Industrial Management Journal
Print ISSN: 2008-5885
Online ISSN: 2423-5369

Ranking Iran's International Rail Transportation Companies Using Dynamic Multi-criteria Decision-making and Fuzzy Inference System

Mahdis Nejatnia
Ph.D. Candidate, Department of Industrial Engineering, School of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran. E-mail: nejatnia_m@iust.ac.ir

Ahmad Makui *
*Corresponding Author, Prof., Department of Industrial Engineering, School of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran. E-mail: amakui@iust.ac.ir

Armin Jabbarzadeh
Assistant Prof., Department of Industrial Engineering, School of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran. E-mail: arminj@iust.ac.ir

Abstract

Objective

Railway cargo transportation has gained popularity as a preferred mode of conveyance, owing to its benefits over alternative methods. These advantages include reduced pollution in comparison to road transport, shorter transit times compared to maritime shipping, and cost-effectiveness in contrast to air transport. As a result, transport companies are more willing to use rail freight transport, especially for international transportation. One of the challenges facing the Islamic Republic of Iran Railways is to rank these companies, which are influential in various decisions such as granting discounts and facilities, handing over foreign wagons, prioritizing requests, and handling complaints. Therefore, this paper aims to develop a dynamic multi-criteria decision-making model to rank Iran's international rail transport companies.

Methods

Considering the dynamic nature of the problem, the dynamic multi-criteria decision-making model was implemented based on the real data of international freight transportation (including export, import, and transit) by international rail transport companies in five years. To estimate future data for international rail transport companies, the fuzzy inference system was used. A fuzzy inference system is a mathematical tool that can handle uncertainty and imprecision in data.

Results

Considering the dual uncertainty factors initially, companies' activities were evaluated using a fuzzy inference system, followed by the dynamics of a dynamic multi-criteria

decision-making model the prioritization of 15 international rail transport companies for the Islamic Republic of Iran Railways was established. The results indicated that dealing with the problem of ranking international rail transport companies dynamically will achieve a more favorable outcome. The applicability of the presented method to benefit from the fuzzy inference system in the dynamic multi-criteria decision-making model is one of the other results.

Conclusion

This study could develop a dynamic multi-criteria decision-making model to rank Iran's international rail transport companies. The proposed dynamic multi-criteria decision-making model includes several implications. Firstly, it provides a comprehensive and systematic approach to evaluate and rank international rail transport companies based on multiple criteria and factors. This approach can help decision-makers to make informed decisions and allocate resources effectively. Secondly, the use of the fuzzy inference system to estimate future data is a significant contribution to the field of transportation. This mathematical tool can handle uncertainty and imprecision in data, which is common in transportation systems. This can help decision-makers to anticipate future trends and plan accordingly. Moreover, the proposed model can be customized and applied to other realms and fields. The model can be adapted to the specific needs and requirements of each problem, making it a versatile and adaptable tool for decision-making. By using this model, decision-makers can take into account multiple criteria and factors, such as cost, time, and environmental impact, and evaluate different scenarios to find the most optimal solution.

Keywords: Dynamic multi-criteria decision-making, Fuzzy inference system, International rail transport companies in Iran.

Citation: Nejatnia, Mahdis; Makui, Ahmad & Jabbarzadeh, Armin (2023). Ranking Iran's International Rail Transportation Companies Using Dynamic Multi-criteria Decision-making and Fuzzy Inference System. *Industrial Management Journal,* 15(3), 386- 410. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2023, Vol. 15, No 3, pp. 386- 410
Published by University of Tehran, Faculty of Management
https://doi.org/10.22059/IMJ.2023.351139.1008004
Article Type: Research Paper
© Authors
Received: November 13, 2022
Received in revised form: May 23, 2023
Accepted: June 26, 2023
Published online: October 21, 2023

مدیریت صنعتی
شاپا چاپی: ۵۸۸۵-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۵۳۶۹-۲۴۲۳

رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی ایران با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا و سیستم استنتاج فازی

مهدیس نجات‌نیا
دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. رایانامه: nejatnia_m@iust.ac.ir

احمد ماکوئی*
* نویسنده مسئول، استاد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. رایانامه: amakui@iust.ac.ir

آرمین جبارزاده
استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. رایانامه: arminj@iust.ac.ir

چکیده

هدف: حمل بار از طریق ریل با توجه به مزایایی همچون آلودگی کمتر در مقایسه با حمل جاده‌ای، صرف زمان کمتر در قیاس با حمل دریایی و هزینه کمتر نسبت به حمل هوایی، از جمله موضوعاتی است که در حوزه حمل‌ونقل اهمیت دارد. از همین رو شرکت‌های حمل‌ونقلی، بیش از پیش به فعالیت در زمینه حمل بار ریلی و به‌ویژه، حمل بار بین‌المللی ریلی تمایل نشان می‌دهند. از جمله چالش‌های شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران، در حوزه حمل‌ونقل بین‌المللی، رتبه‌بندی این شرکت‌هاست که در تصمیم‌های گوناگونی همچون اعطای تخفیفات و تسهیلات، واگذاری واگن‌های خارجی، اولویت‌دهی به تأمین خواسته‌ها و رسیدگی به شکایات و موضوعاتی از این دست تأثیرگذار است. به همین منظور، در این مقاله مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا، برای رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی ایران پیاده‌سازی شده است.

روش: با توجه به ماهیت پویای مسئله، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا، بر اساس داده‌های واقعی حمل بار بین‌المللی، شامل صادرات، واردات و ترانزیت، توسط شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی، در پنج سال اجرا شد و به‌منظور برآورد داده‌های عملکردی شرکت‌ها در آینده، از سیستم استنتاج فازی بهره گرفته شد.

یافته‌ها: با لحاظ‌کردن عدم قطعیت از دو جهت که یکی تأثیرپذیری فعالیت شرکت‌ها در قالب یک سیستم استنتاج فازی و دیگری، پویایی مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا بود، اولویت ۱۵ شرکت حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی، برای شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران مشخص شد.

نتیجه‌گیری: نتایج کلی بیانگر آن است که مواجهه با موضوع رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی به‌صورت پویا، خروجی مطلوب‌تری را ارائه می‌دهد. همچنین کاربردی‌بودن روش ارائه‌شده برای بهره‌مندی از سیستم استنتاج فازی در مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا، از دیگر نتایجی است که از این پژوهش حاصل شد.

کلیدواژه‌ها: تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا، سیستم استنتاج فازی، شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی ایران.

استناد: نجات‌نیا، مهدیس؛ ماکوئی، احمد و جبارزاده، آرمین (۱۴۰۲). رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی ایران با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا و سیستم استنتاج فازی. *مدیریت صنعتی*، ۱۵(۳)، ۳۸۶- ۴۱۰.

مدیریت صنعتی، ۱۴۰۲، دوره ۱۵، شماره ۳، صص. ۳۸۶- ۴۱۰
ناشر: دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
نوع مقاله: علمی پژوهشی
© نویسندگان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۲۹
doi: https://doi.org/10.22059/IMJ.2023.351139.1008004

مقدمه

حمل‌ونقل ریلی در ایران، در سال‌های گذشته توجه زیادی را به خود معطوف کرده است. رشد ۳۷ درصدی تناژ بار حمل شده و افزایش ۴۶ درصدی تن ـ کیلومتر حمل شده طی ده سال گذشته (سالنامه آماری حمل‌ونقل ریلی کشور، سال‌ها ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰)، منجر شده است که دستیابی به هدف کسب سهم ۳۰ درصدی حمل ریلی از حمل بار زمینی در سیاست‌های کلان کشور منظور شود (قانون برنامه پنج‌ساله ششم توسعه). از جمله حوزه‌های مورد توجه در حمل‌ونقل ریلی همچون سایر شقوق حمل‌ونقلی، حمل‌ونقل بین‌المللی است و یکی از اساسی‌ترین چالش‌ها در این حوزه، رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی است. این رتبه‌بندی از آن جهت حائز اهمیت است که در تصمیم‌گیری‌های متعددی همچون تخصیص واگن، اعطای تخفیف، مدیریت مدت زمان سیر واگن‌های خارجی در ایران و نظایر آن تأثیرگذار است. به عبارتی، طراحی صحیح مدلی که به تصمیم‌گیری مناسب در خصوص تعیین رتبه و جایگاه شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی بینجامد؛ نقش بسزایی در مدیریت سازمان ایفا می‌کند و نمی‌توان نقش آن را در موفقیت یا شکست سازمان‌ها انکارکردنی دانست (نعمتی، مهرگان و حسین‌زاده، ۱۴۰۰).

تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] (در ادامه از آن با عنوان روش تصمیم‌گیری چندمعیاره کلاسیک یاد می‌شود) روشی مرسوم در رتبه‌بندی شرکت‌هاست که در مطالعات بسیاری بدان پرداخته شده است. این روش، روشی تحلیلی برای ارزیابی مجموعه‌ای از گزینه‌هاست که به تصمیم‌گیران در مواجهه با چند شاخص، کمک می‌کند تا مطلوب‌ترین تصمیم را برگزینند (چن و زنگ[2]، ۲۰۱۵). به عبارت دیگر، تصمیم‌گیری چندمعیاره کلاسیک، شامل انتخاب گزینه مناسب از میان مجموعه مشخصی از گزینه‌های ممکن و بر اساس خصیصه هر یک از گزینه‌ها در قبال هر یک از معیارهاست (لین، لی و تینگ[3]، ۲۰۰۸).

در نگاه اول، انجام رتبه‌بندی شرکت‌ها در قالب یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره کلاسیک قابل تحقق است؛ در حالی که با نگاهی عمیق‌تر، رتبه‌بندی صحیح‌تر و دقیق‌تر زمانی محقق می‌شود که رفتار هر یک از شرکت‌ها، فقط در زمان تصمیم‌گیری بررسی نشود، بلکه نگاهی به روند تغییرات رفتاری شرکت‌ها در گذشته نیز وجود داشته باشد. نتیجه ایدئال زمانی حاصل خواهد شد که در رتبه‌بندی شرکت‌ها، نیم‌نگاهی به رفتار آن‌ها در آینده نیز وجود داشته باشد. آنچه بدیهی است، چنین شرایطی، استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا را ضروری می‌کند؛ بنابراین در ادامه تعاریفی چند از مسائل چندمعیاره پویا ارائه می‌شود.

در برخی شرایط، ضروری است که در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره، عملکرد گذشته و حال گزینه‌ها مورد بررسی قرار گیرد. این گونه از مسائل را مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره پویا می‌خوانند؛ چرا که بُعد زمان در آن‌ها لحاظ شده است (زولوئتا، مارتینز مورنو، پرز و مارتینز[4]، ۲۰۱۴؛ کامپانلا و ریبیرو[5]، ۲۰۱۱؛ ساعتی[6]، ۲۰۰۷). تصمیم‌گیری چندمعیاره

1. Multi Criteria Decision Making (MCDM)
2. Chen & Tzeng
3. Lin, Lee & Ting
4. Zulueta, Martinez-Moreno, Pérez & Martinez
5. Campanella & Ribeiro
6. Saaty

پویا، عموماً بر مسائلی تمرکز دارد که تصمیم نهایی بر اساس تمام اطلاعاتی اتخاذ می‌شود که در دوره‌های زمانی مختلف گردآوری شده است. آنچه در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره، به‌عنوان پویایی مطرح می‌شود، حداقل به یکی از حالت‌های زیر اتفاق می‌افتد:

- متغیر بودن گزینه‌های مورد بررسی در طول زمان؛
- ثابت نبودن ارزش هر گزینه در قبال هر معیار؛
- متغیر بودن معیارهای سنجش در فرایند تصمیم‌گیری در طول زمان؛
- متفاوت بودن وزن معیارها در طول زمان.

برای روشن‌تر شدن ضرورت بررسی مسئله رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی در ایران در قالب مسئله چندمعیاره پویا (و نه مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره کلاسیک)، فرض می‌شود که به‌منظور تعیین امتیاز و رتبه هر شرکت، فقط اطلاعات عملکردی و رفتاری آن شرکت در زمان تصمیم‌گیری مد نظر قرار گیرد. برای نمونه، رتبه‌بندی در انتهای سال ۱۴۰۰ براساس عملکرد شرکت‌ها در سال ۱۴۰۰ انجام پذیرد. حال آنکه ممکن است شرکتی برخلاف روال چندین ساله، در سال ۱۴۰۰ بنا به‌دلایل مقطعی، عملکرد مطلوبی را ثبت نکرده باشد و همین امر به تنزل رتبه آن شرکت منجر شود و به‌تبع آن، اولویت شرکت در اموری همچون تخصیص ناوگان به محمولات آن در سال ۱۴۰۱ کاهش یابد که ممکن است با مرتفع شدن دلایل مقطعی کاهش عملکرد، سالی با عملکرد بالا باشد و در صورت عدم پیش‌بینی این موضوع، مشکلات جدی نظیر رسوب محمولات آن شرکت در شبکه ریلی به‌دلیل عدم تخصیص ناوگان و در نتیجه کاهش چشمگیر کارایی حمل‌ونقل ریلی در سال ۱۴۰۱ را به همراه داشته باشد. حالت دیگری که در مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره کلاسیک قابل اعمال نیست، حالتی است که در آن شرکتی عملکرد مناسبی در سال ۱۴۰۰ نسبت به سایر شرکت‌ها داشته باشد؛ اما رصد عملکرد این شرکت در چندین سال گذشته، حاکی از روندی نزولی است که در صورت ادامه‌دار شدن این شرایط در سال ۱۴۰۱، شکاف زیادی میان برنامه تخصیص ناوگان به محمولات آن شرکت و محمولات آماده بارگیری آن شرکت در سال ۱۴۰۱ ایجاد شود و در عمل، برنامه‌ریزی انجام شده را نیازمند بازنگری کند.

با توجه به توضیحات ارائه شده در رابطه با شرایط حاکم بر مسئله رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی در ایران، مقاله پیش‌رو، این موضوع را با استفاده از داده‌های واقعی پنج ساله گذشته (سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰) و با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا مورد بررسی قرار داده و رتبه‌بندی بهتری را در قیاس با پیاده‌سازی مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره کلاسیک ارائه می‌دهد. با توجه به امکان عدم فعالیت یک شرکت در برخی از دوره‌های زمانی و نیز تغییر عملکرد شرکت‌ها در دوره‌های مختلف، در مسئله رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی ایران، دو حالت نخست از پویایی در نظر گرفته می‌شود.

در بخش دوم، ادبیات موضوع و مقالات ارائه شده برای مواجهه مسئله رتبه‌بندی شرکت‌ها و همچنین مطالعات انجام پذیرفته در زمینه تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا، به‌صورت اجمالی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش سوم چارچوب اصلی مورد بهره‌گیری در این مقاله توضیح داده می‌شود و در بخش چهارم با استفاده از داده‌های پنج‌ساله حمل ریلی ایران، رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی به‌عنوان یک مسئله چندمعیاره پویا، انجام می‌پذیرد. در نهایت، جمع‌بندی در فصل پنجم بیان می‌شود.

پیشینه پژوهش

موضوع رتبه‌بندی شرکت‌ها و اعتبارسنجی عملکرد آن‌ها تا اندازه‌ای در دنیای کنونی حائز اهمیت است که در مؤسسه‌های بزرگی همچون فیچ ریتینگز[1]، استاندارد اند پورز[2] و مودیز[3]، سالانه شاخص‌های بازار مالی را ارزیابی و رتبه و امتیاز اعتباری اشخاص حقیقی و حقوقی را ارائه می‌کنند. از همین رو مطالعات متعددی برای رتبه‌بندی شرکت‌ها وجود دارد. برخی از این مطالعات با بهره‌گیری از تکنیک‌های داده‌های کاوی به رتبه‌بندی شرکت‌ها پرداخته‌اند. در این دسته از مقالات، پژوهشگران متناسب با هدف تحقیق، شاخص‌های ارزیابی با اهمیت را شناسایی کرده و با استفاده از یکی از تکنیک‌های داده‌کاوی از جمله یادگیری ماشین، شبکه‌های عصبی، شبکه‌های بیزین، خوشه‌بندی، رگرسیون لجستیک و... شرکت‌های منتخب را رتبه‌بندی می‌کنند (ناواسده‌مایا، ارسلان، آکویاز، کورت و تران[4]، ۲۰۲۲؛ گنگ، بس و چن[5]، ۲۰۱۵؛ ابوالقاسمی، قوسی، یاریان و محمودی، ۱۳۹۶؛ صادقی، جباری و شفیعی، ۱۳۹۱).

از دیگر روش‌های مورد استفاده در مطالعات انجام پذیرفته در رتبه‌بندی شرکت‌ها و یا موجودیت‌ها، روش تحلیل پوششی داده‌ها است. تحلیل پوششی داده‌ها، روش برنامه‌ریزی خطی است که به صورت تجربی کارایی نسبی چندین موجودیت مشابه را کمی می‌کند. این روش امکان ارزیابی موجودیت‌ها در شرایط تصادفی را نیز مهیا می‌کند (رادسر، کاظمی، مهرگان و رضوی حاجی آقا، ۱۴۰۰؛ پناهنده خوجین، طلوعی اشلقی و افشارکاظمی، ۱۴۰۰؛ ایزدی‌خواه و فرزین‌پور سائن[6]، ۲۰۲۰؛ آناندراو، دورای و گویاری[7]، ۲۰۱۹).

آنچه بخش عظیمی از مطالعات انجام پذیرفته در حوزه رتبه‌بندی شرکت‌ها را به خود اختصاص داده است، روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره است. ارزیابی عملکرد شرکت‌ها و تعیین رتبه‌هریک به‌منظور ایجاد امکان مقایسه آن‌ها در شرایطی که می‌بایست چندین معیار (گاهی نیز با هم در تعارض‌اند) در نظر گرفته شود، بارها در مطالعات مختلفی که از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کرده‌اند، دیده شده است. در این مطالعات، تعداد مشخص و محدودی شرکت بر اساس تعداد مشخص و محدودی معیار مورد سنجش قرار می‌گیرند. برای پیاده‌سازی روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، عملکرد (رفتار) هر یک از شرکت‌ها (گزینه‌ها) در قبال هر یک از معیارها، استخراج شده و با انجام محاسبات ریاضی و در طی یک فرایند تحلیلی، امتیاز نهایی هر شرکت مشخص می‌شود. نمونه‌های متعددی از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت رتبه‌بندی شرکت‌ها در ادبیات موضوع وجود دارد. به‌کارگیری روش‌های متداولی همچون TOPSIS و AHP در رتبه‌بندی شرکت‌ها، برای نمونه در مطالعات صحت، طاهری و حسین‌آبادی ساده[8] (۲۰۱۵)، ایچ[9] (۲۰۱۴)، جاناکویچ، ساویک و استانکویچ[10] (۲۰۱۳) و گریوانی، درخشانی، نوری و احمدی شادمهری

1. Fitch Ratings
2. Standard and Poor's
3. Moody's
4. Navas de Maya, Arslan, Akyuz, Kurt & Turan
5. Geng, Bose & Chen
6. Izadikhah & Farzipoor Saen
7. Anandarao, Durai & Goyari
8. Sehhat, Taheri & Hosseinabadi Sadeh
9. İç
10. Janackovic, Savic & Stankovic

(۱۳۹۶) دیده می‌شود. همچنین در سال‌های اخیر، روش‌های جدیدتر تصمیم‌گیری چندمعیاره همچون ویکور[1] (ارجان و اندر[2]، ۲۰۱۶)، دیماتل[3] (موسوی‌زاده و شکیب‌زاده[4]، ۲۰۱۹)، پرومیت[5] (ملو، مدیروس و المیدا[6]، ۲۰۱۳)، ARAS (کارابا‌سویک، پانکویک و استانوکیک[7]، ۲۰۱۶)، RADERIA (یاکولیویچ، زیزوویچ، پاموکار، استویچ و آلبیانیچ[8]، ۲۰۲۱) و MAROS (استویچ و برکویچ[9]، ۲۰۲۰) به‌منظور ارزیابی نسبی عملکرد شرکت‌ها در قبال معیارها بسیار مورد توجه بوده است. محققانی همچون انواری رستمی، حسینیان و رضایی اصل (۱۳۹۱)، سراییان ورنوسفادرانی و شاطالبی حسین‌آبادی (۱۳۹۵) و خانمحمدی و حیدری (۱۳۹۷) از ترکیب روش‌های مذکور برای رتبه‌بندی شرکت‌ها بهره گرفته‌اند.

در تمامی مطالعات ذکر شده، اطلاعات مربوط به گزینه‌های تصمیم‌گیری (شرکت‌ها)، معیارهای انتخاب (رتبه‌بندی) و رفتار (عملکرد) گزینه‌ها در قبال معیارها، به‌صورت قطعی در نظر گرفته شده است. این در حالی‌است ماهیت متغیر دنیای امروزی، نادیده گرفتن فرض پویا و دینامیک بودن را غیرممکن کرده است. بنا به چالش‌هایی همچون تغییر مجموعه گزینه‌های مورد بررسی، عدم ثبات در معیارهای منتخب و رفتار غیرثابت گزینه‌ها در قبال معیارها، توجه به حوزه تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا در چند دهه گذشته فزونی داشته است. مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا نیز از این موضوع مستثنا نیست؛ از این رو در ادامه مطالعات حوزه تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا، به‌صورت مجزا بررسی شده است.

مفهوم تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا برای نخستین بار توسط کرنبلوث[10] (۱۹۹۲) معرفی شد. او در قالب یک بازی، مفهوم وابستگی معیارهای تصمیم‌گیری به زمان را مطرح کرد. پس از او و در دهه گذشته، این موضوع در مطالعات بسیاری مورد توجه قرار گرفت. برخی از این مقالات به بررسی مفهوم پویایی در مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره پرداخته‌اند. برای نمونه وو، چاعه و السون[11] (۲۰۰۲) در مقاله خود ترکیبی از MCDM و مدل‌های سیستم دینامیک را به‌صورت مفهومی ارائه کرده‌اند. یو و چن[12] (۲۰۱۲) سازوکار رفتاری ناشی از تلفیق یافته‌های علوم شبکه عصبی، روانشناسی، نظریه بهینه‌سازی و MCDM را توصیف می‌کنند. پیس و ریبیرو[13] (۲۰۰۹) نیز ضمن بیان ضرورت دریافت بازخورد از هر مرحله در مرحله بعد، مفهوم تجمیع اطلاعات گذشته در قالب تابع History را مطرح کرده‌اند.

دسته دیگری از پژوهش‌ها، پویایی را از طریق بهره‌مندی از مفهوم فازی در مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره لحاظ کرده‌اند (لین و همکاران، ۲۰۰۸؛ شو و یاگر[14]، ۲۰۰۸؛ قهرمان و جبی[15]، ۲۰۰۹؛ لی و کو و پنگ[16]، ۲۰۱۵؛ پالومارس،

1. VIKOR
2. Ercan & Onder
3. DEMATEL
4. Mousavizade & Shakibazad
5. PROMETHEE
6. Melo, Medeiros & Almeida
7. Karabasevic, Paunkovic & Stanujkic
8. Jakovljevic, Zizovic, Pamucar, Stević & Albijanic
9. Stević & Brković
10. Kornbluth
11. Vo, Chae & Olson
12. Yu & Chen
13. Pais & Ribeiro
14. Xu &Yager
15. Kahraman & Çebı
16. Li, Kou & Peng

کالوتاراژ، هوانگ، مک‌کاسلند و مک‌ویلیامز[1]، ۲۰۱۷؛ مورنته مولینرا، وو، مورفق، الحموز و هررا ویدما[2]، ۲۰۲۰؛ نوروزی[3]، ۲۰۲۱؛ دوک و همکاران[4]، ۲۰۲۱؛ فن، ژانگ و وو[5]، ۲۰۲۲؛ یو، یانگ، ما و امبا[6]، ۲۰۲۲). نویسندگان این گروه از مقالات، عناصر ماتریس تصمیم را به یکی از حالات اعداد خاکستری، بازه‌ای، فازی مثلثی و یا فازی ذوزنقه‌ای در نظر گرفته‌اند و با معرفی عملگرهایی، ماتریس‌های تصمیم در دوره‌های مختلف را با یکدیگر تجمیع کرده‌اند.

در سال ۲۰۱۱، مقاله‌ای توسط کامپانلا و ریبیرو منتشر شدکه پایه و اساس چندین مقاله دیگر در سال‌های پس از آن است. در این مطالعه ضمن تعریف نظام‌مند تابعی جهت ذخیره کردن اطلاعات گذشته، الگوریتمی به‌منظور دستیابی به رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس رتبه حاصل از پیاده‌سازی MCDM کلاسیک در هر دوره و نیز بر اساس ارزش گزینه‌ها در دوره‌های گذشته، طراحی شده است.

زولوئتا و همکارانش (۲۰۱۴) روشی را ارائه کردند برای رتبه‌بندی گزینه‌ها در شرایطی که بر اساس روش کامپانلا و ریبیرو، رتبه یکسانی کسب کنند. همچنین جاسبی، ریبیرو و وارلا[7] (۲۰۱۴)، موضوع تصمیم‌گیری گروهی را با چارچوب کامپانلا و ریبیرو ترکیب کردند و در ادامه نیز (۲۰۱۴)، مفهوم تأثیرگذاری اطلاعات پیش‌بینی‌شده برای آینده، در تصمیم‌گیری در زمان حال را بررسی و الگوریتمی ارائه کردند. هاشم‌خانی ذوالفانی، مکنون و زاوادسکاس[8] (۲۰۱۶) از مفهوم سناریوهای آینده در ایجاد مدل تصمیم‌گیری در زمان حال استفاده کردند. بدین ترتیب که با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف از آینده (که امکان متفاوت بودن مجموعه معیارها و گزینه‌ها را فراهم می‌آورد)، مؤثرترین معیارها و کاربردی‌ترین گزینه‌ها را جهت تشکیل مدل تصمیم‌گیری مناسب در زمان حال، تعیین می‌کند.

هاشم‌خانی ذوالفانی و همکارانش (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای دیگر، ضمن بیان اینکه متدولوژی جاسبی تنها برای آینده‌های نزدیک کارایی دارد، روش جدیدی را برای لحاظ کردن تأثیر اطلاعات آینده در تصمیمات فعلی، ارائه کردند. آن‌ها با در نظر گرفتن شرایط محدودکننده، ماتریس تصمیم را تشکیل داده و براساس احتمالات هر یک از این شرایط، مدل تصمیم‌گیری را پیاده کردند.

واتروبسکی، جانکوسکی و زیمبا[9] (۲۰۱۶) متدولوژی معرفی شده توسط کامپانلا و ریبیرورا در حوزه مدیریت بازاریابی رسانه‌ای مورد استفاده قرار دادند. همچنین چارچوب کامپانلا و ریبیرو توسط لیو، جیانگ و مارتینز[10] (۲۰۱۸) برای متغیرهای زبانی توسعه داده شد.

بنیتز، روشا، واروم و رودریگز[11] (۲۰۲۰) مدل تصمیم‌گیری پویایی مبتنی بر AHP جهت برنامه‌ریزی تعمیر و

1. Palomares, Kalutarage, Huang, McCausland & McWilliams
2. Morente-Molinera, Wu, Morfeq, Al-Hmouz & Herrera-Viedma
3. Norouzi
4. Duc et al.
5. Fan, Zhang & Wu
6. Yu, Yang, Ma & Mba
7. Jassbi, Ribeiro & Varela
8. Hashemkhani Zolfani, Maknoon & Zavadskas
9. Watrobski, Jankowski & Ziemba
10. Liu, Jiang & Martínez
11. Benitez, Rocha, Varum & Rodrigues

نگهداری ارائه دادند که در آن وزن معیارها به‌صورت تصادفی تعیین می‌شود. تانگ و همکاران[1] (۲۰۲۰) نیز مدل تاپسیس پویا را برای مجموعه‌های نوتروسوفی پیاده و امکان تغییر معیارها و گزینه‌ها در دوره‌های مختلف را بررسی و بر اساس چارچوب کامپانلا و ریبیرو تحلیل کردند.

ترکیب مفاهیم فازی و چارچوب کامپانلا و ریبیرو را می‌توان در مطالعه تائو، لیو، کای و چئونگ[2] (۲۰۲۱) مشاهده کرد. در روش دو مرحله‌ای‌معرفی شده توسط آن‌ها، علاوه بر رتبه‌بندی گزینه‌ها، قابلیت اطمینان هر یک از تصمیم‌گیرندگان نیز محاسبه می‌شود.

یائو، لیو، سان و لی[3] (۲۰۲۲) در پژوهشی ضمن معرفی مفهوم الگوهای داخلی در مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا، دو شاخص پراکندگی و گرایش را به‌عنوان دو الگوی تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری در طول زمان لحاظ کرده‌اند و در ادامه، مدلی برای تجمیع چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره پویای کامپانلا و ریبیرو و شاخص‌های پراکندگی و گرایش را ارائه داده‌اند. آن‌ها معتقدند که مدل جدید، کارکرد بهتری نسبت به چارچوبی دارد که صرفاً الگوهای داخلی را در نظر نگرفته است.

همان گونه که مشاهده می‌شود، مطالعات در زمینه رتبه‌بندی شرکت‌ها، بیشتر بر پایه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بنا شده‌اند. این در حالی است که مطابق آنچه پیشتر مورد تأکید قرار گرفت، تعریف و مواجهه با این گونه مسائل در قالب مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا، اجتناب‌ناپذیر است و چنین پژوهشی در ادبیات موضوع به چشم نمی‌خورد. به همین منظور مطالعه پیش‌رو بر آن است که با بهره‌گیری از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا، شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی در ایران را رتبه‌بندی کند.

در این مطالعه، به‌منظور پیش‌بینی عملکرد شرکت‌ها در آینده، از سیستم استنتاج فازی استفاده شده است. علت این انتخاب، تأثیرپذیری زیاد عملکرد شرکت‌ها از متغیرهای اقتصادی و اجتماعی غیرقطعی حاکم بر جامعه (همچون نرخ ارز و نرخ تورم، شرایط سیاسی و دیپلماتیک) است. دو ویژگی اصلی سیستم استناج فازی که عبارت‌اند از نقش اساسی عامل انسانی در درک، بیان و تصمیم‌گیری در سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی که نمود آن در متغیری همچون مزیت رقابتی شرکت قابل مشاهده است و همچنین سهولت کاربرد و دقت این سیستم در نگاشت بین ورودی‌ها و خروجی‌های نادقیق (خواجوی، سیدعلیخانی و غیوری مقدم، ۱۴۰۱)، سیستم استنتاج فازی را انتخاب مناسبی برای ترکیب با مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا در تحقق رتبه‌بندی شرکت‌ها کرده است.

روش‌شناسی پژوهش

بیان مسئله و تبیین آن در قالب مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره

وجود عوامل مختلف در ارزیابی عملکرد شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی در ایران، این مسئله را در زمره مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره قرار می‌دهد که در گام نخست، نیازمند آن است معیارها و اوزان آن‌ها تعیین گردند. بدین منظور

1. Thong et al.
2. Tao, Liu, Cai & Cheong
3. Yao, Liu, Sun, Le & Li

در این پژوهش، نظرات گروهی از خبرگان صنعت ریلی اخذ و گردآوری شده است. خبرگانی که نظرات آن‌ها جهت انتخاب و وزن‌دهی به معیارها، تعیین متغیرهای سیستم استنتاج فازی و فازی‌سازی این متغیرها و همچنین تعیین قواعد حاکم بر سیستم استنتاج فازی، اخذ و اعمال شده است؛ شامل گروه ۱۵ نفره از مدیران میانی شرکت راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران در بخش‌های مالی، بازرگانی خارجی، مدیریت عملکرد، مدیریت منابع، سیر و حرکت، ناوگان، نیروی کشش و دفاتر مهندسی و نظارت بوده است. گستردگی حوزه‌های انتخابی با این هدف انجام پذیرفته است که نقطه نظرات مرتبط با مسئله از ابعاد مختلف گردآوری و بررسی شود. به‌منظور تعمیق نظر خبرگان، محدودیت زمانی حداقل ۳ سال فعالیت در رده شغلی در نظر گرفته شده است. براساس نظرهای این گروه، سه معیار انتخاب شده جهت سنجش جایگاه شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی، بدین شرح است:

- تناژ بار حمل شده: منظور از تناژ بار حمل شده برای هر شرکت، وزن محسوب باری است که در بارنامه، اسم آن شرکت حمل‌ونقلی قید شده باشد.
- درآمد راه‌آهن: درآمد راه‌آهن ایران از میزان بار حمل شده، خود تأثیر گرفته از عواملی همچون تناژ حمل، کیلومتر حمل، نوع کالا و محور سیر است. منظور از این معیار برای گزینه‌ها، درآمدی است که به ازای عملکرد هر شرکت و برحسب نوع کالا و محور سیر و تن ـ کیلومتر نصیب شرکت راه‌آهن می‌شود.
- متوسط زمان توقف واگن‌های خارجی: شرکت راه‌آهن در ازای مدت زمان حضور واگن‌های خارجی در ایران ملزم به پرداخت حق استفاده به راه‌آهن‌های صاحب واگن‌هاست. در برخی مواقع این واگن‌ها در مبادی بارگیری و یا مقاصد تخلیه در اثر تعلل شرکت‌ها، متوقف می‌مانند که به افزایش حق استفاده پرداختی به سایر کشورها منجر می‌شود. منظور از متوسط زمان توقف واگن‌های خارجی برای شرکت‌ها، متوسط زمان توقف واگن‌های خارجی از زمان واگذاری به شرکت‌ها در مبادی و مقاصد است.

دو معیار نخست از نوع معیارهای مثبت می‌باشند در حالیکه معیار سوم به دلیل هزینه‌زا بودن، از نوع معیارهای منفی است. وزن معیارها نیز در نتیجه اخذ نظرات خبرگان شرکت راه‌آهن ایران، به‌ترتیب برابر ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۲ در نظر گرفته می‌شود.

گزینه‌های مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا، ۱۵ شرکت حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی ایران هستند که در این مقاله با نام‌های شرکت ۱ تا شرکت ۱۵ بیان می‌گردند. داده‌های واقعی عملکردی این ۱۵ شرکت در قبال سه معیار منتخب، برای ۵ سال از سال ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ گردآوری و در جدول ۱ درج شده است. در این جدول اعداد مربوط به تناژ براساس هزار تن، اعداد مربوط به درآمد براساس میلیارد ریال و اعداد مربوط به توقفات براساس روز ذکر شده‌اند. همچنین در پیاده‌سازی مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا برای مسئله رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی ایران، در مراحلی که نیاز به استفاده از یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره کلاسیک بوده است، از روش مجموع ساده وزنی[1] بهره‌گرفته شد.

1. Simple Additive Weighting (SAW)

جدول ۱. داده‌های واقعی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰

گزینه	۱۳۹۶		۱۳۹۷		۱۳۹۸		۱۳۹۹		۱۴۰۰	
	تناژ	درآمد	توقف	تناژ	درآمد	توقف	تناژ	درآمد	توقف	تناژ	درآمد	توقف
شرکت ۱	۱۷۴/۹۷۳	۸۴/۵۱۴	۱/۹۴۹	۱۸۰/۵۱۵	۱۳۹/۷۸۳	۱/۸۱۹	۱۰۱/۵۵۲	۱۰۷/۱۳۲	۱/۳۴۵	۱۷۶/۴۷۵	۲۴۰/۱۶۵	۳/۲۲۷	۱۷۸/۸۱۴	۴۵۵/۰۶۳	۱/۲۰۰
شرکت ۲	۱۳۴/۸۶۳	۵۹/۰۲۴	۳/۷۶۹	۶۵/۸۵۶	۲۶/۴۷۱	۱/۸۱۸	۳۷/۲۳۷	۳۲/۳۸۴	۳/۰۷۱	۱۳/۵۳۱	۱۵/۳۵۹	۱/۴۲۷	۱۴۱/۷۷۹	۷۷/۸۳۲	۱/۶۲۰
شرکت ۳	۳۷/۱۲۲	۱۸/۵۳۳	۲/۰۲۷	۲۴/۲۴۷	۱۵/۰۰۲	۰/۴۳۶	۳۰/۴۴۵	۳۶/۳۰۵	۱/۷۳۴	۵۴/۲۱۲	۷۷/۱۲۶	۱/۴۹۷	۷۴/۶۱۶	۱۴۶/۰۳۹	۱/۴۹۹
شرکت ۴	۱۵۲/۶۱۰	۴۱/۴۱۵	۱/۷۳۹	۵۴/۲۰۹	۱۸/۴۲۵	۲/۷۵۲	۷۵/۸۹۸	۵۱/۶۴۹	۱/۰۹۲	۱۶۴/۳۲۸	۱۵۰/۲۵۴	۲/۱۹۹	۶۲/۶۷۶	۶۴/۵۴۶	۲/۱۵۵
شرکت ۵	۱۸۷/۲۱۷	۲۳۵/۸۴۰	۰/۹۹۹	۲۸۴/۶۰۴	۵۱۵/۶۰۶	۱/۲۰۰	۲۸۴/۳۴۴	۵۱۵/۳۶۴	۳/۲۳۸	۶۵/۲۹۸	۱۴۵/۸۳۹	۱/۱۵۹	۵۹/۱۰۲	۸۶/۳۵۷	۲/۱۵۲
شرکت ۶	۶۰/۵۷۷	۶۶/۷۹۱	۱/۰۷۹	۵۹/۰۴۹	۶۷/۳۹۳	۰/۹۷۸	۶۳/۷۳۸	۸۳/۸۹۵	۱/۷۹۵	۵۷/۹۳۶	۹۳/۱۲۴	۱/۰۵۰	۴۲/۳۳۲	۷۸/۴۶۴	۱/۷۵۸
شرکت ۷	۴۴۲/۹۸۰	۵۱۶/۸۷۵	۲/۱۹۹	۳۳۰/۸۱۵	۵۹۱/۵۱۶	۱/۶۱۰	۳۳۷/۹۳۷	۶۲۹/۱۵۴	۱/۶۱۹	۱۴۷/۰۱۳	۴۳۸/۱۰۵	۰/۹۹۹	۳۹/۵۳۰	۱۱۴/۵۸۱	۳/۷۶۲
شرکت ۸	۶۵/۸۷۸	۶۴/۱۶۹	۲/۶۰۷	۱۲۱/۷۲۶	۲۳۴/۷۹۷	۱/۴۴۸	۱۵۰/۸۰۶	۲۵۹/۹۴۱	۲/۴۹۸	۱۲۲/۳۵۴	۲۲۴/۷۶۶	۰/۶۵۸	۳۵/۹۱۲	۸۶/۲۳۰	۱/۳۱۴
شرکت ۹	۲۶/۳۹۱	۱۲/۷۶۲	۱/۳۸۶	۴۲/۶۷۸	۱۶/۷۴۵	۱/۲۵۴	۹/۶۲۸	۳/۲۹۱	۰/۶۲۸	۳/۶۷۸	۲/۹۹۳	۲/۱۵۳	۲۸/۴۵۶	۱۶/۴۹۶	۲/۱۸۶
شرکت ۱۰	۷۸/۱۸۹	۵۴/۵۶۸	۱/۲۹۹	۴۱/۷۰۱	۷۲/۲۷۷	۲/۵۲۴	۷۱/۱۹۶	۱۲۲/۰۹۴	۱/۰۴۹	۶۴/۷۴۵	۱۳۸/۸۰۵	۱/۳۴۶	۲۷/۰۰۲	۷۰/۰۰۹	۱/۴۹۱
شرکت ۱۱	۶/۲۰۵	۲/۰۸۵	۱/۶۹۴	۰/۱۹۵	۰/۰۶۶	۱/۹۷۴	۲۵/۱۱۸	۱۹/۳۴۳	۱/۱۱۹	۱۴۲/۱۳۴	۱۳۹/۷۶۲	۱/۶۹۹	۲۶/۱۶۴	۴۱/۷۶۹	۰/۶۳۹
شرکت ۱۲	۲۲/۷۳۸	۶/۴۴۱	۱/۳۴۲	۲۷/۸۱۰	۸/۳۱۱	۱/۵۲۳	۲۸/۹۹۵	۲۰/۶۰۰	۱/۴۴۲	۱۸/۵۹۱	۲۸/۱۸۹	۲/۰۷۷	۲۵/۹۰۲	۲۸/۱۹۳	۲/۰۷۰
شرکت ۱۳	۲۸۳/۷۲۲	۳۸۲/۶۱۷	۰/۵۵۹	۲۰۴/۲۶۹	۴۶۸/۶۲۹	۰/۷۵۹	۲۰۴/۳۷۹	۴۶۸/۹۵۲	۱/۲۵۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰
شرکت ۱۴	۸۰/۶۷۱	۵۲/۸۸۹	۲/۷۰۰	۳۴/۹۹۹	۴۹/۱۴۲	۰/۵۹۴	۳۰/۷۳۳	۴۷/۲۸۷	۰/۹۵۹	۲۹/۱۳۴	۵۵/۳۵۷	۰/۷۱۷	۶/۱۹۶	۲۰/۸۰۷	۰/۸۷۹
شرکت ۱۵	۰	۰	۰	۰/۷۰۳	۰/۵۵۸	۱/۴۰۸	۳۶/۷۲۰	۳۴/۲۶۵	۱/۲۵۴	۸۰/۷۶۵	۱۱۰/۳۳۶	۲/۸۹۴	۶۹/۲۷۴	۲۰۰/۰۵۹	۲/۹۸۳

پیاده‌سازی رویکرد پویا در مواجهه با مسئله

پس از بررسی مدل رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی ایران در قالب مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره، ضرورت بررسی عملکرد شرکت‌ها در طول چند دوره، به مسئله ماهیت پویا می‌بخشد. در مقاله پیش‌رو، به‌منظور لحاظ کردن پویایی در مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره، از چارچوب مدونی که توسط کامپانلا و ریبیرو در سال ۲۰۱۱ ارائه شده است، بهره‌گرفته شد. همان گونه که در بخش مرور بر ادبیات عنوان گردید، این چارچوب، پایه تعداد زیادی از مقالات توسعه‌یافته پس از آن از جمله مدل پیشنهادی جاسبی، ریبیرو و وارلا در سال ۲۰۱۴ بوده که به بهره‌گیری از اطلاعات گذشته و آینده بر تصمیم‌گیری زمان حال، پرداخته است. لذا در این بخش، مدل ذکر شده معرفی می‌شود و سپس برای داده‌های واقعی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی ایران پیاده‌سازی می‌شود.

در مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا، فرض می‌شود A_t مجموعه گزینه‌های مورد بررسی، C_t معرف معیارهای مطرح و A_t بردار وزنی معیارها، در زمان $t \in T$ باشد. R_t امتیاز گزینه‌ها در پیاده‌سازی مدل MCDM کلاسیک در دوره t را نشان می‌دهد. ماهیت پویایی مسئله از طریق یک مکانیسم برگشتی و با بهره‌گیری از یک تابع حافظه، در مدل اعمال می‌شود. مجموعه تاریخچه این گونه تعریف شده است:

رابطه ۱)
$$H_0 = \theta \ , \ H_t \subseteq \bigcup_{\substack{t' \in T \\ t' \le t}} A_{t'} \ , \ t \in T$$

به عبارتی مجموعه H_t، زیرمجموعه‌ای از تمام گزینه‌های مطرح تا دوره کنونی است.

تابع ارزش $E_t: A_t \cup H_{t-1} \to [0,1]$، تعیین کننده امتیاز هر یک از گزینه‌ها بر اساس امتیاز در دوره فعلی، رفتارهای گذشته و پیش‌بینی رفتار آینده است:

رابطه ۲)
$$E_t(a) = \begin{cases} D_E\big(R_t(a), R_{t+1}(a)\big) & a \in A_t \backslash H_{t-1} \\ D_E\big(D_E(E_{t-1}(a), R_t(a)), R_{t+1}(a)\big) & a \in A_t \cap H_{t-1} \\ D_E\big(E_{t-1}(a), R_{t+1}(a)\big) & a \in H_{t-1} \backslash A_t \end{cases}$$

در حالی که تابع D_E، تابعی است به‌منظور تجمیع نتایج دوره کنونی و دوره‌های گذشته و آینده.

به عبارتی برای هر گزینه $a \in A_t \cup H_{t-1}$:

۱. اگر تنها متعلق به مجموعه گزینه‌های در دست در دوره کنونی باشد و در دوره‌های پیشین ظاهر نشده باشد، ارزش آن گزینه برابر ارزش حاصل از رتبه‌بندی از طریق MCDM کلاسیک در دوره کنونی و ارزش پیاده‌سازی MCDM کلاسیک برای اطلاعات پیش‌بینی شده آینده، خواهد بود.

۲. اگر در دوره‌های پیشین در دست بوده و همچنین در دوره فعلی نیز جز گزینه‌های مطرح باشد، ارزش آن با تجمیع ارزش گزینه در دوره‌های گذشته، دوره کنونی و دوره آینده، حاصل می‌شود. این تجمیع از طریق تابع D_E قابل انجام است.

۳. در نهایت، اگر در دوره کنونی در دست نباشد؛ ولی در دوره‌های پیشین جزء گزینه‌های مورد بررسی بوده است، ارزش گزینه در دوره فعلی، حاصل تجمیع ارزش آن در دوره‌های پیشین و دوره آینده است.

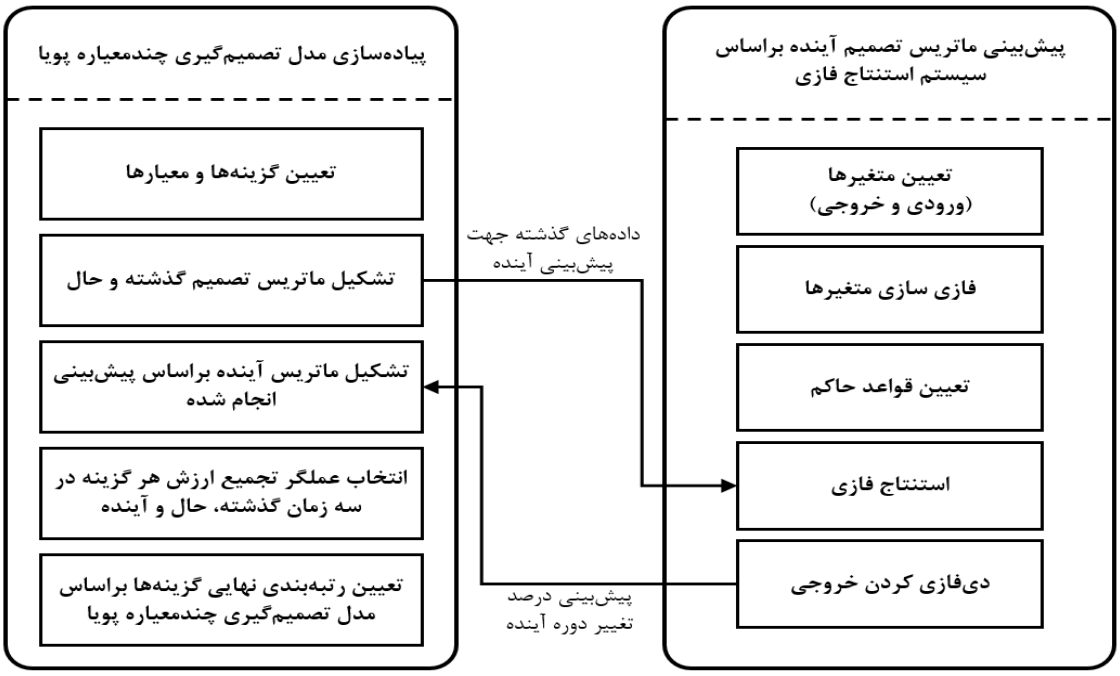
تشکیل مجموعه تاریخچه با هدف حفظ و انتقال گزینه‌ها از دوره‌ای به دوره دیگر، می‌تواند به یکی از این حالت‌ها انجام پذیرد: ۱. انتقال تمام گزینه‌های مورد بررسی تا زمان کنونی؛ ۲. انتقال K گزینه با رتبه برتر؛ ۳. انتقال گزینه‌هایی که ارزش آن‌ها از یک حد مشخصی بیشتر است. پیاده‌سازی حالت اول در شرایطی که تعداد گزینه‌های مورد بررسی زیاد است، عملا غیرممکن است. حال آنکه در حالت دوم، همواره حدی برای تعداد گزینه‌های انتقالی وجود دارد. لیکن احتمال از دست رفتن گزینه‌هایی با مطلوبیت بالا قابل تصور است.

از آنجایی که هدف در مسئله رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقلی بین‌المللی ریلی ایران، رتبه‌بندی تمامی شرکت‌های فعال است؛ از این رو تمامی گزینه‌ها در تاریخچه ثبت می‌شوند مگر شرکتی که برای دو سال متوالی غیرفعال بوده باشد.

بهره‌گیری از سیستم استنتاج فازی جهت پیش‌بینی رفتار آتی گزینه‌ها در مسئله

آنچه در پیاده‌سازی مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا حائز اهمیت است، پیش‌بینی رفتار آتی گزینه‌هاست. اینکه هریک از ۱۵شرکت مورد بررسی در هر کدام از سه معیار منتخب، در آینده چه عملکردی خواهند داشت در تصمیم‌گیری حال حاضر تصمیم‌گذار است؛ چرا که اگر برای گزینه‌ای این پیش‌بینی وجود داشته باشد که در سال آینده با کاهش عملکرد مواجه است، بهتر آن است که در دوره کنونی نیز رتبه بالایی به آن تخصیص داده نشود. بدین منظور در این مطالعه از روش سیستم استنتاج فازی ممدانی برای تخمین تغییرات عملکردی شرکت‌ها در دوره‌های آتی استفاده می‌شود.

به‌طور کلی، مراحل طراحی سیستم استنتاج فازی و بهره‌مندی از نتیجه آن در برآورد رفتار آینده گزینه‌ها جهت پیاده‌سازی مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا در شکل ۱ نشان داده شده است.

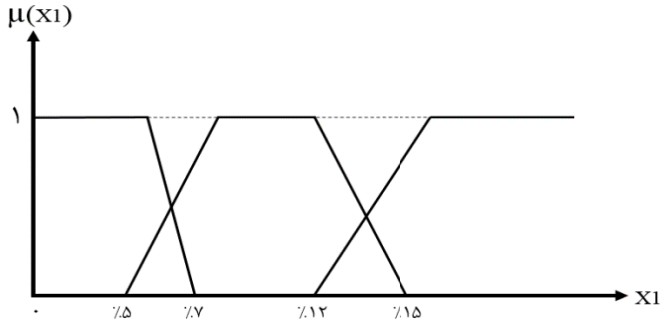


شکل ۱. مراحل پیاده‌سازی مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا مبتنی بر اطلاعات گذشته و آینده با استفاده از سیستم استنتاج فازی

در ادامه، گام‌های هر دو مرحله طراحی سیستم استنتاج فازی و پیاده‌سازی مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا برای مسئله رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی توضیح داده می‌شود.

تعیین متغیرها: در نتیجه اخذ نظرات خبرگان و بررسی تغییرات عملکرد شرکت‌ها در طول پنج سال، شش متغیر «نرخ تورم»، «نرخ ارز»، «مزیت رقابتی شرکت»، «شرایط سیاسی و دیپلماتیک»، «حجم تجارت منطقه» و «متوسط رشد عملکرد شرکت در دو سال گذشته» به‌عنوان متغیرهای ورودی و تأثیرگذار بر تخمین متغیر خروجی با عنوان «درصد تغییر عملکرد شرکت نسبت به سال گذشته» در نظر گرفته شده‌اند.

فازی‌سازی متغیرها: در این گام از مرحله طراحی سیستم استنتاج فازی، توابع عضویت فازی برای متغیرهای ورودی و خروجی براساس نظرات خبرگان تعیین می‌شود. این اقدام با هدف تبدیل متغیرهای قطعی به متغیرهای فازی انجام می‌شود. برای مثال برای متغیر ورودی «نرخ تورم»، سه افراز پایین، متوسط و بالا مطابق شکل ۲ در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۲. افرازهای متغیر نرخ تورم

کمی‌سازی متغیر ورودی «مزیت رقابتی شرکت»، با محاسبه سهم شرکت در قیاس با سایر رقبا (سایر شرکت‌های حمل‌ونقل ریلی و همچنین سایر شرکت‌های فعال در مدهای حمل‌ونقلی دیگر) انجام می‌شود. همچنین تعداد تفاهم‌نامه‌ها و توافق‌نامه‌های منعقد با راه‌آهن‌های سایر شرکت‌ها، به‌عنوان شاخص کمی‌ساز متغیر ورودی «شرایط سیاسی و دیپلماتیک»، منظور می‌شود.

تعیین قواعد: برای تعیین قواعد و روابط حاکم بر سیستم استنتاج فازی، دو روش وجود دارد. بهره‌گیری از دانش خبره و یا استفاده از روش‌هایی همچون سیستم عصبی. با توجه به کمبود داده‌ها در رابطه با عملکرد شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی، استخراج روابط براساس سیستم عصبی مقدور نیست. لذا در این گام نیز براساس نظرات خبرگان و با بررسی اطلاعات پنج ساله موجود، ۲۳ قاعده اگر-آنگاه برای طراحی استنتاج فازی تعیین می‌شود. نمونه‌ای از این قواعد بدین قرار است: «اگر نرخ تورم متوسط باشد و نرخ ارز پایین باشد و رشد عملکرد شرکت در دو سال گذشته بالا باشد، درصد تغییر عملکرد سال آتی زیاد است.»

استنتاج فازی: این گام که هسته اصلی سیستم استنتاج فازی است، میزان تطابق ورودی مشخصی را با هر یک از قواعد، بررسی و نتیجه را در قالب یک مجموعه فازی ارائه می‌دهد. تجمیع ورودی‌ها و خروجی‌های متعدد با استفاده از عملگرهای فازی در این گام قرار دارد.

دی‌فازی کردن خروجی: در این گام برعکس آنچه در گام اول انجام می‌پذیرد، خروجی فازی به خروجی قطعی تبدیل می‌شود. برای این منظور روش‌های مختلفی همچون مرکز ثقل، بزرگترین ماکزیمم و کوچک‌ترین ماکزیمم و نیمساز قابل استفاده است که در مسئله مورد مطالعه، از روش مرکز ثقل استفاده می‌شود.

تشکیل ماتریس تصمیم آینده: در مسئله پیش‌بینی عملکرد آتی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی، تمامی مراحل سیستم استنتاج فازی با استفاده از برنامه MATLAB انجام می‌شود. نتیجه طراحی و اجرای این سیستم، تعیین درصد تغییر عملکرد شرکت‌ها در قبال معیارهای منتخب، نسبت به سال ۱۴۰۰ است و بدین ترتیب عملکرد شرکت‌ها در سال ۱۴۰۱ مطابق جدول ۲ پیش‌بینی می‌شود.

جدول ۲. ماتریس تصمیم در سال ۱۴۰۱

گزینه	تناژ (هزار تن)	درآمد (میلیارد ریال)	توقف (روز)	گزینه	تناژ (هزار تن)	درآمد (میلیارد ریال)	توقف (روز)
شرکت ۱	۲۱۳/۳۲۵	۵۴۲/۸۹۰	۱/۴۳۱	شرکت ۸	۲۹/۳۴۰	۷۰/۴۵۰	۱/۵۶۸
شرکت ۲	۱۶۹/۱۴۲	۹۲/۸۵۴	۱/۳۲۴	شرکت ۹	۳۳/۹۴۸	۱۹/۶۸۰	۲/۶۰۸
شرکت ۳	۸۹/۰۱۷	۱۷۴/۲۲۵	۱/۲۰۸	شرکت ۱۰	۲۲/۰۶۱	۵۷/۱۹۷	۱/۷۷۹
شرکت ۴	۷۴/۷۷۲	۷۷/۰۰۳	۲/۵۷۱	شرکت ۱۱	۳۲/۰۴۹	۴۹/۸۳۰	۰/۵۱۲
شرکت ۵	۴۸/۲۸۶	۷۰/۵۵۴	۲/۵۶۸	شرکت ۱۲	۲۵/۹۰۲	۲۸/۱۹۳	۲/۴۷۰
شرکت ۶	۳۴/۵۷۷	۷۸/۴۶۴	۲/۰۹۸	شرکت ۱۴	۵/۰۶۲	۱۶/۹۹۹	۰/۸۷۹
شرکت ۷	۳۲/۲۹۶	۹۳/۶۱۳	۴/۴۸۸	شرکت ۱۵	۸۲/۶۴۴	۲۳۸/۶۷۰	۳/۵۵۹

با توجه به عدم فعالیت شرکت ۱۳ در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰، پیش‌بینی می‌شود این شرکت در سال ۱۴۰۱ نیز عملکردی نداشته باشد و رتبه‌بندی آن صرفا براساس اطلاعات گذشته انجام می‌شود.

انتخاب عملگر تجمیع ارزش گزینه در سه زمان گذشته، حال و آینده: همان گونه که در بخش سوم عنوان شد، به‌منظور تجمیع امتیازات گزینه‌ها در دوره‌ای مختلف زمانی، نیاز به استفاده از تابع D_E با ویژگی مطابق رابطه ۳ است.

$$D_E(D_E(x,y),z) = D_E\big(x, D_E(y,z)\big) \quad , \quad \forall x,y,z, \in [0,1] \qquad \text{رابطه ۳)}$$

همچنین این تابع می‌بایست از نوع تقویت‌کننده[1] باشد (تائو و همکاران، ۲۰۲۱). با بررسی انواع عملگرهای تقویت کننده، برای پیاده‌سازی مدل تصمیم‌گیری پویا در مسئله رتبه‌بندی شرکت‌ها، تابع D_E مطابق رابطه (۴) انتخاب گردید.

$$D_E(a,b) = a + b - ab \qquad \text{رابطه ۴)}$$

تعیین رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها: با توجه به تکمیل اطلاعات گذشته، حال و آینده عملکرد شرکت‌ها در قبال معیارها، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا در پنج دوره و مطابق آنچه در بخش یافته‌ها بیان خواهد شد، پیاده‌سازی می‌شود.

1. Reinforcement

یافته‌های پژوهش

در ادامه آنچه پیشتر و در بخش روش‌شناسی تشرح شد، برای مسئله رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی ایران در طول سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ پیاده‌سازی و نتایج آن ارائه شده است.

دوره اول

همان طور که در جدول ۱ مشاهده شد، در سال ۱۳۹۶، ۱۴ شرکت در حوزه حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی فعال بوده‌اند و بنابراین مجموعه گزینه‌ها به‌صورت $A_1 = \{a_1, a_2, \dots, a_{14}\}$ است. از آنجایی که در دوره اول، اطلاعات تاریخی وجود ندارد، لذا رتبه هر گزینه براساس امتیاز حاصل از پیاده‌سازی مدل تصمیم‌گیری کلاسیک برای دوره اول و دوره دوم (به‌عنوان اطلاعات آینده) حاصل می‌شود. جدول ۳ رتبه‌بندی شرکت‌ها در سال ۱۳۹۶ و با داشتن نگاهی به اطلاعات سال ۱۳۹۷ را نشان‌می‌دهد.

جدول ۳. نتایج مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا برای سال ۱۳۹٦ (دوره اول)

گزینه‌ها	مقادیر نرمال شده			امتیاز دوره کنونی R1	امتیاز دوره آینده R2	امتیاز تجمیعی E1	رتبه
	تناژ	درآمد	توقف‌های واگن				
شرکت ۱	۰/۳۹۵	۰/۱۶۴	۰/۳۰۷	۰/۲۶۲	۰/۳۳۰	۰/۵۰۵	۴
شرکت ۲	۰/۳۰۴	۰/۱۱۴	۰/۱۵۹	۰/۱۸۰	۰/۱۳۰	۰/۲۸۷	۱۱
شرکت ۳	۰/۰۸۴	۰/۰۳۶	۰/۲۹۶	۰/۱۰۲	۰/۲۳۵	۰/۳۱۳	۸
شرکت ۴	۰/۳۴۵	۰/۰۸۰	۰/۳۴۵	۰/۲۱۲	۰/۰۹۶	۰/۲۸۸	۱۰
شرکت ۵	۰/۴۲۳	۰/۴۵۶	۰/۶۰۰	۰/۴۷۵	۰/۷۶۷	۰/۸۷۷	۳
شرکت ۶	۰/۱۳۷	۰/۱۲۹	۰/۵۵۵	۰/۲۱۷	۰/۲۰۰	۰/۳۷۳	۶
شرکت ۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۲۷۲	۰/۸۵۴	۰/۸۵۴	۰/۹۷۹	۱
شرکت ۸	۰/۱۴۹	۰/۱۲۴	۰/۲۳۰	۰/۱۵۳	۰/۳۶۹	۰/۴۶۵	۵
شرکت ۹	۰/۰۶۰	۰/۰۲۵	۰/۴۳۲	۰/۱۱۷	۰/۱۲۲	۰/۲۲۵	۱۲
شرکت ۱۰	۰/۱۷۷	۰/۱۰۶	۰/۴۶۱	۰/۱۹۸	۰/۱۳۳	۰/۳۰۵	۹
شرکت ۱۱	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴	۰/۳۶۳	۰/۰۷۹	۰/۰۴۴	۰/۱۲۰	۱۴
شرکت ۱۲	۰/۰۵۱	۰/۰۱۲	۰/۴۴۶	۰/۱۱۱	۰/۰۸۹	۰/۱۹۰	۱۳
شرکت ۱۳	۰/۶۴۰	۰/۷۴۰	۱/۰۰۰	۰/۷۶۲	۰/۶۹۶	۰/۹۲۸	۲
شرکت ۱۴	۰/۱۸۲	۰/۱۰۲	۰/۲۲۲	۰/۱۵۰	۰/۲۲۰	۰/۳۳۷	۷

بنابراین رتبه اول مربوطه به شرکت ۷، رتبه دوم متعلق به شرکت ۱۳ و به همین ترتیب پایین‌ترین رتبه مربوط به شرکت ۱۱ است.

دوره دوم

در این دوره، شرکت ۱۵ به مجموعه گزینه‌ها اضافه شده است. جدول ۴، نتایج مدل تصمیم‌گیری پویا را برای سال ۱۳۹۷ نشان می‌دهد. برای ۱۴ شرکت نخست، رتبه در دوره دوم براساس تجمیع امتیاز مدل تصمیم‌گیری کلاسیک در دوره دوم و امتیاز تاریخی و امتیاز براساس اطلاعات دوره سوم حاصل می‌شود. برای شرکت ۱۵ با توجه به عدم وجود اطلاعات تاریخی، امتیاز دوره دوم برابر تجمیع امتیاز مدل تصمیم‌گیری کلاسیک دوره دوم و سوم است.

همان گونه که از جدول ۴ مشخص است، در دوره دوم رتبه‌های ۱ تا ۳ همچنان به شرکت‌های ۷، ۱۳ و ۵ تعلق دارد؛ اما با توجه به عملکرد بهتر شرکت ۸ در دوره دوم، رتبه چهارم به این شرکت داده می‌شود و رتبه سایر شرکت‌ها نیز به همین ترتیب تغییر می‌کند.

برای مشخص‌تر شدن تأثیرگذاری مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا، به این نکته می‌توان توجه داشت که اگر مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره کلاسیک برای دوره دوم پیاده‌سازی شود، شرکت ۱۳ رتبه سوم را از آن خود می‌کند. حال آنکه با توجه به عملکرد خوب این شرکت در دوره نخست و با توجه به ماهیت تأثیرپذیری تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا از اطلاعات تاریخی، در دوره دوم نیز همچنان رتبه دوم به شرکت ۱۳ تعلق دارد.

جدول ٤. نتایج مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا برای سال ۱۳۹۷ (دوره دوم)

گزینه‌ها	مقادیر نرمال شده			امتیاز دوره کنونی R2	امتیاز دوره‌های گذشته E1	امتیاز دوره آینده R3	امتیاز تجمیعی E2	رتبه
	تناژ	درآمد	توقف‌های واگن					
شرکت ۱	۰/۵۴۶	۰/۲۳۶	۰/۲۳۹	۰/۳۳۰	۰/۵۰۵	۰/۲۶۹	۰/۷۵۷	۵
شرکت ۲	۰/۱۹۹	۰/۰۴۵	۰/۲۴۰	۰/۱۳۰	۰/۲۸۷	۰/۰۹۲	۰/۴۳۶	۱۲
شرکت ۳	۰/۰۷۳	۰/۰۲۵	۱/۰۰۰	۰/۲۳۵	۰/۳۱۳	۰/۱۲۸	۰/۵۴۲	۹
شرکت ۴	۰/۱۶۴	۰/۰۳۱	۰/۱۵۸	۰/۰۹۶	۰/۲۸۸	۰/۲۲۳	۰/۵۰۱	۱۰
شرکت ۵	۰/۸۶۰	۰/۸۷۲	۰/۳۶۳	۰/۷۶۷	۰/۸۷۷	۰/۷۰۷	۰/۹۹۱	۳
شرکت ۶	۰/۱۷۸	۰/۱۱۴	۰/۴۴۵	۰/۲۰۰	۰/۳۷۳	۰/۱۹۳	۰/۵۹۵	۶
شرکت ۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۲۷۱	۰/۸۵۴	۰/۹۷۹	۰/۸۷۸	۱/۰۰۰	۱
شرکت ۸	۰/۳۶۸	۰/۳۹۷	۰/۳۰۱	۰/۳۶۹	۰/۴۶۵	۰/۳۹۱	۰/۷۹۴	۴
شرکت ۹	۰/۱۲۹	۰/۰۲۸	۰/۳۴۷	۰/۱۲۲	۰/۲۲۵	۰/۲۱۱	۰/۴۶۳	۱۱
شرکت ۱۰	۰/۱۲۶	۰/۱۲۲	۰/۱۷۳	۰/۱۳۳	۰/۳۰۵	۰/۲۸۰	۰/۵۶۶	۸
شرکت ۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۲۲۱	۰/۰۴۴	۰/۱۲۰	۰/۱۵۰	۰/۲۸۵	۱۴
شرکت ۱۲	۰/۰۸۴	۰/۰۱۴	۰/۲۸۶	۰/۰۸۹	۰/۱۹۰	۰/۱۲۹	۰/۳۵۸	۱۳
شرکت ۱۳	۰/۶۱۷	۰/۷۹۲	۰/۵۷۴	۰/۶۹۶	۰/۹۲۸	۰/۶۵۴	۰/۹۹۲	۲
شرکت ۱۴	۰/۱۰۶	۰/۰۸۳	۰/۷۳۳	۰/۲۲۰	۰/۳۳۷	۰/۱۹۶	۰/۵۸۴	۷
شرکت ۱۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۳۰۹	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۱۶۰	۰/۲۶۲	۱۵

دوره سوم

اطلاعات نرمال شده برای سال ۱۳۹۸ و نتایج مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا برای دوره سوم در جدول ۵ درج شده است.

جدول ۵. نتایج مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا برای سال ۱۳۹۸ (دوره سوم)

گزینه‌ها	مقادیر نرمال شده			امتیاز دوره کنونی R3	امتیاز دوره‌های گذشته E2	امتیاز دوره آینده R4	امتیاز تجمیعی E3	رتبه
	تناژ	درآمد	توقف‌های واگن					
شرکت ۱	۰/۳۰۱	۰/۱۷۰	۰/۴۶۷	۰/۲۶۹	۰/۷۵۷	۰/۶۱۵	۰/۹۳۲	۵
شرکت ۲	۰/۱۱۰	۰/۰۳۶	۰/۲۰۴	۰/۰۹۲	۰/۴۳۶	۰/۱۳۳	۰/۵۵۶	۱۴
شرکت ۳	۰/۰۹۰	۰/۰۵۸	۰/۳۶۲	۰/۱۲۸	۰/۵۴۲	۰/۲۶۸	۰/۷۰۸	۱۰
شرکت ۴	۰/۲۲۵	۰/۰۸۲	۰/۵۷۵	۰/۲۲۳	۰/۵۰۱	۰/۵۱۱	۰/۸۱۰	۶
شرکت ۵	۰/۸۴۱	۰/۸۱۹	۰/۱۹۴	۰/۷۰۱	۰/۹۹۱	۰/۳۹۱	۰/۹۹۸	۲
شرکت ۶	۰/۱۸۹	۰/۱۳۳	۰/۳۵۰	۰/۱۹۳	۰/۵۹۵	۰/۳۳۰	۰/۷۸۱	۸
شرکت ۷	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۳۸۸	۰/۸۷۸	۱/۰۰۰	۰/۸۸۲	۱/۰۰۰	۱
شرکت ۸	۰/۴۴۶	۰/۴۱۳	۰/۲۵۱	۰/۳۹۱	۰/۷۹۴	۰/۶۶۵	۰/۹۵۸	۴
شرکت ۹	۰/۰۲۹	۰/۰۰۵	۱/۰۰۰	۰/۲۱۱	۰/۴۶۳	۰/۰۷۱	۰/۶۰۷	۱۲
شرکت ۱۰	۰/۲۱۱	۰/۱۹۴	۰/۵۹۸	۰/۲۸۰	۰/۵۶۶	۰/۳۶۶	۰/۸۰۲	۷
شرکت ۱۱	۰/۰۷۴	۰/۰۳۱	۰/۵۶۱	۰/۱۵۰	۰/۲۸۵	۰/۴۷۹	۰/۶۸۳	۱۱
شرکت ۱۲	۰/۰۸۶	۰/۰۳۳	۰/۴۳۵	۰/۱۲۹	۰/۳۵۸	۰/۱۲۷	۰/۵۱۲	۱۵
شرکت ۱۳	۰/۶۰۵	۰/۷۴۵	۰/۴۹۹	۰/۶۵۴	۰/۹۹۲	۰/۰۰۰	۰/۹۹۷	۳
شرکت ۱۴	۰/۰۹۱	۰/۰۷۵	۰/۶۵۴	۰/۱۹۶	۰/۵۸۴	۰/۲۹۶	۰/۷۶۵	۹
شرکت ۱۵	۰/۱۰۹	۰/۰۵۴	۰/۵۰۱	۰/۱۶۰	۰/۲۶۲	۰/۳۰۹	۰/۵۷۲	۱۳

شرکت ۱ که بنابه کاهش عملکرد در دوره سوم نسبت به دوره دوم، براساس تصمیم‌گیری کلاسیک رتبه ششم را باید کسب کند، به دلیل عملکرد تاریخی این شرکت، واجد رتبه پنجم می‌شود. همین شرایط برای شرکت ۶ نیز اتفاق افتاده است که در صورت پیاده‌سازی تصمیم‌گیری کلاسیک، رتبه دهم را کسب می‌کند اما با پیاده‌سازی تصمیم‌گیری پویا، حائز رتبه هشتم می‌شود.

دوره چهارم

جدول ۶ اطلاعات سال ۱۳۹۹ و مدل دوره چهارم را نشان می‌دهد. در این دوره شرکت ۱۳ که در سه دوره قبل، جز سه رتبه نخست بوده است، فعالیتی نداشته است و براساس مدل کلاسیک می‌بایستی رتبه پانزدهم را کسب کند. در حالی که سوابق عملکردی این شرکت در مدل پویا مانع از افت رتبه این شرکت می‌شود.

جدول ٦. نتایج مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا برای سال ۱۳۹۹ (دوره چهارم)

گزینه‌ها	مقادیر نرمال شده			امتیاز دوره کنونی R4	امتیاز دوره‌های گذشته E3	امتیاز دوره آینده R5	امتیاز تجمیعی E4	رتبه
	تناژ	درآمد	توقف‌های واگن					
شرکت ۱	۱/۰۰۰	۰/۵۴۸	۰/۲۰۴	۰/۶۱۵	۰/۹۳۲	۰/۹۰۷	۰/۹۹۸	۳
شرکت ۲	۰/۰۷۷	۰/۰۳۵	۰/۴۶۱	۰/۱۳۳	۰/۵۵۶	۰/۴۰۲	۰/۷۷۰	۱۳
شرکت ۳	۰/۳۰۷	۰/۱۷۶	۰/۴۳۹	۰/۲۶۸	۰/۷۰۸	۰/۳۷۱	۰/۸۶۵	۱۰
شرکت ۴	۰/۹۳۱	۰/۳۴۳	۰/۲۹۹	۰/۵۱۱	۰/۸۱۰	۰/۲۳۵	۰/۹۲۹	۶
شرکت ۵	۰/۳۷۰	۰/۳۳۳	۰/۵۶۸	۰/۳۹۱	۰/۹۹۸	۰/۲۵۳	۰/۹۹۹	۲
شرکت ۶	۰/۳۲۸	۰/۲۱۳	۰/۶۲۷	۰/۳۳۰	۰/۷۸۱	۰/۲۳۰	۰/۸۸۷	۸
شرکت ۷	۰/۸۳۳	۱/۰۰۰	۰/۶۵۹	۰/۸۸۲	۱/۰۰۰	۰/۲۲۶	۱/۰۰۰	۱
شرکت ۸	۰/۶۹۳	۰/۵۱۳	۱/۰۰۰	۰/۶۶۵	۰/۹۵۸	۰/۲۵۲	۰/۹۸۹	۵
شرکت ۹	۰/۰۲۱	۰/۰۰۷	۰/۳۰۶	۰/۰۷۱	۰/۶۰۷	۰/۱۲۴	۰/۶۸۰	۱۴
شرکت ۱۰	۰/۳۶۷	۰/۳۱۷	۰/۴۸۹	۰/۳۶۶	۰/۸۰۲	۰/۲۰۸	۰/۹۰۱	۷
شرکت ۱۱	۰/۸۰۵	۰/۳۱۹	۰/۳۸۷	۰/۴۷۹	۰/۶۸۳	۰/۲۹۱	۰/۸۸۳	۹
شرکت ۱۲	۰/۱۰۵	۰/۰۶۴	۰/۳۱۷	۰/۱۲۷	۰/۵۱۲	۰/۱۳۶	۰/۶۳۲	۱۵
شرکت ۱۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۹۷	۰/۰۰۰	۰/۹۹۷	۴
شرکت ۱۴	۰/۱۶۵	۰/۱۲۶	۰/۹۱۷	۰/۲۹۶	۰/۷۶۵	۰/۱۷۹	۰/۸۶۴	۱۱
شرکت ۱۵	۰/۴۵۸	۰/۲۵۲	۰/۲۲۷	۰/۳۰۹	۰/۵۷۲	۰/۳۷۹	۰/۸۱۶	۱۲

دوره پنجم

در این دوره که در واقع دوره آخر و تعیین کننده رتبه نهایی شرکت‌ها است، اطلاعات واقعی از عملکرد سال ۱۴۰۱ در دست نیست و لذا از ماتریس تشکیل شده حاصل از اجرای سیستم استنتاج فازی در مرحله اول، به‌عنوان اطلاعات پیش‌بینی شده زمان آینده استفاده می‌شود. در دوره پنجم نیز شرکت ۱۳، عملکردی نداشته است و همان گونه که پیشتر بیان شد، برای محاسبه امتیاز این شرکت، تنها از اطلاعات تاریخی بهره گرفته می‌شود که منجر به اختصاص رتبه چهارم به شرکت ۱۳ می‌شود. آنچه در این دوره حائز اهمیت است کاهش زیاد عملکرد شرکت ۷ است که در چهار دوره پیشین همواره رتبه یکم را داشته است. اینجاست که کارکرد مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا در قیاس با مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره کلاسیک بیشتر خود را نشان می‌دهد. در صورت استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره کلاسیک برای دوره پنجم، شرکت ۷ رتبه دهم را کسب می‌کند؛ اما آیا این شرکت مستحق چنین رتبه‌ای است؟ شرکتی که در طول سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ به‌طور متوسط ۲۱ درصد از تناژ حمل و ۲۷ درصد از درآمد حاصل در حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی را داشته و به‌طور متوسط تنها ۷ درصد از توقف‌ها را سهیم بوده است. بدون شک رتبه دهم برای چنین شرکتی منصفانه نخواهد بود. بهره‌مندی از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا این امکان را می‌دهد که شرکت ۷ همچنان رتبه یکم را داشته باشد. با توجه به کاهش عملکرد شرکت ۷ و عدم فعالیت شرکت ۱۳ و در عین حال افزایش درآمد حاصل از عملکرد شرکت ۱، شرکت ۱ علیرغم عدم افزایش تناژ حمل نسبت به دوره‌های گذشته، رتبه دوم را کسب می‌کند. همچنین شرکت۵ با توجه

به عملکرد خوب در دوره‌های دوم و سوم، رتبه سوم را کسب می‌کند. شرکت ۱۳ نیز بنا به دلایل بیان شده در دوره چهارم، رتبه چهارم را حفظ می‌کند.

جدول ۷. نتایج مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا برای سال ۱۴۰۰ (دوره پنجم)

گزینه‌ها	مقادیر نرمال شده			امتیاز دوره کنونی R5	امتیاز دوره‌های گذشته E4	امتیاز دوره آینده R6	امتیاز تجمیعی E5	رتبه
	تناژ	درآمد	توقف‌های واگن					
شرکت ۱	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۵۳۳	۰/۹۰۷	۰/۹۹۸	۰/۸۷۲	۱/۰۰۰	۲
شرکت ۲	۰/۷۹۳	۰/۱۷۱	۰/۳۹۴	۰/۴۰۲	۰/۷۷۰	۰/۴۰۱	۰/۹۱۸	۱۲
شرکت ۳	۰/۴۱۷	۰/۳۲۱	۰/۴۲۶	۰/۳۷۱	۰/۸۶۵	۰/۳۷۰	۰/۹۴۷	۷
شرکت ۴	۰/۳۵۱	۰/۱۴۲	۰/۲۹۶	۰/۲۳۵	۰/۹۲۹	۰/۲۱۶	۰/۹۵۷	۶
شرکت ۵	۰/۳۳۱	۰/۱۹۰	۰/۲۹۷	۰/۲۵۳	۰/۹۹۹	۰/۱۷۳	۱/۰۰۰	۳
شرکت ۶	۰/۲۳۷	۰/۱۷۲	۰/۳۶۳	۰/۲۳۰	۰/۸۸۷	۰/۱۷۰	۰/۹۲۸	۱۰
شرکت ۷	۰/۲۲۱	۰/۲۵۲	۰/۱۷۰	۰/۲۲۶	۱/۰۰۰	۰/۱۵۴	۱/۰۰۰	۱
شرکت ۸	۰/۲۰۱	۰/۱۸۹	۰/۴۸۶	۰/۲۵۲	۰/۹۸۹	۰/۱۷۲	۰/۹۹۳	۵
شرکت ۹	۰/۱۵۹	۰/۰۳۶	۰/۲۹۲	۰/۱۲۴	۰/۶۸۰	۰/۱۰۵	۰/۷۴۹	۱۴
شرکت ۱۰	۰/۱۵۱	۰/۱۵۴	۰/۴۲۸	۰/۲۰۸	۰/۹۰۱	۰/۱۴۱	۰/۹۳۲	۹
شرکت ۱۱	۰/۱۵۰	۰/۰۹۲	۱/۰۰۰	۰/۲۹۱	۰/۸۸۳	۰/۲۹۱	۰/۹۴۱	۸
شرکت ۱۲	۰/۱۴۵	۰/۰۶۲	۰/۳۰۹	۰/۱۳۶	۰/۶۳۲	۰/۱۰۴	۰/۷۱۵	۱۵
شرکت ۱۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۹۷	۰/۰۰۰	۰/۹۹۷	۴
شرکت ۱۴	۰/۰۳۵	۰/۰۴۶	۰/۷۲۷	۰/۱۷۹	۰/۸۶۴	۰/۱۳۹	۰/۹۰۴	۱۳
شرکت ۱۵	۰/۳۸۷	۰/۴۴۰	۰/۲۱۴	۰/۳۷۹	۰/۸۱۶	۰/۳۶۵	۰/۹۲۷	۱۱

بدین ترتیب، رتبه‌بندی نهایی عملکرد شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی ایران از رتبه یکم به پانزدهم در طول پنج سال ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰، به‌صورت زیر است:

شرکت ۷>شرکت ۱>شرکت ۵> شرکت ۱۳> شرکت ۸> شرکت ۴> شرکت ۳> شرکت ۱۱> شرکت ۱۰> شرکت ۶> شرکت ۱۵> شرکت ۲> شرکت ۱۴> شرکت ۹> شرکت ۱۲

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

از جمله مسائل مطرح در حوزه حمل‌ونقل بین‌المللی شرکت راه‌آهن ایران، رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقلی براساس عملکرد آن‌هاست. این رتبه‌بندی می‌تواند در مواردی همچون اعطای تخفیفات و تسهیلات، واگذاری واگن‌های خارجی، اولویت‌دهی به تأمین خواسته‌ها و رسیدگی به شکایات و مواردی نظیر این تأثیرگذار باشد. با توجه به ماهیت مسئله، ناگزیر به استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره هستیم. لیکن بدون شک رتبه‌بندی شرکت‌ها صرفا براساس عملکرد یک ساله آن‌ها، بسیار نادقیق و غیرمنصفانه است و می‌بایستی نگاهی به سوابق عملکردی شرکت‌ها و برآورد آنچه در آینده توسط شرکت‌ها انجام خواهد پذیرفت، نیز داشت. لذا در این مطالعه با بهره‌گیری از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا ارائه شده توسط کامپانلا و ریبیرودر سال ۲۰۱۱، شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی رتبه‌بندی شده‌اند و برای این

منظور، داده‌های واقعی عملکرد شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی ایران از سال ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ مورد استفاده قرار گرفت. برآورد عملکرد شرکت‌ها در آینده نیز با توجه به ماهیت مسئله، با استفاده از سیستم فازی استنتاجی انجام پذیرفت.

به‌منظور اعتبارسنجی نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا در قیاس با مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره که در آن بُعد زمان لحاظ نشده است و رفتار گزینه‌ها را صرفا در لحظه تصمیم‌گیری مورد قضاوت قرار می‌دهد (تصمیم‌گیری چندمعیاره کلاسیک)، فرض شود که مجموع عملکرد گزینه‌ها در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ به‌عنوان یک ماتریس تصمیم در نظر گرفته و روش مجموع ساده وزنی برای این دوره پنج ساله، پیاده‌سازی می‌شود. همچنین با بهره‌گیری از این روش، رتبه‌بندی شرکت‌ها براساس داده‌های سال ۱۴۰۰ انجام پذیرفت. حال اگر نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا در طول سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ را نیز به مقایسه بیفزاییم، جدول ۸ حاصل می‌شود. این جدول بیانگر تفاوت معنادار رتبه‌بندی حاصل از پیاده‌سازی مدل کلاسیک در سال ۱۴۰۰و رتبه‌بندی حاصل از پیاده‌سازی مدل کلاسیک در یک دوره پنج ساله است. در حالیکه رتبه‌بندی مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا نزدیکی قابل قبولی به رتبه‌بندی مدل کلاسیک پنج ساله دارد؛ که اختلاف موجود نیز ناشی از تأثیرپذیری مدل پویا از برآورد عملکرد آینده است.

جدول ۸. مقایسه نتایج مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره کلاسیک و مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا

گزینه	رتبه براساس روش مجموع ساده وزنی برای داده‌های تجمیع شده پنج‌ساله	رتبه براساس روش مجموع ساده وزنی برای داده‌های سال ۱٤۰۰	رتبه براساس مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا برای داده‌های سال‌های۱۳۹٦ تا ۱٤۰۰
شرکت ۱	۴	۱	۲
شرکت ۲	۱۲	۲	۱۲
شرکت ۳	۹	۴	۷
شرکت ۴	۶	۸	۶
شرکت ۵	۳	۶	۳
شرکت ۶	۸	۹	۱۰
شرکت ۷	۱	۱۰	۱
شرکت ۸	۵	۷	۵
شرکت ۹	۱۵	۱۴	۱۴
شرکت ۱۰	۷	۱۱	۹
شرکت ۱۱	۱۳	۵	۸
شرکت ۱۲	۱۴	۱۳	۱۵
شرکت ۱۳	۲	۱۵	۴
شرکت ۱۴	۱۰	۱۲	۱۳
شرکت ۱۵	۱۱	۳	۱۱

همچنین همان گونه که در جدول ۸ پیداست، تفاوت زیادی میان رتبه‌بندی حاصل از پیاده‌سازی دو مدل وجود دارد. شرکت ۱ که براساس داده‌های سال ۱۴۰۰ رتبه دهم را کسب می‌کند، در صورت پیاده‌سازی مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا حائز رتبه یکم می‌شود؛ چرا که در چهار سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ عملکردی بسیار مطلوب داشته است.

در انتها، با توجه به اینکه در مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا اعمال شده در این پژوهش، اطلاعات به‌صورت دوره‌ای و به عبارتی به‌صورت گسسته در نظر گرفته شده است، پیشنهاد می‌شود مسئله رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی ایران با فرض پیوستگی دوره تصمیم‌گیری بررسی شود. به بیان دیگر در مدل ارائه شده، رتبه هر یک از شرکت‌ها در زمان تصمیم‌گیری (زمان حال)، براساس اطلاعات عملکردی گذشته و عملکرد پیش‌بینی شده در آینده تعیین شده است. حال آنکه اگر هدف از رتبه‌بندی شرکت‌ها بدین‌گونه تعریف شود که مطلوبیت شرکت‌های حمل‌ونقل ریلی ایران در بازه زمانی میعنی در آینده (بازه زمانی پیوسته) و نه صرفا در زمان حال، محاسبه و تصمیمات و برنامه‌ریزی‌هایی همچون تخصیص منابع بر این اساس انجام پذیرد؛ بازخورد مناسب‌تر و چابک‌تری از عملکرد شرکت‌ها گرفته خواهد شد.

به‌طور مشخص، بهره‌گیری از مدل توسعه داده‌شده در این مقاله به تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا با در دست داشتن داده‌های عملکردی ۵ سال گذشته و پیش‌بینی عملکرد در سال ۱۴۰۱، نسبت به ارزیابی و رتبه‌بندی شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی ریلی در انتهای سال ۱۴۰۰ اقدام کنند و مطلوب‌ترین شرکت‌ها را براساس معیارها منتخب در این مقطع زمانی، تعیین کنند. حال آنکه اگر با در دست داشتن اطلاعات عملکردی ۵ سال گذشته گزینه‌ها، رفتار آن‌ها در قبال معیارها در بازه زمانی پیوسته‌ای در آینده (برای نمونه تا سال ۱۴۱۰) پیش‌بینی شود و مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا در حالت زمان پیوسته پیاده‌سازی شود، پاسخ‌دهی به پرسش «مطلوب‌ترین شرکت‌ها از سال ۱۳۹۶ تا سال ۱۴۱۰، کدام‌اند؟» را ممکن می‌سازد. اتخاذ چنین رویکردی در تعریف مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا می‌تواند در حوزه‌های متعددی مورد استقبال قرار گیرد. تعیین اولویت کشورهای منطقه جهت توسعه همکاری‌های اقتصادی در طول دهه آتی (با توجه به تغییرات پیوسته در فضای اقتصادی و سیاسی)، انتخاب سودآورترین سبد سهام در ۱۲ ماه آینده (با توجه به تغییرات مستمر و پیوسته بازار سهام) و انتخاب مطلوب‌ترین زمان جهت ارائه محصول جدید در طول دوره افول محصول موجود در بازار نمونه‌هایی از مسائلی است که با توسعه مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره زمان‌پیوسته قابل بررسی و پاسخ‌دهی هستند. بنابراین، ارائه مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره پویا در حالت زمان پیوسته می‌تواند در پژوهش‌های آتی مورد توجه قرار گیرد.

منابع

ابوالقاسمی، مریم؛ قوسی، روزبه؛ یاریان، روناک و محمودی، کوروش (۱۳۹۶). رتبه‌بندی سالن‌های تولیدی گروه خودروسازی سایپا بر اساس معیارهای آلودگی صدا و با رویکرد داده‌کاوی. *ششمین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا*، تهران.

انواری رستمی، علی اصغر؛ حسینیان، شهامت و رضایی اصل، مرتضی (۱۳۹۱). رتبه‌بندی مالی شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه و مدل‌های ترکیبی. *تحقیقات مالی*، ۱۴(۱)، ۳۱-۵۴.

پناهنده خوجین، غلامرضا؛ طلوعی اشلقی، عباس و افشار کاظمی، محمدعلی (۱۴۰۰). ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌ها بر پایه برنامه‌ریزی آرمانی و محدودیت وزنی برای ارزیابی کارایی و رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده در بانک قوامین. *مدیریت صنعتی*، ۱۳(۱)، ۱۵۵-۱۶۹.

خانمحمدی، معصومه و حیدری، حسین (۱۳۹۷). بررسی کارایی و رتبه‌بندی شرکت‌های سیمانی فعال در بورس با استفاده از روش بهبودیافته تلفیق تحلیل پوششی داده‌ها و فرایند تحلیل سلسله مراتبی. *فصلنامه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات*، ۳(۲)، ۴۸-۲۵.

خواجوی، شکراله؛ سیدعلیخانی، امیر و غیوری مقدم، علی (۱۴۰۱). بهره‌گیری از سیستم استنتاج فازی در رویکرد پویایی‌شناسی سیستم به‌منظور الگوسازیِ کسب‌وکارِ شرکت‌های پخش در ایران. *مدیریت صنعتی*، ۱۴(۲)، ۲۵۰-۲۶۶.

رادسر، مصطفی؛ کاظمی، عالیه؛ مهرگان، محمدرضا و رضوی حاجی‌آقا، سیدحسین (۱۴۰۰). طراحی یک الگوریتم بر پایه تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با شاخص‌های خوب و بد به‌منظور ارزیابی صنعت برق ایران. *مدیریت صنعتی*، ۱۳(۱)، ۱-۲۶.

سراییان ورنوسفادرانی، سهیلا و شاطالبی حسین آبادی، بدری (۱۳۹۵). دسته‌بندی و رتبه‌بندی شعب بیمه پارسیان استان اصفهان با استفاده از رویکرد تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و داده‌کاوی. *کنفرانس علمی مدیریت، حسابداری، اقتصاد و بیمه*، زنجان.

صادقی، محمد صادق؛ جباری، حسین و شفیعی، مرتضی (۱۳۹۱). بررسی کاربرد فناوری داده‌کاوی در رتبه‌بندی شرکت‌های برتر بورس اوراق بهادار تهران. *کنفرانس ملی حسابداری، مدیریت مالی و سرمایه‌گذاری*، گرگان.

گریوانی، فاطمه؛ درخشانی، مجید؛ نوری، مصطفی و احمدی‌شادمهری، محمدطاهر (۱۳۹۶). رتبه‌بندی شرکت‌های بیمه استان خراسان شمالی به روش TOPSIS. *اقتصاد پولی، مالی*، ۱۳(۱)، ۶۹-۸۷.

نعمتی، زهرا؛ مهرگان، محمدرضا و حسین‌زاده، مهناز (۱۴۰۰). توسعه تئوری چشم‌انداز با نقاط مرجع چندگانه در تصمیم‌گیری. *مدیریت صنعتی*، ۱۳(۴)، ۵۸۰-۶۰۵.

References

Abolghasemi, M., Ghosi, R., Yaryan, R. & Mahmoudi, K. (2018). Ranking production halls of Saipa Automotive Group based on noise pollution criteria using data mining approach. *The Sixth National Conference on Air and Noise Pollution Management*, Tehran. (*in Persian*)

Anandarao, S., Durai, S. R. S. & Goyari, P. (2019). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: an application to life insurance companies in India. *Journal of Quantitative Economics*, 17, 271-285.

Anvary Rostamy, A. A., Hoseinian, S. & Rezaei Asl, M. (2012). Financial Ranking of Firms Listed in Tehran Stock Exchange Corporations Using MADM and Mixed Methods. *Financial Research Journal*, 14(1), 31-54. (*in Persian*)

Benitez, P., Rocha, E., Varum, H. & Rodrigues, F. (2020). A dynamic multi-criteria decision-making model for the maintenance planning of reinforced concrete structures. *Journal of Building Engineering*, *27*, 100971.

Campanella, G. & Ribeiro, R. A. (2011). A framework for dynamic multiple-criteria decision making. *Decision Support Systems*, *52*(1), 52-60.

Chen, F. H. & Tzeng, G. H. (2015). Probing organization performance using a new hybrid dynamic MCDM method based on the balanced scorecard approach. *Journal of Testing and Evaluation*, *43*(4), 924-937.

Duc, D. A., Van, L. H., Yu, V. F., Chou, S. Y., Hien, N. V., Chi, N. T., ... & Dat, L. Q. (2021). A dynamic generalized fuzzy multi-criteria croup decision making approach for green supplier segmentation. *Plos one*, *16*(1), e0245187.

Ercan, M. & Onder, E. (2016). Ranking insurance companies in Turkey based on their financial performance indicators using VIKOR method. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*, 6(2), 104-113.

Fan, J. P., Zhang, H. & Wu, M. Q. (2022). Dynamic Multi-Attribute Decision-Making Based on Interval-Valued Picture Fuzzy Geometric Heronian Mean Operators. *IEEE Access*, *10*, 12070-12083.

Geng, R., Bose, I. & Chen, X. (2015). Prediction of financial distress: An empirical study of listed Chinese companies using data mining. *European Journal of Operational Research*, 241(1), 236-247.

Gerivani, F., Ferakhshani, M., Noori, M. & Ahmadishadmehri, M. (2017). Ranking of the insurance companies of North Khorasan Province TOPSIS method. *Monetary & Financial Economics*, 24(14), 69-87. (*in Persian*)

HashemkhaniZolfani, S., Maknoon, R. & Zavadskas, E. K. (2016). An introduction to prospective multiple attribute decision making (PMADM). *Technological and Economic Development of Economy*, *22*(2), 309-326.

HashemkhaniZolfani, S., Maknoon, R. &Zavadskas, E. K. (2016). Multiple attribute decision making (MADM) based scenarios. *International Journal of Strategic Property Management*, *20*(1), 101-111.

İç, Y. T. (2014). A TOPSIS based design of experiment approach to assess company ranking. *Applied Mathematics and Computation*, 227, 630-647.

Izadikhah, M. & Farzipoor Saen, R. (2020). Ranking sustainable suppliers by context-dependent data envelopment analysis. *Annals of Operations Research*, 293(2), 607-637.

Jakovljevic, V., Zizovic, M., Pamucar, D., Stević, Ž. & Albijanic, M. (2021). Evaluation of human resources in transportation companies using multi-criteria model for ranking alternatives by defining relations between ideal and anti-ideal alternative (RADERIA). *Mathematics*, 9(9), 976.

Janackovic, G. L., Savic, S. M. & Stankovic, M. S. (2013). Selection and ranking of occupational safety indicators based on fuzzy AHP: a case study in road construction companies: case study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 24(3), 175-189.

Jassbi, J. J., Ribeiro, R. A. & Varela, L. R. (2014). Dynamic MCDM with future knowledge for supplier selection. *Journal of Decision Systems*, *23*(3), 232-248.

Jassbi, J. J., Ribeiro, R. A. &Dargam, F. (2014, June). Dynamic MCDM for multi group decision making. In *Joint International Conference on Group Decision and Negotiation* (pp. 90-99). Springer, Cham.

Kahraman, C. &Çebı, S. (2009). A new multi-attribute decision making method: Hierarchical fuzzy axiomatic design. *Expert Systems with Applications*, *36*(3), 4848-4861.

Karabasevic, D., Paunkovic, J. & Stanujkic, D. (2016). Ranking of companies according to the indicators of corporate social responsibility based on SWARA and ARAS methods. *Serbian Journal of Management*, 11(1), 43-53.

Khajavi, S., Sayed Alikhani, A. & Ghayouri Moghadam, A. (2022). Utilization of Fuzzy Inference System in System Dynamics to Design a Business Model for Distribution Companies in Iran. *Industrial Management Journal*, 14(2), 250-266. (*in Persian*)

Khanmohamadi, M. & Heydari, H. (2018). Evaluation of efficiency and ranking cement companies active in the market with improved method of integrating DEA and AHP. *Journal of decisions and operations research*, 3(2), 138-150. (*in Persian*)

Kornbluth, J. S. H. (1992). Dynamic multi-criteria decision making. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, *1*(2), 81-92.

Li, G., Kou, G. & Peng, Y. (2015). Dynamic fuzzy multiple criteria decision making for performance evaluation. *Technological and Economic Development of Economy*, *21*(5), 705-719.

Lin, Y. H., Lee, P. C. & Ting, H. I. (2008). Dynamic multi-attribute decision making model with grey number evaluations. *Expert Systems with Applications*, *35*(4), 1638-1644.

Liu, H., Jiang, L. & Martínez, L. (2018). A dynamic multi-criteria decision making model with bipolar linguistic term sets. *Expert Systems with Applications*, *95*, 104-112.

Melo, R. M. D., Medeiros, D. D. D. & Almeida, A. T. D. (2013). A multicriteria model for ranking of improvement approaches in construction companies based on the PROMETHÉE II method. *Production*, 25, 69-78.

Morente-Molinera, J. A., Wu, X., Morfeq, A., Al-Hmouz, R. & Herrera-Viedma, E. (2020). A novel multi-criteria group decision-making method for heterogeneous and dynamic contexts using multi-granular fuzzy linguistic modelling and consensus measures. *Information Fusion*, *53*, 240-250.

Mousavizade, F. & Shakibazad, M. (2019). Identifying and ranking CSFs for KM implementation in urban water and sewage companies using ISM-DEMATEL technique. *Journal of knowledge management*, 23(1), 200-218.

Navas de Maya, B., Arslan, O., Akyuz, E., Kurt, R. E. & Turan, O. (2022). Application of data-mining techniques to predict and rank maritime non-conformities in tanker shipping companies using accident inspection reports. *Ships and Offshore Structures*, 17(3), 687-694.

Nemati, Z., Mehregan, M. R. & Hosseinzadeh, M. (2021). Developing Prospect Theory with Multiple Reference Points in Decision Making. *Industrial Management Journal*, 13(4), 580-605. (*in Persian*)

Norouzi, N. (2022). A fuzzy multi-criteria decision-making framework for locating a nuclear power plant in Iran. *Majlesi Journal of Energy Maqnagement*, *11*(1), 27-35

Pais, T. C. & Ribeiro, R. A. (2009). Contributions to Dynamic Multicriteria Decision Making Models. In *IFSA/EUSFLAT Conf.* (pp. 719-724).

Palomares, I., Kalutarage, H., Huang, Y., McCausland, P. M. R. & McWilliams, G. (2017, June). A fuzzy multicriteria aggregation method for data analytics: Application to insider threat monitoring. In *2017 Joint 17th World Congress of International Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (IFSA-SCIS)* (pp. 1-6). IEEE.

Panahandeh Khojin, G., Toloei Ashlagh, A. & Afsharkazemi, M. A. (2021). Presenting a data envelopment analysis model based on Goal programming and weight Restriction in order to evaluate the efficiency and ranking of decision-making units in Ghavamin Bank. *Industrial Management Journal*, 13(1), 155-169. (*in Persian*)

Radsar, M., Kazemi, A., Mehrgan, M. & Razavi Hajiagha, S. H. (2021). Designing an algorithm based on network data envelopment analysis with desirable and undesirable indicators for the evaluation of the Iranian power industry. *Industrial Management Journal*, 13(1), 1-26. (*in Persian*)

Saaty, T. L. (2007). Time dependent decision-making; dynamic priorities in the AHP/ANP: Generalizing from points to functions and from real to complex variables. *Mathematical and Computer Modelling*, *46*(7-8), 860-891.

Sadeghi, M. S., Jabari, H. & Shafiei, M. (2013). Ranking of Firms Listed in Tehran Stock Exchange Corporations Using Data Mining. *The First Conference on Accounting, Financial Management and Investment*, Gorgan. (*in Persian*)

Saraian Vernosfaderani, S. & Shatalebi Hosseinabadi, B. (2017). Classification and ranking of branches of Parsian Insurance in Isfahan province using data envelopment analysis and data mining. *Scientific Conference on Management, Accounting, Economics and Insurance*, Zanjan. (*in Persian*)

Sehhat, S., Taheri, M. & Sadeh, D. H. (2015). Ranking of insurance companies in Iran using AHP and TOPSIS techniques. *American Journal of Research Communication*, 3(1), 51-60.

Stević, Ž. & Brković, N. (2020). A novel integrated FUCOM-MARCOS model for evaluation of human resources in a transport company. *Logistics*, 4(1), 4.

Tao, R., Liu, Z., Cai, R. & Cheong, K. H. (2021). A dynamic group MCDM model with intuitionistic fuzzy set: Perspective of alternative queuing method. *Information Sciences*, *555*, 85-103.

Thong, N. T., Smarandache, F., Hoa, N. D., Son, L. H., Lan, L. T. H., Giap, C. N. & Long, H. V. (2020). A novel dynamic multi-criteria decision making method based on generalized dynamic interval-valued neutrosophic set. *Symmetry*, *12*(4), 618.

Vo, H. V., Chae, B. & Olson, D. L. (2002). Dynamic MCDM: The case of urban infrastructure decision making. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, *1*(02), 269-292.

Watrobski, J., Jankowski, J. & Ziemba, P. (2016). Multistage performance modelling in digital marketing management. *Economics & Sociology*, *9*(2), 101.

Xu, Z. &Yager, R. R. (2008). Dynamic intuitionistic fuzzy multi-attribute decision making. *International journal of approximate reasoning*, *48*(1), 246-262.

Yao, X., Liu, E., Sun, X., Le, W. & Li, J. (2022). Integrating external representations and internal patterns into dynamic multiple-criteria decision making. *Annals of Operations Research*, *322*, 1-24.

Yu, P. L. & Chen, Y. C. (2012). Dynamic multiple criteria decision making in changeable spaces: from habitual domains to innovation dynamics. *Annals of Operations Research*, *197*(1), 201-220.

Yu, P., Yang, Y., Ma, H. & Mba, D. (2022). Evaluation of High-Quality Development of Manufacturing Industry Using a Novel Grey Dynamic Double Incentive Decision-Making Model. *Mathematical Problems in Engineering*, *2022*, 1-10.

Zulueta, Y., Martinez-Moreno, J., Pérez, R. B. & Martinez, L. (2014). A discrete time variable index for supporting dynamic multi-criteria decision making. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, *22*(01), 1-22.