-۳۶۵

www.journal-dmor.ir

نوع مقاله: پژوهشی

# تخصیص منابع و هدف گذاری مبتنی بر DEA با فرض دسترسی پذیری مدیریتی: ارزیابی و بهینه سازی طرح کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در خطوط هوایی بین المللی

هنگامه محمدی نژادرشتی[۱]، علیرضا امیرتیموری[۱]، سهراب کردرستمی[۲*]، فرهاد حسین زاده لطفی[۳]

[۱]گروه ریاضی کاربردی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

[۲]گروه ریاضی کاربردی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

[۳]گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

## چکیده

**هدف:** در مسائل تخصیص منابع و هدف گذاری دیدگاه مدیریتی برنامه ریز مرکزی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی نقشی اساسی دارد، به خصوص هنگامی که با خروجی های نامطلوب مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای مواجه می‌شویم. در این شرایط واحدها باید با همکاری یکدیگر در جهت دستیابی به اهداف برنامه ریز مرکزی گام بردارند. از آنجا که در اکثر مدل های تخصیص منابع مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها تلاش مدیریتی و نوآوری تکنولوژیکی نادیده گرفته می‌شود، در این مقاله رویکردی از تخصیص منابع و هدف گذاری مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها ارائه می شود که در آن فرض دسترسی پذیری مدیریتی انعکاس چشم انداز موفقیت مدیریتی برنامه ریز مرکزی و دور نمای نوآوری تکنولوژیکی در روند تخصیص منابع و تعیین هدف است.

**روش‌شناسی پژوهش:** استفاده از فرض دسترسی پذیری مدیریتی در این مقاله راهکاری برای تخصیص منابع و هدف گذاری درست و قابل قبول به همراه بهبود عملکرد واحدها به طور هم زمان ارائه می‌دهد. برای تحلیل روش ارائه شده در این مقاله داده های ۲۹ خط هواپیمایی بین‌المللی مشهور که نماینده صنعت هوانوردی جهانی می باشند، انتخاب شده و مورد مطالعه قرار گرفته است.

**یافته‌ها:** یافته‌های این پژوهش نشان می دهد در این مدل واحدهای تصمیم گیرنده از دسترسی پذیری مدیریتی در تنظیم تطبیق‌ها بر روی خروجی های نامطلوب بر اساس چشم انداز استراتژی‌های همکاری واحدها در راستای بهبود عملکرد زیست محیطی خود استفاده می کند. در این رویکرد علاوه بر افزایش ورودی‌ها، ثابت ماندن مقدار خروجی‌های مطلوب، به خروجی‌های نامطلوب اجازه کاهش داده می‌شود. در واقع این مدل تضمین می‌کند که واحدهای تصمیم گیرنده تطبیق شده بعد از تخصیص منابع و هدف گذاری، در دوره بعدی، از بهبود کارآیی برخوردار شوند و همچنین بهبود کارایی کل در نتایج بدست آمده توسط این رویکرد، مشاهده می‌شود.

**اصالت/ارزش افزوده علمی:** در این مقاله با استفاده از فرض دسترسی پذیری مدیریتی رویکرد جدیدی از تخصیص منابع و هدف گذاری مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها ارائه می شود که تأثیر تلاش مدیریتی و نوآوری فناوری را در مسئله تخصیص منابع و هدف گذاری در نظر می‌گیرد.

**کلیدواژه‌ها:** تحلیل پوششی داده‌ها، تخصیص منابع، هدف گذاری، فرض دسترسی پذیری مدیریتی.

## ۱- مقدمه

از آنجایی که در زندگی واقعی محدودیت منابع نگرانی‌هایی برای آینده ایجاد می‌کند، بنابراین نحوه تخصیص درست منابع موجود، نقش تعیین‌کننده‌ای در روند توسعه دارد. لذا مسئله تخصیص منابع همواره موردتوجه مدیران و محققان قرارگرفته است. این مسئله معمولاً نیاز به یک برنامه‌ریز مرکزی دارد که توسط گروهی از صاحب‌نظران طراحی شده باشد.

* نویسنده مسئول

sohrabkordrostami@gmail.com

10.22105/dmor.2021.262906.1288



Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در زمینه تخصیص منابع و ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی تحقیقات بسیاری انجام شده است، از آن جمله است:

سویوشی و گوتو[1] (۲۰۱۲b)، سویوشی و همکاران[2] (۲۰۱۳)، امروز نژاد و همکاران[3] (۲۰۱۹)، سویوشی و همکاران (۲۰۲۰).

با توجه به نتایج بدست آمده هر کشور به سهم خود می‌تواند با آلودگی زیست‌محیطی مقابله کند. براساس این دیدگاه، برای از بین بردن آلودگی زیست‌محیطی، کشورها باید در مورد نحوه تخصیص بهینه منابع محدود خود تصمیم‌گیری کرده و به این امر توجه داشته باشند که ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی نه‌تنها تحت‌تاثیر فرآیند استفاده از منابع قرار نمی‌گیرد، بلکه متاثر از ایجاد یک هدف‌گذاری مناسب برای آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز است.

در حال حاضر، استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها رویکرد جدیدی از این نوع پژوهش را ارائه کرده است. روش تحلیل پوششی داده‌ها یک رویکرد غیر پارامتری است که هدف آن ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیرنده است. چارنز، کوپر و رودز[4] (۱۹۷۸) اولین بار این روش را معرفی کردند. یکی از مزایای تحلیل پوششی داده‌ها این است که نیازی به فرضیات قبلی در رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌ها ندارد. این تکنیک با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی، رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌های مختلف را براساس بهترین مرز تجربی قطعه‌قطعه خطی با توجه به داده‌های مشاهده شده توصیف می‌کند. ازاین‌رو می‌تواند طرحی با فرض ورودی‌ها و خروجی‌های مورد انتظار، براساس مرز تجربی برای تصمیم‌گیرندگان مرکزی پیشنهاد دهد. این روش در مطالعات بی‌شماری برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به پژوهش‌های امیرتیموری[5] (۲۰۰۷)، اولسن و همکاران[6] (۲۰۱۵)، ابراهیم زاده شرمه و همکاران[7] (۲۰۱۸) و قاسمی و همکاران[8] (۲۰۲۱) اشاره کرد.

مطالعات متعددی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها در تخصیص منابع و هدف‌گذاری انجام شده است که ازجمله آن‌ها می‌توان به کارهای لوزانو و ویلا[9] (۲۰۰۴)، آسمیلد و همکاران[10] (۲۰۰۹)، امیرتیموری و محقق تبار[11] (۲۰۱۰)، لطفی و همکاران[12] (۲۰۱۳)، علی حیدری بیوکی و خادمی زارع[13] (۲۰۱۴) و فنگ[14] (۲۰۱۵) اشاره کرد.

در تخصیص منابع مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها، دو رویکرد متفاوت وجود دارد. در رویکرد اول کارایی پس از تخصیص بدون تغییر باقی می‌ماند که می‌توان به پژوهش‌های یان و همکاران[15] (۲۰۰۲) و امیرتیموری و شفیعی[16] (۲۰۰۶) اشاره کرد. در رویکرد دوم کارایی بعد از تخصیص تغییر می‌کند که به‌عنوان مثال می‌توان مقاله‌های بیزلی[17] (۲۰۰۳)، لوزانو و همکاران[18] (۲۰۰۹) و امیرتیموری و همکاران[19] (۲۰۱۷) را نام برد. در مقاله پیش رو، رویکرد دوم در نظر گرفته شده که در آن کارایی می‌تواند بعد از تخصیص تغییر یابد. در ادامه نشان می‌دهیم که چگونه تغییرات خروجی هم‌زمان با تصمیمات تخصیص منابع مشخص می‌شوند.

[1] Sueyoshi and Goto
[2] Sueyoshi et al.
[3] Emrouznejad et al.
[4] Charnes,Cooper and Rhodes
[5] Amirteimoori
[6] Olesen et al.
[7] Ebrahimzadeh Shermeh et al.
[8] Ghasemi et al.
[9] Lozano and Villa
[10] Asmild et al.
[11] Amirteimoori and Mohaghegh Tabar
[12] Lotfi et al.
[13] Aliheidari Bioki and Khademi Zare
[14] Fang
[15] Yan et al.
[16] Amirteimoori and Shafiei
[17] Beasley
[18] Lozanoet al.
[19] Amirteimoori et al.





Archive of SID.ir

Archive of SID.ir





در برخی از پژوهش‌ها در زمینه تخصیص منابع و هدف‌گذاری، عوامل نامطلوب موردتوجه قرار گرفته است. از این موارد می‌توان به مقاله لی و همکاران[1] (۲۰۱۳) اشاره کرد که در آن مدل‌های تخصیص منابع با استفاده از مسئله برنامه‌ریزی خطی چندهدفه با خروجی‌های نامطلوب بیان‌شده‌اند. توحیدی و همکاران[2] (۲۰۱٤) یک مدل تخصیص منابع متمرکز برای ارزیابی کارایی کلی واحدهای تولیدی با استفاده از تابع فاصله جهت‌دار ارائه داده‌اند. وانگ و همکاران[3] (۲۰۱٦) یک مدل بهبود یافته سود با مجموع صفر را ارائه داده که می‌تواند مقدار کل منابع را ثابت در نظر بگیرد. نعمتی و متین[4] (۲۰۱۹) با فرض تأثیرات جزئی در ورودی و خروجی در چارچوب تحلیل پوششی داده‌ها، رویکرد جدیدی برای تخصیص منابع و ارزیابی کارایی سیستم واحدهای تصمیم‌گیرنده ارائه داده‌اند که در ارزیابی آن‌ها از فرض دسترسی پذیری ضعیف استفاده شده است.

در برخی از پژوهش‌های انجام شده در زمینه تخصیص منابع با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها عوامل نامطلوب به‌عنوان نوعی منبع محدود (ورودی) در فرایند تولید در نظر گرفته می‌شود که این منبع نیاز به تخصیص در بین واحدهای تصمیم‌گیرنده دارد. در مقابل، در مطالعات دیگر بر روی خروجی‌های نامطلوب بودن آن‌ها تاکید شده است. در این مطالعات از فرض‌های دسترسی پذیری ضعیف یا قوی هنگام ساخت مدل‌های تخصیص منابع مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها، در حضور خروجی‌های نامطلوب استفاده شد. در حال حاضر هیچ‌یک از مطالعات موجود مسائل تخصیص منابع، موفقیت‌های مدیریتی و نوآوری تکنولوژیکی را در حضور عوامل نامطلوبی به‌مانند انتشار $CO2$ یا گازهای گلخانه‌ای در نظر نمی‌گیرند. این مقاله به این رویکرد در مسایل تخصیص منابع مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها با فرض دخالت خروجی‌های نامطلوب می‌پردازد.

سویوشی و گوتو (c،a۲۰۱۲) با معرفی فرض دسترسی پذیری مدیریتی، رویکرد موفقیت‌های مدیریتی و نوآوری تکنولوژیکی در مسائل تحلیل پوششی داده‌ها ارائه کردند.

در این مقاله، هدف حل مسئله تخصیص منابع و هدف‌گذاری مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها با کمک فرض دسترسی پذیری مدیریتی، باهدف کاهش خروجی نامطلوب است. این مقاله فرض دسترسی پذیری مدیریتی را به‌عنوان یک تغییر مثبت در تغییر در تنظیمات محیطی در نظر می‌گیرد. در ابتدا، یک مدل برای شناسایی کارایی هر واحد تصمیم‌گیرنده با استفاده از فرض دسترسی پذیری مدیریتی بیان می‌شود که بر اساس فرض بازده به مقیاس متغیر، هدف کاهش خروجی نامطلوب است. سپس، یک مدل متمرکز برای تعیین بهترین تخصیص منابع و هدف‌گذاری برای هر واحد تصمیم‌گیرنده ارائه می‌شود. این مدل نشان می‌دهد در روند تولید با به حداقل رساندن مجموع تطبیق وزندارشده واحدهای تصمیم‌گیرنده، کارایی واحدها بدتر نمی‌شود. برای تجزیه‌وتحلیل رویکرد ارائه شده در این مقاله، داده‌های ۲۹ خط هواپیمایی بین‌المللی در سال ۲۰۱٤ انتخاب و موردبررسی قرار گرفته است.

## ۲- مروری بر تحقیقات انجام شده

در تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، واحد تصمیم‌گیرنده زمانی کاراست که با استفاده از حداقل ورودی‌ها بتواند حداکثر خروجی را تولید کند. در این حالت واحد تصمیم‌گیرنده روی مرز کارا قرار می‌گیرد و نمره کارایی آن برابر با یک خواهد بود. هنگامی‌که مرز کارا مشخص می‌شود، واحدهای تصمیم‌گیرنده ناکارا سعی می‌کنند عملکرد خود را برای رسیدن به مرز مشخص شده، افزایش دهند. بنابراین ورودی-های فعلی آن‌ها برای تولید خروجی‌های بیشتر مصرف می‌شود. در شرایط خاص، مواردی وجود دارد که برخی از ورودی‌ها مجاز به افزایش هستند و برخی از خروجی‌ها هم‌زمان کاهش می‌یابد. برای مثال اگر در روند تولید، خروجی‌ها نامطلوب تولید شود، واحد تصمیم‌گیرنده ممکن است با کاهش آن کارا شود.

به‌طورکلی در فرایند تولید، امکان تولید خروجی‌های مطلوب و نامطلوب (مانند زباله و آلودگی) به‌طور هم‌زمان وجود دارد و این روند برای مدیران چندان خوشایند نیست، لذا مطالعات مختلفی در مدل‌سازی تحلیل پوششی داده‌ها در حضور عوامل نامطلوب انجام شده

[1] Li et al.
[2] Tohidi et al.
[3] Wang et al.
[4] Nemati and Matin

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

است. ازجمله اصول مهم در برخورد با عوامل نامطلوب، اصل دسترسی پذیری قوی، اصل دسترسی پذیری ضعیف و فرض دسترسی پذیری مدیریتی است. در این مقاله به مطالعات مختلفی که با استفاده از این اصول و رویکردهای مختلف آن صورت گرفته است، می‌پردازیم.



در زمینه مدل‌سازی عوامل نامطلوب، مطالعات مختلفی ارائه شده است. اولین مدل تحلیل پوششی داده‌ها با عوامل نامطلوب توسط فر و همکاران[1] (۱۹۸۹) ارائه شد. این روش برای انجام مسئله ارزیابی زیست‌محیطی بسیار مورداستفاده قرار گرفته است. به‌طورکلی، تحقیقات انجام شده در این زمینه را می‌توان به دو دسته روش مستقیم و روش‌های غیرمستقیم طبقه‌بندی کرد. رویکرد مستقیم که توسط فر و همکاران معرفی شده است، فرض دسترسی پذیری ضعیف خروجی‌های نامطلوب را جایگزین فرض دسترسی پذیری قوی خروجی‌های نامطلوب کرده است. روش غیرمستقیم خود به دو گروه طبقه‌بندی می‌شود. در گروه اول عوامل نامطلوب به‌عنوان ورودی در نظر گرفته شده که فرآیند تولید واقعی را منعکس نمی‌کند و اندازه‌گیری نادرست کارایی نتیجه می‌دهد. رویکرد دوم مبتنی بر فرض دسترسی پذیری ضعیف شپارد[2] (۱۹۷۰) رفتار خروجی نامطلوب را مانند خروجی در نظر می‌گیرد. سپس با به‌کارگیری تابع فاصله برای هر رویکرد مدل جهت‌داری ارائه می‌شود و با بکار بردن مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها، مقدار کارایی به دست آمده از هر مدل تحلیل می‌شود. نتایج حاصل نشان می‌دهد در رفتار با خروجی‌های نامطلوب بهترین نتیجه زمانی بدست می‌آید که در آن از اصل دسترسی پذیری ضعیف استفاده شده باشد. اما فرض دسترسی پذیری قوی و ضعیف در مورد خروجی‌های نامطلوب به‌تنهایی کافی نیست.

کاسمانن[3] (۲۰۰۵) اعتبار فرض دسترسی پذیری ضعیف را به چالش کشید. او استفاده از یک فاکتور کاهش یکنواخت را برای تمام واحدها درست ندانسته؛ چراکه همه نقاط شدنی مجموعه تولید را شامل نمی‌شود و باعث نقض شرط تحدب که یکی از شرط‌های پایه‌ای مدل است، می‌گردد. بنابراین کاسمانن رویکردی متمایز از اصل دسترسی پذیری ضعیف، با استفاده از فاکتور کاهش غیریکنواخت ارائه کرد. کاسمانن و متین[4] (۲۰۱۱) استدلال کردند که فرض وجود دسترسی پذیری قوی برای خروجی‌های نامطلوب مستلزم این است که مقدار ناچیزی از ورودی بتواند مقدار ناکافی از خروجی نامطلوب را ارائه دهد، که این امراز نظر فیزیکی غیرممکن است.

از تحقیقات ارزشمند انجام شده در این خصوص می‌توان به مقاله‌های ارائه شده توسط فار و همکاران (۱۹۸۹)، هایلو و ویمن[5] (۲۰۰۱)، هایلو[6] (۲۰۰۳)، سیفورد و ژو[7] (۲۰۰۲)، فر و گراسکوف[8] (۲۰۰۴)، کاسمانن (۲۰۰۵)، کاسمانن و پودینوسکی[9] (۲۰۰۹) و منزلی و همکاران[10] (۲۰۲۰) اشاره کرد.

سویوشی و گوتو (a۲۰۱۲) استدلال کردند که دو تعریف ارائه شده در مورد دسترسی پذیری، نشان‌دهنده بردار جهتی ورودی نیستند. این یک مسئله بسیار قابل‌توجه است، زیرا یک بردار جهتی ورودی می‌تواند مفاهیم جدیدی در مورد فرض دسترسی پذیری از دیدگاه ارزیابی زیست‌محیطی ارائه دهد. آن‌ها دو مفهوم جدید درباره دسترسی پذیری تحت عنوان دسترسی پذیری طبیعی و دسترسی پذیری مدیریتی ارائه دادند. دسترسی پذیری طبیعی بیان می‌کند که یک واحد تصمیم‌گیرنده، با کاهش بردار جهتی ورودی‌ها، بردار خروجی‌های نامطلوب را کاهش می‌دهد. با در نظر گرفتن بردار ورودی کاهش‌یافته، واحد تصمیم‌گیرنده به‌طور هم‌زمان تلاش می‌کند تا بردار خروجی‌های مطلوب را افزایش دهد.

به‌عنوان مثال، یک نیروگاه را در نظر بگیرید که با استفاده از زغال‌سنگ، برق تولید می‌کند و هم‌زمان با تولید برق گاز $CO_2$ منتشر می‌کند. در این نیروگاه با استفاده از احتراق زغال‌سنگ، زغال‌سنگ به‌عنوان ورودی برای بهره‌برداری از نیروگاه برق مورداستفاده قرار گرفته است و اگر نیروگاه بتواند مقدار زغال‌سنگ مصرفی را کاهش دهد، آنگاه انتظار داریم انتشار $CO_2$ نیز کاهش یابد. با توجه به کاهش مقدار ورودی‌ها،

محمدی نژادرشتی و همکاران / تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، صفحه: ۳۸۱-۳۶۵

[1] Färe et al.
[2] Shephard
[3] Kuosmanen
[4] Kuosmanen and Matin
[5] Hailu and Veeman
[6] Hailu
[7] Seiford and Zhu
[8] Färe and Grosskopf
[9] Kuosmanen and Poidinovski
[10] Monzeli et al.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

کارخانه برق تلاش می‌کند تا حد امکان مقدار تولید برق را افزایش دهد. بنابراین، دسترسی پذیری طبیعی یک استراتژی محیطی را نشان می‌دهد که تغییر مقررات در خروجی‌های نامطلوب را به‌طور منفی تطبیق می‌دهد.

در دسترسی پذیری مدیریتی یک واحد تصمیم‌گیری می‌تواند بردار ورودی را افزایش دهد تا بردار خروجی‌های نامطلوب را کاهش داده و بردار خروجی‌های مطلوب را با نوآوری تکنولوژی جدید و یا مدیریت جدید افزایش دهد. این واحد تصمیم‌گیری یک تغییر مقررات را در خروجی‌های نامطلوب به‌عنوان یک فرصت شغلی جدید در نظر می‌گیرد. برای مثال، نیروگاه برق با سوخت زغال‌سنگ، مقدار زغال‌سنگ را برای احتراق افزایش می‌دهد تا بتواند میزان تولید برق را افزایش دهد. در اینجا، حتی اگر نیروگاه برق، مقدار زغال‌سنگ را افزایش دهد، این افزایش می‌تواند میزان انتشار $CO_2$ را با استفاده از یک سوخت با کیفیت بالا با انتشار $CO_2$ کم‌تر و یا یک تلاش مهندسی برای استفاده از تکنولوژی نسل جدید کاهش دهد (به‌عنوان مثال، توربین گازی پاک) که این امر می‌تواند میزان انتشار $CO_2$ را کاهش دهد. بنابراین، دسترسی پذیری مدیریتی یک استراتژی محیطی را نشان می‌دهد که تغییر در مقررات برای خروجی‌های نامطلوب را به‌طور مثبت تطبیق می‌دهد.

فرض دسترسی پذیری مدیریتی، تأثیر تلاش مدیریتی و نوآوری تکنولوژیکی را در ارزیابی زیست‌محیطی نشان می‌دهد. واضح است که مجموعه امکان تولید با هر نوع فرض دسترسی پذیری برای خروجی‌های نامطلوب متفاوت از هم می‌باشند که قطعا نتایج ارزیابی آن‌ها متمایز از یکدیگر است. در تشکیل مجموعه امکان تولید اصول موضوعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر این اساس با تغییر نوع فرض دسترسی پذیری مجموعه امکان تولید نیز تغییر می‌یابد که این تغییر قطعا نتایج ارزیابی متمایزی را ایجاد خواهد کرد. در بخش بعد، هدف تعریف مجموعه امکان تولید براساس فرض دسترسی پذیری مدیریتی می‌باشد.

## ۳- فرض دسترسی پذیری مدیریتی

فرض دسترسی پذیری مدیریتی اولین بار توسط سویوشی و گوتو (a۲۰۱۲) ارائه شد. براساس این فرض، واحد تصمیم‌گیری با افزایش بردار ورودی‌ها، خروجی‌های نامطلوب را کاهش و خروجی‌های مطلوب را افزایش می‌دهد. فرض کنید $n$ واحد تصمیم‌گیرنده با $m$ ورودی $x_{ij}\ (i=1,\ldots,m\ ,\ j=1,\ldots,n)$، $s$ خروجی مطلوب $v_{rj}\ (r=1,\ldots,s\ ,\ j=1,\ldots,n)$ و $T$ خروجی نامطلوب $w_{tj}\ (t=1,\ldots,T\ ,\ j=1,\ldots,n)$ مورد ارزیابی است. بنابراین مجموعه امکان تولید با فرض دسترسی پذیری مدیریتی به‌صورت زیر نشان داده می‌شود.

$$P^M(X)=\left\{(V,W): V\le\sum_{j=1}^{n}\lambda_j v_j, W\ge\sum_{j=1}^{n}\lambda_j w_j, X\le\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_j, \sum_{j=1}^{n}\lambda_j=1, \lambda_j>0, j=1,\ldots,n\right\} \qquad (۱)$$

لازم به ذکر است، تفاوت بین اصل دسترسی پذیری ضعیف و قوی در مقایسه با اصل دسترسی پذیری مدیریتی به‌صورت زیر بیان می‌شود. بردار خروجی‌های نامطلوب در دسترسی پذیری قوی با $W\le\sum_{j=1}^{n}\lambda_j w_j$ و برای دسترسی پذیری ضعیف به‌صورت $W=\sum_{j=1}^{n}\lambda_j w_j$ در نظر گرفته می‌شود که در آن محدودیت نابرابری برای دسترسی پذیری قوی بیان می‌کند که یك مرز کارایی بر روی ترکیب محدب یا بالاتر از همه خروجی‌های نامطلوب مشاهده شده قرار دارد. محدودیت تساوی برای دسترسی پذیری ضعیف نشان می‌دهد که مرز کارایی بر روی ترکیب محدب همه خروجی‌های نامطلوب مشاهده شده قرار می‌گیرد. درحالی‌که محدودیت نظیر خروجی‌های نامطلوب به‌صورت $W\ge\sum_{j=1}^{n}\lambda_j w_j$ در فرض دسترسی پذیری مدیریتی تعریف می‌شود. و این محدودیت نابرابری نشان‌دهنده آن است که مرز کارایی بر روی ترکیب محدب یا پایین‌تر از همه خروجی‌های نامطلوب مشاهده شده است. بعلاوه، در اصل دسترسی پذیری ضعیف و قوی، محدودیت نابرابری $X\ge\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_j$ در نظر گرفته می‌شود. درحالی‌که در دسترسی پذیری مدیریتی از محدودیت $X\le\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_j$ استفاده می‌شود. بنابراین، با توجه به مقاله سویوشی و گوتو (b۲۰۱۲) بردار ورودی‌های دسترسی پذیری مدیریتی نسبت به دسترسی پذیری ضعیف و قوی ناحیه گسترده‌تری از ورودی‌ها را پوشش می‌دهد.

تمام بردارهای سمت راست مجموعه امکان تولید یک مستقل از متغیرها می‌باشد. با توجه به تعریف اندازه کارایی فارل و فرض دسترسی پذیری مدیریتی، مدل ارزیابی کارایی به شرح زیر ارائه می‌دهیم:





Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



$$
\begin{aligned}
&MIN\ \theta \\
s.t\quad &\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij} \ge x_{io}, && i=1,...,m, \\
&\sum_{j=1}^{n}\lambda_j v_{rj} \ge v_{ro}, && r=1,...,s, \\
&\sum_{j=1}^{n}\lambda_j w_{tj} \le \theta w_{to}, && t=1,...,T, \\
&\sum_{j=1}^{n}\lambda_j = 1, \\
&\lambda_j \ge 0,\ \theta\ FREE
\end{aligned}
\qquad (۲)
$$

از دیدگاه مدیریتی، این یک مدل ارزیابی برای به حداقل رساندن خروجی نامطلوب، تحت فرض بازده به مقیاس متغیر است. فرم دوگان **مدل (۲)** به‌صورت زیر است:

$$
\begin{aligned}
&MAX \sum_{i=1}^{m} h_i x_{io} + \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro} + u_o, \\
s.t\quad &\sum_{i=1}^{m} h_i x_{ij} + \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{t=1}^{T} z_t w_{tj} + u_o \le 0, && j=1,...,n, \\
&\sum_{t=1}^{T} z_t w_{to} = 1, \\
&h_i, u_r, z_t \ge 0,\ u_o\ free.
\end{aligned}
\qquad (۳)
$$

که در آن، $h_i$ ، $u_r$ و $z_t$ به ترتیب وزن‌های $i$–امین ورودی، $r$–امین خروجی مطلوب و$t$- امین خروجی نامطلوب است. توجه داشته باشید که متغیر $u_o$ متغیر متناظر با فرض بازده به مقیاس متغیر است. مدل اصلی ارزیابی کارایی را **مدل کسری (٤)** در نظر می‌گیریم که به‌صورت زیر است:

$$
\begin{aligned}
&MAX\ \rho_j = \frac{\sum_{i=1}^{m} h_i x_{io} + \sum_{r=1}^{s} u_r v_{ro} + u_o}{\sum_{t=1}^{T} z_t w_{to}} \\
s.t\quad &\frac{\sum_{i=1}^{m} h_i x_{ij} + \sum_{r=1}^{s} u_r v_{rj} + u_o}{\sum_{t=1}^{T} z_t w_{tj}} \le 1, && j=1,...,n, \\
&h_i, u_r, z_t \ge 0,\ u_o\ free
\end{aligned}
\qquad (۴)
$$

درواقع **مدل (۳)** از **مدل (٤)** نتیجه شده است.

**تعریف** – $DMU_j$ , $j=1,...,n$ کارا است اگر و فقط اگر در **مدل (٤)** $\rho_j = 1, j=1,...,n$ باشد.

## ۴ - تخصیص منابع و هدف‌گذاری تحت فرض دسترسی پذیری مدیریتی

مطالعات تجربی که علوم مدیریتی و بازدهی تولید را در چارچوب تحلیل پوششی داده‌ها بررسی می‌کند، تخصیص منابع و هدف‌گذاری یکی از متداول‌ترین روش‌هاست. با یک مثال ساده مسئله تخصیص منابع و هدف‌گذاری را بیان می‌کنیم. دانشگاه را به‌عنوان یک سازمان

محمدی نژادرشتی و همکاران / تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، صفحه: ۳۸۱-۳۶۵

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir





در نظر بگیرید. هر بخش از دانشگاه یک واحد تصمیم‌گیرنده با تحقیقات و فعالیت‌های آموزشی است. در هر یک از این بخش‌ها ورودی‌ها کمک‌هزینه‌های تحقیقاتی، کمک‌های هزینه‌های تجهیزات، شهریه و درآمد بودجه تعریف می‌شود. این ورودی‌ها خروجی‌هایی مانند دانشجویان دکتری، دانشجویان کارشناسی و رتبه کیفیت آموزشی را تولید می‌کند. حال فرض کنید دانشگاه مایل به افزایش / کاهش مقدار مشخصی از کمک‌هزینه‌های تحقیقاتی است و این مقدار باید در بخش‌های مختلف توزیع شود. علاوه بر این، دانشگاه مایل است اهدافی را برای هر بخش با توجه به عملکرد فعلی‌اش تعیین کند. فرض کنید هدف تعداد دانشجویان دکتری است که باید در آینده آموزش داده شوند (به فرض مثال در نیمسال آینده). مسئله این است که چگونه (به فرض مثال) این کمک‌هزینه‌های تحقیقاتی را می‌توان به بخش‌های مختلف اختصاص داد تا دانشجویان دکتری به شیوه‌ای عادلانه آموزش بینند. بنابراین در مسئله تخصیص منابع و هدف‌گذاری به فرض اینکه یک محیط تصمیم‌گیری وجود دارد که واحدهای مختلف تحت تصمیم یک تصمیم‌گیرنده مرکزی فعالیت می‌کنند، تصمیم‌گیرنده مرکزی توانایی مدیریت منابع این واحدها و تعیین اهداف برای آن‌ها را دارد. ازاین‌رو، هدف اصلی تخصیص منابع و هدف‌گذاری، تخصیص منابع و تعیین اهداف به‌گونه‌ای است که اهداف جامع تصمیم‌گیرنده مرکزی تا حد ممکن برآورده شود. به‌عنوان مثال، مقدار کل خروجی‌های مطلوب به حداکثر برسد یا کارایی کل مجموعه افزایش یابد.

مطالعات بسیاری به بررسی مسئله تخصیص منابع و هدف‌گذاری به کمک روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته‌اند، به‌عنوان مثال، پژوهش‌های گلونی و تامیر[1] (۱۹۹۵)، کورهنن و سیرجان[2] (۲۰۰٤)، امیرتیموری و همکاران (۲۰۱۷) و محمدی نژاد و همکاران[3] (۲۰۲۰) را می‌توان نام برد. اما محدودیت‌هایی در استفاده از مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها در تخصیص منابع وجود دارد. ازجمله اینکه روش‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها با اولویت تصمیم‌گیرنده سروکار ندارد و ممکن است خروجی‌های نامطلوب را در نظر نگیرد. هرچند که مطالعات مختلفی در این راستا ارائه شده است. در اینجا با در نظر گرفتن فرض دسترسی پذیری مدیریتی، یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای تخصیص منابع و تنظیم هدف پیشنهاد می‌شود که یک مفهوم جدید در برخورد با خروجی‌های نامطلوب است. با فرض این نوع دسترسی پذیری، پیشرفت‌های مدیریتی و نوع آوری‌های تکنولوژیکی نیز در فرآیند تخصیص لحاظ می‌گردد.

در رویکرد پیشنهادی افزایش ورودی‌ها، کاهش در خروجی‌های نامطلوب و ثابت ماندن تولید خروجی مطلوب را در نظر می‌گیریم که بهبود کارایی کل واحدهای تصمیم‌گیرنده را به همراه دارد. به‌علاوه از حداقل تطبیق در ورودی‌ها و خروجی‌ها نامطلوب به‌گونه‌ای استفاده می‌شود که کارایی همه واحدهای تصمیم‌گیرنده بدتر نشود. در این راستا، مسئله برنامه‌ریزی ریاضی زیر را تحت فرض بازده به مقیاس متغیر ارائه می‌دهیم:

$$
\begin{aligned}
&Min \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\eta_i \Delta x_{ij} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{n}\sigma_t \Delta w_{tj},\\
&s.t \quad \frac{\sum_{i=1}^{m} h_i\left(x_{ij}+\Delta x_{ij}\right)+\sum_{r=1}^{s} u_r v_{rj}+u_o}{\sum_{t=1}^{T} z_t\left(w_{tj}-\Delta w_{tj}\right)} \geq \rho_j^{*}, \quad j=1,\ldots,n, \qquad (۴)\\
&\frac{\sum_{i=1}^{m} h_i\left(x_{ij}+\Delta x_{ij}\right)+\sum_{r=1}^{s} u_r v_{rj}+u_o}{\sum_{t=1}^{T} z_t\left(w_{tj}-\Delta w_{tj}\right)} \leq 1, \qquad j=1,\ldots,n,
\end{aligned}
$$

[1] Golany and Tamir
[2] Korhonen and Syrjanen
[3] Mohamadinejad et al.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



$$
\begin{aligned}
&\sum_{j=1}^{n} \Delta x_{ij} = C_i, && i = 1,...,m,\\
&\sum_{j=1}^{n} \Delta w_{tj} \le Q_t, && t = 1,...,T,\\
&L_{ij}^{x} \le \Delta x_{ij} \le U_{ij}^{x}, && i = 1,...,m;\ j = 1,...,n,\\
&L_{tj}^{w} \le \Delta w_{tj} \le U_{tj}^{w}, && t = 1,...,T;\ j = 1,...,n,\\
&h_i, u_r, z_t \ge 0,\ u_o \ \text{free}. &&
\end{aligned}
\qquad (۵)
$$

که در آن، $\Delta x_{ij}$ متغیرهای تطبیق ورودی $i$-ام، $\Delta w_{tj}$ متغیرهای تطبیق خروجی نامطلوب $t$-ام به‌عنوان متغیرهای تصمیم‌گیری هستند و $h_i, u_r, z_t$ به ترتیب وزن‌های اختصاص داده شده به ورودی $i$-ام، خروجی مطلوب $r$-ام و خروجی نامطلوب $t$-ام است. همچنین $u_o$ متغیر بازده به مقیاس متغیر است. در تابع هدف متغیر $\eta_i$ به‌عنوان وزن متغیرهای تطبیق ورودی $i$-ام و متغیر $\sigma_t$ به‌عنوان وزن متغیرهای تطبیق خروجی نامطلوب $t$-ام، بر اساس نظر برنامه‌ریز مرکزی در اولویت‌بندی شاخص‌های صنعتی است و مجموع اوزان یک در نظر گرفته می‌شود.

در **مدل (۵)**، $\rho_j^*$ نمره کارایی به‌دست‌آمده از **مدل (٤)** را نشان می‌دهد. محدودیت اول **مدل (۵)** بیانگر این است که نمره کارایی $DMU_j$ پس از تخصیص منابع و هدف‌گذاری نمی‌تواند به کمتر از $\rho_j^*$ کاهش یابد.

مانند مسائل معمول تخصیص منابع و هدف‌گذاری، ابتدا قیدهایی را بر دامنه تغییرات مجاز ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب واحدهای تصمیم‌گیرنده پیشنهاد می‌کنیم. برای تشکیل تطبیق ورودی‌ها، محدودیت‌های موجود بر دامنه تغییرات مجاز ورودی باید مطابق با انصاف و شدنی بودن موارد مربوط به تخصیص منابع ایجاد شود.

برای ورودی $i$-ام از $DMU_j$، مقدار تطبیق $\Delta x_{ij}$ را بین $L_{ij}^{x}$ و $U_{ij}^{x}$ فرض می‌کنیم. که این مقادیر توسط برنامه‌ریز مرکزی مشخص می‌شود. به‌علاوه، برای مقدار کل افزایش ورودی $i$-ام، $C_i, i = 1,...,m$ فرض می‌شود.

برای خروجی نامطلوب $t$-ام از $DMU_j$، مقدار تطبیق $\Delta w_{tj}$ را بین $L_{tj}^{w}$ و $U_{tj}^{w}$ فرض می‌کنیم. $Q_t, t = 1,...,T$ یک مقدار از پیش تعیین‌شده توسط برنامه‌ریز مرکزی به‌عنوان کاهش کل خروجی نامطلوب $t$-ام می‌باشد.

همچنین انتظار می‌رود که کارایی هر واحد تصمیم‌گیرنده پس از تخصیص منابع و هدف‌گذاری در مقایسه با کارایی قبل از تخصیص منابع بدتر نشود. هدف برنامه‌ریز مرکزی تصمیم‌گیری در مورد ترکیب بهینه تطبیق‌های ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب به‌منظور حداقل رساندن مجموع وزنی تطبیق‌ها می‌باشد.

**قضیه ۱ - مدل (۵)** شدنی و دارای جواب بهینه متناهی می‌باشد.

**اثبات.** برای اثبات شدنی بودن **مدل (۵)** واضح است که $\left(h_i^*, u_r^*, z_t^*, u_o^*\right)$ جواب بهینه‌ای برای **مدل (٤)** می‌باشد. حال فرض کنید $\left(h_i^*, u_r^*, z_t^*, u_o^*, \Delta x_{ij}^*, \Delta w_{tj}^*\right)$ یک جواب شدنی **مدل (۵)** است نشان می‌دهیم در محدودیت‌ها صدق می‌کند. در ابتدا فرض می‌کنیم $\Delta x_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_j x_{ij}} C_i$ و $\Delta w_{tj} = \frac{w_{tj}}{\sum_j w_{tj}} Q_t$ پس داریم:

$$\sum_j \Delta x_{ij} = \sum_j \frac{x_{ij}}{\sum_j x_{ij}} C_i = C_i \qquad \forall i,$$



Archive of SID.ir

Archive of SID.ir





$$\sum_j \Delta w_{tj} = \sum_j \frac{w_{tj}}{\sum_j w_{tj}} Q_t = Q_t \qquad \forall t,$$

که در دو محدودیت آخر صدق می‌کند. برای برقراری محدودیت‌های اول و دوم روابط زیر را در نظر می‌گیریم.

$$\frac{\sum_{i=1}^{m} h_i \left( x_{ij} + \frac{x_{ij}}{\sum_j x_{ij}} C_i \right) + \sum_{r=1}^{s} u_r^* v_{rj} + u_o^*}{\sum_{t=1}^{T} z_t \left( w_{tj} - \frac{w_{tj}}{\sum_j w_{tj}} Q_t \right)} \geq \rho_j^*, \quad j = 1, \ldots, n,$$

$$\frac{\sum_{i=1}^{m} h_i \left( x_{ij} + \frac{x_{ij}}{\sum_j x_{ij}} C_i \right) + \sum_{r=1}^{s} u_r^* v_{rj} + u_o^*}{\sum_{t=1}^{T} z_t \left( w_{tj} - \frac{w_{tj}}{\sum_j w_{tj}} Q_t \right)} \leq 1, \qquad j = 1, \ldots, n.$$

برای ساده‌سازی روابط فوق تعریف می‌کنیم: $\forall t, z_t \left(1 - \frac{1}{\sum_j w_{tj}} Q_t\right) = z_t^*$ ، $\forall i; \; h_i \left(1 + \frac{1}{\sum_j x_{ij}} C_i\right) = h_i^*$ پس داریم:

$$\frac{\sum_{i=1}^{m} h_i^* x_{ij} + \sum_{r=1}^{s} u_r^* v_{rj} + u_o^*}{\sum_{t=1}^{T} z_t^* w_{tj}} \geq \rho_j^*, \quad j = 1, \ldots, n,$$

$$\frac{\sum_{i=1}^{m} h_i^* x_{ij} + \sum_{r=1}^{s} u_r^* v_{rj} + u_o^*}{\sum_{t=1}^{T} z_t^* w_{tj}} \leq 1, \qquad j = 1, \ldots, n.$$

همچنین اگر $\forall t; \; \frac{1}{\sum_j w_{tj}} = \beta_t$ ، $\forall i; \; \frac{1}{\sum_j x_{ij}} = \alpha_i$ تعریف کنیم، خواهیم داشت:

$$\forall i; \; h_i (1 + \alpha_i C_i) = h_i^* \Rightarrow h_i = \frac{1}{(1 + \alpha_i C_i)} h_i^*,$$

$$\forall t, z_t (1 - \beta_t Q_t) = z_t^* \Rightarrow z_t = \frac{1}{(1 - \beta_t Q_t)} z_t^*$$

واضح است که $h_i, z_t, \Delta x_{ij}, \Delta w_{tj}, u_r, u_o \geq 0$ بنابراین جواب

$$\left(h_i^*, u_r^*, z_t^*, u_o^*, \Delta x_{ij}^*, \Delta w_{tj}^*\right) = \left(\frac{1}{(1+\alpha_i C_i)} h_i^*, u_r^*, \frac{1}{(1-\beta_t Q_t)} z_t^*, u_o^*, \frac{x_{ij}}{\sum_j x_{ij}} C_i, \frac{w_{tj}}{\sum_j w_{tj}} Q_t\right)$$

یک جواب شدنی برای **مدل (۵)** می‌باشد.

از طرفی به علت وجود محدودیت‌های $\sum_{j=1}^{n} \Delta x_{ij} = C_i,$ و $\sum_{j=1}^{n} \Delta w_{tj} \leq Q_t,$ و همچنین چون تابع هدف مینیمم سازی تطبیق‌هاست هیچ‌گاه **مدل (۵)** دارای جواب بهینه نامتناهی نخواهد بود.

**مدل (۵)** یک مدل غیرخطی است و با استفاده از تغییر متغیر $\bar{\Delta} x_{ij} = h_i \Delta x_{ij}$ و $\bar{\Delta} w_{tj} = z_t \Delta w_{tj}$ ، برای همه $(i,t,j)$ به شکل خطی تبدیل شود. سپس **مدل (۵)** به شکل زیر تبدیل می‌شود:

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



$$
\begin{aligned}
&Min \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{n}\delta_i \bar{\Delta}x_{ij} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{n}\sigma_t \bar{\Delta}w_{tj} \\
&s.t \quad \sum_{i=1}^{m}h_i x_{ij} + \sum_{i=1}^{m}\bar{\Delta}x_{ij} + \sum_{r=1}^{s}u_r v_{rj} + u_o \geq \rho_j^{*}\left(\sum_{t=1}^{T}z_t w_{tj} + \sum_{t=1}^{T}\bar{\Delta}w_{tj}\right), \qquad j=1,\ldots,n, \\
&\sum_{i=1}^{m}h_i x_{ij} + \sum_{i=1}^{m}\bar{\Delta}x_{ij} + \sum_{r=1}^{s}u_r v_{rj} - \sum_{t=1}^{T}z_t w_{tj} + \sum_{t=1}^{T}\bar{\Delta}w_{tj} + u_o \leq 0, \qquad j=1,\ldots,n, \\
&\sum_{j=1}^{n}\bar{\Delta}x_{ij} = C_i^{*}h_i, \qquad i=1,\ldots,m, \qquad (۶) \\
&\sum_{j=1}^{n}\bar{\Delta}w_{tj} \leq Q_t^{*}z_t, \qquad t=1,\ldots,T, \\
&L_{ij}^{x}*h_i \leq \bar{\Delta}x_{ij} \leq U_{ij}^{x}*h_i, \qquad i=1,\ldots,m;\ j=1,\ldots,n, \\
&L_{tj}^{w}*z_t \leq \bar{\Delta}w_{tj} \leq U_{tj}^{w}*z_t, \qquad t=1,\ldots,T;\ j=1,\ldots,n, \\
&h_i, u_r, z_t, \bar{\Delta}w_{tj}, \bar{\Delta}x_{ij} \geq 0, , u_o \ free \qquad i=1,\ldots,m;\ t=1,\ldots,T;\ j=1,\ldots,n.
\end{aligned}
$$

واضح است، **مدل (٦)** یك مدل برنامه‌ریزی خطی است. که در آن تابع هدف بیان‌گر به حداقل رساندن مجموع وزنی تطبیق‌ها می‌باشد. محدودیت اول تضمین می‌کند کارایی هر واحد تصمیم‌گیرنده پس از تخصیص منابع و هدف‌گذاری در مقایسه با کارایی قبل از تخصیص منابع بدتر نشود. با توجه به محدودیت دوم نشان می‌دهد واحدهای تطبیق یافته در ناحیه شدنی باقی‌مانده و شدنی بودن حفظ می‌شود. محدودیت‌های سوم و چهارم به ترتیب مجموع مقادیر تخصیص ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب را با توجه به تصمیم مدیریتی نشان می‌دهد. دامنه تطبیق بنا بر نظر مدیریتی در محدودیت‌های پنجم و ششم لحاظ شده است. با توجه به محدودیت‌های بیان‌شده این مدل تضمین می‌کند که واحدهای تطبیق شده در دوره تولید جدید، همراه با افزایش ورودی‌ها، کارایی‌شان یا بهبود یافته یا بدون تغییر می‌ماند. همچنین در این مدل فرض ثابت ماندن (بدون تغییر) تولید خروجی مطلوب و کاهش خروجی‌های نامطلوب به‌عنوان هدف درنظر گرفته شده است.

## ۵- مثال کاربردی

صنعت هواپیمایی یکی از سریع‌ترین منابع تولید گازهای گلخانه‌های و پرمصرف‌ترین نوع حمل‌ونقل است .این بخش مسئول حدود ۴/۹ درصد از گرم شدن جهانی هوای کره زمین است. درحالی‌که تا سال‌ها انتشار ناشی از صنعت هوانوردی طبق پیمان تغییرات آب و هوایی سازمان ملل متحد در فهرست انتشار ملی گنجانده نمی‌شد. پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۷ از کشورهای پیشرفته خواست تا از طریق سازمان هوانوردی بین‌المللی برای محدود کردن و کاهش انتشار این بخش تلاش کنند. پس از سال‌ها انتظار برای اقدام در زمینه مقابله با تأثیرات اقلیمی این صنعت، اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۸ موافقت کرد که انتشار ناشی از صنعت هوانوردی از ۱ ژانویه ۲۰۱۲ در سیستم تجارت انتشار گنجانده شود.

به‌طورکلی صنعت هوانوردی می‌توانند نقش به سزایی در افزایش و کاهش گازهای گلخانه‌ای داشته باشد. درحالی‌که۵% از افراد جهان از این صنعت استفاده می‌کنند اما اثرات آب و هوایی آن روی ۱۰۰% افراد جهان تاثیرگذار است لذا باید اقداماتی اتخاذ شود که این بخش سهم عادلانه خود را در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌های بپردازد. ازجمله موارد کاهش می‌توان به: پایان دادن معافیت مالیاتی و یارانه‌ها و سرمایه‌گذاری در جایگزینی سوخت‌های کم‌کربن اشاره کرد. خطوط هواپیمایی بزرگ بین‌المللی می‌توانند با بهبود سوخت و جایگزینی سوخت‌های کم‌کربن تر، تقویت موتورهای هواپیما، استفاده از هواپیماهای با تکنولوژی سبز و... گامی در جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای بردارند. پژوهش‌های بسیاری در ارزیابی کارایی خطوط هوایی با استفاده از تحلیل پوششی دادها انجام شده است؛ ازجمله می‌توان به پژوهش‌های لوزانو و گاتیرز[1] (۲۰۱٤)، لی و همکاران[2] (۲۰۱۵) و کیو و لی[3] (۲۰۱۷) اشاره کرد. اما تاکنون پژوهشی در راستای

[1] Lozano and Guti´errez
[2] Li et al.
[3] Cui and Li

محمدی نژادرشتی و همکاران / تصمیم گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، صفحه: ۳۸۱-۳۶۵

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

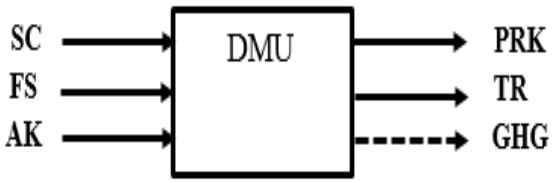




تخصیص منابع و هدف‌گذاری در راستای نوآوری تکنولوژیکی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها انجام نشده است. در این مقاله مدل تخصیص منابع مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها ارائه می‌شود که در آن رویکرد میزان افزایش منابع هر خط هوایی به‌منظور بازتاب نظرات مدیریتی و استفاده از نوآوری تکنولوژیکی به همراه هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (خروجی نامطلوب) با فرض ثابت ماندن خروجی‌هاست. هم‌چنین چگونگی توزیع تولید خروجی‌های نامطلوب بین خطوط هوایی، به‌منظور کاهش مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای، از اهداف اصلی این مقاله است.

دلیل انتخاب ورودی‌ها و خروجی‌های مقاله براساس مقالات صنعت هواپیمایی است. سه شاخص سرمایه (اندازه ناوگان[1] $FS$)، انرژی (نفت سفید[2] $AK$) و بودجه (هزینه‌های فروش[3] $SC$) به‌عنوان ورودی انتخاب می‌شوند. از آنجا که بیش از ۹۵ درصد مصرف انرژی مصرفی خطوط هوایی نفت سفید است، لذا نفت سفید به‌عنوان شاخص ورودی انرژی انتخاب شده است. اندازه ناوگان $FS$، به هواپیماهای موجود برای حداکثر خدمات که شامل هواپیماهای خطوط هوایی و هواپیماهای اجاره‌ای می‌باشد، اطلاق می‌شود. هزینه‌های فروش $SC$، هزینه فروش و بازاریابی ازجمله هزینه پرداختی به ادارات و کمیسیون‌های مسافربری می‌باشد. سه شاخص کیلومتر درآمد مسافر($RPK$[4]) ، درآمد کل ($TR$[5]) و انتشار گازهای گلخانه‌های ($GHG$[6]) به‌عنوان خروجی‌ها انتخاب می‌شوند. کیلومتر درآمد مسافر ($RPK$) معیاری در صنعت حمل‌ونقل است که تعداد کیلومترهای پیموده شده با پرداخت هزینه به مسافران را نشان می‌دهد و به‌طور معمول یک آمار ترافیک هواپیمایی است. درآمد کل $TR$، شامل درآمد خدمات مسافربری، درآمد خدمات باربری، درآمد خدمات پستی و درآمدهای دیگر می‌باشد.

با در نظر گرفتن تاثیر خروجی نامطلوب در مسئله تخصیص، انتشار گازهای گلخانه‌های به‌عنوان خروجی نامطلوب درنظر می‌شود. **شکل ۱** رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌ها را نشان می‌دهد.




شکل ۱- ورودی‌ها و خروجی‌ها.
**Figure 1- Inputs and outputs.**

داده‌های فوق برای ۲۹ خط هوایی در سال ۲۰۱٤ جمع‌آوری شد. این خطوط هواپیمایی عبارت‌اند از: ایرفلوت، برلین ایر، فرانس- کی ال ام ایر، خطوط هواپیمایی لوفتانزا، خطوط هوایی اسکاندیناوی، ایبریا، ریان ایر، خطوط هوایی برتیش، تی ای پی پرتقال، نوروژین، فین ایر، خطوط هوایی ترکیش، ایزی جت، خطوط هوایی آتلانتیک ورجین، خطوط هوایی چین شرقی، خطوط هوایی چین جنوبی، کورین ایر، خطوط هوایی کانتاس، خطوط هوایی دلتا، ایر چاینا، خطوط هوایی هانین، خط هوایی امارات، ایر کانادا، خطوط هوایی کاتی پسفیک، خطوط هوایی سنگاپور، خطوط هوایی آل نیپون، اوا ایر، خطوط هوایی تایلند و گارادو اندونزی.

از میان این ۲۹ خط هوایی، ۹ خط هوایی در لیست ۱۰ خطوط هوایی برتر در سال ۲۰۱۹ توسط اسکای ترکس (یک شرکت مشاور در انگلستان که خطوط هوایی و فرودگاه‌ها ارزیابی و رتبه‌بندی می‌کند) قرار گرفته است. (خطوط هواپیمایی لوفتانزا، خطوط هوایی هانین، خط هوایی امارات، خطوط هوایی کاتی پسفیک، خطوط هوایی سنگاپور، خطوط هوایی آل نیپون، اوا ایر، خطوط هوایی تایلند و خطوط هوایی کانتاس). این ۲۹ خط هوایی از آسیا، آمریکا، اروپا و اقیانوسیه می‌باشند، لذا نماینده خطوط هوایی جهانی هستند. اطلاعات

[1] Fleet size
[2] Aviation kerosene
[3] Sales cost
[4] Revenue passenger kilometer
[5] Total revenue
[6] Greenhouse gas

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مربوط به هزینه فروش، اندازه ناوگان، درآمد کل و کیلومتر درآمد مسافر این خطوط هواپیمایی از گزارش سالانه آن‌ها جمع‌آوری شدند . همچنین اطلاعات مربوط به نفت و گاز گلخانه‌های از سایت سازمان هواپیمایی کشوری بین‌المللی (ایکاو) *www.icao.int* گردآوری شد.





جدول ۱- توصیف آماری ورودی و خروجی‌ها.

Table 1- Statistical description of inputs and outputs.

| متغیرها | میانگین | انحراف معیار | مینیمم | ماکسیمم |
|---|---|---|---|---|
| **ورودی‌ها** | | | | |
| هزینه‌های فروش SC (۱۰^۸ دلار) | 10.734 | 5.033 | 0.712 | 19.818 |
| اندازه ناوگان FS | 420.47 | 199.881 | 62.479 | 750.781 |
| نفت سفید هواپیمایی AK(۱۰^۴ تن) | 1068.501 | 537.746 | 97.779 | 1835.583 |
| **خروجی‌های مطلوب** | | | | |
| کیلومتر درآمد مسافر PRK (۱۰^۶ شخص - کیلومتر) | 197100.13 | 102826.277 | 6648.539 | 360484.03 |
| درآمد کل TR (۱۰^۸ دلار) | 212.408 | 111.189 | 19.488 | 407.05 |
| **خروجی نامطلوب** | | | | |
| انتشار گازهای گلخانه‌ای GHG ( $10^4$ تن) | 2457.527 | 1097.117 | 458.42 | 4110.638 |

توصیف آماری از ورودی‌ها و خروجی‌ها در **جدول ۱** آورده شده است. **جدول ۲** ضرایب همبستگی پیرسون بین ورودی‌ها و خروجی‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که در **جدول ۲** نشان داده‌شده، همه ضرایب مثبت هستند که این امر میزان ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها را تضمین می‌کند.

جدول ۲- ضریب همبستگی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها.

Table 2- Correlation relation between inputs and outputs.

| | Inputs | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Outputs** | | **TR** | **RPK** | **GHG** |
| | AK | 0.721 | 0.734 | 0.699 |
| | SC | 0.515 | 0.566 | 0.477 |
| | FS | 0.837 | 0.826 | 0.711 |

لازم به ذکر است که ضریب همبستگی بین *AK* و *GHG*، ۰/۶۹۹ است، نه ۱. در برخی مطالعات ازجمله کوین و همکاران[1] (۲۰۱۸)، وو و همکاران[2] (۲۰۱۹) گازهای گلخانه‌های از طریق محاسبه محصول مقدار انرژی و عامل انتشار بدست می‌آید، $E$ * انرژی =گازهای گلخانه‌های که $E$ فاکتور انتشار ورودی انرژی است. تحت این شرایط، ضریب همبستگی بین ورودی انرژی (*AK*) و *GHG* باید ۱ باشد و می‌توان ورودی انرژی و گازهای گلخانه‌های را جایگزین یکدیگر کرد که این امر تفاوت ورودی و خروجی را از بین می‌برد. به‌طورکلی این شرایط در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها غیرمنطقی است .در این مقاله، این ضریب ۰/۶۹۹ است که می‌تواند تأیید کند *GHG*از طریق

[1] Qin et al.
[2] Wu et al.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir





$GHG = E * AK$محاسبه نشده است. در اینجا، هر خط هواپیمایی به‌عنوان یک واحد تصمیم‌گیرنده تعریف می‌شود و واحد تصمیم‌گیرنده دارای سه ورودی، دو خروجی مطلوب و یک خروجی نامطلوب است. خطوط هوایی بزرگ‌تر به کمك منابع بیشتر می‌توانند در جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای‌شان تلاش کنند. به‌فرض مثال بودجه‌ای که در فرایند خدمات و سرمایه‌گذاری جدید خطوط هوایی استفاده می‌شود، می‌تواند در فناوری‌های کاهش گازهای گلخانه‌ای هزینه شود. **جدول ۳** کارایی اولیه تمامی خطوط هوایی را با اجرای **مدل (۵)** نشان می‌دهد.

جدول ۳- نمرات کارایی اولیه.

Table 1- Initial efficiency scores.

| نمره کارایی اولیه | اسامی خطوط هوایی | نمره کارایی اولیه | اسامی خطوط هوایی | نمره کارایی اولیه | اسامی خطوط هوایی |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Hainan Airlines | 0.543 | Finnair | 0.209 | Aeroflot |
| 0.153 | Emirates Airline | 1 | Turkish Airlines | 0.23 | Air Berlin |
| 1 | Air Canada | 0.128 | EasyJet | 1 | Air France-KLM |
| 1 | Cathay Pacific Airways | 0.739 | Virgin Atlantic Airways | 1 | Lufthansa Airlines |
| 0.182 | Singapore Airlines | 0.51 | China Eastern Airlines | 0.394 | Sc&inavian Airlines |
| 0.285 | All Nippon Airways | 1 | China Southern Airlines | 1 | Iberia |
| 1 | Eva Air | 1 | Korean Air | 0.394 | Ryanair |
| 1 | Thai Airways | 1 | Qantas Airways | 1 | British Airways |
| 0.179 | Garuda Indonesia | 0.131 | Delta Air Lines | 1 | TAP Portugal |
| 19.2381 | Sum | 0.158 | Air China | 1 | Norwegian |

**مدل تخصیص منابع و هدف‌گذاری (۵)** را با تطبیق تمامی متغیرهای ورودی (سرمایه، بودجه، انرژی) و انتشار گازهای گلخانه‌ای، به‌عنوان خروجی نامطلوب برای هر خط هوایی اجرا می‌کنیم. سازمان هوانوردی بین‌المللی به‌عنوان برنامه‌ریز مرکزی تمایل دارد سرمایه، بودجه و انرژی را برای کمک به صنعت هوایی "سبزتر" افزایش دهد. هدف منطقی تخصیص منابع و هدف‌گذاری، به حداقل رساندن مجموع وزنی کل تطبیق‌های کل خطوط هوایی است. در مسئله تخصیص منابع، برنامه‌ریز مرکزی معمولاً با محدودیت‌هایی در دسترسی به کل منابع مواجه می‌شود. محدودیت‌های تخصیص منابع به یک واحد خاص، با رویکردی عادلانه انجام می‌شود. محدودیت دسترسی به منابع، مقدار کل اختصاص‌یافته به همه واحدها را محدود می‌کند که معمولاً این مسئله با سیاست اقتصادی سازمانی مرتبط است. در این مقاله روی تطبیق تمامی ورودی‌ها و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، به‌عنوان یک خروجی نامطلوب تمرکز می‌کنیم؛ به‌طوری که مجموع میزان انتشار گلخانه‌ای کاهش یابد. براساس تصمیمات مدیریتی خروجی‌ها ثابت فرض می‌شود. پس فرض می‌کنیم که مقدار کل همه ورودی‌های ۲۰% مقدار کل آن‌ها در سال ۲۰۱٤ افزایش یابد، به‌عنوان مثال:

$$\sum_{j=1}^{n} \Delta x_{ij} = 0.2 \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \qquad i = 1,...,3,$$

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



$i$اندیس متناظر با تمامی ورودی‌هاست. علاوه بر این، هدف کاهش حداقل ٤٠% از مجموع گازهای گلخانه‌ای است، بنابراین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای هر خط هوایی بعد از تخصیص منابع کاهش می‌یابد،

$$\sum_{j=1}^{n} \Delta w_{1j} \le 0.4 \sum_{j=1}^{n} w_{1j}.$$

با توجه به مجموع کل هر ورودی، مقدار افزایش ورودی‌ها به ترتیب باید ٦٢/٢٥٦، ٢٤٣٨/٧٢٧، ٦١٩٧/٣٠٩ باشد. همچنین میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای حداقل باید ٢٨٥٠٧/٣٠٧ بشود.

در پیاده‌سازی **مدل (٥)**، بنا بر نظر مدیریتی دامنه تطبیقی برای $\Delta w_{1j}$ فرض می‌کنیم، $0.9\Delta w_{1j}$ به‌عنوان کران بالای دامنه تطبیق خروجی نامطلوب هر خط هوایی در نظر گرفته می‌شود. برای تطبیق $\Delta x_{ij}$ یک کران بالای $0.2\Delta x_{ij}$ را فرض می‌کنیم. از طرفی می‌توان چندین انتخاب مختلف را برای وزن‌های اختصاص داده‌شده به سه ورودی و یک خروجی نامطلوب در تابع هدف **مدل (٥)** در نظر گرفت. انتخاب وزن، اولویت برنامه‌ریز مرکزی را در مورد ایده‌های متفاوت نشان می‌دهد. در این مقاله وزن‌های تخصیص داده‌شده را مساوی در نظر گرفته‌ایم. **جدول ٤** جزئیات تطبیق ورودی‌ها، خروجی نامطلوب و تغییرات کارایی را پس از حل مسئله تخصیص منابع و هدف‌گذاری نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که منظور از تغییرات کارایی مقایسه بین کارایی قبل و بعد از تخصیص واحدها می‌باشد.

برای نشان دادن کاربردی بودن مدل تخصیص منابع و هدف‌گذاری، با دو خط هوایی ایری جت و فین ایر شروع می‌کنیم. همان‌طور که در **جدول ٣** نمایش داده شد، این دوخط هوایی ناکارا بودند اما بعد از اجرای مدل تخصیص منابع، کارایی ایری جت حدودا ٠/٠٦٥٦ افزایش یافت. این اتفاق به سبب افزایش ٢/٢٤٩٤ واحدی در سرمایه، افزایش ٨٧/٥٨٤١ واحدی در بودجه، افزایش ٣٣٨/٧٠٤٣ واحدی در انرژی و کاهش ١٦٤٧/١٩٢٧ واحدی در انتشار گازهای گلخانه‌ای است. کارایی خط هوایی فین ایر با افزایش ٢/٥٩٥١ واحد در منابع سرمایه‌ای خود، ٧٠/٨٩٨٨ در بودجه، ١٨١/١٧٤٨ واحد در منابع انرژی و کاهش مقدار ٣٠٣/٦٧٦٣ واحد در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، حدود ٠/١٢ افزایش می‌یابد. در خطوط هوایی کارا نیز با افزایش ورودی‌ها و کاهش خروجی نامطلوب همچنان کارا بودن آن‌ها تضمین شده است. به‌عنوان مثال خط هوایی برتیش ایرویزی به ترتیب با افزایش ٢/٤٧٤٢، ٦٦/٩٤٤٧ و ٢٦٩/٤٥٣٥ واحدی در ورودی‌های سرمایه، بودجه و انرژی و کاهش ٢٢٠٥/٩٥٣٥ واحدی در انتشار گازهای گلخانه‌ای همچنان کارا می‌باشد.

از سوی دیگر بعضی از خطوط هوایی تقریبا نمره ناکارایی قبل را دارند، با این وجود افزایش منابع و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌های در آن‌ها مشاهده می‌شود که از آن جمله می‌توان به خطوط هوایی برلین ایر، اسکاندیناوی، ریان ایر، امارات و سنگاپور اشاره کرد. همچنین از بین تمامی خطوط هوایی، در خطوط هوایی ایبریا و خطوط هوایی هانین عملکرد مناسبی مشاهده نمی‌شود. زیرا با توجه به افزایش منابع در این خطوط، هیچ کاهشی در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای دیده نمی‌شود؛ اگرچه همچنان کارا هستند. شایان‌ذکر است که تعداد خطوط هوایی کارا بعد از تخصیص منابع و هدف‌گذاری بدون تغییر مانده است و درمجموع، کارایی کل مقدار ٠/٢٨٢٥ افزایش دارد.

به‌طورکلی، تمامی خطوط هوایی با افزایش ورودی‌های خود با مجموع ٢٠% در هر ورودی، کاهشی در حدود ٤٨% درمجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای خود دارند که این عدد، کاهشی قابل‌ملاحظه در جهت رفع مشکلات گرمایش جهانی کره زمین قلمداد می‌شود. درنتیجه عملکرد آن‌ها درنتیجه افزایش ورودی‌ها و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای بهبود می‌یابد. بنابراین خطوط هوایی قادر به خدمات‌رسانی با حفظ خروجی خود و انتشار کم‌تر گازهای گلخانه‌های هستند و این امر می‌تواند کمک شایانی به مقابله با تغییرات آب و هوایی کند. از طرف دیگر، به همراه افزایش مجموع کارایی کل، خطوط هوایی کارا می‌توانند نمره کارایی خود را ثابت نگه دارند.

محمدی نژادرشتی و همکاران / تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، صفحه: ۳۸۱-۳۶۵

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir





جدول ۴- تغییرات بر روی داده‌ها و نمره کارایی.

Table 4- Adjustments over data and efficiency score.

| DMU | تغییرات سرمایه FS | تغییرات بودجه SC | تغییرات انرژی AK | تغییرات GHG | تغییرات کارایی |
|---|---|---|---|---|---|
| Aeroflot | 1.3702 | 15.6995 | 147.9295 | 465.4495 | 0.0137 |
| Air Berlin | 1.9605 | 75.8009 | 329.41 | 90.5912 | 0.0001 |
| Air France-KLM | 2.3692 | 72.2856 | 360.436 | 1961.814 | 0 |
| Lufthansa Airlines | 0.4094 | 45.0458 | 163.0144 | 2587.6501 | 0 |
| Sc&inavian Airlines | 0.7153 | 128.525 | 78.1605 | 13.2654 | 0.0009 |
| Iberia | 3.2086 | 135.6257 | 350.8037 | 0 | 0 |
| Ryanair | 0.3599 | 63.2057 | 165.5604 | 10.8957 | 0.0006 |
| British Airways | 2.4742 | 66.9447 | 269.4535 | 2205.9553 | 0 |
| TAP Portugal | 2.6816 | 143.196 | 112.6338 | 12.0049 | 0 |
| Norwegian | 3.2922 | 88.9753 | 213.4626 | 3424.8803 | 0 |
| Finnair | 2.5951 | 70.899 | 181.1748 | 303.6763 | 0.1186 |
| Turkish Airlines | 0.2792 | 142.0506 | 322.38017 | 1285.9484 | 0 |
| EasyJet | 2.2494 | 87.5841 | 338.7043 | 1647.1927 | 0.0656 |
| Virgin Atlantic Airways | 2.2392 | 79.5399 | 19.5559 | 2236.6843 | 0.0033 |
| China Eastern Airlines | 2.0252 | 60.972 | 299.9387 | 185.0254 | 0.0367 |
| China Southern Airlines | 3.0902 | 118.3304 | 230.9245 | 1717.5895 | 0 |
| Korean Air | 1.4861 | 104.9672 | 237.4925 | 2885.973 | 0 |
| Qantas Airways | 2.5856 | 112.6033 | 193.2067 | 3224.9809 | 0 |
| Delta Air Lines | 1.4608 | 78.2716 | 247.519 | 452.0201 | 0 |
| Air China | 0.1424 | 38.5113 | 223.399 | 1076.7545 | 0.0219 |
| Hainan Airlines | 3.0513 | 38.5815 | 354.2961 | 0 | 0 |
| Emirates Airline | 2.3503 | 97.0854 | 22.3048 | 408.8442 | 0.0008 |
| Air Canada | 2.3512 | 138.8733 | 311.8129 | 3537.8894 | 0 |
| Cathay Pacific Airways | 2.4995 | 122.6926 | 367.1166 | 625.8583 | 0 |
| Singapore Airlines | 2.714 | 76.9989 | 93.6397 | 18.5412 | 0.0002 |
| All Nippon Airways | 2.5385 | 12.495 | 74.24 | 243.8786 | 0.0201 |
| Eva Air | 3.9636 | 34.6625 | 48.1935 | 1229.9362 | 0 |
| Thai Airways | 3.5799 | 150.1562 | 253.4223 | 2109.0546 | 0 |
| Garuda Indonesia | 2.2136 | 38.147 | 187.1231 | 342.6211 | 0 |
| Sum | 62.256420 | 2438.726920 | 6197.308720 | 34304.97548.13 | 0.2825 |
| Presentage | | | | | |

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir





## ۶- نتیجه‌گیری

مسئله تخصیص منابع و هدف‌گذاری موضوعی جذاب در تحلیل پوششی داده‌هاست که در علم مدیریت اهمیتی ویژه دارد.

در این‌گونه مسائل، دیدگاه مدیریتی برنامه‌ریز مرکزی نقشی محوری در تصمیم‌گیری دارد؛ به‌خصوص هنگامی‌که با خروجی‌های نامطلوبی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای مواجه هستیم. در این شرایط واحدها برای دستیابی به اهداف برنامه‌ریز مرکزی مجبور به همکاری با یکدیگر هستند. مدل‌های تخصیص منابع مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها موجود، تأثیر تلاش مدیریتی و نوآوری فناوری را در نظر نگرفته است. در این مقاله تخصیص منابع و هدف‌گذاری با رویکرد استفاده از فرض دسترسی پذیری مدیریتی ارائه شده است. مدل معرفی‌شده برای بهبود عملکرد زیست‌محیطی واحدهای تصمیم‌گیرنده از دسترسی پذیری مدیریتی در تنظیم تطبیق‌ها بر روی خروجی‌های نامطلوب بر اساس چشم‌انداز استراتژی‌های همکاری واحدها استفاده می‌کند. همچنین تاثیر پیشرفت‌های مدیریتی و نوآوری تکنولوژیکی را در نظر می‌گیرد. در این رویکرد علاوه بر افزایش ورودی‌ها، ثابت ماندن مقدار خروجی‌های مطلوب، به خروجی‌های نامطلوب اجازه کاهش می‌دهد. مدل ارائه شده تضمین می‌کند که واحدهای تصمیم‌گیرنده تطبیق شده بعد از تخصیص منابع و هدف‌گذاری، در دوره بعدی، از بهبود کارایی برخوردارند و نتایج بدست آمده توسط این رویکرد، کارایی کل را بهبود می‌بخشد. در راستای نمایش کاربردی بودن این رویکرد، مدل بر روی داده‌های ۲۹ خط هوایی بین‌المللی پیاده‌سازی می‌شود. تجزیه‌وتحلیل‌ها نشان می‌دهد که این خطوط هوایی با حفظ مقادیر خروجی‌های خود، قادرند انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داده، از دیگر سو منابع را افزایش بخشند. درواقع به‌منظور کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، می‌توان از امکان تبادل انتشار گازهای گلخانه‌ای بهره جست که مکانیزم قابل‌توجهی برای کنترل انتشاراست.

## منابع


Aliheidari Bioki, T., & Khademi Zare, H. (2014). Adaptive DEA for clustering of credit clients. *Journal of applied research on industrial engineering*, *1*(1), 35-49.

Amirteimoori, A. (2007). DEA efficiency analysis: Efficient and anti-efficient frontier. *Applied mathematics and computation*, *186*(1), 10-16. https://doi.org/10.1016/j.amc.2006.07.006

Amirteimoori, A., & Shafiei, M. (2006). Characterizing an equitable omission of shared resources: a DEA-based approach. *Applied mathematics & computation*, *177* (1), 18–23. https://doi.org/10.1016/j.amc.2005.10.031

Amirteimoori, A., Masrouri, S., Yang, F., & Kordrostami, S. (2017). Context-based competition strategy & performance analysis with fixed-sum outputs: An application to banking sector. *The operational research society*, *11*, 1461-1469. https://doi.org/10.1057/s41274-017-0180-0

Amirteimoori, A., & Mohaghegh Tabar, M. (2010). Resource allocation & target setting in data envelopment analysis. *Expert systems with applications*, *37*, 3036–3039. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.09.029

Asmild, M., Paradi, J. C., & Pastor, J. T. (2009). Centralized resource allocation BCC models. *Omega*, *37*(1), 40–49. https://doi.org/10.1016/j.*Omega*.2006.07.006

Beasley, J. E. (2003). Allocating fixed costs & resources via data envelopment analysis. *European journal of operational research*, *147* (1), 198-216. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00244-8

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, *2*, 429–444. https://doi.org/10.1016/0377-2217 (78)90138-8

Cui, Q., & Li, Y. (2017) Airline efficiency measures under CNG2020 strategy: an application of a dynamic by-production model. *Transportation research part A: policy & practice*, *106*, 130–43. https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.09.006

Ebrahimzadeh Shermeh, H., Alavidoost, M., & Darvishinia, R. (2018). Evaluating the efficiency of power companies using data envelopment analysis based on SBM models: a case study in power industry of Iran. *Journal of applied research on industrial engineering*, *5*(4), 286-295. https://doi.10.22105/jarie.2018.81051

Emrouznejad, A., Yang, G. L., Amin, G. R. (2019). A novel inverse DEA model with application to allocate the CO2 emissions quota to different regions in Chinese manufacturing industries. *Journal of the operational research society*. *70* (7), 1079–1090. https://doi.org/ 10.1080/01605682.2018.1489344

Fang, L. (2015). Centralized resource allocation based on efficiency analysis for step-by-step improvement paths. *Omega*, 51, 24–28. https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.09.003

Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C. A. K. & Pasurka, C. (1989). Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach. *The review of economics & statistics*, *71*, 90–98. https://doi.org/10.2307/1928055

Färe, R., & Grosskopf, S. (2004). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation: comment, European *Journal of operational research*, *157* (1), 242–245. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00191-7

Ghasemi, S., Aghsami, A., & Rabbani, M. (2021). Data envelopment analysis for estimate efficiency and ranking operating rooms: a case study. *International journal of research in industrial engineering*. https:// doi: 10.22105/riej.2021.247705.1143

Golany, B., & Tamir, E. (1995). Evaluating efficiency-effectiveness-equality trade-offs: a data envelopment analysis approach. *Management science*, *41* (4), 1172–1184. https://doi.org/10.1287/mnsc.41.7.1172

Hailu, A., & Veeman, T. S. (2001). Nonparametric productivity analysis with undesirable outputs: an application to the canadian pulp & paper industry. *American journal of agricultural economics*, *83*, 605-616. https://doi.org/10.1016/S0169-5150(01)00078-0


Archive of SID.ir

Archive of SID.ir






Hailu, A. (2003). Nonparametric productivity analysis with undesirable outputs: reply. *American journal of agricultural economics*, *85*(4), 1075-1077.

Korhonen, P. & Syrjanen, M. (2004). Resource allocation based on efficiency analysis. *Management science*, *50*, 1134–1144. https://doi.org/10.1287/mnsc.1040.0244

Kuosmanen, T. (2005). Weak disposability in nonparametric production analysis with undesirable outputs. *American journal of agricultural economics*, *87*(4), 1077-1082. https://www.jstor.org/stable/3697791

Kuosmanen, T., & Poidinovski, V., (2009). Weak disposability in nonparametric productivity analysis with undesirable outputs: reply to Fare & Grosskopf. *American journal of agricultural economics*, *91*(2), 539-54. 510.http://doi.1111/j.1467-8276.2008.01238

Kuosmanen, T., & Matin, R. K. (2011). Duality of weakly disposable technology. *Omega*, *39*, 504–512. https://doi.org/10.1016/j.omega.2010.10.008

Li, H., Yang, W., Zhou, Z., & Huang, C.H. (2013). Resource allocation models' construction for the reduction of undesirable outputs based on DEA methods. *Mathematical & computer modelling*, *58*, 913–926. https://doi.org/10.1016/j.mcm.2012.10.026

Li, Y., Wang, Y., & Cui, Q. (2015). Evaluating airline efficiency: an application of virtual frontier network SBM. *Transportation research part E*, *8*, 1–17. https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.06.006

Lotfi, F. H., Hatami-Marbini, A., Agrell, P. J., Aghayi, N., & Gholami, K. (2013). Allocating fixed resources & setting targets using a common-weights DEA approach. *Computers & industrial engineering*, *64* (2), 631–640. https://doi.org/10.1016/j.cie.2012.12.006

Lozano, S., & Guti´errez, E. (2014). A slacks-based network DEA efficiency analysis of European airlines. *Transport plann technol*, *37*(7), 623–37. https://doi.org/10.1080/03081060.2014.935569

Lozano, S., & Villa, G. (2004). Centralized resource allocation using data envelopment analysis. *Journal of productivity analysis*, *22*(1-2), 143-161. https://doi.org/10.1023/B:PROD.0000034748.22820.33

Lozano, S., Villa, G., & Brännlund, R. (2009). Centralized reallocation of emission permits using DEA. *European journal of operational research*, *193* (3), 752–760. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.07.029

Mohamadinejad, H., Amirteimoori, A., Lotfi, F.H., & Kordrostami, S. (2020). Performance & competition analysis with fixed-sum measures: A case on OPEC members. *Journal of information & optimization sciences*, 1-19. https://doi.org/10.1080/02522667.2020.1769265

Monzeli, A., Daneshian, B., Tohidi, G., Sanei, M., Razavian, S. (2020). Efficiency study with undesirable inputs and outputs in DEA. *Journal of fuzzy extension and applications*, *1*(1), 78-84. http://doi:10.22105/jfea.2020.248018.1005

Nemati, M., & Matin, R. K. (2019). A data envelopment analysis approach for resource allocation with undesirable outputs: an application to home appliance production companies. *Sādhanā*, *44*, 11. https://doi.org/10.1007/s12046-018-0993-9

Olesen, O. B., Petersen, N. Ch, & Podinovski, V. (2015).Efficiency analysis with ratio measures. *European journal of operational research*, *245*(2), 446-462.https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.03.013

Qin, Q., Li, X., & He, H. (2018). Unified energy efficiency in China's coastal areas: a virtual frontier-based global bounded adjusted measure. *Journal of cleaner production*, *186*, 229–40. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.125

Seiford, L. M., & Zhu, J. (2002). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European journal of operational research*, *142*, 16–20. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00293-4

Shephard, R. W. (1970). *Theory of cost & production functions*. Princeton: Princeton University Press.

Sueyoshi, T., & Goto, M. (2012a). Returns to scale & damages to scale under natural & managerial disposability: strategy, efficiency & competitiveness of petroleum firms. *Energy economics*, *34*(3), 645-662. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.07.003

Sueyoshi, T., & Goto, M. (2012b).Weak and strong disposability vs. natural and managerial disposability in DEA environmental assessment: Comparison between Japanese electric power industry and manufacturing industries. *Energy economics*, *34*(3), 686-699. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.10.018

Sueyoshi, T., & Goto, M. (2012c). DEA radial and non-radial models for unified efficiency under natural and managerial disposability: Theoretical extension by strong complementary slackness conditions. *Energy economics*, *34*(3), 700-713. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.12.013

Sueyoshi, T., Goto, M., & Snell, M. A. (2013). DEA environmental assessment: Measurement of damages to scale with unified efficiency under managerial disposability or environmental efficiency. *Applied mathematical & modeling*, *37*(12), 7300-7314. https://doi.org/10.1016/j.apm.2013.02.027

Sueyoshi, T., Liu, X., & Li, A. (2020). Evaluating the performance of Chinese fossil fuel power plants by data environment analysis: An application of three intermediate approaches in a time horizon. *Journal of cleaner production*. *277*, 121992. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121992

Tohidi, G., Taherzadeh, H., & Hajiha, S. (2014). Undesirable outputs' presence in centralized resource allocation model. *Mathematical problems in engineering*. https://doi.org/10.1155/2014/675895

Wang, K., Wei, Y.M., & Huang, Z. (2016). Potential gains from carbon emissions trading in China: a DEA based estimation on abatement cost savings. *Omega*, *63*, 48–59. https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.09.011

Wu, J., Li, M., Zhu, Q., & Liang, L. (2019). Energy & environmental efficiency measurement of China's industrial sectors: a DEA model with non-homogeneous inputs & outputs. *Energy economics*, *78*, 468–80. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.11.036

Yan, H., Wei, Q.L., & Hao, G. (2002). DEA models for resource reallocation & production input/output estimation. *European journal of operational research*, *136*(1), 19–31. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00046-7


Archive of SID.ir