مجله پژوهش و کاربرد در مکانیک دوره ۱۲ شماره ۳سال ۱۴۰۱ (۲۰۲۲) ۱۵-۳۹

به‌نام‌خدا

ارائه یک رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی سناریومحور در شرایط عدم قطعیت، با در نظرگرفتن مبحث پایداری، جهت ارزیابی و اولویت بندی پروژه‌های ساخت و توسعه حمل‌ونقل ریلی با روش Stochastic VIKOR و FBWM

مرتضی نوروزی[۱]، علی نادران[۲]*، جبارعلی ذاکری[۳] .کامران رحیم اف[۴]

۱- دانشجوی دکتری عمران گروه مهندسی عمران، دانشکده عمران، معماری و هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی،تهران، ایران
morteza.noruzi@srbiau.ac.ir

۲- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده عمران، معماری و هنر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی،تهران، ایران
naderan@srbiau.ac.ir

۳- استاد دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران zakeri@iust.ac.ir

۴- استادیار دانشگاه پیام نور تهران، ایران k_rahimov@yahoo.com

*نویسنده مسئول

چکیده

یکی از دغدغه‌های همیشگی در سازمان‌های دولتی و خصوصی، انتخاب پروژه از میان انبوه پروژه‌های بالقوه جهت اجرا می‌باشد. به دلیل محدودیت منابع در بخش‌های مختلف، می‌بایست پروژه‌ها اولویت‌بندی شده تا بتوان حداکثر عایدی را کسب نمود. اما در پروژه‌های ملی و دولتی، لزوما توجه به مولفه‌های مالی اهمیت ندارد و می‌بایست ابعاد بیشتری را در نظر گرفت. پایداری مولفه‌ای است که جوانب مختلف اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی را در ارزیابی پروژه‌ها در نظر می‌گیرد. در این راستا در این مطالعه هدف اصلی ارزیابی و انتخاب پروژه‌های حمل و نقل ریلی متناسب با معیارهای پایداری می‌باشد. به طور کلی ۱۵ شاخص در سه بخش اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی شناسایی شده که با رویکرد بهترین بدترین فازی وزن‌دهی شدند. مهم‌ترین شاخص‌ها در ارزیابی پروژه‌ها هزینه سرمایه‌گذاری، نرخ بازگشت داخلی از منظر ملی و تاثیر کمتر طرح در تخریب محیط زیست می‌باشد. متناسب با شاخص‌های وزن‌دار شده رویکرد ویکور تصادفی برای نخستین بار در این مقاله توسعه داد شد که متناسب با دو سناریو تغییرات تقاضا و تغییرات هزینه پروژه‌های کاندید ارزیابی شدند. نوآوری اصلی این مطالعه ارائه رویکرد ویکور تصادفی برای نخستین بار و در نظر گرفتن عدم قطعیت در ارزیابی پروژه‌ها می‌باشد. یافته‌ها نشان می‌دهد پروژه‌هایی که بیشترین عایدی اقتصادی از جنبه ملی و زیست‌محیطی را داشته باشند به عنوان برترین پروژه‌ها انتخاب می‌شوند.

کلمات کلیدی: پروژه حمل و نقل ریلی، پایدار، اولویت بندی، تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، ویکور تصادفی

۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر، صنعت حمل و نقل به عنوان یکی از پایه‌های اساسی توسعه اقتصادی و اجتماعی در سطح جهانی توجه فراوانی به خود جلب کرده است(Kurenkov et al, 2019). با توجه به افزایش روز افزون جمعیت و نیازهای رو به رشد شهرها، توسعه زیرساخت های حمل و نقل در کشورها به عنوان یک امر بحرانی مورد توجه قرار گرفته است(Hong et al, 2022). همواره پروژه‌های متعدد و گسترده‌ای به طور بالقوه تعریف می‌شوند که محدودیت منابع مختلف مالی، انسانی و... اجازه نمی‌دهد که به طور هم‌زمان تمامی پروژه‌ها اجرا شوند. در این راستا یکی از دغدغه‌های موجود در سازمان‌ها، ارزیابی و انتخاب پروژه‌های شایسته از میان تعداد زیاد پروژه‌ها می‌باشد(Mohagheghi & Mousavi, 2019).

پروژه‌ها را می‌بایست متناسب با معیارهای مختلفی ارزیابی کرده و توجه به یک جنبه خاص مالی، زمانی، انسانی و ...، خطای انتخاب پروژه بهینه را افزایش می‌دهد(ForouzeshNejad, 2023). در مطالعات مختلف معیارهای گوناگونی در ارزیابی پروژه‌ها در نظر گرفته می‌شوند اما در دنیای امروزی، مفهوم پایداری به عنوان یک عامل حیاتی و کلیدی در بسیاری از حوزه‌ها و صنایع مورد توجه قرار گرفته است(Abdel-Basset et al, 2021). پایداری به معنای تولنایی حفظ تعادل و تداوم در مواجهه با چالش‌ها، نیازها و محدودیت‌های زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی است(Abdel-Basset et al, 2021; Bai et al, 2019; ForouzeshNejad, 2023). در صنعت حمل و نقل نیز، اهمیت پایداری بسیار مورد توجه قرار گرفته است(Jabbour et al, 2020; Sazvar et al, 2022).

یکی از دلایل اصلی اهمیت پایداری در ارزیابی طرح‌ها این است که حمل و نقل در تمامی جوانب زندگی ما نقش مهمی را ایفا می‌کند. از حمل و نقل عمومی تا حمل و نقل وسایل شخصی، هرگونه نقصان و ناکارآمدی در سامانه حمل و نقل می‌تواند تأثیر مستقیم بر زندگی روزمره ما و همچنین بر اقتصاد، محیط زیست و مسائل اجتماعی داشته باشد(Bui et al, 2021). در نتیجه، انتخاب پروژه‌های حمل و نقل با تأکید بر پایداری، می‌تواند باعث بهبود عملکرد سامانه حمل و نقل و ارتقای کیفیت زندگی جامعه گردد(Martins et al, 2019).

علاوه بر این، توجه به پایداری در ارزیابی پروژه‌ها از نگاه اقتصادی نیز اهمیت دارد. پروژه‌های حمل و نقل پایدار، می‌توانند منجر به کاهش هزینه‌ها و بهبود بهره‌وری شود(Jabbour et al, 2020; Rostami et al, 2023). به طور مثال، استفاده از سیستم‌های حمل و نقل عمومی پایدار می‌تواند باعث کاهش ترافیک و آلودگی هوا شده و در نتیجه هزینه‌های ناشی از ترافیک را کاهش دهد(Martins et al, 2019). همچنین، استفاده از فناوری‌های پایدار در وسایل نقلیه می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در سوخت و انرژی شده و از اتلاف منابع طبیعی

جلوگیری کند(Sazvar et al, 2022). بنابراین، در ارزیابی پروژه‌های حمل و نقل، اهمیت پایداری به دلیل تأثیرات بسیار گسترده‌ای که بر جوانب مختلف زندگی ما و جامعه می‌گذارد، بسیار حائز اهمیت است. استفاده از معیارهای پایداری در فرآیند انتخاب پروژه‌های حمل و نقل می‌تواند منجر به تصمیمات بهتر و بهینه‌تر در ساختار و توسعه سامانه حمل و نقل گردد و در نهایت منجر به بهبود کیفیت زندگی جامعه و حفظ منابع طبیعی شود.

مطالعات مختلفی به ارزیابی پروژه‌های گوناگون در صنایع مختلف پرداختند که همگی غالبا مبتنی بر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و نظرات خبرگان انجام شده است(Mohagheghi & Mousavi, 2019; Abdel-Basset et al, 2021). یکی از مسائل مهم که در ارزیابی پروژه‌ها دارای اهمیت است، عدم قطعیت می‌باشد؛ این عدم قطعیت در جنبه‌های مختلف مالی، زمانی و عملیاتی و نتایج پروژه خود را نشان می‌دهد. در حوزه حمل و نقل، عواملی همچون تغییرات در هزینه، زمان و تقاضا می‌توانند تأثیر چشمگیری بر عملکرد پروژه‌ها داشته باشند (Peng et al, 2020) که در انتخاب پروژه‌ها بهتر است این مساله دخیل شود. تغییرات قیمت مواد اولیه، نوسانات بازار و تغییرات ساختاری می‌توانند باعث افزایش هزینه‌ها و تأخیر در زمان اجرا شوند. این مسائل می‌توانند به طور جدی تأثیر منفی بر محدودیت‌های مالی پروژه‌ها داشته باشند و در نتیجه منجر به عدم اتمام موفق طرح‌ها یا کاهش کیفیت و عملکرد آنها گردند(Franzoni & Stephan, 2022). همچنین، عدم قطعیت در تقاضای پروژه‌ها نیز می‌تولند تأثیر قابل توجهی در ارزیابی پروژه‌های حمل و نقل داشته و تغییرات اساسی در میزان درآمدزایی پروژه‌ها را موجب شود(ForouzeshNejad, 2023). به همین جهت با دخیل کردن عدم قطعیت در ارزیابی پروژه‌ها، می‌توان انتخاب دقیق‌تری داشت. در این راستا، با توجه به مطالب بیان شده مطالعه حاضر با انگیزه‌های زیر انجام می‌شود:

- طراحی یک رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره تصادفی جدید جهت دخیل کردن عدم قطعیت در ارزیابی پروژه‌ها؛
- ارائه شاخص‌های پایداری جامع جهت ارزیابی پروژه‌های صنعت حمل و نقل؛
- طراحی مدلی جهت ارزیابی پروژه‌های حمل و نقل با در نظر داشتن شاخص‌های پایداری و دخیل کردن عدم قطعیت.

۲- مرور ادبیات

در زمینه ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها مطالعات مختلفی انجام شده است که تمرکز آن‌ها در صنایع گوناگون می‌باشد. به طور مثال (Hamurcu et al, 2017) مطالعه‌ای با موضوع انتخاب پروژه‌های حمل‌ونقل ریلی با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی آرمانی ارائه کرده‌اند. در مطالعه آن‌ها اینگونه بیان شده است که شهرداری استانبول قصد توسعه سیستم حمل و نقل ریلی این شهر را متناسب با اهداف مختلفی دارد. در این راستا با در نظر گرفتن شاخص‌های مختلف که با رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره وزن‌دهی می‌شوند، اهداف گوناگونی به عنوان اهداف آرمانی پروژه در نظر گرفته شده است. اهداف مدیران افزایش کیفیت زندگی به دور از

مشـــکلات ترافیک، بهبود شـــرایط زیســـت‌محیطی و بهینه بودن هزینه‌ها می‌باشـــد. شـــاخص‌های ارزیابی مهم پروژه‌های ریلی در مطالعه آن‌ها شامل امنیت، ظرفیت، سرعت، هزینه و اعتبار می‌باشد. طبق معیارهای مذکور و ســـناریوهای مختلف، پروژه‌های هدف ارزیابی شـــدند.(Kim et al, 2017) در مطالعه‌ای به ارزیابی اقتصـــادی پروژه‌های حمل و نقل پرداخته‌اند. در این مطالعه یک مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر مالی (FCGE) ارائه شده است که هم‌زمان شاخص‌های اقتصاد کلان را با جریان‌های مالی در نظر می‌گیرد. این مدل برای تجزیه و تحلیل اثرات اقتصـادی سـیاسـت‌های مالی مانند هزینه‌های سـرمایه‌گذاری حمل‌ونقل و رویکردهای تدارکات جایگزین بر رشد اقتصـادی و توزیع بین طبقات اجتماعی-اقتصـادی طراحی شـده اسـت و هزینه‌های سـرمایه‌گذاری را با منابع مالی خاص مرتبط می‌کند. مدل طراحی شـده برای کشـور اندونزی پیاده‌سـازی و اجرا شـده اسـت. (Hamurcu & Eren, 2018) مقاله‌ای جهت ارزیابی و انتخاب پروژه‌های سـیسـتم ریلی متناسـب با فرآیند تحلیل شـبکه‌ای فازی ارائه کرده‌اند. در این مطالعه به طور کلی ۱۵ شاخص در چهار دسته تکنولوژی، زیست‌محیطی، اقتصادی و حمل‌ونقل ارائه شده است. طبق خروجی‌های به دست آمده از مطالعه مشاهده می‌شود که هزینه مورد نیاز جهت اجرای پروژه‌های ریلی، نرخ بازگشت سرمایه، راحتی مسافران، قابلیت پیاده‌سازی و کمک به اشتغال و پاسخ به تقاضای حمل و نقل مهم‌ترین شاخص‌ها بودند. متناسب با این شاخص‌ها و رویکرد ANP پروژه‌های مورد مطالعه وزن‌دهی و اولویت‌بندی شدند. (Yücel et al, 2019) مطالعه‌ای با موضوع انتخاب پروژه‌های سیستم راه‌آهن با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در شهر استانبول ارائه کرده‌اند. در مطالعه آن‌ها بیان شده است که معمولا پروژه‌های حمل‌ونقل مبتنی بر شـــاخص‌هایی مانند ارزش فعلی خالص (NPVA)، تحلیل هزینه (BCA) و تحلیل کارایی داخلی (IEA) ارزیابی و انتخاب می‌شـــوند؛ اما نکته‌ای که وجود دارد شـــاخص‌ها و مولفه‌های مختلفی در ارزیابی پروژه‌ها تاثیرگذار می‌باشـــد. در این راســـتا، در مطالعه آن‌ها از روش‌های تصـــمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) اسـتفاده شـده اسـت. این روش در کنار شـاخص‌های مالی مانند روش‌های بیان شـده، شاخص‌های مختلفی مانند مدیریت سازگاری با محیط‌زیست، بافت تاریخی، چگونگی ادغام با شبکه‌های حمل و نقل دیگر و ... را در نظر می‌گیرد. شـاخص‌های ارزیابی پروژه‌ها در چهار دسـته خدمات مسـافران، محیط‌زیسـت، اقتصادی و معماری شهری شناسایی شدند. روش حل استفاده شده در این مطالعه استفاده از دو رویکرد AHP و BWM و مقایسـه یافته‌های آن‌ها می‌باشـد که در نتیجه پروژه‌ها متناسـب با شـاخص‌های شـناسـایی شـده وزن‌دهی شدند.

(Çoban, 2020) در مطالعه‌ای به انتخاب پروژه نیروگاه انرژی خورشـــیدی با رویکردهای تصـــمیم‌گیری چندمعیاره پرداخته اســـت. از آنجا که انتخاب پروژه‌ها از نظر خبرگان دشـــواری بالایی داشـــته، در این مطالعه از رویکرد hesitant fuzzy linguistic اسـتفاده شـده اسـت که در شـرایط عدم قطعیت نظر خبرگان، به صـورت طیفی می‌توانند به گزینه‌ها وزن تخصـــیص دهند. متدلوژی مورد اســـتفاده در این مطالعه، AHP می‌باشـــد که خبرگان با رویکرد سـلسـله‌مراتبی آن و متناسـب با hesitant fuzzy linguistic به شـاخص‌ها و پروژه‌ها نمره مورد نظر خود را دادند. مهم‌ترین معیارهای ارزیابی پروژه‌ها فناوری سـیسـتم، سـیاسـت‌های انرژی و تغییر قیمت

انرژی می‌باشـــد. نکته قابل توجه در یافته‌های پروژه نزدیکی وزن نهایی پروژه‌ها می‌باشـــد که بیانگر توجه تصـــمیم‌گیرندگان به معیارهای موثر بر انتخاب پروژه‌ها می‌باشـــد. (Mahmoudi et al, 2021) رویکردی چندمعیاره در مقیاس بزرگ (Large-scale multiple criteria decision-making) جهت انتخاب پروژه ارائه داده‌اند. مدل ارائه شـــده در این مطالعه که برپایه روش ترکیبی TOPSIS-OPA و الگوریتم خوشـــه‌بندی K-means می‌باشد در یک شرکت تولید تجهیزات پالایشگاه با ساختار پروژه‌محور پیاده‌سازی شده است. در این مطالعه نخست پروژه‌ها متناسب با ویژگی‌هایی که داشتند با الگوریتم K-means خوشه‌بندی شده و سپس هر خوشـه متناسـب با هشـت معیار مدت زمان پروژه، تاخیر پروژه، تعداد آیتم‌های پروژه، امتیاز مدیر پروژه، وزن فیزیکی، تعداد اصلاحات، کد پروژه و سطح دشواری پروژه با رویکرد TOPSIS اولویت‌بندی شدند. لازم به ذکر است که معیارهای بیان شده با نظرسنجی گروهی از خبرگان و رویکرد OPA وزن‌دهی شدند. (Bai et al, 2021) مطالعه‌ای با هدف ارزیابی عوامل موثر بر انتخاب سـبد پروژه انجام داده اسـت. در این مطالعه نخسـت با اســـتفاده از بررســـی ادبیات نظری فهرســـتی از عوامل تاثیرگذاری مالی و غیرمالی بر انتخاب پروژه در ســـبد سرمایه‌گذاری ایجاد شده است. سپس با استفاده از سیستم ترکیبی و شبکه‌های پیچیده، روابط میان عوامل و پیوندهای شبکه ارزیابی و تحلیل شده است. شواهد به دست آمده در این مطالعه بسیار جالب می‌باشد. چهار عامل یعنی مدیران پروژه، خریداران، ظرفیت توســـعه و منابع ملموس مهم‌ترین عواملی هســـتند که بر انتخاب پروژه‌ها تاثیرگذارند. ارزش اصلی این مقاله ارائه مدلی کمی جهت وزن‌دهی و تحلیل روابط میان عوامل و شناخت مهم‌ترین عوامل موثر بر انتخاب پروژه‌ها در هر سـبد سـرمایه‌گذاری می‌باشـد. (Mohammed et al, 2021) یک رویکرد فازی چندمعیاره جهت انتخاب پروژه ارائه داده اســـت. این مطالعه جهت انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری صنعت نفت عراق انجام شده است. پنج معیار جهت انتخاب پروژه‌ها با رویکرد Fuzzy AHP وزن‌دهی شدند که به ترتیب زمان، هزینه، کیفیت، ایمنی و پایداری زیست‌محیطی دارای اهمیت هستند. نکته قابل توجه این است که دو معیار زمان و هزینه بیش از ۷۰درصد وزن معیارها را شامل می‌شوند. سپس پروژه‌ها با رویکرد تاپسیس فازی وزن‌دهی و اولویت‌بندی شدند.

(Koohathongsumrit & Luangpaiboon, 2022) یک رویکرد ترکیبی جدید FAHP-ZODP برای مســـله انتخاب پروژه‌های نرم‌افزاری ارائه کردند. فرآیند FAHP برای منعکس کردن ترجیحات تصـــمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزی مطلوبیت صـــفر-یک (ZODP) برای به حداکثر رســـاندن مقدار مطلوبیت کلی محاســـبه شـــده از مقادیر مطلوبیت فردی اهداف کمی و کیفی اســـت. رویکرد پیشـــنهادی برای انتخاب پروژه‌های اســـتارتاپی در دوران کرونا بوده که بر اســـاس یافته‌ها مشـــاهده می‌شـــود مدل ارائه شـــده دقت مناســـبی دارد.(Santos et al, 2022) یک رویکرد استراتژی‌محور جهت ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها در شرکت مشاوره فناوری ارائه کرده‌اند. معیارهای مهم در ارزیابی پروژه‌ها در مطالعه آن‌ها معیارهای استراتژیک می‌باشند. ارزیابی پروژه‌ها در دو مرحله انجام می‌شود، نخست با معیارهای مالی و اقتصادی سنجیده می‌شود که آیا پروژه از این جهت قابلیت اجرا داشته و سپس با استفاده از معیارهای استراتژیک پروژه‌ها ارزیابی می‌شوند. در معیارهای

استراتژیک سوددهی و بازدهی استراتژیک سازمان نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. رویکرد مورد استفاده نیز از روش جدید چندمعیاره با روش THOR می‌باشد. (ForouzeshNejad, 2023) یک مدل داده‌محور جهت ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها در صنعت تلکام انجام داده است. آن‌ها در گام نخست بعد از شناسایی شاخص‌های ارزیابی پروژه‌ها، با رویکرد بهترین بدترین فازی وزن هر شاخص را محاسبه کرده و سپس برچسب کارایی پروژه‌ها را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) شناسایی گردید. سپس با استفاده از الگوریتم‌های جنگل تصادفی و با استفاده از داده‌های مستند مدلی آینده‌نگر جهت ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها ارائه شد. نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های سودآوری همواره مورد اهمیت بوده که در کنار این شاخص‌ها زمان تولید و ورود به بازار محصول نیز دارای اهمیت بالا می‌باشد. (Singh et al, 2023) روشی جدید برای ارزیابی و انتخاب پروژه مبتنی بر lean six sigma ارائه کردند. در روش پیشنهادی، مجموعه‌های فازی شهودی بر اساس میانگین وزنی برای تجمیع پیشنهادات فردی تصمیم‌گیرندگان به کار گرفته شد. وزن معیارهای انتخاب شده با استفاده از معیارهای آنتروپی محاسبه شد و پروژه‌های موجود با استفاده از رویکرد TOPSIS اصلاح شد و با VIKOR اولویت‌بندی شدند. اثربخشی روش پیشنهادی از طریق مطالعه موردی در صنعت تولید هند تایید شد. مهم‌ترین معیار ارزیابی پروژه‌ها در مطالعه آن‌ها ضایعات و تخریب زیست‌محیطی می‌باشند.

در جدول ۱ خلاصه مرور ادبیات نشان داده شده است.

جدول۱. خلاصه ادبیات تحقیق

مطالعه موردی	روش حل	در نظر داشتن عدم قطعیت	شاخص‌های ارزیابی			هدف	محقق (سال)
			اجتماعی	زیست‌محیطی	اقتصادی		
سیستم‌های ریلی	AHP / Goal Programming	*		*	*	ارزیابی و انتخاب پروژه‌های حمل و نقل	(Hamurcu et al, 2017)
پروژه‌های حمل‌ونقل زمینی	مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر مالی (FCGE)				*	ارزیابی اقتصادی پروژه‌های حمل و نقل	(Kim et al, 2017)
سیستم‌های ریلی	ANP	*		*	*	ارزیابی و انتخاب پروژه‌های حمل و نقل	(Hamurcu & Eren, 2018)
راه‌آهن استانبول	AHP / BWM			*	*	ارزیابی و انتخاب پروژه‌های حمل و نقل	(Yücel et al, 2019)
نیروگاه انرژی خورشیدی	AHP / hesitant fuzzy linguistic				*	ارزیابی و انتخاب پروژه‌ها متناسب با معیارهای پایداری	(Çoban, 2020)
پالایشگاه	TOPSIS-OPA / K-means				*	ارزیابی و انتخاب پروژه	(Mahmoudi et al, 2021)

---	Mathematical Models					شناسایی مهم‌ترین عوامل موثر بر انتخاب سبد پروژه	(Bai et al, 2021)
صنعت نفت عراق	Fuzzy AHP / Fuzzy TOPSIS				*	ارزیابی و انتخاب پروژه	Mohammed et al, 2021)
پروژه‌های نرم‌افزاری تایلند	FAHP - ZODP				*	ارزیابی و انتخاب پروژه‌های استارتاپی با در نظر داشتن تحول دیجیتال	Koohathongsumrit & Luangpaiboon, 2022)
پروژه‌های نرم‌افزاری	THOR	*			*	ارزیابی و انتخاب استراتژیک پروژه‌ها در سازمان مشاوره فناوری	Santos et al, 2022)
صنعت تلکام	FBWM-DEA-Random Forest		*		*	ارزیابی و انتخاب داده‌محور پروژه‌های صنعت تلکام	ForouzeshNeja, 2023)
صنایع تولید هند	Antropi – TOPSIS - VIKOR			*	*	ارزیابی پروژه‌های صنایع تولیدی با رویکرد lean six sigma	Singh et al, 2023)
پروژه‌های حمل و نقل ریلی	Fuzzy BWM – Stochastic VIKOR	*	*	*	*	ارزیابی طرح‌ها و پروژه‌های کلان توسعه ریلی در سطح ملی	This Study

طبق بررسی‌های صورت گرفته در ادبیات تحقیق که خلاصه آن در جدول ۱ نشان داده شده است، مشاهده می‌شود مطالعه‌ای که به ارزیابی پروژه‌های کلان ملی در حوزه حمل‌ونقل ریلی با در نظر گرفتن سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی که ابعاد پایداری می‌باشند، بپردازد. بنابراین در نظر گرفتن هم‌زمان این ابعاد در ارزیابی پروژه‌ها دارای نوآوری می‌باشد. از طرف دیگر، با توجه به اینکه میزان تقاضای پروژه‌ها در مرحله اتمام و هم‌چنین هزینه‌های اجرای پروژه‌ها دارای عدم قطعیت می‌باشد و تحت سناریوهای مختلف متفاوت می‌باشد، در نظر داشتن این عدم قطعیت نیز در مطالعه‌ای یافت نشده است. بنابراین در نظر گرفتن عدم قطعیت در ارزیابی پروژه‌ها نیز دارای نوآوری بوده که در این مطالعه به آن پرداخته شده و روشی جدید ارائه گردیده است. به طور کلی نوآوری‌های پژوهش حاضر را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- در نظر گرفتن هم‌زمان ابعاد پایداری شامل اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در ارزیابی پروژه‌ها؛
- در نظر داشتن عدم قطعیت تقاضا و هزینه در ارزیابی پروژه‌ها؛
- ارائه یک رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره تصادفی جدید جهت مقابله با عدم قطعیت.

۳- روش حل

مطالعه حاضر از چند بخش تشکیل شده است. نخست با استفاده از روش بهترین بدترین فازی، وزن شاخص‌های ارزیابی پروژه‌ها شناسایی می‌شود. سپس با استفاده از رویکرد ویکور تصادفی پروژه‌ها در سناریوهای مختلف ارزیابی و تحلیل شده و در نهایت اولویت‌بندی نهایی پروژه‌ها ارائه خواهد شد. لازم به ذکر است که روش ویکور تصادفی برای نخستین بار در این مطالعه ارائه شده است.

۳-۱- بهترین - بدترین فازی

روش Fuzzy Best-Worst Method (FBWM) یک روش تصمیم‌گیری فازی است که در آن، ارزیابی عناصر بر اساس نظر کاربران یا خبرگان صورت می‌گیرد. این روش برای تحلیل و اولویت‌بندی عناصر در مواقعی که اطلاعات دقیق در دسترس نیست و یا عناصر به صورت فازی و مبهم هستند، مفید است(Rezaei, 2016).

فرایند اجرای روش FBWM به صورت زیر است:

مرحله اول. تعیین معیارها: ابتدا معیارهای مورد نظر برای ارزیابی عناصر تعیین می‌شود. این معیارها باید با موضوع مورد بررسی مرتبط باشند.

مرحله دوم. ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری: یک ماتریس تصمیم‌گیری از عناصر و معیارها ساخته می‌شود. درایه‌های ماتریس میزان اهمیت هر عنصر در هر معیار را نشان می‌دهد. این ماتریس را معمولاً با استفاده از روشهایی مانند پرسشنامه‌ها و مصاحبه‌ها ایجاد می‌کنند.

مرحله سوم. محاسبه ماتریس نزدیکی بهترین و بدترین: در این مرحله، ماتریس نزدیکی بهترین (Best) و ماتریس نزدیکی بدترین (Worst) براساس ارزیابی‌های فازی ایجاد شده توسط کاربران یا خبرگان محاسبه می‌شوند. این ماتریس‌ها نشان می‌دهند که هر عنصر در مقایسه با بهترین و بدترین عناصر بر روی هر معیار چقدر برتری یا پایینی دارد.

مرحله چهارم. محاسبه امتیاز نهایی: با استفاده از ماتریس نزدیکی بهترین و بدترین، امتیاز نهایی برای هر عنصر محاسبه می‌شود. این امتیاز نشان می‌دهد که هر عنصر در کلیت مقایسه با سایر عناصر چقدر برتری یا پایینی دارد.

مرحله پنجم. رتبه‌بندی عناصر: با مرتب‌سازی عناصر بر اساس امتیازهای نهایی، عناصر به ترتیب اولویت قرار می‌گیرند. به عنوان نتیجه، می‌توان تصمیم‌هایی بر اساس رتبه‌بندی ارائه کرد.

روش Fuzzy Best-Worst Method یک روش کاربردی و مناسب برای تحلیل و تصمیم‌گیری در مواقعی است که عناصر به صورت فازی و مبهم هستند و نظرات کاربران در مورد اهمیت و عملکرد عناصر مورد نیاز است.

۳-۲- ویکور تصادفی

روش VIKOR یک راه حل توافقی و بهینه‌سازی چند معیاره است. تکنیک VIKOR اولین بار توسط Aprikovich در سال ۱۹۹۸ برای حل مسائل تصمیم گیری چند معیاره و دستیابی به بهترین راه حل ممکن معرفی شد. این روش برای رتبه بندی و انتخاب گزینه ها با توجه به مجموعه ای از شاخص های مختلف استفاده می شود. هدف اصلی روش VIKOR نزدیک کردن اکثر گزینه‌ها به پاسخ ایده‌آل در هر شاخص است تا گزینه‌ها بر اساس این هدف رتبه‌بندی شوند(Mardani et al, 2016).

رویکردهای مختلفی برای روش ویکور ارائه شده است، به عنوان مثال رویکرد ویکور فازی، ویکور خاکستری و نمونه‌های مختلف دیگر از دسته این موارد می‌باشند. در این مطالعه برای نخستین بار رویکرد ویکور تصادفی ارائه شده است. در این روش سناریوهای مختلفی طراحی می‌شود که هر سناریو وزن مشخصی داشته و مبتنی بر سناریوهای مختلف وزن نهایی گزینه‌ها مشخص می‌شود. به عبارت دیگر، انتخاب گزینه بهینه با در نظر داشتن شرایط و سناریوهای مختلف پیش‌رو می‌باشد و اینگونه به جواب بهینه در دنیای واقعی نزدیک‌تر خواهیم شد.

گام‌های روش ویکور تصادفی به شرح زیر می‌باشد.

مرحله اول: تشکیل ماتریس تصمیم

در این مرحله، ماتریس تصمیم روش ویکور تصادفی تشکیل می‌شود. در این راستا، باید توجه داشت که ماهیت روش ویکور تصادفی بر مبنای سنجش گزینه‌ها در سناریوهای مختلف می‌باشد. از این رو، ماتریس تصمیم نیز مبتنی بر سناریو تشکیل می‌گردد. فرض کنید $Sr = \{sr_1, sr_2, \dots, sr_s\}$ نشان دهنده مجموعه سناریوهای مساله مورد نظر باشد که Ps_s احتمال رخداد سناریو s است.. از سوی دیگر، فرض کنید $C = \{c_1, c_2, \dots, c_i\}$ مجموعه معیارهای مساله مورد نظر و $A = \{a_1, a_2, \dots, a_j\}$ نیز مجموعه گزینه‌های مورد مطالعه باشد. با در نظر گرفتن x_{jis} به عنوان امتیاز گزینه j در معیار i تحت سناریو s، می‌تواند ماتریس تصمیم روش ویکور تصادفی را به صورت زیر تعریف کرد. لازم به ذکر است که در صورت وجود چندین تصمیم‌گیرنده، می‌توان از ماتریس‌های تصمیم میانگین گرفت.

	c_1			c_2			...	c_i		
	sr_1	...	sr_s	sr_1	...	sr_s		sr_1	...	sr_s
a_1	x_{111}	...	x_{11s}	x_{121}	...	x_{12s}	...	x_{1i1}	...	x_{1is}
a_2	x_{211}	...	x_{21s}	x_{221}	...	x_{22s}	...	x_{2i1}	...	x_{2is}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
a_j	x_{j11}	...	x_{j1s}	x_{j21}	...	x_{j2s}	...	x_{ji1}	...	x_{jis}

مرحله دوم: نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم

در مرحله دوم، ماتریس تصمیم تشکیل شده نرمالیزه یا بی‌مقیاس می‌شود. نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم می‌تواند به طرق مختلفی صورت گیرد که تحقیق حاضر از روش زیر استفاده کرده است.

$$n_{jis} = \frac{x_{jis}}{\sqrt{x_{jis}^2}} \qquad ۱$$

مرحله سوم: تشکیل ماتریس تصمیم نرمالیزه وزنی

در این مرحله، به منظور محاسبه ماتریس نرمالیزه وزنی، هر ستون سناریو در احتمال رخداد نظیر خود (Ps_s) و در وزن معیار مربوطه ضرب می‌شود. با فرض $W = \{w_1, w_2, \dots, w_i\}$ به عنوان مجموعه اوزان معیارها، ماتریس تصمیم نرمالیزه وزنی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$f_{jis} = Ps_s . n_{jis} . w_i \quad (۲)$$

مرحله چهارم: تعیین نقطه ایده‌آل مثبت و منفی

در مرحله چهارم، نقاط ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی شناسایی می‌شوند. بدین منظور، در صورتی که معیار یک معیار مثبت (هرچه بیشتر بهتر) باشد، مقدار ایده‌آل مثبت برای هر سناریو برابر است با بزرگ‌ترین مقدار موجود در ستون آن سناریو. از سوی دیگر، در صورتی که معیار یک معیار منفی (هرچه کمتر بهتر) باشد، مقدار ایده‌آل مثبت برای هر سناریو برابر است با کوچک‌ترین مقدار موجود در ستون آن سناریو. این روند برای جواب ایده‌ال منفی بالعکس می‌باشد. برای مثال، اگر معیار از نوع مثبت باشد، جواب ایده‌آل مثبت و منفی به صورت زیر قابل محاسبه هستند.

$$f_s^+ = \max\{f_{ijs}\} \quad (۳)$$
$$f_s^- = \min\{f_{ijs}\} \quad (۴)$$

مرحله پنجم: محاسبه مقادیر سودمندی (SS) و تاسف (R) برای هر شاخص

در این گام، مقادیر سودمندی و تاسف با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌گردد.

$$L_{js} = \sum_i \frac{f_s^+ - f_{ijs}}{f_s^+ - f_s^-} \quad (۵)$$
$$SS_j = \sum_s Ps_s . L_{js} \quad (۶)$$
$$T_{js} = \max_i \left\{ \frac{f_s^+ - f_{ijs}}{f_s^+ - f_s^-} \right\} \quad (۷)$$
$$R_j = \sum_s Ps_s . T_{js} \quad (۸)$$

مرحله ششم: محاسبه مقادیر شاخص ویکور (Q)

در این مرحله، مقدار شاخص Q با توجه به رابطه زیر محاسبه می‌گردد. لازم به ذکر است که v مطلوبیت جمعی می‌باشد.

$$Q_j = v.\left[\frac{SS_j - SS^*}{SS^- - SS^*}\right] + (1-v).\left[\frac{R_j - R^*}{R^- - R^*}\right] \quad ۹$$

$$SS^- = \max\{SS_j\}, SS^* = \min\{SS_j\} \quad ۱۰$$

$$R^- = \max\{R_j\}, R^* = \min\{R_j\} \quad ۱۱$$

نکته قابل توجه این است برای محاسبه شاخص Q در تجمیع تمامی سناریوها، مقدار شاخص Q در احتمال رخداد هر سناریو ضرب شده و با جمع آن‌ها، مقدار Q نهایی محاسبه می‌شود.

مرحله هفتم: مرتب کردن گزینه‌ها بر اساس مقادیر Q، R و S

آلترناتیوها بر اساس مقادیر S، R و Q به صورت نزولی مرتب می‌شوند. آلترناتیو a' به عنوان یک حل توافقی به گونه‌ای که با توجه به مقدار Q (مینیمم) و با در نظر گرفتن دو شرط زیر، به عنوان بهترین، رتبه‌بندی شده است پیشنهاد می‌شود.

شرط اول مزیت قابل قبولی متناسب با فرمول زیر است.

$$Q(a'') - Q(a') \geq \frac{1}{i-1}, i: number\ of\ alternatives$$

a'' آلترناتیو با موقعیت دوم در لیست رتبه‌بندی Q

شرط دوم قبولی ثبات قابل قبول در تصمیم‌گیری است. آلترناتیو a' هم‌چنین باید دارای بالاترین رتبه در لیست رتبه‌بندی S و R یا هر دو باشد. چنین توافقی در فرآیند تصمیم‌گیری ثابت باقی می‌ماند.

اگر یکی از دو شرط برقرار نشود، مجموعه‌ای از راه‌حل‌های توافقی پیشنهاد می‌گردد:

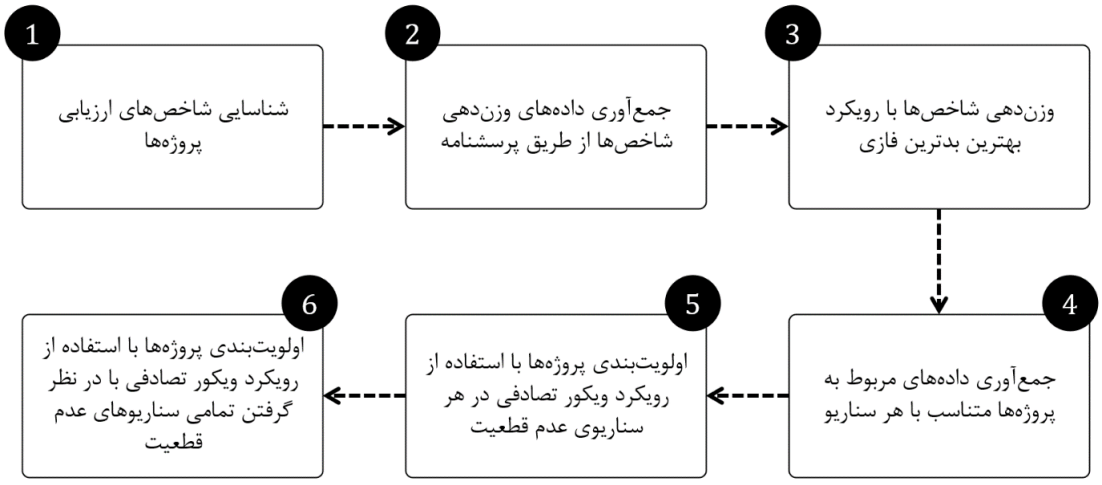
- آلترناتیوهای a' و a'' اگر فقط شرط دوم برقرار نباشد.
- آلترناتیوهای $a', a'', a''', \dots, a^m$ اگر شرط اول برقرار نباشد.

a^m به کمک رابطه زیر برای بیشترین مقدار m تعیین می‌شود.

$$Q(a^m) - Q(a')(\frac{1}{i-1})$$

۳-۳. روش ترکیبی

جهت مشخص شدن روش مورد استفاده در این مطالعه، گام‌های انجام مراحل پژوهش در فلوچارت شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. فلوچارت گام‌های پژوهش

۴- اجرای مدل در مطالعه موردی

مطالعه حاضر در خصوص ارزیابی پروژه‌های ملی حمل‌ونقل ریلی در کشور ایران می‌باشد. این پروژه‌ها در قالب توسعه خطوط راه‌آهن در مناطق مختلف کشور، احداث راه‌آهن‌های جدید، برقی کردن و به روز رسانی راه‌آهن‌های موجود و توسعه فناوری‌های راه‌آهن‌های موجود می‌باشد. به طور کلی ۱۱ پروژه وجود داشته که متناسب با شاخص‌های مورد نظر پژوهش مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

شاخص‌های ارزیابی پروژه‌ها متناسب با مطالعه موردی، در سه بخش اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی دسته‌بندی شده و به طور کل ۱۵ شاخص به شرح جداول ۲ تا ۴ می‌باشند.

جدول ۱. شاخص‌های بعد اقتصادی

شماره	شاخص	تعریف
C1	هزینه سرمایه‌گذاری	هزینه مطالعه و اجرای زیرسازی، روسازی، علایم و ارتباطات و ساختمان ایستگاه‌های یک طرح راه آهن
C2	نرخ بازگشت داخلی از منظر ملی (IRR)	IRR یا همان «نرخ بازده داخلی» (Internal Rate of Return) شاخصی در تحلیل مالی هست. این شاخص به منظور تخمین سودآوری سرمایه‌گذاری از منظر ملی استفاده می‌شود.
C3	کاهش تلفات و سوانح جاده‌ای	انتقال بار ومسافر از جاده به راه آهن سبب کاهش سوانح و تلفات جاده ای خواهد شد.
C4	تقویت موقعیت بین المللی و ترانزیت کشور	با توجه به موقعیت ژئوپلتیک کشورمان ایجاد کریدورهای ریلی به منظور تقویت موقعیت و جایگاه ترانزیت کشور حائز اهمیت است.

C5	نرخ بازگشت داخلی از منظر بخش خصوصی (IRR)	IRR یا همان «نرخ بازده داخلی» (Internal Rate of Return) شاخصی در تحلیل مالی هست. این شاخص به منظور تخمین سودآوری سرمایه‌گذاری از منظر بخش خصوصی استفاده می‌شود.
C6	صرفه‌جویی در مصرف سوخت	انتقال بار و مسافر از جاده به راه آهن سبب صرفه جویی درمصرف سوخت خواهد شد.
C7	میزان ترافیک (تن-کیلومتر)	میزان ترافیک هر محور راه آهن و میزان سیر متوسط حجم ترافیک پیش بینی شده در شبکه ریلی

جدول ۲. شاخص‌های بعد اجتماعی

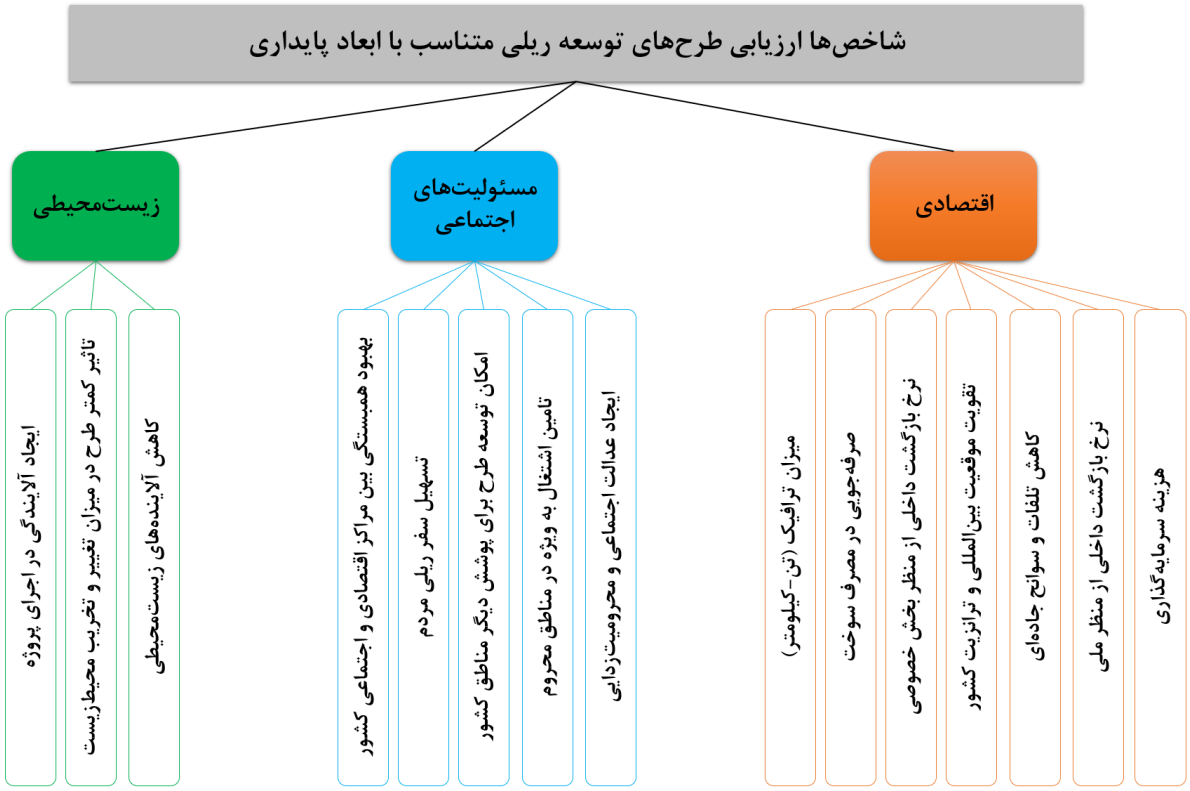
ردیف	شاخص	تعریف
C8	ایجاد عدالت اجتماعی و محرومیت زدایی	ایجاد عدالت اجتماعی و رضایتمندی در توزیع متناسب زیرساختهای حمل ونقل در راستای بهره مندی آحاد جامعه و مناطق کشور از راه آهن
C9	تامین اشتغال به ویژه در مناطق محروم	احداث زیرساختهای حمل ونقل سبب ایجاد اشتغال در دوره ساخت و بهره برداری به صورت مستقیم و ایجاد و توسعه سایر مشاغل به صورت غیر مستقیم خواهد شد.
C10	امکان توسعه طرح برای پوشش دیگر مناطق کشور	امکان پذیری توسعه امتداد مسیر یک طرح راه آهن برای پوشش سایر نقاط مستعد کشور به شبکه ریلی (مانند راه آهن اصفهان-شیراز که امتداد شیراز به سمت بندر بوشهر را امکانپذیر می سازد)
C11	تسهیل سفر ریلی مردم	ایجاد سهولت تردد مسافرین بخصوص در مناطق دارای محدودیت شبکه ترابری
C12	بهبود همبستگی بین مراکز اقتصادی و اجتماعی کشور	اتصال و همبستگی و هم افزایی مراکز اقتصادی و اجتماعی به یکدیگر و افزایش همبستگی ملی

جدول ۳. شاخص‌های بعد زیست‌محیطی

ردیف	شاخص	تعریف
C13	کاهش آلاینده های زیست محیطی	حمل ونقل ریلی به عنوان حمل و نقل سبز، آلایندگی زیست محیطی کمتری را در ازاء حمل بار یا مسافر با طول سیر واحد سبب خواهد شد.
C14	تاثیر کمتر طرح در میزان تغییر و تخریب محیط زیست منطقه طرح	میزان کمتر تخریب زیست محیطی و اکوسیستم منطقه با توجه منطقه و اقلیم اجرای طرح

C15	ایجاد آلایندگی در اجرای پروژه	میزان تولید آلاینده‌های زیست‌محیطی در جریان اجرای پروژه را بیان می‌دارد.

درخت شاخص‌ها نیز در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل۲. شاخص‌های ارزیابی پروژه‌های توسعه ریلی

۵- یافته‌ها

۵-۱- محاسبه وزن شاخصها

این بخش به محاسبه وزن اندیکاتورها با استفاده از FBWM اختصاص دارد. در این راستا سه گروه از خبرگان را در نظر می گیریم، پرسشنامه مقایسه زوجی را بین آنها ارسال می کنیم و از میانگین داده های جمع آوری شده برای پیاده سازی FBWM استفاده می کنیم. به عنوان مثال، جدول ۵ بردار مقایسه زوجی بین بهترین معیارها و سایر معیارها و جدول ۶ بردار مقایسه زوجی بین بدترین معیارها و سایر معیارها را نشان می دهد. بردارهای مقایسه سایر شاخص ها در مواد تکمیلی ارائه شده است. پس از اجرای روش FBWM وزن معیارها و زیرمعیارها در جدول ۷ ارائه شده است، همچنین جدول ۸ مقادیر CR را برای هر مرحله نشان می

دهد. بر اساس این جدول، برای تمام مراحل، مقدار CR نزدیک به صفر است که قابلیت اطمینان خروجی ها را نشان می دهد.

جدول ۵. مقایسه بهترین شاخص با سایر شاخصها

نظر خبرگان	بهترین شاخص	اقتصادی			اجتماعی			محیط زیست		
1	اقتصادی	1	1	1	3	3.5	4	4	4.5	5
2		1	1	1	3	3.4	4	3	3.5	4
3		1	1	1	1	2	2	1	2	2
میانگین		**1**	**1**	**1**	**2.33**	**2.97**	**3.33**	**2.67**	**2.33**	**3.67**

جدول ۶. مقایسه بهترین شاخص با سایر شاخصها

	بدترین شاخص: محیط زیست			
نظر خبرگان / شاخص	**1**	**2**	**3**	**میانگین**
اقتصادی	3	3.5	4	**3.5**
	1	2	2	**1.67**
	1	2	2	**1.67**
اجتماعی	1	1	1	**1**
	1	1	1	**1**
	1	1	1	**1**
محیط زیست	1	1	1	**1**
	1	1	1	**1**
	1	2	2	**1.67**

جدول ۷. وزن شاخصها و زیر شاخصها

کد شاخص	وزن نهایی	وزن اولیه زیر معیارها	زیر معیار ها	وزن شاخص	شاخص
C1	**0.15322**	**0.2717**	هزینه سرمایه‌گذاری	**0.56404**	اقتصادی
C2	**0.12847**	**0.22776**	نرخ بازگشت داخلی از منظر ملی		
C3	**0.05324**	**0.09439**	کاهش تلفات و سوانح جاده‌ای		
C4	**0.05575**	**0.09884**	تقویت موقعیت بین المللی و ترانزیت کشور		
C5	**0.04001**	**0.07093**	نرخ بازگشت داخلی از منظر بخش خصوصی		
C6	**0.05575**	**0.09884**	صرفه‌جویی در مصرف سوخت		
C7	**0.07761**	**0.1376**	میزان ترافیک		

C8	**0.06565**	**0.28482**	ایجاد عدالت اجتماعی و محرومیت زدایی	**0.23048**	اجتماعی
C9	**0.02554**	**0.1108**	تامین اشتغال به ویژه در مناطق محروم		
C10	**0.0436**	**0.18915**	امکان توسعه طرح برای پوشش دیگر مناطق کشور		
C11	**0.04502**	**0.19531**	تسهیل سفر ریلی مردم		
C12	**0.05069**	**0.21993**	بهبود همبستگی بین مراکز اقتصادی و اجتماعی کشور		
C13	**0.06368**	**0.3099**	کاهش آلاینده های زیست محیطی	**0.20548**	محیط زیست
C14	**0.08741**	**0.42539**	تاثیر کمتر طرح در میزان تغییر و تخریب محیط زیست منطقه طرح		
C15	**0.05439**	**0.26471**	ایجاد آلایندگی در اجرای پروژه		

مشاهده می‌شود که از دسته شاخص‌ها، شاخص اقتصادی با اختلاف مهم‌ترین شاخص بوده و سپس اجتماعی و در نهایت زیست‌محیطی دارای اهمیت می‌باشند. از میان زیرشاخص‌ها نیز هزینه سرمایه‌گذاری، نرخ بازگشت داخلی از منظر ملی، تاثیر در خرابی منطقه طرح و میزان ترافیک مهم‌ترین شاخص‌ها می‌باشند. حال متناسب با این وزن‌دهی که صورت گرفت، در گام بعد پروژه‌ها متناسب با سناریوهای مختلف و به طور تجمیعی اولویت‌بندی می‌شوند.

۵-۲-رتبه بندی پروژه ها

در این بخش، پروژه‌های بالقوه با استفاده از رویکرد ویکور تصادفی اولویت‌بندی می‌شوند. در این راستا لازم به ذکر است جهت اولویت‌بندی این موارد و با توجه به شرایط محیطی پروژه‌ها، سناریوهای مختلفی در ارزیابی‌ها در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به چالش‌های اقتصادی، یکی از سناریوهای مهم تغییرات هزینه می‌باشد. رویکرد بدین صورت است که ممکن است به دلایل مختلف قیمت‌ها و هزینه‌های پروژه بیش از حد برآورد شده انجام گیرد که موجب افزایش هزینه‌ها می‌شود و بالعکس با احتمالی ممکن است میزان کمتر شدن هزینه‌های اجرایی نیز وجود دارد. با بررسی نظرات خبرگان بازه فرکانس ۳۰درصدی هزینه‌ها برای پوشش سناریو تغییرات هزینه در نظر گرفته می‌شود و احتمال اجرای پروژه در حالت قطعی ۵۰ درصد، اجرای پروژه با ۳۰ درصد کمتر از هزینه برآورد شده ۱۵ درصد و اجرای پروژه با ۳۰ درصد بیشتر از هزینه برآورد شده، ۳۵ درصد می‌باشد. بنابراین به طور خلاصه در جدول ۹ می‌توان زیرسناریوهای افزایش هزینه را مورد بررسی قرار داد.

جدول۸. زیرسناریوهای تغییرات هزینه

کد سناریو	احتمال رخداد	سناریو تغییرات هزینه
S1-1	۱۵٪	اجرای پروژه با ۳۰ درصد هزینه کمتر از برآورد
S1-2	۵۰٪	اجرای پروژه با هزینه برآورد شده
S1-3	۳۵٪	اجرای پروژه با ۳۰ درصد هزینه بیشتر از برآورد

دیگر سناریوی تاثیرگذار در تصمیم‌گیری جهت انتخاب پروژه‌ها و طرح‌های توسعه ریلی، میزان تقاضا می‌باشد. این میزان تقاضا مبتنی بر تقاضای مسافر و بار می‌باشد. در این راستا سه زیرسناریو برای این سناریو در نظر گرفته شده است که با احتمال ۵۰ درصد تقاضای برآورد شده محقق شود. با احتمال ۲۵ درصد حدود ۳۰ درصد بیش از تقاضای برآورده‌شده محقق می‌شود و با احتمال ۲۵ درصد حدود ۳۰ درصد کمتر از تقاضای برآورده شده محقق می‌شود. متناسب با توضیحات بیان شده در جدول ۱۰ مشخصات سناریو تغییرات تقاضا مشاهده می‌شود.

جدول۹. زیرسناریوهای تغییرات تقاضا

کد سناریو	احتمال رخداد	سناریو تغییرات تقاضا
S2-1	۲۵٪	اجرای پروژه با ۳۰ درصد تقاضای کمتر از برآورد
S2-2	۵۰٪	اجرای پروژه با تقاضای برآورد شده
S2-3	۲۵٪	اجرای پروژه با ۳۰ درصد تقاضای بیشتر از برآورد

۵-۲-۱- سناریو تغییرات هزینه

جدول ۱۱ ماتریس تصمیم گیری برای روش SVIKOR را نشان می دهد. همچنین جدول ۱۲ رتبه بندی جایگزین را بر اساس خروجی های SVIKOR نشان می دهد. بر اساس این جدول، گزینه های P4، P10 و P3 به عنوان بهترین انتخاب شده اند. لازم به ذکر است که فرآیند محاسبات مانند ماتریس تصمیم گیری نرمال شده، مقادیر f^+ و f^- و غیره در مواد تکمیلی ارائه شده است.

جدول ۱۰ . ماتریس تصمیم سناریوی هزینه

	S1-1	S1-2	S1-3	S1-1	S1-2	S1-3	S1-1	S1-2	S1-3
	C1			C2			C3		
P1	0.0090416	0.0063291	0.0048685	0.16	0.12	0.09	122268	122268	122268
P2	0.0255102	0.0178571	0.0137363	0.20	0.16	0.13	77539	77539	77539
P3	0.0048426	0.0033898	0.0026076	0.10	0.07	0.05	136877	136877	136877
P4	0.0086580	0.0060606	0.0046620	0.22	0.17	0.14	186397	186397	186397
P5	0.0144300	0.0101010	0.0077700	0.18	0.14	0.11	90842	90842	90842
P6	0.0051948	0.0036364	0.0027972	0.10	0.07	0.05	124293	124293	124293
P7	0.0034758	0.0024331	0.0018716	-0.01	-0.02	-0.03	39828	39828	39828
P8	0.0062383	0.0043668	0.0033591	0.16	0.12	0.09	202564	202564	202564
P9	0.0160514	0.0112360	0.0086430	0.12	0.08	0.06	51538	51538	51538
P10	0.0039032	0.0027322	0.0021017	0.10	0.07	0.05	152209	152209	152209
P11	0.0017507	0.0012255	0.0009427	0.18	0.13	0.10	667207	667207	667207
	C4			C5			C6		
P1	1465	1465	1465	-0.05	-0.06	-0.06	2170.18	2170.18	2170.18
P2	366	366	366	-0.05	-0.05	-0.05	1376.26	1376.26	1376.26
P3	448	448	448	-0.05	-0.05	-0.06	2429.48	2429.48	2429.48
P4	1465	1465	1465	-0.01	-0.02	-0.03	3308.44	3308.44	3308.44
P5	61	79	61	-0.06	-0.06	-0.06	1612.38	1612.38	1612.38
P6	49	49	49	-0.06	-0.06	-0.06	2206.12	2206.12	2206.12
P7	733	733	733	-0.06	-0.06	-0.06	706.92	706.92	706.92
P8	692	692	692	-0.05	-0.05	-0.06	3595.38	3595.38	3595.38
P9	33	33	33	-0.06	-0.06	-0.06	914.77	914.77	914.77
P10	1465	1465	1465	-0.03	-0.04	-0.04	2701.61	2701.61	2701.61
P11	529	529	529	-0.03	-0.04	-0.05	11842.49	11842.49	11842.49
	C7			C8			C9		

P1	658.13	658.13	658.13	1.00	1.00	1.00	195.00	195.00	195.00
P2	781.30	781.30	781.30	5.00	5.00	5.00	312.00	312.00	312.00
P3	2025.00	2025.00	2025.00	6.00	6.00	6.00	540.00	540.00	540.00
P4	3769.60	3769.60	3769.60	10.00	10.00	10.00	729.60	729.60	729.60
P5	495.60	495.60	495.60	3.00	3.00	3.00	201.60	201.60	201.60
P6	1380.00	1380.00	1380.00	4.00	4.00	4.00	414.00	414.00	414.00
P7	715.00	715.00	715.00	4.00	4.00	4.00	660.00	660.00	660.00
P8	1680.00	1680.00	1680.00	5.00	5.00	5.00	268.80	268.80	268.80
P9	563.50	563.50	563.50	4.00	4.00	4.00	386.40	386.40	386.40
P10	4725.00	4725.00	4725.00	10.00	10.00	10.00	1080.00	1080.00	1080.00
P11	10793.00	10793.00	10793.00	8.00	8.00	8.00	602.40	602.40	602.40
	C10			C11			C12		
P1	7.00	7.00	7.00	130	130	130	5.00	5.00	5.00
P2	6.00	6.00	6.00	572	572	572	5.00	5.00	5.00
P3	8.00	8.00	8.00	630	630	630	8.00	8.00	8.00
P4	6.00	6.00	6.00	699	699	699	8.00	8.00	8.00
P5	4.00	4.00	4.00	50	50	50	4.00	4.00	4.00
P6	6.00	6.00	6.00	863	863	863	6.00	6.00	6.00
P7	4.00	4.00	4.00	385	385	385	5.00	5.00	5.00
P8	2.00	2.00	2.00	448	448	448	4.00	4.00	4.00
P9	2.00	2.00	2.00	209	209	209	2.00	2.00	2.00
P10	7.00	7.00	7.00	1305	1305	1305	7.00	7.00	7.00
P11	5.00	5.00	5.00	828	828	828	7.00	7.00	7.00
	C13			C14			C15		
P1	6255.33	6255.33	6255.33	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00
P2	3966.94	3966.94	3966.94	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00
P3	7002.72	7002.72	7002.72	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00
P4	9536.23	9536.23	9536.23	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
P5	4647.53	4647.53	4647.53	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
P6	6358.92	6358.92	6358.92	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
P7	2037.63	2037.63	2037.63	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00
P8	10363.33	10363.33	10363.33	4.00	4.00	4.00	5.00	5.00	5.00
P9	2636.73	2636.73	2636.73	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00
P10	7787.12	7787.12	7787.12	9.00	9.00	9.00	8.00	8.00	8.00
P11	34134.78	34134.78	34134.78	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00

جدول ۱۱. خروجی های روش ویکور تصادفی برای سناریوی تغییر هزینه

	Qj	Rank
P1	0.9082154	8
P2	0.7210585	5
P3	0.4841843	3
P4	0	1
P5	0.9411459	9
P6	0.8379912	6
P7	0.9545207	10
P8	0.8755995	7
P9	1	11
P10	0.3383285	2
P11	0.5198693	4

۵-۲-۲. سناریو تغییرات تقاضا

جدول ۱۳ ماتریس تصمیم گیری این سناریو را نشان می دهد. همچنین جدول ۱۴ رتبه بندی جایگزین را بر اساس خروجی های SVIKOR نشان می دهد. با توجه به این جدول، گزینه های P4، P3 و P10 به عنوان بهترین انتخاب شده اند. لازم به ذکر است که فرآیند محاسبات مانند ماتریس تصمیم گیری نرمال شده، مقادیر f^+ و f^- و غیره در مواد تکمیلی ارائه شده است.

جدول۱۲. ماتریس تصمیم سناریو تغییر تقاضا

	S2-1	S2-2	S2-3	S2-1	S2-2	S2-3	S2-1	S2-2	S2-3
	C1			C2			C3		
P1	0.0057816	0.0044474	0.0057816	0.08	0.09	0.15	105281	150402	195523
P2	0.0163125	0.0125481	0.0163125	0.12	0.13	0.19	66766	95380	123994
P3	0.0034759	0.0026738	0.0034759	0.04	0.05	0.09	135107	193010	250913
P4	0.0055364	0.0042587	0.0055364	0.12	0.14	0.20	197035	281479	365922
P5	0.0092273	0.0070979	0.0092273	0.10	0.11	0.17	78221	111744	145268
P6	0.0033218	0.0025552	0.0033218	0.04	0.05	0.09	107025	152893	198761
P7	0.0025112	0.0019317	0.0025112	-0.03	-0.03	-0.01	31507	45010	58513
P8	0.0039891	0.0030685	0.0039891	0.09	0.09	0.15	174422	249174	323926
P9	0.0102640	0.0078954	0.0102640	0.05	0.06	0.11	44378	63397	82416
P10	0.0024959	0.0019199	0.0024959	0.04	0.05	0.09	131062	187232	243402
P11	0.0011195	0.0008611	0.0011195	0.09	0.10	0.16	574512	820731	1066950
	C4			C5			C6		
P1	1058.46048	1512.0864	1965.71232	-0.06	-0.06	-0.05	1606.32407	2294.74867	2983.17327
P2	264.61512	378.0216	491.42808	-0.06	-0.05	-0.04	1018.68208	1455.26011	1891.83814
P3	332.82018	475.4574	618.09462	-0.06	-0.06	-0.05	1849.26975	2641.81393	3434.35811
P4	1161.02448	1658.6064	2156.18832	-0.04	-0.03	-0.01	2680.42877	3829.18395	4977.93914
P5	81.90468	63.0036	81.90468	-0.06	-0.06	-0.06	1193.4526	1704.93228	2216.41196
P6	35.282016	50.40288	65.523744	-0.06	-0.06	-0.06	1632.92726	2332.75322	3032.57919
P7	554.87124	792.6732	1030.47516	-0.06	-0.06	-0.06	528.198374	754.569106	980.939838
P8	499.82856	714.0408	928.25304	-0.06	-0.06	-0.05	2661.23207	3801.7601	4942.28813
P9	23.521344	33.60192	43.682496	-0.07	-0.06	-0.06	677.092767	967.275382	1257.458
P10	1058.46048	1512.0864	1965.71232	-0.05	-0.04	-0.03	1999.67718	2856.68169	3713.68619
P11	382.22184	546.0312	709.84056	-0.05	-0.05	-0.04	8765.57424	12522.2489	16278.9236
	C7			C8			C9		
P1	470.362	671.946	873.529	1.00	1.00	1.00	195	195	195
P2	558.395	797.707	1037.019	5.00	5.00	5.00	312	312	312
P3	1447.268	2067.525	2687.783	6.00	6.00	6.00	540	540	540
P4	2694.133	3848.762	5003.390	10.00	10.00	10.00	730	730	730
P5	3.157	4.510	5.863	3.00	3.00	3.00	202	202	202

P6	8.791	12.558	16.325	4.00	4.00	4.00	414	414	414
P7	4.555	6.507	8.458	4.00	4.00	4.00	660	660	660
P8	10.702	15.288	19.874	5.00	5.00	5.00	269	269	269
P9	3.589	5.128	6.666	4.00	4.00	4.00	386	386	386
P10	30.098	42.998	55.897	10.00	10.00	10.00	1080	1080	1080
P11	68.751	98.216	127.681	8.00	8.00	8.00	602	602	602
	C10			C11			C12		
P1	8	8	8	91	130	169	5.00	5.00	5.00
P2	7	7	7	400	572	744	5.00	5.00	5.00
P3	9	9	9	441	630	819	8.00	8.00	8.00
P4	7	7	7	489	699	909	8.00	8.00	8.00
P5	4	4	4	35	50	66	4.00	4.00	4.00
P6	7	7	7	604	863	1121	6.00	6.00	6.00
P7	4	4	4	270	385	501	5.00	5.00	5.00
P8	2	2	2	314	448	582	4.00	4.00	4.00
P9	2	2	2	147	209	272	2.00	2.00	2.00
P10	8	8	8	914	1305	1697	7.00	7.00	7.00
P11	6	6	6	580	828	1077	7.00	7.00	7.00
	C13			C14			C15		
P1	4033	5761	7490	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00
P2	2557	3654	4750	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00
P3	4662	6660	8657	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00
P4	6615	9450	12286	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
P5	2996	4280	5564	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
P6	4100	5857	7614	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
P7	1314	1877	2440	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00
P8	6681	9545	12408	4.00	4.00	4.00	5.00	5.00	5.00
P9	1700	2428	3157	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00
P10	5020	7172	9324	9.00	9.00	9.00	8.00	8.00	8.00
P11	22007	31438	40870	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00

جدول۱۳. خروجی ویکور تصادفی برای سناریوتقاضا

	Qj	Rank
P1	0.9175802	8
P2	0.5840177	4
P3	0.2178668	2
P4	0.1232021	1
P5	0.9438665	9

P6	0.8549862	6
P7	0.9531346	10
P8	0.9059322	7
P9	1	11
P10	0.5453705	3
P11	0.5940515	5

۵-۲-۳-یکپارچه‌سازی سناریوها

دراین گزینه ها بر اساس سناریوهای یکپارچه رتبه بندی می شوند. از آنجایی که احتمال وقوع هر یک از سناریوها ۵۰ درصد است، مقدار شاخص VIKOE (Q) برای پروژه‌های جدول ۱۵ محاسبه شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، گزینه‌های P4، P3، P10 و P11 بهترین هستند.

جدول ۱۴. رتبه بندی در یکپارچه سازی سناریو ها

	سناریو تغییرات هزینه		سناریو تغییرات تقاضا		تجمیع سناریوها	
	Qj	رتبه	Qj	رتبه	Qj	رتبه
P1	0.9082154	8	0.9175802	8	0.912898	8
P2	0.7210585	5	0.5840177	4	0.652538	5
P3	0.4841843	3	0.2178668	2	0.351026	2
P4	0	1	0.1232021	1	0.061601	1
P5	0.9411459	9	0.9438665	9	0.942506	9
P6	0.8379912	6	0.8549862	6	0.846489	6
P7	0.9545207	10	0.9531346	10	0.953828	10
P8	0.8755995	7	0.9059322	7	0.890766	7
P9	1	11	1	11	1.000000	11
P10	0.3383285	2	0.5453705	3	0.441850	3
P11	0.5198693	4	0.5940515	5	0.556960	4

۵-۳- اعتبارسنجی روش پیشنهادی

جهت اعتبارسنجی روش پیشنهادی ویکور تصادفی، پروژه‌های این مقاله با رویکرد ویکور، ویکور فازی، و تاپسیس فازی نیز مقایسه شده که بتوان اعتبار خروجی‌های این روش رو مورد بررسی قرار داد. در جدول ۱۶ رتبه پروژه‌ها در هر روش نشان داده شده است.

جدول ۱۵. مقایسه روش ویکور تصادفی با دیگر روش‌ها

	Stochastic VIKOR	VIKOR	Fuzzy VIKOR	Fuzzy TOPSIS
P1	8	8	8	8
P2	5	5	5	5
P3	2	3	2	2
P4	1	1	1	1
P5	9	9	9	9
P6	6	6	6	6
P7	10	11	10	10

P8	7	7	7	7
P9	11	10	11	11
P10	3	2	3	3
P11	4	4	4	4

مشاهده می‌شود که یافته‌های روش ویکور فازی و تاپسیس فازی دقیقا مشابه روش SVIKOR می‌باشد. اما رویکرد ویکور تفاوت اندکی در ارزیابی دو پروژه داشته که تاثیر زیادی در نتیجه نهایی ندارد. بنابراین به طور کلی مشاهده می‌شود که نتایج SVIKOR صحیح و دقیق بوده و به این دلیل که قابلیت تعریف سناریوهای بسیاری را دارد، بنابراین دارای کارایی بسیار بیشتر نسبت به دیگر رویکردها دارد. در روش‌های فازی یا ساده، لزوما یک عدد یا نهایتا طیف ۳ یا ۴ عددی (اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه‌ای) را می‌توان برای هر شاخص ارائه کرد که در SVIKOR این محدودیت وجود ندارد.

۶- نتیجه‌گیری

این مطالعه یک رویکرد جدید جهت ارزیابی و انتخاب پروژه‌های حمل و نقل ریلی با در نظر گرفتن عدم قطعیت ارائه کرده است. در مطالعات مختلف بررسی شده از رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی پروژه‌ها استفاده شده است اما این رویکردها مبتنی بر نظرات خبرگان و بعضا داده‌های فازی می‌باشد(Mohammed et al, 2021; Çoban, 2020). در این مطالعه رویکرد ویکور تصادفی برای نخستین ارائه شده است تا با استفاده از آن بتوان عدم قطعیت را با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف در ارزیابی پروژه‌ها در نظر گرفت. در این راستا با توجه به وجود عدم قطعیت در هزینه‌های اجرا و هم‌چنین در تقاضای پروژه‌های مختلف انتخاب شده، سناریوهای تغییرات تقاضا و تغییرات هزینه در ارزیابی پروژه‌ها دخیل شده است. رویکرد بدین صورت است که با در نظر گرفتن تغییرات تقاضا و هزینه ارزیابی‌های پروژه‌ها انجام شده و در نهایت رتبه‌بندی پروژه‌ها ارائه شده است.

رویکرد ویکور تصادفی ارائه شده از این جهت دارای مزیت نسبت به دیگر روش‌ها می‌باشد که قابلیت تعریف کردن سناریوهای نامحدودی در ارزیابی پروژه‌ها را دارد. به همین جهت نسبت به رویکردهای ویکور و ویکور فازی و ویکور خاکستری کارایی بیشتری دارد.

از جنبه موضوعی و معیارهای ارزیابی نیز، ابعاد اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی به طور یکپارچه در ارزیابی پروژه‌ها در نظر گرفته شده است که به طور کلی با پارادایم پایداری پروژه‌ها ارزیابی شدند. مطالعاتی در زمینه ارزیابی پروژه‌های حمل‌ونقل انجام شدند که مولفه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی را به طور یکپارچه در نظر گرفته باشد(Hamurcu et al, 2017; Yücel et al, 2019)، اما مطالعه‌ای که بعد اجتماعی را نیز در ارزیابی پروژه‌های حمل و نقل مورد بررسی قرار دهد در مطالعات یافت نشده است. هم‌چنین در نظر داشتن عدم قطعیت در کنار این ابعاد در ارزیابی پروژه‌ها در دنیای امروزی اهمیت اساسی دارد که در این مطالعه به آن پرداخته نشده است که در نظر گرفته شده است.

به طور کلی، در جمع‌بندی یافته‌های این مطالعه، پیشنهاد می‌شود که با توجه به وجود عدم قطعیت‌های گسترده به خصوص در زمینه هزینه‌های اجرای پروژه، همواره از رویکردهای سناریومحور جهت انتخاب پروژه بهتر استفاده نمود. از یافته‌ها و رویکرد ارائه شده در این مطالعه، مدیران سازمان‌های مختلف و به طور خاص سازمان‌های پروژه‌محور در ارزیابی پروژه‌های بالقوه می‌توانند به خوبی استفاده کنند. با تعریف سناریوهای متعدد و هم‌چنین برآورد مقادیر شاخص‌ها در هر سناریو و هم‌چنین با تعیین احتمال رخداد هر سناریو، پروژه‌های خود را چند بعدی ارزیابی نمایند.

در ادامه این مطالعه پیشنهاد می‌شود دیگر روش‌ها را نیز به صورت stochastic و سناریومحور ایجاد نمود. به طور مثال (Nayeri et al, 2023) روش بهترین بدترین (BWM) را به صورت تصادفی (SBWM) ارائه کرده است. در این مطالعه نیز روش ویکور به صورت ویکور تصادفی (SVIKOR) ارائه شده است که این رویکرد قابلیت توسعه به دیگر روش‌ها را دارا می‌باشد.

منابع

1. Kim, E., Hewings, G. J., & Amir, H. (2017). Economic evaluation of transportation projects: An application of Financial Computable General Equilibrium model. Research in Transportation Economics, 61, 44-55.
2. Çoban, V. (2020). Solar energy plant project selection with AHP decision-making method based on hesitant fuzzy linguistic evaluation. *Complex & Intelligent Systems*, *6*(3), 507-529.
3. Mahmoudi, A., Deng, X., Javed, S. A., & Yuan, J. (2021). Large-scale multiple criteria decision-making with missing values: project selection through TOPSIS-OPA. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, *12*(10), 9341-9362.
4. Noruzi, M., Naderan, A., Zakeri, J. A., & Rahimov, K. (2023). A Robust Optimization Model for Multi-Period Railway Network Design Problem Considering Economic Aspects and Environmental Impact. *Sustainability*, *15*(6), 5022.
5. Bai, L., Sun, Y., Shi, H., Shi, C., Bai, J., & Han, X. (2021). Dynamic assessment modelling for project portfolio benefits. Journal of the Operational Research Society, 1-24.
6. Hamurcu, M., Alağaş, H. M., & Eren, T. (2017). Selection of rail system projects with analytic hierarchy process and goal programming. Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, 8(2), 291-302.

7. Hamurcu, M., & Eren, T. (2018). A fuzzy analytical network process approach to the selection of the rail system projects. Sigma Journal of Engineering and Natural Science, 9(4), 415-426.
8. Yücel, N., & Taşabat, S. E. (2019). The selection of railway system projects with multi creteria decision making methods: a case study for Istanbul. Procedia Computer Science, 158, 382-393.
9. Mohammed, H. J. (2021). The optimal project selection in portfolio management using fuzzy multi-criteria decision-making methodology. Journal of Sustainable Finance & Investment, 1-17.
10. Singh, M., Rathi, R., Antony, J., & Garza-Reyes, J. A. (2023). A toolset for complex decision-making in analyze phase of Lean Six Sigma project: a case validation. International Journal of Lean Six Sigma, 14(1), 139-157.
11. Koohathongsumrit, N., & Luangpaiboon, P. (2022). An integrated FAHP–ZODP approach for strategic marketing information system project selection. Managerial and Decision Economics, 43(6), 1792-1809.
12. ForouzeshNejad, A. (2023). A hybrid data-driven model for project portfolio selection problem based on sustainability and strategic dimensions: a case study of the telecommunication industry. Soft Computing, 1-21.
13. Santos, N., Junior, C. D. S. R., Moreira, M. Â. L., dos Santos, M., Gomes, C. F. S., & de Araújo Costa, I. P. (2022). Strategy Analysis for project portfolio evaluation in a technology consulting company by the hybrid method THOR. Procedia Computer Science, 199, 134-141.
14. Nayeri, S., Sazvar, Z., & Heydari, J. (2023). Towards a responsive supply chain based on the industry 5.0 dimensions: A novel decision-making method. Expert Systems with Applications, 213, 119267.
15. Kurenkov, P., Pokrovskaya, O., Anastasov, M., Sokolov, M., & Bochkov, A. (2019, December). Study of the current state of the transport infrastructure of road and rail transport of the Russian Federation. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 698, No. 6, p. 066064). IOP Publishing.
16. Hong, W. T., Clifton, G., & Nelson, J. D. (2022). Rail transport system vulnerability analysis and policy implementation: Past progress and future directions. Transport Policy.
17. Mohagheghi, V., & Mousavi, S. M. (2019). A new framework for high-technology project evaluation and project portfolio selection based on Pythagorean fuzzy WASPAS, MOORA and mathematical modeling. Iranian Journal of Fuzzy Systems, 16(6), 89-106.
18. Abdel-Basset, M., Gamal, A., Chakrabortty, R. K., & Ryan, M. (2021). A new hybrid multi-criteria decision-making approach for location selection of sustainable offshore wind energy stations: A case study. Journal of Cleaner Production, 280, 124462.

19. Jabbour, C. J. C., Fiorini, P. D. C., Ndubisi, N. O., Queiroz, M. M., & Piato, É. L. (2020). Digitally-enabled sustainable supply chains in the 21st century: A review and a research agenda. Science of the total environment, 725, 138177.
20. Sazvar, Z., Tavakoli, M., Ghanavati-Nejad, M., & Nayeri, S. (2022). Sustainable-resilient supplier evaluation for high-consumption drugs during COVID-19 pandemic using a data-driven decision-making approach. Scientia Iranica.
21. Bai, C., Kusi-Sarpong, S., Badri Ahmadi, H., & Sarkis, J. (2019). Social sustainable supplier evaluation and selection: a group decision-support approach. International Journal of Production Research, 57(22), 7046-7067.
22. Bui, T. D., Tsai, F. M., Tseng, M. L., Tan, R. R., Yu, K. D. S., & Lim, M. K. (2021). Sustainable supply chain management towards disruption and organizational ambidexterity: A data driven analysis. Sustainable production and consumption, 26, 373-410.
23. Martins, V. W., Anholon, R., Quelhas, O. L., & Leal Filho, W. (2019). Sustainable practices in logistics systems: An overview of companies in Brazil. Sustainability, 11(15), 4140.
24. Rostami, O., Tavakoli, M., Tajally, A., & GhanavatiNejad, M. (2023). A goal programming-based fuzzy best–worst method for the viable supplier selection problem: a case study. Soft Computing, 27(6), 2827-2852.
25. Peng, H., Shen, N., Liao, H., Xue, H., & Wang, Q. (2020). Uncertainty factors, methods, and solutions of closed-loop supply chain—A review for current situation and future prospects. Journal of Cleaner Production, 254, 120032.
26. Franzoni, C., & Stephan, P. (2022). Uncertainty and risk-taking in science: Meaning, measurement and management in peer review of research proposals. Research Policy, 104706.
27. ForouzeshNejad, A. A. (2023). Leagile and sustainable supplier selection problem in the Industry 4.0 era: a case study of the medical devices using hybrid multi-criteria decision making tool. Environmental Science and Pollution Research, 30(5), 13418-13437.
28. Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. Omega, 64, 126-130.
29. Mardani, A., Zavadskas, E. K., Govindan, K., Amat Senin, A., & Jusoh, A. (2016). VIKOR technique: A systematic review of the state of the art literature on methodologies and applications. Sustainability, 8(1), 37.