



رتبه‌بندی دلایل دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران و بررسی اثر تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب

سهیلا معاونی، هاشم شریعتمدار*

گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۲۲
بازنگری: ۱۳۹۷/۰۹/۲۱
پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۰۳
ارائه آنلاین: ۱۳۹۷/۱۰/۱۸

کلمات کلیدی:

دوباره‌کاری
ساخت و ساز ناب
تحویل یکپارچه پروژه
فازی-تاپسیس
تغییر سفارشات

خلاصه: دوباره‌کاری یکی از مشکلات مهم در صنعت ساخت‌وساز می‌باشد. با وجود مطالعات فراوانی که در حیطه دوباره‌کاری در جهان صورت گرفته است، فقدان بررسی جامع عوامل ایجاد دوباره‌کاری در ایران، احساس می‌شود. علاوه بر این، روشی کارآمد و اثرگذار برای بهبود اساسی مسائل مربوط به دوباره‌کاری، نه تنها در ایران بلکه در سایر کشورها نیز مورد نیاز است. بنابراین، در این پژوهش سعی شد با استفاده از روش پیمایش از طریق پرسشنامه، عوامل اصلی ایجاد دوباره‌کاری در ایران شناسایی شده و بر اساس معیارهای هزینه، زمان، کیفیت، ایمنی و رضایت تیم پروژه با روش فازی-تاپسیس رتبه‌بندی شوند. سپس، تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب به عنوان راهکاری برای پیشگیری از رخداد دوباره‌کاری مورد بررسی قرار گرفتند و اثرگذاری این تکنیک‌ها بر اهمیت عوامل دوباره‌کاری مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج حاصل از ۵۲ پرسشنامه نشان دادند که عوامل مربوط به کارفرما، فاز ساخت و فاز طراحی به ترتیب سه عامل اصلی دوباره‌کاری در ایران هستند. عوامل تخصیص ناکارآمد منابع، تغییر سفارشات کارفرما، تأخیر در تأمین مالی و ارائه تحویل دادنی‌های قرارداد، سطح مهارت ناکافی، و مدیریت ناکارآمد نیز به ترتیب با اهمیت‌ترین عوامل جزئی دوباره‌کاری می‌باشند. از طرفی، میزان ناب‌سازی پروژه‌ها از طریق سیستم نمره‌دهی ناب و با ۱۴ فاکتور بررسی شد. نتایج نشان دادند که با وجود اینکه تکنیک‌های ناب بصورت تخصصی در پروژه‌ها اجرا نمی‌شوند، برخی فاکتورهای ساخت‌وساز ناب مورد بررسی در این پژوهش (از جمله تمرکز بر وضعیت ارتباطات و همکاری، استفاده از IT و RFI)، بصورت معناداری دوباره‌کاری و اهمیت دلایل ایجاد آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

۱- مقدمه

افزایش هزینه و زمان پروژه‌های ساخت‌وساز بسیار حائز اهمیت است. بنابراین، با توجه به اهمیت منابع مالی و زمان و همچنین عملکرد پروژه‌ها و اثرات منفی بارز دوباره‌کاری بر پروژه‌های ساخت‌وساز که دارای ماهیتی پیچیده، یکتا و دارای منابع متنوع هستند، لازم است که این موضوع بصورت اساسی مورد بررسی قرار گیرد. با وجود اینکه در کشورهای مختلف مطالعات متنوعی در خصوص یافتن دلایل دوباره‌کاری انجام گرفته است، در ایران فقدان بررسی جامع دلایل ایجاد دوباره‌کاری و در نتیجه، شناخت راه‌کارهای پیشگیرانه به شدت احساس می‌شود. ذکر این نکته نیز لازم است که برای یافتن الگویی برای شناسایی دلایل دوباره‌کاری در ایران، نیاز به بومی‌سازی

دوباره‌کاری یکی از نگرانی‌های مهم در صنعت ساخت‌وساز است که طبق تحقیقات انجام شده مشکلات اساسی برای پروژه‌های ساخت ایجاد می‌کند؛ افزایش هزینه‌ها، افزایش مدت زمان اجرای پروژه‌ها، نارضایتی ذینفعان، کاهش کیفیت پروژه‌ها و کاهش ایمنی مهم‌ترین پیامدهای دوباره‌کاری هستند [۱-۵]. از طرفی، با توجه به اهمیت پروژه‌های ساخت‌وساز در توسعه کشور و همچنین نقش قابل توجه این پروژه‌ها بر هزینه‌های دولتی و غیردولتی، و با توجه به رشد سریع کشورها و اهمیت روز افزون استفاده بهینه از منابع، یافتن دلایل اصلی

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: shariatmadar@um.ac.ir



دلایل دوباره کاری در پروژه‌هاست که نه تنها در ایران انجام نشده بلکه بر اساس بررسی‌های نویسندگان این مقاله، در خارج از ایران نیز تا کنون مورد بررسی قرار نگرفته است و بخشی از نوآوری‌های این مقاله محسوب می‌شود.

۲- پیشینه پژوهش

در این قسمت، ابتدا تعاریف مختلفی از دوباره کاری^۲ ارائه می‌گردد، سپس دلایل ایجاد دوباره کاری در سایر کشورها با کمک پژوهش‌های موجود، گردآوری می‌شود. در نهایت نیز ساخت‌وساز ناب^۳ بصورت کلی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱- دوباره کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز

برای دستیابی به ادبیات مشخصی از مفهوم دوباره کاری جهت درک واحد پاسخ‌دهندگان از واژه دوباره کاری در پرسشنامه، پژوهش‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد که در ادبیات موضوع دوباره کاری، تفاسیر و واژگان مختلفی وجود دارد، که نشان‌دهنده جنبه‌های مختلف دوباره کاری می‌باشند؛ برخی از این واژگان عبارتند از: انحرافات کیفیت^۴ [۷]، عدم انطباق‌ها^۵ [۱]، نواقص^۶ [۸] و شکست‌های کیفیت^۷ [۹]. علاوه بر این، تعاریف مختلفی نیز از دوباره کاری موجود است که در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

لازم به ذکر است بر خلاف تعریف Fayek et al [۱۴]، تغییرات محدود و تغییر سفارشات توسط کارفرما، اگر بصورت دیر هنگام رخ دهند و در نتیجه باعث ایجاد دوباره کاری شوند، در حیطه این پژوهش قرار می‌گیرند. اگرچه این فعالیت‌ها بدلیل درخواست کارفرما، دوباره تکرار شده‌اند اما در نتایج پروژه اثرگذار هستند. این در حالی است که اگر در ابتدای پروژه، ارتباطات بین شرکای پروژه بدرستی برقرار گردد و یا کارفرما بتواند شناخت کاملی از نیازها و خواسته‌های خود و همچنین شکل کلی پروژه پیدا کند، و یا به عبارت دیگر، شرکا به درک واحدی از پروژه برسند، می‌توان از رخداد دوباره کاری‌ها جلوگیری کرده و در نتیجه باعث بهبود نتایج پروژه شد. بنابراین، با توجه به توضیحات فوق‌الذکر و موارد ذکر شده در جدول ۱، تعریفی

مطالعات انجام شده در سایر کشورها می‌باشد، چرا که انتظار می‌رود با توجه به ماهیت متفاوت تأمین منابع مالی و تجهیزات و امکانات مورد نیاز پروژه‌ها در ایران، نتوان الگوی سایر کشورها را عیناً به کار گرفت. علاوه بر این، با وجود مطالعات فراوانی که در خصوص دوباره کاری طی سال‌های بسیار دور تاکنون در کشورهای مختلف انجام شده است، همچنان مقایسه نتایج مطالعات اخیر با مطالعات گذشته، نشان دهنده فقدان روشی کارآمد و اثرگذار برای بهبود اساسی این وضعیت در سراسر جهان می‌باشد.

در این مقاله دلایل ایجاد دوباره کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز، با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای شناسایی شده‌اند. سپس، به کمک پرسشنامه و تحلیل فازی-تاپسیس^۱، دلایل دوباره کاری رتبه‌بندی شده‌اند. لازم به ذکر است، همان‌طور که بسیاری از پژوهش‌ها در این حیطه اذعان دارند [۵، ۶]، مرحله شناسایی دلایل دوباره کاری گامی بسیار اساسی جهت پیشگیری از رخداد دوباره کاری می‌باشد. علاوه بر این، در این پژوهش با نگاهی ویژه به ساخت‌وساز ناب، راهکاری مناسب جهت بهبود ساختار و روش‌های مدیریتی سازمان‌های کارفرمایی، پیمانکاران و بطور کلی سازمان‌های درگیر در طراحی و اجرای پروژه‌های ساخت‌وساز، در جهت کاهش ضایعات بخصوص دوباره کاری و همچنین ارائه بیشترین ارزش ممکن برای مشتری، که اهداف اصلی فلسفه ناب هستند، ارائه شده است.

بنابراین، دستاورد اول این مقاله مربوط به یکپارچه‌سازی عوامل دوباره کاری مورد بررسی در جهان است، که در مقالات دیگر به این شکل، به صورت کامل و جامع مورد بررسی قرار نگرفته است (بر اساس بررسی و جمع‌بندی بیش از ۲۰ مقاله با بیشترین ارجاع در حوزه دوباره کاری، ارائه شده در جدول ۲). دستاورد دوم مربوط به بومی‌سازی دلایل جمع‌آوری شده در خصوص دوباره کاری برای ایران است. لازم به ذکر است که با وجود مطالعات زیادی که در خصوص دلایل دوباره کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز در سراسر جهان هر ساله انجام می‌شود، در ایران مطالعه جامعی در این خصوص صورت نگرفته است. بنابراین یکی از دستاوردهای اصلی این مقاله شناسایی عوامل مهم ایجادکننده دوباره کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران بر اساس ۵ معیار هزینه، زمان، کیفیت، ایمنی و رضایت تیم پروژه است. دستاورد سوم نیز مربوط به بررسی رابطه بین فاکتورهای ناب و اهمیت

2 Rework
3 Lean Construction
4 Quality Deviations
5 Nonconformances
6 Defects
7 Quality Failures

1 FTOPSIS (Fuzzy- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

جدول ۱. تعاریف دوباره‌کاری

Table 1. Definition of Rework

| سال | مرجع | تعاریف |
|------|------|--|
| ۱۹۹۲ | [۱۰] | فرآیندی است که در آن یک آیتم ساخته‌شده، بوسیله تکمیل و یا اصلاح، با نیازهای اصلی انطباق داده می‌شود. |
| ۱۹۹۵ | [۱۱] | انجام کارهایی بیش از یکبار بدلیل عدم انطباق با نیازها. |
| ۲۰۰۰ | [۱۲] | دوباره‌کاری می‌تواند ناشی از خطاها، حذفیات، خرابی‌ها و یا تغییر سفارشات باشد. |
| ۲۰۰۱ | [۱۳] | فعالیت‌هایی که باید بیش از یکبار انجام شوند و یا کاری که قبلاً در بخشی از پروژه نصب شده است را از بین می‌برند. |
| ۲۰۰۲ | [۳] | تلاش‌های غیرضروری برای دوباره انجام دادن یک فرآیند و یا فعالیتی که در دفعه اول اشتباه انجام شده‌اند. |
| ۲۰۰۳ | [۱۴] | کارهایی که بوسیله تغییرات محدوده و یا تغییر سفارشات از طرف کارفرما بوجود می‌آیند نباید به عنوان دوباره‌کاری در نظر گرفته شوند. |

ناکافی اولیه توسط پیمانکاران برای بهبود کیفیت [۵]. لازم به ذکر است که سایر دلایل موجود در این مقاله در جدول ۲ ذکر شده‌اند. از طرفی، Josephson و Hammarlund [۸] معتقدند که بخش بزرگی از هزینه‌های مربوط به شکست کیفیت، ناشی از مهارت‌های ضعیف مدیریت سایت است و سایر دلایل نیز شامل خطا در ساخت، مشخص نبودن مرزهای کاری، برنامه‌ریزی ساخت ناقص، نقص در هماهنگی و ارتباطات، و نیروی کاری ضعیف می‌باشند.

در نهایت، با بررسی پژوهش‌های مختلف انجام شده در حیطه دوباره‌کاری، دلایل ایجاد دوباره‌کاری در دو سطح به صورت جدول ۲ جمع‌آوری شدند.

در نهایت، با بررسی پژوهش‌های انجام شده در این حوزه و ادغام دلایل ذکر شده در تحقیقات گوناگون و همچنین نظرسنجی از افراد خبره، دلایل ایجاد دوباره‌کاری در این پژوهش، بصورت جدول ۵ جمع‌آوری و دسته‌بندی شد.

در جدول ۵، دلایل دوباره‌کاری بصورت ۷ دسته کلی تقسیم‌بندی شده‌اند؛ که شامل دلایل مربوط به (۱) فاز طراحی؛ (۲) فاز برنامه‌ریزی؛ (۳) فاز ساخت؛ (۴) کارفرما؛ (۵) ارتباطات و رهبری؛ (۶) تأمین مصالح و تجهیزات؛ و (۷) صلاحیت نیروی انسانی می‌باشد. این ۷ دسته، خود شامل ۲۹ عامل هستند. Love [۳] معتقد بود که برای کاهش هزینه‌های دوباره‌کاری و بهبود عملکرد پروژه‌ها، سازمان‌های حیطه

که در این پژوهش برای "دوباره‌کاری" مورد استفاده قرار می‌گیرد، عبارت است از:

"تلاش‌های غیر ضروری برای دوباره انجام دادن فرآیند یا فعالیتی که در دفعه اول با نیازها و الزامات انطباق نداشته و یا بدلیل عدم هماهنگی با سایر فعالیت‌ها باعث از بین رفتن برخی فعالیت‌های انجام شده و اجرای دوباره آنها، می‌شود."

از طرفی، برخی پژوهش‌ها نشان دادند که مشکلات دائمی در صنعت ساخت‌وساز، از جمله افزایش زمان، انحرافات کیفیت، افزایش هزینه و عملکرد ایمنی ضعیف، به دلایلی از قبیل نقص در ارتباطات بین شرکا، دعاوی غیر ضروری قراردادی، تکیه بر انتخاب‌های مبتنی بر مسائل مالی، عدم تمرکز رسمی بر نیازهای مشتری‌ها و تأمین‌کنندگان و عدم استفاده سریع و کارآمد از تکنولوژی‌های نوین رخ می‌دهند [۱۵]. که در نهایت، این موارد باعث ایجاد دوباره‌کاری و اتلاف زمان و منابع می‌شوند [۸، ۱۶]. Love et al. [۵] در پژوهشی که در سال ۲۰۱۰ در خصوص دوباره‌کاری در پروژه‌های زیرساختی استرالیا انجام دادند، حدود ۴۰ دلیل دوباره‌کاری را شناسایی کردند. بر اساس نتایج این پژوهش، ۵ عامل زیر به عنوان مهمترین دلایل شناخته شدند: (۱) استفاده ناکارآمد از تکنولوژی اطلاعات؛ (۲) کمبود مشارکت اثرگذار کارفرما در پروژه؛ (۳) کمبود تعریف واضح فرآیندهای کاری؛ (۴) تغییرات ایجاد شده بدلیل درخواست کارفرما؛ و (۵) تغییرات

جدول ۲. عوامل دوباره کاری در پژوهش‌های پیشین
Table 2. Causes of Rework in Previous Research

| مراجع | دلایل سطح دوم | دلایل سطح اول |
|------------------------|---|--------------------------|
| [۱۸، ۱۷، ۱۴، ۵] | ۱. تدوین و طراحی ضعیف اسناد و نقشه‌های مناقصه | طراحی مهندسی و تجدید نظر |
| [۲۱-۱۸، ۵] | ۲. متزوی بودن طراحان | |
| [۱۸، ۶، ۵] | ۳. هماهنگی ضعیف اعضای تیم طراحی | |
| [۱۸، ۱۴، ۶، ۵، ۲] | ۴. تغییر و یا تکمیل دیر هنگام طراحی | |
| [۱۶، ۱۴، ۸، ۶، ۵، ۲] | ۵. نواقص، خطاها و حذفیات در طراحی | |
| [۱۸، ۱۴، ۶، ۵] | ۶. مشکلات ساخت‌پذیری و اجرایی طراحی‌ها | |
| [۲۲، ۱۸، ۶-۴] | ۷. عدم استفاده یا استفاده ناکارآمد از تکنولوژی | |
| [۱۴] | ۸. تعویض دیر هنگام طراح | |
| [۱۴] | ۹. ورود دیر هنگام طراح | |
| [۱۴] | ۱۰. تغییر دیر هنگام پیمانکاران ساخت | |
| [۱۸، ۱۶، ۱۴، ۸، ۶، ۵] | ۱۱. واقعی نبودن برنامه زمان‌بندی | |
| [۲۳، ۱۸، ۶، ۵] | ۱۲. مشکلات ساختاری (دسترسی‌ها، تداخلات، شرایط پیش‌بینی نشده محل پروژه و...) | اجرا و ساخت |
| [۱۸، ۱۴، ۶] | ۱۳. ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص و بکارگیری منابع | |
| [۱۸، ۱۴، ۶، ۵، ۲] | ۱۴. تغییر دیر هنگام روش اجرا و ساخت | |
| [۱۸، ۱۶، ۸، ۶، ۵، ۲] | ۱۵. خطاها و حذفیات در ساخت | |
| [۲۴، ۶] | ۱۶. ارتباطات ضعیف اعضای تیم پیمانکار | |
| [۱۴] | ۱۷. عدم تعهد به اجرای دقیق نقشه‌ها و اسناد | |
| [۱۸، ۶، ۵] | ۱۸. شکست در محافظت و نگهداری از کار تکمیل شده (زیر مجموعه QA/QC) | |
| [۱۸] | ۱۹. کمبود تجربه و دانش کارفرما | |
| [۲۵، ۱۸، ۱۴، ۶-۴، ۲] | ۲۰. تغییرات دیر هنگام ایجاد شده توسط کارفرما (در تعاریف، سفارشات یا تغییر محدوده و الزامات) | |
| [۲۶، ۶] | ۲۱. تأخیر در تأمین مالی و پرداخت‌ها و یا تحویل دادنی‌های قرارداد | رهبری و ارتباطات |
| [۱۸، ۱۴، ۱۱، ۸، ۶-۴] | ۲۲. استفاده ناکارآمد از استانداردهای مدیریتی (زیر مجموعه مدیریت ناکارآمد و بی اثر پروژه) | |
| [۱۸، ۸، ۶، ۵] | ۲۳. مدیریت غیر شفاف و مبهم فرایندها (زیر مجموعه دستورالعمل‌های نامشخص) | |
| [۱۴] | ۲۴. دانش فنی ناقص و نظارت ضعیف | |
| [۱۸، ۱۶، ۱۴، ۱۱، ۸، ۶] | ۲۵. ارتباطات ضعیف بین طراح، پیمانکار، کارفرما و... | |
| [۱۴] | ۲۶. نقص تعهدات ایمنی | |
| [۱۴، ۸] | ۲۷. نقص تعهدات تضمین و کنترل کیفیت (QA-QC) | |
| [۱۸، ۵] | ۲۸. کمبود مشارکت مؤثر کارفرما در پروژه (زیر مجموعه ارتباطات ضعیف) | |
| [۲۴، ۱۴، ۶، ۲] | ۲۹. مشکلات در زنجیره تأمین (زیر مجموعه تحویل ناهنگام) | |
| [۱۴] | ۳۰. منطبق نبودن پیش‌سازی‌ها با مقررات یا نیازهای پروژه | |
| [۱۸، ۸، ۶، ۵] | ۳۱. استفاده از مصالح و تجهیزات ضعیف (زیر مجموعه عدم رعایت مشخصات فنی خصوصی پیمان) | |
| [۱۴] | ۳۲. در جای مناسب نبودن مصالح در زمان مورد نیاز | |
| [۲] | ۳۳. خطاهای حمل و نقل | صلاحیت نیروی انسانی |
| [۶] | ۳۴. جایگزینی مصالح/تجهیزات حین ساخت | |
| [۱۸، ۱۴، ۸، ۶، ۵] | ۳۵. دستورالعمل‌های نامشخص برای کارگران | |
| [۱۴] | ۳۶. اضافه کاری بیش از حد | |
| [۲۶، ۱۸، ۱۴، ۸، ۵] | ۳۷. سطح مهارت ناکافی | |
| [۱۸، ۵] | ۳۸. تخصیص دوباره نیروی کار به پروژه دیگر (زیر مجموعه QA/QC) | |

Womack و Jones [۲۸] در کتاب تفکر ناب به ۷ مورد پیش گفته اضافه شد. علاوه بر این، در این کتاب برای گذر از تولید انبوه به تولید ناب، اصولی پیشنهاد شده است تا ناب‌سازان در این مسیر دچار اشتباهات فرآیندی نشوند و همیشه کل محصول یا خدمات را مدنظر داشته باشند؛ اصل اول: تعیین دقیق ارزش هر محصول معین از دیدگاه مشتری؛ اصل دوم: ترسیم نقشه جریان ارزش؛ اصل سوم: ایجاد جریان آفریننده ارزش (حرکت بدون وقفه در این جریان ارزش)؛ اصل چهارم: امکان دادن به مشتری در زمان مناسب تا بتواند ارزش را از تولید کننده بیرون بکشد؛ و اصل پنجم: دنبال کردن کمال برای دستیابی به بهبود پیوسته [۲۸].

از طرفی، صنعت ساخت‌وساز دارای مشکلاتی از قبیل اتمام پروژه‌ها در هزینه و زمانی بیش از مقادیر قرارداد، کیفیت ضعیف، بهره‌وری کم و ایمنی ضعیف است، بطوری که بهره‌وری در صنعت ساخت‌وساز آمریکا طی سال‌ها ۱۹۶۴ تا ۲۰۰۴ میلادی، حدود ۱۰٪ کاهش یافته است، این در حالی است که بهره‌وری سایر صنایع در طی این سال‌ها حدوداً دو برابر شده است [۳۰]. در طی سال‌های اخیر راه‌حل‌های زیادی برای حل این مشکلات ارائه شده است. از طرفی، موفقیت اصول ناب در تولید باعث شد محققان در صنعت ساخت‌وساز نیز، با وجود تفاوت‌های موجود بین تولید و ساخت‌وساز، به تطبیق این اصول با ساخت‌وساز علاقه‌مند شوند. در این حیطه نیز چندین محقق از جمله Koskela و Ballard معتقد بودند که فقدان تئوری‌های پایه‌ای، مانع اصلی عدم پیشرفت در صنعت ساخت‌وساز است. Koskela در سال ۱۹۹۲ [۳۱] بیان کرد که سیستم تولید سنتی نیازمند تغییر، توسط مفهوم جدید ناب است و این موضوع می‌تواند در صنعت ساخت نیز به صورت کارآمد مورد استفاده قرار گیرد. در سال ۲۰۰۰ میلادی، Koskela [۳۲] به معرفی یک تئوری جدید در تولید بنام TFV پرداخت که حاصل یکپارچه کردن سه تئوری مختلف تبدیل^۹، جریان^{۱۰} و ایجاد ارزش^{۱۱} است، وی معتقد بود که یکپارچه کردن این سه تئوری باعث ایجاد راه‌حلی کلیدی برای حل مشکلات ساخت نیز می‌باشد [۳۲]. در نهایت نیز، در سال ۲۰۰۲، Koskela ساخت‌وساز ناب را به عنوان روشی برای طراحی سیستم تولید با هدف کاهش دادن اتلاف مواد، زمان و تلاش‌ها برای

ساخت‌وساز باید به دوباره‌کاری‌های رخ داده توجه کرده، دلایل رخداد آنها را شناسایی کنند و اثرگذاری دوباره‌کاری بر نتایج پروژه را اندازه‌گیری کنند و در نهایت از استراتژی‌های پیشگیرانه کارآمد در این حوزه استفاده نمایند. Hwang et al. [۲] نیز شناسایی اثرات و منابع ایجاد دوباره‌کاری را برای کاهش اثرات آن و بهبود عملکرد هزینه‌ای پروژه مفید دانسته و اذعان داشتند که برنامه مدیریت کیفیت پروژه باید با در نظر گرفتن این موارد و با هدف کاهش اثرات دوباره‌کاری ترسیم گردد.

از طرفی، استراتژی ویژه‌ای که در این مقاله برای کاهش اثرات منفی عوامل دوباره‌کاری مورد توجه و بررسی قرار می‌گیرد، اصول و تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب است. بنابراین، در ادامه به بررسی اصول تولید و ساخت‌وساز ناب به عنوان راهکاری برای جلوگیری از رخداد دوباره‌کاری پرداخته می‌شود.

۲-۲- تولید و ساخت‌وساز ناب

تولید ناب برای دستیابی به بیشترین خروجی با کمترین منابع، ظرفیت نیروی کاری را، با تکنیک‌های سازمانی ترکیب می‌کند [۲۷]. [۲۸]. به عبارت دیگر، هدف اصلی تولید ناب ایجاد بیشترین ارزش برای مشتری همراه با کاهش و یا حذف ضایعات می‌باشد. در فلسفه ناب، مواد که واژه‌ای ژاپنی است به معنای ضایعات^۱ بکار می‌رود و عبارت است از هر فعالیتی که منابع را مصرف می‌کند ولی هیچ ارزشی ایجاد نمی‌کند. از طرفی، در رویکرد جریان، ۸ نوع مواد شناسایی شده است. تائی چی اوهنو [۲۹] در کتاب سیستم تولید توپوتا این موارد را شامل: (۱) اشتباهاتی که باید اصلاح شوند؛ (۲) تولید چیزهایی که کسی خواهان آنها نیست؛ (۳) کالاها و موجودی‌هایی که فروش نرفته و انبار می‌شوند؛ (۴) مراحل از پردازش محصول که ضروری نمی‌باشند؛ (۵) حرکات اضافی نیروی انسانی در محل کار؛ (۶) حمل و نقل اضافی کالا از یک نقطه به نقطه دیگر؛ (۷) توقف و انتظار کارکنان در پایین دست جریان برای انجام کاری در بالادست جریان؛ (۸) از دست رفتن پتانسیل کارکنان نیز بعدها توسط

- 1 Waste
- 2 Rework
- 3 Overproduction
- 4 Inventory
- 5 Overprocessing
- 6 Motion
- 7 Transportation
- 8 Waiting

9 Transformation
10 Flow
11 Value generation

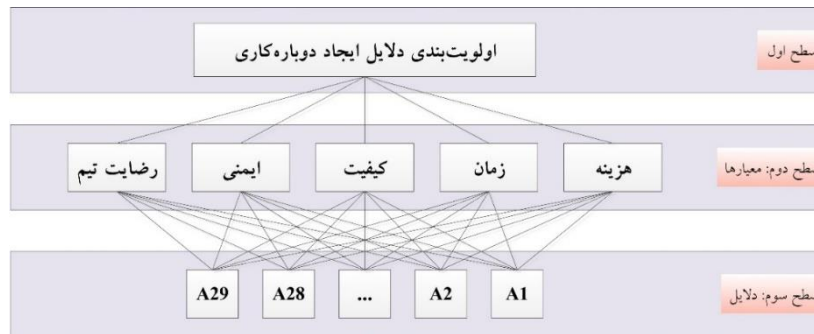
عدم ساخت‌پذیری^۳؛ (۳) مدیریت ضعیف مواد و مصالح؛ (۴) ضایعات مواد و مصالح؛ (۵) کارهای بی‌حاصل و غیرمولد^۴، و (۶) کمبود ایمنی [۳۲]. از طرفی، بیشینه کردن ارزش و کاهش ضایعات در سطح پروژه زمانیکه ساختار قراردادی مانع هماهنگی و خلاقیت اعضای تیم پروژه شود، کاری بسیار دشوار است. بنابراین، انتخاب صحیح روش تدارکات می‌تواند به غلبه کردن بر بسیاری از مشکلات ساخت‌وساز کمک کند. در ساخت‌وساز ناب، سیستم تحویل پروژه^۵ ناب^۵ بدین منظور طراحی شده است. هدف LPDS ایجاد یک تیم باتجربه و بااستعداد در مراحل اولیه پروژه است که توسط اصولی از جمله: همکاری، اعتماد، ارتباط، شفافیت، تصمیم‌سازی و استفاده از بهترین تکنولوژی در دسترس برای دستیابی به موفقیت بهینه پروژه، هدایت می‌شود [۴۶]. IPD نیز مانند LPDS یک ساختار قراردادی است که قواعد ناب را بکارگرفته و روشی جدید برای ارتباطات در یک پروژه را معرفی می‌کند. بطور کلی، IPD توسط یک قرارداد چند جانبه ارتباطی^۶ پشتیبانی شده و بجای ارتباط عمودی موجود در روش‌های سنتی، ارتباطی افقی را بین شرکای پروژه فراهم می‌کند، که این امر موجب می‌شود که ذینفعان پروژه اطلاعات و دانش خود را سریع‌تر و آسان‌تر به یکدیگر منتقل کنند [۴۷]. از طرفی، برخی مزایای IPD عبارتند از نیروی کاری بین شرکا سهیم می‌شوند در نتیجه نیاز به نیروی کار کمتری وجود خواهد داشت؛ راه‌حل‌ها و ایده‌ها بدون نگرانی از رقابت‌ها، در زمان و هزینه‌ی کمتری ارائه می‌شوند؛ بدلیل انعطاف موجود در IPD و یکپارچه بودن تیم طراحی با سایر اعضا، تغییرات و در نتیجه، تصمیمات بزرگ آسان‌تر انجام می‌شوند؛ بدلیل وجود ارتباط راحت و وسیع بین ذینفعان کلیدی پروژه، ایرادات راحت‌تر شناسایی و رفع شده و در نتیجه بهبود در سیستم سریع‌تر و کم‌هزینه‌تر خواهد بود؛ و وظایف و هزینه‌های ایمنی تنها به عهده‌ی پیمانکاران نمی‌باشد، در نتیجه سایر اعضای کلیدی خود را در قبال عملکرد ایمنی مسئول دانسته و ایمنی پروژه ارتقا خواهد یافت [۴۵]. علاوه بر این، معمولاً ضایعات در صنعت ساخت ناشی از طراحی غلط، برنامه‌ریزی و تدارکات ضعیف، مدیریت ناکارآمد مصالح و تغییرات غیرمنتظره در طراحی می‌باشد. در حالی که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان^۷ می‌تواند این ضایعات را از طریق شناسایی و جلوگیری از خطاها در طراحی، و تغییرات

ایجاد بیشترین ارزش ممکن تعریف می‌کند [۳۳]. مؤسسه صنعت ساخت^۱، ساخت‌وساز ناب را بصورت فرآیندی پیوسته با هدف حذف ضایعات، دستیابی به تمامی نیازها و درخواست‌های مشتری، متمرکز بر جریان داخلی و دنباله رو کمال در پروژه‌های ساخت‌وساز تعریف می‌کند [۳۴]. از طرف دیگر، مؤسسه ساخت ناب^۲، ساخت‌وساز ناب را به عنوان رویکرد مدیریتی تولید محور برای تحویل پروژه تعریف می‌کند که می‌تواند برای پروژه‌های پیچیده، دارای عدم قطعیت و همچنین دارای محدودیت زمانی، مفید واقع شود [۳۵]. علاوه بر این، ساخت‌وساز ناب اهدافی را جهت بهبود نتایج پروژه دنبال می‌کند، از قبیل (۱) تشویق کار تیمی و ارتباطات آزاد؛ (۲) ایجاد بهبود پیوسته؛ (۳) بهبود قابلیت اعتماد عملکرد؛ (۴) رسیدن به صفر-حادثه و آسیب؛ و (۵) نداشتن دوباره کاری در کارگاه [۳۶]. همان‌طور که مشاهده می‌شود، جلوگیری از دوباره کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز نیز همانند تولید ناب مورد توجه است و یکی از اهداف اصلی ساخت‌وساز ناب می‌باشد. علاوه بر این، پژوهش‌های مختلفی در خصوص اثرگذاری تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب بر نتایج پروژه انجام شده است. پژوهش انجام شده در امریکا توسط Salem et al. [۳۷] نشان می‌دهد پروژه‌ای که تکنیک‌های ساخت ناب را پیاده‌سازی کرده، تحت بودجه مورد نظر و ۳ هفته زودتر از برنامه، تکمیل شده است. علاوه بر این، رضایت پیمانکاران جزء نیز بدلیل ارتباطات با پیمانکاران اصلی به شدت افزایش داشته است. پژوهش Nahmens et al. [۳۸] نیز نشان داد که بعد از بکار بردن تکنیک‌های ناب، رضایت شغلی در پروژه‌های انبوه‌سازی، ۱۱٪ افزایش داشته است. بنابراین، پژوهش‌های متنوعی که در زمینه ساخت‌وساز ناب در کشورهای مختلف انجام شده، نشان می‌دهند که کاربرد موفقیت‌آمیز قواعد ناب در پروژه‌های ساخت‌وساز می‌تواند ساختار هزینه‌ای [۳۷]، بهره‌وری [۳۹]، زمان تحویل پروژه [۴۰]، قابلیت اعتماد برنامه و نقشه [۴۱، ۴۲]، کیفیت [۴۳]، ارتباطات بین شرکا [۳۷، ۴۴، ۴۵] و رضایت شغلی [۳۸] را بهبود بخشد.

بر اساس پژوهش‌های موجود، علاوه بر هشت مورد گفته شده تحت عنوان مودا در تولید، در ساخت‌وساز ناب نیز برخی موارد به آن هشت مورد اطلاق اضافه می‌شوند؛ این موارد عبارتند از: (۱) کیفیت ضعیف؛ (۲)

3 Lack of Constructability
4 Nonproductive Work
5 Lean Project Delivery System (LPDS)
6 Multi-party relational agreement
7 Building information modelling (BIM)

1 Construction Industry Institute (CII)
2 Lean Construction Institute (LCI)



شکل ۱. ساختار سلسله مراتبی اولویت‌بندی دلایل دوباره‌کاری در تحلیل F-TOPSIS
 Fig. 1. Hierarchical Structure for Causes of Rework in Fuzzy TOPSIS Analysis

شامل اطلاعات فردی پاسخ‌دهنده از قبیل سابقه کار، تحصیلات و سمت فرد در پروژه انتخابی است. بخش دوم شامل کاراکترهای پروژه از جمله شهر و حیطه کاری پروژه است. بخش سوم شامل دلایل ایجاد دوباره‌کاری است. این بخش با روش F-TOPSIS تحلیل شده است. بنابراین، دلایل توسط مقیاس پنج نقطه‌ای (اهمیت خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد) و بر اساس پنج معیار هزینه، زمان، کیفیت، ایمنی، و رضایت اعضای تیم پروژه رتبه‌بندی شده‌اند (شکل ۱). مراحل روش فازی-تاپسیس بصورت خلاصه عبارت است از: (۱) تشکیل ماتریس تصمیم با اعداد فازی؛ (۲) تعیین ماتریس وزن معیارها؛ (۳) بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم فازی؛ (۴) تعیین ماتریس تصمیم فازی وزن دار؛ (۵) یافتن حل ایده‌آل فازی^۳ و حل ضد ایده‌آل فازی^۴؛ (۶) محاسبه فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل فازی؛ (۷) محاسبه شاخص شباهت؛ و (۸) رتبه‌بندی گزینه‌ها [۵۰].

در نهایت، بخش چهارم شامل برخی تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب، با هدف تعیین نمره ناب پروژه مورد نظر می‌باشد. لازم به ذکر است با توجه به نو ظهور بودن ساخت‌وساز ناب در ایران، و کمبود اطلاعات مربوط به پروژه‌هایی که با تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب اجرا شده‌اند، بجای پرسش در مورد ناب‌سازی، برخی فاکتورهای اصلی ساخت‌وساز ناب مورد سؤال قرار گرفته و نهایتاً عددی تحت عنوان نمره ناب به هر پروژه اختصاص داده می‌شود، که نشان‌دهنده میزان نزدیکی روش‌های مدیریتی پروژه و روش‌های مدیریت سازمانی مربوط به پروژه انتخابی به روش‌های ساخت‌وساز ناب است. این فاکتورها از پژوهش Hassan [۳۶] و تحت عنوان سیستم رتبه‌دهی پروژه ناب^۵

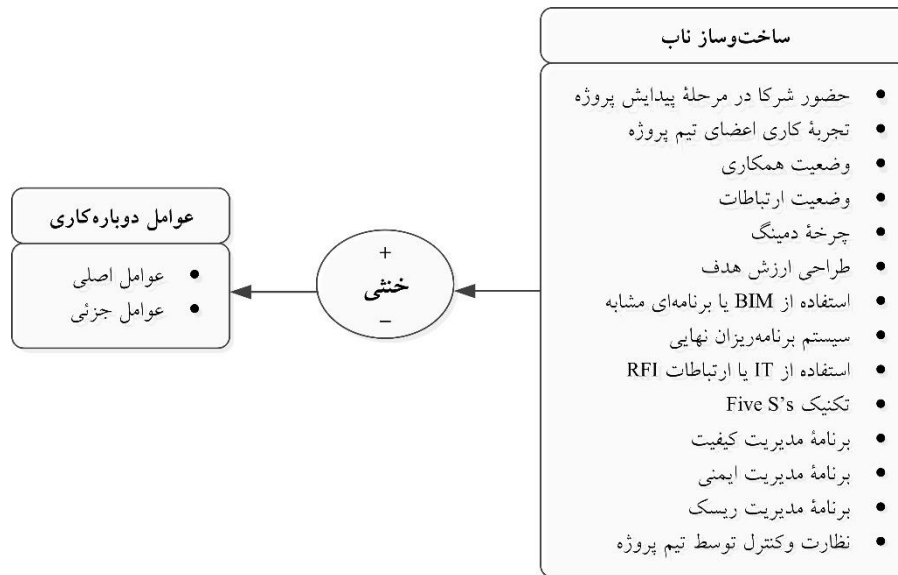
و دوباره‌کاری‌ها، بصورت اثربخشی مدیریت کند [۴۸]. بنابراین، در روش‌های ساخت‌وساز ناب، کاهش دوباره‌کاری مورد توجه مدیران می‌باشد [۴۹].

۳- روش‌شناسی پژوهش

در این مقاله از روش پیمایشی برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده شده است. پیمایش از طریق پرسشنامه و بصورت مطالعه موردی چندگانه^۱ انجام شده است. بدین صورت که از پاسخ‌دهندگان خواسته شده که برای پاسخ دادن به سؤالات پرسش‌نامه، یکی از پروژه‌های ساخت‌وساز خاتمه‌یافته که تاکنون در آن مشارکت داشته‌اند و اطلاعات کلی آن را به یاد دارند انتخاب کرده و سؤالات را بر اساس تجارب آن پروژه پاسخ دهند، در نتیجه هر پرسشنامه تکمیل شده حاوی اطلاعات مربوط به یک مورد^۲ می‌باشد. این روش به این دلیل انتخاب شده است که اولاً برای تحلیل‌ها نیاز است که مشخصات پروژه همراه با دلایل دوباره‌کاری مورد مقایسه قرار گیرند و ثانیاً به دلیل نبود داده ثبت شده در این حوزه، استفاده از اطلاعات یک پروژه نسبت به اطلاعات کلی که در ذهن افراد وجود دارد دقیق‌تر است. بنابراین، پس از تعیین مسئله و اهداف پژوهش، برای ایجاد ابزار پژوهش که همان پرسشنامه می‌باشد، مطالعات پیشین مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به هدف پژوهش با کمک پرسشنامه‌های موجود در زمینه تحقیق و نظرسنجی از افراد خبره، پرسشنامه اولیه طراحی گردید که شامل چهار بخش بصورت (۱) اطلاعات فردی؛ (۲) اطلاعات پروژه؛ (۳) دلایل دوباره‌کاری؛ و (۴) ساخت‌وساز ناب می‌باشد. بخش اول

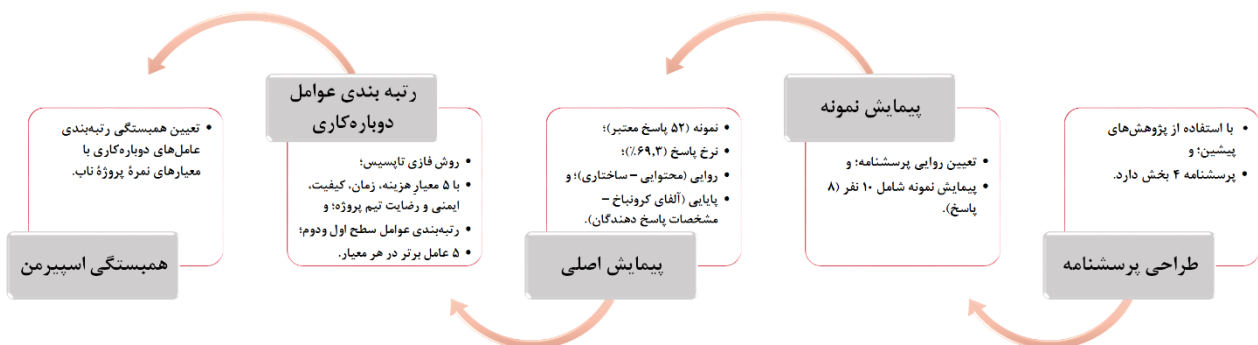
3 Fuzzy Positive Ideal Solution (FPIS)
 4 Fuzzy Negative Ideal Solution (FNIS)
 5 Lean Project Rating System (LPRS)

1 Multi case study
 2 Case



شکل ۲. مدل تحلیلی رابطه تکنیک‌های ساخت و ساز ناب با دلایل

Fig. 2. Analytical Model for the Relationship between Lean Construction Techniques and Causes of Rework



شکل ۳. روند کلی پژوهش

Fig. 3. Research Process

از پاسخ‌دهنده خواسته شد تا فرد یا افراد مناسبی را جهت پر کردن پرسشنامه‌ها معرفی کند. از طرفی، عوامل مختلفی از جمله، هدف پژوهش، روش پژوهش و روش‌های آماری، امکانات مالی و زمانی، حجم جامعه، شیوه کنترل متغیرهای ناخواسته، و میزان روایی و پایایی ابزار اندازه‌گیری متغیرهای وابسته، بر حجم نمونه اثر گذار هستند [۵۲]. بطور معمول، نمونه‌ای کمتر از ۳۰ پاسخ‌دهنده آن قدر اطمینان کمی ایجاد می‌کند که نمی‌تواند عملی باشد. شکل ۴ سطح اعتماد بالاتر و پایین‌تر از ۹۵٪ را برای نمونه‌ها نشان می‌دهد. بنابراین احتمال ۹۵ درصد وجود دارد که میانگین جمعیت واقعی در محدوده ۲۲٪ میانگین نمونه برای نمونه‌ای از ۵۰ پاسخ‌دهنده قرار گیرد [۵۳]. بنابراین، در این پژوهش تعداد کل پاسخ‌های معتبر جمع‌آوری

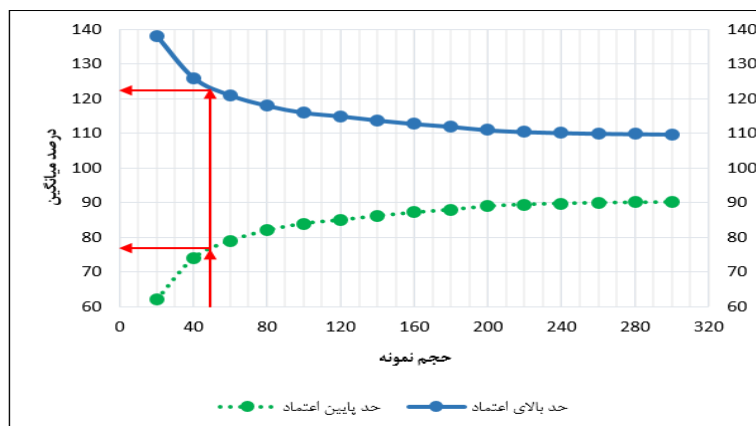
استخراج شده‌اند و شامل تکنیک‌های ارائه شده در قالب مدلی تحلیلی ارائه شده در شکل ۲ می‌باشند.

شکل گرافیکی روند کلی پژوهش در شکل ۳ ارائه شده است.

۳-۱- نمونه‌گیری، روایی و پایایی ابزار پژوهش

در این پژوهش، نمونه‌گیری با روش گلوله برفی^۱ صورت گرفت. این روش در مواقعی بکار می‌رود که شناختی از کل جامعه آماری وجود ندارد و یا جامعه در محل خاصی استقرار ندارد و اطلاعات کمی از آن در دسترس است [۵۱]. بدین ترتیب که در ابتدا افرادی متناسب با موضوع پژوهش، شناسایی شده و سپس در هر پرسشنامه

1 Snow balling



شکل ۴. حجم نمونه و فاصله‌های اعتماد (بر گرفته از [53])

Fig. 4. Sample Size

روایی ساختاری پژوهش (این نوع روایی امکان پذیر بودن تحلیل عاملی را توسط داده‌های مورد نظر نشان می‌دهد)، از آزمون بارتلت^۳ و شاخص کفایت نمونه‌گیری KMO^۴ و ضرایب اشتراکی استخراج^۵ استفاده می‌شود. بدین صورت که اگر سطح معناداری در آزمون بارتلت کمتر از ۰/۰۵ باشد، و KMO نیز بیشتر از ۰/۵ باشد، اندازه نمونه کافی و تحلیل عاملی امکان‌پذیر می‌باشد [۵۴]؛ نتایج تحلیل‌ها، نشان داد که سطح معناداری تقریباً برابر صفر و در نتیجه کمتر از ۰/۰۵ است و شاخص KMO نیز برابر ۰/۵۰۴ می‌باشد. علاوه بر این، کمترین ضریب اشتراکی استخراج، معادل ۰/۵۸ می‌باشد که بیشتر از ۰/۳ است و در نتیجه، روایی ابزار مورد تأیید است [۵۴]. لازم به ذکر است، برای اجرای محاسبات آماری مورد نیاز در این پژوهش از نرم افزار SPSS22 استفاده شده است.

برای محاسبه پایایی پژوهش نیز از روش آلفای کرونباخ استفاده شده است. بدین دلیل که برای اندازه‌گیری رتبه اهمیت هر دلیل (هر دلیل به عنوان خرده آزمون پرسشنامه می‌باشند) از ۵ متغیر (هزینه، زمان، کیفیت، ایمنی و رضایت اعضای تیم پروژه) و یا به عبارت دیگر ۵ سؤال استفاده شده است، پایایی نیز به کمک این خرده آزمون‌ها محاسبه شده است. بنابراین، برای تعیین پایایی آزمون از این سؤالات استفاده شده است. نتایج تحلیل‌ها نشان داد که کمترین مقدار آلفای کرونباخ ۰/۷۵۱ می‌باشد که بزرگتر از مقدار مجاز یعنی ۰/۷ است و پایایی پژوهش مورد تأیید است [۵۵]. علاوه بر این،

شده معادل ۵۲ عدد می‌باشد و همان‌طور که گفته شد، می‌توان گفت با احتمال ۰/۹۵، میانگین نمونه در فاصله حدود ۲۰ درصدی میانگین جامعه می‌باشد.

برای بررسی روایی پرسشنامه دو موضوع اهمیت دارد؛ اول اینکه چارچوب کلی پرسشنامه بر اساس مطالعات پیشین در زمینه دوباره‌کاری تدوین شده است؛ دوم اینکه برای بررسی اعتبار کلی پرسشنامه از پیمایش نمونه^۱ استفاده شده است، به این صورت که پرسشنامه اولیه بین ۱۰ نفر (شامل اساتید دانشگاه و افراد آگاه و باتجربه نسبت به پژوهش‌های پرسشنامه‌ای و مباحث مربوط به پروژه‌های ساخت‌وساز و همچنین افراد حرفه‌ای شاغل در صنعت ساخت‌وساز) توزیع شد که از این تعداد ۸ پرسشنامه پاسخ داده شد. ساختار پرسشنامه توسط این افراد مورد بررسی قرار گرفت، که در نهایت منجر به تغییراتی جزئی در ظاهر پرسشنامه و یا تغییر برخی اصطلاحات شد و چارچوب اصلی پرسشنامه بصورت اساسی تغییر نکرد. در مرحله پیمایش اصلی نیز ۶۵ پرسشنامه توزیع شد که ۴۹ پرسشنامه پاسخ داده شده و از این تعداد نیز ۴۴ پاسخ معتبر و قابل استفاده در تحلیل داده‌ها بودند. با توجه به اینکه پرسشنامه در مرحله پایلوت تغییر اساسی نداشته و داده‌های گردآوری شده در این مرحله قابل استفاده بودند، این تعداد به پاسخ‌های پیمایش اصلی اضافه شده و در نهایت ۵۲ پاسخ معتبر^۲ در اختیار قرار گرفت. بنابراین، نرخ پاسخ معادل ۶۹٫۳٪ است و به عنوان نرخ پاسخ تلفیقی در پیمایش‌های اجرا شده در صنعت بسیار خوب می‌باشد [۵۳]. از طرفی برای بررسی

3 Bartlett test
4 Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy
5 Extraction

1 Pilot survey
2 Valid

جدول ۳. مشخصات نمونه

Table 3. Sample Information

| درصد فراوانی | جزئیات | مشخصات نمونه |
|--------------|--------------------------|------------------|
| 13.5% | کمتر از ۵ سال | سابقه کاری |
| 23.1% | ۵ تا ۱۰ سال | |
| 36.5% | ۱۰ تا ۲۰ سال | |
| 25.0% | ۲۰ تا ۳۰ سال | |
| 1.9% | بیشتر از ۳۰ سال | |
| 25.0% | کارفرما | سمت فرد در پروژه |
| 15.4% | طراح | |
| 17.3% | پیمانکار اصلی | |
| 7.7% | پیمانکار جزء | |
| 3.8% | ناظر | |
| 30.8% | مدیر پروژه/سرپرست کارگاه | |

| درصد فراوانی | جزئیات | مشخصات نمونه |
|--------------|----------------|--------------|
| 1.9% | آذربایجان غربی | محل پروژه |
| 1.9% | فارس | |
| 1.9% | کرمانشاه | |
| 5.8% | خراسان جنوبی | |
| 78.8% | خراسان رضوی | |
| 1.9% | خوزستان | |
| 1.9% | مازندران | تحصیلات |
| 5.8% | تهران | |
| 28.8% | کارشناسی | |
| 61.5% | کارشناسی ارشد | |
| 9.6% | دکتر | |

۶۵٪ از پاسخ‌دهندگان سابقه کاری بالای ۱۰ سال دارند و این موضوع نشان می‌دهد که پاسخ‌دهندگان تجارب کافی را دارا می‌باشند. علاوه بر این، افراد با سابقه کاری بین ۱۰ تا ۲۰ دارای بیشترین فراوانی هستند که این موضوع نیز در رابطه با قابلیت اعتماد داده‌ها دارای اهمیت به نظر می‌رسد، چرا که این دسته علاوه بر اینکه تجربه لازم برای تشخیص دلایل و اثرات دوباره‌کاری را دارند، دارای انگیزه بیشتری نیز برای تغییر شرایط می‌باشند، در صورتی که به نظر می‌رسد افرادی با سابقه کاری بسیار بالا این معضل را پذیرفته و تلاش برای بهبود شرایط را مؤثر ندانند.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- رتبه‌بندی عوامل اصلی ایجاد دوباره‌کاری

بسیاری از پژوهشگران معتقدند قبل از اینکه بتوان استراتژی‌های پیشگیرانه مناسبی ارائه کرد باید فاکتورهای بنیادین ایجاد کننده دوباره‌کاری شناسایی و اولویت‌بندی شوند [۲، ۵]. بنابراین، در این پژوهش نیز ابتدا عوامل دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران شناسایی و اولویت‌بندی شده‌اند و سپس، اصول ساخت‌وساز ناب به عنوان استراتژی پیشگیرانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای اولویت‌بندی عوامل دوباره‌کاری، از روش F-TOPSIS استفاده شده

قابلیت اعتماد داده‌ها^۱ وابسته به منبع داده‌ها و بررسی تجارب کاری و موقعیت‌های شغلی افرادی است که به پرسشنامه‌ها پاسخ می‌دهند [۵۶]؛ بنابراین، برای دستیابی به داده‌های قابل اعتماد و در نتیجه، ارائه نتایج قابل اعتماد، آگاهی، تجربه و دانش افراد نسبت به موضوع دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز بسیار حائز اهمیت است. لذا ضروری است که علاوه بر سابقه کاری قابل قبول، پاسخ‌دهندگان در سمتی مشغول به کار باشند که آگاهی بیشتری نسبت به مسائل دوباره‌کاری داشته باشند. در این خصوص لازم به ذکر است که کارفرمایان، پیمانکاران اصلی و مدیران پروژه دیدگاهی کلی‌تر نسبت به سایر اعضای تیم پروژه از جمله پیمانکاران جزء (بر اجرای حیطه خاص مربوط به خود متمرکزند)، ناظران (بیشتر به جزئیات نقشه‌ها و دقت در پیاده‌سازی آنها متمرکزند) و طراحان (توجه اصلی آنها مربوط به فازهای اولیه و طراحی پروژه است) دارند. در نتیجه، انتظار می‌رود کارفرمایان، پیمانکاران اصلی و مدیران پروژه شناخت بیشتری نسبت به دوباره‌کاری در پروژه‌ها داشته باشند و بر اساس جدول ۳ این سه گروه شامل ۷۳٪ از پاسخ‌دهندگان هستند که درصد قابل قبولی می‌باشد.

از طرفی، همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، حدود

1 Data Reliability

جدول ۴. میانگین رتبه عوامل اصلی (به ترتیب اولویت)

Table 4. Average Rank of Main Causes (in order of priority)

| رتبه | دلایل |
|------|------------------------------------|
| ۱ | کارفرما یا مشتری (B4) |
| ۲ | اجرا و ساخت (B3) |
| ۳ | طراحی مهندسی و تجدید نظر (B1) |
| ۴ | رهبری و ارتباطات (B5) |
| ۵ | برنامه‌ریزی و زمان‌بندی ساخت (B2) |
| ۶ | صلاحیت نیروی انسانی (B7) |
| ۷ | تدارک و تأمین تجهیزات و مصالح (B6) |

باشند، برنامه حاصله از ضمانت اجرایی بالاتری برخوردار خواهد بود [۵۷]. از طرفی، با توجه به اصل سوم در فلسفه تولید ناب، بنگاه ناب باید تلاش کند تا ارزش به حرکت درآید. بدین منظور باید تمامی زنجیره تولید پروژه شفاف بوده و اعضای تیم پروژه بتوانند نظرات اصلاحی خود را در رابطه با اصلاح زنجیره تأمین و حذف ضایعات در سرتاسر زنجیره تأمین، ارائه دهند. در این صورت است که می‌توان انتظار داشت دوباره‌کاری‌های مربوط به گردش مالی و تخصیص منابع را هم بتوان شناسایی کرده و مودای نوع دوم را بلافاصله حذف نمود. عامل دوم، مربوط به تغییرات دیر هنگام ایجاد شده توسط کارفرماست. در برخی پروژه‌ها، کارفرما بدلیل کمبود دانش و تجربه در حیطه پروژه، و مستقل از شناخت پروژه، بدلیل خواسته‌های شخصی اقدام به اعمال تغییرات دیر هنگام در پروژه می‌کند. در صورتی که، اگر کارفرما در فازهای اولیه پروژه و قبل از شروع فاز ساخت، در پروژه مشارکت فعال داشته باشد و فاز صفر پروژه نیز، دربردارنده آگاهی‌های لازم و گزینه‌های مورد علاقه کارفرما باشد، می‌توان نیازهای اساسی کارفرما را دقیق‌تر و زودتر شناسایی کرد. در مورد دخالت‌های سختگیرانه کارفرما نیز، به خصوص در پروژه‌های دولتی که استفاده کننده نهایی پروژه عموم مردم هستند، می‌توان بندهای خاصی در قرارداد لحاظ کرد که از اظهار نظرهای شخصی بدون انجام بررسی‌های هزینه-فایده جلوگیری شود. از طرفی، برخی تغییرات دیر هنگام کارفرما، مربوط به درک متفاوت کارفرما و طراح نسبت به پروژه و عدم دستیابی به ادبیاتی واحد می‌باشد. بطوری که پس از پیاده‌سازی بخشی از پروژه که کارفرما می‌تواند پروژه را بصورت ملموس تر مشاهده کند، این درک متفاوت، آشکار می‌شود و ناچاراً

است. بدین ترتیب عوامل اصلی و جزئی ایجاد دوباره‌کاری به ترتیب اولویت‌شان و بر مبنای معیارهای هزینه، زمان، کیفیت، ایمنی و رضایت تیم پروژه، به ترتیب در جداول ۴ تا ۶ ارائه شده‌اند. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، بر اساس نتایج این پژوهش، عامل کارفرما به عنوان مهمترین دلیل ایجاد دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز قرار گرفته است. عوامل مربوط به فاز اجرا و فاز طراحی به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار می‌گیرند.

۴-۲- رتبه‌بندی عوامل جزئی ایجاد دوباره‌کاری

نتایج رتبه‌بندی عامل‌های جزئی نیز در جدول ۵ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهند که در عامل‌های جزئی، "ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص و بکارگیری منابع"، "تغییرات دیر هنگام ایجاد شده توسط کارفرما"، "تأخیر در تأمین مالی و پرداخت‌ها و یا تحویل دادنی‌های قرارداد"، "سطح مهارت ناکافی" و "مدیریت ناکارآمد" عواملی هستند که رتبه‌های ۱ تا ۵ را به خود اختصاص داده‌اند. بر این اساس، مهمترین عامل، ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص منابع است که زیر مجموعه عامل اصلی برنامه‌ریزی و زمان‌بندی ساخت می‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد که در اغلب پروژه‌های ایران، مدیریت منابع و برنامه‌ریزی مالی دچار ضعف بوده و نمی‌توان تخصیص و تسطیح منابع را بصورت بهینه و مطابق با نیازها و الزمات پروژه پیاده‌سازی نمود. با وجود اهمیت برنامه‌ریزی تخصیص منابع، در اغلب پروژه‌های ایران به بهانه انجام کارها توسط پیمانکار، اثر منابع در نظر گرفته نمی‌شود و به برنامه زمان‌بندی اکتفا می‌شود. در حالیکه، اگر پیمانکاران مجبور به ارائه برنامه‌ریزی تخصیص منابع

جدول ۵. عوامل دوباره کاری مورد بررسی در پروژه‌های ساخت و ساز این مقاله به همراه میانگین رتبه هر عامل

Table 5. Average Rank of Rework Causes in Construction Projects

| رتبه | دلایل سطح دوم | نام متغیر | دلایل سطح اول | رتبه | دلایل سطح دوم | نام متغیر | دلایل سطح اول |
|------|---|-----------|------------------------------------|---|--|-----------|-----------------------------------|
| ۲ | تغییرات دیر هنگام کارفرما (در تعاریف، سفارشات یا تغییر محدوده یا الزامات) | A16 | کارفرما یا مشتری (B4) | ۱۰ | تدوین و طراحی ضعیف اسناد و نقشه‌های مناقصه | A1 | طراحی مهندسی و تجدید نظر (B1) |
| ۳ | تأخیر در تأمین مالی و پرداخت‌ها و یا تحویل دادنی‌های قرارداد | A17 | | ۶ | تغییر دیر هنگام در طراحی | A2 | |
| ۵ | مدیریت ناکارآمد و بی اثر تیم پروژه | A18 | ۱۳ | نواقص، خطاها و حذفیات در طراحی | A3 | | |
| ۸ | دانش فنی ناقص و نظارت ضعیف | A19 | ۱۵ | مشکلات ساخت‌پذیری و اجرایی طراحی‌ها | A4 | | |
| ۲۱ | ارتباطات ضعیف بین طراح، پیمانکار، کارفرما و... | A20 | ۲۰ | عدم استفاده یا استفاده ناکارآمد از تکنولوژی | A5 | | |
| ۲۵ | نقص تعهدات ایمنی | A21 | ارتباطات (B5) | ۲۶ | تعویض دیر هنگام طراح | A6 | برنامه‌ریزی و زمان‌بندی ساخت (B2) |
| ۲۴ | نقص تعهدات تضمین و کنترل کیفیت (QA-QC) | A22 | | ۲۷ | ورود دیر هنگام طراح | A7 | |
| ۱۶ | تحویل نابهنگام | A23 | تدارک و تأمین تجهیزات و مصالح (B6) | ۱۸ | تغییر دیر هنگام پیمانکاران ساخت | A8 | |
| ۲۸ | منطبق نبودن پیش‌سازی و ساخت با مقررات یا نیازهای پروژه | A24 | | ۱۴ | واقعی نبودن برنامه زمان‌بندی | A9 | |
| ۲۲ | عدم رعایت مشخصات فنی خصوصی پیمان | A25 | | ۱۲ | مشکلات ساختاری (دسترسی‌ها، تداخلات، شرایط پیش‌بینی نشده محل) | A10 | |
| ۲۳ | در جای مناسب نبودن مصالح در زمان مورد نیاز | A26 | صلاحیت نیروی انسانی (B7) | ۱ | ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص و بکارگیری منابع | A11 | اجرا و ساخت (B3) |
| ۱۷ | دستورالعمل‌های نامشخص برای کارگران | A27 | | ۷ | تغییر دیر هنگام روش اجرا و ساخت | A12 | |
| ۲۹ | اضافه کاری بیش از حد | A28 | | ۱۹ | خطاها و حذفیات در ساخت | A13 | |
| ۴ | سطح مهارت ناکافی | A29 | ۹ | عدم تعهد به اجرای دقیق نقشه‌ها و اسناد | A14 | | |
| | | | | ۱۱ | کمبود تجربه و دانش کارفرما | A15 | کارفرما یا مشتری (B4) |

اساسی در جهت کاهش دوباره کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران انتخاب صحیح و متناسب تیم پروژه و مدیریت نیروی انسانی می‌باشد. عوامل بعدی مربوط به مشکلات ساختاری و زنجیره تأمین پروژه است. این موضوع نشان می‌دهد که قبل از شروع پروژه باید یکسری زیرساخت‌ها و اقدامات اولیه جهت برنامه‌ریزی سایت و نیازهای آتی پروژه و زنجیره تأمین صورت گیرد تا بتوان ریسک‌ها را شناسایی کرده و در زمان مناسب پاسخ مناسب برای آن ریسک‌ها را اتخاذ کرد.

بطور کلی، جداول ۴ و ۵ نشان می‌دهند با وجود تفاوت‌های موجود در روش‌های تأمین مالی و مسائل اجرایی و غیر اجرایی پروژه‌های ایران، باز هم رتبه‌بندی "عوامل اصلی" مشابه پژوهش‌های انجام شده در این زمینه است [۲]. اما در "عوامل جزئی"، تفاوت اصلی اهمیت دلایل دوباره کاری در ایران نسبت به سایر کشورها، دلایل مربوط به مسائل مالی است. همان‌طور که نتایج پژوهش نشان می‌دهند، این عوامل به عنوان مهمترین عوامل جزئی ایجاد دوباره کاری در ایران شناسایی شده‌اند.

۴-۲- رتبه‌بندی عوامل جزئی ایجاد دوباره کاری بر اساس هر معیار
 نتیجه دیگر این پژوهش مربوط به رتبه‌بندی "عوامل جزئی" در معیارهای مختلف است. بنابراین، مهمترین پنج عامل بر اساس هر معیار در جدول ۶ ارائه شده است. به عنوان مثال، عامل تغییرات دیر هنگام ایجاد شده توسط کارفرما، بیشترین اثرات هزینه‌ای را نسبت به سایر عوامل دوباره کاری دارد. از طرفی، ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص و بکارگیری منابع و تأخیر در تأمین مالی و پرداخت‌ها و یا تحویل دادنی‌های قرارداد، بر اساس معیارهای هزینه، زمان و رضایت تیم پروژه دارای رتبه‌های بالا می‌باشند و این موضوع نشان می‌دهد که اگر استراتژی اثرگذاری برای رفع دوباره کاری‌های ناشی از مسائل مالی اتخاذ گردد، می‌توان بسیاری از مسائلی که دوباره کاری در حیطه هزینه، زمان و رضایت تیم پروژه ایجاد می‌کند را کاهش داد. تغییرات دیر هنگام ایجاد شده توسط کارفرما و تغییرات دیر هنگام در طراحی دلایل با اهمیت دیگر، در معیارهای هزینه و زمان می‌باشند. از طرفی، دوباره کاری‌های ناشی از سطح مهارت ناکافی، عدم تعهد به اجرای دقیق نقشه‌ها و اسناد، نقص تعهدات تضمین و کنترل کیفیت، ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص و بکارگیری منابع، دانش فنی ناقص و نظارت ضعیف بیشترین اثر را در کیفیت پروژه دارند. بنابراین،

منجر به دوباره کاری می‌شود. در صورتی که، با استفاده از گفتگوهای مستمر طراح، کارفرما و پیمانکار در فازهای ابتدایی، و استفاده از ابزار سه بعدی و چند بعدی از جمله BIM، علاوه بر اینکه این اختلافات شناختی نسبت به پروژه رفع می‌شود، خطاهای فنی طراحی نیز آشکار می‌شود. علاوه بر این، برخی از تغییرات دیر هنگام کارفرما به خصوص در پروژه‌های دولتی و خصوصی-دولتی، مربوط به عوامل سیاسی-اجتماعی می‌باشد که در دسته موداهای نوع اول قرار گرفته و با ساختار فعلی تا حدودی اجتناب ناپذیر جلوه می‌کنند. با این حال، می‌توان از طریق آموزش، مدیران پروژه را توجیه کرد، تا حد امکان اثرات اینگونه ریسک‌ها را کاهش داد، و پروژه را از عوامل سیاسی-اجتماعی دور نگه داشت.

عامل سوم، تأخیر در تأمین مالی و تحویل دادنی‌های قرارداد است. اهمیت این عامل بدلیل وجود ریسک‌های تأمین مالی در پروژه‌های دولتی ایران قابل انتظار است. با این وجود، از طریق استفاده از روش‌های قراردادی نوین به خصوص روش IPD و LPDS، و روش‌های تأمین مالی مشارکت بخش خصوصی و دولتی، می‌توان اثرات این نوع ریسک‌ها را کنترل نمود. دلیل دیگر تأخیر در تأمین مالی، برنامه‌ریزی ضعیف و عدم وجود الزامات قراردادی محدود کننده می‌باشد.

با توجه به مطالب پیش گفته، برای کنترل و پیشگیری از عوامل اولویت‌دار دوباره کاری در پروژه‌های ایران، باید مواردی از قبیل توجه به برنامه مدیریت منابع و تخصیص و تسطیح آنها، برنامه‌ریزی مالی منطقی و بهینه، توجه یکپارچه به زنجیره تأمین، مشارکت اثرگذار کارفرما، طراح و پیمانکار از فازهای ابتدایی پروژه، استفاده از بندهای قراردادی متناسب با منفعت پروژه، استفاده از تکنیک‌هایی مانند BIM، آگاهی بخشی شرکا و مستندسازی از پروژه و استفاده از مستندات پروژه‌های قبلی، استفاده از روش‌های تدارکاتی نوین مانند IPD، و روش تأمین مالی خصوصی-دولتی، را مورد توجه قرار داد.

عوامل چهارم تا دهم بیشتر مربوط به مهارت فنی تیم و صلاحیت منابع انسانی می‌باشد. در صورتی که، اعضای تیم پروژه به درستی انتخاب نشوند و مهارت و تخصص کافی و متناسب با نیازهای پروژه نداشته باشند، طراحی ضعیف و یا تغییرات در روش‌های طراحی یا روش‌های اجرای پروژه و یا مدیریت ضعیف پروژه و حتی عدم تعهد به الزامات قراردادی بسیار محتمل خواهد بود. بنابراین، یکی از گام‌های

جدول ۶. مهمترین عامل‌های ایجاد دوباره‌کاری بر اساس هر معیار

Table 6. The Most Important Causes of Rework based on Cost, Time, Quality, Safety and Team satisfaction

| رتبه | بر اساس معیار هزینه | بر اساس معیار زمان | بر اساس معیار کیفیت | بر اساس معیار ایمنی | معیار رضایت تیم پروژه |
|------|--|--|--|------------------------------------|--|
| ۱ | تغییرات دیر هنگام ایجاد شده توسط کارفرما | ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص و بکارگیری منابع | سطح مهارت ناکافی | سطح مهارت ناکافی | ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص و بکارگیری منابع |
| ۲ | ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص و بکارگیری منابع | تأخیر در تأمین مالی و یا تحویل دادنی‌های قرارداد | عدم تعهد به اجرای دقیق نقشه‌ها و اسناد | نقص تعهدات ایمنی | تأخیر در تأمین مالی و یا تحویل دادنی‌های قرارداد |
| ۳ | تأخیر در تأمین مالی و یا تحویل دادنی‌های قرارداد | تغییرات دیر هنگام ایجاد شده توسط کارفرما | نقص تعهدات تضمین و کنترل کیفیت (QA-QC) | دانش فنی ناقص و نظارت ضعیف | تغییرات دیر هنگام ایجاد شده توسط کارفرما |
| ۴ | تغییر دیر هنگام در طراحی | واقعی نبودن برنامه زمان‌بندی | ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص و بکارگیری منابع | مدیریت ناکارآمد و بی اثر تیم پروژه | مدیریت ناکارآمد و بی اثر تیم پروژه |
| ۵ | تغییر دیر هنگام در اجرا و ساخت | تغییر دیر هنگام در طراحی | دانش فنی ناقص و نظارت ضعیف | دستورالعمل‌های نامشخص برای کارگران | تغییر دیر هنگام در اجرا و ساخت |

۴-۳- وابستگی اهمیت عوامل دوباره‌کاری و معیارهای ساخت و ساز ناب

جدول ۷ نتایج بررسی همبستگی اهمیت عوامل دوباره‌کاری و فاکتورهایی که در نمره ناب مورد بررسی قرار گرفته است را نشان می‌دهد.

در ابتدای این بخش لازم به ذکر است، همان‌طور که در بخش ۳ گفته شد، در این پژوهش از پاسخ‌دهندگان خواسته شد که برای پاسخ دادن به سؤالات پرسش‌نامه، یکی از پروژه‌های ساخت‌وساز خاتمه‌یافته که تا کنون در آن مشارکت داشته‌اند و اطلاعات کلی آن را به یاد دارند انتخاب کرده و سؤالات را بر اساس تجارب آن پروژه پاسخ دهند. در نتیجه، هر پرسشنامه تکمیل شده حاوی اطلاعات مربوط به یک کیس و پروژه است نه اطلاعات کلی پاسخ‌دهندگان. علاوه بر این، تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب در ایران نوظهور هستند و نمی‌توان آنها را بصورت جامع و یکپارچه مورد بررسی قرار داد؛ و افراد شاغل در صنعت ساخت‌وساز ایران نیز با فلسفه ساخت‌وساز ناب آشنایی کامل و کاربردی نداشته و این موضوع سنجش عملکرد ساخت‌وساز ناب

برای دستیابی به کیفیت قابل قبول در پروژه، علاوه بر لزوم وجود دانش فنی و طراحی صحیح، باید منابع مورد نیاز تأمین شود و مهارت نیروی کاری نیز متناسب با وظایف کاری باشد؛ علاوه بر این، استفاده از تضمین و کنترل کیفیت نیز در این خصوص الزامی است. از طرفی، بر اساس نتایج پژوهش Love و همکاران [۵۸]، پیش‌زمینه خطاهای ایجاد کننده دوباره‌کاری و حوادث بسیار مشابه‌اند. این موارد شامل مسائلی از قبیل رفتار پر خطر، دانش، مهارت و ارتباطات افراد، استراتژی‌ها و ساختار سازمانی و فشارهای برنامه زمان‌بندی و تأمین منابع پروژه است. همچنین جدول ۶ نشان می‌دهد که عوامل ایجاد دوباره‌کاری که بیشترین اثر را بر ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران دارند، شامل سطح مهارت ناکافی، نقص تعهدات ایمنی، دانش فنی ناقص و نظارت ضعیف، مدیریت ناکارآمد و بی اثر تیم پروژه، و دستورالعمل‌های نامشخص برای کارگران می‌باشند. از طرفی، در معیارهای کیفیت و ایمنی عامل‌های سطح مهارت ناکافی و دانش فنی ناقص و نظارت ضعیف مشترک هستند. بنابراین، برای دستیابی به کیفیت بیشتر و محیطی ایمن‌تر باید بیشتر به این عوامل توجه کرد.

جدول ۷. نتایج همبستگی Spearman (Sig. (tailed-2))

Table 7. Spearman Correlation Results

| تکنیک‌های ناب | طراحی | زمان بندی | اجرا و ساخت | کارفرما | رهبری و ارتباطات | تجهیزات و مصالح | صلاحیت نیروی انسانی |
|---------------------------|--------------|--------------|-------------|---------|------------------|-----------------|---------------------|
| حضور شرکا در مرحله پیدایش | 0.973 | 0.088 | 0.654 | 0.324 | 0.551 | 0.698 | 0.307 |
| تجربه تیم پروژه | 0.753 | 0.086 | 0.181 | 0.175 | 0.003 | 0.07 | 0.281 |
| همکاری | 0.053 | 0.047 | 0.858 | 0.5 | 0.034 | 0.023 | 0.052 |
| ارتباطات | 0.027 | 0.234 | 0.519 | 0.542 | 0.105 | 0.515 | 0.936 |
| چرخه دمینگ | 0.218 | 0.284 | 0.12 | 0.141 | 0.151 | 0.838 | 0.221 |
| TVD | 0.98 | 0.327 | 0.881 | 0.98 | 0.698 | 0.599 | 0.452 |
| BIM | 0.435 | 0.113 | 0.452 | 0.391 | 0.825 | 0.115 | 0.583 |
| LPS | 0.534 | 0.989 | 0.353 | 0.131 | 0.926 | 0.643 | 0.989 |
| RFI-IT | 0.374 | 0.747 | 0.876 | 0.843 | 0.484 | 0.046 | 0.245 |
| 5 S's | 0.766 | 0.174 | 0.430 | 0.182 | 0.747 | 0.152 | 0.971 |

مربوط به همین فاز، دوباره‌کاری‌های مربوط به سایر عوامل از جمله کارفرما (مخصوصاً تغییر سفارشات) را کاهش داده و در نتیجه باعث افزایش اهمیت خطاهای موجود در فاز طراحی و دوباره‌کاری‌های ناشی از آن می‌شود. از طرفی، نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان^۱ باعث کاهش قابل توجه خطاهای انسانی در فاز طراحی می‌شود [۶۰]. در حالی که بر اساس نتایج این پژوهش، استفاده از BIM اثرگذاری قابل توجهی بر اهمیت عامل طراحی ندارد؛ با این وجود می‌تواند در اثرات دوباره‌کاری بر نتایج پروژه اثرگذار باشد. علاوه بر این، نتایج نشان می‌دهند با بهبود وضعیت همکاری در پروژه، اهمیت برنامه‌ریزی و زمان‌بندی افزایش می‌یابد. چرا که با وجود همکاری قوی در پروژه می‌توان ظرفیت‌های برنامه‌ریزی را افزایش داده و اثرگذاری تکنیک‌های مدیریتی روش LPDS، که مبتنی بر همکاری قوی بین تیم‌های مختلف پروژه و تشکیل تیم‌های بین‌رشته‌ای و چند تخصصی می‌باشد [۴۴]، را بهبود داد. از طرفی، با افزایش تجربه تیم پروژه و بهبود وضعیت همکاری در پروژه، اهمیت عوامل مربوط به رهبری و ارتباطات کاهش می‌یابد. چرا

را دشوار می‌کند. بنابراین، با توجه به دو موضوع فوق‌الذکر، می‌توان گفت نتایج ارائه شده در این پژوهش در خصوص رابطه دوباره‌کاری با تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب، نشان‌دهنده وضعیت فعلی پروژه‌های ساخت‌وساز ایران است. بدین صورت که چون از تکنیک‌هایی مثل "چرخه دمینگ، TVD، RFI، 5S، LPS" در حال حاضر استفاده نمی‌شود، بدیهی است که نتایج نیز عدم وابستگی این تکنیک‌ها را با عوامل دوباره‌کاری نشان می‌دهند. با این وجود، در ادامه تحلیل‌های ناشی از این نتایج ارائه شده و در انتهای این بخش نیز، با استفاده از نظرات خبرگان، این نتایج بررسی خواهد شد.

همان‌طور که جدول ۷ نشان می‌دهد، اهمیت عامل طراحی مهندسی با وضعیت ارتباطات پروژه رابطه دارد. از آنجا که بیش از ۷۰٪ از مشکلات یا دوباره‌کاری‌های پروژه مربوط به فاز طراحی هستند [۵۹]، افزایش ارتباطات در پروژه این امکان را فراهم می‌آورد تا شرکای پروژه (از جمله طراح، پیمانکار و کارفرما) در فاز طراحی با یکدیگر تعامل داشته باشند و در نتیجه، از رخداد بسیاری از مسائل در فازهای بعدی پروژه جلوگیری شود. بنابراین، وجود ارتباطات قوی در پروژه، می‌تواند از طریق فاز طراحی، علاوه بر کاهش دوباره‌کاری‌های

1 Building Information Modelling (BIM)

که با افزایش تجربه شرکای پروژه و بهبود وضعیت همکاری در پروژه، مسائلی از قبیل مدیریت نا کارآمد، نظارت و ارتباطات ضعیف، نقص تعهدات ایمنی و کیفی نیز کاهش یافته و در نهایت منجر به کاهش فرکانس رخداد دوباره کاری بدلیل عامل رهبری و ارتباطات می‌شود. علاوه بر این، اهمیت عامل تأمین تجهیزات و مصالح نیز با وضعیت همکاری و استفاده از IT و RFI رابطه معناداری دارد.

عدم وجود ارتباط معنادار اهمیت عامل‌های کارفرما، فاز اجرا و نیروی انسانی با فاکتورهای ارتباطات و همکاری بدین معناست که با بهبود این دو فاکتور اهمیت آیتم‌های مربوط به این سه عامل بصورت معناداری تغییر نمی‌کند. به عنوان مثال، اهمیت عامل‌های جزئی مربوط به کارفرما (شامل "کمبود تجربه و دانش کارفرما"، "تغییرات دیرنگام کارفرما" و "تأخیر در تأمین مالی و پرداخت‌ها و یا تحویل دادنی‌های قرارداد")، وابسته به تکنیک‌های ارائه شده در شکل ۲ نیست و برای حل این مشکلات باید راه‌های دیگری را جست. ضمن اینکه بر اساس پژوهش‌های انجام شده، استفاده از روش‌های قراردادی مرتبط با ناب مثل IPD و LPDS، بدلیل ایجاد تیم یکپارچه و با هدف واحد، در مراحل اولیه پروژه، می‌تواند بسیاری از مشکلات ناشی از عدم هماهنگی شرکای پروژه را رفع کند. اما با توجه به اینکه در پروژه‌های مورد بررسی در این پژوهش، هیچ یک دارای روش قراردادی IPD نبودند، نمی‌توان بصورت تجربی این موضوع را بررسی کرد. چرا که همان‌طور که گفته شد یکی از دلایل استفاده از سیستم نمره‌دهی ناب در این پژوهش، عدم شناخت کافی دست اندرکاران پروژه‌های ساختمانی نسبت به روش‌های ناب و در نتیجه عدم بکارگیری این تکنیک‌ها می‌باشد. بنابراین، این پژوهش سعی داشته است با بررسی غیر مستقیم تکنیک‌های ناب به بررسی اثرگذاری این تکنیک‌ها و ظرفیت بالقوه موجود در پروژه‌ها برای پیاده‌سازی این تکنیک‌ها بپردازد.

بطور کلی نتایج تحقیق نشان می‌دهند که رابطه معناداری بین نمره کلی عوامل دوباره کاری و نمره ناب کلی پروژه، که شامل ۱۴ آیتم ارائه شده در شکل ۲ است، وجود ندارد. با این حال، برخی از این آیتم‌ها از جمله وضعیت ارتباطات و همکاری، استفاده از IT و RFI، دارای رابطه معناداری با اهمیت عوامل دوباره کاری می‌باشند و می‌توان انتظار داشت با کمک این تکنیک‌ها بتوان دوباره کاری را مدیریت کرده و اثرات منفی رخداد دوباره کاری در پروژه‌ها را به حداقل رساند.

برای اعتبارسنجی نتایج ارائه شده در جدول ۷، از نظرات ۴ خبره در زمینه ساخت‌وساز با میانگین تجربه کاری ۱۰ سال و آشنا با فلسفه و تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب استفاده شده است. بر اساس نظرات خبرگان نیز عدم وابستگی اکثر تکنیک‌های ناب با عوامل دوباره کاری، نشان‌دهنده عدم کاربرد آنها در پروژه‌های مورد بررسی می‌باشد؛ چرا که با توجه به توانایی‌های بالقوه این تکنیک‌ها انتظار می‌رود بتوان در خصوص بهبود وضعیت دوباره کاری در پروژه‌ها، از آنها بهره برد. به عنوان مثال، با استفاده از چرخه دمینگ و سیستم برنامه‌ریزان نهایی^۱ می‌توان با ارائه برنامه بر اساس وضعیت کنونی، ایجاد جریان کششی، تقویت همکاری بین تیم‌های پروژه، استفاده از تجارب و درس‌آموخته‌ها و ایجاد تداوم جریان کار و کاهش تغییرات در پروژه (که از اهداف اصلی LPS هستند)، برای بهبود برنامه‌ریزی و سنجش عملکرد پروژه برای دستیابی به کمال، مثر ثمر واقع شده و از بسیاری از دوباره‌کاری‌های ناشی از برنامه‌ریزی، اجرا و تأمین تجهیزات و مصالح جلوگیری کرد. علاوه بر این، حضور شرکا در مرحله پیدایش پروژه و استفاده از تکنیک طراحی ارزش هدف^۲ (این تکنیک طراحان و پیمانکاران را از ابتدای طراحی گرد هم می‌آورد تا ارزش مورد نیاز مشتری را متناسب با هزینه او ایجاد کنند. بنابراین، فرآیند پروژه شروع نمی‌شود مگر توافقی بین شرکای پروژه در خصوص منطقی بودن درخواست‌های کارفرما صورت گیرد؛ به عبارت دیگر، TVD یک تخمین با جزئیات را طراحی می‌کند، بجای اینکه یک طراحی با جزئیات را تخمین بزند)، می‌تواند بسیاری از دوباره‌کاری‌های ناشی از تغییرات کارفرما و یا تأمین مالی و برنامه‌ریزی تخصیص منابع را کاهش دهد. از طرفی، انتظار می‌رود استفاده از BIM نیز بر دوباره‌کاری‌های ناشی از خطاها و تغییرات در طراحی، مشکلات برنامه‌ریزی، و تغییرات دیرنگام کارفرما (که ناشی از عدم درک مشترک شرکا از پروژه است)، اثرگذار باشد. در خصوص تکنیک 5S's نیز می‌توان گفت نتایج استفاده از این تکنیک شامل مواردی از قبیل بهبود ایمنی، بهره‌وری، کیفیت، و نظافت، و بالا رفتن روحیه کارکنان، تقویت کارگروهی و بهبود مستمر می‌باشد. علاوه بر این، استفاده از این تکنیک به مشخص شدن محل کالاها و تجهیزات و افزایش قابلیت دسترسی به آنها کمک می‌کند و باعث

1 Last Planner System

2 Target Value Design (TVD)

پژوهشی دیگر، Love و Edwards [۴] نیز نشان دادند که ارتباطات کارفرما و تیم طراحی و مشارکت اثرگذار کارفرما در فرآیند طراحی می‌تواند دوباره‌کاری‌های مرتبط با طراحی را بصورت قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. بنابراین، دلایل مربوط کارفرما و هماهنگی‌های اولیه بین کارفرما و تیم طراحی از مهمترین عامل‌های ایجاد دوباره‌کاری در اغلب پژوهش‌های انجام شده می‌باشد. نتایج پژوهش حاضر نیز، نشان می‌دهد که عامل‌های کارفرما، فاز اجرا و فاز طراحی دارای رتبه‌های ۱ تا ۳ در رده‌بندی اهمیت عامل‌های اصلی دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران می‌باشند (جدول ۴).

بصورت کلی، مدیریت صحیح ارتباطات در فازهای اولیه پروژه و در نتیجه، ورود زودهنگام اعضای تیم پروژه، مشارکت فعال کارفرما، و شفاف‌سازی ارزش از دیدگاه کارفرما و مشتری نهایی، استفاده از تکنولوژی‌های کارآمد در فاز طراحی از جمله BIM، برای مشخص شدن عدم انطباق‌های پروژه و رفع خطاها، و در نظر گرفتن ریسک‌های قراردادی و تأمین مالی می‌تواند نقش بسزایی در کاهش دوباره‌کاری داشته باشد؛ که این موضوع‌ها در اصول ساخت‌وساز ناب و روش LPDS بسیار مورد توجه است. این در حالی است که اهمیت ارتباطات در ایجاد دوباره‌کاری بر اساس نتایج پژوهش حاضر، رتبه ۴ را داراست. با این وجود، اثرات ضعف در ارتباطات، می‌تواند بصورت تغییرات دیر هنگام طراحی و تغییرات دیر هنگام ایجاد شده توسط کارفرما نمود پیدا کند.

در خصوص عامل‌های جزئی نیز (جدول ۵)، در بین عامل‌های مربوط به کارفرما، تغییرات دیر هنگام کارفرما (مربوط به کمبود مشارکت کارفرما در فازهای مختلف)، تأخیر در تأمین مالی و کمبود دانش و تجربه کارفرما، به ترتیب مهمترین عامل‌های ایجاد دوباره‌کاری هستند. بر اساس نتایج پژوهش Love و Smith [۱۸] نیز، این سه عامل مهمترین موارد می‌باشند، با این تفاوت که دانش و تجربه کارفرما اهمیت بیشتری نسبت به سایر عوامل دارد. بر اساس پژوهش Hwang et al. [۲]، خطاها و تغییرات طراحی و تغییرات کارفرما نسبت به خطاها و تغییرات تأمین‌کنندگان و پیمانکاران اهمیت بیشتری در افزایش هزینه‌های ناشی از دوباره‌کاری دارند. نتایج پژوهش حاضر (جدول ۵) نیز تأیید کننده این موضوع در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران می‌باشد؛ بصورتی که، تغییر و خطاهای طراحی به ترتیب حائز رتبه‌های ۶ و ۱۳ و تغییرات کارفرما دارای رتبه

کاهش ضایعات مانند زمان جستجو می‌شود [۳۷]؛ بنابراین، از طریق پیاده‌سازی آن می‌توان از دوباره‌کاری‌های مربوط به تأمین مصالح و تجهیزات جلوگیری کرده و در زمان نیز صرفه‌جویی نمود. از طرفی، بر اساس نظر خبرگان، فارغ از تکنیک‌هایی که گفته شد و بصورت اختصاصی مربوط به ناب هستند، در خصوص دوباره‌کاری‌های ناشی از عامل طراحی (همان‌طور که جدول ۷ نشان می‌دهد)، ارتباطات قوی و مؤثر توانایی کاهش اثرات این نوع دوباره‌کاری‌ها را دارد. در مورد دوباره‌کاری‌های مربوط به رهبری و ارتباطات نیز میزان تجربه تیم و همکاری اثرگذار آنها، در واقع موجب کاهش اثرات منفی این نوع دوباره‌کاری‌ها می‌شوند.

بنابراین، با توجه به اینکه نتایج ارائه شده در جدول ۷ نشان‌دهنده وضعیت موجود تکنیک‌های ناب در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران می‌باشد (و در حال حاضر نیز این تکنیک‌ها شناخته شده نمی‌باشند)، نمی‌تواند بصورت کلی بیانگر توانایی این تکنیک‌های در بهبود وضعیت دوباره‌کاری باشد. با این وجود، نتایج این پژوهش حائز اهمیت هستند، چرا که اولاً از طریق اولویت‌بندی عوامل دوباره‌کاری می‌توان استراتژی پیشگیرانه مناسبی در پروژه‌ها اتخاذ کرد و در نتیجه، اثرات منفی دوباره‌کاری در پروژه‌ها را که بصورت میانگین باعث ۱۲٪ افزایش هزینه و ۲۰٪ افزایش زمان پروژه‌ها می‌شود [۳]، کاهش داد. دوماً این پژوهش از طریق بررسی ساخت‌وساز ناب، تکنیک‌های جدیدی برای مدیریت و پیاده‌سازی پروژه‌ها، پیشنهاد می‌کند؛ که علاوه بر توان بالقوه کاهش دوباره‌کاری می‌توان از سایر مزیت‌های این روش، از جمله کاهش تمامی ضایعات، و ایجاد بیشترین ارزش ممکن برای مشتری و حرکت بسوی کمال، بهره برد.

۴-۴- اعتبار سنجی نتایج

در پژوهشی که توسط Hwang et al. [۲] انجام شد، عوامل مربوط به کارفرما و فاز طراحی، به عنوان مهمترین دلایل ایجاد دوباره‌کاری شناسایی شدند. علاوه بر این، Mendelsohn [۵۹] ادعان دارد که حدود ۷۵٪ از دوباره‌کاری‌ها در فاز طراحی رخ می‌دهند. Thyssen و همکاران [۶۱] نیز معتقدند که نقش کارفرما در نتایج و موفقیت پروژه بدین جهت بسیار حائز اهمیت است که باید ارزش^۱ از نگاه کارفرما، در فازهای اولیه پروژه، شناسایی شود. در

1 Value

این در حالی است که بر اساس جدول ۵، عدم استفاده یا استفاده ناکارآمد از تکنولوژی عامل بیستم است و این موضوع نشان‌دهنده تفاوت معناداری در اولویت استفاده از تکنولوژی در ایران با استرالیا می‌باشد و تکنولوژی از نظر افراد درگیر در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران هنوز جایگاه ویژه خود را نیافته و در نتیجه، انتظار چندانی از آن جهت کمک به بهبود شرایط پروژه‌ها وجود ندارد.

نتایج آزمون Spearman (جدول ۷) نیز نشان داد که در پروژه‌های مورد بررسی در این پژوهش، برخی اصول و تکنیک‌های ناب از قبیل تقویت ارتباطات و همکاری، استفاده از BIM، IT و ارتباطات RFI و تجربه تیم پروژه، می‌توانند بر اهمیت دلایل دوباره‌کاری اثرگذار باشند. همان‌طور که در بخش ۲-۲- گفته شد، ساخت‌وساز ناب بر پایه تئوری TFV شکل گرفته است و هدف اصلی بخش مربوط به جریان در این تئوری، تمرکز بر حذف ضایعات از قبیل دوباره‌کاری است [۳۲]. علاوه بر این، تحقیقات مختلفی نشان می‌دهند که BIM دارای فوایدی از قبیل شناسایی برخوردها^۱، پیگیری پیشرفت ساخت، یکپارچگی طراحی‌ها و داده‌ها و پیاده‌سازی ساخت‌وساز ناب از طریق بهبود همکاری تیم پروژه می‌باشد [۶۴]. از طرفی، سیستم تحویل پروژه ناب که بر ارتباطات، همکاری‌ها، تجربه تیم پروژه و طراحی ارزش هدف تأکید دارد، دارای حساسیت بیشتری برای دستیابی به الزامات مشتری و بهبود ساخت‌پذیری طراحی‌های می‌باشد و مشارکت زود هنگام اعضای کلیدی پروژه را نیز فراهم می‌کند [۶۵]. همان‌طور که در جدول ۲ ارائه شد، این موضوعات از جمله مواردی هستند که در صورتی که در پروژه مورد توجه قرار نگیرند می‌توانند باعث ایجاد دوباره‌کاری شوند. بنابراین، بر اساس پژوهش‌های گذشته هم می‌توان انتظار داشت پیاده‌سازی BIM و استفاده از روش LPDS و در نتیجه توجه به همکاری، ارتباطات، تجربه و شناسایی الزامات مشتری می‌تواند مانع رخدادن دوباره‌کاری شود.

۵- نتیجه‌گیری

این پژوهش، عوامل ایجاد دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران را شناسایی و رتبه‌بندی کرده و سپس اثرگذاری فاکتورهای ساخت‌وساز ناب را بر این عوامل بررسی می‌کند. نتایج تحلیل داده‌های مربوط به ۵۲ پروژه ساخت‌وساز در ایران نشان می‌دهند که بر اساس

۲ می‌باشند. در حالی که، خطاهای ساخت و تحویل نابهنگام به ترتیب حائز رتبه‌های ۱۹ و ۱۶ هستند. از طرفی، بر اساس جدول ۵، عامل سطح مهارت ناکافی، دارای رتبه چهار در پروژه‌های ایران می‌باشد؛ در حالی که در پژوهش‌های انجام شده در سایر کشورها این عامل دارای اهمیت چندانی نیست [۵]. این موضوع نشان‌دهنده اهمیت انتخاب‌های مبتنی بر توانایی‌ها و تخصص افراد در پروژه‌های ایران می‌باشد.

بطور کلی، در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران مسائل مالی، عدم قطعیت‌ها و ریسک‌ها در تأمین مالی پروژه‌ها از مهمترین عوامل ایجاد کننده دوباره‌کاری هستند. این موضوع بدلیل ماهیت تأمین مالی پروژه‌های دولتی و بصورت کلی کشور رخ می‌دهد؛ که با توجه به نوسانات عامل‌های اقتصادی، عدم قطعیت در برنامه‌ریزی‌های پروژه افزایش می‌یابد. بنابراین، این عامل در پروژه‌های ایران نسبت به سایر کشورهای دارای اهمیت بیشتری است. عامل مهم دیگر، دخالت‌های دیرهنگام کارفرما و در نتیجه تغییرات دیرهنگام ایجاد شده در پروژه است. این عامل در بسیاری از پژوهش‌های انجام شده در حیطه دوباره‌کاری در نقاط مختلف جهان جزء مهمترین عامل‌های ایجاد دوباره‌کاری می‌باشد. مطالعه‌ای که روی ۳۸۱ پروژه در سنگاپور انجام شده است، نشان می‌دهد که کارفرما بیشترین اثر را در ایجاد دوباره‌کاری دارد و ۸۰/۴٪ از شرکت‌های مورد مطالعه در این پژوهش دوباره‌کاری مربوط به کارفرما را تجربه کرده‌اند، و در نهایت باعث افزایش هزینه‌های پروژه به میزان ۷۰/۱٪ از ارزش قرارداد و ۳/۳ هفته تأخیر در پروژه‌ها شده‌اند [۶۲]. Sidwell [۶۳] معتقد است که بررسی اثرات مثبت دخالت کارفرما در پروژه، بوسیله قدرت دادن به کارفرما در فرآیند طراحی، می‌تواند تغییر سفارشات در فازهای بعدی پروژه را بشدت کاهش دهد. لازم به ذکر است که یکی از اصول روش قراردادی و تحویل پروژه LPDS در سیستم ناب، وارد کردن اعضای تیم پروژه در فاز اولیه پروژه و ایجاد تعامل اثربخش و کارآمد بین شرکای پروژه است؛ که مهمترین نتیجه آن می‌تواند مشارکت کارفرما و پیمانکاران در فازهای اولیه و در نتیجه کاهش مسائلی از قبیل تغییر سفارشات و تغییر روش ساخت در فازهای بعدی پروژه باشد. از طرفی، تغییرات ایجاد شده توسط کارفرما در کنار استفاده ناکافی از IT توسط تیم طراحی، به عنوان مهمترین عامل‌های ایجاد دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز استرالیا شناسایی شده‌اند [۴].

بتوان این موضوع را با دقت بیشتری بررسی نمود. بنابراین، این پژوهش با وجود دستیابی به اهداف، محدودیت‌هایی نیز دارد. نتایج بر اساس پروژه‌های ساخت‌وساز ایران است و ممکن است در سایر کشورها و بخصوص کشورهای که در حوزه ساخت‌وساز ناب پیشرو هستند تفاوت‌هایی وجود داشته باشد. چرا که، این تکنیک در ایران نوظهور است و نمی‌توان آن را بصورت جامع و یکپارچه مورد بررسی قرار داد. علاوه بر این، افراد شاغل در صنعت ساخت‌وساز ایران با فلسفه ساخت‌وساز ناب آشنایی کامل و کاربردی نداشته و این موضوع سنجش عملکرد ساخت‌وساز ناب را دشوار می‌کند. با این وجود، در این مقاله مطالعه گسترده‌ای در خصوص عوامل دوباره‌کاری انجام شده که باعث شناخت ریشه‌ای دوباره‌کاری در صنعت ساخت ایران می‌شود و این موضوع همراه با ارائه تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب، می‌تواند هم برای پژوهشگران و هم افراد حرفه‌ای مثمر ثمر واقع شود. برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود اثرات فاکتورهای ناب بر هزینه و زمان دوباره‌کاری و همچنین اثرگذاری مشخصات پروژه بر رخداد دوباره‌کاری مورد بررسی قرار گیرد، تا بتوان تمامی عوامل اثرگذار بر ایجاد دوباره‌کاری در پروژه‌ها را مدنظر قرار داد. علاوه بر این، پیشنهاد می‌شود اثرات پیاده‌سازی تکنیک‌های ناب و روش‌های تحویل پروژه ناب مثل روش LPDS و IPD بر رخداد و اثرات دوباره‌کاری بر پروژه‌ها، بصورت تجربی و در پروژه‌هایی که این تکنیک‌ها بصورت تخصصی اجرا می‌شوند، مورد ارزیابی قرار گیرند.

مراجع

- [1] H. Abdul-Rahman, The Cost of Non-Conformance During a Highway Project: A Case Study, *Construction Management and Economics*, 13(1) (1995) 23-32.
- [2] B.-G. Hwang, S.R. Thomas, C.T. Haas, C.H. Caldas, Measuring the Impact of Rework on Construction Cost Performance, *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(3) (2009) 187-198.
- [3] P.E. Love, Influence of Project Type and Procurement Method on Rework Costs in Building Construction Projects, *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(1) (2002) 18-29.
- [4] P.E. Love, D.J. Edwards, Determinants of Rework in Building Construction Projects, *Engineering*,

۵ معیار هزینه، زمان، کیفیت، ایمنی و رضایت اعضای تیم پروژه، عوامل مربوط به (۱) کارفرما؛ (۲) فاز ساخت؛ و (۳) فاز طراحی به ترتیب سه دلیل با اهمیت سطح اول ایجاد دوباره‌کاری هستند؛ و عوامل (۱) ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص و بکارگیری منابع؛ (۲) تغییرات دیر هنگام ایجاد شده توسط کارفرما؛ (۳) تأخیر در تأمین مالی و پرداخت‌ها و یا تحویل دادنی‌های قرارداد؛ (۴) سطح مهارت ناکافی؛ و (۵) مدیریت ناکارآمد و بی اثر تیم پروژه نیز به ترتیب با اهمیت‌ترین عوامل جزئی دوباره‌کاری می‌باشند. علاوه بر این، بر اساس نتایج تحلیل‌ها عوامل تغییرات دیر هنگام ایجاد شده توسط کارفرما و ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص و بکارگیری منابع بیشترین اهمیت را در خصوص هزینه دوباره‌کاری دارند. در معیار زمان و معیار رضایت ذینفعان نیز، عوامل ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص و بکارگیری منابع و تأخیر در تأمین مالی و پرداخت‌ها و یا تحویل دادنی‌های قرارداد دارای بیشترین اهمیت می‌باشند. در زمینه کیفیت و ایمنی نیز سطح مهارت ناکافی مهم‌ترین عامل و عدم تعهد به اجرای دقیق نقشه‌ها و نقص تعهدات ایمنی نیز حائز رتبه دوم به ترتیب در معیار کیفیت و معیار ایمنی شدند. از طرفی، نتایج تحلیل همبستگی فاکتورهای ساخت‌وساز ناب و اهمیت عوامل دوباره‌کاری نشان داد که برخی فاکتورها از جمله وضعیت ارتباطات و همکاری، استفاده از IT و RFI بر اهمیت عوامل اصلی شامل طراحی، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی، رهبری و ارتباطات، و تأمین تجهیزات و مصالح اثرگذار می‌باشند؛ در صورتی که این فاکتورها رابطه معناداری با عوامل مربوط به فاز اجرا، کارفرما، و صلاحیت نیروی انسانی ندارند. بنابراین، بطور کلی در این مقاله نیز با وجود محدودیت‌هایی که در زمینه دریافت اطلاعات مربوط به تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب وجود داشت (عدم کاربرد تخصصی تکنیک‌های ناب در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران)، برخی از این اصول و تکنیک‌ها که ملموس‌تر بوده و در پروژه‌های فعلی ایران به آنها توجه می‌شود (از قبیل استفاده از IT و RFI، توجه به وضعیت ارتباطات، همکاری و تجارب تیم) دارای رابطه معناداری با دلایل دوباره‌کاری می‌باشند. از طرفی، در خصوص اثرگذاری برخی اصول و تکنیک‌های دیگر ساخت‌وساز ناب (طراحی ارزش هدف، IPD، برنامه‌ریزان نهایی و...)، که در حال حاضر در بسیاری از پروژه‌های ایران ناشناخته‌اند، می‌توان انتظار داشت که با آموزش در برخی پروژه‌ها و سپس، بررسی اثرگذاری این تکنیک‌ها

- Construction Industry in Australia, Deakin West, ACT, Australia, 1997.
- [16] H. Abdul-Rahman, *The Management and Cost of Quality for Civil Engineering Projects*, Univ. of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST), Manchester, U.K., 1993.
- [17] G. Burroughs, *Concrete Quality Assurance: The Contractors Role*, Concrete Institute of Australia, Melbourne, Australia, 1993.
- [18] P.E. Love, J. Smith, *Benchmarking, Benchaction, and Benchlearning: Rework Mitigation in Projects*, *Journal of Management in Engineering*, 19(4) (2003) 147-159.
- [19] J. Gardiner, *Management of Design Documentation: Where Do We Go from Here?*, in: *Proceedings of the National Construction and Management Conference*, Institution of Engineers, Australia, Sydney, Australia, 1994, pp. 441.
- [20] F.A. Stasiowski, D. Burstein, *Total Quality Project Management for the Design Firm: How to Improve Quality, Increase Sales, and Reduce Costs*, John Wiley & Sons, 1994.
- [21] B. Richardson, *Marketing for Architects and Engineers: A New Approach*, Taylor & Francis, 2003.
- [22] H. Li, P.E. Love, *Visualization of Building Interior Design to Reduce Rework*, in: *Information Visualization*, IEEE, 1998, pp. 187-191.
- [23] P. Love, A. Wyatt, *Communication and Rework: Case Studies of Construction Projects*, CSIRO, DBCE DOC, 97 (1997) 38.
- [24] D. Walker, *Investigation into Factors that Determine Building Construction Time Performance*, Royal Melbourne University of Technology, Melbourne, Australia., 1994.
- [25] C.T. Jähren, A.M. Ashe, *Predictors of Cost-Overrun Rates*, *Journal of Construction Engineering and Management*, 116(3) (1990) 548-552.
- [26] N. Forcada, A.P. Alvarez, P.E. Love, D.J. Edwards, *Rework in Urban Renewal Projects in Colombia*, *Journal of Infrastructure Systems*, 23(2) (2016) 04016034.
- [27] H. Katayama, D. Bennett, *Lean Production in a Changing Construction and Architectural Management*, 11(4) (2004) 259-274.
- [5] P.E. Love, D.J. Edwards, H. Watson, P. Davis, *Rework in Civil Infrastructure Projects: Determination of Cost Predictors*, *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(3) (2010) 275-282.
- [6] G. Ye, Z. Jin, B. Xia, M. Skitmore, *Analyzing Causes for Reworks in Construction Projects in China*, *Journal of Management in Engineering*, 31(6) (2014).
- [7] J.L. Burati Jr, J.J. Farrington, W.B. Ledbetter, *Causes of Quality Deviations in Design and Construction*, *Journal of Construction Engineering and Management*, 118(1) (1992) 34-49.
- [8] P.-E. Josephson, Y. Hammarlund, *The Causes and Costs of Defects in Construction: A Study of Seven Building Projects*, *Automation in Construction*, 8(6) (1999) 681-687.
- [9] P. Barber, A. Graves, M. Hall, D. Sheath, C. Tomkins, *Quality Failure Costs in Civil Engineering Projects*, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 17(4/5) (2000) 479-492.
- [10] J.L. Ashford, *The Management of Quality in Construction*, E&F Spon, London, 1992.
- [11] Construction-Industry-Development-Agency(CIDA), *Measuring up or Muddling through: Best Practice in the Australian Non-Residential Construction Industry*, Sydney, Australia, 1995.
- [12] P.E. Love, H. Li, *Quantifying the Causes and Costs of Rework in Construction*, *Construction Management & Economics*, 18(4) (2000) 479-490.
- [13] Construction-Industry-Institute(CII), *The Field Rework Index: Early Warning for Field Rework and Cost Growth*, The Univ. of Texas at Austin, 2001.
- [14] A.R. Fayek, M. Dissanayake, O. Campero, *Measuring and Classifying Construction Field Rework: A Pilot Study*, Department of Civil and Environmental Engineering University of Alberta, Construction Owners Association of Alberta (COAA) Field Rework Committee, 2003.
- [15] The-Australian-Procurement-and-Construction-Council, *Construct Australia: Building a Better*

- to construction, Boulder, CO, Construction Industry Institute, 191 (2004).
- [41] S. Cho, G. Ballard, Last Planner and Integrated Project Delivery, *Lean Construction Journal*, (2011).
- [42] G. Ballard, The last planner system of production control, University of Birmingham, 2000.
- [43] D. Leonard, Building quality at veridian homes, *Quality progress*, 39(10) (2006) 49.
- [44] G. Ballard, Lean Project Delivery System, White Paper No. 8, Lean Construction Institute, California., (2000).
- [45] O. Matthews, G.A. Howell, Integrated Project Delivery an Example of Relational Contracting, *Lean Construction Journal*, 2(1) (2005) 46-61.
- [46] M. Kenig, M. Allison, B. Black, L. Burdi, C. Colella, H. Davis, M. Williams, Integrated Project Delivery for Public and Private Owners, National Association of State Facilities Administrators (NASFA), Construction Owners Association of America (COAA), The Association of Higher Education Facilities Officers (APPA), Associated General Contractors of America (AGC) and American Institute of Architects (AIA), 2010.
- [47] C. Thomsen, J. Darrington, D. Dunne, W. Lichtig, Managing Integrated Project Delivery, Construction Management Association of America (CMAA), McLean, VA, 105 (2009).
- [48] J.C. Cheng, J. Won, M. Das, Construction and Demolition Waste Management Using BIM Technology, in: International Group for Lean Construction Conference (IGLC), Perth, Australia, 2015.
- [49] M. Shahparvari, D. Fong, The Review of Rework Causes and Costs in Housing Construction Supply Chain, in: 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Chennai, India, 2018, pp. 1375-1384.
- [50] C.-T. Chen, Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment, *Fuzzy sets and systems*, 114(1) (2000) 1-9.
- [51] M.J. Salganik, D.D. Heckathorn, Sampling and Estimation in Hidden Populations Using Respondent-Driven Sampling, *Sociological Methodology*, 34(1) (2004) 193-240.
- Competitive World: A Japanese Perspective, *International Journal of Operations & Production Management*, 16(2) (1996) 8-23.
- [28] J.P. Womack, D.T. Jones, *Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Simon and Schuster, 1996.
- [29] T. Ohno, *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, crc Press, 1988.
- [30] C.M. Eastman, C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, John Wiley & Sons, 2011.
- [31] L. Koskela, *Application of the New Production Philosophy to Construction*, Stanford university Stanford, CA, 1992.
- [32] L. Koskela, *An Exploration Towards a Production Theory and Its Application to Construction*, VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.
- [33] L. Koskela, G. Howell, The Theory of Project Management: Explanation to Novel Methods, in: *Proceedings IGLC*, 2002, pp. 1-11.
- [34] Construction-Industry-Institute(CII), *Lean Principles in Construction Project Team*, in, www.construction-institute.org, 2018-March.
- [35] Lean-Construction-Institute(LCI), in, <https://www.leanconstruction.org/>, 2018-March.
- [36] M.E. Hassan, *Assessing the Impact of Lean/Integrated Project Delivery System on Final Project Success*, George Mason University, 2013.
- [37] O. Salem, J. Solomon, A. Genaidy, I. Minkarah, Lean construction: From theory to implementation, *Journal of management in engineering*, 22(4) (2006) 168-175.
- [38] I. Nahmens, L.H. Ikuma, D. Khot, Kaizen and Job Satisfaction-A Case Study in Industrialized Homebuilding, *Lean Construction Journal*, (2012).
- [39] D. Kung, D.P. Alex, M. Al-Hussein, S. Fernando, Application of lean thinking to improve the productivity of water and sewer service installations, *Canadian journal of civil engineering*, 35(4) (2008) 418-430.
- [40] J.E. Diekmann, M. Krewedl, J. Balonick, T. Stewart, S. Won, Application of lean manufacturing principles

- [60] J.K. Wong, J.X. Zhou, A.P. Chan, Exploring The Linkages Between The Adoption Of BIM And Design Error Reduction, Building Information Systems in the Construction Industry, (2018) 113.
- [61] M.H. Thyssen, S. Emmitt, S. Bonke, A. Kirk-Christoffersen, Facilitating Client Value Creation in the Conceptual Design Phase of Construction Projects: A Workshop Approach, Architectural Engineering and Design Management, 6(1) (2010) 18-30.
- [62] B.-G. Hwang, X. Zhao, K.J. Goh, Investigating the Client-Related Rework in Building Projects: The Case of Singapore, International Journal of Project Management, 32(4) (2014) 698-708.
- [63] A.C. Sidwell, A Critical Study of Project Team Organisational Forms within the Building Process, Aston University, 1982.
- [64] M.D. Martínez-Aires, M. López-Alonso, M. Martínez-Rojas, Building Information Modeling and Safety Management: A Systematic Review, Safety Science, 101(2018) (2018) 11-18.
- [65] A. Mossman, What is Lean Project Delivery, The Change Business Ltd. UK, 2008.
- [52] E. Naderi, M. Seifnaraghi, Research Methods and How to Evaluate It in the Humanities, Badr Press, 1375. in Persian.
- [53] P.L. Alreck, R.B. Settle, The Survey Research Handbook, McGraw-Hill, 1994.
- [54] S.A. Afshani, Z. Hoseiniramshe, M. Nurian, M. Mahdavi-zafarghandi, SPSS20 Application Reference, Bish Press, 1393. in Persian.
- [55] L.J. Cronbach, Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests, Psychometrika, 16(3) (1951) 297-334.
- [56] A. Oppenheim, Questionnaire Design, Interviewing and Attitude Measurement, London, 1992.
- [57] M. Sabzehparvar, Project Management and Control, Terme Press, 1393. in Persian.
- [58] P.E. Love, P. Teo, F. Ackermann, J. Smith, J. Alexander, E. Palaneeswaran, J. Morrison, Reduce Rework, Improve Safety: An Empirical Inquiry into the Precursors to Error in Construction, Production Planning & Control, 29(5) (2018) 353-366.
- [59] R. Mendelsohn, The Constructibility Review Process: A Constructor's Perspective, Journal of Management in Engineering, 13(3) (1997) 17-19.

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

S. Moaveni, H. Shariatmadar, Ranking the Rework Causes in Iran's Construction Projects and Investigating the Effect of Lean Construction Techniques, Amirkabir J. Civil Eng., 53(1) (2021) 127-148.

DOI: [10.22060/ceej.2019.14975.5801](https://doi.org/10.22060/ceej.2019.14975.5801)

