

Paper Type: Original Article



Using Hesitant Fuzzy Sets to Solve the Problem of Choosing a Strategy in Uncertain Conditions

Seyyed Ahmad Edalatpanah * 

Department of Applied Mathematics, Ayandegan Institute of Higher Education, Tonekabon, Iran; s.a.edalatpanah@aihe.ac.ir.

Citation:



Edalatpanah, S. A. (2022). Using hesitant fuzzy sets to solve the problem of choosing a strategy in uncertain conditions. *Journal of decisions and operations research*, 7(2), 373-382.

Received: 04/11/2021

Reviewed: 03/01/2022

Revised: 28/01/2022

Accepted: 01/03/2022

Abstract

Purpose: Designing an appropriate model/approach for decision-making (incredibly strategic decisions) in a complex and uncertain environment has always been one of the researchers' goals. This study proposes a method that can consider the above dimensions and provide a suitable answer to the challenge of choosing the best option in the Matrix Approach to Robustness Analysis.

Methodology: In this research, the superior option is identified by converting the matrix elements of the robustness analysis into hesitant fuzzy elements and using the score function.

Findings: Implementation of the proposed approach in four different problems that in previous studies faced with the challenge of choosing the best option showed that a more appropriate answer could be achieved using hesitant fuzzy elements.

Originality/Value: Developing the matrix approach to robustness analysis to solve the problem of choosing a strategy regarding equal stability of options.

Keywords: Strategy selection, Robustness analysis, Decision-making, Hesitant fuzzy sets, Uncertainty.

Corresponding Author: s.a.edalatpanah@aihe.ac.ir

 <https://dorl.net/dor/20.1001.1.25385097.1401.7.2.10.7>



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



نوع مقاله: پژوهشی



استفاده از مجموعه‌های فازی مردد برای حل مسئله انتخاب استراتژی در شرایط عدم قطعیت

سید احمد عدالت پناه*

گروه ریاضی کاربردی، موسسه آموزش عالی آیندگان، تنکابن، ایران.

چکیده

هدف: طراحی مدل/رویکرد مناسب برای مسئله تصمیم‌گیری (به‌ویژه تصمیم‌های استراتژیک) در فضایی که با پیچیدگی و عدم قطعیت همراه است همواره یکی از اهداف پژوهش‌گران بوده است. هدف این پژوهش نیز پیشنهاد رویکردی است که قادر باشد ضمن در نظر گرفتن ابعاد فوق، پاسخ مناسبی برای چالش انتخاب گزینه برتر در رویکرد ماتریسی تحلیل استواری ارائه دهد.

روش‌شناسی پژوهش: در این پژوهش، با تبدیل درایه‌های ماتریس تصمیم تحلیل استواری به عناصر فازی مردد و با استفاده از تابع امتیاز، گزینه برتر شناسایی می‌شود.

یافته‌ها: پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی در چهار مسئله مختلف که در پژوهش‌های پیشین با چالش انتخاب گزینه برتر مواجه شده بودند نشان داد با بهره‌گیری از عناصر فازی مردد می‌توان به پاسخ مناسب‌تری دست یافت.

اصالت/ارزش افزوده علمی: توسعه رویکرد ماتریسی تحلیل استواری به‌منظور برطرف کردن مسئله انتخاب استراتژی در شرایط برابری میزان استواری گزینه‌ها.

کلیدواژه‌ها: انتخاب استراتژی، تحلیل استواری، تصمیم‌گیری، مجموعه فازی مردد، عدم قطعیت.

۱- مقدمه

همه ما، چه در زندگی شخصی و چه در زندگی حرفه‌ای مان، با موقعیت‌های مختلفی مواجه می‌شویم که ناگزیر باید از میان چند گزینه دست به انتخاب بزنیم و در نقش تصمیم‌گیرنده، تصمیم مناسب را اتخاذ نماییم. بسیاری از این تصمیم‌ها پیش‌پاافتاده هستند یا در موقعیتی ساده مطرح می‌شوند و بنابراین، تأثیر چندانی بر آینده فرد/سیستم ندارند. این دست تصمیم‌ها غالباً بدون در نظر گرفتن ملاحظه خاصی اتخاذ می‌شوند. از سوی دیگر (به‌ویژه در محیط‌های حرفه‌ای)، چنانچه موقعیت مسئله تصمیم پیچیده، متغیر و دارای ابهام باشد یا اخذ یک تصمیم تأثیر قابل توجهی بر آینده فرد/سیستم داشته باشد، لازم است فرآیند تصمیم‌گیری در قالبی منطقی و عقلانی پیاده شود. در این زمینه، بسیاری از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه^۱ *MADM* به‌طور گسترده در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند و در بسیاری از زمینه‌ها اعمال شده‌اند (کوئین و همکاران^۲، ۲۰۲۲). یکی از مهم‌ترین و چالش‌برانگیزترین این زمینه‌ها (در کنار مسائلی چون مسئله انتخاب تأمین‌کننده مناسب در زنجیره تأمین (آتاناسو^۳، ۱۹۸۶)، مسئله انتخاب وبسایت آموزشی مناسب (کباسی و همکاران^۴، ۲۰۲۰)

¹ Multi-Attribute Decision-Making

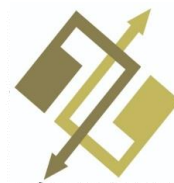
² Qin et al.

³ Atanassov

⁴ Kabassi et al.

* نویسنده مسئول





و غیره) مسئله انتخاب استراتژی مناسب است (بویوکوزکان و همکاران^۱، ۲۰۲۱)، چرا که تصمیم‌گیری برای بلندمدت، آثار و نتایج عمیق‌تری به همراه دارد و عموماً با عدم قطعیت فزاینده‌ای مواجه است (انگائو و هافمن^۲، ۲۰۱۱). بر این اساس، مسئله‌ای دیگری که پیش از فرآیند تصمیم‌گیری پیش روی تصمیم‌گیرنده قرار می‌گیرد مسئله انتخاب مدل/رویکرد مناسب است.

در دهه‌های گذشته، متخصصان همواره به دنبال دست‌یابی به مدل/رویکردی بوده‌اند که بتواند ابعاد مسئله تصمیم را پوشش دهد. این ابعاد عبارتند از پیچیدگی و عدم قطعیت^۳. بعد پیچیدگی شامل تعداد عناصر مسئله (از قبیل شاخص‌ها) و ارتباط‌های درونی میان شاخص‌ها و بعد عدم قطعیت شامل ابهام موجود در قضاوت‌های کلامی و تغییرات محیطی در آینده است (سرورخواه و عدالت‌پناه^۴، ۲۰۲۲). در فرآیند تصمیم‌گیری و انتخاب استراتژی مناسب، مدل‌های *MADM* می‌توانند شاخص‌های متفاوت (بعضاً متضاد) و ارتباط‌های درونی آن‌ها را در نظر بگیرند (به‌عنوان پاسخی به بعد پیچیدگی مسئله). به‌علاوه، از آن‌جاکه در رویکردهای فوق، به دلیل ماهیت ذهنی تفکر انسان، ارزیابی‌های کارشناسان اغلب مبهم است (کونگ و همکاران^۵، ۲۰۲۱) و روش‌ها و مراحل سنتی تصمیم‌گیری بر اساس اعداد قطعی برای محیط‌های تصمیم‌گیری پیچیده و متغیر مناسب نیستند (لورنزوتی و کروهاپنگ^۶، ۲۰۱۳)، استفاده از ترکیب رویکردهای فازی و *MADM* برای مواجهه با چنین شرایطی مورد وثوق متخصصان بوده است (عباس و همکاران^۷، ۲۰۲۱). با این وجود، نقد اساسی به رویکردهای *MADM* همچنان پابرجاست: این رویکردها فاقد چارچوبی برای مقابله با عدم قطعیت آینده هستند (لای و همکاران^۸، ۲۰۱۹).

مسئله انتخاب استراتژی نیازمند توجه دقیق به همه جوانب (تعداد عناصر، روابط میان شاخص‌ها، عدم قطعیت کلامی و محیطی) است که از میان آن‌ها، مواجهه با آینده‌ای که لزوماً شبیه به امروز نیست توجه بیشتری را می‌طلبد. در شرایط عدم قطعیت محیطی که عوامل متعددی بر محیط تأثیرگذار هستند و هر یک از عوامل به‌سرعت در حال تغییر می‌باشند، تحلیل استواری رویکردی مناسب به‌منظور مواجهه با مسائل دنیای واقعی است (انوی و همکاران^۹، ۲۰۱۷). با بررسی کارکرد گزینه/استراتژی‌های مختلف در قالب سناریوهای بدیل آینده، این رویکرد استراتژی‌ای را برمی‌گزیند که در میان تعداد بیشتری از سناریوها عملکرد قابل‌قبولی داشته باشد. به‌طور دقیق‌تر، استواری یک استراتژی عبارت است از شمار گزینه‌های قابل قبول به‌عنوان نسبتی از کل گزینه‌های در دسترس (روزنهد^{۱۰}، ۲۰۱۱). رویکرد تحلیل استواری معرفی شده از سوی روزنهد علی‌رغم توانایی بالا در مواجهه با آینده‌های بدیل، نقاط ضعفی در مواجهه با سایر جوانب دارد که در توسعه‌های بعدی مورد توجه قرار گرفت.

مهم‌ترین نقاط ضعف رویکرد تحلیل استواری کلاسیک بی‌توجهی به بعد پیچیدگی (هر دو جنبه تعداد عناصر و روابط میان شاخص‌ها) و البته جنبه عدم قطعیت کلامی است. سرورخواه و همکاران^{۱۱} (۲۰۱۸) با ارائه رویکرد ماتریسی به تحلیل استواری به مسئله تعداد عناصر پاسخ دادند. همچنین، آن‌ها با معرفی رویکرد ماتریسی-وزنی، علاوه بر وارد کردن میزان اهمیت و تأثیرگذاری هر کدام از شاخص‌ها در مدل، توانستند برای ضعف دیگر رویکرد کلاسیک (مشخص نشدن نتیجه یک تصمیم در صورت بروز سناریویی مشخص (آذر و همکاران^{۱۲}، ۲۰۱۳)) راه‌حل مناسبی ارائه دهند (سرورخواه و همکاران^{۱۳}، ۲۰۱۷). در ادامه، آن‌ها با استفاده از داده‌های فازی توانستند ضعف بی‌توجهی به مسئله عدم قطعیت کلامی را نیز پوشش دهند (سرورخواه و همکاران^{۱۴}، ۲۰۱۹). با این وجود، نقطه ضعف اساسی رویکرد تحلیل استواری در لحاظ کردن روابط میان شاخص‌ها همچنان وجود داشت. سرورخواه و عدالت‌پناه این ضعف را استفاده از رویکردهای فازی ای‌ان‌پی (سرورخواه و عدالت‌پناه^{۱۵}، ۲۰۲۱) و فازی دنپ^{۱۶} مورد توجه قرار دادند. رویکرد تحلیل استواری و توسعه‌های آن علی‌رغم در نظر گرفتن ابعاد مختلف در یک مسئله تصمیم‌گیری، به‌ویژه مسئله انتخاب استراتژی، با یک چالش جدی مواجه‌اند: نزدیکی تراز استواری استراتژی‌ها، به‌ویژه در سطح خرد. هدف مقاله حاضر ارائه پاسخی برای این چالش است. به‌نظر می‌رسد استفاده از داده‌های فازی مورد که کاربرد مناسبی در مسائلی از این دست دارند (متزنائر و همکاران^{۱۷}، ۲۰۲۱)، در این مورد خاص نیز راهگشا باشند.

خبرگان/تصمیم‌گیرندگان اغلب به‌طور مورد ارزش دقیق ویژگی‌ها تصمیم می‌گیرند و در نتیجه فرآیند ارزیابی را با چالش مواجه می‌کند (چانگ^{۱۸}، ۲۰۲۲). این امر به‌ویژه در زمانی که آن‌ها در رابطه با مسائلی که ماهیت آن‌ها کیفی است قضاوت می‌کنند نمود بیشتری

¹ Büyükožkan et al.

² Engau and Hoffmann

³ Complexity and Uncertainty

⁴ Sorourkhah and Edalatpanah

⁵ Gong et al.

⁶ Lourenzutti and Krohling

⁷ Abbas et al.

⁸ Lai et al.

⁹ Anvari et al.

¹⁰ Rosenhead

¹¹ Sorourkhah et al.

¹² Azar et al.

¹³ Sorourkhah et al.

¹⁴ Sorourkhah et al.

¹⁵ Sorourkhah and Edalatpanah

¹⁶ Fuzzy ANP and FDANP

¹⁷ Matzenauer et al.

¹⁸ Chang



می‌یابد (زنگ^۱، ۲۰۱۴). در سال‌های اخیر، نقش و اهمیت اطلاعات مردد در ادبیات تصمیم‌گیری بسیار مورد تأکید قرار گرفته است (کیخواه و میشمست نهی^۲، ۲۲۱؛ بابک کردی^۳، ۲۰۲۰). مجموعه‌های فازی مردد به سبب هماهنگی که با مسائل تصمیم‌گیری قضاوتی در بیان تردیدهای تصمیم‌گیرندگان دارند، خیلی زود مورد توجه دانشمندان حوزه‌های مختلف قرار گرفتند، که منجر به توسعه سریع کاربردی و نظری آن‌ها شد (کیخواه^۴، ۲۰۲۲). با توجه به این‌که در مسئله انتخاب استراتژی نیز تصمیم‌گیرندگان در خصوص قضاوت‌های خود با تردید مواجه هستند، به نظر می‌رسد بهره‌گیری از داده‌های مردد (علاوه بر ارائه پاسخی به نقطه ضعف تحلیل استواری) بتواند نتایج تحلیل را به واقعیت نزدیک‌تر کند.

در سال‌های اخیر توسعه‌های پرشماری بر مجموعه‌ی فازی مردد ارائه شده است: مجموعه‌های فازی مردد دوآل (ژو و همکاران^۵، ۲۰۱۲)، مجموعه‌های فازی مردد بازه مقدار (چن و همکاران^۶، ۲۰۱۳)، مجموعه‌های فازی مردد مثلثی (یو^۷، ۲۰۱۳)، مجموعه‌های فازی مردد گسترش‌یافته (ژو و زو^۸، ۲۰۱۶)، مجموعه‌های مردد نرم (ونگ و همکاران^۹، ۲۰۱۴)، مجموعه‌های زبانی فازی مردد (وی و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۶) و مجموعه‌های فازی مردد دو قطبی (اولاه و همکاران^{۱۱}، ۲۰۱۸). باین حال، به‌منظور حفظ سادگی، در این پژوهش از مفاهیم ابتدایی فازی مردد بهره برده می‌شود.

در بخش بعدی مقاله مبانی نظری پژوهش در رابطه با رویکرد تحلیل استواری و مجموعه‌های فازی به انضمام روش پژوهش مورد اشاره قرار می‌گیرند. در بخش ۳، با استفاده از داده‌های فازی مردد مثال‌های برگرفته‌شده از پژوهش‌های پیشین مجدداً حل می‌شوند و در بخش آخر به نتایج حاصل از پژوهش اشاره خواهد شد.

۲- مبانی نظری و روش پژوهش

۲-۱- تحلیل استواری

در رویکرد کلاسیک تحلیل استواری، پس از تعیین زنجیره‌ای از تصمیم‌ها، هر یک از تصمیم‌های نهایی (استراتژی‌ها) در قالب سناریوهای بدیل آینده مورد ارزیابی کیفی قرار می‌گیرند. نتیجه ارزیابی هر استراتژی در هر سناریو بر اساس قضاوت‌های خبرگان به‌صورت مطلوب، قابل قبول، نامطلوب، فاجعه‌بار و غیرقابل تعیین تعریف می‌شود. میزان استواری هر گزینه/استراتژی بر اساس رابطه زیر مشخص می‌شود (روزنهد، ۲۰۱۱):

$$r(d_{ij}) = \frac{n(s_{ij}^+)}{n(s_i)}, \quad r(d_{ij}) = [0, 1]. \quad (1)$$

که در آن $r(d_{ij})$ استواری هر گزینه، $n(s_{ij}^+)$ شمار حالت‌های مطلوب و قابل قبول و $n(s_i^+)$ شمار تمام حالات است.

در رویکرد ماتریسی تحلیل استواری، سناریوهای آینده بر اساس مهم‌ترین عوامل اثرگذاری محیطی (سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و ...) ساخته می‌شوند. بنابراین، تعداد سطریهای ماتریس سناریوها (M) برابر است با تعداد عوامل محیطی در نظر گرفته‌شده. تعداد سناریوها (ستون‌های ماتریس) نیز بر اساس حالت‌های مختلفی که هر کدام از عوامل محیطی می‌توانند اختیار کنند (برابر با حاصل ضرب حالت‌های مختلف) خواهد بود که عموماً از میان آن‌ها n سناریو انتخاب می‌شوند. ماتریس بعدی در رویکرد فوق، ماتریس شرایط استراتژی‌ها (A) است. سطریهای این ماتریس برابر با تعداد عوامل در نظر گرفته‌شده و ستون‌های آن دو برابر تعداد گزینه‌ها/استراتژی‌هاست که بیانگر حالت‌های مطلوب و نامطلوب برای هر استراتژی می‌باشد (یک ستون مطلوب و دیگری نامطلوب). سپس، می‌توان با تطبیق ماتریس‌های فوق به ماتریس استواری (B) دست یافت که سطریهای آن برابر تعداد استراتژی‌ها و ستون‌های آن برابر با تعداد سناریوهاست. هر درایه مثبت به معنای یک امتیاز مثبت برای استراتژی i در سناریوی j است که در نهایت با استفاده از رابطه (۱) می‌توان نمرات استواری هر استراتژی را به‌دست آورد.

¹ Zhang
² Keikha and Mishmast Nehi
³ Babakordi
⁴ Keikha
⁵ Zhu et al.
⁶ Chen et al.

⁷ Yu
⁸ Zhu and Xu
⁹ Wang et al.
¹⁰ Wei et al.
¹¹ Ullah et al.



یکی از اولین مفاهیم ریاضی برای توصیف عدم قطعیت، نظریه مجموعه‌های فازی است.

تعریف ۱- (زاده^۱، ۱۹۶۵) فرض کنید X یک مجموعه مرجع است. در این صورت مجموعه فازی A روی X مجموعه‌ای از جفت‌های مرتب $A = \{(x, \mu_A(x)) : x \in X\}$ است که در آن $\mu_A(x)$ بیانگر درجه عضویت x است.

مجموعه‌های فازی نوع-۲ مجموعه‌هایی هستند که در آن‌ها درجات عضویت هر عضو، خود مجموعه‌های فازی هستند.

تعریف ۲- (زاده^۲، ۱۹۷۵) فرض کنید X یک مجموعه مرجع است. در این صورت مجموعه فازی A روی X مجموعه‌ای از جفت‌های مرتب $A = \{(x, u_A), \mu_A(x, u_A) : x \in X, u_A \subseteq [0, 1]\}$ است که در آن $0 \leq \mu_A(x, u_A) \leq 1$ ، u_A بیانگر درجه عضویت اولیه و $\mu_A(x, u_A)$ درجه عضویت ثانویه است.

مجموعه‌های فازی شهودی تعمیم دیگری از نظریه مجموعه‌های فازی هستند که توام درجات عضویت و عدم عضویت را برای هر عضو مجموعه در نظر می‌گیرند.

تعریف ۳- (آتاناسوف^۳، ۱۹۸۶) فرض کنید X یک مجموعه مرجع است. در این صورت مجموعه فازی A روی X مجموعه‌ای از جفت‌های مرتب $A = \{(x, \mu_A(x), \theta_A(x)) : x \in X\}$ است که در آن $\mu_A(x)$ بیانگر درجه عضویت و $\theta_A(x)$ بیانگر درجه عدم عضویت است.

تورا و ناروکاوا^۴ (۲۰۰۹) و تورا^۵ (۲۰۱۰) تعمیمی از مجموعه‌های فازی تحت عنوان فازی مردد را معرفی کردند که تعیین مقدار دقیق درجه عضویت را میسر می‌کند. مجموعه‌های فازی مردد مناسب مدل‌سازی موقعیت‌هایی هستند که تصمیم‌گیرنده درجات تردید را به صورت یک مجموعه متناهی از مقادیر بیان می‌کند.

تعریف ۴- فرض کنید X یک مجموعه مرجع است. مجموعه فازی مردد روی X تابعی است که اگر روی X به کار برده شود یک زیرمجموعه از $[0, 1]$ را نتیجه دهد. ژیا و ژو^۶ (۲۰۱۱) برای درک بهتر، مجموعه فازی مردد را به شکل $A = \{(x, h_A(x)) : x \in X\}$ معرفی کردند، که در آن $h_A(x)$ مجموعه‌ای از چندین مقدار $[0, 1]$ است و در واقع نشان‌دهنده درجه عضویت‌های ممکن برای x است. برای سادگی، $h_A(x)$ عنصر فازی مردد نامیده می‌شود.

در مجموعه‌های فازی مردد، درجه عضویت یک عنصر ممکن است مقادیر متناوبی میان صفر و یک داشته باشد. مجموعه فازی مردد به شدت در بیان تردید در طول ارزیابی مفید است و از این رو انتخاب محبوب پژوهش‌گرانی است که با سطوح بالای عدم قطعیت سروکار دارند (بویوکوزکان و همکاران، ۲۰۲۱). علاوه بر رویکردهای تصمیم‌گیری چندشاخصه، مجموعه‌های فازی مردد در میان رویکردهای چندمعیاره نیز مورد توجه قرار گرفته است (فرنام و داره میراکی^۷، ۲۰۲۱).

۲-۳- روش پژوهش

همان‌طور که پیش‌ازاین در بخش مقدمه مطرح شد، در این پژوهش تلاش می‌شود تا با استفاده از عناصر فازی مردد پاسخی برای حل مسئله انتخاب استراتژی، به‌ویژه در زمان برابری نمرات استواری ارائه شود. بدین منظور، از میان پژوهش‌های مربوط به توسعه رویکرد تحلیل استواری، چهار مقاله که در آن‌ها مسئله انتخاب استراتژی با چالش مواجه بوده انتخاب شده‌اند. در مثال یک (سرورخواه و همکاران، ۲۰۱۷)، چهار استراتژی تنوع همگون، مشارکت، کاهش و توسعه بازار دارای استواری یکسانی هستند؛ در مثال دو [۱۶]، سه استراتژی تنوع همگون، کاهش و واگذاری چنین وضعیتی دارند؛ در مثال سه (سرورخواه و عدالت پناه، ۲۰۲۱)، سه استراتژی تنوع ناهمگون، کاهش

¹ Zadeh

² Zadeh

³ Atanassov

⁴ Torra and Narukawa

⁵ Torra

⁶ Xia and Xu

⁷ Farnam and Darehmiraki



و واگذاری دارای استواری نزدیک هستند؛ و در نهایت، در مثال چهار (سرورخواه و عدالت پناه^۱، ۲۰۲۲)، با وجود این که گزینه خدمات آموزشی استواری بالاتری دارد، در صورتی که امکان انتخاب این گزینه به هر دلیلی میسر نباشد، گزینه‌های بعدی (یعنی صنایع دستی و توریسم) استواری برابری دارند و در همه موارد مطرح شده امکان انتخاب گزینه برتر وجود ندارد. برای پاسخ دادن به مسئله فوق، در این پژوهش میزان مطلوبیت هر گزینه/استراتژی در قالب سناریوهای مختلف بر اساس عناصر فازی مجدد ارزیابی می‌شوند تا ماتریس تصمیم (D) شکل بگیرد، که در آن سطرهای ماتریس بیانگر گزینه‌ها و ستون‌های آن بیانگر سناریوهای مختلف خواهد بود. برای مقایسه گزینه‌ها در استراتژی‌های مختلف از تابع امتیاز استفاده می‌شود (ژیا و ژو، ۲۰۱۱):

$$s(h) = \frac{1}{l_h} \sum_{\gamma \in h} \gamma. \quad (2)$$

که در آن l_h تعداد مقادیر در h است.

برای دو عنصر فازی مجدد h_1 و h_2 ، اگر $s(h_1) > s(h_2)$ باشد، آنگاه $h_1 > h_2$ و اگر $s(h_1) = s(h_2)$ باشد، آنگاه $h_1 = h_2$ است. در صورت برابری امتیازها از درجه انحراف استفاده خواهد شد (ژیا و ژو، ۲۰۱۱):

$$v(h) = \frac{1}{l_h} \sqrt{\sum_{\gamma_i, \gamma_j \in h} (\gamma_i - \gamma_j)^2}. \quad (3)$$

برای دو عنصر فازی مجدد h_1 و h_2 ، اگر $v(h_1) > v(h_2)$ باشد، آنگاه $h_1 < h_2$ است.

در نهایت، بر اساس رابطه (۱)، گزینه‌ای که در بیشتر سناریوها عملکرد بهتری داشته باشد به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شود.

۳- مثال‌های عددی

مثال یک - سرورخواه و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از رویکرد ماتریسی به تحلیل استواری اقدام به ارزیابی استراتژی‌های صنعت خودرو نمودند. در این مطالعه نمرات استواری چهار گزینه (از ۱۱ گزینه موجود) مطابق جدول ۱ یکسان بوده است.

جدول ۱- بخشی از تراز استواری استراتژی‌ها [۱۵].

Table 1- A part of the stability balance of strategies [15].

استراتژی	استواری	رتبه
تنوع همگون	9	1
کاهش	9	1
واگذاری	9	1
توسعه بازار	9	1

بر این اساس، انتخاب میان استراتژی‌های فرعی امکان‌پذیر نخواهد بود. با استفاده از عناصر فازی مجدد و بر اساس ماتریس تصمیم (D_1) در پیوست شماره ۱ امتیازهای هر کدام از استراتژی‌ها در قالب سناریوهای مختلف مطابق جدول ۲ در دسترس است. در این جدول، خانه‌های تیره نشان‌دهنده برتری استراتژی در هر سناریو است.

جدول ۲- امتیاز استراتژی‌های مثال یک.

Table 2- The score of the strategies of example one.

استراتژی/سناریو	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	رتبه
تنوع همگون	.63	.20	.50	.30	.15	.20	.20	.30	.15	.25	.53	.27	.30	.50	.10	2
کاهش	.15	.67	.30	.15	.40	.30	.37	.80	.60	.20	.30	.60	.70	.40	.80	1
واگذاری	.10	.55	.25	.10	.33	.25	.30	.65	.55	.15	.30	.50	.60	.40	.75	4
توسعه بازار	.60	.30	.10	.37	.10	.10	.15	.20	.30	.42	.10	.15	.25	.25	.40	3



بر اساس نتایج حاصل از **جدول ۲** مشخص می‌شود استراتژی کاهش، با عملکرد بهتر در نه سناریوی آینده، گزینه مناسب‌تری خواهد بود.

مثال دو - سرورخواه و همکاران (۲۰۱۷) رویکرد مطرح شده در مثال پیشین را با همان هدف در محیط فازی پیاده کردند. در این مطالعه، استراتژی توسعه بازار از میان گزینه‌های برتر حذف شده است. با این حال، نمرات استواری سه گزینه دیگر (از ۱۱ گزینه موجود) مطابق **جدول ۳** یکسان بوده است.

جدول ۳- بخشی از تراز استواری استراتژی‌ها [۱۶].
Table 3- A part of the stability balance of strategies [16].

استراتژی	استواری	رتبه
تنوع همگون	9	1
کاهش	9	1
واگذاری	9	1

بر این اساس، باز هم انتخاب میان استراتژی‌های فرعی امکان‌پذیر نخواهد بود. با استفاده از عناصر فازی مردد و بر اساس ماتریس تصمیم (D_2) در پیوست شماره ۱ امتیازهای هر کدام از استراتژی‌ها در قالب سناریوهای مختلف مطابق **جدول ۴** در دسترس است. در این جدول، خانه‌های تیره نشان‌دهنده برتری استراتژی در هر سناریو است.

جدول ۴- امتیاز استراتژی‌های مثال دو.
Table 4- The score of the strategies of example two.

استراتژی/سناریو	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	رتبه
تنوع همگون	.20	.15	.20	.10	.15	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.20	.30	2
کاهش	.15	.35	.20	.15	.20	.15	.10	.85	.20	.10	.15	.65	.50	.50	.85	1
واگذاری	.10	.30	.15	.10	.15	.10	.15	.80	.15	.15	.10	.60	.45	.45	.80	2

بر اساس نتایج حاصل از **جدول ۴** مشخص می‌شود استراتژی کاهش، با عملکرد بهتر در یازده سناریوی آینده، گزینه مناسب‌تری خواهد بود.

مثال سه - سرورخواه و عدالت‌پناه (۲۰۲۱) رویکرد مطرح شده در مثال پیشین را با در نظر گرفتن روابط درونی میان معیارها در محیط فازی مورد استفاده قرار دادند. در خروجی این مطالعه، استراتژی تنوع ناهمگون به‌عنوان گزینه مناسب‌تر جایگزین استراتژی تنوع همگون شد. با این حال، نمرات استواری دو گزینه دیگر (کاهش و واگذاری) مطابق **جدول ۵** یکسان بوده و نمره استراتژی تنوع ناهمگون نیز بسیار نزدیک دو استراتژی فوق است.

جدول ۵- بخشی از تراز استواری استراتژی‌ها.
Table 5- A part of the stability balance of strategies.

استراتژی	استواری	رتبه
تنوع ناهمگون	8	2
کاهش	9	1
واگذاری	9	1

بر این اساس، باز هم انتخاب میان استراتژی‌های فرعی امکان‌پذیر نخواهد بود. با استفاده از عناصر فازی مردد و بر اساس ماتریس تصمیم (D_3) در پیوست شماره ۱ امتیازهای هر کدام از استراتژی‌ها در قالب سناریوهای مختلف مطابق **جدول ۶** در دسترس است. در این جدول، خانه‌های تیره نشان‌دهنده برتری استراتژی در هر سناریو است.

جدول ۶- امتیاز استراتژی‌های مثال سه.
Table 6- The score of the strategies of example three.

استراتژی/سناریو	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	رتبه
تنوع ناهمگون	.15	.10	.40	.20	.53	.20	.40	.40	.10	.15	.15	.47	.50	.50	.25	2
کاهش	.10	.20	.30	.15	.47	.37	.30	.80	.20	.27	.23	.70	.60	.75	.85	1
واگذاری	.10	.15	.20	.10	.30	.30	.27	.70	.15	.20	.20	.50	.53	.60	.80	3

بر اساس نتایج حاصل از جدول ۶ مشخص می‌شود استراتژی کاهش، با عملکرد بهتر در ده سناریوی آینده، گزینه مناسب‌تری خواهد بود.



مثال چهار - سرورخواه و عدالت پناه (۲۰۲۲) رویکرد مطرح‌شده در مثال پیشین را با در نظر گرفتن روابط درونی میان معیارها در محیط فازی برای مسئله انتخاب کسب‌وکار مناسب مورد استفاده قرار دادند. در خروجی این مطالعه، گزینه خدمات آموزشی با نمره استواری بالاتر از سایر گزینه‌ها به‌عنوان گزینه مناسب انتخاب شده است. با این حال، نمرات استواری دو گزینه بعدی (صنایع دستی و توریسم) مطابق جدول ۷ یکسان بوده و در صورتی که نتوان به هر دلیلی گزینه اول را انتخاب کرد، انتخاب گزینه جایگزین با مشکل مواجه خواهد شد.

جدول ۷- بخشی از تراز استواری استراتژی‌ها [۶].

Table 7- A part of the stability balance of strategies [6].

استواری	رتبه	استواری
صنایع دستی	2	5
توریسم	2	5
خدمات آموزشی	1	7

بر این اساس، باز هم انتخاب میان گزینه‌های اول و دوم امکان‌پذیر نخواهد بود. با استفاده از عناصر فازی مردم و بر اساس ماتریس تصمیم (D_4) در پیوست شماره ۱ امتیازهای هر کدام از گزینه‌ها در قالب سناریوهای مختلف مطابق جدول ۸ در دسترس است. در این جدول، خانه‌های تیره نشان‌دهنده برتری استراتژی در هر سناریو (بدون در نظر گرفتن برتری خدمات آموزشی) است.

جدول ۸- امتیاز استراتژی‌های مثال چهار.

Table 8- Score of the strategies of example four.

رتبه	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	گزینه/سناریو
2	.15	.30	.30	.35	.15	.10	.55	.15	.50	.50	صنایع دستی
1	.20	.37	.30	.50	.20	.15	.50	.25	.57	.50	توریسم
-	.30	.40	.25	.10	.85	.60	.15	.60	.80	.75	خدمات آموزشی

بر اساس نتایج حاصل از جدول ۸ و در صورتی که گزینه خدمات آموزشی را به‌عنوان گزینه برتر در نظر نگیریم، مشخص می‌شود که گزینه توریسم با عملکرد بهتر در هفت سناریوی آینده نسبت به صنایع دستی گزینه مناسب‌تری خواهد بود.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش تلاش شد تا با بهره‌گیری از عناصر فازی مردم پاسخی برای مسئله انتخاب استراتژی/گزینه مناسب با استفاده از رویکرد تحلیل استواری ارائه شود که در پژوهش‌های پیشین با چالش روبه‌رو شده بود. راهکار پیشنهادی در چهار مسئله مختلف که پیش‌ازاین بدون جواب مانده بودند، پیاده‌سازی شد و نتایج نشان داد با بهره‌گیری از رویکرد پیشنهادی می‌توان بر چالش مذکور فائق آمد. استفاده از داده‌های فازی مردم دو نتیجه چشم‌گیر به همراه داشت: نخست، مسئله انتخاب استراتژی مناسب در صورت برابری تراز استواری گزینه‌ها به‌خوبی مرتفع شد و به‌علاوه، تردید حاصل از برآورد کیفی عملکرد استراتژی‌ها در قالب سناریوهای آینده به شیوه مناسب‌تری، در مقایسه با پژوهش‌های پیشین، در مدل لحاظ شد.

رویکرد پیشنهادی در این پژوهش می‌تواند در پژوهش‌های آینده توسعه داده شود. بهره‌گیری از توسعه‌های جدیدتر فازی مردم مانند مجموعه‌های فازی مردم توسعه‌یافته (کیان و همکاران^۲، ۲۰۱۳)، مجموعه‌های زبانی فازی مردم بازه مقدار (ونگ و همکاران^۳، ۲۰۱۴) و مجموعه‌های زبانی دوگان فازی مردم (یانگ و جو^۴، ۲۰۱۴) می‌تواند منجر به نتایج دقیق‌تر شود. اخیراً از مجموعه‌های نوتروسوفیک برای ارزیابی استواری استفاده شده است (سرورخواه^۵، ۲۰۲۲)؛ ترکیب فازی مردم و نوتروسوفیک نیز می‌تواند به افزایش دقت نتایج

² Qian et al.
³Wanget al.

⁴ Yang and Ju
⁵ Sorourkxah



منجر شود. از سوی دیگر، با توجه به این که تحلیل های این رویکرد کاملاً مبتنی بر دیدگاه ها و نظرات خبرگان است، استفاده از رویکردهای انتخاب خودکار (صفا و همکاران^۶، ۲۰۲۲) نیز می تواند به عنوان ملاحظه ای در انتخاب خبرگان در نظر گرفته شود. در این رویکردها خبرگی از سوابق فرد استخراج شده و در پایش و ارزیابی مکانیزه مورد بررسی قرار می گیرد؛ در نهایت، با رتبه دهی، افراد منتخب از فهرست برگزیده می شوند (جوادی و همکاران^۷، ۲۰۲۰).

توافق نامه نویسندگان

نویسنده این مقاله اعلام می دارد که نسخه نهایی را قبل از ارسال مشاهده و تأیید کرده است. همچنین تضمین می کند که این مقاله اثر اصلی نویسنده است، پیش از این چاپ نشده یا در حال حاضر تحت انتشار نمی باشد.

تشکر و قدردانی

نویسنده مراتب قدردانی خود را از مرکز تحقیقات موسسه آموزش عالی آیندگان به واسطه حمایت هایش اعلام می دارد.

تعارض با منافع

نویسنده اعلام می دارد که هیچ تضادی در منافع در مورد انتشار این نسخه وجود ندارد.

منابع

- Abbas, M., Guo, Y., & Murtaza, G. (2021). A survey on different definitions of soft points: limitations, comparisons and challenges. *Journal of fuzzy extension and applications*, 2(4), 333-343. http://www.journal-fea.com/article_136848.html
- Anvari, A., Azar, A., Kordnaeij, A., & Amiri, M. (2017). Combining robust analysis and fuzzy screening to develop a robust strategic planning model for service logistics network; a case of Shiraz electric distribution co. *Modern research in decision making*, 2(1), 1-28. (In Persian). http://journal.saim.ir/article_25139.html?lang=en
- Atanassov, K. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy sets and systems*, 20, 87-96. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(86\)80034-3](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(86)80034-3)
- Azar, A., Khosravani, F., & Jalali, R. (2013). *Soft operational research: problem structuring approaches*. Industrial management organization, Tehran. (In Persian). <https://www.gisoom.com>
- Babakordi, F. (2020). Hesitant fuzzy set and its types. *Journal of decisions and operations research*, 4(4), 353-361. DOI:10.22105/dmor.2020.215487.1136
- Büyüközkan, G., Mukul, E., & Kongar, E. (2021). Health tourism strategy selection via SWOT analysis and integrated hesitant fuzzy linguistic AHP-MABAC approach. *Socio-economic planning sciences*, 74, 100929. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100929>
- Chang, K. H. (2022). A novel enhanced supplier selection method used for handling hesitant fuzzy linguistic information. *Mathematical problems in engineering*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6621236>
- Chen, N., Xu, Z., & Xia, M. (2013). Interval-valued hesitant preference relations and their applications to group decision making. *Knowledge-based systems*, 37, 528-540. <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2012.09.009>
- Engau, C., & Hoffmann, V. H. (2011). Strategizing in an unpredictable climate: exploring corporate strategies to cope with regulatory uncertainty. *Long range planning*, 44(1), 42-63. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2010.11.003>
- Farnam, M., & Darehmiraki, M. (2021). Solution procedure for multi-objective fractional programming problem under hesitant fuzzy decision environment. *Journal of fuzzy extension and applications*, 2(4), 364-376. DOI: 10.22105/jfea.2021.288198.1152
- Gong, J. W., Liu, H. C., You, X. Y., & Yin, L. (2021). An integrated multi-criteria decision making approach with linguistic hesitant fuzzy sets for E-learning website evaluation and selection. *Applied soft computing*, 102, 107118. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107118>
- Javadi, S., Safa, R., Azizi, M., & Mirroshandel, S. A. (2020). A recommendation system for finding experts in online scientific communities. *Journal of AI and data mining*, 8(4), 573-584. DOI: 10.22044/jadm.2020.9087.2045
- Kabassi, K., Bottonis, A., & Karydis, C. (2020). Evaluating websites of specialized cultural content using fuzzy multi-criteria decision making theories. *Informatica*, 44(1), 45-54. DOI:10.31449/inf.v44i1.2689
- Keikha, A. (2022). New extension of TOPSIS method for solving inaccurate MADM problems modeled with hesitant fuzzy numbers. *Journal of decisions and operations research*, 7(1), 1-16. (In Persian). DOI: 10.22105/dmor.2021.286557.1397

⁶ Safa et al.

⁷ Javadi et al.



- Keikha, A., & Mishmast Nehi, H. (2021). Introducing a new model for evaluating and ranking employees, organizations and solving MADM problems in a hesitant fuzzy environment. *Journal of decisions and operations research*, 6(2), 256-270. (In Persian). DOI: [10.22105/dmor.2021.238906.1177](https://doi.org/10.22105/dmor.2021.238906.1177)
- Lai, H. H., Chang, K. H., & Lin, C. L. (2019). A novel method for evaluating dredging productivity using a data envelopment analysis-based technique. *Mathematical problems in engineering*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/5130835>
- Lourenzutti, R., & Krohling, R. A. (2013). A study of TODIM in an intuitionistic fuzzy and random environment. *Expert systems with applications*, 40(16), 6459-6468. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.05.070>
- Matzenauer, M., Reiser, R., Santos, H., Bedregal, B., & Bustince, H. (2021). Strategies on admissible total orders over typical hesitant fuzzy implications applied to decision making problems. *International journal of intelligent systems*, 36(5), 2144-2182. <https://doi.org/10.1002/int.22374>
- Qian, G., Wang, H., & Feng, X. (2013). Generalized hesitant fuzzy sets and their application in decision support system. *Knowledge-based systems*, 37, 357-365. <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2012.08.019>
- Qin, Y., Wang, X., & Xu, Z. (2022). Ranking tourist attractions through online reviews: a novel method with intuitionistic and hesitant fuzzy information based on sentiment analysis. *International journal of fuzzy systems*, 24(2), 755-777. <https://doi.org/10.1007/s40815-021-01131-9>
- Rosenhead, J. (2011). Robustness analysis. In Cochran, J. J., Cox, Jr. L. A., Keskinocak, P., Kharoufeh, J. P., Smith, J. C. (Eds.), *Wiley encyclopedia of operations research and management science*. John Wiley & Sons. DOI: [10.1002/9780470400531.eorms0976](https://doi.org/10.1002/9780470400531.eorms0976)
- Safa, R., Bayat, P., & Moghtader, L. (2022). Developing clinical decision support systems in psychiatry using microblogging data. *Journal of decisions and operations research*, 7(2), 259-276. (In Persian). DOI: [10.22105/dmor.2022.342716.1608](https://doi.org/10.22105/dmor.2022.342716.1608)
- Sorourkhah, A. (2022). Coping uncertainty in the supplier selection problem using a scenario-based approach and distance measure on type-2 intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy optimization and modeling journal*, 3(1), 64-71. DOI: [10.30495/fomj.2022.1953705.1066](https://doi.org/10.30495/fomj.2022.1953705.1066)
- Sorourkhah, A., & Edalatpanah, S. A. (2021). Considering the criteria interdependency in the matrix approach to robustness analysis with applying fuzzy ANP. *Fuzzy optimization and modeling journal*, 3(2), 22-33. DOI: [10.30495/fomj.2021.1932066.1029](https://doi.org/10.30495/fomj.2021.1932066.1029)
- Sorourkhah, A., & Edalatpanah, S. A. (2022). Using a combination of matrix approach to robustness analysis (MARA) and Fuzzy DEMATEL-Based ANP (FDANP) to choose the best decision. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 7(1), 68. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2022.7.1.005>
- Sorourkhah, A., Azar, A., Babaie-Kafaki, S., Shafiei Nik Abadi, M. (2017). Using weighted-robustness analysis in strategy selection (case study: saipa automotive research and innovation center). *Industrial management journal*, 9(4), 665-690. (In Persian). DOI: [10.22059/imj.2018.247856.1007361](https://doi.org/10.22059/imj.2018.247856.1007361)
- Sorourkhah, A., Babaie-Kafaki, S., Azar, A., & Shafiei Nikabadi, M. (2019). A fuzzy-weighted approach to the problem of selecting the right strategy using the robustness analysis (case study: Iran automotive industry). *Fuzzy information and engineering*, 11(1), 39-53. <https://doi.org/10.1080/16168658.2021.1886811>
- Sorourkhah, A., Babaie-Kafaki, S., Azar, A., & Shafiei-Nikabadi, M. (2018). Matrix approach to robustness analysis for strategy selection. *International journal of industrial mathematics*, 10(3), 261-269. https://ijim.srbiau.ac.ir/article_12651.html
- Torra, V. (2010). Hesitant fuzzy sets. *International journal of intelligent systems*, 25(6), 529-539. <https://doi.org/10.1002/int.20418>
- Torra, V., & Narukawa, Y. (2009). On hesitant fuzzy sets and decision. *2009 IEEE international conference on fuzzy systems* (pp. 1378-1382). IEEE. DOI: [10.1109/FUZZY.2009.5276884](https://doi.org/10.1109/FUZZY.2009.5276884)
- Ullah, K., Mahmood, T., Jan, N., Broumi, S., & Khan, Q. (2018). On bipolar-valued hesitant fuzzy sets and their applications in multi-attribute decision making. *The nucleus*, 55(2), 93-101.
- Wang, F., Li, X., & Chen, X. (2014). Hesitant fuzzy soft set and its applications in multicriteria decision making. *Journal of applied mathematics*, 2014, 643785. <https://doi.org/10.1155/2014/643785>
- Wang, J. Q., Wu, J. T., Wang, J., Zhang, H. Y., & Chen, X. H. (2014). Interval-valued hesitant fuzzy linguistic sets and their applications in multi-criteria decision-making problems. *Information sciences*, 288, 55-72. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.07.034>
- Wei, G., Alsaadi, F. E., Hayat, T., & Alsaadi, A. (2016). Hesitant fuzzy linguistic arithmetic aggregation operators in multiple attribute decision making. *Iranian journal of fuzzy systems*, 13(4), 1-16. DOI: [10.22111/ijfs.2016.2592](https://doi.org/10.22111/ijfs.2016.2592)
- Xia, M., & Xu, Z. (2011). Hesitant fuzzy information aggregation in decision making. *International journal of approximate reasoning*, 52(3), 395-407. <https://doi.org/10.1016/j.ijar.2010.09.002>
- Yang, S., & Ju, Y. (2014). Dual hesitant fuzzy linguistic aggregation operators and their applications to multi-attribute decision making. *Journal of intelligent & fuzzy systems*, 27(4), 1935-1947. DOI: [10.3233/IFS-141161](https://doi.org/10.3233/IFS-141161)
- Yu, D. (2013). Triangular hesitant fuzzy set and its application to teaching quality evaluation. *Journal of information & computational science*, 10(7), 1925-1934. DOI: [10.12733/JICS20102025](https://doi.org/10.12733/JICS20102025)
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
- Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linear variable and its application to approximate reasoning-1. *Information science*, 8(3), 199-249. [https://doi.org/10.1016/0020-0255\(75\)90036-5](https://doi.org/10.1016/0020-0255(75)90036-5)
- Zhang, N. (2014). Hesitant fuzzy linguistic information aggregation in decision making. *International journal of operational research*, 21(4), 489-507.
- Zhu, B., & Xu, Z. (2016). Extended hesitant fuzzy sets. *Technological and economic development of economy*, 22(1), 100-121. <https://doi.org/10.3846/20294913.2014.981882>
- Zhu, B., Xu, Z., & Xia, M. (2012). Dual hesitant fuzzy sets. *Journal of applied mathematics*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/879629>