مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (تابستان ۱۳۹۵)
دوره‌ی ۱ - ۳۲، شماره‌ی ۱/۲، ص. ۸۷-۹۶

Original Article

اولویت‌بندی و انتخاب پروژه با استفاده از رویکرد ترکیبی فازی مورا و وزن‌دهی آنتروپی بسط داده شده

رضا شیخ * **(استادیار)**
بهناز عامری‌راد قیصری (دانشجوی کارشناسی ارشد)
دانشکده‌ی مدیریت و صنایع، دانشگاه شاهرود

امروزه انتخاب مؤثر و کارآمد پروژه‌ها در هر سازمانی اهمیتی حیاتی دارد و بیش از هر عامل دیگری در ترسیم آینده‌ی شرکت نقش دارد. همچنین این انتخاب بر فعالیت تمامی واحدهای درون شرکت تأثیر می‌گذارد و نیازمند پیش‌بینی جریانات نقد آتی و توجیه آن از نظر مهندسی است. لذا در محیط‌های تصمیم‌گیری با عدم اطمینان، مدیران به‌دنبال به‌کارگیری شیوه‌یی هستند که در عین سادگی بتواند ضمن رتبه‌بندی گزینه‌ها، مقایسه‌یی نسبت به گزینه‌ی مجازی داشته باشد. در این تحقیق برای ارزیابی ۱۰ پروژه‌ی سرمایه‌گذاری از شیوه‌ی‌فازی مورا استفاده شده که برمبنای ماتریس تصمیم می‌توان رتبه‌بندی پروژه‌ها را براساس چندین معیار با اطلاعات فازی انجام داد.

واژگان کلیدی: انتخاب پروژه، شیوه‌ی فازی مورا، مقیاس‌های کیفی و کلامی، گزینه‌ی مجازی.

resheikh@shahroodut.ac.ir
behnaz.ameri@yahoo.com

۱. مقدمه

امروزه بسیاری از سازمان‌ها و بنگاه‌های اقتصادی به‌منظور باقی ماندن در محیط رقابت جهانی برای مدیریت فعالیت‌ها و پروژه‌های خود به روش‌های پروژه‌محور گرایش پیدا کرده‌اند و روز به روز بر تعداد آن‌ها افزوده می‌شود. در واقع این سازمان‌ها، چشم‌انداز و اهداف بلندمدت خود را در قالب انتخاب درست پروژه‌ها و اجرای کارا و مؤثر آن دنبال می‌کنند. پروژه تلاش موقتی است که برای ایجاد یک محصول، خدمت، یا خروجی منحصر به فرد به خدمت گرفته می‌شود. منظور از تلاش موقت این است که هر پروژه دارای یک پایان قطعی است و چنانچه پروژه به اهداف خود نائل شود یا عدم حصول اهداف محرز شود، اصطلاحاً پروژه به پایان رسیده است.

تلاش موقت به‌معنای دربرگیری بازه‌ی زمانی کوتاه نیست، بلکه در مواردی انجام پروژه سال‌ها به طول می‌انجامد. با این حال، پروژه کوتاه‌مدت باشد یا بلندمدت، مدت زمان اجرای آن محدود است.[۱] همه‌ی سازمان‌ها اعم از دولتی، خصوصی، یا غیرانتفاعی به دلایل زیر اقدام به انجام پروژه می‌کنند:[۲]

۱. حمایت از عملیات خود؛
۲. اهداف استراتژیک؛
۳. پاسخ به یک نیاز؛
۴. حل مشکل؛
۵. توسعه‌ی یک ایده؛
۶. تحقق بخشیدن به فرصت‌های سرمایه‌گذاری.

انتخاب و ارزیابی پروژه شامل تصمیماتی است که سودآوری، رشد و بقای سازمان‌ها را در فضای رقابت جهانی تأمین می‌کند. چنین تصمیم‌گیری‌هایی اغلب پیچیده‌اند و نیازمند شناسایی، بررسی و تجزیه و تحلیل بسیاری از عوامل محسوس یا نامحسوس دخیل در پروژه هستند.[۳] به باور برخی از محققین، فرایند انتخاب پروژه فرایند ارزیابی و تجزیه و تحلیل پروژه‌های مستقل است به‌طوری که بهترین پروژه انتخاب، و اهداف سازمان محقق شود.[۴] باید در نظر داشت که انتخاب پروژه از میان مجموعه‌یی از گزینه‌ها کار دشواری است که تصمیم‌گیرنده[۱] با آن مواجه است.[۱] همچنین درمورد روش‌های انتخاب پروژه محققین بیان می‌دارند[۵] که «هیچ روش مشخصی برای این انتخاب وجود ندارد؛ روش‌ها و شیوه‌های مورد استفاده برحسب مقتضیات و به‌عنوان تکمیل‌کننده‌ی یکدیگر انتخاب و به خدمت گرفته شوند.» از طرفی در انتخاب پروژه باید توجه داشت که نمی‌توان پیش‌بینی قطعی و درستی از جریانات نقد حاصل از آن داشت. لذا انتخاب شیوه و معیارهای سنجش پروژه‌های سرمایه‌گذاری به‌وسیله‌ی مدیران و سرمایه‌گذاران ازجمله مسائل پیچیده‌یی است که تصمیم‌گیری آن در فضای بهینه‌سازی چندمعیاره‌ی فازی صورت می‌پذیرد.

۲. پیشینه‌ی تحقیق

مطالعات صورت‌گرفته پیرامون انتخاب معیار نشان می‌دهد که برای ارزیابی همه‌جانبه‌ی

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۳/۲/۱۰، اصلاحیه ۱۳۹۳/۶/۹، پذیرش ۱۳۹۳/۶/۱۵.

یک پروژه، مدیر باید مشخصه‌های بسیار زیادی را مد نظر قرار دهد. «عدم وجود منابع کافی، افراد، سرمایه و مواد اولیه» برای سرمایه‌گذاری‌های جدید باعث می‌شود تا سازمان اولویت‌های پذیرش پروژه را به سودآورترین پروژه رهنمون سازد.[۶] در ادامه انواع اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی یک پروژه ذکر شده است.[۲] (عوامل جزیی هریک از موارد در شکل ۱ نمایش داده شده است.)

- تولید؛
- بازاریابی؛
- مالی؛
- کارکنان؛
- مدیریتی و سایر عوامل.

در راستای انتخاب و شناسایی معیارهای مؤثر در سرمایه‌گذاری پروژه‌ها مطالعات متعدد دیگری صورت گرفته است.[۷-۹]

از آنجا که فضای تصمیم‌گیری انتخاب پروژه‌ها چندبعدی و مبتنی بر انواعی از شاخص‌ها و معیارهاست، تحقیقات متعددی توسط محققین صورت گرفته است. به‌همین منظور مدلی برای انتخاب پروژه مطرح شد[۴] که در شرایط عدم قطعیت بالا تابع هدف را شبیه‌سازی و سپس پروژه را ارزیابی و انتخاب می‌کند. برخی از محققین

عوامل تولید	عوامل مالی
۱ - مدت زمان آمادگی برای نصب	۱- سودآوری، خالص ارزش فعلی پروژه
۲- طول مدت اخلال در هنگام نصب	۲- تاثیر جریانات نقد
۳- منحنی یادگیری - مدت زمانی که عملکرد به حالت مطلوب خود برسد	۳- دوره بازگشت سرمایه
۴- اثرات هدر رفت و اتلاف	۴- وجه نقد مورد نیاز
۵- انرژی مورد نیاز	۵- مدت زمان تا نقطه سر به سر
۶- تسهیلات وسایر تجهیزات مورد نیاز	۶- حجم سرمایه گذاری مورد نیاز
۷- ایمنی فرایند	۷- تاثیر فصلی و دوره یی نواسانات
۸- دیگر برنامه های کاربردی فن آوری	عوامل مرتبط با کارکنان
۹- تغییر در هزینه ی تولیدی یک قطعه واحد	۱- آموزش مورد نیاز
۱۱- در دسترس بودن مواد اولیه	۲- مهارت لازم برای انجام کار
۱۲- زمان و هزینه مورد نیاز جهت توسعه	۳- در دسترس بودن مهارت های مورد نیاز نیروی کار
۱۳- اثرات تامین کنندگان فعلی	۴- سطح رضایت نیروی کار از وضعیت فعلی
۱۴ - تغییر در کیفیت خروجی	۵- تغییر در اندازه نیروی کار
عوامل بازاریابی	۶- ارتباطات مورد نیاز درون و برون گروهی
۱- حجم بالقوه بازار برای خروجی	۷- تاثیر بر شرایط کار
۲- سهم احتمالی بازار برای خروجی	عوامل مدیریتی و متفرقه
۳- مدت زمانی که سهم بازار به دست می آید	۱- آشنایی با استانداردهای ایمنی دولت
۴- تاثیر بر روی خط تولید فعلی	۲- آشنایی با استانداردهای زیست محیطی
۵- پذیرش مصرف کننده	۳- تاثیر بر سیستم های اطلاعات
۶- تاثیر بر ایمنی مصرف کننده	۴- واکنش سهام داران و بازار اوراق بهادار
۷- عمر برآوردی از خروجی	۵- حفاظت از حق ثبت اختراع و تجارت های مخفی
۸- از کارافتادن احتمالی پروژه	۶- تاثیر در تصویر با مشتریان، تامین کنندگان و رقبا
	۷- درجه ی ادراک ار تکنولوژی جدید
	۸- ظرفیت مدیریتی برای هدایت و کنترل فرایند جدید

شکل ۱. عوامل انتخاب پروژه مردیت و مانتل (۲۰۰۹).

نسبت به پذیرش یا رد پروژه رویکرد مالی داشته و معیارهای کلاسیک همچون دوره‌ی بازگشت سرمایه[۲]، بازده سرمایه‌گذاری[۳] به‌انضمام عوامل تنزیل جریانات نقد مانند خالص ارزش فعلی[۴]، نرخ بازده داخلی[۵] را برای انتخاب پروژه در نظر گرفتند.[۱۰] عده‌یی دیگر نیز برای انتخاب پروژه از فرایند تحلیل شبکه (ANP)[۶] استفاده کرده‌اند[۱۱] به‌طوری که با استفاده از آنالیز «سود، فرصت، هزینه، خطر[۷]» (BOCR) و در نظرگرفتن استراتژی سازمان پروژه مناسب را بررسی و انتخاب کردند. آنان با هدف توسعه و بسط اطلاعات کمی در انتخاب پروژه،[۱۲] مدل تصمیم‌گیری گروهی چندمعیاره[۸] را ارائه کرده‌اند. مطالعه‌یی تحت عنوان «تعادلی میان روش‌های کمی و کیفی» منتشر شده[۱۳] که به تقسیم‌بندی شیوه‌ها در سه دسته‌ی مالی، استراتژیک و متغیرها منجر شد.

از جمله تحقیقات داخلی می‌توان به «انتخاب پروژه براساس تخصیص بهینه‌ی منابع با رویکرد ترکیبی فرایند تحلیل شبکه و برنامه‌ریزی آرمانی»[۱۴] و «طبقه‌بندی پروژه‌ی عمومی براساس رضایت شهروندان با استفاده از مجموعه نظرات راف[۹]»[۱۵] اشاره کرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تاکنون انتخاب پروژه با رویکرد فازی مورا انجام نشده است؛ لذا سؤالات اساسی این تحقیق این است که:

۱. اصلی‌ترین معیارهای مالی ـ فازی انتخاب پروژه چیست؟

۲. چگونه می‌توان به‌وسیله‌ی شیوه‌ی فازی مورا انتخاب پروژه‌ها را اولویت‌بندی کرد؟

۳. پروژه‌ی مطلوب از نظر مدیر تا چه میزان با گزینه‌ی ایده‌آل تطابق دارد؟

۳. معیارهای مالی ـ فازی مؤثر در انتخاب پروژه

نظریه‌ی فازی در فضای عدم اطمینان برای تصمیم‌گیری‌های اقتصادی اولین‌بار در سال ۱۹۶۵ و برای مقابله با ابهامات معرفی شد.[۱۶] مسئله‌ی انتخاب گزینه‌ی مناسب از میان گزینه‌های مختلف در تحلیل‌های سرمایه‌یی بسیار با اهمیت تلقی می‌شود، و نظریه‌ی فازی به‌صورت مبسوط به حل این مشکل پرداخته است. در سال ۱۹۸۵ ضمن معرفی جریانات نقد ذوزنقه‌یی، ارزش فعلی آن‌ها به‌صورت فازی تحلیل شد.[۱۷] سپس در سال ۱۹۸۷ نظریه‌ی بودجه‌بندی سرمایه‌یی فازی به ریاضیات مالی افزوده شد.[۱۸] در سال ۱۹۸۸ محققین با استفاده از نرخ تنزیل فازی[۱۹] به‌روشی متفاوت دست به انتخاب گزینه‌های متفاوت سرمایه‌گذاری زدند. در سال ۲۰۰۱ مسئله‌ی برنامه‌ریزی ارزش فعلی خالص در فضای فازی به‌صورت نمایی صفر و ۱ بیان شد.[۲۰] در سال ۲۰۰۲ فرمول‌هایی برای تحلیل ارزش فعلی خالص فازی، ارزش سالانه‌ی یکنواخت معادل فازی، ارزش نهایی فازی، نسبت سود به هزینه‌ی فازی[۱۰]، و دوره‌ی بازگشت سرمایه‌ی فازی[۱۱] در بودجه‌بندی سرمایه مورد بررسی قرار گرفت.[۲۱] برای مرتب‌سازی و مقایسه‌ی اعداد مستقل و وابسته‌ی فازی نیز شیوه‌یی در سال ۲۰۰۸ ارائه شد.[۲۲] همچنین همبستگی جزیی این اعداد بررسی شد.

در سال ۲۰۱۰ پژوهشگران داخلی پروژه‌های اقتصادی را با استفاده از شیوه‌ی ارزش فعلی خالص تحت شرایط فازی مقایسه کردند؛ از آنجا که پیش‌بینی قطعی و دقیق نرخ مالیات و تورم با ابهاماتی همراه بوده است، آنان از رویکرد فازی مثلثی بهره جستند.[۲۳] در سال ۲۰۱۲ نیز بودجه‌بندی مخارج سرمایه‌یی با متغیرهای فازی و جریان‌های نقدینگی خالص مطالعه شد.[۲۴]

همانطور که مشاهده می‌شود ملاحظات مالی یکی از اجزای مهم در انتخاب پروژه بوده است چرا که در تمامی سازمان‌ها محدودیت‌هایی درمورد سرمایه‌گذاری منابع مالی و میزان درگیرکردن سرمایه‌ی اولیه وجود دارد. همچنین برآورد دقیق و

جدول ۱. معیارهای مطلوب یا نامطلوب.

معیارها	معیار	معیار مطلوب	معیار نامطلوب
$C_1^{(+)}$	نسبت سود به هزینه‌ی فازی	*	
$C_2^{(-)}$	دوره بازگشت سرمایه‌ی فازی		*
$C_3^{(+)}$	نرخ بازده داخلی فازی	*	
$C_4^{(-)}$	ریسک پروژه		*

قطعی هرکدام از معیارها با دشواری خاصی همراه است. لذا در این تحقیق نیز معیارها براساس ملاحظات مالی و به‌صورت فازی به کار گرفته شده تا یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های مدیران را برطرف سازد. با توجه به پیشینه‌ی تحقیق و استناد به نظرات متخصصین این فن، نسبت سود به هزینه‌ی فازی، نرخ بازده داخلی فازی[۱۲] (نرخ بازگشت سرمایه)، دوره‌ی بازگشت سرمایه‌ی فازی و ریسک پروژه[۱۳] به‌عنوان مهم‌ترین معیارهای مالی انتخاب شده‌اند. این معیارها در جدول ۱ مشخص شده‌است.

۱.۳. نسبت سود به هزینه‌ی فازی (FB/C)

$$BCR = \frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{CF}{(1+r)^t}}{ICO} \qquad (1)$$

در این رابطه، CF نشان‌گر جریانات نقدی برای دوره‌ی t، r نرخ بهره، ICO هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اولیه، B سود حاصل از پروژه و C هزینه‌ی صرف‌شده است.

برخی از محققین بر این باورند که دولت چنانچه بخواهد در بازار مداخله کند برای محاسبه‌ی میزان مطلوبیتی که تحت این شرایط ایجاد می‌شود، از تحلیل نسبت سود به هزینه استفاده می‌کند.[۲۵] هر آنچه که پرداخت آن برای افراد منفعت به همراه داشته باشد سود، و هر آنچه که افراد از پرداخت آن اجتناب کنند، هزینه تلقی می‌شود. این نسبت از تقسیم ارزش فعلی جریان‌های نقدی آینده به هزینه سرمایه‌گذاری اولیه به دست می‌آید.

پروژه در صورتی با این شاخص قابل قبول خواهد بود که نسبت B/C آن بزرگ‌تر از ۱ باشد ($B/C > 1$) در غیر این‌صورت ($B/C < 1$) پروژه رد می‌شود. اگر نسبت B/C دقیقاً برابر ۱ شود ($B/C = 1$) انتخاب یا رد پروژه برای تصمیم‌گیرندگان بی‌تفاوت خواهد بود.[۲۶]

چنان که از معادله ۱ استنباط می‌شود، محاسبه‌ی این نسبت وابسته به نرخ تنزیلی است که با توجه به شرایط خارجی تعیین می‌شود. چنانچه مدیر بخواهد از این معیار استفاده کند باید بتواند مقدار دقیق آن را برآورد کند که این کار با مشکلاتی همراه است. به‌همین علت در این تحقیق ازکلمه‌ی «فازی» استفاده شده است؛ بدین معنا که مقادیر دقیق و قطعی نیست، بلکه این نسبت‌ها فازی و بین بازه‌یی‌هستند. محدوده‌ی هرکدام از این نسبت‌ها با استفاده از جدول ۲ مقیاس ۱۱ نقطه‌یی تعریف شده است.

۲.۳. نرخ بازده داخلی فازی FIRR

اگر نرخ خاصی، ارزش فعلی جریان‌های آینده را مساوی سرمایه‌گذاری اولیه کند، آن نرخ را نرخ بازده داخلی یا (نرخ بازگشت سرمایه) IRR می‌گویند. بنابراین ریشه‌ی معادله‌ی ۲ برابر با نرخ بازده داخلی خواهد بود.

$$\mathrm{NPV} = \sum_{t=1}^{n} \frac{CIF}{(1+r)^t} - ICO = 0 \rightarrow r = \mathrm{IRR} \qquad (2)$$

پس از محاسبه‌ی این نرخ، مدیریت می‌تواند آن را با نرخ‌های بازده داخلی سایر پروژه‌های سرمایه‌گذاری مقایسه و تصمیم‌گیری کند. در برخی موارد، کم‌ترین نرخ بازده داخلی تعیین، و پروژه‌هایی که نرخ بازده‌شان کم‌تر از آن باشد رد می‌شود.[۲۷]

ارزش فعلی جریانات نقد وابسته به نرخ بهره است و همان‌طور که در معادله‌ی ۲ مشخص است محاسبه‌ی نرخ بازده داخلی به‌صورت صریح و دقیق، به‌خصوص برای پروژه‌هایی که دارای چندین نرخ بازده داخلی هستند، با پیچیدگی‌های خاصی روبه‌روست. لذا معیار برای هرکدام از پروژه‌ها با استفاده از بازه‌های تعریف شده در مقیاس ۵ نقطه‌یی جدول ۳ بیان شده است.

۳.۳. دوره بازگشت سرمایه‌ی فازی (FPP)

منظور از دوره بازگشت سرمایه تعیین مدت زمانی است که بدون توجه به ارزش زمانی پول و یا نرخ تنزیل معینی؛ سرمایه‌گذاری اولیه برگردانده می‌شود. برای برآورد این مدت زمان، چنانچه جریان‌های ورودی سالیانه یک پروژه در سال‌های آتی مساوی باشد با تقسیم کردن سرمایه‌گذاری اولیه که یک جریان نقدی خروجی است، به یک قسط ورودی سالیانه، دوره بازگشت به دست می‌آید:[۲۶]

$$PP = \frac{\text{مخارج اولیه‌ی پروژه}}{\text{جریان نقدی‌های سالیانه}} \qquad (3)$$

دوره بازگشت سرمایه‌ی محاسبه شده با دوره بازگشت مورد قبول مدیریت برای این قبیل پروژه‌ها مقایسه می‌شود. طرح‌هایی ارجحیت خواهند داشت که سرمایه‌گذاری اولیه‌شان را سریع‌تر برگشت دهند.[۲۸] برخی از مدیران بر این باورند که دوره بازگشت سرمایه، معیاری برای سنجش ریسک نیز محسوب می‌شود، زیرا وجوهی که در آینده‌یی نزدیک تحصیل شود، مطمئن‌تر از وجوهی است که انتظار می‌رود در سال‌های دورتر به دست آید.[۲۷]

محاسبه‌ی این معیار همانند معیارهای پیشین با دشواری‌های خاصی مواجه است، بدان علت که حوادث پیش روی پروژه با عدم اطمینان گمانه‌زنی می‌شود. لذا برای سهولت این امر از بازه‌های یک‌ساله مطابق جدول ۳ استفاده شده است.

۴.۳. ریسک پروژه

مدیریت ریسک پروژه یکی از حوزه‌های مهم مدیریت پروژه است. برخی محققین مدیریت پروژه را معادل مدیریت ریسک پروژه تعریف کرده‌اند. از این رو ابتدا به تعاریف زیر پرداخته می‌شود:

میزان اختلاف بازده واقعی یک سرمایه‌گذاری و بازده مورد انتظار آن را «ریسک» می‌نامند، در حالی که «ریسک پروژه» احتمال وقوع هر چیزی است که بر اهداف معینی تأثیرگذار باشد. این احتمال شامل سود یا زیان ناشی از رسیدن یا عدم رسیدن به نتیجه‌ی مورد انتظار و برنامه‌ریزی شده است. ارزیابی ریسک بدان معناست که برای پروژه‌ی مورد نظر چه میزان ریسک قابل قبول است.[۲۹]

شواهد حاکی از آن است که یک پروژه ممکن است با ریسک‌های متعدد مواجه شود. لذا مدیریت باید به دنبال کمینه‌سازی ریسک پیش روی هر پروژه باشد؛ این مهم جز به ارزیابی و توجه همه‌جانبه‌ی مدیر میسر نمی‌شود.

جدول ۲. تبدیل مقیاس ۱۱ نقطه‌یی اصطلاحات زبانی به اعداد قطعی، توابع تخصیص داده شده، مقادیر سمت چپ و راست هر عدد فازی.

اندازه‌ی کمی مقادیر منتخب	اعداد فازی	اختصاص اعداد قطعی $\mu_T(M_i)$	توابع تخصیص داده شده به اعداد فازی	$\mu_L(M_i)$	$\mu_R(M_i)$
فوق‌العاده کم	M_1	۰٫۰۴۵۵	$M_1(x)=\begin{cases}1, & x=0\\ (0.1-x)/0.1, & 0\le x\le 0.1\end{cases}$	۱٫۰۰۰۰	۰٫۰۹۰۹
به شدت کم	M_2	۰٫۱۳۶۴	$M_2(x)=\begin{cases}(x-0)/0.1, & 0\le x\le 0.1\\ (0.2-x)/0.1, & 0.1\le x\le 0.2\end{cases}$	۰٫۹۰۹۱	۰٫۱۸۱۸
خیلی کم	M_3	۰٫۲۲۷۳	$M_3(x)=\begin{cases}(x-0.1)/0.1, & 0.1\le x\le 0.2\\ (0.3-x)/0.1, & 0.2\le x\le 0.3\end{cases}$	۰٫۸۱۸۲	۰٫۲۷۲۷
کم	M_4	۰٫۳۱۸۲	$M_4(x)=\begin{cases}(x-0.2)/0.1, & 0.2\le x\le 0.3\\ (0.4-x)/0.1, & 0.3\le x\le 0.4\end{cases}$	۰٫۷۲۷۳	۰٫۳۶۳۶
زیر متوسط	M_5	۰٫۴۰۹۱	$M_5(x)=\begin{cases}(x-0.3)/0.1, & 0.3\le x\le 0.4\\ (0.5-x)/0.1, & 0.4\le x\le 0.5\end{cases}$	۰٫۶۳۶۴	۰٫۴۵۴۵
متوسط	M_6	۰٫۵۰۰۰	$M_6(x)=\begin{cases}(x-0.4)/0.1, & 0.4\le x\le 0.5\\ (0.6-x)/0.1, & 0.5\le x\le 0.6\end{cases}$	۰٫۵۴۵۵	۰٫۵۴۵۵
بالای متوسط	M_7	۰٫۵۹۰۹	$M_7(x)=\begin{cases}(x-0.5)/0.1, & 0.5\le x\le 0.6\\ (0.7-x)/0.1, & 0.6\le x\le 0.7\end{cases}$	۰٫۴۵۴۵	۰٫۶۳۶۴
زیاد	M_8	۰٫۶۸۱۸	$M_8(x)=\begin{cases}(x-0.6)/0.1, & 0.6\le x\le 0.7\\ (0.8-x)/0.1, & 0.7\le x\le 0.8\end{cases}$	۰٫۳۶۳۶	۰٫۷۲۷۳
خیلی زیاد	M_9	۰٫۷۷۲۷	$M_9(x)=\begin{cases}(x-0.7)/0.1, & 0.7\le x\le 0.8\\ (0.9-x)/0.1, & 0.8\le x\le 0.9\end{cases}$	۰٫۲۷۲۷	۰٫۸۱۸۲
به شدت زیاد	M_{10}	۰٫۸۶۳۶	$M_{10}(x)=\begin{cases}(x-0.8)/0.1, & 0.8\le x\le 0.9\\ (1-x)/0.1, & 0.9\le x\le 1\end{cases}$	۰٫۱۸۱۸	۰٫۹۰۹۱
فوق‌العاده زیاد	M_{11}	۰٫۹۵۴۵	$M_{11}(x)=\begin{cases}(x-0.9)/0.1, & 0.9\le x\le 1\\ 1, & x=1\end{cases}$	۰٫۰۹۰۹	۱٫۰۰۰۰

جدول ۳. تبدیل مقیاس ۵ نقطه‌یی اصطلاحات زبانی به اعداد قطعی، مقادیر سمت چپ و راست هر عدد فازی.

اندازه کمی مقادیر منتخب	اعداد فازی	اختصاص اعداد قطعی $\mu_T(M_i)$	$\mu_L(M_i)$	$\mu_R(M_i)$
خیلی کم	M_1	۰٫۱۱۵	۱٫۰	۰٫۲۳
کم	M_2	۰٫۲۹۵	۰٫۷۹	۰٫۳۹
متوسط	M_3	۰٫۴۹۵	۰٫۵۹	۰٫۵۸
زیاد	M_4	۰٫۶۹۵	۰٫۳۹	۰٫۷۹
خیلی زیاد	M_5	۰٫۸۹۵	۰٫۲۳	۱٫۰

در این مطالعه سعی شده تا گروهی از خبرگان ریسک پروژه‌های در دسترس را با استناد به پروژه‌های پیشین ارزیابی و با توجه با اصطلاحات کلامی ـ زبانی به توصیف آن بپردازند.

۴. بهینه‌سازی چندمنظوره براساس تحلیل نسبت (مورا)[۱۴]

براساس نظر هربرت سایمون در دنیای تک‌هدفه و تک‌معیاره از عقلانیت محض استفاده می‌شود. اما در دنیای واقعی هیچ‌یک ازگزینه‌های موجود تمام اهداف را تأمین نمی‌کند. با توجه به تنوع معیارها در تصمیم‌گیری‌های واقعی، نیازمند روشی منطبق با عقلانیت توأم با احساس بوده که بتواند یک تصمیم «رضایت‌بخش» را به جای یک «پاسخ بهینه» ارائه دهد. معرفی روش تصمیم‌گیری چندهدفه (MODM)[۱۵]

در این زمینه می‌تواند به فرایند انتخاب و تصمیم‌گیری کمک کند. منطق این رویکرد ارائه‌ی یک راه حل بهینه و انتخاب از مجموعه‌ی گزینه‌های در دسترس با توجه به اهداف متنوع است.

برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندهدفه نیز الگوریتمی ارائه شد[۳۰] مبتنی بر: ۱. انتخاب مشکل (انتخاب بهترین گزینه)؛ ۲. طبقه‌بندی مشکل (طبقه‌بندی گزینه‌ها به گروه‌های نسبتاً همگن)؛ ۳. رتبه‌بندی مشکل (رتبه‌بندی گزینه‌ها از بهترین به بدترین)؛ ۴. توصیف مشکل (توصیف گزینه‌ها از نظر مشخصه و ویژگی‌های آنها). برخی از محققین سه دسته‌ی گسترده از روش‌های تصمیم‌گیری چندهدفه تعریف کردند:[۳۱-۳۳] ۱. مدل‌های اندازه‌گیری مقدار؛ ۲. مدل‌های هدف، آرمان، و سطح مرجع؛ ۳. مدل‌های برتر. هرکدام از مدل‌های معرفی شده براساس مفروضات مسئله دارای مزایا و معایب خاص خود است که در این مطالعه روش مورا بسط داده می‌شود.

روش مورا، اولین‌بار در سال ۲۰۰۶[۳۴] و براساس تحقیقات پیشین[۳۵] ارائه شد. مورا همانند دیگر شیوه‌های بهینه‌سازی چندمنظوره کاربرد مؤثری در حل مسائل مختلف در زمینه‌ی تصمیم‌گیری‌های پیچیده دارد. این روش اخیراً در زمینه‌های مختلف علمی همانند رتبه‌بندی سیستم هوشمند تولید،[۳۶] اولویت‌بندی فنّاوری‌های تولید برق سازگار با محیط زیست،[۳۷] انتخاب مواد تولید با این رویکرد،[۳۸] ...، به کار گرفته شده است. نقطه‌ی شروع مورا[۳۴،۳۵و۳۹-۴۱] ماتریس تصمیمی است که عملکرد گزینه‌های متفاوت را با توجه به معیار متنوع بررسی می‌کند.

گام ۱. مشخص کردن گزینه‌ها و معیارهای ارزیابی شده‌ی مرتبط.

گام ۲. تشکیل ماتریس تصمیم برای نمایش متغیرها: در این ماتریس تمامی اطلاعات مورد نیاز راجع به معیارها در ماتریس تصمیم نشان داده شود. اطلاعات داده شده در معادله‌ی ۴ به‌صورت ماتریس $X_{m\times n}$ نمایش داده شده است که در آن عناصر x_{ij} اندازه‌ی عملکرد iامین گزینه روی jامین معیار است (m تعداد گزینه‌ها و n تعداد معیارهاست). ماتریس تصمیم بیان شده باید نرمالیزه شود تا تمامی درایه‌های آن بدون بعد و قابل مقایسه شوند. برای نرمالیزه ساختن این ماتریس از سیستم نسبت استفاده می‌شود به‌گونه‌یی که عملکرد یک گزینه روی یک معیار با مخرج کسری مقایسه می‌شود که کننده‌یی برای تمام گزینه‌های مربوط به آن معیار باشد. بسط اولیه‌ی ماتریس تصمیم X عبارت است از:

$$X=[x_{ij}]_{m\times n}=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n}\\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n}\\ \dots & \dots & \dots & \dots\\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn}\end{bmatrix} \qquad (۴)$$

در جدول ۴ اطلاعات مربوط به گزینه‌ها $A_i(i=1,2,\dots,m)$، معیارها $B_j(j=1,2,\dots,n)$، وزن هر معیار $w_j(j=1,2,\dots,n)$، و میزان عملکرد هر گزینه $x_{ij}(i=1,2,\dots,m;j=1,2,\dots,n)$ ثبت شده است. با ارائه‌ی اطلاعات در جدول تصمیم و اتخاذ روش تصمیم‌گیری، وظیفه‌ی تصمیم‌گیرنده عبارت خواهد بود از طبقه‌بندی و انتخاب بهترین گزینه از میان گزینه‌های موجود.

ماهیت معیارها در تصمیم‌گیری چندهدفه ممکن است هم‌راستا یا متناقض باشد. لذا تصمیم‌گیرنده در فضای واقعی با دو نوع معیار مواجه می‌شود:

الف) معیار مطلوب؛ به این معنا که بیشینه‌کردن مقدار آنها مطلوب است؛

ب) معیار نامطلوب؛ به این معنا که کمینه‌کردن مقدار آن‌ها مطلوب است.

در روش مورا هر دو معیار مطلوب و نامطلوب به‌طور همزمان در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۴. ماتریس تصمیم چندمعیاره.

گزینه‌ها	معیارها				
	B_1	B_2	B_3	...	B_n
	(w_1)	(w_2)	(w_3)	(...)	(w_n)
A_1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	...	x_{1n}
A_2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	...	x_{2n}
A_3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	...	x_{3n}
...	...	...	...	...	...
A_m	x_{m1}	x_{m2}	x_{m3}	...	x_{mn}

گام ۳. نرمال‌سازی ماتریس تصمیم: ماتریس تصمیم فارغ از نوع معیار ــ مطلوب یا نامطلوب ــ باید به‌هنجار شود، به‌طوری که در آن x_{ij} عددی بدون بعد متعلق به بازه [۱ ,۰] وکننده‌ی عملکرد iامین گزینه و jامین معیار است. برای مخرج این کسر، بهترین حالت ریشه‌ی دوم مجموع متناهی از توان دوم‌های هر گزینه به هر معیار است. این نسبت را می‌توان چنین نمایش داد:

$$x^*_{ij}=\frac{x_{ij}}{\left[\sum_{i=1}^{m}x_{ij}^2\right]^{1/2}} \qquad [j=1,2,3,\dots,n] \qquad (۵)$$

گام ۴. محاسبه‌ی تابع هدف: برای بهینه‌سازی چندهدفه در حالت بیشینه، معیارهای مطلوب با هم جمع می‌شوند و برای حالت کمینه، معیارهای نامطلوب تفریق می‌شود. بنابراین مسئله‌ی بهینه‌سازی عبارت خواهد بود از:

$$y_i=\sum_{j=1}^{g}x^*_{ij}-\sum_{j=g+1}^{n}x^*_{ij} \qquad (۶)$$

که در آن g تعداد معیارهایی است که باید بیشینه شود؛ $n-g$ تعداد معیارهایی است که باید کمینه شود؛ y_i ارزش ارزیابی شده نرمال iامین انتخاب با احتساب تمامی معیارهاست. در برخی موارد دیده می‌شود که معیارهایی در قیاس با دیگر معیارها اهمیت بیشتری دارند. بنابراین برای آن که بتوان این اهمیت را برای برخی از معیارها قائل شد، می‌توان وزن متناسب با هر معیار ــ یعنی ضریب اهمیت[۱۶] ــ را در آن ضرب کرد.[۴۲] زمانی که وزن هر خصیصه را در نظر بگیرید، معادله‌ی ۶ تبدیل می‌شود به:

$$y_i=\sum_{j=1}^{g}w_jx^*_{ij}-\sum_{j=g+1}^{n}w_jx^*_{ij} \qquad [j=1,2,3,\dots,n] \qquad (۷)$$

w_j وزن jامین معیار است که در ادامه نحوه‌ی محاسبه‌ی آن تشریح می‌شود.

گام ۵. مشخص کردن اولویت‌بندی نهایی: y_i ممکن است بسته به کل مقادیر بیشینه (معیارهای مطلوب) و کل مقادیر کمینه (معیارهای نامطلوب) در ماتریس تصمیم، مثبت یا منفی باشد. هنگامی که y_i به‌صورت نزولی مرتب شود اولویت‌بندی نهایی مشخص می‌شود. بنابراین بهترین گزینه بیشترین مقدار y_i را دارد، در حالی که بدترین گزینه ازکم‌ترین مقدار y_i برخوردار است. ارزیابی و رتبه‌بندی براساس مقیاس تبدیل فازی با استفاده از مجموعه نظریه‌های فازی در این مطالعه ارائه شده است.

گام ۶. تعریف یک گزینه‌ی مجازی: این گزینه به‌صورت ایده‌آل‌ترین و مطلوب‌ترین حالت تعریف می‌شود. به‌طوری که معیارهای مطلوبش بیشترین مقدار و معیارهای نامطلوبش کم‌ترین مقدار را اتخاذ می‌کنند.

گام ۷. تعیین فاصله‌ی هرگزینه با گزینه‌ی مجازی: با توجه به مفروضات قبل گزینه‌ی

مجازی بیشترین مقدار را دارد. در این صورت مقدار آن به‌صورت $y_{\max}$ تعریف می‌شود و سپس با توجه به معادله‌ی ۸ و تعیین مقدار k، فاصله‌ی نسبی هر گزینه با حالت ایده‌آل سنجیده می‌شود.

$$k_i = \frac{y_i - y_{min}}{y_{max} - y_{min}} \times ۱۰۰ \qquad [j = ۱, ۲, ۳, ..., n] \qquad (۸)$$

y_{min} گزینه‌یی است که کم‌ترین مقدار y_i را به خود اختصاص داده است. به بیان ساده‌تر نامطلوب‌ترین گزینه از میان گزینه‌های موجود را با این نماد نمایش می‌دهند.

۵. وزن‌دهی معیارها براساس روش توسعه‌یافته‌ی آنتروپی

مطابق گام ۴، چنانچه معیارهای مورد بررسی از اهمیت نسبی ویژه‌یی نسبت به یکدیگر برخوردار باشند، باید وزن معیارها شناسایی شود. تصمیم‌گیرندگان برای وزن‌دهی معیارها می‌توانند براساس نوع مسئله از سه روش پیشنهادی استفاده کنند.

۱.۵. براساس ماتریس تصمیم و مشخصه‌ی گزینه‌های مختلف

در این حالت تصمیم‌گیرنده با توجه به ماتریس تصمیم و مشخصه‌ی گزینه‌های مختلف، با شیوه‌های متفاوت نظیر تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)[۱۷]، تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، روش آنتروپی[۱۸] و... به محاسبه‌ی وزن‌ها می‌پردازد. برای محاسبه‌ی وزن‌ها باید در نظر داشت که $\sum_{j=۱}^{m} w_j = ۱$. با توجه به این مهم که آنتروپی با استفاده از ماتریس تصمیم به محاسبه‌ی اوزان می‌پردازد، در این پژوهش از این روش استفاده شده است.

۲.۵. براساس ترجیحات ذهنی معیارها

در این حالت تصمیم‌گیرنده دقیقاً می‌داند چه وزنی را به معیارها اختصاص دهد؛ این شناخت یا حاصل شواهد و اطلاعات پیرامون مسئله است یا اعمال نظر شخص تصمیم‌گیرنده است.

۳.۵. براساس ترکیبی از ۱ و ۲، که آن را «تخصیص یکپارچه‌ی اوزان» می‌نامند

این حالت به دو بخش تفکیک می‌شود:

الف) زمانی که تصمیم‌گیرنده از درجه‌ی اهمیت معیارها دقیقاً مطلع است و تمایل دارد که آن‌ها را به شیوه‌ی خاصی اعمال کند. در این صورت w_j^O و w_j^S به‌ترتیب وزن عینی (علمی) و وزن ذهنی برای jامین معیار است و w_j^I چنین تعریف می‌شود:

$$w_j^I = W^O w_j^O + W^S w_j^S \qquad (۹)$$

$$W^O + W^S = ۱ \qquad (۱۰)$$

که در آن W^O و W^S به‌ترتیب تخصیص وزن‌های عینی و ذهنی به معیارهاست، به این صورت که تصمیم‌گیرنده می‌خواهد برای jامین معیار نسبت مد نظرش را و هر آنچه که از محاسبات به دست می‌آید اعمال کند. به‌طور مثال $(W^O, W^S) = (۰/۲, ۰/۸)$ به این معناست که تصمیم‌گیرنده تمایل دارد وزنی را که خودش تخصیص داده با ضریبی معادل ۰/۸، و وزنی را که از روش فرموله به دست می‌آید با ضریبی معادل ۰/۲ اعمال کند. همچنین w_j^S تخصیصی است که فرد تصمیم‌گیرنده به‌علت مقایسه به معیارها اختصاص داده است، در حالی که برای محاسبه‌ی w_j^O از روش آنتروپی استفاده شده است.

ب) زمانی که تصمیم‌گیرنده از درجه اهمیت معیارها مطلع نباشد، برای وزن‌دهی از رابطه‌ی ۱۱ استفاده می‌کند. w_j^O و w_j^S به‌ترتیب وزن عینی (علمی) و وزن ذهنی برای jامین معیار است و $w_j^{I^*}$ چنین تعریف می‌شود:

$$w_j^{I^*} = \frac{w_j^O * w_j^S}{\sum_{k=۱}^{m} w_k^O * w_k^S} \qquad (۱۱)$$

w_j^S تخصیصی است که فرد تصمیم‌گیرنده به‌علت مقایسه به معیارها اختصاص داده است، در حالی که برای محاسبه‌ی w_j^O از روش آنتروپی استفاده شده است.

در این مقاله برای وزن‌دهی معیارها فرض شده است که تصمیم‌گیرنده اطلاعات کاملی درمورد اهمیت معیارها ندارد و براساس معادله‌ی ۱۱ میزان وزن معیارها محاسبه می‌شود.

۶. بسط مقیاس امتیازدهی ۱۱ نقطه‌یی فازی

یکی از روش‌های امتیازدهی معیارها استفاده از رویکرد مقیاس امتیازدهی ۱۱ نقطه‌یی فازی است. این روش به‌عنوان اصلاحی به رویکرد رتبه‌بندی فازی پیشین[۲۳] ارائه شد. تابع فازی نمره‌ی اختصاص داده شده به متغیرهای کلامی همانند M چنین محاسبه می‌شود:

$$\mu_{\max}(x) = \begin{cases} x, & ۰ \le x \le ۱ \\ ۰, & otherwise \end{cases} \qquad (۱۲)$$

$$\mu_{\min}(x) = \begin{cases} ۱ - x, & ۰ \le x \le ۱ \\ ۰, & otherwise \end{cases} \qquad (۱۳)$$

حداکثر و حداقل اعداد فازی به شیوه‌یی تعریف می‌شود که مکان مطلق اعداد فازی به‌طور خودکار در موارد مقایسه‌یی بین فاصله گنجانده شود. مقدار عددی سمت چپ هر عدد فازی M_i مطابق رابطه‌ی ۱۴ محاسبه می‌شود:

$$\mu_L(M_i) = Sup_X\left[\mu_{min}(x) \wedge \mu_{M_۱}(x)\right] \qquad (۱۴)$$

$\mu_L(M_i)$ عددی منحصر به فرد و واقعی بین بازه $(۰, ۱)$ است که بیشینه مقدار محل تقاطع عدد فازی M_i و عدد فازی کمینه است. به‌طور مشابه مقدار عددی سمت راست چنین محاسبه می‌شود:

$$\mu_R(M_i) = Sup_X\left[\mu_{max}(x) \wedge \mu_{M_i}(x)\right] \qquad (۱۵)$$

$\mu_R(M_i)$ نیز عددی منحصر به فرد و واقعی بین بازه $(۰, ۱)$ است. با در اختیار داشتن مقدار سمت چپ و سمت راست هر عدد فازی M_i مقدار مفروض عبارت است از:

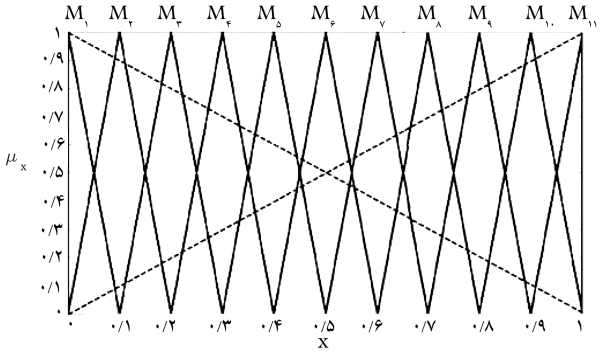
$$\mu_T(M_i) = \frac{\mu_R(M_i) + ۱ - \mu_L(M_i)}{۲} \qquad (۱۶)$$

این مقادیر برای عدد فازی M_i عبارت خواهد بود از:

$$\mu_L(M_i) = Sup_X\left[\mu_{min}(x) \wedge \mu_{M_۱}(x)\right] = ۰/۰۹۰۹ \qquad (۱۷)$$

$$\mu_R(M_i) = Sup_X\left[\mu_{max}(x) \wedge \mu_{M_۱}(x)\right] = ۱ \qquad (۱۸)$$

$$\mu_T(M_i) = \frac{\mu_R(M_i) + ۱ - \mu_L(M_i)}{۲} = ۰/۰۴۵۵ \qquad (۱۹)$$



شکل ۲. تبدیل اصطلاحات زبانی به اعداد فازی (مقیاس ۱۱ نقطه‌یی).

در شکل ۲ و جدول ۲ تبدیل مقیاس ۱۱ نقطه‌یی اصطلاحات زبانی به اعداد قطعی، توابع تخصیص داده شده، و نیز مقادیر محاسبه شده‌ی سمت چپ و راست هر عدد فازی نشان داده می‌شود.

نرخ بازده داخلی نیازمند تبدیل مقیاس ۵ نقطه‌یی اصطلاحات زبانی به اعداد قطعی است که در جدول ۳ آورده شده است.

۷. مطالعه‌ی موردی

مدیر شرکت آلفا در نظر دارد با توجه به توان مالی و شرایط فعلی خود برای پذیرش ریسک، دست به انتخاب بهترین پروژه از میان ۱۰ پروژه‌ی مختلف بزند. در این میان چنان‌که پیش‌تر بیان شد با توجه و صلاح‌دید مدیر و جمعی از خبرگان معیارهای شاخص سودآوری فازی، نرخ بازده داخلی فازی، دوره بازگشت سرمایه و ریسک پروژه برای ارزیابی این گزینش در نظرگرفته شد که نهایتاً مدیر تمامی گزینه‌ها را با یک گزینه‌ی مجازی کاملاً مطلوب (P_{11}) مقایسه می‌کند و میزان مطلوبیت هرگزینه را با این حالت می‌سنجد. برای حل این مشکل، مدیر با توجه به گام‌های فازی مورا اقدام به طبقه‌بندی پروژه‌ها می‌کند. با توجه به گام ۱ و ۲ ماتریس تصمیم این مسئله مطابق جدول ۵ نشان داده شده است که در آن ۱۰ گزینه‌ی پیش روی مدیر برای انتخاب پروژه به همراه یک گزینه‌ی مجازی در سطر آخر مشاهده می‌شود. معیارها نیز مطابق جدول ۱ مشخص شده‌اند.

سپس مطابق جدول ۲ اصطلاحات زبانی ارائه‌شده برای ریسک پروژه و بازه‌ی تعریف‌شده برای شاخص سودآوری تبدیل به اعداد قطعی متناظرش شده است. همچنین با استفاده از جدول ۳ بازه‌های تعیین شده برای دوره‌ی بازگشت سرمایه و نرخ داخلی بازه به اعداد دقیق بازگردانده شده‌است (جدول ۶). همچنین دو سطر آخر جدول مذکور به‌منظور محاسبه‌ی ماتریس به‌هنجار بسط داده شده است.

مطابق گام ۳ که فرایند نرمال‌سازی ماتریس تصمیم در آن رخ می‌دهد، تمام درایه‌ها در ضریب مربوط به آن ستون ضرب می‌شود (جدول ۷).

برای تخصیص وزن به معیارها ابتدا به روش آنتروپی عمل می‌شود. وزن هریک از معیارها چنین مشخص شده است:

$$w_j^O = \left\{ w_1^O, w_2^O, w_3^O, w_4^O \right\} = \{۰/۳۲۲۴, ۰/۱۹۶۰, ۰/۲۸۸۳/۰/۱۹۳۳\}$$

سپس خبرگان و کارشناسان برای هریک از معیارها وزنی در نظرگرفته‌اند:

$$w_j^S = \left\{ w_1^S, w_2^S, w_3^S, w_4^S \right\} = \{۰/۳, ۰/۲, ۰/۲۵, ۰/۲۵\}$$

جدول ۵. ماتریس تصمیم.

پروژه‌ها	C_1	C_2	C_3	C_4
P_1	۱/۱۸۱۸ – ۱/۲۷۲۷	۳ – ۴	۰/۲۸ – ۰/۳۰	خیلی زیاد
P_2	۱/۰۰۰۰ – ۱/۰۹۰۹	۱ – ۲	۰/۲۶ – ۰/۲۸	زیاد
P_3	۱/۹۰۹۱ – ۲/۰۰۰۰	۳ – ۴	۰/۲۴ – ۰/۲۶	متوسط
P_4	۱/۱۸۱۸ – ۱/۲۷۲۷	۲ – ۳	۰/۲۰ – ۰/۲۲	کم
P_5	۱/۷۲۷۳ – ۱/۸۱۸۲	۴ – ۵	۰/۲۰ – ۰/۲۲	زیر متوسط
P_6	۱/۶۳۶۴ – ۱/۷۲۷۳	۲ – ۳	۰/۲۲ – ۰/۲۴	متوسط
P_7	۱/۰۹۰۹ – ۱/۱۸۱۸	۳ – ۴	۰/۲۴ – ۰/۲۶	کم
P_8	۱/۳۶۳۶ – ۱/۴۵۴۵	۱ – ۲	۰/۲۸ – ۰/۳۰	خیلی کم
P_9	۱/۵۴۵۵ – ۱/۶۳۶۴	۴ – ۵	۰/۲۸ – ۰/۳۰	زیاد
P_{10}	۱/۸۱۸۲ – ۱/۹۰۹۱	۴ – ۵	۰/۲۲ – ۰/۲۴	متوسط
P_{11}	۱/۹۰۹۱ – ۲/۰۰۰۰	۰ – ۱	۰/۲۸ – ۰/۳۰	فوق‌العاده کم

جدول ۶. ماتریس تصمیم به‌صورت کمی.

پروژه‌ها	C_1	C_2	C_3	C_4
اوزان	۰/۳۷۷۳	۰/۱۵۳۰	۰/۲۸۱۲	۰/۱۸۸۵
P_1	۰/۲۲۷۳	۰/۶۹۵	۰/۸۹۵	۰/۷۷۲۷
P_2	۰/۰۴۵۵	۰/۲۹۵	۰/۶۹۵	۰/۶۸۱۸
P_3	۰/۹۵۴۵	۰/۶۹۵	۰/۴۹۵	۰/۵۰۰۰
P_4	۰/۲۲۷۳	۰/۴۹۵	۰/۱۱۵	۰/۳۱۸۲
P_5	۰/۷۷۲۷	۰/۸۹۵	۰/۱۱۵	۰/۴۰۹۱
P_6	۰/۶۸۱۸	۰/۴۹۵	۰/۲۹۵	۰/۵۰۰۰
P_7	۰/۱۳۶۴	۰/۶۹۵	۰/۴۹۵	۰/۳۱۸۲
P_8	۰/۴۰۹۱	۰/۲۹۵	۰/۸۹۵	۰/۲۲۷۳
P_9	۰/۵۹۰۹	۰/۸۹۵	۰/۸۹۵	۰/۶۸۱۸
P_{10}	۰/۸۶۳۶	۰/۸۹۵	۰/۲۹۵	۰/۵۰۰۰
P_{11}	۰/۹۵۴۵	۰/۱۱۵	۰/۸۹۵	۰/۰۴۵۵
$\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2$	۴/۲۷۰۴	۴/۵۲۹۵	۴/۳۷۷۷	۲/۷
ضریب	۰/۴۸۳۹	۰/۴۶۹۹	۰/۴۷۷۹	۰/۶۰۸۸

جدول ۷. جدول تصمیم نرمال شده.

پروژه‌ها	C_1	C_2	C_3	C_4
اوزان	۰/۳۷۷۳	۰/۱۵۳۰	۰/۲۸۱۲	۰/۱۸۸۵
P_1	۰/۱۱۰۰	۰/۳۲۶۶	۰/۴۲۷۷	۰/۴۷۰۷
P_2	۰/۰۲۲۰	۰/۱۳۸۶	۰/۳۳۲۱	۰/۴۱۵۱
P_3	۰/۴۶۱۹	۰/۳۲۶۶	۰/۲۳۶۶	۰/۳۰۴۴
P_4	۰/۱۱۰۰	۰/۲۳۲۶	۰/۰۵۵۰	۰/۱۹۳۷
P_5	۰/۳۷۳۹	۰/۴۲۰۶	۰/۰۵۵۰	۰/۲۴۹۱
P_6	۰/۳۲۹۹	۰/۲۳۲۶	۰/۱۴۱۰	۰/۳۰۴۴
P_7	۰/۰۶۶۰	۰/۳۲۶۶	۰/۲۳۶۶	۰/۱۹۳۷
P_8	۰/۱۹۸۹	۰/۱۳۸۶	۰/۴۲۷۷	۰/۱۳۸۴
P_9	۰/۲۸۵۹	۰/۴۲۰۶	۰/۴۲۷۷	۰/۴۱۵۱
P_{10}	۰/۴۱۷۹	۰/۴۲۰۶	۰/۱۴۱۰	۰/۳۰۴۴
P_{11}	۰/۴۶۱۹	۰/۰۵۴۰	۰/۴۲۷۷	۰/۰۲۷۷

در نهایت با توجه به معادله‌ی ۱۱ وزن هر یک از پروژه‌ها عبارت است از:

$$w_j^{I^*} = \left\{ w_1^{I^*}, w_2^{I^*}, w_3^{I^*}, w_4^{I^*} \right\}$$
$$= \{۰/۳۷۷۳, ۰/۱۵۳۰, ۰/۲۸۱۲, ۰/۱۸۸۵\}$$

پس از وزن‌دهی و نرمال‌سازی مطابق گام ۴ باید وزن در ماتریس نرمالایز شده ضرب، و مطابق گام ۵ اولویت‌بندی نهایی معین شود (جدول ۸).

چنان که در گام ۶ بیان شد تعریف گزینه‌ی مجازی صرفاً برای مقایسه صورت گرفته است. لذا معیارهای آن به نحوی است که حالت ایده‌آل یک پروژه را بیان می‌کند. مطابق گام ۷ مقدار k_i برای تمامی گزینه‌ها محاسبه می‌شود، و سپس مقایسه‌یی مبتنی بر درصد ایده‌آل بودن یک پروژه صورت می‌گیرد (جدول ۹). در زیر محاسبات Y_8 به‌عنوان نمونه آورده شده است:

$$Y_8 = ۰/۰۷۵۰ - ۰/۰۲۱۲ + ۰/۱۲۰۲ - ۰/۰۲۶۱ = ۰/۱۴۷۹$$

جدول ۸. جدول تصمیم نرمال شده موزون.

پروژه‌ها	C_1	C_2	C_3	C_4
P_1	۰/۰۴۱۵	۰/۰۴۹۹	۰/۱۲۰۲	۰/۰۸۸۷
P_2	۰/۰۰۸۳	۰/۰۲۱۲	۰/۰۹۳۴	۰/۰۷۸۲
P_3	۰/۱۷۴۲	۰/۰۴۹۹	۰/۰۶۶۵	۰/۰۵۷۴
P_4	۰/۰۴۱۵	۰/۰۳۵۶	۰/۰۱۵۵	۰/۰۳۶۵
P_5	۰/۱۴۱۰	۰/۰۶۴۳	۰/۰۱۵۵	۰/۰۴۷۰
P_6	۰/۱۲۲۲	۰/۰۳۵۶	۰/۰۳۹۶	۰/۰۵۷۴
P_7	۰/۰۲۴۹	۰/۰۴۹۹	۰/۰۶۶۵	۰/۰۳۶۵
P_8	۰/۰۷۵۰	۰/۰۲۱۲	۰/۱۲۰۲	۰/۰۲۶۱
P_9	۰/۱۰۷۹	۰/۰۶۴۳	۰/۱۲۰۲	۰/۰۷۸۲
P_{10}	۰/۱۵۷۷	۰/۰۶۴۳	۰/۰۳۹۶	۰/۰۵۷۴
P_{11}	۰/۱۷۴۲	۰/۰۰۸۲	۰/۱۲۰۲	۰/۰۰۵۲

جدول ۹. مقادیر تابع هدف و رتبه‌بندی پروژه‌ها.

رتبه	k_i	مقادیر تابع هدف	رتبه‌بندی پروژه‌ها
*	۱۰۰	$Y_{11} = ۰/۲۸۱۰$	گزینه‌ی مجازی
۱	۵۲/۶۳	$Y_8 = ۰/۱۴۷۹$	P_8
۲	۴۷/۳۷	$Y_3 = ۰/۱۳۳۴$	P_3
۳	۳۰/۴۶	$Y_9 = ۰/۰۸۵۶$	P_9
۴	۲۶/۹۰	$Y_{10} = ۰/۰۷۵۶$	P_{10}
۵	۲۴/۱۶	$Y_6 = ۰/۰۶۷۹$	P_6
۶	۱۶/۰۸	$Y_5 = ۰/۰۴۵۲$	P_5
۷	۸/۲۲	$Y_1 = ۰/۰۲۳۱$	P_1
۸	۱/۷۸	$Y_7 = ۰/۰۰۵۰$	P_7
۹	۰/۸۲	$Y_2 = ۰/۰۰۲۳$	P_2
۱۰	−۵/۳۷	$Y_4 = -۰/۰۱۵۱$	P_4

با توجه به جدول ۹ چنین استنباط می‌شود که اگرچه پروژه‌ی ۸ به‌عنوان اولین اولویت شناخته شد، حداکثر از ۵۲/۶۳ درصد مطلوبیت برخوردار است و حدود ۴۷/۳۷ درصد ناایده‌آل است. این نکته بدین معناست که مدیر از این میزان نامطلوبیت باید صرف نظر کند تا این گزینه را به‌عنوان پروژه‌ی اول برگزیند. این نکته زمانی محسوس‌تر می‌شود که پروژه‌ی ۴ نسبت به گزینه‌ی ایده‌آل هیچ جذابیتی برای مدیر به‌همراه ندارد. این رویکرد برای سایر گزینه‌ها نیز قابل توسعه و بسط است.

۸. نتیجه‌گیری

در دنیای واقعی و در فضای رقابتی، با توجه به شرایط عدم اطمینان و عقلانیت محدود لازم است مدیریت نسبت به فرصت‌ها و تهدیدات پیش رو، با عملکردی صحیح و متفکرانه از فرصت‌ها بیشترین استفاده را ببرد. از آنجا که پروژه‌ها برای مدیریت در نقش یک فرصت یا بالعکس، در نقش تهدیدی پیش روی مدیریت ظاهر می‌شوند، در این مقاله سعی شده با رویکردی متفاوت، انتخاب و رتبه‌بندی پروژه ارزیابی شود و با تعریف گزینه‌ی مجازی میزان ایده‌آل بودن یا ناایده‌آلی هر پروژه روشن شود.

با توجه به این نکته که محاسبه‌ی یقینی و قطعی معیارهای مالی برای ارزیابی هر پروژه با محدودیت‌های خاصی مواجه است، تصمیم بر آن است که یک بازه تقریبی از معیارها برای هر پروژه معین شود. این کار نه‌تنها باعث سهولت محاسبه‌ی معیارها می‌شود، بلکه موجب می‌شود مدیریت با سرعت بیشتری نسبت به گزینش پروژه‌ها اقدام کند.

از یافته‌های این پژوهش برای ارزیابی ۱۰ پروژه می‌توان بیان کرد که پروژه‌های ۸، ۳ و ۹ به‌ترتیب دارای بالاترین اولویت انتخاب‌اند. پروژه‌ی ۸ با اولویت اول انتخاب هرچند دارای ایده‌آلی ۵۲/۶۳ درصدی است، نسبت به گزینه‌ی مجازی دارای ناایده‌آلی ۴۷/۳۷ درصدی است که این میزان ناایده‌آلی دال بر نامناسب بودن بعضی از معیارها در پروژه‌ی ۸ است. البته گفتنی است که این گزینه مطلوب‌ترین و بهترین پروژه‌یی است که مدیریت در مسیر ایفای تعهدات خود می‌تواند برگزیند. در این راستا می‌توان گفت که با افزایش رتبه‌ها نسبت ایده‌آلی کاهش و ناایده‌آلی آن افزایش می‌یابد.

در این تحقیق در انتخاب پروژه صرفاً به عوامل مالی توجه شده است، اما بررسی و تأثیر دیگر عوامل و معیارهای انتخاب پروژه ازجمله معیارهای معرفی شده در انتخاب پروژه است که می‌تواند موضوع تحقیقات آینده باشد. همچنین محققین در این مقاله از شیوه‌ی فازی مورا برای انتخاب پروژه استفاده کرده‌اند ولی پیشنهاد می‌شود تا سایر محققین این روش را در سایر زمینه‌ها نظیر انتخاب و آموزش کارکنان، اتخاذ و به کارگیری استراتژی مناسب سازمانی و... به کار گیرند.

از آنجا که در این تحقیق از روش فازی مورا برای اولویت‌بندی معیارهای کلامی ـ زبانی استفاده شده، به سایر محققین پیشنهاد می‌شود تا برای تحقیقات بعدی از سایر روش‌های رتبه‌بندی نظیر کوپراس[19] و تحلیل پوششی فازی داده‌ها... استفاده کنند و نتایج را با این مقاله مورد بررسی و بازبینی قرار دهند.

پانوشت‌ها

1. decision maker
2. payback period (PB)
3. return on investment (ROI)
4. net present value (NPV)
5. internal rate of return (IRR)
6. analytical network process (ANP)
7. benefit, opputunity, cost, risk
8. multi criteria group decision making (MCGDM)
9. Rough set
10. fuzzy benefit/cost ratio (profitability index)
11. fuzzy payback period
12. fuzzy internal rate of return
13. risk project
14. The multi-objective optimization by ratio analysis (Moora)
15. multi–objective decision making method
16. significance coefficient
17. analytic hierarchy process (AHP)
18. Entropy
19. Copras

منابع (References)

1. PMBOK Guide, *A Guide to the Project Management Body of Know*, Third Edition, pp. 5-7 (2004).
2. Meridith, J.R. and Mantel, S.J., *Project Management: A Managerial Approach*, Seventh Edition, WILEY (2009).
3. Dodangeh, J., Mojahed, M. and Mohd Yusuff, R. "Best project selection by using of Group TOPSIS Method", *International Association of Computer Science and Information Technology, Spring Conference* (2009).
4. Powers, G., Ruwanpura, J.Y., Dolhan, G. and Chu, M. "Simulation based project election decision analysis tool", *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference* (2002).
5. De Maio, A., Verganti, R. and Corso, M. "A multiproject management framework for new product development", *European Journal of Operational Research*, **78**(2), pp. 178-191 (1994).
6. Turner, J.R., *The Handbook of Project-Based Management*, Mc Graw Hill, Third Edition (2009).
7. Lawson, C.P., Longhurst, P.J. and et al. "The application of a new research and development project selection model in SMEs", *Tec Novation*, **26**, pp. 242-250 (2006).
8. Jafarizadeh, B. and Khorshid-Doust, R. "A method of project selection based on capital asset pricing theories in a framework of mean-semideviation behaviour", *International Journal of Project Management*, **26**, pp. 612-619 (2008).
9. Murray, S.L., Burgher, K. and et al. "Public private partnerships project selection criteria", *Industrial Engineering Research Conference* (2009).
10. Burke, R., *Project Management Planning and Control Techniques*, Burke Publishing (2006).
11. Liang, C. and Li, Q. "Enterprise information system project selection with regard to BOCR", *International Journal of Project Management*, **26**, pp. 810-820 (2008).
12. Halouani, N., Chabchoub, H. and Martel, J.-M. "Promethee-MD-2T method for project selection", *European Journal of Operational Research*, **195**(3), pp. 841-849 (2009).
13. Jung, J.Y. "Operational improvement project management: Categorization and selection", *Journal of the International Academy for Case Studies*, **15**(4), pp. 61-66 (2009).
14. Fazli, S.and Madani,S., "Choosing the optimal allocation of resources based on a hybrid approach to network analysis and planning process", *Journal of Industrial Engineering & Management of Sharif,* **28-1**(1), pp. 99-111 (2010).
15. Alizadeh, A. and Kianfar, F. "Public project classification based on citizens' satisfaction using rough sets theory-case study: Tehran municipality", *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*, **4**(1), pp. 323-346 (January 2014).
16. Zadeh, L.A. "Fuzzy sets", *Information and Control*, **8**(3), pp. 338-353 (1965).
17. Ward, T.L. "Discounted fuzzy cash flow analysis", *Proceedings of 1985 Fall Industrial Engineering Conference*, Institute of Industrial Engineers, pp. 476-481 (1985).
18. Buckley, J.J. "The fuzzy mathematics of finance", *Fuzzy Sets and Systems*, **21**, pp. 257-273 (1987).
19. Kaufmann, A. and Gupta, M.M., *Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science*, Elsevier, Amsterdam (1988).
20. Kuchta, D. "A fuzzy model for R&D project selection with benefit, outcome and resource Interactions", *The Engineering Economist*, **46**(3), pp. 164-180 (2001).
21. Kahraman, C., Ruan, D. and Tolga, E. "Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows", *Information Sciences*, **142**(1-4), pp. 57-76 (2002).
22. Dimitrovski, A. and Matos, M. "Fuzzy present worth analysis with correlated and uncorrelated cash flows", In: Kahraman, C. (ed.), *Fuzzy Engineering Economics with Applications,* Springer, Heidelberg,**233**, pp. 11-41 (2008).
23. Hejazi, S.R., Hosseini, S.M., Arkan Ali. Salehzadeh, S.J. "The economic comparison of projects using net present value techniques, taking tax and inflation under fuzzy fuzzy", *Tenth Conference on Fuzzy Systems*, Tehran, Iran martyr Beheshti University (2010).
24. Fereidouni, S. and Moradian, P. "Simulated annealing algorithm for fuzzy capital budgeting planner based on luck and sensitivity analysis of its parameters", *Journal of Operations Research and Its Applications,* **VIII**(4), pp. 13-27 (2012).
25. Kahraman, C. and Kaya, İ. "Fuzzy benefit/cost analysis and applications", In: Kahraman, C. (ed.), *Fuzzy Engineering Economics with Applications*, Springer, Heidelberg, **233**, pp. 129-143 (2008).
26. Fadaii nejad, M.I., *Principles of Capital Budgeting*, First published in Tehran, Publications of the Ministry of Culture and Islamic Guidance, (2003).

27. Shabahang, R., *Management Accounting*, Sixth edition, Tehran. Research Publications Specialized in Accounting and Auditing (1999).

28. Aali Var, A. and Shabahang, R., *Cost Accounting*, Thirteenth Edition. Tehran: Technical Research Centre of Accounting and Auditing (1995).

29. Cooper, D.F., Grey, S., Raymond, G. and Walker, P., *Project Risk Management Guidelines*, England, John Wiley & Sons Ltd. (2005).

30. Roy, B., *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Kluwer Academic Dordrecht (1996).

31. Belton, V. and Stewart, T.J., *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*, Boston, Kluwer Academic (2002).

32. Loken, E. "Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **11**, pp. 1584-1595 (2007).

33. Zavadskas, E.K. and Turskis, Z. "Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: An overview", *Technological and Economic Development of Economy*, **17**(2), pp. 397-427 (2011).

34. Brauers, W.K.M. and Zavadskas, E.K. "The MOORA method and its application to privatization in a transition economy control and cybernetics", *Systems Research Institute of the Polish Academy of Sciences*, **35**(2), pp. 445-469 (2006).

35. Brauers, W.K.M., *Optimization Methods for a Stakeholder Society, a Revolution in Economic Thinking by Multi-Objective Optimization*, Boston: Kluwer Academic Publishers (2004).

36. Mandal, U.K. and Sarkar, B. "Selection of best intelligent manufacturing system (IMS) under fuzzy moora conflicting MCDM environment", *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, **2**(9), (September 2012).

37. Balezentis, T., Balezentis, A., Streimikiene, D. and Krisciukaitien, I. "Prioritizing sustainable electricity production technologies: MCDM approach", *Elsevier, Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **16**, pp. 3302-3311 (2012).

38. Karande, P. and Chakraborty, S. "Application of multi-objective optimization on the basis of ratio analysis (MOORA) method for materials selection", *Elsevier, Materials and Design*, **37**, pp. 317-324 (2012).

39. Brauers, W.K.M. "Multiobjective contractor's ranking by applying the MOORA method", *Journal of Business, Economics and Management*, **4**, pp. 245-255 (2008).

40. Kalibatas, D. and Turskis, Z. "Multicriteria evaluation of inner climate by using MOORA method", *Information Technology and Control*, **37**, pp. 79-83 (2008).

41. Lootsma, F.A., *Multicriteria Decision Analysis Via Ratio and Difference Judgement*, Springer, London (1999).

42. Brauers, W.K.M., Zavadskas, E.K., Peldschus, F. and Turskis, Z. "Multi-objective optimization of road design alternatives with an application of the MOORA method", *Proceedings of the 25 the International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Vilnius Gediminas Technical University*, Lithuania, pp. 541-548 (26-29 June 2009).

43. Cheng, S.J. and Hwang, C.L., *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Springer-Verlag, Berlin, Germany (1992).