

آنالیز کیفی ریسک با استفاده از روش دیمتل فازی (مطالعه موردی: پروژه لایروبی بندر انزلی)

علی بهرامی^{۱*}، فرناد نصیرزاده^۲

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۲۱

*نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۰۸

© نشریه صنعت حمل و نقل دریایی ۱۳۹۷، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه صنعت حمل و نقل دریایی است.

چکیده

یکی از مهم‌ترین دلایل شکست پروژه در دستیابی بهینه به اهداف از پیش تعیین شده، وجود ریسک‌ها و نیز عدم قطعیت‌ها در طول مراحل مختلف انجام آن پروژه است. ریسک‌های اثرگذار بر پروژه‌ها، اندرکنش‌های پیچیده‌ای با یکدیگر دارند. به نحوی که وقوع یک ریسک می‌تواند باعث تشدید اثر سایر ریسک‌ها شود. روش‌های متداول ارزیابی ریسک امکان در نظر گرفتن اندرکنش‌های پیچیده بین ریسک‌ها را ندارد و ارزیابی درستی از شدت اثر ریسک‌ها به دست نمی‌دهند. در این تحقیق با استفاده از روش یکپارچه دیمتل - فازی، شدت اثر ریسک‌ها با در نظر گرفتن اندرکنش بین آنها و با استفاده از نظرات گروهی از کارشناسان ارزیابی شده است. ابتدا از بین ۵۸ ریسک شناسایی شده، ۱۰ ریسک برتر با استفاده از دیاگرام احتمال - تأثیر تعیین شد و سپس به منظور رتبه‌بندی دقیق‌تر این ریسک‌ها، از تکنیک دیمتل - فازی استفاده شد و میزان تأثیرگذاری این ریسک‌ها بر یکدیگر ارزیابی گردید. دست آخر، رتبه‌بندی ۱۰ ریسک برتر، از حاصلضرب چهار فاکتور شامل تأثیر بر پروژه، احتمال وقوع، تأثیرگذاری بر سایر ریسک‌ها و تأثیرپذیری از سایر ریسک‌ها، با استفاده از ترکیب روش‌های دیمتل و منطق فازی انجام شد. برای نشان دادن قابلیت‌های روش دیمتل فازی پیشنهادی، این روش بر روی پروژه لایروبی بندر انزلی که یکی از بنادر بزرگ و مهم ایران است پیاده شد.

واژه‌های کلیدی: ریسک، آنالیز کیفی ریسک، دیمتل - فازی.

۱. کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، Alibahrami55@Yahoo.Com

۲. دکترای مهندسی و مدیریت ساخت، استادیار دانشگاه پیام نور، گروه مهندسی معماری، بخش مهندسی و مدیریت پروژه، F.Nasirzadeh@Gmail.Com

۱- ادبیات پژوهش

۱-۱- تعاریف

تعداد زیادی از پروژه‌ها در دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده خود بر حسب مؤلفه‌های هزینه، زمان و کیفیت انجام کار ناموفق می‌باشند و با مشکلاتی از قبیل افزایش هزینه، افزایش زمان و کاهش کیفیت کار، مواجه می‌شوند. آنچه تأثیر منفی بر عملکرد پروژه‌ها می‌گذارد، مجموعه‌ای از عوامل و فاکتورهای اثرگذار مانند تورم، کمبود منابع مالی، شرایط سیاسی و غیر آن می‌باشند که ریسک‌های پروژه نامیده می‌شوند. در حقیقت، بر اساس یک رویکرد علمی می‌توان گفت که وجود ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها در طول مراحل مختلف انجام یک پروژه، از عوامل اصلی شکست پروژه‌ها در دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده آن، می‌باشد. محققین، تعاریف متفاوتی از ریسک ارائه داده‌اند که مفهوم کلی آنها عموماً یکسان می‌باشد. از جمله نیوا (Niwa, 1989) و وایدمن (Wideman, 1992) تعریف ریسک پروژه را شانس وقوع رویداد معین می‌دانند که تأثیر منفی بر دستیابی به اهداف پروژه دارد. انجمن مدیریت پروژه در استاندارد PMBOK سال ۲۰۰۸، ریسک را به مفهوم رویداد یا شرایطی غیرقطعی که در صورت وقوع، تأثیر مثبت یا منفی روی اهداف پروژه می‌گذارد تعریف می‌کند. به عبارت دیگر، ریسک به معنای رویداد/حالتی است که وقوع آن قابل شناسایی می‌باشد و تأثیر منفی بر اهداف پروژه می‌گذارد، توزیع احتمالی پیامدهای آن قابل کمی کردن می‌باشد و به وسیله یکی از افراد درگیر در پروژه قابل کنترل است. مدیریت ریسک پروژه، فرآیند سیستماتیک شناسایی، تجزیه و تحلیل، پاسخگویی و کنترل ریسک‌های پروژه به منظور پیشینه کردن نتایج وقایع مثبت و نیز کمینه کردن نتایج وقایع منفی می‌باشد (PMBOK, 2008). مدیریت ریسک فرایندی است که شامل شش مرحله برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، شناسایی ریسک، ارزیابی کیفی ریسک، ارزیابی کمی ریسک، پاسخ‌دهی و کنترل ریسک می‌باشد. ارزیابی کیفی ریسک به عنوان یکی از مهم‌ترین مراحل مدیریت ریسک یعنی فرآیند تعیین اولویت ریسک‌ها می‌باشد که طی آن، شدت اثر ریسک‌ها بادر نظرگرفتن احتمال وقوع و نیز میزان پیامدهای ناشی از هر ریسک تعیین می‌شود تا ریسک‌های بحرانی که نیاز به مدیریت و توجه بیشتر دارند، شناسایی شوند. ریسک با سه مؤلفه رویداد ریسک، احتمال رخداد و پتانسیل سود/ ضرر توصیف می‌شود. با توجه به مشخصه‌های ذکرشده، ریسک می‌تواند با ضرب احتمال وقوع در میزان تأثیر آن، اندازه‌گیری شود (Alabhar and Crandall, 1990; Raftery, 1994).

۱-۲- پیشینه پژوهش

تا کنون تحقیقات مختلفی در زمینه ارزیابی کیفی ریسک‌ها صورت گرفته است. چاپمن و کوپر در سال ۱۹۸۳، اولین تلاش را برای ایجاد ساختار ریسک پروژه و شناسایی منابع آن انجام دادند و روش مهندسی ریسک را معرفی کردند. آنها ابزارهای مختلف و تکنیک‌های شبیه PERT و درخت تصمیم را با هم ادغام کردند و کمیت ریسک و توزیع احتمال‌های حاصله از فعالیت‌ها و دوره‌های پروژه را ارائه دادند (Chapman and Cooper, 1983). از این رو، ریسک به عنوان متغیر توزیع فعالیت‌ها و یا مدت زمان دوره پروژه مدل‌سازی شد. ویربا و همکاران در سال ۱۹۹۶ از FST برای ارزیابی احتمال رخداد ریسک با استفاده از متغیرهای زبانی استفاده کردند. آنها تأثیر ریسک هزینه را به عنوان استراتژی پاسخ‌دهی ریسک مدنظر قرار دادند که مربوط به استفاده از وزن‌های فازی برای روش جمع‌آوری ارزیابی ریسک می‌باشد (Wirba et al., 1996). یکی از ضعف‌های کلیدی FST این است که متوسط ارزیابی‌های وزن‌های منفرد را محاسبه می‌کند. تاه و همکارانش در سال ۱۹۹۹ مدل جدیدی از ارزیابی کیفی ریسک بر مبنای ساختار شکست ریسک سلسله مراتبی ارائه کردند (Tah, et al., 1999). آنها روابط بین ریسک، علت‌های ریسک و پیامدهای ریسک را در نمودارهای علت و معلولی ارائه دادند. در این تحقیق، به منظور شناسایی روابط بین منابع پیدایش ریسک‌ها، پیامدهای زمانی و هزینه‌های کیفی و ایمنی ناشی از آنها، از نمودارهای علت و معلولی و مفاهیم فازی استفاده شده است.

در یک پژوهش دیگر، تاه و همکارانش با استفاده از تکنیک‌های UML و IDEF، سیستم مدیریت ریسک‌های یک پروژه ساخت و ساز را مدل‌سازی کردند (Tah and et al., 2000). چاپمن و وارد در سال ۲۰۰۳، استفاده از «مدیریت عدم قطعیت‌های پروژه» را به جای «مدیریت ریسک پروژه» پیشنهاد دادند. آنها این استدلال را داشتند که عنوان ریسک به نحوی پیام تهدید را منتقل می‌کند، حال آنکه عبارت عدم قطعیت چنین نیست، چون مفهوم فرصت را

نیز دربر دارد (Ward and Chapman, 2003). دلاکروز و همکارانش ریسک‌ها و پاسخ‌های بالقوه آنها را در پروژه‌های ساختمانی اسپانیا شناسایی، طبقه‌بندی و اولیت‌بندی کردند. آنها با استفاده از ارزیابی‌های کیفی، ۱۵ ریسک برتر و مجموعه پاسخ‌های بالقوه مربوط به هر کدام از ریسک‌ها را ارائه نمودند (Pilar, et al., 2006). دیکمن و همکاران در پژوهشی اقدام به ارزیابی ریسک پروژه‌های ساخت‌وساز بین‌المللی با استفاده از روش ANP کردند. در این مطالعه، فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) که می‌تواند روابط متقابل بین عوامل مرتبط را اداره کند، به عنوان روش قابل اعتماد برای اندازه‌گیری سطح ریسک در ارتباط با پروژه‌های ساخت‌وساز بین‌المللی ارائه کردند (Dikmen, et al., 2007). نیتو و ویلا یک متدولوژی ارزیابی ریسک بر اساس نظریه مجموعه‌های فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ارائه کرد. در این متدولوژی، از دانش، تجربه و قضاوت خبرگان در مورد ارزیابی میزان شدت ریسک استفاده می‌شود (Nieto-Morote and Ruz-Vila, 2010). تارون در تحقیقی، به بررسی مقالات مربوط به ارزیابی ریسک پروژه‌های عمرانی پرداخت. او به دست آوردن یک سطح ریسک واقع‌بینانه در پروژه راه‌نیازمند یک مکانیزم مؤثر برای جمع‌آوری ارزیابی‌های منفرد ریسک‌ها می‌داند (Taroon, 2013). به طور معمول حرفه‌ای‌ها مسائل را با تکیه بر تجربیات خود تحلیل می‌کنند. اما بیشتر پیشرفت‌ها در مدل‌سازی ریسک‌ها و ارزیابی آنها در جهت انعکاس جنبه‌های مختلف پیچیدگی‌ها، مانند وابستگی‌های متقابل بین ریسک‌ها و تعامل ریسک‌ها با محیط اطراف پروژه بوده است. طرح‌های پیشنهادی، به اندازه کافی جامع نیستند که به طور همزمان ویژگی‌های ریسک، وابستگی‌های متقابل بین ریسک‌ها و تعامل ریسک‌ها با محیط اطراف پروژه و تجربیات تیم مدیریت را دربر بگیرند. در واقع درک آسیب‌پذیری پروژه، در پیشبرد ارزیابی ریسک بسیار مهم است.

با مروری بر پژوهش‌های پیشین در زمینه آنالیز کیفی ریسک، مشا هده می‌شود که در این تحقیقات، ارتباطات داخلی بین ریسک‌های مختلف و اندرکنش ریسک‌ها بر روی یکدیگر مدنظر قرار نگرفته است. این در حالی است که ریسک‌های مختلف با یکدیگر اندرکنش‌های پیچیده‌ای دارند. به طوری که وقوع یک ریسک، باعث تشدید اثر سایر ریسک‌ها می‌شود و این اثرات تشدیدشونده می‌تواند باعث تغییر در رتبه‌بندی ریسک‌ها گردد.

در این تحقیق با استفاده از روش یکپارچه دیمتل - فازی، شدت اثر ریسک‌ها با در نظر گرفتن اندرکنش بین آنها و با استفاده از نظرات گروهی از کارشناسان ارزیابی شده است. ابتدا از بین ۵۸ ریسک شناسایی شده، ۱۰ ریسک برتر با استفاده از دیاگرام احتمال - تأثیر تعیین شد و در ادامه جهت رتبه‌بندی دقیق‌تر این ریسک‌ها، از تکنیک دیمتل استفاده شد و میزان تأثیرگذاری این ریسک‌ها بر روی یکدیگر ارزیابی گردید. دست‌آخر، رتبه‌بندی ۱۰ ریسک برتر، از حاصلضرب چهار فاکتور شامل تأثیر بر پروژه، احتمال وقوع، تأثیرگذاری بر سایر ریسک‌ها و تأثیرپذیری از سایر ریسک‌ها، با استفاده از ترکیب روش‌های دیمتل و منطق فازی انجام شد. برای نشان دادن قابلیت‌های روش دیمتل فازی پیشنهادی، این روش بر روی پروژه لایروبی بندر انزلی که یکی از بنادر بزرگ و مهم ایران است پیاده شد و میزان تأثیر مهم‌ترین ریسک‌های شناسایی شده بر روی یکدیگر، با استفاده از تعریف فاکتور جدید یعنی میزان تأثیرگذاری و میزان تأثیرپذیری ریسک‌ها ارزیابی شد و در نهایت شدت اثر ریسک‌ها با استفاده از روش پیشنهادی تعیین گردید.

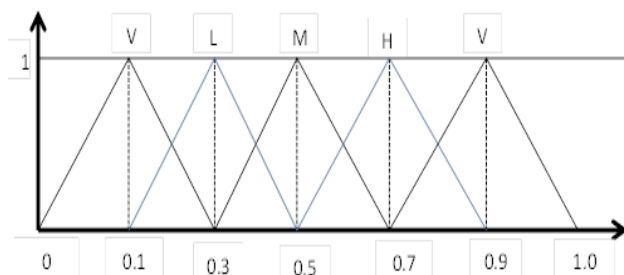
۲- روش تحقیق

۲-۱- تکنیک دیمتل^۳ فازی^۴

در این پژوهش از دو روش دیمتل و منطق فازی استفاده شده است. نخستین بار، وو و لی در سال ۲۰۰۷ از تکنیک دیمتل با رویکرد فازی استفاده کردند. در واقع رویکرد فازی برای مقابله با عدم قطعیت و ابهام موجود در عبارات کلامی پاسخ‌دهندگان استفاده می‌شود. بنابراین، برای انجام محاسبات تکنیک دیمتل به صورت فازی، نخست باید از یک طیف زبانی مناسب برای گردآوری داده‌ها استفاده کرد. طیف‌های متنوعی بر اساس مقیاس امتیازگذاری مرسوم دیمتل پیشنهاد شده است که در این تحقیق از طیف فازی شکل (۱) استفاده شده است (Ahmed and Kayis, 2007).

3. DEMATEL: Decision Making Trial and Laboratory

4. DEMATEL – Fuzzy Approach



شکل (۱): اعداد فازی مثلثی معادل طیف دیمتل

جدول (۱): عبارات زبانی و معادل فازی آنها

متغیرزبانی	معادل قطعی	معادل فازی
بدون تاثیر	0	(0.0 - 0.1 - 0.3)
تأثیر کم	1	(0.1 - 0.3 - 0.5)
تأثیر متوسط	2	(0.3 - 0.5 - 0.7)
تأثیر زیاد	3	(0.5 - 0.7 - 0.9)
تأثیر خیلی زیاد	4	(0.7 - 0.9 - 1.0)

۲-۱-۱- اجرای تکنیک دیمتل - فازی

گام ۱: محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم

پس از گردآوری دیدگاه خبرگان، ماتریس ارتباط مستقیم فازی \tilde{x} تشکیل می‌شود. از روش میانگین فازی برای تجمیع دیدگاه خبرگان استفاده می‌شود. اگر n کارشناس وجود داشته باشد و هر درایه ماتریس مستقیم فازی با \tilde{x}_{ij} نمایش داده شود، آنگاه \tilde{x}_{ij} به صورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$\tilde{x}_{ij} = \left(\frac{\sum l_{ij}}{n}, \frac{\sum m_{ij}}{n}, \frac{\sum u_{ij}}{n} \right) \quad (۱)$$

گام ۲: نرمال سازی ماتریس ارتباط مستقیم

برای نرمال سازی مقادیر باید $\sum u_{ij}$ هر سطر محاسبه شود. با تقسیم درایه‌های ماتریس \tilde{x} بر بیشینه مقادیر $\sum u_{ij}$ ماتریس نرمال فازی \tilde{N} به دست خواهد آمد:

$$k = \max(\sum_{j=1}^n u_{ij}) \quad (۲)$$

$$\tilde{N} = \frac{1}{k} * \tilde{x} \quad (۳)$$

گام ۳: محاسبه ماتریس ارتباط کامل^۱

برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل از رابطه $N \times (I - N)^{-1}$ استفاده می‌شود. در روش دیمتل فازی، ماتریس نرمال فازی به سه ماتریس قطعی زیر افراز می‌شود:

$$N_u = \begin{bmatrix} 0 & u_{12} & \dots & u_{1n} \\ u_{21} & 0 & \dots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (۴)$$

$$N_m = \begin{bmatrix} 0 & m_{12} & \dots & m_{1n} \\ m_{21} & 0 & \dots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad N_l = \begin{bmatrix} 0 & l_{12} & \dots & l_{1n} \\ l_{21} & 0 & \dots & l_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{n1} & l_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

سپس ماتریس همانی تشکیل، و عملیات زیر انجام می شود:

$$T_l = N_l \times (I - N_l)^{-1} \quad (۵)$$

$$T_m = N_m \times (I - m)^{-1} \quad (۶)$$

$$T_u = N_u \times (I - N_u)^{-1} \quad (۷)$$

$$\tilde{t}_{ij} = (t_{ij}^l, t_{ij}^m, t_{ij}^u) \quad (۸)$$

گام ۴: فازی‌زدایی

در این تحقیق برای قطعی‌سازی مقادیر از روش میانگین‌گیری استفاده شده است.

$$F_{ave} = (L, M, U) \quad (۹)$$

$$X_m^1 = \frac{l + m + u}{3} \quad (۱۰)$$

$$X_m^2 = \frac{l + 2m + u}{4} \quad (۱۱)$$

$$X_m^3 = \frac{l + 4m + u}{6} \quad (۱۲)$$

$$z = \max(X_m^1, X_m^2, X_m^3) \quad (۱۳)$$

گام ۵: محاسبه ماتریس ارتباط داخلی^۱

برای محاسبه ماتریس روابط داخلی باید ارزش آستانه^۲ محاسبه شود. با این روش می‌توان از روابط جزئی صرف‌نظر کرد و شبکه روابط قابل‌اعتنا یا همان نقشه شبکه روابط را ترسیم کرد (NRM)، تنها روابطی که مقادیر آنها در ماتریس از مقدار آستانه بزرگ‌تر باشد، در نقشه شبکه نمایش داده خواهد شد. برای محاسبه مقدار آستانه روابط، کافی است تا میانگین مقادیر ماتریس محاسبه شود. بعد از مشخص شدن شدت آستانه، تمام مقادیری که کوچک‌تر از آستانه باشند، صفر می‌شوند. یعنی آن روابط علی در نظر گرفته نمی‌شوند.

گام ۶: ایجاد نمودار علت و معلولی

در نمودار علی چهار جنبه با اهمیت به ترتیب زیر قابل مشاهده است:

(۱) (D): جمع عناصر هر سطر: میزان تاثیرگذاری هر ریسک را نشان می‌دهد.

(۲) (R): جمع عناصر هر ستون: میزان تاثیرپذیری هر ریسک را نشان می‌دهد.

1. Inner dependence matrix
2. Thereshold

(۳) $(D + R)$: میزان تأثیر و تأثر هر ریسک موردنظر در سیستم را نشان می‌دهد.

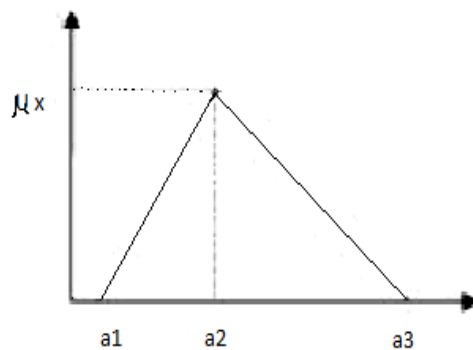
(۴) $(D - R)$: قدرت تأثیرگذاری هر ریسک را نشان می‌دهد.

۲-۲- تئوری منطق فازی^۱

نظریه فازی در سال ۱۹۶۵ توسط پروفیسور لطفی عسگری‌زاده، دانشمند ایرانی تبار و استاد دانشگاه برکلی آمریکا ارائه شد. منطق فازی، طیف وسیعی از تئوری‌ها و تکنیک‌ها را شامل می‌شود که اساساً بر پایه چهار مفهوم شامل مجموعه‌های فازی، متغیرهای کلامی، توزیع احتمال (تابع عضویت) و قوانین اگر - آنگاه فازی بنا شده است. مجموعه فازی، مجموعه‌ای است که عناصرش با درجه عضویت (μ) به آن مجموعه تعلق دارند، در موقعیتی که اطلاعات موردنیاز کمی باشند، به صورت عددی بیان می‌شوند. اما زمانی که تحقیق در فضای کیفی انجام شود و دانش آن دارای ابهام باشد، اطلاعات نمی‌توانند به صورت اعداد دقیق بیان شوند. بیشتر مدیران پروژه نیز نمی‌توانند یک عدد دقیق را برای بیان عقیده و نظر خود ارائه دهند و به همین جهت است که از ارزیابی کلامی به جای ارزش‌های عددی خاص استفاده می‌کنند. از آنجا که ارزیابی کلامی توسط افراد به صورت تقریبی انجام می‌شود، توابع عضویت مثلثی و ذوزنقه‌ای برای تقابل با ابهام این نوع ارزیابی‌ها مناسب می‌باشند. در این پژوهش، عبارات کلامی گروه تصمیم‌گیری در قالب اعداد فازی مثلثی آورده شده‌اند. عدد فازی مثلثی \tilde{a} در یک مجموعه فازی به صورت (a_1, a_2, a_3) نمایش داده می‌شود و تابع عضویت هر عضو این مجموعه به صورت زیر تعریف می‌شود:

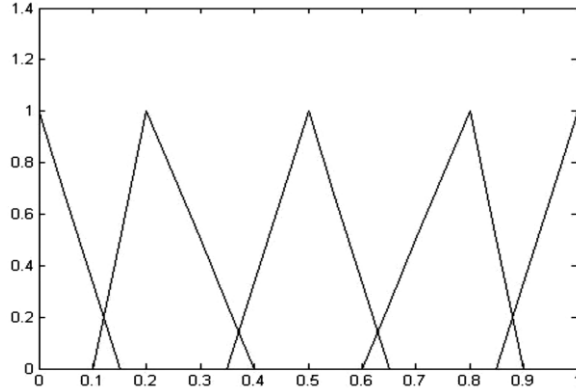
$$\mu(x : a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{(x - a)}{(b - a)}, & a \leq x \leq b \\ \frac{(c - x)}{(c - b)}, & b \leq x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (14)$$

تابع عضویت مثلثی به صورت شکل (۲) و توابع عضویت فازی به صورت شکل (۳) نشان داده می‌شود.



شکل(۲): تابع عضویت مثلثی

¹ Fuzzy Sets Theory



شکل (۳): توابع عضویت فازی

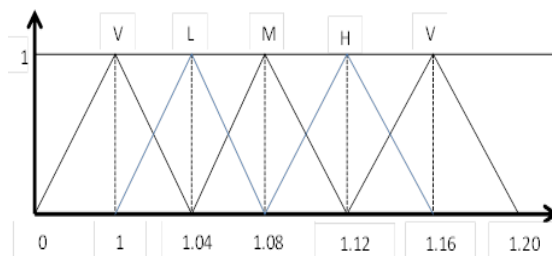
اگر $\vec{a} = (a_1, a_2, a_3)$ و $\vec{b} = (b_1, b_2, b_3)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، عملیات اعداد فازی مثلثی به صورت روابط زیر انجام می‌شود:

- (۱۵) $\vec{a} + \vec{b} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)$ جمع و تفریق دو عدد فازی مثلثی:
- (۱۶) $\vec{a} \times \vec{b} = (a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, a_3 \times b_3)$ ضرب دو عدد فازی مثلثی:
- (۱۷) $K \times (a, b, c) = (ka, kb, kc)$ ضرب یک عدد قطعی در عدد مثلثی:
- (۱۸) $(a_1, b_1, c_1) / (a_2, b_2, c_2) = (a_1/a_2, b_1/b_2, c_1/c_2)$ تقسیم دو عدد فازی مثلثی:
- (۱۹) $A^{-1} = (a_1, b_1, c_1)^{-1} = (1/c_1, 1/b_1, 1/a_1)$ معکوس یک عدد فازی مثلثی:

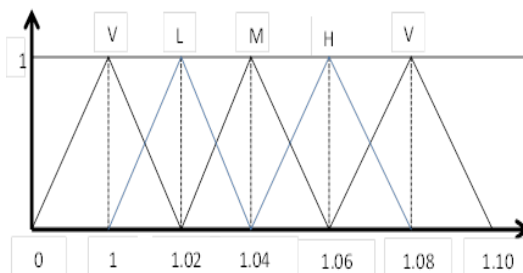
۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

۳-۱- تحلیل ریسک‌های اثرگذار بر پروژه لایروبی بندرانزلی با استفاده از تکنیک دیمتل - فازی

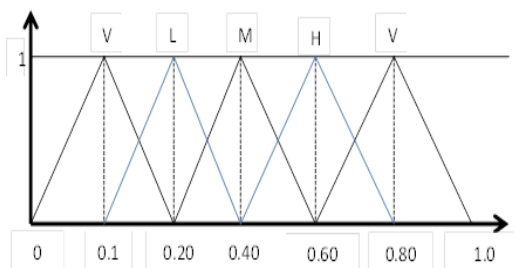
برای تحلیل ریسک‌های اثرگذار بر پروژه لایروبی بندرانزلی با استفاده از تکنیک دیمتل فازی، ابتدا تعداد ۵۸ ریسک اثرگذار بر این پروژه با استفاده از نظرات خبرگان شناسایی شد. سپس تأثیرات این ریسک‌ها بر زمان و هزینه با استفاده از شاخص‌های زبانی مانند بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم در برای هر حوزه مشخص شد. مطابق شکل‌های (۴)، (۵) و (۶) برای هر یک از حوزه‌ها یک نمودار اهمیت در فرم نظرسنجی قرار داده شد که مقیاس دقیقی برای بیان افراد از واژگان مورد بحث باشد. این نظرسنجی بین ۱۰ نفر از خبرگان پروژه‌های لایروبی بنادر انجام شد که هر یک سابقه بالایی در این امر داشتند. با جمع‌آوری فرم‌ها ابتدا همه عبارات زبانی به اعداد فازی مثلثی تبدیل شدند، سپس از نظرات کلیه افراد میانگین گرفته شد. در ادامه، میزان تأثیر و احتمال هر ریسک با استفاده از نظرات خبرگان ارزیابی شد و در نهایت، از حاصلضرب میزان تأثیر و احتمال هر ریسک، شدت اثر هر ریسک محاسبه شد، و به ترتیب اهمیت، ۱۰ ریسک برتر جهت بررسی اندرکنش بین ریسک‌ها با روش دیمتل - فازی به این شرح انتخاب شدند: (۱) عدم تأمین به موقع قطعات و تجهیزات، (۲) عدم بازدید میدانی از پروژه، (۳) عدم تأمین بودجه کافی و به موقع، (۴) نقص فنی در موتور یا بدنه لایروب، (۵) شکسته شدن یا غرق شدن خط لوله دریایی، (۶) استفاده نکردن از مسئول فنی در خصوص تعمیرات لایروب، (۷) انتخاب نامناسب لایروب، (۸) مواجه شدن با بستر سنگی یا سختی بستر پیش‌بینی نشده، (۹) تردد شناورها که مانع انجام عملیات لایروبی می‌شوند و (۱۰) عدم برآورد واقعی هزینه هر متر مکعب لایروبی.



شکل (۴): اعداد فازی مثلثی معادل طیف زمان



شکل (۵): اعداد فازی مثلثی معادل طیف هزینه



شکل (۶): اعداد فازی مثلثی معادل طیف احتمال

در جدول (۲)، VH نماد خیلی زیاد، H نماد زیاد، M نماد متوسط، L نماد کم، VL نماد خیلی کم می‌باشد.

جدول (۲): دیاگرام امتیاز احتمال - تأثیر

VH	0.23	0.39	0.69	0.72	0.79
H	0.19	0.34	0.55	0.61	0.68
M	0.15	0.28	0.42	0.44	0.46
L	0.11	0.2	0.22	0.24	0.26
VL	0.05	0.07	0.09	0.1	0.12
	VL	L	M	H	VH

تأثیر

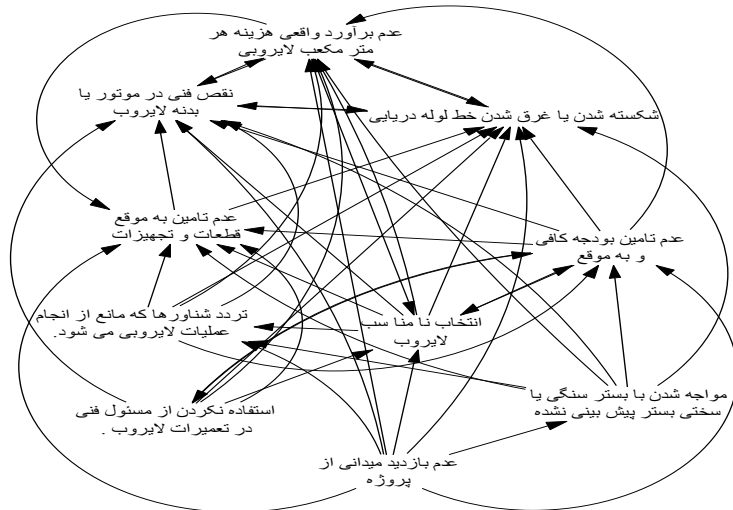
۳-۲- پیاده‌سازی تکنیک دیمتل - فازی

پس از گردآوری دیدگاه خبرگان، ماتریس ارتباط مستقیم فازی \tilde{X} تشکیل می‌شود. آنگاه ریسک‌های شناسایی شده، در رئوس یک نمودار کیفی قرار داده می‌شود و روابط حاکم بین ریسک‌ها بر اساس نظر گروهی متشکل از ۶ کارشناس تعیین می‌گردد. سپس مقایسه‌های زوجی از عناصر، توسط کارشناسان به صورت جداگانه برای تعیین ارتباطات مستقیم بین عناصر مورد پرسش قرار می‌گیرد. در نتیجه ۶ ماتریس 10×10 از روابط مستقیم ریسک‌ها بر اساس نظر کارشناسان به دست می‌آید. سپس با اجرای گام‌های یکم تا پنجم و با استفاده از فرمول‌های (۱) تا (۱۵) ماتریس ارتباط داخلی جهت ترسیم شبکه روابط علی میان ریسک‌ها طبق جدول (۳) محاسبه می‌شود.

جدول (۳): ماتریس ارتباط کامل فازی زدایی شده

	ریسک 1	ریسک 2	ریسک 3	ریسک 4	ریسک 5	ریسک 6	ریسک 7	ریسک 8	ریسک 9	ریسک 10
ریسک 1	0.113	0.075	0.101	0.186	0.162	0.082	0.091	0.077	0.093	0.125
ریسک 2	0.193	0.117	0.252	0.241	0.251	0.128	0.198	0.185	0.233	0.234
ریسک 3	0.252	0.141	0.157	0.266	0.240	0.183	0.203	0.113	0.139	0.238
ریسک 4	0.122	0.076	0.103	0.127	0.150	0.085	0.097	0.078	0.094	0.192
ریسک 5	0.128	0.079	0.109	0.164	0.123	0.088	0.100	0.081	0.130	0.190
ریسک 6	0.219	0.095	0.164	0.202	0.153	0.107	0.190	0.096	0.117	0.222
ریسک 7	0.236	0.105	0.211	0.289	0.204	0.120	0.137	0.105	0.160	0.263
ریسک 8	0.207	0.105	0.207	0.285	0.240	0.119	0.134	0.107	0.192	0.242
ریسک 9	0.199	0.087	0.185	0.166	0.170	0.110	0.130	0.087	0.107	0.151
ریسک 10	0.229	0.089	0.126	0.193	0.176	0.124	0.174	0.091	0.112	0.153

جهت ترسیم نقشه روابط شبکه ارزش، آستانه یعنی میانگین مقادیر ماتریس روابط داخلی محاسبه می‌شود. سپس تمام مقادیری که کوچک‌تر از آستانه باشند، صفر می‌شوند. یعنی آن روابط علی در نظر گرفته نمی‌شوند و تنها روابطی که مقادیر آنها در ماتریس از مقدار آستانه بزرگ‌تر باشد، در نقشه شبکه نمایش داده می‌شود. بنابراین الگوی روابط علی به صورت شکل (۷) ترسیم می‌شود.



شکل (۷): مدل کیفی اندرکنش ریسک‌ها با استفاده از حلقه‌های باز خوردی علت و معلولی

جدول (۴): نتایج به دست آمده با استفاده از تکنیک دیمتل - فازی

D-R	D+R	R	D	ریسک‌های شناسایی شده
-0.79	3.01	1.9	1.11	عدم تامین به موقع قطعات و تجهیزات
1.06	3.00	0.97	2.03	عدم بازدید میدانی از پروژه
0.32	3.54	1.61	1.93	عدم تامین بودجه کافی و به موقع
-1.00	3.24	2.12	1.12	نقص فنی در موتور یا بدنه لایروبی
-0.68	3.06	1.87	1.19	شکسته شدن یا غرق شدن خط لوله دریایی
0.41	2.71	1.15	1.56	استفاده نکردن از مسئول فنی در تعمیرات لایروبی
0.38	3.28	1.45	1.83	انتخاب نامناسب لایروبی
0.82	2.86	1.02	1.84	مواجه شدن با بستر سنگی یا سختی بستر پیش‌بینی نشده
0.01	2.77	1.38	1.39	تردد شناورها که مانع از انجام عملیات لایروبی می‌شود
-0.54	3.48	2.01	1.47	عدم برآورد واقعی هزینه هر متر مکعب لایروبی

در گام بعد، نمودار علت و معلولی طبق جدول (۴) تشکیل می‌شود که چهار جنبه با اهمیت در آن قابل مشاهده است. (۱) با توجه به نتایج به دست آمده، جمع عناصر هر سطر (D) که نشانگر میزان تأثیرگذاری آن ریسک بر سایر ریسک‌ها می‌باشد، نشان می‌دهد که ریسک عدم بازدید میدانی از پروژه، بیشترین تأثیرگذاری را دارد، (۲) جمع عناصر ستون (R) که نشانگر میزان تأثیرپذیری آن ریسک از سایر ریسک‌ها می‌باشد، نشان می‌دهد که ریسک نقص فنی در موتور یا بدنه لایروب از میزان تأثیرپذیری بیشتری نسبت به سایر ریسک‌ها برخوردار است، (۳) ستون (D+R) که نشانگر میزان تأثیر و تأثر هر ریسک می‌باشد، نشان می‌دهد که ریسک عدم تأمین بودجه کافی و به موقع، بیشترین تعامل را با سایر ریسک‌ها دارد و (۴) با توجه به ستون (D-R) که نشانگر قدرت تأثیرگذاری هر ریسک می‌باشد. مقادیر، نشان‌دهنده تأثیرگذاری بیشتر ریسک عدم بازدید میدانی از پروژه می‌باشند.

۳-۳- شدت اثر ریسک‌ها با توجه به اندرکنش بین ریسک‌ها

همان‌طور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود در تکنیک دیمتل - فازی پیشنهادی، اندرکنش و تأثیر ریسک‌ها بر یکدیگر لحاظ شد و با استفاده از تعریف فاکتور جدید «تأثیرگذاری و تأثیرپذیری» و ضرب آن در دو فاکتور میزان احتمال و تأثیر، شدت اثر ریسک‌ها و رتبه‌بندی آنها به طور دقیق‌تری تعیین گردید.

جدول (۵): شدت اثر ریسک‌ها با در نظر گرفتن اندرکنش بین ریسک‌ها

رتبه‌بندی ریسک‌ها	× (شدت اثر ریسک (D+R))	D+R	شدت اثر ریسک با روش دیاگرام احتمال - تأثیر	ریسک‌های شناسایی شده
5	2.38	3.01	0.79	عدم تأمین به موقع قطعات و تجهیزات
6	2.37	3.00	0.79	عدم بازدید میدانی از پروژه
1	2.80	3.54	0.79	عدم تأمین بودجه کافی و به موقع
2	2.50	3.24	0.77	نقص فنی در موتور یا بدنه لایروب
7	2.33	3.06	0.76	شکسته شدن یا غرق شدن خط لوله دریایی
9	2.04	2.71	0.75	استفاده نکردن از مسئول فنی در تعمیرات لایروب
4	2.39	3.28	0.73	انتخاب نامناسب لایروب
8	2.09	2.86	0.73	مواجه شدن با بستر سنگی یا سختی بستر پیش‌بینی نشده
10	1.97	2.77	0.71	تردد شناورها که مانع از انجام عملیات لایروبی می‌شود
3	2.40	3.48	0.69	عدم برآورد واقعی هزینه هر متر مکعب لایروبی

جدول (۵) نشان می‌دهد نتایج به دست آمده از روش پیشنهادی دیمتل فازی نسبت به روش مرسوم دیاگرام امتیاز احتمال - تأثیر، متفاوت بوده و شدت اثر ریسک‌ها با دقت بیشتری تعیین شده است. به طور مثال، در حالی که روش دیاگرام امتیاز احتمال - تأثیر مرسوم، شدت اثر سه ریسک عدم تأمین به موقع قطعات و تجهیزات، عدم بازدید میدانی از پروژه و عدم تأمین بودجه کافی و به موقع را یکسان نشان می‌دهد. اما نتایج به دست آمده از روش پیشنهادی در این تحقیق نشان می‌دهد که با توجه به تعاملات پیچیده و اندرکنش‌های بین این ریسک‌ها، شدت اثر این ۳ ریسک یکی نمی‌باشد و ریسک عدم تأمین بودجه کافی و به موقع مهم‌ترین ریسک اثرگذار بر این طرح و ریسک‌های عدم تأمین به موقع قطعات و تجهیزات و عدم بازدید میدانی از پروژه، به ترتیب حائز رتبه‌های پنجم و ششم از حیث بحرانی بودن می‌باشند.

به عنوان یک مثال دیگر، در حالی که طبق روش دیاگرام امتیاز احتمال - تأثیر مرسوم، دو ریسک انتخاب نامناسب لایروب و مواجه شدن با بستر سنگی یا سختی بستر پیش‌بینی نشده به طور مشترک حائز رتبه ۵ می‌باشند، نتایج به دست آمده از روش پیشنهادی در این تحقیق نشان می‌دهد که با توجه به تعاملات پیچیده و اندرکنش‌های بین این ریسک‌ها، شدت اثر این ریسک‌ها یکی نمی‌باشد و دو ریسک انتخاب نامناسب لایروب در رتبه چهارم از اهمیت می‌باشد و مواجه شدن با بستر سنگی یا سختی بستر پیش‌بینی شده حائز رتبه هشتم از حیث بحرانی بودن می‌باشد.

۴- نتیجه گیری

داده‌های به‌دست آمده از پرسشنامه‌ها، تجزیه تحلیل آماری شد و از میان ۵۸ ریسک شناسایی شده، ۱۰ ریسک برتر پس از آنالیز کیفی با استفاده از دیاگرام احتمال - تأثیر انتخاب و سپس با استفاده از تکنیک دیمتل - فازی میزان تأثیرگذاری ریسک‌ها بر یکدیگر، بر اساس نظرات گروهی از کارشناسان ارزیابی گردید. در نهایت رتبه‌بندی ۱۰ ریسک برتر، از حاصلضرب چهار فاکتور شامل تأثیر بر پروژه، احتمال وقوع، تأثیرگذاری بر سایر ریسک‌ها و تأثیرپذیری از سایر ریسک‌ها، با استفاده از ترکیب روش‌های دیمتل و منطق فازی انجام شد. در روش فازی پیشنهادی در این تحقیق، امتیازات قطعی داده شده توسط کارشناسان مختلف، بر مبنای توزیع احتمالاتی امتیازات، به شکل یک عدد فازی مثلثی ارایه شد. روش آنالیز ریسک پیشنهادی در این تحقیق، روی پروژه لایروبی بندرانزلی که یکی از بنادر بزرگ و مهم ایران است، پیاده شد و در نهایت شدت اثر ریسک‌ها با استفاده از روش پیشنهادی تعیین گردید. در تکنیک دیمتل - فازی پیشنهادی، اندرکنش و تأثیر ریسک‌ها بر یکدیگر لحاظ شده است و با استفاده از تعریف فاکتور جدید «تأثیرگذاری و تأثیرپذیری»، شدت اثر ریسک‌ها و رتبه‌بندی آنها به طور دقیق‌تری نسبت به روش مرسوم دیاگرام احتمال - تأثیر تعیین شده است. به طور مثال، در حالی که روش دیاگرام امتیاز احتمال - تأثیر مرسوم، شدت اثر سه ریسک عدم‌تأمین به موقع قطعات و تجهیزات، عدم‌بازدید میدانی از پروژه و عدم‌تأمین بودجه کافی و به موقع را یکسان نشان می‌دهد، نتایج به‌دست آمده از روش دیمتل فازی پیشنهادی در این تحقیق نشان می‌دهد که با توجه به تعاملات پیچیده و اندرکنش‌های بین این ریسک‌ها، شدت اثر این ۳ ریسک یکی نمی‌باشد و ریسک عدم‌تأمین بودجه کافی و به موقع، مهم‌ترین ریسک اثرگذار بر این طرح و ریسک‌های عدم‌تأمین به موقع قطعات و تجهیزات و عدم‌بازدید میدانی از پروژه، به ترتیب حائز رتبه‌های پنجم و ششم از حیث بحرانی بودن می‌باشند.

جواب‌های به‌دست آمده از روش پیشنهادی با توجه به در نظر گرفتن اندرکنش‌های پیچیده بین ریسک‌ها، قابل اعتمادتر از روش‌های مرسوم آنالیز ریسک خواهد بود و تکنیک دیمتل - فازی پیشنهادی، ابزاری قدرتمند و نوین برای انجام مرحله آنالیز کیفی ریسک ارائه می‌دهد.

منابع

۱. نژادمحتشمی، نگار؛ نصیرزاده، فرناد؛ بشردوست، پیمان. (۱۳۸۹). آنالیز ریسک‌های اثرگذار بر توسعه یک میدان نفتی با استفاده از تکنیک دیمتل - فازی، ششمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه.
۲. حبیبی، آرش؛ ایزدیار، صدیقه؛ سرافرازی، اعظم. (۱۳۹۳). تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، انتشارات کنیه گیل.
۳. امیری، مقصود؛ دارستانی فراهانی، احمد. (۱۳۹۲). تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، انتشارات دانشگاهی کیان.
4. Niwa, K. (1989). Knowledge-Based Risk Management in Engineering: A Case Study in Human-Computer Cooperative Systems. JohnWiley & Sons, Inc., Canada
5. Wideman, R. M. (1992), Project & Program Risk Management: A Guide to Managing Project Risksand Opportunities, Project Management Institute.
6. Project Management Institute, (2000). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) 2000 Edition, Project Management Institute, USA.
7. Alabhar j., Crandall K. (1990). Systematic Risk Management Approach for Construction Projects. J. Constr. Engrg. And Mgmt. ASCE.116 (3). pp. 533-546.
8. Raftery, J. (1994). Risk Analysis in Project Management. E & FN SPON, An Imprint of Chapman & Hall, London SE1 8HN, UK.
9. Chapman, C., Cooper, D.F. (1983). Risk engineering: basic controlled interval and memory models. Journal of the Operational Research Society 51-60.
10. Wirba, E., Tah, J., Howes, R. (1996). Risk interdependencies and natural language computations. Engineering Construction and Architectural.
11. Tah, J.H.M. Carr, V. (1999). A proposal for construction project risk assessment using fuzzy logic. J. of Cons. Mana. and Economics. 18(2). pp. 491-500.
12. Tah, J.H.M., Carr, V. (2000). Information modeling for a construction project risk management system. J. of Eng. Cond. and arch. Mana, 7(2). pp. 107-119.
13. Ward, S., Chapman, C. (2003). Transforming project risk management into project uncertainty management. International Journal of Project Management 21, 97-105.
14. M. Pilar de la Cruz, P.E. (2006). Downside Risks in Construction Projects Developed by the Civil Service: The Case of Spain. J. Constr. Engrg. and Mgmt. ASCE. 132:8(844)
15. Dikmen, I., Birgonul, M.T., Han, S. (2007) Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects. International Journal of Project Management 25, 494-505.
16. Nieto-Morote, A., Ruz-Vila, F. (2010). A fuzzy approach to construction project risk assessment. International J. of Project Management. In Press.

17. Abdolmaten Tarooun (2013). Towards a better modelling and assessment of construction risk: Insights from a literature review. *International Journal of Project Management*.
18. Paek, J., Lee, Y., Ock, J. (1993). Pricing construction risks: fuzzy set theory. *Journal of Construction Engineering and Management* 119, 743–756.
19. Nasirzadeh, F., Afshar, A., Khanzadi, M. (2008). Dynamic Risk Analysis in Construction Projects. *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 35. 820-831.
20. Nasirzadeh, F., Afshar, A., Khanzadi, M. (2008). System Dynamics Approach to Construction Project Risk Management. *International Journal of Civil Engineering*, Vol. 6(2). 120-131.
21. Nasirzadeh, F., Afshar, A., Naderpazhooh, N. (2006). Fuzzy Approach to Project Delivery. System Selection”, Proceedings of the 3rd International Conference on Construction Project Management, Singapore.
22. Ahmed, A., Kayis, B., Amornsawadwatana, S. (2007). A review of techniques for risk management in projects. *Benchmarking* 14, 22–36.
23. Baloi, D., Price, A.D.F. (2003). Modelling global risk factors affecting construction cost performance. *International Journal of Project Management* 21, 261–269.
24. Carr, V., Tah, J.H.M. (2001). A fuzzy approach to construction project risk assessment and analysis: construction project risk management system. *Advances in Engineering Software* 32, 847–857.