Developing Dynamic Network DEA Approach and its Combination with Interval Type-2 Fuzzy Sets Theory Cas oPPaassegeAAiappotts PPoomna SSustaiaaii lity Principles

Laya Olfat *
Associate Professor, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran, olfat90@gmail.com
Maghsoud Amiri
Professor, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran, amiri@atu.ac.ir
Jahanyar BamdadSoufi
Assistant Professor, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran, bamdadsofi@atu.ac.ir
Mahsa Pishdar
Ph.D. Student, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran, pishdar901@st.atu.ac.ir

Abstract: Fuzzy DEA methods have been introduced to deal with the fuzziness of variables. Although, some of these variables are affected by uncertainty and also information granularity, the membership function of fuzzy set is certain and this contrasts with the fuzzy concept as a whole. Type-2 fuzzy sets are introduced because of this and their membership functions have the nature of fuzzy type-1. The calculations of type-2 fuzzy sets are very complicated. However, interval type-2 fuzzy sets which have the characteristics of type-2 fuzzy sets and do not add any complexity to the calculation process can be applied to deal with such a problem. That is why in this paper, it is explored that how an extension of interval type-2 fuzzy dynamic network DEA approach helps to measure airports' sustainability. Sustainable airports play an irrefutable role in making transportation systems sustainable. Such an integrative approach in DEA models is unprecedented. So, this extension of DEA is valuable from both technical and conceptual aspects.

Keywords: Dynamic Network Data Envelopment Analysis, Interval type -2 fuzzy sets theory, Passengers airports, Sustainability.

Introduction: Airports are an essential component of aviation (Knudsen, 2004). The importance of airports becomes clearer when it comes to the fact that aviation traffic is more than before and, therefore, sustainability becomes difficult. While, various studies have suggested that the sustainability of airports is essential to improve the performance of these systems, improve the living conditions of the public and increase the airport's credit (Brian, 2005; ICAO, 2012; SAGA, 2015). Paying attention to the concept of sustainability in managing airports has various benefits, such as increased competitiveness by purifying activities, reducing operating costs, and reducing costs for life cycle of materials and equipment, better use of assets, utilization newer and better technologies, reducing asset development costs, getting more support from the community, improving working conditions and, as a result, improving employee productivity, reducing environmental risks, health, safety and promotion (SAGA, 2015; Bretzke, 2013; TRB, 2012; ACARE, 2011; Too, Earl, 2010). For the reasons mentioned, it can be said that it is necessary to pay attention to the sustainability of the passenger airports of the country. Certainly, before adopting any approach, the current situation must be assessed correctly. Various methods have been used to evaluate performance, but Data Envelopment Analysis (DEA) is one of the most widely used methods (Azizi et al., 2004). Data envelopment analysis is a functional and nonparametric method that allows consideration of various components as input and output or intermediate activities (Bray et al., 2015). However, no research

* Corresponding author

has been found to determine the performance of airports in accordance with the principles of sustainability in Iran.

Materials and Methods: Type-2 fuzzy Dynamic Data Envelopment Analysis (DEA) is used to assess the performance of Iran's passenger airports based on sustainability development. By use of Dynamic Network Data Envelopment Analysis, one can see how the different parts of a decision unit can be linked. It also shows how the past performance of a decision-making unit can affect its current performance. In this type of data envelopment analysis, the function of the decision-making unit is transmitted through time-based intermediaries to the next period. Thus via using dynamic data envelopment analysis method, it is possible to consider the activities of different parts of a decision unit and also the efficiency with respect to time periods. However, the point is that in the real world, due to the increasing socioeconomic complexity and the inherent ambiguity of human thinking, there is no possibility of precise determination of many of the components. For this reason, type-2 fuzzy theory is employed that its membership function is the fuzzy of the first type. Since the complexity of calculations while using type-2 fuzzy set is high, interval type-2 fuzzy is applied. The 20 most popular passenger airports in Iran are selected to evaluate their performance in accordance with the principles of sustainability principles and via the help of the developed DEA model.

Results and Discussion: Results of investigation show that Larestan Airport is the most efficient one among all and the last rank is allocated to the Isfahan airport considering fixed return to scale while in variable return to scale, Shiraz airport gets the last rank. The efficiency intervals of airports such as Larestan, Gorgan, Rasht and Yazd have little difference in two modes of return to scale. For this reason, we can say that there is no significant function inefficiency about these airports. But this difference is more evident in the efficiency of airports such as Mashhad. Airports, whose performance is generally low or are inefficient, are able to provide a groundbreaking improvement with appropriate benchmarking. Since airports operate in different conditions, difference in climatic conditions and the in workforce etc. should be considered while benchmarking.

References

ACARE (Advisory Council for Aeronautics Research in Europe) (2011). "Flight path 2050 Europe's Vision for Aviation". Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Azizi, H., Kordrostami, S., & Amirteimoori, A. (2015). "Slacks-based measures of efficiency in imprecise data envelopment analysis: An approach based on data envelopment analysis with double frontiers". *Computers & Industrial Engineering*, 79, 42-51.

Azizi, H., Jafari Shaerlar, A., & Farzipoor Saen, R. (2014). "A new Approach for Considering a Dual-Role Factor in Supplier Selection Problem: DEA with efficient and inefficient frontiers". Journal of production and operation management. 6(2), 129-144.

Bray, S., Caggiani, l., & Ottomanelli, M. (2015). "Measuring transport systems efficiency under uncertainty by fuzzy sets theory based Data Envelopment Analysis: theoretical and practical comparison with traditional DEA model". *Transportation Research Procedia*, 5, 186 – 200.

Bretzke, W.R. (2013). "Service Quality Versus Sustainability: A New Conflict of Objectives". Information Technology in Environmental Engineering Part of the series Environmental Science and Engineering, Springer, 179-190.

Brian, E. (2005). "The Modern Airport Terminal: New Approaches to Airport Architecture". 2nd Edition, Taylor & Francis.

ICAO (International Civil Aviation Organization) (2012). "Sustainable Future for Aviation: ICAO Rio+20 Global Initiative". http://climate-l.iisd.org/news/icao-publishes-booklet-for-rio20-decision makers (accessed 14.09.2015).

Knudsen, F.B. (2004). "Defining Sustainability in the Aviation Sector". Brussell: Eurocontrol Experimental Centre.

SAGA (Sustainable Aviation Guidance Alliance) (2015). "Learn". http://www.airportsustainability.org/learn, (accessed 16.12.2015).

Transport Research Board (TRB) (2011). "Critical Issues in Aviation and the Environment 2011". Washington, DC: TRB.

Too, L., & Earl, L. (2010). "Public transport service quality and sustainable development: a community stakeholder perspective". *Sustainable Development*. 18(1), 51-61.

مدیریت تولید و عملیات، دوره ۹، پیاپی ۱۷، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۷
دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱٦ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲٤
صص: ۳٦-۲۳

توسعهٔ رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا و ترکیب آن با نظریهٔ مجموعه‌های فازیِ بازه‌ای نوع دوم- مطالعهٔ موردی: کارایی فرودگاه‌های مسافربری کشور باتوجه‌به اصول پایداری

لعیا الفت*[۱]، مقصود امیری[۲]، جهانیار بامدادصوفی[۳]، مهسا پیشدار[٤]

۱- دانشیار، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران، olfat90@gmail.com
۲- استاد، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران، amiri@atu.ac.ir
۳- استادیار، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران، bamdadsofi@atu.ac.ir
٤- دانشجوی دکتری، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران، pishdar901@st.atu.ac.ir

چکیده: روش‌های تحلیل پوششی داده‌های فازی برای مواجهه با متغیرهای فازی شکل گرفتند. هرچند بسیاری از این متغیرها با عدم‌قطعیت و ابهام روبه‌رو هستند، تابع عضویت مجموعه‌های فازی ماهیت قطعی دارند و این موضوع با مفهوم فازی متضاد است؛ به‌همین‌دلیل مجموعه‌های فازی نوع دوم شکل گرفتند که تابع عضویت آنها از جنس مجموعه‌های فازی نوع اول است؛ اما محاسبات مربوط به این مجموعه‌ها بسیار پیچیده است. مجموعه‌های فازی بازه‌ای نوع دوم پیچیدگی کمتری دارند و برای ارزیابی کارایی در روش تحلیل پوششی داده‌ها به کار برده می‌شوند؛ به‌همین‌دلیل در مطالعهٔ حاضر روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا باتوجه‌به مجموعه‌های فازی بازه‌ای نوع دوم توسعه داده شده است تا علاوه بر روابط شبکه‌ای متغیرها در دوره‌های زمانی مختلف به ماهیت فازی آنها نیز بهتر توجه شود. به‌دلیل اهمیتی که فرودگاه‌ها در سیستم حمل‌ونقل دارند، مدل توسعه داده شده در این مقاله برای ارزیابی کارایی فرودگاه‌های مسافربری کشور باتوجه‌به اصول پایداری استفاده می‌شود. چنین رویکرد جامعی در توسعهٔ روش تحلیل پوششی داده‌ها بی‌سابقه است؛ به‌همین‌دلیل چنین توسعه‌ای هم از جنبهٔ فنی و هم از جنبهٔ مفهومی اهمیت دارد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا، پایداری، فرودگاه‌های مسافربری، نظریهٔ مجموعه‌های فازی بازه‌ای نوع دوم

---

*نویسنده مسئول

مقدمه

فرودگاه‌ها جزءِ اساسی از حمل‌ونقل هوایی‌اند (کنادسن[۱]، ۲۰۰٤). اهمیت فرودگاه‌ها به‌علت افزایش روزبه‌روز ترافیک حمل‌ونقل هوایی است؛ درنتیجه پایداری با مشکل روبه‌رو می‌شود. درحقیقت توجه به مفهوم پایداری در مدیریت فرودگاه‌ها از الزامات صنعت هوانوردی است. فرودگاه‌ها اثر چشم‌گیری روی محیط‌زیست و همین‌طور تأمین سلامت و رفاه مردمی دارند که در اطراف آنها زندگی می‌کنند؛ به‌همین‌دلیل تلاش‌های مختلفی درراستای توجه به مفهوم پایداری در مدیریت فرودگاه‌ها در کشورهای مختلف انجام شده است. فرودگاهی پایدار است که علاوه بر موضوعات اقتصادی و کسب درآمد به عوامل اجتماعی و زیست‌محیطی توجه داشته باشد و نیازهای فعلی را به‌صورتی رفع می‌کند که روی نسل‌های آتی اثر منفی نداشته باشد (اتو و همکاران[۲]، ۲۰۱۲؛ تی‌آربی[۳]، ۲۰۱۱)؛ درواقع مطالعات نشان داده‌اند توجه به مفهوم پایداری فرودگاه‌ها، اثرات ارزشمندی را روی تحقق پایداری حمل‌ونقل و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی به‌صورت کلی خواهد گذاشت (راسون، هوپر[٤]، ۲۰۱۲؛ وناتن[٥]، ۲۰۰۱). درضمن، مطالعات مختلف حاکی از آن است که پایداری فرودگاه‌های کشورهای مختلف برای بهبود عملکرد این سیستم‌ها، بهبود شرایط زندگی عموم مردم و افزایش اعتبار فرودگاه ضروری است (برایان[٦]، ۲۰۰۵؛ جنیک[۷]، ۲۰۰۷؛ آی‌سی‌ای‌اُو[۸]، ۲۰۱۲؛ ساگا[۹]، ۲۰۱۵). توجه به مفهوم پایداری در مدیریت فرودگاه‌ها، مزایای مختلفی مانند افزایش رقابت‌پذیری از طریق ناب‌کردن فعالیت‌ها، کاهش هزینه‌های عملیات، کاهش هزینه‌های چرخهٔ عمر مواد و تجهیزات، استفادهٔ بهتر از دارائی‌ها، به‌کارگیری فناوری‌های جدیدتر و بهتر، کاهش هزینه‌های توسعهٔ دارائی‌ها، دریافت حمایت و توجه بیشتر ازسوی اجتماع، بهبود شرایط کاری و درنتیجه ارتقاءِ بهره‌وری کارکنان، کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی، سلامت، ایمنی و ارتقاءِ کیفیت خدمات را به‌همراه می‌آورد (ساگا، ۲۰۱۵؛ تی‌آربی، ۲۰۱۲؛ اِی‌سی‌اِی‌آرایی[۱۰]، ۲۰۱۱؛ تو، ارل[۱۱]، ۲۰۱۰؛ برتزک[۱۲]، ۲۰۱۳). به همین دلیل، در ارزیابی فرودگاه‌ها باتوجه‌به اصول پایداری از مؤلفه‌های مختلفی استفاده می‌شود که تعدادی از این مؤلفه‌ها در جدول (۱) مشاهده می‌شود.

جدول ۱- تعدادی از مؤلفه‌های مرتبط با پایداری فرودگاه‌ها

مؤلفه	منابع
سیاست‌ها و رویه‌ها	آای‌سی‌دی، ۲۰۰۱؛ اِی‌سی‌آرپی، ۲۰۱۲؛ آی‌سی‌ای‌اُو، ۲۰۱۲؛ سی‌دی‌اِی، ۲۰۱۳؛ ای‌آی‌تی‌ای، ۲۰۱٤؛ فرودگاه بین‌المللی آتلانتا ، ۲۰۱۵؛ ساگا، ۲۰۱۵
اعتبار سازمانی	برایان، ۲۰۰۵؛ جنیک، ۲۰۰۷؛ مسپورت، ۲۰۰۹؛ ای‌سی‌ای‌آرای، ۲۰۱۱؛ کمیسیون اروپا، ۲۰۱۱،۲۰۱۳؛ آتو و همکاران، ۲۰۱۲؛ کامیس و یولیاواتی، ۲۰۱۳؛ جی‌سی‌ای، ۲۰۱۵؛ یوجین و ژیانگ، ۲۰۱۳؛ ای‌آی‌تی‌ای، ۲۰۱٤ [۱۳]
درآمد غیر از هوانوردی	شرکت فرودگاهی بریزبین، ۲۰۰۹؛ آی‌سی‌ای‌اُو، ۲۰۱۳؛ سی‌دی‌ای، ۲۰۱۳؛ فرودگاه محلی جنوب تگزاس، ۲۰۱۳؛ ای‌سی‌آی، ۲۰۱٤؛ دانشگاه پارک فرودگاه، ۲۰۱٤؛ فرودگاه بین‌المللی آرنالدو، ۲۰۱۵؛ فرودگاه بین‌المللی آتلانتا، ۲۰۱۵ [۱٤]
مسئولیت اجتماعی	اِی‌سی‌اِی‌آرایی، ۲۰۱۱؛ ای‌سی‌اِی‌آ، ۲۰۱۲؛ راسون و هوپر، ۲۰۱۲؛ کارنیس و یولایواتی، ۲۰۱۳؛ سی‌دی‌اِی، ۲۰۱۳؛ آی‌سی‌اِی‌آ، ۲۰۱۳؛ ناتس، ۲۰۱٤؛ ایی‌اِی‌تی‌اِی، ۲۰۱٤؛ ساگا، ۲۰۱۵
میزان آلایندگی	ایی‌سی‌اِی‌آ، ۲۰۰٦؛ شرکت فرودگاهی بریزبین، ۲۰۰۹؛ آی‌سی‌اِی‌آ، ۲۰۱۰؛ هرناندز لیل و همکاران، ۲۰۱۱؛ اِی‌سی‌آرپی، ۲۰۱۲؛ آی‌سی‌اِی‌اُو، ۲۰۱۲؛ ملسپورت، ۲۰۱۳؛ کارولهو و همکاران، ۲۰۱۳؛ مونسالود و همکاران، ۲۰۱۵
کیفیت خدمات	ایتارو و آلامداری، ۲۰۰۵؛ وو، ۲۰۱۰؛ فرودگاه هیترو، ۲۰۱۳؛ ماساپورت، ۲۰۱۳؛ ای‌اِی‌تی‌اِی، ۲۰۱٤؛ اِی‌دی‌پی، ۲۰۱۵؛ ساگا، ۲۰۱۵ [۱۵]
رضایت مسافرین	ایتارو و آلامداری، ۲۰۰۵؛ وو، ۲۰۱۰؛ فرودگاه هیترو، ۲۰۱۳؛ ماساپورت، ۲۰۱۳؛ ای‌اِی‌تی‌اِی، ۲۰۱٤؛ اِی‌دی‌پی، ۲۰۱۵؛ ساگا، ۲۰۱۵

دپارتمان اروپایی حمل‌ونقل (۲۰۰۳) [۱۶]، سندی را با عنوان آیندهٔ حمل‌ونقل هوایی[۱۷]تنظیم کرده و بیان داشته است که فرودگاه‌ها باید به مسئولیت اجتماعی و عواقب زیست‌محیطی کارکردهای خود مانند انتشار آلاینده‌ها توجه و ذینفعان مختلف ازجمله مسافرین را از این فرآیند آگاه کنند. به این ترتیب و با افزایش شفافیت عملکرد درخصوص چگونگی توجه به اصول پایداری، اعتماد ذینفعان نسبت به کارکردهای آن و اعتبار فرودگاه‌ها افزایش یافته است (راسون، هوپر[۱۸]، ۲۰۱۲).

باتوجه‌به دلایل ذکرشده، نتیجه می‌شود توجه به پایداری فرودگاه‌های مسافربری کشور ضروری است. مسلماً قبل از اتخاذ هر رویکردی ابتدا باید وضعیت فعلی به‌درستی شناخته شود. در مدیریت حمل‌ونقل، ارزیابی کارایی راهی شناخته‌شده برای تعیین چگونگی عملکرد فعلی و اهداف آتی است.

روش‌های مختلفی برای ارزیابی کارایی به کار گرفته شده است؛ اما روش تحلیل پوششی داده‌ها یکی از پرکاربردترین این روش‌ها است (عزیزی و همکاران، ۱۳۹٤). تحلیل پوششی داده‌ها، روشی کاربردی و ناپارامتریک است که امکان توجه به مؤلفه‌های مختلفی را به‌عنوان نهاده و ستانده یا فعالیت‌های واسطه فراهم می‌کند (بِری و همکاران[۱۹]، ۲۰۱۵). با وجود این، پژوهشی یافت نشده است که کارایی فرودگاه‌ها را باتوجه‌به اصول پایداری معین کند.

توسعهٔ مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویای فازی بازه‌ای نوع دوم: روش تحلیل پوششی داده‌های سنتی، تنها به نهاده‌ها و ستانده‌های مرتبط با هر واحد تصمیم‌گیری توجه می‌کند؛ درصورتی‌که بسیاری از واحدهای تصمیم‌گیری مانند سیستم‌های حمل‌ونقل از بخش‌های مختلفی تشکیل شده‌اند که نوع ارتباط این بخش‌ها بر دست‌یابی به اهداف تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، اینگونه واحدهای تصمیم‌گیری، فعالیت‌های خود را در دوره‌های زمانی مختلف انجام می‌دهند و مسلماً چگونگی عملکرد در دورهٔ زمانی قبلی روی نحوهٔ عملکرد در دورهٔ زمانی بعدی اثر خواهد داشت (تُن و تی‌سوتسویی[۲۰]، ۲۰۱٤؛ هررا-رستریپو و همکاران[۲۱]، ۲۰۱۵). با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا[۲۲] می‌توان چگونگی ارتباط میان بخش‌های مختلف واحد تصمیم‌گیری را مشاهده کرد. درضمن مشخص می‌شود چگونه عملکرد گذشتهٔ واحد تصمیم‌گیری روی عملکرد فعلی آن اثر می‌گذارد. در این نوع از تحلیل پوششی داده‌ها، عملکرد واحد تصمیم‌گیری از طریق واسطه‌های زمانی به دورهٔ زمانی بعدی منتقل می‌شود (بوگتُف و همکاران[۲۳]، ۲۰۰۹؛ چن[۲٤]، ۲۰۰۹). به این ترتیب با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا می‌توان هم فعالیت‌های میان بخش‌های مختلف واحد تصمیم‌گیری را در نظر گرفت و هم کارایی را باتوجه‌به واسطه‌های زمانی در طول دوره‌های مختلف زمانی برآورد کرد (تُن و تی‌سوتسویی، ۲۰۱٤).

اما نکته آنجا است که در دنیای واقعی، به‌دلیل افزایش پیچیدگی‌های اجتماعی - اقتصادی و ابهام ذاتی موجود در نحوهٔ تفکر انسان، امکان تعیین دقیق بسیاری از مؤلفه‌ها وجود ندارد؛ به همین دلیل در بسیاری از پژوهش‌ها به نظریهٔ مجموعه‌های فازی توجه خاصی شده است. هرچند از ابتدای شکل‌گیری مجموعه‌های فازی، قطعی‌بودن تابع عضویت آنها نوعی ایراد تلقی شده است؛ به همین دلیل نظریهٔ مجموعه‌های فازی نوع دوم به‌وسیلهٔ زاده[۲۵] (۱۹۷۵) معرفی شد که ناشی از نظریهٔ مجموعه‌های فازی (نوع اول) است و به همین دلیل می‌توان گفت مجموعهٔ فازی نوع دوم شکل گسترش‌یافته از نظریهٔ مجموعه‌های فازی نوع اول است. تفاوت این دو در آن است که تابع عضویت در مجموعهٔ فازی نوع اول قطعی و در مجموعهٔ فازی نوع دوم، فازی از نوع اول است. ازآنجایی‌که پیچیدگی محاسبات

در زمان به‌کارگیری مجموعهٔ فازی نوع دوم زیاد است، مجموعه‌های فازی نوع دومِ بازه‌ای[۲۶] معرفی شد که محاسبات آن بسیار شبیه محاسبات مربوط به مجموعه‌های فازی نوع اول است (مِندل[۲۷]، ۲۰۰۶). همین باعث می‌شود مجموعه‌های فازی نوع دوم بازه‌ای، در بسیاری از زمینه‌های پژوهشی استفاده شود (مندل، ۲۰۰۱، ۲۰۰۶، ۲۰۰۷؛ مندل و همکاران، ۲۰۰۹؛ مندل و وو[۲۸]، ۲۰۰۶؛ گانگ و همکاران[۲۹]، ۲۰۱۵).

عدد فازی نوع دوم بازه‌ای مطابق رابطهٔ (۱) نشان داده می‌شود.

$$A=\left(A^U,A^L\right)=\begin{pmatrix}\left(a_1^U,a_2^U,a_3^U,a_4^U;H_1\left(A^U\right),H_2\left(A^U\right)\right),\\ \left(a_1^L,a_2^L,a_3^L,a_4^L;H_1\left(A^L\right),H_2\left(A^L\right)\right)\end{pmatrix} \quad (۱)$$

AU و AL هریک دارای مجموعه‌های شبه‌سطحی هستند که به‌صورت زیر نمایش داده می‌شوند.

$$\tilde{A}_\alpha^u=\left[a_1^U(\alpha)+a_2^U(\alpha)\right];\tilde{A}_\beta^L=\left[a_1^L(\beta)+a_2^L(\beta)\right]$$

در این رابطه، آلفا و بتا هریک ارزشی بین صفر تا یک دارند. حد پایین ارزش متوسط امکان‌پذیری $M_*(\tilde{A})$ و حد بالای ارزش متوسط امکان‌پذیری $M^*(\tilde{A})$ نیز طبق روابط (۲) و (۳) به دست می‌آید و از آن در محاسبات مربوط به روش‌های مرتبط با تصمیم‌گیری چندشاخصه استفاده می‌شود. متوسط ارزش امکان‌پذیری همان متوسط وزنی از میانگین حسابی این مجموعه‌های شبه‌سطحی است (گانگ و همکاران، ۲۰۱۵).

$$M_*(\tilde{A})=\int_0^{h_U}\alpha a_1^U(\alpha)d\alpha+\int_0^{h_L}\beta a_1^L(\beta)d\beta=\frac{1}{6}(a_1^U+2a_2^U)h_1^U+\frac{1}{6}(a_1^L+2a_2^L)h_1^L \quad (۲)$$

$$M^*(\tilde{A})=\int_0^{h_U}\alpha a_2^U(\alpha)d\alpha+\int_0^{h_L}\beta a_2^L(\beta)d\beta=\frac{1}{6}(a_4^U+2a_3^U)h_2^U+\frac{1}{6}(a_4^L+2a_3^L)h_2^L \quad (۳)$$

به این ترتیب، امکان تعیین مقدار مؤلفه‌هایی با ماهیت فازی با استفاده از نظریهٔ مجموعه‌های فازی بازه‌ای نوع دوم پدید می‌آید؛ زیرا عدد فازی بازه‌ای فازی نوع دوم را می‌توان به یک بازهٔ عددی تبدیل کرد که $M_*(\tilde{A})$ حد پایین و $M^*(\tilde{A})$ حد بالای آن است.

درنتیجه مدل ریاضی توسعه داده‌شده را باید دوبار اجرا کرد. یک‌بار با استفاده از حد پایین ارزش متوسط امکان‌پذیری و بار دیگر با جایگذاری حد بالای ارزش متوسط امکان‌پذیری مؤلفه‌های موجود در شکل شبکهٔ تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها. این باعث می‌شود ماهیت فازی تا مراحل آخر در محاسبات حفظ شود و برای هر واحد تصمیم‌گیری یک بازهٔ کارایی مشخص می‌شود. مدل ریاضی مرتبط با حد بالای تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی پویا به‌صورت کلی در مدل اول (روابط ۹- ٤ و تابع هدف آورده‌شده در رابطهٔ ١٦) و شکل کلی مدل ریاضی مرتبط با حد پایین تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی پویا در مدل دوم (روابط ۱۵-۱۰ و تابع هدف نشان‌داده‌شده در رابطهٔ ۱۷) آورده شده است. Wt وزن‌های در نظر گرفته شده برای دوره‌های زمانی مختلف و Wq وزن‌های هر گره از شبکه است که با نظرسنجی از خبرگان مقدار آنها مشخص می‌شود.

نکته آنجا است که ممکن است نهاده یا ستانده‌ای ماهیت نامطلوبی داشته باشد. راه‌های مختلفی برای برخورد با نهاده و ستاندهٔ نامطلوب استفاده می‌شود؛ اما یکی از راه‌های برخورد آن است که نهادهٔ نامطلوب در فرم ستاندهٔ مطلوب و ستاندهٔ نامطلوب در فرم نهادهٔ مطلوب نوشته شود (جهانشاهلو و همکاران[۳۰]، ۲۰۰۵؛ ونگ و همکاران،۲۰۱۵). در مطالعهٔ حاضر نیز از همین رویکرد برای نگارش محدودیت مرتبط با نهاده و ستاندهٔ نامطلوب استفاده شده است.

روابط (٤) و (٥) نشان‌دهندهٔ محدودیت‌های مرتبط با نهاده و ستاندهٔ مطلوب هستند. محدودیت مرتبط با نهادهٔ نامطلوب باید همانند محدودیت مرتبط با ستاندهٔ مطلوب نوشته شود و برعکس.

$$\sum_{j=1}^{n_{DMU}} x_j^{Lt} \lambda_q^t + s_{qk}^{t-input} = x_O^{Lt} \qquad \forall t \quad q=1,2,3 \qquad k=1,...n_{inputs} \tag{٤}$$

$$\sum_{j=1}^{n_{DMU}} y_j^{Ut} \lambda_q^t - s_{qm}^{t-output} = y_O^{Ut} \qquad \forall t \quad q=1,2,3 \qquad m=1,...n_{outputs} \tag{٥}$$

همچنین برای تمامی واسطه‌ها باید محدودیت حفظ تداوم را نوشت؛ برای مثال در شکل ۱، «تعداد نشست و برخاست»، «مسئولیت اجتماعی» و «کیفیت خدمات» یک واسطه در هر دورهٔ زمانی است و «اعتبار سازمانی» که گره جامعه را در دو دورهٔ زمانی به‌هم متصل می‌کند، واسطهٔ زمانی است. این بدان معنا است که این مؤلفه‌ها علاوه بر این که یک‌بار ستاندهٔ گره اول (گره a) و بار دیگر نهادهٔ گره دوم (گره b) در نظر گرفته می‌شوند، باید در یک محدودیت دیگر نیز آورده شوند که نشان‌دهندهٔ آن است که آنچه از گره اول بیرون می‌آید وارد گره دوم می‌شود. محدودیت‌های (٦) و (٧) نشان‌دهندهٔ حفظ تداوم ارتباط میان گره‌ها در مدل مرتبط با حد بالای کارایی و محدودیت‌های (۱۲) و (۱۳) نشان‌دهندهٔ همین عامل در مدل مرتبط با حد پایین کارایی هستند. بدین ترتیب، حد بالای کارایی فرودگاه O با استفاده از روابط (٤) تا (۹) و تابع هدف نشان‌داده‌شده در رابطهٔ (١٦) به دست می‌آید. منظور از Uحد بالای مقدار فازی بازه‌ای نوع دوم به ازاء هر مولفه و منظور از L حد پایین آن است که در روابط ۲ و۳ نحوه محاسبه آنها ذکر شده است.

$$\sum_{j=1}^{n_{DMU}} z_{Link-j}^{(output)U} \lambda_b^{\ t} = \sum_{j=1}^{n_{DMU}} z_{Link-j}^{(input)L} \lambda_a^{\ t} \qquad \forall t, DMU \tag{٦}$$

$$\sum_{j=1}^{n_{DMU}} z_{Carry-over-j}^{(output)U} \lambda_b^{\ t} = \sum_{j=1}^{n_{DMU}} z_{Carry-over-j}^{(input)L} \lambda_a^{\ t+1} \quad \forall t, DMU \tag{٧}$$

$$\sum \lambda_q^t = 1 \qquad \forall q,t \tag{٨}$$

$$\forall s, \lambda \geq 0 \tag{٩}$$

برای به دست آوردن حد پایین کارایی باید به روابط (۱۰) تا (۱۵) و تابع هدف نشان‌داده‌شده در رابطهٔ (۱۷) توجه شود. دراین‌صورت، نهاده‌ها و ستانده‌های مطلوب همانند روابط (۱۰) و (۱۱) نوشته می‌شوند. نهاده‌ها و ستانده‌های نامطلوب باید به‌ترتیب مانند ستانده‌ها و نهاده‌های مطلوب نوشته شوند. درضمن برای هر واسطهٔ ذکرشده در قسمت قبل باید محدودیت حفظ تداوم نوشته شود (رابطهٔ ۱۳). برای هر واسطه بین دوره‌های زمانی مختلف نیز باید این محدودیت مدنظر قرار گیرد (رابطهٔ ١٤).

$$\sum_{j=1}^{n_{DMU}} x^{Lt} \lambda_q^t + s_{qk}^{t-input} = x_O^{Ut} \qquad \forall t \quad q=1,2,3; k=1,...n_{inputs} \tag{۱۰}$$

$$\sum_{j=1}^{n_{DMU}} y^{Ut}\lambda_q^t - s_{qm}^{t-output} = y_O^{Lt} \quad \forall t \quad q=1,2,3; m=1,...n_{outputs} \tag{۱۱}$$

$$\sum_{j=1}^{n_{DMU}} z_{Link}^{(output)U}\lambda_b^{\ t} = \sum_{j=1}^{n_{DMU}} z_{Link}^{(input)L}\lambda_a^{\ t} \quad \forall t, DMU \tag{۱۲}$$

$$\sum_{j=1}^{n_{DMU}} z_{Carry-over}^{(output)U}\lambda_b^{\ t} = \sum_{j=1}^{n_{DMU}} z_{Carry-over}^{(input)L}\lambda_a^{\ t+1} \quad \forall t, DMU \tag{۱۳}$$

$$\sum \lambda_q^t = 1 \quad \forall q,t \tag{۱٤}$$

$$\forall s, \lambda \geq 0 \tag{۱۵}$$

$$\rho_o^U = \min\left[\frac{\sum_{t=1}^{2} W^t\left[\sum_{q=1}^{3} w^q\left[1-\frac{1}{n_{inputs}+n_{links-as-input}+n_{carryover-as-input}}\left(\sum_{i=1}^{k}\frac{s_{qk}^{t-input}}{x_o^L}+\sum_{i=1}^{r}\frac{s_{qr}^{t-input}}{z_o^L}+\sum_{i=1}^{n}\frac{s_{qn}^{(t,t+1)-input}}{z_o^{(t,t+1)L}}\right)\right]\right]}{\sum_{t=1}^{2} W^t\left[\sum_{q=1}^{3} w^q\left[1+\frac{1}{n_{outputs}+n_{links-as-output}+n_{carryover-as-output}}\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{s_{qm}^{t-output}}{y_o^U}+\sum_{i=1}^{r}\frac{s_{qr}^{t-output}}{z_o^U}+\sum_{i=1}^{n}\frac{s_{qn}^{(t,t+1)-output}}{z_o^{(t,t+1)U}}\right)\right]\right]}\right] \tag{۱٦}$$

$$\rho_o^L = \min\left[\frac{\sum_{t=1}^{2} W^t\left[\sum_{q=1}^{3} w^q\left[1-\frac{1}{n_{inputs}+n_{links-as-input}+n_{carryover-as-input}}\left(\sum_{i=1}^{k}\frac{s_{qk}^{t-input}}{x_o^U}+\sum_{i=1}^{r}\frac{s_{qr}^{t-input}}{z_o^U}+\sum_{i=1}^{n}\frac{s_{qn}^{(t,t+1)-input}}{z_o^{(t,t+1)U}}\right)\right]\right]}{\sum_{t=1}^{2} W^t\left[\sum_{q=1}^{3} w^q\left[1+\frac{1}{n_{outputs}+n_{links-as-output}+n_{carryover-as-output}}\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{s_{qm}^{t-output}}{y_o^L}+\sum_{i=1}^{r}\frac{s_{qr}^{t-output}}{z_o^L}+\sum_{i=1}^{n}\frac{s_{qn}^{(t,t+1)-output}}{z_o^{(t,t+1)L}}\right)\right]\right]}\right] \tag{۱۷}$$

رابطه‌های (۸) و (۱٤) در هر دو مدل نشان‌دهندهٔ متغیربودن بازده به مقیاس‌اند. درصورت حذف این روابط، مدل‌ها در بازده به مقیاس ثابت عمل خواهند کرد. درصورت در نظر گرفتن بازده به مقیاس ثابت، چنین فرض می‌شود که هرآنچه از گره اول به‌عنوان ستانده خارج می‌شود، عیناً وارد گره دوم می‌شود. درحالت بازدهی به مقیاس متغیر، هر واحد تصمیم‌گیری ناکارا تنها با واحدی در حجم مشابه مقایسه می‌شود (قیاسی، ۲۰۱۵).

پس از این، با استفاده از رابطهٔ (۱۸) درجهٔ ارجحیت کارایی هر واحد تصمیم‌گیری نسبت به سایر واحدها به دست می‌آید. برای مقایسه و رتبه‌بندی این واحدها، باید ماتریسی از درجه‌های ارجحیت تشکیل شود. واحد تصمیم‌گیری که تمامی درجه‌های ارجحیت آن از ۰/۵ بیشتر یا مساوی ۰/۵ است، رتبهٔ نخست را به دست می‌آورد. با حذف این واحد تصمیم‌گیری از ماتریس، بقیه واحدها نیز یک به یک رتبه‌بندی می‌شوند (ونگ و همکاران، ۲۰۰۵؛ عزیزی و همکاران[۳۱]، ۲۰۱۵)

$$P(\rho_1 > \rho_2) = \frac{\max(0, \rho_1^{\,U} - \rho_2^{\,L}) - \max(0, \rho_1^{\,L} - \rho_2^{\,U})}{\left(\rho_1^{\,U} - \rho_1^{\,L}\right) + \left(\rho_2^{\,U} - \rho_2^{\,L}\right)} \tag{۱۸}$$

به‌کارگیری مدل برای ارزیابی کارایی فرودگاه‌های مسافربری کشور باتوجه‌به اصول پایداری: فرودگاه مسافربری پُرتردد کشور که همگی زیر نظر مدیریت شرکت مادرتخصصی فرودگاه‌های کشورند، برای بررسی انتخاب شده‌اند تا با کمک مدل توسعه داده شده، کارایی آنها باتوجه‌به اصول پایداری ارزیابی شود. باتوجه‌به مؤلفه‌های مطرح‌شده درزمینهٔ پایداری فرودگاه‌ها و ماهیت آنها (جدول ۱)، شبکهٔ روش تحلیل پوششی داده‌های

شبکه‌ای پویا در پژوهش حاضر به‌صورت شکل (۱) تبدیل می‌شود. شبکهٔ حاضر از سه گره فرودگاه، جامعه و مسافرین و در ۲ دورهٔ زمانی تشکیل شده است. به این ترتیب، کارکردهای فرودگاه و اثرات آنها روی جامعه به‌صورت کلی و مسافرین آن بررسی می‌شود.

همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، «اعتبار سازمانی» واسطهٔ زمانی در نظر گرفته شده است. «اعتبار سازمانی» زمینه‌ساز اعتبار بیشتر در دوره‌های زمانی آتی است. اعتبار سازمانی تا آن حد در نظر متقاضیان اثرگذار است که وقتی کیفیت خدمات و بهای آنها یکسان است، خدماتی برگزیده خواهند شد که ارائه‌دهندهٔ آنها اعتبار بیشتری دارد (آتکان، اکمکسی[۳۲]، ۲۰۱۵؛ فرناندو و همکاران[۳۳]، ۲۰۱۵). این شبکه، برای دو دورهٔ زمانی، یعنی ٦ ماههٔ دوم سال ۱۳۹۳ و ٦ ماههٔ اول سال ۱۳۹٤ اجرا شده است تا امکان جمع‌آوری اطلاعات از مسافرین فرودگاه‌ها وجود داشته باشد.

برای تعیین میزان توجه به مسئولیت اجتماعی، میزان اعتبار سازمانی، کیفیت خدمات و رضایت مسافرین، پرسشنامه‌ای تهیه شده است. با استفاده از فرمول کوکران برای جوامع نامحدود و با سطح اطمینان ۹۰٪ و دقت ۷٪، ۱۳۷ نفر از مسافرین ۲۰ فرودگاه پرتردد به‌صورت تصادفی انتخاب شده‌اند و پرسشنامه مزبور را تکمیل کرده‌اند. میزان انتشار آلاینده‌های هر فرودگاه طی نشست‌هایی با دفتر استانداردهای فرودگاهی و میزان توجه به اصول پایداری در سیاست‌ها و رویه‌های هر فرودگاه ازطریق نشست با واحد برنامه‌ریزی شرکت مادرتخصصی فرودگاه‌های کشور به دست آمده است.

روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا برای بررسی کارایی نسبی فرودگاه‌های مسافربری کشور در نظر گرفته شده است تا علاوه بر بررسی نحوهٔ ارتباط بخش‌های در نظر گرفته شده برای هر فرودگاه، تأثیر چگونگی عملکرد آن در دورهٔ زمانی قبلی روی عملکرد فعلی بررسی شود.

Wt وزن‌های در نظر گرفته شده برای دوره‌های زمانی مختلف و Wq وزن‌های هر گره از شبکه است که از قبل با اخذ نظر از خبرگان حاضر در شرکت مادرتخصصی فرودگاه‌های کشور تعیین شده است. وزن گره‌های فرودگاه، جامعه و مسافرین با استفاده از ترکیب روش دیمتل و روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای[۳٤] و با کسب نظر از خبرگان حاضر در شرکت مادر تخصصی فرودگاه‌های کشور به‌ترتیب از چپ به راست برابر با ۰/۲۸۸، ۰/۲۸۹ و ۰/۳۸٦ تعیین شده است. وزن دوره‌های زمانی نیز با کسب نظر از همین خبرگان و با استفاده از روش اسمارت[۳۵] تعیین شده است. به‌گونه‌ای‌که وزن دورهٔ زمانی اول یعنی شش ماههٔ دوم سال ۹۳ که به تعطیلات نوروز منتهی می‌شود برابر با ۰/٦ و وزن دورهٔ زمانی دوم یعنی شش ماههٔ اول سال ۱۳۹٤ برابر با ۰/٤ است.

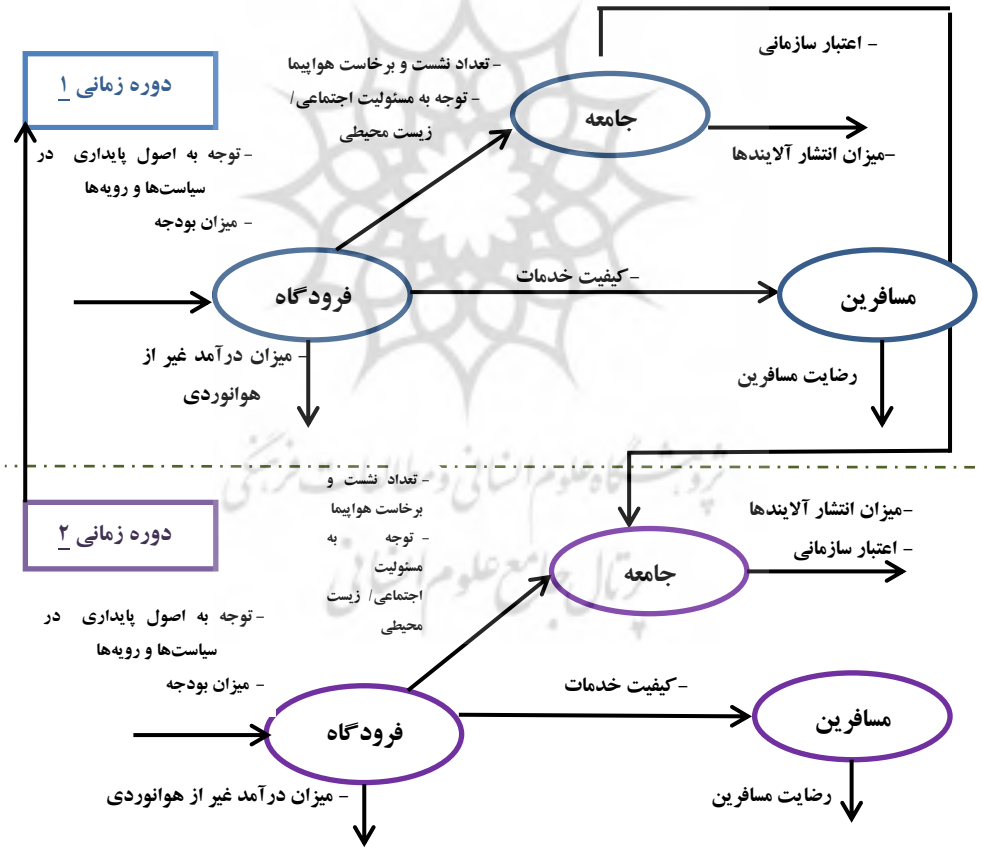
در شبکهٔ استفاده‌شده در این مطالعه (شکل ۱)، سه گرهِ فرودگاه، جامعه و مسافرین در نظر گرفته شده است؛ بنابراین q برابر ۳ است. حد بالای هر مؤلفه با استفاده از حرف U و حد پایین آن با استفاده از حرف L نشان داده شده است.

در مطالعهٔ پیش‌رو نیز تعدادی از مؤلفه‌ها یعنی «سیاست‌های اخذشده در مدیریت فرودگاه براساس اصول پایداری»، «توجه به مسئولیت اجتماعی»، «کیفیت خدمات»، «اعتبار فرودگاه» و «رضایت مسافرین» ماهیت فازی دارند. ترکیب نظریهٔ مجموعه‌های فازی بازه‌ای نوع دوم با روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا برای انجام بررسی، باعث کسب نتایج دقیق‌تری خواهد شد.

برای نگارش صحیح مدل‌ها باید به چند نکته توجه کرد؛ نخست اینکه سه مولفهٔ «میزان درآمدهای غیر از هوانوردی»، «بودجه» و «تعداد نشست و برخاست هواپیما در طول دورهٔ زمانی درحال بررسی»، قطعی‌اند. به همین دلیل مقدار آنها ثابت است و از جنس بازه‌ای نیست؛ بنابراین در هر دو مدل ۱ و۲، میزان این مؤلفه‌ها یکسان است.

نکته دیگر آن است که هرچند «توجه به اصول پایداری در سیاست‌ها و رویه‌ها» نهاده انتخاب شده است، توجه بیشتر به این اصول در سیاست‌ها و رویه‌ها باعث می‌شود مدیریتِ فرودگاه در جهت‌گیری‌ها و تصمیم‌های خود بیشتر به اصول پایداری توجه کند (ساگا، ۲۰۱۵)؛ به همین دلیل این نهاده از نوع نهادهٔ نامطلوب است. درضمن میزان انتشار آلاینده‌ها به‌عنوان ستانده در گره جامعه در نظر گرفته شده است. مشخص است که این ستانده نامطلوب و کاهش آن مهم است. به این ترتیب در شبکهٔ حاضر، نهاده و ستاندهٔ نامطلوب در فرم ستاندهٔ مطلوب و ستاندهٔ نامطلوب در فرم نهادهٔ مطلوب نوشته می‌شود (جهانشاهلو و همکاران، ۲۰۰۵؛ ونگ و همکاران، ۲۰۱٤).

با استفاده از حل دو مدل آورده‌شده، بازهٔ کارایی برای هر واحد تصمیم‌گیری درحالت بازدهی به مقیاس ثابت و بازدهی به مقیاس متغیر به دست می‌آید. باید خاطر نشان کرد که به‌دلیل ساده‌سازی در اصل مدل، حد بالای کارایی هیچ واحد تصمیم‌گیری برابر ۱ نخواهد شد (شرفی، رستمی- مال‌خلیفه[۳۶]، ۲۰۱٤).



شکل ۱- شبکهٔ روش تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی فرودگاه‌های مسافربری کشور باتوجه‌به اصول پایداری

کارایی نسبی فرودگاه‌های درحال بررسی باتوجه‌به اصول پایداری در جدول ۲ آورده شده است. رتبهٔ نخست در هر دو حالت به فرودگاه لارستان و رتبهٔ آخر در حالت بازدهی به مقیاس ثابت به فرودگاه اصفهان و درحالت بازدهی به مقیاس متغیر به فرودگاه شیراز اختصاص یافته است.

بازدهی با مقیاس ثابت زمانی مهم است که تمامی واحدهای تصمیم‌گیری در مقیاس بهینه فعالیت کنند؛ اما به‌دلیل برخی از دلایل مانند محدودیت منابع مالی، همیشه امکان چنین بررسی وجود ندارد. در این حالت بهتر است از رویکرد بازدهی به مقیاس متغیر استفاده شود. اگر کارایی یک واحد تصمیم‌گیری در دو حالت ذکرشده متفاوت باشد، بدان معنا است که عدم‌کارایی مقیاس وجود دارد (قباسی، ۲۰۱۵). بازهٔ کارایی فرودگاه‌هایی مانند لارستان، گرگان، رشت و یزد در دو حالت بازدهی به مقیاس ثابت و متغیر، تفاوت ناچیزی با هم دارند. به همین دلیل در کارکرد این فرودگاه‌ها، ناکاراییِ مقیاس چشم‌گیری وجود ندارد؛ اما این تفاوت دربارهٔ کارایی فرودگاه‌هایی مانند مشهد مشهودتر است.

فرودگاه‌هایی که کارایی آنها به‌صورت کلی کم و یا ناکارایی مقیاس در آنها مشهود است، با الگوبرداری مناسب زمینهٔ پیشرفت خود را فراهم می‌آورند. ازآنجاکه فرودگاه‌ها در شرایط متفاوتی مشغول به فعالیت‌اند، در الگوبرداری باید به تفاوت‌هایی مانند تفاوت شرایط اقلیمی و تفاوت نیروی کار توجه کرد.

جدول ۲- بازهٔ کارایی و رتبهٔ فرودگاه‌های درحال بررسی باتوجه‌به بازدهی به مقیاس ثابت و متغیر

	فرودگاه	بازهٔ کارایی باتوجه‌به بازدهی به مقیاس ثابت		رتبه	بازهٔ کارایی باتوجه‌به بازدهی به مقیاس متغیر		رتبه
		ρ^{U}	ρ^{L}		ρ^{U}	ρ^{L}	
۱	مهرآباد	۰/۵۸	۰/۵٤	۱۰	۰/۵۹	۰/۵٦	۱۳
۲	مشهد	۰/۵	۰/۵	۱٤	۰/٦۳	۰/۵۹	۹
۳	امام خمینی	۰/٤٤	۰/٤۳	۱٦	۰/۵۳	۰/۵۲	۱٤
٤	شیراز	۰/٤۳	۰/٤۲	۱۷	۰/۵۱	۰/۵	۱٦
۵	اصفهان	۰/٤۲	۰/٤۱	۱۸	۰/۵۳	۰/۵۱	۱۵
٦	تبریز	۰/٤۹	۰/٤۸	۱۵	۰/٦۸	۰/۵۵	۵
۷	بندرعباس	۰/۵۸	۰/۵۲	۷	۰/٦۳	۰/۵۵	۱۰
۸	زاهدان	۰/٦۱	۰/۵٦	٦	۰/٦۵	۰/۵۷	۹
۹	اهواز	۰/٦۲	۰/۵۲	۹	۰/٦۹	۰/۵٤	۱۲
۱۰	یزد	۰/٦۲	۰/۵٤	۸	۰/٦۵	۰/۵۷	۷
۱۱	کرمان	۰/۵٦	۰/۵۳	۱۲	۰/٦۲	۰/۵٦	۱۱
۱۲	رشت	۰/٦۳	۰/۵۸	۲	۰/٦۷	۰/٦۱	۳
۱۳	کرمانشاه	۰/۵٦	۰/۵۳	۱۱	۰/۵۹	۰/۵٦	۱۳
۱٤	بوشهر	۰/٦۱	۰/۵٦	٦	۰/٦٤	۰/۵۸	۸
۱۵	ساری	۰/۵۳	۰/۵۱	۱۳	۰/٦۲	۰/۵٦	۱۱
۱٦	آبادان	۰/٦۲	۰/۵٦	۵	۰/٦۵	۰/٦۲	٤
۱۷	گرگان	۰/٦۷	۰/٦	۳	۰/٦۸	۰/٦۲	۲
۱۸	ارومیه	۰/٦۱	۰/۵٦	٦	۰/٦٤	۰/۵۸	۸
۱۹	اردبیل	۰/٦۱	۰/۵۸	٤	۰/٦۲	۰/٦۱	٦
۲۰	لارستان	۰/٦۸	۰/٦۵	۱	۰/٦۹	۰/٦٦	۱

بررسی کارایی فرودگاه‌های مسافربری کشور باتوجه‌به اصول پایداری، زمینهٔ لازم را برای ایجاد توسعه دراین‌راستا ایجاد می‌کند. ویژگی‌های اساسی مطالعهٔ حاضر به‌صورت زیر بیان می‌شود:

- مطالعهٔ حاضر همانند پلی میان مفهوم پایداری در فرودگاه‌ها و روش تحلیل پوششی داده‌ها عمل می‌کند و روش تحلیل پوششی داده‌ها را به‌صورتی توسعه داده است که از آن برای بررسی کارایی سایر سیستم‌های مشابه نیز استفاده شود.
- ترکیب نظریهٔ مجموعه‌های فازی نوع دوم بازه‌ای با روش تحلیل پوششی داده‌ها، امکان تعیین یک بازه برای کارایی فرودگاه‌ها را ایجاد کرده است و بدین‌وسیله، دقت عملکرد پژوهشگر افزایش می‌یابد. چنین رویکردی در پژوهش‌های گذشته مشاهده نشده است.
- در شکل شبکهٔ مربوط به روش تحلیل پوششی داده‌ها از مؤلفه‌هایی استفاده شده است که پیش از این، با مرور ادبیات جامع به دست آمده است و با کسب نظرات خبرگان حاضر در شرکت مادرتخصصی فرودگاه‌های مسافربری کشور و با اجرای روش دلفی فازی نوع دوم بازه‌ای نهایی شده‌اند؛ به همین دلیل این مؤلفه‌ها قابلیت برآورد پایداری فرودگاه‌های مسافربری کشور را دارند.
- در تعیین کارایی فرودگاه‌های کشور، به اثرات کارکردهای فرودگاه روی جامعه و مسافرین بلاواسط آن توجه و عملکرد فرودگاه‌ها در دو دورهٔ زمانی یعنی دورهٔ منتهی به تعطیلات نوروز و دورهٔ کاری عادی بررسی شده است. تاکنون چنین رویکرد جامعی در این حوزهٔ مطالعاتی مشاهده نشده است.

درحالت کلی مطالعه‌ای یافت نشده است که پیش از این با وجود ضرورت مطرح‌شده، مدل تحلیل پوششی داده‌هایی با این ویژگی‌ها را توسعه دهد و از آن برای بررسی کارایی فرودگاه‌های مسافربری داخل یا خارج کشور ازلحاظ توجه به اصول پایداری استفاده کرده باشد؛ به همین دلیل پژوهش حاضر باتوجه‌به ویژگی‌های مطرح‌شده نوآوری مناسبی دارد و زمینه‌ساز پژوهش‌های مختلف آتی است.

نتیجه‌گیری

بسیاری از نهادهای بین‌المللی توجه به مفهوم پایداری را ضروری می‌دانند و دربارهٔ چگونگی پیاده‌سازی آن پژوهش‌های زیادی انجام داده‌اند؛ برای مثال در قسمت حمل‌ونقل از افق ۲۰۲۰ [۳۷] (که طرح پیشنهادی کمیسیون اروپا برای ترویج و پرورش ایده‌ها و مشاغل است)، سعی شده است علاوه بر توجه به ویژگی‌های خاص هر نظام حمل‌ونقل (حمل‌ونقل ریلی، جاده‌ای، آبی و هوایی) این نظام‌ها با هم یکپارچه نگه داشته شوند و زمینهٔ پایداری آنها فراهم شود (کمیسیون اروپا، ۲۰۱۳). باتوجه‌به اهمیت حمل‌ونقل پایدار و تلقی‌شدن فرودگاه به‌عنوان مرکز اصلی برای حمل‌ونقل، مدیریت بسیاری از فرودگاه‌های مشهور مانند فرودگاه هیترو، سعی کرده‌اند اصول پایداری را باتوجه‌به شرایط عملیاتی فرودگاه‌ها توسعه دهند و با ایجاد شاخص‌های مناسب از مزایای مختلف آن بهره‌مند شوند (فرودگاه هیترو، ۲۰۱۳).

با ارزیابی کارایی، وضعیت فعلی معین و مسیر پیشرفت مشخص می‌شود. توسعهٔ مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویای فازی بازه‌ای نوع دوم باعث می‌شود کارایی واحدهای تصمیم‌گیری مانند فرودگاه‌ها بهتر ارزیابی شود؛ زیرا علاوه بر روابط درونی واحدهای تصمیم‌گیری در دوره‌های زمانی مختلف، امکان مواجهه با ستانده یا نهادهٔ نامطلوب نیز وجود دارد. همچنین می‌توان ماهیت فازی مؤلفه‌های موجود را در نظر گرفت.

مسلماً برآورد بهره‌وری فرودگاه‌ها با استفاده از شاخص مالم‌کوئیست در پژوهش‌های آتی اطلاعات دقیق‌تری را در این زمینه فراهم می‌آورد. درضمن زمانی که ورودی‌ها یا خروجی‌های روش تحلیل پوششی داده‌ها به‌صورت ترتیبی، نسبتی و یا محدود باشند، اطلاعات دقیق نیستند. چنین داده‌هایی نیازمند طراحی مدل مخصوص به‌خود هستند. ازآنجاکه احتمال مواجهه با چنین داده‌هایی در بررسی‌هایی مانند مطالعهٔ حاضر کم نیست، توصیه می‌شود در پژوهش‌های آتی به مفهوم تحلیل پوششی داده‌های نادقیق[۳۸] در شکل شبکه‌ای پویا توجه شود و مدل مناسبی طراحی شود تا نتایج آن با دست‌آوردهای مطالعهٔ حاضر مقایسه شود. نکتهٔ بعدی آنجا است که اتخاذ چنین رویکردی در بررسی مفاهیم مهم دیگر مانند تاب‌آوری در فرودگاه‌های کشور زمینهٔ بهبود شرایط کاری در این حلقهٔ مهم از ارتباط هوایی را فراهم می‌کند. از سوی دیگر برای اتخاذ عملکردی بهینه در حمل‌ونقل نظامی باید تمامی حلقه‌های زنجیره ارزش آن باهم هم‌سو باشند؛ به همین دلیل توصیه می‌شود در پژوهش‌های آتی کل زنجیره ارزش حمل‌ونقل هوایی به‌جای توجه صِرف به فرودگاه‌ها بررسی شود.

References

Azizi, H., Jafari Shaerlar, A., & Farzipoor Saen, R. (2014). "A new Approach for Considering a Dual-Role Factor in Supplier Selection Problem: DEA with efficient and inefficient frontiers". Journal of production and operation management. 6(2), 129-144.

ACI (Airports Council International) (2014). "Airport Commercial and Retail". http://www.aci-europe-events.com/airport-commercial-retail/exhibition (accessed 14.12.2015).

ACARE (Advisory Council for Aeronautics Research in Europe) (2011). "Flight path 2050 Europe's Vision for Aviation". Luxembourg: Publications Office of the European Union.

ACRP (Airport Cooperative Research Program) (2012). "Guidebook for Incorporating Sustainability in to Traditional Airport Projects". Washington, DC: TRB.

ADP (Aéroports de Paris) (2015). "SERVICES".http://www.aeroportsdeparis.fr/en/passengers/services (accessed 24.12.2015).

Atakan, A.E., & Ekmekci, M. (2015). Reputation in the long-run with imperfect monitoring. *Journal of Economic Theory*, 157, 553-605.

Atlanta International Airport (2015). "Doing Business with the Airport". http://www.atlanta-airport.com/business/DoingBusiness (accessed 13.12.2015).

Azizi, H., Kordrostami, S., & Amirteimoori, A. (2015). "Slacks-based measures of efficiency in imprecise data envelopment analysis: An approach based on data envelopment analysis with double frontiers". *Computers & Industrial Engineering*, 79, 42-51.

Bogetoft, P., Färe, R., Grosskopf S., Hayes, K., & Taylor, L. (2009). "Dynamic network DEA: an illustration". *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 52 (2),147–62.

Bray, S., Caggiani, l., & Ottomanelli, M. (2015). "Measuring transport systems efficiency under uncertainty by fuzzy sets theory based Data Envelopment Analysis: theoretical and practical comparison with traditional DEA model". *Transportation Research Procedia*, 5, 186 – 200.

Bretzke, W.R. (2013). "Service Quality Versus Sustainability: A New Conflict of Objectives". Information Technology in Environmental Engineering Part of the series Environmental Science and Engineering, Springer, 179-190.

Brian, E. (2005). "The Modern Airport Terminal: New Approaches to Airport Architecture". 2nd Edition, Taylor & Francis.

Brisbane Airport Corporation (2009). "Land Use and Precinct Development".http://www.bne.com.au/sites/all/files/content/files/BACMP09_Chapter_6.pdf (accessed 13.12.2015).

CDA (Chicago Department of Aviation) (2013). "Sustainable Airport Manual". http://www.airportsgoinggreen.org/sustainable-airport-manual.aspx (accessed 13.12.2015).

Carnis, L., & Yuliawati, E. (2013). "Nusantara: Between sky and earth could the PPP be the solution for Indonesian airport infrastructures? ". Case Studies on Transport Policy, 1(1-2), 18-26.

Carvalho, I.D.C., Calijuri, L.M., Assemany, P.P., Freitas, M.S., Moreira, N.R.F., Santiago, A.F., & Batalha de Souza, M.H. (2013). "Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports". *Resources, Conservation and Recycling*, 74, 27–36.

Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978). "Measuring the efficiency of decision making units". *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.

Chen C. (2009). "A network-DEA model with new efficiency measures to incorporate the dynamic effect in production networks". *European Journal of Operational Research*, 194, 687–99.

Department for Transport (2003). White Paper: "The Future of Air Transport". https://www.gov.uk/government/uploads/.../6046.pdf , Last visit on November 2015.

Dvořáková, L., & Zborková, J. (2014). "Integration of Sustainable Development at Enterprise Level". *Procedia Engineering*, 69, 686-695.

European Commission (2011). "Transport Research and Innovation in Horizon 2020". http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020 (accessed 14.09.2015).

European Commission (2013). "Horizon 2020 -Draft Horizon 2020 Work Program 2014-2015 in the area of Transport". http://ec.europa.eu/research/horizon2020/pdf/work-programmes/smart_green_and_integrated_transport_draft_work_programme.pdf (accessed 14.12.2015).

Fernando, C.S., Gatchev, V.A., May, A. D., & Megginson, W.L. (2015). "Prestige without purpose? Reputation, differentiation, and pricing in U.S. equity underwriting". *Journal of Corporate Finance*, 32, 41-63.

Ghiyasi M. (2015). "On inverse DEA model: The case of variable returns to scale". *Computers & Industrial Engineering*, 87, 407-409.

Gong, Y., Hu, N., Zhang, J., Liu, G., & Deng, J. (2015). "Multi-attribute group decision making method based on geometric Bonferroni mean operator of trapezoidal interval type-2 fuzzy numbers". *Computers & Industrial Engineering*, 81,167–176.

GSA (Green Sustainable Airports) (2015). "GSA Catalogue". http://www.greenairports.eu/ (accessed 14.12.2015).

Heathrow airport (2013). "Heathrow Q6 Full Business Plan - Public version". http://www.heathrowairport.com/about-us (accessed 14.12.2015).

Hernández, L.L., Temmink, H., Zeeman, G. & Buisman, C.J.N. (2011). "Characterization and anaerobic biodegradability of grey water". *Desalination*, 270(1–3), 111-115.

IATA (International Air Transport Association) (2014). "Annual Review 2014". http://www.iata.org/about/Documents/iata-annual-review-2014.pdf (accessed 14.12.2015).

ICAO (International Civil Aviation Organization) (2006). "Destination Green". http://www.icao.int/publications/journalsreports/2013/6802_en.pdf (accessed 14.09.2015).

ICAO (International Civil Aviation Organization) (2010). "ICAO Environmental Report 2010, Aviation and Climate Change". /http://www.icao.int/icao/en/env2010/Pubs/EnvReport10.htmS (accessed 14.08.2015).

ICAO (International Civil Aviation Organization) (2012). "Sustainable Future for Aviation: ICAO Rio+20 Global Initiative". http://climate-l.iisd.org/news/icao-publishes-booklet-for-rio20-decision makers (accessed 14.09.2015).

ICAO (International Civil Aviation Organization) (2013). "Airport Economics Manual". http://www.icao.int/publications/pages/publication.aspx?docnum=9562 (accessed 14.12.2015).

Gong, Y., Hu, N., Zhang, J., Liu, G., & Deng, J. (2015). "Multi-attribute group decision making method based on geometric Bonferroni mean operator of trapezoidal interval type-2 fuzzy numbers". *Computers & Industrial Engineering*, 81, 167–176.

Herrera-Restrepo, O., Triantis, k, Trainor, J., Murray-Tuite, P., & Edara P. (2015). "A multi-perspective dynamic network performance efficiency measurement of an evacuation: A dynamic network-DEA approach". *Omega*, In Press, Corrected Proof.

Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi, F., Shoja, N., Tohidi, G., & Razavyan, S. (2005). "Undesirable inputs and outputs in DEA models". *Applied Mathematics and Computation*, 169, 917–925.

Janić, M. (2007). "The sustainability of air transportation: a quantitative analysis and assessment". Aldershot, Hants, England, Burlington, VT.

Knudsen, F.B. (2004). "Defining Sustainability in the Aviation Sector". Brussell: Eurocontrol Experimental Centre.

MASSPORT (Massachusetts Port Authority) (2009). "Sustainable Design Standards and Guidelines. Capital Programs and Environmental Affairs Department". https://www.massport.com/media/1042/SustainableDesign_v2_March2011.pdf (accessed 14.12.2015).

Mendel, J.M. (2001). "Uncertain rule-based fuzzy logic systems: Introduction and new directions". Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Mendel, J.M., John, R.I., & Liu, F. (2006). "Interval type-2 fuzzy logic systems made simple". *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 14, 808–821.

Mendel, J.M., & Wu, H.W. (2006). "Type-2 fuzzistics for symmetric interval type-2 fuzzy sets: Part 1, forward problems". *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 14, 781–792.

Mendel, J.M., & Wu, H.W. (2007). "Type-2 fuzzistics for symmetric interval type-2 fuzzy sets: Part 2, inverse problems". *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 15, 301–308.

Monsalud, A., Ho, D., & Rakas, J. (2015). "Greenhouse gas emissions mitigation strategies within the airport sustainability evaluation process". *Sustainable Cities and Society*, 14, 414-424.

NATS (National Air Traffic Services) (2014). "The NATS Corporate Responsibility Report 2014: The countdown to 2020 has begun". http://www.nats.aero/wp-content/uploads/2015/06/NATS-Corporate-Responsibility-Report-2014.pdf (accessed 18.12.2015).

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) (2001). "OECD Environmental Strategy for the First Decade of the 21st Century". http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/1863539.pdf (accessed 14.09.2015).

Orlando International Airport (2015). "Airport Business". http://www.orlandoairports.net/business.htm (accessed 24.12.2015).

Oto, N., Cobanoglu, N., & Geray, C. (2012). "Education for Sustainable Airports". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 1164–1173.

Rawson, R., & Hooper, P.D. (2012). "The importance of stakeholder participation to Sustainable airport master planning in the UK". *Environmental Development*, 2, 36–47.

SAGA (Sustainable Aviation Guidance Alliance) (2015). "Learn". http://www.airportsustainability.org/learn, (accessed 16.12.2015).

Sharafi, H., & Rostamy-malkhalifeh, M. (2014). "Overall Relative Efficiency in Network Data Envelopment Analysis". 6th International Conference of Data Envelopment Analysis, Islamic Azad University – Lahijan Branch.

South Texas Regional Airport at Hondo (2013). "South Texas Regional Airport at Hondo Business Plan". www.hondo-tx.org/airport/docs/Hondo_Airport_Business_Plan.pdf (accessed 14.12.2015).

Transport Research Board (TRB) (2011). "Critical Issues in Aviation and the Environment 2011". Washington, DC: TRB.

Tone, K. & Tsutsui, M. (2009). "Network DEA: A slacks-based measure approach". *European Journal of Operational Research*, 197: 243–252.

Tone, K., & Tsutsui, M. (2014). "Dynamic DEA with network structure: A slacks-based measure approach". *Omega*, 42(1), 124-131.

Too, L., & Earl, L. (2010). "Public transport service quality and sustainable development: a community stakeholder perspective". *Sustainable Development*. 18(1), 51–61.

University Park Airport (2014). "Sustainable airport Master Plan". University park airport.com (accessed 14.08.2015).

Van Eeten, M. (2001). "Recasting intractable policy issues: the wider implications of the Netherlands civil aviation controversy". *Journal of Policy Analysis and Management*, 20, 391–414.

Wang, K., Huang, W., Wu, j., & Liu, Y.N. (2014). "Efficiency measures of the Chinese commercial banking system using an additive two-stage DEA". *Omega*, 44, 5–20.

Wang, Y.M., Yang, J.B., & Xu, D.L. (2015). "Interval weight generation approaches based on consistency test and interval comparison matrices". *Applied Mathematics and Computation*, 167(1), 252-273.

Wu, C.L. (2010). "Airline Operations and Delay Managements". Ashgate Publishing, London.
Yujin, L., & Zhiyong, Z. (2013). "Technical Methods of Comprehensive Transportation Plans in the Airport Economic Zone". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96, 182–187.

[1] Knudsen, 2004
[2] Oto et al., 2012
[3] TRB, 2011
[4] Rawson, Hooper, 2012
[5] Van Eeten, 2001
[6] Brian, 2005
[7] Janić, 2007
[8] ICAO, 2012
[9] SAGA, 2015
[10] ACARE, 2011
[11] Too, Earl, 2010
[12] Bretzke, 2013
[13] Brian, 2005; Janić, 2007; MASSPORT, 2009; ACARE, 2011; European Commission, 2011, 2013; Oto, et al. 2012; Carnis and Yuliawati, 2013; GSA, 2015; Yujin, Zhiyong, 2013
[14] Brisbane Airport Corporation, 2009; ICAO, 2013; South Texas Regional Airport at Hondo, 2013; ACI, 2014; University Park Airport, 2014; Orlando International airport, 2015
[15] Iatrou and Alamdari, 2005; Wu, 2010; Heathrow airport, 2013; ADP, 2015
[16] UK Department for Transport
[17] The future of air Transport
[18] Rawson, Hooper, 2012
[19] Bray et al., 2015
[20] Tone, Tsutsui, 2014
[21] Herrera-Restrepo et al., 2015
[22] Network Dynamic DEA
[23] Bogetoft et al., 2009
[24] Chen, 2009
[25] Zadeh, 1975
[26] Interval Type-2 Fuzzy Sets
[27] Mendel et al., 2006
[28] Mendel and Wu, 2006
[29] Gong et al., 2015
[30] Jahanshahloo et al., 2005
[31] Azizi et al., 2015
[32] Atakan, Ekmekci, 2015
[33] Fernando et al., 2015
[34] DEMATEL & Analytical Network Process
[35] SMART
[36] Sharafi, Rostamy-malkhalifeh, 2014
[37] Horizon 2020
[38] Imprecise data envelopment analysis

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی