Iran Futures Studies
Print ISSN: 6365-2423
Online ISSN: 2676-6183

Recognizing and Prioritizing of "Construction 4.0" Drivers in Iran for the Horizon of Twenty Years

Seyed Mehdi Alavi
PhD Student in Industrial Administration, Yazd University, Yazd, Iran malavi@stu.yazd.ac.ir
Alireza Naser Sadrabadi
Associate Professor of Industrial Administration, Yazd University, Yazd, Iran
alireza_naser@yazd.ac.ir
Habib ZareAhmadabadi
Associate Professor of Industrial Administration, Yazd University, Yazd, Iran
zarehabib@yazd.ac.ir
Seyed Mojtaba Hosseini Bamakan
Assistant Professor of Industrial Administration, Yazd University, Yazd, Iran
smhosseini@yazd.ac.ir

Abstract

Purpose: The influence of the emerging flow of the Fourth Industrial Revolution in the old construction industry has led to the formation of a new revolutionary flow in this field, which has been introduced to the world of science and technology in recent years as "Construction 4.0". This new phenomenon refers to the application of technologies belonging to the industry 4.0 approach in the construction industry. The main question in this study is what are the drivers and areas affecting the formation of the phenomenon of construction 4.0 in Iran and which of them have more importance and priority.

Methods: To find a scientific answer to this question, a developmental, qualitative and descriptive research was designed. In the first step, an initial list of possible drivers of this phenomenon was compiled based on research records and valid scientific reports. Subsequently, with the formation of a meeting of experts, this list was refined based on the local requirements of the Iranian society. In the second phase of this study, which was conducted with the aim of prioritizing these drivers, with the participation of a number of experts, while performing two rounds of Delphi technique, these factors and areas were prioritized at three levels.

Findings: Two drivers "Scientific cooperation with the developed countries" and "Technological advances in new fields" were selected as the first priority, five drivers as the second priority and eight drivers as the third priority.

Conclusion: The findings of this research can be used to draw a roadmap for our country to join the new construction 4.0 trend and guide strategic and operational plans for the success of the country's construction industry in this field.

Keywords: Construction 4.0, Construction Industry, 4th Industrial Revolution, Drivers.

Cite this article: Alavi, Naser Sadrabadi, ZareAhmadabadi & Hosseini Bamakan (2022) Recognizing and Prioritizing of "Construction 4.0" Drivers in Iran for the Horizon of Twenty Years, Semiannual Journal of Iran Futures Studies, Research Article, Vol.7, NO.1, Spring & Summer 2022, 159-178
DOI: 10.30479/jfs.2022.16872.1373
Received on 4 February, 2022 **Accepted on** 12 June, 2022
Copyright© 2022, The Author(s).
Publisher: Imam Khomeini International University
Corresponding Author: Alireza Naser Sadrabadi
E-mail: alireza_naser@yazd.ac.ir

آینده پژوهی ایران
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۶۳۶۵
شاپا الکترونیکی: ۶۱۸۳-۲۶۷۶

شناسایی و اولویت‌بندی پیشران‌های «ساخت وساز چهار» در ایران برای افق زمان بیست‌ساله

سیدمهدی علوی
دانشجوی دکتری مدیریت دانشگاه یزد، یزد، ایران، malavi@stu.yazd.ac.ir
علیرضا ناصر صدرآبادی
دانشیار مدیریت صنعتی دانشگاه یزد، یزد، ایران، alireza_naser@yazd.ac.ir
حبیب زارع احمدآبادی
دانشیار مدیریت صنعتی دانشگاه یزد، یزد، ایران، zarehabib@yazd.ac.ir
سیدمجتبی حسینی بامکان
استادیار مدیریت صنعتی دانشگاه یزد، یزد، ایران، smhosseini@yazd.ac.ir

چکیده

هدف: نفوذ جریان نوپدید انقلاب صنعتی چهارم در صنعت قدیمی ساخت وساز باعث شده است که جریان انقلابی تازه‌ای در این عرصه شکل بگیرد که طی چند سال اخیر با عنوان «ساخت و ساز چهار» به دنیای علم و فناوری معرفی شده است. منظور از این پدیده نوین، کاربرد فناوری‌های متعلق به رویکرد صنعت چهار در صنعت ساختمان است. سؤال اصلی در این مطالعه آن است که پیشران‌ها و زمینه‌های تأثیرگذار بر شکل‌گیری پدیده ساخت و ساز چهار در کشور ایران کدامند و از آن میان، کدام‌ها اهمیت و اولویت بیشتری دارند.
روش: برای یافتن پاسخ علمی به این پرسش، پژوهشی توسعه‌ای، کیفی و توصیفی طراحی شد که در گام نخست آن، فهرستی اولیه از پیشران‌های احتمالی این پدیده به استناد سوابق پژوهشی و گزارش‌های علمی معتبر تنظیم گردید و سپس با تشکیل نشست خبرگان، این فهرست بر اساس مقتضیات بومی جامعه ایرانی مورد پالایش قرار گرفت. در مرحله دوم، این مطالعه که با هدف اولویت‌بندی این پیشران‌ها اجرا شد، با مشارکت تعدادی از خبرگان، ضمن اجرای دو دور از تکنیک دلفی، این عوامل و زمینه‌ها در سه سطح اولویت‌بندی شدند.
یافته‌ها: دو پیشران «همکاری‌های علمی کشور با جهان پیشرفته» و «پیشرفت‌های فناورانه در عرصه‌های نوین» به‌عنوان اولویت اول انتخاب شدند، پنج پیشران به‌عنوان اولویت دوم و هشت پیشران در اولویت سوم قرار گرفتند.
نتیجه‌گیری: یافته‌های این تحقیق می‌تواند برای ترسیم نقشه راه پیوستن کشورمان به جریان جدید ساخت و ساز چهار مورد استفاده قرار گیرد و برنامه‌های راهبردی و عملیاتی به‌منظور موفقیت صنعت ساختمان کشور در این عرصه را هدایت کند.

واژگان کلیدی: ساخت وساز چهار، صنعت ساختمان، انقلاب صنعتی چهارم، پیشران.

استناد: علوی، ناصر صدرآبادی، زارع احمدآبادی و حسینی بامکان (۱۴۰۱)، شناسایی و اولویت‌بندی پیشران‌های «ساخت وساز چهار» در ایران برای افق زمان بیست ساله، مقاله پژوهشی، دوره ۷، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱: ۱۵۹-۱۷۸
تاریخ دریافت مقاله:۱۴۰۰/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۳/۲۲
ناشر: دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

مقدمه

اهمیت و جایگاه کم‌نظیر صنعت ساخت وساز در تحلیل‌های اقتصادی – اجتماعی تا حدی است که از آن با عنوان موتور توسعه جوامع یاد می‌شود (Afolabi, Nnaji & Okoro, 2022). گزارش‌های رسمی نهادهای بین‌المللی؛ ازجمله مجمع جهانی اقتصاد حاکی از آن است که صنعت ساختمان با بکارگیری بالغ بر صد میلیون نفر از شاغلان دنیا تقریباً شش درصد از تولید ناخالص داخلی مجموع کشورهای جهان را به خود اختصاص داده است (World Economic Forum, 2016: 11) و انتظار می‌رود، این مقدار تا سال ۲۰۳۰ به حدود ۱۵ درصد برسد (Craveiro & et al., 2019).

صنعت ساختمان نیز همانند سایر بخش‌ها، در مسیر پیوستن به جریان انقلاب صنعتی چهارم[1] قرار دارد (Rastogi, 2017). بدین ترتیب، چند سالی است که مفهومی جدید با عنوان «ساخت و ساز ۴٫۰[2]» معرفی شده است که جهت هدایت این بخش کلیدی اقتصاد به سمت استفاده از فناوری‌های نوظهور تلاش می‌کند (Craveiro & et al., 2019) تا مزایای متنوعی؛ شامل منافع اقتصادی (صرفه‌جویی در هزینه، زمان، تحویل به‌موقع، ارتقای کیفیت، ارتقای همکاری‌ها و ارتباطات، بهبود تعامل با مشتری)، مزایای اجتماعی (ارتقای ایمنی، بهبود تصویر صنعت) و تأثیرات زیست‌محیطی (ارتقای پایداری) را برای صنعت ساختمان به‌همراه آورد (Klinc & Turk, 2019). به‌صورت خاص پیش‌بینی می‌شود که فناوری‌های نوپدیدی از قبیل: هوش مصنوعی، واقعیت مجازی و افزوده، چاپ سه‌بعدی، اینترنت اشیا، شبکه حسگرها و ... در این انقلاب فناورانه نقشی اساسی برعهده داشته باشند (Rastogi, 2017).

تحلیل چگونگی پیدایش پدیده ساخت و ساز چهار، مستلزم بهره‌گیری از ساز و کارهای روش‌شناختی ویژه‌ای مانند آینده‌پژوهی[3] است؛ دانشی که به‌دنبال کشف، آزمون و معرفی آینده-های قابل باور است تا بر اساس ارزش‌های جامعه، به ایجاد بهترین آینده کمک کند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). شناسایی پیشران‌ها[4] را می‌توان بنیادی‌ترین گام در فرایند آینده‌پژوهی دانست؛ زیرا پیشران‌ها همان مؤلفه‌هایی هستند که با کمک آن‌ها می‌توان آینده را بهتر شناسایی و توصیف نمود و در شرایط عدم قطعیت، تصمیمات مناسب‌تری اتخاذ کرد (صدیقیان و همکاران، ۱۴۰۰). پیشران‌های شکل‌گیری پدیده ساخت و ساز چهار در هر جامعه و بر اساس مقتضیات بومی‌اش، تفاوت‌هایی با سایر کشورها دارد؛ لذا مطالعه حاضر انجام شده است تا پیشران‌های استقرار نظام ساخت و ساز چهار در جامعه معاصر ایران را مورد شناسایی قرار دهد و سپس مهم‌ترین و

1. 4th Industrial Revolution
2. Construction 4.0
3. Future Study
4. Drivers

اولویت‌دارترین آن‌ها را تعیین کند. به نظر می‌رسد که اجرای تحقیق حاضر را بتوان گامی ضروری برای حضور هوشمندانه ایران در صنعت ساخت و ساز آینده قلمداد نمود.

پیشینه پژوهش

با وجود اهمیت بسیار زیاد و سهم قابل توجه صنعت ساخت و ساز در نظام‌های اقتصادی جوامع مختلف دنیای کنونی، باید پذیرفت که این صنعت باسابقه و عظیم، به‌دلیل ماهیت پویای خود با چالش‌های فراوانی هم روبروست (ملک‌اخلاق و همکاران، ۱۳۹۳) که لازم است برای غلبه بر آن‌ها، از فرصت‌های بیرونی و قوت‌های درونی این نظام بهره‌برداری شود. مهم‌ترین این چالش‌ها، به گواهی مطالعات علمی معتبر از این قرار است: مدیریت انرژی و مسائل زیست-محیطی، به‌دلیل تولید حدود نیمی از گازهای گلخانه‌ای و کربن منتشر شده در جَو (خاتمی و فلاح، ۱۳۸۹؛ رهایی و قائم‌مقامی، ۱۳۹۲؛ شاعری و وکیلی‌نژاد، ۱۳۹۷)؛ مدیریت ایمنی و سلامت، به‌دلیل دچار بودن به بالاترین میزان حوادث شغلی (اردشیر و همکاران، ۱۳۹۵؛ نسل‌سراجی و همکاران، ۱۳۸۶؛ وطنی‌شعاع و همکاران، ۱۳۸۹)؛ مدیریت زنجیره ارزش (Rezgui & et al., 2011؛ کرباسی و محمدزاده، ۱۳۹۶؛ بلندیان و ناصری، ۱۳۹۴؛ آقازاده و همکاران، ۱۳۹۸)؛ تأخیر زمانی پروژه‌ها (کاظمی و افشاری، ۱۳۹۵؛ وکیلی و همکاران، ۱۳۹۵؛ حقیقت و قربانی، ۱۳۹۸) و پایین بودن نسبی بهره‌وری و سطح بکارگیری فناوری (Tay & et al., 2017؛ Kim & et al., 2006؛ Klinc & Turk, 2019؛ Bogue, 2018؛ Rust & Koen, 2011؛ Craveiro & et al., 2019؛ تقدیری و قنبرزاده قمی، ۱۳۹۴).

راه‌حل مناسب برای بسیاری از چالش‌های فراروی صنعت ساختمان را می‌توان در «نظام نوآوری، فناوری و علم» (نظام نفع) جستجو کرد؛ چرا که به اعتقاد بسیاری از صاحب‌نظران، بهره‌برداری موفقیت‌آمیز از فناوری‌های نوین، عاملی حیاتی در دستیابی به رقابت‌پذیری اقتصادی محسوب می‌شود (Tegart, 2003) و در مورد بخش ساخت و ساز نیز گفته شده است که استفاده از نوآوری فناورانه، باعث ایجاد مزیت رقابتی برای این صنعت خواهد شد (Wua & et al., 2016). یکی از مهم‌ترین پدیده‌های علمی و فناورانه‌ای که تأثیراتی ماندگار و شگفتی‌ساز بر تمامی ابعاد زندگی فردی و اجتماعی بشر اعمال می‌کند، مفهوم «انقلاب صنعتی» است. امروزه انقلاب صنعتی چهارم که از آن با عنوان «صنعت ۴.۰» نیز یاد می‌شود، به فناوری‌هایی از قبیل: اینترنت اشیاء، کلان‌داده‌ها، واقعیت افزوده، واقعیت مجازی، امنیت سایبری و ابزار کارایی انرژی اشاره دارد (Sanchez, 2019).

بنا بر گفته بسیاری از آینده‌پژوهان، انقلاب صنعتی چهارم با تمرکز بر گسترش روند دیجیتالی شدن در تمامی عرصه‌های زندگی، از این پتانسیل برخوردار است که بتواند کل صنایع را تغییر دهد و از این منظر، مهندسی و صنعت ساخت وساز نیز از این قاعده مستثنی نیستند (De Lange & et al., 2017). در این صنعت، ارتقای بهره‌وری می‌تواند از راه‌های مختلف؛ ازجمله استفاده از

روبات‌ها برای جایگزینی نیروی کار ساختمانی اتفاق بیافتد (Chen & et al., 2018). به هر حال، تحول در ساخت و ساز تنها به وسیله حرکت مشارکت‌کنندگان به سمت فناوری‌های نوظهور قابل دستیابی است. انقلاب صنعتی چهارم می‌تواند همه کشورها را به عصر جدیدی از ساخت و ساز مدرن هدایت کند، ترکیب صنعت ساخت و ساز با دیجیتالی شدن، کلمات جدیدی را متداول نموده است که از آن جمله می‌توان به ساخت و ساز چهار (Osunsanmi & et al., 2018)، مکانیزه کردن ساخت و ساز (Chen & et al., 2018) و ساخت‌و ساز دیجیتالی (Bonilla & et al., 2018) اشاره کرد.

سوابق مطالعاتی

گرچه مرور سوابق پژوهشی موجود، گزارشی از اجرای مطالعه‌ای علمی که دقیقاً شناسایی و اولویت‌بندی پیشران‌های پدیده ساخت و ساز چهار در ایران را دنبال کرده باشد، نشان نمی‌دهد؛ اما می‌توان به معرفی برخی از مرتبط‌ترین تحقیقاتی پرداخت که در این حوزه در سطح دنیا انجام گرفته‌اند. در تحلیلی کلّی می‌توان سوابق پژوهشی مرتبط با این مطالعه را در سه گروه اصلی به شرح زیر دسته‌بندی نمود:

-نخستین دسته از مطالعات موجود، به شناسایی و معرفی عوامل مؤثر بر جریان ساخت و ساز چهار در کشورهای مختلف (بجز ایران) اختصاص یافته‌اند. نکته مهم آن است که بیشتر این مطالعات، عوامل مؤثر بر این پدیده را در قالب مفاهیمی غیر از پیشران معرفی کرده‌اند؛ برای مثال، برخی آن‌ها را الزامات خوانده و عده‌ای دیگر نیز این عوامل را به‌صورت چالش‌ها بررسی کرده‌اند؛ ضمن آن که تعدادی از محققان نیز عوامل مؤثر بر شکل‌گیری این پدیده را در قالب مدل‌هایی برای پذیرش ساخت و ساز چهار، نقشه راه یا چهارچوب شکل‌دهی به این جریان احصا نموده‌اند. نکته دیگر آن است که هیچ‌کدام از این پژوهش‌ها، به اولویت‌بندی یا مقایسه میان عوامل یا پیشران‌های شناسایی شده نپرداخته‌اند. خلاصه‌ای از یافته‌های این گروه مطالعات، در جدول (۱) ارائه شده است.

-در دومین دسته از این تحقیقات، پدیده ساخت و ساز چهار، مورد تمرکز قرار دارد؛ هرچند که به موضوع اختصاصی شناسایی پیشران‌ها توجهی نشده است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به مطالعه انجام شده توسط کلینک و ترک (۲۰۱۹) اشاره کرد که در گزارش خود به معرفی مفهوم ساخت و ساز چهار پرداخته و ضمن تشریح ریشه‌ها و خاستگاه این مفهوم، ابعاد و عناصر اصلی تشکیل‌دهنده این پدیده نوین را تحلیل کرده‌اند (Klinc & Turk, 2019). در همین راستا، بِل (۲۰۱۷) در پژوهشی به تحلیل نقش فناوری بلاک‌چین بر صنعت ساختمان پرداخته و مهم‌ترین فرصت‌ها، موانع و چالش‌های قابل پیش‌بینی در این حوزه را بر اساس مطالعه‌ای مروری مورد تحلیل قرار داده است. این پژوهشگر، تحلیل خود را در راستای تحقق آرمان دیجیتالی کردن صنعت ساختمان یا تحقق پدیده ساخت و ساز چهار صورت داده است (Belle, 2017).

-گروه سوم از مطالعات پیشین، به معرفی پیشران‌های مرتبط با جریان‌های فرعی ناشی از انقلاب صنعتی چهارم (بجز صنعت ساختمان) پرداخته‌اند. برای مثال؛ خالقی در مطالعه‌ای با عنوان «چالش‌ها و پیشران‌های مدیریت آینده در مختصات عصر دیجیتال»، به شناسایی و ارائه مهم‌ترین پیشران‌ها و حوزه‌های فناورانه ناشی از انقلاب صنعتی چهارم پرداخته است که به توسعه کاربردهای اقتصاد دیجیتال در حوزه‌های مختلف منجر شده‌اند (خالقی بایگی، ۱۳۹۹). در مطالعه دیگری با عنوان «انقلاب صنعتی چهارم و اقتصاد دیجیتال: پیشران‌های رشد اقتصادی پایدار»، اسعدی با شناسایی پیشران‌ها، ابعاد اثرگذاری انقلاب صنعتی چهارم و اقتصاد دیجیتال بر رشد اقتصادی پایدار و تغییرات بنیادین در نظام اقتصادی کلاسیک را بررسی کرده است (اسعدی، ۱۳۹۸).

در مجموع و با مرور تحلیل‌مند بر سوابق مطالعاتی مشابه، می‌توان به این جمع‌بندی رسید که مطالعه حاضر به دلیل هدف‌گذاری برای شناسایی و اولویت‌بندی پیشران‌های پدیده بسیار جدید ساخت و ساز چهار و همچنین به‌دلیل تمرکز بر کشور ایران به‌عنوان قلمروی مکانی تحقیق، دارای نوآوری‌های نسبی در مقایسه با تحقیقات مشابه قبلی است. جدول (۲)، برخی تمایزات مطالعه حاضر با سوابق پژوهشی پیشین را ارائه کرده است.

جدول ۱- خلاصه یافته‌های تحقیقات پیشین درباره عوامل مؤثر بر پدیده ساخت وساز چهار

ردیف	نام محقق (سال انتشار)	موضوع تحقیق	فهرست عوامل مؤثر
۱	El Jazzar & et al. (2020)	الزامات ساخت و ساز چهار	تغییر نگرش از پروژه‌محوری به فرآیندمحوری/ بازمهندسی فرآیندهای کاری/ تأمین منابع مالی/ استانداردها و چارچوب‌های جهانی
۲	Osunsanmi & et al. (2018)	الزامات ساخت و ساز چهار	آگاهی و آشنایی عمومی/ توسعه فناوری‌های نوین/ دیجیتالی‌سازی صنعت
۳	Osunsanmi & et al. (2020)	پذیرش ساخت و ساز چهار	رواج فناوری‌های سایبری-فیزیکی/ سرمایه‌گذاری اقتصادی/ پذیرش سیاسی و اجتماعی فناوری‌های نوین/ دانش فنی متخصصان/ تأمین منابع مالی/ آموزش
۴	Schönbeck & et al. (2020)	حضور ساخت و ساز چهار	فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات/ خودکارسازی و صنعتی‌سازی
۵	Sawhney& et al. (2020)	چارچوب ساخت و ساز چهار	تأمین منابع مالی/ سرمایه‌گذاری اقتصادی/ مهارت‌آموزی/ استانداردسازی/ امنیت اطلاعات/ حمایت حقوقی و قضایی
۶	Hossain& Nadeem (2019)	چارچوب ساخت و ساز چهار	پیشرفت فناورانه/ زیرساخت‌های حقوقی-قضایی/ تحول سازمانی/ شفافیت اطلاعات/ عدم تمرکز تصمیمات/ پیوندهای شبکه‌ای
۷	Kozlovska& et al. (2021)	شکل‌گیری ساخت و ساز چهار	انقلاب صنعتی چهارم/ پذیرش نظام اخلاقی
۸	Noran& et al. (2020)	نقشه راه ساخت و ساز چهار	شبکه‌های همکاری/ رواج مدل‌های مرجع معماری سازمانی/ توسعه مهارت‌های دیجیتال منابع انسانی/ خودکارسازی صنعتی/ رواج سیستم‌های اطلاعاتی/ تحول دیجیتال
۹	Sherratt (2020)	چالش‌های ساخت و ساز چهار	پذیرش اجتماعی فناوری‌های نوین/ همراهی منابع انسانی با فناوری‌های جدید/ پذیرش ملاحظات اخلاقی/ تصمیم‌گیری‌های ماشینی/ چارچوب حقوقی

جدول ۲- تمایزات و نوآوری‌های مطالعه حاضر در مقایسه با تحقیقات پیشین

ردیف	عنوان گروه مطالعات قبلی	نمونه مطالعات	تمایز مطالعه حاضر
۱	معرفی عوامل مؤثر بر جریان ساخت‌وساز چهار در کشورهای مختلف	El Jazzar & et al. (2020); Osunsanmi & et al. (2018, 2020); Schönbeck & et al. (2020); Sawhney& et al. (2020); Hossain& Nadeem (2019); Kozlovska& et al. (2021); Noran& et al. (2020); Sherratt (2020)	تمرکز بر کشور ایران/ هدف-گذاری برای اولویت‌بندی عوامل شناسایی شده
۲	معرفی پدیده ساخت وساز چهار	Klinc & Turk (2019); Belle (2017)	شناسایی پیشران‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها
۳	معرفی پیشران‌های مرتبط با جریان‌های فرعی ناشی از انقلاب صنعتی چهارم	خالقی بایگی (۱۳۹۹)، اسعدی (۱۳۹۸)	تمرکز بر پدیده نوین ساخت و ساز چهار

روش‌شناسی

مطالعه حاضر که از نوع تحقیقات توسعه‌ای، کیفی و توصیفی محسوب می‌شود، در دو مرحله و به شرح زیر اجرا شده است:

در مرحله اول، با هدف شناسایی عوامل و پیشران‌های شکل‌گیری پدیده ساخت و ساز چهار در ایران، ابتدا به مطالعه کتابخانه‌ای اسناد علمی و گزارش‌های معتبر در این عرصه پرداخته شد. منبع اصلی گردآوری داده در این بخش، کتب، مقالات علمی و گزارش‌های رسمی در زمینه عوامل مؤثر بر جریان ساخت و ساز چهار بوده‌اند. بدین ترتیب، فهرستی اولیه از این پیشران‌ها ایجاد شد که برای متناسب‌سازی آن با مقتضیات جامعه ایرانی، به تشکیل نشست خبرگان با حضور پنج نفر از متخصصان ملی در این زمینه اقدام شد. معیار انتخاب خبرگان، علاوه بر علاقه-مندی، به مشارکت در مطالعه حاضر، برخورداری از سابقه پژوهشی (حداقل دو کتاب یا مقاله) در زمینه انقلاب صنعتی چهارم (یا ساخت و ساز چهار)، همچنین سابقه فعالیت اجرایی یا آموزشی در رشته مهندسی عمران یا معماری به میزان دست‌کم ۱۵ سال بوده است. بر اساس معیارهای بالا و با توجه به پاسخ‌های ارائه شده به فراخوان محقق، تعداد ۵ نفر خبره با این مطالعه همکاری داشته‌اند. ترکیب این نشست؛ شامل دو نفر از مسئولان سازمان‌های تحقیقاتی و فناورانه کشور در صنعت ساختمان با مدرک دکتری تخصصی، دو نفر از اعضای هیأت علمی دانشگاه‌های کشور در رشته‌های معماری و مهندسی عمران به‌همراه یک نفر دانش‌آموخته دکتری تخصصی مدیریت فناوری شاغل در نظام مهندسی ساختمان بوده است. مشخصات جمعیت‌شناختی خبرگان تحقیق در جدول شماره (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- مشخصات جمعیت‌شناختی تحقیق

معیار		تعداد	درصد
جنسیت	زن	۱	۲۰
	مرد	۴	۸۰
مدرک تحصیلی	دکتری	۵	۱۰۰
	کارشناسی ارشد	۰	۰
فعالیت اجرایی	کمتر از ۲۰ سال	۳	۶۰
	بیشتر از ۲۰ سال	۲	۴۰

حاصل اجرای این مرحله، در قالب فهرست پالایش شده از پیشران‌های ساخت وساز چهار در ایران برای افق زمانی بیست‌ساله تنظیم شده که حاوی پانزده عنوان پیشران است.

–در فاز اولویت‌بندی عوامل و پیشران‌های ساخت وساز چهار در ایران، از تکنیک دلفی استفاده شده است؛ بدین ترتیب که تمامی پنج نفر خبرگان مشارکت‌کننده در مرحله قبل، به‌عنوان اعضای گروه دلفی مورد نظرخواهی قرار گرفتند. با اجرای دور نخست دلفی، دو مورد از اولویت‌دارترین پیشران‌ها که مورد توافق بیش از هفتاد درصد از اعضای گروه (چهار نفر از پنج نفر) بودند، شناسایی شد. در دور دوم، اجرای تکنیک دلفی نیز پنج پیشران دیگر به‌عنوان عوامل اولویت‌دار، مورد توافق خبرگان قرار گرفت. بر این اساس، مجموعه پانزده پیشران شناسایی شده در مرحله نخست، با اجرای دو دور متوالی از تکنیک دلفی در سه سطح و بدین شرح اولویت‌بندی شدند: سطح اول شامل دو پیشران؛ سطح دوم شامل پنج پیشران و سطح سوم شامل هشت پیشران.

یافته‌ها

شناسایی و تحلیل پیشران‌ها

نتایج حاصل از بررسی کتابخانه‌ای منابع علمی ناظر بر جریان ساخت وساز چهار، منجر به شناسایی تعداد ۴۰ عنوان پیشران یا عامل تأثیرگذار بر شکل‌گیری این پدیده نوین گردید که فهرست تفصیلی آن‌ها در جدول (۱) در بخش سوابق مطالعاتی پژوهش آمده است. با تشکیل نشست خبرگان و پس از برگزاری دو نشست، حدود دو ساعت در یک روز، اقدام به پالایش این فهرست صورت گرفت. بدین ترتیب و با حذف موارد تکراری یا غیرمتناسب با مقتضیات بومی قلمروی تحقیق، ادغام موارد مشابه و همچنین تعدیل و متناسب‌سازی عنوان برخی عوامل، فهرستی شامل پانزده عنوان پیشران تنظیم گردید که شکل‌گیری پدیده ساخت و ساز چهار، در افق زمانی بیست‌ساله ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

از آن‌جا که پویش محیطی به‌عنوان ابزار مقدماتی آینده‌پژوهی در ایجاد دیدگاه رو به جلو نقش مهمی ایفا می‌کند (فرخ‌شاهی و همکاران، ۱۴۰۰)، بنا به تشخیص و توافق اعضای نشست خبرگی و با استفاده از رویکرد دسته‌بندی عوامل راهبردی در محیط پیرامونی سیستم‌ها (موسوم به مدل PEST[1])، این پانزده عامل در چهار دسته اصلی (شامل سیاسی[2]، اقتصادی[3]، اجتماعی[4] و

۱.این روش اولین بار توسط استاد دانشگاه هاروارد، فرانسیس آگیلار در کتابی که به نام «بایش محیط بیرونی کسب و کار» در سال ۱۹۶۷ منتشر کرد با حروف ETPS معرفی شد و سپس جهت سهولت در استفاده و تلفظ به PEST تغییر کرد (Rastogi & Tirvedi, 2016).

2. Political
3. Economical
4. Social

فناورانه[1]) طبقه‌بندی شدند. جدول (۴) مجموعه پیشران‌های شناسایی و دسته‌بندی شده را روایت می‌کند.

جدول ۴- پیشران‌های مؤثر بر جریان ساخت و ساز چهار

عنوان طبقه	فهرست پیشران‌ها
عوامل سیاسی (P)	۱- حمایت حقوقی و قضایی از این پدیده/ ۲- پذیرش سیاسی - اجتماعی فناوری‌های نوین/ ۳- همکاری‌های علمی کشور با جهان پیشرفته
عوامل اقتصادی (E)	۴-تأمین مالی هزینه فناوری‌های نوین/ ۵-حجم سرمایه‌گذاری اقتصادی در تحقیق و توسعه (R&D)
عوامل اجتماعی (S)	۶- آگاهی و اطلاع افکار عمومی از این پدیده/ ۷- سرعت پیشرفت علمی جامعه/ ۸-پیوندهای شبکه‌ای در صنعت/ ۹- همراهی نظام اخلاقی (و دینی)
عوامل فناورانه (T)	۱۰- رویکرد فنی حاکم بر صنعت ساخت و ساز/ ۱۱- بازمهندسی فرآیندهای کاری/ ۱۲-تدوین استانداردهای جهانی در این زمینه/ ۱۳- پیشرفت‌های فناورانه در عرصه‌های نوین/ ۱۴- دیجیتالی‌سازی صنعت/ ۱۵- سطح دانش فنی متخصصان صنعت ساخت و ساز

سطح دیگری از تحلیل پیشران‌های شناسایی شده را نیز می‌توان بر مبنای فاصله مفهومی هرکدام از این عوامل، با هسته مرکزی پدیده ساخت و ساز چهار ارائه نمود. بر این اساس، مجموعه این پانزده پیشران در پنج سطح و به شرح زیر (مطابق با مندرجات جدول ۵) قابل تحلیل و طبقه‌بندی هستند:

الف) عوامل مربوط به پدیده ساخت و ساز چهار: کمّیت و کیفیت‌بخشی از این پیشران‌ها، به ویژگی‌ها و چگونگی کارکرد پدیده ساخت و ساز چهار وابستگی دارد و در سطح «ریز» قابل تحلیل هستند. برای مثال؛ «بازمهندسی فرایندهای کاری» و همچنین «تأمین مالی هزینه فناوری-های نوین» در این لایه قرار دارند.

ب) عوامل مربوط به خرده‌نظام صنعت ساختمان: لایه دوم از این پیشران‌ها تحت تأثیر ساز و کارها و مختصات صنعت ساختمان هر جامعه یا منطقه قرار دارند. سطح تحلیل این متغیرها «خرد» است و عواملی از قبیل: «رویکرد فنی حاکم بر صنعت ساخت و ساز» و «سطح دانش فنی متخصصان صنعت ساختمان» در آن جای دارند.

ج) عوامل مربوط به نظام کسب و کار: گروهی دیگر از پیشران‌های پدیده ساخت و ساز چهار، در سطح «میانه» قابل تحلیل هستند و در ارتباط با مشخصات کلی فضای کسب و کار جامعه (نه صرفاً صنعت ساختمان) قرار دارند. «دیجیتالی‌سازی صنعت»، «پیوندهای شبکه‌ای در صنعت»، «حجم سرمایه‌گذاری اقتصادی در تحقیق و توسعه (R&D)» و «پیشرفت‌های فناورانه در عرصه-های نوین»، از جمله این عوامل هستند.

د) عوامل مربوط به اَبَرنظام جامعه ملی: بخش مهمی از عوامل تأثیرگذار بر سرعت و کیفیت تحقق پدیده ساخت و ساز چهار، در فضایی فراتر از کسب و کار قرار گرفته‌اند. به‌عبارت دیگر؛ این پیشران‌ها در سطح «کلان» و مرتبط با شرایط جامعه ملی در ابعاد سیاسی، اجتماعی، اقتصادی

1. Technological

و فنی قابل تحلیل هستند. برای نمونه، عواملی همچون «حمایت حقوقی و قضایی از این پدیده»، «پذیرش سیاسی – اجتماعی فناوری‌های نوین»، «آگاهی و اطلاع افکار عمومی از این پدیده»، «سرعت پیشرفت علمی جامعه» و همچنین «همراهی نظام اخلاقی و دینی» در این گروه جای می‌گیرند.

هـ) عوامل مربوط به فرانظام جامعه جهانی: آخرین سطح از تحلیل پیشران‌های ساخت و ساز چهار، ناظر بر متغیرهایی است که در گستره‌ای فراملی به ایفای نقش می‌پردازند. عواملی از قبیل: «همکاری‌های علمی کشور با جهان پیشرفته» و «تدوین استانداردهای جهانی در زمینه ساخت و ساز چهار» را می‌توان در این دسته از پیشران‌ها و در سطح «وراکلان» مورد تحلیل قرار داد.

جدول ۵) طبقه‌بندی پیشران‌های ساخت و ساز چهار براساس سطح تحلیل (فاصله مفهومی تا هسته مرکزی)

سطح تحلیل	فاصله مفهومی تا هسته	موضوع مورد تحلیل	عنوان پیشران‌ها
ریز	هیچ	پدیده ساخت‌وساز چهار	بازمهندسی فرایندهای کاری/ تأمین مالی هزینه فناوری‌های نوین
خرد	کم	خرده‌نظام صنعت ساختمان	رویکرد فنی حاکم بر صنعت ساخت‌وساز/ سطح دانش فنی متخصصان صنعت ساختمان
میانه	متوسط	نظام کسب‌وکار	دیجیتالی‌سازی صنعت/ پیوندهای شبکه‌ای در صنعت/ حجم سرمایه‌گذاری اقتصادی در تحقیق و توسعه(R&D)/ پیشرفت‌های فناورانه در عرصه‌های نوین
کلان	زیاد	آبرنظام جامعه ملی	حمایت حقوقی و قضایی از این پدیده/ پذیرش سیاسی – اجتماعی فناوری‌های نوین/ آگاهی و اطلاع افکار عمومی از این پدیده/ سرعت پیشرفت علمی جامعه/ همراهی نظام اخلاقی (و دینی)
وراکلان	خیلی زیاد	فرانظام جامعه جهانی	همکاری‌های علمی کشور با جهان پیشرفته/ تدوین استانداردهای جهانی در زمینه ساخت و ساز چهار

اولویت‌بندی پیشران‌ها

به‌منظور تعیین الگوی اولویت‌بندی پیشران‌های پدیده ساخت و ساز چهار در ایران، ضمن بهره‌گیری از تکنیک دلفی، نظرات پنج نفر از خبرگان سطح ملی مرتبط با موضوع مطالعه (معرفی شده در بخش روش‌شناسی) در این باره استخراج گردید. معیار توقف اجرای دورهای متناوب دلفی نیز دستیابی به توافق حداقل هفتاد درصد از اعضای گروه دلفی (چهار نفر از پنج نفر) تعیین گردید. در دور نخست از این نظرخواهی، فهرست کامل پیشران‌ها (شامل پانزده عامل) در اختیار اعضای دلفی قرار گرفت تا هرکدام از این عوامل را از دو منظر امتیازدهی کنند:

میزان اهمیت: منظور از این شاخص، شدت تأثیرگذاری هر عامل در شکل‌گیری پدیده‌ی ساخت و ساز چهار در کشور ایران بوده است؛ به‌طوری که هرچه تأثیر عاملی در شکل‌گیری این پدیده بیشتر و قوی‌تر باشد، اهمیت بالاتری خواهد داشت.

میزان عدم قطعیت: منظور از این معیار، میزان نامطمئن بودن آینده هر عامل (در افق زمانی بیست‌ساله) بوده است؛ به‌طوری‌که هرچه آینده پیشران، مبهم‌تر و پیش‌بینی آن در افق بیست-ساله دشوارتر باشد، آن عامل دارای عدم قطعیت بیشتری خواهد بود.

امتیازدهی به این دو معیار، از طریق انتخاب گزینه‌های طراحی شده بر اساس الگوی طیف لیکرت بوده است و معیار انتخاب هر عامل به‌عنوان پیشران اولویت‌دار، انتخاب گزینه «زیاد» یا «خیلی زیاد» از طرف خبرگان تعیین شد. تحلیل داده‌های گردآوری شده از خبرگان در دور نخست دلفی، موجب شناسایی دو عنوان پیشران اولویت‌دار شد که بیش از هفتاد درصد از اعضای گروه دلفی در مورد اولویت‌دار بودن آن‌ها با انتخاب گزینه‌های یاد شده از طیف لیکرت اجماع داشتند. این دو پیشران مهم و کلیدی عبارتند از: «همکاری‌های علمی کشور با جهان پیشرفته» و «پیشرفت‌های فناورانه در عرصه‌های نوین».

برای اجرای دومین دور از تکنیک دلفی، دو پیشران اولویت‌دار شناسایی شده در دور اول، از فهرست پیشران‌ها حذف شدند و سیزده عامل باقی‌مانده در فهرست پیشران‌ها، مورد نظرخواهی خبرگان قرار گرفت تا مواردی را که حائز اولویت بالاتری هستند، برگزینند. در این مرحله نیز پنج عامل به‌عنوان پیشران‌های اولویت‌دار، مورد توافق بیش از هفتاد درصد از خبرگان قرار گرفت که عبارتند از: «بازمهندسی فرآیندهای کاری»، «حجم سرمایه‌گذاری اقتصادی در تحقیق و توسعه (R&D)»، «سرعت پیشرفت علمی جامعه»، «تأمین مالی هزینه فناوری‌های نوین» و «دیجیتالی‌سازی صنعت». بدین ترتیب، سطح سوم پیشران‌ها نیز شامل هشت عاملی خواهد بود که در دو دور اجرای تکنیک دلفی توسط خبرگان حائز اولویت اصلی تشخیص داده نشدند. این هشت پیشران پدیده ساخت و ساز چهار در ایران که در سطح سوم اولویت‌بندی جای می‌گیرند، عبارتند از: «پذیرش سیاسی و اجتماعی فناوری‌های نوین»، «پیوندهای شبکه‌ای در صنعت»، «رویکرد فنی حاکم بر صنعت ساخت و ساز»، «آگاهی و اطلاع افکار عمومی از پدیده ساخت و ساز ۴,۰»، «همراهی نظام اخلاقی (و دینی)»، «سطح دانش فنی متخصصان صنعت ساخت و ساز»، «حمایت حقوقی و قضایی از پدیده ساخت و ساز ۴,۰» و «تدوین استانداردهای جهانی در این زمینه».

بدین ترتیب، مجموعه پانزده پیشران اصلی شکل‌گیری ساخت و ساز چهار در ایران در سه سطح و به شرح جدول (۵) اولویت‌بندی شده‌اند. تصویری از الگوی توزیع پیشران‌های اولویت‌دار در طبقات چهارگانه (سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فناورانه) و همچنین سطوح پنج‌گانه تحلیلی (ریز، خرد، میانه، کلان و وراکلان) در جدول (۶) آمده است.

جدول (۵)- سطوح سه‌گانه اولویت‌بندی پیشران‌های ساخت و ساز چهار در ایران

عنوان سطح	تعداد پیشران‌ها	فهرست پیشران‌ها
سطح اول: بالاترین اولویت	۲	همکاری‌های علمی کشور با جهان پیشرفته، پیشرفت‌های فناورانه در عرصه‌های نوین
سطح دوم: اولویت میانه	۵	بازمهندسی فرآیندهای کاری، حجم سرمایه‌گذاری اقتصادی در تحقیق و توسعه (R&D)، سرعت پیشرفت علمی جامعه، تأمین مالی هزینه فناوری‌های نوین، دیجیتالی‌سازی صنعت
سطح سوم: کمترین اولویت	۸	پذیرش سیاسی و اجتماعی فناوری‌های نوین، پیوندهای شبکه‌ای در صنعت، رویکرد فنی حاکم بر صنعت ساخت وساز، آگاهی و اطلاع افکار عمومی از پدیده ساخت وساز ۴,۰، همراهی نظام اخلاقی (و دینی)، سطح دانش فنی متخصصان صنعت ساخت وساز، حمایت حقوقی و قضایی از پدیده ساخت و ساز ۴,۰، تدوین استانداردهای جهانی در این زمینه

جدول (۶)- الگوی توزیع پیشران‌های اولویت‌دار ساخت و ساز چهار در طبقات موضوعی چهارگانه و سطوح پنج‌گانه تحلیلی

عنوان سطح	طبقات چهارگانه‌ی موضوعی				سطوح پنجگانه تحلیلی				
	تعداد عوامل سیاسی	تعداد عوامل اقتصادی	تعداد عوامل اجتماعی	تعداد عوامل فناورانه	تعداد عوامل ریز	تعداد عوامل خرد	تعداد عوامل میانه	تعداد عوامل کلان	تعداد عوامل وراکلان
سطح اول: بالاترین اولویت	۱			۱			۱		۱
سطح دوم: اولویت میانه		۲		۳	۲		۲	۱	
سطح سوم: کمترین اولویت	۲		۳	۳		۲	۱	۴	۱

بحث و نتیجه‌گیری

جمع‌بندی نهایی از یافته‌های این پژوهش را می‌توان بدین ترتیب ارائه نمود که سرعت و کیفیت شکل‌گیری پدیده ساخت و ساز چهار، در کشور ایران تحت تأثیر پیشران‌های متعددی قرار دارد که پانزده مورد از مهم‌ترین آن‌ها در چهار گروه سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فناورانه و همچنین پنج سطح تحلیلی (شامل ریز، خرد، میانه، کلان و وراکلان) قابل طبقه‌بندی هستند. در اولویت‌بندی این پیشران‌ها مشخص شد که سطح نخست اولویت را دو پیشران کلیدی؛ شامل «همکاری‌های علمی کشور با جهان پیشرفته» و «پیشرفت‌های فناورانه در عرصه‌های نوین» تشکیل می‌دهد. دومین سطح از پیشران‌های اولویت‌دار، از پنج عامل تشکیل شده است که عبارتند از: «بازمهندسی فرآیندهای کاری»، «حجم سرمایه‌گذاری اقتصادی در تحقیق و توسعه (R&D)»، «سرعت پیشرفت علمی جامعه»، «تأمین مالی هزینه فناوری‌های نوین» و «دیجیتالی‌سازی صنعت» و درنهایت، آخرین سطح از پیشران‌ها که دارای کمترین اولویت هستند، در بر گیرنده هشت عامل مؤثر بر شکل‌گیری جریان ساخت وساز چهار در ایران است که عبارتند از: «پذیرش سیاسی و اجتماعی فناوری‌های نوین»، «پیوندهای شبکه‌ای در صنعت»، «رویکرد فنی حاکم بر صنعت ساخت و ساز»، «آگاهی و اطلاع افکار عمومی از پدیده ساخت و ساز ۴,۰»، «همراهی نظام اخلاقی (و دینی)»، «سطح دانش فنی متخصصان صنعت ساخت و ساز»، «حمایت حقوقی و قضایی از پدیده ساخت و ساز ۴,۰» و «تدوین استانداردهای جهانی در این زمینه».

از آنجا که احصای پیشران‌های ساخت و ساز چهار، در این مطالعه بر اساس تحلیل داده‌های حاصل از سوابق پژوهشی صورت گرفته است، یافته‌های آن با بخش زیادی از مطالعات قبلی هم‌راستایی دارد. برای نمونه «ال جزر» و همکاران (۲۰۲۰)، مهم‌ترین الزامات شکل‌گیری ساخت و ساز چهار را بازمهندسی فرآیندهای کاری، تأمین منابع مالی و تدوین استانداردها و چارچوب‌های جهانی برای این مفهوم دانسته است. همچنین «اوسان‌سنمی» و همکارانش (۲۰۱۸)، عواملی همچون آگاهی و آشنایی عمومی، توسعه فناوری‌های نوین و دیجیتالی‌سازی

صنعت را به‌عنوان اصلی‌ترین الزامات ساخت و ساز چهار معرفی کرده‌اند. ازجمله مطالعاتی که بیشترین تمرکز را بر متغیرهای اجتماعی و عوامل انسانی دخیل در صنعت ساختمان اعمال کرده‌اند، توسط «نوران» و همکارانش (۲۰۲۰) انجام شده است؛ به‌طوری که عواملی همچون توسعه شبکه‌های همکاری و نیز تقویت مهارت‌های دیجیتال، منابع انسانی را در طراحی نقشه راه ایجاد جریان ساخت و ساز چهار مورد توجه ویژه قرار داده‌اند. همچنین «شرات» (۲۰۲۰)، مفاهیمی اجتماعی مانند پذیرش اجتماعی فناوری‌های نوین، همراهی منابع انسانی با فناوری‌های جدید و پذیرش ملاحظات اخلاقی در تصمیم‌گیری‌های ماشینی را به‌عنوان چالش‌های استقرار نظام ساخت و ساز چهار معرفی کرده است. مطالعه حاضر نیز از آن جهت که برخی پیشران‌های اجتماعی مانند آگاهی و اطلاع افکار عمومی از این پدیده، پیوندهای شبکه‌ای در صنعت و همراهی نظام اخلاقی و دینی با این فناوری‌های نوپدید را به‌عنوان پیشران‌های ساخت و ساز چهار، در کشور شناسایی کرده است، با این دسته تحقیقات قبلی هم‌راستا ارزیابی می‌شود.

ازجمله تفاوت‌های اصلی نتایج حاصل از مطالعه حاضر، با بخش زیادی از تحقیقات قبلی، اولویت دادن به متغیرهای سیاسی (به‌ویژه تعامل علمی با کشورهای پیشرفته) در مقایسه با عوامل فناورانه، اقتصادی و حتی اجتماعی است. به نظر می‌رسد، دلیل این وضعیت را باید شرایط خاص کشور در زمان اجرای تحقیق دانست که به‌علت تحریم‌های سیاسی دنیای غرب علیه ایران، سرعت پیشرفت فناوری در بسیاری از حوزه‌ها کاهش یافته است و بخش زیادی از جامعه علمی و فناورانه کشور معتقدند که لازم است نظام سیاسی کشور از این تحریم‌ها رهایی یابد تا بتواند پیشرفت علم و فناوری را نیز سرعت دهد. در چنین شرایطی که فضای سیاسی به‌ویژه مناسبات بین‌المللی کشور در محیط منطقه‌ای و جهانی بر موفقیت‌های علمی و فناورانه در حوزه‌های مختلف سایه افکنده است، دور از انتظار نیست که پیشران‌هایی مانند تعامل علمی با جهان پیشرفته در اولویت قرار گیرد. از سوی دیگر، به دلیل آن که بیشتر تحقیقات قبلی در این زمینه، پیشران‌ها و الزامات ساخت و ساز چهار را در جوامع پیشرفته غربی مورد تحلیل قرار داده‌اند، نیاز به برقراری تعاملات علمی با دیگر جوامع را دارای اولویت ندانسته‌اند؛ در حالی که برای کشوری مانند ایران که در مقایسه با کشورهای پیشرفته و حتی برخی جوامع در حال توسعه، از نظر فناوری‌های صنعت ساختمان، کشوری دنباله‌رو و مصرف‌کننده محسوب می‌شود، ضرورت دارد که در تعامل اثربخش با کشورهای توسعه یافته علمی، وضعیت خود را بهبود بخشد و با کمک آن‌ها به فرآیند تولید و توسعه فناوری‌های نوین وارد شود. از همین روست که نخستین پیشران اولویت‌دار برای شکل‌گیری جریان ساخت و ساز چهار در این کشور، همکاری‌های علمی با جوامع پیشرفته تعیین شده و دومین عامل اولویت‌دار نیز تسریع پیشرفت‌های فناورانه در عرصه‌های نوین معرفی شده است؛ در حالی‌که در بخش زیادی از پژوهش‌های پیشین که در

جوامع پیشرفته صورت گرفته است، ملاحظات اجتماعی، سیاسی و حتی اقتصادی در اولویت قرار گرفته‌اند.

بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر می‌توان پیشنهادهایی به مسئولان اجرایی صنعت ساختمان در ایران ارائه نمود. در وهله نخست و از آنجا که «همکاری‌های علمی کشور با جهان پیشرفته» به‌عنوان اولویت‌دارترین پیشران شکل‌گیری پدیده ساخت و ساز چهار در ایران شناسایی شده است، توصیه می‌شود تفاهم‌نامه‌ای چهارجانبه میان وزارت راه و شهرسازی، وزارت امور خارجه، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و همچنین معاونت علمی و فناوری رییس جمهور منعقد شود تا از ظرفیت‌های اختصاصی هرکدام از این نهادها در راستای تحقق هدف مشترک تسهیل تبادلات علمی و فناورانه در حوزه ساخت و ساز با سایر کشورها در عرصه ساخت و ساز چهار بهره‌برداری شود. کشورهای هدف در این تفاهم‌نامه را می‌توان جوامع پیشتاز در عرصه ساخت و ساز چهار؛ مانند آلمان، آمریکا و چین تعیین کرد. از سوی دیگر و به دلیل آن که «پیشرفت‌های فناورانه در عرصه‌های نوین» هم در سطح نخست، اولویت‌دارترین پیشران‌های ساخت و ساز چهار معرفی شده است، مناسب به نظر می‌رسد که مرکز تحقیقاتی ویژه‌ای برای توسعه فناوری‌های نوین صنعت ساخت و ساز چهار در کشور تأسیس شود تا ضمن همکاری با دانشگاه‌ها و پژوهشکده‌های موجود و مرتبط، توان کشور را برای ارتقای پیشرفت‌های فناورانه در این عرصه بسیج کند.

همچنین از آنجا که مطالعه حاضر با محدودیت‌هایی مواجه بوده است، به پژوهشگران علاقه‌مند توصیه می‌شود مسیر تحقیقاتی ایجاد شده توسط این مطالعه را با اجرای پژوهش‌های تکمیلی تداوم دهند. به‌صورت ویژه پیشنهاد می‌شود؛ آینده‌پژوهی پدیده ساخت و ساز چهار در ایران، بر اساس پیشران‌های اولویت‌دار معرفی شده در این مطالعه و با طراحی سناریوهای باورپذیر از آینده‌های محتمل در این عرصه به‌صورت علمی انجام شود. همچنین به محققان آتی توصیه می‌شود، از روش‌شناسی کمّی برای اولویت‌بندی پیشران‌های شناسایی شده در این پژوهش استفاده کنند تا بتوان یافته‌های این دو رویکرد روش‌شناختی را مورد مقایسه قرار داد. علاوه بر این، از آنجا که محدودیت دیگر این مطالعه، اولویت‌بندی پیشران‌ها بر اساس دو معیار اهمیت و عدم قطعیت بوده است، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده، سایر شاخص‌های معتبر نیز در فرآیند اولویت‌بندی مورد تحلیل قرار گیرد.

کتابنامه

آقازاده، هاشم؛ حسنقلی‌پور یاسوری، طهمورث؛ مهرنوش، مینا؛ لطیفی، محمدمهدی؛ سلیمانی، سام (۱۳۹۸) طراحی مدل فروش مبتنی بر نوآوری باز در صنعت ساختمان (نمونه پژوهی: گروه شرکت های ساختمانی ایرانیان اطلس). *مدیریت بازرگانی*، ۱۱ (۲): ۲۲۱-۲۴۰.

احمدی، اسماعیل؛ ملکی، محمدحسن؛ ثانوی‌فرد، رسول؛ فتحی، محمدرضا (۱۳۹۹) ارائه مدلی برای آینده‌پژوهی زنجیره تأمین صنعت نفت با رویکرد نرم. *نشریه آینده‌پژوهی ایران*، ۵ (۱): ۸۱-۱۰۴.

اردشیر، عبدالله؛ خلیلیان پور، امیرحسین؛ باقری چنار، قاسم؛ علیپوری، یعقوب (۱۳۹۵) تعیین مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد ایمنی مگاپروژه‌ها در صنعت ساختمان ایران (با روش فازی AHP). *سلامت کار ایران*، ۱۳ (۲): ۲۸-۱۷.

اسعدی، مرضیه (۱۳۹۸) انقلاب صنعتی چهارم و اقتصاد دیجیتال: پیشران‌های رشد اقتصادی پایدار، *مطالعات کاربردی در علوم مدیریت و توسعه*، ۳ (۱۷): ۹-۳۲.

بلندیان، محمدمهدی؛ ناصری، سارا (۱۳۹۴) رهیافتی بر شناسایی بایسته‌های سیاست‌های اقتصاد مقاومتی بر سیاست‌های شهرسازی و صنعت ساختمان. *مدیریت شهری*، ۱۴ (۴۰): ۲۴۹-۲۶۷.

تقدیری، علیرضا؛ قنبرزاده قمی، سارا (۱۳۹۴) مزایای پیش‌ساخته سازی در مقایسه با ساخت و ساز متعارف. *معماری و شهرسازی آرمان‌شهر*، (۱۵): ۱۵-۲۵.

حقیقت، محمدحسین؛ قربانی، علی (۱۳۹۸) مدل‌سازی تأخیرات پروژه‌های ساخت و ساز مبتنی بر شبکه عصبی جهت تعیین سهم عوامل مؤثر در بروز تأخیرات در پروژه‌های عمرانی ابنیه در شهر تهران. *عمران و پروژه*، ۱ (۱): ۹۰-۷۳.

خاتمی، سیدمحمدجعفر؛ فلاح، محمدحسن (۱۳۸۹) جایگاه آموزش پایداری در معماری و ساختمان. *صفه*، ۲۰ (۵۰): ۲۱-۳۴.

خالقی بایگی، محمدهادی؛ (۱۳۹۹) چالش‌ها و پیشران‌های مدیریت آینده در مختصات عصر دیجیتال، *رویکردهای پژوهشی نو در علوم مدیریت*، ۱۹: ۹۶-۷۶.

رهایی، امید؛ قائم‌مقامی، پروین (۱۳۹۲) محیط‌زیست و تدابیر پایدار در طراحی ساختمان‌های آینده. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۱۵ (۲): ۱۳۵-۱۴۶.

شاعری، جلیل؛ وکیلی‌نژاد، رزا (۱۳۹۷) تأثیر شیشه‌های هوشمند بر بهره خورشیدی و بار سرمایش در یک ساختمان اداری در اقلیم گرم و مرطوب بوشهر. *مهندسی مکانیک ایران*، ۲۰ (۴): ۹۷-۱۱۶.

صدیقیان، محمدجواد؛ حیرانی، فروغ؛ معین الدین، محمود؛ بابایی میبدی، حمید (۱۴۰۰) شناسایی و دسته‌بندی پیشران‌های مؤثر بر آینده آموزش حسابداری در ایران با استفاده از الگوی EPISTLU، *آینده‌پژوهی ایران*، ۶ (۱)، ۲۶۵-۲۹۰.

فرخ‌شاهی، رضا؛ شهلایی، جواد؛ شیروانی‌ناغانی، مسلم؛ هنری، حبیب؛ کارگر، غلامعلی (۱۴۰۰) شناسایی و تدوین الگوی محیطی مؤثر بر آینده‌نگاری راهبردی ورزش ایران بر اساس مدل STEEPELD و تعیین پیشران‌های کلیدی، *آینده‌پژوهی ایران*، ۶(۱): ۲۳۳-۲۶۳.

کاظمی، عالیه؛ افشاری، سپیده (۱۳۹۵) مدل ارزیابی پیچیدگی پروژه‌های ساخت و ساز بزرگ در ایران – رویکرد ANP فازی. *مهندسی سازه و ساخت*، ۳ (۲): ۱۰۱-۱۱۲.

کرباسی، علیرضا؛ محمدزاده، سیدحسین (۱۳۹۶) تأثیر سرمایه‌گذاری در ساخت و ساز بر نرخ سود بانکی در ایران. *سیاست‌های راهبردی و کلان*، ۵ (۱۹): ۱۹-۳۳.

ملک اخلاق، اسماعیل؛ مرادی، محمود؛ درستکاراحمدی، ناهید؛ مهدی‌زاده، مهران (۱۳۹۳) بررسی تأثیر کارآفرینی استراتژیک بر دستیابی به مزیت رقابتی (مطالعه موردی صنعت ساختمان و مسکن). *پژوهشنامه مدیریت اجرایی*، ۶ (۱۱): ۱۴۵-۱۷۴.

نسل‌سراجی، جبرائیل؛ حاج‌آقازاده فیرورق، محمد؛ حسینی، سیدمصطفی؛ عدل، جواد (۱۳۸۶) مطالعه اختلالات اسکلتی – عضلانی در کارگران صنعت ساختمان‌سازی. *سلامت کار ایران*، ۴ (۱-۲): ۱۵-۱۹.

وطنی‌شعاع، جواد؛ ثالثی، محمود؛ بهرام‌پور، عباس؛ راعی، مهدی؛ اسدی، محمد؛ جعفری دوشن، رضا؛ خواجه، حسن؛ کامکار، شهاب (۱۳۸۹)، بررسی اپیدمیولوژیک حوادث در کارگران صنعت ساختمان‌سازی شهر کرمان. *دانش و تندرستی*، ۵ (۴): ۳۲-۳۶.

وکیلی، محمدرضا؛ نوری، سیامک؛ یعقوبی، سعید (۱۳۹۵) ارائه مدل موجودی – زمان‌بندی در زنجیره تأمین ساخت و ساز. *مدیریت صنعتی*، ۸ (۲۰): ۱۱۳-۱۴۰.

References

Afolabi, A. O., Nnaji, C., & Okoro, C. (2022). Immersive Technology Implementation in the Construction Industry: Modeling Paths of Risk. *Buildings*, 12(3), 363.

Aghazadeh, H., Hasangholipour, Y., Tahmoures, M. M., Latifi, M., Soleimani, S. (2019) Developing A Sales Model Based On Open Innovation In The Building Industry (Case Study: Iranian Atlas Construction Group). *Journal of Business Management*, 11(2), 221-240. (in Persian)

Ahmadi, E., Maleki, M. H., Sanavi Fard, R., Fathi, M. R. (2020) Presenting a model for future study of supply chain in oil industry with soft approach. *Journal of Iran Futures Studies*, 5(1), 81-104. (in Persian)

Ardeshir, A., Khalilianpoor, AH., Bagheri, Q., Alipouri, Y. (2016) Identify the most important parameters affecting the safety performance of mega projects in Iran's construction industry (Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process). *Iran Occupational Health*, 13(2): 23-32. (in Persian)

Asaadi, M. (2019) The Fourth Industrial Revolution and the Digital Economy: The Drivers of Sustainable Economic Growth. *Applied studies in management and development*, 3(17), 9-32. (in Persian)

Belle, I. (2017) The Architecture, Engineering and Construction Industry and Block Chain Technology. In: JI, G. & Tong, Z. (eds.) Digital Culture, *Proceedings of 2017 National Conference on Digital Technologies in Architectural Education and DADA 2017 International Conference on Digital Architecture. Nanjing: China Architecture Industry Publishers*, pp. 279-284.

Bogue, R. (2018) What Are the Prospects for Robots in the Construction Industry? *Industrial Robot*, 45 (1): 1-6.

Bolandian, M. M., Naseri, S. (2015) Approach to Identify Requirements of Urban Development Policies and Economic Policies of Resistance to Building Industry. *Urban Management*, 14(40), 249-267. (in Persian)

Bonilla, S., Silva, H., Terra da Silva, M., Franco Gonçalves, R., Sacomano, J. (2018) Industry 4.0 and sustainability implications: A scenario-based analysis of the impacts and challenges. *Sustainability*, 10(10), 3740.

Chen, Q., De Soto, B. G., Adey, B.T. (2018) Construction automation: Research areas, industry concerns and suggestions for advancement. *Automation in Construction*, 94: 22–38.

Craveiro, F., Duarte, J. P., Bartolo, H., Bartolo, P. J. (2019) Additive manufacturing as an enabling technology for digital construction: A perspective on Construction 4.0. *Automation in Construction*, 103: 251–267.

De Lange, P., Bähre, B., Finetti-Imhof, C., Klamma, R., Koch, A., Oppermann, L. (2017) Socio-technical challenges in the digital gap between building information modeling and Industry 4.0. *STPIS@ CAiSE*, pp. 33–46.

El Jazzar, M., Urban, H., Schranz, C., Nassereddine, H. (2020) Construction 4.0: A Roadmap to Shaping the Future of Construction. *International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*, 37: 1314-1321.

Farokhshahi, R., Shahlaee, J., Shirvani Naghani, M., Honari, H., Kargar, G. (2021) Identifying and developing an Environmental Scanning model for the strategic foresight of Iranian sports using the STEEPELD model and Determining Driver Forces. *Journal of Iran Futures Studies*, 6(1), 233-263. (in Persian)

Fathi, M, R., Maleki, M. H., Rezvani Asl, V. (2018) Future Study of Investment in The Housing Industry in Iran Using Scenario Planning Approach and Cross-Impact Matrix. *Journal of Management Futures Research (Journal of Management Research)*, 28 (111), 11—28. (in Persian)

Haghighat, M., Ghorbani, A. (2019) Modeling Delays in Construction Projects Based On Neural Network to Determine the Share of Factors Affecting Delay

in Construction Projects in Tehran to One Method. *Civil and Project Journal*, 1(1), 73-90. (in Persian)

Hossain, M. A., Nadeem, A. (2019) Towards digitizing the construction industry: state of the art of construction 4.0. *10th International Structural Engineering and Construction Conference ISEC Press*, 6.

Karbasi, A., Mohammadzade, S. H. (2017) The Impact of Investment on Housing Construction on Iran's Interest Rate. *Journal of the Marco and Strategic Policies*, 5(19), 19-33. (in Persian)

Kazemi, A., Afshari, S., (2016) Evaluation model of project complexity for large-scale construction projects in Iran - A Fuzzy ANP approach. *Journal of Structural and Construction Engineering*, 3(2), 101-112. (in Persian)

Khaleghi Bayegi, M. H. (2020) Challenges and drivers of future management in the coordinates of the digital age. *New Research Approaches in Management Sciences*, 19, 76-96. (in Persian)

Khatami, S. M. J., Fallah, M. H. (2011) The Place of Teaching Sustainability in Architecture and Construction, *Soffeh*, 20(50), 21-34. (in Persian)

Kim, H., Cho, K. H, Kim, H., Kim, M. K., Han, S. H. Park, S. H. (2006) Identifying the Demand for Innovative Future Construction Technology. *Proceedings of the 23rd International Symposium on Robotics and Automation in Construction*: 11-14.

Klinc, R., Turk, Z. (2019) Construction 4.0 – Digital Transformation of One of the Oldest Industries. *Economic and Business Review*, 21 (3): 393-410.

Kozlovska, M., Klosova, D., Strukova, Z. (2021) Impact of Industry 4.0 Platform on the Formation of Construction 4.0 Concept: A Literature Review. *Sustainability*, 13, 2683.

Malek Akhlagh, E., Moradi, M., Dorostkar Ahmadi, N., Mehdizade, M. (2014) Investigating the Impact of Strategic Entrepreneurship on Achieving Competitive Advantage (Case Study of Construction and Housing Industry). *Journal of Executive Management*, 6(11), 145-174. (in Persian)

Nasl Seraji, J., Hajaghazadeh Firvaragh, M., Hosseini, S. M., Adl, J. (2007) Musculoskeletal Disorders Study In A Construction Industry Workers. *Iran Occupational Health Journal*, 4(1-2), 15-19. (in Persian)

Noran, O., Romero, D., Burchiu, S. (2020). Exploring the Path Towards Construction 4.0: Collaborative Networks and Enterprise Architecture Views. *IFIP Advances in Information and Communication Technology (AICT)*, 592: 547-556.

Osunsanmi, T. O., Clinton, O. A., Ayodeji, E. O. (2018) Construction 4.0: The Future of the Construction Industry in South Africa. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering* 12: 206-212.

Osunsanmi, T. O., Aigbavboa, C. O., Oke, A. E., Liphadzi, M. (2020) Appraisal of stakeholders' willingness to adopt construction 4.0 technologies for

construction projects. *Built Environment Project and Asset Management*,10 (4): 547-565.

Rahaei, O., Ghaemmaghami, P. (2014) Environment and Sustainable Strategies in Design of Future Buildings. *Journal of Environmental Sciences and Technology*, 15(2), 135-146. (in Persian)

Rastogi, N., Trivedi, M. K., (2016) "Pestle Technique - A Tool to Identify External Risks in Construction Projects" *International Research Journal of Engineering and Technology*, Page 387.

Rastogi, S. (2017) Construction 4.0: the 4th Generation Revolution. *Indian Lean Construction Conference – ILCC*: C288-C298.

Rezgui, Y., Boddy, S., Wetherill, M., Cooper, G. (2011) Past, present and future of information and knowledge sharing in the construction industry: Towards semantic service-based e-construction? *Computer-Aided Design*, 43: 502–515.

Rust, F. C., Koen, R. (2011) Positioning technology development in the South African construction industry: a technology foresight study. *Journal of the south African Institution of civil engineering*, 53 (1): 2-8.

Sanchez, D. O. M. (2019) sustainable development challenges and risks of Industry 4.0: A literature review. *Global IoT Summit (GIoTS)*, IEEE, pp. 1–6.

Sawhney, A., Riley, M., Irizarry, J., Pérez, C.T. (2020). A proposed framework for Construction 4.0 based on a review of literature. *EPiC Series in Built Environment*, 1: 301-309.

Schönbeck, P., Löfsjögård, M., Ansell, A. (2020) Quantitative Review of Construction 4.0 Technology Presence in Construction Project Research. *Buildings*, 10(10):173.

Sedighian, M., Hirani, F., Moinuddin, M., Babaei Meybodi, H (2021) Identifying and Categorizing the Effective Drivers Shaping the Future of Accounting Education in Iran using the EPISTLU Model. *Journal of Iran Futures Studies*, 6(1), 265-290. (in Persian)

Shaeri, J., Vakilinazhad, R. (2019) Evaluation the effect of smart glasses on solar heat gain and cooling loads in office building in hot and humid climate of Bushehr, *Iranian Journal of Mechanical Engineering*, 20(4), 97-116. (in Persian)

Sherratt, F. (2020) Editorial: The ethical and social challenges of Construction 4.0. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Management, Procurement and Law*, 173: 139-140.

Taghdiri, A., Ghanbarzade Ghomi, S. (2016) Advantages of Prefabrication Construction in Comparison with Conventional Construction, *Journal of Architect, Urban Design & Urban Planning*, 8(15), 15. (in Persian)

Tay, Y. W. D., Panda, B., Paul, S. C., Mohamed, N. A. N., Tan, M. J., Leong, K. F. (2017) 3D printing trends in building and construction industry: a review. *Virtual and Physical Prototyping*, 12 (3): 261-276.

Tegart. G. (2003) Technology foresight: Philosophy and principles. Innovation: management, *policy & practice*, 5: 279–285.

Vakili, M. R., Nori, N., Yaghobi, S. (2016). An Inventory- Scheduling Model for Supply Chain of Construction Project, *Journal of Industrial Management*, 8(20), 113-140. (in Persian)

Vatani Shoaa, J., Salasi, M., Bahrampour, A., Raei, M., Asadi, M., Jafari Nodoushan, R., Khaje, H., Kamkar, S. (2011) An Epidemiological Study of Accidents Among Construction Workers in Kerman. *Knowledge and Health*, 5(4). 32-36. (in Persian)

World Economic Forum (2016) Shaping the Future of Construction A Breakthrough in Mindset and Technology. *Industry Agenda*, 4th May. https://www.weforum.org/reports/shaping-the-future-of-construction-a-breakthrough-in-mindset-and-technology.

Wua, P., Wang, J., Wang, X. (2016) A critical review of the use of 3-D printing in the construction industry. *Automation in Construction*, 68: 21–31.