طراحی مدل مدیریت ریسک در روسازی‌های بتنی مسلح پیوسته (CRCP) به روش تحلیل شبکه

سامان ارجمند آقدره،* حسین اقبالی **

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۴ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۶/۲۰ **نوع مقاله:** ترویجی

چکیده مدیران پروژه با به کارگیری برنامه اقتصادی صحیح و ابزار لازم برای کنترل تهدیدها و استفاده از فرصت ها می توانند پروژه را به هدف و مقصود خود برسانند. غایت مطلوب مدیران در زمینه های هزینه، زمان، کیفیت و ایمنی تابع عوامل معین و نامعینی است عوامل نامعین در هنگام برآورد و مطالعات امکان سنجی قابل اندازه گیری نبوده و یا از نظر کارشناسان مخفی می مانند. از این رو، حوادث و مخاطرات پیش بینی نشده، اشتباهات فنی در نظر گرفته نشده و یا هزینه های مخفی که در زمان اجرای کار به پروژه تحمیل می شوند و قبلا هیچ گونه برنامه ریزی برای آنها صورت نگرفته بود، داشتن برنامه ای جامع و کامل که با شناسایی، تحلیل، مطالعه، ارزیابی و بررسی این مخاطرات همراه باشد، می تواند

برخورد با ریسک های پروژه را به حداقل برساند. در کشور ما(نیز استفاده و بهره گیری از روسازی های بتنی به خصوص روسازی مسلح پیوسته PCRC[1](در چند سال اخیر رو به افزایش است. از این رو، با توجه به تازه بودن روش روسازی بتنی مسلح پیوسته در کشورمان مشکلاتی در حین اجرا برای مدیران به وجود می آورد در این پژوهش، سعی شده است با استفاده از روش دیمتل و تحلیل شبکه ای به ارائه مدلی برای بررسی، شناسایی و رتبه بندی مهم ترین ریسک های روسازی بتنی مسلح پیوسته احداث خیابان افتخاری بپردازیم.

واژگان کلیدی: مدیریت ریسک، روسازی بتنی مسلح، فرایند تحلیل شبکه‌ای، فرایند دیمتل، معیارهای ریسک.

*. دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران و معماری ، دانشگاه غیر انتفاعی ایوان‌کی
saman.arjmand743@gmail.com
**. دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول مکاتبات) h.eghbali@eyc.ac.ir

1. Continuously reinforced concrete pavements

مقدمه

در دنیای امروز که حمل و نقل جاده‌ای یکی از مهم‌ترین راه‌های ارتباط و تبادلات اقتصادی و صنعتی است، راه‌ها را می‌توان یکی از ارکان مهم و اساسی در صنعت و پیشرفت یک کشور دانست؛ به طوری که اگر زیرساخت‌های اساسی برای حمل و نقل در یک کشور موجود نباشد، آن کشور در آینده‌ای نه چندان دور با مشکلات اساسی رو به رو خواهد شد و پیشرفت اقتصادی و صنعتی اش متوقف می‌شود(باقلانی و همکاران، ۱۳۹۳). یکی از زیرساخت‌های اساسی که باید بدان توجه داشت، راه‌های کشور است که تا به حال در سفرهای بین شهری و داخل شهری متوجه این نکته شده‌اید که راه‌ها برای رفت و آمد بهتر و آسان‌تر باید دارای یک سطح صاف و محکم باشند. از این رو، مهندسان با استفاده از فناوری‌های نو به طراحی بستری می‌پردازند که در گام اول بتوانند رفت و آمد را بر روی آن آسان و ساده نماید و در گام بعدی نیروهای وارد شده بر آن ناشی از عبور و مرور را در سر تا سر راه پخش نماید. هر پروژه عمرانی در بستر زمان و گستره مکان تعریف و برنامه‌ریزی می‌شود. در پروژه‌ها انحرافات فراوانی نسبت به استانداردها و برنامه‌ریزی‌های اولیه مورد مطالعه در زمان اجرا به وجود می‌آید(نظری و همکاران، ۱۳۹۲). یکی از مهم‌ترین مشکلات پروژه‌های راه‌سازی، مدیریت ضعیف این پروژه‌ها به دلیل عدم شناخت مشکلات متنوع در این شاخه است. از این رو، به دلیل بروز مشکلات فراوان در پروژه‌های راهسازی اکثر پروژه‌ها با مدت زمان بسیار طولانی و با هزینه چند برابری نسبت به مبلغ برآورد اولیه به اتمام می رسند؛ البته برخی پروژه‌ها نیز مدت‌ها نیمه‌کاره باقی می‌مانند. یکی از راه‌های جلوگیری از بروز چنین مشکلاتی، شناسایی ریسک‌های وارد شده به این پروژه‌ها و جلوگیری از آنها در برنامه‌ریزی صحیح برای این ریسک‌ها است که یکی از راه‌های شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌ها استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل شبکه‌ای[1] است. انجام فرایند پاسخگویی به ریسک‌های یک پروژه را می‌توان جزو مسائل تصمیم‌گیری بر شمرد و از طرف دیگر، به دلیل اینکه هر معیار و زیرمعیار نیز با یکدیگر در ارتباط هستند. استفاده از روش تحلیل شبکه برای پاسخگویی به ریسک‌ها مناسب‌تر از روش سلسله مراتبی[2] است. روش تحلیل شبکه (ANP) روشی تکامل‌یافته‌تری نسبت به روش سلسله مراتبی(AHP) است و می‌توان گفت جایگزین ساختن شبکه به جای سلسله مراتب باعث پیشرفت فرایند سلسله مراتبی شده است (ایرانیان و همکارن، ۱۳۹۷).

از طرف دیگر، تحلیل سلسله مراتبی وابستگی‌های متقابل بین عناصر تصمیم، یعنی وابستگی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها را در نظر نمی‌گیرد ولی با فرایند تحلیل شبکه تمامی عناصر در یک شبکه می‌توانند به هر شکلی در ارتباط با یکدیگر باشند.

1. Analytic Network Process
2. Analytical Hierarchy Process

مدیریت ریسک را می¬توان یک فرایند سیستماتیک فعال و پویشگرانه دانست که نیازمند پیدا کردن جواب‌ها و اگرهای است که در زمان برنامه ریزی پروژه پرسیده شده است. به طور کلی، می‌توان گفت مدیریت ریسک پرسش‌هایی در هر بخش کاری می پرسد (ما در هر بخش کاری به یک یا چند سؤال اگر بر می‌خوریم) تأثیرات این عدم قطعیت را کنکاش می‌کند؛ در نتیجه، راه حل و جوابی قابل قبول در راستای این اگرها به عهده می‌گیرد. در نتیجه، بر اهداف پروژه تأثیر مستقیم می‌گذارد. می‌توان گفت ریسک‌ها وقایع پیش‌بینی نشده‌ای هستند که در طول پروژه آسیب‌های جدی به پروژه وارد می‌کنند. طبق این گفته‌ها، ریسک علم پیش‌بینی و کنترل این گونه عدم قطعیت است:

- در PMI [1]مدیریت ریسک فرایندی سیستماتیک شناسایی، تجزیه و تحلیل و پاسخ به ریسک‌های پروژه به منظور حداکثر کردن نتایج وقایع مثبت و حداقل کردن احتمال وقوع یا اثر پیامدهای منفی بر اهداف پروژه تعریف شده است (PMI,2004)؛
- کرزنر مدیریت ریسک را فعالیت یا کوشش در جهت پرداختن به ریسک معرفی می‌کند (کرزنر[2]،۲۰۰۳)؛
- بالاترین اثرات ریسک در حوزه مدیریت پروژه به صورت زیر بیان می‌شود:

۱) نرسیدن به کیفیت مورد نظر
۲) نرسیدن به تکمیل پروژه در زمان مورد نظر
۳) نرسیدن به اتمام پروژه با بودجه مورد نظر (تامسون[3]،۱۹۹۲).

مدیریت یکپارچه ریسک یکی از نیازهای ضروری پروژه است تا بتوان با استفاده از آن به هدف خود یعنی بهینه مدیریت پروژه اطمینان حاصل کرد. حال باید از خود پرسید که این بهینه اطمینان چگونه به وجود می‌آید: اجرای بخش‌هایی مانند تصمیم‌گیری در مورد نحوه تدوین و برنامه‌ریزی فعالیت‌ها تعیین ریسک‌های اثرگذار بر پروژه و مستندسازی آن ریسک‌ها، اولویت‌بندی ریسک‌ها به وسیله تحلیل کیفی، محاسبه اثرگذاری و پیامدهای احتمالی ریسک‌ها بر اهداف پروژه، افزایش فرصت و کاهش تهدید به وسیله تکنیکی‌هایی مانند پاسخ به ریسک‌هایی مهم‌تر، نظارت بر ریسک‌های باقیمانده، شناسایی ریسک‌های جدید انجام فرایندهای ارزیابی تأثیرگذاری ریسک‌ها در تمام چرخه پروژه و کاهش ریسک‌های آن راهکارهایی برای رسیدن به بهینه مدیریت ریسک است. در عصر امروزه که پروژه‌های بزرگی در گوشه گوشه جهان مشغول انجام هستند، مدیریت ریسک از اهمیت بسیاری برخوردار است؛ به طوری که هر پروژه که در حال اجراست، ریسک‌های بسیاری را در اطراف خود مشاهده می‌کند که اهداف پروژه را تهدید می‌کنند، این پروژه‌ها داری عدم قطعیت

1. Project Manager Institute
2. Kerzner
3. Thompson

فراوانی هستند. حال، شما فرض کنید که اگر هر چه پروژه مورد بحث دارای اهمیت، هزینه و فناوری بالاتری باشد، این عدم قطعیت‌ها بسیار بیشتر در پروژه خودنمایی می‌کنند.

به طور کلی، می‌توان گفت، هر پروژه دارای هدف منحصر به فرد و خاصی است که با پروژه‌های گذشته تفاوت دارد. صاحب‌نظران پروژه‌ای را موفق می‌دانند که دارای دو ویژگی منحصر به فرد باشد:

۱. مدیران و هدایتگران این پروژه باید بپذیرند که هر پروژه‌ای که در حال انجام است، پروژه جدید و دارای ویژگی‌ای تازه‌ای نیست (لازم به ذکر است مدیران حتی برای پروژه‌های با فناوری‌های نو این فرضیه را باید در نظر بگیرند) و باید بپذیرند سوابق و مستنداتی از پروژه‌های انجام‌شده گذشته می‌تواند راهنما و مشاوری برای شناسایی و جلوگیری از بسیاری از مشکلات پیش رو باشد؛

۲. از طرف دیگر، مدیران پروژه و طراحان باید پروژه را به طور کامل از مرحله آغازیین تا مرحله پایانی طراحی و برنامه‌ریزی کنند؛ به خصوص کارهایی که دارای فناوری نو، پیچیده و دارای ریسک‌های فراوانی (PMI,2004).

از دلایل انجام ریسک می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کاهش و کمینه کردن بحران‌ها، مخاطرات، مشکلات و پیشامدهای پیش‌بینی نشده
- بیشتر کردن احتمال موفقیت
- کمینه کردن مغایرت بین برآورد زمان، هزینه و مقدار واقعی.

روش پژوهش

پژوهش حاضر، یک مطالعه اکتشافی – کاربردی است که واحد تحلیل در آن، فرد در نظر گرفته شده است. این تحقیق، از نظر جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات جامعه مورد بررسی با استفاده از پرسشنامه، مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با کارشناسان و متخصصان جمع آوری شده است.

مراحل پژوهش

۱. مطالعه کتابخانه‌ای ومصاحبه با کارشناسان

موضوع مدیریت ریسک یکی از مسائل اساسی در سطح استراتژیک مدیریت پروژه است. مدیریت ریسک مناسب و بهینه، فارغ از اهمیت ذاتی موضوع به خصوص در مورد پروژه‌های زیر بنایی، به دلیل درگیر بودن حجم عظیمی از سرمایه، ضروری‌تر به نظر می‌رسد. در تحقیقات چند ساله اخیر راهسازی به عنوان یکی از زیر بناهای مهم کشور و پیش‌نیاز توسعه پایدار مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در حقیقت، راهبری صحیح این پروژه‌ها مستلزم پیاده‌سازی نظام مدیریت پروژه است تا اهداف، هزینه، زمان و کیفیت پروژه‌ها را با موفقیت فراهم سازد.

۲. تهیه فهرست معیارهای مهم ارزیابی با استفاده از نظر خبرگان

در مرحله شناسایی ریسک باید نکاتی مورد توجه قرار می‌گرفت؛ زیرا عدم توجه یا کم توجهی به این موارد باعث خروج پروژه از مسیر خود می‌شد. یکی از نکات مهم این است که فرایند شناسایی ریسک باید از سوی افراد با تجربه، متخصص و علمی صورت گیرد و عدم به کارگیری از این افراد باعث می‌شود، مواردی که جزو ریسک‌ها محسوب نمی‌شوند، به اشتباه ریسک معرفی شوند یا نمی‌توانند ریسک‌های مهم آن برهه از زمان را شناسایی دقیق و کافی کنند. روش‌های متعددی برای دسته‌بندی و شناسایی انواع ریسک‌ها موجود است، منتها با توجه به اهمیت پروژه، از روش‌هایی که بتواند با پوشش عدم قطعیت‌ها و مخاطرات در سرتاسر زمان‌بندی پروژه مثمر ثمر باشد، از سوی خبرگان استفاده می‌شود.

۳. نمونه‌گیری هدفمند از جامعه آماری

این پژوهش، به منظور شناسایی و و طراحی مدلی برای مدیریت ریسک در راهسازی و در مبحثی جزئی‌تر در روسازی‌های بتنی مسلح پیوسته انجام شده است. از این رو، تعداد ۲۳ نفر از خبرگان و صاحب‌نظران پروژه که کما بیش در پروژه نقشی داشته و از چگونگی آن اطلاع داشتند مورد شناسایی قرار گرفتند و به صورت قضاوتی به پاسخگویی و پژوهش در مورد سوالات تحقیق به ایفای نقش پرداختند. از ویژگی‌های مهم این افراد داشتن دانش کافی در زمینه مدیریت ریسک، مدیریت پروژه و ... تسلط بر پروژه‌های راهسازی و اشتغال در یکی از عوامل پیمانکار، مشاور، عامل چهارم یا کارفرما و از همه مهم‌تر علاقه قلبی برای شرکت در این پژوهش می باشد.

۴. تهیه، توزیع و جمع‌آوری نظرات خبرگان

همان طور که در بخش قبل ذکر شد، در مرحله اول به دلیل ازدیاد ریسک‌ها و همین طور به دلیل افزایش دقت و بالا بردن راندمان این مدل در پیدا کردن مهم‌ترین ریسک‌ها ما به سراغ غربال و گلچین کردن این ریسک‌ها می‌رویم. هدف از این مرحله، پیدا کردن ریسک‌هایی است که بیشتر با هدف پروژه مطابقت دارد و کمک بیشتری به ما در مورد پیدا کردن مهم‌رین ریسک‌های پروژه می‌کند. از این رو، از بین ۲۴۴ ریسکی که به وسیله مطالعه، تحقیق و پرسش یافت شده بود، به روش دلفی به ۲۱ ریسک تقلیل یافت.

۵. استفاده از روش دیمتل برای ساخت نگاشت شبکه

تکنیک دیمتل[1] روشی مناسب و خوب است که قدمت آن به سال ۱۹۷۱ کشور سوئیس باز می‌گردد. می‌توان این روش را روشی نوین برای مقایسات زوجی تأثیرگذاری بین دو یا چند معیار دانست؛ به طوری که از آن در زمینه‌های علمی، سیاسی، فرهنگی و مذهبی استفاده شده است. این روش، با توجه

1. Decision making trial and evaluation laboratory

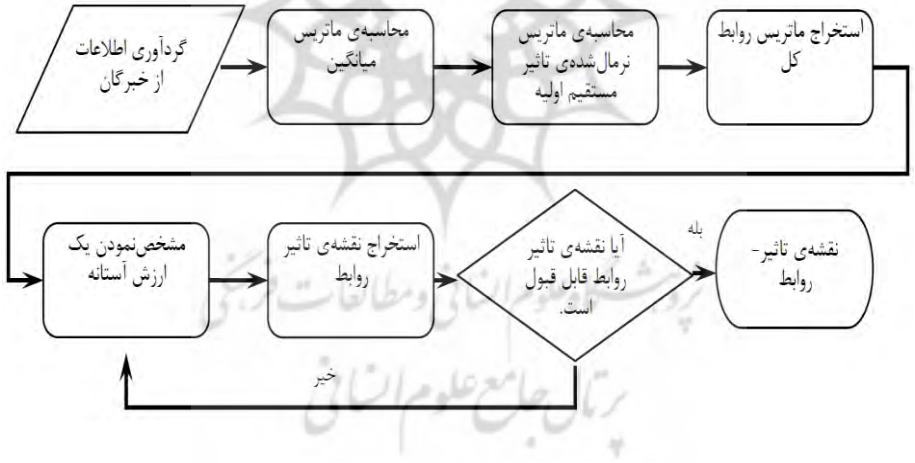
به نظر سنجی و پخش پرسشنامه بین خبرگان برقرار شده است؛ البته می‌توان آن را با نظر مستقیم اهل فن نیز به دست آورد. در این روش، با استفاده از نظر خبرگان، میزان تأثیرگذاری هر شاخص روی دیگری بررسی می‌شود و عددی از ۰ تا ۴ تخصیص می‌یابد. در نهایت، با استفاده از فرمول‌های جبر خطی در ضرب ماتریسی، ماتریس ارتباطات کامل شکل می‌گیرد و میزان تأثیرپذیری و تأثیرگذاری هر شاخص روی خود و دیگری، مشخص می‌شود. (باقری،۲۰۰۴؛ ماکویی، ۲۰۰۹).

از برتری‌های روش دیمتل در مقایسه با سایر روش‌ها می‌توان این را گفت که، دیمتل می‌تواند تأثیرپذیری خود و در بیانی کامل‌تر روابط خود را از سایر معیارها و زیرمعیارها بررسی کند. در ساختار تحلیل شبکه، هر عنصر می‌تواند از عناصر بالاتر و پایین‌تر خود تأثیر بپذیرد و همین طور از عناصری که در یک خوشه دیگر می باشند به بیانی کلی‌تر از روابط موجود بر روی یک عنصر می‌تواند از تمامی عناصر شبکه باشد. از این رو، دیمتل با استفاده از تئوری گراف‌ها به بیان و نمایش بازخوردهای ممکن می پردازد (باقری، ۲۰۰۴).

پژوهشگران برای استفاده از روش دیمتل گام‌های زیر را به کار گرفته‌اند:

۱. محاسبه ماتریس میانگین
۲. محاسبه ماتریس تأثیر مستقیم اولیه
۳. استخراج ماتریس روابط کل
۴. ترسیم ارزش استانه و ترسیم نقشه تأثیر – روابط

گام‌های مذکور به طور خلاصه در شکل ۱ ارائه شده است:



شکل ۱: فرایند اجرای دیمتل

گام‌های اجرای دیمتل به صورت تفضیلی نیز به شرح زیر است:

الف) تشکیل ماتریس میانگین

فرض کنید که به منظور پاسخ به یک مسئله پیچیده h متخصص در دسترس بوده و n عامل باید مدنظر قرار گیرد. امتیازهای داده شده توسط هر متخصص منجر به تشکیل یک ماتریس پاسخ غیر منفی X^k با ابعاد n×n می‌گردد که ماتریس مذکور $1 \le k \le n$ خواهد بود. بنابراین ماتریس‌های پاسخ $X^1, X^2, ..., X^h$ خبره بوده و هر عنصر از X^k عددی صحیح بوده که با x_{ij}^k نشان داده می‌شود. عناصر قطری تمامی ماتریس‌های پاسخ X^k تماما معادل صفر خواهد بود. سپس می‌توان ماتریس میانگین A با ابعاد n×n را با استفاده ازمیانگین ماتریس‌های امتیازی h خبره محاسبه کرد. عنصر (i , j) ماتریس A به وسیله ی a_{ij} نشان داده می‌شود:

$$a_{ij} = \frac{1}{h}\sum_{k=1}^{h} x_{ij}^k \quad (۱)$$

در عمل از پاسخ دهندگان خواسته خواهد شد تا تأثیر مستقیم هر عامل بر سایر عوامل را بر اساس یک دامنه عدد صحیح ۱ تا ۹ را نشان دهند. امتیاز بالای یک پاسخ دهنده به معنای این است که بهبود بیشتر در i نیازمند بهبود j است. سپس ماتریس میانگین با استفاده از ماتریس‌های پاسخ‌دهندگان به دست می آید.

ب) محاسبه ماتریس تأثیر روابط بی مقیاس شده اولیه

در مرحله بعد با انجام عملیات ماتریسی ساده بر روی ماتریس A، ماتریس D را به شرح ذیل محاسبه می‌کنیم. ماتریس D مساوی است با و s به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S = Min\left[\frac{1}{\max_{1\le i\le n}\sum_{j=1}^{n}|a_{ij}|}, \frac{1}{\max_{1\le j\le n}\sum_{i=1}^{n}|a_{ij}|}\right] \quad (۲)$$

به ماتریس D ماتریس روابط اولیه بی‌مقیاس شده می‌گویند (i , j) عنصر d_{ij} نشانگر تأثیر مستقیم عامل x_i بر عامل x_j است. فرض کنید که d_i نشانگر جمع سطری سطر Iام ماتریس D باشد:

$$d_{i^\circ} = \sum_{j=1}^{n} d_{ij} \quad (۳)$$

d_i نشانگر مجموع تأثیر مستقیم عامل x_i بر سایر عوامل است. فرض کنید که d_j نشان دهنده جمع ستونی ستون jام ماتریس D باشد.

$$d_{j^\circ} = \sum_{i=1}^{n} d_{ij} \qquad (۴)$$

در اینجا d_j نشانگر مجموع تأثیراست که عامل x_j از سایر عوامل می‌پذیرد. می‌توان d_i و d_j را به رابطه ۵ و ۶ بی مقیاس نمود:

$$w_i(d) = \frac{d_{i^\circ}}{\sum_{i=1}^{n} d_{i^\circ}} \qquad (۵)$$

$$v_j(d) = \frac{d_{j^\circ}}{\sum_{j=1}^{n} d_{j^\circ}} \qquad (۶)$$

ماتریس D نشان‌دهنده تأثیر اولیه‌ای است که یک عامل بر سایر عوامل وارد و از آنان دریافت می‌کند. هر عنصر از ماتریس D نشانگر یک رابطه محتوایی میان عناصر سیستم بوده و می‌توان آن را مبدل به یک مدل ساختاری تصویری – نقطه تأثیر – روابط – از سیستم با روابط فوق لحاظ کرد.

ج) کاهش مستمر در تأثیرات مستقیم مسائل همراه با کاهش توان ماتریس D

به عنوان مثال $D^2, D^3, ..., D^\infty$ جواب‌های همگرا را در معکوس کردن ماتریس، مشابه با فرایند جذب در ماتریس زنجیره مارکوف، تضمین می‌کند. لازم به ذکر است که $\lim_{m\to\infty} D^m = [\circ]_{n\times n}$ در حالی که ماتریس $[\circ]_{n\times n}$ ماتریسی با عنصر صفر است، ماتریس روابط کل T یک ماتریس n×n بوده که می‌توان آن را به صورت زیر تعریف کرد:

$$\sum_{m=1}^{\infty} D^i = D + D^2 + D^3 + ... + D^m$$
$$= D\left(I + D + D^2 + D^3 + ... + D^{m-1}\right)$$
$$= D(I-D)^{-1}(I-D)(I + D + D^2 + D^3 + ... + D^{m-1})$$
$$D(I-D)^{-1}(I-D^m) = D(I-D)^{-1} \qquad (۷)$$

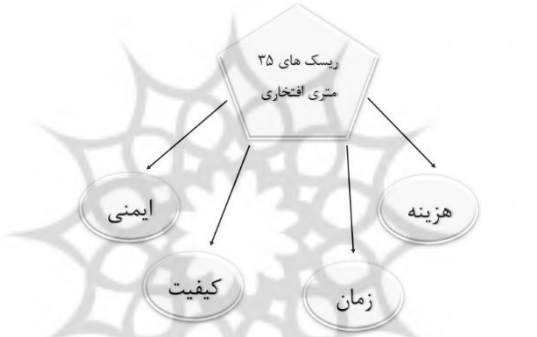
در رابطه I, ۷ ماتریس همانی بوده و ماتریس T نیز ماتریس کلی روابط نامیده می‌شود. t_{ij}، عنصر (i , j)ماتریس Tنشان دهنده تأثیر مستقیم و غیر مستقیم ایجاد شده توسط عامل x_i بر عامل x_j است.

د) ارزش آستانه و نقشه تأثیر – روابط

در نهایت پس از اجرای روش دی متل وابستگی بین سطوح مختلف معیارها استخراج می‌شود (Lee, 2009)

۱) استفاده از مقایسات زوجی برای تعیین تأثیرات و رابطه معیارها

در این بخش به دنبال تعیین وزن ها و یا اهمیت هرکدام از معیارهای مسئله هستیم که از این رو، در آغاز امر مانند شکل رابطه‌ای را بین معیار ها فرض نخواهیم کرد و تأثیرگذاری هر کدام را بر دیگری صفر در نظر می‌گیریم و در فصل چهارم بعد از پخش پرسشنامه و پرسش از خبرگان اثرگذاری و وزن‌دهی هر کدام بر دیگری باید محاسبه شود.



شکل ۲: معیارهای اصلی پژوهش

۲) استفاده از ANP برای رتبه بندی معیارها و زیر معیارها

فرایند تحلیل شبکه‌ای در سال ۱۹۷۱ توسط ساعتی توسعه داده شده و هدف آن نیز ساختارمند کردن فرایند تصمیم گیری با توجه به یک سناریو متأثر از فاکتور های چندگانه مستقل از هم بود (ساعتی , ۱۹۸۰).

بسیاری از مسائل دارای وابستگی درونی (بیرونی و روابط، تعاملات) هستند که نمی‌توانند به صورت سلسله‌مراتبی در نظر گرفته شوند. برای نشان دادن تعاملات از ماتریس استفاده می‌شود. هر

جزء ماتریس رابطه بین دو جزء را نشان می دهد. شکل ۵ نشان دهنده ارتباط بیرونی و درونی بین عناصر است.

دستورالعمل سلسله مراتبی به صورت از بالا به پایین و یا برعکس، در سیستم های پیچیده با روابط پیچیده‌تر مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

یک سیستم بازخوردی می‌تواند به صورت یک شبکه نشان داده شود که خوشه‌ها با خوشه‌ها و یا عناصرهای آنان تعامل دارند. عناصر هر خوشه (سطح) می‌تواند بر روی تعدادی یا همه عنصرهای گروه های دیگر تأثیر بگذارد. در یک شبکه می‌توان گره منبع، گروه میانی و گروه مقصد وجود داشته باشد. ارتباطات در یک شبکه با پیکان نشان داده می‌شود و سمت و سوی این پیکان‌ها نشان دهنده وابستگی خواهد بود. وابستگی بیرونی میان ۲ گروه به عنوان وابستگی خارجی نامیده می‌شود، که به صورت یک پیکان ۲ سویه بوده و وابستگی داخلی میان اعضای یک گروه به صورت یک پیکان قوسی نشان داده می شود (ساعتی ، ۱۹۸۸)

ما ابتدا با استفاده از دیمتل تأثیرپذیری هر کدام از عنصرها را در شاخه و زیر شاخه بررسی کردیم. حال به کمک ANP میزان اهمیت هر کدام را نسبت به دیگری و در یک مقایسه زوجی بررسی می‌کنیم.

یک ماتریس مقایسه زوجی، ارزش طرف مقابل برعکس می شود؛ یعنی $a_{ij} = 1/a_{ij}$ در حالی که $a_{ij}(a_{ji})$ نشان دهنده اهمیت iامین (jامین) عنصر در مقایسه با jامین (iامین) عنصر است. در ANP نیز همانند AHP مقایسات زوجی در قالب یک ماتریس صورت می گیرد و بردار اولویت محلی با تخمینی از اهمیت نسبی مرتبط با عناصر به دست می آید که به وسیله حل معادله زیر حاصل می شود:

$$A.W = \lambda_{\max}.W \qquad (۸)$$

به طوری که A ماتریس مقایسات زوجی، W بردار ویژه، $\lambda_{\max}$ بزرگ‌ترین بردار مقادیر A است. ساعتی در سال ۱۹۸۰ چندین الگوریتم برای تقریب W ارائه داد. یک روش ایجاد اولویت‌ها استفاده از سه گام زیر است (ساعتی , ۱۹۸۰).

۱. تمامی مقادیر موجود در ستون‌های یک ماتریس مقایسه زوجی را جمع بزنید.

۲. هر درایه در هر ستون را بر جمع ستون مربوطه تقسیم کنید. ماتریس حاصل یک ماتریس مقایسه زوجی نرمالیزه شده است.

۳. در ماتریس مقایسه زوجی تمامی اعداد یک سطر را با هم جمع کرده و بر n تقسیم کنید. بدین ترتیب اولویت نسبی عناصر در سطرها به دست می آید.

فرض کنید که یک سیستم تصمیم دارای c_k جز تصمیم باشد و k= 1,…,n و هر جز k دارای m_k عنصر می‌باشد که با $e_{k1}.e_{k2}....e_{km}$ نشان داده می‌شوند. بردارهای اولویت محلی به دست آمده در مرحله دوم گروه‌بندی شده بر اساس جهت تأثیر از یک قسمت دیگر، یا در خود یک قسمت طبق پیکان دوار در مکان مناسب خود در سوپر ماتریس طبق شکل ۴ قرار داده می‌شوند.

$$W_h = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & 0 & 0 \\ 0 & w_{32} & I \end{bmatrix}$$

شکل ۳: سوپر ماتریس ماتریس

به طوری که w_{21} بردار تأثیر بر هدف بر معیار، w_{32} ماتریس تأثیر معیار بر هر یک از گزینه‌ها و I نشان دهنده ماتریس واحد بوده و صفرها بیانگر عدم تأثیر پذیری عناصر مستقل از هم می‌باشند.

اگر میان معیار ارتباط درونی برقرار باشد، شبکه جایگزین سلسله مراتب می شود. در این حالت، سوپر ماتریس، w_n به صورت شکل ۴ بوده که در آن w_{22} نشان دهنده این وابستگی داخلی است:

$$W_n = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & w_{22} & 0 \\ 0 & w_{32} & I \end{bmatrix}$$

شکل ۴: سوپر ماتریس با وجود رابطه درونی

توجه داشته باشید، درصورتی که روابط متقابل میان عناصر در یک قسمت و یا بین دو قسمت وجود داشته باشد، می‌توان صفر ها را نیز جایگزین کرد. از آنجا که معمولا در یک شبکه میان خوشه‌ها وابستگی متقابل وجود دارد، ستون‌های یک سوپر ماتریس بیش از یک ستون خواهد بود. در نهایت، برای رسیدن به همگرایی میان اعداد در سوپر ماتریس باید آن را به توان 2k+1 رساند که k یک عدد دلخواه بزرگ می‌باشد. ماتریس حاصل را ماتریس محدود[1] می‌نامیم (ساعتی, ۱۹۸۰).

۳. تحلیل نتایج و ارائه راهکارها

الف) تعیین روابط معیارها

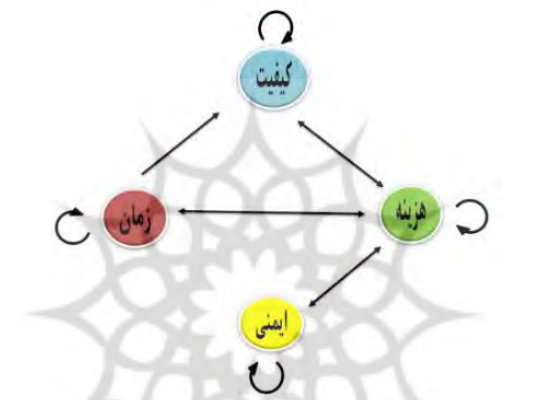
در این پژوهش، معیارها به ۴ معیار هزینه، زمان، کیفیت و ایمنی تقسیم‌بندی شده‌اند و برای پیدا کردن روابط بین معیارها با استفاده از پرسش‌نامه اطلاعات و داده‌های خامی به دست آمد که پس از

1. Limit Super matrix

بررسی به روش دیمتل انجام گرفت، نتایجی به دست آمد که به شرح آنها می‌پردازیم: هرگاه درایه‌ای با درایه دیگر عدد یک را داشته باشد آن دو معیار با یکدیگر رابطه خواهند داشت و بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند و هر گاه رابطه‌ای ندشته باشند، درایه آن دو معیار صفر است.

جدول ۱: تعیین روابط بین معیار ها

	زمان	هزینه	کیفیت	ایمنی
زمان	۱	۱	۱	۰
هزینه	۱	۱	۱	۱
کیفیت	۰	۱	۱	۰
ایمنی	۰	۱	۰	۱



شکل ۵: روابط بین معیار ها

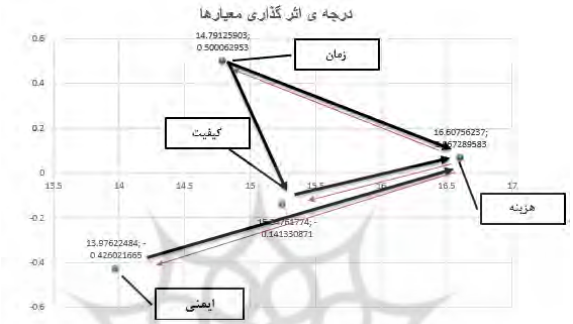
از این رو، با توجه به محاسبات ذکر شده نمودار روابط بین معیارها در شکل ۵ را بازگو می‌کند:

در ماتریسی که بر روی آن به بررسی می‌پرداختیم می‌توانیم بگوییم با جمع کردن هر سطر(D) میزان تأثیرگذاری آن معیار بر دیگر معیارها را به دست آورد، با جمع کردن درایه‌های هر ستون(R) طبق جدول ۲ میزان تأثیرپذیری آن معیار از معیارهای دیگر مشخص می‌شود و از این رو، ما با رسم یک بردار مختصاتی دکارتی مانند شکل ۸ که بردار افقی آن برابر جمع D+R باشد میزان تأثیر معیارهای مورد نظر را در پژوهش مورد نظر مشخص می‌کند؛ یعنی هر چه مقدار D+R بیشتر باشد، می‌توان گفت آن معیار تعامل بیشتری با سایر معیار ها خواهد داشت و اگر ما بردار عمودی آن را به

D-R نظر بگیریم، قدرت تأثیرگذاری آن معیار را نشان می‌دهد؛ یعنی اگر D-R بالاتر از صفر باشد (مثبت) معیار ما علت محسوب شده و اگر D-R کمتر از صفر باشد (منفی) معیار ما معلول است.

جدول۲: تعیین درجه اثرگذاری معیارها

معیار ها	D	R	D+R	D-R
زمان	۷/۶۵	۷/۱۴	۱۴/۷۹	۰/۵
هزینه	۸/۳۴	۸/۲۷	۱۶/۶	۶/۰۶
کیفیت	۷/۵۵	۷/۶۹	۱۵/۲۴	-۰/۱۴
ایمنی	۶/۷۸	۷/۲	۱۳/۹۷	-۰/۴۲



شکل ۶: روابط بین معیارها

ب) تعیین درجه اهمیت معیارها و زیر معیارها

پس از پیدا کردن روابط میان معیارها در گام گذشته، در مرحله بعدی با استفاده از این روابط که به کمک روش دیمتل به دست آمد، به بررسی اهمیت معیارها و زیر معیارها با استفاده از روش ANP پرداختیم. از این رو، به تهیه و توزیع پرسشنامه‌ای بین خبرگان و اهل فن پرداختیم و از آنان تقاضا کردیم که با نهایت دقت و صرف زمان کافی به حل آن مشغول شوند. بعد از جمع آوری این پرسشنامه‌ها، با استفاده از نرم افزار اکسل به جمع آوری اطلاعات اولیه ای که خبرگان در اختیار ما قرار دادند پرداختیم، و سپس با استفاده از نرم افزار Super decision به شبیه‌سازی آنها مشغول شدیم.

جدول ۳: زیر معیارهای مورد بررسی در پروژه

معیارها	زیر معیار ها	کد
زمان	تغییر مکرر پیمانکاران فرعی	T1
	دوباره کاری به دلیل خطا و اجرا	T2
	طولانی شدن بروکراسی اداری	T3
	عدم ابلاغ به موقع نقشه‌های مربوطه و جزئیات اجرایی	T4
	تغییرات مدیریتی کارفرما	T5
	ضعف در برنامه‌ریزی و زمان‌بندی منابع اولیه پروژه	T6
ایمنی	عدم وجود فرهنگ ایمنی در کارگاه	S1
	خطاهای ایمنی حین انجام کار	S2
	عدم تجهیز اولیه مناسب برای کارگاه	S3
	انگیزه و روحیه پایین نیروی کار	S4
	اپراتورهای غیر ماهر تجهیزات	S5
کیفیت	عدم مطالعه دقیق اولیه	Q1
	تجربه ناکافی پیمانکار	Q2
	روش نامناسب ساخت و ساز	Q3
	کیفیت نامناسب طراحی	Q4
	عدم تناسب بین توانایی فنی و اجرایی پیمانکار انتخاب شده با پروژه	Q5
هزینه	پیشنهاد قیمت پایین تر از حد معقول پیمانکاران در مناقصه	C1
	مشکلات مالی پیمانکار	C2
	افزایش در قیمت مواد	C3
	مشکلات در تأمین مالی از داخل یا خارج	C4
	عدم تأمین منابع اعتبار مالی مطمئن	C5

بعد از وارد کردن اطلاعات در نرم افزار و پیاده‌سازی و حل مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) اولویت‌بندی عوامل مشخص می‌شود؛ به صورتی که در جداول ۴ و ۵ وزن‌ها مشخص شدهاند :

جدول ۴: وزن معیار پروژه

Name	Normalized By Cluster	Limiting
هزینه	0/53089	0/265445
کیفیت	0/16465	0/082326
ایمنی	0/16372	0/081861
زمان	0/14074	0/070368

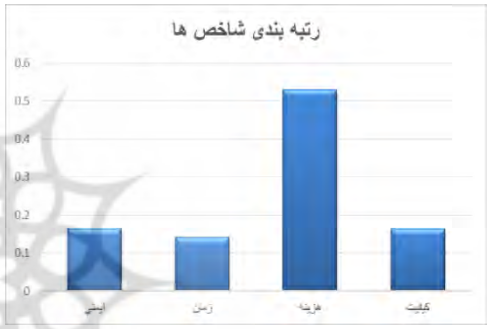
طبق جدول ۴ معیار هزینه از سه گزینه دیگر مهم‌تر است و بعد از آن نیز موارد کیفیت و ایمنی دارای اهمیت بیشتری هستند و در گزینه آخر زمان است که از خروجی نرم‌افزار به دست آمده است.Inconsistency را می‌توان نرخ ناسازگاری این مرحله نامید و همان طور که مطالعه انجام شد، باید کمتر از ۰,۱ باشد و می‌بینیم که نرخ سازگاری این مرحله ۰,۰۲ است.

در گام بعدی به سراغ خروجی‌های زیر معیارها یا ریسک‌ها می‌رویم، این نرم افزار بعد از بررسی‌های سوپر ماتریس جواب‌هایی به ما داده است که طبق گفته‌های بالا دارای یک وزن نرمال و یک وزن ایده آل است و دارای نرخ سازگاری ۰,۰۳ می‌باشد که برای این مرحله بسیار عالی و مناسب است. در جدول ۵ به ارائه ی اولویت‌بندی ریسک‌های روسازی بتنی ۳۵ متری افتخاری می‌پردازیم که بر اساس مطالعات نهایی صورت پذیرفته شده ریسک مشکلات مالی پیمانکار با وزن نرمال ۰,۱۰۳۶۲ بیشترین اهمیت را دارا ست و بعد از آن ریسک‌های پیشنهاد قیمت پایین‌تر از حد در جدول ۵ به ارائه اولویت بندی ریسک‌های روسازی بتنی ۳۵ متری افتخاری می‌پردازیم که بر اساس مطالعات نهایی صورت پذیرفته شده ریسک مشکلات مالی پیمانکار با وزن نرمال ۰,۱۰۳۶۲ بیشترین اهمیت را داراست و بعد از آن ریسک‌های پیشنهاد قیمت پایین‌تر از حد معقول پیمانکار، خدم تأمین اعتبار مالی مطمئن و عدم مطالعه ی دقیق اولیه دارای بیشترین اهمیت را در پروژه روسازی بتنی خیابان افتخاری داراست. که نمودار میله‌ای نتایج به دست آمده در شکل‌های ۷ و ۸ به نمایش گذاشته شده است.

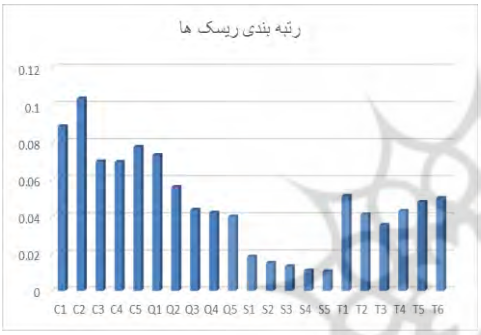
جدول ۵: وزن ریسک های پروژه

رتبه بندی	Name	ریسک ها	Normalized By Cluster	Limiting
۱	C2	مشکلات مالی پیمانکار	0/10362	0/051812
۲	C1	پیشنهاد قیمت پایین‌تر از حد معقول پیمانکاران در مناقصه	0/08859	0/044297
۳	C5	عدم تأمین منابع اعتبار مالی مطمئن	0/07751	0/038757
۴	Q1	عدم مطالعه دقیق اولیه	0/0731	0/036549
۵	C3	افزایش در قیمت مواد	0/06971	0/034857
۶	C4	مشکلات در تأمین مالی از داخل یا خارج	0/0694	0/034701
۷	Q2	تجربه ناکافی پیمانکار	0/05588	0/027942
۸	T1	تغییر مکرر پیمانکاران فرعی	0/05106	0/025532
۹	T6	ضعف در برنامه‌ریزی و زمان‌بندی منابع اولیه پروژه	0/05	0/024998
۱۰	T5	تغییرات مدیریتی کارفرما	0/0478	0/023901
۱۱	Q3	روش نامناسب ساخت و ساز	0/04363	0/021817
۱۲	T4	عدم ابلاغ به موقع نقشه‌های مربوطه و جزئیات اجرایی	0/04297	0/021484

رتبه بندی	Name	ریسک ها	Normalized By Cluster	Limiting
۱۳	Q4	کیفیت نامناسب طراحی	0/04207	0/021035
۱۴	T2	دوباره‌کاری به دلیل خطا و اجرا	0/04112	0/020558
۱۵	Q5	عدم تناسب بین توانایی فنی و اجرایی پیمانکار انتخاب شده با پروژه	0/04001	0/020003
۱۶	T3	طولانی شدن بروکراسی اداری	0/03546	0/017732
۱۷	S1	عدم وجود فرهنگ ایمنی در کارگاه	0/01838	0/00919
۱۸	S2	خطاهای ایمنی حین انجام کار	0/01505	0/007523
۱۹	S3	عدم تجهیز اولیه مناسب برای کارگاه	0/01323	0/006616
۲۰	S4	انگیزه و روحیه پایین نیروی کار	0/01088	0/00544
۲۱	S5	اپراتورهای غیر ماهر تجهییزات	0/01051	0/005257



شکل ۷: نمایش گرافیکی رتبه بندی نهایی ریسک‌های پروژه



شکل ۸: نمایش گرافیکی رتبه‌بندی‌هایی شاخص‌های مؤثر

نتیجه‌گیری

در فرایند تحلیل شبکه هر معیار، زیر معیار و پاسخ را می‌توان به عنوان یک خوشه در نظر گرفت که تمامی این معیارها و زیرمعیارها می‌توانند درون این خوشه‌ها با یکدیگر در ارتباط باشند.

این قابلیت تحلیل شبکه‌ای کمک شایانی به پاسخگویی به مسائل تصمیم‌گیری و ریسک در زیرشاخه عمران قرار داده است؛ به طوری که ارتباط معیارها و زیرمعیارها با یکدیگر را کاملا ساده و قابل اجرا کرده است. دلیل اصلی این مطالعه که با هدف شناسایی فرایند مدیریت ریسک پروژه، پیاده‌سازی و ریشه‌یابی علل وقوع هر ریسک، تحلیل آن تا حد امکان، برنامه‌ریزی و اجرای روش‌های

واکنش و تخصیص ریسک به عوامل ذی‌صلاح در پروژه روسازی بتن مسلح احداث ۳۵ متری افتخاری به انجام خواهد رسید، به منظور کنترل مؤثر ریسک‌های ارجح پروژه مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت و پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که تاکنون تحقیقی با این مضمون که در آن از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شده باشد، صورت نگرفته است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

Baghlani.M&Gholai.M(2015*)."Analyze soulutions related to the risks of road construction projects using fuzzy"first* International Journal of civil Engineering.

Nazari.A&Jaberi.M(2015)*."Risk Identification in Project – Based Organizations Using RBS Approach"*International Journal of Industrial Engineering.

Iranian.M & rezaian.J (2018) " Risk Assessment in road counstruction Project Based on the PMBOk "11th international Project management Conference.

Project management institute (PMI), (2004). *Project management Body of KnowledgePMBOK.*

Kerzner.H. (2003). Project management, a systems approach to planning, scheduling, and controlling

Thompson,P.A. & Perry, J.G. (1992)*,"Engineering construction Risk*", SERC of Manchester University,London,Thomas Telford,

Makoie, Ahmad. & ebrahimi samani, Babak. (2009)*," Assessing the Challenges of Iranian Companies in Oil and Gas Projects by DEMATEL*", Second International Project Management Conference.

Bagheri, Naser. & Zarei, Azim. (2004)*," Explaining the Pattern of Manufacturing Technology Selection*", Semnan university, Iran.

Lee, 2009 "A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks", Expert Systems with Applications, Vol., 36, Pp. 2879–2893.

Saaty, T.L ;(1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.

Saaty, T.L ;(1996*). Decision Making with Dependence and Feedback*: The Analytic Network Process. RWS.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی