

انتخاب سبد پروژه‌های احداث با رویکرد توسعه پایدار تحت شرایط عدم قطعیت فازی بازه‌ای نوع دوم

وحید محقی^۱، سیدمیثم موسوی^{۲*}، بهنام وحدانی^۳

۱. کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد

۲. استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد

۳. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، گروه مهندسی صنایع

(تاریخ دریافت ۹۴/۰۶/۳۰ - تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۹۵/۰۲/۱۹ - تاریخ تصویب ۹۵/۰۵/۱۱)

چکیده

انتخاب صحیح پروژه‌ها اولین گام سازمان‌های پروژه‌محور در مدیریت راهبردی و هدفمند سبد پروژه‌هاست. با توجه به وابستگی رشد اقتصادی به مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی، بحث توسعه پایدار قسمتی از راهبردهای اصلی سازمان‌های پیشرو شده است. همچنین، شرایط بازار، تغییرات سریع جهانی در ابعاد مختلف و سایر مسائل مرتبط موجب شده است عدم قطعیت و ناآگاهی در این مسائل بیش از پیش افزایش یابد. در نتیجه، در این پژوهش روشی برای انتخاب سبد پروژه‌های احداث با رویکرد توسعه پایدار ارائه می‌شود و تحت شرایط عدم قطعیت فازی نوع ۲ بیان می‌شود. این روش شامل دو مرحله اصلی می‌شود که در مرحله اول پروژه‌های مورد نظر بررسی می‌شوند و پروژه‌های نامناسب از فرایند حذف می‌شوند. در مرحله دوم، سبد مورد نظر با مدل برنامه‌ریزی ریاضی انتخاب می‌شود. در نهایت، به منظور نمایش کاربرد، رویکرد پیشنهادی در قالب یک مثال کاربردی به کار گرفته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: انتخاب سبد پروژه، برنامه‌ریزی ریاضی، پروژه احداث، توسعه پایدار، مجموعه‌های فازی نوع ۲.

مقدمه

پیچیده، محیط نامطلوب، مشکلات مالی و ساختارهای سازمانی پویا [۲-۴]. درحقیقت، وجود این ویژگی‌ها به اهمیت پرداختن به مسئله انتخاب سبد پروژه در بخش پروژه‌های احداث به طور جداگانه می‌افزاید.

مطالعات مربوط به انتخاب سبد پروژه‌ها به سه دسته کلی تقسیم می‌شود: ۱. مطالعات اولیه که تمرکز اصلی آن بیشتر بر معیارهای اقتصادی است؛ ۲. مطالعاتی که پژوهشگران با استفاده از چارچوب‌های کلی، معیارهای راهبردی اقتصادی را بررسی کرده‌اند؛ ۳. مطالعات این دهه که تمرکز آن به طور پراکنده بر سایر معیارها از قبیل توسعه پایدار، هم‌راستایی راهبردی، ریسک سرمایه‌گذاری و آمادگی سازمانی بوده است [۵].

بسیاری از سازمان‌ها راهبردهای خود را با مفاهیم

مدیران سازمان‌ها باید سبدهای از پروژه‌ها را به منظور سرمایه‌گذاری انتخاب کنند تا از طریق آن پروژه‌ها به اهداف خود دست یابند. دلیل اصلی فرایند انتخاب سبد پروژه این است که مجموع منابع مورد نیاز تمام پروژه‌های پیشنهادی بسیار فراتر از مجموع منابع سازمان است. هدف اصلی در این مسئله انتخاب سبدهای است که نه تنها در راستای دستیابی به اهداف سازمان باشد، بلکه محدودیت‌های بودجه‌ای را نیز در نظر بگیرد. علاوه بر این، کنترل و مدیریت ریسک سبد انتخابی و حفظ اهداف عملکردی از قبیل جریان نقدی در محدوده مورد نظر از سایر اهدافی است که در مسئله انتخاب سبد پروژه‌ها مد نظر قرار دارد [۱]. پروژه‌های صنعت احداث ویژگی‌های منحصر به فردی دارند؛ مانند زمان‌های طولانی، فرایندهای

می‌کند. به نظریه فازی با توجه به ویژگی‌های موجود در تعریف پروژه در مطالعات مربوط به عدم قطعیت پروژه‌ها توجه ویژه‌ای شده است. آلتونتناس و درلی [۱۲] با استفاده از روشی بر پایه مدل‌های تصمیم‌گیری، پروژه را انتخاب و سبب پروژه را اولویت‌بندی کردند. ابرات و قدسی [۱۳] یک سیستم فازی برای ارزیابی پروژه‌ها ارائه دادند. ابراهیم‌نژاد و همکاران [۱۴] با ارائه روشی دومرحله‌ای بر پایه تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی به مسئله انتخاب پروژه احداث پرداختند. عباسیان جهرمی و رجایی [۱۵] مدلی ریاضی را برای انتخاب سبب پروژه‌های احداث با استفاده از نظریه فازی ارائه دادند. وحدانی و همکاران [۱۶] با استفاده از نظریه فازی و با پیشنهاد مدلی ترکیبی بر پایه هوش مصنوعی، ارزیابی و انتخاب پروژه‌های احداث را بررسی کردند.

براساس مطالعات انجام‌گرفته در این حوزه، روش‌های مختلفی بر پایه نظریه مجموعه‌های فازی برای بررسی و انتخاب پروژه‌های احداث به کار گرفته شده است. علی‌رغم برتری‌هایی که نظریه فازی در این مطالعات ایجاد کرده است، استفاده نکردن از رویکردهای نوین فازی این مطالعات را با مشکلاتی روبه‌رو کرده است. یکی از این مشکلات زمانی بروز می‌کند که تصمیم‌گیرنده باید عددی دقیق در بازه [۰ و ۱] برای تعیین درجه عضویت استفاده کند. درحقیقت، اعداد فازی نوع ۱ توانایی پشتیبانی کامل از عدم قطعیت موجود در تعاریف زبانی ارائه‌شده از سوی خبرگان به صورت عددی را ندارند [۱۷ و ۱۸]. در نتیجه، بیان درجه عضویت در مجموعه‌ای با درجه عضویت، به جای روش معمول کارتر است. درحقیقت، اعداد فازی نوع ۲ به دنبال راهی برای اندازه‌گیری درجه عضویت هستند [۱۹]. مندل با توسعه مجموعه‌های فازی نوع ۲ درجه عضویت را اندازه‌گیری کرد. این مجموعه‌ها توابع عضویت فازی دارند. در این مجموعه‌ها هر عضو، درجه عضویت فازی دارد [۲۰]. در پژوهش حاضر روشی برای انتخاب پروژه‌های احداث با استفاده از اعداد فازی نوع ۲ ارائه شده است. روش پیشنهادی شامل دو مرحله اجرایی می‌شود: در مرحله اول با توسعه شاخص تصمیم‌گیری پروژه‌های پیشنهادی بررسی می‌شود و پروژه‌های ضعیف‌تر از فرایند حذف می‌شوند. در مرحله دوم، با ارائه مدلی ریاضی، شاخص‌های توسعه پایدار

توسعه پایدار در هم آمیخته‌اند [۶]. مفهوم توسعه پایدار براساس درهم‌تنیده‌بودن توسعه در ابعاد اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی است. درحقیقت، توسعه پایدار به درک ارتباط و برهم‌کنش این سه بعد پایداری (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) وابسته است. در بعد اقتصادی، دستیابی به توسعه اقتصادی، در بعد اجتماعی، اهدافی مانند بهبود کیفیت زندگی، ایجاد برابری و بهبود ایمنی و سلامت و در بعد زیست‌محیطی اهدافی همچون استفاده مناسب از منابع، کیفیت اکوسیستم و سلامت انسان دنبال می‌شود [۷].

در هر فرایند انتخاب پروژه در دنیای واقعی دو بعد مسئله به پیچیدگی آن می‌افزاید. یکی محدودیت‌هایی است که بر مسئله تحمیل می‌شود و دیگری عدم قطعیت موجود در مسئله است [۸]. در واقع، انتخاب پروژه‌های احداث علاوه بر دو مورد بالا، پیچیدگی‌های بیشتری دارد که نتیجه وجود تأثیر موارد مختلف بر تصمیم‌گیری است. این موارد عبارت‌اند از: نیاز فراوان به سرمایه‌گذاری، غیرقابل بازگشت بودن فرایند تصمیم‌گیری، دست‌نیافتن به اطلاعات کافی برای تخمین نرخ بازگشت‌های آتی، ناتوانی در کمی کردن موارد حاصل‌شده، ماهیت متفاوت عملیات، عدم قطعیت عملکردها، تعبیر اشتباه از الگوهای رفتاری هزینه و محدودبودن افراد دارای دانش مورد نیاز برای تصمیم‌گیری در سازمان [۹].

همان‌طور که مشخص است، یکی از مهم‌ترین مشکلات در انتخاب پروژه‌های احداث نداشتن دانش کافی و دردسترس نبودن اطلاعات تاریخی مورد نیاز برای تصمیم‌گیری است. این مشکل زمانی تشدید می‌شود که در پروژه‌های احداث تصمیم‌گیری در مرحله ابتدایی چرخه عمر مدیریت پروژه اجرا شود و در این مرحله عدم قطعیت در بالاترین سطح خود قرار دارد. مارتینسو [۱۰] با بررسی مدیریت سبب پروژه در مطالعات و اجرا نشان داد عدم قطعیت و پیچیدگی‌های این مسئله رو به افزایش است و کارایی در این حوزه به به کارگیری روش‌های مناسب نیاز دارد. علاوه بر این، سیلوپوس و شیپر [۱۱] با بررسی آثار توسعه پایدار بر مدیریت پروژه نشان دادند این رویکرد، تمرکز مدیریت پروژه را از پیش‌بینی و کنترل به سمت انعطاف‌پذیری، پیچیدگی و استفاده از فرصت‌ها هدایت

$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_x} 1/(x, u) \quad (2)$$

$J_x \in [0,1]$

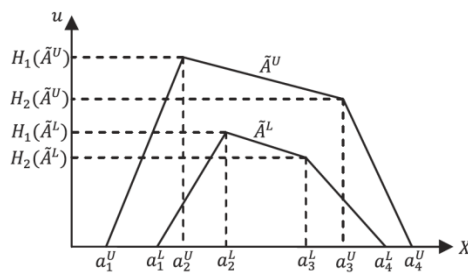
یک عدد فازی بازه‌ای نوع ۲ فقط در صورتی عدد فازی دوزنقه‌ای بازه‌ای نوع ۲ نامیده می‌شود که تابع عضویت بالایی و پایینی آن نیز هر دو اعداد فازی دوزنقه‌ای باشند؛ بنابراین، در صورتی که \tilde{A} دارای این ویژگی باشد به صورت زیر نمایش داده می‌شود [۲۲]:

$$\tilde{A} = (\tilde{A}^T; T \in \{U, L\}) \quad (3)$$

$$= (a_i^T; H_1(\tilde{A}^T), H_2(\tilde{A}^T);$$

$$T \in \{U, L\}, i = 1, 2, 3, 4)$$

در رابطه ۳، \tilde{A}^U و \tilde{A}^L به ترتیب تابع عضویت بالا و پایین \tilde{A} را نشان می‌دهند و $H_j(\tilde{A}_1^U)$ و $H_j(\tilde{A}_1^L)$ ($j = 1, 2$) مقادیر درجه عضویت اعضای بالایی و پایینی عدد را نشان می‌دهند. این عدد در شکل ۱ نشان داده می‌شود.



شکل ۱. یک عدد فازی دوزنقه‌ای بازه‌ای نوع ۲

اگر اعداد \tilde{A} و \tilde{B} اعدادی فازی دوزنقه‌ای بازه‌ای نوع ۲ باشند، چهار عمل اصلی به صورت زیر نشان داده می‌شود: عمل جمع [۲۲]:

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_i^T + b_i^T; \quad (4)$$

$$\min(H_1(\tilde{A}^T), (H_1(\tilde{B}^T),$$

$$\min(H_2(\tilde{A}^T), (H_2(\tilde{B}^T);$$

$$T \in \{U, L\}, i = 1, 2, 3, 4)$$

عمل تفریق [۲۲]:

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_i^T - b_{5-i}^T; \quad (5)$$

$$\min(H_1(\tilde{A}^T), (H_1(\tilde{B}^T),$$

$$\min(H_2(\tilde{A}^T), (H_2(\tilde{B}^T);$$

$$T \in \{U, L\}, i = 1, 2, 3, 4)$$

عمل ضرب [۲۲]:

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (X_i^T; \quad (6)$$

$$\min(H_1(\tilde{A}^T), (H_1(\tilde{B}^T),$$

$$\min(H_2(\tilde{A}^T), (H_2(\tilde{B}^T);$$

$$T \in \{U, L\}, i = 1, 2, 3, 4)$$

در عملکرد پروژه‌ها بررسی می‌شود و سبب با رویکرد توسعه پایدار ایجاد می‌شود. درحقیقت، این پژوهش ویژگی‌هایی دارد که آن را از سایر مطالعات در این زمینه متمایز می‌سازد. این ویژگی‌ها عبارت‌اند از:

- ارائه چارچوب پیشنهادی جدید برای انتخاب سبب پروژه‌های احداث؛
- استفاده از شاخص‌های توسعه پایدار در انتخاب سبب پروژه‌های احداث؛
- استفاده از مجموعه‌های فازی بازه‌ای نوع ۲ برای برخورد با عدم قطعیت؛
- توسعه یک شاخص تصمیم‌گیری برای پروژه‌های احداث با رویکرد توسعه پایدار در محیط فازی بازه‌ای نوع ۲؛
- توسعه یک مدل ریاضی انتخاب پروژه‌های احداث در رویکرد توسعه پایدار؛
- ارائه روشی انعطاف‌پذیر برای رتبه‌بندی اعداد فازی بازه‌ای نوع ۲.

در ادامه، دانش مقدماتی مجموعه‌های فازی بازه‌ای نوع ۲ مطرح می‌شود. در قسمت روش پیشنهادی تحت شرایط فازی بازه‌ای نوع ۲، روش بعد از ارائه چارچوب موردنظر معرفی می‌شود. به منظور نمایش کاربردی بودن روش، در قسمت مثال کاربردی، روش به کار گرفته شده است. در نهایت، نتایج تحقیق بیان می‌شود.

مقدماتی

در این بخش، دانش ابتدایی مجموعه‌های فازی بازه‌ای نوع ۲ آورده می‌شود. این مجموعه‌ها شامل مقادیر عضویت اولیه و ثانویه می‌شوند و توسعه مجموعه‌های فازی کلاسیک محسوب می‌شوند. یک مجموعه فازی نوع ۲ مانند \tilde{A} با تابع عضویت درجه ۲ به شکل رابطه ۱ نشان داده می‌شود [۲۱]:

$$\tilde{A} = \left\{ \left((x, u), \mu_{\tilde{A}}(x, u) \right) \right\} \quad (1)$$

$$\forall x \in X, \forall u \in J_x \subseteq [0, 1],$$

$$0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x, u) \leq 1$$

در یک مجموعه فازی نوع ۲ اگر تمام $\mu_{\tilde{A}}(x, u) = 1$ ، آنگاه \tilde{A} یک مجموعه فازی بازه‌ای نوع ۲ است. یک مجموعه فازی بازه‌ای نوع ۲ را می‌توان حالت خاصی از مجموعه فازی نوع ۲ دانست که به صورت زیر تعریف می‌شود [۲۱]:

روش پیشنهادی تحت شرایط فازی بازه ای نوع ۲

در این بخش مدل پیشنهادی انتخاب سبب پروژه‌های احداث ارائه می‌شود. مدل پیشنهادی شامل دو مرحله اصلی می‌شود. در اولین قسمت بعد از تعیین موارد اولیه مسئله مانند شناسایی نیازهای سازمان و شناسایی پروژه‌های پیشنهادی، پروژه‌ها با کمک نظرهای خبرگان امتیازدهی می‌شوند و با استفاده از شاخص تصمیم‌گیری پروژه‌ها با خطوط حداقلی مورد نظر مقایسه می‌شوند و پروژه‌هایی که آن حداقل‌ها را ندارند، حذف می‌شوند و سایر پروژه‌ها به مرحله دوم می‌روند. این مقایسه با استفاده از روش رتبه‌بندی پیشنهادی انجام می‌گیرد. در این فاز با استفاده از مدل ریاضی پیشنهادی و با تعیین محدودیت‌های مدنظر سبب بهینه پروژه‌ها به دست می‌آید. تصویری از چارچوب پیشنهادی انتخاب سبب پروژه‌های احداث با رویکرد توسعه پایدار در شکل ۲ مشاهده می‌شود.

روش رتبه‌بندی پیشنهادی

در این پژوهش، روش رتبه‌بندی جدید بر مبنای اندازه‌گیری نزدیکی براساس فاصله دو عدد فازی بازه‌ای نوع ۲ ارائه شده است که براساس مدل ابتدایی دنگ [۲۵] است. این روش براساس تصمیم‌گیری سازشی و استفاده از ایده آل مثبت و منفی است و در مقایسه اعداد علاوه بر موقعیت اصلی و نسبی اعداد، از تمام مقادیری که یک عدد فازی نوع ۲ را مشخص می‌سازد، استفاده می‌کند. این روش رتبه‌بندی مطابق گام‌های زیر ارائه می‌شود:

- تعیین عدد ایده آل مثبت (\tilde{X}_{max}) و ایده آل منفی (\tilde{X}_{min}) فازی ذوزنقه‌ای بازه‌ای نوع ۲.
- تعیین درجه شباهت (d_i^+) هر عدد مورد بررسی (\tilde{A}_i ($i = 1, 2, \dots, n$)) و عدد ایده آل مثبت با استفاده از رابطه فاصله ۱۰:

$$d_i^+(\tilde{A}_i, \tilde{X}_{max}) = \sqrt{\sum_{i=1}^4 (a_i^U - x_i^U)^2} \quad (10)$$

$$X_i^T = \begin{cases} \min(a_i^T b_i^T, a_i^T b_{5-i}^T, a_{5-i}^T b_i^T, a_{5-i}^T b_{5-i}^T) & \text{if } i = 1, 2 \\ \max(a_i^T b_i^T, a_i^T b_{5-i}^T, a_{5-i}^T b_i^T, a_{5-i}^T b_{5-i}^T) & \text{if } i = 3, 4 \end{cases}$$

عمل تقسیم [۲۲]:

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (Y_i^T; \min(H_1(\tilde{A}^T), (H_1(\tilde{B}^T)), (7)$$

$$\min(H_2(\tilde{A}^T), (H_2(\tilde{B}^T):$$

$$T \in \{U, L\}, i = 1, 2, 3, 4)$$

$$Y_i^T = \begin{cases} \min\left(\frac{a_i^T}{b_i^T}, \frac{a_i^T}{b_{5-i}^T}, \frac{a_{5-i}^T}{b_i^T}, \frac{a_{5-i}^T}{b_{5-i}^T}\right) & \text{if } i = 1, 2 \\ \max\left(\frac{a_i^T}{b_i^T}, \frac{a_i^T}{b_{5-i}^T}, \frac{a_{5-i}^T}{b_i^T}, \frac{a_{5-i}^T}{b_{5-i}^T}\right) & \text{if } i = 3, 4 \end{cases}$$

$$B_j^T \neq 0, j = 1, 2, 3, 4, T \in \{U, L\}$$

تقسیم این عدد فازی به یک عدد قطعی [۲۳]:

$$\tilde{A} \otimes l = \left(\frac{a_i^T}{l}; (8)$$

$$H_1(\tilde{A}^T), H_2(\tilde{B}^T):$$

$$T \in \{U, L\}, i = 1, 2, 3, 4)$$

فاصله بین دو عدد فازی ذوزنقه‌ای بازه‌ای نوع ۲ A و B

از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۲۴]:

$$d_i(\tilde{A}_i, \tilde{B}_i) = (9)$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^4 (a_i^U - b_i^U)^2} +$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^4 (a_i^L - b_i^L)^2} +$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^2 (H_i(\tilde{A}^U) - H_i(\tilde{B}^U))^2} +$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^2 (H_i(\tilde{A}^L) - H_i(\tilde{B}^L))^2}$$

گذشته، هشت معیار برای بررسی پروژه‌ها در چهار گروه اصلی تعیین شده‌اند. معیارهای c_1 و c_2 (نرخ بازگشت سرمایه و بهبود در جریان نقدی سازمان) در گروه معیارهای اقتصادی، معیارهای c_3 و c_4 (رضایت کارکنان، رضایت مشتریان) در گروه معیارهای اجتماعی، معیارهای c_5 و c_6 (استفاده از مواد سازگار با محیط‌زیست، داشتن ضایعات قابل بازیافت) در گروه معیارهای زیست‌محیطی و در نهایت معیارهای c_7 و c_8 (ریسک فنی، ریسک مالی) در گروه معیارهای مربوط به ریسک، معیارهای پیشنهادی در این مسئله هستند.

خبرگان باید پروژه‌ها را با توجه به این معیارها بسنجند و نظرهای خود را بیان کنند. این نظرها با استفاده از اعداد فازی ذوزنقه‌ای بازه‌ای نوع ۲ (جدول ۱) بیان می‌شوند [۲۲] و با استفاده از روابط زیر وزن معیارها (W) و امتیاز هر پروژه (R) به دست می‌آید:

$$\left(\frac{\sum_{k=1}^K w_{kn1}^L}{K}, \frac{\sum_{k=1}^K w_{kn2}^L}{K}, \frac{\sum_{k=1}^K w_{kn3}^L}{K} \right) \quad (۱۳)$$

$$\frac{\sum_{k=1}^K w_{kn4}^L}{K}; \min H_1(\tilde{W}_{nk}^L), H_2(\tilde{W}_{nk}^L):$$

$$\frac{\sum_{k=1}^K w_{kn1}^U}{K}, \frac{\sum_{k=1}^K w_{kn2}^U}{K}, \frac{\sum_{k=1}^K w_{kn3}^U}{K}$$

$$\frac{\sum_{k=1}^K w_{kn4}^U}{K}; \min H_1(\tilde{W}_{nk}^L), H_2(\tilde{W}_{nk}^L))$$

$$\left(\frac{\sum_{k=1}^K r_{kn1}^L}{K}, \frac{\sum_{k=1}^K r_{kn2}^L}{K}, \frac{\sum_{k=1}^K r_{kn3}^L}{K} \right) \quad (۱۴)$$

$$\frac{\sum_{k=1}^K r_{kn4}^L}{K}; \min H_1(\tilde{R}_{nk}^L), H_2(\tilde{R}_{nk}^L):$$

$$\frac{\sum_{k=1}^K r_{kn1}^U}{K}, \frac{\sum_{k=1}^K r_{kn2}^U}{K}, \frac{\sum_{k=1}^K r_{kn3}^U}{K}$$

$$\frac{\sum_{k=1}^K r_{kn4}^U}{K}; \min H_1(\tilde{R}_{nk}^L), H_2(\tilde{R}_{nk}^L))$$

در روابط ۱۳ و ۱۴، K تعداد خبرگان، W_n گروه معیارها و R_m گروه پروژه‌هاست.

در این مدل، با توسعه شاخص تصمیم‌گیری موجود در ادبیات [۲۶]، شاخصی با رویکرد عدم قطعیت فازی بازه‌ای نوع ۲، مرتبط با پروژه‌های احداث و بر پایه مفهوم میانگین موزون فازی ارائه می‌شود. این شاخص بر پایه اطلاعات است و وزن و امتیازدهی فازی بازه‌ای نوع ۲ تأثیرگذار در انتخاب سبد پایدار پروژه‌ها را نیز در نظر می‌گیرد. این شاخص در رابطه ۱۵ ارائه می‌شود.

$$\sqrt{\sum_{i=1}^4 (a_i^L - x_i^L)^2} +$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^2 (H_i(\tilde{A}^U) - H_i(\tilde{X}^U))^2} +$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^2 (H_i(\tilde{A}^L) - H_i(\tilde{X}^L))^2}$$

۳. تعیین درجه شباهت (d_i^-) هر عدد مورد بررسی \tilde{A}_i ($i = 1, 2, \dots, n$) و عدد ایده‌آل منفی با استفاده از رابطه فاصله ۱۱:

$$d_i^- (\tilde{A}_i, \tilde{X}_{min}) = \quad (۱۱)$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^4 (a_i^U - x_i^U)^2} +$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^4 (a_i^L - x_i^L)^2} +$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^2 (H_i(\tilde{A}^U) - H_i(\tilde{X}^U))^2} +$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^2 (H_i(\tilde{A}^L) - H_i(\tilde{X}^L))^2}$$

۴. محاسبه شاخص عملکرد کلی هر عدد مورد S_i بررسی با استفاده از رابطه ۱۲:

$$\tilde{S}_i = d_i^- (\tilde{A}_i, \tilde{X}_{max}) \quad (۱۲)$$

$$-d_i^+ (\tilde{A}_i, \tilde{X}_{min})$$

۵. مرتب‌کردن اعداد براساس ترتیب نزولی \tilde{S}_i

مرحله اول

در ابتدای این فاز تمام اطلاعات مربوط مانند منابع سازمان، آثار اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی پروژه‌ها و... باید جمع‌آوری شود. با توجه به نوع مسئله و بررسی مطالعات

$$\sum_{i=1}^I hr_i X_i \leq HR \quad (21)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} = 1, i = 1, \dots, I \quad (22)$$

در رابطه ۱۶، هدف بیشینه‌سازی سود حاصل از پروژه‌های انتخابی است. رابطه ۱۷ و ۱۸ به ترتیب برای بیشینه‌سازی دستیابی به اهداف اجتماعی و زیست‌محیطی هستند و رابطه ۱۹ تابع هدف کمینه‌سازی ریسک است. ic_i میزان سرمایه مورد نیاز پروژه i و IC سرمایه کل در دست است. hr_i میزان نیروی انسانی مورد نیاز پروژه i و HR منابع انسانی کل در دست است. در نهایت، روابط ۲۰ و ۲۱ برای تأثیر دادن محدودیت‌های بودجه و نیروی انسانی در تصمیم‌گیری هستند.

از آنجا که مدل ارائه شده شامل سه تابع هدف می‌شود، باید این مسئله به مسئله تک‌هدفی تبدیل شود. در نتیجه، ابتدا حد بالا (U_0) و حد پایین مورد قبول (L_0) هر کدام از توابع هدف (O) مشخص می‌شود. سپس تفاوت حد بالا و حد پایین (d_0) محاسبه می‌شود. در صورتی که تابع هدف از حد بالا فراتر رود، عضویت آن برابر ۱ و در صورتی که کمتر از حد پایین شود برابر ۰ در نظر گرفته می‌شود. تابع عضویت عملکرد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پروژه، تابع غیرنزولی مشخص شده و تابع عضویت عملکرد ریسک غیر صعودی منظور شده است. این چهار تابع هدف با استفاده از متغیر ω به یک تابع هدف تبدیل می‌شوند که تمام چهار تابع هدف را بهینه می‌سازد؛ بنابراین، مدل ریاضی زیر برای انتخاب سبد پروژه پیشنهاد می‌شود:

$$\max \omega \quad (23)$$

s.t.

$$-\sum_{i=1}^I M_i X_i + \omega d_M \leq -L_M \quad (24)$$

$$-\sum_{i=1}^I P_i X_i + \omega d_P \leq -L_P \quad (25)$$

$$-\sum_{i=1}^I S_i X_i + \omega d_S \leq -L_S \quad (26)$$

$$\sum_{i=1}^I R_i X_i + \omega d_R \leq U_R \quad (27)$$

$$\sum_{i=1}^I ic_i X_i \leq IC \quad (28)$$

$$DI_{(M,P,S,R)} = \quad (15)$$

$$\left[\sum_{n=1}^N [(r_{1n}^L, r_{2n}^L, r_{3n}^L, r_{4n}^L; H_1(R_n^L), H_2(R_n^L)) \times (r_{1n}^U, r_{2n}^U, r_{3n}^U, r_{4n}^U; H_1(R_n^U), H_2(R_n^U))] \times (w_{1n}^L, w_{2n}^L, w_{3n}^L, w_{4n}^L; H_1(W_n^L), H_2(W_n^L)) \times (w_{1n}^U, w_{2n}^U, w_{3n}^U, w_{4n}^U; H_1(W_n^U), H_2(W_n^U))] \times \left[\sum_{n=1}^N (w_{1n}^L, w_{2n}^L, w_{3n}^L, w_{4n}^L; H_1(W_n^L), H_2(W_n^L)); w_{1n}^U, w_{2n}^U, w_{3n}^U, w_{4n}^U; H_1(W_n^U), H_2(W_n^U)]^{-1} \right]$$

در رابطه ۱۵، DI شاخص تصمیم‌گیری، M گروه معیارهای اقتصادی، P گروه معیارهای اجتماعی، S گروه معیارهای زیست‌محیطی و R گروه معیارهای مربوط به ریسک را نشان می‌دهد.

بعد از محاسبه شاخص تصمیم‌گیری، مقادیر حاصل با استفاده از روش ارائه شده رتبه‌بندی، مرتب می‌شوند و پروژه‌های دارای مقادیر کمتر از حدود آستانه تعیین شده از سوی تصمیم‌گیرنده از فرایند حذف می‌شوند.

مرحله دوم

در این مرحله، پروژه‌هایی که حداقل شرایط لازم را دارند در مدل ریاضی ارائه شده قرار می‌گیرند و سبد بهینه پروژه‌ها به دست می‌آید. مدل ریاضی ارائه شده برای انتخاب سبد پروژه‌های احداث با رویکرد توسعه پایدار مطابق زیر است:

$$\max \sum_{i=1}^I M_i X_i \quad (16)$$

$$\max \sum_{i=1}^I P_i X_i \quad (17)$$

$$\max \sum_{i=1}^I S_i X_i \quad (18)$$

$$\min \sum_{i=1}^I R_i X_i \quad (19)$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^I ic_i X_i \leq IC \quad (20)$$

محدود به ۷۵ واحد پولی برای سرمایه‌گذاری و ۴۰ نفر برای اجرای پروژه است.

$$\sum_{i=1}^I hr_i X_i \leq HR \quad (29)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} = 1, i = 1, \dots, I \quad (30)$$

اجرای گام به گام رویکرد پیشنهادی

به منظور توضیح روشن تر روش ارائه شده، رویکرد پیشنهادی در این مسئله به صورت گام به گام به کار گرفته می‌شود. گام‌های اجرایی عبارت‌اند از:

۱. ابتدا گروهی سه نفره از خبرگان تشکیل می‌شود و نظرهای آن‌ها در مورد اهمیت معیارها و وضعیت پروژه‌ها در مورد آن معیارها دریافت می‌شود. این نظرها به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود.

مثال کاربردی

یک شرکت فعال در پروژه‌های عمرانی و احداث پیشنهاد انجام دادن تعدادی از پروژه‌ها را دریافت کرده است. هدف سازمان انتخاب سبدهای از پروژه‌ها به نحوی است که علاوه بر دستیابی به اهداف توسعه پایدار، ریسک موجود در سبد را کمینه کند. جدول ۲ ویژگی‌های پروژه‌های پیشنهادی را نشان می‌دهد. همچنین، منابع سازمان

جدول ۲. پروژه‌های پیشنهادی

پروژه	سرمایه‌گذاری موردنیاز (واحد پولی)	منابع انسانی موردنیاز (نفر)
۱	۳۴	۱۸
۲	۵۰	۴۰
۳	۴۶	۳۰
۴	۴۹	۳۷
۵	۴۲	۳۰
۶	۴۰	۲۰

جدول ۳. اهمیت معیارها

معیار	خبره		
	۱	۲	۳
c_1	زیاد	خیلی زیاد	زیاد
c_2	زیاد	زیاد	متوسط
c_3	متوسط	متوسط زیاد	زیاد
c_4	متوسط	متوسط زیاد	متوسط زیاد
c_5	کم	متوسط	متوسط
c_6	متوسط	زیاد	زیاد
c_7	زیاد	متوسط زیاد	متوسط
c_8	متوسط	زیاد	متوسط

جدول ۴. امتیاز پروژه‌ها در برابر معیارها

معیار	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	پروژه	خبره
۱	خوب	خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب	متوسط	متوسط	خیلی خوب		
۲	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب	متوسط	خوب	۱	۱
۳	متوسط	خوب	خیلی خوب	خوب	خیلی خوب	خوب	خوب	متوسط		
۱	متوسط	ضعیف	متوسط	متوسط	متوسط	ضعیف	متوسط	ضعیف		
۲	ضعیف	ضعیف	متوسط	ضعیف	ضعیف	متوسط	ضعیف	متوسط	۲	۲
۳	ضعیف	متوسط	ضعیف	ضعیف	متوسط	متوسط	متوسط	ضعیف		
۱	ضعیف	متوسط	متوسط	خوب	خوب	متوسط	ضعیف	متوسط		
۲	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	خوب	متوسط	خوب	متوسط	۳	۳
۳	ضعیف	متوسط	ضعیف	ضعیف	متوسط	متوسط	خوب	متوسط		
۱	متوسط	خوب	متوسط	خوب	ضعیف	متوسط	خوب	خیلی خوب		
۲	خوب	متوسط	خوب	متوسط	متوسط	متوسط	خوب	متوسط	۴	۴
۳	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	خوب	خوب	متوسط	متوسط		
۱	ضعیف	متوسط	ضعیف	متوسط	ضعیف	متوسط	ضعیف	خوب		
۲	خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف	متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف	۵	۵
۳	خیلی ضعیف	ضعیف	خیلی ضعیف	متوسط	متوسط	ضعیف	ضعیف	خیلی ضعیف		
۱	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب	خوب	خوب	خیلی خوب	متوسط	خوب		
۲	خوب	خوب	خوب	متوسط	خوب	خوب	خیلی خوب	خوب	۶	۶
۳	متوسط	خوب	خیلی خوب	متوسط	خوب	خیلی خوب	خوب	متوسط		

می‌شود. جدول‌های ۵ و ۶ به ترتیب اعداد فازی بازه‌ای نوع ۲ وزن معیار و امتیاز پروژه را نشان می‌دهند.

۲. در این مرحله، بعد از استفاده از روابط ۱۳ و ۱۴ برای ایجاد وزن معیارها و امتیاز هر پروژه شاخص تصمیم‌گیری محاسبه می‌شود و از آن امید ریاضی گرفته

جدول ۵. اعداد فازی بازه‌ای نوع ۲ برای اهمیت معیارها

معیار	عدد فازی بازه‌ای
c_1	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/93, 0/93, 0/93) : (0/185, 0/93, 0/93))$
c_2	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/83, 0/76, 0/76) : (0/66, 0/76, 0/76))$
c_3	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/66, 0/56, 0/56) : (0/46, 0/56, 0/56))$
c_4	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/73, 0/63, 0/63) : (0/53, 0/63, 0/63))$
c_5	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/46, 0/36, 0/36) : (0/28, 0/36, 0/36))$
c_6	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/83, 0/76, 0/76) : (0/66, 0/76, 0/76))$
c_7	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/66, 0/56, 0/56) : (0/46, 0/56, 0/56))$
c_8	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/71, 0/63, 0/63) : (0/53, 0/63, 0/63))$

۳. امید ریاضی به دست آمده با حدود حداقلی مطرح شده از سوی تصمیم‌گیران سازمان مقایسه می‌شود و پروژه‌هایی که حداقل را ندارند، از فرایند حذف می‌شوند. امید ریاضی، حدود آستانه و پروژه‌های حذف شده و قبول شده این مرحله در جدول ۷ آورده می‌شود.

جدول ۶. اعداد فازی بازه‌ای نوع ۲ برای امتیاز پروژه‌ها در برابر معیارها

معیار	عدد فازی بازه‌ای	
c_1	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/91, 0/86, 0/86) : (0/78, 0/86, 0/86))$	پروژه ۱
c_2	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/93, 0/93, 0/93) : (0/85, 0/93, 0/93))$	
c_3	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/98, 0/96, 0/96) : (0/9, 0/96, 0/96))$	
c_4	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/98, 0/96, 0/96) : (0/9, 0/96, 0/96))$	
c_5	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/98, 0/96, 0/96) : (0/9, 0/96, 0/96))$	
c_6	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/83, 0/83, 0/83) : (0/73, 0/83, 0/83))$	
c_7	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/85, 0/76, 0/76) : (0/66, 0/76, 0/76))$	
c_8	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/83, 0/83, 0/83) : (0/76, 0/83, 0/83))$	
c_1	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/26, 0/16, 0/16) : (0/1, 0/16, 0/16))$	پروژه ۲
c_2	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/33, 0/23, 0/23) : (0/16, 0/23, 0/23))$	
c_3	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/53, 0/43, 0/43) : (0/33, 0/43, 0/43))$	
c_4	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/43, 0/23, 0/23) : (0/16, 0/23, 0/23))$	
c_5	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/46, 0/36, 0/36) : (0/28, 0/36, 0/36))$	
c_6	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/4, 0/3, 0/3) : (0/21, 0/3, 0/3))$	
c_7	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/46, 0/36, 0/36) : (0/28, 0/36, 0/36))$	
c_8	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/4, 0/3, 0/3) : (0/21, 0/3, 0/3))$	
c_1	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/4, 0/3, 0/3) : (0/21, 0/3, 0/3))$	پروژه ۳
c_2	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/53, 0/43, 0/43) : (0/33, 0/43, 0/43))$	
c_3	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/53, 0/43, 0/43) : (0/33, 0/43, 0/43))$	
c_4	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/58, 0/5, 0/5) : (0/41, 0/5, 0/5))$	
c_5	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/63, 0/56, 0/56) : (0/46, 0/56, 0/56))$	
c_6	$((0/9, 0/9, 0/9) : (0/6, 0/5, 0/5) : (0/4, 0/5, 0/5))$	

ادامه جدول ۶. اعداد فازی بازه‌ای نوع ۲ برای امتیاز پروژه‌ها در برابر معیارها

عدد فازی بازه‌ای	معیار	
$((0/46, 0/63, 0/63, 0/76, 1, 1), (0/55, 0/63, 0/63, 0/7, 0/9, 0/9))$	C_7	پروژه ۴
$((0/3, 0/5, 0/5, 0/7, 1, 1), (0/4, 0/5, 0/5, 0/6, 0/9, 0/9))$	C_8	
$((0/36, 0/63, 0/63, 0/8, 1, 1), (0/53, 0/63, 0/63, 0/71, 0/9, 0/9))$	C_1	
$((0/43, 0/63, 0/63, 0/8, 1, 1), (0/53, 0/63, 0/63, 0/71, 0/9, 0/9))$	C_2	
$((0/36, 0/63, 0/63, 0/8, 1, 1), (0/53, 0/63, 0/63, 0/71, 0/9, 0/9))$	C_3	
$((0/43, 0/63, 0/63, 0/8, 1, 1), (0/53, 0/63, 0/63, 0/71, 0/9, 0/9))$	C_4	
$((0/26, 0/43, 0/5, 0/66, 1, 1), (0/35, 0/43, 0/43, 0/55, 0/9, 0/9))$	C_5	
$((0/5, 0/7, 0/76, 0/9, 1, 1), (0/6, 0/7, 0/7, 0/78, 0/9, 0/9))$	C_6	
$((0/56, 0/76, 0/1, 0/9, 1, 1), (0/66, 0/76, 0/76, 0/85, 0/85, 0/9))$	C_7	پروژه ۵
$((0/56, 0/73, 0/8, 0/9, 1, 1), (0/65, 0/73, 0/73, 0/8, 0/9, 0/9))$	C_8	
$((0, 0/3, 0/3, 0/16, 1, 1), (0/16, 0/3, 0/3, 0/1, 0/9, 0/9))$	C_1	
$((0/1, 0/23, 0/23, 0/43, 1, 1), (0/16, 0/23, 0/23, 0/33, 0/9, 0/9))$	C_2	
$((0/1, 0/2, 0/2, 0/36, 1, 1), (0/15, 0/2, 0/2, 0/28, 0/9, 0/9))$	C_3	
$((0/2, 0/36, 0/36, 0/56, 1, 1), (0/28, 0/36, 0/36, 0/46, 0/9, 0/9))$	C_4	
$((0/1, 0/2, 0/2, 0/36, 1, 1), (0/15, 0/2, 0/2, 0/28, 0/9, 0/9))$	C_5	
$((0/2, 0/36, 0/36, 0/56, 1, 1), (0/28, 0/36, 0/36, 0/46, 0/9, 0/9))$	C_6	
$((0, 0/1, 0/1, 0/3, 1, 1), (0/5, 0/1, 0/1, 0/2, 0/9, 0/9))$	C_7	پروژه ۶
$((0/16, 0/23, 0/3, 0/4, 1, 1), (0/2, 0/23, 0/23, 0/3, 0/9, 0/9))$	C_8	
$((0/7, 0/86, 0/1, 0/93, 1, 1), (0/78, 0/86, 0/86, 0/91, 0/9, 0/9))$	C_1	
$((0/76, 0/93, 0/1, 0/93, 1, 1), (0/85, 0/93, 0/93, 0/96, 0/9, 0/9))$	C_2	
$((0/76, 0/93, 0/1, 0/93, 1, 1), (0/85, 0/93, 0/93, 0/96, 0/9, 0/9))$	C_3	
$((0/43, 0/63, 0/63, 0/8, 1, 1), (0/53, 0/63, 0/63, 0/71, 0/9, 0/9))$	C_4	
$((0/7, 0/9, 0/9, 1, 1), (0/8, 0/9, 0/9, 0/95, 0/9, 0/9))$	C_5	
$((0/9, 1, 1, 1, 1), (0/95, 1, 1, 1, 1))$	C_6	
$((0/7, 0/86, 0/1, 0/93, 1, 1), (0/78, 0/86, 0/86, 0/91, 0/9, 0/9))$	C_7	
$((0/76, 0/9, 0/1, 0/96, 1, 1), (0/83, 0/9, 0/9, 0/93, 0/9, 0/9))$	C_8	

جدول ۷. نتایج فاز اول مدل

نتیجه	E_R	E_E	E_S	E_F	پروژه
قبول	۶/۳	۶/۶	۸	۸	۱
رد	-۱/۸	-۲/۳	-۱/۷	-۳/۵	۲
قبول	۲/۱۲	۲	۰/۵	-۰/۳	۳
رد	۵/۷	۲/۴	۳/۳	۵/۷	۴
رد	-۴/۶	-۲/۶	-۲/۷	-۵	۵
قبول	۷/۵	۸	۶	۸	۶
	۴	۲	۲	۴	حد آستانه

می‌گذارد که این امر به دلیل استفاده از وزن در روش ارزیابی و انتخاب است و تصمیم‌گیرنده می‌تواند با استفاده از ایجاد تغییرات در وزن‌ها، با توجه به اولویت‌های مختلف، نتایج را مشاهده کند.

استفاده از مجموعه‌های فازی نوع ۲، در مقایسه با مجموعه‌های فازی نوع اول، برتری‌هایی را برای مدل ایجاد می‌کند. با توجه به مثال حل شده و مطالعات اخیر [۲۷، ۲۸] استفاده از اعداد بالایی و پایینی ذوزنقه‌ای که هر کدام درجه‌های عضویت بالا و پایین را دارند، موجب می‌شود تصمیم‌گیرنده قدرت بیشتری در بیان عدم قطعیت داشته باشد. همچنین، این رویکرد انعطاف‌پذیری محاسبات را افزایش می‌دهد، زیرا تصمیم‌گیرنده دیگر مجبور نیست یک درجه عضویت را تعریف کند. همچنین، برخلاف روابط بر پایه مجموعه‌های نوع اول، تصمیم‌گیرنده می‌تواند با توجه به وجود تابع عضویت بازه‌ای از تمام نتایج موجود اطلاع یابد.

۴. در این مرحله مدل ریاضی ارائه شده برای پروژه‌های باقیمانده در فرایند اجرا می‌شود. در نتیجه، پروژه‌های ۱ و ۶ در این فرایند انتخاب می‌شوند؛ بنابراین، سبد پروژه بهینه حاصل از این دو پروژه است.

تحلیل حساسیت

به منظور بررسی روش پیشنهادی، تحلیل حساسیت با تغییر وزن معیارها انجام گرفته است. یکبار محاسبات با وزن مساوی معیارها (حالت ۱) و یکبار محاسبات با کاهش ۰/۱ تمام وزن‌ها (حالت ۲) و بار دیگر با کاهش ۰/۲ تمام وزن‌ها (حالت ۳) انجام گرفته است و نتایج نهایی در جدول ۸ آورده می‌شود. در این جدول ۰ نشان‌دهنده رد شدن پروژه و ۱ نمایانگر انتخاب آن است. این تحلیل حساسیت نشان می‌دهد تغییرات ایجاد شده در معیارها چه تغییری در نتایج نهایی مدل ایجاد می‌کند. این تحلیل حساسیت نشان می‌دهد تغییر محسوس وزن معیارها بر نتایج نهایی تأثیر

جدول ۸. نتایج تحلیل حساسیت وزن معیارها در نتایج نهایی

پروژه	حالت ۱		حالت ۲		حالت ۳	
	فاز ۱	فاز ۲	فاز ۱	فاز ۲	فاز ۱	فاز ۲
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۱	۰	۱	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۱	۱	۱	۱	۱	۱

مرحله به مرحله مدل پیشنهادی نیز ارائه شده است. با توجه به استفاده از مجموعه‌های فازی بازه‌ای نوع ۲، روشی نوین برای رتبه‌بندی اعداد در این مجموعه‌ها ارائه شده است که قابلیت انعطاف بالایی در رتبه‌بندی مورد نظر دارد. در نهایت، به منظور نمایش کاربرد مدل پیشنهادی، این مدل در قالب یک مثال عددی به کار گرفته شده است و مراحل اجرای مدل گام به گام در آن تشریح شده است. همچنین، به منظور بررسی حساسیت مدل به معیارهای مورد استفاده در انتخاب پروژه‌ها، وزن معیارها تغییر داده شده و مسئله با وزن‌های جدید حل شده و نتایج بیان شده است.

نتیجه‌گیری

انتخاب پروژه‌های احداث برای سازمان‌های فعال در این زمینه اهمیت فراوانی دارد؛ زیرا سوددهی و موفقیت سازمان، به شدت به آن وابسته است. با توجه به اهمیت آثار اجتماعی و زیست‌محیطی پروژه بر ابعاد اقتصادی آن، در این پژوهش روشی جدید برای انتخاب سبد پروژه‌های احداث با رویکرد توسعه پایدار ارائه شد. مدل پیشنهادی بر مبنای مجموعه‌های فازی بازه‌ای نوع ۲ است که با توجه به ویژگی‌ها و برتری‌های آن‌ها در نمایش و محاسبه عدم قطعیت، بر کاربردی‌تر بودن و انعطاف‌پذیری بیشتر مدل افزوده‌اند. همچنین، یک چارچوب برای اجرای

مراجع

1. Better, M. and Glover, F. (2006). "Selecting project portfolios by optimizing simulations", *Engineering Economist*, Vol. 51, No. 2, PP. 81- 97.
2. Zou, P. X., Zhang, G. and Wang, J. (2007). "Understanding the key risks in construction projects in China", *International Journal of Project Management*, Vol. 25, No. 6, PP. 601-614.
3. Smith, N. J., Merna, T. and Jobling, P. (2009). *Managing risk: in construction projects*, John Wiley & Sons.
4. Alidi, A. S. (1996). "Use of the analytic hierarchy process to measure the initial viability of industrial projects", *International Journal of Project Management*, Vol. 14, No. 4, PP. 205- 208.
5. Khalili-Damghani, K., Sadi-Nezhad, S., Lotfi, F. H. and Tavana, M. (2013). "A hybrid fuzzy rule-based multi-criteria framework for sustainable project portfolio selection", *Information Sciences*, Vol. 220 , PP. 442-462.
6. Robert, K. W., Parris, T. M. and Leiserowitz, A. A. (2005). "What is sustainable development? Goals, indicators, values, and practice", *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, Vol. 47, No. 3, PP. 8- 21.
7. Hutchins, M. J. and Sutherland, J. W. (2008). "An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 16, No. 15, PP. 1688- 1698.
8. Mavrotas, G. and Pechak, O. (2013). "Combining mathematical programming and Monte Carlo simulation to deal with uncertainty in energy project portfolio selection", In *Assessment and Simulation Tools for Sustainable Energy Systems*, Vol. 129, Springer, London, PP. 333- 356.
9. Mohanty, R. P. (1992). "Project selection by a multiple-criteria decision-making method: An example from a developing country", *International Journal of Project Management*, Vol. 10, No. 1, PP. 31- 38.
10. Martinsuo, M. (2013). "Project portfolio management in practice and in context", *International Journal of Project Management*, Vol. 31, No. 6, PP. 794- 803.
11. Silvius, A. J. and Schipper, R. P. (2014). "Sustainability in project management: A literature review and impact analysis", *Social Business*, Vol. 4, No. 1, PP. 63- 96.
12. Altuntas, S. and Dereli, T. (2015). "A novel approach based on DEMATEL method and patent citation analysis for prioritizing a portfolio of investment projects", *Expert Systems with Applications*, Vol. 42, No. 3, PP. 1003- 1012.
13. Ebrat, M. and Ghodsi, R. (2011). "Risk assessment of construction projects using network based adaptive fuzzy system", *International Journal of Academic Research*, Vol. 3, No. 1.
14. Ebrahimnejad, S., Mousavi, S. M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Hashemi, H. and Vahdani, B. (2012). "A novel two-phase group decision making approach for construction project selection in a fuzzy environment", *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 36, No. 9, PP. 4197- 4217.
15. Abbasianjahromi, H. and Rajaie, H. (2012). "Developing a project portfolio selection model for contractor firms considering the risk factor", *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 18, No. 6, PP. 879- 889.
16. Vahdani, B., Mousavi, S. M., Hashemi, H., Mousakhani, M. and Ebrahimnejad, S. (2014). "A new hybrid model based on least squares support vector machine for project selection problem in construction industry", *Arabian Journal for Science and Engineering*, Vol. 39, No. 5, PP. 4301- 4314.
17. Bezdek, J. C. (2013). *Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms*, Springer Science & Business Media.
18. Celikyilmaz, A. and Turksen, I. B. (2009). "Modeling uncertainty with fuzzy logic", *Studies in Fuzziness and soft Computing*, Vol. 240 , PP. 149-215.
19. Türkşen, I. B. (1999). "Type I and Type II fuzzy system modeling", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 106, No. 1, PP. 11- 34.

20. Mendel, J. M. (2003). "Type-2 fuzzy sets: some questions and answers", *IEEE Connections, Newsletter of the IEEE Neural Networks Society*, Vol. 1, PP. 10-13.
 21. Mendel, J. M., John, R. and Liu, F. (2006). "Interval type-2 fuzzy logic systems made simple", *Fuzzy Systems, IEEE Transactions on*, Vol. 14, No. 6, PP. 808- 821.
 22. Chen, S. M. and Lee, L. W. (2010). "Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the interval type-2 TOPSIS method", *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, No. 4, PP. 2790- 2798.
 23. Chen, T. Y. (2013). "A linear assignment method for multiple-criteria decision analysis with interval type-2 fuzzy sets", *Applied Soft Computing*, Vol. 13, No. 5, PP. 2735- 2748.
 24. Zhang, Z. and Zhang, S. (2013). "A novel approach to multi attribute group decision making based on trapezoidal interval type-2 fuzzy soft sets", *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 37, No. 7, PP. 4948-4971.
 25. Deng, H. (2014). "Comparing and ranking fuzzy numbers using ideal solutions", *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 38, No. 5, PP. 1638- 1646.
 26. Wei, C. C. and Chang, H. W. (2011). "A new approach for selecting portfolio of new product development projects", *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 1, PP. 429-434.
 27. Sari, I. U. and Kahraman, C. (2015). "Interval type-2 fuzzy capital budgeting", *International Journal of Fuzzy Systems*, Vol. 17, No. 4, PP. 635- 646.
 28. Mohagheghi, V., Mousavi, S. M., Vahdani, B. and Shahriari, M. R. (2016). "R&D project evaluation and project portfolio selection by a new interval type-2 fuzzy optimization approach", *Neural Computing and Applications*, Article in press, DOI: 10.1007/s00521-016-2262-3
-