Journal of Structural and Construction Engineering, 11(9), 2024, pp. 52-77

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Applying project knowledge management with a classification approach to enhance time and cost efficiency in water reservoir projects.

Salar jafari[1], Sina Fard Moradinia[2*], Ebrahim Salami[3]

1- Bachelor of Engineering and Construction Management, Technical and engineering faculty, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2- Assistant Professor, Technical and engineering faculty, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
3- Assistant Professor, Civil Engineering Dep, Payam e Noor University, Tehran, Iran.

ABSTRACT

Predicting project time and cost prior to any operational activities and financial issues is crucial for project managers and planners. It plays a vital role in decision-making throughout the project. Therefore, a high level of risk and uncertainty in initial estimates can undermine the value of estimates during the project's stages, leading to a mismatch between the cost and time of project activities. Previous studies have investigated various methods to mitigate potential events (risks) and minimize their impact on project objectives. Various tools and techniques have also been employed to manage risks in projects. This proposed research aims to enhance the predictability of initial cost and time estimates for projects by considering the influence of potential events over time through the integration of probable events using the concept and idea of classification. The study focuses on examining the initial cost and time estimate for the construction project of the SE4 reservoir with a volume of 10,000 cubic meters in Tabriz. The initial estimate was conducted based on a three-factor civil project contract, taking into account the base price list and circular No. 4311 (General Contractual Conditions). The projected amount for the project was estimated to be 37,152,190,395 Iranian rials, with a duration of 730 days. Using the research method, the estimated project completion time was adjusted to 978 days, and the final project cost was predicted to be 54,001,959,748 Iranian rials. This difference indicates that probable events that may occur during the project execution have an impact on the cost and time estimates of the project. Therefore, by identifying probable events and assessing their impact on the project's time and cost using a classification approach, a significant improvement in the accuracy of cost and time estimates can be achieved.

ARTICLE INFO

Receive Date: 13 June 2023
Revise Date: 10 October 2023
Accept Date: 08 April 2024

Keywords:
Time
Cost
Classification
Risk
General conditions of the contract

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2024.398547.3125

*Corresponding author: Sina Fard Moradinia
Email address: Fardmoradinia@iaut.ac.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

Journal of Structural and Construction Engineering
JSCE
نشریه علمی-پژوهشی مهندسی سازه و ساخت

بکارگیری مدیریت دانش پروژه جهت بهره وری زمان و هزینه مخازن ذخیره آب با رویکرد طبقه بندی

سالار جعفری[۱]، سینا فرد مرادی نیا[۲*]، ابراهیم سلامی[۳]

۱- دانش آموخته مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- استادیار، ، دانشکده فنی و مهندسی ، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۳- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

چکیده

پیش‌بینی زمان و هزینه پروژه قبل از هرگونه فعالیت عملیاتی و مسائل مالی، برای مدیران پروژه و برنامه‌ریزان بسیار حائز اهمیت است و به عنوان بعد حیاتی تصمیم‌گیری در روند فعالیت‌های یک پروژه عمل می‌کند. در نتیجه، سطح بالای ریسک و عدم اطمینان در مورد برآوردهای اولیه، می‌تواند باعث ضعف ارزش برآوردها در طول مراحل پروژه شود. این موضوع ممکن است باعث عدم هماهنگی هزینه و زمان اجرای فعالیت‌ها شود. اکثر مطالعات قبلی روش‌های مختلفی را برای جلوگیری از رویدادهای محتمل (ریسک) و کاهش تأثیر آن‌ها بر هدف‌های پروژه، مورد بررسی قرار داده‌اند. همچنین، از ابزار و تکنیک‌های مختلفی نیز برای مدیریت ریسک در پروژه استفاده شده است. این تحقیق پیشنهادی برای بهبود قابلیت عدم اطمینان در برآورد اولیه هزینه و زمان پروژه‌ها با تأثیر رویدادهای محتمل در طول زمان اجرای آن‌ها، از طریق یکپارچه‌سازی رویدادهای محتمل با استفاده از مفهوم و ایده طبقه‌بندی است. در این تحقیق، برآورد اولیه هزینه و زمان برای پروژه ساخت مخزن SE4 با حجم ۱۰۰۰۰ مترمکعب در تبریز مورد بررسی قرار گرفت. برآورد اولیه براساس یک قرارداد پروژه عمرانی سه عاملی و با توجه به لیست قیمت پایه و دایره نامه شماره ۴۳۱۱ (شرایط عمومی قرارداد) انجام شد و مبلغ ۳۷،۱۵۲،۱۹۰،۳۹۵ ریال و مدت زمان ۷۳۰ روز برای این پروژه پیش‌بینی شد. با استفاده از روش تحقیق، تخمین زمان پایان پروژه به ۹۷۸ روز و هزینه پایانی پروژه به ۵۴،۰۰۱،۹۵۹،۷۴۸ ریال تغییر کرد. این تفاوت نشان می‌دهد که رویدادهای محتملی که در طول زمان اجرای پروژه ممکن است رخ دهند، بر تخمین هزینه و زمان پروژه تأثیر دارند. بنابراین، با شناسایی رویدادهای محتمل و محاسبه تأثیر آن‌ها بر زمان و هزینه پایان پروژه با استفاده از رویکرد طبقه‌بندی، می‌توان بهبود قابل توجهی در دقت برآورد هزینه و زمان پروژه داشت.

کلمات کلیدی: زمان ، هزینه ، طبقه‌بندی، ریسک، شرایط عمومی پیمان

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	https://doi.org/10.22065/jsce.2024.398547.3125
۱۴۰۲/۰۷/۲۳	۱۴۰۲/۰۹/۱۸	۱۴۰۳/۰۱/۲۰	۱۴۰۳/۰۱/۲۰	۱۴۰۳/۰۹/۳۰	doi: 10.22065/jsce.2024.398547.3125

**نویسنده مسئول*: سینا فرد مرادی نیا

پست الکترونیکی: fardmoradinia@iaut.ac.ir

۱- مقدمه

پروژه‌ها دارای عناصر استراتژیک و اقتصادی متعددی هستند و تحت محدودیت‌هایی مانند منابع، زمان، هزینه و کیفیت قرار دارند. عدم قطعیت و ریسک در محیط اجرای پروژه‌ها فرصت‌ها و تهدیداتی را برای انجام پروژه ایجاد می‌کند. مدیریت پروژه شامل استفاده از ابزار، فرآیند و مهارت‌های مورد نیاز برای انجام موفقیت‌آمیز پروژه است. در مدیریت پروژه، عدم قطعیت و ریسک می‌توانند باعث ایجاد فرصت‌ها و تهدیداتی در انجام پروژه شوند. در شرایطی که احتمال دقیق رخداد رویدادهای آینده را ندانیم، مدیریت و برنامه‌ریزی اتفاقات و رخدادهای آینده به مراتب پیچیده‌تر می‌شود. انجام موفقیت‌آمیز یک پروژه نیز به تحلیل دقیق رویدادهای احتمالی در طول عمر اقتصادی پروژه وابسته است. همچنین، در هر پروژه‌ای علاوه بر توانایی پرداخت بدهی‌ها، سودآوری مناسبی نیز باید وجود داشته باشد. وجود رویدادهای مختلف می‌تواند جریان‌های نقدی پروژه را تحت تأثیر قرار داده و در صورت عدم کنترل، منجر به کمبود نقدینگی و شکست پروژه می‌شود. در مدیریت پروژه، شناسایی و کنترل رویدادهای مختلف در طول اجرای پروژه بسیار حائز اهمیت است. با شناسایی رویدادهای احتمالی قبل از شروع پروژه و بررسی تأثیر آنها به زمان و هزینه پروژه، می‌توان برنامه‌ریزی اولیه موثری را برای حصول اهداف پروژه انجام داد. در این تحقیق، با شناسایی رویدادهای احتمالی و محاسبه اثرات هر یک از آنها در صورت وقوع، با طبقه‌بندی رویدادها و محاسبه احتمال وقوع آنها، با استفاده از ضرب ماتریسی، اثرات رویدادهای احتمالی بر روی برآورد اولیه هزینه و زمان پروژه مورد مطالعه شده است.

روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)[1] معمولاً شامل ارزیابی گزینه‌های جایگزین با توجه به معیارهای تصمیم گیری و تعیین وزنهای اهمیت به معیارها هستند. اما پس از تصمیم گیری، تصمیم گیرنده ممکن است با احتمالات مختلفی در معیارها روبه‌رو شود و دچار تردید شود که آیا وزن دهی مناسب به معیارها اختصاص داده شده است یا خیر. روش تصمیم گیری چند معیاره متمایز شده (SMCDM)[2] ، به روش طبقه‌بندی (CST)[3] که توسط لطفی زاده پیشنهاد شده است، متکی است. در این روش، یک درخت تصمیم با استفاده از داده‌های آماری ساخته می‌شود و معیارهای مرتبط با هر گزینه با استفاده از درخت تصمیم طبقه‌بندی می‌شوند. این روش می‌تواند به تصمیم گیرنده در انتخاب بهترین گزینه کمک کند و احتمالات مختلف در معیارها را بررسی کند[۱و۴]. روش طبقه‌بندی یک رویکرد نوآورانه است که توسط لطفی زاده پیشنهاد شده و به صورت یک سیستم محاسباتی عمل می کند. این روش داده‌ها را به روش طبقه بندی در کنار هم قرار می دهد و با استفاده از این داده‌های طبقه بندی شده، حالتهای خروجی را بدست می آورد. به عبارت دیگر، روش طبقه‌بندی ورودی هایی را دریافت می‌کند که برای انتقال حالتها به حالتهای دیگر استفاده می شوند و داده‌های انتقالی در حالتهای خروجی به صورت منفرد یا ترکیبی از داده ها کنار هم بصورت طبقه بندی شده قرار می‌گیرند[۱].

کات و گین[4] [۵] یک برنامه تصادفی برای بررسی تأثیر عدم قطعیت در طراحی و مدت زمان فعالیت‌ها و همچنین برنامه‌ریزی و روابط آنها ارائه داده‌اند. یافته‌های این بررسی نشان می‌دهند که وقتی عدم قطعیت طراحی با چندین گزینه مدل‌سازی می‌شود و تصمیمات تاخیری در مورد جایگزین نهایی گرفته می‌شوند، مدت زمان فعالیت تصادفی و مرتبط با آن تأثیر محدودی دارد. بدوی و همکاران[5] [۶]عوامل موثر بر ریسک کلی در پروژه های مسکونی را مورد شناسایی قرار دادند. برای این کار یک مدل پرسپترون چند لایه با یک لایه پنهان پیشنهاد دادند و عملکرد آن را با استفاده از معیارهای مختلف ارزیابی کردند. نتایج نشان می‌دهد که این مدل با دقت بالا و میزان خطا کمتر از آستانه مورد نیاز، به صورت قابل قبولی عمل کرده است سیفی الاسلام و همکاران[6] [۷] یک نظریه مجموعه فازی یکپارچه و مدل شبکه فازی برای تعیین هزینه‌های احتمالی واقعی برای پروژه‌های زیرساختی ارائه دادند. در این تحقیق، ارزیابی ریسک به طور سیستماتیک برای فازهای پروژه انجام مشد و یافته‌های آن نشان می‌دهد که می‌توان به صورت کلی و سیستماتیک ریسک را برای فازهای

[1] Multi Vriteria Decision Making
[2] Stratified multi criteria decision making
[3] Concept of stratification
[4] Michal Kaut, Hajnalka Vaagen
[5] Mohamed Badawy, Fahad Alqahtani, Hisham Hafez
[6] Muhammad Saiful Islam, Madhav Prasad Nepal, Martin Skitmore, Robin Drogemuller

پروژه اعمال کرد. هژیر و اولیسوی[7] [۸] یک روش طبقه‌بندی برای منابع اصلی عدم قطعیت در پروژه‌ها ارائه داده و سپس مطالعات را در زمان‌بندی پروژه با توجه به منابع عدم قطعیتی که ذینفعان به آن اشاره می‌کنند، دسته‌بندی کرده‌اند. نتایج ارائه شده به محققان کمک می‌کند تا شکاف‌های تحقیقاتی در مدل‌سازی عدم قطعیت پروژه را شناسایی کنند. ینیر و فریال کن[8] [۹] یک رویکرد سه مرحله‌ای برای ارزیابی ریسک فازی مبتنی بر حالت‌های شکست و تحلیل اثرات (FMEA)پیشنهاد کرده‌اند. در این رویکرد، ابتدا حالت‌های شکست برای هر یک از فازهای پروژه شناسایی شده و سپس اثرات هر یک از حالت‌های شکست بر روی پروژه با استفاده از روش FMEA مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در نهایت، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، اقدامات پیشگیرانه برای مدیریت ریسک‌های فازی در پروژه انجام می‌شود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ارزیابی‌های کارشناسان و مدل‌سازی ریاضی همان FMEA را برای پیشگیری در درجه اول شناسایی می‌کنند. عبدالباسط و همکاران[9] [۱۰]، از اعداد نوتروزوفیک ذوزنقه ای برای تخمین مدت زمان فعالیت استفاده نموده‌اند. نتیجه تحقیق به حداقل رساندن زمان فعالیت‌ها با اعمال امتیاز و توابع دقت بوده است. ساندا و همکاران[10] [۱۱] در تحقیقی به ارائه چارچوبی برای ارزیابی و مدیریت در پروژه‌های PPP[11] پرداخته‌اند. این تحقیق به صورت موردی در پروژه‌های PPP ساختمانی در کشور نیجریه انجام شده است. نتایج بدست آمده در این تحقیق مشخص کرده است که انتقال ریسک مهمترین تمهید مورد استفاده برای مدیریت ریسک پروژه‌های PPP بوده و شناسایی ریسک در رتبه دوم قرار دارد. لیو و همکاران[12] [۱۲] این با هدف شناسایی عوامل ریسک از طریق بررسی پرسشنامه و بررسی ادبیات و محاسبه سطح کلی ریسک با رویکرد یکپارچه با فرآیند سلسه مراتبی تحلیلی فازی (AHP فازی) تحقیقی انجام دادند. نتایج شناسایی عوامل شامل بازار، سیاست اجتماعی و محیط زیست، ظرفیت، همکاری و هماهنگی، تشکیل اتحاد و تعهد ریسک و ریسک توزیع سود میباشد. ریباس و همکاران[13] [۱۳] مطالعه‌ای باعنوان ارزیابی ریسک پروژههای احداث نیروگاه برق آبی با تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام داداند. این مطالعه گزارشی از کاربرد تصمیم‌گیری چندمعیاره برای شناسایی حوادث خطر برای نیروگاه برق آبی سانتونیو را ارائه داده است. برای اجتناب از مشکلات ناشی از عدم دقت قضاوت ذهنی، از رویکرد فازی استفاده شده است. یافته های-تحقیق نشان داده است این مدل در رتبه‌بندی رویدادهای ریسک از دیدگاه دو گروه کارآمد بوده، بنابراین رویکردی منطقی و شفاف برای مدیریت ریسک در پروژه‌های بزرگ ایجاد کرد. ولی‌پور و همکاران[14] [۱۴] مطالعه‌ای با عنوان بررسی و مقایسه روش‌های تصمیم گیری چندمعیاره برای ارزیابی ریسک پروژههای PPP انجام دادند. در این تحقیق از ۵ معیار ارزیابی و ۱۰ ریسک رایج در پروژههای PPP استفاده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که روشهای SWARA، CORRASو EDAS ازقابلیت بالاتری برخوردارند. سینگ و همکاران[15] [۱۵] از روش FMEA برای ارزیابی ریسک در پروژه‌های PPP استفاده کردند. بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که ریسک مربوط به پیمانکار، ریسک‌های ناشی از کمبود تجهیزات ایمنی و ریسک عدم تخصص کارکنان مهمترین ریسک‌های موجود در پروژه ساخت مترو به شمار می‌روند آدار و همکاران[16] [۳] در تحقیقی به ارزیابی و شناسایی ریسک‌های موجود در پروژههای آب و تصفیه فاضلاب شهری پرداختند. بدین منظور از دو روش دیاگرام علت -معلول و روش کلاسیک FMEA استفاده شده است. نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان داد که مهمترین ریسک‌های موجود در پروژه‌های آب و تصفیه فاضلاب شهری به ترتیب شامل موارد زیر است: سائیدگی لوله-ها، طراحی راکتور، انتخاب اشتباه مواد، خطر انفجار حین جوشکاری، صدمات وارد شده به کارگران و سر و صدای محیطی. دانیلسن و همکاران[17] [۱۶] در تحقیقی به بررسی ریسک‌های موجود در پروژههایPPP کشور نروژ بر اساس ابعاد HSE پرداختند. نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان داد در حال حاضر شکاف معنی‌داری راجع به درک صنایع از دانش و مهارتهای HSE وجود دارد؛ بدین معنی که ابعاد

[7] Oncü Hazır, Gündüz Ulusoy
[8] Yelda Yener, Gülin Feryal Can
9 Mohamed Abdel-Basseta, Mumtaz Alib, Asmaa Atefa
10 Sanda, Y. N., Anigbogu, N. A., Nuhu, L. Y., & Olumide, O. S
11 Public-Private Partnership
12 Liu, J., Yin, Y., & Yan, S
13 Ribas, J. R., Arce, M. E., Sohler, F. A., & Suárez-García, A
[14] Valipour, A., Sarvari, H., & Tamošaitiene, J
[15] Singha, M., & Sarkarb, D
[16] Adar, E., İnce, M., Karatop, B., & Bilgili, M. S.
[17] Danielsen, D. A., Torp, O., & Lohne, J

مختلف بهداشت، ایمنی و ریسک در پروژه‌های PPP به درستی اجرا نمی شود و یک فاصله معنی‌دار به شرایط ایده‌آل و شرایط فعلی اجراء پروژه‌های عمرانی وجود دارد. روشنی [۱۷] تیم ارزیابی از کارشناسان خبره و با تجربه مرتبط تشکیل و نظرات در قالب سه تکنیک FMEA معمولی، FMEA اصالح شده با ماتریس‌های وزن دار فاکتورهای ریسک و وزن دادن به عملیات‌های اجرایی مرتبط با ریسک‌ها و AHP[18] ، تجزیه تحلیل شده و نتایج اولویت بندی هر سه روش، مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داده است روش اصلاح محدودیت-های FMEA ارائه شده در تحقیق، رابطه معنا داری با نتایج حاصل از تکنیک AHP داشته و از اطمینان بالاتری نسبت به تکنیک FMEA معمول، برخوردار است. میربرونی و رضوی [۱۸] مطالعه‌ای با عنوان مدیریت ریسک پروژه‌های صنعت خودرو با استفاده از روش FMEA انجام داده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهند استفاده از آنالیز حالات بالقوه خرابی برای مدیریت ریسک پروژه باعث اطمینان از شناسایی نقاط ضعف پروژه شده و مدلی کاربردی جهت شناسایی و کاهش ریسک‌های پروژه می گردد. ژو و همکاران[19] [۱۹] مطالعه‌ای باعنوان اولویت بندی ریسکهای پروژه‌های نیروگا ههای برق آبی انجام داده‌اند. نتایج به دست آمده در مقایسه با آمار واقعی از خرابی تجهیزات یک نیروگاه برق در چین نشان می‌دهد که روش پیشنهادی از قدرت بالایی برای پیش بینی و ارزیابی ریسک‌ها برخوردار است. این نتایج راهنمایی نظری برای تحقق دیجیتال سازی از خرابی تجهیزات ارائه می‌دهند. خلیلی و همکاران [۲۰] مطالعه‌ای با عنوان بررسی و اولویت بندی میزان تاثیر ابعاد مدیریت ریسک بر موفقیت پروژه‌های ساختمانی شهر مشهد انجام داده‌اند. بر اساس نتایج فرضیه‌ها و سوال‌های تحقیق، مشخص شد که تنها شناخت ریسک و تجزیه و تحلیل کمی و کیفی ریسک بر موفقیت پروژه‌های ساختمانی تاثیر گذار می‌باشد. انصاری و رنجبر [۲۱] با استفاده هم زمان و یکپارچه از دو تکنیک مدیریت ارزش کسب شده (EVM)[20] و مدیریت ریسک پروژه (PRM)[21] از افزایش هزینه و زمان جلوگیری می‌کند، یافته‌های تحقیق سعی دارد ضمن گردآوری رویکرد های موجود جهت اجرای هم زمان EVM و PRM , به مدیران پروژه کمک کندکه با توجه به شرایط پروژه، یک رویکرد منطقی برای یکپارچه سازی دو روش انتخاب کرده و نتایج دقیق تری در برآورد هزینه و زمان پروژه به دست آورند. دهقانی [۲۲] در تحقیقی به شناسایی و اولویت بندی ریسک‌ها در چرخه حیات پروژه سد سازی بر اساس استاندارد PMBOK پرداخته است. نتایج پژوهش بیانگر این بوده‌اند که عدم تامین بودجه کافی برای اجرای طرح در زمان مناسب و تاخیر در پرداخت‌های پیمانکاران، در رتبه اول اهمیت میباشند.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه تحقیق

منطقه تحقیق پروژه احداث مخزن ۱۰۰۰۰ مترمکعبی 4SE تبریز بوده و قرارداد پروژه مذکور از نوع قرارداد طرحهای عمرانی سه عاملی مربوط به اداره آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی می‌باشد که براساس فهرست بهای واحد پایه سال۱۳۹۷با مدت ۲۴ ماهه و مبلغ ۳۷۱،۱۵۲،۱۹۰،۳۹۵ ریال بر پایه بخشنامه ۴۳۱۱ (شرایط عمومی پیمان) منعقد گردیده است.

۲-۲- مراحل تحقیق

بررسی ریسک‌های پروژه، شامل چهار مرحله اصلی است:

۱ -شناسایی ریسک‌های محتمل که ممکن است در طول زمان اجرای پروژه رخ دهند و در زمان و هزینه پروژه تاثیر بگذارند.

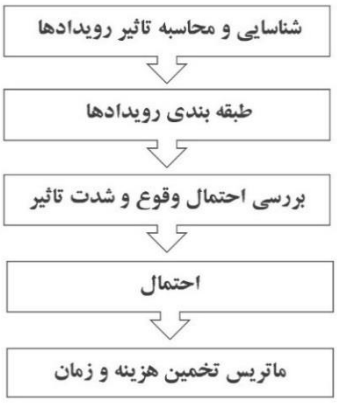
۲ -مشخص کردن تاثیر هر ریسک بر زمان و هزینه پروژه.

۳ -تعیین حالت‌ها و محاسبه تاثیرگذاری هر یک از حالت‌ها بر هزینه و زمان پروژه.

۴ -محاسبه احتمال وقوع هر حالت، و با استفاده از یک معادله ماتریسی مقادیر تخمینی برای زمان و هزینه محاسبه می‌شود.

[18] Analytical Hierarchy process
[19] Xu, B., Chen, D., Li, H., Zhuang, K., Hu, X., Li, J., ... & Patelli, E
[20] Earned value management
[21] project Risk Management

فلوچارت این روش شامل چهار مرحله اصلی است: شناسایی ریسک، مشخص کردن تاثیر هر ریسک، تعیین حالت‌ها، و محاسبه تاثیرگذاری هر حالت، که به شرح شکل (۱) می‌باشد[۲۳].



شکل۱: فلوچارت روش تحقیق.

با توجه به هدف این تحقیق که اعمال اثرات رویدادهای غیرقطعی (ریسک) در برآورد هزینه و زمان پروژها با رویکرد طبقه‌ای است براساس مطالعات کتابخانه‌ای و با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره متمایز شده (SMCDM) و مفهوم طبقه بندی (CST) ، نحوه استفاده و اعمال اثرات رویدادهای غیرقطعی با استفاده از رویکرد طبقه‌ای ارائه می‌شود. روش ارائه شده در تحقیق بر روی داده‌های پروژه مخزن ۱۰۰۰۰ متر مکعبی تبریز که براساس فهرست بهای سال ۱۳۹۷ برآورد گردیده است،[۲۴] اعمال میگردد، و با توجه به اینکه رعایت مفاد بخشنامه ۴۳۱۱ (شرایط عمومی پیمان) طبق قرارداد پروژه الزامی می‌باشد[۲۵]. رویدادهای در نظر گرفته شده برای روش تحقیق، رویدادهایی می‌باشند که در بخشنامه فوق به تاثیرات آنها اشاره گردیده است. این رویدادها نه تنها در پروژه مورد بحث، بلکه می توان گفت در تمامی قراردادهای طرح های عمرانی و غیرعمرانی که در آنها رعایت بخشنامه ۴۳۱۱ (شرایط عمومی پیمان) الزامی است قابل لمس می‌باشد.

۲-۳- رگرسیون خطی

رگرسیون خطی نوعی تابع پیش‌بینی‌کننده خطی است که در آن متغیر وابسته به صورت ترکیبی خطی از متغیرهای مستقل پیش‌بینی می‌شود، بدین معنی که هر کدام از متغیرهای مستقل در ضریبی که در فرایند تخمین برای آن متغیر به‌دست آمده ضرب می‌شود. جواب نهائی مجموع حاصل‌ضرب‌ها به علاوه یک مقدار ثابت خواهد بود که آن هم در فرایند تخمین به‌دست آمده‌است. رگرسیون خطی یک مدل آماری برای پیش‌بینی یک یا چند متغیر از روی یک یا چند متغیر دیگر است. به متغیرهایی که پیش‌بینی بر روی آن انجام می‌شود متغیر وابسته و به متغیرهایی که پیش‌بینی به کمک آن‌ها انجام می‌شود متغیرهای مستقل می‌گویند.

در این تحقیق از رگرسیون خطی برای پیش‌بینی شاخص های تعدیل، برای محاسبه تعدیل صورت وضعیت‌های کارکرد مربوط به هر ماه استفاد شده است. برای پیش‌بینی شاخص‌ها، از شاخص‌های سه ماهه‌های گذشته بعنوان متغیرهای مستقل استفاده گردیده است.

۲-۴- تعدیل

تعدیل در لغت به معنای متعادل کردن و همتراز کردن است و در پروژه‌ها و طرح‌های عمرانی نیز به معنای متناسب کردن قیمت‌ها به قیمت‌های روز می‌باشد. دستورالعمل نحوه تعدیل آحاد پیمان دربخشنامه شماره ۱۵/۰۹/۱۳۸۲ از نوع گروه اول یا همان لازم الاجرا به تصویب شورای عالی فنی توسط نظام فنی و اجرایی کشور به تمام دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران ابلاغ گردیده است. با-

توجه به مشمول بودن بخشنامه تعدیل برای پروژه مورد تحقیق از دستورالعمل محاسبه تعدیل برای صورت وضعیت‌های کارکرد استفاده گردیده است؛ و شاخص مبنای پیمان با توجه به قرارداد پروژه، سه ماهه سوم سال ۱۳۹۷ منظور گردیده است. رابطه (۱) فرمول محاسبه ضریب تعدیل را نشان میدهد

$$\text{ضریب تعدیل} = \left(\frac{\text{شاخص دوره انجام کار}}{\text{شاخص مبنای پیمان}}\right) \text{ در این تحقیق از } (۱ - ۰/۹۵ \times ۱) \quad (۱)$$

شاخص‌های پیش بینی شده با استفاده از رگرسیون خطی برای شاخص دوره کارکرد استفاده می‌گردد.

۵-۲- تاخیرات

در طی مراحل اجرای پروژه تاخیراتی رخ می‌دهند که بر زمان و هزینه اتمام پروژه تاثیر دارند و تاخیرات عمدتاً در قالب تاخیر در پرداخت صورت وضعیت‌های کارکرد و تعدیل، تاخیر در تحویل کارگاه از سوی کارفرما رخ می‌دهد. نظر به اینکه در پاره‌ای از موارد مطالبات پیمانکاران در مدت ضرب‌الاجل مقرر در شرایط عمومی پیمان پرداخت نشده و برمبنای بند "ج" از ماده ۲۰ شرایط عمومی پیمان این تاخیرات میتوانند موجب تمدید مدت پیمان باشند، که تاثیر هر یک از تاخیرات در پرداخت‌ها بر اساس بخشنامه ۵۰۹۰ و۱۳۰۰ مصوب سازمان برنامه و بودجه و تاثیر تاخیر در تحویل کارگاه طبق بند "ج" ماده ۲۸ شرایط عمومی پیمان محاسبه می‌گردد[۲۴ و ۲۵].

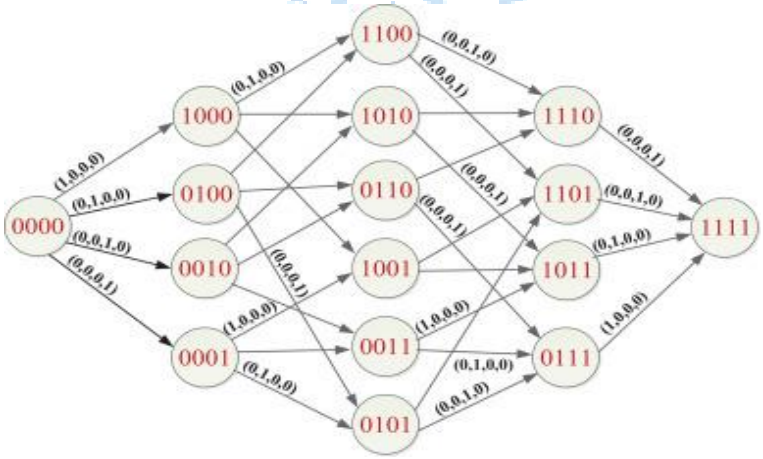
فرمول محاسبه تاخیرات در پرداختهای بخشنامه ۵۰۹۰ در رابطه (۲) آمده است

$$\text{مدت تمدید} = \frac{\text{مبلغ صورت وضعیت}}{\text{دوره صورت وضعیت}} \times \frac{\text{مدت اولیه پیمان}}{\text{م اولیه پیمان}} \times \text{مدت تاخیر در پرداخت} \times ۰/۶۹۷ \quad (۲)$$

فرمول محاسبه تاخیر در تحویل کارگاه طبق بخشنامه ۵۰۹۰ در رابطه (۳) آمده است

$$\text{مبلغ خسارت تاخیر تحویل کارگاه} = \left(\frac{\text{مدت تاخیر به ماه}}{\text{پس از کسر یک ماه}}\right)\left(\frac{\text{مبلغ کارهایی که در تحویل محل اجرای آن تاخیر شده است}}{\text{مبالغ اولیه پیمان}}\right)\left(\text{متوسط کارکرد فرضی ماهانه}\right)\frac{7.5}{100} \quad (۳)$$

از رویکرد طبقه‌بندی برای در نظرگرفتن ترکیبات مختلف اتفاق افتادن رویدادهای مختلف و احتمال وقوع هر رویداد با ترکیبات مختلف استفاده شده است. روش طبقه بندی یک ترکیب منظم از حالت های اتفاق افتادن رویدادها در کنار هم را نشان می‌دهد. در هر یک از طبقات رویدادها با ترکیب یک یا چند فعالیت در کنار هم حالتهای ترکیب رویدادها را تشکیل می‌دهند. شکل (۲) نمونه‌ای از گراف رویکرد طبقه‌بندی را نشان می‌دهد.



شکل۲ : گراف طبقه‌بندی.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- شناسایی و اثرات رویدادها

رویدادهای شناسایی شده برای پروژه در صورت وقوع میتوانند هزینه و زمان پروژه را افزایش یا کاهش دهند که از جمله این رویدادها میتوان به تعدیل، تعلیق، تاخیر در پرداخت‌ها و تحویل کارگاه اشاره نمود، که میزان تاثیر هریک از رویدادها به زمان و هزینه پروژه در صورت وقوع در جدول (۱) مشخص گردیده است[۲۵و۲۶و۲۷و۲۸].

جدول۱ : جدول اثرات زمانی و مالی رویدادها.

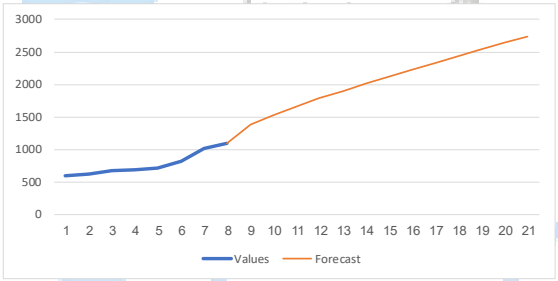
R	رویداد	مدت زمان رویداد (روز)	هزینه رویداد (ریال)
0	بدون هیچگونه رویدادی	730	37,152,190,395
1	تعدیل صورت وضعیت ها	730	64,943,404,398
2	تاخیر در پرداخت صورت وضعیت های کارکرد ماهیانه	946	39,727,173,583
3	تاخیر در پرداخت تعدیل صورت وضعیت ها	917	39,947,731,561
4	تعلیق به مدت سه ماه	820	37,616,592,775
5	تعلیق به مدت بیش از سه ماه تا شش ماه	910	38,080,995,155
6	تعلیق به مدت سه ماه پیش از آغاز موضوع پیمان	820	37,523,712,299
7	تعلیق به مدت بیش از سه ماه تا شش ماه پیش از آغاز موضوع پیمان	910	37,895,234,203
8	افزایش تا ۱۰ درصد مبلغ اولیه پیمان بدستور مشاور	803	40,867,409,435
9	افزایش تا ۲۵ درصد مبلغ اولیه پیمان بدستور کارفرما	913	46,440,237,994
10	کاهش تا ۱۰ درصد مبلغ اولیه پیمان بدستور مشاور	730	33,436,971,356
11	کاهش تا ۲۵ درصد مبلغ اولیه پیمان بدستور کارفرما	730	27,864,142,796
12	تاخیر در تحویل کارگاه تا ۳۰ روز(یک ماه) از تاریخ مبادله پیمان	760	37,152,190,395
13	تاخیر بیش از یک ماه تا شش ماه در تحویل کارگاه از تاریخ مبادله پیمان	910	37,326,341,287
14	قیمت جدید معادل حداکثر ۱۰ درصد مبلغ اولیه پیمان	803	40,867,409,435

۳-۲- اثرات تعدیل

برآورد اولیه پروژه در یک بازه زمانی غیرمشخص تا تاریخ ۹۷/۹/۱۸ (تاریخ انتظار اسناد مناقصه) براساس فهرست بهای سال ۱۳۹۷ صورت گرفته است و شاخص مبنای تعدیل سه ماهه قبل از اخرین روز فرصت ارائه پیشنهاد قیمت (سه ماهه دوم ۱۳۹۷) می‌باشد و قطعاً در تاریخ مذکور شاخص‌های تعدیل ۲۴ ما آینده از سوی سازمان برنامه و بودجه کشور مشخص نگردیده است که یکی بهترین راهکارها برای پیش‌بینی شاخص‌های آینده استفاده از روش رگرسیون خطی با استفاده از شاخص‌های تعدیل ماه‌های گذشته می‌باشد که در جدول (۲) و نمودار شکل (۳) محاسبه گردیده است.

جدول ۲: جدول شاخص‌های تعدیل ماه‌های گذشته

شاخص تعدیل			
سال	سه ماهه	وضعیت	شاخص
1395	چهارم	معلوم	599.1
1396	اول	معلوم	626.7
	دوم	معلوم	670.9
	سوم	معلوم	691.8
	چهارم	معلوم	714.2
1397	اول	معلوم	823.2
	دوم	معلوم	1020.53
	سوم	معلوم	1089.9
	چهارم	مجهول	1383.09
1398	اول	مجهول	1530.78
	دوم	مجهول	1662.37
	سوم	مجهول	1785.07
	چهارم	مجهول	1901.91
1399	اول	مجهول	2014.53
	دوم	مجهول	2123.92
	سوم	مجهول	2230.73
	چهارم	مجهول	2335.43
1400	اول	مجهول	2438.35
	دوم	مجهول	2539.75
	سوم	مجهول	2639.84
	چهارم	مجهول	2738.76



Forecast	Values	Timeli
	599.1	1
	626.7	2
	670.9	3
	691.8	4
	714.2	5
	823.2	6
	1020.53	7
1089.90	1089.9	8
1383.09		9
1530.78		10
1662.37		11
1785.07		12
1901.91		13
2014.53		14
2123.92		15
2230.73		16
2335.43		17
2438.35		18
2539.75		19
2639.84		20
2738.76		21

شکل ۳- نمودار پیش‌بینی شاخص‌های تعدیل

طبق بند "الف" ماده ۳۷ شرایط عمومی پیمان در آخر هر ماه پیمانکار طبق قرارداد صورت وضعیت کارکرد ماهانه را تسلیم کارفرما می‌نماید که متوسط کارکرد فرضی ماهانه برای پروژه به شرح جدول (۳) می‌باشد. با توجه به پیش بینی انجام شده برای شاخص دوره انجام کار و مشخص بودن شاخص مبنای تعدیل در قرارداد، مبلغ تعدیل طبق بخشنامه شماره ۱۰۱/۱۷۳۰۷۳ مورخ ۱۳۸۲/۰۹/۱۵ منضم به پیمان در جدول شماره (۳) محاسبه گردیده است.

جدول ۳: جدول تعدیل صورت وضعیت‌های کارکرد

مبلغ قرارداد	ریال ۳۷,۱۵۲,۱۹۰,۳۹۵	مدت قرارداد	ماه ۲۴	متوسط کارکرد فرضی ماهانه	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳
تعدیل صورت وضعیت های کارکرد مطابق بخشنامه مربوطه					
صورت وضعیت	دوره صورت وضعیت (سه ماهه)	مبلغ صورت وضعیت	شاخص مبنا	شاخص دوره کارکرد	ضریب تعدیل	مبلغ تعدیل
صورت وضعیت ۱	اول ۱۳۹۸	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۱۵۳۰.۷۸۲	۰.۳۸۴	ریال ۵۹۴,۸۸۴,۲۰۴
صورت وضعیت ۲	اول ۱۳۹۸	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۱۵۳۰.۷۸۲	۰.۳۸۴	ریال ۵۹۴,۸۸۴,۲۰۴
صورت وضعیت ۳	اول ۱۳۹۸	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۱۵۳۰.۷۸۲	۰.۳۸۴	ریال ۵۹۴,۸۸۴,۲۰۴
صورت وضعیت ۴	دوم ۱۳۹۸	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۱۶۶۲.۳۷۴	۰.۴۹۹	ریال ۷۷۲,۴۴۱,۴۳۹
صورت وضعیت ۵	دوم ۱۳۹۸	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۱۶۶۲.۳۷۴	۰.۴۹۹	ریال ۷۷۲,۴۴۱,۴۳۹
صورت وضعیت ۶	دوم ۱۳۹۸	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۱۶۶۲.۳۷۴	۰.۴۹۹	ریال ۷۷۲,۴۴۱,۴۳۹
صورت وضعیت ۷	سوم ۱۳۹۸	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۱۷۸۵.۰۶۹	۰.۶۰۶	ریال ۹۳۷,۹۹۵,۴۸۹
صورت وضعیت ۸	سوم ۱۳۹۸	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۱۷۸۵.۰۶۹	۰.۶۰۶	ریال ۹۳۷,۹۹۵,۴۸۹
صورت وضعیت ۹	سوم ۱۳۹۸	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۱۷۸۵.۰۶۹	۰.۶۰۶	ریال ۹۳۷,۹۹۵,۴۸۹
صورت وضعیت ۱۰	چهارم ۱۳۹۸	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۱۹۰۱.۹۱۴	۰.۷۰۸	ریال ۱,۰۹۵,۶۵۴,۵۲۳
صورت وضعیت ۱۱	چهارم ۱۳۹۸	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۱۹۰۱.۹۱۴	۰.۷۰۸	ریال ۱,۰۹۵,۶۵۴,۵۲۳
صورت وضعیت ۱۲	چهارم ۱۳۹۸	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۱۹۰۱.۹۱۴	۰.۷۰۸	ریال ۱,۰۹۵,۶۵۴,۵۲۳
صورت وضعیت ۱۳	اول ۱۳۹۹	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۲۰۱۴.۵۳۵	۰.۸۰۶	ریال ۱,۲۴۷,۶۱۴,۴۶۷
صورت وضعیت ۱۴	اول ۱۳۹۹	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۲۰۱۴.۵۳۵	۰.۸۰۶	ریال ۱,۲۴۷,۶۱۴,۴۶۷
صورت وضعیت ۱۵	اول ۱۳۹۹	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۲۰۱۴.۵۳۵	۰.۸۰۶	ریال ۱,۲۴۷,۶۱۴,۴۶۷
صورت وضعیت ۱۶	دوم ۱۳۹۹	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۲۱۲۳.۹۲۳	۰.۹۰۱	ریال ۱,۳۹۵,۲۱۲,۳۹۷
صورت وضعیت ۱۷	دوم ۱۳۹۹	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۲۱۲۳.۹۲۳	۰.۹۰۱	ریال ۱,۳۹۵,۲۱۲,۳۹۷
صورت وضعیت ۱۸	دوم ۱۳۹۹	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۲۱۲۳.۹۲۳	۰.۹۰۱	ریال ۱,۳۹۵,۲۱۲,۳۹۷
صورت وضعیت ۱۹	سوم ۱۳۹۹	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۲۲۳۰.۷۳۵	۰.۹۹۴	ریال ۱,۵۳۹,۳۳۳,۹۴۵
صورت وضعیت ۲۰	سوم ۱۳۹۹	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۲۲۳۰.۷۳۵	۰.۹۹۴	ریال ۱,۵۳۹,۳۳۳,۹۴۵
صورت وضعیت ۲۱	سوم ۱۳۹۹	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۲۲۳۰.۷۳۵	۰.۹۹۴	ریال ۱,۵۳۹,۳۳۳,۹۴۵
صورت وضعیت ۲۲	چهارم ۱۳۹۹	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۲۳۳۵.۴۳۱	۱.۰۸۶	ریال ۱,۶۸۰,۶۰۱,۵۳۶
صورت وضعیت ۲۳	چهارم ۱۳۹۹	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۲۳۳۵.۴۳۱	۱.۰۸۶	ریال ۱,۶۸۰,۶۰۱,۵۳۶
صورت وضعیت ۲۴	چهارم ۱۳۹۹	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۰۸۹.۹۰۰	۲۳۳۵.۴۳۱	۱.۰۸۶	ریال ۱,۶۸۰,۶۰۱,۵۳۶
جمع						ریال ۲۷,۷۹۱,۲۱۴,۰۰۳

۳-۳-تاخیرات پرداخت‌ها

با عدم پرداخت بموقع مطالبات پیمانکار در خصوص صورت وضعیت‌های کارکرد و تعدیل‌ها علاوه بر کاهش توان اجرایی مجری، تاخیرات پرداخت‌ها رخ می‌دهد. که با توجه به استفاده از نظرات مشاوران، مدیران پروژه ها و پیمانکاران این حوزه کاری مدت تاخیر در پرداخت برای هر یک از صورت وضعیت‌های ماهیانه پس از پیشرفت ۳۰ درصد از مبلغ اولیه پیمان بطور میانگین ۱۸روز می‌باشد که اثرات زمانی مدت تاخیر فوق مطابق بخشنامه شماره ۵۰۹۰ و بخشنامه شماره ۱۳۰۰ (بخشنامه محاسبه تاخیرات)، برای صورت وضعیت‌های کارکرد ماهیانه و تعدیل به ترتیب در جداول شماره (۴) و (۵) محاسبه گردیده است.

جدول ۴: جدول اثرات زمانی و مالی تاخیرات پرداخت صورت وضعیت‌های کارکرد

مبلغ قرارداد	ریال ۳۷,۱۵۲,۱۹۰,۳۹۵	مدت قرارداد	ماه ۲۴	متوسط کارکرد فرضی ماهانه	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳

محاسبه تاخیرات مجاز مطابق بخشنامه تاخیرات (۵۰۹۰ و ۱۳۰۰)و هزینه بالاسری دوران تاخیرات مجاز

ردیف	صورت وضعیت	مبلغ صورت وضعیت کارکرد(ریال)	مدت تاخیر در پرداخت (روز)	تاخیر مجاز	هزینه بالاسری دوران تاخیرات مجاز
۱	صورت وضعیت ۱	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۰	۰.۰۰	۰.۰۰۰
۲	صورت وضعیت ۲	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۰	۰.۰۰	۰.۰۰۰
۳	صورت وضعیت ۳	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۰	۰.۰۰	۰.۰۰۰
۴	صورت وضعیت ۴	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۰	۰.۰۰	۰.۰۰۰
۵	صورت وضعیت ۵	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۰	۰.۰۰	۰.۰۰۰
۶	صورت وضعیت ۶	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۰	۰.۰۰	۰.۰۰۰
۷	صورت وضعیت ۷	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۰	۰.۰۰	۰.۰۰۰
۸	صورت وضعیت ۸	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۹	صورت وضعیت ۹	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۱۰	صورت وضعیت ۱۰	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۱۱	صورت وضعیت ۱۱	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۱۲	صورت وضعیت ۱۲	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۱۳	صورت وضعیت ۱۳	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۱۴	صورت وضعیت ۱۴	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۱۵	صورت وضعیت ۱۵	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۱۶	صورت وضعیت ۱۶	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۱۷	صورت وضعیت ۱۷	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۱۸	صورت وضعیت ۱۸	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۱۹	صورت وضعیت ۱۹	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۲۰	صورت وضعیت ۲۰	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۲۱	صورت وضعیت ۲۱	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۲۲	صورت وضعیت ۲۲	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۲۳	صورت وضعیت ۲۳	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
۲۴	صورت وضعیت ۲۴	۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳	۱۸	۱۳	۱۵۱,۴۶۹,۵۹۹
		جمع		۲۱۶	ریال ۲,۵۷۴,۹۸۳,۱۸۸

جدول ۵: جدول اثرات زمانی و مالی تاخیرات پرداخت صورت وضعیتهای تعدیل

مبلغ قرارداد	ریال ۳۷,۱۵۲,۱۹۰,۳۹۵	مدت قرارداد	ماه ۲۴	متوسط کارکرد فرضی ماهانه	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳

محاسبه تعدیل صورت وضعیت های کارکرد مطابق بخشنامه شماره ۴۳۱۱					
ردیف	صورت وضعیت	مبلغ صورت وضعیت تعدیل(ریال)	مدت تاخیر در پرداخت	تاخیر مجاز	تعدیل هزینه بالاسری دوران تاخیرات مجاز با شاخص علی الحساب
۱	صورت وضعیت ۱	۵۹۴,۸۸۴,۲۰۴	۰	۰	شاخص مبنا: ۱۰۸۹.۹۰۰ (سه ماهه سوم ۱۳۹۷)
۲	صورت وضعیت ۲	۵۹۴,۸۸۴,۲۰۴	۰	۰	شاخص علی الحساب: ۲۳۳۵.۴۳۱(سه ماهه چهارم ۱۳۹۹)
۳	صورت وضعیت ۳	۵۹۴,۸۸۴,۲۰۴	۰	۰	هزینه بالاسری دوران تاخیرات مجاز
۴	صورت وضعیت ۴	۷۷۲,۴۴۱,۴۳۹	۰	۰	ریال ۲,۵۷۴,۹۸۳,۱۸۸
۵	صورت وضعیت ۵	۷۷۲,۴۴۱,۴۳۹	۰	۰	تعدیل هزینه بالاسری دوران تاخیرات مجاز
۶	صورت وضعیت ۶	۷۷۲,۴۴۱,۴۳۹	۰	۰	ریال ۲,۷۹۵,۵۴۱,۱۶۶
۷	صورت وضعیت ۷	۹۳۷,۹۹۵,۴۸۹	۰	۰	
۸	صورت وضعیت ۸	۹۳۷,۹۹۵,۴۸۹	۱۸	۸	
۹	صورت وضعیت ۹	۹۳۷,۹۹۵,۴۸۹	۱۸	۸	
۱۰	صورت وضعیت ۱۰	۱,۰۹۵,۶۵۴,۵۲۳	۱۸	۹	
۱۱	صورت وضعیت ۱۱	۱,۰۹۵,۶۵۴,۵۲۳	۱۸	۹	
۱۲	صورت وضعیت ۱۲	۱,۰۹۵,۶۵۴,۵۲۳	۱۸	۹	
۱۳	صورت وضعیت ۱۳	۱,۲۴۷,۶۱۴,۴۶۷	۱۸	۱۰	
۱۴	صورت وضعیت ۱۴	۱,۲۴۷,۶۱۴,۴۶۷	۱۸	۱۰	
۱۵	صورت وضعیت ۱۵	۱,۲۴۷,۶۱۴,۴۶۷	۱۸	۱۰	
۱۶	صورت وضعیت ۱۶	۱,۳۹۵,۲۱۲,۳۹۷	۱۸	۱۱	
۱۷	صورت وضعیت ۱۷	۱,۳۹۵,۲۱۲,۳۹۷	۱۸	۱۱	
۱۸	صورت وضعیت ۱۸	۱,۳۹۵,۲۱۲,۳۹۷	۱۸	۱۱	
۱۹	صورت وضعیت ۱۹	۱,۵۳۹,۳۳۳,۹۴۵	۱۸	۱۳	
۲۰	صورت وضعیت ۲۰	۱,۵۳۹,۳۳۳,۹۴۵	۱۸	۱۳	
۲۱	صورت وضعیت ۲۱	۱,۵۳۹,۳۳۳,۹۴۵	۱۸	۱۳	
۲۲	صورت وضعیت ۲۲	۱,۶۸۰,۶۰۱,۵۳۶	۱۸	۱۴	
۲۳	صورت وضعیت ۲۳	۱,۶۸۰,۶۰۱,۵۳۶	۱۸	۱۴	
۲۴	صورت وضعیت ۲۴	۱,۶۸۰,۶۰۱,۵۳۶	۱۸	۱۴	
	جمع			۱۸۷	ریال ۲,۷۹۵,۵۴۱,۱۶۶

٤-۳-تعلیق

طبق ماده ۴۹ شرایط عمومی پیمان، کارفرما می تواند در مدت پیمان اجرای کار را برای یک بار و حداکثر سه ماه تعلیق نماید و در صورتی که تعلیق بیش از سه ماه ضروری باشد کارفرما می‌تواند با موافقت پیمانکار مدت تعلیق را برای یک بار و حداکثر سه ماه افزایش دهد. با وجود تفاسیر برای پروژه مورد بحث اثرات مالی و زمانی تعلیق در صورت وقوع در شرایط مختلف طبق بندهای "ب" و "د" ماده ۴۹ بخشنامه ۴۳۱۱ در جدول شماره (۶) محاسبه گردیده است.

جدول ۶: جدول محاسبه تعلیق

مبلغ قرارداد	ریال 37,152,190,395	مدت قرارداد	ماه 24	متوسط‌کارکرد فرضی ماهانه	ریال 1,548,007,933
تعلیق به مدت سه ماه طبق بند ب ماده 49 بخشنامه 4311					
متوسط‌کارکرد فرضی ماهانه	10 درصد متوسط کارکرد فرضی ماهانه	حداکثر مدت تعلیق		هزینه دوران تعلیق	
1,548,007,933	154,800,793	3 ماه		464,402,380	
تعلیق به مدت بیش از سه ماه تاشش ماه طبق بند ج ماده 49 بخشنامه 4311					
متوسط‌کارکرد فرضی ماهانه	10 درصد متوسط کارکرد فرضی ماهانه	حداکثر مدت تعلیق		هزینه دوران تعلیق	
1,548,007,933	154,800,793	3 ماه		464,402,380	
تعلیق به مدت سه ماه طبق ماده 49 بخشنامه 4311پیش از آغاز عملیات موضوع پیمان					
متوسط‌کارکرد فرضی ماهانه	10 درصد متوسط کارکرد فرضی ماهانه ×0.80	حداکثر مدت تعلیق		هزینه دوران تعلیق	
1,548,007,933	123,840,635	3 ماه		371,521,904	
تعلیق به مدت بیش از سه ماه تاشش ماه طبق بندج ماده 49 بخشنامه 4311پیش از آغاز عملیات موضوع پیمان					
متوسط‌کارکرد فرضی ماهانه	10 درصد متوسط کارکرد فرضی ماهانه ×0.80	حداکثر مدت تعلیق		هزینه دوران تعلیق	
1,548,007,933	123,840,635	3 ماه		371,521,904	

۵-۳- افزایش یا کاهش مبلغ اولیه پیمان

طبق ماده ۲۹ شرایط عمومی پیمان (تغییر مقادیرکار و قیمت های جدید) مبلغ اولیه پیمان می‌تواند تا سقف تعیین شده در بند"الف" تا ۱۰ درصد مبلغ اولیه پیمان به دستور مهندس مشاور و بیش از ۱۰ درصد تا ۲۵ درصد بدستور کارفرما افزایش یا کاهش یابد که این افزایش مبلغ اولیه به نسبت باعث افزایش زمان اولیه پیمان نیز می‌گردد. همچنین طبق بند "د" ماده مذکور سقف جمع بهای قیمت جدید ۱۰ درصد مبلغ اولیه پیمان می‌باشد. اثرات این افزایش یا کاهش مبالغ در جدول (۷) و (۸) محاسبه گردیده است.

جدول ۷: جدول افزایش و کاهش مبلغ اولیه پیمان

افزایش تا 10 درصد مبلغ اولیه پیمان بدستور مشاور طبق تبصره2بند2 ماده29 بخشنامه 4311			
مبلغ قرارداد	10 درصد مبلغ قرارداد	مدت اولیه پیمان	افزایش مدت اولیه پیمان (روز)
37,152,190,395	3,715,219,040	730 روز	73
افزایش تا 25 درصد(15درصد مازادبر 10 درصد) مبلغ اولیه پیمان بدستور کارفرما طبق تبصره2بند2 ماده29 بخشنامه 4311			
مبلغ قرارداد	15 درصد مبلغ قرارداد	مدت اولیه پیمان	افزایش مدت اولیه پیمان (روز)
37,152,190,395	5,572,828,559	730 روز	110
کاهش تا 10 درصد مبلغ اولیه پیمان بدستور مشاور طبق تبصره2بند2 ماده29 بخشنامه 4311			
مبلغ قرارداد	10 درصد مبلغ قرارداد	مدت اولیه پیمان	افزایش مدت اولیه پیمان (روز)
37,152,190,395	-3,715,219,040	730 روز	0
کاهش تا 25 درصد(15درصد مازادبر 10 درصد) مبلغ اولیه پیمان بدستور کارفرما طبق تبصره2بند2 ماده29 بخشنامه 4311			
مبلغ قرارداد	15 درصد مبلغ قرارداد	مدت اولیه پیمان	افزایش مدت اولیه پیمان (روز)
37,152,190,395	-5,572,828,559	730 روز	0

جدول ۸: جدول محاسبه قیمت جدید

قیمت جدید معادل حداکثر 10 درصد مبلغ اولیه پیمان طبق ماده 29 بخشنامه 4311	
حداکثر مدت قابل تمدید در صورت شامل بودن	حداکثر مبلغ قیمت جدید
73 روز	3,715,219,040 ریال

۳-۶- تاخیرات تحویل کارگاه

طبق بند "ب" ماده ۲۸ بخشنامه شرایط عمومی پیمان، کارفرما حداکثر تا ۳۰ روز از تاریخ مبادله پیمان باید کارگاه را تحویل پیمانکار نماید و در صورت تاخیر بیش از یک ماه تا شش ماه خسارت مالی و تمدید زمانی پروژه طبق بند "ج" ماده ۲۸ شرایط عمومی پیمان به شرح جدول (۹) می‌باشد.

جدول ۹: جدول محاسبه تاخیرات تحویل کارگاه

مبلغ قرارداد	ریال ۳۷,۱۵۲,۱۹۰,۳۹۵	مدت قرارداد	ماه ۲۴	متوسط کارکرد فرضی ماهانه	ریال ۱,۵۴۸,۰۰۷,۹۳۳

تاخیر در تحویل کارگاه تا ۳۰روز(یک ماه)از تاریخ مبادله پیمان طبق ماده ۲۸ بخشنامه ۴۳۱۱	
حداکثر مدت تاخیر در تحویل کارگاه	هزینه دوره یک ماهه تاخیر در تحویل کارگاه
۳۰ روز (یک ماه)	۰ ریال

تاخیر بیش از یک ماه تا شش ماه در تحویل کارگاه از تاریخ مبادله پیمان طبق ماده ۲۸ بخشنامه ۴۳۱۱	
حداکثر مدت تاخیر در تحویل کارگاه	مبلغ خسارت در تحویل کارگاه برای تاخیر ۳۰ درصد مبلغ اولیه
۵ ماه(مازاد بر یک ماه اول)	۱۷۴,۱۵۰,۸۹۲ ریال

۳-۷- احتمال وقوع و شدت تاثیر

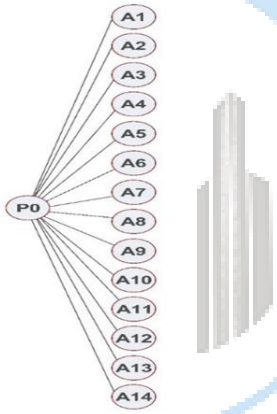
برای ۱۴ رویداد شناسایی شده حالتهای وقوعی زیادی وجود دارد که براساس نظر و تجربه مدیران و فعالان این حوزه با استفاده از ماتریس احتمال وقوع و شدت تاثیر که به شرح جدول(۱۰) تصمیم گرفته می‌شود که حالت تشکیل شده در هر طبقه به طبقه بعدی منتقل شود یا نه (حالت حذف شود یا باقی بماند). روش های تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) معمولاً تصمیم گیرنده را ملزم به ارزیابی گزینه های جایگزین با توجه به معیارهای تصمیم‌گیری و همچنین تعیین وزن‌های اهمیت به معیارها می‌کند. سپس بر اساس وزن های تعیین شده، بهترین جایگزین را می توان انتخاب کرد. روش MCDM به روش طبقه بندی (CST) که اخیراً توسط لطفی زاده پیشنهاد شده است متکی می‌باشد [۲۹].

جدول۱۰: ماتریس شدت تاثیر و احتمال وقوع.

احتمال وقوع / تاثیر	کم (L)	متوسط (M)	زیاد (H)	خیلی زیاد (HV)
خیلی زیاد (HV)	نادیده گرفته شود	در نظر گرفته شود	باید در نظر گرفته شود	باید در نظر گرفته شود
زیاد (H)	نادیده گرفته شود	نادیده گرفته شود	در نظر گرفته شود	باید در نظر گرفته شود
متوسط (M)	نادیده گرفته شود	نادیده گرفته شود	نادیده گرفته شود	در نظر گرفته شود
کم (L)	نادیده گرفته شود	نادیده گرفته شود	نادیده گرفته شود	نادیده گرفته شود

۲-۳- طبقه اول و دوم

طبقه اول بعنوان مبنای محاسبات می‌باشد که رویدادهای احتمالی بر روی طبقه اول (برآورد اولیه پروژه) اتفاق می‌افتند، گراف طبقه اول و دوم به شرح شکل (۳) می‌باشد.



شکل۳ : گراف طبقه اول و دوم.

در ستون حالت، طبقه اول مورد محاسبه می باشد که رویدادها بر روی آن اتفاق می افتند و ستون دوم شامل حالت گرافیکی رویدادهای وقوعی می باشد که عدد متناظر با رویداد با عدد ۱ نمایش داده میشود و ستون دوم و سوم به ترتیب احتمال وقوع و شدت تاثیر رویداد در صورت وقوع میباشد. ستون نتیجه همانند ستون دوم می باشد، با این تفاوت که ستون رویداد فقط رویدادی که اتفاق می¬افتد را نمایش می دهد و ستون نتیجه رویداد و حالتی که رویداد برروی آن اتفاق افتاده و حالت جدیدی را تشکیل داده است را مشخص می نماید؛ ستون پنجم (طبقه بعد) با توجه به احتمال وقوع و شدت تاثیر طبق شکل (۴) مشخص می¬شود که حالت جدید تشکیل شده در طبقه بعد وجود داشته باشد یا نه. ستونهای زمان و هزینه رویدادها، به ترتیب زمان و هزینه پایان پروژه را متاثر از اتفاق افتادن رویدادها مشخص می نمایند. طبقه دوم به شرح جدول (۱۲) برای اتفاق افتادن دو رویداد در کنارهم بوده و این رویدادها حاصل نتیجه ستونهای احتمال وقوع و شدت تاثیر طبقه اول می باشند که در جدول (۱۱) طبقه اول مشخص گردیده اند که در طبقه بعد (طبقه دوم) باشند یا نه.

جدول۳۱۱: محاسبه طبقه اول.

طبقه اول								
حالت	رویداد	احتمال	تاثیر	نتیجه		طبقه بعد	زمان رویداد	هزینه رویداد
A۰	بدون رویداد	HV	HV	A۰	00000000000000	مبنا	730	37,152,190,395
	10000000000000	HV	HV	A۱	10000000000000	بله	730	64,943,404,398
	01000000000000	H	H	A۲	01000000000000	بله	946	39,727,173,583
	00100000000000	H	H	A۳	00100000000000	بله	917	39,947,731,561
	00010000000000	H	H	A۴	00010000000000	بله	820	37,616,592,775
	00001000000000	M	H	A۵	00001000000000	خیر	910	38,080,995,155
	00000100000000	M	H	A۶	00000100000000	خیر	820	37,523,712,299
	00000010000000	L	H	A۷	00000010000000	خیر	910	37,895,234,203
	00000001000000	VH	M	A۸	00000001000000	بله	803	40,867,409,435
	00000000100000	H	H	A۹	00000000100000	بله	913	46,440,237,994
	00000000010000	H	M	A۱۰	00000000010000	خیر	730	33,436,971,356
	00000000001000	L	H	A۱۱	00000000001000	خیر	730	27,864,142,796
	00000000000100	H	M	A۱۲	00000000000100	خیر	760	37,152,190,395
	00000000000010	L	VH	A۱۳	00000000000010	خیر	910	37,326,341,287
	00000000000001	VH	M	A۱۴	00000000000001	بله	803	40,867,409,435

جدول۱۲ : جدول محاسبه طبقه دوم.

طبقه دوم								
حالت	رویداد	احتمال	تاثیر	نتیجه		طبقه بعد	زمان رویداد	هزینه رویداد
A۱	01000000000000	VH	VH	11000000000000	`	بله	946	67,518,387,586
	00100000000000	VH	H	10100000000000	A۱۶	بله	917	67,738,945,564
	00010000000000	L	L	10010000000000				
	00000001000000	H	M	10000001000000				
	00000000100000	H	H	10000000100000	A۱۷	بله	913	74,231,451,997
	00000000000001	H	M	10000000000001				
A۲	10000000000000	VH	H	11000000000000	A۱۵	بله	946	67,518,387,586
	00100000000000	H	H	01100000000000	A۱۸	بله	1133	42,522,714,749
	00010000000000	M	H	01010000000000				
	00000001000000	M	H	01000001000000				
	00000000100000	M	H	01000000100000				
	00000000000001	M	H	01000000000001				
A۳	10000000000000	H	H	10100000000000	A۱۶	بله	917	67,738,945,564
	01000000000000	H	H	01100000000000	A۱۸	بله	1133	42,522,714,749
	00010000000000	M	M	00110000000000				
	00000001000000	M	L	00100001000000				
	00000000100000	M	H	00100000100000				
	00000000000001	M	L	00100000000001				
A۴	10000000000000	L	L	10010000000000				
	01000000000000	H	M	01010000000000				
	00100000000000	M	M	00110000000000				
	00000001000000	M	L	00010001000000				
	00000000100000	H	L	00010000100000				
	00000000000001	M	L	00010000000001				

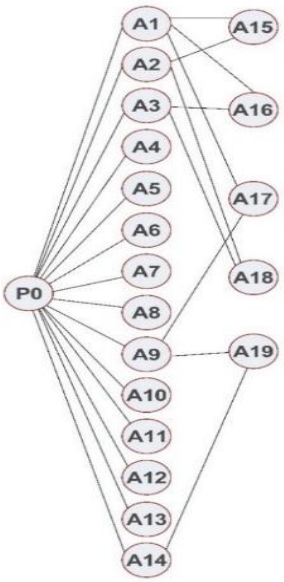
				10000001000000	M	H	10000000000000	
				01000001000000	M	M	01000000000000	
				00100001000000	M	H	00100000000000	A۸
				00010001000000	M	L	00010000000000	
				00000001100000	H	L	00000000100000	
				00000001000001	M	L	00000000000001	
74,231,451,997	913	بله	A۱۷	10000000100000	H	H	10000000000000	A۹
				01000000100000	H	M	01000000000000	
				00100000100000	H	L	00100000000000	
				00010000100000	H	L	00010000000000	
				00000001100000	H	L	00000001000000	
50,155,457,033	986	بله	A۱۹	00000000100001	H	H	00000000000001	
				10000000000001	M	H	10000000000000	A۱۴
				01000000000001	M	H	01000000000000	
				00100000000001	M	L	00100000000000	
				00010000000001	M	L	00010000000000	
				00000001000001	M	L	00000001000000	
50,155,457,033	986	بله	A۱۹	00000000100001	H	H	00000000100000	

۳-۳- طبقه سوم

طبقه سوم با توجه به محاسبات جدول (۱۳) گرافی را مطابق شکل (۴) تشکیل میدهد. طبقه سوم برای اتفاق افتادن سه رویداد کنار هم می‌باشد بدین ترتیب که این طبقه متاثر از طبقه دوم بوده و شامل حالت‌های جدید و رویدادهای تاثیرگذار در طبقه قبل (طبقه دوم) می‌باشد که در جدول (۴) محاسبات مربوطه به طبقه سوم انجام گرفته است. در جدول فوق حالت‌های جدید شکل گرفته در طبقه قبل بعنوان حالت‌های مبنای این طبقه می‌باشند. رویدادهای تاثیرگذار برای طبقه دوم در این طبقه نیز تاثیرات خود را بر روی حالتها می-گذارند و به تشخیص و بررسی مدیران، همانند طبقه قبل احتمال وقوع و شدت تاثیر برای بودن با نبودن در طبقه بعدی برای حالت‌های جدید تشکیل شده و رویدادهای تاثیر گذار در این طبقه مشخص گردیده است. زمان و هزینه در جدول مربوط به طبقه سوم، زمان و هزینه پروژه را با در نظر گرفتن اتفاق افتادن سه رویداد کنارهم (حالت مبنا و رویداد تاثیرگذار) مشخص می‌نماید.

جدول۱۳: جدول محاسبه طبقه سوم.

طبقه سوم								
حالت	رویداد	احتمال	تاثیر	نتیجه		طبقه بعد	زمان رویداد	هزینه رویداد
A۱۵	00100000000000	H	VH	A۲۰	11100000000000	بله	1133	70,313,928,752
	00000000100000	M	H		11000000100000			
	00000000000001	H	M		11000000000001			
A۱۶	01000000000000	H	VH	A۲۰	11100000000000	بله	1133	70,313,928,752
	00000000100000	H	H	A۲۱	10100000100000	بله	1099	77,026,993,162
	00000000000001	H	M		10100000000001			
A۱۷	01000000000000	M	H		11000000100000			
	00100000000000	H	H	A۲۱	10100000100000	بله	1099	77,026,993,162
	00000000000001	M	H		10000000100001			
A۱۸	10000000000000	H	VH	A۲۰	11100000000000	بله	1133	70,313,928,752
	00000000100000	M	H		01100000100000			
	00000000000001	M	H		01100000000001			
A۱۹	10000000000000	M	H		10000000100001			
	01000000000000	M	H		01000000100001			
	00100000000000	M	H		00100000100001			



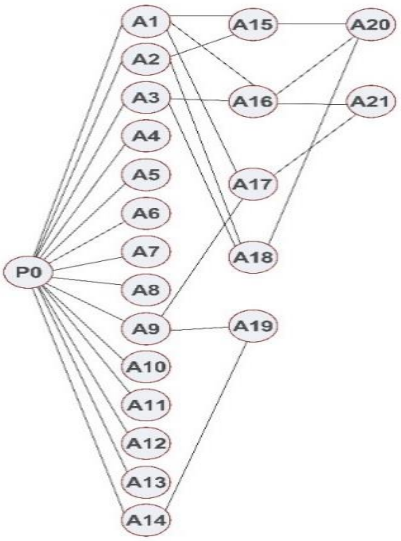
شکل۴ : گراف طبقه سوم.

۴-۳- طبقه چهارم

گراف طبقه چهارم با توجه به محاسبات طبقه سوم به شرح شکل (۵) می‌باشد. طبقه چهارم برای اتفاق افتادن چهار رویداد در کنار هم می‌باشد، بدین ترتیب که این طبقه متاثر از طبقه سوم بوده و شامل حالت‌های جدید طبقه قبل (طبقه سوم) به عنوان مبنا برای اعمال رویدادهای تاثیرگذار در طبقه قبل می‌باشد که در جدول (۱۴) محاسبات مربوط به طبقه چهارم به همان روش محاسبه طبقات قبل انجام گرفته است.

جدول۱۴ : جدول محاسبه طبقه چهارم.

طبقه چهارم								
حالت	رویداد	احتمال	تاثیر	نتیجه		طبقه بعد	زمان رویداد	هزینه رویداد
A۲۰	00000000100000	H	VH	A۲۲	11100000100000	بله	1316	79,601,976,351
A۲۱	01000000000000	H	VH	A۲۲	11100000100000	بله	1316	79,601,976,351



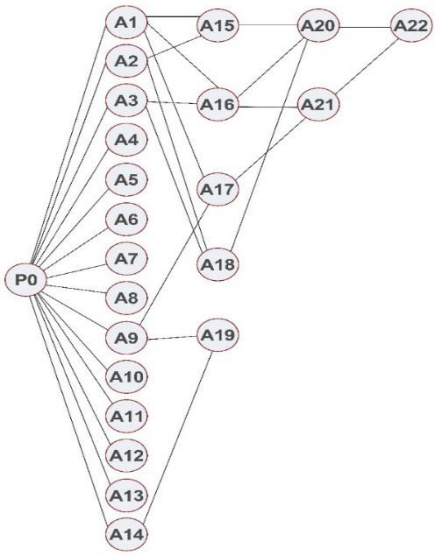
شکل۵ : گراف طبقه چهارم.

۵-۳- طبقه پنجم

طبقه پنجم بعنوان آخرین طبقه برای پروژه مورد بحث بوده و گراف طبقه پنج به شرح شکل (۶) می‌باشد. طبقه پنجم شامل حالت جدید تشکیل شده از طبقه قبل به عنوان حالت مبنا می‌باشد، وجه تمایز طبقه پنج طبق جدول (۱۵) بعنوان آخرین طبقه از طبقات قبلی، نبودن رویداد تاثیرگذار برای اعمال برروی حالت طبقه می‌باشد.

جدول۱۵ : جدول محاسبه طبقه پنجم.

طبقه پنجم								
حالت	رویداد	احتمال	تاثیر	نتیجه		طبقه بعد	زمان رویداد	هزینه رویداد
A۲۲		H	VH	A۲۲	11100000100000		1316	79,601,976,351



شکل۶ : گراف طبقه پنجم.

۶-۳- احتمال حالت‌ها

رویدادهای شناسایی شده در اولین مرحله روش تحقیق توسط مدیران و فعالان این حوزه بررسی گردید و درصد احتمال وقوع هر یک از ۱۴رویدادها به شرح جدول شکل (۹) احتمال وقوع سایر حالت‌هایی که در طبقات بعد از طبقه اول با در کنار هم قرار گرفتن رویدادها شکل گرفته‌اند با استفاده از روش احتمال شرطی و تشکیل معادله درجه ۴ در شکل (۷) و جدول (۱۶) محاسبه گردیده است.

شکل۱۶ : جواب معادله درجه ۴.

جدول۱۶ : محاسبه احتمال.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
P0	0.90 P0	0.65 P0	0.65 P0	0.55 P0	0.25 P0	0.30 P0	0.10 P0	0.85 P0	0.70 P0	0.25 P0	0.10 P0	0.60 P0	0.20 P0	0.75 P0

P15=P1 P2	P16= P1 P3	P17= P1 P9	P18= P2 P3
P19= P9 P14	P20= P1 P2 P3	P21= P1 P3 P9	P22= P1 P2 P3 P9

P15=0.90P0×0.65P0	P16= 0.90P0×0.65P0	P17= 0.90P0×0.70P0	P18= .65P0×0.65P0
P19= 0.70P0×0.75P0	P20= 0.90P0×0.65P0×0.65P0	P21= 0.90P0×0.65P0×0.70P0	P22= 0.90P0×0.65P0×0.65P×0.70P0

$$0.266P0^4 + 0.790P0^3+2.748P0^2+7.850P0 -1 =0$$

۷-۳- ماتریس هزینه و زمان

آخرین مرحله روش تحقیق تخمین زمان و هزینه پروژه با استفاده هزینه و زمان محاسبه شده برای هر یک از حالت‌ها، بر اساس احتمال وقوع هر یک از حالت‌ها با استفاده از معادله ماتریسی می‌باشد که در جدول (۱۷) محاسبه گردیده است.

جدول۱۷ : محاسبه ماتریس هزینه و زمان.

احتمال																						
P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22
0.1220	0.1098	0.0793	0.0793	0.0671	0.0305	0.0366	0.0122	0.1037	0.0854	0.0305	0.0122	0.0732	0.0244	0.0915	0.0087	0.0087	0.0094	0.0063	0.0078	0.0007	0.0007	0.0001

زمان	
A0	730
A1	730
A2	946
A3	917
A4	820
A5	910
A6	820
A7	910
A8	803
A9	913
A10	730
A11	730
A12	760
A13	910
A14	803
A15	946
A16	917
A17	913
A18	1133
A19	986
A20	1133
A21	1099
A22	1316

هزینه	
A0	37,152,190,395
A1	64,943,404,398
A2	39,727,173,583
A3	39,947,731,561
A4	37,616,592,775
A5	38,080,995,155
A6	37,523,712,299
A7	37,895,234,203
A8	40,867,409,435
A9	46,440,237,994
A10	33,436,971,356
A11	27,864,142,796
A12	37,152,190,395
A13	37,326,341,287
A14	40,867,409,435
A15	67,518,387,586
A16	67,738,945,564
A17	74,231,451,997
A18	42,522,714,749
A19	50,155,457,033
A20	70,313,928,752
A21	77,026,993,162
A22	79,601,976,351

هزینه (ریال)
54,001,959,748

زمان (روز)
978

برای بدست آوردن زمان و هزینه تخمینی پروژه پس از بدست آوردن زمان و هزینه هریک از رویدادها در طبقات اول تا پنجم و محاسبه احتمال وقوع هر یک از حالت ها (بند ۶-۳) از روش محاسبه ماتریسی استفاده گردیده است ، احتمال وقوع حالت‌ها به عنوان ماتریس اول و هزینه هر یک از حالت‌ها (براساس محاسبات طبقات) به عنوان ماتریس دوم برای محاسبه هزینه پروژه می‌باشد و در محاسبه زمان پروژه نیز احتمال وقوع حالت ها به عنوان ماتریس اول و زمان هریک از حالت‌ها به عنوان ماتریس دوم می‌باشد. با توجه به اینکه احتمال وقوع به عنوان ماترس اول ۲۲×۱ می باشد و زمان و هزینه هرکدام ۱×۲۲ می باشند، ماتریس احتمال با هرکدام از ماتریس های زمان و هزینه عدد واحدی را بعنوان زمان و هزینه تکمیل پروژه می دهد.

لی و وانگ،[۳۰] ، مطالعه‌ای با عنوان استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره برای ارزیابی ریسک پروژههای PPP انجام داده‌اند که بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق مشخص شده است که ریسک قانونی و ریسک سیاست‌گذاری مهمترین ریسک‌های مستقل موجود در پروژه‌های PPP هستند. سینگ و همکاران، از روش FMEA برای ارزیابی ریسک در پروژه PPP استفاده کردند، بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که ریسک مربوط به پیمانکار، ریسک‌های ناشی از کمبود تجهیزات ایمنی و ریسک عدم تخصص کارکنان مهمترین ریسک‌های موجود در پروژه ساخت مترو به شمار می‌روند. در یک روش دیگر، اسدآبادی[۲۲] ، از SMCDM که یک روش تصمیم گیری چند معیاره می‌باشد و به مفهوم طبقه بندی متکی است برای طبقه بندی ریسک‌های پروژه استفاده کرده است.در روش تصمیم‌گیری چند معیاره وقایع مختلف از طریق تعیین حالت‌های احتمالی وقوع در آینده نزدیک محاسبه می‌شوند.[۳۱] اسدآبادی و زواکل[۲۳] ، از مفهوم طبقه بندی برای محاسبه برآورد زمان و هزینه فعالیت های درگیر در یک پروژه استفاده کرده‌اند که رویدادهای نامشخصی دارد. با تعیین زمان و هزینه تخمینی فعالیت‌های خاص، زمان و هزینه تخمینی پروژه نیز قابل محاسبه است[۳۲].

[22] Asadabadi, M. R

[23] Asadabadi, M. R. Zwikael, O

عمدتاً تحقیقات پیشین صورت گرفته درباره کاهش اثرات و یا حذف ریسک‌های موجود می‌باشند. تحقیق حاضر از MCDM و CST با تکیه بر روش ارائه شده توسط اسدابادی و زواکل رویدادهای غیرقطعی را در برآورد زمان و هزینه اتمام پروژه مخزن ۱۰۰۰۰مترمکعبی تبریز ادغام کرده و تخمینی قابل اعتماد برای هزینه و زمان تکمیل پروژه ارائه می‌دهد

۴- نتیجه‌گیری

۱- روش تحقیق جامع بوده و میتوان عنوان کرد که در تمام طرحهای عمرانی قابلیت استفاده را دارد . در احداث مخارن آب رویدادهای مربوط به دو رشته ابنیه و آب احتمال وقوع را دارند به همین خاطر مخازن آب بدلیل احتمال وقوع رویداد زیاد انتخاب گردیده است و پروژه احداث مخزن تبریز به عنوان مطالعه موردی و پیشنهاد اداره آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی انتخاب گردیده است.

۲- تاثیر رویدادهای احتمالی که می‌توانند در طول پروژه رخ دهند و در هزینه و زمان تکمیل پروژه تاثیر مثبت یا منفی بگذارند، در نظر گرفته نشده‌اند. بنابراین، با شناسایی رویدادی احتمالی و محاسبه تاثیر رویدادها بر زمان و هزینه تکمیل پروژه می‌توان قابلیت اطمینان به برآورد را افزایش داد.

۳- ادغام رویدادهای احتمالی به روش طبقه بندی کمک میکند تا رویدادها را بطور منظم و با قاعده ادغام نمود و تاثیر رویدادهای ادغام شده در هر طبقه رو مشخص نمود.

۴- ادغام رویدادها در پروژه‌های بزرگ به دلیل کثرت رویدادها، باعث تشکیل تعداد زیادی از حالت‌ها می‌گردد که این امر را می‌توان یکی از دلایل صعوبت این روش دانست. در پاسخ به این نگرانی، در این تحقیق از روش تصمیم‌گیری چند معیاره برای کاهش میزان محاسبات و ارائه تخمین‌های قابل اعتماد برای زمان و هزینه فعالیت‌های پروژه استفاده گردیده است. در این تحقیق، مدیران پروژه فقط باید اطلاعات تعداد محدودی از حالت‌ها (رویدادهای احتمالی شناسایی شده در مرحله اول روش پیشنهادی) را ارائه دهند.

۵- با شناسایی رویدادهای احتمالی و محاسبه تاثیر رویدادها بر زمان و هزینه تکمیل پروژه می‌توان قابلیت اطمینان به برآورد را افزایش داد. و این امر کمک بزرگی به مدیران و برنامه‌ریزان پروژه برای مدیریت و کنترل پروژه می‌کند.

۶- پس از پایان مراحل تحقیق، مدت زمان ۹۷۸ روز و مبلغ ۵۴،۰۰۱،۹۵۹،۷۴۸ ریال برای تکمیل پروژه با در نظر گرفته رویدادهای احتمالی تخمین زده می‌شود که این تفاوت زمانی و ریالی با برآورد اولیه (۷۳۰ روز و مبلغ ۲،۸۷۱،۵۶۲،۲۵۸ ریال قرارداد) با در نظر گرفتن رویدادهای احتمالی چشم اندازی از زمان و مبلغ تکمیل پروژه را برای کارفرما ،مشاور و پیمانکار پروژه می‌دهد. این تخمین زمان و مبلغ تکمیل پروژه قابلیت اطمینان به برآورد را برای مدیران و برنامه‌ریزان و کنترل‌کنندگان پروژه افزایش می‌دهد.

فهرست منابع

[1] Asadabadi, M. R., Saberi, M., & Chang, E. (2017, July). Logistic informatics modelling using concept of stratification (CST). In *2017 IEEE international conference on fuzzy systems (FUZZ-IEEE)* (pp. 1-7). IEEE.

[2] Asadabadi, M. R., Saberi, M., & Chang, E. (2017, July). Logistic informatics modelling using concept of stratification (CST). In *2017 IEEE international conference on fuzzy systems (FUZZ-IEEE)* (pp. 1-7). IEEE.

[3] Adar, E., Ince, M., Karatop, B., & Bilgili, M. S. (2017). The risk analysis by failure mode and effect analysis (FMEA) and fuzzy-FMEA of supercritical water gasification system used in the sewage sludge treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *5*(1), 1261-1268.

[4] Diaz-Balteiro, L., González-Pachón, J., & Romero, C. (2017). Measuring systems sustainability with multi-criteria methods: A critical review. *European Journal of Operational Research*, *258*(2), 607-616.

[5] Kaut, M., Vaagen, H., & Wallace, S. W. (2021). The combined impact of stochastic and correlated activity durations and design uncertainty on project plans. *International Journal of Production Economics*, *233*, 108015.

[6] Badawy, M., Alqahtani, F., & Hafez, H. (2022). Identifying the risk factors affecting the overall cost risk in residentia1 projects at the early stage. *Ain Shams Engineering Journal*, *13*(2), 101586.

[7] Islam, M. S., Nepal, M. P., Skitmore, M., & Drogemuller, R. (2021). Risk induced contingency cost modeling for power plant projects. *Automation in Construction*, *123*, 103519.

[8] Hazır, Ö., & Ulusoy, G. (2020). A classification and review of approaches and methods for modeling uncertainty in projects. *International Journal of Production Economics*, *223*, 107522.

[9] Valipour, A., Sarvari, H., & Tamošaitiene, J. (2018). Risk assessment in PPP projects by applying different MCDM methods and comparative results analysis. *Administrative Sciences*, *8*(4), 80.

[10] Abdel-Basset, M., Ali, M., & Atef, A. (2020). Uncertainty assessments of linear time-cost tradeoffs using neutrosophic set. *Computers & Industrial Engineering*, *141*, 106286.

[12] Sanda, Y. N., Anigbogu, N. A., Nuhu, L. Y., & Olumide, O. S. (2020). A Life-Cycle Framework for Managing Risks in Public Private Partnership Housing Projects. *Journal of Engineering, Project & Production Management*, *10*(1).

[13] Liu, J., Yin, Y., & Yan, S. (2019). Research on clean energy power generation-energy storage-energy using virtual enterprise risk assessment based on fuzzy analytic hierarchy process in China. *Journal of Cleaner Production*, *236*, 117471.

[14] Ribas, J. R., Arce, M. E., Sohler, F. A., & Suárez-García, A. (2019). Multi-criteria risk assessment: case study of a large hydroelectric project. *Journal of Cleaner Production*, *227*, 237-247.

[15] Valipour, A., Sarvari, H., & Tamošaitiene, J. (2018). Risk assessment in PPP projects by applying different MCDM methods and comparative results analysis. *Administrative Sciences*, *8*(4), 80.

[16] Singha, M., & Debasis, S. (2017). Project risk analysis for elevated metro rail projects using fuzzy failure mode and effect analysis (FMEA). *International Journal of Engineering Technology Science and Research*, *4*(11).

[17] Danielsen, D. A., Torp, O., & Lohne, J. (2017). HSE in civil engineering programs and industry expectations. *Procedia engineering*, *196*, 327-334.

[18] Roshani, S. (2021). Project Risk Identification by Integrating Modified FMEA Technique with AHP Method: A Case Study of Piling Project at Sea. In 7th International Conference on Civil Engineering, Architecture, and Urban Planning.

[19] Mirbaroni, L., & Rezvani, H. (2017). A Case Study of Risk Management in Automotive Industry Projects Using RFMEA Method. In 15th National Student Conference on Industrial Engineering, Yazd.

[20] Xu, B., Chen, D., Li, H., Zhuang, K., Hu, X., Li, J., ... & Patelli, E. (2019). Priority analysis for risk factors of equipment in a hydraulic turbine generator unit. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, *58*, 1-7.

[21] Khalili, M. R., Ahmadi, V., & Jalali, M. (2019). Investigating and Prioritizing the Impact of Risk Management Dimensions on the Success of Construction Projects in Mashhad. In 4th Technology Development Symposium and International Conference on Innovative Findings in Civil Engineering, Architecture, and Construction Industry in Iran (2019 Ircivil).

[21] Ansari, R., & Aminranjbar, A. (2018). Investigating the Integrated Approaches of Earned Value Management and Risk Management in Estimating the Cost and Time of Construction Projects. In International Conference on Civil Engineering, Architecture, and Urban Development in Iran.

[23] Dehghani, J. (2015). Identification and Prioritization of Risks in the Life Cycle of Dam Construction Projects Based on PMBOK Standard. In International Conference on Humanities, Architecture, Civil Engineering, and Urban Development.

[24] Ware, S., Yang, F., Zhu, Y., Su, R., & Lin, L. (2018). An efficient method of matrix multiplication for heaps of pieces. *IFAC-PapersOnLine*, *51*(7), 206-211

[25] Organization for Planning and Budget. (1999). Agreement, General Conditions, and Special Conditions of Contracts and their Regulations. (Document No. 4311).

[26] Organization for Planning and Budget of Iran. (2003). Guidelines for Adjusting Contract Amounts. (Document No. 173073).

[27] Organization for Planning and Budget. (1981). Guidelines for Calculating Delays Caused by Delayed Payment of Progress Reports. (Report No. 5090).

[28] Organization for Planning and Budget. (1982). Guidelines for Calculating Delays Caused by Delayed Payment of Progress Reports. (Report No. 1300).

[29] Zadeh, L. A. (2016). Stratification, target set reachability and incremental enlargement principle. *Information Sciences*, *354*, 131-139.

[30] Li, Y., & Wang, X. (2019). Using fuzzy analytic network process and ISM methods for risk assessment of public-private partnership: A China perspective. *Journal of Civil Engineering and Management*, *25*(2), 168-183.

[31] Asadabadi, M. R. (2018). The stratified multi-criteria decision-making method. *Knowledge-Based Systems*, *162*, 115-123.

[32] Asadabadi, M. R., & Zwikael, O. (2021). Integrating risk into estimations of project activities' time and cost: A stratified approach. *European journal of operational research*, *291*(2), 482-490.