

## شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر در تأخیر پروژه‌های توسعه شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهرستان جیرفت بر اساس مدل تاپسیس فازی

ندا صفوی

کارشناس ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه جاوید، جیرفت، ایران

### چکیده

تأخیر در پیشرفت کار، علاوه بر آن که موجب طولانی شدن زمان اجرا و صرف هزینه‌های قابل ملاحظه‌ای برای راه‌اندازی مجدد با تکمیل آن‌ها می‌گردد، به تحمیل هزینه فرصت ازدست‌رفته بر بخش‌های اقتصادی و نیز توجیه ناپذیر شدن طرح در مراحل بعد نیز منجر می‌شود، به عبارت دیگر، گذشت زمان و تحولات فن‌آوری و تغییر شرایط محیطی و اجتماعی، ممکن است طرح‌هایی را که در یک مقطع زمانی دارای توجیه فنی و اقتصادی بوده‌اند، در شرایط جدید توجیه ناپذیر سازد. پژوهش حاضر در قالب یک پژوهش کاربردی اجرا شده است و از حیث چگونگی پردازش و تحلیل داده‌ها از نوع توصیفی همبستگی است. با توجه به هدف پژوهش مبنی بر شناسایی و رتبه‌بندی علل تأخیر در پروژه‌های آب و فاضلاب در پروژه‌های آب و فاضلاب شهرستان جیرفت، تحلیل داده‌های بدست آمده با استفاده از آزمون‌های آماری در محیط نرم‌افزاری SPSS و MATLAB در دو بخش آمار توصیفی و آمار استنباطی انجام شده است. نتایج پژوهش نشان داد که عدم رعایت قراردادهای منابع انسانی و همچنین نوسان هزینه به ترتیب با ضریب همبستگی ۴۱۸ و ۰۶۱۳ و ۴۰۵ با ایجاد تأخیر در پروژه‌های آب و فاضلاب شهرستان جیرفت، رابطه مثبت و معنی‌داری دارند. علاوه بر این نتایج نشان داد که عدم‌کفایت توانایی مالی پیمانکاران و همچنین عدم شناخت کافی مشاور از شرایط، به‌عنوان مهم‌ترین ریسک‌های تأخیر به شمار می‌روند که با انجام اقدامات اصلاحی این ریسک‌ها تا حد زیادی قابل کاهش می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تأخیر، ریسک، آب و فاضلاب، تکنیک آنالیز TOPSIS فازی

## مقدمه

فاضلاب انسانی یا شهری در اثر فعالیت‌های روزمره بشری از قبیل شستشو، پخت و پز، استحمام و ... به وجود می‌آید و به دلیل بار آلی و میکروبی بالا، بسیار خطرناک می‌باشد. استفاده از شبکه جمع‌آوری به منظور انتقال این فاضلاب به تصفیه خانه انجام می‌گیرد. با کمک شبکه جمع‌آوری و تصفیه خانه می‌توان آب را به چرخه محیط زیست بازگرداند. در طراحی شبکه جمع‌آوری ثقلی فاضلاب محاسبه میزان دبی، شیب و سایز خط لوله و محل استقرار منهول‌ها از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد (۱). به طور کلی با محاسبه دقیق این موارد می‌توان سرعت انتقال فاضلاب را در شبکه جمع‌آوری کنترل نمود. سرعت کمتر از حد مجاز سبب ته نشینی ذرات جامد و ایجاد بوی تعفن و سرعت زیاد آن سبب ایجاد جریان آشفته و متصاد شدن گازهای موجود در پساب می‌گردد. شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب به دو روش مختلط و مجزا طراحی و اجرا می‌شوند. در ایران شبکه‌های مجزا به دلیل مزایای زیاد آنها نسبت به شبکه‌های مختلط در اکثر شهرها مورد توجه بوده است. طراحی و اجرا و بهره‌برداری از شبکه‌های مجزا با تمام مزایا دارای مشکلاتی است که همواره مهندسان طراح و شرکت‌های مجری و بهره‌بردار با آنها مواجه بوده‌اند. معضل عمده در شبکه‌های فاضلاب مجزا مشکلات ناشی از ورود آب‌های حاصل از بارندگی به داخل شبکه‌های فاضلاب می‌باشند. با توجه به هزینه‌های بسیار زیاد اجرای تأسیسات جمع‌آوری فاضلاب، ارائه هرگونه روشی که بتواند حتی یک درصد از هزینه‌ها را کاهش دهد، موجب صرفه‌جویی میلیاردها تومان خواهد شد روش‌های مختلفی برای بهینه‌سازی طراحی شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب بکار گرفته شده است (۲). امروزه با افزایش جمعیت و توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی از یک طرف و خشکسالی‌های اخیر از سوی دیگر موجب شده است که منابع آب‌های شیرین سطحی در اکثر کشورهای واقع در مناطق گرمسیری به اوج بهره‌برداری خود برسد. یکی از مسائل مهم مطرح در کنار کمبود و تقاضای آب در شهرها مسئله دفع فاضلاب است. یافتن مکان یا مکان‌های مناسب پیش از هر فعالیتی اهمیت فراوانی دارد به طوری که طیف وسیعی از تحقیقات را به خود معطوف ساخته است. ناصری و همکاران در سال ۱۳۸۶ با تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی در قالب یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی و بر اساس روش تحلیل سلسله‌مراتبی مکان مناسب دفن پسماندهای ویژه را در بین شهرهای فامنین و قهاوند مکان‌یابی نمودند (۳).

در سال ۲۰۰۹ با تحقیق ژائو و همکاران ارزیابی حساسیت زیستی به روش سلسله‌مراتبی برای تعیین شاخص‌های مناسب جهت مکان‌یابی تصفیه خانه فاضلاب و برون ریز آن انجام شده است همچنین در همین سال گوئیکن و همکاران در مطالعه‌ای با در نظر گرفتن فاکتورهای اقتصادی و محاسبه وزن متغیرها به روش سلسله‌مراتبی، سلسله‌مراتب انتخاب مکان لندفیل مواد زائد شهری را در بیجینگ چین ایجاد کردند (۴).

پژوهشگران با استفاده از تلفیق GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی به انتخاب مناسب‌ترین مکان برای احداث تصفیه خانه‌های فاضلاب غیر متمرکز پرداخته‌اند. معیارهای اصلی این تحقیق فاصله از شبکه فاضلاب، فاصله از پارک‌ها و فضای سبز، کاربری تراکم جمعیت و فاصله از تصفیه خانه‌های موجود بوده در این تحقیق استفاده از پساب تصفیه شده حائز اهمیت بوده است (۵).

محققان با ترکیب GIS و روش تصمیم‌گیری چند معیاره، مکان‌یابی لندفیل مواد زائد شهری کینا ترکیه را انجام داده‌اند. سنر متغیرها را به دو دسته زیست محیطی و اقتصادی تقسیم و بر اساس آنها لایه‌های اطلاعاتی مورد نظر را تهیه کرده است، مکان مناسب با استفاده از روش سلسله‌مراتبی فازی تعیین شده است از بین این متغیرها، متغیر فاصله از آب سطحی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داد (۶).

جمع آوری فاضلاب شهری نه تنها برای نجات محیط زیست از آلودگی ضروری می باشد بلکه از نظر امکان استفاده مجدد از منابع آبی موجود با توجه به کمبود منابع تأمین آب سالم، دارای اهمیت فراوانی است (۷). در این راستا جمع آوری رواناب سطحی ناشی از بارندگی برای جلوگیری از تخریب تأسیسات شهری و ایجاد سیلاب در سطح شهر نیز مطرح است. طرح‌های عمرانی پیش نیاز توسعه و زمینه ساز صنعتی شدن کشورهای در حال توسعه می‌باشند هر ساله بخش عمده‌ای از درآمدهای ملی کشور صرف سرمایه گذاری در طرح‌های عمرانی و امور زیربنایی می‌گردد اتمام بموقع و با هزینه پیش بینی شده هر پروژه یا طرح از جمله معیارهای اصلی موفقیت آن محسوب می‌شود بنابراین دستیابی به روشی جهت پیش بینی صحیح زمان و هزینه واقعی به دست اندرکاران و مدیران پروژه کمک خواهد نمود تا برنامه ریزی مناسبی را برای انواع منابع در نظر گیرند و از صرف هزینه‌های هنگفت ناشی از عدم برنامه‌ریزی رهایی یابند (۸). یکی از مهم‌ترین هدف‌ها در مدیریت پروژه که نیاز به توجه ویژه‌ای دارد موفقیت پروژه است. موفقیت پروژه را می‌توان انجام کار با هزینه مناسب، کیفیت مناسب و در زمان مناسب دانست و تأخیر یکی از مهم‌ترین و مکررترین پدیده‌های رایج در پروژه‌هاست و از نظر هزینه، کیفیت و زمان تأثیرات منفی بر موفقیت پروژه می‌گذارد (۹). از همین رو در پژوهش حاضر در این پژوهش نسبت به شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر در تأخیر پروژه‌های توسعه شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهرستان جیرفت بر اساس مدل تاپسیس فازی پرداخت شده است.

### روش

به منظور شناسایی فرایندهای جمع آوری فاضلاب شهری و بررسی عملکرد آنها ضمن بازدید میدانی و بررسی کارایی سیستم‌ها از پرسشنامه و بررسی نتایج تحلیل‌ها استفاده شد به این صورت که اهمیت پارامترها به صورت خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد با امتیازهای معادل به ترتیب ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ بیان شد. پس از انتخاب روش‌های جمع آوری فاضلاب و همچنین انتخاب معیارهای مختلف مؤثر در تصمیم گیری، با کمک گرفتن از مراجع و همچنین نظر کارشناسان امر جمع آوری و تصفیه فاضلاب، وزن دهی معیارها و زیر معیارها با امتیاز دهی شش نفر از متخصصان و کارشناسان تصفیه فاضلاب شرکت آب و فاضلاب شهرستان جیرفت و میانگین گیری از آنها انجام شد. لذا در این تحقیق، به بررسی و ارزیابی ریسک‌های تأخیر در پروژه با استفاده از روش TOPSIS فازی پرداخته شده است. جامعه آماری این پژوهش را ۱۸۰ نفر از کارکنان، مشاوران و پیمانکاران شرکت آب و فاضلاب شهرستان جیرفت هران تشکیل می‌دهند. که با توجه به بازه زمانی حجم جامعه آماری، تعداد نمونه‌ی لازم از طریق فرمول کوکران ۱۲۲ نفر به دست آمده است.

### جدول (۱): بررسی میزان پایایی کلی پرسش‌نامه

متغیر	مقدار آلفای کرونباخ
قراردادها	۰,۷۶۵
منابع انسانی	۰,۷۳۰
هزینه‌های موجود	۰,۶۵۱

### بحث

در تحلیل توصیفی، داده‌های جمع آوری شده از میان جامعه نمونه، که ۱۲۲ نفر از افراد و کارکنان شرکت آب و فاضلاب شهرستان جیرفت، با استفاده از جدول و نمودار توزیع فراوانی و شاخص‌های مرکزی و پراکندگی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. در بخش اول مشخصات فردی پاسخ دهندگان که به پرسشنامه‌ها پاسخ داده‌اند مورد توجه و توصیف قرار می‌گیرند. این مشخصات شامل جنسیت افراد، گروه سنی، پست سازمانی و میزان تحصیلات هر پاسخگو است. سپس به توصیف یافته-

های پژوهش در متغیرهای اصلی تحقیق و مؤلفه‌های مرتبط با آن می‌پردازیم که توزیع پراکندگی نظرات پاسخ دهندگان در هر مؤلفه بر اساس سطوح اندازه‌گیری و گزینه‌های مندرج در پرسشنامه تحقیق ارائه شده است. همچنین به منظور بررسی وضعیت موجود هر شاخص، امتیازها، سنجیده شده و در سطر آخر جدول ارائه می‌گردد. برای این منظور جدول توزیع فراوانی مطلق و درصد مربوط به آن مورد استفاده قرار گرفته است تا شمایی کلی از نمونه مورد مطالعه تحقیق بدست داده شود.

**گروه سنی پاسخگویان:** جدول شماره (۲) تعداد پاسخگویان مربوط را بر اساس گروه سنی آنان نشان می‌دهد:

جدول (۲): تعداد افراد نمونه به تفکیک گروه سنی

گروه سنی	فراوانی مطلق	درصد فراوانی مطلق	فراوانی معتبر	فراوانی تراکمی
کمتر از ۳۰ سال	۱۵	۱۲/۲۹	۱۲/۳	۱۲/۳۰
بین ۳۰ تا ۴۰ سال	۴۵	۳۶/۸۸	۳۶/۹	۴۹/۲
بین ۴۰ تا ۵۰ سال	۳۳	۲۷/۰	۲۷/۰	۷۶/۲
بالتر از ۵۰ سال	۲۹	۲۳/۷۷	۲۳/۸	۱۰۰
جمع	۱۲۲	۱۰۰	۱۰۰	

**پست سازمانی:** جدول شماره (۳) تعداد پاسخگویان مربوط را بر اساس پست سازمانی آنان نشان می‌دهد:

جدول (۳): تعداد افراد نمونه به تفکیک پست سازمانی

پست سازمانی	فراوانی مطلق	درصد فراوانی مطلق	فراوانی معتبر	فراوانی تراکمی
مهندس مشاور	۱۶	۱۳/۱۱	۱۳/۱	۱۳/۱
پیمانکار	۲۸	۲۲/۹۵	۳۳	۳۶/۱
عوامل اجرایی	۴۰	۳۲/۷۸	۳۳	۶۹/۱
کارفرما	۲۲	۱۸/۰۳	۱۸	۱۰۰
جمع	۱۲۲	۱۰۰	۱۰۰	

**تحصیلات:** جدول شماره (۴) نشانگر میزان تحصیلات پاسخگویان مورد بررسی است:

جدول (۴): تعداد افراد نمونه به تفکیک سطح تحصیلات

میزان تحصیلات	فراوانی مطلق	درصد فراوانی مطلق	فراوانی معتبر	فراوانی تراکمی
زیردیپلم	۴۱	۳۳/۶۰	۳۳/۶	۳۳/۶
فوق دیپلم	۲۹	۲۳/۷۷	۲۳/۸	۵۷/۴
لیسانس	۳۰	۲۴/۵۹	۲۴/۶	۸۲

۱۰۰	۱۸	۱۸/۰۳	۲۲	فوق لیسانس و بالاتر
	۱۰۰	۱۰۰	۱۲۲	جمع فراوانی‌ها

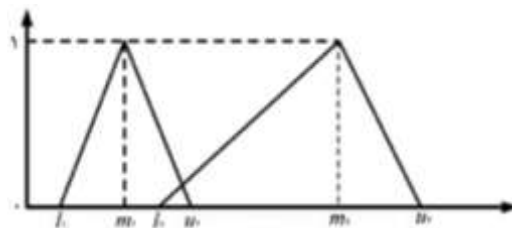
## تجزیه و تحلیل استنباطی

حال بعد از بررسی آمار توصیفی در بخش اول که شامل مشخصات فردی پاسخ دهندگان همانند جنسیت افراد، گروه سنی، پست سازمانی و میزان تحصیلات هر پاسخگو بود در این بخش از پژوهش با استفاده از آزمون‌های آماری و با استفاده از نرم افزار SPSS به تجزیه و تحلیل استنباطی پرداخته شده است.

## روش TOPSIS فازی در تحلیل این ساختار

در روش TOPSIS فازی، روش تحلیل سلسله مراتبی ساعتی را از رهگذر ترکیب آن با تئوری مجموعه فازی بسط می‌دهد. در TOPSIS فازی، بعد از ایجاد ساختار سلسله مراتبی، برای نشان دادن اهمیت نسبی عوامل متناظر با معیارها از مقیاس‌های نسبی فازی استفاده می‌شود. به این ترتیب، یک ماتریس قضاوت فازی ساخته می‌شود که امتیازات نهایی گزینه‌ها توسط اعداد فازی ارائه می‌گردند و گزینه بهینه از رهگذر رتبه‌بندی اعداد فازی با استفاده از عملگرهای جبری خاص به دست می‌آید. در این روش، کلیه داده‌های ورودی به صورت عددهای فازی مثلثی در ماتریس مقایسات زوجی و بردارهای وزن به کار گرفته می‌شوند. این روش، به علت سادگی محاسباتش، در اکثر تحقیقاتی که برای حل مسائل در شرایط عدم اطمینان انجام می‌شود، به کار می‌رود.

اگر دو عدد فازی مثلثی  $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  و  $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  را که در شکل (۱) رسم شده اند، را در نظر بگیریم، خواهیم داشت:



شکل (۱): اعداد فازی مثلثی  $M_1$  و  $M_2$

$$M_1 + M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \text{ مثلثی مجموع اعداد فازی مثلثی}$$

$$M_1 \times M_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2) \text{ مثلثی حاصل ضرب اعداد فازی مثلثی}$$

$$M_1^{-1} = \left( \frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right), M_2^{-1} = \left( \frac{1}{u_2}, \frac{1}{m_2}, \frac{1}{l_2} \right) \text{ معکوس اعداد فازی مثلثی}$$

برای حل مدل با روش آنالیز گسترده در هر یک از سطریهای ماتریس مقایسات زوجی، ارزش  $S_k$  که خود یک عدد فازی مثلثی است، محاسبه می‌گردد (k نشان دهنده شماره هر سطر است)  $S_k$ ها به صورت معادله زیر محاسبه می‌شوند.

$$S_k = \sum_{j=1}^n M_{kj} * \left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \right]^{-1}$$

در این روش، پس از محاسبه  $S_k$ ها درجه بزرگی آنها نسبت به هم محاسبه می‌گردد. به طور کلی، اگر  $M_1$  و  $M_2$  دو عدد فازی

مثلی باشند، درجه بزرگی  $M_1$  بر  $M_2$  به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\begin{cases} v(M_1 \geq M_2) = 1 \dots\dots\dots m_1 \geq m_2 \\ v(M_1 \geq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) \end{cases}$$

در غیر این صورت:

$$hgt(M_1 \cap M_2) = \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)}$$

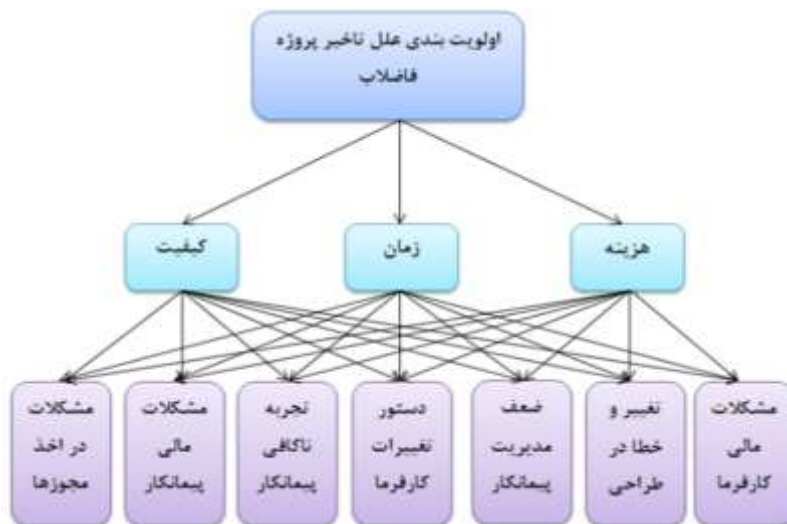
برای محاسبه وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسات زوجی به صورت معادله زیر عمل می‌کنیم.

$$W'(X_i) = \min \{v(S_i \geq S_k)\} \dots\dots\dots k = 1, 2, \dots\dots\dots n, k \neq i$$

با توجه به موارد فوق تعداد هفت عامل اصلی که در این پژوهش مشخص شده و به‌عنوان مهم‌ترین عوامل ایجاد تأخیر انتخاب شدند تا در روش TOPSIS فازی نسبت به اولویت بندی آنها اقدام نماییم عبارتند از:

- ۱- مشکلات مالی کارفرما
- ۲- تغییر و خطا در طراحی
- ۳- ضعف مدیریت پیمانکار
- ۴- دستور تغییرات کارفرما
- ۵- تجربه ناکافی پیمانکار
- ۶- مشکلات مالی پیمانکار
- ۷- مشکلات در اخذ مجوزها

در اقدامی مشابه معیارهای که پژوهشگران جهت اولویت بندی عوامل مؤثر بر تأخیر در تحقیقات خود ارائه نموده‌اند در قالب سه معیار زمان و هزینه و کیفیت بوده است که با توجه به موارد مذکور مدل مفهومی پژوهش حاضر به این صورت ارائه می‌گردد.



شکل (۲): مدل مفهومی طبق روش TOPSIS فازی

## جدول (۵): دلایل تأخیر در پروژه‌های شبکه آب فاضلاب

اولویت قرار گرفتن اجرای کار و انتخاب پیمانکار به علت پیشنهاد قیمت پایین	۱۳	ضعف اجرایی در هماهنگی بین پیمانکار، مشاور و کارفرما)	۱
ضعف در مدیریت اجرایی پیمانکار	۱۴	دستورات تغییر بیش از حد از جانب کارفرما	۲
عدم برنامه ریزی و یا ضعف در برنامه ریزی و کنترل پروژه ( پیمانکار)	۱۵	تصمیم گیری کند کارفرما	۳
تجربه ناکافی پیمانکار	۱۶	مشکلات مالی کارفرما	۴
مشکلات مالی پیمانکار	۱۷	ضعف فنی کارفرما در کنترل و بررسی مطالعات انجام شده توسط مشاور	۵
تأخیر و عملکرد ضعیف پیمانکاران جزء	۱۸	دقت پایین در متره و برآورد احجام	۶
تغییرات در آیین نامه ها و قوانین و مقررات دولتی	۱۹	تغییر در طراحی یا خطا در طراحی	۷
مشکلات در اخذ پروانه کار یا مجوزهای مرتبط با پروژه	۲۰	ضعف مدیریتی و فنی در دستگاه نظارت	۸
عوامل ناشناخته زیرزمینی که در دوره مطالعات قابل پیش بینی نبود	۲۱	تجربه ناکافی و صلاحیت ضعیف مهندس مشاور ( دستگاه نظارت )	۹
وضعیت آب و هوایی و شرایط جوی	۲۲	کمبود نیروی انسانی ماهر	۱۰
تورم بالا در کشور	۲۳	ضعف در تکنولوژی	۱۱

جدول (۶) و تجزیه و تحلیل داده‌ها در این تحقیق به منظور اولویت بندی هفت عامل تأثیر گذار بر پیشامد تأخیر از روش TOPSIS فازی استفاده گردید است که به این منظور برای محاسبه وزن نهایی هر کدام از گزینه‌ها از روش میانگین حساسی و جهت رتبه‌بندی از روش فازی استفاده شده است و نتایج حاصل از این رتبه‌بندی در زیر مشخص شده است .

## جدول (۶): رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر تأخیر

گزینه	جمع نظرات	
	ارجحیت	رتبه‌بندی
مشکلات مالی کارفرما	۰,۴۵	۱
مشکلات مالی پیمانکار	۰,۲۲	۲
مشکلات در اخذ مجوزها	۰,۱۱	۳
دستور تغییرات کارفرما	-۰,۳	۴
تغییر و خطا در طراحی	-۰,۶	۵
ضعف مدیریت پیمانکار	-۰,۹	۶
تجربه ناکافی پیمانکار	-۰,۱۰	۷

با توجه به جدول شماره ۷، مشکلات مالی کارفرما دارای بیشترین تأثیر بر پیشامد تأخیرات و دارای اولویت اول بوده و به ترتیب بعد از آن مشکلات مالی پیمانکار و مشکلات در اخذ مجوزها در رده دوم و سوم هستند. دستور تغییرات کارفرما و تغییر و خطا در طراحی در رده‌های چهارم و پنجم قرار می‌گیرد و کمترین میزان تأثیرات را عوامل ضعف مدیریت پیمانکار و تجربه ناکافی پیمانکار شامل می‌شوند.

این در حالی است که سه عامل مشکلات مالی کارفرما، مشکلات مالی پیمانکار و مشکلات در اخذ مجوزها نسبت به بقیه عوامل مؤثر بر ایجاد تأخیر در پروژه‌های توسعه شبکه جمع آوری فاضلاب دارای تأثیر بسیار بیشتر و چندین برابری هستند. در تحلیل داده‌های بدست آمده از پرسشنامه‌های خیره و مشخص شدن مهم‌ترین عوامل و تیز اولویت بندی اهمیت و میزان تأثیر آنها بر تأخیر در پروژه توسعه شبکه جمع آوری فاضلاب در بررسی میزان تأثیر این عوامل بر هزینه و کیفیت و زمان پروژه با توجه به میزان اهمیت موارد ذیل مشخص گردید که بصورت خلاصه در جدول زیر ارائه شده :

جدول (۷): اهمیت معیارها از نظر میزان تاثیرات عوامل تأخیر

مقایسه ارجحیت معیارها		
معیارها	جمع نظرات	
	ارجحیت	رتبه‌بندی
هزینه	۰,۶۰	۱
کیفیت	-۰,۱۷	۲
زمان	-۰,۳۶	۳

با توجه به جدول ۷ می‌توان بیان کرد عوامل مؤثر بر تأخیر پروژه‌های توسعه شبکه جمع آوری فاضلاب بیشترین تأثیر را بر هزینه پروژه‌ها نسبت به زمان و کیفیت می‌گذارد و اهمیت هزینه‌های اضافه شده بر پروژه در اولویت اول است و از نظر دست اندرکاران پروژه و عوامل مدیریتی و اجرایی آن اهمیت میزان افزایش بار مالی و هزینه‌های اضافی تحمیلی که در پروژه به علت ایجاد تأخیر که عوامل اصلی آن در این تحقیق مشخص و رتبه‌بندی گردید نسبت به دو معیار دیگر یعنی کیفیت و زمان دارای اهمیت بیشتری است که در زیر شرح کامل با توجه به نظر جمیع خبرگان و نیز به تفکیک نظر خبرگان کارفرما، مشاور و پیمانکار بیان شده است. با نظر در محاسبه وزن نسبی معیارهای هزینه و زمان و کیفیت را که به روش میانگین حسابی و طبق نظیر جمیع خبرگان بدست آمده و با توجه به انجام مقایسه بین آنها به روش بالدوین ارجحیت آنها نسبت به یکدیگر مشخص شده است که معیار هزینه با ارجحیت ۰/۶ دارای بیشترین تأثیرگذاری و درجه ارجحیت بوده و حدوداً ۷ برابر زمان و ۶ برابر کیفیت از ارجحیت برخوردار بوده است و نیز کیفیت با ارجحیت ۰/۱۷- بعد از هزینه دارای بیشترین ارجحیت بوده و حدوداً دو برابر زمان دارای ارجحیت می‌باشد و در این میان زمان با ارجحیت ۰/۳۶- کمترین ارجحیت را دارا می‌باشد. در مجموع نشان داده شد که طبق نظر خبرگان شاغل در حیطه مسئولیت کارفرما، مشاور و پیمانکار هزینه بیشترین تأثیر پذیری را در بین شاخص‌ها دارد و بعد از آن کیفیت دارای بیشترین تأثیر پذیری اهمیت را شامل می‌شود و در آخر زمان قرار دارد، لذا در پروژه‌های توسعه شبکه جمع آوری فاضلاب معیار هزینه دارای اهمیت بسیار بیشتری نسبت به کیفیت و زمان است.

آزمون فریدمن برای گویه‌های پرسش نامه: در پاسخ به این سؤال که آیا پاسخ دهندگان به گویه‌های مختلف مطرح شده برای بررسی تأخیرات موجود، اولویت‌های متفاوتی قائل شده‌اند از آزمون فریدمن استفاده شده است. در این بخش سؤالات مطرح شده در هر بخش، به صورت مجزا مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است که نتایج آن به شرح زیر ارائه می‌شود. گویه‌های قراردادهای برنامه‌ها: در پرسش‌نامه بررسی قراردادهای در ایجاد تأخیر، سؤالات مطرح شده در زمینه قراردادهای عبارتند از:



## جدول (۸): سؤالات پرسشنامه در قراردادها

ردیف	سوالات
۱	در نظر نگرفتن تقویم و شیفت کاری در چرخه پروژه، باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌ها می‌گردد؟
۲	عدم ثبت قرارداد بین کارفرما و پیمانکاران در فرآیند مناقصات، باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌های آب و فاضلاب می‌گردد.
۳	عدم ثبت قرارداد بین پیمانکاران و عوامل اجرایی در فرآیند مناقصات، باعث تأخیر در پروژه‌های آب و فاضلاب می‌گردد.
۴	تغییر در قوانین و مقررات شهری و دولتی، باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌ها می‌گردد.
۵	دوره طولانی بین طراحی و برگزاری مناقصه، باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌ها می‌گردد.
۶	عدم ثبت قرارداد در مورد نحوه پرداختی‌های موجود باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌ها می‌گردد.
۷	عدم ثبت قرارداد در مورد بیمه تمام خطر موجود، باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌ها می‌گردد.
۸	تغییرات محدوده ناشی از مطالعه ناکافی قبل از قرارداد بر تأخیر در پروژه‌های عمرانی مؤثر است.
۹	تغییرات محدوده ناشی از طراحی مجدد و تغییر در قرارداد بر تأخیر در پروژه‌های آب و فاضلاب مؤثر است.
۱۰	فقدان توضیحات صریح و روشن و رهنمودهای مشخص جهت اجرای طرح بر تأخیر در پروژه‌های عمرانی مؤثر است.

در پاسخ به این سؤال که آیا به گویه‌های مختلف مطرح شده برای قراردادها، پاسخگویان اولویت‌های متفاوتی قائل شده‌اند از آزمون فریدمن استفاده می‌کنیم که رتبه‌بندی حاصل از آن به صورت زیر می‌باشد. این رتبه‌بندی بیانگر این است که عدم ثبت قرارداد بین کارفرما و پیمانکاران در فرآیند مناقصات، دارای بالاترین اولویت از نظر پاسخ دهندگان می‌باشد.

## جدول (۹): میانگین هر یک از سؤالات قراردادها در آزمون فریدمن

متغیرها	میانگین بدست آمده از آزمون فریدمن
در نظر نگرفتن تقویم کاری و شیفت کاری در چرخه پروژه	۴/۳۱
عدم ثبت قرارداد بین کارفرما و پیمانکاران در فرآیند مناقصات	۴/۶۱
عدم ثبت قرارداد بین پیمانکاران و عوامل اجرایی	۴/۵۱
تغییر در قوانین و مقررات شهری و دولتی	۳/۶۳
دوره طولانی بین طراحی و برگزاری مناقصه	۴/۵۱
عدم ثبت قرارداد در مورد نحوه پرداختی‌ها	۴/۵۹
عدم ثبت قرارداد در مورد بیمه	۳/۲۴
تغییرات محدوده ناشی از مطالعه ناکافی قبل از قرارداد	۳/۵۱
تغییرات محدوده ناشی از طراحی مجدد و تغییر در قرارداد	۳/۶۸
فقدان توضیحات صریح و روشن	۴/۵۸

خروجی مذکور نشان می‌دهد سؤال ۲ با میانگین اولویت ۴/۶۱ دارای بیشترین اولویت و سؤال شماره ۷ با میانگین اولویت ۳/۲۴ دارای کمترین اولویت از نظر پاسخگویان بوده است.

N	۱۲۲
Chi-Square	۶۹/۲۰۸
Df	۹
Asymp.Sig	/۰۰۰

آزمون فریدمن یک آزمون ناپارامتری است که برای مقایسه سه یا بیش از سه گروه وابسته که حداقل در سطح رتبه‌ای اندازه‌گیری می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. این آزمون می‌تواند در مورد داده‌های پیوسته (فاصله‌ای یا نسبی) نیز به کار برده شود، اما در هنگام محاسبه این داده‌ها نیز رتبه‌بندی آن‌ها مد نظر قرار می‌گیرد. آزمون فریدمن معادل ناپارامتری آزمون F وابسته در تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری است. در این حالت برای اجرای تحلیل واریانس داده‌های تکرار شده ضرورتی به وجود فرضیاتی مانند نرمال بودن توزیع، برابری واریانس‌ها و پیوسته بودن مقیاس وجود ندارد. بنابراین در تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری چنانچه یک یا همه فرضیات ابتدایی مذکور رد شوند، از آزمون فریدمن استفاده می‌شود. بنابراین طبق جدول فوق، خروجی مربوط به آزمون فریدمن نشان می‌دهد که بین سوال‌های مربوط به قراردادهای موجود در ایجاد تأخیر، تفاوت معنی‌داری وجود دارد زیرا سطح معنی‌داری آزمون زیر ۰/۰۵ می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که پاسخگویان اولویت‌های متفاوتی برای سؤالات مربوط به قراردادها قائل هستند.

**گویه‌های منابع انسانی:** در پرسشنامه بررسی تأثیرات منابع انسانی در ایجاد تأخیر، سؤالات مطرح شده در این زمینه عبارتند از:

#### جدول (۱۰): سؤالات پرسشنامه در زمینه منابع انسانی

ردیف	سؤالات
۱	صلاحیت پایین پرسنل عوامل اجرایی، باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌ها می‌گردد.
۲	هماهنگی ضعیف بین کارفرما و سایر ارکان، باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌ها می‌گردد.
۳	مدیریت و نظارت ضعیف در سایت پروژه، باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌ها می‌گردد.
۴	کشاکش مابین مالکان پروژه، باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌ها می‌گردد.
۵	ناکافی بودن نیروی کار در محل باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌ها می‌گردد.
۶	تعارض بین مشاوران طرح و مشاوران پیاده سازی بر تأخیر در پروژه‌های عمرانی مؤثر است.
۷	انتخاب پیمانکاران نامناسب بر تأخیر در پروژه‌های عمرانی مؤثر است.
۸	اختلاف کارگران در محل بر تأخیر در پروژه‌های عمرانی مؤثر است.

در پاسخ به این سؤال که آیا به گویه‌های مختلف مطرح شده برای پاسخگویی به منابع انسانی، پاسخگویان اولویت‌های متفاوتی قائل شده‌اند از آزمون فریدمن استفاده می‌کنیم که رتبه‌بندی حاصل از آن به صورت زیر می‌باشد. این رتبه‌بندی بیانگر این است که پیمانکاران نامناسب در محیط کاری، دارای بالاترین اولویت از نظر پاسخ دهندگان می‌باشد.

## جدول (۱۱): میانگین هر یک از سؤالات منابع انسانی در آزمون فریدمن

متغیرها	میانگین بدست آمده از آزمون فریدمن
صلاحیت پایین پرسنل عوامل اجرایی	۲/۴۵
هماهنگی ضعیف بین کارفرما و سایر ارکان	۲/۴۰
مدیریت و نظارت ضعیف در سایت پروژه	۲/۲۵
کشاکش مابین مالکان پروژه	۲/۳۰
ناکافی بودن نیروی کار در محل	۲/۴۰
تعارض بین مشاوران طرح و مشاوران پیاده سازی	۲/۳۶
انتخاب پیمانکاران نامناسب	۲/۴۸
اختلاف کارگران در محل	۲/۲۱

خروجی مذکور نشان می‌دهد سؤال ۷ با میانگین اولویت ۲/۴۸ دارای بیشترین اولویت و سؤال شماره ۸ با میانگین ۲/۲۱ دارای کمترین اولویت از نظر پاسخگویان بوده است.

N	۱۲۲
Chi-Square	۱۴/۸۱۵
Df	۷
Asymp.Sig	۰/۰۰۲

خروجی مربوط به آزمون فریدمن نشان می‌دهد که بین سؤال‌های مربوط به تأثیرات منابع انسانی در ایجاد تأخیرات، تفاوت معنی‌داری وجود دارد زیرا سطح معنی‌داری آزمون زیر ۰/۰۵ می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که پاسخگویان اولویت‌های متفاوتی برای سؤالات مربوط به منابع انسانی قائل هستند.

**گویه‌های هزینه:** در پرسشنامه بررسی تأثیر هزینه‌های موجود در پروژه در ایجاد تأخیر، سؤالات مطرح شده عبارتند از:

## جدول (۱۲): سؤالات مربوط در زمینه هزینه‌ها

ردیف	سؤالات
۱	تحریم‌های سیاسی و اقتصادی باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌ها می‌گردد.
۲	نوسانات قیمت مواد باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌ها می‌گردد.
۳	محدودیت‌های موجود در تأمین کالا و تجهیزات باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌ها می‌گردد.
۴	عدم وجود نقدینگی لازم توسط پیمانکاران داخلی باعث ایجاد تأخیر در پروژه‌ها می‌گردد.
۵	تحت سلطه بودن صنعت ساخت و ساز توسط شرکت‌های خارجی بر تأخیر در پروژه‌های عمرانی مؤثر است.
۶	فعالیت‌های ساخت و ساز زیاد در همان لحظه بر تأخیر در پروژه‌های عمرانی مؤثر است.
۷	شیوه‌های تقلب و کلاهبرداری، رشوه و فساد بر تأخیر در پروژه‌های عمرانی مؤثر است.

۸	سرقط و وجود ضایعات در محل بر تأخیر در پروژه‌های عمرانی مؤثر است.
۹	هزینه‌های بالای کارگر ماهر بر تأخیر در پروژه‌های عمرانی مؤثر است.
۱۰	برآورد نادرست هزینه بر تأخیر در پروژه‌های عمرانی مؤثر است.
۱۱	نرخ بهره بالا برای پرداخت وام به پیمانکاران توسط بانکداران بر تأخیر در پروژه‌های عمرانی مؤثر است.
۱۲	هزینه‌های بالای حمل و نقل بر تأخیر در پروژه‌های عمرانی مؤثر است.

در پاسخ به این سؤال که آیا به گویه‌های مختلف مطرح شده برای هزینه‌ها در ایجاد تأخیر در آب و فاضلاب جیرفت، پاسخگویان اولویت‌های متفاوتی قائل شده‌اند از آزمون فریدمن استفاده می‌کنیم که رتبه‌بندی حاصل از آن به صورت زیر می‌باشد. این رتبه‌بندی بیانگر این است که پاسخگویان اولویت‌های متفاوتی برای سؤالات مربوط به هزینه قائل نیستند و تقریباً همه سؤالات از اولویت یکسانی برای پاسخ دهندگان برخوردار است.

#### جدول (۱۳): میانگین هر یک از سؤالات هزینه در آزمون فریدمن

میانگین بدست آمده از آزمون فریدمن	ردیف
۲/۳۸	تحریم‌های سیاسی و اقتصادی
۲/۶۶	نوسانات قیمت مواد
۲/۳۴	محدودیت‌های موجود در تامین کالا و تجهیزات
۲/۴۲	عدم وجود نقدینگی لازم توسط پیمانکاران داخلی
۲/۳۲	تحت سلطه بودن صنعت ساخت و ساز توسط شرکت‌های خارجی
۲/۳۷	فعالیت‌های ساخت و ساز زیاد در همان لحظه
۲/۳۴	شیوه‌های تقلب و کلاهبرداری، رشوه و فساد
۲/۲۱	سرقط و وجود ضایعات در محل
۲/۲۵	هزینه‌های بالای کارگر ماهر
۲/۳۴	برآورد نادرست هزینه
۲/۴۰	نرخ بهره بالا برای پرداخت وام به پیمانکاران توسط بانکداران
۲/۳۱	هزینه‌های بالای حمل و نقل

خروجی مذکور نشان می‌دهد سؤال ۲ با میانگین اولویت ۲/۶۶ دارای بیشترین اولویت و سؤال شماره ۸ با میانگین اولویت ۲/۲۱ دارای کمترین اولویت از نظر پاسخگویان بوده است.

N	۱۲۲
Chi-Square	۱۰/۳۷۹
Df	۱۱
Asymp.Sig	۰/۰۱۶

خروجی مربوط به آزمون فریدمن نشان می‌دهد که بین سؤال‌های مربوط به هزینه‌های موجود در ایجاد تأخیر، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، زیرا سطح معنی‌داری آزمون بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که پاسخگویان اولویت‌های متفاوتی برای سؤالات مربوط به هزینه قائل نیستند و تقریباً همه سؤالات از اولویت یکسانی برای پاسخ دهندگان برخوردار است، و تقریباً ایجاد هر یک از مسائل فوق، باعث ایجاد تأخیر در پروژه می‌گردد.

با توجه به اینکه بخش عظیمی از سرمایه هر کشور در پروژه‌ها سرمایه‌گذاری می‌شود، پس پروژه‌ها و مباحث مرتبط با آن‌ها بخصوص تأخیرات در همه کشورها حائز اهمیت بالایی است و این امر کشور ما را با توجه به بحران‌های متعدد از جمله تورم-های غیر قابل پیش بینی از تحریم‌های اخیر و پیش رو و به گواه آمار و اطلاعات به یکی از کشورهای تحت تأثیر زیاد در این زمینه تبدیل نموده و اکثریت پروژه‌های موجود را نیز نمی‌توان از این قائده مستثنی دانست، لذا ضرورت دارد تا کارشناسان و دست اندرکاران پروژه‌ها به جستجوی روش‌ها و راهکارهای نوین و موثری در این زمینه باشند، که تکنیک آنالیزحالات بالقوه خرابی یکی از این تکنیک‌ها است.

جدول (۱۴): اطلاعات ارزیابی ریسک برای فعالیت‌های تأخیر

$RPN_i$	کشف	وقوع	شدت	ریسک (خطر)
۱۴۴	۴	۶	۶	عدم تامین بودجه کافی برای اجرای طرح در زمان مناسب
۱۰۵	۵	۷	۳	ضعف فنی
۱۵۰	۵	۶	۵	عدم شناخت کافی مشاور از شرایط
۱۲۰	۵	۶	۴	اولویت دادن به گرفتن کار
۱۶۰	۵	۸	۴	عدم کفایت توانایی مالی پیمانکاران
۶۰	۳	۵	۴	تورم اقتصادی و افزایش قیمت‌ها
۷۲	۳	۴	۶	عدم رفع معارضین در زمان مناسب
۱۲۰	۵	۳	۸	غیر واقع بینانه بودن زمان اجرای پروژه در قرارداد

در واقع هدف اصلی از انجام آنالیز حالات بالقوه خرابی، به دست آوردن برنامه جامعی است که منجر به کاهش تأخیرات شود و این به معنی داشتن یک استراتژی مؤثر برای مدیریت و کنترل تأخیر در پروژه و جلوگیری از کند شدن روند اجرای پروژه است. امروزه استفاده از روش‌های ارزیابی ریسک در صنایع مختلف رو به گسترش است به طوری که در حال حاضر بیش از ۷۰ نوع مختلف کیفی و کمی روش ارزیابی ریسک در دنیا وجود دارد. این روش‌ها معمولاً برای شناسایی، کنترل و کاهش پیامدهای خطرات به کار می‌رود. عمده روش‌های موجود ارزیابی ریسک روش‌های مناسب جهت ارزیابی خطرات بوده و نتایج آن‌ها را می‌توان جهت مدیریت و تصمیم‌گیری در خصوص کنترل و کاهش پیامدهای آن بدون نگرانی به کار برد، هر یک از صنایع بسته به نیاز خود می‌تواند از روش‌های مذکور بهره لازم را کسب کند (اطمینان مقدم، ۱۳۸۴). این روش‌ها نسبت به یکدیگر دارای مزایا و معایب مختلف می‌باشد. در واقع در اجرای فرآیند مدیریت ریسک دو مسئله بسیار مهم می‌باشد. اول اینکه ریسک‌های بحرانی که اثر زیادی بر زمان و هزینه پروژه می‌گذارند شناسایی شوند، زیرا تحلیل تمامی ریسک‌ها در یک پروژه زمان بر بوده و کارایی لازم را ندارد. دوم اینکه پس از شناسایی ریسک‌های بحرانی و تحلیل آن‌ها، واکنش به ریسک ضرورت می‌گیرد، زیرا زمانی مدیریت ریسک اثربخش خواهد بود که به محض وقوع یک ریسک بتوان با یک برنامه ریزی دقیق

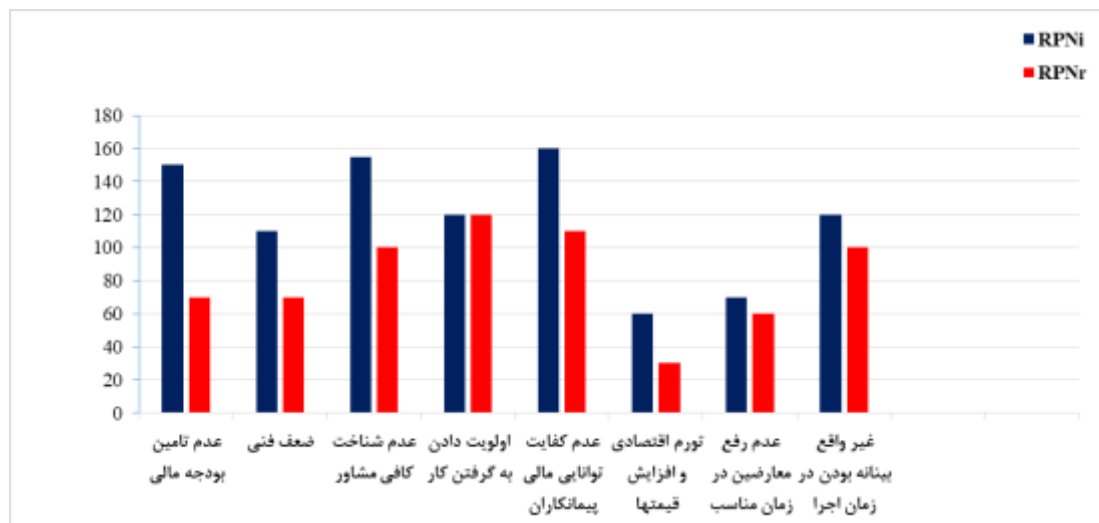
و از پیش تعیین شده اثرات آن ریسک را از بین برده و یا کاهش داد. حال با توجه به تأخیرات و ریسک‌های اساسی اشاره شده در جدول فوق، در این قسمت به ارائه اقدامات پیشنهادی برای کاهش این خطرات می‌پردازیم.

### جدول (۱۵): اقدامات پیشنهادی در زمینه کاهش تأخیرات

عملکرد	اقدامات پیشنهادی	نتایج اقدامات		
		شدت	وقوع	کشف
عدم تامین بودجه کافی برای اجرای طرح در زمان مناسب	-افزایش اعتبارات عمرانی -در نظر گرفتن فرصت مناسب جهت تعیین برآورد دقیق و کارشناسانه توسط مشاور ذیصلاح -ابلاغ به موقع موافقت نامه‌ها -تأمین اعتبار پروژه‌های عمرانی توسط بانک‌ها و مشارکت آن‌ها در تامین هزینه‌های عمرانی	۵	۵	۳
ضعف فنی	-استفاده از نیروهای باتجربه و کارآمد در اجرای پروژه -بکارگیری نیروی انسانی کارآمد در بخش‌های فنی مشاور -داشتن دید اجرایی و کارگاهی طراحان کارفرما -ایجاد تناسب بین توانایی فنی و اجرایی پیمانکار انتخاب شده با پروژه توسط کمیسیون ارزیابی پیمانکار	۳	۶	۴
عدم شناخت کافی مشاور از شرایط	-شناخت کافی پیمانکار از شرایط اقلیمی، اجتماعی منطقه پروژه -شناخت پیمانکار از منابع و مصالح موجود در منطقه جهت اجرای پروژه -داشتن دید اجرایی و کارگاهی طراحان مشاور در زمینه تهیه نقشه و مشخصات و برآورد پروژه‌ها -توجه به حوادث غیرمترقبه (سیل، زلزله و غیره)	۴	۵	۵
اولویت دادن به گرفتن کار بدون در نظر گرفتن اجرای به موقع و اتمام کار	-شناسایی پیمانکاران متخلف و اعلام اسامی آن‌ها به مراجع مربوطه جهت محرومیت -الزام پیمانکاران در استخدام بکارگیری کارشناسان مجرب در زمینه تهیه آنالیز قیمت -انتخاب مناسب ترین قیمت کارشناسی شده با توجه به بررسی دقیق آنالیز قیمت‌های ارائه شده پیمانکاران -استفاده از بخشنامه تعیین دامنه مناسب ترین قیمت‌ها توسط اغضای کمیسیون مناقصه	۴	۵	۴
عدم کفایت توانایی مالی پیمانکاران	-ایجاد تغییرات در نحوه تعیین صلاحیت و صدور گواهینامه پیمانکاری و توانمند سازی پیمانکاران با ارائه وام‌های کم بهره جهت خرید ماشین آلات و غیره -توجه پیمانکاران به ضرورت وجود ساختار مالی مناسب حین	۴	۷	۴

				اجرای پروژه	
۳۶	۳	۴	۳	-واقعی شدن شاخص‌های تعدیل با قیمت‌های بازار -ابلاغ به موقع شاخص‌ها جهت مواجهه با تورم	تورم اقتصادی افزایش قیمت‌ها
۶۰	۳	۵	۴	-در نظر گرفتن اعتبارات کافی در زمان مناسب جهت رفع معارض -انجام هماهنگی‌های لازم جهت رفع معارضین در کوتاهترین زمان ممکن -ایجاد الزامات قانونی جهت تسریع در رفع معارضین در ارگان‌های زیربط	عدم رفع معارضین در زمان مناسب
۱۰۰	۵	۵	۴	-بکارگیری کارشناسان مجرب در تعیین زمان قراردادها -در نظر گرفتن تدابیر ویژه در قرارداد (درخصوص شرایط آب و هوایی با توجه به موضوع و محل پروژه و سوابق آب و هوایی منطقه) -استفاده از نرم افزارهای کنترل پروژه در تهیه برنامه زمان بندی پروژه	غیرواقع بینانه بودن زمان اجرای پروژه در قرارداد

حال با توجه به خطرات و علل ریشه‌ای خرابی ( $RPN_i$ ) در زمینه تأخیرات موجود در آب و فاضلاب، و ارائه اقدامات پیشنهادی ( $RPN_r$ ) برای کاهش تأخیرات موجود در این صنعت، نمودار مقایسه این دو وضعیت مطابق نمودار زیر می‌باشد.



شکل (۳) : نمودار مقایسه‌ای  $RPN_i$  و  $RPN_r$

در واقع مطابق نتایج حاصل از شکل فوق، پس از انجام اقدامات اصلاحی، میزان RPN و تأخیرات در هر یک از موارد اشاره شده و ریسک‌های فوق، تا حد قابل توجهی کاهش می‌یابد. در واقع حسن بزرگ FMEA این است که بدون آنکه نیاز به محاسبات پیچیده آماری یا ریاضی داشته باشد، نتایج بسیار سودمندی به بار می‌آورد. این روش یک ابزار نظام یافته بر پایه کار گروهی است که در شناسایی، ارزیابی، کشف و حذف یا کنترل حالت تأخیر در یک سیستم بکار گرفته می‌شود، و یک تکنیک مهندسی، تحلیلی و متکی بر قانون (پیشگیری قبل از وقوع) است که می‌کوشد تا حد ممکن تأخیرات بالقوه موجود و

پیامدهای ناشی از تأخیرات احتمالی در محدوده‌های پروژه را شناسایی و امتیاز دهی کند. علاوه بر این، هر زمان که قرار است تغییرات بنیادی در طراحی‌ها و یا فرآیندهای پروژه انجام گیرد براحتی قابل انجام است. لذا همواره ابزاری پویاست که در چرخه بهبود مستمر به کار می‌رود. در واقع اولویت بندی محدوده RPN به صورت جدول زیر می‌باشد.

**جدول (۱۶): اولویت بندی محدوده RPN**

قابل تحمل	اولویت ۵	$\leq 50$
کم اهمیت	اولویت ۴	۵۰ - ۱۰۰
متوسط	اولویت ۳	۱۰۰ - ۱۵۰
مهم	اولویت ۲	۱۵۰ - ۲۰۰
بسیار مهم	اولویت ۱	$\geq 200$

در واقع با توجه به جدول فوق، ایجاد تغییرات در نحوه تعیین صلاحیت و صدور گواهینامه پیمانکاری و توانمندسازی با ارائه وام‌های کم بهره جهت خرید ماشین آلات و غیره و همچنین توجه پیمانکاران به ضرورت وجود ساختار مالی مناسب حین اجرای پروژه، می‌توان میزان این تأخیرات را تا حد بسیار زیادی کاهش داد.

### نتیجه‌گیری

تأخیر در پروژه‌ها به دلیل پیچیدگی خاص آن‌ها امری غیر قابل انکار است، به طوری که مطالعات انجام گرفته نشان می‌دهد که اغلب پروژه‌های ساخت در دنیا با حدود بیش از ۵۰ درصد افزایش زمان مواجه می‌شوند. تأخیر در پیشرفت کار، علاوه بر آن که موجب طولانی شدن زمان اجرا و صرف هزینه‌های قابل ملاحظه‌ای برای راه‌اندازی مجدد یا تکمیل آن‌ها می‌گردد، به تحمیل هزینه فرصت ازدست‌رفته بر بخش‌های اقتصادی و نیز توجیه ناپذیر شدن طرح در مراحل بعد نیز منجر می‌شود؛ به عبارت دیگر، گذشت زمان و تحولات فن‌آوری و تغییر شرایط محیطی و اجتماعی، ممکن است طرح‌هایی را که در یک مقطع زمانی دارای توجیه فنی و اقتصادی بوده‌اند، در شرایط جدید توجیه ناپذیر سازد. عدم تحقق زمانی پروژه‌ها با ایجاد موانع و مشکلات بسیار در ایجاد بستر مناسب برای آغاز طرح‌های جدید، کشور را با لطمات جدی مواجه می‌سازد. از سوی دیگر، تأخیر در پروژه‌ها می‌تواند بر اهداف کیفی آن‌ها نیز تأثیر داشته باشد و مجریان پروژه به منظور جلوگیری از جریمه‌های ناشی از تأخیرات غیرمجاز و تکمیل پروژه در موعد مقرر، روند اجرای پروژه در یک بازه زمانی را تسریع کنند که در بعضی موارد برای دستیابی به این هدف، کیفیت اجرای پروژه به طور چشمگیری کاهش می‌یابد (احمدی جزی، ۱۳۸۵). اجرای موفقیت آمیز طرح‌های اجرایی در هر منطقه، باعث بهبود وضعیت اقتصادی و مبادلات تجاری در آن منطقه خواهد شد. پروژه‌های آب و فاضلاب که جزو پروژه‌های زیربنایی کشور می‌باشد، معمولاً نیاز به بودجه‌های سنگین و مدت زمان طولانی دارد. لذا تأخیر در این‌گونه پروژه‌ها باعث صدمات جبران ناپذیری به اقتصاد کشور می‌شود. در این تحقیق، ریسک‌های مختلف موجود در پروژه-های آب و فاضلاب شناسایی شده‌اند و میزان تأثیر هر یک از این ریسک‌ها بر اهداف زمانی، مالی و کیفی پروژه، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند تا بتوان راهکارهای مناسبی را جهت تقلیل یا حذف این عوامل ارائه نمود. همچنین با استفاده از نتایج حاصله و شناسایی ریسک‌هایی که احتمال وقوع آن‌ها در این‌گونه پروژه‌ها زیاد می‌باشد، می‌توان قبل از شروع پروژه برنامه ریزی مؤثری را جهت پیشگیری از وقوع این عوامل انجام داد و یا تأثیر آن‌ها را بر اهداف اصلی پروژه به حداقل رساند. تمامی



روابط میان سه متغیر قراردادها، منابع انسانی و هزینه‌ها، در سطح اطمینان ۹۵٪ مورد تأیید قرار گرفتند. نتایج گویای همبستگی مثبت میان عقد قراردادها و منابع انسانی است، با توجه به این نتیجه هرچه توجه به عقد قراردادها، افزایش یابد، احتمال عملکرد کارکنان و کارگران نیز افزایش می‌یابد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از تحلیل همبستگی میان متغیرهای موجود در ایجاد تأخیر در پژوهش‌های ارتباط این سه متغیر در شکل زیر نشان داده شده است. پس از بررسی مفروضات پژوهش، تیم FEMA پس از کسب آگاهی و آمادگی لازم در خصوص محدوده، روش و اهداف این تجزیه و تحلیل، اقدام به تشکیل جلسات اصلی نمود. این جلسات حداقل به سه نفر و حداکثر ده نفر از اعضا تشکیل شدند. در مرحله اول تجزیه و تحلیل، یعنی شناسایی و ارزیابی حالات بالقوه خرابی و تأثیرات آن‌ها بررسی شد. در مرحله دوم مطالعه، کاربرگ‌های FEMA در میان کارکنان و کارگران توزیع شد و مؤلفه‌های تأخیر و نمرات مربوط به هر بخش تکمیل گردید و نتایج این آنالیز نشان داد که عدم تأمین بودجه کافی، عدم کفایت توانایی مالی پیمانکاران، و همچنین عدم شناخت کافی مشاور از شرایط، به‌عنوان مهم‌ترین ریسک‌های تأخیر موجود در پروژه‌های آب و فاضلاب به شمار می‌روند که با انجام اقدامات اصلاحی این ریسک‌ها تا حد زیادی قابل کاهش می‌باشند.

### منابع

- [۱]. پلک، احمد رضا، کاظم حمادی و آرش ادم (۱۳۹۳). بررسی تأخیرات در مدیریت پروژه‌های عمرانی دانشگاه علوم پزشکی اهواز، همایش بین‌المللی مدیریت، تهران، مؤسسه سفیران فرهنگی مبین.
- [۲]. شریف زارع، مجید (۱۳۹۴). مطالعه و بررسی علل طولانی شدن پروژه‌ها و تعیین هزینه‌های ناشی از این امر برای استان و ارائه راهکارهای مناسب.
- [۳]. قوهستانی، فرهاد و سید صادق ناصر علوی (۱۳۹۴). بررسی تأثیر تکنیک مهندسی ارزش در کاهش تأخیر پروژه‌های عمرانی اداره کل نوسازی مدارس، سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- [۴]. مولایی، فاطمه، غضنفری نیا، جواد (۱۳۹۳). بررسی علل تأخیرات در پروژه‌های ساخت با مروری بر مطالعه موردی داخلی و خارجی به پایگاه خبری و اطلاع‌رسانی معدن و توسعه، بخش مقالات سال ششم، شماره ۳۱۴، ص ۷.
- [۵]. نوری، سیامک، فرجی، حمیدرضا (۱۳۹۷). بررسی عوامل تأخیر پروژه‌های عمرانی و ارائه الگویی جهت کاهش زمان تأخیر کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، مصر ۱-۱۴.
- [6]. Bolles, Dennis (2018) A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Third Edition, an American National Standard ANSI/PMI 99-001. -Bramble BB, Callahan MT (2019). Construction delay claims. 4th ed. US: Aspen Publishers.
- [7]. Cooper, Dale F., Grey, Stephen, et al. (2017) Project Risk Management Guidelines Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements. 2nd edition, John Wiley & Sons Ltd. *Engineering Management Journal*, Vol. 16.
- [8]. Dos Santos, Flávio Roberto Souza, Cabral Sandro. (2018). FMEA and TOPSIS PHASE Applied to Project Risk Management. *Journal of Information Systems and Technology Management*, Vol. 5, No. 2.
- [9]. Gereie, A., K. Rezaie, M.S. Amalnik, B. Ostad. M. Shakhsheniaee (2017). Using Extended Monte Carlo Simulation Method for the Improvement of Risk Management: Consideration of Relationships between Uncertainties. *Applied Mathematics and Computation*, Vol.190, PP. 1492-1501.