

## Evaluation of delay criteria in water and sewage infrastructure projects in Bushehr province

Ali Ahmadi<sup>1</sup>, Mohammad Hassan Sadaq<sup>2\*</sup>

1- Master student of Project Management and Construction, Department of Construction Management, Estahban Branch, Islamic Azad University, Estahban, Iran.

2- Assistant Professor and Faculty, Construction Management Department, Estahban Branch, Islamic Azad University, Estahban, Iran.

### ABSTRACT

Project completion on predicted time is one of its success indicators. Delays may be defined as increased time or prolonged completion time of the project. In various projects, delays often result in late completion of the project, increased cost, and stoppage of project, reduced production, increased claims, and termination of contract. The main goal of this research was to assess the criteria pertaining to delays in infrastructure projects of Bushehr Water and Sewerage Company. Assessments were conducted by library studies, interviews, and questionnaires. The relating factors were provided to the statistical population in the form of a questionnaire. Subsequently, using the fuzzy TOPSIS method, the most effective factors were calculated and then the factors were introduced by degree of effectiveness. The statistical population of this research was divided into three categories with different responsibilities, characteristics, and perspectives as follows: Consulting engineers, Contracting companies, and Employer. Purposeful and available sampling method was used to determine the sample size and 30 persons were considered as the statistical sample. In this study, the factors influencing water and sewage project delays were identified in four categories of factors caused by financial issues, resources and materials, manpower management, and the knowledge and experience of the contractor, as well as 28 sub-criteria. Ranking factors effective in Bushehr water and sewage project delays indicated that the most important ones of these factors by importance respectively are: Failure to pay the contractor's claims on time; Inefficient manpower management and poor quality of work performed by the contractor; Lack of pricing by contractors to win the tender; Weak history or low number of contractor's technical and executive personnel; and Poor work planning due to inexperienced contractor.

### ARTICLE INFO

**Receive Date:** 09 May 2021

**Revise Date:** 04 January 2022

**Accept Date:** 16 February 2022

### Keywords:

Project  
project delay  
water and sewage  
fuzzy TOPSIS method  
Bushehr province

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: <https://doi.org/10.22065/jsce.2022.300411.2537>

\*Corresponding author: Mohammad Hassan Sadaq  
Email address: mh\_saddagh@yahoo.com

## ارزیابی معیارهای تاخیرات در پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر

علی احمدی<sup>۱</sup>، محمدحسن صدق<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت پروژه و ساخت، گروه مدیریت ساخت، واحد استهبان، دانشگاه آزاد اسلامی، استهبان، ایران.

۲- استادیار و هیئت علمی، گروه مدیریت ساخت، واحد استهبان، دانشگاه آزاد اسلامی، استهبان، ایران.

### چکیده

هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی معیارهای تاخیرات در پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر بود. در این پژوهش با انجام مطالعات کتابخانه‌ای، مصاحبه و توزیع پرسش‌نامه به ارزیابی معیارهای تاخیرات در پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر اقدام شد. این عوامل در قالب پرسش‌نامه در اختیار جامعه آماری شامل، قرار گرفت. در ادامه با بهره‌گیری از روش تاپسیس فازی تاثیرگذارترین عوامل معرفی شده محاسبه و عوامل به ترتیب درجه اثرگذاری معرفی شد. جامعه آماری این تحقیق به سه طبقه بامسئولیت ها، خصوصیات و دیدگاه‌های متفاوت مجموعه‌های مهندس مشاور، شرکت‌های پیمانکاری و کارفرما تشکیل دادند. برای تعیین حجم نمونه در این پژوهش از روش نمونه‌گیری هدفمند و در دسترس استفاده گردید و تعداد ۳۰ نفر از این افراد بعنوان نمونه آماری در نظر گرفته شد. در این پژوهش عوامل موثر بر تاخیر اجرای پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر در ۴ دسته (عوامل ناشی از مسائل مالی، عوامل ناشی از منابع و مصالح، عوامل ناشی از مدیریت نیروی انسانی، عوامل ناشی از دانش و تجربه پیمانکار) و ۲۸ زیر معیار شناسایی گردید. رتبه بندی عوامل موثر بر تاخیر اجرای پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر نشان داد که به ترتیب عدم پرداخت به موقع مطالبات پیمانکار، مدیریت ناکارآمد نیروی انسانی و کیفیت بد اجرای کار توسط پیمانکار، عدم قیمت دهی مناسب پیمانکاران جهت برنده شدن در مناقصه، ضعف در تعداد و یا سابقه پرسنل فنی و اجرایی پیمانکار، برنامه ریزی ضعیف کار ناشی از کم تجربگی پیمانکار، از مهمترین عوامل شناسایی شده ی موثر بر تاخیر اجرای پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر می‌باشند.

کلمات کلیدی: پروژه، تاخیر پروژه، روش تاپسیس فازی، آب و فاضلاب، استان بوشهر

شناسه دیجیتال:		سابقه مقاله:				
doi:	<a href="https://doi.org/10.22065/jsce.2022.300411.2537">https://doi.org/10.22065/jsce.2022.300411.2537</a>	چاپ	انتشار آنلاین	پذیرش	بازنگری	دریافت
	10.22065/jsce.2022.300411.2537	۱۴۰۱/۰۹/۳۰	۱۴۰۰/۱۱/۰۸	۱۴۰۰/۱۱/۰۸	۱۴۰۰/۰۹/۲۷	۱۴۰۰/۱۱/۲۸
محمد حسن صدق mh_saddagh@yahoo.com					*نویسنده مسئول: پست الکترونیکی:	

## ۱- مقدمه

پروژه پدیده ای چند بعدی است که موفقیت آن در بعد هزینه، زمان و کیفیت ضامن مدیریتی صحیح و اصولی با برنامه ریزی و نگرش چند بعدی است [۱]. یکی از شاخص‌های موفقیت پروژه، اتمام آن در زمان پیش‌بینی شده است. زمان یکی از با ارزش ترین منابع در پروژه‌های عمرانی می‌باشد [۲]. در اکثر مواقع پروژه‌های عمرانی با این مشکل رو به رو هستند که مدت زمان تکمیل آنها در عمل طولانی تر از مهلت محاسبه شده در برنامه زمان‌بندی پروژه‌ها می‌باشد. تاخیرات موجود در پروژه‌های عمرانی یک پدیده جهانی می‌باشند [۳-۴]. تاخیرات می‌توانند به عنوان افزایش زمان یا طولانی شدن زمان اتمام پروژه تعریف شوند. تاخیر در پروژه‌های عمرانی به دلیل پیچیدگی های خاص آنها امری غیرقابل انکار است. تاخیرات موجود در پروژه‌های مختلف معمولاً باعث تکمیل دیر هنگام پروژه، افزایش هزینه، توقف پروژه، کاهش تولید، افزایش ادعاها و ترک قرارداد، می‌شوند [۵].

در مورد تاخیرات مطالعات مختلفی توسط محققان صورت گرفته است در تحقیقی که در مالزی انجام شده است به ریشه یابی علل بروز تاخیر و میزان تاثیرگذاری آنها پرداخته اند. آنها در این تحقیق اهمیت و ضریب تاثیر هر یک از علل را مورد بررسی قرار داده اند و در نهایت رابطه علت و معلولی بین عوامل تاخیر را شناسایی کرده اند. در این تحقیق مشخص گردید که عواملی مانند برنامه ریزی نامناسب پیمانکار، مدیریت نامناسب و ضعیف کارگاه توسط پیمانکار، تجربه ناکافی پیمانکار، بودجه ناکافی کارفرما، مشکلات با پیمانکاران دست دوم، کمبود مصالح و غیره در صدر علل تاخیر هستند [۲].

بر اساس تجربیات و بررسی‌های به عمل آمده، عواملی از قبیل ضعف در مطالعات اولیه و پایه، عدم قطعیت‌های حاکم بر مسائل مهندسی و اجرایی، تغییر در مفروضات اولیه پروژه، تغییر در محدوده و گستره کاری پروژه، عوامل محیطی و تأثیرات آن، بی‌تجربگی عوامل کارفرمایی و پیمان کاری، نداشتن توان علمی و فنی کارفرما و پیمان کار، در اختیار نداشتن امکانات، تسهیلات، تجهیزات و ماشین‌آلات، نیروی فنی و اجرایی لازم و کافی توسط پیمان کار و...، ضعف در طراحی تفصیلی و تغییرات احتمالی در طراحی‌ها، برگزاری مناقصه بر مبنای قیمت پایین‌تر، تأثیر پیشنهاد مالی بر پیشنهاد فنی [۶]، به کارگیری ارکان ضعیف مهندسی، فنی و اجرایی در پروژه، ضعف نظارت عالی و کارگاهی بر پروژه‌ها، اثر کم‌رنگ کنترل پروژه در فرایند کنترل و برنامه‌ریزی، مشکلات در فرایند پرداخت‌های مالی و بوروکراسی چرخشی، صورت وضعیت‌های پیمان کار و مشاور، عدم نظارت و بازرسی علمی کارفرما بر عوامل اجرایی و عملیات اجرایی، مدیریت سنتی عوامل کارفرما، مشکلات و معضلات خریدها، بالادست خریدهای خارجی، ترخیص و تشریفات گمرکی و... سبب طولانی شدن پروژه‌ها در بخش طرح و ساخت گردیده است که این موضوع کارفرما را به سوی علت‌یابی تأخیرات جهت تسویه حساب خسارت‌های پیمان کاران و جبران هزینه‌های اضافی تحمیل شده توسط پیمان کار سوق داده و پیمان کاران نیز به دنبال یافتن تحلیل‌ها و دلایل کافی برای انجام ادعای خسارت، تأخیر و دیرکرد خود برآیند [۶].

اجرای طرح‌های زیر بنایی در هر منطقه باعث افزایش شاخص‌های رفاهی و اقتصادی در آن منطقه خواهد شد. پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر به عنوان یکی از طرح‌های تاسیساتی و زیر ساخت‌های شهری، جزو پروژه‌های کشوری می‌باشد که بطور مستقیم با سلامت و بهداشت عمومی جامعه در ارتباط می‌باشد که به بودجه سنگین و مدت زمان طولانی جهت اجرا نیاز دارد. تاخیر در بهره برداری از این گونه پروژه‌ها ضمن اتلاف سرمایه، راکد ماندن سرمایه و افزایش هزینه‌های جاری پروژه موجب آلودگی هر چه بیشتر آب‌های زیرزمینی و به طبع آن ایجاد بحران در محیط زیست و به خطر افتادن سلامت و بهداشت عمومی می‌گردد. بنابراین مدیریت موثر و تصمیم‌گیری صحیح در مراحل مختلف یک پروژه در تخصیص و کاربرد بهینه مالی، از هدر رفتن سرمایه‌های ملی جلوگیری می‌کند [۷].

معمولاً وقتی پروژه با تاخیر روبه رو می‌شود، در اجرای آن تعجیل بوجود آمده و هزینه‌ها را افزایش می‌دهد و همچنین سبب کاهش کیفیت کار نیز می‌شود، بنابراین شناسایی عوامل تاخیر، می‌تواند از یک سو به پیشرفت پروژه‌های نیمه تمام کمک کند و از سوی دیگر باعث جلوگیری از تاخیر در پروژه‌های جدید می‌گردد. به همین دلیل کسب تجربه، حفظ و استفاده از آن در پروژه‌های بعدی از اهمیت بالایی برخوردار است. از این رو این پژوهش با هدف ارزیابی معیارهای تاخیرات در پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان

بوشهر درصدد است تا به این سوال که «معیارهای تاخیرات در پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر چه عواملی می‌باشند و اولویت بندی این عوامل به چه صورتی می‌باشد؟» جواب دهد.

## ۲- تعریف متغیرهای پژوهش

### ۱-۲ پروژه

استاندارد PRINCE2<sup>1</sup> دو تعریف را برای پروژه ارائه داده‌است که اولی به اهداف پروژه و دیگری به ویژگی‌های پروژه توجه دارد. این استاندارد از جهت اهداف، پروژه را یک محیط مدیریتی که به منظور تحویل یک یا چند محصول تجاری مطابق با یک موقعیت تجاری مشخص ایجاد شده‌است تعریف می‌کند و در جای دیگر و با توجه به ویژگی‌های پروژه آن را یک سازمان موقتی که باید یک نتیجه منحصر به فرد و از پیش تعیین شده را با یک زمان از قبل تعیین شده و منابع مشخص، ایجاد کند می‌داند. استاندارد PMBOK<sup>2</sup> یک پروژه را تلاشی موقتی که به منظور تولید محصول، خدمت یا نتیجه‌های منحصر به فرد انجام می‌گیرد، می‌داند؛ و براساس تعریف استاندارد ICB پروژه یک عملکرد محدود شده توسط زمان و هزینه برای دستیابی به تحویل شدنی‌های تعریف شده (محدوده تعریف شده برای برآوردن موضوعات پروژه) براساس استانداردهای کیفیت و الزامات است.<sup>3</sup> قابل توجه است که همه این استانداردها محدودیت زمان، هزینه (منابع) و موقتی بودن را در کنار تولید یک محصول مشخص و منحصر به فرد مورد توجه قرار داده‌اند.

### ۲-۲ تاخیرات پروژه

تأخیر عبارت است از: اختلاف بین زمان پیش بینی شده تکمیل پروژه و زمان واقعی تکمیل آن [۸]. پدیده تأخیر، یکی از بارزترین پیشامدها و موضوعات در مدیریت پروژه است؛ به طوری که بسیاری از ادعاهای مطرح شده در پروژه، مربوط به تعیین میزان تأخیر، خسارت‌های ناشی از آن و مسئولیت‌های هریک از ذینفعان پروژه در قبال تأخیرات است. با توجه به تعدد مراحل اجرایی پروژه و همچنین تنوع نهادهای درگیر در پروژه‌ها، ریشه یابی دلایل تأخیرات، کاری پیچیده به نظر می‌رسد [۹].

### ۳- پیشینه پژوهش

طبق مطالعات آسف و همکاران [۱۰] عوامل موثر بر تاخیر در پروژه‌های ساخت و ساز کشور عربستان را در گروه‌های کوچک تقسیم‌بندی نمودند که ممکن است شامل مالک، پیمانکار، مشاور، عوامل خارجی پروژه، مواد، نیروی کار و تجهیزات شود. مطالعات سامباسیوان [۴] مهم‌ترین دلایل تاخیر را به شرح زیر بر می‌شمارد: ۱- تصمیم‌گیری نامناسب پیمان‌کاران ۲- مدیریت ضعیف مکان ساخت توسط پیمان‌کار ۳- تجربه ناکافی پیمان‌کار ۴- تامین مالی و پرداخت نامناسب برای اتمام کار ۵- مشکلات پیمان‌کاران دسته دوم تحلیل و رتبه‌بندی اثرات تاخیر در این پژوهش از دیدگاه کارفرما، مشاور و پیمان‌کار موارد زیر را به ترتیب اهمیت شامل می‌شود: - افزایش زیاد از حد زمان - افزایش زیاد از حد هزینه - تضارب آراء. مطالعه لی هوآی و همکاران [۱۱] این مطالعه، ۲۱ عامل را به عنوان عوامل موثر بر تاخیر مورد ارزیابی قرار داده است، با احتساب سه گروه پاسخ‌گو (مالک، مشاور، پیمان‌کار) و سه روش محاسبه، این مطالعه کوشیده تا عوامل موثر بر تاخیر را از نگاه گروه‌ها و با استفاده از روش‌های متفاوت مورد ارزیابی قرار دهد. نکته قابل توجه آن که در هر سه روش و تقریباً از نگاه اکثریت گروه‌های مورد بررسی، مدیریت ضعیف، عمده‌ترین عامل تاخیر در پروژه‌های عمرانی شناخته شده است. مطالعات فوگار و همکاران [۱۲] پنج عامل: - تاخیر در گواهی انجام تعهد، برآورد کمتر از حد هزینه‌های پروژه، برآورد کمتر از حد دشواری پروژه، مشکل در دسترسی به اعتبارات بانکی و نظارت ضعیف؛ به عنوان مهم‌ترین عوامل تاخیر از نگاه سه گروه شناخته شد. در تحقیق حصیب و همکاران [۱۳] مهم-

<sup>1</sup> The Office of Government Commerce, Project in Controlled Environments, Second Edition, the Office of Government Commerce, Oxford, England, 1996

<sup>2</sup> Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge, fourth Edition, Project Management Institute, Inc, Pennsylvania, USA, 2008

<sup>3</sup> International Project Management Association, (2004) ICB, 3rd Edition, International Project Management Association, Netherlands

ترین عوامل تاخیر به ترتیب اولویت به شرح: مالی و پرداختی، تخمین نادرست زمان، کیفیت مواد و تاخیر در پرداخت به عرضه کننده شناسایی شدند. نتایج به دست آمده از اثرات و آسیب‌های اقتصادی و اجتماعی تاخیر از گروه‌های پاسخ‌گو به ترتیب در پنج مورد به این-صورت آمده است: افزایش هزینه، ازدیاد زمان، ترک کار، معاملات و موارد قانونی و اختلاف‌ها رده‌بندی شدند. در تحقیق حمزه و همکاران [۱۴] مشاهده شد که دامنه عوامل موثر بر تاخیر، تنها در عوامل فنی محدود نیست و از دیدگاه مدیریت پروژه، هم از طرف جریان کار و هم از طرف رفتارهای مهارتی و روحی انسان، این موضوع مورد توجه قرار می‌گیرد. دولوی و همکاران [۱۵] در مطالعه‌ای نشان داد که یافته‌های آن در زمینه عوامل موثر بر تاخیر در تضاد با یافته‌های پیشین است. در مطالعات پیشین نشان دادند که مسائل مالی پیمان‌کاران عمده‌ترین دلیل تاخیر هستند، با این وجود نتایج این مطالعه نشان داده است که کمبود مواد مورد نیاز، مهم‌ترین عامل موثر بر تاخیر در پروژه‌های زیرساختی است. در تحقیق عزیز [۲] موارد زیر به عنوان مهم‌ترین عوامل موثر بر تاخیر در پروژه‌های زیرساختی مصر تلقی شدند: تاخیر در فرآیند پرداخت (مسائل مالی)، الگوهای مختلف در پرداخت نامشروع، کمبود تجهیزات، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی غیر موثر پروژه و مدیریت مکانی و ارزیابی ضعیف.

پوررستمی و همکاران [۱۶] در تحقیقی با عنوان «عوامل موثر قابل توجه و اثرات تاخیر در پروژه‌های زیرساختی ایران»، دلایل تاخیر را از نقطه نظر مشاور و پیمانکار در ده عامل کلی دسته‌بندی نموده و عوامل موثر بر تاخیر در پروژه‌های عمرانی را از دیدگاه دو گروه مشاور و پیمانکار مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی از نگاه هردو گروه و در مجموع، مدیریت ضعیف پروژه به عنوان اصلی‌ترین عامل تاخیر در پروژه‌های عمرانی زیر ساختی ایران قلمداد شده است. در مجموع و پس از عامل نخست، تاخیر در پرداخت‌ها به عنوان دومین عامل و تغییر در تصمیم‌گیری در طول ساخت به عنوان سومین عامل تاخیر در پروژه‌های زیرساختی ایران بر اساس این مطالعه شناخته شدند. فاتح و والی پور [۱۷]، در پژوهشی نشان دادند که مقایسه کلی نتایج به دست آمده، وجود ارتباط معنی‌دار بین نحوه پرداخت‌ها و تاخیر اجرای پروژه را مورد تایید قرار می‌دهد. مقایسه امتیاز گزینه‌ها، تاثیر عوامل انسانی کارفرما نسبت به پیمانکار را در بروز تاخیرات، بیش از عوامل دیگر نشان داد. مسلمان یزدی و همکاران [۵] در پژوهشی عوامل تاخیرات را در ۵۰ مورد و در قالب ۵ دسته اصلی شناسایی کردند که شامل عوامل تاخیر مربوط به کارفرما، مشاور، پیمانکار، عوامل محیطی و شرایط جوی و تاخیر مربوط به عوامل غیرقابل کنترل می‌باشد.

در بررسی پیشینه‌های صورت گرفته پیرامون موضوع پژوهش باید بیان کرد که تا کنون پژوهش‌های مختلفی در حوزه‌های گوناگون به بررسی علل تاخیرات در پروژه‌های عمرانی پرداخته است. در بعضی از این پژوهش‌ها به شناسایی و رتبه‌بندی این عوامل پرداخته شده است و در برخی دیگر فقط به بررسی رابطه علی و معلولی بین تاخیرات و متغیرهای دیگر پرداخته شده است. در بیان نقاط قوت این تحقیقات می‌توان به ذکر این نکته اشاره نمود که اکثر این تحقیقات در حوزه‌های مختلف اجرا شده‌اند و از اجرای تحقیقات تکراری در یک جامعه آماری پرهیز شده است. از سوی دیگر در این تحقیقات اکثراً با روش‌های میدانی اقدام به گردآوری اطلاعات شده است. در بیان نقاط ضعف این پژوهش‌ها می‌توان بیان کرد که خیلی از این پژوهش‌ها به روش‌های خیلی ساده به بررسی علل تاخیرات پرداخته‌اند که با اطمینان نمی‌توان به نتایج این تحقیقات استناد کرد زیرا که ممکن است. و در نهایت در یک جمع‌بندی نهایی باید گفت که با وجود پژوهش‌های گوناگون در حوزه‌های مختلف برای شناسایی علل تاخیرات پروژه، تا کنون در خصوص شناسایی و رتبه‌بندی تاخیرات در پروژه‌های آب و فاضلاب استان بوشهر تحقیقی صورت نگرفته است. از این رو این پژوهش برای اولین بار اجرا می‌گردد.

#### ۴- روش تحقیق

در این پژوهش با انجام مطالعات کتابخانه‌ای، مصاحبه و توزیع پرسش‌نامه به ارزیابی معیارهای تاخیرات در پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر اقدام شد. این عوامل در قالب پرسش‌نامه در اختیار جامعه آماری شامل، قرار گرفت. در ادامه با بهره‌گیری از روش تاپسیس فازی تاثیرگذارترین عوامل معرفی شده محاسبه و عوامل به ترتیب درجه اثرگذاری معرفی شد.

جامعه آماری این تحقیق به سه طبقه بامسئولیت ها، خصوصیات و دیدگاه‌های متفاوت با حداقل ۵ سال سابقه کاری مرتبط با پروژه‌های آب و فاضلاب تقسیم می شوند:

۱- مجموعه‌های مهندس مشاور

۲- شرکت‌های پیمانکاری

۳- کارفرما

برای تعیین حجم نمونه در این پژوهش از روش نمونه گیری هدفمند و در دسترس استفاده گردید و تعداد ۳۰ نفر از این افراد بعنوان نمونه آماری در نظر گرفته شد.

## ۵- یافته‌های پژوهش

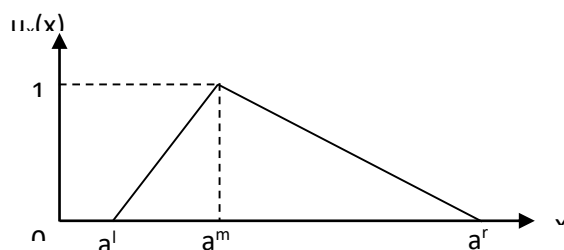
به طور کلی روش تاپسیس فازی در این پژوهش طی مراحل طی به صورت زیر انجام شده است: تئوری مجموعه‌های فازی را پروفیسور لطفی زاده مطرح کرد. این تئوری در شرایط ابهام و عدم اطمینان کاربرد دارد. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و عبارات نادقیق را با زبان ریاضی بیان کند و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد.

بر اساس این نظریه، یک عدد فازی، مجموعه فازی خاصی به صورت  $\tilde{A} = x \in R / \mu_{\tilde{A}}(x)$  می باشد که در آن،  $x$  مقادیر

حقیقی عضو مجموعه  $R$  را می پذیرد و تابع عضویت آن به صورت  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  می باشد. بیشترین اعداد فازی مورد استفاده، اعداد فازی مثلثی و دوزنقه‌ای هستند. اعداد فازی مثلثی، به دلیل محاسبات ساده‌تر، بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. از این رو، ما نیز در این تحقیق از اعداد فازی مثلثی استفاده می کنیم. یک عدد فازی مثلثی  $A$  عددی با تابع عضویت تکه‌ای خطی  $\mu_A$  به صورت رابطه (۱) تعریف می شود:

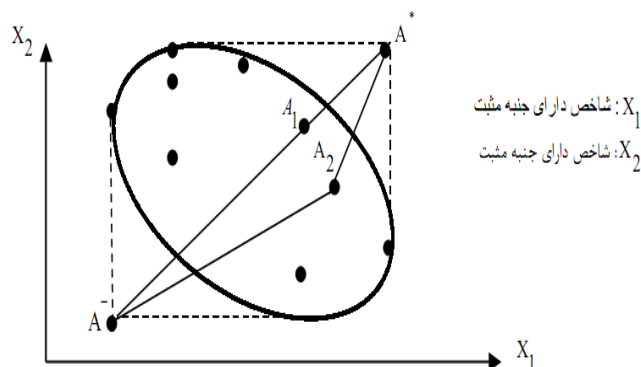
$$\mu_x(x) = \begin{cases} (x - a^l) / (a^m - a^l), & a^l \leq x < a^m \\ 1, & x = a^m \\ (a^r - x) / (a^r - a^m), & a^m < x \leq a^r \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

که می تواند به صورت عدد فازی مثلثی  $(a^l, a^m, a^r)$  نشان داده شود. شکل زیر، این تابع عضویت را نمایش می دهد.



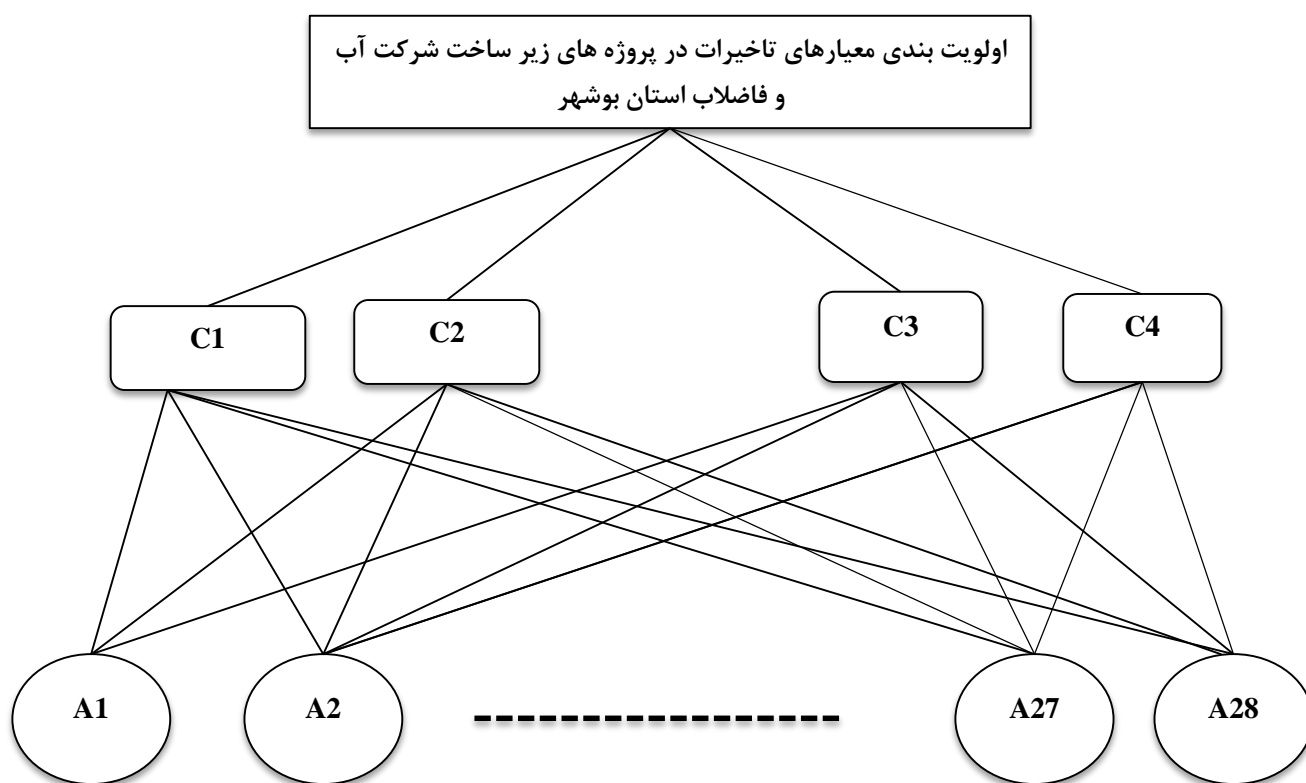
این روش در سال ۱۹۸۱ توسط هوانگ و یون ارائه شد. بر اساس این روش، هر نوع مسئله ای از نوع تصمیم گیری چند معیاره که با  $n$  معیار و  $m$  گزینه مورد ارزیابی قرار می گیرد را می توان به عنوان یک سیستم هندسی شامل  $m$  نقطه در یک فضای  $n$  بعدی در نظر گرفت. روش تاپسیس فازی شامل وزن دهی و برآورد فازی گزینه‌ها و معیارها در تاپسیس است. در روش تاپسیس گزینه هایی که بیشترین

نزدیکی را به راه حل ایده ال مثبت و دورترین فاصله را به راه حل ایده ال منفی داشته باشند انتخاب می گردند. راه حل ایده ال مثبت عبارت از بهترین حالات ممکن و راه حل ایده ال منفی عبارت از بدترین حالت ممکن برای گزینه های انتخابی است. در این پژوهش از اعداد فازی مثلثی برای بیان نظرات کارشناسان استفاده شده است. سپس فازی تاپسیس برای ترکیب این نظرات و اولویت بندی خوشه ها بکار گرفته شده است. به عبارت دیگر خوشه ها براساس مقدار امتیازی که کسب می کنند اولویت بندی می شوند.



شکل ۱: معرفی معیارها و گزینه های مدل

مساله تصمیمگیری بر اساس روش تاپسیس را می توان در قالب یک نمودار درختی به منظور خلاصه نویسی و فهم بهتر مساله ترسیم نمود. لذا بر این اساس، درخت مساله تصمیمگیری تعیین معیارهای تاخیرات در پروژه های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر نسبت به هر یک از گزینه های ذکر شده با توجه به شاخص های گفته شده و مدنظر کارشناسان و خبرگان این حوزه به صورت نمودار (۱) می باشد. این نمودار، سلسله مراتبی، معیارها و گزینه ها را نمایش می دهد. در تحلیل مسائل تصمیم گیری، معیارها (فازی یا غیرفازی) در دو طبقه سود (مطلوب) و هزینه (نامطلوب) قرار می گیرند. در خصوص معیارهای سود، هر چقدر مقدار معیار بزرگتر باشد، مطلوب تر، در حالی که در خصوص معیارهای هزینه، هر چقدر مقدار معیار کوچکتر باشد، مطلوب تر است.



نمودار ۱: ساختار درختی اولویت بندی عوامل موثر بر تاخیرات در پروژه های آب و فاضلاب

جدول ۱: معرفی معیارها و گزینه های

عوامل موثر در تاخیرات در پروژه های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر		
نماد	عنوان	معیارها
A1	برآورد ناکافی هزینه اجرای پروژه	C1
A2	ضعف در منابع مالی پیمانکار	
A3	عدم پرداخت به موقع مطالبات پیمانکار	
A4	عدم تناسب در میزان اعتبارات تخصیص یافته به پروژه توسط پیمانکار	
A5	مشکلات و مسائل جریان وجوه نقدی در طول فرایند ساخت	
A6	غیر قابل پیش بینی بودن نرخ تورم و افزایش قیمت مواد و مصالح نسبت به زمان ارایه نرخ و برآورد هزینه های پروژه	
A7	تغییر در نرخ ارز	
A8	عدم قیمت دهی مناسب پیمانکاران جهت برنده شدن در مناقصه	
A9	عدم تناسب ماشین آلات و امکانات با نوع و حجم کار توسط پیمانکار	C2
A10	عدم توان پیمانکاران در تهیه ماشین آلات و تجهیزات لازم جهت اجرای پروژه	
A11	دوباره کاری پیمانکار ناشی از نقص در تجهیزات و ماشین آلات	
A12	تغییر نوع و مشخصات منابع و مصالح در طول ساخت و ساز توسط پیمانکار	
A13	انتخاب تجهیزات و ماشین آلات با کیفیت پایین توسط پیمانکار	
A14	تاثیر برنامه ها و قوانین دولت بر روند فعالیت های بخش تامین کالا (مثلا جلوگیری از واردات یک محصول خاص که مورد نیاز پروژه است)	
A15	عدم توجه به رعایت مشخصات فنی تجهیزات و مصالح توسط پیمانکار	C3
A16	ضعف در تعداد و یا سابقه پرسنل فنی و اجرایی پیمانکار	
A17	مدیریت ناکارآمد نیروی انسانی و کیفیت بد اجرای کار توسط پیمانکار	
A18	عدم فراهم نمودن نیروی کار ماهر توسط پیمانکار	
A19	ضعف در نظارت بر عملکرد نیروی انسانی توسط پیمانکار	



A20	تخصیص ناکافی نیروی انسانی برای مراحل مختلف اجرای پروژه	C4	عوامل ناشی از دانش و تجربه پیمانکار
A21	عدم تخصیص سیستم پرداخت پاداش و حقوق مناسب به کارکنان پیمانکار		
A22	عدم تجربه کافی پیمانکار		
A23	عدم دانش کافی پیمانکار برای درک کامل شرایط قرارداد		
A24	برنامه ریزی ضعیف کار ناشی از کم تجربگی پیمانکار		
A25	خطاهای ناشی از تجربه و مهارت ناکافی پیمانکار		
A26	دوباره کاری ناشی از خطاهای بی تجربگی پیمانکار در طول ساخت و ساز		
A27	ضعف فنی نماینده کارفرما در هماهنگی بین مهندسین مشاور و پیمانکار و رفع به موقع مشکلات فنی و اجرایی پروژه		
A28	عدم توان علمی مهندسی پیمانکاران در اجرای پروژه		

در بخش بعدی باید بیان کرد که برای تشکیل ماتریس تصمیم فازی و بردار وزن فازی از جداول زیر استفاده شده است:

جدول ۲: راهنمای رتبه بندی فازی گزینه‌ها و معیارها

کد	اولویت‌ها	معادل فازی اولویت‌ها		
		حد پایین (l)	حد متوسط (m)	حد بالا (u)
۱	خیلی ضعیف	۱	۱	۳
۲	ضعیف	۱	۳	۵
۳	متوسط	۳	۵	۷
۴	خوب	۵	۷	۹
۵	خیلی خوب	۷	۹	۱۰

براین اساس، ماتریس تصمیم گیری با توجه به نظرات صاحب نظران و کارشناسان به صورت زیر تشکیل می‌شود: در جدول (۳) ماتریس اولیه تصمیم فازی گزینه‌ها نسبت به معیارها ارائه شده است.

جدول ۳: ماتریس تصمیم فازی گزینه‌ها نسبت به معیارها

	C4	C3	C2	C1								
A1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	3	5
A2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	5	7
A3	0	0	1	0	0	1	0	0	1	7	9	10
A4	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	5	7
A5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	3
A6	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	3	5
A7	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	3
A8	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5	7	9
A9	0	0	1	0	0	1	7	9	10	0	0	1
A10	0	0	1	0	0	1	5	7	9	0	0	1
A11	0	0	1	0	0	1	1	1	3	0	0	1
A12	0	0	1	0	0	1	1	3	5	0	0	1
A13	0	0	1	0	0	1	1	1	3	0	0	1
A14	0	0	1	0	0	1	1	3	5	0	0	1
A15	0	0	1	0	0	1	3	5	7	0	0	1
A16	0	0	1	5	7	9	0	0	1	0	0	1
A17	0	0	1	7	9	10	0	0	1	0	0	1
A18	0	0	1	1	3	5	0	0	1	0	0	1
A19	0	0	1	1	1	3	0	0	1	0	0	1
A20	0	0	1	1	1	3	0	0	1	0	0	1
A21	0	0	1	3	5	7	0	0	1	0	0	1
A22	5	7	9	0	0	1	0	0	1	0	0	1

1	3	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	A23
7	9	10	0	0	1	0	0	1	0	0	1	A24
3	5	7	0	0	1	0	0	1	0	0	1	A25
1	1	3	0	0	1	0	0	1	0	0	1	A26
1	1	3	0	0	1	0	0	1	0	0	1	A27
1	3	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	A28

جدول ۴: ماتریس بردار وزنی معیارها

معیارها	C1	C2	C3	C4
(عوامل ناشی از مسائل مالی)	(عوامل ناشی از منابع و مصالح)	(عوامل ناشی از مدیریت نیروی انسانی)	(عوامل ناشی از دانش و تجربه پیمانکار)	
وزن	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۲۸	۰/۲۱

در این ماتریس تمام معیارها دارای مطلوبیت مثبت می‌باشند. همچنین مشخص است که بیشترین وزن از معیارهای مربوط به بعد مسائل مالی می‌باشد. در رتبه‌های بعدی به ترتیب مسائل مدیریت نیروی انسانی، عوامل ناشی از دانش و تجربه پیمانکار و عوامل ناشی از منابع و مصالح دارای بیشترین اهمیت در تعیین معیارهای موثر بر تاخیرات در پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر بودند.

گام اول پس از تشکیل ماتریس فازی تصمیم‌گیری، نرمالایز کردن یا بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم‌گیری می‌باشد. برای این منظور از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right)$$

$$c_j^+ = \max_{j \in B} c_{ij}$$

(۲)

جدول ۵: ماتریس تصمیم‌گیری بی‌مقیاس شده گزینه‌ها نسبت به معیارها

زیرمعیار	C1	C2	C3	C4
A1	0.3	0.1	0.1	0.1
A2	0.5	0.1	0.1	0.1
A3	0.7	0.1	0.1	0.1
A4	0.9	0.1	0.1	0.1
A5	1	0.1	0.1	0.1
A6	0.5	0.1	0.1	0.1
A7	0.3	0.1	0.1	0.1
A8	0.1	0.1	0.1	0.1
A9	0.7	0.9	0.1	0.1
A10	0.5	0.7	0.1	0.1
A11	0.3	0.9	0.1	0.1
A12	0.1	0.7	0.1	0.1
A13	0.1	0.5	0.1	0.1
A14	0.1	0.3	0.1	0.1
A15	0.1	0.1	0.1	0.1
A16	0.1	0.1	0.5	0.7
A17	0.1	0.1	0.7	0.9

0	0	0.1	0.1	0.3	0.5	0	0	0.1	0	0	0.1	<b>A18</b>
0	0	0.1	0.1	0.1	0.3	0	0	0.1	0	0	0.1	<b>A19</b>
0	0	0.1	0.1	0.1	0.3	0	0	0.1	0	0	0.1	<b>A20</b>
0	0	0.1	0.3	0.5	0.7	0	0	0.1	0	0	0.1	<b>A21</b>
0.5	0.7	0.9	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	<b>A22</b>
0.1	0.3	0.5	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	<b>A23</b>
0.7	0.9	1	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	<b>A24</b>
0.3	0.5	0.7	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	<b>A25</b>
0.1	0.1	0.3	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	<b>A26</b>
0.1	0.1	0.3	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	<b>A27</b>
0.1	0.3	0.5	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	<b>A28</b>

در جدول (۵) فوق با توجه به رابطه (فرمول) مطرح شده، ماتریس تصمیم عوامل زمینه ساز و تأثیرگذار بر تاخیرات در پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر، نرمالایز شده است.

گام دوم: وزن دهی فازی به ماتریس نرمالایز شده می‌باشد. به این منظور با توجه به مجموع نظرات صاحب نظران برای هر یک از معیارها وزنی در نظر گرفته شده است که باید آن، در ماتریس ضرب شود؛ این مرحله از رابطه (۳) حاصل می‌شود:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j \quad (3)$$

جدول ۶: ماتریس نرمالایز شده وزن دار شده

	C4	C3	C2	C1	زیرمعیار							
0	0	0.021	0	0	0.028	0	0	0.019	0.032	0.096	0.16	<b>A1</b>
0	0	0.021	0	0	0.028	0	0	0.019	0.096	0.16	0.224	<b>A2</b>
0	0	0.021	0	0	0.028	0	0	0.019	0.224	0.288	0.32	<b>A3</b>
0	0	0.021	0	0	0.028	0	0	0.019	0.096	0.16	0.224	<b>A4</b>
0	0	0.021	0	0	0.028	0	0	0.019	0.032	0.032	0.096	<b>A5</b>
0	0	0.021	0	0	0.028	0	0	0.019	0.032	0.096	0.16	<b>A6</b>
0	0	0.021	0	0	0.028	0	0	0.019	0.032	0.032	0.096	<b>A7</b>
0	0	0.021	0	0	0.028	0	0	0.019	0.16	0.224	0.288	<b>A8</b>
0	0	0.021	0	0	0.028	0.133	0.171	0.19	0	0	0.032	<b>A9</b>
0	0	0.021	0	0	0.028	0.095	0.133	0.171	0	0	0.032	<b>A10</b>
0	0	0.021	0	0	0.028	0.019	0.019	0.057	0	0	0.032	<b>A11</b>
0	0	0.021	0	0	0.028	0.019	0.057	0.095	0	0	0.032	<b>A12</b>
0	0	0.021	0	0	0.028	0.019	0.019	0.057	0	0	0.032	<b>A13</b>
0	0	0.021	0	0	0.028	0.019	0.057	0.095	0	0	0.032	<b>A14</b>
0	0	0.021	0	0	0.028	0.057	0.095	0.133	0	0	0.032	<b>A15</b>
0	0	0.021	0.14	0.196	0.252	0	0	0.019	0	0	0.032	<b>A16</b>
0	0	0.021	0.196	0.252	0.28	0	0	0.019	0	0	0.032	<b>A17</b>
0	0	0.021	0.028	0.084	0.14	0	0	0.019	0	0	0.032	<b>A18</b>
0	0	0.021	0.028	0.028	0.084	0	0	0.019	0	0	0.032	<b>A19</b>

0	0	0.021	0.028	0.028	0.084	0	0	0.019	0	0	0.032	A20
0	0	0.021	0.084	0.14	0.196	0	0	0.019	0	0	0.032	A21
0.105	0.147	0.189	0	0	0.028	0	0	0.019	0	0	0.032	A22
0.021	0.063	0.105	0	0	0.028	0	0	0.019	0	0	0.032	A23
0.147	0.189	0.21	0	0	0.028	0	0	0.019	0	0	0.032	A24
0.063	0.105	0.147	0	0	0.028	0	0	0.019	0	0	0.032	A25
0.021	0.021	0.063	0	0	0.028	0	0	0.019	0	0	0.032	A26
0.021	0.021	0.063	0	0	0.028	0	0	0.019	0	0	0.032	A27
0.021	0.063	0.105	0	0	0.028	0	0	0.019	0	0	0.032	A28

گام سوم: تعیین راه حل‌های ایده آل و ایده آل منفی: همچنان که عنوان شد اساس روش تصمیم‌گیری با روش تاپسیس، یافتن گزینه‌های است که کمترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی داشته باشد. این مهم از طریق روابط زیر حاصل می‌شود:

حل ایده آل منفی داشته باشد. این مهم از طریق روابط زیر حاصل می‌شود:

$$\begin{aligned}
 A^+ &= (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+) \\
 A^- &= (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \\
 A^+ &= \{(\max \tilde{v}_{ij} | j \in J), (\min \tilde{v}_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} \\
 A^- &= \{(\max \tilde{v}_{ij} | j \in J), (\min \tilde{v}_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} \\
 &= \{\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_j^+, \dots, \tilde{v}_n^+\} \\
 &= \{\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_j^-, \dots, \tilde{v}_n^-\}
 \end{aligned} \tag{4}$$

جدول ۷: تعیین ایده‌آل‌های مثبت و ایده آل منفی

ارزیابی	
یده آل -	یده آل +
	C1
	۰/۲
	C2
	۰/۹
	C3
	۰/۸
	C4
	۰/۱

اعداد حاصل شده در ستون اول ایده آل مثبت و اعداد حاصل شده در ستون دوم ایده آل منفی می‌باشند.

گام چهارم: بدست آوردن اندازه فاصله‌ها؛ در این مرحله اندازه فاصله هر کدام از گزینه‌ها از مقادیر ایده آل فازی مثبت و منفی محاسبه می‌شود که این مهم از روابط زیر بدست می‌آید:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+), \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

(۵)

همچنین چون از اعداد مثلثی فازی در این تحقیق استفاده شده است، پس فاصله فازی بین دو عدد از رابطه زیر حاصل می شود:

$$d(M, N) = \sqrt{\frac{1}{3}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]}$$

(۶)

جدول ۸: فاصله هر گزینه از ایدآل های مثبت

d+	C4	C3	C2	C1	زیرمعیار
0.88812897	0.20324124	0.27098831	0.18388493	0.23001449	A1
0.82643164	0.20324124	0.27098831	0.18388493	0.16831716	A2
0.71653822	0.20324124	0.27098831	0.18388493	0.05842374	A3
0.82643164	0.20324124	0.27098831	0.18388493	0.16831716	A4
0.92648239	0.20324124	0.27098831	0.18388493	0.26836791	A5
0.88812897	0.20324124	0.27098831	0.18388493	0.23001449	A6
0.92648239	0.20324124	0.27098831	0.18388493	0.26836791	A7
0.76741529	0.20324124	0.27098831	0.18388493	0.10930081	A8
0.81861958	0.20324124	0.27098831	0.03468910	0.30970093	A9
0.84882784	0.20324124	0.27098831	0.06489735	0.30970093	A10
0.94327393	0.20324124	0.27098831	0.15934344	0.30970093	A11
0.92050159	0.20324124	0.27098831	0.13657110	0.30970093	A12
0.94327393	0.20324124	0.27098831	0.15934344	0.30970093	A13
0.92050159	0.20324124	0.27098831	0.13657110	0.30970093	A14
0.88386880	0.20324124	0.27098831	0.09993831	0.30970093	A15
0.79246530	0.20324124	0.09563821	0.18388493	0.30970093	A16
0.74794787	0.20324124	0.05112077	0.18388493	0.30970093	A17
0.89808978	0.20324124	0.20126268	0.18388493	0.30970093	A18
0.93164901	0.20324124	0.23482192	0.18388493	0.30970093	A19
0.93164901	0.20324124	0.23482192	0.18388493	0.30970093	A20
0.84410461	0.20324124	0.14727752	0.18388493	0.30970093	A21
0.83630283	0.07172866	0.27098831	0.18388493	0.30970093	A22
0.91552118	0.15094701	0.27098831	0.18388493	0.30970093	A23
0.80291475	0.03834058	0.27098831	0.18388493	0.30970093	A24
0.87503231	0.11045814	0.27098831	0.18388493	0.30970093	A25
0.94069061	0.17611644	0.27098831	0.18388493	0.30970093	A26
0.94069061	0.17611644	0.27098831	0.18388493	0.30970093	A27
0.91552118	0.15094701	0.27098831	0.18388493	0.30970093	A28

جدول ۹: فاصله هر گزینه از ایدال‌های منفی

زیرمعیار	C1	C2	C3	C4	d-
A1	0.1093008	0.0109697	0.0161658	0.0121244	0.148561
A2	0.1683172	0.0109697	0.0161658	0.0121244	0.207577
A3	0.2801904	0.0109697	0.0161658	0.0121244	0.31945
A4	0.1683172	0.0109697	0.0161658	0.0121244	0.207577
A5	0.0612753	0.0109697	0.0161658	0.0121244	0.100535
A6	0.1093008	0.0109697	0.0161658	0.0121244	0.148561
A7	0.0612753	0.0109697	0.0161658	0.0121244	0.100535
A8	0.2300145	0.0109697	0.0161658	0.0121244	0.269274
A9	0.0184752	0.1663631	0.0161658	0.0121244	0.213128
A10	0.0184752	0.1365711	0.0161658	0.0121244	0.183336
A11	0.0184752	0.0363822	0.0161658	0.0121244	0.083148
A12	0.0184752	0.0648974	0.0161658	0.0121244	0.111663
A13	0.0184752	0.0363822	0.0161658	0.0121244	0.083148
A14	0.0184752	0.0648974	0.0161658	0.0121244	0.111663
A15	0.0184752	0.0999383	0.0161658	0.0121244	0.146704
A16	0.0184752	0.0109697	0.2012627	0.0121244	0.242832
A17	0.0184752	0.0109697	0.2451666	0.0121244	0.286736
A18	0.0184752	0.0109697	0.0956382	0.0121244	0.137207
A19	0.0184752	0.0109697	0.0536159	0.0121244	0.095185
A20	0.0184752	0.0109697	0.0536159	0.0121244	0.095185
A21	0.0184752	0.0109697	0.1472775	0.0121244	0.188847
A22	0.0184752	0.0109697	0.0161658	0.150947	0.196558
A23	0.0184752	0.0109697	0.0161658	0.0717287	0.117339
A24	0.0184752	0.0109697	0.0161658	0.183875	0.229486
A25	0.0184752	0.0109697	0.0161658	0.1104581	0.156069
A26	0.0184752	0.0109697	0.0161658	0.0402119	0.085823
A27	0.0184752	0.0109697	0.0161658	0.0402119	0.085823
A28	0.0184752	0.0109697	0.0161658	0.0717287	0.117339

گام پنجم: محاسبه نزدیکی نسبی به راه حل ایده‌آل از طریق شاخص شباهت: این معیار از طریق فرمول زیر بدست می‌آید:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$

(۷)

مشخص است که هر چه فاصله گزینه‌ها از راه حل ایده‌آل کمتر باشد نزدیکی نسبی به یک نزدیکتر خواهد بود.

ششم: رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس امتیاز هر گزینه تا راه حل ایده‌آل مثبت، می‌باشد.

جدول ۱۰: ماتریس نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل مثبت شاخص

گزینه ها	اوزان گزینه ها	نرمال شده
A1	0.143303	0.0331129
A2	0.20075	0.0463871
A3	0.308353	0.0712509
A4	0.20075	0.0463871
A5	0.09789	0.0226195
A6	0.143303	0.0331129
A7	0.09789	0.0226195
A8	0.259744	0.0600189
A9	0.20657	0.047732
A10	0.177623	0.0410433
A11	0.081007	0.0187183
A12	0.108183	0.0249978
A13	0.081007	0.0187183
A14	0.108183	0.0249978
A15	0.142352	0.0328931
A16	0.234553	0.0541979
A17	0.277124	0.0640349
A18	0.13253	0.0306235
A19	0.092698	0.0214196
A20	0.092698	0.0214196
A21	0.182822	0.0422447
A22	0.190304	0.0439734
A23	0.113606	0.0262509
A24	0.222284	0.0513629
A25	0.151361	0.0349749
A26	0.083606	0.0193188
A27	0.083606	0.0193188
A28	0.113606	0.0262509

جدول ۱۱: رتبه بندی گزینه ها بر اساس امتیاز هر گزینه

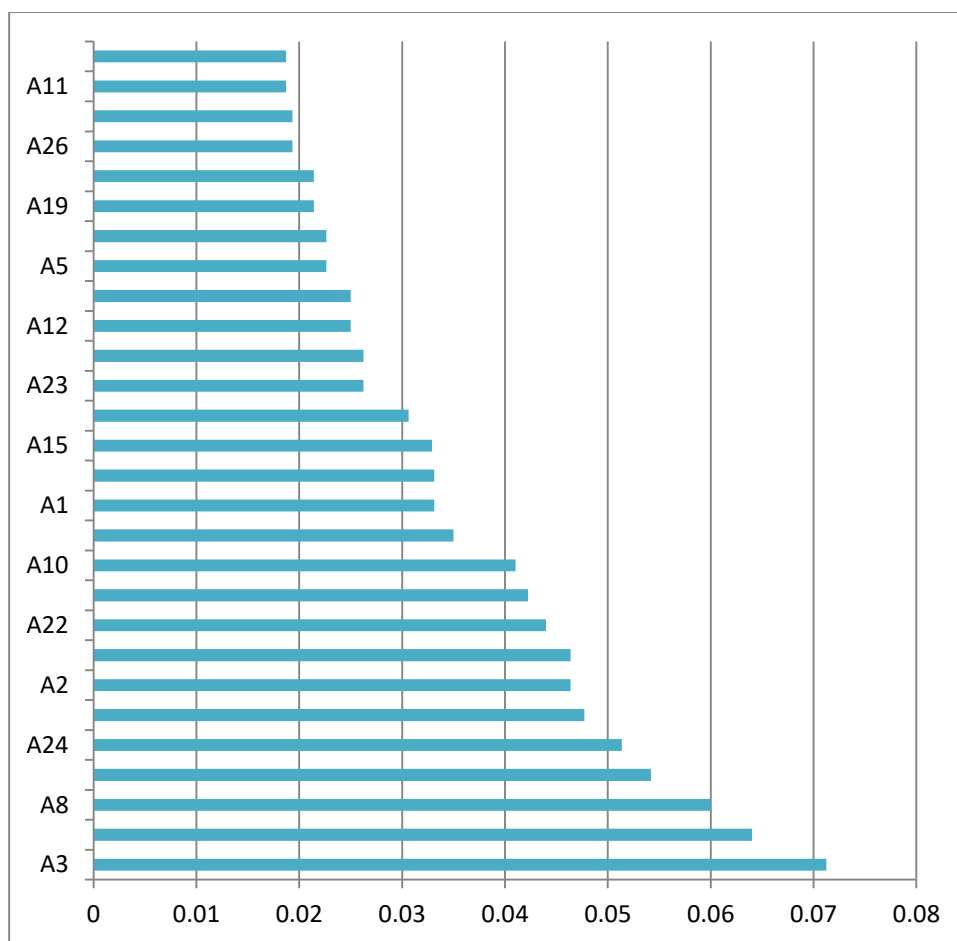
رتبه بندی	گزینه ها	اوزان گزینه ها	نرمال شده
۱	عدم پرداخت به موقع مطالبات پیمانکار	A3	0.308353
۲	مدیریت ناکارآمد نیروی انسانی و کیفیت بد اجرای کار توسط پیمانکار	A17	0.277124
۳	عدم قیمت دهی مناسب پیمانکاران جهت برنده شدن در مناقصه	A8	0.259744
۴	ضعف در تعداد و یا سابقه پرسنل فنی و اجرایی پیمانکار	A16	0.234553
۵	برنامه ریزی ضعیف کار ناشی از کم تجربگی پیمانکار	A24	0.222284
۶	عدم تناسب ماشین آلات و امکانات با نوع و حجم کار توسط پیمانکار	A9	0.20657
۷	ضعف در منابع مالی پیمانکار	A2	0.20075
۸	عدم تناسب در میزان اعتبارات تخصیص یافته به پروژه توسط پیمانکار	A4	0.20075
۹	عدم تخصیص سیستم پرداخت پاداش و حقوق مناسب به کارکنان پیمانکار	A21	0.190304
۱۰	عدم توان پیمانکاران در تهیه ماشین آلات و تجهیزات لازم جهت اجرای پروژه	A10	0.182822
۱۱	عدم تجربه کافی پیمانکار	A22	0.177623
۱۲	بر آورد ناکافی هزینه اجرای پروژه	A1	0.151361
۱۳	غیر قابل پیش بینی بودن نرخ تورم و افزایش قیمت مواد و مصالح نسبت به زمان ارایه نرخ و بر آورد هزینه های پروژه	A6	0.143303
۱۴	عدم توجه به رعایت مشخصات فنی تجهیزات و مصالح توسط پیمانکار	A15	0.142352
۱۵	خطاهای ناشی از تجربه و مهارت ناکافی پیمانکار	A25	0.142352
۱۶	عدم فراهم نمودن نیروی کار ماهر توسط پیمانکار	A18	0.13253

۱۷	0.026251	0.113606	A12	تغییر نوع و مشخصات منابع و مصالح در طول ساخت و ساز توسط پیمانکار
۱۸	0.026251	0.113606	A14	تاثیر برنامه‌ها و قوانین دولت بر روند فعالیت‌های بخش تامین کالا(مثلا جلوگیری از واردات یک محصول خاص که مورد نیاز پروژه است)
۱۹	0.024998	0.108183	A23	عدم دانش کافی پیمانکار برای درک کامل شرایط قرارداد
۲۰	0.024998	0.108183	A28	عدم توان علمی مهندسی پیمانکاران در اجرای پروژه
۲۱	0.022619	0.09789	A5	مشکلات و مسائل جریان وجوه نقدی در طول فرایند ساخت
۲۲	0.022619	0.09789	A7	تغییر در نرخ ارز
۲۳	0.02142	0.092698	A19	ضعف در نظارت بر عملکرد نیروی انسانی توسط پیمانکار
۲۴	0.02142	0.092698	A20	تخصیص ناکافی نیروی انسانی برای مراحل مختلف اجرای پروژه
۲۵	0.019319	0.083606	A11	دوباره کاری پیمانکار ناشی از نقص در تجهیزات و ماشین آلات
۲۶	0.019319	0.083606	A13	انتخاب تجهیزات و ماشین آلات با کیفیت پایین توسط پیمانکار
۲۷	0.018718	0.081007	A26	دوباره کاری ناشی از خطاهای بی تجربگی پیمانکار در طول ساخت و ساز
۲۸	0.018718	0.081007	A27	ضعف فنی نماینده کارفرما در هماهنگی بین مهندسين مشاور و پیمانکار و رفع به موقع مشکلات فنی و اجرایی پروژه

در جدول فوق گام‌های پنجم و ششم برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهد که ۱۰ عامل اصلی موثر بر معیارهای موثر بر تاخیرات در پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر به ترتیب مربوط به گزینه ۱- عدم پرداخت به موقع مطالبات پیمانکار (A3) ۲- مدیریت ناکارآمد نیروی انسانی و کیفیت بد اجرای کار توسط پیمانکار (A17) ۳- عدم قیمت دهی مناسب پیمانکاران جهت برنده شدن در مناقصه (A8) ۴- ضعف در تعداد و یا سابقه پرسنل فنی و اجرایی پیمانکار (A16) ۵- برنامه ریزی ضعیف کار ناشی از کم تجربگی پیمانکار (A24) ۶- عدم تناسب ماشین آلات و امکانات با نوع و حجم کار توسط پیمانکار (A9) ۷- ضعف در منابع مالی پیمانکار (A2) ۸- عدم تناسب در میزان اعتبارات تخصیص یافته به پروژه توسط پیمانکار (A4) ۹- عدم تخصیص سیستم پرداخت پاداش و حقوق مناسب به کارکنان پیمانکار (A21) ۱۰- برآورد ناکافی هزینه اجرای پروژه (A1) می‌باشد.

همچنین نمودار (۲) مربوط به رتبه بندی نهایی به شرح زیر است:





نمودار ۲: رتبه بندی نهایی گزینه ها

## ۶- بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش عوامل موثر بر تاخیر اجرای پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر در ۴ دسته و ۲۸ زیر معیار به صورت زیر شناسایی گردید:

**الف) عوامل ناشی از مسائل مالی:** ۱- برآورد ناکافی هزینه اجرای پروژه ۲- ضعف در منابع مالی پیمانکار ۳- عدم پرداخت به موقع مطالبات پیمانکار ۴- عدم تناسب در میزان اعتبارات تخصیص یافته به پروژه توسط پیمانکار ۵- مشکلات و مسائل جریان وجوه نقدی در طول فرایند ساخت ۶- غیر قابل پیش بینی بودن نرخ تورم و افزایش قیمت مواد و مصالح نسبت به زمان ارایه نرخ و برآورد هزینه‌های پروژه ۷- تغییر در نرخ ارز - عدم قیمت دهی مناسب پیمانکاران جهت برنده شدن در مناقصه

**ب) عوامل ناشی از منابع و مصالح:** ۱- عدم تناسب ماشین آلات و امکانات با نوع و حجم کار توسط پیمانکار ۲- عدم توان پیمانکاران در تهیه ماشین آلات و تجهیزات لازم جهت اجرای پروژه ۳- دوباره کاری پیمانکار ناشی از نقص در تجهیزات و ماشین آلات ۴- تغییر نوع و مشخصات منابع و مصالح در طول ساخت و ساز توسط پیمانکار ۵- انتخاب تجهیزات و ماشین آلات با کیفیت پایین توسط پیمانکار ۶- تاثیر برنامه‌ها و قوانین دولت بر روند فعالیت‌های بخش تامین کالا (مثلا جلوگیری از واردات یک محصول خاص که مورد نیاز پروژه است) ۷- عدم توجه به رعایت مشخصات فنی تجهیزات و مصالح توسط پیمانکار

**ج) عوامل ناشی از مدیریت نیروی انسانی:** ۱- ضعف در تعداد و یا سابقه پرسنل فنی و اجرایی پیمانکار ۲- مدیریت ناکارآمد نیروی انسانی و کیفیت بد اجرای کار توسط پیمانکار ۳- عدم فراهم نمودن نیروی کار ماهر توسط پیمانکار ۴- ضعف در نظارت بر عملکرد

نیروی انسانی توسط پیمانکار ۵- تخصیص ناکافی نیروی انسانی برای مراحل مختلف اجرای پروژه ۶- عدم تخصیص سیستم پرداخت پاداش و حقوق مناسب به کارکنان پیمانکار

**د) عوامل ناشی از دانش و تجربه پیمانکار:** ۱- عدم تجربه کافی پیمانکار ۲- عدم دانش کافی پیمانکار برای درک کامل شرایط قرارداد ۳- برنامه ریزی ضعیف کار ناشی از کم تجربگی پیمانکار ۴- خطاهای ناشی از تجربه و مهارت ناکافی پیمانکار ۵- دوباره کاری ناشی از خطاهای بی تجربگی پیمانکار در طول ساخت و ساز ۶- ضعف فنی نماینده کارفرما در هماهنگی بین مهندسی مشاور و پیمانکار و رفع به موقع مشکلات فنی و اجرایی پروژه ۷- عدم توان علمی مهندسی پیمانکاران در اجرای پروژه.

برای اولویت بندی عوامل موثر بر تاخیر اجرای پروژه‌های زیر ساخت شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر از روش تاپسیس فازی استفاده شد که نتایج این روش نشان داد که به ترتیب ۱- عدم پرداخت به موقع مطالبات پیمانکار ۲- مدیریت ناکارآمد نیروی انسانی و کیفیت بد اجرای کار توسط پیمانکار ۳- عدم قیمت دهی مناسب پیمانکاران جهت برنده شدن در مناقصه ۴- ضعف در تعداد و یا سابقه پرسنل فنی و اجرایی پیمانکار ۵- برنامه ریزی ضعیف کار ناشی از کم تجربگی پیمانکار ۶- عدم تناسب ماشین آلات و امکانات با نوع و حجم کار توسط پیمانکار ۷- ضعف در منابع مالی پیمانکار ۸- عدم تناسب در میزان اعتبارات تخصیص یافته به پروژه توسط پیمانکار ۹- عدم تخصیص سیستم پرداخت پاداش و حقوق مناسب به کارکنان پیمانکار ۱۰- برآورد ناکافی هزینه اجرای پروژه می‌باشد.

با توجه به مباحثی که در این پژوهش ارائه شد، می‌توان به این نتیجه گیری رسید که با افزایش بروز تاخیرات در پروژه‌های خطوط اصلی شرکت آب و فاضلاب به ویژه در استان بوشهر، عوامل بروز این تاخیرات توسط پیمانکار مدنظر قرار گرفته است. در این پژوهش سعی شد تا این مساله از چند مورد بررسی قرار گیرد که عبارت از عوامل منابع مالی، عوامل ناشی از منابع و مصالح، عوامل ناشی از مدیریت نیروی انسانی و عوامل ناشی از دانش و تجربه پیمانکار و معیارهایی بودند که برای هر کدام از این عوامل در پرسشنامه تعیین شدند. نتایج نشان داد که عوامل ناشی از مسائل مالی در بروز تاخیرات در پروژه‌های خطوط اصلی شبکه آب و فاضلاب توسط پیمانکار موضوعی است که باید بیشتر از سایر عوامل در هنگام اجرای پروژه مدنظر قرار گیرد. برای انجام این منظور کارفرمایان پروژه‌های عمرانی و مدیران و سرپرستان شرکت آب و فاضلاب باید به پرداخت به موقع مطالبات پیمانکاران برای جلوگیری یا کاهش بروز این تاخیرات توجه ویژه داشته باشند. با توجه به نتایج این پژوهش، عوامل موثر در ایجاد تاخیر در پروژه‌های اجرای خطوط اصلی آب و فاضلاب استان بوشهر توسط پیمانکار به یک میزان در ایجاد تاخیر پروژه تاثیر گذار نمی‌باشند. لذا باید با روش‌های دقیق علمی نسبت به اولویت بندی این عوامل اقدام شود که برای این منظور از روش تاپسیس فازی استفاده گردید و عوامل فوق اولویت بندی شدند. بنابر این در این بخش با بهره گیری از نظرات پرسش شونده‌گان و همچنین قضاوت‌های کارشناسی حاصل از فعالیت‌های حرفه ای نویسندگان و پژوهش‌های انجام شده قبلی، راهکارهای پیشنهادی جهت جلوگیری و رفع این موارد به صورت کلی ارائه خواهند شد. این راهکارها عبارتند از :

- **تامین نقدینگی و پرداخت به موقع صورتحساب پیمانکاران:** یکی از مشکلات پیمانکاران در حین اجرای پروژه، کمبودهای مالی است که مربوط به عدم درخواست مطالبات قبلی می‌باشد. لذا باید فرایندی وجود داشته باشد که در زمان لازم مطالبات پیمانکار وصول شود و اگر کار فرما تشخیص می‌دهد که ممکن است با توجه به نقدینگی موجود، به موقع مطالبات پیمانکار وصول نگردد، هنگام عقد قرارداد موضوع مطرح شده و در صورت آمادگی مالی پیمانکار، نسبت به عقد قرارداد اقدام شود و در غیر اینصورت از عقد قرارداد جلوگیری گردد. زیرا که قطعاً هنگام اجرای کار، پیمانکار با مشکلاتی مواجه خواهد شد و بدنبال آن تاخیر در اجرای پروژه را در پی خواهد داشت.
- **بررسی وضعیت مالی پیمانکار قبل از عقد هر قرارداد:** عدم عقد قرار داد با پیمانکاری که متناسب با حجم پروژه از وضعیت مالی مناسب برخوردار نمی‌باشد.
- **بررسی وضعیت ماشین آلات و ابزار آلات اجرایی پیمانکار:** عدم عقد قرار داد با پیمانکاری که متناسب با حجم پروژه از ماشین آلات و ابزار آلات تملیکی مناسب برخوردار نمی‌باشد. لازم بذکر است در صورت ادعای پیمانکار مبنی بر استفاده از

ماشین آلات اجاره ای، مدارک مربوطه باید ارائه گردیده و ضمیمه قرار داد شوند و در هر مرحله از اجرا که خلاف آن ثابت شد، ضمن جریمه نقدی پیمانکار، نسبت به فسخ قرار داد و واگذاری آن به پیمانکار دیگر اقدام شود.

➤ **بررسی مهارت پرسنل پیمانکار قبل از عقد قرارداد:** کلیه پرسنل پیمانکار باید دوره‌های لازم فنی مرتبط با شبکه‌های خطوط اصلی آب و فاضلاب را گذرانده باشند و مدرک مربوطه در پرونده آن‌ها ثبت شده باشد. لذا خلاصه کلیه سوابق آموزشی پرسنل پیمانکار باید موجود و ضمیمه قرار داد شود و هر مرحله از اجرای پروژه که از پرسنل متفرقه استفاده گردد، نسبت به جریمه پیمانکار و فسخ قرارداد اقدام شود.

➤ **وجود سوابق فوق برای کلیه پیمانکاران مجاز شرکت آب و فاضلاب:** با توجه به اینکه در برخی موارد، پیمانکارانی که طرف قرارداد با شرکت آب و فاضلاب هستند، خود نسبت به اجرای پروژه‌ها اقدام نمی‌کنند و آن را به پیمانکاران دیگر (که پیمانکار جزء نامیده می‌شوند، واگذار می‌نمایند. لذا باید کلیه سوابق فوق برای تمامی پیمانکاران مجاز طرف قرارداد با شرکت آب و فاضلاب موجود بوده و پیمانکار طرف قرارداد ملزم به ضمیمه کردن آن‌ها در قرارداد باشد.

➤ **ایجاد سیستم مکانیزه تعیین میزان منابع و مصالح موجود:** در اجرای پروژه‌هایی که کارفرما موظف به فراهم کردن منابع و مصالح مورد نیاز پروژه است، باید قبل از عقد قرارداد با پیمانکار، توسط سیستم مکانیزه، منابع و مصالح مورد نیاز پروژه را مشخص نموده و سپس مشخص شود آیا آنها هنگام شروع پروژه به میزان کافی موجود می‌باشند یا خیر؟ در صورت عدم وجود آنها، همزمان با عقد قرارداد، فرایندی وجود داشته باشد که به طور همزمان نسبت به خرید منابع و مصالح مورد نیاز اقدام شود.

➤ **افزایش تعهد و مسئولیت پذیری پیمانکار:** بررسی پروژه‌های اجرا شده سال‌های قبل، ثابت نموده است پیمانکاران متعهد و مسئولیت پذیری در اجرای پروژه‌ها سرعت بیشتری دارند. زیرا که اجرای پروژه برای پیمانکار همان قدر مهم است که برای کارفرما مهم می‌باشد. لذا جهت تحقق این موضوع پیشنهاد می‌شود کمیته ای در مناطق وجود داشته باشد که پیمانکاران متعهد را شناسایی و ضمن تشویق آنها به صورت مادی، سعی شود پروژه‌های بیشتری را به آنها واگذار نمایند که سایر پیمانکاران نیز به این مهم تشویق شوند.

➤ **عدم تعلل در صورت وضعیت پروژه‌های خاتمه یافته توسط پیمانکار:** لازم بذکر است یک پروژه زمانی خاتمه یافته محسوب می‌شود که صورت وضعیت مالی آن انجام شود. لذا پیشنهاد می‌شود که زمان عقد قرارداد، مفادی (بندی) وجود داشته باشد که پیمانکار را ملزم نماید بلافاصله بعد از اجرای پروژه، نسبت به صورت وضعیت پروژه اجرا شده، اقدام گردد و در غیر اینصورت به ازای هر روز تاخیر، مبلغی از قرارداد کسر شود.

➤ **جلو گیری از حوادث ناشی از عدم رعایت نکات ایمنی توسط پیمانکاران:** یکی از عوامل تاخیر پروژه، عدم به کار گیری موارد ایمنی و بروز حادثه می‌باشد که ممکن است روزها اجرای پروژه را به تاخیر بیاندازد. لذا پیشنهاد می‌شود هنگام عقد قرارداد کلیه موارد ایمنی مورد نیاز در اجرای پروژه، در قرارداد لحاظ شده و از وجود آنها در اکیپ پیمانکار مطمئن شد. ضمن این که کارشناسان ایمنی ملزم به بازدیدهای مرتب از اکیپ‌های پیمانکار بوده و در صورت مشاهده موارد غیر ایمن، بعد از اخذ تعهد در دفعه اول، در صورت تکرار از ادامه کار ممانعت نموده و کلیه خسارات ناشی از تاخیر اجرای پروژه را از پیمانکار اخذ گردد.

➤ **برخورد دقیق و مطابق قرارداد با پیمانکار:** مفاد قرارداد با پیمانکاران دارای چارچوب درست و دقیقی می‌باشد و لیکن اجرای آنها توسط پیمانکار همواره با تعلل بوده است و مجریان طرح مناطق اجرای خطوط اصلی آب و فاضلاب هم به علت مشغله زیاد، قادر به کنترل آن نمی‌باشند. لذا پیشنهاد می‌گردد افراد خاصی در مناطق وجود داشته باشند که اجرای دقیق قراردادهای منعقد را پیگیری نمایند که قطعاً این کار باعث وصول بسیاری از اهداف و بدنبال آن کاهش تاخیر پروژه‌ها خواهد شد.

با توجه به تجربیاتی که محقق در روند اجرای این پژوهش بدست آورده است پیشنهاد می‌گردد در پژوهش به شناسایی و اولویت بندی اختلافات بین کارفرما و پیمانکار در پروژه‌های آب و فاضلاب استان بوشهر پرداخته شود. همچنین پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آتی

به بررسی تاثیر اجرای مدیریت دانش و فناوری اطلاعات بر کاهش تاخیرات در پروژه‌های آب و فاضلاب استان بوشهر پرداخته شود. و در نهایت باید بیان کرد که نمونه این مطالعه فقط محدود به کارشناسان و خبرگان حوزه آب و فاضلاب استان بوشهر بوده است که در نتیجه تعمیم نتایج این پژوهش برای سایر جوامع آماری باید با احتیاط صورت بگیرد.

## مراجع

- [1] Davari, Kamran, (2006), A Study of the Use of Project Management in Water and Sewerage Projects A Case Study of Sewerage Project Management in Neishabour, Torbat Heydariyeh and Sabzevar Ansari Hossein, *The First National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management*, Ahvaz, Chamran University.
- [2] Aziz, R. F. (2013). Ranking of delay factors in construction projects after Egyptian revolution. *Alexandria Engineering Journal*, 52(3), 387-406.
- [3] M.F. Nagata, W.A. Manginelli, J.S. Lowe, T.J. Trauner, (2018), *Chapter Eighteen - Delays and the Contract*, in: *Construction Delays (Third Edition)*, Butterworth-Heinemann, 2018, pp. 355-385.
- [4] Sambasivan, M., & Soon, Y.W. (2007). Causes and effects of delays in Malaysian construction industry. *International Journal of Project Management*, 25: 517-526.
- [5] Mosalman Yazdi, H., Mosalman Yazdi, M., Mohammadi, E. (2019). Delay Determination of Subway Construction Project by Fuzzy MCDM (Case Study, Karaj Subway). *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 51(1), 143-156.
- [6] Hazri, Farshad, (2014), *Investigating the causes of delays in construction projects in Mashhad and presenting solutions to get out of it*, Master Thesis, Ferdowsi University of Mashhad.
- [7] Heydariyeh, Seyed Abdullah, Kheirandish Ali, Ali, (2016), Identifying and prioritizing the causes of delays in wastewater collection network development projects by FAHP fuzzy hierarchy analysis, *Conference on Applied Research in Industrial Management*, Semnan, Islamic Azad University, Semnan Branch.
- [8] Mo'meni, Abolfazl; Khairkhah, Amirsaman. (2007). Multi-project budgeting model to prevent project delays, *International Project Management Conference*
- [9] Aziz, R. F., & Abdel-Hakam, A. A. (2016). Exploring delay causes of road construction projects in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 55(2), 1515-1539.
- [10] Assaf, A. and Al-Heji, S. (2006) "Causes of delay in large construction projects." *International Journal of Project Management* 24, pp. 349-357
- [11] Le-Hoai, L., Dai Lee, Y. and Yong Lee, J. (2008) "Delay and Cost Overruns in Vietnam Large Construction Projects: A Comparison with Other Selected Countries". *KSCE Journal of Civil Engineering* 12, pp. 367-377
- [12] Fugar, F. D. and Agyakwah-Baah, A. B. (2010). "Delays in building construction projects in Ghana." *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 10, pp. 103-116.
- [13] Haseeb, M., Lu, X., Bibi, A., Dyian, M. and Rabbani, W. (2011). " Causes and Effects of Delays in Large Construction Projects of Pakistan". *Australian Journal of Business and Management*, 5, pp. 41-50.
- [14] Hamzaha, N., Khoirya, M.A., Arshada, I., Tawilb, N.M. and Che Ani, A.I. (2011) "Cause of construction delay theoretical framework". *Procedia Engineering* 20, pp. 490 – 495
- [15] Doloi, H., Sawhney, A., Iyer, K. C. and Rentalala, S. (2012). "Analysing factors affecting delays in Indian construction projects". *International Journal of Project Management*, 30, pp. 479- 489.
- [16] Pourrostami, T., (2011), "Significant effective factors and effects of delays in Iran's infrastructure projects."

[17] Fateh, Mohammad Ali, Valipour, Ali Reza, (2017), Investigating the causes of delays in construction projects with emphasis on problems in human resource management, 2nd International Conference on Civil Engineering, *Architecture and Crisis Management*, Tehran, Allameh Majlisi University.