Amirkabir Journal of Civil Engineering

Amirkabir J. Civil Eng., 53(1) (2021) 29-32
DOI: 10.22060/ceej.2019.14975.5801

Ranking the Rework Causes in Iran's Construction Projects and Investigating the Effect of Lean Construction Techniques

S. Moaveni, H. Shariatmadar*

Civil Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

ABSTRACT: Rework is one of the common problems in the construction industry. Despite the many studies that have taken place in the world, the lack of a comprehensive examination of the rework causes in Iran is evident. In addition, there is a need to provide an efficient and effective way to improve the rework issues. Therefore, in this study, using the survey method through the questionnaire, the main factors of rework in Iran were identified and ranked according to the criteria of cost, time, quality, safety, and satisfaction of the project team by the Fuzzy-TOPSIS method. Then, lean construction techniques were considered as a strategy to prevent rework, and the impact of these techniques on the importance of the rework factors was tested. The results of 52 questionnaires showed that the factors related to the client, the construction phase, and the design phase were the three main factors of the rework in Iran. Factors for insufficient turnover and commissioning resourcing, late client changes, delaying financing and contract delivery, insufficient skill levels, and ineffective management of project team are also the most important sub-factors, respectively. On the other hand, the lean construction measuring of the projects was examined through the Lean Project Rating System (LPRS) with 14 factors. The results showed that some of the lean construction factors considered in this study (including a focus on communication and collaboration status, the use of IT and RFI) significantly alter rework and the importance of its causes.

Review History:
Received: 9/13/2018
Revised: 12/12/2018
Accepted: 12/24/2018
Available Online: 1/8/2019

Keywords:
Rework
Lean construction
Integrated Project Delivery
Fuzzy-TOPSIS
Change orders

1. INTRODUCTION

Building construction often occupies the bottom of industrial productivity rank reports worldwide [1]. On the other hand, rework is one of the major concerns in the construction industry, which creates fundamental problems for construction projects; increasing costs, increasing the duration of projects, dissatisfaction of stakeholders, reducing project quality, and reducing safety are the major consequences of rework [2-4]. According to Love [2], rework has various definitions and interpretations within the construction management literature: terms for it include "quality deviations" [5], "nonconformance" [6], "defects" [7], and "quality failures" [8]. Love [2] characterizes rework as "the unnecessary effort of redoing a process or activity that was incorrectly implemented the first time". Based on a review of other past researches, the definition used in this study for "Rework" is:

"The unnecessary effort of redoing a process or activity that does not meet the requirements or, because of lack of coordination with other activities, will lead to the elimination of some of the performed activities."

In addition, Love et al. [9] in 2010 studied rework in Australian infrastructure projects, they identified about 40 causes of rework. According to the results of this research, the following five factors were identified as the most important reasons: 1) ineffective use of information technologies; 2) lack of effective client involvement in the project; 3) lack of clearly defined working procedures; 4) changes made at the request of the client, and 5) insufficient changes initiated by the contractor to improve quality.

On the other hand, in general, the purpose of a lean approach is to create the highest value for the customer and reduce or eliminate the waste. Ohno [10] identified 7 waste items including (1) rework, (2) overproduction, (3) inventory, (4) over-processing, (5) motion, (6) transportation, and (7) waiting, and the loss of employee's potential was later added to list by Womack & Jones [11]. In addition, various studies have been done on the impact of lean techniques on project performance. A study conducted in the USA by Salem et al. [12] Shows that the project that implemented lean construction techniques has been completed under the budget and 3 weeks ahead of schedule. In addition, the Satisfaction of the subcontractors has also increased significantly due to communications with the general contractor. Nahmens et al. [13] also showed that after applying lean techniques, job satisfaction in the US industrialized homebuilding sector was elevated by 11%. Thus, various research on lean construction

*Corresponding author's email: shariatmadar@um.ac.ir

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to Amirkabir University Press. The content of this article is subject to the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-NC 4.0) License. For more information, please visit https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.

Table 1. The average rank of main causes.

Rank	Main Causes
1	Owner & Client
2	Construction
3	Engineering & Reviews
4	Leadership & Communications
5	Planning & Scheduling
6	Human Resource Capability
7	Material & Equipment Supply

in different countries shows that the successful application of lean principles in construction can improve cost structure [12], delivery times [14], quality [15], the relationship between working partners [12, 16, 17], and job satisfaction [13].

Overall, the first achievement of this article is to integrate the rework causes studied in the world, which has not been fully and completely reviewed in other articles. The second achievement is the localization of the rework causes for Iran. It should be noted that despite extensive studies on the reasons for duplication of construction projects around the world each year, there is no comprehensive study on this issue in Iran. Therefore, one of the main achievements of this paper is identifying the important factors that create rework in Iran's construction projects based on the five criteria of cost, time, quality, safety, and satisfaction of the project team. The third achievement is related to the study of the relationship between lean factors and the importance of the rework causes in projects.

2. METHODOLOGY

In this paper, the survey was conducted through a questionnaire and a multi-case study. In this way, respondents were asked to answer a questionnaire according to one of the completed construction projects that they have participated in, and answer the questions based on the experiences of that project. As a result, each completed questionnaire contains information about one case. Also, rework causes are ranked by the Fuzzy-TOPSIS method.

On the other hand, given that Lean construction is new in Iran, and there is little information available on lean constructed projects, instead of asking whether or not the project was made by lean methods, some of the main factors of lean construction are questioned. Finally, a number is assigned as a lean point to each project, indicating the closeness of the project management methods and the organizational management methods associated with the project of choice to lean construction methods. These factors have been extracted from the Hassan [18] study and under the title of the Lean Project Rating System.

First, a pilot survey was undertaken with 10 selected experts. This was undertaken to test the potential response rate, suitability, and comprehensibility of the questionnaire. In the main survey, 65 questionnaires were mailed. 44 valid responses were received from the main survey. As the pilot questionnaires required no changes, they were added to the sample, which resulted in 52 valid responses representing a total consolidated response rate of 69.3%. This response rate is considered acceptable for a survey focusing on gaining responses from industry practitioners [19].

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the factors of duplication in Iranian construction projects have been identified and ranked. So, the main causes of rework in their order of priority are presented in Table 1.

In general, the results of the research show that there is no significant relationship between the overall score of the rework factors and the overall lean project score (which includes the 14 items). However, some of these items, including the status of communication and collaboration, and the use of IT and RFI, have a significant correlation with the importance of rework factors, and one can expect that with the help of these techniques, it will be possible to manage the rework and its negative effects.

CONCLUSIONS

The results of data analysis of 52 construction projects in Iran show that based on 5 criteria of cost, time, quality, safety, and satisfaction of the project team, factors related to 1) owner, 2) construction, and 3) design phase are three important reasons for the main factors of rework. Also, 1) insufficient turnover and commissioning resourcing, 2) late client changes, 3) delaying financing and contract delivery, 4) insufficient skill levels, and 5) ineffective management of project team are the most important sub-factors. Also, the results of correlation analysis of lean construction factors and the importance of rework factors showed that some factors such as communication and collaboration status, the use of IT and RFI can affect the importance of the main factors including engineering, planning and scheduling, leadership and communication, and material and equipment supply. In general, in this paper, despite the limitations of obtaining information on lean construction techniques (the lack of practical application of lean techniques in Iran's construction projects), some of these principles and techniques that are tangible and in the current projects of Iran have given them

attention (Such as the use of IT and RFI, communication status, teamwork, and team experiences) have a significant relationship with the rework causes. Therefore, this research has some limitations in achieving goals. The results are based on Iran's construction projects and may be different in other countries, especially in countries that are leading the Lean construction area. Because this technique is emerging in Iran recently and cannot be considered comprehensively. Also, people working in the Iranian construction industry do not have a complete familiarity with the lean construction philosophy, so performance measurement of lean construction becomes hard. Nevertheless, this paper provides a large study of the factors of rework that would recognize the root cause of rework in the Iranian construction industry, and this, along with the presentation of lean construction techniques, can be fruitful for both researchers and professionals.

REFERENCES

[1] S.M. Levy, Project Management in Construction, McGraw-Hill Professional Engineering, New York, USA, 2012.

[2] 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.

[3] P.E. Love, D.J. Edwards, Determinants of Rework in Building Construction Projects, Engineering, Construction and Architectural Management, 11(4) (2004) 259-274.

[4] 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.

[5] 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.

[6] H. Abdul-Rahman, The Cost of Non-Conformance During a Highway Project: A Case Study, Construction Management and Economics, 13(1) (1995) 23-32.

[7] 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.

[8] 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.

[9] 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.

[10] T. Ohno, Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production, CRC Press, 1988.

[11] J.P. Womack, D.T. Jones, Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Simon and Schuster, 1996.

[12] O. Salem, J. Solomon, A. Genaidy, I. Minkarah, Lean Construction: From Theory to Implementation, Journal of Management in Engineering, 22(4) (2006) 168-175.

[13] I. Nahmens, L.H. Ikuma, D. Khot, Kaizen and Job Satisfaction-A Case Study in Industrialized Homebuilding, Lean Construction Journal, (2012).

[14] J.E. Diekmann, M. Krewedl, J. Balonick, T. Stewart, S. Won, Application of Lean Manufacturing Principles to Construction, Boulder, CO, Construction Industry Institute, 191 (2004).

[15] D. Leonard, Building Quality at Veridian Homes, Quality Progress, 39(10) (2006) 49.

[16] O. Matthews, G.A. Howell, Integrated Project Delivery an Example of Relational Contracting, Lean Construction Journal, 2(1) (2005) 46-61.

[17] G. Ballard, Lean Project Delivery System, White Paper No. 8, Lean Construction Institute, California., (2000).

[18] M.E. Hassan, Assessing the Impact of Lean/Integrated Project Delivery System on Final Project Success, George Mason University, 2013.

[19] P.L. Alreck, R.B. Settle, The Survey Research Handbook, McGraw-Hill, 1994.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

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) 29-32.

DOI: 10.22060/ceej.2019.14975.5801

This page intentionally left blank

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۳ شماره ۱، سال ۱۴۰۰، صفحات ۱۲۷ تا ۱۴۸
DOI: 10.22060/ceej.2019.14975.5801

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

خلاصه: دوباره‌کاری یکی از مشکلات مهم در صنعت ساخت‌وساز می‌باشد. با وجود مطالعات فراوانی که در حیطهٔ 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 قرارگرفت. نتایج حاصل از ۵۲ پرسشنامه نشان دادند که عوامل مربوط به کارفرما، فاز ساخت و فاز طراحی به ترتیب سه عاملِ اصلیِ دوباره‌کاری در ایران هستند. عوامل تخصیص ناکارآمد منابع، تغییر سفارشات کارفرما، تأخیر در تأمین مالی و ارائهٔ تحویل دادنی‌های قرارداد، سطح مهارت ناکافی، و مدیریت ناکارآمد نیز به ترتیب با اهمیت‌ترین عوامل جزئیِ دوباره‌کاری می‌باشند. از طرفی، میزان ناب‌سازی پروژه‌ها از طریق سیستم نمره‌دهیِ 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.

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 یکپارچهٔ پروژه
فازی-تاپسیس
تغییر سفارشات

۱- مقدمه

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 توسعهٔ کشور و همچنین نقش قابل توجه این پروژه‌ها بر هزینه‌های دولتی و غیردولتی، و با توجه به رشد سریع کشورها و اهمیت روز افزون استفادهٔ بهینه از منابع، یافتن دلایل اصلی 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

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

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode دیدن فرمائید.

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

در این مقاله دلایل ایجاد دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز، با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای شناسایی شده‌اند. سپس، به کمک پرسشنامه و تحلیل فازی-تاپسیس[1]، دلایلِ دوباره‌کاری رتبه‌بندی شده‌اند. لازم به ذکر است، همان‌طور که بسیاری از پژوهش‌ها در این حیطه اذعان دارند [۵، ۶]، مرحلهٔ شناسایی دلایل دوباره‌کاری گامی بسیار اساسی جهت پیشگیری از رخداد دوباره‌کاری 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 دوباره‌کاری و همچنین ارائهٔ بیشترین ارزش ممکن برای مشتری، که اهداف اصلی فلسفهٔ ناب هستند، ارائه شده است.

بنابراین، دستاورد اول این مقاله مربوط به یکپارچه‌سازی عوامل دوباره‌کاریِ 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 جمع‌بندیِ بیش از ۲۰ مقاله با بیشترین ارجاع در حوزهٔ دوباره‌کاری، ارائه شده در جدول ۲). دستاورد دوم مربوط به بومی سازی دلایل جمع آوری شده در خصوص دوباره‌کاری برای ایران است. لازم به ذکر است که با وجود مطالعات زیادی که در خصوص دلایل دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز در سراسر جهان هر ساله انجام می‌شود، در ایران مطالعهٔ جامعی در این خصوص صورت نگرفته است. بنابراین یکی از دستاوردهای اصلی این مقاله شناسایی عوامل مهم ایجاد کنندهٔ دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران بر اساس ۵ معیار هزینه، زمان، کیفیت، ایمنی و رضایت تیم پروژه است. دستاورد سوم نیز مربوط به بررسی رابطهٔ بین فاکتورهای ناب و اهمیت دلایل دوباره‌کاری 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- پیشینهٔ پژوهش

در این قسمت، ابتدا تعاریف مختلفی از دوباره‌کاری[2] ارائه می‌گردد، سپس دلایل ایجاد دوباره‌کاری در سایر کشورها با کمک پژوهش‌های موجود، گردآوری می‌شود. در نهایت نیز ساخت‌وساز ناب[3] بصورت کلی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱- دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز

برای دستیابی به ادبیات مشخصی از مفهوم دوباره‌کاری جهت درک واحد پاسخ‌دهندگان از واژهٔ دوباره‌کاری در پرسشنامه، پژوهش‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد که در ادبیات موضوع دوباره‌کاری، تفاسیر و واژگان مختلفی وجود دارد، که نشان‌دهندهٔ جنبه‌های مختلف دوباره‌کاری می‌باشند؛ برخی ازین واژگان عبارتند از: انحرافات کیفیت[4] [۷]، عدم انطباق‌ها[5] [۱]، نواقص[6] [۸] و شکست‌های کیفیت[7] [۹]. علاوه بر این، تعاریف مختلفی نیز از دوباره‌کاری موجود است که در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

لازم به ذکر است بر خلاف تعریف Fayek et al. [۱۴]، تغییرات محدوده و تغییر سفارشات توسط کارفرما، اگر بصورت دیر هنگام رخ دهند و در نتیجه باعث ایجاد دوباره‌کاری شوند، در حیطهٔ 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 دوباره‌کاری‌ها جلوگیری کرده و در نتیجه باعث بهبود نتایج پروژه شد. بنابراین، با توجه به توضیحات فوق الذکر و موارد ذکر شده در جدول۱، تعریفی

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

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

جدول ۱. تعاریف دوباره‌کاری
Table 1. Definition of Rework

سال	مرجع	تعاریف
۱۹۹۲	[۱۰]	فرآیندی است که در آن یک آیتم ساخته‌شده، بوسیلهٔ 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 دفعهٔ اول اشتباه انجام شده‌اند.
۲۰۰۳	[۱۴]	کارهایی که بوسیلهٔ تغییرات محدوده و یا تغییر سفارشات از طرف کارفرما بوجود می‌آیند نباید به عنوان دوباره‌کاری در نظر گرفته شوند.

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 دفعهٔ 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 دوبارهٔ 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 استفادهٔ 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 دلیلِ دوباره‌کاری را شناسایی کردند. بر اساس نتایج این پژوهش، ۵ عامل زیر به عنوان مهمترین دلایل شناخته شدند: ۱) استفادهٔ 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 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 حیطهٔ 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 جمع آوری و دسته‌بندی شد.

در جدول ۵، دلایل دوباره‌کاری بصورت ۷ دستهٔ 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 حیطهٔ

جدول ۲. عوامل دوباره‌کاری در پژوهش‌های پیشین

Table 2. Causes of Rework in Previous Research

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

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 پیشگیرانهٔ 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 برنامهٔ مدیریت کیفیت پروژه باید با درنظر گرفتن این موارد و با هدف کاهش اثرات دوباره‌کاری ترسیم گردد.

از طرفی، استراتژی ویژه‌ای که در این مقاله برای کاهش اثرات منفیِ 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 فلسفهٔ ناب، مودا که واژه‌ای ژاپنی است به معنای ضایعات[1] 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 مودا شناسایی شده است. تائی چی اوهنو [۲۹] در کتاب سیستم تولید تویوتا این موارد را شامل: (۱) اشتباهاتی که باید اصلاح شوند[2]؛ (۲) تولید چیزهایی که کسی خواهان آن‌ها نیست[3]؛ (۳) کالاها و موجودی‌هایی که فروش نرفته و انبار می‌شوند[4]؛ (۴) مراحلی از پردازش محصول که ضروری نمی‌باشند[5]؛ (۵) حرکات اضافی نیروی انسانی در محل کار[6]؛ (۶) حمل و نقل اضافی کالا از یک نقطه به نقطهٔ دیگر[7]؛ و (۷) توقف و انتظار کارکنان در پایین دست جریان برای انجام کاری در بالادست جریان[8]، می‌داند. (۸) از دست رفتن پتانسیل کارکنان نیز بعدها توسط Womack و Jones [۲۸] در کتاب تفکر ناب به ۷ مورد پیش‌گفته 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 نقشهٔ جریان ارزش؛ اصل سوم: ایجاد جریان آفرینندهٔ 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، بطوری‌که بهره‌وری در صنعت ساخت‌وساز امریکا 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. درسال ۲۰۰۰ میلادی، Koskela [۳۲] به معرفی یک تئوری جدید در تولید بنام TFV پرداخت که حاصل یکپارچه کردن سه تئوری مختلف تبدیل[9]، جریان[10] و ایجاد ارزش[11] است، وی معتقد بود که یکپارچه کردن این سه تئوری باعث ایجاد راه حلی 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

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

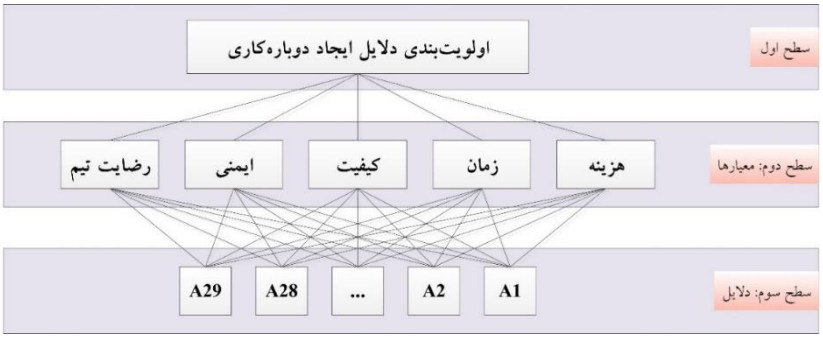
9 Transformation
10 Flow
11 Value generation

ایجاد بیشترین ارزش ممکن تعریف می‌کند [۳۳]. مؤسسهٔ صنعت ساخت[1]، 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، مؤسسهٔ ساخت ناب[2]، 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 دوباره‌کاری در کارگاه [۳۶]. همان‌طور که مشاهده می‌شود، جلوگیری از دوباره‌کاری 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 زمینهٔ ساخت‌وساز ناب در کشورهای مختلف انجام شده، نشان می‌دهند که کاربرد موفقیت آمیز 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 اتلاف اضافه می‌شوند؛ این موارد عبارتند از: (۱) کیفیت ضعیف؛ (۲) عدم ساخت‌پذیری[3] ؛ (۳) مدیریت ضعیف مواد و مصالح؛ (۴) ضایعات مواد و مصالح؛ (۵) کارهای بی‌حاصل و غیرمولد[4]، 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 پروژهٔ ناب[5] بدین منظور طراحی شده است. هدف LPDS ایجاد یک تیم باتجربه و بااستعداد در مراحل اولیهٔ پروژه است که توسط اصولی از جمله: همکاری، اعتماد، ارتباط، شفافیت، تصمیم‌سازی و استفاده از بهترین تکنولوژیِ در دسترس برای دستیابی به موفقیت بهینهٔ 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 جانبهٔ ارتباطی[6] 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 درنتیجه بهبود در سیستم سریع‌تر و کم‌هزینه‌تر خواهد بود؛ و وظایف و هزینه‌های ایمنی تنها به عهده‌ی پیمانکاران نمی‌باشد، درنتیجه 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[7] می‌تواند این ضایعات را از طریق شناسایی و جلوگیری از خطاها در طراحی، و تغییرات

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

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



شکل ۱. ساختار سلسله مراتبی اولویت‌بندی دلایل دوباره‌کاری در تحلیل F-TOPSIS

Fig. 1. Hierarchical Structure for Causes of Rework in Fuzzy TOPSIS Analysis

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

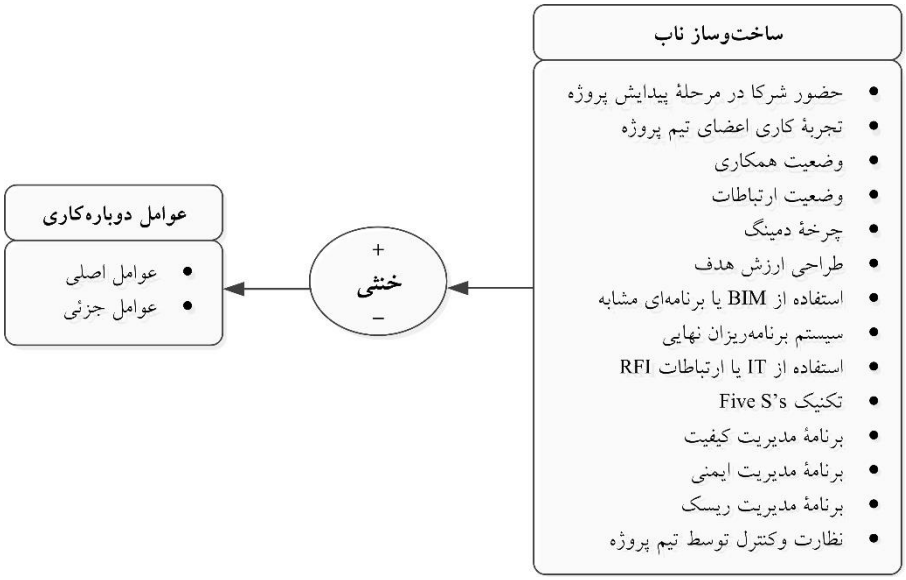
۳- روش‌شناسی پژوهش

در این مقاله از روش پیمایشی برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده شده است. پیمایش از طریق پرسشنامه و بصورت مطالعهٔ موردی چندگانه[1] 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 پرسشنامهٔ تکمیل شده حاوی اطلاعات مربوط به یک مورد[2] 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 دادهٔ 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 زمینهٔ تحقیق و نظرسنجی از افراد خبره، پرسشنامهٔ اولیه طراحی گردید که شامل چهار بخش بصورت (۱) اطلاعات فردی؛ (۲) اطلاعات پروژه؛ (۳) دلایل دوباره‌کاری؛ و (۴) ساخت‌وساز ناب می‌باشد. بخش اول شامل اطلاعات فردی پاسخ‌دهنده از قبیل سابقهٔ کار، تحصیلات و سمت فرد در پروژهٔ انتخابی است. بخش دوم شامل کاراکترهای پروژه از جمله شهر و حیطهٔ 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 وزن‌دار؛ ۵) یافتن حل ایده‌آل فازی[3] و حل ضد ایده‌آل فازی[4]؛ ۶) محاسبهٔ فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل فازی؛ ۷) محاسبهٔ شاخص شباهت؛ و ۸) رتبه‌بندی گزینه‌ها [۵۰].

در نهایت، بخش چهارم شامل برخی تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب، با هدف تعیین نمرهٔ ناب پروژهٔ 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 ساخت‌ساز ناب مورد سؤال قرار گرفته و نهایتاً عددی تحت عنوان نمرهٔ ناب به هر پروژه اختصاص داده می‌شود، که نشان‌دهندهٔ میزان نزدیکی روش‌های مدیریتی پروژه و روش‌های مدیریت سازمانی مربوط به پروژهٔ انتخابی به روش‌های ساخت‌وساز ناب است. این فاکتورها از پژوهش Hassan [۳۶] و تحت عنوان سیستم رتبه‌دهی پروژهٔ ناب[5]

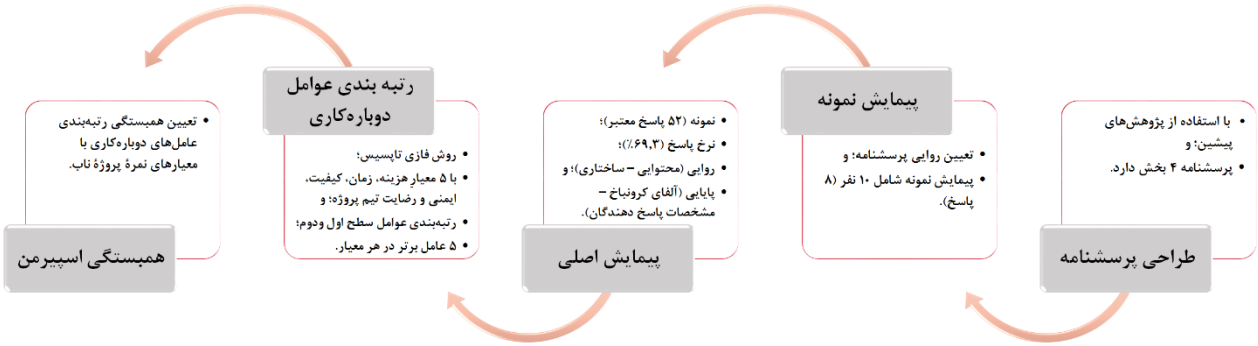
1 Multi case study
2 Case

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



شکل ۲. مدل تحلیلی رابطهٔ تکنیک‌های ساخت‌وساز 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

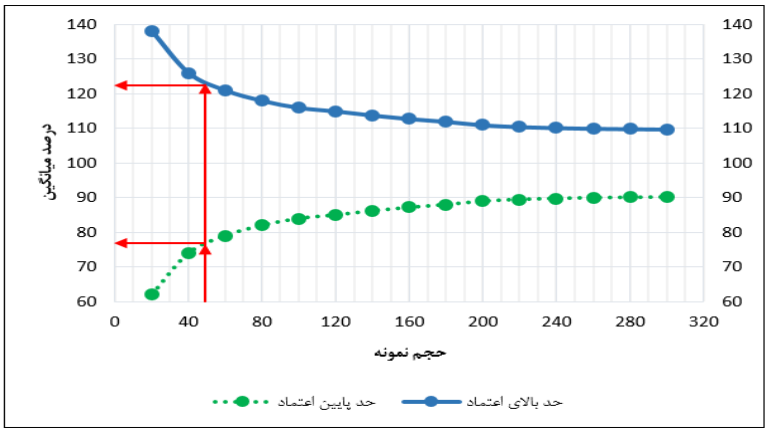
استخراج شده‌اند و شامل تکنیک‌های ارائه شده در قالب مدلی تحلیلی ارائه شده در شکل ۲ می‌باشند.

شکل گرافیکیِ روند کلیِ پژوهش در شکل۳ ارائه شده است.

۳-۱- نمونه‌گیری، روایی و پایایی ابزار پژوهش

در این پژوهش، نمونه‌گیری با روش گلولهٔ برفی[1] صورت گرفت. این روش در مواقعی بکار می‌رود که شناختی از کل جامعهٔ 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 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، شیوهٔ 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 آن‌قدر 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 محدودهٔ ۲۲٪ میانگین نمونه برای نمونه‌ای از ۵۰ پاسخ‌دهنده قرار گیرد [۵۳]. بنابراین، در این پژوهش تعداد کل پاسخ‌های معتبر جمع‌آوری

1 Snow balling



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

Fig. 4. Sample Size

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

برای بررسی روایی پرسشنامه دو موضوع اهمیت دارد؛ اول اینکه چارچوب کلی پرسشنامه بر اساس مطالعات پیشین در زمینهٔ دوباره‌کاری تدوین شده است؛ دوم اینکه برای بررسی اعتبار کلی پرسشنامه از پیمایش نمونه[1] استفاده شده است، به این صورت که پرسشنامهٔ 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 مرحلهٔ پیمایش اصلی نیز ۶۵ پرسشنامه توزیع شد که ۴۹ پرسشنامه پاسخ داده شده و ازین تعداد نیز ۴۴ پاسخ معتبر و قابل استفاده در تحلیل داده‌ها بودند. با توجه به اینکه پرسشنامه در مرحلهٔ پایلوت تغییر اساسی نداشته و داده‌های گردآوری شده در این مرحله قابل استفاده بودند، این تعداد به پاسخ‌های پیمایش اصلی اضافه شده و درنهایت ۵۲ پاسخ معتبر[2] 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 روایی ساختاری پژوهش (این نوع روایی امکان پذیر بودن تحلیل عاملی را توسط داده‌های مورد نظر نشان می‌دهد)، از آزمون بارتلت[3] و شاخص کفایت نمونه‌گیری KMO [4] و ضرایب اشتراکی استخراج[5] استفاده می‌شود. بدین صورت که اگر سطح معناداری در آزمون بارتلت کمتر از ۰/۰۵ باشد، و KMO نیز بیشتر از ۰/۵ باشد، اندازهٔ 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 KMOنیز 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 محاسبهٔ پایایی پژوهش نیز از روش آلفای کرونباخ استفاده شده است. بدین دلیل که برای اندازه‌گیری رتبهٔ 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،

1 Pilot survey
2 Valid

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

جدول ۳. مشخصات نمونه

Table 3. Sample Information

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

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

قابلیت اعتماد داده‌ها[1] 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، ارائهٔ 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 سابقهٔ کاریِ 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 حیطهٔ 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 ۶۵٪ از پاسخ‌دهندگان سابقهٔ کاری بالای ۱۰ سال دارند و این موضوع نشان می‌دهد که پاسخ‌دهندگان تجارب کافی را دارا می‌باشند. علاوه بر این، افراد با سابقهٔ 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 تجربهٔ لازم برای تشخیص دلایل و اثرات دوباره‌کاری را دارند، دارای انگیزهٔ بیشتری نیز برای تغییر شرایط می‌باشند، در صورتی که به نظر می‌رسد افرادی با سابقهٔ 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 پیشگیرانهٔ مناسبی ارائه کرد باید فاکتورهای بنیادین ایجاد کنندهٔ 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 اولویت بندیِ عوامل دوباره‌کاری، از روش F-TOPSIS استفاده شده

1 Data Reliability

جدول ۴. میانگین رتبهٔ 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)

است. بدین ترتیب عوامل اصلی و جزئی ایجاد دوباره‌کاری به ترتیب الویت‌شان 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 دیرهنگام 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 مجموعهٔ عاملِ اصلیِ 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 بهانهٔ انجام کارها توسط پیمانکار، اثر منابع در نظر گرفته نمی‌شود و به برنامهٔ زمان‌بندی اکتفا می‌شود. در حالیکه، اگر پیمانکاران مجبور به ارائهٔ برنامه‌ریزی تخصیص منابع باشند، برنامهٔ حاصله از ضمانت اجرایی بالاتری برخوردار خواهد بود [۵۷]. از طرفی، با توجه به اصل سوم در فلسفهٔ تولید ناب، بنگاه ناب باید تلاش کند تا ارزش به حرکت درآید. بدین منظور باید تمامی زنجیرهٔ تولید پروژه شفاف بوده و اعضای تیم پروژه بتوانند نظرات اصلاحی خود را در رابطه با اصلاح زنجیرهٔ تأمین و حذف ضایعات در سرتاسر زنجیرهٔ 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 حیطهٔ پروژه، و مستقل از شناخت پروژه، بدلیل خواسته‌های شخصی اقدام به اعمال تغییرات دیرهنگام در پروژه می‌کند. در صورتی که، اگر کارفرما در فازهای اولیهٔ پروژه و قبل از شروع فاز ساخت، در پروژه مشارکت فعال داشته باشد و فاز صفر پروژه نیز، دربردارندهٔ آگاهی‌های لازم و گزینه‌های مورد علاقهٔ کارفرما باشد، می‌توان نیازهای اساسی کارفرما را دقیق‌تر و زودتر شناسایی کرد. در مورد دخالت‌های سختگیرانهٔ کارفرما نیز، به خصوص در پروژه‌های دولتی که استفاده کنندهٔ نهاییِ 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 دیرهنگام کارفرما، مربوط به درک متفاوت کارفرما و طراح نسبت به پروژه و عدم دستیابی به ادبیاتی واحد می‌باشد. بطوری‌که پس از پیاده‌سازی بخشی از پروژه که کارفرما می‌تواند پروژه را بصورت ملموس‌تر مشاهده کند، این درکِ متفاوت، آشکار می‌شود و ناچاراً

جدول ۵. عوامل دوباره‌کاریِ مورد بررسی در پروژه‌های ساخت و سازِ این مقاله به همراه میانگین رتبهٔ هر عامل

Table 5. Average Rank of Rework Causes in Construction Projects

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

منجر به دوباره‌کاری 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 فنیِ 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 دستهٔ 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 تحویل‌دادنی‌های 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 مالیِ 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 عواملِ اولویت‌دارِ دوباره‌کاری در پروژه‌های ایران، باید مواردی از قبیلِ توجه به برنامهٔ مدیریت منابع و تخصیص و تسطیح آنها، برنامه‌ریزی مالیِ منطقی و بهینه، توجه یکپارچه به زنجیرهٔ 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 اساسی در جهت کاهش دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران انتخاب صحیح و متناسب تیم پروژه و مدیریت نیروی انسانی می‌باشد. عوامل بعدی مربوط به مشکلات ساختاری و زنجیرهٔ 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 زنجیرهٔ 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 اصلیِ اهمیتِ دلایل دوباره‌کاری در ایران نسبت به سایر کشورها، دلایل مربوط به مسائل مالی است. همان‌طور که نتایج پژوهش نشان می‌دهند، این عوامل به عنوان مهمترین عواملِ جزئیِ ایجاد دوباره‌کاری در ایران شناسایی شده‌اند.

۴-۲- رتبه‌بندی عوامل جزئی ایجاد دوباره‌کاری بر اساس هر معیار

نتیجهٔ 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 دیرهنگام ایجاد شده توسط کارفرما، بیشترین اثرات هزینه‌ای را نسبت به سایر عوامل دوباره‌کاری 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 دوباره‌کاری‌های ناشی از مسائل مالی اتخاذ گردد، می‌توان بسیاری از مسائلی که دوباره‌کاری در حیطهٔ هزینه، زمان و رضایت تیم پروژه ایجاد می‌کند را کاهش داد. تغییرات دیرهنگام ایجاد شده توسط کارفرما و تغییرات دیر هنگام در طراحی دلایل با اهمیت دیگر، در معیارهای هزینه و زمان می‌باشند. از طرفی، دوباره‌کاری‌های 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،

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 دیرهنگام 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 دیرهنگام ایجاد شده توسط کارفرما	نقص تعهدات تضمین و کنترل کیفیت (QA-QC)	دانش فنی ناقص و نظارت ضعیف	تغییرات دیرهنگام ایجاد شده توسط کارفرما
۴	تغییر دیر هنگام در طراحی	واقعی نبودن برنامهٔ 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 روش اجرا و ساخت	تغییر دیر هنگام در طراحی	دانش فنی ناقص و نظارت ضعیف	دستورالعمل‌های نامشخص برای کارگران	تغییر دیر هنگام روش اجرا و ساخت

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]، پیش‌زمینهٔ خطاهای ایجاد کنندهٔ 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 برنامهٔ 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.

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

جدول ۷ نتایج بررسی همبستگی اهمیت عوامل دوباره‌کاری و فاکتورهایی که در نمرهٔ 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 پرسشنامهٔ تکمیل شده حاوی اطلاعات مربوط به یک کیس و پروژه است نه اطلاعات کلیِ 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 فلسفهٔ ساخت‌وساز ناب آشنایی کامل و کاربردی نداشته و این موضوع سنجش عملکرد ساخت‌وساز ناب

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

Table 7. Spearman Correlation Results

تکنیک‌های ناب	طراحی	زمان‌بندی	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
تجربهٔ 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
چرخهٔ 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

را دشوار می‌کند. بنابراین، با توجه به دو موضوع فوق‌الذکر، می‌توان گفت نتایج ارائه شده در این پژوهش در خصوص رابطهٔ دوباره‌کاری با تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب، نشان‌دهندهٔ وضعیت فعلی پروژه‌های ساخت‌وساز ایران است. بدین صورت که چون از تکنیک‌هایی مثل "چرخهٔ دمینگ، TVD، RFI، 5S و 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، اهمیتِ 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 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[1] 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 همکاریِ قوی در پروژه می‌توان ظرفیت‌های برنامه‌ریزی را افزایش داده و اثرگذاری تکنیک‌های مدیریتیِ روش LPDS، که مبتنی بر همکاری قوی بین تیم‌های مختلف پروژه و تشکیل تیم‌های بین رشته‌ای و چند تخصصی می‌باشد [۴۴]، را بهبود داد. از طرفی، با افزایش تجربهٔ تیم پروژه و بهبود وضعیت همکاری در پروژه، اهمیت عوامل مربوط به رهبری و ارتباطات کاهش می‌یابد. چرا

1 Building Information Modelling (BIM)

که با افزایش تجربهٔ 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 دوباره‌کاری 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 رابطهٔ معناداری دارد.

عدم وجود ارتباطِ معنادارِ 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 جزئیِ مربوط به کارفرما (شامل "کمبود تجربه و دانش کارفرما"، "تغییرات دیرهنگام 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 اولیهٔ 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 بالقوهٔ موجود در پروژه‌ها برای پیاده‌سازی این تکنیک‌ها بپردازد.

بطور کلی نتایج تحقیق نشان می‌دهند که رابطهٔ معناداری بین نمرهٔ کلی عوامل دوباره‌کاری و نمرهٔ نابِ کلیِ پروژه، که شامل ۱۴ آیتمِ 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 رابطهٔ معناداری با اهمیتِ عواملِ دوباره‌کاری می‌باشند و می‌توان انتظار داشت با کمک این تکنیک‌ها بتوان دوباره‌کاری را مدیریت کرده و اثرات منفی رخداد دوباره‌کاری در پروژه‌ها را به حداقل رساند.

برای اعتبارسنجی نتایج ارائه شده در جدول ۷، از نظرات ۴ خبره در زمینهٔ ساخت‌وساز با میانگین تجربهٔ 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 دوباره‌کاری، نشان‌دهندهٔ عدم کاربرد آنها در پروژه‌های مورد بررسی می‌باشد؛ چرا که با توجه به توانایی‌های بالقوهٔ این تکنیک‌ها انتظار می‌رود بتوان در خصوص بهبود وضعیت دوباره‌کاری در پروژه‌ها، از آنها بهره برد. به عنوان مثال، با استفاده از چرخهٔ دمینگ و سیستم برنامه‌ریزان نهایی[1] می‌توان با ارائهٔ 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، مثمر 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 مرحلهٔ پیدایش پروژه و استفاده از تکنیک طراحی ارزش هدف[2] (این تکنیک طراحان و پیمانکاران را از ابتدای طراحی گرد هم می‌آورد تا ارزش مورد نیاز مشتری را متناسب با هزینهٔ 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 دیرهنگام 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 روحیهٔ 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)

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 تجربهٔ 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 نشان‌دهندهٔ 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 پیشگیرانهٔ 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 بالقوهٔ 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] اذعان 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[1] از نگاه کارفرما، در فازهای اولیهٔ پروژه، شناسایی شود. در 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 اصلیِ دوباره‌کاری در پروژه های ساخت‌وساز ایران می‌باشند (جدول ۴).

بصورت کلی، مدیریت صحیح ارتباطات در فازهای اولیهٔ 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، رتبهٔ ۴ را داراست. با این وجود، اثرات ضعف در ارتباطات، می‌تواند بصورت تغییرات دیرهنگام طراحی و تغییرات دیرهنگام 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 تجربهٔ 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 تجربهٔ 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 کنندهٔ این موضوع در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران می‌باشد؛ بصورتی که، تغییر و خطاهای طراحی به ترتیب حائز رتبه‌های ۶ و ۱۳ و تغییرات کارفرما دارای رتبهٔ

1 Value

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

بطور کلی، در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران مسائل مالی، عدم قطعیت‌ها و ریسک‌ها در تأمین مالی پروژه‌ها از مهمترین عوامل ایجاد کنندهٔ دوباره‌کاری هستند. این موضوع بدلیل ماهیت تأمین مالیِ 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 حیطهٔ 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 ۷٫۱٪ از ارزش قرارداد و ۳/۳ هفته تأخیر در پروژه‌ها شده‌اند [۶۲]. Sidwell [۶۳] معتقد است که بررسی اثرات مثبت دخالت کارفرما در پروژه، بوسیلهٔ 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 پروژهٔ LPDS در سیستم ناب، وارد کردن اعضای تیم پروژه در فاز اولیهٔ پروژه و ایجاد تعامل اثربخش و کارآمد بین شرکای پروژه است؛ که مهمترین نتیجهٔ آن می‌تواند مشارکت کارفرما و پیمانکاران در فازهای اولیه و در نتیجه کاهش مسائلی از قبیل تغییر سفارشات و تغییر روش ساخت در فازهای بعدیِ پروژه باشد. از طرفی، تغییرات ایجاد شده توسط کارفرما در کنار استفادهٔ ناکافی از IT توسط تیم طراحی، به عنوان مهمترین عامل‌های ایجاد دوباره‌کاری در پروژه‌های ساخت‌وساز استرالیا شناسایی شده‌اند [۴].

این در حالی است که بر اساس جدول ۵، عدم استفاده یا استفادهٔ ناکارآمد از تکنولوژی عامل بیستم است و این موضوع نشان‌دهندهٔ تفاوت معناداری در اولویتِ استفاده از تکنولوژی در ایران با استرالیا می‌باشد و تکنولوژی از نظر افراد درگیر در پروژه‌های ساخت‌وساز ایران هنوز جایگاه ویژهٔ 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 تجربهٔ تیم پروژه، می‌توانند بر اهمیت دلایل دوباره‌کاری اثرگذار باشند. همان‌طور که در بخش ۲-۲- گفته شد، ساخت‌وساز ناب بر پایهٔ تئوری TFV شکل گرفته است و هدف اصلیِ 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[1]، پیگیری پیشرفت ساخت، یکپارچگی طراحی‌ها و داده‌ها و پیاده سازی ساخت‌وساز ناب از طریق بهبود همکاری تیم پروژه می‌باشد [۶۴]. از طرفی، سیستم تحویل پروژهٔ ناب که بر ارتباطات، همکاری‌ها، تجربهٔ تیم پروژه و طراحی ارزش هدف تأکید دارد، دارای حساسیت بیشتری برای دستیابی به الزامات مشتری و بهبود ساخت‌پذیری طراحی‌های می‌باشد و مشارکت زودهنگام 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 الزمات مشتری می‌تواند مانع رخدادن دوباره کاری 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 تحلیلِ داده‌های مربوط به ۵۲ پروژهٔ ساخت‌وساز در ایران نشان می‌دهند که بر اساس

1 Clash

۵ معیار هزینه، زمان، کیفیت، ایمنی و رضایت اعضای تیم پروژه، عواملِ مربوط به ۱) کارفرما؛ ۲) فاز ساخت؛ و ۳) فاز طراحی به ترتیب سه دلیل با اهمیت سطح اول ایجاد دوباره‌کاری هستند؛ و عواملِ ۱) ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص و بکارگیری منابع؛ ۲) تغییرات دیرهنگام 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 دیرهنگام ایجاد شده توسط کارفرما و ناکافی بودن گردش مالی و تخصیص و بکارگیری منابع بیشترین اهمیت را در خصوص هزینهٔ 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 زمینهٔ کیفیت و ایمنی نیز سطح مهارت ناکافی مهمترین عامل و عدم تعهد به اجرای دقیق نقشه‌ها و نقص تعهدات ایمنی نیز حائز رتبهٔ دوم به ترتیب در معیار کیفیت و معیار ایمنی شدند. از طرفی، نتایج تحلیل همبستگیِ فاکتورهای ساخت‌وساز ناب و اهمیتِ عواملِ 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 رابطهٔ 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 زمینهٔ 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 رابطهٔ 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 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 کشورهایی که در حوزهٔ 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 فلسفهٔ ساخت‌وساز ناب آشنایی کامل و کاربردی نداشته و این موضوع سنجش عملکرد ساخت‌وساز ناب را دشوار می‌کند. با این وجود، در این مقاله مطالعهٔ گسترده‌ای در خصوص عوامل دوباره‌کاری انجام شده که باعث شناخت ریشه‌ای دوباره‌کاری در صنعت ساخت ایران می‌شود و این موضوع همراه با ارائهٔ 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 پروژهٔ 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,

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. Jahren, 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

[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. Mahdavizafarghandi, SPSS20 Application Reference, Bishe 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.

[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 Ldt. UK, 2008.

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