

شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های موجود در پروژه EPC&F احداث خط ۶ متروی تهران بر اساس متدولوژی مدیریت ریسک ATOM (مطالعه موردی: قطعه میانی خط ۶ متروی تهران)

پژوهشی

- زهرا سادات هاشمی*^۱؛ عباس اکبری پور^۲؛ حمیدرضا عباسیان جهرمی^۳؛ بابک مردانی گیوی^۴
- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد؛ مهندسی و مدیریت ساخت، مرکز تحقیقات بتن، شاخه انجمن بتن آمریکا در ایران، zahra.hashemi30@yahoo.com
- ۲- استادیار؛ عضو هیات علمی گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، a_akbarpour@azad.ac.ir
- ۳- استادیار؛ دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، habasian@kntu.ac.ir
- ۴- مهندس محقق ارشد؛ SPCM, PMP, babakmardani21@yahoo.com

دریافت دست‌نوشته: ۱۳۹۹/۰۷/۰۶؛ پذیرش دست‌نوشته: ۱۴۰۰/۰۵/۱۸

شماره صفحات: ۳۲۷ تا ۳۴۹

شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.23223111.1399.9.4.1.0

واژگان کلیدی	چکیده
مدیریت ریسک شناسایی ریسک رتبه‌بندی ریسک قرارداد طرح و ساخت و سرمایه‌گذاری (EPC&F) متدولوژی اتم	امروزه پروژه‌های قطار شهری نقش مهمی در توسعه حمل و نقل عمومی ایفا می‌کنند. از این رو مقامات شهرداری و هیئت مدیره مترو برای انجام این پروژه‌ها در کوتاه‌ترین زمان ممکن، راهکاری را با استفاده از ظرفیت‌های بخش خصوصی در نظر گرفته‌اند که این امر با انعقاد قرارداد طرح و ساخت و سرمایه‌گذاری وارد مرحله جدیدی از اجرا گردیده است. به همین دلیل نیاز به الگوی مناسب مدیریت ریسک جهت شناسایی، رتبه‌بندی و برنامه‌ریزی پویای پاسخ به ریسک‌ها کاملاً احساس می‌شود. در این پژوهش ضمن معرفی متدولوژی مدیریت ریسک ATOM، ابتدا ریسک‌های پروژه شناسایی و سپس با استفاده از آزمون فریدمن رتبه‌بندی شدند. در نهایت از میان ۹۴ ریسک اولویت بندی شده به ۱۴ ریسک برتر پاسخ داده شد و برنامه‌ریزی جهت پاسخ به ریسک‌ها و کاهش اثر ریسک‌های شناسایی شده انجام گردید.

۱- پیش‌گفتار

دارای عدم قطعیت می‌داند که در صورت رخداد می‌تواند تأثیر مثبت و یا منفی بر اهداف پروژه بگذارد (PMBOK Guide, 2013).

ریسک‌های مدیریت نشده خطرناک هستند، زیرا می‌توانند منجر به نتایج پیش بینی نشده شوند. این واقعیت نشان دهنده ضرورت مدیریت ریسک در کسب و کار و در زندگی روزمره است.

پروژه‌های عمرانی در دستیابی به اهداف، با تهدیدها و فرصت‌هایی مواجه می‌باشند که بر عناصر کلیدی پروژه یعنی زمان، هزینه، کیفیت و ایمنی تأثیرگذار هستند. راهنمای گسترده دانش مدیریت پروژه (Body of Project Management Knowledge) ریسک را یک اتفاق با شرایط

- تهیه اطلاعات دقیق و کافی از مشکلات موجود در پروژه‌های تونلی و شناسایی ریسک‌ها
- مستند سازی درس آموخته های مرتبط با مدیریت ریسک
- برنامه‌ریزی جامع مدیریت ریسک و پیاده‌سازی فرآیندهای آن با توجه به عدم قطعیت‌ها

۲- پیشنهاد تحقیق

در میان پژوهش‌های گذشته فورکائیل و همکاران (Forcael, et al., 2018) بر این باورند که عواملی چون تخمین نادرست هزینه‌های ساخت یا عدم دسترسی به جزئیات جهت بودجه بندی پروژه، شرایط زمین شناسی غیر منتظره، تخمین نادرست زمان اتمام پروژه یا عدم تهیه برنامه تفصیلی مناسب، خرابی‌های پی در پی تجهیزات و ماشین آلات کارگاهی، تأخیر بیش از حد نهادهای دولتی جهت اخذ تأییدیه‌ها و شرایط نامعلوم خاک و سطح آب جز مهم ترین ریسک‌های تأثیرگذار بر پروژه‌های تونلی به حساب می‌آیند.

در مطالعه‌ای با عنوان "شناسایی و ارزیابی ریسک‌ها در قطار شهری چین" (مطالعه موردی مترو نانجینگ خط ۲) که با هدف توسعه یک چک لیست جامع از ریسک‌های مرتبط با پروژه‌های مترو صورت گرفته است، به ارائه یک متدولوژی برای ارزیابی ریسک‌ها در مراحل ابتدایی پروژه پرداخته شده است. در این پژوهش براساس تجزیه و تحلیل حوادثی که در پروژه‌های گذشته اتفاق افتاده، بررسی ادبیات کنونی و نتایج حاصل از مصاحبه‌ها، چک لیست جامعی از ریسک‌ها تهیه شده و یک متدولوژی تجزیه و تحلیل ریسک‌ها با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (AHP) ارائه گردیده است. در این مطالعه داده‌ها از طریق مصاحبه و دو سری پرسش‌نامه از افرادی بدست آمده است که به طور مستقیم در پروژه درگیر بودند. روش فازی AHP برای ارزیابی ریسک سیستماتیک و کلی نگر مناسب است و در نهایت نگارندگان مطرح می‌کنند که نتایج ارزیابی این پژوهش می‌تواند تجارب کافی برای دیگر پروژه‌های مترو چین و سایر کشورها فراهم کند (Zou & Li, 2010).

شو و همکاران (Xu, et al., 2019) در پژوهش خود برای ارزیابی ریسک‌های پروژه مترو پکن به روش حفاری اتریشی از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy Analytic

مطالعات انجام شده روی بسیاری از پروژه‌ها نشان داده است که کارفرمایان و پیمانکاران معمولاً به صورت منظم و ساختاریافته به پیاده‌سازی فرآیندهای مدیریت ریسک نمی‌پردازند که این می‌تواند پیامدهای منفی بر عملکرد پروژه داشته باشد (Fakhratov, et al., 2020).

با وجود آن‌که مدیریت ریسک در موفقیت پروژه بسیار تأثیرگذار است، ولی تحقیقات نشان داده است که پایین ترین امتیاز را نسبت به دیگر تکنیک‌های مدیریت پروژه از لحاظ استقرار و استفاده مؤثر کسب کرده است. این موضوع نشان‌گر آن است، اگر چه بسیاری از سازمان‌ها به اهمیت مدیریت ریسک واقف هستند، اما آن را به‌طور مؤثر اجرا نمی‌کنند. در نتیجه، پروژه‌ها هنوز هم نابود می‌شوند، هنوز هم کسب و کارها با مشکل مواجه هستند و تهدیدات قابل پیش‌بینی بسیاری، به مسائل و مشکلات جدی تبدیل می‌شوند و بسیاری از فرصت‌های دست‌یافتنی از دست می‌روند (Hillson & Simon, 2012).

هرچه سطح پیچیدگی یک پروژه بیشتر باشد، میزان ریسکی که ممکن است برای پروژه رخ دهد، به مراتب بالاتر می‌رود، از این رو ساخت پروژه‌های تونلی نیازمند پیاده‌سازی یک سیستم قوی مدیریت ریسک می‌باشند (Sihombing, et al., 2020).

در کشور ایران نیز مدیریت ریسک در ابعاد مختلف، حتی ابعادی که امروزه در همه دنیا به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، مهجور مانده است. با توجه به اهمیت مطالعات مدیریت ریسک در برنامه‌ریزی و مدیریت پروژه‌های عمرانی و به ویژه پروژه‌های قطار شهری با روش قراردادی EPC&F، ضعف مبانی نظری و ارائه الگویی در این زمینه ضرورت چنین مطالعه‌ای را مطرح می‌نماید.

در این پژوهش به شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌ها در پروژه‌های قطار شهری براساس متدولوژی مدیریت ریسک اتم پرداخته می‌شود که می‌تواند به عنوان الگویی موفق برای پیاده‌سازی و ارتقاء پروژه‌های مشابه در توسعه سایر خطوط متروی تهران و سایر شهرها در نظر گرفته شود. از این رو شناسایی ریسک‌ها و ارائه الگوی مناسب مدیریت ریسک می‌تواند کمک شایانی به موفقیت پروژه‌ها نماید.

از اهداف ویژه و کاربردی تحقیق حاضر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

این تعداد پرسش‌نامه توزیع شده ۷۱ پرسش‌نامه پاسخ داده شد که از میان آن‌ها ۴۵ پرسش‌نامه به صورت کامل تکمیل گردیده بود. درنهایت ریسک‌ها رتبه‌بندی و به ۱۲ ریسک برتر پروژه پاسخ‌های مناسبی داده شد.

۳- معرفی متدولوژی مدیریت ریسک ATOM

این متدولوژی در سال ۲۰۱۲، توسط دکتر دیوید هیلسون و پیتر سیمون مطرح گردید. مدیریت پویای تهدیدها و فرصت‌ها (*Active Threat and Opportunity Management*) برای برآورده کردن نیاز به یک فرآیند ساده و قابل توسعه مدیریت ریسک طراحی شده و برای همه پروژه‌ها قابل اجرا است. اتم بهترین شیوه‌ها و روش‌ها، ابزارها و تکنیک‌های آزمایش شده را گرد هم می‌آورد و آن‌ها را به یک روش ساختار یافته آسان، برای استفاده در مدیریت ریسک پروژه ادغام می‌کند. فرآیند اتم در حالت کلی از هشت مرحله تشکیل شده است که در شکل ۱، نشان داده شده است.

در واقع هدف از متدولوژی اتم، ارائه یک روش ساده و ساختار یافته برای مقابله با عدم اطمینان‌هایی است که ممکن است، به دستیابی اهداف پروژه تأثیر گذارد. فرآیند مدیریت ریسک اتم هشت مرحله زیر را شامل می‌شود:

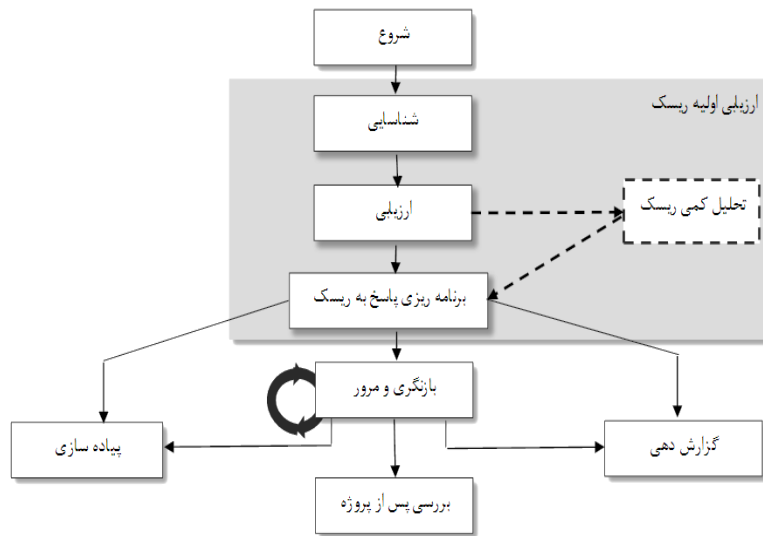
- ۱- گام آغازین
 - ۲- شناسایی ریسک‌ها
 - ۳- ارزیابی ریسک‌ها
 - ۴- برنامه‌ریزی پاسخگویی به ریسک
 - ۵- گزارش‌دهی
 - ۶- اجرا و پیاده‌سازی اقدامات توافق شده
 - ۷- بررسی (کلی و جزئی)
 - ۸- بررسی بعد از پروژه (درس آموخته‌هایی برای آینده)
- اگرچه استانداردهای مختلفی در زمینه مدیریت ریسک وجود دارد، اما اتفاق نظر خوبی بین محتوای آن‌ها برقرار است، اما به لحاظ ساختاری با یکدیگر متفاوت می‌باشند. در جدول ۱، تفاوت میان متدولوژی اتم و سایر استانداردها نشان داده شده است.

(*Network Process*) نیز استفاده کردند.

چاپمن و وارد (Chapman & Ward, 1999) فرآیند مدیریت ریسک پروژه را به مراحل: تعریف کلیه جنبه‌های پروژه، متمرکز شدن بر استراتژی نزدیک شدن به مدیریت ریسک، ساختار اطلاعات در رابطه با فرضیات و نسبت‌های ریسک، تشخیص مالکیت ریسک‌ها و مسئولیت‌ها، تخمین و اندازه‌گیری عدم قطعیت‌ها، ارزیابی اهمیت نسبی ریسک‌های مختلف، برنامه‌ریزی، پاسخ و مدیریت بر کنترل و اجرا تقسیم می‌کنند.

شمس مجد و مرتبهب (Shams Majd & Mortaheb, 2008) در تحقیق خود تحت عنوان ارائه الگویی جهت بررسی و مدیریت ریسک در قراردادهای EPC ضمن بررسی اجمالی این نوع قراردادها و مراحل مختلف فرآیند مدیریت ریسک، با توجه به استاندارد PMBOK یک مدل پیشنهادی کلی برای این نوع قراردادها ارائه کرده است که در آن لزوم برنامه‌ریزی و مدیریت ریسک در مراحل قبل از برنده شدن در مناقصه و بعد از برنده شدن و عقد قرارداد مورد بررسی و توجه قرار گرفته است. در این مقاله پس از شناسایی ریسک‌ها، مرحله تحلیل کیفی ریسک‌ها فرا می‌رسد، سپس با مطالعه موردی طرح زغال سنگ طیس، از روش ماتریس رتبه‌بندی احتمال وقوع و اثر استفاده شده است. در مرحله بعد، تحلیل کمی ریسک‌های شناسایی شده و اولویت بندی شده با استفاده از نرم‌افزار "Pertmaster" صورت پذیرفته و در نهایت درجات احتمال تحقق اهداف زمان و هزینه پروژه مذکور مشخص گردیده است.

موریس و گوپالاکریشنا (Morris & Gopalakrishna, 2020) در مقاله خود تحت عنوان "توسعه چارچوب مدیریت ریسک برای پروژه‌های تونل سازی در هند" که با هدف شناسایی ریسک‌های داخلی و خارجی پروژه، ارزیابی و اولویت بندی ریسک‌ها و ارائه یک مدل مدیریت ریسک صورت گرفته است، ابتدا از طریق بررسی ادبیات موضوعی و مصاحبه با کارشناسان به شناسایی ریسک‌های پروژه پرداخته‌اند. سپس بر مبنای ۲۹ ریسک شناخته شده پرسش‌نامه‌ای جهت تعیین احتمال و اثر ریسک‌ها تهیه و میان ۱۰۰ نفر از متخصصان توزیع گردید. از



شکل ۱- مراحل فرآیند اتم (Hillson & Simon, 2012)

جدول ۱- مقایسه استانداردهای مختلف مدیریت ریسک (Hillson & Simon, 2012)

نام	تعریف ریسک	فرآیندهای مدیریت ریسک	جنبه‌های منحصر به فرد و اهمیت‌ها
ATOM	هر عدم قطعیتی که در صورت وقوع، بر روی دستیابی به یک یا چندین هدف از پروژه، می‌تواند تأثیر مثبت یا منفی بگذارد.	(A) آغاز (B) شناسایی (C1) ارزیابی (C2) تحلیل کمی ریسک (D) برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک (E) گزارش‌دهی (F) پیاده‌سازی (G) مرور و بررسی (H) بررسی پس از پروژه	(۱) کاملاً قابل اندازه‌گیری (۲) قابل استفاده برای تمامی پروژه‌ها (۳) روش عملی چگونگی انجام کار
M-O-R مدیریت ریسک - راهنمایی برای متخصصین	یک رویداد یا مجموعه‌ای از رویداد هایی با عدم قطعیت که در صورت وقوع روی دستیابی به اهداف پروژه تأثیر خواهد گذاشت. یک ریسک بوسیله‌ی ترکیبی از احتمال وقوع فرصت‌ها و تهدیدهای مشاهده شده و بزرگی تأثیر آنها روی اهداف مشاهده می‌شود.	(A) شناسایی - زمینه (B) شناسایی - شناسایی ریسک‌ها (C1) ارزیابی - برآورد (C2) ارزیابی - سنجش (D) برنامه‌ریزی (F) اجرا و پیاده‌سازی (?) نهادینه کردن و بررسی (?) اطلاع‌رسانی	(۱) فصول کامل در مدیریت اصول ریسک و نهادینه‌سازی و بررسی مدیریت ریسک (۲) قابل استفاده برای مدیریت ریسک ها در سطوح استراتژی، برنامه، پروژه و ریسک‌های عملیاتی (۳) بخشی از مجموعه‌ای بزرگ‌تر از روش‌ها، شامل مدیریت موفق برنامه‌ها و RINCE2

ادامه جدول ۱- مقایسه استانداردهای مختلف مدیریت ریسک (Hillson & Simon, 2012)

نام	تعریف ریسک	فرآیندهای مدیریت ریسک	جنبه‌های منحصر به فرد و اهمیت‌ها
ISO31000:2009 مدیریت ریسک - قواعد و دستورالعمل‌ها	تأثیر عدم قطعیت‌ها بر اهداف پروژه	(A) ایجاد زمینه	(۱) قابل اجرا در تمام سطوح مدیریت ریسک
		(B) شناسایی ریسک‌ها	(۲) شامل قواعد و اصول ریسک و چارچوبی برای مدیریت ریسک
PRAM راهنمای مدیریت و تحلیل ریسک	رویداد ریسک: یک رویداد غیرقطعی یا مجموعه‌ای از شرایطی که در صورت وقوع روی دستیابی به یک یا چند هدف پروژه تأثیرگذار باشد. ریسک پروژه: قرارگرفتن ذی نفعان در معرض عواقب تغییرات در خروجی‌ها و نتایج پروژه.	(C) تحلیل ریسک	(۳) اطلاع‌رسانی و مشاوره را به‌عنوان عناصری متمایز در این فرآیند لیست می‌کند.
		(D) ارزیابی ریسک‌ها	(۱) شامل فصل‌هایی در رابطه با مزایای مدیریت ریسک (فصل ۲)، ایجاد یک سازمان مدیریت ریسک (فصل ۵)، جنبه‌های رفتاری (فصل ۶)، و مسائل مربوط به پیاده‌سازی و کاربرد (فصل ۷)
		(E) پاسخ به ریسک	(۲) مورد توجه قراردادن تهدیدها و فرصت‌ها
استاندارد مدیریت ریسک IRM/ALARM AIRMIC/RISK	ترکیب احتمال وقوع یک رخداد و پیامدهای آن	(G) پایش و بررسی	(۳) تعریف ریسک در دو سطح: رویداد ریسک و ریسک پروژه
		(A) اهداف استراتژیک سازمان	(۱) قابل استفاده برای کسب و کارها و پروژه‌ها
BS IEC 62198:2001 مدیریت ریسک پروژه - راهنمای استفاده	ترکیبی از احتمال رخدادها در حال وقوع و پیامدهای آنها بر روی اهداف پروژه	(B) شناسایی ریسک‌ها	(۲) پیوند با مدیریت استراتژیک سازمان
		(C) ارزیابی ریسک‌ها	(۳) فصل ۹ اختصاص داده شده به نقش‌هایی از عملکردهای مختلف در سازمان
		(D) پاسخ به ریسک	
		(E) گزارش‌دهی ریسک‌ها	
		(F/G) پایش و بررسی ریسک	
		(H) بررسی پس از پروژه	
		(A) ایجاد زمینه	(۱) به‌عنوان بخشی از استاندارد قابلیت اعتماد ایجاد شده است.
		(B) شناسایی ریسک‌ها	(۲) تمرکز بر پروژه‌ها با محتوای تکنولوژی

ادامه جدول ۱- مقایسه استانداردهای مختلف مدیریت ریسک (Hillson & Simon, 2012)

نام	تعریف ریسک	فرآیندهای مدیریت ریسک	جنبه‌های منحصر به فرد و اهمیت‌ها
BS6079-3:2000 مدیریت پروژه، بخش سوم: راهنمای مدیریت ریسک برای ریسک‌های مربوط به پروژه‌های تجاری	عدم قطعیت ذاتی در برنامه‌ها و احتمال رخداد ریسک‌هایی که می‌تواند روی احتمال دستیابی به اهداف در پروژه‌ها و کسب و کارها تأثیرگذارند.	(A) زمینه (B) شناسایی ریسک (C) تجزیه و تحلیل ریسک‌ها (C) ارزیابی ریسک‌ها (D) پاسخ به ریسک (E/F/G) اطلاع‌رسانی / نظارت و بررسی / به روزرسانی برنامه‌ها	(۱) تمرکز بر روی پیوند استراتژی و اهداف کسب و کار (۲) نقش‌های ادراک و تحلیل ذی‌نفعان
PMI Practice Standard For Project Risk Management	یک رویداد نامعلوم یا شرایطی نامشخص که در صورت رخداد روی اهداف پروژه می‌تواند تأثیر مثبت یا منفی داشته باشد.	(A) برنامه‌ریزی مدیریت ریسک (B) شناسایی ریسک‌ها (C1) انجام تحلیل کیفی ریسک‌ها (C2) انجام تحلیل کمی ریسک‌ها (D) برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک (E/G) پایش و کنترل ریسک‌ها	(۱) فاکتورهای حیاتی موفقیت را برای هر مرحله از فرآیند تعریف می‌کند. (۲) ابزارها، روش‌ها و الگوها در پیوست استاندارد مربوطه ارائه شده است.
PMBOK	یک رویداد یا شرایط نامعلوم که در صورت وقوع می‌تواند روی اهداف پروژه تأثیر مثبت یا منفی داشته باشد.	(A) برنامه‌ریزی مدیریت ریسک (B) شناسایی ریسک‌ها (C1) انجام تحلیل کیفی ریسک‌ها (C2) انجام تحلیل کمی ریسک‌ها (D) برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک (E/G) پایش و کنترل ریسک‌ها	(۱) جهت‌گیری قوی فرآیندی (ورودی‌ها، ابزارها، روش‌ها، خروجی‌ها) (۲) به فرصت‌ها به اندازه تهدیدها توجه می‌کند.
مدیریت و تحلیل ریسک برای پروژه‌ها RAMP	یک تهدید (یا فرصت) که می‌تواند به صورت منفی (یا به صورت مطلوب) بر روی دستیابی به اهداف یک سرمایه‌گذاری تأثیر بگذارد.	(A) راه‌اندازی فرآیند (B) برنامه‌ریزی و شروع بررسی ریسک‌ها (B) شناسایی ریسک‌ها (C) ارزیابی ریسک‌ها (D) تدبیر اقدامات لازم برای پاسخ‌گویی به ریسک‌ها (D) ارزیابی ریسک‌های باقی‌مانده و تصمیم‌گیری برای ادامه (D) برنامه‌ریزی پاسخ‌گویی به ریسک‌های باقی‌مانده (E) برقراری ارتباط میان استراتژی و برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک‌ها (F) اجرای استراتژی‌ها و برنامه‌ها (G) کنترل ریسک‌ها (H) اختتام فرآیندها	(۱) به فرصت‌ها به اندازه تهدیدها اهمیت می‌دهد. (۲) تمرکز بر چرخه حیات دارایی‌های، با تأکید بر پروژه‌های سرمایه‌گذاری

۴- متدولوژی پژوهش

در این پژوهش، ابتدا ریسک‌های پروژه با استفاده از روش‌های مطالعه کتابخانه‌ای، بررسی اسناد و مدارک موجود در پروژه، سوابق مخاطرات پروژه‌های مشابه، پایان نامه‌ها و مقالات محققان خارجی و داخلی بررسی شده است، لذا پژوهش حاضر براساس ماهیت و روش گردآوری داده‌ها، یک پژوهش توصیفی-پیمایشی است؛ همچنین از پژوهش میدانی شامل مراجعه به عوامل کلیدی درگیر در پروژه از جمله مدیران ارشد اجرایی در شرکت‌های کارفرما، پیمانکار، مشاور و مصاحبه‌ها و کسب نظرات ایشان به عنوان خبرگان این پروژه (روش دلفی) (Shahraki & Parsaye, 2015) جهت شناسایی وضعیت ریسک‌ها و عدم قطعیت‌های موجود در پروژه خط ۶ متروی تهران (قطعه میانی) و تکمیل فهرست، ارزیابی و تحلیل تفصیلی ریسک‌ها، استفاده شده است.

هدف از این تحقیق، تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده و انجام آزمون‌های آماری مناسب در چهارچوب فرآیندهای موجود در متدولوژی اتم است. از این رو ابتدا ریسک‌های پروژه شناسایی شدند و سپس داده‌های اختصاصی حاصل از پرسش‌نامه با استفاده از آزمون فریدمن رتبه‌بندی گردیدند که در ادامه به آن اشاره خواهد شد (Azar & Momeni, 2016).

همچنین به منظور بررسی پایایی پرسش‌نامه از ضریب آلفای کرونباخ در نرم‌افزار (SPSS 25) استفاده شد که فاکتورهای پایایی ابزار در حوزه زمان، هزینه، کیفیت، ایمنی و احتمال همگی اعدادی بین ۰/۷ الی ۱ بدست آمد و داده‌ها نشان‌گر آن است که پرسش‌نامه از قابلیت اعتماد بالایی برخوردار است.

مدل پیشنهادی پژوهش به صورت گام به گام به صورت زیر ارائه شده است:

گام ۱: شناسایی و تقسیم‌بندی ریسک‌های پروژه و طراحی پرسش‌نامه جهت تحلیل ریسک‌ها

گام ۲: مصاحبه ساختار یافته با خبرگان، به منظور اعتبارسنجی پرسش‌نامه طراحی شده و نهایی‌سازی فهرست ریسک‌ها

گام ۳: توزیع پرسش‌نامه، به منظور بررسی صحت ریسک‌های

شناسایی شده و ارزیابی ریسک‌ها

گام ۴: ارزیابی ریسک‌های پروژه با استفاده از روش فریدمن

گام ۵: رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه بر اساس میانگین رتبه

های کسب شده حاصل ضرب عدد فریدمن احتمال و اثر ۴

مؤلفه هدف پروژه (زمان، هزینه، کیفیت، ایمنی)

گام ۶: برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک‌های برتر

گام ۷: تحلیل نتایج

گام ۸: جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

۴-۱ شناسایی ریسک‌های پروژه

در "اولین گام ارزیابی ریسک" دربخش شناسایی، تمام ریسک‌های قابل شناسایی، شامل تهدیدات، شناسایی و ثبت گردیدند و در گام بعدی، ارزیابی و به ریسک‌ها پاسخ داده شد. در این مرحله از پژوهش نسبت به برگزاری کارگاه ریسک با حضور عوامل کلیدی درگیر در پروژه اقدام گردید که در متدولوژی اتم روی آن بسیار تأکید شده است. ریسک‌های شناسایی شده از طریق روش‌های طوفان فکری، بررسی اسناد و مدارک موجود در پروژه و چک لیست‌های ریسک در جلسه ارائه گردید. سپس از شرکت کنندگان در کارگاه ریسک خواسته شد، ریسک‌های تکراری را ادغام و موارد غیر ضروری را حذف کنند که خروجی این مرحله منجر به تشکیل ساختار شکست ریسک (*Risk Breakdown Structure*) گردید. در این ساختار ریسک‌ها به ۹ دسته اصلی شامل: ریسک مالی و اقتصادی، ریسک‌های برنامه‌ریزی، ریسک‌های قراردادی و حقوقی، ریسک‌های طراحی، ریسک‌های زمین شناسی، ریسک‌های ساخت و ساز، ریسک دخیل بودن کارفرما، ریسک عوامل اجتماعی و فرهنگی و ریسک‌های بخش تدارکات تقسیم گردیدند که ریسک‌های بخش ساخت و ساز به ۸ دسته ریسک‌های ایمنی، فصل مشترک، کیفی، هزینه، زمان، بهداشتی و محیطی، انسانی و اجرایی طبقه بندی و در مجموع ۹۴ ریسک شناسایی شد. در جدول ۲، ساختار شکست ریسک‌ها نشان داده شده است.

جدول ۲- ساختار شکست ریسک‌های شناسایی شده (RBS)

کد RBS	گروه ریسک	فاکتورهای ریسک (Risk factors)
۱-۱	ریسک‌های مالی و اقتصادی	سرمایه‌گذاری ناکافی
۲-۱		مشکلات مالی
۳-۱		تأخیر در پرداخت صورت وضعیت پیمانکار اصلی و پیمانکاران جزء
۴-۱		برآورد اولیه نادرست مبالغ پیمان
۵-۱		عدم تخصیص به موقع اعتبار برای اجرای کار
۶-۱		ورشکستگی پیمانکار
۷-۱		وجود مشکلات متعدد جهت فاینانس پروژه
۸-۱		مبهم بودن بعضی از مفاد قرارداد
۱-۲	ریسک برنامه‌ریزی	مشکل در تعامل و همکاری با نهادهای دولتی مرتبط
۲-۲		اعتراضات مردمی
۳-۲		انتخاب سایت نامناسب
۴-۲		تغییر اولویت پروژه در برنامه سازمان مجری
۱-۳	ریسک قراردادی و حقوقی	وجود ابهامات قراردادی
۲-۳		نوع و ماهیت قرارداد
۳-۳		کارهای مازاد بر پیمان و تأخیر در عملیات
۴-۳		تأخیر در حل و فصل مسائل قراردادی
۵-۳		تأخیر در حل و فصل اختلافات
۶-۳		رفع معارضات
۷-۳		استملاک
۱-۴	ریسک طراحی	مشخصات طراحی و مستندات نامناسب و ناکافی
۲-۴		تناقض مدارک و اسناد باروش اجرا
۳-۴		عدم طراحی دقیق
۴-۴		اشتباهات طراحی در واحدهای داخل شرکت و مشاوران جز
۵-۴		تغییرات طراحی و محدوده کارها
۶-۴		مدت زمان کم طراحی
۷-۴		عدم وجود طراحان با تجربه و مناسب
۸-۴		درگیری طراحی با مناطق همجوار
۹-۴		تأخیر در تصویب نقشه‌های طراحی شده توسط بخش نظارت و عدم صلاحیت مشاور
۱۰-۴		بررسی و مطالعات ناصحیح (نقشه‌های کاداستر، ژئوتکنیک و..)
۱۱-۴		خطای محاسبات سازه‌ای و تأسیساتی
۱۲-۴		عدم تطابق نقشه‌های سیویل و تأسیسات
۱۳-۴		عدم تطابق نقشه‌های سازه و معماری
۱۴-۴		تأخیر در ارسال نقشه‌ها توسط پیمانکار
۱-۵	ریسک زمین‌شناسی	شرایط زمین شناسی و هیدرولوژیکی نامشخص
۲-۵		شرایط زمین شناسی و هیدرولوژیکی پیچیده و نامطلوب
۳-۵		طراحی نامشخص خطوط لوله زیر زمینی

ادامه جدول ۲- ساختار شکست ریسک‌های شناسایی شده (RBS)

کد RBS	گروه ریسک	فاکتورهای ریسک (Risk factors)
۱-۱-۶	ریسک ساخت و ساز (ایمنی)	ریزش مقطعی و یا کلی تونل
۲-۱-۶		لغزش زمین
۳-۱-۶		شکست استرات یا فریم
۴-۱-۶		شکستن لوله‌ها
۵-۱-۶		سطح بالای آب زیر زمینی
۶-۱-۶		انفجار لوله
۷-۱-۶		تهویه کم
۸-۱-۶		نشست مقطعی تونل قبل از اجرای سازه دایم آن
۹-۱-۶		آتش سوزی
۱۰-۱-۶		نشست خیابان یا ساختمان مجاور ایستگاه
۱-۲-۶	ریسک ساخت و ساز (فصل مشترک)	تداخل عملیات‌های مختلف با یکدیگر
۲-۲-۶		آسیب به سازه‌های همجوار
۳-۲-۶		درگیری یا اختلاف میان شرکت‌های مختلف
۴-۲-۶		آسیب به معارضات شهری
۱-۳-۶	ریسک ساخت و ساز (کیفی)	جبهه کاری شلوغ
۲-۳-۶		انتخاب ماشین آلات و تجهیزات نامناسب
۳-۳-۶		انتخاب مصالح نامناسب
۴-۳-۶		طرز کار ضعیف
۵-۳-۶		نیروی کار آموزش ندیده و بی تجربه
۶-۳-۶		استفاده از مصالح درجه ۲ و یا بی کیفیت
۷-۳-۶		عدم نظارت کافی در محل و آزمایش نمونه‌ها
۸-۳-۶		روش ساخت تست نشده و غیر حرفه‌ای
۹-۳-۶		عدم انتخاب اصولی مشاوران و پیمانکاران جزء
۱۰-۳-۶		عدم وجود آزمایشگاه مناسب و نتایج ناصحیح آزمایشات
۱-۴-۶	ریسک ساخت و ساز (هزینه)	افزایش ناگهانی قیمت مصالح و تأمین تجهیزات
۲-۴-۶		افزایش ناگهانی دستمزد کارگران
۳-۴-۶		هزینه مواد اولیه و خام
۱-۵-۶	ریسک ساخت و ساز (زمان)	برنامه‌ریزی ضعیف ساخت و ساز
۲-۵-۶		زمان کوتاه ساخت و ساز
۳-۵-۶		تأخیر در تأمین مصالح
۴-۵-۶		تأخیر در انجام عملیات اجرایی
۱-۶-۶	ریسک ساخت و ساز (بهداشتی و محیطی)	مزاحمت برای ساکنان نزدیک محل ساخت و ساز
۲-۶-۶		آسیب فیزیکی به کارگران
۳-۶-۶		آلودگی هوا و صوتی
۴-۶-۶		آسیب و یا آلودگی محیط زیست (اشجار و ...)
۵-۶-۶		فوت

ادامه جدول ۲- ساختار شکست ریسک‌های شناسایی شده (RBS)

کد RBS	گروه ریسک	فاکتورهای ریسک (Risk factors)
۱-۷-۶	ریسک ساخت و ساز (انسانی)	توانایی‌های مدیریتی
۲-۷-۶		عدم وجود مشاوران حرفه‌ای با تجربه
۳-۷-۶		عدم دسترسی به نیروی متخصص
۴-۷-۶		تغییر پرسنل کلیدی
۵-۷-۶		اعتصاب و اغتشاشات کارگران
۱-۸-۶	ریسک ساخت و ساز (اجرایی)	کمبود مصالح و تجهیزات پیمانکاران جز
۲-۸-۶		تغییر در برنامه زمانبندی و وقفه‌های کاری
۳-۸-۶		عدم صلاحیت پیمانکاران جز
۴-۸-۶		عدم نظارت دقیق بر اجرای طرح
۵-۸-۶		برخورد به معارض و وجود موانع ناشناخته در مسیر اجرای تونل
۶-۸-۶		تأخیر در اجرای تحکیمات موقت تونل و اجرای ناصحیح آن
۷-۸-۶		گذر تونل از زیر بافت مسکونی و ساختمان‌ها
۸-۸-۶		آب بندی و درز بندی نامناسب تونل
۹-۸-۶		برخورد با شرایط نامناسب زمین شناسی در سینه کار
۱۰-۸-۶		تأخیر در اجرای تحکیمات دائم تونل و اجرای ناصحیح آن
۱-۷	ریسک دخیل بودن کارفرما	ضعف در تیم مدیریت کارفرما
۲-۷		تغییر در طرح اولیه
۱-۸	ریسک بخش تدارکات	تأخیر در رسیدن مصالح و تجهیزات جهت اجرا
۲-۸		تأخیر به دلیل بازرسی فنی
۳-۸		تغییر ناگهانی قیمت برخی مصالح و تجهیزات
۴-۸		کمیاب شدن برخی مصالح و تجهیزات در بازار
۱-۹	ریسک اجتماعی و فرهنگی	اعتراض کسبه و ساکنین به اجرای تونل و مختل نمودن ترافیک شهری

۲-۴- ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه

۱-۲-۴- پرسش‌نامه

یکی از روش‌های بسیار متداول در گردآوری اطلاعات میدانی، روش پرسش‌نامه‌ای است که امر گردآوری اطلاعات را در سطح وسیع، امکان پذیر می‌سازد (Zare pour, 2015). در این تحقیق برای طرح سؤال‌های پرسش‌نامه از سؤالات بسته (وزنی) استفاده شده است. پس از مصاحبه با مدیران و کارشناسان ارشد و کسب نظرات ایشان، اطلاعات تکراری و با اولویت پایین‌تر کنار گذاشته شد و موارد اصلی ریسک‌های شناسایی شده به صورت پرسش‌نامه تهیه و در اختیار کلیه مدیران و کارشناسان پروژه قرار گرفت. پرسش‌نامه پژوهش حاضر شامل بخش‌های مشخصات کلی خبرگان (میزان سابقه کار، میزان تحصیلات، نقش آن‌ها در

پروژه) بود که در جدول ۳، به آن اشاره شده است. در این پرسش‌نامه از پاسخ دهندگان خواسته شده بود که میزان احتمال وقوع و تأثیر هر ریسک روی چهار شاخص هزینه، زمان، کیفیت و ایمنی مورد بررسی قرار گیرد و از آنجائی که معیارها از مقیاس کیفی برخوردار هستند، آن‌ها را با استفاده از مقیاس لیکرت ۵ واحدی مطابق جدول ۴، کمی نموده و به ترتیب برای احتمال وقوع هر ریسک و تأثیر آن روی اهداف هزینه، زمان، کیفیت و ایمنی، از عبارت خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم، خیلی کم استفاده و به ترتیب ضرایب ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ برای آن‌ها در نظر گرفته شد. به این ترتیب اطلاعات کیفی به مقادیر کمی و عددی تغییر یافته و در محاسبات ملاک عمل قرار گرفت (Hillson & Simon, 2012).

در ادامه پرسش‌نامه‌ها میان ۳۰ نفر توزیع گردید که ۲۰ پرسش‌نامه به همراه پاسخ‌های قابل قبول برگشت داده شد. نتایج نشان می‌دهد که ۸۵٪ از افراد پاسخ دهنده بیش از ۱۰ سال سابقه کار دارند و از نظر مدرک تحصیلی تمامی پرسش‌شوندگان مدرک تحصیلی کارشناسی یا بالاتر داشتند.

جدول ۳- برخی از مشخصات کلی پاسخ دهندگان

متغیر	زیر متغیر	مقدار (درصد)
میزان سابقه کار	کمتر از ۵ سال	۵
	بین ۵ تا ۱۰ سال	۱۰
	بین ۱۰ تا ۱۵ سال	۷۰
	۱۵ سال به بالا	۱۵
نقش	کارفرما	۱۰
	مشاور	۲۵
	پیمانکار	۶۵
میزان تحصیلات فرد	فوق لیسانس و دکترا	۲۰
	لیسانس	۸۰

جدول ۴- نمونه طیف لیکرت

امتیاز	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
احتمال	۱	۲	۳	۴	۵
اثر	۱	۲	۳	۴	۵

۴-۲-۲- محل مورد مطالعه

بر اساس آخرین پلان و پروفیل مصوب خط ۶ متروی تهران که در مورخ ۹۳/۱۰/۱۰ تهیه شده است، خط ۶ به طول حدود ۳۲ کیلومتر تونل و با ۲۷ ایستگاه از پایانه دولت آباد در جنوب شرقی تهران آغاز و در پایان به منطقه سولقان در شمال غربی تهران منتهی می‌شود.

در این پژوهش قطعه جنوبی بخش شمالی خط ۶ متروی تهران به روش (NATM) مورد بررسی قرار گرفته است که شامل ۵ ایستگاه و ۶ هواکش با طول تونل ۷/۱ کیلومتر است که در شکل ۲، نقشه مسیر خط به همراه ۱۲ کارگاه تونل‌های فرعی نشان داده شده است.

کارفرما در این پروژه کارهایی با عنوان تأمین مالی، طراحی و مطالعات، تأمین مصالح و ادوات و عملیات اجرایی تونلسازی (NATM)، زیرسازی، روسازی و ریل‌گذاری،

خروجی‌های اضطراری و هواکش‌های میان تونلی به صورت EPC&F (طراحی، تدارکات، اجرا و تأمین مالی) در چهارچوب قوانین جمهوری اسلامی ایران به کنسرسیوم طرح و ساخت واجد شرایط (پیمانکار- بانک تأمین‌کننده منابع مالی) واگذار نموده است.

۴-۲-۳ روش تحلیل

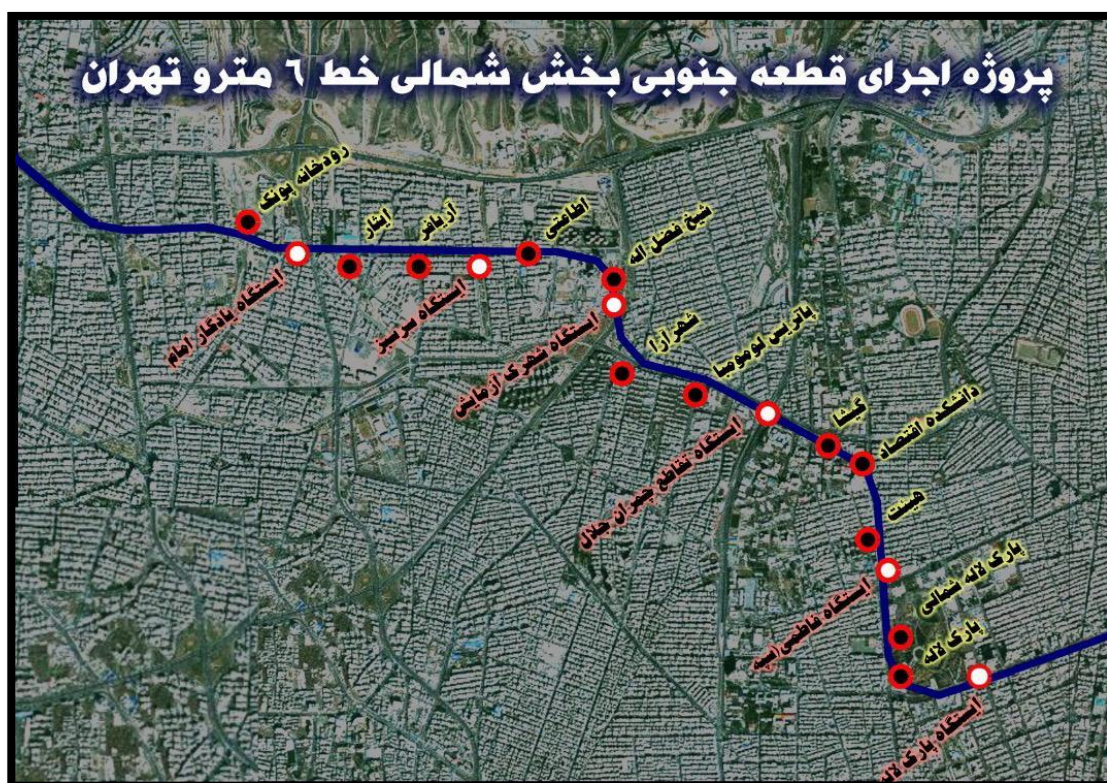
در متدولوژی اتم به توسعه مدل ریاضی خاص فراخور هر پروژه به‌منظور رتبه‌بندی ریسک‌ها تأکید شده است. در این پژوهش نیز با توجه به تعداد پرسش‌شوندگان واجد صلاحیت و نوع داده‌های جمع‌آوری شده به‌منظور تحلیل درجه (اهمیت) هر یک از ریسک‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها از حاصل ضرب عدد فریدمن احتمال در اثر هر یک از ریسک‌ها (P*I) استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا داده‌های حاصل از پرسش‌نامه (۲۰ پرسش‌نامه تکمیل شده از ۳۰ پرسش‌نامه

توزیع شده) در نرم‌افزار SPSS 25 وارد گردید.

به‌منظور شناسایی و انتخاب آزمون آماری مناسب برای رتبه‌بندی ریسک‌ها ابتدا از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف در نرم‌افزار SPSS 25، برای مشخص شدن نوع داده‌ها استفاده گردید. پس از انجام این آزمون مشاهده شد که اکثر داده‌ها دارای توزیع نرمال نیستند؛ در نتیجه با توجه به نرمال نبودن داده‌ها، آزمون ناپارامتریک فریدمن برای رتبه‌بندی در نظر گرفته شده است (Azar & Momeni, 2016).

بدین ترتیب که ابتدا نمره آزمون فریدمن احتمال و

اثرهای ریسک‌ها در نرم‌افزار SPSS محاسبه و از حاصل ضرب عدد فریدمن احتمال در اثر هر یک از ریسک‌ها (P*I)، درجه هر ریسک بدست می‌آید که از آن برای رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی شده استفاده شده است. در نهایت ریسک‌های رتبه‌بندی شده، پس از نرمال سازی اعداد بین بازه ۰ تا ۱۰۰ ارائه گردیده است. امتیاز کلی هر ریسک از میانگین امتیازات هزینه، زمان، کیفیت و ایمنی حاصل و نتایج رتبه‌بندی در جدول ۵، ارائه شده است.



شکل ۲- نقشه مسیر خط ۶ متروی تهران (قطعه میانی)

بخش جهت ریسک‌های نواحی بحرانی در نظر گرفته شده است.

در شکل ۴، به ریسک‌های بحرانی پرداخته شده که در نمودار ستونی تأثیر هر ریسک بر اهداف پروژه و نمودار خطی مقادیر تأثیر هر یک از ریسک‌ها را بر کل پروژه را نشان می‌دهد.

جدول ۵، محدوده سه‌گانه‌ای برای ریسک‌ها در شکل ۳، نشان داده شده است که از ریسک‌های تعیین شده در ناحیه بحرانی جهت ارائه برنامه پاسخ به ریسک استفاده شده است.

۱۴ ردیف اول در شکل ۳، در بر گیرنده ریسک‌های ناحیه بحرانی بوده و ۶۴ ریسک بعدی در ناحیه ریسک‌های مهم قرار دارند که برنامه‌های پاسخ و مواجهه با ریسک در این

جدول ۵- رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی شده بر اساس امتیاز کلی

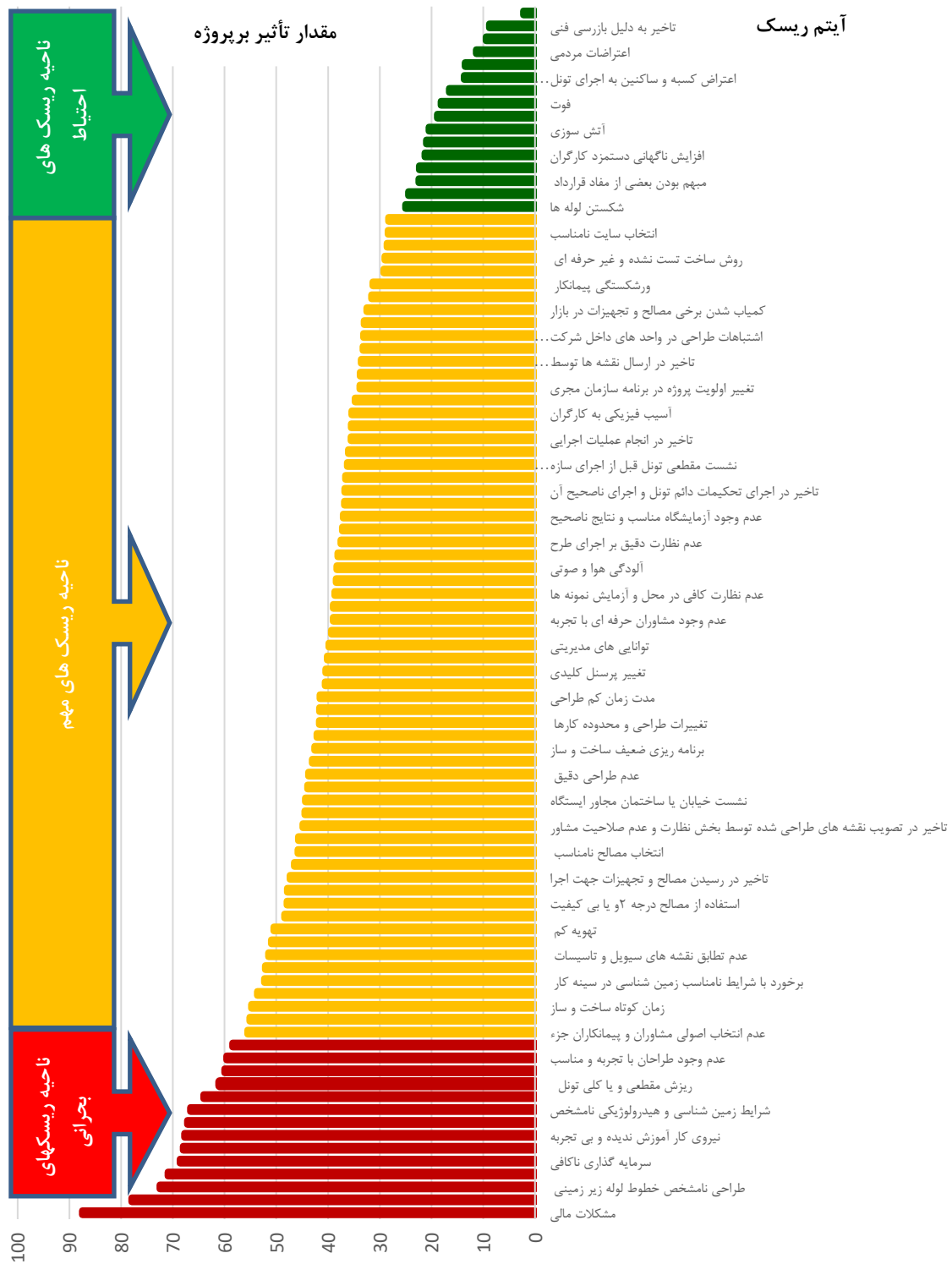
ردیف	مولفه ریسک	امتیاز هزینه	امتیاز زمان	امتیاز کیفیت	امتیاز ایمنی	امتیاز کلی
۱	مشکلات مالی	۱۰۰۰۰	۹۶۶۶	۷۸۵۷	۷۴۷۶	۸۷۵۰
۲	تاخیر در پرداخت صورت وضعیتهای پیمانکار اصلی و پیمانکاران جزء	۸۴۹۷	۸۹۷۸	۷۱۳۱	۶۵۷۴	۷۷۹۵
۳	طراحی نامشخص خطوط لوله زیر زمینی	۶۷۲۳	۷۷۳۰	۶۸۹۹	۷۶۵۰	۷۲۵۰
۴	شرایط زمین شناسی و هیدرولوژیکی پیچیده و نامطلوب	۷۶۴۰	۶۹۱۲	۶۷۷۵	۷۰۵۰	۷۰۹۴
۵	سرمایه گذاری ناکافی	۷۵۴۸	۷۶۹۲	۵۹۶۸	۶۲۳۵	۶۸۶۱
۶	استملاکات	۸۸۶۶	۹۳۸۶	۴۶۰۶	۴۳۴۲	۶۸۰۰
۷	نیروی کار آموزش ندیده و بی تجربه	۵۶۳۹	۶۲۷۳	۷۶۴۵	۷۵۳۷	۶۷۷۴
۸	رفع معارضات	۸۴۶۰	۸۷۸۱	۴۹۸۸	۴۶۴۴	۶۷۱۸
۹	شرایط زمین شناسی و هیدرولوژیکی نامشخص	۶۷۵۲	۶۶۹۹	۶۳۶۹	۶۸۱۸	۶۶۵۹
۱۰	جبهه کاری شلوغ	۵۸۵۹	۵۴۶۹	۶۷۶۸	۷۵۲۱	۶۴۰۴
۱۱	ریزش مقطعی و یا کلی تونل	۵۱۴۷	۶۳۳۱	۵۵۴۳	۷۳۴۹	۶۰۹۳
۱۲	افزایش ناگهانی قیمت مصالح و تامین تجهیزات	۷۹۸۴	۵۸۸۲	۶۱۱۲	۴۰۱۳	۵۹۹۸
۱۳	عدم وجود طراحان با تجربه و مناسب	۷۱۳۹	۶۰۷۹	۶۳۵۷	۴۲۶۴	۵۹۶۰
۱۴	طرز کار ضعیف	۴۹۰۸	۴۱۵۶	۷۱۲۴	۷۱۹۰	۵۸۴۵
۱۵	عدم انتخاب اصولی مشاوران و پیمانکاران جزء	۵۱۹۹	۵۱۲۵	۶۲۴۰	۵۶۵۳	۵۵۵۴
۱۶	عدم تخصیص به موقع اعتبار لازم برای اجرای کار	۵۹۶۳	۶۱۳۱	۵۲۰۷	۴۷۵۲	۵۵۱۳
۱۷	زمان کوتاه ساخت و ساز	۵۰۳۴	۴۱۱۲	۶۹۹۱	۵۷۸۵	۵۴۸۰
۱۸	انتخاب ماشین آلات و تجهیزات نامناسب	۴۷۵۲	۴۸۱۲	۵۳۸۲	۶۵۲۰	۵۳۶۷
۱۹	برخورد با شرایط نامناسب زمین شناسی در سینه کار	۴۸۱۱	۵۱۰۴	۴۷۶۴	۶۲۴۱	۵۲۳۰
۲۰	تاخیر در تامین مصالح	۵۴۹۶	۶۷۱۶	۴۷۷۹	۳۸۶۱	۵۲۱۳
۲۱	عدم تطابق نقشه های سیویل و تاسیسات	۵۶۸۲	۶۱۱۵	۵۴۰۸	۳۳۹۹	۵۱۵۱
۲۲	مشخصات طراحی و مستندات نامناسب و ناکافی	۵۴۱۲	۵۷۷۲	۵۵۲۲	۳۶۸۱	۵۰۹۷
۲۳	تهویه کم	۳۸۱۷	۴۰۶۷	۵۰۹۵	۷۲۱۴	۵۰۴۸
۲۴	تغییر ناگهانی قیمت برخی مصالح و تجهیزات	۶۳۴۶	۵۱۸۲	۴۴۰۵	۳۴۲۹	۴۸۴۰
۲۵	استفاده از مصالح درجه ۲و یا بی کیفیت	۳۸۲۶	۳۲۱۹	۶۲۷۹	۵۸۵۴	۴۷۹۴
۲۶	تاخیر در حل و فصل اختلافات	۶۳۲۴	۶۰۱۳	۲۶۵۰	۳۱۵۲	۴۷۸۷
۲۷	تاخیر در رسیدن مصالح و تجهیزات جهت اجرا	۴۹۹۵	۶۱۵۶	۴۳۷۴	۳۴۱۶	۴۷۳۵
۲۸	بررسی و مطالعات ناصحیح (نقشه های کاداستر، ژئوتکنیک و	۵۰۱۰	۴۷۳۶	۵۱۳۳	۳۷۳۱	۴۶۵۲
۲۹	انتخاب مصالح نامناسب	۳۸۹۰	۳۴۴۴	۵۹۰۲	۵۰۹۵	۴۵۸۳
۳۰	عدم صلاحیت پیمانکاران جز	۳۳۳۹	۴۴۷۴	۵۲۷۹	۵۲۰۴	۴۵۷۴

ادامه جدول ۵- رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی شده بر اساس امتیاز کلی

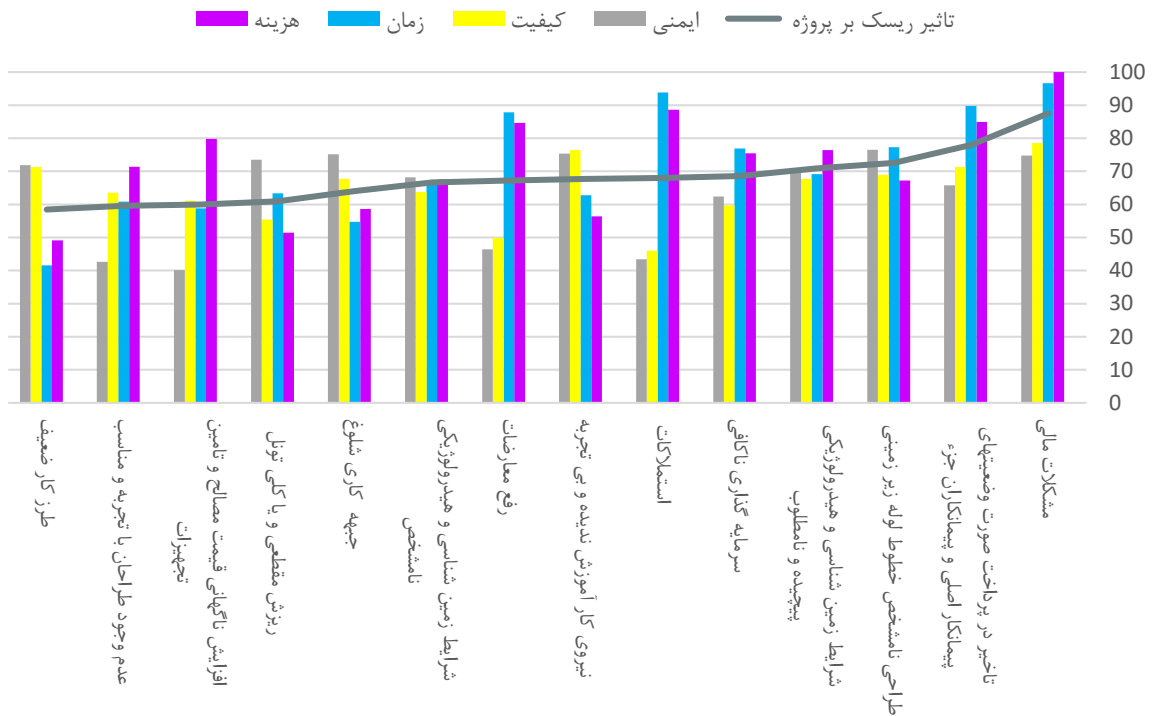
ردیف	مولفه ریسک	امتیاز هزینه	امتیاز زمان	امتیاز کیفیت	امتیاز ایمنی	امتیاز کلی
۳۱	تاخیر در تصویب نقشه های طراحی شده توسط بخش نظارت و عدم صلاحیت مشاور	۵۴.۱۶	۵۵.۹۵	۳۷.۵۴	۳۱.۸۶	۴۴.۸۸
۳۲	وجود مشکلات متعدد جهت فاینانس پروژه	۴۵.۴۴	۵۰.۶۴	۴۳.۶۰	۳۸.۳۲	۴۴.۵۰
۳۳	نشست خیابان یا ساختمان مجاور ایستگاه	۵۰.۴۵	۳۷.۲۳	۳۵.۴۴	۵۴.۴۲	۴۴.۳۹
۳۴	خطای محاسبات سازه ای و تاسیساتی	۴۵.۲۰	۴۵.۰۵	۵۳.۰۷	۳۳.۵۱	۴۳.۹۶
۳۵	عدم طراحی دقیق	۴۲.۶۴	۴۹.۰۸	۴۷.۹۲	۳۵.۴۷	۴۳.۷۸
۳۶	کارهای مازاد بر پیمان و تاخیر در عملیات	۵۸.۴۰	۵۰.۸۳	۳۷.۱۶	۳۵.۸۵	۴۳.۰۶
۳۷	برنامه ریزی ضعیف ساخت و ساز	۳۸.۴۶	۴۶.۵۱	۴۶.۵۸	۳۸.۸۱	۴۲.۵۹
۳۸	عدم تطابق نقشه های استراکچر و معماری	۴۵.۳۴	۵۰.۷۱	۴۳.۴۷	۳۹.۱۰	۴۲.۱۵
۳۹	تغییرات طراحی و محدوده کارها	۵۱.۱۶	۵۰.۳۳	۴۱.۹۱	۳۳.۴۸	۴۱.۷۰
۴۰	تناقض مدارک و اسناد باروش اجرا	۴۲.۲۵	۴۲.۴۱	۴۹.۴۱	۳۳.۵۵	۴۱.۶۶
۴۱	مدت زمان کم طراحی	۳۸.۳۸	۴۳.۱۳	۴۹.۴۷	۳۵.۳۰	۴۱.۵۷
۴۲	کمبود مصالح و تجهیزات پیمانکاران جز	۳۴.۷۲	۴۴.۱۵	۴۰.۶۳	۴۲.۷۷	۴۰.۵۷
۴۳	تغییر پرسنل کلیدی	۳۸.۲۲	۴۱.۱۷	۴۴.۲۶	۳۸.۱۷	۴۰.۴۵
۴۴	ضعف در تیم مدیریت کارفرما	۳۸.۴۹	۴۰.۹۸	۴۱.۳۷	۳۹.۷۹	۴۰.۱۶
۴۵	توانایی های مدیریتی	۳۶.۰۰	۳۸.۸۳	۴۲.۶۱	۴۱.۹۷	۳۹.۸۵
۴۶	تغییر در طرح اولیه	۴۲.۳۰	۴۳.۰۶	۳۵.۹۸	۳۶.۱۲	۳۹.۳۷
۴۷	عدم وجود مشاوران حرفه ای با تجربه	۳۴.۱۸	۳۹.۷۹	۴۳.۳۱	۳۸.۷۶	۳۹.۰۱
۴۸	آب بندی و درز بندی نامناسب تونل	۳۵.۶۴	۳۲.۴۲	۴۷.۲۵	۴۰.۷۲	۳۹.۰۰
۴۹	عدم نظارت کافی در محل و آزمایش نمونه ها	۳۲.۹۵	۳۲.۸۰	۵۴.۳۵	۴۴.۷۴	۳۸.۷۱
۵۰	برآورد اولیه نادرست مبالغ قراردادی	۴۸.۸۹	۴۰.۵۵	۳۴.۷۵	۳۹.۵۸	۳۸.۴۴
۵۱	آلودگی هوا و صوتی	۳۳.۷۲	۲۰.۴۱	۴۰.۱۲	۵۹.۰۱	۳۸.۳۳
۵۲	برخورد به معارض و وجود موانع ناشناخته در مسیر اجرای تونل	۳۴.۹۳	۳۵.۰۶	۳۷.۶۵	۴۴.۸۳	۳۸.۱۲
۵۳	عدم نظارت دقیق بر اجرای طرح	۲۴.۵۶	۳۰.۱۴	۴۸.۲۳	۴۷.۱۸	۳۷.۵۳
۵۴	عدم دسترسی به نیروی متخصص	۳۴.۲۹	۳۷.۲۸	۳۹.۷۵	۳۷.۶۳	۳۷.۲۴
۵۵	عدم وجود آزمایشگاه مناسب و نتایج ناصحیح	۳۰.۴۵	۳۱.۲۸	۴۶.۷۶	۳۹.۷۷	۳۷.۰۷
۵۶	انفجار لوله	۳۵.۷۷	۳۳.۲۹	۳۴.۵۲	۴۳.۷۷	۳۶.۸۴
۵۷	تاخیر در اجرای تحکیمات دائم تونل و اجرای ناصحیح آن	۲۶.۸۱	۲۷.۵۱	۴۴.۱۸	۴۸.۶۱	۳۶.۷۸
۵۸	درگیری طراحی با مناطق همجوار	۴۶.۷۷	۳۹.۴۵	۳۲.۷۱	۲۷.۵۹	۳۶.۶۳
۵۹	نشست مقطعی تونل قبل از اجرای سازه دایم آن	۳۲.۱۳	۳۴.۹۹	۳۴.۲۲	۴۳.۷۹	۳۶.۲۸
۶۰	تغییر در برنامه زمانبندی و وقفه های کاری	۳۱.۵۷	۴۵.۷۱	۳۳.۰۰	۳۴.۰۴	۳۶.۰۸
۶۱	تاخیر در انجام عملیات اجرایی	۳۹.۵۱	۴۷.۷۴	۳۸.۶۳	۲۶.۳۹	۳۵.۵۷
۶۲	آسیب به معارضات شهری	۳۷.۳۲	۳۴.۳۹	۲۵.۰۲	۴۵.۳۷	۳۵.۵۲
۶۳	آسیب فیزیکی به کارگران	۴۲.۲۶	۱۷.۷۴	۲۱.۰۶	۶۰.۶۲	۳۵.۴۲
۶۴	تاخیر در اجرای تحکیمات موقت تونل و اجرای ناصحیح آن	۲۶.۲۶	۲۷.۶۰	۳۸.۵۶	۴۶.۷۰	۳۴.۷۸
۶۵	تغییر اولویت پروژه در برنامه سازمان مجری	۳۶.۲۰	۴۱.۸۶	۲۶.۳۲	۳۱.۰۵	۳۳.۸۶

ادامه جدول ۵- رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی شده بر اساس امتیاز کلی

ردیف	مولفه ریسک	امتیاز هزینه	امتیاز زمان	امتیاز کیفیت	امتیاز ایمنی	امتیاز کلی
۶۶	هزینه مواد اولیه و خام	۴۹.۴۵	۲۹.۱۹	۳۴.۹۲	۲۱.۶۳	۳۳.۸۰
۶۷	تاخیر در ارسال نقشه‌ها توسط پیمانکار	۳۷.۵۵	۳۷.۷۲	۳۳.۳۱	۲۵.۸۳	۳۳.۶۰
۶۸	گذر تونل از زیر بافت مسکونی و ساختمانها	۲۹.۳۹	۲۹.۴۳	۲۴.۹۷	۴۹.۲۳	۳۳.۲۶
۶۹	اشتباهات طراحی در واحد‌های داخل شرکت و مشاوران جزء	۳۵.۱۲	۳۶.۰۳	۳۹.۸۴	۲۱.۶۰	۳۳.۱۵
۷۰	تاخیر در حل و فصل مسائل قراردادی	۴۳.۳۸	۴۳.۸۰	۲۶.۰۷	۱۸.۸۸	۳۳.۰۳
۷۱	کمیاب شدن برخی مصالح و تجهیزات در بازار	۳۷.۹۱	۳۴.۴۴	۳۴.۳۵	۲۳.۳۶	۳۲.۵۲
۷۲	تداخل عملیات‌های مختلف با یکدیگر	۲۳.۲۵	۳۰.۷۱	۳۴.۰۴	۳۸.۳۸	۳۱.۵۹
۷۳	ورشکستگی پیمانکار	۳۳.۴۴	۳۳.۳۸	۳۴.۱۲	۲۴.۴۴	۳۱.۳۴
۷۴	مشکل در تعامل و همکاری با نهاد‌های دولتی مرتبط	۲۷.۰۱	۴۳.۷۶	۲۰.۸۹	۲۵.۲۶	۲۹.۲۳
۷۵	روش ساخت تست نشده و غیر حرفه‌ای	۲۳.۴۶	۲۱.۵۹	۳۵.۷۶	۳۵.۲۸	۲۹.۰۲
۷۶	لغزش زمین	۲۶.۳۵	۲۹.۵۸	۲۲.۲۲	۳۶.۲۷	۲۸.۶۱
۷۷	انتخاب سایت نامناسب	۳۰.۶۴	۳۰.۱۸	۲۲.۴۰	۳۰.۴۰	۲۸.۴۰
۷۸	مزاحمت برای ساکنان نزدیک محل ساخت و ساز	۲۵.۱۲	۲۵.۲۶	۲۳.۰۹	۳۹.۷۷	۲۸.۳۱
۷۹	شکستن لوله‌ها	۲۰.۳۴	۲۴.۷۷	۲۲.۷۸	۳۲.۱۹	۲۵.۰۲
۸۰	وجود ابهامات قراردادی	۳۰.۷۹	۳۱.۱۹	۲۳.۰۶	۱۲.۷۸	۲۴.۴۶
۸۱	مبهم بودن بعضی از مفاد قرارداد	۲۷.۷۰	۲۱.۴۴	۲۱.۱۴	۱۹.۵۶	۲۲.۴۶
۸۲	سطح بالای آب زیر زمینی	۲۱.۲۹	۲۱.۴۳	۲۳.۳۰	۲۳.۴۵	۲۲.۲۷
۸۳	افزایش ناگهانی دستمزد کارگران	۳۵.۶۶	۱۷.۱۰	۱۸.۷۱	۱۳.۶۶	۲۱.۲۸
۸۴	آسیب به سازه‌های همجوار	۱۸.۵۰	۱۵.۴۶	۲۱.۴۶	۲۸.۵۴	۲۰.۹۹
۸۵	آتش سوزی	۱۷.۷۱	۱۴.۶۵	۱۶.۷۸	۳۲.۸۴	۲۰.۵۰
۸۶	شکست استرات‌ها یا فریم	۱۰.۳۸	۱۶.۰۰	۱۹.۷۱	۲۹.۴۲	۱۸.۸۸
۸۷	فوت	۲۰.۸۷	۵.۶۶	۱۰.۲۸	۳۵.۸۶	۱۸.۱۷
۸۸	آسیب و یا آلودگی محیط زیست (اشجار و ...)	۱۳.۴۴	۷.۷۹	۱۸.۸۱	۲۶.۲۲	۱۶.۵۷
۸۹	اعتراض کسبه و ساکنین به اجرای تونل و مختل نمودن ترافیک شهری	۱۲.۳۶	۱۷.۲۱	۱۳.۲۰	۱۱.۹۷	۱۳.۶۹
۹۰	اعتصاب و اغتشاشات کارگران	۹.۳۱	۱۲.۵۲	۱۵.۸۶	۱۶.۳۵	۱۳.۵۱
۹۱	اعتراضات مردمی	۱۱.۳۲	۱۶.۲۶	۵.۸۴	۱۲.۰۱	۱۱.۳۶
۹۲	نوع و ماهیت قرارداد	۱۰.۲۷	۱۱.۵۶	۱۰.۴۱	۵.۵۷	۹.۴۵
۹۳	تاخیر به دلیل بازرسی فنی	۴.۵۴	۹.۴۵	۱۰.۷۲	۱۰.۵۶	۸.۸۲
۹۴	درگیری یا اختلاف میان شرکت‌های مختلف	۰.۰۰	۲.۷۴	۳.۰۳	۳.۱۴	۲.۲۳



شکل ۳- رتبه‌بندی تأثیر ریسک‌ها بر پروژه و محدوده‌های ریسک بحرانی، مهم و احتیاط



شکل ۴- نمودار تأثیر ریسک‌های ناحیه بحرانی بر اهداف چهارگانه و تأثیر بر پروژه

۳-۴- برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک‌های

اولویت‌بندی شده با درجه اهمیت بالاتر

در جدول ۶، برنامه‌های پاسخ جهت مواجهه با ریسک‌های با

اهمیت بالا و نحوه کنترل و پیگیری برنامه‌های مذکور و در حد امکان نیازمندی‌ها و ساز و کارهای اجرایی بر اساس استراتژی‌های متداول در سیستم‌های اجرا شده مدیریت ریسک، ارائه شده است.

جدول ۶- برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک‌های برتر

ردیف	مولفه ریسک	رتبه کلی	شرح برنامه پاسخ به ریسک‌های برتر
۱	مشکلات مالی	۸۷,۵۰	۱- بودجه‌بندی مناسب و ارائه برنامه تأمین مالی به فاینانسر درخصوص نیازهای مالی پروژه ۲- پیگیری تأمین منابع مالی پروژه از فاینانسر
۲	تأخیر در پرداخت صورت وضعیت های پیمانکاران اصلی و پیمانکاران جزء	۷۷,۹۵	۱- کاهش گردش و تأیید صورت وضعیت‌های پروژه از ۵۴ به ۳۰ روز براساس نشست‌های بین ارکان پروژه ۲- تهیه جریان نقدی پروژه در ابتدای فاز ساختمان و اخذ تعهد از فاینانسر و کارفرما در التزام به موقع پرداخت‌ها
۳	طراحی نامشخص خطوط لوله زیر زمینی	۷۲,۵۰	۱- انجام مطالعات تکمیلی ۲- نامه‌نگاری و پیگیری مستمر از سازمان‌های مربوطه به جهت دریافت هر چه سریع‌تر نقشه‌ها ۳- تعامل و همکاری ارگان‌های مختلف با یکدیگر به جهت دریافت اطلاعات
۴	شرایط زمین شناسی و هیدرولوژیکی پیچیده و نامطلوب	۷۰,۹۴	۱- انجام مطالعات تکمیلی و مطالعات ژئوتکنیکی به جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک و همچنین بررسی وضعیت آب‌های زیرزمینی
۵	سرمایه‌گذاری ناکافی	۶۸,۶۱	۱- برآورد صحیحی از هزینه‌های پروژه شامل تجهیزات، نیروی انسانی و..... ۲- برآورد پیش‌بینی وصول ۳- تعدیل منابع انسانی به شکلی که منبع موجود به نسبت منابع برآوردی بیش از درصد پیش‌بینی وصول منابع مالی نباشد. ۴- استفاده از مکانیزم چرخش شغلی جهت استفاده از نیروی متخصص ۵- برگزاری کارگاه ریسک قبل از برگزاری مناقصه توسط کارفرما به جهت شناسایی و ارزیابی ریسک‌هایی که منجر به افزایش هزینه‌های پروژه می‌شود.
۶	استملاک	۶۸,۰۰	۱- اخذ زمین‌هایی از پروژه که نیازمند استملاک می باشند از مشاور در ابتدای پروژه ۲- جلب رضایت معارضین ملکی
۷	نیروی کار آموزش ندیده و بی تجربه	۶۷,۷۴	۱- تهیه استاندارد مشاغل ۲- جذب و ارتقا نیروی انسانی بر اساس استاندارد و برگزاری دوره های آموزشی ۳- برگزاری کانون‌های ارزیابی مدیران و پرسنل

ادامه جدول ۶- برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک‌های برتر

ردیف	مولفه ریسک	رتبه کلی	شرح برنامه پاسخ ریسک‌های برتر
۸	رفع معارضات	۶۷,۱۸	۱- انجام بررسی‌های اولیه توسط مشاور و مطالعات تکمیلی قبل از شروع پروژه ۲- پیگیری و نامه‌نگاری با سازمان‌های مربوطه به جهت رفع معارض
۹	شرایط زمین‌شناسی و هیدرولوژیکی نامشخص	۶۶,۵۹	۱- انجام مطالعات تکمیلی
۱۰	جبهه‌کاری شلوغ	۶۴,۰۴	۱- برنامه‌ریزی دقیق و منظم عملیات اجرایی
۱۱	ریزش مقطعی و یا کلی تونل	۶۰,۹۳	۱- کنترل طراحی با توجه به داده‌های زمین‌شناسی و Face Map های حین کار ۲- انجام عملیات ژئوفیزیک ۳- بررسی دقیق معارضین تأسیساتی ۴- انجام QC مناسب و کنترل ابزار دقیق به‌طور مستمر و استفاده از نیروی متخصص
۱۲	افزایش قیمت مصالح و تأمین تجهیزات	۵۹,۹۸	۱- تعدیل قیمت‌های فهرست بهای منظم به قرارداد ۲- ابلاغ شاخص‌های خاص و جدید توسط کارفرما یا سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی با توجه به شرایط موجود
۱۳	عدم وجود طراحان با تجربه و مناسب	۵۹,۶۰	۱- الزام کارفرما به پیمانکار در انتخاب مشاوران همکار مجرب و کارآمد ۲- الگوبرداری از روش‌ها و استانداردهای بکار رفته در طراحی پروژه‌های موفق
۱۴	طرز کار ضعیف	۵۸,۴۵	۱- انجام QC مناسب و استفاده از نیروی متخصص ۲- استقرار و پیروی از روش‌های اجرایی و استانداردهای مدون به جای استفاده از روش‌های سلیقه‌ای ۳- برگزاری دوره‌های آموزشی و ارتقا سطح نیروهای فاقد مهارت بالا

۵- نتیجه‌گیری

و ارزیابی ریسک‌های پروژه احداث خط ۶ متروی تهران (قطعه میانی) پرداخته است.

یافته‌های کلی حاکی از شرایط خاص پروژه خط ۶ متروی تهران و براساس نتایج بدست آمده از ریسک‌های شناسایی شده در ادامه شرح داده شده است.

۱- بنا به نظر خبرگان پروژه، نوع قرارداد اجرای پروژه (EPCF) و تأمین مالی پروژه در یک بازه زمانی فوق‌العاده

پروژه احداث خطوط جدید مترو همواره به‌عنوان یکی از بهترین گزینه‌های توسعه حمل و نقل پایدار به‌منظور برون رفت از مشکلات ترافیکی و آلودگی از سوی نهادهای مردمی، شهری، حمل و نقلی، محیط زیستی، و سلامت به شمار می‌رود. پژوهش حاضر با بهره‌گیری از ابزار پرسش‌گری استاندارد، مصاحبه و نظر سنجی از خبرگان به تحلیل

۴- براساس متدولوژی مدیریت ریسک اتم برنامه مدیریت ریسک باید از همان مراحل ابتدایی پروژه (طراحی مفهومی) آغاز، و فعالیت‌های آن در طول چرخه حیات پروژه انجام شود. علاوه بر این ریسک‌های ثانویه و باقیمانده باید به صورت دوره ای شناسایی و در فهرست ریسک به روز شوند.

۵- پروژه احداث تونل و ایستگاه‌های خط ۶ متروی تهران (بدون در نظر گرفتن تجهیزات ویژه) از شهریور ۹۴ آغاز و مقرر بود ظرف مدت ۱۶ ماه تا آذر ماه ۹۵ به پایان رسد، اما از حدود ماه‌های هشتم و نهم با مطرح شدن مسائلی از قبیل تغییر اولویت‌های بهره برداری و افتتاح در تضاد با قرارداد و برنامه‌ریزی‌های اولیه، بروز مشکل در تأمین منابع مالی و سرمایه گذاری روندی نزولی را در پیش گرفت، بطوری که علاوه بر تأخیر در پرداخت صورت وضعیت پیمانکاران جزء، حقوق پرسنل نیز با تأخیر ۶ الی ۷ ماهه مواجه گردیده و تا زمان پایان این پژوهش هنوز پروژه به اتمام نرسیده بود. پیاده‌سازی و بهره‌گیری از این دانش نیز مستلزم استفاده از نقرات *PMP (Project Management Professional)* نقش قهرمان ریسک (*Risk Champion – According to ATOM risk process*) در کنار مدیران با تجربه و برگزاری کارگاه‌های آموزشی در حین کار است، چنان که نظرسنجی های انجمن مدیریت پروژه آمریکا (*PMI*) روی سازمان‌های پروژه محور هم نشان می‌دهد، این موارد سهم بسزایی در افزایش موفقیت سازمان‌ها در دستیابی به اهدافشان از اجرای پروژه‌ها دارد (PMI, 2012).

فشرده ۱۶ ماهه و حجم زیادی از عملیات، احتمال ریسک‌هایی چون مشکلات مالی پروژه را به شدت افزایش می دهد، علی‌الخصوص اینکه تجربه چنین پروژه‌ای با این سبک قراردادی، در سطح ملی در یک بازه زمانی کوتاه با تأمین ۱۰۰ درصدی مالی و اجرای صحیح و به موقع آن در کشور وجود نداشته و متقابلاً پیمانکار باید ریسک‌های بیشتری به ویژه ریسک مشکلات مالی را پذیرا باشد.

۲- عواملی همچون تأخیر در تحویل زمین (استملاکات)، عدم رفع معارضین، تأخیر در ابلاغ نقشه‌ها (به دلیل کمبود طراحان با تجربه) از دیگر تهدیدات بالقوه روی اهداف پروژه مترو شناخته شد. با توجه به معماری، تراکم و وضعیت درون شهری کلانشهر تهران و وجود ایستگاه‌های مختلف در نظر گرفته شده در مناطق شهری، مسئولان باید تمهیدات ویژه ای برای حل مشکلات زیر ساختی و دعاوی معارضین در نظر می‌گرفتند که این تمهیدات در جدول ۶، ذکر گردیده است.

۳- عامل سیاسی تعجیل و فشار در افتتاح طرح از جمله فاکتورهایی بودند که باعث افزایش احتمال قرارگیری در معرض ریسک‌هایی چون شرایط زمین شناسی و هیدرولوژیکی نامشخص، طراحی نامشخص خطوط لوله زیرزمینی، شرایط زمین شناسی پیچیده و نامطلوب، ریزش‌ها و همچنین تنزل در کیفیت کار (طرز کار ضعیف) شده است که دلیل آن را می‌توان در ماهیت متفاوت این پروژه از سایر پروژه‌های ساخت دانست که دارای پیچیدگی‌ها و ابعاد وسیع تری است.

۶- مراجع

- Azar, A., & Momeni, M. (2016). *Statistics and its application in management (statistical analysis)* (Twentieth ed.). Tehran: SAMT.
- Chapman, C., & Ward, S. (1999). *Project Risk Management Process, Techniques & Insights*. John Wiley.
- Fakhratov, M., Chulkov, V., Kuzhin, M., Akbari, M. (2020). Risk Management implementation and presenting the applicable methodology for its implementation in construction projects. E3S Web of Conferences. EDP Sciences 2020. doi:10.1051
- Forcael, E., Morales, H., Agdas, D., Rodriguez, C. (2018). Risk Identification in the Chilean Tunneling Engineering Management Journal, pp. 203-215. doi:10.1080/10429247.2018.1484266
- Hillson, D., & Simon, P. (2012). *Practical Project Risk Management* (2nd ed.).

- khaki, G. (2017). *Research method with dissertation approach* (6th ed.). tehran: Fouzhan.
- Morris, S. M., & Gopalakrishna, B. (2020). Development of a Risk Management Framework for Tunnel Construction in India. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 9(06), 1368-1374. doi:10.17577/IJERTV9IS060958
- Nikjoo, M., & Norang, A. (2011). Comprehensive risk management program of Mashhad city train line 2 with a knowledge-based approach. *Sixth International Project Management Conference*. tehran: Ariana Industrial Research Group.
- PMBOK Guide* (5th ed.). (2013). Newtown Square, PA, USA: Project Management Institute.
- PMI. (2012). *Pulse of the Profession: Driving success in challenging Times*. PMI.
- Project Risk Analysis and Management Guide*. (2004). APM Publishing.
- Shahraki, M. R., & Parsaye Mohebbi, S. J. (2015). *Presenting a methodology based on the Delphi method for identifying risk management factors in*. Mashhad : Seventh National Conference on Urban Planning and Management.
- Shams Majd, R., & Mortaheb, M. (2008, February). Presenting a method for risk evaluation and management in EPC contracts. *Project Management Quarterly*, pp. 2-13.
- Sihombing, O., Purba, H., Purba, A. (2020). Risk Identification In Tunnel Construction Project. *Architecture and Civil Engineering*, pp. 261-286. Retrieved from <https://doi.org/10.2298/FUACE200704019M>
- Xu, Wei., Liu, Bo., Fu, Chunqing., Han, Yanhui., Ren, Xin. (2019). Risk Management for Beijing Subway Tunnel Construction Using the New Austrian Tunneling Method:. *International Conference on Transportation and Development*, (pp. pp 423-435). Alexandria Virginia, United State. Retrieved from <https://doi.org/10.1061/9780784482575.040>
- Zare pour, E. (2015). *Golden Techniques in Article Writing*. Tehran: Kasra Book Publishing.
- Zou, P. X., & Li, J. (2010, December). Risk identification and assessment in subway projects:case study of Nanjing Subway Line 2. *Construction Management and Economics*, pp. 1219-1238. doi:10.1080/01446193.2010.519781

Identifying and ranking the risks of the Tehran Metro Line 6 EPC&F project based on the ATOM risk management methodology (Case study: The middle section of the Tehran Metro Line 6)

Z. S. Hashemi¹; A. Akbarpour²; H.R. Abbassian Jahromi³; B. Mardani Givi⁴

1- M.Sc. Student; Construction Management, Concrete Research & Education Center, Affiliated with ACI, zahra.hashemi30@yahoo.com

2- Assistant Professor; Faculty member of Islamic Azad University (South Tehran Branch), a_akbarpour@azad.ac.ir

3- Assistant Professor; Faculty member of Khajeh Nasir University, habasian@kntu.ac.ir

4- Senior Research Engineer; PMP, SCPM, babakmardani21@yahoo.com

Received: 27 Sep 2020; Accepted: 9 Aug 2021

DOR: 20.1001.1.23223111.1399.9.4.1.0

Keywords

Risk management
Risk identification
Risk ranking
EPC&F contract
ATOM methodology

Extended Abstract

Summary

Tehran as the capital of Iran, besides its political centrality, is the most important city of the country economically, socially, and culturally. This city with a 12 million population including its suburbs, is facing traffic crisis and its consequences. Undoubtedly, building an efficient transportation infrastructure is the answer to this problem. Regarding the strategic

importance of these megaprojects, the government policy is to run them in the shortest possible time. Therefore, according to the 44th principle of the constitution about privatization and supporting private sectors to take part in projects, authorities of Tehran Municipality and Tehran Metro Company's board of directors have projected a solution for benefiting from the private sector's capabilities in terms of investment and construction by awarding EPC&F contracts for parts of the city's metro lines and stations. Considering its new methods and procedures, the success of this approach depends on the formulation and implementation of a strong dynamic risk management methodology. In this research, while introducing ATOM (Active Threat and Opportunity Management) risk management methodology, the risks of the EPC&F contract in the middle section of Tehran metro line 6 are identified and ranked based on this methodology.

Introduction

This research has been undertaken to identify, assess, and rank risks and plan the related responses for the top risks in the middle section of Tehran Metro Line 6 EPC&F Project as a case study. The project was recognized as the second largest tunneling project of the world in 2017 by the International Tunneling Association (ITA). The statistical community of this research includes key stakeholders of the project such as top executives and managers from the client, contractor, and consultant side.

Methodology and Approaches

The tool for gathering information was a questionnaire built based on field and library studies, and interviews with experts. The data gathered from the questionnaires were then compiled according to scientific statistical methods (the Friedman test).

Results and Conclusions

To mitigate the effects of the risks, from 94 prioritized risks, responses to the 14 top-ranked risks were planned. The ATOM comprehensive risk management methodology is an eight-step process from which the first four were undertaken for the purpose of this research. These steps are 1. Initiating, 2. Identification, 3. Assessment, 4. Risk response planning, 5. Risk reports, 6. Implementation, 7. Major and minor reviews, and 8. Post-project reviews.

According to the ATOM methodology, the risk management program should start from the very beginning of the project (conceptual design) and its activities should be performed during the project life cycle. The results of this research confirm the importance of this early implementation of the risk management process to mitigate the probability and impact of the top risks according to the responses planned by the project team. In addition, secondary and residual risks should be identified periodically and updated in the risk list to be responded to and followed by the remaining steps of the ATOM risk process.

Implementing and utilizing this knowledge also requires the use of experts such as PMP (Project Management Professional) personnel in the role of Risk Champion (according to the ATOM methodology) along with experienced managers and holding on-the-job training workshops, as the Project Management Institute's (PMI) surveys of project-based organizations also show that these items play a significant role in increasing the success of organizations in achieving their project goals.
