Journal of Structural and Construction Engineering, 11(7), 2024, pp. 62-78

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Identification of Rework Factors in Residential Projects in Mashhad Using the Delphi Method

Mahdi Erfaninezhad[1], Seyyed Nasser Bashi Azghadi[2]*

1- MSc Student of Construction Engineering and Management, Khavaran Institute of Higher Education, Mashhad, Iran
2- Assistant Professor, Department of Civil Engineering and Environmental, Khavaran Institute of Higher Education, Mashhad, Iran.

ABSTRACT

Rework has become one of the most common concerns in residential construction. It is also one of the primary causes of cost and time overruns in residential construction projects, requiring additional resources. Consequently, a substantial quantity of pollution is produced during the construction phase due to the use of significant amounts of resources for reworking. Considering the environmental and economic impacts, the risk of rework in projects should be minimized thorough comprehension of the contributing factors. This study's primary objective is to identify rework factors in residential projects in Mashhad. In order to accomplish the aims, rework-related literature was analyzed, resulting in identifying 76 rework factors. Among these factors, 29 key factors were selected from the researchers' point of view. Following this, the Delphi method was used to reach a reliable consensus among experts regarding the significance of selected factors. In the second round of the Delphi method, 15 experts in the field of construction who participated in this study reached a consensus regarding the importance of each factor. The results are: "Lack of experience and knowledge (client/supervisory team)", "Policy of selecting the lowest financial offer without considering technical competence", and "late changes of plan or scope by the client" in the client group; "Design errors and omissions (late designer input, limited designer skill and experience)" in the design team group; and "Skill and knowledge / insufficient training of the contractor's agents" in the contractor group. It is anticipated that the results of this study will assist project stakeholders and actors in comprehending the underlying factors of rework so that the implementation of their projects requires minimal design changes and rework in the construction phase.

ARTICLE INFO

Receive Date: 01 December 2023
Revise Date: 10 October 2024
Accept Date: 15 February 2024

Keywords:
Rework
Residential Projects
Building
Factors
Ranking
Delphi Method

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2024.424178.3261

*Corresponding author: **Seyyed Nasser Bashi Azghadi**
Email address: bashinasser64@gmail.com

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

شناسایی عوامل دوباره‌کاری در پروژه‌های مسکونی شهر مشهد به روش دلفی

مهدی عرفانی نژاد[1]، سیدناصر باشی ازغدی[2*]

۱- استادیار گروه مهندسی عمران و محیط‌زیست، مؤسسه آموزش عالی خاوران، مشهد، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - مهندسی و مدیریت ساخت، مؤسسه آموزش عالی خاوران، مشهد، ایران

چکیده

دوباره‌کاری به یکی از رایج‌ترین دغدغه‌ها در پروژه‌های مسکونی تبدیل شده است. همچنین یکی از دلایل حیاتی برای سرریز هزینه و زمان در پروژه‌های مسکونی است و مستلزم صرف منابع اضافی می‌باشد. در نتیجه در مرحله ساخت‌وساز با مصرف مقادیر زیادی از منابع در جهت انجام مجدد برخی از کارها موجب تولید مقدار زیادی آلودگی می‌شود. باتوجه‌به اثرات محیط‌زیستی و اقتصادی، خطر دوباره‌کاری در پروژه‌ها باید به حداقل برسد که مستلزم درک روشنی از عوامل ایجادکننده آن است. هدف اصلی این تحقیق شناسایی عوامل دوباره‌کاری در پروژه‌های مسکونی شهر مشهد است. برای دستیابی به اهداف، ابتدا ادبیات مرتبط با حوزه دوباره‌کاری موردمطالعه قرار گرفت که نتیجه آن شناسایی ۷۶ عامل مؤثر در ایجاد دوباره‌کاری بود. از میان این عوامل، ۲۹ عامل کلیدی از دیدگاه محققان انتخاب شدند. در ادامه از روش دلفی جهت دستیابی به یک اجماع قابل‌اعتماد در میان متخصصان بر روی میزان اهمیت عوامل انتخابی استفاده شد. شرکت‌کنندگان در این تحقیق ۱۸ متخصص در حوزه ساخت‌وساز بودند که حداقل در یک پروژه مسکونی نقش داشته‌اند. متخصصان در دور دوم روش دلفی در خصوص میزان مهم بودن هر عامل دوباره‌کاری به اتفاق‌نظر رسیدند. نتایج حاصل نشان داد پنج عامل دوباره‌کاری مهم که پروژه‌های مسکونی شهر مشهد را تحت‌تأثیر خود قرار می‌دهند، بدین شرح است: "کمبود تجربه و دانش (کارفرما / تیم نظارتی)"، "سیاست انتخاب کمترین پیشنهاد مالی بدون درنظرگرفتن صلاحیت فنی" و "تغییرات دیرهنگام طرح یا محدوده توسط کارفرما" در گروه کارفرما؛ "خطاها و حذفیات طراحی (ورود دیرهنگام طراح، مهارت و تجربه محدود طراح)" در گروه تیم طراحی و "مهارت و دانش / آموزش ناکافی عوامل پیمانکار" در گروه پیمانکار. پیش‌بینی می‌شود نتایج این مطالعه به ذی‌نفعان و نقش‌آفرینان پروژه در درک عوامل ایجادکننده دوباره‌کاری کمک کند، به‌طوری‌که اجرای پروژه‌های آنها نیازمند حداقل تغییرات طراحی و دوباره‌کاری در مرحله ساخت باشد.

کلمات کلیدی: دوباره‌کاری، پروژه‌های مسکونی، ساختمان، عوامل، رتبه‌بندی، روش دلفی.

سابقه مقاله:					
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	شناسه دیجیتال:
۱۴۰۲/۰۹/۱۰	۱۴۰۲/۱۱/۱۹	۱۴۰۲/۱۱/۲۶	۱۴۰۲/۱۱/۲۶	۱۴۰۳/۰۷/۳۰	doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2024.424178.3261
					10.22065/jsce.2024.424178.3261

*نویسنده مسئول: سیدناصر باشی ازغدی

پست الکترونیکی: bashinasser64@gmail.com

[1] Mahdi Erfaninezhad
[2] Seyyed Nasser Bashi Azghadi

۱- مقدمه

از آغاز صنعت ساختمان‌سازی تاکنون، انجام پروژه‌های مهندسی همواره به‌عنوان وسیله‌ای تلقی می‌شود که از طریق آن خواسته‌ها و آرزوهای بشر از پروژه‌های مسکونی، آموزشی، صنعتی، فناوری و زیرساختی تحقق می‌یابد. بااین‌وجود، پروژه‌های صنعت ساخت‌وساز معمولاً با موانع بزرگی مانند کمبود کیفیت، بهره‌وری پایین، تمدید زمانی، ادعاها و بودجه بیش از حد روبرو می‌شوند. این مشکلات به نوبه خود، انجام موفقیت‌آمیز پروژه‌های مهندسی را فلج می‌کند. در این راستا، مجموعه‌ای از پژوهش‌ها برای استدلال و استنباط عوامل بالقوه قبل از وقوع آن‌ها اختصاص‌یافته است. در نتیجه استنباط شده است که عامل اصلی می‌تواند اجرای مجدد بیش از یک‌بار یک فعالیت به دلیل عدم انطباق آن با شرایط قرارداد یا لزوم رفع نیازهای جدید باشد که تحت عنوان "دوباره‌کاری[۳]" شناخته می‌شود. دوباره‌کاری از جمله منابع اصلی است که می‌تواند باعث بروز مسائل فوق‌الذکر شده و در نتیجه مانع موفقیت پروژه‌های صنعت ساختمان شود [۱].

دوباره‌کاری به یکی از رایج‌ترین دغدغه‌ها در پروژه‌های ساختمانی تبدیل شده است. در بیشتر موارد، دوباره‌کاری از تغییرات[۴]، آسیب‌ها[۵]، نواقص[۶]، خطاها[۷]، حذفیات[۸] و سایر عدم انطباق‌ها[۹] ناشی می‌شود [۲]. همچنین، دوباره‌کاری در پروژه‌های ساختمانی می‌تواند از نقش‌آفرینان پروژه سرچشمه بگیرد. آراین و پنگ[۱۰] [۳] چهار نقش‌آفرین پروژه را که مسئول سفارشات دوباره‌کاری هستند، یعنی مشتری[۱۱]، مشاور[۱۲]، پیمانکار[۱۳] و دیگران شناسایی کردند و دریافتند که این نقش‌آفرینان پروژه منابع تغییر طراحی، خطای طراحی، حذف طراحی، خطا و حذف ساخت‌وساز هستند که باعث دوباره‌کاری در پروژه‌های ساختمانی می‌شود [۴]. دراین‌خصوص مطالعات انجام شده توسط مؤسسه صنعت ساختمان[۱۴] نشان داد، اشتباهات در طراحی و تغییر سفارشات از سوی مشتری، می‌تواند ناشی از تعریف ضعیف پروژه، برنامه‌ریزی ناکافی قبل از اجرای پروژه، طراحی نادرست و ناکارآمد توسط تیم طراحی، ارتباطات ضعیف (بین مشتریان، طراحان و سازندگان) یا عدم ساخت‌پذیری طرح‌های طراحی شده باشد [۵].

دوباره‌کاری در انواع پروژه‌های ساختمانی اجتناب‌ناپذیر است و نقش مهمی در موفقیت یا شکست پروژه ایفا می‌کنند، زیرا بر هزینه پروژه تأثیر می‌گذارند، تأخیر در زمان‌بندی ایجاد می‌کنند و بهره‌وری را کاهش می‌دهند [۶, ۷]. علاوه بر این، دوباره‌کاری باعث ادعاهای متعدد بین طرفین پروژه، کاهش مزایا و سود، کمبود انگیزه کارکنان، ناامیدی تیم طراحی و در نتیجه از دست‌دادن کار آینده می‌شود. سرریز هزینه و زمان به طور مستقیم با دوباره‌کاری در پروژه‌های ساختمانی مرتبط است. این شامل زمان اضافی صرف شده برای انجام دوباره‌کاری، هزینه اضافی برای رفع نقص، افزایش حجم مواد ناشی از دوباره‌کاری، هدررفتن و افزایش هزینه کار برای رفع عیوب است. بین هزینه‌های دوباره‌کاری با هزینه اولیه، سرریز هزینه، زمان اولیه و سرریز زمان رابطه معناداری وجود دارد. در این راستا اویوبی و همکاران[۱۵] [۸]، یک رابطه مثبت بین هزینه دوباره‌کاری و سرریز زمان را گزارش کردند؛ زیرا افزایش هزینه رسیدگی به کارهای نامنطبق باعث افزایش زمان تکمیل پروژه می‌شود [۹].

به‌منظور تحقیقات بیشتر در این حوزه، محققان شروع به تجزیه‌وتحلیل مشکل دوباره‌کاری در پروژه‌های تحقیقاتی خود کردند تا درک کنند که ساختمان و محیط ساختمان تا چه حد می‌تواند تحت‌تأثیر عواقب دوباره‌کاری قرار گیرد. ایزی و آیدیاکه[۱۶] بیان کردند که دوباره‌کاری می تواند بر سود آنها تأثیر منفی بگذارد و فرصت‌های کاری آینده آنها را کاهش دهد [۱۰]. به طور انتقادی تر، قنادپور و

[3] Rework
[4] Changes
[5] Damages
[6] Defects
[7] Errors
[8] Omissions
[9] Nonconformances
[10] Arain and Pheng
[11] Client
[12] Consultant
[13] Contractor
[14] Construction Industry Institute
[15] Oyewobi et al
[16] Eze and Idiake

همکاران[17] [۵] و مهامید[18] [۱۱] اخیراً به طور خلاصه بیان کرده‌اند که باتوجه‌به به‌پایان‌رسیدن منابع ناشی از اتلاف مواد و منابع انرژی در اجرای مجدد فعالیت‌های پروژه‌ها، دوباره‌کاری خطرات شدیدی را برای پایداری منابع طبیعی ایجاد می‌کند [۱].

بر اساس این پیامدهای نامطلوب غیرمنتظره، محققان کاملاً مطمئن شدند که تعیین عوامل ایجادکننده دوباره‌کاری ضروری است. با درنظرگرفتن اینکه تعیین عوامل دوباره‌کاری منجر به شناخت استراتژی‌های مدیریتی آنها می‌شود، بنابراین پیامدهای نامطلوب دوباره‌کاری را به طور مؤثر کاهش می‌دهد [۱]. باوجوداینکه در کشورهای مختلف مطالعات متنوعی در خصوص یافتن عوامل دوباره‌کاری انجام‌گرفته است، در ایران بررسی جامع عوامل ایجاد دوباره‌کاری و در نتیجه، شناخت راه کارهای پیشگیرانه کمتر مورد توجه قرار گرفته است [۱۲]. بنابراین هدف تحقیق حاضر شناسایی عوامل دوباره‌کاری در پروژه‌های مسکونی شهر مشهد است. این امر در ابتدا از طریق مطالعه ادبیات مرتبط با حوزه دوباره‌کاری و سپس تعیین سطح اهمیت هر عامل با استفاده از روش دلفی تحقق یافت. لازم به ذکر است، در این تحقیق سعی شده است با مطالعه متمرکز بر روی پروژه‌های مسکونی شهر مشهد گامی در راستای تحقیقات بیشتر بر روی دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران برداشته شود.

۲- دوباره‌کاری

طبق گفته هوانگ و همکاران[19] [۱۳]، اصطلاحاتی مانند عدم انطباق‌ها، انحرافات کیفیت[20]، شکست‌های کیفیت[21] و نواقص مترادف و همراه با دوباره‌کاری دیده شده است [۴]. همچنین تعاریف متعددی از دوباره‌کاری وجود دارد که عمدتاً به دلیل تفاوت در مراجع مورداستفاده است و بسته به هدف کاربرد گوناگونی دارد [۱۴] که می‌توان به تعاریف جدول ۱ اشاره کرد:

جدول ۱ : تعاریف دوباره‌کاری

سال	مرجع	تعاریف
۱۹۹۵	[۱۵]	انجام کارهایی بیش از یکبار به‌دلیل عدم انطباق با نیازها
۲۰۰۰	[۱۶]	دوباره‌کاری می‌تواند ناشی از خطاها، حذفیات، خرابی‌ها و یا تغییر سفارشات باشد
۲۰۰۲	[۱۷]	تلاش غیرضروری برای انجام مجدد فرایند یا فعالیتی که بار اول به‌اشتباه اجرا شده است
۲۰۰۲	[۱۸]	فرایندی که طی آن یک آیتم برای انطباق با نیاز اولیه از طریق تکمیل یا اصلاح ساخته می‌شود
۲۰۰۳	[۱۹]	کارهایی که به‌وسیله تغییرات محدوده و یا تغییر سفارشات از طرف کارفرما به‌وجود می آیند نباید به عنوان دوباره‌کاری در نظر گرفته شوند
۲۰۰۶	[۲۰]	کارهای کشف شده که نیاز به تغییر دارند (از طریق خطاها، حذفیات یا تغییر مقررات)
۲۰۱۱	[۸]	ضایعاتی که شامل انجام یک کار خاص بیش از یک بار است
۲۰۱۴	[۲۱]	تلاش غیرضروری (افراد، مواد، زمان و تجهیزات) برای انجام مجدد یک فرایند یا فعالیتی که بار اول به‌اشتباه اجرا شد یا در واقع برای تکمیل کار موردنیاز نبود است
۲۰۲۰	[۱۴]	مجموع هزینه مستقیم انجام مجدد کار در میدان بدون توجه به علت شروع که شامل تغییر سفارشات و خطاهای ناشی از تولید خارج از سایت نمی‌شود
۲۰۲۱	[۱۲]	تلاش‌های غیرضروری برای دوباره انجام‌دادن فرایند یا فعالیتی که در دفعه اول با نیازها و الزامات انطباق نداشته و یا به دلیل عدم هماهنگی با سایر فعالیت‌ها باعث ازبین‌رفتن برخی فعالیت‌های انجام شده و اجرای دوباره آنها، می‌شود

فایق و همکاران[22] در تعریف خود از دوباره‌کاری بیان کردند که کارهایی که به‌وسیله تغییرات محدوده و یا تغییر سفارشات از طرف کارفرما به وجود می‌آیند نباید به‌عنوان دوباره‌کاری در نظر گرفته شوند [۱۹]. لاو و متیوز[23] و لاو و همکاران[24] [۲۲] عقیده دارند که

[17] Ghannadpour et al
[18] Mahamid
[19] Hwang et al
[20] Quality Deviations
[21] Quality Failures
[22] Fayek et al

دوباره‌کاری تغییر سفارشات را در نظر نمی‌گیرد، زیرا این دستورات بخشی از کارهای برنامه‌ریزی‌شده یک سازمان ساخت‌وساز را در صورت صدور توسط مشتری تشکیل می‌دهند. به بیان دقیق‌تر، دوباره‌کاری یک فعالیت برنامه‌ریزی‌نشده است و به‌ندرت به‌عنوان یک ریسک شناخته می‌شود [۱۴]. در مقابل این تعاریف هوانگ و یانگ[۲۵] [۲۳] و در تحقیقی دیگر فورکادا و همکاران[۲۶] [۲۴] اظهار داشتند که کارهای اضافی یا اصلاحی ناشی از تغییرات محدوده، تغییر سفارشات و خطاهای طراحی نیز باید دوباره‌کاری در نظر گرفته شوند [۲۵]. به‌علاوه معانی و شریعتمدار[۲۷] تعریف فایق و همکاران[۲۸] [۱۹] از دوباره‌کاری را نقد کرده و بیان کردند که تغییرات محدوده و تغییر سفارشات توسط کارفرما، اگر به‌صورت دیرهنگام رخ دهند و در نتیجه باعث ایجاد دوباره‌کاری شوند، در حیطه این پژوهش قرار می‌گیرند. اگرچه این فعالیت‌ها به دلیل درخواست کارفرما، دوباره تکرار شده‌اند اما در نتایج پروژه اثرگذار هستند [۱۲].

به‌طورکلی، مطالعات متعددی برای بررسی علل ریشه‌ای تغییر سفارشات و پیامدهای نامطلوب آن بر پروژه‌های ساختمانی انجام شده است. بسیاری از محققین علل اصلی تغییر سفارشات را بر اساس منبع دسته‌بندی کرده‌اند: مواردی که مرتبط با مشتری، مرتبط با مشاور و پیمانکار هستند. مشتریان معمولاً محدوده پروژه‌ها را تغییر می‌دهند و مشاوران و پیمانکاران معمولاً برای تصحیح یا اصلاح طرح پروژه‌ها از دوباره‌کاری استفاده می‌کنند. برخی از محققان بیان کرده‌اند که تغییرات ایجاد شده توسط مشتری در طرح‌ها و محدوده منبع اصلی تغییر سفارشات است و خطاها و اصلاحات طراحی منابع ثانویه هستند. به‌عنوان‌مثال، سسگاوا و همکاران[۲۹] [۲۶] بیان کردند که به دلیل پیچیدگی پروژه‌های ساخت‌وساز باید تغییرات طرح‌ها یا فرایند ساخت‌وساز را انتظار داشت و تغییر سفارشات در هر دوفاز طراحی و ساخت اجتناب‌ناپذیر است. ازاین‌رو، شناسایی علل تغییر سفارشات و تعیین کمیت تأثیرات آنها بر اجرای پروژه‌های ساختمانی بسیار مهم است [۷].

۳- پیشینه پژوهش

شناسایی عوامل ایجادکننده دوباره‌کاری به همان اندازه اهمیت دارد که محققان در سراسر جهان به دنبال مشخص‌کردن این علل برای کنترل ریشه‌ای پیامدهای آنها هستند [۱]. اویوبی[۳۰] در نیجریه "خدمات غیراستاندارد ارائه شده توسط متخصصان" و "عدم تعهد به کیفیت در مدت تحویل پروژه توسط ذی‌نفعان" را به‌عنوان منابع اصلی دوباره‌کاری شناسایی کرد [۲۷]. کاکیتاحی و همکاران[۳۱] دریافت که وقوع دوباره‌کاری در اوگاندا در حال افزایش است و عواملی که در وقوع آن مؤثرند عبارت‌اند از: "مدیریت ناکارآمد ذی‌نفعان"، "نظارت ناکافی بر کار" و "استفاده از مصالح ساختمانی معیوب" [۲۸]. هوانگ و همکاران[۳۲] به بررسی دوباره‌کاری مرتبط با مشتری[۳۳] در پروژه‌های ساختمانی سنگاپور پرداختند. در این مطالعه، هفت عامل مرتبط با مشتری از مرور ادبیات شناسایی شد که "تعویض مصالح توسط مشتری"، "تغییر طرح یا محدوده توسط مشتری"، "ممانعت در تصمیم‌گیری مشتری" و "تغییر در مشخصات توسط مشتری" چهار عامل برتر آن بودند [۴].

یه و همکاران[۳۴] در تحقیقات خود ۳۹ عامل دوباره‌کاری را از طریق بررسی ادبیات موجود در این حوزه یافتند و با استفاده از تحلیل مؤلفه اصلی[۳۵] آن را در ۱۱ فاکتور گروه‌بندی کردند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد مهم‌ترین عوامل دوباره‌کاری، "ابهام در فرایند مدیریت پروژه"، "استفاده از فناوری‌های اجرای ضعیف" و "استفاده / تأمین مصالح ساختمانی ضعیف" بودند [۲۹]. میری و خاک سفیدی[۳۶] در مطالعه خود به تأثیر منفی دوباره‌کاری بر هزینه و زمان پروژه تأکید و عوامل مرتبط با مشتریان، طراحی و پیمانکاران فرعی را به‌عنوان

[23] Love and Matthews
[24] Love et al
[25] Hwang and Yang
[26] Forcada et al
[27] Moaveni and Shariatmadar
[28] Fayek et al
[29] Ssegawa et al
[30] Oyewobi
[31] Kakitahi et al
[32] Hwang et al
[33] Client-Related Rework
[34] Ye et al
[35] Principal Component Analysis
[36] Miri and Khaksefidi

منابع دوباره‌کاری معرفی کردند. در ادامه، این تحقیق بیان کرد که دوباره‌کاری مرتبط با مشتری مربوط به طراحی و ساخت‌وساز مانند "تغییرات طراحی" و دوباره‌کاری مرتبط با طراحی شامل "تغییرات ایجاد شده توسط ذی‌نفعان پروژه" است [۳۰]. مهامید[37] به بررسی دوباره‌کاری در پروژه‌های مسکونی در فلسطین پرداخت و "ارتباط ضعیف کارفرما با مشاور"، "ارتباط ضعیف کارفرما با پیمانکار"، "استفاده از مصالح بی‌کیفیت"، "مدیریت ضعیف سایت" و "ارتباط ضعیف مشتری با مشاور طراحی" را به‌عنوان جدی‌ترین عوامل مؤثر در ایجاد دوباره‌کاری شناسایی کرد [۳۱]. در مالزی، یاپ و همکاران[38] در مطالعه خود دریافتند که عامل اصلی دوباره‌کاری در پروژه‌های ساختمانی به "فرهنگ کاری متخاصم" و "ناکارآمدی‌های فنی" بر می‌گردد [۳۲].

بلوچی و همکاران[39] با تحلیل ۹۳۵ گزارش عدم انطباق مربوط به پروژه انبوه‌سازی مسکن پرند در ایران متوجه شد که مهم‌ترین عامل دوباره‌کاری "بازرسی و نظارت ضعیف سایت" است [۳۳]. هوانگ و همکاران به بررسی وضعیت دوباره‌کاری در پروژه‌های ساختمانی با و بدون مدل‌سازی اطلاعات ساختمان[40] در کشور سنگاپور پرداختند [۲۵]. محققان توانستند ۳۲ عامل دوباره‌کاری از طریق بررسی ادبیات موجود شناسایی کنند. همچنین نتایج نشان داد که پیاده‌سازی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند به کاهش تأثیر دوباره‌کاری در پروژه‌های ساختمانی کمک کند. در مصر، الجنابی و همکاران[41] یافته‌اند که در پروژه‌های ساختمانی، ۸۷ عامل متعدد وجود دارد که منجر به ایجاد دوباره‌کاری می‌شوند. آن‌ها این عوامل را دسته‌بندی کرده‌اند و به ۱۰ گروه مختلف تقسیم نموده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد که عواملی چون "وضعیت اقتصادی کشور"، "فشرده‌سازی برنامه زمان‌بندی"، "تغییرات در طراحی"، "تغییرات در مشخصات پروژه" و "عدم انجام مطالعات امکان‌سنجی کافی" از مهم‌ترین عواملی هستند که منجر به ایجاد دوباره‌کاری در پروژه‌های ساختمانی می‌شوند [۹].

گارگ و میسرا[42] در مطالعه خود ۲۸ عامل دوباره‌کاری در پروژه‌های ساختمانی کشور هندوستان را شناسایی کردند و به‌وسیله مدل معادلات ساختاری[43] دریافتند که "مسائل هماهنگی" با ضریب مسیر ۰/۵۸ اولین، "اجرای ضعیف قرارداد" با ضریب مسیر ۰/۵۵ دومین، "مسائل مشتری" با ضریب مسیر ۰/۴۸ سومین، "مسائل مشاور" با ضریب مسیر ۰/۳۹ چهارمین و "مسائل کارگری" با ضریب مسیر ۰/۱ پنجمین فاکتور تأثیرگذار بر روی دوباره‌کاری هستند [۳۴]. معانی و شریعتمدار به طور گسترده به شناسایی عوامل دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران پرداختند و توانستند ۳۸ عامل دوباره‌کاری از طریق بررسی ادبیات موجود شناسایی کنند و در ادامه دریافتند دوباره‌کاری‌های ناشی از "سطح مهارت ناکافی"، "عدم تعهد به اجرای دقیق نقشه‌ها و اسناد"، "نقص تعهدات تضمین و کنترل کیفیت"، "ناکافی بودن گردش مالی، تخصیص و به‌کارگیری منابع"، "دانش فنی ناقص و نظارت ضعیف" بیشترین اثر را در کیفیت پروژه دارند [۱۲]. در مطالعه‌ای دیگر آکال و الخولی[44] توانستند ۳۸ عامل دوباره‌کاری در کشور مصر را شناسایی کنند که "تسریع / کوتاه‌کردن زمان برنامه‌ریزی پروژه"، "تأخیر در پرداخت هزینه‌های قراردادی"، "سیاست انتخاب کمترین پیشنهاد مالی بدون درنظرگرفتن صلاحیت فنی مناقصه"، "سطح پایین آموزش حرفه‌ای محلی"، "اشتباهات / حذفیات طراحی به دلیل بازه زمانی محدود مرحله طراحی و همچنین طراحی مکرر" و "عملکرد ضعیف گروه کاری پیمانکار" شش عامل برتر آن بودند [۱].

۴- روش تحقیق

تحقیق ارائه شده در این مقاله بخشی از یک مطالعه گسترده‌تر است که به دنبال توسعه مدل معادلات ساختاری برای درک بحرانی‌بودن هر یک از عوامل دوباره‌کاری در پروژه‌های مسکونی شهر مشهد است. در این تحقیق ابتدا، عوامل دوباره‌کاری از طریق مرور ادبیات مرتبط با حوزه دوباره‌کاری شناسایی شدند. در این راستا پنج مقاله مرتبط با پروژه‌های ساختمانی که خود مقالات دیگری را موردمطالعه قرار دادند انتخاب و بررسی شدند. نتیجه حاصل شناسایی عوامل دوباره‌کاری در پروژه‌های مسکونی بود. در ادامه از روش دلفی جهت تعیین میزان اهمیت عوامل دوباره‌کاری انتخابی از نظر متخصصان، استفاده شد. پرسش‌نامه روش دلفی شامل ۴ بخش بود. بخش اول

[37] Mahamid
[38] Yap et al
[39] Balouchi et al
[40] Building Information Modelling (BIM)
[41] Al-Janabi et al
[42] Garg and Misra
[43] Structural Equation Model
[44] Akal and El-Kholy

پرسش‌نامه شامل معرفی‌نامه بود که در آن تعریف دوباره‌کاری و همچنین اهداف این تحقیق ارائه شد. بخش دوم شامل سؤالاتی به‌منظور نشان‌دادن مشخصات پاسخ‌دهندگان و شرکت‌های آنها بود. در بخش سوم از متخصصان خواسته شد تا به هر یک از عوامل دوباره‌کاری شناسایی شده به میزانی که در پروژه‌های مسکونی شهر مشهد اهمیت دارند بر اساس مقیاس پنج‌درجه‌ای لیکرت (۱= بسیار کم؛ ۳= متوسط؛ و ۵= بسیار زیاد) امتیاز دهید. در نهایت، بخش چهارم به متخصصان این اجازه را می‌داد تا عوامل دوباره‌کاری که در فهرست حضور نداشتند را معرفی کنند. لازم به ذکر است در هر دور بازخورد حاصل از جواب پاسخ‌دهندگان در دور قبل به پرسش‌نامه اضافه می‌شد و در آخر داده‌های جمع‌آوری‌شده با مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

۵- شناسایی عوامل دوباره‌کاری

با بررسی مطالعات پیشین، به‌طورکلی ۷۶ عامل مؤثر در ایجاد دوباره‌کاری شناسایی شدند. این مطالعات شامل مقالاتی از آکال و الخولی [۱] و السوفی و همکاران[45] [۹] در کشور مصر و هوانگ و همکاران[46] [۴, ۲۵] در کشور سنگاپور بودند. این مقالات خود نیز در مجموع از ۵۱ منبع دیگر به‌منظور شناسایی عوامل دوباره‌کاری بهره بردند. برای ایجاد پرسش‌نامه دلفی ۲۹ عامل کلیدی دوباره‌کاری از دیدگاه محققان انتخاب شدند. با پیروی از روش کار السوفی و همکاران[47] [۹] در انتخاب عوامل دوباره‌کاری، عواملی که حداقل در سه مرجع به آنها اشاره شده بود انتخاب و هر عاملی که از این میزان کم‌تر بود حذف گردید.

در ادامه نیاز بود تا عوامل در گروه‌هایی دسته‌بندی شوند؛ زیرا تحقیق به این نتیجه رسید که دوباره‌کاری می‌تواند از منابع و منشأهای مختلف پدید آیند. به گفته هوانگ و همکاران[48] عوامل دوباره‌کاری در پروژه‌های ساختمانی را می‌توان بر اساس مرحله پروژه و ذی‌نفعان دسته‌بندی کرد [۲۵]. بنابراین عوامل دوباره‌کاری بر اساس نقش آفرینان پروژه در چهار گروه: کارفرما[49]، تیم طراحی[50]، پیمانکار[51] و عامل خارجی[52] دسته‌بندی شدند. اگرچه بسیاری از آثار در این حوزه بر اساس منابع ایجادکننده دوباره‌کاری دسته‌بندی انجام داده‌اند، اما هنوز بین محققان در مورد این ترتیبات یا محتوای آنها اتفاق‌نظر حاصل نشده است. دلیل منطقی این موضوع حساسیت عوامل دوباره‌کاری نسبت به شرایط کشور است. به‌علاوه، بیشتر مطالعات قبلی اساساً تعریف قابل‌فهمی از آنچه دسته‌بندی‌های آنها باید شامل شود، ارائه نکرده‌اند [۱]. در نتیجه در این تحقیق محققان پس از دسته‌بندی عوامل دوباره‌کاری به تعریف هر یک از منابع ایجادکننده آن پرداختند (جدول ۲). سرانجام، فهرست عوامل انتخابی شامل هفت عامل در گروه کارفرما و تیم طراحی، نه عامل در گروه پیمانکار و شش عامل در گروه عامل خارجی شکل گرفت (جدول ۳). همچنین بایستی خاطر نشان کرد عوامل دوباره‌کاری که از مقاله [۹] جمع‌آوری‌شده حداقل در سه مرجع آمده است.

جدول ۲ : منابع دوباره‌کاری و تعاریف آنها

منابع دوباره‌کاری	مخفف	تعریف
کارفرما	O	عوامل این منبع دوباره‌کاری ناشی از تغییرات طراحی و تغییرات مربوط به ساخت‌وساز توسط کارفرمایان پس از انجام برخی کارها در محل یا زمانی که یک فرایند تکمیل شده است می‌باشد [۲, ۴, ۳۴].
تیم طراحی	D	این گروه عوامل دوباره‌کاری را که به دلیل خطاها / حذفیات و تغییرات در طرح‌ها و نقشه‌های پروژه رخ می‌دهد، توصیف می‌کند [۱, ۳۴].
پیمانکار	C	این دسته از عوامل دوباره‌کاری مربوط به عملکرد ضعیف پیمانکار در مدیریت و اجرای پروژه محول شده است [۱, ۳۴].
عامل خارجی	E	دوباره‌کاری در این گروه ناشی از دلایل فوق بین ذی‌نفعان پروژه است: الف) خارج از حیطه کاری آنها [۱]؛ ب) عدم ارتباط مناسب آنها [۱, ۳۴]؛ ج) مشترک بودن بین یک یا چند ذی‌نفع پروژه

[45] Elseufy et al
[46] Hwang et al
[47] Elseufy et al
[48] Hwang et al
[49] Owner
[50] Design team
[51] Contractor
[52] External factor

جدول ۳ : عوامل دوباره‌کاری انتخابی

منابع دوباره کاری	مخفف	عوامل دوباره‌کاری	مراجع
کارفرما (O)	O1	کمبود تجربه و دانش (کارفرما / تیم نظارتی)	[۱], [۱۲], [۹], [۳۶], [۱۹], [۳۵]
	O2	تغییرات دیرهنگام مشخصات و مصالح توسط کارفرما	[۱], [۱۲], [۲۵], [۴۱], [۴۰], [۳۹], [۳۸], [۴], [۲۴], [۳], [۱۳], [۱۹], [۳۷], [۳۵], [۲۹]
	O3	تغییرات دیرهنگام طرح یا محدوده توسط کارفرما	[۱], [۱۲], [۲۵], [۳۹], [۳۸], [۴], [۲۴], [۳], [۱۳], [۲], [۴۲], [۱۹], [۳۷], [۲۹]
	O4	تأخیر / کاهش در تأمین مالی و پرداخت‌ها و یا تحویل اقلام توافق شده در مرحله اجرا	[۱], [۱۲], [۲۵], [۴۱], [۴۰], [۳۹], [۴۳], [۴], [۳], [۱۳], [۲], [۴۲], [۳۷], [۲۹]
	O5	کمبود بودجه اختصاص‌یافته برای بررسی محل	[۱۲], [۹], [۳۶]
	O6	سیاست انتخاب کمترین پیشنهاد مالی بدون درنظرگرفتن صلاحیت فنی	[۱], [۲۱], [۳۱]
	O7	کوتاه‌کردن / شتاب برنامه زمان‌بندی پروژه	[۱], [۲۱], [۲۹]
تیم طراحی (D)	D1	برنامه‌ریزی ناکافی قبل از اجرا (مطالعه امکان‌سنجی ناکافی)	[۹], [۳۵]
	D2	خطاها و حذفیات طراحی (ورود دیرهنگام طراح، مهارت و تجربه محدود طراح)	[۱], [۱۲], [۹], [۱۳], [۱۹], [۳۱]
	D3	تغییرات و اصلاحات طراحی به دلیل نقشه‌های نادرست یا ناکارآمد (در مرحله طراحی)	[۱], [۲۵], [۹], [۴۴], [۲۱], [۱۳], [۲], [۲۳]
	D4	اجرای ضعیف قرارداد به دلیل عدم وضوح اسناد قرارداد (در مرحله اجرا)	[۱], [۱۲], [۲۵], [۹], [۴۷], [۳۸], [۴۶], [۲], [۴۲], [۲۳], [۳۶], [۴۵], [۱۹], [۳۷], [۲۹]
	D5	هماهنگی ضعیف بین اعضای تیم طراحی	[۱], [۱۲], [۲۵], [۳۸], [۴۸], [۱۳], [۲], [۴۲], [۲۳], [۳۶], [۳۷], [۳۱], [۲۹]
	D6	مشکلات ساخت‌پذیری و اجرایی طراحی‌ها	[۱], [۱۲], [۳۳], [۳۶], [۱۹], [۳۷], [۵۰], [۴۹], [۲۹]
	D7	عدم استفاده یا استفاده ناکارآمد از فناوری اطلاعات	[۱۲], [۲۵], [۵۳], [۳۸], [۲۴], [۵۲], [۵۱], [۲], [۳۶], [۳۷], [۲۹]
پیمانکار (C)	C1	خطاهای ناشی از روش یا تکنولوژی نامناسب ساخت‌وساز	[۱], [۱۲], [۲۵], [۹], [۳۸], [۱۳], [۲], [۳۶], [۱۹], [۳۷], [۳۱], [۲۹]
	C2	مهارت و دانش / آموزش ناکافی عوامل پیمانکار	[۱], [۱۲], [۲۵], [۹], [۵۵], [۵۳], [۳۸], [۵۴], [۴۸], [۴۶], [۲], [۴۲], [۳۶], [۱۹], [۳۷], [۲۷]
	C3	ارتباطات ضعیف بین اعضای تیم پیمانکار	[۱۲], [۵۶], [۲۹]
	C4	آسیب به کار انجام شده	[۱], [۱۲], [۹], [۵۷], [۳۶], [۳۷], [۳۱], [۲۹]
	C5	برنامه زمان‌بندی غیرواقعی به دلیل برآورد نادرست از حجم کار	[۱۲], [۹], [۵۹], [۵۸], [۳۶], [۱۹], [۳۷], [۳۵], [۲۹]
	C6	برنامه‌ریزی و هماهنگی ضعیف منابع	[۱], [۱۲], [۲۵], [۵۳], [۵۸], [۱۱], [۲], [۴۲], [۳۶], [۱۹], [۳۷], [۳۵], [۲۹]
	C7	عدم رعایت عوامل امنیتی، بهداشتی و ایمنی	[۱۲], [۹], [۱۹], [۳۵]
	C8	اضافه‌کاری / حجم کاری بیش از حد	[۱], [۱۲], [۲۵], [۹], [۳۸], [۶۱], [۶۰], [۱۹]
	C9	عدم شفافیت و عدم رعایت مشخصات مواد و تجهیزات (عدم انطباق با مشخصات طراحی)	[۱], [۱۲], [۲۵], [۹], [۵۸], [۶۲], [۲۱], [۳۶], [۳۷], [۲۹]
عامل خارجی (E)	E1	شرایط طبیعی (مانند باران، گرما، سرما و...)	[۱], [۲۵], [۹], [۳۱]
	E2	تغییرات اقتصادی (تورم، نرخ ارز، بازار)	[۹], [۳۵]
	E3	شرایط نامناسب / پیش‌بینی‌نشده سایت (مانند مشکلات خاک، آب و برق، دسترسی‌ها و...)	[۱۲], [۲۵], [۹], [۶۳], [۳۶], [۳۷], [۲۹]
	E4	تغییرات و اصلاحات ناشی از قوانین وضع شده توسط دولت / شهرداری	[۱], [۲۵], [۹], [۵۰], [۴۹], [۲۹]
	E5	نقص تعهدات / استفاده ناکارآمد از شیوه‌های مدیریت کیفیت	[۱۲], [۲۵], [۹], [۵۵], [۱۵], [۵۸], [۳۸], [۵۱], [۲], [۳۶], [۱۹], [۳۷], [۲۹]
	E6	ارتباط و هماهنگی ضعیف بین طرف‌های اصلی پروژه (کارفرما، مشاور، طراح، پیمانکار اصلی، پیمانکار فرعی)	[۱], [۱۲], [۲۵], [۹], [۱۵], [۵۹], [۵۸], [۳۸], [۲۴], [۱۳], [۲], [۴۲], [۲۳], [۳۶], [۱۹], [۳۷], [۲۷], [۲۹]

۶- روش دلفی

روش دلفی[۵۳]، یک روش سیستماتیک برای برانگیختن نظر کارشناس است. نتیجه موردنظر آن دستیابی به اجماع نظر قابل‌اعتماد در میان گروهی از کارشناسان منتخب است. در این روش اعضای پانل برای یکدیگر ناشناخته می‌مانند و تعامل آنها به روشی کاملاً ناشناس مدیریت می‌شود [۶۴]. معمولاً دلفی از طریق یک سری پرسش‌نامه انجام می‌شود. پس از هر دور، پاسخ‌ها مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد و بر اساس تجزیه‌وتحلیل، پرسش‌نامه جدیدی تهیه و در دور بعدی برای اعضای پنل ارسال می‌شود [۶۵]. ماهیت تکراری این روش به اعضا امکان می‌دهد بازخوردی را که شامل اطلاعات جدید در هر دور می‌شود ارائه دهد؛ بنابراین، آنها می‌توانند اطلاعاتی را که در دورهای قبلی ارائه کرده‌اند، باتوجه‌به نتایج کلی تجدیدنظر کنند. چنین فرایندی برای تعداد دورهای از پیش تعیین شده یا تا زمانی که برخی از معیارهای از پیش تعیین شده برآورده شود، ادامه می‌یابد. تعداد دورهای مورداستفاده در مطالعات دلفی در بین پژوهش‌های مختلف متفاوت است. علاوه بر این، هیچ توافق روشنی در ادبیات در مورد اینکه چه چیزی این عدد را تعیین می‌کند وجود ندارد. برای مثال، یونگ و همکاران[۵۴] [۶۶] مشاهده کردند که چنین عددی بین دو تا هفت متغیر است. لوکو و روخاس[۵۵] [۶۷] نشان دادند که مطالعات دلفی شامل حداقل دو تکرار است. گونهان و آردیتی[۵۶] [۶۸] نشان دادند که بیشترین تغییرات در پاسخ‌ها در دو دور اول اتفاق افتاد و پس از آن تغییرات اندکی به دست آمد [۶۴]. در این پژوهش، روش دلفی در مجموع در دو دور به انجام رسید که در این بخش یافته‌های حاصل از هر دور به تفکیک ارائه می‌شود.

۶-۱- انتخاب کارشناسان

شرکت‌کنندگان دلفی متخصصان یا خبرگان[۵۷] و یا پانلیست‌ها[۵۸] است. آنها به چهار خصوصیت دانش و تجربه در موضوع، تمایل، زمان کافی برای شرکت و مهارت‌های ارتباطی مؤثر نیاز دارند. شناسایی متخصصان، نکته مهمی در دلفی بوده چنان که دستیابی به اهداف، وابسته به انتخاب دقیق شرکت‌کنندگان است. دلفی تمرکز بر استخراج نظرات از متخصصان در زمان کوتاه داشته و نتایج وابسته به تخصص افراد در دانش موردنظر، کیفیت و صحت پاسخ‌ها و همکاری و درگیری مداوم آنها در دوره مطالعه است. به عبارتی، موفقیت دلفی دررابطه‌با انتخاب نمونه‌ها است. متخصص دلفی باید دانش کافی در زمینه موضوع موردنظر داشته باشد، در بحث درگیر و بر نتایج فرایند تأثیر بگذارد [۶۹]. به‌طورکلی، مطالعات دلفی از اندازه‌های مختلفی از پانل‌ها استفاده می‌کند. به گفته ویدمن و همکاران[۵۹] [۷۰]، ادبیات تعداد متخصصان موردنیاز برای مطالعه دلفی را مشخص نکرده است. بااین‌حال، مشخص شده است که حداقل اندازه مناسب شامل هفت یا هشت متخصص است. میچل و مک گلدریک[۶۰] [۷۱] استدلال کردند که اندازه پانل ممکن است به‌اندازه‌ای باشد که ملاحظات زمانی و مالی اجازه می‌دهد، اما نباید کمتر از هشت تا ده عضو باشد [۶۴]. در این تحقیق تعداد ۱۸ پانلیست باتوجه‌به امکان انصراف آنها به دلیل حجم کاری که دارند مناسب است. تمامی متخصصان آشنایی کامل با روند ساخت‌وساز ساختمان را دارند و حداقل در یک پروژه مسکونی نقش داشته‌اند. مدرک تحصیلی تمامی پانلیست‌ها لیسانس یا بالاتر است و اکثریت آنها (۶۱/۱۱ درصد) بیش از ۱۵ سال تجربه در صنعت ساخت‌وساز داشتند، بنابراین می‌توان کیفیت پاسخ‌ها را تضمین کرد. علاوه بر این، در میان پانلیست‌ها ۲۲/۲۲ درصد مدیر، ۱۶/۶۷ درصد سرپرست و ۶۱/۱۱ درصد کارشناس شرکت‌های خود بودند و ۸۳/۳۳ درصد ۱۰ سال یا بیش‌تر در سِمت خود تجربه کاری داشتند.

۶-۲- معیارهای اجماع و بازخورد

منظور از اجماع، رسیدن به‌اتفاق نظر در مورد یک ایده و گاه تلاش برای مشخص ساختن تفاوت‌ها است. اجماع به معنی یافتن پاسخ صحیح نیست، بلکه صرفاً توافق شرکت‌کنندگان در یک سطح خاص در موضوع است [۶۹]. اندازه‌گیری اجماع به نوبه خود باید جزء

[53] Delphi Method
[54] Yeung et al
[55] Lucko and Rojas
[56] Gunhan and Arditi
[57] experts
[58] panelists
[59] Weidman et al
[60] Mitchell and McGoldrick

ارزشمندی از تجزیه‌وتحلیل و تفسیر داده‌ها در تحقیقات دلفی در نظر گرفته شود. اما متأسفانه، اجماع یکی از بحث‌انگیزترین مؤلفه‌های روش دلفی است و اندازه‌گیری آن بسیار متفاوت است. در نتیجه، محققان از معیارهای مختلفی برای تعیین سطح توافق بین گروه متخصصان استفاده کرده‌اند. بررسی ادبیات نشان داد که محققان در واقع از انواع آمار توصیفی و آمار استنباطی برای سنجش اجماع استفاده کرده‌اند [۷۲]. در این تحقیق معیارهای اجماع شامل موارد زیر است:

انحراف معیار[۶۱]: یکی از معیارهای اجماع در این تحقیق است که سطح اجماع به‌دست‌آمده از آن در جدول ۴ توضیح داده شده است. براین‌اساس در صورتی که انحراف معیار بین صفر و ۲ باشد، سطح توافق بالا، نسبتاً بالا و کم بین متخصصان به‌دست‌آمده است و نیازی به دور بعدی نیست، ولی اگر این میزان بیشتر از ۲ شود، یعنی اجماع صورت نگرفته است و نیاز به دور بعدی است.

جدول٤ : اجماع بر اساس انحراف معیار [۷۳]

سطح توافق	انحراف معیار
بالا	$0 \leq St. < 1$
نسبتا بالا	$1 \leq St. < 1/5$
کم	$1/5 \leq St. < 2$
عدم وجود توافق	$2 \leq St.$

درصد موافقان پاسخ‌دهندگان بر روی پاسخ‌ها: این در بسیاری از مطالعات دلفی گزارش شده است. به‌عنوان‌مثال، هیوز[۶۲] [۷۴]، توصیفگرهای اجماع را به‌عنوان توصیفگرهایی تعریف کرد که بیش از ۸۳ درصد از پاسخ‌ها به‌عنوان "مهم" یا "بسیار مهم" در نظر گرفته شدند [۶۴]. استوارت و همکاران[۶۳] [۷۵] اجماع را به‌عنوان توافق بیش از ۹۵ درصد در دور اول دلفی تعریف کردند. همچنین لافلین و مور[۶۴] [۷۶] بیان کردند که بر اساس اکثر مطالعات دلفی، اجماع به‌عنوان توافق ۵۱ درصد در میان پاسخ‌دهندگان تعریف شد. درنتیجه در این تحقیق توافق بین پاسخ‌دهندگان مبنی بر اینکه یک معیار خاص مهم است بر اساس توافق ۵۵ درصدی یا بیشتر از پاسخ‌دهندگان در ارائه امتیازی مساوی یا بیشتر از ۳ (یعنی امتیاز ۳ = نسبتاً مهم، ۴ = بسیار مهم و ۵ = بشدت مهم) [۶۴] در نظر گرفته شد. باید توجه داشت هرچه معیارها سخت‌تر باشد، دستیابی به اجماع در میان گروه متخصصان دشوارتر است [۷۲].

در مطالعات دلفی قضاوت‌های پاسخ‌دهندگان توسط مجری خلاصه می‌شود و به‌عنوان بازخورد یا اطلاعات اولیه برای دور بعدی ارائه می‌شود [۷۲]. معیارهای گرایش مرکزی مانند میانگین، میانه و مد شاخص‌های آماری مورداستفاده در پژوهش دلفی برای ارائه اطلاعات از قضاوت‌های جمعی هستند [۷۳]. در این تحقیق از میانگین به‌عنوان معیار بازخورد و تعیین میزان اهمیت عوامل دوباره‌کاری استفاده شد.

۶-۳- نتایج دور اول دلفی

در دور اول پاسخ‌های تمامی کارشناسان دریافت شد. برای هر یک از ۲۹ عامل مقادیر میانگین، انحراف معیار و درصد فراوانی امتیاز ارائه شده توسط خبرگان محاسبه شد (جدول ۵). در این جدول میانگین موجود در ستون بیانگر نتایج به‌دست‌آمده از نظرات کارشناسان برای هر عامل است که به‌جای گزارش ۲۹ عامل برای سهولت به‌صورت حداقل و حداکثر بیان شده است. همچنین میانگین موجود در سطر نشان‌دهنده نتایج به‌دست‌آمده از نظرات کارشناسان برای هر منبع دوباره‌کاری است که به‌صورت یک مقدار میانگین گزارش شده است. باوجوداینکه پاسخ‌دهندگان موافق مهم بودن تمامی عوامل دوباره‌کاری بوده‌اند؛ ولی عامل "شرایط طبیعی (مانند باران، گرما، سرما و...)" با درصد فراوانی دریافت امتیاز ۳ به بالا (۴۴/۴۴ درصد) که کمتر از ۵۵ درصد بود نتوانست تمامی معیارهای اجماع را برآورده

[61] Standard Deviation
[62] Hughes
[63] Stewart et al
[64] Loughlin and Moore

سازد در نتیجه نیاز به دور دوم بود. جواب‌های به‌دست‌آمده در بخش توضیحات آخر پرسش‌نامه نشان داد، متخصصان نظرات مشابهی با محققان این پژوهش در خصوص انتخاب عوامل دوباره‌کاری داشتند و برای دور دوم عامل جدیدی به پرسشنامه اضافه نشد.

جدول۵ : نتایج دور اول روش دلفی

نظرات کارشناسان / منابع دوباره‌کاری		میانگین	انحراف معیار	درصد فراوانی امتیاز ۳ یا ۴ یا ۵
کارفرما	حد اقل	3/39	0/86	72/22
	حد اکثر	4/17	1/35	94/44
	میانگین	3/79	1/02	85/71
تیم طراحی	حد اقل	3/00	0/65	77/78
	حد اکثر	3/78	1/02	100/00
	میانگین	3/43	0/85	87/30
پیمانکار	حد اقل	3/06	0/76	72/22
	حد اکثر	3/94	0/99	94/44
	میانگین	3/52	0/87	87/65
عامل خارجی	حد اقل	2/44	0/86	44/44
	حد اکثر	3/89	1/06	88/89
	میانگین	3/14	0/96	69/44

۴-۶- نتایج دور دوم دلفی

بر اساس تجزیه‌وتحلیل نتایج به‌دست‌آمده از دور اول، پرسش‌نامه دور دوم دلفی تهیه شد. به پاسخ‌دهندگان بازخورد از دور اول داده شد که شامل ارائه هر ۲۹ عامل دوباره‌کاری با دو امتیاز نشان‌دهنده سطح اهمیت آنها بود. نمره اول "امتیاز شما" نام داشت و نشان‌دهنده امتیازی بود که کارشناس در دور اول در مورد سطح اهمیت عامل ارائه کرد و نمره دوم "متوسط امتیاز" نام داشت و نشان‌دهنده میانگین نمرات ارائه شده توسط همه کارشناسان بود. در دور دوم از متخصصان خواسته شد باتوجه‌به متوسط امتیاز کارشناسان نمرات خود را در دور اول بررسی و مجدداً به عوامل دوباره‌کاری امتیاز دهند. در دور دوم ۱۵ پاسخ دریافت شد. سه کارشناس به دلیل حجم کاری قادر به پاسخگویی نبودند. بااین‌حال، این بر ترکیب متعادل کلی پانل تأثیری نداشته است. برای هر یک از ۲۹ عامل مقادیر میانگین، انحراف معیار، و درصد فراوانی امتیاز ارائه شده توسط خبرگان محاسبه شد که در جدول ۶ آمده است. در این دور تمامی معیارهای اجماع برآورده شدند و دیگر نیازی به دور سوم نبود.

جدول٦ : نتایج دور دوم روش دلفی

نظرات کارشناسان / منابع دوباره‌کاری		میانگین	انحراف معیار	درصد فراوانی امتیاز ۳ یا ۴ یا ۵	درصد سطح اهمیت منابع دوباره‌کاری
کارفرما	حد اقل	3/13	0/41	73/33	۲۷/۰۳
	حد اکثر	4/00	0/83	100/00	
	میانگین	3/63	0/67	91/43	
تیم طراحی	حد اقل	2/80	0/51	73/33	۲۴/۹۴
	حد اکثر	3/80	0/77	100/00	
	میانگین	3/35	0/64	88/57	
پیمانکار	حد اقل	2/73	0/35	73/33	۲۴/۶۵
	حد اکثر	3/87	0/83	100/00	
	میانگین	3/31	0/69	85/19	
عامل خارجی	حد اقل	2/67	0/53	60/00	۲۳/۳۸
	حد اکثر	3/80	0/72	100/00	
	میانگین	3/14	0/64	81/11	

۷- مباحثه

همان‌طور که نتایج دور دوم روش دلفی (جدول ۶) نشان می‌دهد، میانگین امتیاز حائز اهمیت بودن ۲۹ عامل دوباره‌کاری از ۲/۶۷ تا ۴/۰۰ و میزان توافق متخصصان در ارائه نمره ۳ یا بیشتر، از ۶۰ تا ۱۰۰ درصد متغیر است. باتوجه‌به امتیازهای به‌دست‌آمده برای عوامل سطح اهمیت منابع دوباره‌کاری نیز به دست آمد. در میان منابع دوباره‌کاری، کارفرما با درصد اهمیت ۲۷/۰۳ درصد به‌عنوان منبع اصلی دوباره‌کاری در پروژه‌های مسکونی در رتبه اول قرار گرفت. این یافته نشان می‌دهد که متخصصان معتقدند بیشترین دوباره‌کاری در پروژه‌های مسکونی از طرف کارفرما اتفاق می‌افتد، و این امر نیازمند توجه و آگاهی بیشتر تیم‌های مدیریت پروژه و نقش‌آفرینان پروژه به نیازها و انتظارات کارفرما است. در ادامه هر یک از عوامل مهم دوباره‌کاری در گروهی که به آن تعلق دارد از نظر علل احتمالی موردبحث قرار می‌گیرند.

در گروه عوامل دوباره‌کاری مرتبط با کارفرما چهار عامل "کمبود تجربه و دانش (کارفرما / تیم نظارتی)"، "سیاست انتخاب کمترین پیشنهاد مالی بدون درنظرگرفتن صلاحیت فنی"، "تغییرات دیرهنگام طرح یا محدوده توسط کارفرما" و "تغییرات دیرهنگام مشخصات و مصالح توسط کارفرما" جز عوامل برتر دوباره‌کاری هستند که به ترتیب رتبه های اول، سوم، پنجم و نهم را به خود اختصاص داده‌اند. به گفته لاو و اسمیت[۶۵] اکثر مشتریان فقط یک‌بار می‌سازند و بنابراین با نقش‌شان در فرایند طراحی و ساخت آشنا نیستند؛ بنابراین مشتریانی که در ساخت ساختمان بی‌تجربه هستند، اغلب تمایل به پرداخت هزینه‌های پایینی دارند و همچنین اجازه می‌دهند زمان کافی برای فرایند توجیهی صرف نشود که ممکن است منجر به حذفیات و اشتباهات در مستندسازی پروژه‌ها شود [۳۶]. ناظر به‌عنوان نماینده کارفرما در پروژه حضور دارد و اگر او نتواند نقصی را در حین بازرسی شناسایی کند، ناهنجاری به مراحل بعدی ساخت منتقل می‌شود و قسمت‌های مختلف ساخت‌وساز را مستعد دوباره‌کاری می‌کند. در صورت انجام بازرسی‌های به‌موقع، می‌توان میزان و تأثیر دوباره‌کاری را کاهش داد [۳۴]. هوانگ و همکاران[۶۶] در تحقیقاتی که بر روی عوامل دوباره‌کاری مرتبط با مشتری داشتند به این نتیجه رسیدند که مشتریان معمولاً مصالح را جایگزین می‌کند، طرح‌ها و محدوده پروژه را تغییر می‌دهد، فرایند تصمیم‌گیری سطح پایینی دارد و مشخصات را تغییر می‌دهد [۴]. به عقیده گارگ و میسرا[۶۷] تغییر در محدوده کار در حین ساخت می تواند در نتیجه ناتوانی کارفرما در تجسم پروژه از روی نقشه های دو بعدی یا تصور مبهم از استفاده نهایی از سازه باشد [۳۴]. تعریف واضح محدوده منجر به توضیح زودهنگام محدوده و اهداف پروژه می‌شود و تغییرات / اصلاحات دیرهنگام طراحی ناشی از تغییر محدوده پروژه را کاهش می‌دهد. تعریف نامشخص محدوده معمولاً باعث ایجاد برخی تغییرات / اصلاحات طراحی در شروع ساخت‌وساز می‌شود و پروژه ممکن است با اختلاف‌نظر در خصوص نامشخص بودن فضای کار آغاز شود. وو و همکاران[۶۸] [۷۷] در تحقیقاتی دیگر بیان کردند که وقتی اقلام خاصی از مصالح موردنیاز طرح ناکافی و یا ناموجود شوند، تغییرات در مصالح استفاده شده و یا روش(های) بکار گرفته شده رخ می‌دهد. به طور مشابه، سان و منگ[۶۹] [۷۸] بیان کردند که در دسترس نبودن مصالح در طول اجرای پروژه منجر به جایگزینی می‌شود و ممکن است باعث صدور تغییر سفارشات شود [۷].

در گروه عوامل دوباره‌کاری مرتبط با تیم طراحی دو عامل "خطاها و حذفیات طراحی (ورود دیرهنگام طراح، مهارت و تجربه محدود طراح)" و "تغییرات و اصلاحات طراحی به دلیل نقشه‌های نادرست یا ناکارآمد" عوامل حائز اهمیتی هستند که در رتبه چهارم و هفتم قرار گرفته‌اند. ریزن و هابز[۷۰] [۷۹] طراحی ضعیف را به‌عنوان انحراف از مسیر عملیاتی و اقداماتی برنامه‌ریزی‌شده به سمت یک هدف مطلوب تعریف کردند. به طور مشابه، لاو و همکاران[۷۱] [۸۰] و حبیبی و همکاران[۷۲] [۸۱] توضیح دادند که طراحی ضعیف در پروژه معمولاً رخ می‌دهد و باعث تأخیرهای قابل‌توجه در برنامه می‌شود [۷]. این عوامل به دلیل آن است که مشتریان در بسیاری از موارد برای حفظ فرصت‌های تجاری فعلی و آینده‌شان با دفاتر مشاوره طراحی و مهندسی با کمترین پیشنهاد مالی بدون درنظرگرفتن معیارهای فنی که

[65] Love and Smith
[66] Hwang et al
[67] Garg and Misra
[68] Wu et al
[69] Sun and Meng
[70] Reason and Hobbs
[71] Love et al
[72] Habibi et al

اساساً برای انجام وظایف طراحی موردنیاز است، قرارداد می‌بندند. در نتیجه، وظایف طراحی به شرکت‌های طراحی با صلاحیت‌های فنی پایین واگذار می‌شود که حوزه کاری خود را با خطاها و حذفیات فراوان به پایان می‌رسانند. به طور کلی، این مشکلات باعث می‌شود که کیفیت طرح‌ها، نقشه‌ها و مشخصات بسیار ضعیف باشد که منجر به کارهای مجدد در ساختمان می‌شود [۱].

در گروه پیمانکار دو عامل "مهارت و دانش / آموزش ناکافی عوامل پیمانکار" و "عدم شفافیت و عدم رعایت مشخصات مواد و تجهیزات (عدم انطباق با مشخصات طراحی)" جز مهم‌ترین عوامل دوباره‌کاری هستند و رتبه دوم و دهم را به خود اختصاص داده‌اند. گارگ و میسرا[۷۳] در تحقیقات خود دریافتند عدم آموزش کارگران مهم‌ترین دلیلی است که باعث دوباره‌کاری می‌شود. در کشورهای درحال‌توسعه اکثریت کارگرانی که در یک پروژه استخدام می‌شوند، بی‌سواد هستند و به طور رسمی برای مهارت خاصی آموزش ندیده‌اند و مهارت‌های خود را در حین کار به دست می‌آورند که چالش در کنترل کیفیت را افزایش می‌دهد. همچنین، بسیاری از کارگران برای کسب درآمد بیشتر دوست دارند اضافه‌کاری کنند که این یک‌رویه رایج است که باعث می‌شود کارایی آنها کاهش یابد و می‌تواند دلیلی برای دوباره‌کاری شود. دراین‌بین کارگرانی هم وجود دارند که آموزش‌دیده‌اند، اما همچنان تمایل دارند وظایف خود را به‌اشتباه انجام دهند که اساساً سهل‌انگاری است [۳۴]. بسیاری از عوامل پیمانکار در محل پروژه که مسئول مدیریت مواد و تجهیزات هستند، به‌درستی کیفیت مصالح ساختمانی را کنترل و نظارت نمی‌کنند و همچنین بازرسی‌های میدانی را انجام نمی‌دهند. این امر می‌تواند منجر به استفاده از مواد و تجهیزات نامناسب شود [۲۹]. همچنین آکال و الخولی[۷۴] بیان کردند مشتریان به دنبال انتخاب شرکت پیمانکاری تنها بر اساس زمینه‌های مالی هستند. این به نوبه خود شرکت‌های طرف قرارداد را مجبور می‌کند که حاشیه سود پایینی را برای کسب پروژه تعیین کنند. بااین‌حال در مرحله اجرا، شرکت دریافت‌کننده به دنبال دستیابی به سود بالا از طریق تقلب در کیفیت مواد است. به گفته زائتر و انشاسی[۷۵] [۲۱] هنگامی که نمایندگان مالک متوجه این عمل غیرصادقانه و غیرحرفه‌ای می‌شوند، پیمانکار را ملزم می‌کنند تا فعالیت‌هایی را که با استفاده از این مواد تقلبی انجام شده است، مجدد کار کند [۱].

در میان عامل خارجی "ارتباط و هماهنگی ضعیف بین طرف‌های اصلی پروژه (کارفرما، مشاور، طراح، پیمانکار اصلی، پیمانکار فرعی)" جز عامل حائز اهمیت از دید متخصصان هست که رتبه پنجم را به خود اختصاص داده است. این عامل شامل موارد فوق است: ۱. درک نادرست از مفاد قرارداد، برای کارفرما یا پیمانکار. دراین‌خصوص گارگ و میسرا گزارش کردند که برخی از پیمانکاران اعتراف کردند که مفاد قرارداد را اشتباه متوجه شده‌اند، اما این موضوع به عدم وضوح آن نسبت‌داده‌شده است [۳۴]؛ ۲. ارتباط ضعیف بین کارفرمایان و مشاوران طراحی به دلیل آشنا نبودن کارفرما با نقشش در فرایند طراحی و ساخت [۳۶]؛ ۳. هماهنگی نادرست بین مشاور و پیمانکار و تأخیر در دریافت نقشه‌های مناسب یا به‌روز شده از طرف مشاور [۳۴]. دراین‌خصوص لاو و همکاران[۷۶] گزارش کردند که عدم‌قطعیت و کیفیت پایین اسناد، تهیه مصالح را به تأخیر انداخت و به ایجاد دیواری بین پیمانکار و طراحان کمک کرد که بر ارتباطات تأثیر منفی گذاشت و درگیری میان آنها را افزایش داد [۸۲]؛ ۴. تأخیر در گرفتن یک تصمیم یا راه‌حل به‌موقع از سوی مدیران و مهندسان برای رفع یک مشکل [۳۴]؛ ۵. عدم هماهنگی بین پیمانکار اصلی و فرعی که می‌تواند منجر به ازبین‌رفتن قسمت از قبل تکمیل شده یک سازه شود [۳۴].

۸- نتیجه‌گیری

پروژه‌های مسکونی ایران قربانی دوباره‌کاری هستند. بااین‌وجود، تلاش‌های بسیار محدودی به دنبال استدلال درباره علل آن بوده‌اند. در این مقاله از طریق معرفی ۲۹ عامل دوباره‌کاری مهم در پروژه‌های مسکونی بر اساس تحلیل منابع علمی و ادبی حوزه دوباره‌کاری و تعیین سطح اهمیت این عوامل به روش دلفی به این کاستی پرداخته شد. نتایج به‌دست‌آمده به طور خلاصه به شرح زیر است:

[73] Garg and Misra
[74] Akal and El-Kholy
[75] Zaiter and Enshassi
[76] Love et al

۱. در پرسش‌نامه دلفی از متخصصان خواسته شد بر اساس مقیاس ۵ درجه‌ای لیکرت به میزانی که عوامل دوباره‌کاری در پروژه‌های مسکونی شهر مشهد اهمیت دارند امتیاز دهند. در دور دوم تمامی معیارهای اجماع برای عوامل حاصل شد. سپس با استفاده از میانگین امتیاز ارائه شده توسط کارشناسان پنج عوامل دوباره‌کاری مهم مشخص شدند: "کمبود تجربه و دانش (کارفرما / تیم نظارتی)"، "مهارت و دانش / آموزش ناکافی عوامل پیمانکار"، "سیاست انتخاب کمترین پیشنهاد مالی بدون درنظرگرفتن صلاحیت فنی"، "خطاها و حذفیات طراحی (ورود دیرهنگام طراح، مهارت و تجربه محدود طراح)"، "تغییرات دیرهنگام طرح یا محدوده توسط کارفرما" و "ارتباط و هماهنگی ضعیف بین طرف‌های اصلی پروژه (کارفرما، مشاور، طراح، پیمانکار اصلی، پیمانکار فرعی)".

۲. نتایج دورهای دوگانه روش دلفی نشان می‌دهند که به دلایل زیر اتفاق‌نظر میان کارشناسان حاصل شده است و می‌توان به تکرار دورها پایان داد: ۱. انحراف معیار تمامی عوامل در دور دوم کمتر از ۱ بود که نشان‌دهنده توافق بالا است؛ ۲. بیش از ۵۵ درصد کارشناسان با ارائه امتیاز ۳ و بیشتر موافق مهم بودن عوامل دوباره‌کاری انتخابی بودند.

۳. در میان منابع دوباره‌کاری، کارفرما با سطح اهمیت ۲۷/۰۳ درصد به‌عنوان منبع اصلی دوباره‌کاری در پروژه‌های مسکونی شناخته شد. بعد از آن، تیم طراحی با ۲۴/۹۴ درصد، پیمانکار با ۲۴/۶۵ درصد و عامل خارجی با ۲۳/۳۸ درصد اهمیت به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم و چهارم قرار گرفتند. این مقدار نشان‌دهنده این واقعیت است که کارفرما می‌تواند در ایجاد دوباره‌کاری در پروژه‌های مسکونی تأثیر مهمی داشته باشد. اگر کارفرما تمایل به تغییرات مکرر در پروژه داشته باشد، ممکن است این تغییرات منجر به افزایش نیاز به دوباره‌کاری شوند. به‌علاوه، عدم تثبیت نقشه‌ها و مشخصات پروژه، تغییرات در زمان‌بندی و تصمیمات فنی ناگهانی از سوی کارفرما می‌تواند به افت اجرای پروژه منجر شود و نیاز به دوباره‌کاری ایجاد کند.

۴. علی‌رغم دستیابی به اهداف، این مطالعه دارای محدودیت‌هایی است. اولاً، اگرچه این مطالعه ۷۶ عامل دوباره‌کاری را شناسایی کرد، اما ممکن است جامع نباشند. ثانیاً، به دلیل محدودیت‌های زمانی امکان نظرسنجی از تعداد بیشتری از کارشناسان و مصاحبه با آنها وجود نداشت. ثالثاً، چارچوب نمونه‌گیری در این مطالعه ممکن است شامل همه نقش‌آفرینان در پروژه‌های مسکونی در مشهد نباشد. در نتیجه برای تحقیق آینده پیشنهاد می‌شود عوامل دوباره‌کاری ابتدا از طریق نظر کارشناسان شناسایی شود و تنها به ادبیات موجود در این حوزه بسنده نشود. همچنین از تعداد بیشتری از کارشناسان برای جذب ایده و نظرات استفاده شود.

مراجع

[1] Akal, A. Y., & El-Kholy, A. M. (2021). Exploring the critical frequent factors of rework and assigning strategies to mitigate their occurrence in the Egyptian construction projects. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*.
[2] Palaneeswaran, E. (2006). Reducing rework to enhance project performance levels. Proceedings of the one day Seminar on" Recent Developments in Project Management in Hong Kong,
[3] Arain, F. M., & Pheng, L. S. (2006). Developers' views of potential causes of variation orders for institutional buildings in Singapore. *Architectural Science Review*, *49*(1), 59-74.
[4] Hwang, B.-G., Zhao, X., & Goh, K. J. (2014). Investigating the client-related rework in building projects: The case of Singapore. *International Journal of Project Management*, *32*(4), 698-708.
[5] Ghannadpour, S. F., Rezahoseini, A., Noori, S., & Bodaghi, M. (2018). Reducing rework and increasing the civil projects quality, through total quality management (TQM), by using the concept of building information modeling (BIM). *Journal of industrial and systems engineering*, *12*(Special issue on Project Management and Control), 1-27.
[6] Safapour, E., & Kermanshachi, S. (2019). Identifying early indicators of manageable rework causes and selecting mitigating best practices for construction. *Journal of Management in Engineering*, *35*(2), 04018060.
[7] Safapour, E., Kermanshachi, S., & Taneja, P. (2019). Investigation and analysis of the rework leading indicators in construction projects: State-of-the-art review. Proc., 7th CSCE Int. Construction Specialty Conf,
[8] Oyewobi, L. O., Ibironke, T. O., Ganiyu, B. O., & Ola-awo, W. A. (2011). Evaluating rework cost-A study of selected building projects in Niger State, Nigeria.
[9] Elseufy, S. M., Hussein, A., & Badawy, M. (2022). A hybrid SEM-ANN model for predicting overall rework impact on the performance of bridge construction projects. Structures,

[10] Eze, E. C., & Idiake, J. E. (2018). Impact of rework on building project and organisation performance: A view of construction professionals in Nigeria. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, *9*(1), 29-43.
[11] Mahamid, I. (2022). Impact of rework on material waste in building construction projects. *International Journal of Construction Management*, *22*(8), 1500-1507.
[12] Moaveni, S., & Shariatmadar, H. (2021). Ranking the Rework Causes in Iran's Construction Projects and Investigating the Effect of Lean Construction Techniques. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, *53*(1), 127-148.
[13] Hwang, B.-G., Thomas, S. R., Haas, C. T., & Caldas, C. H. (2009). Measuring the impact of rework on construction cost performance. *Journal of construction Engineering and Management*, *135*(3), 187-198.
[14] Love, P. E., & Matthews, J. (2020). Quality, requisite imagination and resilience: Managing risk and uncertainty in construction. *Reliability engineering & system safety*, *204*, 107172.
[15] Ison, F. (1995). *Measuring up or muddling through: Best practice in the Australian non-residential construction industry*. Construction Industry Development Agency.
[16] Love, P. E., & Li, H. (2000). Quantifying the causes and costs of rework in construction. *Construction Management & Economics*, *18*(4), 479-490.
[17] Love, P. E. (2002b). Influence of project type and procurement method on rework costs in building construction projects. *Journal of construction Engineering and Management*, *128*(1), 18-29.
[18] Ashford, J. L. (2002). *The management of quality in construction*. Routledge.
[19] Fayek, A. R., Dissanayake, M., & Campero, O. (2003). Measuring and classifying construction field rework: A pilot study. *Research Rep.(May)*.
[20] Taylor, T., & Ford, D. N. (2006). Tipping point failure and robustness in single development projects. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, *22*(1), 51-71.
[21] Zaiter, M. M. A., & Enshassi, A. (2014). Causes and effects of rework on construction projects in Gaza strip. *Causes and effects of rework on construction projects in Gaza strip*.
[22] Love, P. E., Matthews, J., Sing, M. C., Porter, S. R., & Fang, W. (2022). State of science: Why does rework occur in construction? What are its consequences? And what can be done to mitigate its occurrence? *Engineering*, *18*, 246-258.
[23] Hwang, B.-G., & Yang, S. (2014). Rework and schedule performance: A profile of incidence, impact, causes and solutions. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *21*(2), 190-205.
[24] Forcada, N., Gangolells, M., Casals, M., & Macarulla, M. (2017). Factors affecting rework costs in construction. *Journal of construction Engineering and Management*, *143*(8), 04017032.
[25] Hwang, B.-G., Zhao, X., & Yang, K. W. (2019). Effect of BIM on rework in construction projects in Singapore: Status quo, magnitude, impact, and strategies. *Journal of construction Engineering and Management*, *145*(2), 04018125.
[26] Ssegawa, J., Mfolwe, K., Makuke, B., & Kutua, B. (2002). Construction variations: a scourge or a necessity. Proceedings of the First International Conference of CIB W107,
[27] Oyewobi, L. O., & Ogunsemi, D. R. (2010). Factors influencing reworks occurrence in construction: A study of selected building projects in Nigeria. *Journal of building performance*, *1*(1).
[28] Muhumuza Kakitahi, J., Landin, A., & Alinaitwe, H. M. (2013). An exploratory study of rework causality in Uganda. *Construction Innovation*, *13*(3), 266-280.
[29] 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.
[30] Miri, M., & Khaksefidi, M. (2015). Cost Management in Construction Projects: Rework and Its Effects.
[31] Mahamid, I. (2016). Analysis of Rework in Residential Building Projects in Palestine. *Jordan Journal of Civil Engineering*, *10*(2).
[32] Yap, J. B. H., Low, P. L., & Wang, C. (2017). Rework in Malaysian building construction: Impacts, causes and potential solutions. *Journal of Engineering, Design and Technology*, *15*(5), 591-618.
[33] Balouchi, M., Gholhaki, M., & Niousha, A. (2019). Reworks causes and related costs in construction: Case of Parand mass housing project in Iran. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *36*(8), 1392-1408.
[34] Garg, S., & Misra, S. (2021). Causal model for rework in building construction for developing countries. *Journal of Building Engineering*, *43*, 103180.
[35] Al-Janabi, A. M., Abdel-Monem, M. S., & El-Dash, K. M. (2020). Factors causing rework and their impact on projects' performance in Egypt. *Journal of civil engineering and management*, *26*(7), 666-689.
[36] Love, P. E., & Smith, J. (2003). Benchmarking, benchaction, and benchlearning: Rework mitigation in projects. *Journal of Management in Engineering*, *19*(4), 147-159.
[37] Love, P. E., Edwards, D. J., Watson, H., & Davis, P. (2010). Rework in civil infrastructure projects: Determination of cost predictors. *Journal of construction Engineering and Management*, *136*(3), 275-282.
[38] Forcada, N., Rusiñol, G., MacArulla, M., & Love, P. E. (2014). Rework in highway projects. *Journal of civil engineering and management*, *20*(4), 445-465.

[39] Arain, F. M., & Pheng, L. S. (2005). How design consultants perceive potential causes of variation orders for institutional buildings in Singapore. *Architectural engineering and design management*, *1*(3), 181-196.
[40] Ndihokubwayo, R., & Haupt, T. C. (2008). Uncovering the origins of variation orders.
[41] Willis, A., & Chappell, D. (2015). *The architect in practice*. John Wiley & Sons.
[42] Love, P. E., & Edwards, D. J. (2013). Curbing rework in offshore projects: systemic classification of risks with dialogue and narratives. *Structure and Infrastructure Engineering*, *9*(11), 1118-1135.
[43] Forcada, N., Alvarez, A. P., Love, P. E., & Edwards, D. J. (2017). Rework in urban renewal projects in Colombia. *Journal of infrastructure systems*, *23*(2), 04016034.
[44] Kakitahi, J. M., Alinaitwe, H. M., Landin, A., & Rodrigues, M. J. (2014). A comparison of construction related rework in Uganda and Mozambique. *Journal of Construction Project Management and Innovation*, *4*(1), 770-781.
[45] Burroughs, G. (1993). Concrete quality assurance: The contractors role. *Quality assurance in the construction industry*.
[46] Love, P. E. (2002a). Auditing the indirect consequences of rework in construction: a case based approach. *Managerial auditing journal*, *17*(3), 138-146.
[47] Love, P. E., & Edwards, D. J. (2004b). Forensic project management: The underlying causes of rework in construction projects. *Civil engineering and environmental systems*, *21*(3), 207-228.
[48] Josephson, P.-E., Larsson, B., & Li, H. (2002). Illustrative benchmarking rework and rework costs in Swedish construction industry. *Journal of Management in Engineering*, *18*(2), 76-83.
[49] Simpeh, E. K., Ndihokubwayo, R., & Love, P. E. (2012). Influence of procurement method on the occurrence of rework in construction projects.
[50] Ekambaram, P., ED Love, P., M. Kumaraswamy, M., & ST Ng, T. (2014). Causal ascription of rework in building and civil engineering projects: A multivariate exploration. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *21*(1), 111-126.
[51] Love, P. E., & Edwards, D. J. (2004a). Determinants of rework in building construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *11*(4), 259-274.
[52] Li, H., & Love, P. E. (1998). Visualization of building interior design to reduce rework. Proceedings. 1998 IEEE Conference on Information Visualization. An International Conference on Computer Visualization and Graphics (Cat. No. 98TB100246),
[53] Love, P. E., Edwards, D. J., & Smith, J. (2016). Rework causation: Emergent theoretical insights and implications for research. *Journal of construction Engineering and Management*, *142*(6), 04016010.
[54] Raghuram, S., & Nagavinothini, R. (2016). Investigation on the causes and adverse effects of reworks in construction projects and developing a rework reduction model to mitigate time and cost. *Int. J. Innovative Res. Sci. Eng. Technol*, *5*(4), 5790-5796.
[55] Oyewobi, L. O., Abiola-Falemu, O., & Ibironke, O. T. (2016). The impact of rework and organisational culture on project delivery. *Journal of Engineering, Design and Technology*, *14*(2), 214-237.
[56] Walker, D. H. (1995). An investigation into construction time performance. *Construction Management and Economics*, *13*(3), 263-274.
[57] Eze, E. C., Idiake, J. E., & Ganiyu, B. O. (2018). Rework risks triggers in the Nigerian construction industry: a view of built environment professionals.
[58] Josephson, P.-E., & Hammarlund, Y. (1999). The causes and costs of defects in construction: A study of seven building projects. *Automation in construction*, *8*(6), 681-687.
[59] Rahman, H. A. (1993). *The management and cost of quality for civil engineering projects*. The University of Manchester (United Kingdom).
[60] Simpeh, E. K. (2012). *An analysis of the causes and impact of rework in construction projects* Cape Peninsula University of Technology].
[61] El Hussein, K. (2014). *Management of change-induced rework in a construction project* The British University in Dubai (BUiD)].
[62] Enshassi, A., Sundermeier, M., & Zeiter, M. A. (2017). Factors contributing to rework and their impact on construction projects performance. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, *8*(1), 12-33.
[63] Love, P., & Wyatt, A. (1997). Communication and rework: Case studies of construction projects. *CSIRO, DBCE DOC*, *97*, 38.
[64] Sourani, A., & Sohail, M. (2015). The Delphi method: Review and use in construction management research. *International journal of construction education and research*, *11*(1), 54-76.
[65] Khoshnevis, M., Alami, F., & Sarraf, A. (2023). Risk analysis of water and wastewater infrastructure projects based on public-private partnership (3P) approach by combining Fuzzy Delphi (FD), FMEA and artificial fuzzy assessment (FSE) techniques. *Journal of Structural and Construction Engineering*, *9*(11), 77-100.
[66] Yeung, J. F., Chan, A. P., & Chan, D. W. (2009). Developing a performance index for relationship-based construction projects in Australia: Delphi study. *Journal of Management in Engineering*, *25*(2), 59-68.

[67] Lucko, G., & Rojas, E. M. (2010). Research validation: Challenges and opportunities in the construction domain. *Journal of construction Engineering and Management*, *136*(1), 127-135.
[68] Gunhan, S., & Arditi, D. (2005). Factors affecting international construction. *Journal of construction Engineering and Management*, *131*(3), 273-282.
[69] Ahmadi, F., Nasiriani, K., & Abazari, P. (2008). Delphi technique: a tool in research. Education in Medical Sciences. 19 (1), 175-185. In: Farsi
[70] Weidman, J. E., Miller, K. R., Christofferson, J. P., & Newitt, J. S. (2011). Best practices for dealing with price volatility in commercial construction. *International journal of construction education and research*, *7*(4), 276-293.
[71] Mitchell, V. W., & McGoldrick, P. J. (1994). The role of geodemographics in segmenting and targeting consumermarkets: a Delphi study. *European Journal of marketing*, *28*(5), 54-72.
[72] Von Der Gracht, H. A. (2012). Consensus measurement in Delphi studies: review and implications for future quality assurance. *Technological forecasting and social change*, *79*(8), 1525-1536.
[73] Alaloul, W. S., Liew, M. S., & Zawawi, N. A. W. (2015). Delphi technique procedures: A new perspective in construction management research. *Applied Mechanics and Materials*, *802*, 661-667.
[74] Hughes, R. (2003). Definitions for public health nutrition: a developing consensus. *Public Health Nutrition*, *6*(6), 615-620.
[75] Stewart, J., O'Halloran, C., Harrigan, P., Spencer, J. A., Barton, J. R., & Singleton, S. J. (1999). Identifying appropriate tasks for the preregistration year: modified Delphi technique. *Bmj*, *319*(7204), 224-229.
[76] Loughlin, K. G., & Moore, L. F. (1979). Using Delphi to achieve congruent objectives and activities in a pediatrics department. *Academic medicine*, *54*(2), 101-106.
[77] Wu, C. H., Hsieh, T. Y., Cheng, W. L., & Lu, S. T. (2004). Grey relation analysis of causes for change orders in highway construction. *Construction Management and Economics*, *22*(5), 509-520.
[78] Sun, M., & Meng, X. (2009). Taxonomy for change causes and effects in construction projects. *International Journal of Project Management*, *27*(6), 560-572.
[79] Reason, J., & Hobbs, A. (2003). Managing maintenance error: a practical guide, Kindle edn. In: CRC Press.
[80] Love, P. E., Edwards, D. J., Irani, Z., & Walker, D. H. (2009). Project pathogens: The anatomy of omission errors in construction and resource engineering project. *IEEE transactions on engineering management*, *56*(3), 425-435.
[81] Habibi, M., Kermanshachi, S., & Rouhanizadeh, B. (2019). Identifying and measuring engineering, procurement, and construction (EPC) key performance indicators and management strategies. Infrastructures, 4(2), 14.
[82] Love, P. E., Holt, G. D., Shen, L. Y., Li, H., & Irani, Z. (2002). Using systems dynamics to better understand change and rework in construction project management systems. International Journal of Project Management, 20(6),