کد مقاله : A-10-375-1

ارائه روش تحلیل حالات خرابی به منظور ارزیابی ریسک‌های پروژه در محیط فازی با ارزش بازه ای

سید میثم موسوی[1]، نازنین فروزش[*2]
[1]عضو هیات علمی گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران،
sm.mousavi@shahed.ac.ir
[2]دانشجوی کارشناسی مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، تهران،
nazanin.foroozesh@yahoo.com

چکیده - ارزیابی و کاهش ریسکهای پروژه گامی حیاتی در مدیریت موفق پروژه ها محسوب می‌شود. برای این منظور در این مقاله روش جدید تحلیل حالات بحرانی و اثرات ریسک (RFMEA) تحت شرایط عدم قطعیت به عنوان ابزاری کارآمد در جهت شناسایی و ارزیابی ریسکهای پروژه معرفی می شود. در این روش پیشنهادی از عدد اولویت‌بندی ریسک برای تعیین مقدار رتبه هر یک از ریسکهای پروژه استفاده می‌گردد. در شرایط واقعی در پروژه های بزرگ، گروهی از نظرات با دیدگاه های مختلف با درنظرگرفتن شرایط کمبود اطلاعات، عدم قطعیت و نیز مقادیر مبهم و نادقیق برای ارزشیابی حالات بالقوه ریسکها وجود دارد؛ لذا ارائه روش تحلیل حالات بحرانی با کارگیری تئوری مجموعه‌های فازی با ارزش بازه ای(interval-valued fuzzy sets) برای برخورد با این عدم قطعیتها در محیط پروژه های بزرگ ضروری است. سرانجام روش پیشنهادی در یک مثال کاربردی در صنعت ساخت برای پروژه های شهری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

کلید واژه- پروژه های بزرگ، ارزیابی ریسکها، تحلیل حالات بحرانی و اثرات ریسک، تئوری مجموعه‌های فازی با ارزش بازه ای

۱- مقدمه

اغلب پروژه های بزرگ در یک محیط پویا و پیچیده اجرا می شوند، به نحوی که وجود عدم قطعیتها و ریسکها جز ویژگی‌های ذاتی آنها محسوب می‌شود. این عدم قطعیتها باعث گردیده که اغلب پروژه های بزرگ کشور نتوانند در رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده موفقیت قابل توجهی کسب نمایند. این موضوع منجر به مشکلاتی می‌گردد که از آن جمله می‌توان به عدم توجیه اقتصادی برای بهره برداری از پروژه ها که شامل کارایی و بروز نارضایتی در ذینفعان کلیدی پروژه است؛ اشاره نمود (موسوی و همکاران، ۲۰۱۱).

در دهه گذشته روش تحلیل حالات بحرانی و اثرات آن (FMEA) به عنوان یک ابزار کارآمد برای تعیین حالات بالقوه شکست در صنایع مختلف مطرح گردیده است (سگیسموند و میگوئل، ۲۰۰۸). در این روش از عدد اولویت-بندی ریسک (RPN) برای تعیین امتیاز نهایی هر یک از حالات شکست استفاده می‌شود. هر چه این مقدار بالاتر باشد، درجه اهمیت آن خطر یا رویداد شکست بالاتر خواهد بود. به طور اجمالی روشهای تحلیل خطرات و شکستها عبارتند از مصاحبه های تخصصی، ارزش پولی مورد انتظار و ماتریسهای پاسخ، همراه با تکنیکهای پیشرفته تر جهت بررسی خطر مانند روش شبیه سازی مونت کارلو. با در نظر گرفتن محیط پروژه‌های بزرگ، ارزیابی و مدیریت ریسکهای این پروژه‌ها از جمله زمینه های جدید و قابل تامل تحقیقاتی برای به کارگیری و توسعه روش FMEA می‌تواند محسوب شود. در خصوص ادبیات موضوع مربوط، راز و مایکل (۱۹۹۹) و پریچارد (۲۰۰۱) به ارائه اطلاعات جامعی در مورد منشا ریسک و تکنیکهای تحلیلی مختلف و نیز برنامه های کاربردی و مورد نیاز پرداختند. لیو و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی اثرات خطرات با استفاده از روش FMEA و تصمیم گیری در محیط فازی کلاسیک

پرداختند. یکی از روش های مدیریت ریسک چند برابر کردن احتمال ریسک با بررسی تاثیر مورد انتظار آن است. این کار، روش استفاده از بررسی احتمال ریسک با افزایش مقدار تاثیر آن و وضعیت گسترش آن ریسک است. افزایش سه شاخص احتمال وقوع، شدت (تاثیر) و تشخیص در روش FMEA در ادبیات موضوع برای فرآیند، طراحی و برنامه ریزی در سطح خدمات مورد استفاده قرار گرفته است. این روش به خاطر ساختار جامع و سهولت استفاده و آشنا بودن تکنیکهایش در فرآیندهای مدیریت ریسک پروژه نیز می‌تواند به طور کارآمد و اثربخش در سطح وسیع مورد بهره برداری قرار گیرد.

روش FMEA سنتی که در بالا بحث گردید، به دلایل مختلفی قادر به بررسی شرایط رویدادهای بالقوه با درنظر گرفتن عدم قطعیتها در محیط پروژه های بزرگ نیست. دلیل اول آنکه اهمیت سه فاکتور مهم در ارزیابی در این روش یعنی شدت، وقوع رویداد و شناسایی که در تعیین درجه اولویت نقش اساسی دارند، لحاظ نمی گردد. دلیل دوم آنکه مقادیر اطلاعات مربوط هر یک از فاکتور مهم در ارزیابی معمولا نادقیق، ناکافی، مبهم و مبتنی بر نظرات خبرگان بوده و محل مناسبی برای به کارگیری تئوری مجموعه های فازی می باشند.

در این مقاله یک روش جدید تحلیل حالات بحرانی و اثرات ریسک (RFMEA) تحت شرایط عدم قطعیت به عنوان ابزاری کارآمد در جهت شناسایی و ارزیابی این ریسکهای پروژه پیشنهاد می شود. برای برخورد با انواع مختلف عدم قطعیتها، این روش در محیط مجموعه‌های فازی با ارزش بازه ای (interval-valued fuzzy sets) معرفی می‌شود. مجموعه‌های فازی با ارزش بازه ای در زمره مناسبترین ابزارهای مواجهه با عدم قطعیتها برای تلفیق با روش RFMEA خواهد بود تا بتواند پیچیدگی های سیستم را در مدلسازی رویدادهای بالقوه بحرانی لحاظ نماید. هم چنین یک شاخص رتبه بندی جدید فازی با ارزش بازه ای برای تعیین اولویت هر یک از ریسکهای پروژه ارائه می‌گردد. در ادامه برای نشان دادن نحوه عملکرد روش پیشنهادی (IVF-RFMEA)، نتایج محاسباتی در یک مثال کاربردی در صنعت ساخت پیاده سازی می شود. با به کارگیری روش پیشنهادی، مدیران پروژه می توانند به شناخت و ارزیابی جامعی از ریسکهای موجود برسند و سرانجام مدیریت اثربخش تری در پروژه ها داشته باشند.

ساختار این مقاله مشتمل بر ۴ بخش اساسی است. در بخش دوم تعاریف و عملگرهای پایه تئوری مجموعه‌های فازی با ارزش بازه ای بیان می شود. در بخش سوم مدل IVF-RFMEA پیشنهادی برای شناسایی و ارزیابی ریسکهای پروژه معرفی می‌گردد. سرانجام در بخش چهارم نتایج محاسباتی این مدل در یک مثال کاربردی در صنعت ساخت تبیین می گردد.

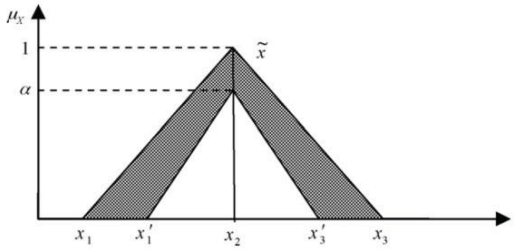
۲- تعاریف و مفاهیم فازی با ارزش بازه ای

در تئوری مجموعه های فازی کلاسیک، برای فرد خبره و تصمیم گیرنده تعیین دقیق نظراتشان در دامنه ۰ و ۱ مشکل به نظر می رسد. بنابراین مناسب تر آن است که این درجه عضویت در یک بازه مطرح گردد (ترکسن، ۱۹۹۲). علاوه براین برخی از محققان در سالهای اخیر ارائه بیان زبانی در فرم فازی کلاسیک را قانع کننده ندانسته‌اند (گرلسزنی، ۲۰۰۴؛ وحدانی و هادی‌پور، ۲۰۱۱). اعداد فازی با ارزش بازه ای نخستین بار توسط گرلسزنی (۱۹۸۷) مطرح گردید. وی یک عدد فازی با ارزش بازه ای را بر روی $(-\infty,+\infty)$ به صورت زیر تعریف می کند:

$$A = \left\{\left(x, \left[\mu_A^L(x), \mu_A^U(x)\right]\right)\right\} \qquad (۱)$$
$$\mu_A^L, \mu_A^U : X \to [0,1] \quad \forall x \in X, \quad \mu_A^L \le \mu_A^U$$

$$\bar{\mu}_A(x) = [\mu_A^L(x), \mu_A^U(x)]$$
$$A = \{(x, \bar{\mu}_A(x))\}, x \in (-\infty, +\infty)$$

و $\mu_A^U(x)$ و $\mu_A^L(x)$ که در آن حد پایین و بالای درجه عضویت در نظر گرفته می‌شود. این عدد فازی در شکل زیر به نمایش درآمده است.



شکل۱. عدد فازی مثلثی با ارزش بازه ای

تعریف ۱. دو عدد فازی با ارزش بازه ای $\tilde{M} = [(M_1, M_1'); M_2; (M_3', M_3)]$ و $\tilde{N} = [(N_1, N_1'); N_2; (N_3', N_3)]$ را در نظر بگیرید؛ برای عملیات اصلی بین آنها، روابط زیر داریم (کئو،۲۰۱۱):

$$N \cdot M(x \cdot y) = \left[N_x^- \cdot M_y^-; N_x^+ \cdot M_y^+\right] \quad (۲)$$

$$\tilde{N} \div \tilde{M} = [(N_1, N_1'); N_2; (N_3', N_3)] \div [(M_1, M_1'); M_2; (M_3', M_3)] \quad (۳)$$
$$= [(N_1 \div M_3, N_1' \div M_3'); N_2 \div M_2; (N_3' \div M_1', N_3 \div M_1)].$$

و

$$\tilde{N} - \tilde{M} = [(N_1, N_1'); N_2; (N_3', N_3)] - [(M_1, M_1'); M_2; (M_3', M_3)] \quad (۴)$$
$$= [(N_1 - M_3, N_1' - M_3'); N_2 - M_2; (N_3' - M_1', N_3 - M_1)]$$

تعریف۲. با توجه به دو عدد فازی با ارزش بازه ای $\tilde{M}$ و $\tilde{N}$ مقدار h به صورت زیر تعریف می شود (گرلسززنی، ۲۰۰۴):

$$h(\tilde{N}) = \frac{N_1 + N_1' + 2N_2 + N_3' + N_3}{6} \quad (۵)$$

و

$$h(\tilde{M}) = \frac{M_1 + M_1' + 2M_2 + M_3' + M_3}{6}. \quad (۶)$$

می تواند گفته شود $\tilde{N} > \tilde{M}$ است، اگر $h(\tilde{N}) > h(\tilde{M})$ باشد.

۳- روش پیشنهادیIVF-RFMEA برای ارزیابی ریسکهای پروژه

چارچوب و روش پیشنهادی IVF-RFMEA در خلال یک برنامه‌ی تیمی برای اصلاحات مورد نیاز برای ریسکهای یک پروژه ای خاص ایجاد می‌شود. روند روش پیشنهادی در شکل زیر به طور خلاصه بیان شده است. گام اول برای تیم به مبادله فکری رویدادی احتمالی مخاطره آمیز است. تیم پروژه باید طوری برنامه ریزی کند که بداند در هر رویداد خطر تشخیص دهد که اگر x اتفاق می افتد، رویداد "x" رخ دهد اتفاق "y" خواهد افتاد؛ به گونه‌ای که x رویداد مخاطره آمیز و y متاثر از آن باشد.

گام اول	تعیین ریسک ها (رخدادها) بالقوه پروژه
گام دوم	تعیین وزن و مقادیر تشخیصی، احتمالات و تاثیرات با استفاده از واژگان زبانی و اعداد فازی با ارزش بازه ای
گام سوم	مرور پارتو IVF-RPN و تعیین مقدار بحرانی آن با اعداد فازی با ارزش بازه ای
گام چهارم	مرور میزان ریسک در پارتو وتعیین مقدار بحرانی میزان ریسک
گام پنجم	بررسی نمودار های IVF-RPN در برابر میزان ریسک
گام ششم	تعیین تاثیرات متقابل میزان ریسک و مقادیرIVF-RPN بحرانی
گام هفتم	ارائه اقدامات پیشنهادی برای مقادیر بحرانی ریسک
گام هشتم	بررسی مجدد اقدامات پیشنهادی برای مقادیرIVF-RPN بحرانی

شکل ۱. مراحل فرآیند IVF-RFMEA پیشنهادی

توضیح	عدد فازی مثلثی با ارزش بازه ای
به احتمال بسیار زیاد رخ می دهد	[(۰,۵۵,۰,۷۵);۰,۹;(۰,۹۵,۱)]
به احتمال زیاد رخ می دهد	[(۰,۴۵,۰,۵۵);۰,۷ ;(۰,۸,۰,۹۵)]
شانس برابر وقوع یا عدم وقوع	[(۰,۲۵,۰,۳۵);۰,۵;(۰,۶۵,۰,۷۵)]
احتمالا اتفاق نخواهد افتاد	[(۰,۰,۱۵);۰,۳ ;(۰,۴۵,۰,۵۵)]
بسیار بعید است	[(۰,۰,۰۵); ۰,۱ ; (۰,۲۵,۰,۳۵)]

جدول ۱. راهنمای محاسبه احتمال وقوع ریسک

۴- مثال کاربردی در صنعت ساخت

در این بخش یک مثال کاربردی برای پروژه های ساخت ارائه می گردد. برای این منظور یک پروژه شهری را در نظر بگیرید. در این پروژه در ابتدای امر ریسکهای محتمل از دید پیمانکار اصلی در فازهای مختلف چرخه عمر پروژه شناسایی می شود. سپس گام های روش پیشنهادی IVF- RFMEA در بخش سوم به ترتیب با استفاده از جداول زیر برگرفته از واژگان زبانی و اعداد معادل فازی مثلثی با ارزش بازه ای اجرا می شود. شایان ذکر است که برای در نظرگرفتن وزن مربوط به هر یک از فاکتورهای مهم تاثیر گذار و نیز مقدار فاکتور تشخیص در محاسبه عدد اولویت

هر یک از ریسکها می‌توان از مقیاس پنج تایی در جدول ۱ با گرفتن نظرات خبرگان با واژگان زبانی و در ادامه تبدیل به عدد فازی مثلثی با ارزش بازه ای استفاده نمود.

توضیح	عدد فازی مثلثی با ارزش بازه ای
برنامه: تاثیر بر نقاط عطف اصلی و بالای ۲۰ ٪ تاثیربر جریان بحران. هزینه: کل هزینه پروژه با افزایش بیش از ۲۰ ٪ . شرایط فنی: محصول پایانی غیر قابل استفاده است.	[(۰,۵۵,۰,۷۵);۰,۹;(۰,۹۵,۱)]
برنامه: تاثیر بر نقاط عطف اصلی و بین ۱۰ ٪تا ۲۰ ٪ تاثیر بر جریان بحرانی. هزینه: کل هزینه پروژه با افزایش از ۱۰ ٪تا ۲۰ ٪. شرایط فنی: میزان تاثیر در محصول خروجی در حدی است که قابل استفاده برای مشتری می باشد.	[(۰,۴۵,۰,۵۵);۰,۷ ;(۰,۸,۰,۹۵)]
برنامه : تاثیر از ۵ ٪تا ۱۰٪ بر جریان بحران . هزینه: کل هزینه پروژه بعلاوه افزایش ۵ ٪تا ۱۰٪ . شرایط فنی: اثر در محصول خروجی در حدی که به تایید مشتری نیاز داشته باشد.	[(۰,۲۵,۰,۳۵);۰,۵;(۰,۶۵,۰,۷۵)]
برنامه: تاثیر کمتر از ۵ ٪برمسیر بحرانی . هزینه: کل هزینه پروژه با افزایش کمتر از ۵ ٪ . شرایط فنی: تاثیرات در محدوده کوچک است اما، به تغییراتی با مشتری نیاز دارد.	[(۰,۰,۱۵);۰,۳ ;(۰,۴۵,۰,۵۵)]
برنامه: تاثیری ندارد. هزینه: هزینه ی پروژه افزایش نمی یابد. شرایط فنی: تغییرات قابل توجه نیست.	[(۰,۰,۰۵); ۰,۱ ; (۰,۲۵,۰,۳۵)]

جدول ۲ . راهنمای احتمال تاثیر

سرانجام نتایج محاسباتی روش پیشنهادی برای ۵ ریسک مهم در جدول ۳ برای تعیین اولویت هر یک از ریسکهای پروژه شهری آمده است.

ریسک	احتمال	تاثیر	تشخیص	*h(IVF-RPN)*	اولویت ریسک
افزایش قیمت مواد اولیه و دستمزدها	[(۰,۲۵,۰,۳۵);۰,۵;(۰,۶۵,۰,۷۵)]	[(۰,۵۵,۰,۷۵);۰,۹;(۰,۹۵,۱)]	[(۰,۲۵,۰,۳۵);۰,۵;(۰,۶۵,۰,۷۵)]	۰,۱۹۵۸	۲
عدم پرداخت به موقع صورت وضعیتها	[(۰,۸,۰,۹۵);۰,۷ ;(۰,۴۵,۰,۵۵)]	[(۰,۴۵,۰,۵۵);۰,۷ ;(۰,۸,۰,۹۵)]	[(۰,۲۵,۰,۳۵);۰,۵;(۰,۶۵,۰,۷۵)]	۰,۲۰۵۸	۱
برآورد نادرست دامنه کاری	[(۰,۴۵,۰,۵۵);۰,۳ ;(۰,۰,۱۵)]	[(۰,۲۵,۰,۳۵);۰,۵;(۰,۶۵,۰,۷۵)]	[(۰,۰,۱۵);۰,۳ ;(۰,۴۵,۰,۵۵)]	۰,۰۳۷۰	۵
ضعف در دانش عمومی مدیریت پروژه	[(۰,۴۵,۰,۵۵);۰,۷ ;(۰,۸,۰,۹۵)]	[(۰,۵۵,۰,۷۵);۰,۹;(۰,۹۵,۱)]	[(۰,۰,۱۵);۰,۳ ;(۰,۴۵,۰,۵۵)]	۰,۱۴۵۶	۳
تغییرات در حین کار از سوی کارفرما	[(۰,۴۵,۰,۵۵);۰,۳ ;(۰,۰,۱۵)]	[(۰,۲۵,۰,۳۵);۰,۵;(۰,۶۵,۰,۷۵)]	[(۰,۴۵,۰,۵۵);۰,۷ ;(۰,۸,۰,۹۵)]	۰,۱۲۴۳	۴

جدول ۳ . نتایج محاسباتی روش پیشنهادی برای ۵ ریسک مهم

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

سازمانهای پروژه محور بایستی برای ماندن در فضای رقابت جهانی در فرایندهای مدیریت ریسک خود از ابزارهای نوین و کاربردی برای مواجهه با عدم قطعیتها بهره جویند. روش پیشنهادی تحلیل حالات خرابی به منظور ارزیابی ریسک‌های پروژه در محیط فازی با ارزش بازه ای (IVF-RFMEA) یک ابزار دقیق و پیشرفته در کنار ویژگی سادگی و خلّاقیت است. IVF-RFMEA پیشنهادی، روشی کارآمد برای اصلاح و بهبود فرآیند مدیریت ریسک در پروژه های بزرگ است. این روش براساس روش سنتی تحلیل حالات خرابی و اثرات آن، استوار است. با افزودن مفاهیم واژگان زبانی و تئوری مجموعه های فازی با ارزش بازه ای به فاکتور تشخیص برای ریسکها که در ادبیات موضوع صرفا بر مبنای احتمال و بر اساس تاثیرات در محیط قطعی بود؛ روش IVF-RFMEA در پروژه های بزرگ معرفی می شود. با اضافه کردن ارزش تشخیص به عنوان سومین فاکتور تاثیرگذار در کنار اعمال وزن هر یک از فاکتورهای مهم در محیط فازی با ارزش بازه ای، بهبود اولویت بندی ریسکها امکان پذیر می گردد. در صورتی که این روش در ارزیابی میزان ریسک و هم در میزان IVF-RPN برای یافتن مقادیر امتیاز ریسکهای بسیار مهم پروژه‌ها که نیاز به برنامه ریزی برای پاسخگویی در مورد مخاطرات فوری دارند، به درستی مورد استفاده قرار گیرد؛ می‌تواند تا حد زیادی موجب کاهش اثرات زیانبار ریسکها در یک پروژه گردد. هم چنین منجر به تسلّط تیم پروژه در برنامه‌ریزی ریسکها تحت شرایط عدم قطعیت، به عنوان یک منبع برای پروژه های آینده از دیدگاه دانش مدیریت پروژه و دروس آموخته گردد. برای نشان دادن توانمندی روش IVF-RFMEA پیشنهادی، یک مثال کاربردی در صنعت ساخت ارائه شده و نتایج محاسباتی آمده است. نتایج بیانگر سودمندی و کاربردپذیری این روش در محیط پروژه های بزرگ به منظور ارزیابی ریسکها می باشد. برای تحقیقات آتی تلفیق روش پیشنهادی با رویکردهای رایج تصمیم گیری چند معیاره تحت شرایط عدم قطعیت پیشنهاد می گردد.

مراجع

[1] A. Segismundo, P.A.C. Miguel, “Failure mode and effects analysis (FMEA) in the context of risk management in new product development”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol .25, No. 9, pp. 899-912, 2008.
[2] B. Vahdani, H. Hadipour, "Extension of the ELECTRE method based on interval-valued fuzzy sets", *Soft Computing*, Vol. 15, pp. 569-579, 2011.
[3] C. Pritchard, *Risk Management, Concepts and Guidance*, 2nd ed., ESI International, 2001.
[4] H.-C. Liu, L. Liu, N. Liu, L.-X. Mao, "Risk evaluation in failure mode and effects analysis with extended VIKOR method under fuzzy environment", *Expert Systems with Applications*, Vol. 39, pp. 12926–12934, 2012.
[5] I.B. Turksen, "Interval-valued fuzzy sets and compensatory", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 51, pp. 295–307, 1992.
[6] M.B. Gorzalczany, "A method of inference in approximate reasoning based on interval-valued fuzzy sets", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 21, pp. 1–17, 1987.
[7] M.-S. Kuo, "A novel interval-valued fuzzy MCDM method for improving airlines’service quality in Chinese cross-strait airlines", *Transportation Research Part E*, Vol. 47, pp. 1177–1193, 2011.
[8] P. Grzegorzewski, "Distances between intuitionistic fuzzy sets and/or interval valued fuzzy sets based on the Hausdorff metric", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 148, pp. 319–328, 2004.
[9] S.M. Mousavi, R. Tavakkoli-Moghaddam, H. Hashemi, S.M.H. Mojtahedi, “A novel approach based on non-parametric resampling with the interval analysis for large engineering project risks”, *Safety Science*, Vol. 49, pp. 1340-1348, 2011.
[10] T. Raz, E. Michael, “Benchmarking the Use of Project Risk Management Tools,” *Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars and Symposium*, October 1999.