دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۰۵
پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۲۰

فصلنامهٔ مدیریت نظامی
سال شانزدهم، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۵
ص ص ۱۱۷-۱۵۷

توسعهٔ مدلی برای ارزیابی و رتبه‌بندی پروژه‌های عمرانی با توجه به احتمال وقوع ریسک و تأثیر آن در عملکرد ساخت

(مورد مطالعه: معاونت مهندسی و مجری طرح‌های عمرانی یک رده نظامی)

مجتبی شفیعی نیک‌آبادی[۱]، دکتر محسن شفیعی نیک‌آبادی[۲]، دکتر سید محمدحسن حسینی[۳]

چکیده

افزایش سرمایه‌گذاری در بخش‌های عمرانی در نیروهای مسلح، علاوه بر تأمین نیازهای اساسی می‌تواند تأثیر مثبتی در پیشبرد اهداف راهبردی داشته باشد، لیکن در راه رسیدن به این اهداف، ریسک‌هایی وجود دارد که لازم است پیش از شروع هر پروژه، این موارد شناسایی و کنترل شود. در این خصوص هدف اصلی این مقاله، شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک پروژه‌های عمرانی یک رده نظامی از نیروهای مسلح ایران، با یک رویکرد تلفیقی فنون تصمیم‌گیری چند معیاره است. این رویکرد می‌تواند به‌عنوان ابزاری مناسب در خصوص سنجش ریسک‌های ساخت پروژه‌های عمرانی، برنامه‌ریزی جهت کنترل آنها و شناسایی پروژه‌های کم‌ریسک استفاده شود. در این پژوهش ابتدا با مطالعه کتابخانه‌ای، ریسک‌های ساخت پروژه‌های عمرانی استخراج می‌شود. سپس در مرحله اول رویکرد پیشنهادی، با کمک فنِ تحلیل سلسله‌مراتبی و نظرات خبرگان، ریسک‌های شناسایی‌شده بر اساس احتمال وقوع نسبت به یکدیگر، وزن‌دهی می‌شوند. در مرحله دوم تحقیق با بررسی میزان تأثیر ریسک‌های شناسایی‌شده در عملکرد ساخت و با کمک نظرسنجی دوم و روش ویکور، شناسایی پروژه‌های کم‌ریسک میسر می‌شود. نتایج مرحله اول نشان می‌دهد، ریسک‌های مربوط به نظارت، طراحی و ساخت و همچنین مسائل مالی و اعتباری در میان زیرگروه‌های اصلی از لحاظ احتمال وقوع نسبی با ضرایب ۰٫۳۸ و ۰٫۲۸ در رتبه اول و دوم قرار داشته و ریسک‌های مربوط به حوادث جغرافیایی و اقتصادی با ضریب اهمیت ۰٫۱۳ در رتبه آخر قرار دارد. همچنین خروجی نظرسنجی در مرحله دوم، بیانگر فهرستی از پروژه‌های عمرانی رتبه‌بندی شده بر اساس میزان تأثیر ریسک در عملکرد ساخت آنهاست.

واژه‌های کلیدی: رتبه‌بندی، پروژه‌های عمرانی، مدیریت ریسک، تحلیل سلسله‌مراتبی، ویکور

---

۱. کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور
۲. استادیار مدیریت صنعتی، دانشگاه سمنان (نویسندهٔ مسئول)، ✉ shafiei@profs.semnan.ac.ir
۳. استادیار مهندسی صنایع، دانشگاه شاهرود

مقدمه

ساخت پروژه‌های عمرانی در نیروهای مسلح با اهدافی چون ساخت و تحکیم مراکز استقرار حیاتی، افزایش آستانهٔ مقاومت ملی، تقویت مؤلفه‌های مقاومت در مقابلِ تهدیدها، کسب امنیت پایدار و نمایان نمودن اقتدار ملی در جهت خودکفایی، انجام می‌گردد (شفیعی نیک‌آبادی، حسینی و شفیعی نیک‌آبادی، ۱۳۹۴)؛ لیکن در راه رسیدن به این اهداف، پروژه‌های ساخت‌وساز به دلیل بزرگی و طبیعت پیچیده و منحصربه‌فرد، با عدم قطعیت‌های زیادی مواجه هستند (زهرایی، روزبهانی و میرشکاری، ۱۳۹۵) که از آثار بسیار مهم آنها بر روند اجرایی پروژه‌ها، می‌توان به تخطی در هزینه‌های برآورد شده، تکمیل نشدن پروژه در تاریخ موردنظر، اُفت کیفیت و بهره‌وری اشاره کرد (کلاهان، رضایی نیک، حسنی دوغ‌آبادی، رمضان‌پور و تجدد، ۱۳۹۴). وجود این مسائل و نیاز جدی صنعت ساخت، به روشی مناسب برای ارزیابی و تحلیل ریسک‌های مربوط، سازمان نیروهای مسلح را به انجام اموری، پیش از شروع ساخت، به‌منظور کنترل وقایع اتفاقی در حین اجرای پروژه، واداشته است که با کمک آنها بتوانند در برنامه‌ریزی‌های آتی، هزینه‌ها را به حداقل رسانده و از خلل‌های پیش رو بکاهد.

اغلب پروژه‌ها در یک محیط پیچیده اجرا می‌شوند؛ به‌نحوی‌که ریسک و عدم اطمینان جزء ویژگی‌های لاینفک آنها است و امکان حذف کامل آنها وجود ندارد و می‌توانند مشکلاتی در اجرا و دستیابی به اهداف ایجاد نماید (ذگرگی، نظری و رضایی، ۱۳۹۲). در پروژه‌های عمرانی، مسئولیت بیشتر ریسک‌ها، به پیمانکار واگذار می‌شود؛ این عمل، تأثیرات منفی در هزینه‌های طرفین قرارداد، می‌گذارد (نصیرزاده، مازندرانی و روح‌پرور، ۱۳۹۳ الف). بنابراین، شناسایی، سنجشِ ریسک و برنامه‌ریزی برای کنترل آن، می‌تواند نقش بسزایی در موفقیت پروژه داشته باشد (الفت، خسروانی و جلالی، ۱۳۸۹). انجام این امور در بستر اجرای پروژه‌های عمرانی، می‌تواند نتایج سودمندی برای اتمام موفقیت‌آمیز پروژه‌ها، در قالب هزینه، زمان و جلب نظر ذی‌نفعان پروژه، به همراه داشته باشد (احسانی و لنگرودی، ۱۳۹۰). در این میان سازمان‌های نظامی باید بتوانند به‌طور منطقی و روش‌مند مخاطرات بالقوه را شناسایی و تحلیل کرده؛ برای مدیریت مناسب آنها در شرایطِ اطمینان اقدام و از تصمیم‌گیری‌های ذهنی و تقریبی پرهیز کنند؛ زیرا اساسی‌ترین راهکارها برای حلِ این مسئله، ارزیابی، تحلیل و مدیریت ریسک است (موغلی، عبدالمنافی، صالحی و محمود صالح، ۱۳۹۴). بدیهی است مدیریت ریسک در

نیروهای مسلح در قالبِ پژوهش‌های میدانی با اخذ نظر از خبرگان مشغول به خدمت در امر سازندگی در جهت افزایش بهره‌وری سازمانی و برنامه‌ریزی صحیح برای کاهش آثار ناشی از وقوع ریسک‌های ساخت، باید اجرا شود؛ لیکن این سؤال مطرح است: چگونه می‌توان با رویکردی علمی و همسو با مراحل مدیریت ریسک، به شناسایی و تحلیل ریسک جهت کنترل و بررسی تأثیر آن در عملکرد ساخت، به‌منظور شناسایی پروژه‌های کم ریسک اقدام کرد.

مبانی نظری و پیشینهٔ تحقیق

ریسک از اصطلاح «آلیتوریک» از کلمهٔ لاتین آلیا به معنی «تاس» مشتق شده است و به‌معنای رویداد تصادفی است (نظری، فرصت کار و کیافر، ۱۳۸۷). لغت‌نامه عمومی، ریسک را امکان وقوع اتفاقی، زیان یا صدمه تعریف می‌کنند. در بعضی از لغت‌نامه‌های تخصصی نیز تغییر در بازدهی موردنظر یک سرمایه‌گذاری را ریسک می‌دانند؛ چه این تغییر بازدهی مثبت باشد چه منفی، باید دو ویژگی در یک رویداد نهفته باشد تا آن رویداد را ریسک بنامیم: اول امکان وقوع یک رویداد و دوم آسیب‌پذیری نسبت به آن رویداد است (پورصادق، فرشچی و موحدی صفت، ۱۳۹۲). احتمال وقوع ریسک حداقل در یکی از ابعاد پروژه از قبیل محدوده، زمان، هزینه یا کیفیت وجود دارد (ذگرگی و همکاران، ۱۳۹۲). اغلب در اجرای پروژه‌ها، ریسک‌ها دست‌کم گرفته می‌شوند و یا به بخش‌هایی که دانش، منابع و ظرفیت‌های کافی برای مدیریت مؤثر آنها وجود ندارند تخصیص داده می‌شوند که نتیجه آن افزایش هزینه‌ها و تأخیرها در پروژه است (انگ[1] و لوزمور[2]، ۲۰۰۷). در این راستا، مدیریت ریسک، روشی نظام‌مند را برای مدیریت عدم‌قطعیت‌ها ارائه می‌دهد؛ به‌نحوی‌که کاربرد آن، بختِ دستیابی به اهداف پروژه را افزایش می‌دهد (انجمن مدیریت پروژه[3]، ۲۰۱۳). مدیریت ریسک در دورهٔ رنسانس در قرن شانزدهم میلادی مطرح شد. از اواخر دهه ۸۰ میلادی با جدی شدن موضوعات و مباحث مدیریت پروژه، مدیریت ریسک نیز به‌عنوان یکی از محورهای مهم مدیریت پروژه در مراجع معتبر مدیریت پروژه ظاهر گشت (چاپمن[4] و وارد[5]، ۲۰۰۸). در سال‌های گذشته مدل‌های مختلفی برای مدیریت

1. Ng, A.
2. Loosemore, M.
3. Project Management Institute (PMI)
4. Chapman, C. B.
5. Ward, S. C.

ریسک با هدف افزایش موفقیت پروژه، با اعتبار بین‌المللی ارائه‌شده است که برخی از این مدل‌ها عبارت‌اند از: PMBOK[1]، PRMA[2]، Risk Man و... (جابری، ۲۰۱۱).

مدیریت ریسک یکی از ارکان مدیریت پروژه است (نظری، جابری و عمل نیک، ۲۰۱۳). با توجه به ماهیت نامطمئن پروژه‌ها و لزوم صرف بهینه منابع در آنها، دارای اهمیت انکارناپذیری است (باقری و چاره‌گر، ۱۳۹۲). هدف مدیریتِ ریسک پروژه، شناسایی و سنجشِ ریسک، به‌گونه‌ای است که درک آن آسان شده و بتوان ریسک را به‌طور مؤثرتری مدیریت کرد (مجتهدی، محمد، موسوی و ماکویی، ۲۰۱۰). یک فرایند نظام‌مند مدیریت ریسک، معمولاً به سه دسته تقسیم می‌گردد (کابرو[3]، ونتوسا[4]، سریسولا[5] و بایلو[6]، ۲۰۱۰؛ تاموسایتینه[7] و زاواداسکاس[8]، ۲۰۱۳؛ گرین[9]، ۲۰۱۶):

۱- شناسایی و دسته‌بندی ریسک: شناسایی ریسک فرایندی تکرارپذیر است؛ زیرا ماهیت ریسک‌ها در حال تغییر است و همچنین ریسک‌های جدید به وجود می‌آیند (نییتو- موروته[10] و رز- ویلا[11]، ۲۰۱۱). روند شناسایی ریسک، روندی کیفی است که با هدف شناسایی ریسک‌های مؤثر بر اهداف پروژه، طی می‌شود. در یک نگاه دقیق‌تر، شناسایی ریسک، فرایند تعیین ریسک‌های احتمالی مؤثر بر پروژه و تعیین مشخصه‌های هر یک از آنها و مستندسازی آنها است (استاندارد دانش مدیریت پروژه، ۲۰۰۸).

۲- سنجش و ارزیابی ریسک: سنجش و ارزیابی ریسک عبارت از فرایند تخمین احتمال وقوع یک رویداد مطلوب یا نامطلوب و میزان تأثیر آن است (زنگ[12] و اسمیت[13]، ۲۰۰۷؛ حیاتی،

1. Project Management Body Of Knowledge
2. Project Risk Management Approach
3. Cabero, J.
4. Ventosa, M. J.
5. Cerisola, S.
6. Baillo, Á.
7. Tamo aitien , Z.
8. Zavadskas, E. K.
9. Green, P. E. J.
10. Nieto-Morote, A.
11. Ruz-vila, F.
12. Zeng J.
13. Smith & N. J.

عطایی، خالو کاکایی و صیادی، ۱۳۹۳). این مرحله می‌تواند به انتخاب پروژه‌هایی با ریسک کمتر و حذف ریسک باقیمانده کمک نماید (پراسانتا[1]، ۲۰۱۰).

۳- کنترل ریسک: کنترل ریسک به معنای برنامه‌ریزی به‌منظور پاسخ به ریسک، فرایند تعیین گزینه‌ها و اقدامات مختلف جهت افزایش یا بهره‌برداری از فرصت‌ها و کاهش یا حذف تهدیدهای مربوط به اهداف پروژه است. این فرایند، پس از فرایند سنجشِ ریسک صورت می‌پذیرد (باقلانی و شیروانی، ۱۳۹۳). طبق نظر کانرو[2]، تمامی گام‌های فرایند مدیریت ریسک دارای اهمیت یکسانی بوده و انجام ناقص هر یک از گام‌ها منجر به مدیریت ریسک غیرمؤثر می‌شود (کانرو، ۲۰۰۳). بسیاری از محققان تأکید نموده‌اند که شناسایی و ارزیابی ریسک‌ها بدون پاسخگویی به آنها مفید نیست (هیلسون[3]، ۱۹۹۹).

ریسک‌های پروژه‌های ساخت، دارای ماهیتی نظام‌مند هستند (نصیرزاده و همکاران، ب، ۱۳۹۳) و بیشتر فعالان در پروژه‌های ساختمانی این ریسک‌ها را به‌عنوان یک پدیدهٔ منفی می‌شناسند (خاکسار، شافعی و اله ویسی، ۱۳۸۷). در این تحقیق ریسک‌های ساخت پس مرور منابع گوناگون و مستندات موجود در سازمان هدف، به‌منظور شروع فرایند مدیریت ریسک، استخراج و در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: ریسک‌های شناسایی‌شده ساخت پروژه‌های عمرانی

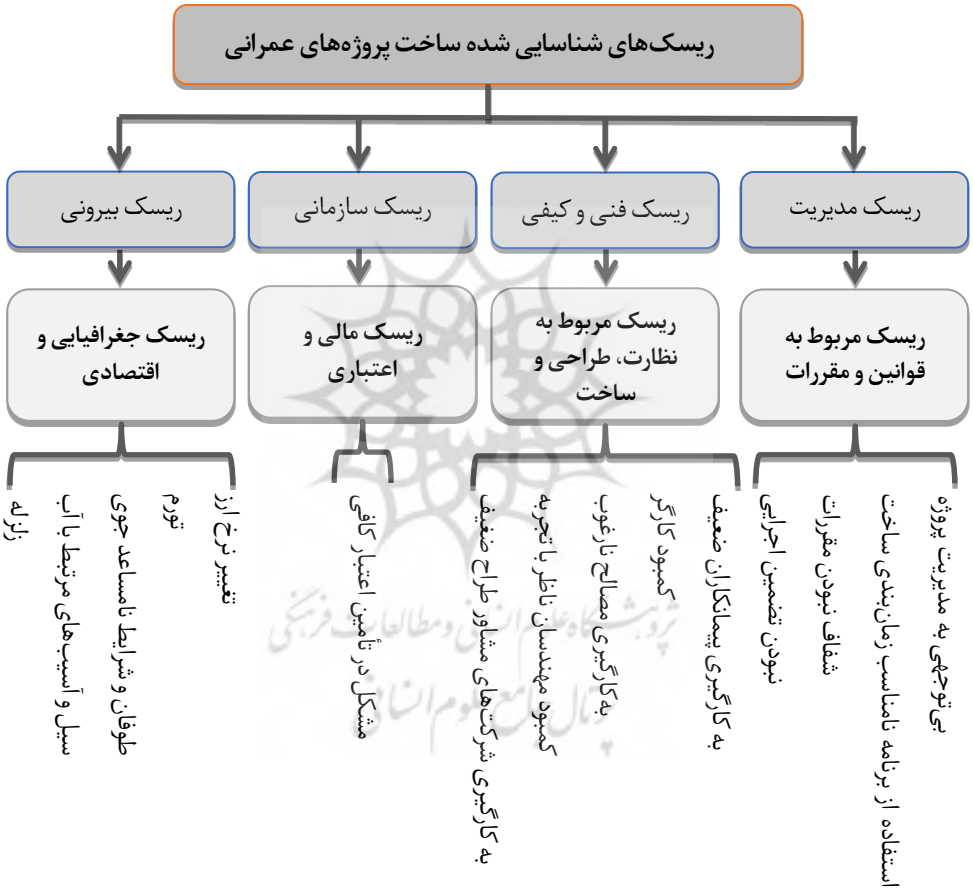
عوامل اصلی ریسک و منابع	زیرگروه اصلی	زیرگروه فرعی
ریسک‌های بیرونی	حوادث جغرافیایی و اقتصادی	زلزله
تاموسایتینه و زاواداسکاس، ۲۰۱۳؛ بردبار و سایبانی، ۱۳۹۲، جوزی و همکاران، ۱۳۸۹؛ صیادی و همکاران، الف ۱۳۹۰، صیادی و همکاران، ب ۱۳۹۰، الفت و همکاران، ۱۳۸۹؛ بیدی، ۱۳۸۷؛ دری و حمزه‌ای، ۱۳۸۹؛		سیل و آسیب‌های مرتبط با آب
		طوفان و شرایط نامساعد جوی
		تورم
		افزایش نرخ ارز

1. Prasanta, K. D.
2. Conrow, E. H.
3. Hillson, D.

شهرکی و همکاران، ۱۳۹۲؛ آمر[1]، جیایین[2] و زاید[3]، ۲۰۰۸؛ باقلانی و شیروانی، ۱۳۹۳؛ اسدی ملردی، ۱۳۹۱.		
ریسک درون‌سازمانی بردبار و سایبانی، ۱۳۹۲؛ صیادی و همکاران، ۱۳۹۰ الف؛ صیادی و همکاران، ۱۳۹۰ ب؛ الفت و همکاران، ۱۳۸۹؛ تایلان[4] و همکاران، ۲۰۱۴؛ بیدی، ۱۳۸۷؛ اطمینان مقدم، ۱۳۸۴؛ زیاری و کریمی، ۱۳۸۷؛ دری و حمزه‌ای، ۱۳۸۹؛ آمر و همکاران، ۲۰۰۸؛ باقلانی و شیروانی، ۱۳۹۳؛ اسدی ملردی، ۱۳۹۱؛ زووی[5]، ۲۰۰۲.	ریسک‌های مالی و اعتباری	مشکل در تأمین اعتبار کافی
ریسک‌های فنی و کیفی تاموسایتینه و زاواداسکاس، ۲۰۱۳؛ بردبار و سایبانی، ۱۳۹۲؛ صیادی و همکاران، الف ۱۳۹۰؛ صیادی و همکاران، ب ۱۳۹۰؛ الفت و همکاران، ۱۳۸۹؛ بیدی، ۱۳۸۷؛ اطمینان مقدم، ۱۳۸۴؛ زیاری و کریمی، ۱۳۸۷؛ دری و حمزه‌ای، ۱۳۸۹؛ آمر، ۲۰۰۸؛ باقلانی و شیروانی، ۱۳۹۳؛ استاندارد مدیریت پروژه، ۲۰۰۹، ۲۰۱۳؛ هیلسون، ۲۰۰۳.	ریسک‌های مربوط به نظارت، طراحی و ساخت	به‌کارگیری شرکت‌های مشاور طراح ضعیف کمبود مهندسان ناظر با تجربه به‌کارگیری مصالح نامرغوب کمبود کارگر به‌کارگیری پیمانکاران ضعیف
ریسک‌های مربوط به مدیریت پروژه بردبار و سایبانی، ۱۳۹۲؛ صیادی و همکاران، الف ۱۳۹۰؛ صیادی و همکاران، ب ۱۳۹۰؛ الفت و همکاران، ۱۳۸۹؛ بیدی، ۱۳۸۷؛ دری و حمزه‌ای، ۱۳۸۹؛ آمر، ۲۰۰۸؛ باقلانی و شیروانی، ۱۳۹۳؛ دزواره و همکاران، ۱۳۹۰.	ریسک‌های مربوط به قوانین و مقررات	نبودن تضمین اجرایی شفاف نبودن مقررات استفاده از برنامه نامناسب زمان‌بندی ساخت بی‌توجهی به مدیریت پروژه

1. Amer, M.
2. Jiayin, P.
3. Zayed, T.
4. Taylan, O.
5. Zuwei, Y.

ساختار شکست ریسک[1]، نمایش ساختاریافته سلسله‌مراتبی، از ریسک‌های شناخته‌شده که توسط دسته‌ها و زیر دسته‌های آن، مرتب می‌شوند (هیلسون، ۲۰۰۳؛ نظری و جابری، ۱۳۹۴). این ساختار به‌عنوان یک ابزار مفید در مدیریت ریسک و در بسیاری از استانداردهای مرتبط استفاده شده است (صیادی و همکاران، ۱۳۹۲). ساختار درختی ریسک‌های ساخت پروژه‌های عمرانی و مورد استفاده در این پژوهش پس از شناسایی در شکل ۱ ترسیم شده است.



شکل ۱: ساختار درختی ریسک‌های ساخت پروژه‌های عمرانی مورد استفاده در این تحقیق

1. Risk Breakdown Structure (RBS)

حاج باقری و صادقی (۱۳۸۹) به مدیریت ریسک در صنعت ساختمان، بر مبنای فرایندهای مدیریت ریسک پیشنهادی در استاندارد PMBOK، شامل: شناسایی ریسک، تحلیل کیفی ریسک، تحلیل کمی ریسک، واکنش به ریسک و پیگیری، کنترل ریسک، اقدام نموده‌اند. خانزادی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیق خود به تحلیل ریسک در پروژه‌های عمرانی درون‌شهری با استفاده از شبکه‌های بیزین[1] پرداخته‌اند. اردشیر و مهاجری (۱۳۹۲) از روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها[2] و تحلیل سلسه‌مراتبی[3] برای ارزیابی ریسک‌های ایمنی پروژه‌های ساختمانی استفاده کرده‌اند. صابری، پاشا زانوسی و خزانی (۱۳۹۲) ریسک‌های نصب سگمنت عرشه پل بزرگراه شهید صدر تهران را با استفاده از روش‌های تجزیه‌وتحلیل حالات خطا[4] و تحلیل سلسه‌مراتبی رتبه‌بندی کرده‌اند. صوفی‌فرد، خاکزار فروئی و نظری (۱۳۹۲) ریسک‌های عمده پروژه‌های ساخت را شناسایی و طبقه‌بندی نموده‌اند و در ادامه ریسک‌ها را در چند گروه (خوشه) دسته‌بندی و با استفاده از ساختار شکست ریسک و با ارائه مدلی ترکیبی فرایند تحلیل شبکه‌ای[5] و روش دیمتل، به ارزیابی و تحلیل ریسک‌های موجود پرداخته‌اند. رکاب اسلامی، اردشیر و مکنون (۱۳۹۲) در تحقیق خود با عنوان مدلی برای رتبه‌بندی ریسک در پروژه‌های ساختمانی با رویکرد فازی، روشی برای ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های ساخت را با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی، به دلیل وجود متغیرهای زبانی و عدم قطعیت، ارائه می‌کنند که به‌این‌ترتیب، ابتدا ریسک‌های ایمنی در ساخت ساختمان‌های متعارف شناسایی‌شده و ساختار شکست ریسک رسم می‌شود و با استفاده از نظریهٔ مجموعه‌های فازی رتبه‌بندی می‌شوند. قاضی‌زاده و مسعودی (۱۳۹۳) یک مدل جدید تلفیقی از روش‌های دیمتل، تحلیل شبکه‌ای فازی و تاپسیس[6] برای شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌ها در پروژه‌های بزرگ ارائه کرده‌اند. دزفولی‌نژاد، تلوری و روان‌شادنیا (۱۳۹۳) در تحقیق خود بر اساس رتبه ریسک معیارهای ژئواستراتژیک با روش لکسیکوگراف[7] محل احداث پروژه‌های عمرانی را رتبه کرده‌اند. زهرایی و همکاران (۱۳۹۵) ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی شهر تهران را با استفاده از سیستم‌های

1. Bayesian Networks
2. Data Envelopment Analysis (DEA)
3. Analytical Hierarchy Process (AHP)
4. Failure Modes And Effects Analysis (FMEA)
5. Analytical Network Process (ANP)
6. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
7. Lexicography

خبره فازی سلسله مراتبی ارزیابی کرده‌اند.

خدیر[۱] و محمد[۲] (۲۰۱۳) در تحقیق خود، ضمن توجه به متغیرهای سیاسی و اقتصادی، به شناسایی ریسک‌های پروژه‌های عمرانی در مصر پرداخته و تأثیر آن را بر اهداف پروژه، هزینه، زمان و کیفیت مطالعه کرده است. تایلان و همکاران (۲۰۱۴) با روش‌های تحلیل سلسه‌مراتبی فازی و تاپسیس فازی ریسک‌های پروژه‌های عمرانی را رتبه‌بندی کرده‌اند. هوانگ[۳]، ژائو[۴] و تو[۵] (۲۰۱۴) در تحقیق خود به شناسایی موانع اجرای مدیریت ریسک در پروژه‌های عمرانی کوچک در سنگاپور و بررسی رابطهٔ میان اجرای مدیریت ریسک و بهبود کیفیت، هزینه و عملکرد پروژه پرداخته‌اند. تاموسایتینه و زاواداسکاس (۲۰۱۳) به ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های ساخت‌وساز پروژه‌های عمرانی تجاری پرداخته‌اند. ژانگ[۶]، وو[۷]، اسکیبنیوفسکی[۸]، ژونگ[۹] و لو[۱۰] (۲۰۱۴) در تحقیق خود، از روش شبکه‌های بیزین برای ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی استفاده کرده‌اند. در ادامه شرح مختصری از تحقیقات صورت گرفته در خصوص ارزیابی ریسک پروژه در جدول ۲ آمده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Khodeir, L.
2. Mohamed, M.
3. Hwang, B-G.
4. Zhao, X.
5. Toh, L. P.
6. Zhang, L.
7. Wu, X.
8. Skibniewski, M.
9. Zhong, J.
10. Lu, Y.

جدول ۲: شرح مختصر تحقیقات صورت گرفته

تحقیقات صورت گرفته	موضوع تحقیق	روش
خانزادی و همکاران، ۱۳۹۲	آنالیز ریسک پروژه‌های عمرانی درون‌شهری	شبکه‌های اعتقادی بیزین
اردشیر و مهاجری، ۱۳۹۲	ارزیابی ریسک‌های ایمنی پروژه‌های ساختمانی	روش تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل سلسه‌مراتبی
صابری و همکاران، ۱۳۹۲	ارزیابی ریسک پروژه‌های عمرانی نصب سگمنت عرشه پل بزرگراه شهید صدر	روش تجزیه‌وتحلیل حالات خطا و تحلیل سلسه‌مراتبی
قاضی‌زاده و مسعودی، ۱۳۹۳	رتبه‌بندی و ارزیابی عوامل مؤثر بر ریسک پروژه‌های بزرگ	دیمتل، تحلیل شبکه‌ای فازی و تاپسیس
دزفولی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۳	رتبه‌بندی محل احداث پروژه‌های عمرانی بر اساس ریسک معیارهای ژئواستراتژیک	لکسیکوگراف
زهرایی و همکاران، ۱۳۹۵	شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی شهر تهران	سیستم‌های خبره فازی سلسله مراتبی
تاموسایتینه و زاواداسکاس، ۲۰۱۳	ارزیابی ریسک‌های پروژه ساخت‌وساز عمرانی تجاری	تاپسیس فازی
هوانگ و همکاران، ۲۰۱۴	شناسایی موانع اجرای مدیریت ریسک در پروژه‌های عمرانی کوچک کشور سنگاپور	-
تایلان و همکاران، ۲۰۱۴	ارزیابی ریسک پروژه‌های عمرانی کشور عربستان	تحلیل سلسه‌مراتبی فازی تاپسیس
ژانگ و همکاران، ۲۰۱۴	تجزیه‌وتحلیل ریسک پروژه‌های ساختمانی	شبکه‌های بیزی
تحقیق حاضر	ارزیابی ریسک‌های ساخت پروژه‌های عمرانی یک ردهٔ نظامی بر اساس احتمال وقوع نسبی و تخصیص ریسک در پروژه‌ها بر اساس میزان تأثیر در عملکرد ساخت به‌منظور شناسایی پروژه‌های کم ریسک	تحلیل سلسله‌مراتبی و ویکور

با توجه به‌مرور پیشینه بیان‌شده، نوآوری این تحقیق که تاکنون در تحقیقات قبلی انجام‌نشده عبارت است از ارزیابی و رتبه‌بندی پروژه‌های عمرانی با در نظر گرفتن هم‌زمان دو فاکتور احتمال

وقوع انواع ریسک‌های ساخت پروژه‌های عمرانی و میزان تأثیر آنها در عملکرد ساخت هر پروژه می‌باشد. در رویکرد تلفیقی پیشنهادی از روش سلسله‌مراتبی (جهت تعیین احتمال وقوع نسبی هر ریسک) و روش ویکور (جهت ارزیابی تأثیر هر ریسک در عملکرد ساخت هر پروژه) استفاده می‌شود. در پایان تحقیق به‌منظور انجام کامل فرایند مدیریت ریسک، پیشنهادهایی جهت کنترل ریسک‌های شناسایی‌شده ارائه می‌گردد.

روش تحقیق

این تحقیق ازلحاظ هدف یک پژوهش کاربردی است؛ چراکه هدف آن به دست آوردن درک و دانش لازم جهت ارزیابی و مدیریت ریسک پروژه‌های عمرانی معاونت مهندسی و مجری طرح‌های عمرانی یک رده نظامی از نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران با کمک روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. روش گردآوری داده‌های تحقیق، در مرحله شناسایی ریسک‌های ساخت از نوع کتابخانه‌ای و در مرحله جمع‌آوری داده‌ها و نظرات، به‌صورت میدانی است. این تحقیق از لحاظ هدف، تحقیقی کاربردی و از لحاظ طرح تحقیق، از نوع توصیفی-پیمایشی است. با توجه به محدودیت منابع به‌ویژه منابع اعتباری و نیروی انسانی متخصص، انجام همه پروژه‌ها در سازمان هدف به‌صورت هم‌زمان وجود ندارد. لذا می‌باید پروژه‌ها رتبه‌بندی شوند و پروژه‌های کم‌ریسک‌تر در اولویت اول ساخت قرار گیرند. برای رسیدن به این هدف، بعد از جمع‌آوری داده‌ها از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده می‌شود؛ زیرا این روش‌ها به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین گزینه از میان گزینه‌های موجود به‌کار می‌روند. در ادامه خلاصه مراحل انجام پژوهش بیان‌شده است.

۱- **شناسایی ریسک:** انجام مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان جهت شناسایی ریسک‌های ساخت پروژه‌های عمرانی و رسم ساختار شکست آن.

۲- **تجزیه‌وتحلیل ریسک:** انجام نظرسنجی جهت تعیین اوزان ریسک‌های ساخت بر اساس احتمال وقوع نسبت به یکدیگر با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی.

۳- **تخصیص ریسک:** در پروژه: انجام نظرسنجی جهت بررسی میزان تأثیر ریسک در عملکرد ساخت هر پروژه به‌منظور شناسایی پروژه‌های کم ریسک با استفاده از روش ویکور.

۴- **کنترل ریسک:** ارائه پیشنهادهایی بر اساس مرور ادبیات و مصاحبه با مجریان مجرب، برای کنترل ریسک‌های ساخت پروژه‌های عمرانی.

جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری و روش نمونه‌گیری این تحقیق در جدول ۳ ذکرشده است.

جدول ۳: جامعه آماری و روش نمونه‌گیری

	پرسش‌نامه‌ها	جامعه آماری	روش نمونه‌گیری	تعداد نمونه
۱	پرسش‌نامه اول	کارکنان معاونت‌های مهندسی و مجری طرح‌های عمرانی یک رده نظامی مستقر در تمامی استان‌ها (طراح و مجری پروژه‌های عمرانی موردنیاز نیروهای مسلح)	سرشماری	۳۲ نفر
۲	پرسش‌نامه دوم		قضاوتی و هدفمند	۶۵ نفر

شرایط نمونه‌گیری قضاوتی و هدفمند بر اساس ویژگی‌های زیر می‌باشد:

الف) دارای حداقل پنج سال سابقه کار در زمینهٔ مدیریت ساخت پروژه‌های عمرانی.

ب) دارای حداقل پروانه پایه سه اشتغال به کار در سازمان نظام مهندسی کشور.

ج) دارای حداقل پنج سال تجربه کارگاهی و امور فنی با حداقل مدرک کاردان فنی.

ابزار جمع‌آوری داده‌ها

ویژگی پرسش‌نامه‌های مورد استفاده در این تحقیق، برای جمع‌آوری داده‌ها در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴: ویژگی پرسش‌نامه‌های مورد استفاده

	مراحل	پرسش‌نامه	مشخصات و تعداد سؤال
۱	تعیین اوزان ریسک‌های ساخت بر اساس احتمال وقوع نسبی	پرسش‌نامه مقایسات زوجی (مقیاس ساعتی ۱-۹)	۳۲ سؤال
۲	تخصیص ریسک در پروژه‌ها بر اساس میزان تأثیر آن در عملکرد ساخت به‌منظور شناسایی پروژه‌های کم ریسک	پرسش‌نامه متناسب با روش VIKOR (طیف لیکرت ۰-۱۰)	ماتریس ۱۵*۹ (پروژه‌ها در ۹ ردیف و ریسک‌ها در ۱۵ ستون)

روش تحلیل سلسله‌مراتبی

واژه AHP مخفف عبارت Analytical Hierarchy Process به معنی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از کارآمدترین روش‌های تصمیم‌گیری که اولین بار توسط توماس ال ساعتی[1] در ۱۹۸۰ مطرح شد (ساعتی، ۱۹۸۰). فرایند تجزیه‌وتحلیل سلسله مراتبی، یک روش تصمیم‌گیری است که می‌توان با آن تصمیم‌های وابسته به معیارهای مختلف و یا چند معیاره گرفت. اینکه می‌توان گفت توسط AHP، مسئله تصمیم‌گیری ابتدا ساختار داده‌شده و سپس گزینه‌های مختلف موجود بر اساس معیارهای مطرح در تصمیم‌گیری با هم مقایسه شوند و بعد اولویت انتخاب هر یک از آنها مشخص شود (نصیری باری و پیوسته، ۱۳۹۱). ارجحیت یک گزینه نسبت به خودش مساوی با یک است؛ لذا اصل معکوس بودن یک عامل نسبت به دیگری و ارجحیت یک برای یک عامل یا گزینه نسبت به خودش، دو خاصیت اصلی ماتریس مقیاس‌های دوبه‌دویی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی هستند. این دو خاصیت باعث می‌شود که برای مقایسه n معیار یا گزینه، تصمیم‌گیرنده تنها به $\frac{n(n-1)}{2}$ سؤال پاسخ دهد (فیلی، نصراللهی و قمی، ۱۳۹۱). در مقایسه‌های زوجی تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد؛ به‌گونه‌ای که اگر عنصر i با عنصر j مقایسه شود، تصمیم‌گیرنده خواهد گفت که اهمیت i بر j یکی از حالات جدول ۵ است که توسط توماس ساعتی ارائه گردیده است. پس از تعیین اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر، نباید نرخ ناسازگاری[2] (IR) سیستم از ۰/۱ بیشتر باشد که نرخ ناسازگاری از تقسیم شاخص ناسازگاری[3] (II) بر شاخص ناسازگاری تصادفی[4] محاسبه می‌شود؛ یعنی IR=II/IRI، مقدار IRI نیز توسط ساعتی در سال ۱۹۹۱ برای ماتریس‌های در ابعاد مختلف آماده شده است که در جدول ۶ آمده است و مقدار II نیز از رابطه (۱) محاسبه می‌شود. در این رابطه n تعداد معیارها و λ_{max} بزرگ‌ترین مقدار ویژه است. اگر مقدار IR از ۰/۱ بیشتر شود، باید در وزن‌ها تجدیدنظر کرد (مقیمی، یمانی، بیگلو، مرادیان و فخری، ۱۳۹۱).

1. Saaty, T. L.
2. Inconsistency Ratio (IR)
3. Inconsistency Index (CI)
4. Inconsistency Random Index (IRI)

$$II = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (۱)$$

جدول ۵: میزان ارجحیت مقایسه‌های زوجی

ارزش	ارجحیت	توضیح
۱	ترجیح یکسان	گزینه یا شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارد/ ندارند.
۳	کمی ترجیح	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهم‌تر است.
۵	خیلی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهم‌تر است.
۷	خیلی زیاد مرجح	گزینه یا شاخص i دارای ارجحیت خیلی بیشتر از j است.
۹	کاملاً مرجح	گزینه یا شاخص i از j مطلق مهم‌تر و قابل‌مقایسه با j نیست.
۸،۶،۴،۲	بینابین	ارزش‌های میان ارزش‌های ترجیحی را نشان می‌دهد.

جدول ۶: میزان شاخص ناسازگاری تصادفی برای ماتریس‌هایی در ابعاد مختلف

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
IRI	۰	۰	۰٫۵۸	۰٫۹	۱٫۱۲	۱٫۲۴	۱٫۳۲	۱٫۴۱	۱٫۴۵

با توجه به ساختار سلسله مراتبی ریسک‌های شناسایی‌شده و وجود سطوح مختلف آن (عوامل اصلی، زیرگروه اصلی، زیرگروه فرعی) مناسب‌ترین روش برای تعیین میزان اهمیت نسبی آنها، روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. استفاده از این روش باعث افزایش دقت و ایجاد امکان مقایسه داده‌ها برای تعیین اهمیت نسبی مؤلفه‌های هر سطح نسبت به سطح بالاتر، در ساختار مربوطه خواهد شد (شاکری، صادقی و بخشی، ۱۳۹۱).

روش ویکور

مسائل رتبه‌بندی تعداد قابل توجهی از گزینه‌های موجود در طول زمان، توسط تعداد زیادی از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چند معیاره حل‌شده است؛ مانند روش ساو[1] (مک‌کریمِن[2]، ۱۹۸۶)؛ روش تاپسیس (هوانگ[3] و یون[1]، ۱۹۸۱)؛ روش کاپراس[2] (زاوادسکاز، کاکلاسکاس[3] و

1. Simple Additive Weighting (SAW)
2. MacCrimon
3. Hwang, C. L.

سارکا[4]، ۱۹۹۴). با استفاده از هر یک از این روش‌ها می‌توان مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره را به‌صورت تصمیم‌گیری تک معیاره تبدیل کرد و بر این اساس، بسیاری از آنها به‌سادگی قابل‌حل می‌شوند (استانویچ[5] و جوانوویچ[6]، ۲۰۱۲). در این میان، روش ویکور[7] برای بهینه‌سازی مسائل چند معیاره در سیستم‌های پیچیده (اُپریکوویچ[8]، ۱۹۹۸؛ اختیاری، ۱۳۹۱) و حل یک مسئله تصمیم‌گیری گسسته با معیارهای متعارض، توسط اُپریکوویچ و زنگ ایجاد شد (پوراحمد و خلیجی، ۱۳۹۳). این روش بر روی رتبه‌بندی و انتخاب بهترین گزینه از میان گروهی از گزینه‌ها تمرکز و جواب سازشی برای یک مسئله را مشخص می‌کند (اخروی، پویا، ناظمی و کاظمی، ۱۳۹۴). تفاوت اصلی این مدل با مدل‌های تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی یا شبکه‌ای در این است که مقایسات زوجی میان معیارها و گزینه‌ها صورت نمی‌گیرد و هر گزینه مستقلاً توسط یک معیار سنجیده و ارزیابی می‌گردد (اُپریکوویچ و زنگ[9]، ۲۰۰۴).

فرایند حل مسئله با استفاده از روش ویکور

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

اولین گام در حل هر مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره، تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری است. در تصمیم‌گیری چند معیاره گسسته، هر مسئله‌ای که باید حل شود با ماتریس تصمیم‌گیری که در شکل ۲ نمایش داده می‌شود، برای m گزینه ممکن ارزیابی‌شده (سطر) روی n معیار معیّن (ستون) تنظیم می‌شود. عناصر ماتریس تصمیم‌گیری x_{ij}، بیانگر میزان ارزش یا تأثیرگذاری شاخص j ام در گزینه i ام است. مقادیر این ماتریس درصورتی‌که از چند پرسش‌نامه برای استخراج آن استفاده گردد، با روش برآیند (میانگین حسابی) محاسبه می‌شود.

1. Yoon, K.
2. Complex Proportional Assessment of Projects (COPRAS)
3. Kaklauskas, A.
4. Sarka, V.
5. Stanujkic, D.
6. Jovanovic, R.
7. VlseKriter ijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR)
8. Opricovic, S.
9. Tzeng, G.

$$x_{ij}=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots x_{2n} \\ . & . & . \\ . & . & . \\ . & . & . \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots x_{mn} \end{bmatrix}$$

شکل ۲: ماتریس تصمیم‌گیری

گام دوم: محاسبهٔ ماتریس تصمیم بی مقیاس شده

معمولاً شاخص‌های ارزیابی گزینه‌ها نسبت به هم دارای اهمیت، اندازه و مقیاس‌های متفاوتی هستند و به‌منظور جلوگیری از مشکلات ناشی از ابعاد مختلف شاخص‌ها، از نسبت (نرخ) ارزش بهینه استفاده می‌شود. نظریه‌های مختلفی در توصیف نسبت ارزش بهینه وجود دارد. در این روش مقادیر ماتریس تصمیم بی مقیاس شده $\bar{X}$ (شکل ۳) با استفاده از روابط ۲ و ۳ در بازه فاصلهٔ [۱ و ۰] محاسبه می‌شوند.

$$\bar{x}_{ij}=\begin{bmatrix} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots \bar{x}_{1n} \\ \bar{x}_{21} & \bar{x}_{22} & \dots \bar{x}_{2n} \\ . & . & . \\ . & . & . \\ . & . & . \\ \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \dots \bar{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

شکل ۳: ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده

اگر شاخص از نوع سود (مثبت) بود، مقادیر ماتریس تصمیم بی مقیاس شده مربوط به آن شاخص از رابطه ۲ و اگر شاخص از نوع زیان (منفی) بود، مقادیر ماتریس تصمیم بی مقیاس شده مربوط به آن شاخص از رابطه ۳ محاسبه می‌شوند (فتاحی، بیات، امیری و نعمتی، ۱۳۹۲):

$$\bar{X}_{ij}=\frac{xij}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}} \qquad j=1,2,\dots,n \qquad (۲)$$

$$\bar{X}_{ij}=\frac{\frac{1}{x_{ij}}}{\sum_{i=1}^{m}\frac{1}{x_{ij}}} \qquad j=1,2,\dots,n \qquad (۳)$$

پس از بی‌مقیاس‌سازی، همهٔ معیارهایی که در ابتدا دارای مقیاس‌های متفاوتی بودند، می‌توانند با یکدیگر مقایسه شوند (شفیعی نیک‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۴).

گام سوم: محاسبهٔ ماتریس تصمیم نرمال وزن‌دار و تعیین نقطهٔ ایده‌آل مثبت و منفی

در گام سوم، ماتریس نرمال وزن‌دار شده f_{ij} که در شکل ۴ نمایش داده شده است، از ضرب مقدار وزن هر شاخص در ستون ماتریس نرمال مربوطه محاسبه می‌شود.

$$= \begin{bmatrix} \bar{x}_{11*w1} & \bar{x}_{12*w2} & \dots \bar{x}_{1n*wn} \\ \bar{x}_{21*w2} & \bar{x}_{22*w2} & \dots \bar{x}_{2n*wn} \\ . & . & . \\ . & . & . \\ . & . & . \\ \bar{x}_{m1*w1} & \bar{x}_{m2*w2} & \dots \bar{x}_{mn*wn} \end{bmatrix} \quad f_{ij} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \dots f_{2n} \\ . & . & . \\ . & . & . \\ . & . & . \\ f_{m1} & f_{m2} & \dots f_{mn} \end{bmatrix}$$

شکل ۴: ماتریس نرمال وزن‌دار

$\bar{X}_{ij}$ مقادیر ماتریس بی مقیاس شده و w_j مقدار وزن هر شاخص یا معیار می‌باشند. در چنین رویکردهایی باید وزن‌های کاملاً سنجیده (به‌درستی تعیین‌شده) استفاده شود؛ زیرا وزن‌ها همیشه ذهنی هستند و در جواب نهایی مسئله تأثیرگذارند. میزان اوزان شاخص‌ها معمولاً به‌وسیلهٔ روش‌های ارزیابی توسط کارشناسان و خبرگان تعیین می‌شود و باید مجموع وزن شاخص‌ها برابر با یک گردد (شفیعی نیک‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۴). در این تحقیق از روش AHP برای محاسبه میزان مقادیر اوزان شاخص‌ها استفاده شده است.

جهت تعیین نقطه ایده‌آل مثبت و منفی برای هر معیار (ستون) در جدول ماتریس نرمال وزن‌دار (f_{ij})، بیشترین و کمترین مقادیر آن را تعیین کرده و به ترتیب f^* و f^- می‌نامیم. این دو مقدار برای هر معیار از رابطه ۴ تعیین می‌گردد (پوراحمد و خلیجی، ۱۳۹۳؛ فتاحی و همکاران، ۱۳۹۲):

$$f_i^* = Max\,[f_{ij}] \quad \& \quad f_i^- = Min\,[f_{ij}] \qquad (۴)$$

گام چهارم: محاسبه فاصله گزینه‌ها از راه‌حل ایده‌آل (تعیین مقدار سودمندی و تأسف)

اُپریکوویچ به‌منظور محاسبه فاصله گزینه‌ها از راه‌حل ایده‌آل، دو مفهومی اساسی سودمندی (S) و تأسف (R) را در محاسبات ویکور مطرح کرده است. مقدار سودمندی، بیانگر فاصلهٔ نسبی گزینه i ام از نقطه ایده‌آل و مقدار تأسف بیانگر حداکثر ناراحتی گزینه i ام از دوری از نقطه

ایده‌آل است که این مقادیر از روابط ۵ و ۶ محاسبه می‌شود (پوراحمد و خلیجی، ۱۳۹۳).

$$S_i = \sum_{i=1}^{n} \left[w_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \right] \quad (۵)$$

$$\mathrm{R_i} = \mathrm{Max} \left[w_i \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \right] \quad (۶)$$

گام پنجم: محاسبه شاخص ویکور

در این گام، نخست کمترین و بیشترین مقدار از میان مقادیر شاخص سودمندی و تأسف را تعیین کرده و به‌منظور محاسبه مقدار شاخص ویکور هر گزینه، از رابطه ۷ استفاده می‌کنیم.

$$\mathrm{Q_i} = \mathrm{v} \left[\frac{s_i - s^*}{s^- - s^*} \right] + (1 - \mathrm{v}) \left[\frac{\mathrm{R_i} - \mathrm{R^*}}{\mathrm{R^-} - \mathrm{R^*}} \right] \quad \mathrm{v} = 0.5 \quad (۷)$$

$$s^* = \mathrm{Min}\ [s_i] \ \ \& \ \ s^- = \mathrm{Max}\ \ [s_i] \qquad \mathrm{R^*} = \mathrm{Min}\ [\mathrm{R_i}] \ \& \ \mathrm{R^-} = \mathrm{Max}\ [\mathrm{R_i}]$$

(V) را ضریب خوش‌بینی گویند. این ضریب مقداری بین صفرتا یک را می‌تواند به خود اختصاص دهد. هر چه این ضریب به سمت یک نزدیک‌تر گردد، میزان خوش‌بینی بیشتر است که معمولاً ۰٫۵ در نظر گرفته می‌شود (جعفری اسکندری، علی احمدی، و کامفیروزی، ۱۳۹۳؛ محمدی، شجاعی، اکبری و کایدان، ۱۳۹۴).

گام ششم: رتبه‌بندی گزینه‌ها و بررسی شروط

در گام پایانی، گزینه‌ها بر اساس مقادیر $\mathrm{Q_i}$ از کمترین مقدار به بیشترین مرتب می‌شوند. بهترین گزینه آن است که کوچک‌ترین $\mathrm{Q_i}$ را داشته باشد؛ به‌شرط آنکه دو شرط ذیل برقرار باشد (اُپریکوویچ و زنگ، ۲۰۰۴؛ اختیاری، ۱۳۹۱):

شرط اول: اگر گزینه A_1 و A_2 در میان m گزینه، رتبه اول و دوم را داشته باشند، باید رابطه ۸ برقرار باشد. رابط بالا بدین معناست که راهکار سازشی می‌بایست با راهکار بعدی خود تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای داشته باشد.

$$\mathbf{Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{m-1}} \quad (۸)$$

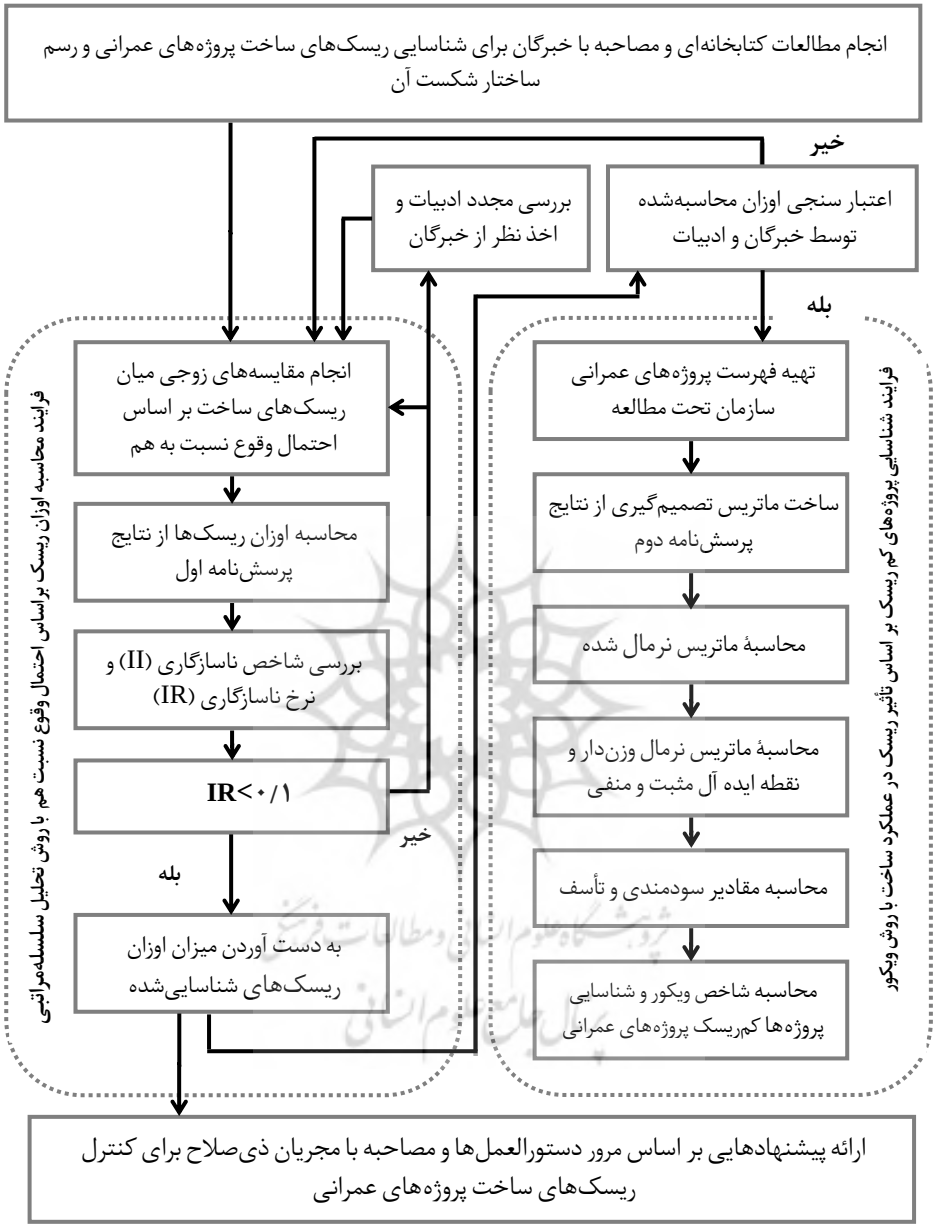
شرط دوم: گزینه‌ای که کمترین مقدار Q_i را دارد باید حداقل، در یکی از شاخص‌های سودمندی و تأسف کمترین مقدار را به خود اختصاص دهد.

به‌منظور بررسی تأثیر هر ریسک در عملکرد ساخت پروژه‌های عمرانی سازمان هدف، محقق از روش ویکور بهره برده است. این روش زمانی استفاده می‌شود که تصمیم‌گیرنده (یا تصمیم‌گیرندگان) به دلیل عدم توان یا عدم شناخت نمی‌تواند ترجیحاتش را در آغاز طراحی یک سیستم بیان کند (اخروی و همکاران، ۱۳۹۴). این روش یکی از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که به‌طور نظام‌مند قادر است گزینه‌های موجود را با توجه به معیارهای موردنظر رتبه‌بندی کند. با توجه به قابلیت‌های بالای این روش محققان از آن برای مدل‌سازی مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره بهره برده‌اند. مهم‌ترین علت استفاده از این روش عبارت است از: سهولت درک منطق استفاده‌شده در روش یادشده؛ سادگی فرایندهای محاسباتی؛ ارائه بهترین راه‌حل توافقی؛ ارائه هم‌زمان نزدیکی به حداکثر سود و حداکثر فاصله از حالت هزینه در محاسبات ساده ریاضی (ممبینی و یزدانی، ۱۳۹۳).

شناسایی ریسک و تخصیص آن، دو عامل قدرتمند در تصمیم‌های مدیریت ریسک است (سایق[1]، ۲۰۰۸). در این خصوص با توجه به شرح گام‌های روش‌های AHP و VIKOR، ساختار کلی پیشنهادی جهت سنجشِ ریسک و تخصیص آن بر اساس تأثیر در عملکرد ساخت در جهت رتبه‌بندی پروژه‌های سازمان هدف، در شکل ۵ نمایش داده‌شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Sayegh, S. M.



شکل ۵: ساختار کلی پیشنهادی ارزیابی ریسک و بررسی تأثیر آن در عملکرد ساخت پروژه‌های عمرانی

یافته‌های تحقیق

نتایج تعیین ضرایب اهمیت ریسک‌ها بر اساس احتمال وقوع نسبی

چون تعیین درجه اهمیت و میزان احتمال وقوع نسبی ریسک‌های شناسایی‌شده برای اجرای برنامه کنترل و حذف آنها مسئله بسیار مهمی است؛ روش معقول و منطقی آن است که درجه اهمیت ریسک‌های شناسایی‌شده بر اساس اجماع نظرات مجریان و مسئولان ارشد ساخت پروژه‌های عمرانی به دست آید تا علاوه بر ایجاد اطمینان به نتایج به‌دست آمده، بتوان در رتبه‌بندی پروژه‌ها، به آن استناد کرد. به همین منظور پرسش‌نامه‌ای تدوین شد تا با استفاده از تصمیم‌گیری گروهی بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی، ریسک‌های شناسایی‌شده به‌صورت زوجی، بر اساس احتمال وقوع نسبت به هم مقایسه شوند. در بخش اول پرسش‌نامه، مشخصات فردی کارکنان و در بخش دوم پرسش‌نامه، ۳۲ سؤال مربوط به چهار گروه از ریسک‌های ساخت، به‌صورت مقایسات زوجی بر اساس میزان ارجحیت ذکر شده در جدول ۵ جهت پاسخ و اخذ نظر به مسئولان ارشد معاونت‌های مهندسی وابسته به رده نظامی موردمطالعه، در تمامی استان‌ها ارسال شد. از ۳۲ پرسش‌نامه توزیع شده، تعداد ۲۴ نسخه از پرسش‌نامه‌ها تکمیل گردید و هشت نفر از پاسخگویی انصراف دادند که مشخصات افراد پاسخ‌دهنده به پرسش‌نامه اول در جدول ۸ بیان‌شده است. برای سنجشِ داده‌های تحقیق و افزایش دقت و سرعت انجام محاسبات از نرم‌افزار Expert Choice11 استفاده گردید. با واردکردن داده‌های به‌دست‌آمده در نرم‌افزار یادشده، وزن هر شاخص مشخص شد که مقدار آن در جدول ۹ بیان است.

روایی پرسش‌نامه‌های اول و دوم توسط چهار تن از مدرسان صاحب‌نظر تأیید شد. نرخِ ناسازگاری مقایسات زوجی میان زیرگروه‌های اصلی و فرعی ریسک‌های شناسایی‌شده در پرسش‌نامه اول محاسبه در جدول ۷ آمده که نتایج، نشان‌دهندهٔ سازگاری ماتریس روابط بین ریسک‌ها است.

جدول ۷: نتایج بررسی پایایی پرسش‌نامه اول

مرحله	ابزار بررسی پایایی	عوامل ریسک‌های شناسایی‌شده	تعداد سؤال	میزان شاخص ناسازگاری
تعیین اوزان ریسک‌های ساخت بر اساس احتمال وقوع نسبت به یکدیگر	شاخص ناسازگاری	چهار زیرگروه اصلی ریسک‌های ساخت	۶	۰٫۰۵۰۳
		زیرگروه فرعی ریسک‌های جغرافیایی و اقتصادی	۱۰	۰٫۰۱۸۸
		زیرگروه فرعی ریسک‌های مربوط به نظارت، طراحی و ساخت	۱۰	۰٫۰۲۹۹
		زیرگروه فرعی ریسک‌های مربوط به قوانین و مقررات	۶	۰٫۰۳۰۷

جدول ۸: وضعیت جمعیت شناختی پاسخ‌دهندگان پرسش‌نامه اول جهت تعیین وزن ریسک‌ها

مشخصات	متغیر	فراوانی	درصد فراوانی
سابقه کاری	۵ تا ۱۰ سال	۰	۰
	۱۱ تا ۲۰ سال	۳	۱۲٫۵
	۲۱ تا ۳۰	۲۱	۸۷٫۵
میزان تحصیلات	لیسانس	۲	۹۱٫۷
	فوق‌لیسانس	۲	۸٫۳
	دکترا	۰	۰
درجه	افسر جز	۰	۰
	افسر ارشد	۲۴	۱۰۰

جدول ۹: وزن و رتبه ریسک‌های ساخت پروژه‌های عمرانی

زیرگروه اصلی	وزن در زیرگروه اصلی	رتبه در زیرگروه اصلی	زیرگروه فرعی	وزن در زیرگروه فرعی	رتبه در زیرگروه فرعی	وزن نهایی	رتبه نهایی
ریسک‌های جغرافیایی و اقتصادی	۰٫۱۳	۴	زلزله	۰٫۱۱	۳	۰٫۰۱۴۳	۱۳
			سیل و آسیب‌های مرتبط با آب	۰٫۰۹	۵	۰٫۰۱۱۷	۱۵
			طوفان و شرایط نامساعد جوی	۰٫۱۰	۴	۰٫۰۱۳	۱۴
			تورم	۰٫۴۱	۱	۰٫۰۵۳۳	۷
			افزایش نرخ ارز	۰٫۲۹	۲	۰٫۰۳۷۷	۹
ریسک‌های مالی و اعتباری	۰٫۲۸	۲	مشکل در تأمین اعتبار کافی	۰٫۲۸	۱	۰٫۲۸	۱
ریسک‌های مربوط به نظارت، طراحی و ساخت	۰٫۳۸	۱	به‌کارگیری شرکت‌های مشاور طراح ضعیف	۰٫۳۲	۱	۰٫۱۲۱۶	۲
			کمبود مهندسان ناظر باتجربه	۰٫۲۲	۳	۰٫۰۸۳۶	۵
			به‌کارگیری مصالح نامرغوب	۰٫۱۱	۴	۰٫۰۴۱۸	۸
			کمبود کارگر	۰٫۰۹	۵	۰٫۰۳۴۲	۱۰
			به‌کارگیری پیمانکاران ضعیف	۰٫۲۶	۲	۰٫۰۹۸۸	۳
ریسک‌های مربوط به قوانین و مقررات	۰٫۲۱	۳	نبودن تضمین اجرایی	۰٫۱۲	۳	۰٫۰۲۵۲	۱۱
			شفاف نبودن مقررات	۰٫۱۱	۴	۰٫۰۲۳۱	۱۲
			استفاده از برنامه نامناسب زمان‌بندی ساخت	۰٫۴۰	۱	۰٫۰۸۴۰	۴
			بی‌توجهی به مدیریت پروژه	۰٫۳۷	۲	۰٫۰۷۷۷	۶

نتایج بررسی میزان تأثیر ریسک‌ها در عملکرد ساخت پروژه‌ها

نتایج اخذ نظر شفاهی از خبرگان و بررسی اسناد مربوط، حاکی از آن بود که وقوع هر ریسک می‌تواند در عملکرد ساخت پروژه‌های گوناگون اثر متفاوت داشته باشد؛ بدین منظور ۶۵ عدد از پرسش‌نامه دوم جهت رتبه‌بندی و شناسایی پروژه‌های کم ریسک در نمونه آماری موردنظر توزیع شد که تعداد ۵۷ عدد از آن تکمیل و هشت نفر از تکمیل این پرسش‌نامه انصراف دادند. میزان آلفای کرونباخ این پرسش‌نامه به میزان ۰٫۷۷ محاسبه شد که نشان‌دهنده پایایی آن است.

جزئیات افراد شرکت‌کننده در این نظرسنجی در جدول ۱۰ آمده است.

جدول ۱۰: وضعیت جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان پرسش‌نامه دوم جهت شناسایی پروژه‌های کم‌ریسک

مشخصات	متغیر	فراوانی	درصد فراوانی
سابقه کاری	۵ تا ۱۰ سال	۷	۱۲٫۳
	۱۱ تا ۲۰ سال	۲۴	۴۲٫۱
	۲۱ تا ۳۰	۲۶	۴۵٫۶
میزان تحصیلات	فوق‌دیپلم	۵	۸٫۷
	لیسانس	۳۰	۵۲٫۷
	فوق‌لیسانس	۲۰	۳۵٫۱
	دکترا	۲	۳٫۵
درجه	افسر جز	۱۹	۳۳٫۳
	افسر ارشد	۳۸	۶۶٫۷

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

جدول ۱۱: پروژه‌های سازمان مورد مطالعه

	نام پروژه‌های سازمان مورد مطالعه
P1	مرکز آموزش صالحین
P2	منازل سازمانی
P3	ستاد اداری
P4	ستاد خبری
P5	هتل یا زائرسرا
P6	سوله ورزشی
P7	بازداشتگاه
P8	کانون فرهنگی جوانان
P9	سالن تیراندازی

به‌منظور انجام گام اول روش ویکور، برآیند نظرات افراد شرکت‌کننده در پرسش‌نامه دوم به همراه میزان اوزان ریسک‌های شناسایی‌شده در مرحله اول تحقیق، در قالب یک ماتریس تصمیم‌گیری، در جدول ۱۳ آمده است. در این خصوص پروژه‌های سازمان مورد مطالعه و

ریسک‌های شناسایی‌شده (شاخص‌های منفی) در جدول‌های ۱۱ و ۱۲ بیان شده است.

جدول ۱۲: ریسک‌های شناسایی شده

ریسک‌های شناسایی شده (شاخص‌های منفی)	
R111	زلزله
R112	سیل و آسیب‌های مرتبط با آب
R113	طوفان و شرایط نامساعد جوی
R114	تورم
R115	افزایش نرخ ارز
R211	مشکل در تأمین اعتبار کافی
R311	به‌کارگیری شرکت‌های مشاور طراح ضعیف
R312	کمبود مهندسان ناظر باتجربه
R313	به‌کارگیری مصالح نامرغوب
R314	کمبود کارگر
R315	به‌کارگیری پیمانکاران ضعیف
R411	نبودن تضمین اجرایی
R412	شفاف نبودن مقررات
R413	استفاده از برنامه نامناسب زمان‌بندی ساخت
R414	بی‌توجهی به مدیریت پروژه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱۳: ماتریس تصمیم‌گیری

			پروژه‌های عمرانی معاونت مهندسی و مجری طرح‌های عمرانی یک رده نظمی								
	ماتریس تصمیم‌گیری	وزن ریسک	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
ریسک‌های ساخت پروژه‌های عمرانی (شاخص‌های منفی)	R111	۰٫۰۱۴۳	۶٫۱۳	۵٫۱۴	۵٫۱۷	۲٫۲۳	۵٫۱۲	۳٫۳۱	۴٫۱۴	۵٫۱۹	۵٫۵۳
	R112	۰٫۰۱۱۷	۶٫۴۴	۵٫۶۵	۴٫۲۷	۲٫۴۸	۵٫۳۷	۳٫۱۲	۳٫۳۱	۶٫۲۲	۳٫۱۴
	R113	۰٫۰۱۳	۶٫۶۲	۵٫۱۲	۴٫۶۵	۱٫۴۶	۵٫۳۲	۴٫۰۸	۴٫۴۱	۶٫۰۸	۴٫۱۹
	R114	۰٫۰۵۳۳	۷٫۴۱	۷٫۱۷	۶٫۲۲	۲٫۱۳	۶٫۴۷	۳٫۱۱	۶٫۶۴	۷٫۱۲	۵٫۲۱
	R115	۰٫۰۳۷۷	۸٫۱۱	۸٫۱۱	۶٫۰۸	۳٫۱۱	۷٫۰۴	۳٫۳۷	۵٫۸۴	۷٫۳۹	۴٫۳۷
	R211	۰٫۲۸	۸٫۲۴	۸٫۲۸	۶٫۰۱	۲٫۱۹	۷٫۰۱	۳٫۱۳	۶٫۶۴	۷٫۳۵	۴٫۱۸
	R311	۰٫۱۲۱۶	۷٫۱۴	۶٫۶۵	۴٫۱۲	۱٫۱۴	۵٫۳۴	۲٫۱۵	۳٫۶۱	۵٫۴۷	۳٫۵۲
	R312	۰٫۰۸۳۶	۶٫۲۳	۵٫۷۴	۴٫۱۵	۱٫۷۳	۵٫۶۷	۳٫۶۴	۴٫۰۱	۷٫۴۲	۳٫۶۳
	R313	۰٫۰۴۱۸	۷٫۳۵	۵٫۱۱	۵٫۶۴	۱٫۲۲	۴٫۶۱	۴٫۳۴	۴٫۳۱	۶٫۲۲	۳٫۷۴
	R314	۰٫۰۳۴۲	۶٫۳۱	۷٫۶۷	۵٫۳۳	۲٫۱۵	۵٫۷۱	۲٫۱۴	۴٫۴۴	۷٫۹۸	۴٫۹۱
	R315	۰٫۰۹۸۸	۷٫۴۱	۶٫۰۹	۶٫۲۹	۱٫۴۶	۶٫۶۴	۲٫۶۴	۵٫۶۴	۶٫۷۷	۴٫۴۱
	R411	٫۰۲۵۲	۷٫۶۵	۶٫۱۰	۴٫۳۴	۲٫۷۲	۵٫۲۱	۲٫۳۴	۴٫۲۱	۶٫۴۵	۳٫۶۴
	R412	۰٫۰۲۳۱	۶٫۸۴	۵٫۳۳	۴٫۰۲	۲٫۱۶	۴٫۱۱	۱٫۷۴	۳٫۰۱	۵٫۶۴	۲٫۹۴
	R413	۰٫۰۸۴	۸٫۱۵	۷٫۲۱	۶٫۲۳	۱٫۴۴	۶٫۳۱	۲٫۶۴	۴٫۱۸	۶٫۲۱	۲٫۳۰
	R414	۰٫۰۷۷۷	۸٫۲۳	۷٫۲۹	۶٫۳۲	۱٫۳۳	۷٫۱۴	۲٫۸۴	۴٫۱۹	۷٫۶۸	۳٫۱۷

منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۵

گام دوم: تشکیل ماتریس بی مقیاس شده

جهت ادامه فرایند رتبه‌بندی و انجام گام دوم روش ویکور، محاسبات مربوطه انجام و نتایج آن در جدول ۱۴ بیان شد.

جدول ۱۴: ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده

ماتریس تصمیم نرمال	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
R111	۰٫۰۷۴	۰٫۰۸۸	۰٫۰۸۷	۰٫۲۰۲	۰٫۰۸۸	۰٫۱۳۶	۰٫۱۰۹	۰٫۰۸۷	۰٫۱۲۸
R112	۰٫۰۶۹	۰٫۰۷۸	۰٫۱۰۴	۰٫۱۷۹	۰٫۰۸۲	۰٫۱۴۲	۰٫۱۳۴	۰٫۰۷۱	۰٫۱۴۱
R113	۰٫۰۶۵	۰٫۰۸۵	۰٫۰۹۳	۰٫۲۹۷	۰٫۰۸۱	۰٫۱۰۶	۰٫۰۹۸	۰٫۰۷۱	۰٫۱۰۳
R114	۰٫۰۷۲	۰٫۰۷۵	۰٫۰۸۶	۰٫۲۵۲	۰٫۰۸۳	۰٫۱۷۳	۰٫۰۸۱	۰٫۰۷۵	۰٫۱۰۳
R115	۰٫۰۷۲	۰٫۰۷۲	۰٫۰۹۶	۰٫۱۸۸	۰٫۰۸۳	۰٫۱۷۴	۰٫۱۰۰	۰٫۰۷۹	۰٫۱۳۴
R211	۰٫۰۶۵	۰٫۰۶۵	۰٫۰۹۰	۰٫۲۴۶	۰٫۰۷۷	۰٫۱۷۲	۰٫۰۸۱	۰٫۰۷۳	۰٫۱۲۹
R311	۰٫۰۵۰	۰٫۰۵۴	۰٫۰۸۶	۰٫۳۱۳	۰٫۰۶۷	۰٫۱۶۶	۰٫۰۹۹	۰٫۰۶۵	۰٫۱۰۱
R312	۰٫۰۷۱	۰٫۰۷۷	۰٫۱۰۶	۰٫۲۵۵	۰٫۰۷۸	۰٫۱۲۱	۰٫۱۱۰	۰٫۰۶۰	۰٫۱۲۲
R313	۰٫۰۵۶	۰٫۰۸۰	۰٫۰۷۳	۰٫۳۳۶	۰٫۰۸۹	۰٫۰۹۵	۰٫۰۹۵	۰٫۰۶۶	۰٫۱۱۰
R314	۰٫۰۷۴	۰٫۰۶۱	۰٫۰۸۸	۰٫۲۱۸	۰٫۰۸۲	۰٫۲۱۹	۰٫۱۰۵	۰٫۰۵۹	۰٫۰۹۵
R315	۰٫۰۶۱	۰٫۰۷۴	۰٫۰۷۱	۰٫۳۰۸	۰٫۰۶۸	۰٫۱۷۰	۰٫۰۸۰	۰٫۰۶۶	۰٫۱۰۲
R411	۰٫۰۶۰	۰٫۰۷۵	۰٫۱۰۶	۰٫۱۶۹	۰٫۰۸۸	۰٫۱۹۶	۰٫۱۰۹	۰٫۰۷۱	۰٫۱۲۶
R412	۰٫۰۵۴	۰٫۰۶۹	۰٫۰۹۲	۰٫۱۷۱۷	۰٫۰۹۰	۰٫۲۱۲	۰٫۱۲۲	۰٫۰۶۵	۰٫۱۲۵
R413	۰٫۰۴۹	۰٫۰۵۶	۰٫۰۶۴	۰٫۲۷۹	۰٫۰۶۴	۰٫۱۵۲	۰٫۰۹۶	۰٫۰۶۵	۰٫۱۷۵
R414	۰٫۰۵۲	۰٫۰۵۸	۰٫۰۶۷	۰٫۳۲۱	۰٫۰۶۰	۰٫۱۵۰	۰٫۱۰۲	۰٫۰۵۶	۰٫۱۳۵

منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۵

گام سوم: تهیه ماتریس بی مقیاس شده وزن‌دار و نقطه ایده‌آل مثبت و منفی

به‌منظور انجام گام سوم روش ویکور، محاسبات مربوطه انجام و نتایج آن در جداول ۱۵ و ۱۶ بیان شد.

جدول ۱۵: ماتریس نرمال وزن‌دار

ماتریس تصمیم وزن‌دار	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
R111	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲
R112	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲
R113	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
R114	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۱۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵
R115	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵
R211	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۲۵	۰/۰۶۹	۰/۰۲۲	۰/۰۴۸	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱	۰/۰۳۶
R311	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۱۱	۰/۰۳۸	۰/۰۰۸	۰/۰۲۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲
R312	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹	۰/۰۲۱	۰/۰۰۷	۰/۰۱۰	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۱۰
R313	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵
R314	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳
R315	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۰۳۰	۰/۰۰۷	۰/۰۱۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۷	۰/۰۱۰
R411	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳
R412	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳
R413	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۲۳	۰/۰۰۵	۰/۰۱۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵
R414	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۲۵	۰/۰۰۵	۰/۰۱۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۱۰

منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۵

جدول ۱۶: تعیین نقطه ایده‌آل مثبت و منفی

	f^+	f^-
R111	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۱
R112	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۱
R113	۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۱
R114	۰٫۰۱۳	۰٫۰۰۴
R115	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۳
R211	۰٫۰۶۹	۰٫۰۱۸
R311	۰٫۰۳۸	۰٫۰۰۶
R312	۰٫۰۲۱	۰٫۰۰۵
R313	۰٫۰۱۴	۰٫۰۰۲
R314	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۲
R315	۰٫۰۳۰	۰٫۰۰۶
R411	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۲
R412	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۱
R413	۰٫۰۲۳	۰٫۰۰۴
R414	۰٫۰۲۵	۰٫۰۰۴

منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۵

گام چهارم: محاسبه فاصله گزینه‌ها از راه‌حل ایده‌آل (شاخص سودمندی و تأسف)

با توجه به گام چهارم این روش، مقدار سودمندی و تأسف هر گزینه محاسبه و در جدول ۱۷ ذکر گردید.

جدول ۱۷: تعیین مقدار سودمندی و تأسف هر گزینه

	نام پروژه	شاخص سودمندی	شاخص تأسف
P1	مرکز آموزش صالحین	۰٫۲۸۰	۰٫۹۹۱
P2	منازل سازمانی	۰٫۲۸۰	۰٫۹۶۸
P3	ستاد اداری	۰٫۲۴۲	۰٫۸۶۹
P4	ستاد خبری	۰٫۰۰۶	۰٫۰۱۱

P5	هتل یا زائرسرا	۰٫۲۶۲	۰٫۹۲۵
P6	سوله ورزشی	۰٫۱۱۴	۰٫۴۷۶
P7	بازداشتگاه	۰٫۲۵۵	۰٫۸۳۲
P8	کانون فرهنگی جوانان	۰٫۲۶۷	۰٫۹۶۱
P9	سالن تیراندازی	۰٫۱۸۱	۰٫۶۸۱

منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۵

گام پنجم: تعین مقدار شاخص ویکور، رتبه‌بندی پروژه‌ها و بررسی شروط

با توجه به گام پنجم، مقادیر شاخص ویکور هر گزینه محاسبه و رتبه‌بندی انجام و شروط لازم بررسی شد که نتایج آن در جداول ۱۸ و ۱۹ آمده است:

جدول ۱۸: تعیین مقدار شاخص ویکور و رتبه‌بندی گزینه‌ها

	نام پروژه	شاخص ویکور	رتبه نهایی
P1	مرکز آموزش صالحین	۰٫۹۹۹۱	۹
P2	منازل سازمانی	۰٫۹۸۷۹	۸
P3	ستاد اداری	۰٫۸۶۸۲	۴
P4	ستاد خبری	۰٫۰۰۰	۱
P5	هتل یا زائرسرا	۰٫۹۳۲۷	۶
P6	سوله ورزشی	۰٫۴۳۴۹	۲
P7	بازداشتگاه	۰٫۸۷۳۵	۵
P8	کانون فرهنگی جوانان	۰٫۹۶۱۱	۷
P9	سالن تیراندازی	۰٫۶۶۱۴	۳

منبع: محاسبات نگارندگان، ۱۳۹۵

جدول ۱۹: بررسی شروط نهایی تصمیم‌گیری با تکنیک ویکور

ردیف	شروط	بررسی شروط در نتایج رتبه‌بندی	
۱	$\mathbf{Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{m-1}}$	۰٫۴۳۴ - ۰ >۰٫۱۲۵	√
۲	گزینه برتر باید حداقل در یکی از مقادیر R_i و S_i به‌عنوان رتبه برتر شناخته شود.	گزینه ستاد خبری در میان مقادیر S_i و R_i دارای کمترین مقدار و بهترین رتبه است.	√

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

مدیریت ریسک فرایندی است که قالبی مناسب برای شناسایی، ارزیابی و پاسخگویی به ریسک‌ها فراهم می‌آورد (کلاهان و همکاران، ۱۳۹۴). با وجود این، یکی از مباحثی که کمتر به‌صورت علمی در سازمان‌های دولتی و نظامی به کار گرفته‌شده، مدیریت ریسک است (موغلی و همکاران، ۱۳۹۴). لذا در این تحقیق، به تحلیل و ارزیابی روشمند و علمی ریسک‌های ساخت پروژه‌های عمرانی در یک محیط نظامی پرداختیم. بررسی ادبیات و نتایج مصاحبه شفاهی اولیه با خبرگان، حاکی از آن بود که اجرای پروژه‌های عمرانی در شرایط بدون ریسک، تقریباً غیرممکن است و پیامد وقوع هر ریسک، می‌تواند اهداف پروژه را تحت تأثیر قرار دهد؛ بنابراین می‌باید در پروژه‌های عمرانی به مدیریت ریسک به‌عنوان یک محدوده مستقل نگاه کرد و با اجرای آن، علاوه بر اجرای به‌موقع پروژه‌ها، مانع افزایش قیمت قرارداد و زیان بیش‌ازحد یکی از طرفین گردید. در این مقاله پس از شناسایی ریسک‌های ساخت پروژه‌های عمرانی با استفاده از مرور ادبیات و بهره‌گیری از نظرات خبرگان ساختار شکست ریسک (RBS) ترسیم گردید.

در ادامه به‌منظور ارزیابی و سنجشِ ریسک پروژه‌های عمرانی رده نظامی موردمطالعه، میزان اهمیت ریسک‌های شناسایی‌شده با توجه به‌احتمال وقوع نسبی، طی پرسش‌نامه اول و با کمک روش تحلیل سلسله‌مراتبی تعیین شد. نتایج بیانگر آن بود که از میان زیرگروه‌های اصلی ریسک‌های ساخت پروژه‌های عمرانی، ریسک‌های مربوط به نظارت، طراحی و ساخت و ریسک‌های مالی- اعتباری، از لحاظ احتمال وقوع نسبی با ضرایب اهمیت ۰٫۳۸ و ۰٫۲۸، در رتبه اول و دوم قرار داشته و ریسک‌های مربوط به حوادث جغرافیایی و اقتصادی با ضریب اهمیت ۰٫۱۳ در رتبهٔ پایانی قرار دارد. به‌منظور سنجش اعتبار نتایج بیان‌شده علاوه بر محاسبه نرخ ناسازگاری ذکرشده در جدول ۷، نتایج توسط چهار نفر از خبرگان مشغول به خدمت در سازمان هدف، مورد رؤیت و تایید قرار گرفت. نتایج نشان داد، ریسک‌های مربوط به نظارت، طراحی و ساخت نسبت به دیگر ریسک‌های ساخت، احتمال وقوع بیشتری داشته و این انتخاب با نتایج تحقیق صورت گرفته توسط الفت و همکاران (۱۳۸۹) همسو است. همچنین در نتایج، حوادث جغرافیایی و قهری (سیل، طوفان و زلزله) کمترین احتمال وقوع نسبی را به خود اختصاص دادند که این استنتاج با نتیجهٔ تحقیق رفیع‌زاده و اردشیر (۱۳۸۸) مطابقت دارد.

همچنین نتایج نشان داد که در میان زیرگروه‌های فرعی، ریسک مربوط به مشکل در تأمین

اعتبار کافی، بیشترین احتمال وقوع نسبی را به خود اختصاص داده است که وجود این ریسک در تحقیق‌های خاکسار و همکاران (۱۳۸۷) و زیاری و کریمی (۱۳۸۷) به‌عنوان یک علامت هشداردهنده، برای متولیان بخش سازندگی معرفی شده است؛ چون تأثیرپذیری این ریسک از شرایط کلان اقتصادی و سیاسی کشور است (احمدیان، ۱۳۹۳). در ادامه تحقیق، تخصیص ریسک در هر پروژه با توجه به تأثیر آنها در عملکرد ساخت با اخذ نظر از مجریان امر سازندگی در سازمان هدف و با کمک روش تصمیم‌گیری چند معیاره ویکور، انجام گردید که خروجی نتایج آن، بیانگر فهرستی از پروژه‌های عمرانی رتبه‌بندی شده بر اساس میزان تأثیر ریسک در عملکرد ساخت آنها است. این رتبه‌بندی می‌تواند به شناسایی پروژه‌های کم ریسک کمکی شایان کند.

از آنجایی که تعیین ریسک و منابع آن به‌تنهایی کافی نیست، همواره باید راهی برای واکنش آگاهانه در برابر آن اتخاذ کرد؛ این واکنش می‌تواند باعث ایجاد تعادل، میان ریسک‌ها و فرصت‌ها شود (اطمینان مقدم، ۱۳۸۴). لذا در این تحقیق بعد از شناسایی، سنجشِ ریسک و رتبه‌بندی پروژه‌ها، به برنامه کنترل جهت تکمیل فرایند مدیریت ریسک پرداخته می‌شود. بدین منظور پیشنهادهایی به‌منظور حذف یا کاهش آثار نامطلوب ریسک پروژه، بر اساس مرور آیین‌نامه، دستورالعمل‌ها، صورت‌جلسات تأخیر کارگاهی موجود در واحد کنترل پروژه (مستندات ثبت‌شده در خصوص عدم پیشرفت و هماهنگی پروژه با برنامه زمان‌بندی‌شده) و مصاحبه با مجریان ذی‌صلاح در ادامه ارائه می‌شود.

۱- بی‌تردید وجود محدودیت در منابع اعتباری سازمان هدف، مجریان مربوطه را ملزم می‌دارد تعدادی از پروژه‌ها را جهت ساخت، در اولویت قرار دهند، لذا در راستای اجرای برنامه حذف ریسک پیشنهاد می‌شود، از رتبه‌بندی انجام‌شده جهت اولویت‌بندی ساخت پروژه‌های عمرانی و صرف اعتبارات در اختیار استفاده گردد و پروژه‌های پر ریسک از اولویت اجرا کنار گذاشته شوند.

۲- به‌منظور کاهش ریسک‌های مربوط به نظارت، طراحی و ساخت، موارد ذیل جهت رعایت در ساخت پروژه‌های عمرانی، پیشنهاد می‌شود:

استفاده از شرکت‌های مشاوره طراحی مجرب جهت طراحی پروژه‌های بزرگ نظامی.
برگزاری کلاس‌های عرضی و اعزام مهندسان سازمان به دوره‌های تخصصی و یا بازدید از پروژه‌های بزرگ عمرانی جهت کسب تجارب کارگاهی.

استفاده از مصالح و تجهیزات مرغوب ایرانی، افزایش دقت در خرید و گرفتن مشاوره از مسئولان خرید مصالح پروژه‌های موفق اجرا شده.

استفاده از ظرفیت سازمان بسیج کارگری و بسیج مهندسان جهت تکمیل کادر اجرایی پروژه‌ها.

استفاده از پیمانکاران مجرب و دارای سابقه انجام پروژه‌های عمرانی نظامی.

۳- به‌منظور کاهش ریسک‌های مالی و اعتباری موارد ذیل پیشنهاد می‌شود:

برنامه‌ریزی درست و تخصیص اعتبار مناسب، قبل از شروع پروژه.

کاهش زمان اجرای پروژه.

صرف اعتبارات محدود در اختیار با توجه به اولویت‌های تعیین‌شده.

۴- به‌منظور کاهش ریسک‌های مربوط به قوانین و مقررات موارد ذیل پیشنهاد می‌شود:

اخذ ضمانت‌نامه بانکی از پیمانکار و نگه‌داشتن درصدی از پرداختی‌ها به مدت یک سال به‌عنوان تضمین حُسن انجام کار.

بیان جزئیات بیشتر از مشخصات فنی در قرارداد به‌منظور افزایش شفافیت پیمان.

استفاده از گروه مجرب کنترل پروژه به‌منظور رصد چگونگی فعالیت پیمانکار و تطبیق آن با برنامه‌های ارائه‌شده.

۵- با استناد به مبحث ۲۱ پدافند غیرعامل سازمان نظام مهندسی (آیین‌نامه مقررات ملی ساختمان) در خصوص کاهش ریسک‌های مربوط به وقایع جغرافیایی و اقتصادی موارد ذیل پیشنهاد می‌شود:

جلوگیری از ساخت پروژه‌ها در حریم بستر رودخانه، طراحی سیستم کارآمد و جامع در جمع‌آوری آب‌های روان مانند ساخت آب‌بند در صورت احداث پروژه در زمین‌هایی با شیب تند.

رعایت قوانین و مقررات ملی ساختمان در طراحی سازه و انجام کلاف‌بندی در اسکلت در حین اجرای ساخت، جهت کاهش آثار ناشی از طوفان.

رعایت آیین‌نامه طراحی ساختمان در برابر زلزله (آیین‌نامه ۲۸۰۰ مرکز تحقیقات مسکن) در نقشه‌های ترسیم شده مانند رعایت تعداد و مکان بادبند و دیوار برشی در طراحی سازه ساختمان، برای کاهش آثار ناشی از زلزله.

پیش‌بینی هزینه‌های مابه‌التفاوت مصالح، از جمله سیمان و فولاد قبل از اجرا، به‌منظور تسریع عملکرد ساخت در صورت بروز تورم و افزایش نرخ ارز.

همچنین پیشنهادهایی در خصوص انجام تحقیقات آتی به شرح ذیل ارائه می‌شود:

بررسی نقش اجرای مدیریت ریسک در کاهش زمان و هزینهٔ ساخت پروژه‌های عمرانی.

بررسی نقش اجرای مدیریت ریسک در افزایش کیفیت پروژه‌های عمرانی و رضایت بهره‌بردار.

شناسایی موانع اجرای مدیریت ریسک در پروژه‌های عمرانی نیروهای مسلح.

بررسی نقش اجرای مدیریت ریسک در افزایش نظم سامانی و تسریع در دسترسی به اهداف راهبردی.

فهرست منابع

احسانی، رحیم؛ لنگرودی، سید محمد (۱۳۹۰). ارائه یک چارچوب مفهومی برای مدیریت ریسک پروژه‌های عمرانی بر اساس استاندارد *PMBOK* همراه بامطالعه موردی. هفتمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، تهران، انجمن مدیریت پروژه ایران.

احمدیان، بهزاد (۱۳۹۳). بررسی تأثیر مدیریت ریسک بر صنعت ساختمان در شهر مشهد. پایان‌نامه دانشجویی دانشگاه فردوسی مشهد، *http://thesis.um.ac.ir/moreinfo-57575-pg-1.html*.

اختیاری، مصطفی (۱۳۹۱). معرفی یک روش ویکور توسعه‌یافته برای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان بانک‌ها. فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی، ۲۵، ۱۶۱-۱۷۹.

اخروی، امیرحسین؛ پویا، علیرضا؛ ناظمی، شمس‌الدین؛ کاظمی، مصطفی (۱۳۹۴). طراحی الگویی جهت طبقه‌بندی اهداف و تعیین سناریوهای درگیری در مدیریت نبرد. فصلنامه مدیریت نظامی، ۱۵(۶۰)، ۱-۳۳.

اردشیر، عبدالله؛ مهاجری، حسن (۱۳۹۲). ارزیابی ریسک‌های ایمنی پروژه‌های ساختمانی با استفاده از روش *AHP-DEA*. هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

اسدی ملردی، حامد (۱۳۹۱). مروری بر روش‌های شناسایی، تحلیل و کنترل ریسک‌های پروژه‌های عمرانی. سمینار کارشناسی ارشد مهندسی مدیریت ساخت، مؤسسه آموزش عالی طبری.

اطمینان مقدم، فرنوش (۱۳۸۴). بررسی تحلیلی شناسایی ریسک‌های معمول در پروژه‌های ساختمانی. دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، تهران، گروه پژوهشی آریانا.

الفت، لعیا؛ خسروانی، فرزانه؛ جلالی، رضا (۱۳۸۹). شناسایی و اولویت‌بندی ریسک پروژه بر مبنای استاندارد PMBOK با رویکرد فازی. فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی، ۸(۱۹)، ۱۴۷-۱۶۳.

باقری، جعفر؛ چاره‌گر، مهسا (۱۳۹۲). شناسایی و فهرست ریسک قراردادهای *Fixed Price* در پروژه‌های عمرانی. دانشگاه فردوسی مشهد، اولین کنفرانس ملی مدیریت پروژه‌های ساخت.

باقلانی، مصطفی؛ فریدون شیروانی (۱۳۹۳). ارزیابی پاسخ‌های مبتنی بر ریسک‌های پروژه‌های عمرانی در شرایط فازی. اولین کنگره ملی مهندسی ساخت و ارزیابی پروژه‌های عمرانی، گرگان، سازمان نظام‌مهندسی ساختمان استان گلستان.

بردبار، آرزو؛ سایبانی، مصباح (۱۳۹۲). شناسایی و تخصیص ریسک پروژه‌های عمرانی در قراردادهای با سیستم اجرای متعارف. اولین کنفرانس ملی مدیریت پروژه ساخت.

بیدی، عباس (۱۳۸۷). مدیریت ریسک پروژه‌های عمرانی با اعمال ملاحظات قراردادی. چهارمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، تهران، گروه پژوهشی آریانا.

پوراحمد، احمد؛ خلیجی، محمدعلی (۱۳۹۳). قابلیت‌سنجی تحلیل خدمات شهری با استفاده از تکنیک VIKOR: مطالعه موردی شهر بناب. مجله برنامه‌ریزی فضایی جغرافیا، ۴(۲)، ۱-۱۶.

پورصادق، ناصر؛ فرشچی، محمدرضا؛ موحدی‌صفت، محمدرضا (۱۳۹۲). مدیریت ریسک در محیط‌های نظامی و ارائهٔ یک الگوی ارزیابی مبتنی بر نظریهٔ بازی‌ها. فصلنامه مدیریت نظامی، ۱۳(۵۱)، ۱-۴۴.

جعفری اسکندری، میثم؛ علی احمدی، علی‌رضا؛ کامفیروزی، محمدحسن (۱۳۹۳). تلفیق روش‌های بولزای و ویکور برای تصمیم‌گیری چند معیاره با اعداد خاکستری سه پارامتره. نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، ۴، ۴۳۲-۴۳۷.

جوزی، سید علی؛ حسینی، سید محسن؛ شوشتری، مهرنوش (۱۳۸۹). ارزیابی ریسک محیط زیستی سد بالا رود خوزستان در مرحله ساخت با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی. فصلنامه علوم و فنون دریایی، ۵(۱)، ۷۱-۸۸.

حاج باقری، منصور؛ صادقی، فرزاد (۱۳۸۹). بررسی وضعیت مدیریت ریسک در صنعت ساخت کشور. ششمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، تهران، گروه پژوهشی آریانا.

حیاتی، محمد؛ عطایی، محمد؛ خالو کاکایی، رضا؛ صیادی، احمدرضا (۱۳۹۳). ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک در زنجیره تأمین با استفاده از روش تحلیل تاکسونومی. مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، ۱۱(۱)، ۸۵-۱۰۳.

خاکسار، منصور؛ شافعی، رضا؛ الهویسی، بهاره (۱۳۸۷). شناسایی منشأهای ریسک در پروژه‌های ساختمانی و نحوه مدیریت آنها. فصلنامه مدیریت بهره‌وری، ۷، ۱۳۹-۱۶۰.

خانزادی، مصطفی؛ اشتهاردیان، احسان اله؛ خداویردی، سعید (۱۳۹۲). آنالیز ریسک در پروژه‌های عمرانی درون‌شهری با استفاده از شبکه‌های اعتقادی بیزین، مطالعه موردی: بزرگراه امام علی(ع). دهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، تهران، انجمن مهندسی صنایع ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

دری، بهروز؛ حمزه‌ای، احسان (۱۳۸۹). تعیین استراتژی پاسخ به ریسک در مدیریت ریسک به‌وسیله تکنیک ANP، مطالعه موردی: پروژه توسعه میدان نفتی آزادگان شمالی. فصلنامه مدیریت صنعتی، ۲(۴)، ۷۵-۹۲.

دزفولی‌نژاد، مهدی؛ تلوری، عبدالرسول؛ روان‌شادنیا، عبدالرسول (۱۳۹۳). اولویت‌بندی اقدامات مجری طرح‌های عمرانی در پروژه‌های عمرانی به روش لکسیکوگراف بر اساس رتبه ریسک معیارهای ژئواستراتژیک محل احداث پروژه. دومین همایش ملی معماری پایدار و توسعه شهری با رویکرد مجری طرح‌های عمرانی در معماری و شهرسازی، قم، انجمن علمی مجری طرح‌های عمرانی ایران، شرکت بنام خط نوین.

ذگرگی، حسام‌الدین؛ نظری، احمد؛ رضایی، ابراهیم (۱۳۹۲). ارزیابی ریسک پروژه توسط رویکرد ترکیبی فرایند شبکه‌ای و تاپسیس فازی. فصلنامه مهندسی صنایع و مدیریت شریف، ۲۹(۱)، ۳-۱۴.

رفیع‌زاده، ایمان؛ عبدالله اردشیر (۱۳۸۸). بررسی و ارزیابی کیفی ریسک پروژه‌های عمرانی با رویکرد فازی. پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، تهران، گروه پژوهشی آریانا.

رکاب اسلامی، محمد؛ اردشیر، عبدالله؛ مکنون، رضا (۱۳۹۲). مدلی برای رتبه‌بندی ریسک در پروژه‌های ساختمانی با رویکرد فازی. کنفرانس ملی تکنیک‌های نوین محاسباتی و بهینه‌سازی در مهندسی عمران، سقز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سقز.

زهرایی، بنفشه؛ روزبهانی، عباس؛ میرشکاری، مصطفی (۱۳۹۵). ارائه مدل تحلیل ریسک مبتنی بر سیستم‌های خبره فازی برای مدیریت پروژه‌های ساخت. فصلنامه مهندسی عمران شریف، آماده انتشار.

زیاری، حسن؛ پروین کریمی (۱۳۸۷). ارائه مدلی جهت رتبه‌بندی پروژه‌های راه‌سازی با دو رویکرد هزینه دوره عمر و مدیریت ریسک. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران، دانشگاه تهران.

شاکری، مریم؛ صادقی، ابوالقاسم؛ بخشی، هدایت ا... (۱۳۹۱). استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری

*AHP*و *VIKOR* در سیستم اطلاعات مکانی برای مکان‌یابی جایگاه سوخت. دوازدهمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران، تهران، سازمان حمل‌ونقل و ترافیک تهران، معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران.

شفیعی نیک‌آبادی، محسن؛ حسینی، محمدحسن و شفیعی نیک‌آبادی، مجتبی (۱۳۹۴). تعیین سبد بهینه پروژه‌های عمرانی مبتنی بر رویکرد تلفیقی تحلیل سلسه‌مراتبی و ارزیابی نسبت تجمعی. فصلنامه مدیریت نظامی، ۱۵(۵۹)، ۱-۳۱.

شهرکی، محمدرضا؛ فرامرز پور، بنفشه؛ رستم‌نژاد مقدم، مهدیه (۱۳۹۲). توسعه یک مدل ارزیابی ریسک پروژه‌های سدسازی با استفاده از روش دلفی و تحلیل سلسله‌مراتبی. دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، کارآفرینی و توسعه اقتصادی، قم، دانشگاه پیام نور.

صابری، مظاهر؛ پاشا زانوسی، محمدعلی؛ خزانی، محمدعلی (۱۳۹۲). ارزیابی ریسک پروژه‌های عمرانی با استفاده از *FMEA* و *AHP*، مطالعه موردی نصب سگمنت عرشه پل بزرگراه شهید صدر تهران. کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری، تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز.

صوفی‌فرد، رحمان؛ خاکزار فروئی، مرتضی؛ نظری، احد (۱۳۹۲). ارائه مدل ترکیبی فرایند تحلیل شبکه‌ای *ANP* تکنیک دیمتل *DEMATEL* در محیط فازی به‌منظور ارزیابی ریسک پروژه‌های ساخت. دومین کنفرانس ملی مهندسی صنایع و سیستم‌ها، نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد، گروه مهندسی صنایع.

صیادی، احمدرضا؛ حیاتی، محمد؛ آذر، عادل (۱۳۹۰ ب). ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک در پروژه‌های تونل‌سازی با استفاده از روش تخصیص خطی. نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، ۲۲(۱)، ۲۸-۳۸.

صیادی، احمدرضا؛ حیاتی، محمد؛ منجزی، مسعود (۱۳۹۰ الف). مدیریت ریسک ساخت تونل با استفاده از تکنیک‌های MADM. فصلنامه مدیریت صنعتی، ۳(۷)، ۹۹-۱۱۶.

صیادی، احمدرضا؛ منجزی، مسعود؛ شریفی محمدرضا (۱۳۹۲). ارائه رویکردی جهت ارزیابی ریسک در معادن روباز با استفاده از روش Fuzzy TOPSIS و FAHP. نشریه روش‌های تحلیلی و عددی در مهندسی معدن، ۶، ۴۵ -۵۸.

فتاحی، احد؛ بیات، ناصر؛ امیری، علی؛ نعمتی، رضا (۱۳۹۲). سنجش و اولویت‌بندی پایداری اجتماعی در مناطق روستایی شهرستان دلفان با استفاده مدل تصمیم‌گیری ویکور. فصلنامه

برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۱۱، ۶۵- ۷۸.

فیلی، حمیدرضا؛ نصراللهی، احسان؛ قمی، مجتبی (۱۳۹۱). کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی جهت اولویت‌بندی پهنه‌های مستعد توسعه اکوتوریسم در شهرستان آبیک. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، تهران، وزارت کشور.

قاضی‌زاده، علی؛ مسعودی، سمیه (۱۳۹۳). ارائه یک مدل جدید در شناسایی رتبه‌بندی و ارزیابی عوامل مؤثر بر ریسک پروژه‌های بزرگ با استفاده از تکنیک‌های FTOPSIS و FANP, DEMATEL. اولین همایش ملی پژوهش‌های مهندسی صنایع، همدان، شرکت علم و صنعت طلوع فرزین.

کلاهان، فرهاد؛ رضایی نیک، ابراهیم؛ حسنی دوغ‌آبادی، مرضیه؛ رمضان‌پور، حمید؛ تجدد، امیررضا (۱۳۹۴). شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه‌های توسعه صنعت برق کشور. نشریه تخصصی مهندسی صنایع، ۴۹(۱)، ۱۰۷-۱۱۶.

محمدی، علی؛ شجاعی، پیام؛ اکبری، زهرا؛ کایدان، بهاره (۱۳۹۴). تحلیل تطبیقی رویکردهای تصمیم‌گیری چند معیاره در اولویت‌بندی استان‌های کشور بر اساس عملکرد پروژه‌های عمرانی در پایان برنامه چهارم توسعه. فصلنامه سیاست‌های راهبردی و کلان، ۱۲، ۲۷-۵۰.

مقیمی، ابراهیم؛ یمانی، مجتبی؛ بیگلو، جعفر؛ مرادیان، محسن؛ فخری، سیروس (۱۳۹۱). تأثیر ژئومورفولوژی زاگرس جنوبی بر پدافند غیر عامل در منطقه شمال تنگه هرمز (با تأکید بر مکان‌یابی مراکز ثقل جمعیتی). فصلنامه مدیریت نظامی، ۱۲(۴۸)، ۷۷-۱۱۲.

ممبینی، حسین؛ یزدانی، عبدالرضا (۱۳۹۳). ارائه یک روش جدید برای اولویت‌بندی استراتژی‌های سرمایه‌گذاری در بخش خصوصی ایران. فصلنامه دانش سرمایه‌گذاری، ۱۱، ۲۵۹-۲۸۹.

موغلی، علیرضا؛ عبدالمنافی، سعید؛ صالحی، حسن؛ محمود صالح، شهناز (۱۳۹۴). تحلیل ریسک در سازمان‌های نظامی: شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های بحرانی در پایگاه‌های پدافند هوایی. فصلنامه مدیریت نظامی، ۱۵(۵۸)، ۴۳-۶۹.

نصیرزاده، فرناد؛ خانزادی، مصطفی؛ افشار، عباس (۱۳۹۳ ب). شبیه‌سازی پیامدهای هم‌زمان ریسک‌ها بر روی هزینه و زمان پروژه با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها. فصلنامه مهندسی عمران شریف، ۲-۳۰(۱/۱)، ۳-۱۱.

نصیرزاده، فرناد؛ مازندرانی، حامد؛ روح‌پرور، مهدی (۱۳۹۳ الف). ارائهٔ یک مدل تحلیلی برای تخصیص کمّی ریسک در پروژه‌های ساخت. فصلنامه مهندسی عمران شریف، ۲-۳۰(۲)، ۶۹-۷۵.

نصیری باری، حسین؛ پیوسته، اکبر (۱۳۹۱). بررسی اولویت‌بندی استفادهٔ مدیران و فرماندهان از انواع

قدرت به روش AHP. فصلنامه مدیریت نظامی، ۱۲(۴۵)، ۹۳-۱۲۰.

نظری، احمد؛ جابری، مجید (۱۳۹۴). شناسایی ریسک پروژه‌ها با رویکرد طراحی ساختار شکست ریسک. نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، ۲۶(۱)، ۲-۱۵.

نظری، احمد؛ فرصت کار، احسان؛ کیافر، بهراد (۱۳۸۷). مدیریت ریسک در پروژه‌ها، چاپ اول. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات.

Amer, M., Jiayin, P., Zayed, T., (2008). Assessing risk and uncertainty inherent in chinese higway projects using AHP. *International Journal of Project Management*, 26, 408-419.

Cabero, J., Ventosa, M. J., Cerisola, S., & Baillo, Á. (2010). Modeling risk management in oligopolistic electricity markets: A benders decomposition approach. *IEEE Transactions on Power Systems, 25*, 263-271.

Chapman, C. B., & Ward, S. C. (2008). *Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights*, 2nd ed. Chichester, UK: John Wiley.

Conrow, E. H. (2003). *Effective Risk Management: Some Keys to Success*, 2nd ed. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics.

Green, P. E. J. (2016). *Enterprise risk management: A common framework for the entire organization*. Publication Oxford: Elsevier.

Hillson, D. (1999). *Developing Effective Risk Response*. Proceeding of the 30th annual project management institute. seminar and symposium, Philadelphia, Pennsylvania, USA.

Hillson, D. (2003). Using a risk breakdown structure in project management. *Journal of Facilities management, 2*, 85-97.

Hwang, B-G., Zhao, X., & Toh, L. P. (2014). Risk management in small construction projects in Singapore: Status, barriers and impact. *International Journal of Project Management, 32*, 116-124.

Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. A State-of-the-Art Survey. Springer, New York.

Jaberi, M. (2011). *Risk Management Model Development in a Project Based Organization*. M. S. thesis, Shahid Beheshti University, Tehran.

Khodeir, L., Mohamed, M. (2015). Identifying the latest risk probabilities affecting construction projects in Egypt according to political and economic variables. From January 2011 to January 2013. *HBRC Journal*, *11*, 129-135.

MacCrimon, K. R. (1986). *Decision Making Among Multi-Attribute Alternatives: a survey and consolidated approach*. Santamonica. California: RAND

memorandum. RM-4823-ARPA, The Rand Corporation.

Mojtahedi, S., Mohammad. H., Mousavi, S., & Makui, A. (2010). Project risk identification and assessment simultaneously using multi-attribute group decision making technique. *Safety Science. 48*, 499- 507.

Nazari, A., Jaberi, M., & Amal Nik, M. (2013). Developing a risk management model for project based organizations. *Journal of Industrial Engineering, 47*, 93-104.

Ng, A., & Loosemore, M. (2007). Risk allocation in the private provision of public infrastructure. *International Journal of Project Management, 25*, 66-76.

Nieto-Morote A., & Ruz-vila, F. (2011). A fuzzy approach to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management, 29,* 220-231.

Opricovic, S. (1998). *Visekriterijumska optimizacija u gradevinarstvu* [*Multi-criteria optimization of civil engineering systems*]. Faculty of Civil Engineering. Belgrade (in serbian).

Opricovic, S., & Tzeng, G. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research, 156*, 445-455.

Opricovic, S., & Tzeng, G. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research, 178*, 514-529.

PMI. (2009). *Practice Standard for Project Risk Management*. Project Management Institute.

PMI. (2013). *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), 5th ed. USA: Project Management Institute (PMI).

Prasanta, K. D. (2010). Managing project risk using combined analytic hierarchy process and risk map. *Applied Soft Computing, 10*, 990-1000.

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting. Resource Allocation*. Mcgraw-Hill.

Sayegh, S. M. (2008). Risk assessment and allocation in the UAE construction industry. *International Journal of Project Management, 26*, 431-438.

Stanujkic, D., & Jovanovic, R. (2012). Measuring a quality of faculty website using ARAS method. *Contemporary Issues in Business Management and Education,* 545-554.

Tamo itien , J., Zavadskas, E. K. (2013). *Multi-criteria Risk Assessment of a Construction Project*. First International Conference on Information Technology and Quantitative Management, 17, 129-133.

Taylan, O., Kabli, M. R., Bafail, A., & Abdulaal, R. (2014), Construction projects

selection and risk assessment by fuzzy AHP andfuzzy TOPSIS methodologies. *Applied Soft Computing, 17*, 105-116.

Taylan, O., Kabli, M. R., Saeedpoor, M., & Vafadarnikjoo, A. (2014). Commentary on construction projects selection and risk assessment by Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methodologies. *Applied Soft Computing, 36*, 419-421.

Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., & Sarka, V. (1994). The new method of multi-criteria complex proportional assessment of projects. *Thechnological and economic development of economy, 1*, 131-139.

Zeng J., Smith & N. J. (2007). Application of fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management, 25*, 589-600.

Zhang, L., Wu, X., Skibniewski, M., Zhong, J., & Lu, Y. (2014). Bayesian-network-based safety risk analysis in construction projects. *Reliability Engineering & System Safety, 131*, 29-39.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی