

ارائه مدل ارزیابی ریسک پروژه با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چندهدفه (مطالعه موردی: پروژه سد خاکی منطقه عسلویه)

ام‌البین یوسفی^۱، پوریا ناصری*^۲ و سید اکبر نیلی پور طباطبایی^۳

^۱ دانشجوی دکترای دانشگاه علم و صنعت- عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد- دانشگاه صنعتی مالک اشتر

^۳ استادیار- عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر

(تاریخ دریافت ۹۲/۸/۴، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۹۲/۱۲/۱۷، تاریخ تصویب ۹۳/۱/۲۳)

چکیده

در این مقاله، برای ارزیابی ریسک‌های احتمالی پروژه، از یک مدل برنامه‌ریزی خطی صفر و یک با اهداف چندگانه استفاده می‌شود. مدل پیشنهادی دو هدف دارد. هدف اول عبارت است از مینیمم کردن هزینه مورد انتظار حاصل از ریسک‌های مختلف و هدف دوم به دنبال مینیمم کردن زمان مورد انتظار حاصل از ریسک‌های احتمالی است. مدل مورد نظر دو محدودیت دارد که محدودیت اول باید اثر زمانی ریسک‌های وقوع یافته از کل ارزش زمانی مورد انتظار وقوع ریسک‌ها بیشتر نشود و محدودیت دوم کنترل می‌کند که اثر هزینه‌ای ریسک‌های وقوع یافته، کوچک‌تر یا مساوی ارزش مورد انتظار هزینه وقوع ریسک‌ها باشد. برای حل مدل پیشنهادی، روش L-P متریک پیشنهاد می‌شود. نتیجه حل مدل برای یک مطالعه موردی در یک پروژه سدسازی در منطقه عسلویه، که شامل جواب‌های بهینه پارتویی است، ارائه شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی ریسک، تصمیم‌گیری با اهداف چندگانه (MODM)، جواب‌های مؤثر

مقدمه

ریسک‌هایی که پروژه در چرخه حیات خود با آنها روبه‌رو می‌شود [۵]. تا کنون استانداردهای مختلفی برای مدیریت ریسک پیشنهاد شده است، ولی مهم‌ترین و مقبول‌ترین آنها که مورد استقبال و استفاده قرار گرفته است، دانش مدیریت پروژه (PMBOK) است که بر اساس آن، فرآیند مدیریت ریسک شامل ۶ مرحله برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، شناسایی ریسک، تحلیل کیفی ریسک، تحلیل کمی ریسک، پاسخگویی به ریسک و کنترل و پیگیری ریسک است [۶].

این اعتقاد که پروژه‌ها سرشار از بی‌اطمینانی‌هایی مانند مهارت‌های فنی یا کیفیت، مدیریت و ... هستند، این واقعیت را تقویت می‌کند که بسیاری از پروژه‌ها در دستیابی به اهداف محدوده، منافع، هزینه و زمان مورد نظر خود شکست می‌خورند. با توجه به نوع ارزیابی ریسک‌ها برای انتخاب پاسخ مناسب در جهت حفظ منافع پروژه و مدیریت آن، مقالاتی تدوین شده است. جبل عاملی و همکاران (۱۳۸۵) روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چند شاخصه را به عنوان روش‌های کمی و به منظور استفاده از آنها در مسئله رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه،

در شرایط متحول امروز، موفقیت هر بنگاه یا سازمان، وابسته به نوع مدیریت و میزان تسلط آن بر ریسک‌ها است. مدیریت ریسک، شرط لازم برای دستیابی به اهداف پروژه است، بنابراین در فرایند مدیریت پروژه لازم است به صورت نظام‌مند به موضوع ریسک و فرایند مدیریت ریسک توجه شود [۱]. یافته‌ها حاکی از آن است که فقط یک سوم پروژه‌های نرم‌افزاری، قبل از تکمیل اسمی‌شان پایان یافته‌اند، در حالی که بیش از پنجاه درصد پروژه‌ها هزینه‌ای تقریباً معادل دو برابر هزینه برآوردی خود دارند [۲]. بنابراین داشتن برنامه‌ای برای پاسخگویی و کنترل ریسک، یکی از ارکان اساسی مدیریت پروژه موفق است.

در دانش مدیریت پروژه (PMBOK)^۱، ریسک پروژه بدین صورت تعریف شده است: یک رویداد یا شرایط نامطمئن که در صورت وقوع بر حداقل یکی از اهداف پروژه از قبیل زمان، هزینه یا کیفیت و دامنه مصوب پروژه تأثیر مثبت یا منفی می‌گذارد [۳]. مدیریت ریسک، یک عنصر کلیدی در مدیریت پروژه بوده [۴] و عبارت است از رویکردی نظام‌مند در شناسایی، ارزیابی و پاسخگویی به

هزینه، کیفیت و عملکرد) با وزن‌های متفاوت تعیین شده است و دسته دوم شاخص‌ها شامل اثرات اجتماعی-اقتصادی، زیست محیطی، نزدیکی زمان وقوع ریسک، میزان مواجهه با ریسک، نبود اطمینان تخمین و میزان مدیریت‌پذیری ریسک است. ریسک‌ها با کمک روش تخصیص خطی، با توجه به شاخص‌های گوناگون، بهتر ارزیابی می‌شوند و در نتیجه واقع‌بینانه‌تر رتبه‌بندی می‌شوند. بر اساس نتایج به دست آمده، عوامل اقتصادی و شرایط حقوقی، به ترتیب بیشترین و کمترین رتبه ریسک را به خود اختصاص می‌دهند [۱۱].

امیر رضا کریمی آذری (۲۰۱۱) با بیان این موضوع که محققان به یک مدل ارزیابی ریسک مناسب نرسیده‌اند و عوامل بسیاری را برای این مشکل متصور شده‌اند که داده‌های نامشخص و مبهم و درگیری چند نفر در فرآیند انتخاب از جمله آنها است، استفاده از روش TOPSIS فازی به عنوان یک فرآیند منطقی، سیستماتیک و در حال توسعه در نظر گرفته می‌شود. معیارهای تصمیم‌گیری از تکنیک گروه اسمی^۵ (NGT) به دست می‌آیند. روش TOPSIS فازی می‌تواند روش موفقیت‌آمیز و روشی از میان روش‌های ارزیابی ریسک باشد [۱۲].

در این مقاله سعی شده است با مدل‌سازی ریاضی برای کمینه‌کردن خسارت ریسک‌ها در قالب یک مدل بهینه‌سازی دو هدفه، بتوان برنامه‌ریزی صحیح و واقع‌بینانه‌ای نسبت به ریسک‌ها داشت و کمترین خسارت ممکن را متحمل شد.

تصمیم‌گیری چند هدفه^۶ (MODM)

مدل یک تصمیم‌گیری چند هدفه بدین قرار است:

$$\begin{aligned} \text{opt: } F(X) &= \{f(x), f(x), f(x)\} \\ \text{s. t: } g_i(x) &\begin{cases} \geq \\ \leq \\ = \end{cases} 0 \quad i = 1, 2, \dots, k \end{aligned} \quad (1)$$

$$X \in E^n$$

مقیاس سنجش برای هر هدف ممکن است با مقیاس سنجش برای بقیه اهداف متفاوت بوده و به سادگی نتوان آنها را مثلا با یکدیگر جمع کرد. در این گونه مدل‌های طراحی، منظور از عبارت بهینه‌کردن، تابع کلی مطلوبیت برای تصمیم‌گیرنده است.

برای حل این گونه مسائل، دو نوع رویکرد اساسی را می‌توان تعریف کرد:

مورد بررسی قرار می‌دهند و بیان می‌کنند که این راهکارها قابلیت کاربردی بیشتری در مسئله رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه دارد [۷]. در ادامه تارک زاید و همکاران (۲۰۰۸) دو منبع اصلی ریسک را که یک پروژه بزرگراه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، در دو سطح کلان (شرکت) و خرد (پروژه) معرفی کرده و اثرات هر یک را روی ریسک‌ها ارزیابی می‌کند و یک مدل ریسک را برای ارزیابی و اولویت‌بندی پروژه‌ها با استفاده از فرآیند تحلیلی سلسله مراتب^۲ (AHP) معرفی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که ریسک سیاسی و ریسک مالی به ترتیب بیشترین وزن در سطح کلان و ریسک‌های فن‌آوری در حال ظهور و منابع بیشترین وزن در سطح خرد دارند [۸].

صالحی صدقیانی و همکاران (۱۳۸۸) در مدل خود برای رتبه‌بندی فعالیت‌ها، از دو معیار هزینه و زمان استفاده می‌کند و به دلیل قطعی نبودن مدت زمان و هزینه انجام فعالیت‌ها، این دو معیار را به صورت فازی در نظر می‌گیرند. معیار زمان به صورت درجه بحرانی بودن به دست آمده از شبکه^۳ CPM فازی در این شرایط، لحاظ شده است و از آنجایی که در هر پروژه با توجه به اهداف و شرایط آن پروژه، میزان اهمیت هزینه و زمان متفاوت است، به این دو معیار وزن تخصیص داده و با استفاده از روش TOPSIS^۴ فازی فعالیت‌ها بر اساس ریسک انجام آنها رتبه‌بندی می‌شوند [۹].

نیتو مروت و همکاران (۲۰۱۰) روشی جدید برای تجزیه و تحلیل ریسک برای پروژه ساخت و ساز ارائه می‌کنند که مربوط به مقابله با ریسک‌های در موقعیت پیچیده است که در آن اطلاعات برای ارزیابی ریسک‌ها ناقص یا غیر قابل حصول باشد. روش سلسله مراتبی برای ارزیابی وزن ریسک‌ها با استفاده از دو فاصله، مقایسه شده است. این روش برای به حداقل رساندن تفاوت بین ارزش اولویت‌هایی که به طور مستقیم از اعضای گروه ارزیابی بدست آمده و ارزش ایده آل است [۱۰].

صیادی و همکاران (۱۳۹۰) از تصمیم‌گیری گروهی و میانگین وزن‌ها جهت جمع‌آوری و تجمیع نظر خبرگان و از روش تخصیص خطی به عنوان یکی از روشهای تصمیم‌گیری چند شاخصه جهت تعیین رتبه ریسک‌ها استفاده می‌کنند. شاخص‌های رتبه‌بندی در دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند. شاخص اولیه بر مبنای احتمال و میزان اثرگذاری ریسک‌ها بر اهداف اصلی پروژه (زمان،

$F(X^*)$ در فضای اهداف مشخص کننده بهینه اهداف بوده، به طوری که X^* می‌تواند هر $f(x)$ را بهینه کند، ولی وجود چنین راه حلی همچون X^* به دلیل تعارضات موجود در بین اهداف مختلف غیر معمول است و از این رو ترجمان دیگری از این نقطه ایده‌آل و غیرقابل حصول این است که هر تابع هدف را به طور مجزا و به ازای $X \in S$ بهینه می‌شود، یعنی راه حل ایده‌آل در این ترجمان تعدیل شده از حل k مسئله یک هدف به صورت زیر حاصل شود:

$$\begin{aligned} & f_j(x) \quad , \quad j = 1, 2, \dots, k \\ \text{s.t.} & \quad g_i(x) \leq 0 \quad , \quad i = 1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (3)$$

مختصات این معرفی به صورت $\{f_1(x_1^*), f_2(x_2^*), \dots, f_k(x_k^*)\}$ بوده و X_j^* و نیز هدف J_m را بهینه می‌کند. در حالی که $X_1 = X_2 = X_k$ شود، آنگاه راه‌حل ایده‌آل برای یک برنامه‌ریزی چندهدفه حاصل شده است [۱۳].

توابع سازگار

فاصله متریک در روش‌های L-P، برای سنجش نزدیکی یک راه حل موجود نسبت به راه حل ایده‌آل، مورد استفاده واقع می‌شوند. این سنجش از انحراف به صورت یک تابع سازگار به صورت ذیل خواهد بود:

$$L - P = \left\{ \sum_{j=1}^k \gamma_j [f_j(x_j^*) - f_j(x_j)]^p \right\}^{1/p} \quad (4)$$

اهداف به صورت بیشینه مدنظر است، x_j^* نشان‌دهنده راه حل ایده‌آل در بهینه‌سازی هدف J_m است. x بیانگر یک راه حل مفروض بوده و γ_j نشان‌دهنده درجه اهمیت (وزن) برای هدف J_m با $\gamma_j > 0$ است. تابع سازگار L-P برای حداقل کردن انحرافات از ایده‌آل باید کمینه شود. $0 \leq P \leq \infty$ بیانگر پارامتر مشخص‌کننده خانواده L-P است. ارزش P مشخص‌کننده درجه تأکید به انحرافات موجود است. به گونه‌ای که هر چه این ارزش بزرگ‌تر باشد، تأکید بیشتری بر بزرگ‌ترین انحرافات خواهد بود و اگر $P = \infty$ شود، بدان مفهوم خواهد بود که بزرگ‌ترین انحراف از انحرافات موجود برای بهینه‌سازی مدنظر واقع می‌شود. اغلب ارزش‌های $P=1, P=2, P=\infty$ در محاسبات به کار گرفته می‌شوند، ارزش P در هر صورت می‌تواند بستگی به معیارهای ذهنی تصمیم‌گیرنده داشته باشد.

(۱) رویکردی بر مبنای ادغام تمام k تابع هدف در همدیگر و تبدیل آنها به یک تابع هدف.
(۲) اولویت‌بندی k تابع هدف و حل مسئله با توجه به این اولویت‌ها.

در رویکرد اول، در حقیقت یک تابع مطلوبیت ساخته می‌شود و مسئله چندهدفه به یک مسئله با یک تابع هدف تبدیل می‌شود. البته فرآیند ساختن مطلوبیت، می‌تواند بسیار ساده و یا بسیار پیچیده باشد؛ چرا که تابع مطلوبیت باید قادر باشد رفتار و سلیقه‌های تصمیم‌گیرنده را درست مثل خود آن منعکس کند و با توجه به اینکه هر تصمیم‌گیرنده‌ای، خواسته‌ها و شرایط ویژه خود را دارد، برای هر مسئله تصمیم‌گیری نیز یک نوع خاص از تابع مطلوبیت باید ساخته شود [۱۳].

روش معیار کلی (روش‌های L-P متریک)

تفاوت عمده روش‌های حل مسائل MODM بستگی به زمان و نوع اطلاعاتی دارد که از DM گرفته می‌شود، به طوری که این اطلاعات همگی به منظور تخمین تابع مطلوبیت DM است. روش L-P یکی از روش‌های پرکاربرد در حل مسائل MODM است. این روش نیاز به اطلاعات خاصی از DM در مورد مطلوبیت‌های او در مورد توابع اهداف ندارد و در واقع به برآورد تابع مطلوبیت یا تابع ارزشی DM که اغلب فرآیندی پیچیده و زمان‌بر است، نیازی ندارد. در روش L-P متریک مزاحمتی برای DM نیست و به راحتی می‌توان با تغییر مقدار P و یا تغییر اوزان توابع هدف، جواب‌های بهینه پارتویی را تولید کرده و DM با توجه به مطلوبیت خود در پایان حل از بین این جواب‌ها به انتخاب یک جواب مطلوب بپردازد. در ضمن روش‌های L-P متریک به نسبت بسیاری از روش‌های حل MODM محاسبات پیچیده و وقت‌گیر نیز ندارد.

منظور از این مجموعه روش‌ها، حداقل کردن انحراف توابع هدف موجود از یک مدل چندهدفه نسبت به یک راه حل ایده‌آل است. چنانچه همه اهداف موجود از یک مسئله مفروض را به طور همزمان بهینه کند. البته این راه حل بهینه به گونه‌ای خواهد بود که داریم:

$$\begin{aligned} & f_1(x^*) \text{ و } f_2(x^*) \\ F(X^*) &= \{f_1(x_1^*), f_2(x_2^*), \dots, f_k(x_k^*)\} \end{aligned} \quad (2)$$

a'_i : میزان اثر زمانی ریسک \bar{a}_m

p_i : احتمال وقوع ریسک \bar{a}_m

C_i : ارزش مورد انتظار هزینه ریسک \bar{a}_m که برابر

است با $p_i C_i$

C'_i : ارزش مورد انتظار زمان ریسک \bar{a}_m که برابر

است با $p_i C'_i$

b : کل ارزش مورد انتظار هزینه به طوری که

$$b = \sum_{i=1}^n c_i = \sum_{i=1}^n p_i a_i \quad (6)$$

b' : کل ارزش مورد انتظار زمان به طوری که

$$b' = \sum_{i=1}^n c'_i = \sum_{i=1}^n p'_i a'_i \quad (7)$$

متغیرهای تصمیم

در این مدل، ریسک‌ها به عنوان متغیر تصمیم صفر و یک در نظر گرفته شده و با x_i نشان داده می‌شوند به طوری که:

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{اگر ریسک } i \text{ ام اتفاق بیفتد} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

در مدل پیشنهادی، فرض شده است که هنگام برنامه‌ریزی پروژه و در نظر گرفتن زمان و هزینه‌ای مشخص برای اتمام پروژه، ریسک‌های احتمالی در نظر گرفته شده و ضرر زمانی و هزینه‌ای که ممکن است برای پروژه ایجاد کند، در نظر گرفته می‌شود. مدل ارائه شده، در واقع به برنامه‌ریزان پروژه در حین اجرای پروژه و در واقع بعد از ایجاد احتمالی هر یک از ریسک‌های پروژه، کمک می‌کند تا متوجه شوند در صورت وقوع یک ریسک که به احتمال زیاد غیر قابل اجتناب است، و هنگام برنامه‌ریزی پروژه در نظر گرفته شده است، آیا هزینه و زمان انجام پروژه از زمان و هزینه مورد انتظار و برنامه‌ریزی شده فراتر می‌رود یا خیر. در صورت فراتر رفتن، نیاز به تجدید نظر در زمان و هزینه اجرای زمان پروژه است.

در مدل پیشنهادی برای وقوع یا واقع نشدن هر یک از ریسک‌های پروژه، یک متغیر صفر و یک در نظر گرفته شده است. بعد از حل مدل پیشنهادی، متغیرهایی که یک می‌شوند، مربوط به ریسک‌هایی هستند که حتی در صورت اتفاق، هزینه و زمان پروژه را از هزینه و زمان مورد

چون ارزش متریک $L-P$ می‌تواند تحت تأثیر مقیاس اندازه‌گیری از اهداف موجود واقع شود، برای برطرف کردن این مشکل، می‌توان از فرمول (۵) استفاده کرد:

$$L - P = \left(\sum_{j=1}^k \gamma_j \left[\frac{f_j(x_j^*) - f(x_j)}{f_j(x_j^*)} \right]^p \right)^{1/p} \quad \sum_{j=1}^n \gamma_j = 1 \quad (5)$$

با مفروض بودن بردار γ ، راه حل حاصل از کمینه‌کردن $L - P$ ، X^P معروف به یک راه حل سازگاری است. مجموعه راه حل‌های X^P به ازای $0 \leq P < \infty$ در صورت $\gamma_j > 0$ راه حل‌های مؤثر را تشکیل می‌دهند.

مجموعه سازگار برای مورد خطی بودن یک مسئله، توسط X^1, X^∞ کاملاً مشخص می‌شود؛ بخصوص در وضعیت موجود بودن دوهدف و به ازای $\gamma_j > 0$ مجموعه سازگار برای راه حل‌های مؤثر از بین نقاط واقع تشکیل می‌شود [۱۴].

ارائه مدل جدید دو هدفه برای بهینه ساختن

و ارزیابی ریسک پروژه

فرضیات

- ۱) مدل مورد نظر بر مبنای فرضیات زیر ارائه شده است:
- ۱) ریسک‌های مطرح شده می‌توانند فرصت و یا تهدیدی برای پروژه باشند.
- ۲) هر ریسک یک احتمال وقوع دارد که مقدار آن عددی است معلوم و بین صفر و یک.
- ۳) هر ریسک یک اثر روی اهداف پروژه دارد، اگر ریسک برای پروژه فرصت باشد، در مدل اثر را منفی و اگر ریسک تهدید باشد، اثر آن بر پروژه را مثبت در نظر می‌گیریم.
- ۴) هر ریسک یک ارزش مورد انتظار دارد که مقدار آن از حاصلضرب احتمال وقوع در اثر ریسک به دست می‌آید. ارزش مورد انتظار پروژه، یکی از ابزارهای تعیین هزینه و زمان واقعی تکمیل پروژه است [۱۵].

پارامترهای مدل

n : تعداد ریسک‌های پروژه

i : اندیس تأثیر ریسک

$i=1, 2, \dots, n$

a_i : میزان اثر هزینه‌ای ریسک \bar{a}_m

همان طور که در بخش ۳-۱ آورده شده است، ارزش مورد انتظار پروژه، یکی از ابزارهای تعیین هزینه و زمان واقعی تکمیل پروژه است. به همین دلیل در مدل مورد نظر، هزینه و زمان ریسک‌های پروژه نباید از هزینه و زمان مورد انتظار بیشتر شوند. این مدل دو محدودیت دارد، به طوری که محدودیت اول نشان‌دهنده زمان پروژه است. برقراری این محدودیت در مدل، تضمین می‌کند که اثر زمانی ریسک‌های وقوع یافته، از کل ارزش مورد زمانی مورد انتظار برای وقوع ریسک‌ها بیشتر نشود و به صورت رابطه (۱۰) مدل‌سازی می‌شود:

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i \leq b \quad (10)$$

کوچک‌تر یا مساوی با ارزش مورد انتظار وقوع ریسک‌ها است و به صورت رابطه (۱۱) مدل‌سازی می‌شود:

$$\sum_{i=1}^n a'_i x'_i \leq b' \quad (11)$$

مدل نهایی

با توجه به موارد مطرح شده، مدل نهایی به صورت رابطه (۱۲) خواهد بود:

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^n p_i a_i, \sum_{i=1}^n p_i a'_i \right\} \quad (12)$$

$$\text{s. t: } \sum_{i=1}^n a_i x_i \leq \sum_{i=1}^n p_i a_i$$

ارائه یک مثال

پروژه‌های کوچک را در نظر بگیرید که با سه ریسک مواجه باشد، بنابراین مقدار Π برابر ۳ بوده و مقادیر سایر پارامترهای مدل در جدول (۱) ارائه شده است. دقت کنید در این جدول، ستون‌های P_i ، a_i و a'_i ورودی‌های مسئله بوده و ستون‌های C_i و C'_i ، به ترتیب از ضرب ستون P_i در ستون‌های a_i و a'_i به دست می‌آیند.

با توجه به مشخصات ریسک‌ها، مدل دو هدفه برای این ریسک‌ها و بر اساس رابطه (۱۳) به این صورت است:

$$\min f(x) = 10.56x_1 - 6x_2 + 6.8x_3$$

$$\min f'(x) = 9000x_1 - 1080x_2 + 15600x_3$$

انتظار بیشتر نمی‌کنند و حتی زمان و هزینه مورد انتظار در کمترین میزان آن خواهد بود. به طور طبیعی برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی برای واقع نشدن این ریسک‌ها در درجه دوم اهمیت قرار می‌گیرد و برنامه‌ریزان پروژه، خیلی نگران اتفاق افتادن این ریسک‌ها در عمل نبوده و در صورت وقوع آنها نیازی به تجدید نظر در زمان و هزینه پیش‌بینی شده برای پروژه نیستند و متغیرهایی که صفر شده‌اند، متغیرهایی هستند که در اولویت اول، برای واقع نشدن قرار می‌گیرند، یعنی این ریسک‌ها در صورت وقوع باعث می‌شود که یا هزینه و زمان، از هزینه و زمان مورد انتظار بیشتر شود و یا سبب از بین رفتن بهینگی زمان و هزینه مورد انتظار پروژه شود. بنابراین باید برنامه‌ریزی دقیقی برای پاسخگویی به آنها توسط برنامه‌ریزان پروژه انجام بگیرد. مجموع متغیرهایی که بعد از حل مدل، یک می‌شوند، نشان‌دهنده بهترین ترکیب از ریسک‌ها است که در عین حال که زمان و هزینه وقوع ریسک از زمان و هزینه ارزش مورد انتظار فراتر نمی‌رود، باعث بهینه‌شدن زمان و هزینه مورد انتظار ریسک‌های حاصل از اجرای پروژه می‌شود. بدین ترتیب مدل پیشنهادی ریسک‌های مختلف را از نظر تأثیری که روی زمان و هزینه مورد انتظار پروژه، البته در صورت وقوع، می‌گذارند، رتبه‌بندی و اولویت‌گذاری می‌کند.

توابع اهداف مدل پیشنهادی

این مدل پیشنهادی دو تابع هدف دارد، که یکی زمان و دیگری هزینه را که از اهداف پروژه هستند، مینیمم می‌کند. تابع هدف اول مینیمم‌سازی، زمان پروژه است و عبارت است از مینیمم مجموع ارزش زمانی مورد انتظار ریسک‌های وقوع یافته و به صورت رابطه (۸) مدل‌سازی می‌شود:

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^n C_i x_i \quad (8)$$

تابع هدف دوم، عبارت است از مینیمم‌سازی هزینه پروژه است و عبارت است از مینیمم مجموع ارزش مالی مورد انتظار ریسک‌هایی که به وقوع می‌پیوندند و به صورت رابطه (۹) مدل‌سازی می‌شود:

$$\min f'(x) = \sum_{i=1}^n C'_i x'_i \quad (9)$$

محدودیت‌های مدل پیشنهادی

$$\min f(x) = 5.76x_1 + 2.52x_2 + 12.6x_3 - 12.48x_4 \\ + 6.84x_5 + 4.27x_6 + 10.37x_7 \\ + 5.84x_8 - 6.27x_9 - 9.38x_{10}$$

$$\min f'(x) = 6400x_1 + 10395x_2 + 14000x_3 \\ - 17550x_4 + 6270x_5 + 7680x_6 \\ + 11285x_7 + 13870x_8 \\ - 5220x_9 - 10720x_{10}$$

$$s. t: 9x_1 + 4x_2 + 18x_3 - 16x_4 + 12x_5 + 7x_6 \\ + 17x_7 + 8x_8 - 11x_9 - 14x_{10} \\ \leq 20.07$$

$$10000x_1 + 16500x_2 + 20000x_3 - 22500x_4 \\ + 11000x_5 + 12000x_6 \\ + 18500x_7 + 19000x_8 \\ - 9000x_9 - 16000x_{10} \leq 36410$$

(۱۴)

$$x_1, x_2, \dots, x_{10} = 0 \text{ یا } 1$$

$$s. t: 14x_1 - 10x_2 + 17x_3 \leq 11$$

(۱۳)

$$12000x_1 - 18000x_2 + 39000x_3 \leq 23520$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n = 0 \text{ یا } 1$$

مطالعه موردی

پروژه ساخت سدی خاکی در منطقه عسلویه در نظر گرفته شده است. در اجرای این سد خاکی، ۱۰ ریسک مختلف شناسایی شده است که از این ۱۰ ریسک، تعداد ۳ ریسک در صورت وقوع ایجاد فرصت می‌کند که ردیف‌های ۴، ۹ و ۱۰ نشان‌دهنده این نوع ریسک‌ها است و سایر ریسک‌ها در صورت وقوع اثر منفی از نظر هزینه و زمان‌بر پروژه تحمیل می‌کند و پروژه را از اهداف مشخص شده دور می‌کند. اطلاعات مربوط به ریسک‌های سد در جدول (۲) آورده شده است.

مدل‌سازی

در این مرحله، بهینه‌سازی همزمان دو هدف مدنظر پروژه که مینیمم‌سازی مجموع ارزش مورد انتظار زمان و هزینه‌های حاصل از وقوع احتمالی ریسک‌های شناسایی شده است، مدل‌سازی می‌شود. مدل مورد نظر متناسب با داده‌های موجود و با توجه به مدل (۱۰) به صورت رابطه (۱۴) است:

جدول ۱: ریسک‌های پروژه، احتمالات وقوع و اثرات آن بر اهداف

| ارزش مورد انتظار | | میزان اثر | | احتمال وقوع | ریسک |
|------------------|---------------------|---|---------------------|-------------|------|
| زمان (روز) C_i | هزینه (دلار) C_i' | زمان (روز) a_i | هزینه (دلار) a_i' | | |
| ۱۰/۵ | ۹۰۰۰ | ۱۴ | ۱۲۰۰۰ | ۰/۷۵ | ۱ |
| -۶ | -۱۰۸۰ | -۱۰ | -۱۸۰۰۰ | ۰/۶۰ | ۲ |
| ۶/۸ | ۱۵۶۰۰ | ۱۷ | ۳۹۰۰۰ | ۰/۴۰ | ۳ |
| ۱۱ | ۲۳۵۲۰ | جمع ارزش مورد انتظار ریسک‌ها و فرصت‌های پروژه | | | |

جدول ۲: ریسک‌های پروژه ساخت سدی خاکی در عسلویه، احتمالات وقوع و اثرات آن بر اهداف پروژه

| ارزش مورد انتظار | | میزان اثر | | احتمال وقوع p_i | ریسک | ردیف |
|------------------|--------|---|--------|----------------------|--|------|
| زمان | هزینه | زمان | هزینه | | | |
| c_i | c_i' | a_i | a_i' | | | |
| ۵/۷۶ | ۶۴۰۰ | ۹ | ۱۰۰۰۰ | ۶۴ درصد | انتخاب نامناسب روش اجرای پروژه | ۱ |
| ۲/۵۲ | ۱۰۳۹۵ | ۴ | ۱۶۵۰۰ | ۶۳ درصد | دخالت‌های کارفرما | ۲ |
| ۱۲/۶ | ۱۴۰۰۰ | ۱۸ | ۲۰۰۰۰ | ۷۰ درصد | پیش‌بینی مدت زمان نامناسب برای اجرای پروژه | ۳ |
| -۱۲/۴۸ | -۱۷۵۵۰ | -۱۶ | -۲۲۵۰۰ | ۷۸ درصد | روش مناقصه‌گذاری و انتخاب پیمانکار (کمترین زمان) | ۴ |
| ۶/۸۴ | ۶۲۷۰ | ۱۲ | ۱۱۰۰۰ | ۵۷ درصد | نبود (کاهش) توان مالی پیمانکار | ۵ |
| ۴/۲۷ | ۷۶۸۰ | ۷ | ۱۲۰۰۰ | ۶۴ درصد | نبود بازدهی مناسب نیروی انسانی | ۶ |
| ۱۰/۳۷ | ۱۱۲۸۵ | ۱۷ | ۱۸۵۰۰ | ۶۱ درصد | نبود کفایت تجربه پیمانکار | ۷ |
| ۵/۸۴ | ۱۳۸۷۰ | ۸ | ۱۹۰۰۰ | ۷۳ درصد | تورم اقتصادی و افزایش قیمت‌ها | ۸ |
| -۶/۲۷ | -۵۲۲۰ | -۱۱ | -۹۰۰۰ | ۵۸ درصد | روش اجرای مناسب مورد استفاده | ۹ |
| -۶/۲۷ | -۱۰۷۲۰ | -۱۴ | -۱۶۰۰۰ | ۶۷ درصد | تخصص و مهارت بالای نیروی انسانی | ۱۰ |
| ۲۸/۱۳ | ۳۶۴۱۰ | جمع ارزش مورد انتظار ریسک‌ها و فرصت‌های پروژه | | | | |

$$\min f(x) = 5.76x_1 + 2.52x_2 + 12.6x_3 - 12.48x_4 \\ + 6.84x_5 + 4.27x_6 + 10.37x_7 \\ + 5.84x_8 - 6.27x_9 - 9.38x_{10}$$

$$s. t: 9x_1 + 4x_2 + 18x_3 - 16x_4 + 12x_5 + 7x_6 \\ + 17x_7 + 8x_8 - 11x_9 - 14x_{10} \\ \leq 20.07$$

$$10000x_1 + 16500x_2 + 20000x_3 - 22500x_4 \\ + 11000x_5 + 12000x_6 \\ + 18500x_7 + 19000x_8 \\ - 9000x_9 - 16000x_{10} \leq 36410$$

حل مدل

برای حل مدل پیشنهادی از روش $L-P$ متریک با $P=I$ استفاده می‌شود. برای به دست آوردن جواب‌های بهینه جداگانه به دست می‌آوریم و سپس به کمک این مقادیر به ازای مقادیر مختلف γ_1, γ_2 تابع هدف $L-P$ بهینه می‌شود.

بهینه‌سازی تابع هدف مربوط به زمان

مدل بهینه‌سازی مربوط به مینیمم کردن زمان ارزش مورد انتظار پروژه به صورت رابطه (۱۵) است:

بهینه‌سازی همزمان دو هدف با استفاده از روش L-P متریک

در این قسمت با توجه به تفاوت مقیاس اندازه‌گیری اهداف موجود و همچنین حداقل کردن انحرافات تابع هدف نسبت به راه حل ایده مدل بهینه‌سازی نهایی، با در نظر گرفتن $P = 1$ و با توجه به رابطه (۵) به صورت رابطه (۱۹) در می‌آید:

$$\max(\gamma_1 \left[\frac{-28.13 - f(x)}{-28.3} \right] + \gamma_2 \left[\frac{-33490 - f'(x)}{-33490} \right])$$

$$s. t: 9x_1 + 4x_2 + 18x_3 - 16x_4 + 12x_5 + 7x_6 + 17x_7 + 8x_8 - 11x_9 - 14x_{10} \leq 20.07$$

$$10000x_1 + 16500x_2 + 20000x_3 - 22500x_4 + 11000x_5 + 12000x_6 + 18500x_7 + 19000x_8 - 9000x_9 - 16000x_{10} \leq 36410$$

(۱۹)

$$x_1, x_2, \dots, x_{10} = 0 \text{ یا } 1$$

با در نظر گرفتن مقادیر مختلف γ_1, γ_2 ، راه حل‌های مؤثری به دست می‌آید که جدول (۳) نمایش‌دهنده جواب‌های حاصل از حل مدل به ازای چهار بردار مختلف مقادیر (γ_1, γ_2) است.

بر حسب نتایج به دست آمده از جدول (۳) نمودار، $f'(x)$ بر حسب $f(x)$ به صورت شکل (۱) خواهد بود که نشان‌دهنده جواب‌های بهینه پارتویی حاصل از ۴ مقدار مختلف بردار γ است.

با توجه به نتایج به دست آمده برای $\gamma(0.5, 0.5)$ ، $x_1 = x_3 = x_4 = x_5 = 1$ و $x_2 = x_6 = x_8 = 1$ و $x_7 = x_9 = x_{10} = 0$ در واقع با حل مدل بالا ریسک‌های پروژه به طور غیر مستقیم اولویت‌بندی شده است؛ به این صورت که متغیرهایی که یک شده‌اند، متغیرهایی هستند که در اولویت دوم قرار می‌گیرند؛ یعنی اینکه ریسک حتی در صورت اتفاق هم، هزینه و زمان پروژه را از هزینه و زمان مورد انتظار بیشتر نمی‌کند و حتی زمان و هزینه مورد انتظار در کمترین میزان آن خواهد بود و متغیرهایی که صفر شده‌اند، متغیرهایی هستند که در اولویت اول قرار می‌گیرند؛ یعنی این ریسک‌ها در صورت وقوع باعث می‌شود که یا هزینه و

(۱۵)

$$x_1, x_2, \dots, x_{10} = 0 \text{ یا } 1$$

جواب بهینه مسئله با استفاده از نرم‌افزار winqsb عبارت است از:

$$\begin{cases} x_4 = x_9 = x_{10} = 1 \\ x_1 = x_2 = x_3 = x_5 = x_6 = x_7 = x_8 = 0 \end{cases} \rightarrow f^*(x) = -28.13$$

(۱۶)

بهینه‌سازی تابع هدف مربوط به هزینه

مدل بهینه‌سازی مربوط به مینیمم کردن ارزش مورد انتظار هزینه پروژه به صورت رابطه (۱۷) است:

$$\begin{aligned} \min f'(x) = & 6400x_1 + 10395x_2 + 14000x_3 \\ & - 17550x_4 + 6270x_5 + 7680x_6 \\ & + 11285x_7 + 13870x_8 \\ & - 5220x_9 - 10720x_{10} \end{aligned}$$

$$s. t: 9x_1 + 4x_2 + 18x_3 - 16x_4 + 12x_5 + 7x_6 + 17x_7 + 8x_8 - 11x_9 - 14x_{10} \leq 20.07$$

$$10000x_1 + 16500x_2 + 20000x_3 - 22500x_4 + 11000x_5 + 12000x_6 + 18500x_7 + 19000x_8 - 9000x_9 - 16000x_{10} \leq 36410$$

$$x_1, x_2, \dots, x_{10} = 0 \text{ یا } 1$$

(۱۷)

حل بهینه مسئله با استفاده از نرم‌افزار winqsb عبارت است از:

$$\begin{cases} x_4 = x_9 = x_{10} = 1 \\ x_1 = x_2 = x_3 = x_5 = x_6 = x_7 = x_8 = 0 \end{cases} \rightarrow f^{*'}(x) = -33490$$

(۱۸)

از فرمول L - P استفاده کرده و سپس با مینیمم کردن آن و با در نظر گرفتن دو محدودیت موجود، نقاط مؤثر را به دست می‌آوریم. برای حل سه مدل بهینه‌سازی فوق از نرم‌افزار winqsb استفاده می‌شود.

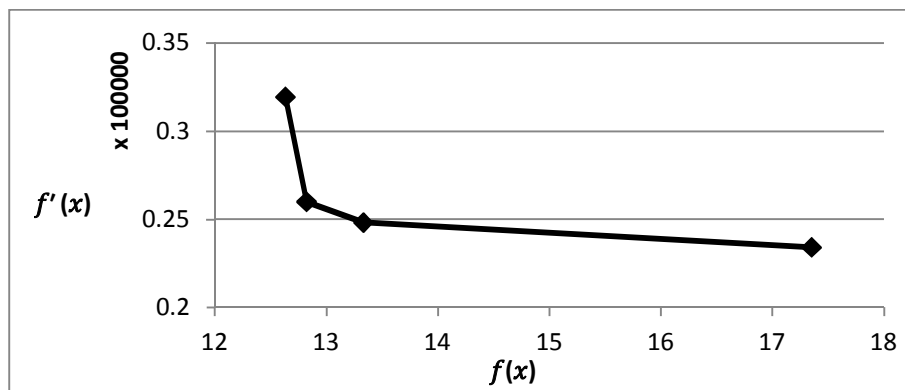
وقوع هستند و در صورت وقوع این سه ریسک و واقع نشدن سایر ریسکها، به طور قطع بهترین حالت ممکن از نظر زمان و هزینه اتفاق می‌افتد. در صورت واقع نشدن هر یک از سه ریسک ذکر شده، می‌توان گفت یا زمان و هزینه از حد مجاز مورد انتظار خارج می‌شود و یا این دو معیار در حالت بهینه خود نخواهند بود. همین تحلیل برای بقیه مقادیر مختلف γ_1, γ_2 وجود دارد.

نقاط روی منحنی مورد نظر، نشان‌دهنده راه حل مؤثر بوده و شخص تصمیم‌گیرنده می‌تواند راه حلی را از بین راه حل‌های موجود، متناسب با اهمیت و وزن هر یک از اهداف پروژه برگزیند و استراتژی مناسب را برای مقابله با ریسکها انتخاب کند، که اعتبار پروژه از بهینگی خارج نشود و یا حتی کمتر شود و همچنین انتظارات نفع‌برندگان را متناسب با نسبت اهمیت هر یک از اهداف پروژه برآورده کند.

زمان، از هزینه و زمان مورد انتظار بیشتر می‌شوند و یا این سبب از بین رفتن بهینگی زمان و هزینه مورد انتظار پروژه می‌شود و باید برنامه‌ریزی دقیقی برای پاسخگویی به آنها توسط شخص تصمیم‌گیرنده صورت بگیرد. با توجه به مسئله ترکیب وقوع ریسکها بهترین ترکیبی است که در عین حال که زمان و هزینه وقوع ریسک از زمان و هزینه ارزش مورد انتظار فراتر نمی‌رود، باعث بهینه‌شدن زمان و هزینه مورد انتظار ریسکهای حاصل از اجرای پروژه می‌شود. در مورد ریسکهای اول، سوم، چهارم، پنجم، هفتم، نهم و دهم با توجه به حل مدل و اینکه $x_1 = x_3 = x_4 = x_5 = x_7 = x_9 = x_{10} = 0$ می‌توان نتیجه گرفت این ریسکها در صورت اتفاق، یا باعث فراتر رفتن زمان و هزینه ارزش مورد انتظار شده و یا باعث می‌شود زمان و هزینه از حالت بهینه خارج شود. در مورد ریسکهای دوم، ششم و هشتم نیز می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که با توجه به اینکه $x_2 = x_6 = x_8 = 1$ این ریسکها بهترین ترکیب از نظر هزینه و زمان برای

جدول ۳: نتایج حاصل از حل مدل

| $\gamma(\gamma_1, \gamma_2)$ | نتایج حاصل از مدل متناسب با وزن اهداف | | |
|------------------------------|--|-------|-------|
| $\gamma(0.5, 0.5)$ | $x_2 = x_6 = x_8 = 1$ | ۱۲/۶۳ | ۳۱۹۴۵ |
| $\gamma(0.1, 0.9)$ | $x_1 = x_3 = x_6 = x_8 = x_9 = x_{10} = 1$ | ۱۲/۸۲ | ۲۶۰۱۰ |
| $\gamma(0.6, 0.4)$ | $x_1 = x_3 = x_6 = x_7 = x_9 = x_{10} = 1$ | ۱۷/۳۵ | ۲۳۴۲۵ |
| $\gamma(0.9, 0.1)$ | $x_3 = x_6 = x_8 = x_{10} = 1$ | ۱۳/۳۳ | ۲۴۸۳۰ |



شکل ۱: نمودار مربوط به مجموعه جوابهای بهینه پارتویی حاصل از حل مدل

بحث در نتایج

در مقالاتی که تا کنون در مورد ارزیابی ریسک‌ها، تدوین شده و مدل‌هایی که در این زمینه ارائه شده است، تلاش بر این بوده که بر اساس روش‌های مختلف مثل AHP، TOPSIS و رویکرد فازی و... ریسک‌ها را رتبه‌بندی و متناسب با رتبه هر ریسک برنامه‌ریزی‌های لازم برای پاسخ‌گویی به آن ریسک انجام بگیرد، در صورتی که در این مدل‌ها، توجه خاصی به اهداف پروژه نشده است، اما در این مقاله متناسب با اهمیت هر یک از اهداف پروژه و وزن‌دهی به آنها و با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندهدفه، ریسک‌ها را متناسب با تأثیر آنها روی هر یک از اهداف ارزیابی می‌کند و شرایطی را برای شخص تصمیم‌گیرنده به وجود می‌آورد که بتواند راه حل‌های متفاوت و مؤثری را برای پاسخگویی به ریسک‌ها داشته باشد که با اجرای آنها بهینگی پروژه را حفظ کند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مقاله ارزیابی ریسک‌های موجود در یک پروژه سدسازی در منطقه عسلویه به کمک یک مدل برنامه‌ریزی خطی صفر و یک دهدفه مدل‌سازی شده است. مدل پیشنهاد شده شامل دو هدف است که عبارتند از مینیمم‌کردن مجموع ارزش زمانی و ارزش هزینه‌ای مورد انتظار ریسک‌های موجود. برای حل مدل دهدفه پیشنهادی از روش $L-P$ متریک با $P=I$ استفاده شده است و مجموعه جواب‌های بهینه پارتویی به ازای مقادیر مختلف اوزان توابع هدف به دست آمده است.

برای ادامه تحقیق حاضر، می‌توان به استفاده از سایر تکنیک‌های حل مسائل MODM، به عنوان مثال برنامه‌ریزی آرمانی، اشاره کرد. علاوه بر آن، در نظر گرفتن ورودی‌های مدل پیشنهادی به صورت فازی نیز می‌تواند فرضیه خوبی برای تحقیقات بعدی باشد.

مراجع

- 1- Arish, A. Akbarpour, M. And Seyedesfahani, M, M. (2010). Model-based decision support in planning risk responses, *International Journal of Industrial Engineering and Production Management*, Vol. 20, No. 3.
- 2- Ascencion, Zafra-Cabeza., Miguel, A., Ridao, Eduardo F. Camacho., (2008). "Using a risk-based approach to project scheduling." A case illustration from semiconductor manufacturing, *European Journal of Operations Research*, 190., 708-723.
- 3- A Guide to the project management body of knowledge, fourth edition, Pennsylvania, Project Management Institute, 2008.
- 4- Baker, C.A. and Zeng, J., (2005). "A fuzzy-logic-based approach to qualitative risk modeling in the construction process." *World J Eng*, 2(1), 1-12.
- 5- Nummedal, T.A., Hide, A. and Heyerdahl, R. "Cost effective risk management on ageing offshore installations", Proceedings of the International Conference on Health, Safety and Environment, Society of Petroleum Engineers, Richardson, 2, 557-65.
- 6- Khamene, A. Practical implementation of risk management in an international tender for power plant project, 05th International Project Management Conference.
- 7- Jabal Ameli, M, S. rezaei, A. chanibakhsh, A. (2010). Project Risk Ranking using multi-criteria decision models, *Journal of Industrial Engineering*. No. 109.
- 8- Zayed, Tarek., Amer, Mohamed. and Pan, Jiayin. (2008). "Assessing risk and uncertainty inherent in Chinese highway projects using AHP." *International Journal of Project Management*, 26, 408-419.
- 9- Salehi sedgheyani, J. (2010). Provide a method for ranking risks of project activities based on CPM networks using fuzzy and fuzzy TOPSIS methods, *Journal of Industrial Management*, Vol. 1, No. 3, PP. 69-82.
- 10- Nieto-Morote, A. and Ruz-Vila, F. (2011). "A fuzzy approach to construction project risk assessment." *International Journal of Project Management*, 29., 220-231.

- 11- Sayadi, A, R and Azar, A. (2011). Assessing and ranking risks in tunneling projects using linear allocation, *International Journal of Industrial Engineering and Production Management*, Vol. 22, No. 1, PP. 28-38.
- 12- KarimiAzari, A.R., Mousavi, N., Mousavi, S.F. and Hosseini, S.B. (2011). "Risk assessment model selection in construction industry." *Expert Systems with Applications*, 38., 9105–9111.
- 13- Asgharpoor, M, J. (1997). Multi Criteria Decision Making, Tehran University Press.
- 14- Makuei, A. (2006). Decision Techniques, Publications mehre mahe nuo.
- 15- Avazkhah, H and Mohebbi, A. (2010). Project Risk Management, Publications Qian Green Computing.

واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1- Project Management Body of Knowledge
 - 2- Analytic Hierarchy Process (AHP)
 - 3- Critical Path Method (CPM)
 - 4- Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
 - 5- Nominal Group Technique (NGT)
 - 6- Multiple Objective Decision Making (MODM)
-