



## Examining the Interrelationships of Change-Inducing Factors in Construction Projects for Effective Change Management Implementation

Amir Hashemifar \*

Ph.D. Student in Construction Engineering and Management, Islamic Azad University, Taft, Iran.

### Abstract

The construction industry plays a significant role in national development, with the growth of construction projects serving as a key economic indicator. The dynamic nature of these projects often leads to changes in plans and processes, creating challenges in achieving project objectives. Therefore, effective change management is crucial for controlling its impacts. This study aims to identify and evaluate the interrelations of factors causing changes to enable effective change management in construction projects. The research is applied in purpose, descriptive in nature, a multi-criteria decision-making study, quantitative in data type, and cross-sectional in time. The expert sample includes ten managers and engineers with at least a master's degree in civil engineering or management and over ten years of relevant experience. Data were collected using a researcher-developed questionnaire, and the interrelations of change-causing factors were analyzed using the DEMATEL technique. The results indicate that financial and economic issues on both client and contractor sides have the greatest influence on changes, while the quality of planning and design also acts as a significant driver. These findings highlight the necessity of focusing on financial management, improving design processes, and developing risk management strategies for the effective implementation of change management.

**Keywords:** change management, economic issues, risk management, design processes, construction projects.

Received: 20/ September /2025

Accepted: 07/ October /2025

eISSN: : 3041-8720

ISSN: 2981-2267

## بررسی روابط درونی عوامل ایجاد تغییرات در پروژه‌های عمرانی جهت اجرای مؤثر مدیریت تغییر

دانشجوی دکتری رشته‌ی عمران-مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه آزاد اسلامی، تفت، ایران.

امیر هاشمی فر \*

### چکیده

صنعت عمران، سهم قابل توجهی در توسعه‌ی کشورها دارد و رشد پروژه‌های عمرانی، از شاخص‌های مهم اقتصادی است. ماهیت پویای این پروژه‌ها، باعث تغییر در برنامه‌ها و فرآیندها شده و چالش‌هایی در پیشبرد اهداف ایجاد می‌کند؛ بنابراین، اجرای موفق مدیریت تغییر در پروژه‌های عمرانی جهت کنترل پیامدها، اهمیت بالایی دارد. هدف این پژوهش، شناسایی و ارزیابی روابط درونی عوامل ایجاد تغییر به منظور اجرای مؤثر مدیریت تغییر است. پژوهش از منظر هدف کاربردی، از بعد ماهیت و روش توصیفی، از نوع تصمیم‌گیری چندشاخصه، داده‌ها کمی و زمان تحقیق، مقطعی است. جامعه‌ی خبرگان، شامل ده نفر از مدیران و مهندسان با حداقل مدرک کارشناسی ارشد و بیش از ده سال سابقه‌ی مرتبط با پروژه‌های عمرانی است. اطلاعات، از طریق پرسشنامه‌ی محقق ساخته جمع‌آوری شده و روابط درونی عوامل ایجاد تغییر با استفاده از تکنیک دیمتل بررسی گردیده است. نتایج، نشان می‌دهد که مسائل مالی و اقتصادی در هر دو سوی کارفرما و پیمانکار، بیشترین سهم را در ایجاد تغییرات دارند و کیفیت برنامه‌ریزی و طراحی نیز به‌عنوان محرک مهم بر تغییرات تأثیرگذار است. این یافته‌ها، بر ضرورت تمرکز بر مدیریت مالی، بهبود فرآیندهای طراحی و توسعه‌ی راهبردهای مدیریت ریسک جهت اجرای مؤثر مدیریت تغییر، تأکید می‌کنند.

**کلیدواژه‌ها:** مدیریت تغییر، مشکلات اقتصادی، مدیریت ریسک، فرآیندهای طراحی، پروژه‌های عمرانی.

## مقدمه

در عصر حاضر، کشورها برای پیشرفت در عرصه‌ی جهانی، سرمایه‌گذاری قابل توجهی در صنایع پیشرو، به‌ویژه صنعت عمران، انجام می‌دهند. رشد این صنعت، بر اقتصاد و بازارهای مالی تأثیرگذار بوده و مدیریت صحیح پروژه‌های عمرانی، به صرفه‌جویی هزینه و ثبات اقتصادی کمک می‌کند (استادی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Mohammed & Jasim, 2018). این صنعت، به‌عنوان یکی از صنایع مادر، نقش مهمی در اشتغال، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه دارد (Kasturiwale & Rathod, 2021؛ پازانی، ۱۴۰۱).

ماهیت پیچیده‌ی پروژه‌های عمرانی، موجب تغییر در برنامه‌ها و فرآیندها شده و مدیریت پروژه را به عاملی حیاتی در موفقیت تبدیل می‌کند (Al Sulaimani & Yahia, 2021; Abu Bakar et al., 2023). بسیاری از تغییرات، به ماهیت طراحی و ساخت مرتبط‌اند؛ از این‌رو، تصمیم‌گیری صحیح و به‌موقع متخصصان، ضروری است (Pouyandeh et al., 2023; Hanna et al., 2002). در عمل، تصمیمات اغلب بر مبنای داده‌های ناقص و تجربه اتخاذ می‌شوند که تغییرات را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد (hao et al., 2008). هر رخدادی در چرخه‌ی عمر پروژه که اصلاح در بخش‌های مختلف ایجاد کند، تغییر قلمداد می‌شود (Won et al., 2016).

تغییرات می‌توانند ناشی از مغایرت‌های قراردادی یا اصلاح مفاد آن باشند که بر هزینه، زمان و کیفیت اثرگذارند (Egan et al., 2012; Hasanzadeh et al., 2018). این تغییرات، به دو دسته‌ی اجتناب‌پذیر و اجتناب‌ناپذیر تقسیم شده و ریشه در عوامل داخلی یا خارجی دارند (حجت‌پناه و همکاران، ۱۳۹۸؛ نجاری، ۱۳۹۹). عوامل خارجی، شامل شرایط پیش‌بینی نشده، نوسانات قیمت و قوانین جدید و عوامل داخلی، ناشی از کارفرما، مشاور یا پیمانکار هستند؛ تغییرات در هر حالت، اثر جدی بر عملکرد پروژه دارد (Rahman et al., 2022).

مدیریت تغییر، ابزاری برای کاهش آثار منفی و تضمین موفقیت پروژه از نظر زمان، هزینه و کیفیت است (Zhao et al., 2014; Salameh, 2014; Radujković & Sjekavica, 2017; al., 2010). اجرای درست این مدیریت، باعث سازگاری بیشتر پروژه و جلوگیری از هزینه‌های اضافی یا اختلافات قانونی می‌شود (Erdogan et al., 2019; Yalagama, 2022). مدیران با درک پیامدهای تغییر، اثربخشی بیشتری در مدیریت خواهند داشت (et al., 2016).

با وجود اهمیت مدیریت تغییر، این فرایند در پروژه‌های عمرانی، اغلب واکنشی و ناکارآمد است (Motawa et al., 2007; Serrador & Turner, 2015)؛ بنابراین به‌کارگیری رویکردی پیشگیرانه برای برآورد احتمال و میزان تغییر، ضروری است (Halou et al., 2019؛ پورمعینی، ۱۴۰۲). در همین راستا، این پژوهش به بررسی روابط درونی عوامل ایجاد تغییر و نوع اثرگذاری آن‌ها پرداخته تا مدیران بتوانند پیامدهای تغییر را بهتر کنترل نموده و اثربخشی مدیریت تغییر در پروژه را افزایش دهند.

### پیشینه پژوهش

بروز تغییرات در پروژه‌های عمرانی به واسطه‌ی عوامل و دلایل مختلف در هر مرحله از چرخه‌ی عمر پروژه، بسیار رایج است و اغلب تأثیرات قابل توجهی بر مواردی همچون هزینه، کیفیت و زمان دارد؛ به نحوی که ممکن است باعث بروز اختلافات میان طرفین قرارداد، وقوع تأخیرهای متوالی در اجرای برنامه‌ی زمان‌بندی، برآورد مجدد صورت‌وضعیت، ایجاد نیاز به تجهیزات و یا مصالح جدید، تغییر در شرایط نیروی کار، دوباره‌کاری یا اضافه‌کاری و در نهایت شکست پروژه شود (Smith et al., 2023). از حیث زمان، تغییر می‌تواند پیش‌بینی شده یا اضطراری، فعالانه و یا واکنشی باشد. از نظر نیاز، تغییر می‌تواند انتخابی یا الزامی، اختیاری یا اجباری، ترجیحی و یا نظارتی باشد. بر اساس اثر، تغییر می‌تواند مفید، خنثی یا مخرب باشد (Motawa et al., 2007).

تأثیر تغییرات بر پروژه‌های عمرانی، باید مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته تا به مدیران پروژه در فرآیند تصمیم‌گیری کمک کند. وقوع برخی از تغییرات، ممکن است در بلندمدت برای ذی‌نفعان به‌ویژه کارفرمایان، مزایایی به همراه داشته باشد؛ اما در اکثر مواقع چنانچه تغییرات به درستی مدیریت نشوند، موجب بروز تأثیرات منفی، افزایش زمان و هزینه می‌شوند (Bröchner & Badenfelt, 2011). کنترل به‌موقع تغییرات، موجب کاهش اثرات منفی آن‌ها بر پروژه خواهد شد؛ از این‌رو، اجرای مدیریت تغییر در پروژه‌های عمرانی، از اهمیت بالایی برخوردار است و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اقدامات در جهت مدیریت موفق پروژه به شمار می‌آید.

اثربخشی عملکرد کلی مدیریت تغییر در پروژه‌های عمرانی، بسته به ماهیت، پیچیدگی، ابعاد، روش‌های قرارداد و سطح تجربه‌ی شرکت‌کنندگان در پروژه می‌تواند بسیار متفاوت باشد؛ ولی در اکثر پروژه‌ها با مدیریت مناسب تغییر می‌توان برنامه‌ای متناسب با شرایط پروژه جهت اجرای اقدامات پیشگیرانه در برابر تغییرات احتمالی تدوین نمود (Anees et al., 2013). مدیران پروژه‌های عمرانی در مواجهه با تغییرات، تصمیمات خود را بر اساس اطلاعات ناقص، فرضیات و تجربه‌ی شخصی خود و سایر متخصصان مشارکت‌کننده اتخاذ می‌کنند که این امر، گاهی منجر به شدت یافتن اثرات منفی تغییرات بر پروژه می‌شود (Hao et al, 2008).

در علم مدیریت، رویکرد‌های متعددی برای مدیریت تغییر در صنایع مختلف ارائه گردیده است. مدیریت تغییر در پروژه‌های عمرانی، نیازمند راه‌حلی یکپارچه به منظور نظم بخشیدن و هماهنگ کردن فرآیندهای پروژه است؛ به همین دلیل، انتخاب رویکردی مناسب جهت اجرای مؤثر مدیریت تغییر در پروژه‌های عمرانی، بسیار حیاتی و مهم است. رویکرد مدیریت تغییر در پروژه‌های عمرانی با توجه به ماهیت پویای آن‌ها، نیازمند درک صحیح شرایط پروژه و شناسایی روش‌های کنترل تغییرات است تا بتواند علاوه بر حفظ جریان کار، امکان پذیرش تغییرات و تبدیل آن‌ها به فرصت را برای تیم‌های مدیریت پروژه فراهم سازد و موفقیت پروژه در مسیر دستیابی به اهداف را تضمین نماید (Wong et al., 2017).

بررسی ادبیات تحقیق پیرامون موضوع تغییرات در پروژه‌های عمرانی، نشان از اتفاق نظر پژوهشگران در تعریف این پدیده دارد؛ هرگونه رخدادی در طول چرخه‌ی عمر پروژه‌های عمرانی به‌واسطه‌ی عوامل داخلی و یا خارجی که باعث تغییر و یا اصلاح برنامه‌های اولیه و یا فرآیندهای انجام کار شود، تغییر به شمار می‌رود. همواره تغییرات، بر هزینه، زمان و کیفیت اجرا اثر گذاشته و سبب بروز چالش‌هایی در مسیر دستیابی به اهداف و موفقیت پروژه‌ها می‌شوند. تغییرات با توجه به ماهیت آن‌ها، گاه قابل پیش‌بینی و گاه غیرقابل پیش‌بینی هستند که این امر، رویارویی با آن‌ها را دشوار می‌سازد (Gardiner & Simmons, 1992; Hwang & Low, 2012; Yana et al., 2015; Halou et al., 2019).

تغییرات در پروژه‌های عمرانی، اجتناب‌ناپذیر بوده و پیامدهای مستقیم یا غیرمستقیم بر دستیابی به اهداف دارند. این تغییرات، عمدتاً ناشی از ماهیت فرایندهای طراحی و ساخت و تعامل عوامل مختلفی مانند ویژگی‌های پروژه، تجربه‌ی مشارکت‌کنندگان، هزینه و محدودیت‌های سایت هستند (Yap et al., 2021). از آنجا که تغییرات در چرخه‌ی عمر پروژه می‌توانند بحران‌آفرین باشند، لازم است پیش‌بینی و اقدامات مناسبی برای انطباق فرآیندهای از پیش طراحی‌شده و کاهش اثرات منفی انجام گیرد (Aslam et al., 2019).

پژوهشگران در تحقیقات صورت‌گرفته، عوامل بروز تغییرات را به دو دسته‌ی (۱) عوامل داخلی و (۲) عوامل خارجی تقسیم نموده‌اند. بر اساس یافته‌ها، تغییرات در محیط داخلی، ممکن است توسط عواملی همچون کارفرما، پیمانکار، مشاور و همچنین تأمین‌کنندگان مواد و مصالح ایجاد شود؛ در حالی که تغییرات در محیط خارجی، ممکن است به واسطه‌ی عواملی همچون شرایط آب‌وهوایی، شرایط پیش‌بینی‌نشده‌ی سایت، نوسانات بازار و تغییرات در قوانین و مقررات اجرایی ایجاد شوند که در اکثر مواقع، خارج از کنترل تیم مدیریت پروژه است (Arefazar et al., 2019). انتخاب رویکرد مناسب جهت افزایش اثربخشی مدیریت تغییر در پروژه‌های عمرانی، نیازمند شناسایی دقیق عوامل ایجاد تغییرات و آگاهی از روابط درونی آنها است. هر کدام از عوامل ایجاد تغییر در پروژه‌های عمرانی، ممکن است به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم بر یکدیگر تأثیر گذاشته و یا از هم تأثیر پذیرند. بر اساس میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر یک از این عوامل، میزان کارایی راهبرد‌های مدیریت تغییر مشخص می‌شود (Pouyandeh et al., 2023). به همین منظور، با بررسی پیشینه‌ی تحقیقات موجود پیرامون موضوع پژوهش، نسبت به شناسایی بحرانی‌ترین عوامل داخلی و خارجی ایجاد تغییر در پروژه‌های عمرانی اقدام گردید که عوامل شناسایی‌شده، در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. عوامل ایجاد تغییرات در پروژه‌های عمرانی

| منابع  | نماد | علل بروز تغییرات   |
|--|------|--|
| (Ye et al., 2015); (Keane et al., 2010)  | A1   | عدم مشارکت مثبت و مداخلات نامناسب کارفرما در طراحی و اجرای پروژه   |
| (Arefazar et al., 2019); (Nahod, 2012)   | A2   | مشکلات مالی کارفرما  |
| (Arantes et al., 2015); (جدهاو و بهیرود، ۲۰۱۵)   | A3   | برنامه‌ی زمانی اولیه غیرواقعی کارفرما  |
| Manzoor Arain, & Sui Pheng, ) (Gray & Hughes, 2001)<br>(Tafazzoli & Shrestha, 2017); (2005)                                  | A4   | فرآیندهای تصمیم‌گیری کند کارفرما   |
| Oyewobi et al., ) (Arain et al., 2004); (Wang, 2000)<br>(2016)   | A5   | ماهیت لجباز کارفرما  |
| Al Nuaimi et al., ) (Oladapo, 2007); (Arain et al., 2004)<br>(Srđić & Šelih, 2015); (2010)                                   | A6   | تغییرات در جزئیات نقشه‌ها و رویه‌های کاری به دلیل تغییر در خواسته‌های کارفرما                            |
| Manzoor Arain, & Sui Pheng. ) (Hanna et al., 2022)<br>Senouci et ) (Nahod, 2012); (Jawad et al., 2009); (2005<br>(al., 2017) | A7   | تغییرات در برنامه و محدودی کار به دلیل نیازهای تازه شناسایی‌شده کارفرما که در برنامه اولیه لحاظ نشده است |
| (Rachid et al., 2019); (جدهاو و بهیرود، ۲۰۱۵)  | A8   | برنامه‌ریزی ضعیف پیمانکار در مورد تدارکات، تجهیزات و اجرای پروژه   |
| (Arefazar et al., 2019); (Keane et al., 2010)  | A9   | مشکلات مالی پیمانکار   |
| (Sun & Meng, 2009); (جدهاو و بهیرود، ۲۰۱۵)   | A10  | اجرای نادرست کار توسط پیمانکار عمومی یا پیمانکاران فرعی  |
| (Pouyandeh et al., 2023); (Nahod, 2012)  | A11  | تغییر در روش ساخت به دلیل تمایل پیمانکار به ساده‌سازی کار و فرار از پیچیدگی‌ها                           |

| منابع   | نماد | علل بروز تغییرات  |
|---|------|---|
| (Rachid et al., ) (Enshassi et al., 2010); (Nahod, 2012); (2019)                    | A12  | تغییر در مشخصات فنی مواد، کالاها و تجهیزات به دلیل عدم دسترسی به آنها                         |
| (Arefazar et al., 2019); (Hwang & Low, 2012)  | A13  | ضعف مشاور در تهیه نقشه‌ها   |
| (Pouyandeh et al., 2023); (Oyewobi et al., 2016)                                    | A14  | ضعف در نظارت و ارزیابی  |
| Manzoor Arain, & Sui Pheng, ) (Arain et al., 2004); (Arefazar et al., 2019); (2005) | A15  | تغییرات در نقشه‌ها ناشی از عدم درک واضح از پیچیدگی‌های عملیاتی در ابتدای پروژه و خطاهای موجود |
| Jawad et al., ) (Manzoor Arain, & Sui Pheng, 2005); (Hwang & Low, 2012); (2009)     | A16  | برداشت‌های اشتباه از خواسته‌های کارفرما   |
| Senouci et ) (Jawad et al., 2009); (Hanna et al., 2022); (al., 2017)                | A17  | شرایط غیرمنتظره و متغیر سایت  |
| (Senouci et al., 2017); (Hwang & Low, 2012)   | A18  | شرایط آب‌وهوایی   |
| (Nahod, 2012); (Sun & Meng, 2009)   | A19  | سیاست‌های دولت و قوانین شرایط کار   |
| Musarat ) (Sun & Meng, 2009); (Gkritza & Labi, 2008); (et al., 2021)                | A20  | افزایش قیمت کالاها به دلیل تورم و تغییرات نرخ ارز   |
| (Arefazar et al., 2019); (Sun & Meng, 2009); (Pouyandeh et al., 2023)               | A21  | معرفی فناوری‌ها، مواد و روش‌های جدید  |

بررسی پژوهش‌های پیشین پیرامون موضوع پژوهش، نشان می‌دهد که بیشتر مطالعات، اغلب به مرور ادبیات مدیریت تغییر، معرفی و مقایسه‌ی برخی از عوامل ایجاد تغییرات در پروژه‌های عمرانی پرداخته‌اند؛ اما نسبت به بررسی روابط درونی، ماهیت و شدت اثر عوامل ایجاد تغییر، پژوهش قابل توجهی به‌ویژه در ایران انجام نشده است؛ لذا با توجه به اهمیت این موضوع، پژوهش حاضر با هدف پر کردن این شکاف پژوهشی و با تمرکز بر تحلیل روابط متقابل بین عوامل ایجاد تغییر در پروژه‌های عمرانی، انجام گرفته است.

## روش

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در پژوهش حاضر، از تکنیک دیمتل جهت بررسی روابط درونی و شناسایی نوع و شدت اثر عوامل ایجاد تغییرات در پروژه‌های عمرانی استفاده شده است. تکنیک دیمتل، به بررسی روابط گروه (خوشه‌هایی از شاخص‌ها یا گزینه‌ها) می‌پردازد. دیمتل، یک روش ریاضی برای تجزیه و تحلیل مدل‌های ساختاری بوده که میان عوامل آنها، روابط علت و معلولی حاکم است. این روش، از طریق مقایسات زوجی با بهره‌گیری از نظر خبرگان و با به‌کارگیری اصول نظریه‌ی گراف، ساختار سلسله‌مراتبی شبکه‌ای از عوامل موجود در سیستم را به کمک روابط تأثیرگذاری و تأثیرپذیری ارائه می‌دهد. همچنین شدت اثر روابط مذکور را به‌صورت عددی نشان می‌دهد.

پس از تدوین پرسشنامه‌ی محقق‌ساخته مبتنی بر روش دیمتل، ۱۰ نفر از مدیران و مهندسان فعال و آشنا با موضوع پژوهش که دارای حداقل مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد عمران یا مدیریت با بیش از ۱۰ سال سابقه در زمینه‌ی پروژه‌های عمرانی شهرداری شیراز بودند، به روش هدفمند انتخاب شدند و داده‌های لازم از آنان گردآوری شد.

مشخصات خبرگان این پژوهش، در جدول ۲ ارائه گردیده است. عملکرد نوآورانه سازمانی

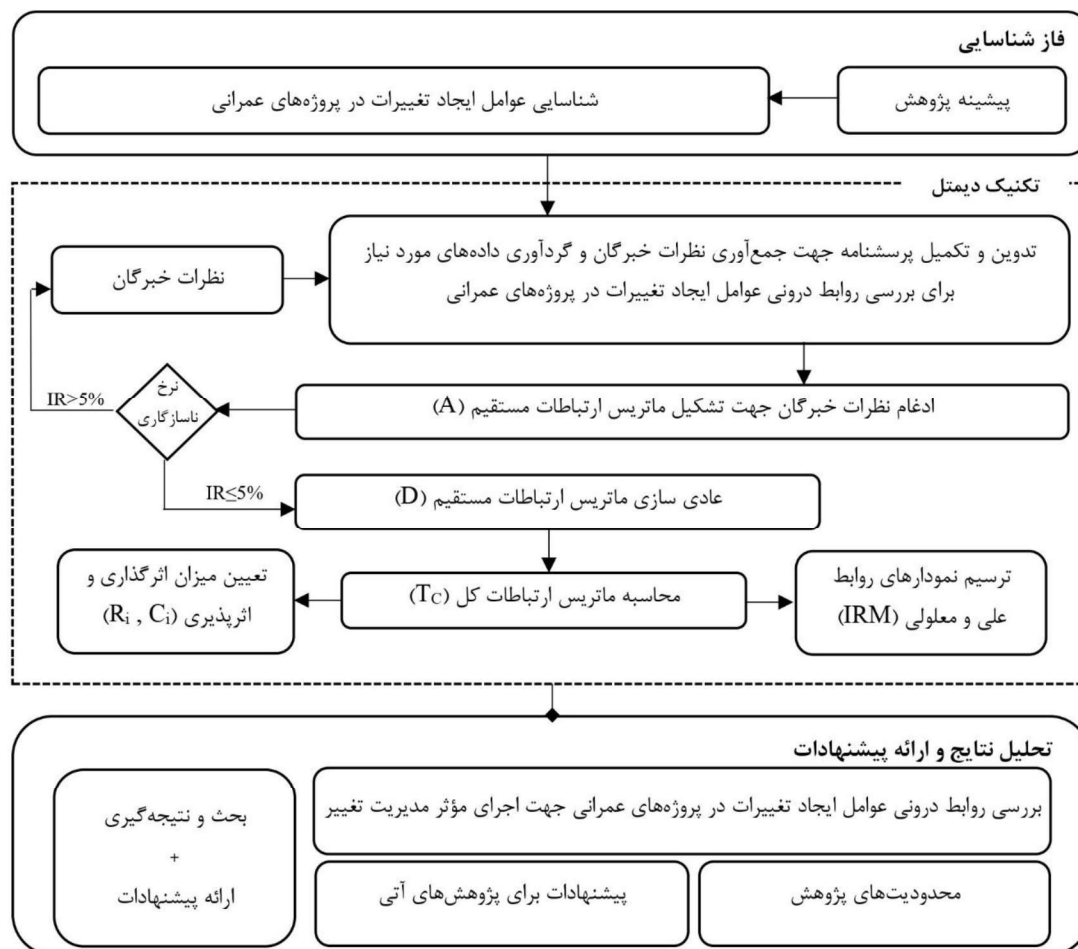
عملکرد سازمانی به معنای توانایی یک سازمان برای رسیدن به اهداف و بهینه‌سازی نتایج است (Anwar & Abdullah, 2021). از طرفی، نوآوری به‌عنوان فرآیند ارائه ایده‌ها، روش‌ها، محصولات، خدمات یا راه‌حل‌های

جدیدی تعریف می‌شود که تأثیر و ارزش مثبت قابل توجهی دارند (Kodirova, 2020). از همین رو، عملکرد نوآورانه سازمانی به معنای استفاده از یک ایده یا خلاقیت برای بهبود محصولات، فرآیندها، رویه‌هایی جدیدی بوده که اهمیت، سودمندی و عملکرد محصولات و خدمات را افزایش می‌دهد (Anzola-Román et al., 2024). همچنین، عملکرد نوآورانه سازمانی، نتیجه عوامل تأثیرگذار متعدد بوده و همه دستاوردها و نتایج حاصل از نوآوری برای یک سازمان را نشان می‌دهد (Robertson et al., 2023).

جدول ۲. مشخصات خبرگان پژوهش

| مشخصه | جنسیت |     | سن    |       | تحصیلات |       | سابقه شغلی |       |
|-------|-------|-----|-------|-------|---------|-------|------------|-------|
|       | مرد   | زن  | ۷۰-۵۱ | ۵۰-۳۰ | ارشد    | دکتری | ۲۰-۱۶      | ۳۰-۲۱ |
| تعداد | ۹     | ۱   | ۴     | ۶     | ۹       | ۱     | ۳          | ۶     |
| درصد  | ۹۰٪   | ۱۰٪ | ۴۰٪   | ۶۰٪   | ۹۰٪     | ۱۰٪   | ۳۰٪        | ۶۰٪   |

در مرحله ۱-ی اول، از خبرگان درخواست شد تا پرسشنامه ۱-ی تدوین شده ۱-ی تکنیک دیمتل را بر اساس تجربیات و نظرات خود تکمیل نمایند. این پرسشنامه، شامل یک ماتریس نظرسنجی ۲۱×۲۱ بر اساس ۲۱ عامل ایجاد تغییر در پروژه ۱-های عمرانی منطبق بر طیف لیکرت است (بدین شکل که اگر عامل سطر بر عامل ستون اثر ندارد، عدد "۰"، اثر خیلی کم عدد "۱"، اثر کم عدد "۲"، اثر زیاد عدد "۳" و اثر خیلی زیاد عدد "۴"). گام‌های فرآیند تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش حاضر، در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. فرآیند تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش

مراحل اجرای این تکنیک، به شرح زیر است (Alinezhad & Khalili, 2019):  
 گام اول- تشکیل ماتریس ارتباطات مستقیم (A): پس از تکمیل پرسشنامه‌ی دیمتل توسط خبرگان، بر اساس میزان تأثیرگذاری معیارهای سطر بر ستون، ماتریسی غیرمنفی با درایه‌های قطر اصلی "۰" به ازای هر یک از خبرگان تشکیل شده است. جهت تشکیل ماتریس ارتباطات مستقیم (A)، با استفاده از رابطه‌ی (۱) نسبت به محاسبه‌ی میانگین حسابی و ادغام نظر خبرگان اقدام شده است:

$$A = [a_{ij}]_{n \times n} = \frac{1}{H} \sum_{k=1}^h [x_{ij}^k]_{n \times n} \quad \text{رابطه (۱)}$$

h: تعداد خبرگان

x: درایه‌های ماتریس هر یک از خبرگان

گام دوم- تعیین پایایی جهت سنجش قابلیت اعتماد (IR): برای سنجش میزان قابلیت اعتماد نظرات خبرگان، از طریق رابطه‌ی (۲) نسبت به محاسبه‌ی نرخ ناسازگاری (IR) اقدام شده است. سپس با مقایسه‌ی نرخ ناسازگاری به دست آمده با مقدار قراردادی تکنیک دیمتل، وضعیت سازگاری نظرات خبرگان مورد بررسی قرار گرفته است:

$$IR = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{|g_c^{ij(\alpha)} - g_c^{ij(\alpha-1)}|}{g_c^{ij(\alpha)}} \quad \text{رابطه (۲):}$$

m: تعداد معیارها

$\alpha$ : تعداد کل خبرگان

$g_c^{ij(\alpha)}$ : عنصر سطر i و ستون j ماتریس ارتباطات مستقیم حاصل از نظرات  $\alpha$  خبره

\* چنانچه  $IR \leq 0.05$ : نظرات خبرگان سازگار بوده و ادامه عملیات مجاز است.

\* چنانچه  $IR > 0.05$ : نظرات خبرگان سازگار نیست و خبرگان باید در نظرات خود تجدید نظر کنند.

پس از حصول اطمینان از پایایی نظرات خبرگان، نسبت به ادامه‌ی عملیات اقدام می‌شود.

گام سوم- نرمال‌سازی ماتریس ارتباطات مستقیم (D): به منظور نرمال‌سازی ماتریس ارتباطات مستقیم (A) از رابطه‌ی (۳) استفاده می‌شود:

$$D = [d_{ij}]_{n \times n} = A \times b \quad \text{رابطه (۳):}$$

که در این رابطه، میزان b با کمک رابطه (۴) مشخص می‌شود:

$$b = \min \left( \frac{1}{\max \sum_{j=1}^m a_{ij}}, \frac{1}{\max \sum_{i=1}^m a_{ij}} \right) \quad \text{رابطه (۴):}$$

m: هر معیار ماتریس A

گام چهارم- تشکیل ماتریس ارتباطات کل (Tc): ماتریس ارتباطات کل (T)، به کمک رابطه (۵) محاسبه می‌شود:

$$Tc = [t_{ij}]_{n \times n} = D \times (I - D)^{-1} \quad \text{رابطه (۵):}$$

I: ماتریس همانی

گام پنجم- تحلیل نوع متغیرها، تعیین ارزش آستانه و ترسیم نمودار علی و معلولی: در این گام، ابتدا جمع عناصر سطر و ستون معیارها در ماتریس ارتباطات کل (Tc) محاسبه شده و بدین شرح تحلیل می‌گردد:

مجموع عناصر هر سطر (R): این متغیر برای هر عامل، بیانگر میزان تأثیرگذاری آن بر سایر عوامل است که با رابطه‌ی (۶) محاسبه می‌شود. هرچقدر میزان این متغیر بیشتر باشد، میزان تأثیرگذاری آن عامل بیشتر است.

مجموع عناصر هر ستون (C): این متغیر برای هر عامل، بیانگر میزان تأثیرپذیری آن از سایر عوامل است که با رابطه‌ی (۷) محاسبه می‌شود. هرچقدر میزان این متغیر بیشتر باشد، میزان تأثیرپذیری آن عامل بیشتر است.

$$R = [r_i]_{n \times 1} = \left[ \sum_{j=1}^n t_{ij} \right]_{n \times 1} \quad \text{رابطه (۶):}$$

$$C = [c_j]_{1 \times n} = \left[ \sum_{i=1}^n t_{ij} \right]_{1 \times n} \quad \text{رابطه (۷):}$$

در این صورت، جهت تشکیل نمودار علی و معلولی:

محور بردار افقی، برابر (R + C) است که به آن امتیاز گفته می‌شود و بیانگر میزان اثرات کلی هر عامل است؛ از این رو، می‌توان گفت هرچقدر مقدار این متغیر برای عاملی بیشتر باشد، آن عامل از تعامل بیشتری با سایر عوامل برخوردار است.

محور بردار عمودی، برابر  $(R - C)$  است که به آن وابستگی گفته می‌شود و بیانگر میزان اثرگذاری و یا اثرپذیری هر عامل است؛ از این رو، می‌توان گفت اگر  $(R - C)$  مثبت باشد، عامل مورد بررسی بر سایر عوامل اثر می‌گذارد و معیار علت به شمار می‌رود و چنانچه  $(R - C)$  منفی باشد، عامل مورد بررسی از سایر عوامل اثر می‌پذیرد و معیار معلول به شمار می‌رود.

پس از محاسبه‌ی این مقادیر، نسبت به ترسیم یک دستگاه مختصات دکارتی با محور افقی  $(R + C)$  و محور عمودی  $(R - C)$  اقدام می‌شود. در انتها، موقعیت هر یک از عوامل را به کمک نقاطی به مختصات  $((R - C), (R + C))$  مشخص نموده و نمودار گرافیکی علی و معلولی حاصل می‌گردد.

جهت تعیین ارزش آستانه برای مشخص کردن ساختار ارتباطی بین اجزا، میانگین کلیه‌ی درایه‌های ماتریس  $T_c$  به‌عنوان حد آستانه محاسبه می‌شود.

### یافته‌ها

پس از جمع‌آوری و ادغام نظرات خبرگان، ماتریس ارتباطات مستقیم (A) مطابق جدول ۳ حاصل گشت. جهت اطمینان از پایایی نظرات خبرگان، نرخ ناسازگاری بر اساس رابطه (۲) محاسبه گردید که حاصل برابر ۰/۰۲۴ به دست آمد؛ در نتیجه با توجه به اینکه نرخ ناسازگاری نظرات خبرگان (۲/۴٪) کمتر از ۵٪ به دست آمده بود، نظرات خبرگان سازگار بوده و ادامه‌ی عملیات مجاز گردید.

جدول ۳. ماتریس ارتباطات مستقیم (A)

| A   | A1  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 | A15 | A16 | A17 | A18 | A19 | A20 | A21 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A1  | 0   | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۲/۶ | ۲/۳ | ۲/۳ | ۰/۹ | ۱   | ۱/۶ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۱/۹ | ۲/۵ | ۱/۱ | ۲/۳ | ۱/۱ | ۰/۸ | ۰/۷ | ۰/۹ | ۰/۶ |
| A2  | ۱/۳ | ۰   | ۳/۵ | ۲/۴ | ۱/۱ | ۳/۱ | ۲/۲ | ۱/۷ | ۳/۵ | ۱   | ۰/۹ | ۱/۲ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۱/۱ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۱/۱ | ۲/۲ | ۰/۸ | ۰/۸ |
| A3  | ۲/۷ | ۲/۲ | ۰   | ۱/۷ | ۲/۹ | ۱/۸ | ۱/۸ | ۱/۱ | ۱/۶ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۱/۲ | ۱   | ۱   | ۰/۹ | ۱/۱ | ۰/۸ | ۱/۱ | ۰/۶ | ۳/۱ | ۱/۳ |
| A4  | ۱/۲ | ۱   | ۱   | ۰   | ۱/۱ | ۲/۶ | ۱/۲ | ۱   | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۱/۲ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۹ | ۱   | ۰/۷ | ۱/۲ | ۰/۶ | ۳/۱ | ۱   |
| A5  | ۲/۹ | ۱   | ۲/۹ | ۲/۸ | ۰   | ۱/۵ | ۱/۴ | ۰/۹ | ۱/۲ | ۱   | ۱   | ۱/۱ | ۰/۹ | ۱   | ۱   | ۱   | ۱/۱ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۱/۱ | ۰/۷ |
| A6  | ۲/۲ | ۱/۷ | ۱/۴ | ۱/۳ | ۰/۹ | ۰   | ۳/۳ | ۱/۸ | ۱/۴ | ۱/۸ | ۱   | ۱/۲ | ۱/۸ | ۰/۹ | ۱/۱ | ۲/۲ | ۰/۹ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۱   | ۰/۹ |
| A7  | ۱/۲ | ۲/۳ | ۳/۱ | ۱/۲ | ۱/۶ | ۲/۹ | ۰   | ۱/۹ | ۱/۲ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۲/۷ | ۱/۱ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۱   | ۱   | ۰/۹ | ۰/۸ | ۱/۸ | ۱/۱ |
| A8  | ۰/۸ | ۰/۵ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰   | ۳/۶ | ۲/۸ | ۱/۲ | ۱/۷ | ۰/۸ | ۱/۳ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۱   | ۰/۸ | ۰/۸ | ۳   | ۰/۹ |
| A9  | ۱   | ۱/۳ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۳   | ۰   | ۱/۴ | ۲/۸ | ۱/۹ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۱   | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۹ | ۱/۱ | ۲   | ۰/۸ |
| A10 | ۰/۸ | ۱/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۱/۱ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۹ | ۲/۹ | ۰   | ۲/۴ | ۰/۹ | ۰/۸ | ۱/۳ | ۱   | ۰/۸ | ۱/۱ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۹ |
| A11 | ۰/۹ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۹ | ۱/۱ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۱/۴ | ۰/۹ | ۲/۳ | ۰   | ۰/۸ | ۰/۸ | ۱/۶ | ۱/۷ | ۰/۸ | ۱/۱ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۰/۸ | ۱/۱ |
| A12 | ۰/۸ | ۱/۵ | ۱   | ۰/۹ | ۱/۵ | ۰/۹ | ۱   | ۱/۲ | ۲/۴ | ۰/۹ | ۱/۸ | ۰   | ۱/۲ | ۰/۹ | ۱   | ۰/۸ | ۰/۹ | ۰/۸ | ۱/۱ | ۲/۹ | ۱/۳ |
| A13 | ۱/۳ | ۲   | ۱/۱ | ۰/۹ | ۱/۲ | ۱/۱ | ۱   | ۲/۵ | ۳/۲ | ۳/۴ | ۱/۵ | ۱/۴ | ۰   | ۱/۵ | ۳/۶ | ۲/۸ | ۱/۲ | ۱   | ۱   | ۰/۹ | ۱   |
| A14 | ۱   | ۱   | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۱   | ۰/۹ | ۱/۲ | ۱/۱ | ۲/۶ | ۱/۲ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰   | ۲/۳ | ۰/۹ | ۱/۱ | ۱   | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ |
| A15 | ۱/۱ | ۱/۱ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۱/۵ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۷/۱ | ۲/۸ | ۱/۸ | ۲/۶ | ۰/۹ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۰   | ۰/۹ | ۱/۲ | ۱   | ۰/۹ | ۰/۹ | ۱   |
| A16 | ۱/۲ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۲/۷ | ۱   | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۳   | ۰/۹ | ۱/۱ | ۰   | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ |
| A17 | ۰/۷ | ۱   | ۲/۱ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۱/۷ | ۱   | ۱/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۱/۶ | ۱   | ۱/۳ | ۰/۷ | ۰   | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۸ |
| A18 | ۰/۷ | ۰/۸ | ۲   | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۲   | ۰/۷ | ۱/۸ | ۱   | ۰/۷ | ۰/۷ | ۱/۳ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۲/۸ | ۰   | ۱   | ۱   | ۲/۱ |
| A19 | ۰/۷ | ۱/۴ | ۱/۳ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۱   | ۱/۷ | ۰/۷ | ۱/۳ | ۳/۲ | ۰/۷ | ۱   | ۰/۷ | ۰/۷ | ۱/۳ | ۰/۷ | ۰   | ۳/۵ | ۱/۵ |
| A20 | ۱/۳ | ۳   | ۱/۳ | ۱/۶ | ۰/۷ | ۲/۱ | ۰/۷ | ۲/۳ | ۳/۵ | ۰/۷ | ۱/۱ | ۲/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۲/۵ | ۰   | ۱/۴ |

| A   | A1  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 | A15 | A16 | A17 | A18 | A19 | A20 | A21 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A21 | ۰/۸ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۲/۵ | ۰/۷ | ۲/۵ | ۳/۱ | ۰/۷ | ۰/۸ | ۱   | ۱/۱ | ۱   | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۰/۷ | ۱/۷ | ۱/۶ | ۰   |

در ادامه با نرمال‌سازی ماتریس ارتباطات مستقیم (A) با استفاده از رابطه‌ی (۳)، ماتریس ارتباطات مستقیم نرمال‌شده (D) در جدول ۴ حاصل گردید:

جدول ۴. ماتریس ارتباطات مستقیم نرمال‌شده (D)

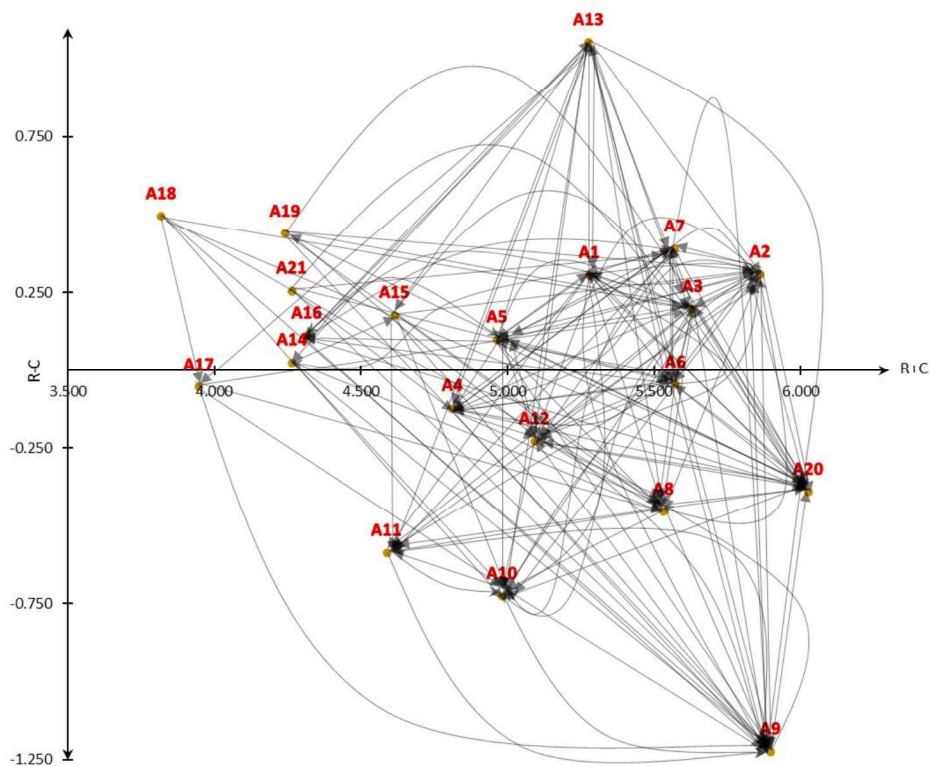
| D   | A1    | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A10   | A11   | A12   | A13   | A14   | A15   | A16   | A17   | A18   | A19   | A20   | A21   |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A1  | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۴۴ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۵۲ | ۰/۰۶۹ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۱۷ |
| A2  | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۹۶ | ۰/۰۶۶ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۹۶ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۶۱ |
| A3  | ۰/۰۷۴ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۴۴ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۳۶ |
| A4  | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۲۸ |
| A5  | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۷۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۱۹ |
| A6  | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۹۱ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۵ |
| A7  | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۴۴ | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۵۲ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۷۴ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۳۰ |
| A8  | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۹۹ | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۲۵ |
| A9  | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۵۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۵۵ |
| A10 | ۰/۰۲۰ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۶۶ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۵ |
| A11 | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۴۴ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۳۰ |
| A12 | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۶۶ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۳۶ |
| A13 | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۵۵ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۶۹ | ۰/۰۸۸ | ۰/۰۹۴ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۹۹ | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۸ |
| A14 | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ |
| A15 | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۸ |
| A16 | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۷۴ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ |
| A17 | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۴۴ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۲ |
| A18 | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۵۵ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۵۵ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۵۰ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۵۸ |
| A19 | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۸۸ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۹۶ | ۰/۰۴۱ |
| A20 | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۴۴ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۹۶ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۷۴ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۶۹ |
| A21 | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۶۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۶۹ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۲۸ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۴۴ |

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از تکنیک دیمتل، اثر شبکه‌ی معیارها بر اساس ماتریس ارتباطات کل (Tc) در جداول ۵ ارائه گردیده است.

جدول ۵. ماتریس ارتباطات کل (Tc)

| Tc  | A1        | A2    | A3    | A4        | A5        | A6        | A7        | A8        | A9        | A10       | A11       | A12       | A13   | A14   | A15   | A16   | A17       | A18   | A19   | A20    | A21       | R     |
|-----|-----------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|--------|-----------|-------|
| A1  | ۰/۱۰۰     | ۰/۱۳۹ | ۰/۱۳۹ | ۰/۱۵۱     | ۰/۱۶۴     | ۰/۱۷۰     | ۰/۱۶۲     | ۰/۱۳۹     | ۰/۱۶۲     | ۰/۱۵۳     | ۰/۱۲۳     | ۰/۱۲۶     | ۰/۱۳۴ | ۰/۱۴۷ | ۰/۱۱۷ | ۰/۱۴۴ | ۰/۱۰۶     | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۹۱ | ۰/۱۴۵  | ۰/۰۹۳     | ۲/۷۹۱ |
| A2  | ۰/۱۴۵     | ۰/۱۲۲ | ۰/۲۰۷ | ۰/۱۶۹     | ۰/۱۳۵     | ۰/۲۰۲     | ۰/۱۷۱     | ۰/۱۷۵     | ۰/۲۴۳     | ۰/۱۴۶     | ۰/۱۳۵     | ۰/۱۴۹     | ۰/۱۱۴ | ۰/۱۱۲ | ۰/۱۱۶ | ۰/۱۲۰ | ۰/۱۰۸     | ۰/۰۹۶ | ۰/۱۱۰ | ۰/۱۹۹  | ۰/۱۰۷     | ۳/۰۸۳ |
| A3  | ۰/۱۷۵     | ۰/۱۷۲ | ۰/۱۱۲ | ۰/۱۴۹     | ۰/۱۷۵     | ۰/۱۶۶     | ۰/۱۵۵     | ۰/۱۵۰     | ۰/۱۸۶     | ۰/۱۳۶     | ۰/۱۲۷     | ۰/۱۴۱     | ۰/۱۱۲ | ۰/۱۱۲ | ۰/۱۱۲ | ۰/۱۱۶ | ۰/۱۰۱     | ۰/۰۹۶ | ۰/۰۹۴ | ۰/۲۱۰  | ۰/۱۱۵     | ۲/۹۱۳ |
| A4  | ۰/۱۱۵     | ۰/۱۲۰ | ۰/۱۱۷ | ۰/۰۸۱     | ۰/۱۰۸     | ۰/۱۶۲     | ۰/۱۴۱     | ۰/۱۲۶     | ۰/۱۴۱     | ۰/۱۱۵     | ۰/۱۰۷     | ۰/۱۲۱     | ۰/۰۸۸ | ۰/۰۸۷ | ۰/۰۹۴ | ۰/۰۹۶ | ۰/۰۸۳     | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۸۰ | ۰/۱۸۵  | ۰/۰۹۲     | ۲/۳۴۴ |
| A5  | ۰/۱۶۶     | ۰/۱۲۵ | ۰/۱۷۱ | ۰/۱۶۲     | ۰/۰۸۹     | ۰/۱۴۲     | ۰/۱۳۱     | ۰/۱۲۷     | ۰/۱۵۴     | ۰/۱۲۵     | ۰/۱۱۵     | ۰/۱۲۲     | ۰/۰۹۹ | ۰/۱۰۲ | ۰/۱۰۴ | ۰/۱۰۳ | ۰/۰۹۸     | ۰/۰۷۸ | ۰/۰۸۴ | ۰/۱۴۴  | ۰/۰۸۸     | ۲/۵۳۱ |
| A6  | ۰/۱۵۴     | ۰/۱۵۳ | ۰/۱۴۲ | ۰/۱۲۹     | ۰/۱۲۰     | ۰/۱۱۰     | ۰/۱۸۶     | ۰/۱۶۲     | ۰/۱۷۴     | ۰/۱۵۶     | ۰/۱۲۶     | ۰/۱۳۵     | ۰/۱۳۰ | ۰/۱۰۶ | ۰/۱۱۵ | ۰/۱۴۰ | ۰/۱۰۰     | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۹۱ | ۰/۱۴۹  | ۰/۱۰۰     | ۲/۷۶۳ |
| A7  | ۰/۱۶۱     | ۰/۱۷۷ | ۰/۱۹۵ | ۰/۱۳۷     | ۰/۱۴۵     | ۰/۱۹۵     | ۰/۱۱۱     | ۰/۱۷۴     | ۰/۱۸۱     | ۰/۱۴۰     | ۰/۱۲۹     | ۰/۱۸۱     | ۰/۱۱۷ | ۰/۱۱۲ | ۰/۱۱۴ | ۰/۱۱۶ | ۰/۱۰۸     | ۰/۰۹۳ | ۰/۱۰۰ | ۰/۱۸۳  | ۰/۱۱۲     | ۲/۹۷۹ |
| A8  | ۰/۱۰۶     | ۰/۱۳۹ | ۰/۱۱۴ | ۰/۱۰۷     | ۰/۱۰۴     | ۰/۱۱۸     | ۰/۱۰۹     | ۰/۱۰۹     | ۰/۲۲۳     | ۰/۱۷۳     | ۰/۱۵۰     | ۰/۱۴۰     | ۰/۰۹۳ | ۰/۱۰۸ | ۰/۰۹۹ | ۰/۰۹۳ | ۰/۰۸۰     | ۰/۰۹۱ | ۰/۰۹۱ | ۰/۱۹۱  | ۰/۰۹۴     | ۲/۵۳۷ |
| A9  | ۰/۱۰۵     | ۰/۱۲۵ | ۰/۱۰۷ | ۰/۱۰۰     | ۰/۰۹۹     | ۰/۱۱۰     | ۰/۱۰۳     | ۰/۱۷۶     | ۰/۱۱۹     | ۰/۱۳۱     | ۰/۱۵۹     | ۰/۱۳۷     | ۰/۰۸۸ | ۰/۰۹۱ | ۰/۰۹۸ | ۰/۰۸۸ | ۰/۰۸۶     | ۰/۰۷۸ | ۰/۰۹۲ | ۰/۱۵۸  | ۰/۰۸۷     | ۲/۳۳۵ |
| A10 | ۰/۰۹۴     | ۰/۱۲۸ | ۰/۱۰۱ | ۰/۰۹۴     | ۰/۱۰۰     | ۰/۱۰۳     | ۰/۰۹۷     | ۰/۱۱۴     | ۰/۱۸۰     | ۰/۰۸۵     | ۰/۱۴۱     | ۰/۱۰۲     | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۹۷ | ۰/۰۹۳ | ۰/۰۸۲ | ۰/۰۸۸     | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۷۸ | ۰/۱۱۵  | ۰/۰۸۳     | ۲/۱۲۷ |
| A11 | ۰/۰۹۲     | ۰/۰۹۸ | ۰/۰۹۵ | ۰/۰۹۲     | ۰/۰۹۶     | ۰/۰۹۸     | ۰/۰۹۲     | ۰/۱۱۹     | ۰/۱۲۴     | ۰/۱۴۱     | ۰/۰۷۴     | ۰/۰۹۴     | ۰/۰۷۹ | ۰/۱۰۱ | ۰/۱۰۷ | ۰/۰۷۹ | ۰/۰۸۵     | ۰/۰۶۸ | ۰/۰۷۴ | ۰/۱۰۹  | ۰/۰۸۴     | ۱/۹۹۹ |
| A12 | ۰/۱۰۵     | ۰/۱۳۵ | ۰/۱۱۸ | ۰/۱۰۸     | ۰/۱۱۹     | ۰/۱۱۹     | ۰/۱۱۳     | ۰/۱۵۸     | ۰/۱۸۷     | ۰/۱۲۰     | ۰/۱۱۸     | ۰/۰۹۳     | ۰/۱۰۱ | ۰/۰۹۵ | ۰/۱۰۰ | ۰/۰۹۱ | ۰/۰۹۰     | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۹۶ | ۰/۱۸۶  | ۰/۱۰۲     | ۲/۴۳۱ |
| A13 | ۰/۱۴۱     | ۰/۱۷۳ | ۰/۱۴۵ | ۰/۱۳۰     | ۰/۱۳۹     | ۰/۱۴۸     | ۰/۱۳۶     | ۰/۱۹۷     | ۰/۲۴۳     | ۰/۲۱۵     | ۰/۱۶۰     | ۰/۱۵۲     | ۰/۰۹۳ | ۰/۱۳۳ | ۰/۱۹۱ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۱۹     | ۰/۱۰۰ | ۰/۱۰۹ | ۰/۱۶۲  | ۰/۱۱۳     | ۳/۱۶۵ |
| A14 | ۰/۰۹۹     | ۰/۱۰۹ | ۰/۱۰۳ | ۰/۰۹۶     | ۰/۰۹۶     | ۰/۱۰۸     | ۰/۱۰۰     | ۰/۱۲۰     | ۰/۱۳۷     | ۰/۱۴۵     | ۰/۱۱۲     | ۰/۱۰۲     | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۶۳ | ۰/۱۲۶ | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۸۹     | ۰/۰۷۶ | ۰/۰۸۰ | ۰/۱۱۷  | ۰/۰۸۳     | ۲/۱۴۵ |
| A15 | ۱/۱۱۱     | ۰/۱۲۰ | ۰/۱۱۳ | ۰/۱۰۵     | ۰/۱۱۹     | ۰/۱۱۵     | ۰/۱۰۸     | ۰/۱۴۵     | ۰/۱۹۱     | ۰/۱۴۴     | ۰/۱۵۷     | ۰/۱۱۲     | ۰/۰۹۸ | ۰/۱۰۳ | ۰/۰۷۴ | ۰/۰۹۳ | ۰/۰۹۸     | ۰/۰۸۲ | ۰/۰۸۷ | ۰/۱۲۹  | ۰/۰۹۳     | ۲/۳۹۶ |
| A16 | ۰/۱۱۰     | ۰/۱۰۹ | ۰/۱۰۹ | ۰/۱۰۱     | ۰/۱۴۶     | ۰/۱۱۲     | ۰/۱۰۳     | ۰/۱۱۶     | ۰/۱۳۴     | ۰/۱۱۴     | ۰/۱۰۴     | ۰/۱۰۵     | ۰/۱۴۴ | ۰/۰۹۰ | ۰/۱۰۱ | ۰/۰۶۷ | ۰/۰۸۶     | ۰/۰۷۵ | ۰/۰۸۲ | ۰/۱۲۰  | ۰/۰۸۵     | ۲/۲۱۳ |
| A17 | ۰/۰۸۶     | ۰/۱۰۳ | ۰/۱۲۷ | ۰/۰۸۵     | ۰/۰۸۵     | ۰/۰۹۴     | ۰/۰۸۸     | ۰/۱۲۶     | ۰/۱۲۶     | ۰/۱۲۳     | ۰/۰۹۱     | ۰/۰۹۰     | ۰/۰۹۹ | ۰/۰۸۴ | ۰/۰۹۵ | ۰/۰۷۶ | ۰/۰۵۴     | ۰/۰۶۴ | ۰/۰۷۰ | ۰/۱۰۶  | ۰/۰۷۵     | ۱/۹۴۶ |
| A18 | ۰/۰۹۲     | ۰/۱۰۴ | ۰/۱۳۳ | ۰/۰۹۲     | ۰/۰۹۱     | ۰/۱۰۲     | ۰/۰۹۶     | ۰/۱۴۰     | ۰/۱۲۵     | ۰/۱۳۳     | ۰/۱۰۴     | ۰/۰۹۷     | ۰/۰۸۱ | ۰/۰۹۸ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۸۰ | ۰/۱۳۳     | ۰/۰۴۹ | ۰/۰۸۴ | ۰/۱۲۳  | ۰/۱۱۵     | ۲/۱۵۷ |
| A19 | ۰/۰۹۸     | ۰/۱۳۰ | ۰/۱۲۱ | ۰/۰۹۹     | ۰/۰۹۶     | ۰/۱۱۱     | ۰/۱۰۱     | ۰/۱۲۷     | ۰/۱۶۴     | ۰/۱۰۹     | ۰/۱۱۸     | ۰/۱۷۳     | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۹۴ | ۰/۰۸۹ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۹۸     | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۶۵ | ۰/۱۹۸  | ۰/۱۰۶     | ۲/۳۴۰ |
| A20 | ۰/۱۳۰     | ۰/۱۸۷ | ۰/۱۴۰ | ۰/۱۳۹     | ۰/۱۱۲     | ۰/۱۶۵     | ۰/۱۲۲     | ۰/۱۸۰     | ۰/۲۳۳     | ۰/۱۲۸     | ۰/۱۲۲     | ۰/۱۷۸     | ۰/۱۰۰ | ۰/۱۰۰ | ۰/۱۰۳ | ۰/۱۰۰ | ۰/۰۹۵     | ۰/۰۸۴ | ۰/۱۴۱ | ۰/۱۳۳  | ۰/۱۱۵     | ۲/۸۱۷ |
| A21 | ۰/۱۰۱     | ۰/۱۰۸ | ۰/۱۰۶ | ۰/۱۲۳     | ۰/۰۹۴     | ۰/۱۵۷     | ۰/۱۶۵     | ۰/۱۱۳     | ۰/۱۳۱     | ۰/۱۱۳     | ۰/۱۰۸     | ۰/۱۱۴     | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۸۴ | ۰/۰۸۷ | ۰/۰۸۵ | ۰/۰۸۱     | ۰/۰۷۱ | ۰/۱۰۵ | ۰/۱۴۵  | ۰/۰۶۳     | ۲/۲۵۹ |
| C   | ۲/۴۸۷     | ۲/۷۷۷ | ۲/۷۱۷ | ۲/۴۶۷     | ۲/۴۳۳     | ۲/۸۰۹     | ۲/۵۹۰     | ۲/۹۹۳     | ۳/۵۶۰     | ۲/۸۵۴     | ۲/۵۸۸     | ۲/۶۶۱     | ۲/۱۱۲ | ۲/۱۲۱ | ۲/۲۱۹ | ۲/۱۰۳ | ۲/۰۰۱     | ۱/۶۶۲ | ۱/۹۰۲ | ۲/۲۰۸  | ۲/۰۰۵     |       |
| R+C | ۵/۲۷۸     | ۵/۸۶۰ | ۵/۶۳۰ | ۴/۸۱۱     | ۴/۹۶۳     | ۵/۵۷۲     | ۵/۵۶۹     | ۵/۵۳۰     | ۵/۸۹۵     | ۴/۹۸۲     | ۴/۵۸۷     | ۵/۰۹۲     | ۵/۲۷۷ | ۴/۲۶۶ | ۴/۶۱۵ | ۴/۳۱۶ | ۳/۹۴۸     | ۳/۸۱۹ | ۴/۲۴۲ | ۶/۰۲۶  | ۴/۲۶۴     |       |
| R-C | ۰/۳۰۴     | ۰/۳۰۶ | ۰/۱۹۶ | -۰/۱۲۴    | ۰/۰۹۸     | -۰/۰۴۷    | ۰/۳۹۰     | -۰/۰۵۶    | -۱/۲۲۵    | -۰/۷۲۷    | -۰/۵۸۹    | -۰/۱۳۰    | ۱/۰۵۳ | ۰/۰۲۵ | ۰/۱۷۶ | ۰/۱۱۱ | -۰/۱۰۵    | ۰/۴۹۵ | ۰/۴۳۸ | -۰/۳۹۱ | ۰/۲۵۴     |       |
|     | علت ماهیت | علت   | علت   | علت معلول | علت معلول | علت معلول | علت معلول | علت معلول | علت معلول | علت معلول | علت معلول | علت معلول | علت   | علت   | علت   | علت   | علت معلول | علت   | علت   | علت    | علت معلول | علت   |

در تصویر ۲، نمودارهای روابط علی و معلولی معیارهای آن‌ها بر اساس مختصات  $(R - C)$ ،  $(R + C)$  ارائه گردیده است.



شکل ۳. نمودارهای روابط علی و معلولی معیارها

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحلیل دیمتل در این پژوهش، نشان داد که عوامل مؤثر بر تغییرات در پروژه‌های عمرانی، از نظر ماهیت، به دو دسته اصلی «عوامل علی» و «عوامل معلولی» تقسیم می‌شوند. این تفکیک، امکان شناسایی محرک‌های اصلی تغییر و پیامدهای آن را فراهم می‌سازد و به مدیران پروژه کمک می‌کند تا تمرکز خود را بر کنترل و مدیریت عوامل کلیدی قرار دهند.

بر اساس مقادیر شاخص اهمیت و نقش معیارها، عواملی همچون مشکلات مالی کارفرما، تغییرات محدوده‌ی کار ناشی از نیازهای تازه شناسایی شده، ضعف مشاور در تهیه‌ی نقشه‌ها، شرایط آب‌وهوایی و سیاست‌های دولت و قوانین شرایط کار، در گروه علی قرار گرفتند. این یافته، بیانگر آن است که بسیاری از تغییرات پروژه، از سطح کارفرما و محیط کلان ناشی می‌شوند. به‌طور خاص، مشکلات مالی کارفرما به‌عنوان یکی از عوامل، نه‌تنها نقشی کلیدی در بروز تغییرات دارد، بلکه بر سایر معیارها نیز تأثیرگذار است. همچنین تغییرات محدوده‌ی کار و ضعف مشاور، نشان‌دهنده‌ی اهمیت برنامه‌ریزی دقیق اولیه و کیفیت طراحی در کاهش تغییرات است. شرایط محیطی و سیاست‌های کلان نیز به‌عنوان محرک‌های بیرونی غیرقابل کنترل مطرح‌اند که اثرگذاری آن‌ها باید از طریق راهبردهای مدیریت ریسک کاهش یابد.

در سوی مقابل، عواملی مانند مشکلات مالی پیمانکار، اجرای نادرست کار توسط پیمانکاران، تغییر در روش ساخت و افزایش قیمت کالاها به دلیل تورم و تغییرات نرخ ارز، در گروه معلولی قرار دارند؛ به‌ویژه مشکلات مالی پیمانکار، بیشترین وابستگی را به سایر عوامل نشان می‌دهد و در واقع پیامدی از تصمیمات کارفرما و شرایط محیطی است. از سوی دیگر، افزایش قیمت‌ها نیز گرچه در گروه معلولی جای گرفته است؛ اما به دلیل داشتن بالاترین میزان اهمیت، به‌عنوان مهم‌ترین عامل از نظر نقش در کل سیستم شناخته می‌شود. این یافته، حاکی از آن است که حتی اگر تغییرات ناشی از شرایط اقتصادی در کنترل مدیران پروژه نباشد، آثار آن بر سایر معیارها گسترده و قابل توجه است. بر اساس شاخص، سه معیار افزایش قیمت کالاها، مشکلات مالی پیمانکار و مشکلات مالی کارفرما، به ترتیب مهم‌ترین عوامل در سیستم محسوب می‌شوند. این نتیجه، به‌خوبی نشان می‌دهد که بُعد مالی در هر دو سوی کارفرما و پیمانکار، بیشترین سهم را در بروز تغییرات پروژه‌های عمرانی دارد؛ بنابراین می‌توان گفت که مدیریت مالی و اقتصادی، نقطه‌ی تمرکز اصلی برای کنترل تغییرات است.

تحلیل روابط علی و معلولی، نشان داد که بسیاری از مشکلاتی که در سطح پیمانکار بروز می‌کند (نظیر اجرای نادرست یا مشکلات مالی)، ریشه در تصمیمات و شرایط کارفرما یا محیط کلان دارد. این مسئله، اهمیت تعامل سازنده‌ی کارفرما، دقت در برنامه‌ریزی اولیه و شفافیت در تصمیم‌گیری‌ها را برجسته می‌سازد. همچنین توجه به شرایط بیرونی، مانند سیاست‌های دولتی، تغییرات اقتصادی و ریسک‌های محیطی باید در چارچوب مدیریت تغییر لحاظ گردد.

به‌طور کلی، یافته‌های پژوهش، نشان داد که تغییرات در پروژه‌های عمرانی، ترکیبی از عوامل درونی (مربوط به کارفرما، پیمانکار و مشاور) و بیرونی (شرایط اقتصادی، سیاسی و محیطی) هستند. در این میان، مسائل مالی و اقتصادی، نقش محوری ایفا می‌کنند و کیفیت برنامه‌ریزی و طراحی نیز به‌عنوان محرک‌های مهم تغییر شناخته شدند؛ بنابراین، مدیریت تغییر مؤثر، مستلزم تمرکز بر مدیریت مالی، بهبود فرآیندهای طراحی و تصمیم‌گیری و توسعه‌ی استراتژی‌های مدیریت ریسک است.

### پیشنهاد‌های کاربردی

- بر اساس نتایج این پژوهش، پیشنهاد‌های زیر برای ارتقای مدیریت تغییر در پروژه‌های عمرانی ارائه می‌شود:
- تقویت مدیریت مالی: کارفرما و پیمانکار باید با پیش‌بینی دقیق منابع مالی و ایجاد ذخایر احتیاطی، اثرات مشکلات نقدینگی و نوسانات اقتصادی را به حداقل برسانند.
  - بهبود کیفیت طراحی و مشاوره: انتخاب مشاوران توانمند و بررسی دقیق نقشه‌ها و مستندات پیش از آغاز پروژه، می‌تواند از بروز تغییرات گسترده جلوگیری کند.
  - مدیریت ریسک محیطی: شناسایی و ارزیابی ریسک‌های مرتبط با شرایط آب‌وهوایی، سیاسی و اقتصادی و طراحی سناریوهای مقابله با آن‌ها ضروری است.
  - تعامل سازنده‌ی کارفرما و پیمانکار: ایجاد کانال‌های ارتباطی شفاف و مکانیزم‌های تصمیم‌گیری سریع، می‌تواند مانع از طولانی شدن فرآیند تغییرات شود.
  - انعطاف‌پذیری در برنامه‌ریزی: طراحی برنامه‌ی زمان‌بندی واقع‌بینانه و پیش‌بینی امکان تغییرات محدود در محدوده‌ی کار، کمک می‌کند تا پروژه‌ها در برابر تغییرات ناگهانی مقاوم‌تر شوند.
  - استفاده از فناوری‌های نوین: مشاوران باید در طراحی و تهیه‌ی نقشه‌ها، از ابزارهای نوین مانند مدل‌سازی اطلاعات ساخت استفاده کنند تا خطاهای ناشی از درک ناقص پروژه کاهش یابد.

- ارتقای سطح دانش عوامل اجرایی: پیمانکاران، نیازمند آموزش و توسعه‌ی مهارت‌های مدیریت تغییر هستند تا بتوانند در برابر تغییرات ناخواسته، انعطاف‌پذیر باشند.
- حمایت‌های دولتی: سیاست‌گذاران باید برای شرایط اقتصادی (مثل نوسانات نرخ ارز یا تورم)، مکانیزم‌های حمایتی و تعدیل قراردادها را در نظر بگیرند.

### پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی

- بررسی تطبیقی عوامل تغییرات در پروژه‌های عمرانی ایران با سایر کشورها برای درک بهتر زمینه‌های فرهنگی و نهادی.
- استفاده از مدل‌های ترکیبی مثل دنپ یا دیمتل فازی برای تحلیل دقیق‌تر روابط علی و معلولی بین عوامل.
- مطالعه‌ی تجربی در پروژه‌های واقعی و مقایسه‌ی نتایج با مدل‌های تحلیلی جهت افزایش اعتبار یافته‌ها.
- بررسی نقش فناوری‌های نوین مانند مدل‌سازی اطلاعات ساخت، هوش مصنوعی و بلاکچین در کاهش بروز تغییرات و مدیریت بهتر آن‌ها.

### محدودیت‌های پژوهش

- پژوهش حاضر، در مقطع زمانی مشخص و در یک سازمان مشخص انجام شده است؛ بنابراین، باید در تعمیم نتایج به سایر مقاطع زمانی و دیگر سازمان‌ها محتاط بود.

### منابع

- استادی، فرنوش، حسینعلی‌پور، مجتبی، خالقی، سید جلال و جمالی زاویه سادات، سید میلاد. (۱۳۹۷). مدیریت پروژه‌های شهری به روش چابک (با ذکر نمونه موردی: طرح بازآفرینی شهر رشت). *کنفرانس بین‌المللی نوآوری و تحقیق در علوم مهندسی*. تبریز.
- بازانی، معصومه. (۱۴۰۱). مدیریت پروژه‌های عمرانی در کاهش هزینه و زمان با نگاهی به ارتقای جامع کیفیت. *نشریه عمران و پروژه*، ۴(۴)، ۶۲-۷۱.
- پورمعینی، حمید. (۱۴۰۲). مزایای استفاده از مدیریت پروژه‌ی چابک در پروژه‌های ساختمانی پیچیده. *هفتمین کنفرانس بین‌المللی مطالعات بین‌رشته‌ای در مدیریت و مهندسی*. تهران.
- حجت‌پناه، شایان، معهود، محمد و نحوی، یحیی. (۱۳۹۸). به کارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به منظور کاهش تغییرات طراحی و دستیابی به ساخت‌وساز ناب. *چهارمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های علوم و مهندسی*، بانکوک، تایلند.
- نجاری، محسن. (۱۳۹۹). به کارگیری شیوه‌ی مدیریتی چابک در پروژه‌های ساختمانی. *نشریه عمران و پروژه*، ۲(۱۱)، ۴۲-۵۰.
- Abu Bakar, M., Kasim, N., & Fathi, M. S. (2023). Study on Hybrid Project Management Implementation in the Construction Industry. *Research in Management of Technology and Business*, 4(1), 1067-1088.
- Al Nuaimi, A. S., Taha, R. A., Al Mohsin, M., & Al-Harthi, A. S. (2010). Causes, effects, benefits, and remedies of change orders on public construction projects in Oman. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(5), 615-622.
- Al Sulaimani, S. H. K., & Yahia, H. (2021). Evaluating the impact of change orders on construction projects in Oman. *Journal of Student Research*, 10(3).
- Alinezhad, A., & Khalili, J. (2019). DEMATEL method. In *New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM)* (pp. 103-108). Cham: Springer International Publishing.
- Anees, M. M., Mohamed, H. E., & Abdel Razek, M. E. (2013). Evaluation of change management efficiency of construction contractors. *HBRC Journal*, 9(1), 77-85.
- Arain, F. M., Assaf, S., & Pheng, L. S. (2004). Causes of discrepancies between design and construction. *Architectural Science Review*, 47(3), 237-249.

- Arantes, A., da Silva, P. F., & Ferreira, L. M. D. (2015). Delays in construction projects-causes and impacts. In *2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)*. 1105-1110.
- Arefazar, Y., Nazari, A., Hafezi, M. R., & Maghool, S. A. H. (2019). Prioritizing agile project management strategies as a change management tool in construction projects. *International Journal of Construction Management*, 22(4), 678-689.
- Aslam, M., Baffoe-Twum, E. E., & Saleem, F. (2019). Design Changes in Construction Projects Causes and Impact on the Cost. *Civil Engineering Journal*, 5(7), 1647-1655.
- Bröchner, J., & Badenfelt, U. (2011). Changes and change management in construction and IT projects. *Automation in Construction*, 20(7), 767-775.
- Egan, J.J., Seder, J.E., & Anderson, D.L. (2012). Practices in Construction Change Order Management. *Cost Engineering*, 54, 12-17.
- Enshassi, A., Arain, F., & Al-Raei, S. (2010). Causes of variation orders in construction projects in the Gaza Strip. *Journal of Civil Engineering and Management*, 16(4), 540-551.
- Erdogan, S. A., Šaparauskas, J., & Turskis, Z. (2019). A multi-criteria decision-making model to choose the best option for sustainable construction management. *Sustainability*, 11(8), 2239.
- Gardiner, P. D., & Simmons, J. E. (1992). Analysis of conflict and change in construction projects. *Construction Management and Economics*, 10(6), 459-478.
- Gkritza, K., & Labi, S. (2008). Estimating cost discrepancies in highway contracts: Multistep econometric approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(12), 953-962.
- Gray, C., & Hughes, W. (2001). *Building design management*. Routledge.
- Halou, M., Samin, R., & Ahmad, M. (2019). Impacts of change management on risk and cost management of a construction projects. *Journal of Project Management*, 4(2), 157-164.
- Hanna, A., Camlic, R., Peterson, P., & Nordheim, E. (2002). Quantitative Definition of Projects Impacted by Change Orders. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(1), 6-57.
- Hao, Q., Shen, W., Neelamkavil, J., & Thomas, R. (2008). Change management in construction projects. In the Proceedings of *International Conference on Information Technology in Construction (CIBW)*, 78, 15-17.
- Hasanzadeh, S., Gransberg, D., Esmaili, B., & Gad, G. (2018). Impact of owners' early decisions on project performance and dispute occurrence in public highway projects. *Architectural Engineering - Faculty Publications*, 10(2), 124-146.
- Hojjatpanah, S., Mahhood, M., & Nahvi, Y. (2019). Application of building information modeling to reduce design changes and achieve lean construction. *4th International Conference on Research in Engineering and Science, Bangkok, Thailand*. [In Persian]
- Hwang, B. G., & Low, L. K. (2012). Construction project change management in Singapore: Status, importance and impact. *International Journal of Project Management*, 30(7), 817-826.
- Jawad, R., Abdulkader, R., & Ali, A. A. (2009). Variation orders in construction projects. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 4(3), 170-176.
- Jethva, S. S., & Skibniewski, M. J. (2022). Agile project management for design-build construction projects: A case study. *Int. J. Appl. Sci. Eng.*, 19, 1-11.
- Kalaiarasan, A. K. M. (2022). Application of agile project management techniques in construction sector: an enquiry and analysis. *International Journal of Engineering*, 30(7), 435-467.
- Kasturiwale, A., & Rathod, K. (2021). Agile project management in construction industry. *International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES)*, 9(6), 9-11.
- Keane, P., Sertyesilisik, B., & Ross, A. D. (2010). Variations and change orders on construction projects. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 2(2), 89-96.
- Manzoor Arain, F., & Sui Pheng, L. (2005). The potential effects of variation orders on institutional building projects. *Facilities*, 23(11/12), 496-510.
- Mohammed, S. R., & Jasim, A. J. (2018). Examining the values and principles of agile construction management in Iraqi construction projects. *Journal of Engineering*, 24(7), 114-133.
- Motawa, I., Anumba, C., Lee, S., & Peña-Mora, F. (2007). An integrated system for change management in construction. *Automation in Construction*, 16(3), 368-377.
- Musarat, M. A., Alaloul, W. S., & Liew, M. S. (2021). Impact of inflation rate on construction projects budget: A review. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 407-414.
- Nahod, M. M. (2012). Scope control through managing changes in construction projects. *Organization, Technology & Management in Construction: An International Journal*, 4(1), 438-447.

- Najari, M. (2020). Application of agile management approach in construction projects. *Civil Engineering and Project Journal*, 2(11), 42–50. [In Persian]
- Oladapo, A. A. (2007). A quantitative assessment of the cost and time impact of variation orders on construction projects. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 5(1), 35–48.
- Ostadi, F., Hossein alipour, M., Khaleghi, S. J., & Jamali Zaviyeh Sadat, S. M. (2018). Urban project management using agile methodology (with case study: Roudsar urban regeneration project). *International Conference on Innovation and Research in Engineering Sciences, Tbilisi*. [In Persian]
- Oyewobi, L. O., Jimoh, R., Ganiyu, B. O., & Shittu, A. A. (2016). Analysis of causes and impact of variation order on educational building projects. *Journal of Facilities Management*, 14(2), 139–164.
- Pazani, M. (2022). Construction project management in reducing cost and time with a focus on comprehensive quality improvement. *Civil Engineering and Project Journal*, 4(4), 62–71. [In Persian]
- Pourmoini, H. (2023). Benefits of using agile project management in complex construction projects. *7th International Conference on Interdisciplinary Studies in Management and Engineering, Tehran*. [In Persian]
- Pouyandeh, F., Golabchi, M., & Taghizadeh, K. (2023). Providing a model to choose the most appropriate agile method in construction projects. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Management, Procurement and Law*, 176(1), 14–27.
- Rachid, Z., Toufik, B., & Mohammed, B. (2019). Causes of schedule delays in construction projects in Algeria. *International Journal of Construction Management*, 19(5), 371–381.
- Radujković, M., & Sjekavica, M. (2017). Project management success factors. *Procedia Engineering*, 196, 607–615.
- Rahman, I. A., Al Ameri, A. E. S., Memon, A. H., Al-Emad, N., & Alhammedi, A. S. A. M. (2022). Structural Relationship of Causes and Effects of Construction Changes: Case of UAE Construction. *Sustainability*, 14(2), 596.
- Salameh, H., (2014). What, When, Why, and How? A comparison between Agile Project Management and Traditional Project Management Methods. *International Journal of Business and Management Review*, 2(5), 52–74.
- Senouci, A., Alsarraj, A., Gunduz, M., & Eldin, N. (2017). Analysis of change orders in Qatari construction projects. *International Journal of Construction Management*, 17(4), 280–292.
- Serrador, P., & Turner, R. (2015). The relationship between project success and project efficiency. *Project Management Journal*, 46(1), 30–39.
- Smith, J., Edwards, D. J., Martek, I., Chileshe, N., Hayhow, S., & Roberts, C. J. (2023). The antecedents of construction project change: An analysis of design and build procurement application. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 21(3), 655–689.
- Srdić, A., & Šelih, J. (2015). Delays in construction projects: causes and mitigation. *Organization, Technology & Management in Construction: An International Journal*, 7(3), 1383–1389.
- Sun, M., & Meng, X. (2009). Taxonomy for change causes and effects in construction projects. *International Journal of Project Management*, 27(6), 560–572.
- Tafazzoli, M., & Shrestha, P. (2017). Investigating causes of delay in US construction projects. *53rd ASC Annual International Conference Proceedings, Associated Schools of Construction*.
- Wang, Y. (2000). Coordination issues in Chinese large building projects. *Journal of Management in Engineering*, 16(6), 54–61.
- Winch, G. M. (2010). *Managing construction projects*. John Wiley & Sons.
- Won, J., Cheng, J. C., & Lee, G. (2016). Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea. *Waste Management*, 49, 170–180.
- Wong, P. S., Zwar, C., & Gharaie, E. (2017). Examining the drivers and states of organizational change for greater use of prefabrication in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(7), 04017020.
- Yalegama, S., Chileshe, N., & Ma, T. (2016). Critical success factors for community-driven development projects: A Sri Lankan community perspective. *International Journal of Project Management*, 34(4), 643–659.
- Yana, A. G. A., Rusdhi, H. A., & Wibowo, M. A. (2015). Analysis of factors affecting design changes in construction project with Partial Least Square (PLS). *Procedia Engineering*, 125, 40–45.
- Yap, J. B. H., Goay, P. L., Woon, Y. B., & Skitmore, M. (2021). Revisiting critical delay factors for construction: Analysing projects in Malaysia. *Alexandria Engineering Journal*, 60(1), 1717–1729.

- Ye, G., Jin, Z., Xia, B., & Skitmore, M. (2015). Analyzing causes for reworks in construction projects in China. *Journal of Management in Engineering*, 31(6), 04014097.
- Zhao, Z. Y., Lv, Q. L., Zuo, J., & Zillante, G. (2010). Prediction system for change management in construction project. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(6), 659-669.

استناد به این مقاله: هاشمی فر، امیر. (۱۴۰۴). بررسی روابط درونی عوامل ایجاد تغییرات در پروژه‌های عمرانی جهت اجرای مؤثر مدیریت تغییر. فصلنامه مطالعات رفتاری و تعالی سازمانی، ۲(۴)، ۶-۲۳.



Journal of Behavioral Studies and Organizational Excellence is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.