Civil and Project Journal, 2025, 7(5), 11-29
https://doi.org/10.22034/cpj.2025.525584.1370

Civil and Project Journal
http://www.cpjournals.com/

Research Article

Identification and Prioritization of Factors Influencing the Use of Lean Construction Techniques in the Construction Industry

Amir Taha Hassanzade[1], Ali Karbakhsh[2*]

1-M.Sc. in Civil Engineering,Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Sirjan Branch, Iran
**2-Assistant Professor,Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Sirjan Branch, Iran*

Received: 22 April 2025; Revised: 29 May 2025; Accepted: 31 May 2025; Published: 23 July 2025

Abstract

Lean Construction, as a novel approach in the construction industry, emphasizes improving productivity, reducing waste, and increasing project quality. This research aims to identify and prioritize the factors influencing the use of lean construction techniques in the construction industry. For this purpose, the Analytic Network Process (ANP) method was employed, and the factors were examined across five main categories: managerial, organizational, economic, technical, and socio-cultural. The results indicated,in order priority 1- economic factors, such as improved productivity, efficiency, and cost reduction, 2- technical factors, including more precise quality control and the adoption of new technologies, have the most significant impact on the acceptance and implementation of these techniques. Furthermore, the study confirmed the critical role of employee training and skill development, as well as top management commitment, in the successful implementation of this approach. Based on the findings, recommendations were provided to enhance the application of lean construction, including focusing on continuous training, leveraging advanced technologies, optimizing the supply chain, and securing governmental support. This research can assist project managers and decision-makers in the construction industry in better planning and execution of lean techniques and contribute to sustainable development in this sector.

Keywords: Construction Industry, Lean Construction, Lean Thinking, Analytic Network Process (ANP), Prioritization.

Cite this article as: Hassanzadeh, A. and Karbakhsh, A. (2025). Identification and Prioritization of Factors Influencing the Use of Lean Construction Techniques in the Construction Industry. (e222138). *Civil and Project, 7*(5), e222138.https://doi.org/10.22034/cpj.2025.525584.1370
ISSN: 2676-511X / **Copyright:** © 2025 by the authors.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Journal's Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Corresponding author E-mail address:* dr.karbakhsh@iau.ac.ir

نشریه عمران و پروژه، ۱۴۰۴، ۷(۵)، ۱۱-۲۹
https://doi.org/10.22034/cpj.2025.525584.1370

نشریه عمران و پروژه
http://www.cpjournals.com/

شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در استفاده از تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب در صنعت ساختمان

امیرطاها حسن زاده[۱]، علی کاربخش[۲*]

۱- کارشناسی ارشد، ، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان، سیرجان، ایران
*۲- استادیار، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان، سیرجان، ایران

تاریخ دریافت: ۰۲ اردیبهشت ۱۴۰۴؛ تاریخ بازنگری: ۰۸ خرداد ۱۴۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۰ خرداد ۱۴۰۴؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۰۱ مرداد ۱۴۰۴

چکیده

ساخت‌وساز ناب به‌عنوان یکی از رویکردهای نوین در صنعت ساختمان، بر بهبود بهره‌وری، کاهش اتلاف، و افزایش کیفیت پروژه‌ها تأکید دارد. این پژوهش با هدف شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر استفاده از تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب در صنعت ساختمان انجام شده است. برای این منظور، از روش تحلیل شبکه‌ای (Anp) استفاده شد و عوامل در پنج دسته اصلی شامل مدیریتی، سازمانی، اقتصادی، فنی، و فرهنگی-اجتماعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که باتوجه به ترتیب اولویت بندی ۱- عوامل اقتصادی مانند بهبود بهره‌وری و کارایی و کاهش هزینه‌ها، ۲- عوامل فنی مانند کنترل کیفیت دقیق‌تر و استفاده از فناوری‌های نوین، بیشترین تأثیر را بر پذیرش این تکنیک‌ها دارند. همچنین، نقش آموزش و توسعه مهارت‌های کارکنان و تعهد مدیریت ارشد در موفقیت پیاده‌سازی این رویکرد تأیید شد. بر اساس یافته‌ها، پیشنهادهایی برای ارتقای استفاده از ساخت‌وساز ناب ارائه گردید که شامل تمرکز بر آموزش مستمر، بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته، بهینه‌سازی زنجیره تأمین، و حمایت‌های دولتی است. این پژوهش می‌تواند به مدیران پروژه و تصمیم‌گیرندگان صنعت ساختمان در برنامه‌ریزی و اجرای بهتر تکنیک‌های ناب کمک کند و زمینه‌ساز توسعه پایدار در این صنعت باشد.

کلمات کلیدی: صنعت ساخت، ساخت و ساز ناب، تفکر ناب، تحلیل شبکه ای، اولویت بندی.

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: dr.karbakhsh@iau.ac.ir

۱- مقدمه

پیاده‌سازی روش ناب در هر سازمان می‌تواند مزایای زیادی مانند کاهش اتلاف و بهبود بهره‌وری عملیاتی را به همراه داشته باشد. قابل‌ذکر است که این پیاده‌سازی اگر چه در چهارچوبه‌ای مدونی قابل اجراست اما به‌هیچ‌عنوان یک فرایند ساده نیست علاوه بر این از دیگر ویژگی‌های این روش تفکر متناسب بودن آن برای شرکت‌های ساخت‌وساز در مقیاس بزرگ است درحالی‌که برای شرکت‌های کوچک و متوسط کاربرد زیادی ندارد (محمد آل مانع و همکاران ۲۰۱۷). مدیریت ضعیف تنوع پروژه‌ها سختی کار شرایط نامناسب داخلی کارگاه و کیفیت ناکافی از جمله مشکلات بالقوه در صنعت ساخت‌وساز است که مانع اجرای تکنیک‌های ناب می‌شود است (سودها کار و همکاران، ۲۰۱۷)

در ایران و دیگر کشورهای درحال‌توسعه، پسماندهای ساختمانی و عمرانی بخش قابل‌توجهی از زباله‌های شهری را تشکیل می‌دهند. این موضوع علاوه بر هزینه‌های بالای دفع، پیامدهای منفی زیست‌محیطی نیز به همراه دارد. به طور میانگین، سالانه حدود ۴۰ میلیون تن پسماند ساختمانی در ایران تولید می‌شود که اغلب به روش‌های غیراصولی در محیط‌زیست رها می‌شوند (اگرال و همکاران، ۲۰۲۴).

باتوجه‌به تعداد بالای پروژه‌های ساخت آپارتمان‌های مسکونی در کشور ما، لزوم بهینه‌سازی فرایند آنها یک ضرورت است. مدت‌زمان انجام پروژه و مقدار هزینه صرف شده در این پروژه‌ها نسبت به موارد مشابه در کشورهای توسعه‌یافته و یا درحال‌توسعه به طرز محسوسی بیشتر بوده و کیفیت محصول نهایی نیز قابل‌قبول نیست؛ لذا نیاز است هدف بهبود فرایند پروژه را این‌گونه تعیین نمود که زمان و هزینه کاهش و هم‌زمان با کاهش این دو، کیفیت نیز ارتقا می یابد. پروژه‌های ساخت ساختمان‌های مسکونی یکی از اثرگذارترین صنایع در اقتصاد کشورها بالاخص ایران است به‌نحوی‌که طبق آخرین اطلاعات منتشره بانک مرکزی در سال ۱۳۹۲ بیش از ۷۰ درصد سرمایه ناخالص ثابت ملی ایران به قیمت جاری در بخش ساختمان تشکیل شده است.

از سوی دیگر فعالیت‌های بخش مسکن ۱۱ الی ۱۵ درصد ظرفیت اشتغال‌زایی کل کشور را به خود اختصاص داده و ۹ درصد ارزش‌افزوده کل کشور حاصل فعالیت‌های بخش مسکن و ساختمان است. با اینکه صنعت ساختمان دوران رکورد خود را سپری می‌کند در سه‌ماهه اول سال ۹۵ مجموع سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در ساختمان‌های جدید مناطق شهری ایران به قیمت جاری حدود ۱۵۲۹۵۲ هزار میلیارد ریال بوده که از کل مبلغ سرمایه‌گذاری مذکور ساختمان‌های مسکونی با ۷۴,۳ درصد بیشترین سهم را داشته‌اند اهمیت ساختمان‌های مسکونی هم از نظر اقتصادی و هم از نظر پاسخ به نیاز پایه انسانی باعث توجه ویژه جامعه علمی دنیا به این محصول شده است به صورتی که تحقیق بر روی پروژه‌های احداث ساختمان‌های مسکونی یکی از اولویت‌های دانشمندان علم مدیریت پروژه و ساخت گردیده است (گائو و همکاران، ۲۰۱۴؛ انجم شعاع، ۲۰۲۴).

اما مشکل کار اینجاست که باتوجه‌به الگوی حاکم بر مدیریت پروژه‌ها سه رکن ذکر شده با هم نسبت عکس دارند به این معنا که در صورت کاهش زمان باید هزینه افزایش یابد یا از قسمتی از فعالیت‌ها صرف‌نظر کرد در نتیجه کیفیت نیز کاهش پیدا می‌کند. پس با الگوی جاری مشکل پروژه‌ها حل نخواهد شد و این سؤال ایجاد می‌گردد که کدام الگوی مدیریتی است که می‌تواند ضمن کاهش زمان و هزینه کیفیت فرایند و محصول را ارتقا دهد؟

برای پاسخ به این سؤال باتوجه‌به این امر که تکوین ساختمان ضمن داشتن ویژگی‌های پروژه‌ای نوعی تولید است جعفرنژاد ۱۳۹۴) و همچنین باتوجه‌به معیار کاهش زمان و هزینه و افزایش کیفیت به‌صورت توأمان الگوهای مختلف مدیریت تولید بررسی گردید که در نهایت مدیریت ناب به‌عنوان رویکردی که واجد شرایط لازم است انتخاب گردید. مدیریت ناب برای اولین‌بار در کارخانه تویوتای ژاپن ابداع و اجرا گردید و تحول شگرفی در صنعت خودروسازی این کشور ایجاد نمود و باعث پیشی‌گرفتن شرکت از سایر رقبای آمریکایی و اروپایی گردید. مدیریت ناب در عرصه تولید انبوه یک محصول دارای اصول تکنیک‌ها و ابزارهای کارایی است؛ اما از مدیریت ناب آنچه تطابق کاملی با بحث مدیریت پروژه داشته و همچنین مورداستفاده این مقاله نیز هست تکوین محصول جدید

است. ازآن‌جهت که ساخت اولین نمونه خودرو که تاکنون در دنیا تولید نشده ماهیت پروژه‌ای دارد و اصول استفاده شده در آن می‌تواند راهگشا باشد تویوتا با نوع مدیریتی که در پروژه‌های خود اعمال نمود توانست رقبای خود را پشت سر گذارد به این صورت که یک خودروی جدید در اروپا از زمانی که طرح اولیه آن تهیه شده تا زمانی که روانه بازار می‌شد به ۶۰ ماه زمان و ۳ میلیون ساعت کار نیروی مهندسی نیاز داشت درصورتی‌که تویوتا این زمان‌ها را به ۴۶ ماه و ۱۰۷ میلیون ساعت کاهش داد ضمن آنکه محصولاتش از کیفیت بالاتری برخوردار بودند هدف مدیریت ناب انجام پروژه در زمان معین و با هزینه تعیین شده نیست؛ بلکه انجام پروژه با بالاترین کیفیت در کمترین زمان و با کمترین هزینه است (ووماک و همکاران، ۱۹۹۰؛ انجم شعاع ۲۰۲۴).

لذا اگر بتوان الگوی مدیریتی ناب را در مدیریت پروژه ساختمان‌های مسکونی پیاده نمود تحول موردنظر روی خواهد داد به‌منظور این مهم نیاز است پایه‌ها و تئوری‌های بکار رفته در رویکرد ناب کشف گردد و وضعیت مدیریت پروژه نسبت به هر یک از آنها مورد بررسی قرار گیرد. آغاز کار از تئوری‌ها یک ضرورت برای دستیابی به موفقیت است؛ زیرا تئوری‌های اشتباه تجربیات موفقیت‌آمیز مدیریتی را تباه خواهند کرد (گوشال، ۲۰۰۵)

تولید ناب یک رویکرد سیستماتیک با شناسایی و کاهش فعالیت‌هایی که ارزش ایجاد نمی‌کنند از طریق بهبود مستمر در جهت تولید محصول ایده‌آل مشتریان است. اصول اصلی تفکر تولید ناب بر پنج اصل است، جلوگیری از تولید محصولات معیوب توجه به نیازهای واقعی مشتریان پیاده‌کردن اصول کایزن در کارخانه گسترش ارتباطات درون مجموعه برقراری جی آی اس کنگره سیستم‌های تولید ناب، (کوالالامپور، ۲۰۱۵)

در تولید ناب اثرات تغییرپذیری جریان تولید به‌وضوح در سطح ارائه محصول و عرضه که از طریق بهبود زنجیره تولید با اختصاص کمترین میزان منابع میسر می‌گردد و نوسانات سطح تقاضا را کنترل می‌کند قابل‌مشاهده است و به دلیل این که تأخیر در پایان یک فعالیت می‌تواند زمان پایانی کل پروژه را دستخوش تغییرات کند؛ بنابراین اثرات تغییرپذیری جریان تولید چشمگیری در ساخت‌وساز ناب جالب‌توجه خواهد بود (مرهانی و همکاران، ۲۰۱۳؛ انجم شعاع ۲۰۲۴).

ساخت‌وساز فعلی ما فاصله زیادی با ساخت‌وساز پایدار دارد، اما تلاش‌هایی مانند ساختمان سبز برای نزدیک‌شدن به اهداف ساخت‌وساز پایدار انجام شده است. ساختمان سبز روشی است که در طول عمر ساختمان با محیط‌زیست و حفظ منابع طبیعی سازگار است (لوهنه و همکاران، ۲۰۲۲).

باوجوداینکه صنعت ساخت‌وساز ایران در سال‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی داشته؛ اما همواره از مشکلات زیادی رنج می‌برد. صنعت ساخت‌وساز نشان‌دهنده یک بخش جدایی‌ناپذیر از اقتصاد است که به طور قابل‌توجهی نیز به رشد اقتصادی در سراسر جهان کمک می‌کند همین‌طور می‌توان آن را بخش مهمی از شاخص تولید ناخالص داخلی دانست که به همین منظور دولت‌ها ناچار به افزایش فشار بر شرکت‌های ساخت‌وساز برای حصول رویکرد جدیدی برای بهبود سیستم تولید فعلی خود هستند (محمد سعد باجو و همکاران،۲۰۱۷) از طرفی حیطه فعالیت این صنعت بسیار گسترده است به‌طوری‌که در بخش زیرساخت‌ها شامل بزرگراه‌ها، فرودگاه‌ها، بنادر و در بخش تجاری شامل دفاتر یا مراکز در حیطه مسکونی شامل: آپارتمان‌ها و خانه‌ها و در بخش صنعتی نیز شامل پالایشگاه‌ها، کارخانه‌ها می‌شود (گواتام و همکاران، ۲۰۱۷) همچنین طبق تحقیقاتی صنایع ساختمانی بخش قابل‌ملاحظه‌ای از اقتصاد جهانی را تشکیل می‌دهد و کماکان بخش گسترده‌ای از جهان در حال ساخت‌وساز است (سعد آجایی و همکاران، ۲۰۱۷) این در حالی است که این صنعت ۱۳ درصد از اقتصاد جهانی را شامل می‌شود و مجموعاً ۱۲ هزار میلیارد دلار از سهم بازار را به خود اختصاص می‌دهد. هنگامی که اصول ناب در یک تولید رعایت می شود، ارزش در تولید در نظر گرفته می شود و ضایعات در فرآیند تولید کاهش می یابد که به آن تولید ناب می گویند. ساخت و ساز ناب یا ساختمان ناب به تولید محصولات ساختمانی اطلاق می شود که در آن ارزش در نظر گرفته شده و ضایعات به حداقل می رسد. پیاده سازی تفکر ناب در صنعت ساختمان به دلیل ضایعات زیاد، سرمایه در گردش بالا و نرخ اشتغال زایی بالا ضروری است (اوانس و همکاران، ۲۰۲۱).

باتوجه‌به اهمیت‌های صنعت ساخت‌وساز و فضای شدید رقابتی امروز، نیاز به شیوه مدیریت نوین که در چهارچوب مقاصد سازمان و باهدف کاهش اتلاف، افزایش کیفیت و افزایش بهره‌وری در سطح جهانی به‌شدت احساس می‌شود. علاوه بر این سرمایه‌گذاری در فرایندهای تحقیق و توسعه برای ایجاد دانش و تولید نوآوری به‌ویژه برای شرکت‌های رقابت‌کننده در حوزه ساخت‌وساز امر بسیار مهمی تلقی می‌شود (لاوین و همکاران، ۲۰۱۵).

همچنین شفافیت درصورتی‌که یک فرایند از آغاز تا پایان شفاف قابل‌بررسی و مشاهده باشد فرایند کنترل امری ساده‌تر خواهد بود و تمامی افراد به‌صورت عادلانه از اطلاعات برمند می‌شوند (شقور، ۲۰۲۲ ؛ ابوهاشیه و همکاران، ۲۰۲۲).

همچنین در مبحث تولید محصولات به‌دفعات تولید می‌شوند و لذا بررسی فرایندها امری قابل‌پیش‌بینی است درحالی‌که در پروژه ساخت‌وساز هر پروژه دارای وجه تمایز نسبت به دیگری است و به همین جهت مطالعه بر ساخت‌وساز به سبب ماهیت خود دشوارتر است. علاوه‌برآن در صنعت تولید کنترل کیفیت تنها از طریق کنترل روند انجام فعالیت تولیدی میسر است و در صورت نیاز دخالت در چرخه تولید کلیه این کنترل‌ها در جهت جلوگیری از باز انجام کارها صورت می‌گیرد. در حالیه صنعت ساخت‌وساز به کنترل کیفیت و تأیید محصول نهایی خلاصه می‌شود.

۲- بررسی ادبیات

ادبیات موضوع مدیریت ناب، به‌ویژه در زمینه تکوین محصول جدید در تویوتا، بر ویژگی‌های تئوریک این رویکرد تمرکز دارد که شامل برنامه‌ریزی و کنترل است. رویکرد برنامه‌ریزی در مدیریت ناب بر سه تئوری اصلی استوار است: تئوری تبدیل، تئوری جریان و تئوری ارزش (برتلسن و کاسکلا، ۲۰۰۲). تئوری تبدیل بر فرآیند دگرگون‌سازی مواد خام و منابع ورودی به خروجی (کالا یا خدمت) تمرکز دارد و تولید را اساساً فرآیندی تبدیلی می‌بینند. در این دیدگاه، فعالیت‌ها به صورت مجزا، با مرزهای مشخص و روابط ساده در نظر گرفته می‌شوند و بهبود فرآیند کلی از طریق بهبود تک‌تک فعالیت‌ها حاصل می‌شود (هاول و کاسکلا، ۲۰۰۰). در مقابل، تئوری جریان علاوه بر فعالیت‌های تبدیل، به فعالیت‌های بدون ارزش افزوده (اتلافات) مانند نقل‌وانتقال، انتظار و بازرسی که منابع (زمان، هزینه) را مصرف کرده و مانع جریان مستمر تولید می‌شوند نیز توجه دارد و هدف اصلی آن شناسایی و حذف یا کاهش این اتلافات است (هوپ و سپیرمن، ۱۹۹۶). تئوری جریان بر خلاف تئوری تبدیل، فعالیت‌ها را دارای عدم قطعیت بالا و روابط پیچیده و متغیر می‌داند (چوو و تاملین، ۱۹۹۲) و نیازمند دیدگاهی جامع‌نگر به کل سیستم و تعامل اجزای آن است (هاول و کاسکلا، ۲۰۰۰).

اصول زیربنایی تئوری جریان شامل ساده‌سازی، افزایش وضوح، افزایش انعطاف‌پذیری و کاهش تغییرپذیری است. همچنین، مدیریت تعامل بین فعالیت‌ها با توجه به وابستگی و تنوع آن‌ها، اصلی اساسی برای کاهش زمان پروژه است که تنها از طریق کار تیمی و حذف مرزهای میان گروه‌های کاری امکان‌پذیر می‌شود (هاول، ۱۹۹۹). تئوری سوم، یعنی تئوری ارزش، تمرکز اصلی خود را بر مشتری قرار می‌دهد و ارزش را نه در خود محصول، بلکه در تطابق آن با نیازها و انتظارات مشتری تعریف می‌کند. بنابراین، در اولویت قرار دادن شناسایی مشتری و درک خواسته‌های او، و سپس طراحی محصولی بر اساس آن، بخش کلیدی و حیاتی تئوری ارزش محسوب می‌شود (تاملین و بالان، ۱۹۹۵).

در حوزه کنترل پروژه، مدیریت ناب از تئوری آزمایش‌های علمی بهره می‌برد (کاسکلا و هاول، ۲۰۰۲) با هدف جلوگیری از تکرار خطاهای گذشته و پیشگیری فعال از خطاهای آینده. این رویکرد کنترل، مدیریت را به سمت یادگیری هدایت می‌کند تا فرآیندها تا حد امکان خطاناپذیر شوند، اگرچه در پروژه‌ها خطاناپذیری صددرصد ممکن نیست، اما می‌توان از تکرار خطاهای رایج جلوگیری کرد (لوری کاسکلا، ۲۰۰۲). برخلاف رویکردهای سنتی که از ناظر مجزا استفاده می‌کنند، در مدیریت ناب، تشخیص و تصحیح مشکل بر عهده گروه یا گروه‌های اجرایی است که در نزدیک‌ترین محل وقوع مشکل قرار دارند (بالارد و هاول، ۲۰۰۴).

از دیگر ویژگی‌های مهم رویکرد ناب می‌توان به ساختار افقی و نقش مؤثر نیروی انسانی اشاره کرد؛ نیروی انسانی زمانی بیشترین بازدهی را دارند که در تدوین و تنظیم فعالیت‌های خود مشارکت کنند، و استفاده از فکر و نظر تمام آن‌ها از اصول پایه مدیریت ناب است (کاسکلا، ۱۹۹۲). همچنین، استفاده از پیمانکاران چندمهارت می‌تواند با کاهش تعداد واحدهای کاری، به کاهش زمان چرخه کمک کند (بالارد، ۲۰۰۱). ارتباطات نیز در رویکرد ناب بر اساس تئوری منظر سخن و عمل استوار است، که طبق آن درک صحیح پیام در عمل فرد شنونده مشاهده می‌شود (کاسکلا و هاول، ۲۰۰۲). ویژگی مهم دیگر، وجود سیستم کششی در مقابل سیستم فشاری رایج است؛ در سیستم کششی، کار هر گروه بر اساس درخواست گروه بعدی در فرآیند تعیین می‌شود، برخلاف سیستم فشاری که هر گروه مستقل کار کرده و خروجی را بدون توجه به آمادگی مرحله بعد منتقل می‌کند (کاسکلا و هاول، ۲۰۰۲). نقش رهبر پروژه یا "شوسا" در تویوتا نیز حیاتی است؛ او به عنوان یک ابر استادکار با بالاترین قدرت شغلی، در ابتدای فرآیند مستقر شده و از بسیاری مشکلات پیشگیری می‌کند (وومک و همکاران، ۱۹۹۰؛ کاظمی رضایی نژاد، ۱۳۹۳).

در تیم پروژه ناب، مرزهای بین افراد مختلف (مانند طراحان، سازندگان، تأمین‌کنندگان) شکسته شده و آن‌ها همراه هم کار می‌کنند و رسماً متعهد به انجام کاری می‌شوند که همه اعضا بر سر آن توافق دارند (شانگ و لوو، ۲۰۱۴). این رویکرد منجر به سرعت پایین‌تر در ابتدای پروژه به دلیل حل مشکلات و توافقات اولیه می‌شود، اما با پیشرفت کار، سرعت پروژه به تدریج افزایش می‌یابد، که این روند برخلاف بسیاری از پروژه‌های سنتی است که با سرعت بالا شروع شده و سپس با مشکلات مواجه می‌شوند و سرعتشان کاهش می‌یابد (وارد و سوبک، ۲۰۱۴). همپوشانی فعالیت‌ها نیز در پروژه‌های ناب به کار می‌رود، اما نحوه تعیین فعالیت‌ها و مسئولیت‌پذیری در قبال اجرای آن‌ها با روش‌های سنتی که برنامه‌ریزی توسط چند نفر انجام شده و مسئولیت اجرا به وضوح مشخص نیست، متفاوت است؛ در تویوتا همه اعضای گروه در قبال فعالیتی که تصویب شده مسئول‌اند و تمام بحث‌ها و جدل‌ها پیش از تصویب انجام می‌شود (وومک و همکاران، ۱۹۹۰؛ مورگان و لیکر، ۲۰۰۶).

در زمینه کاربرد مفاهیم ناب در صنعت ساخت و ساز، مطالعات متعددی صورت گرفته است. سیاهمزگی و قاسمی (۱۴۰۲) در پژوهشی بر روی پروژه متروی اسلامشهر، یکپارچگی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، توسعه پایدار و اصول تفکر ناب را برای کاهش ضایعات ساختمانی بررسی کردند و نشان دادند که طراحی نامناسب، خطای سفارش و دوباره کاری بیشترین اهمیت را در ایجاد ضایعات دارند و به‌کارگیری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند با هزینه کمتر از دوباره کاری به کاهش کمی ضایعات منجر شود. لاکمه سری (۱۴۰۲) به شناسایی و طبقه‌بندی موانع پیاده‌سازی ساخت پایدار ناب پرداخته و یک مدل سلسله مراتبی برای این موانع ارائه داده است. فراهانی و جمالپور (۱۴۰۲) با مرور سیستماتیک بر اجرای شیوه‌های ناب در صنعت ساخت و ساز، روش‌های متداول را تشریح کرده و شبکه عصبی مصنوعی را به عنوان بهترین روش در میان آن‌ها معرفی کرده‌اند.

حسینی و همکاران (۱۴۰۱) به کاوش هم‌افزایی مفاهیم تفکر ناب و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان پرداخته و مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را به عنوان ابزاری ناب برای بهبود همکاری و کاهش اتلاف از طریق تبادل اطلاعات بهتر معرفی کرده‌اند. رضاخانی و همکاران (۱۴۰۱) نیز ضرورت استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در ساخت و ساز ناب را با مورد مطالعاتی بررسی کرده و نشان داده‌اند که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با تشخیص خطاها پیش از ساخت، می‌تواند به کاهش قابل توجه زمان طراحی و اجرا و جلوگیری از افزایش هزینه و زمان پروژه کمک کند.

آسیداسمعیلی و همکاران (۱۴۰۰) بهبود فرآیند ساخت بر مبنای مفاهیم تولید ناب و استفاده از شبیه‌سازی پیشامد گسسته را بررسی کرده و نشان داده‌اند که مفاهیم ناب مانند برنامه‌ریزی کششی و استانداردسازی به شناسایی و رفع ضایعات و گلوگاه‌ها کمک می‌کند. معظمی و همکاران (۱۴۰۰) چارچوبی برای ارتقاء برنامه‌ریزی پروژه‌های ساخت خط لوله گاز با استفاده از شبیه‌سازی ساخت ارائه داده‌اند که به بهبود بهره‌وری منابع و کاهش زمان و هزینه پروژه کمک می‌کند. شریعتی و ضیغمی (۱۴۰۰) به ارائه مدلی برای

اجرای زنجیره تأمین سبز در صنعت ساخت و ساز با تأکید بر تولید ناب، تولید سبز و نوآوری پرداخته و تأثیر مثبت این عوامل را بر مدیریت زنجیره تأمین سبز تأیید کرده‌اند. شریفی و توکلی (۱۴۰۰) اجرای مدیریت ناب را در زنجیره تأمین پروژه‌های ساخت و ساز بررسی کرده و نشان داده‌اند که اصول ناب در انواع پروژه‌ها قابل استفاده است و توسعه ساخت و ساز ناب نیازمند همکاری زنجیره تأمین است و این رویکرد بر عملکرد پروژه تأثیر مثبت دارد.

در سطح جهانی، سلیمانی و صدیقی (۲۰۲۰) در مرور سیستماتیک ادبیات خود بر ساخت‌وساز ناب و پایداری، اشاره کرده‌اند که دانش موجود عمدتاً بر جنبه‌های اقتصادی تمرکز دارد و نیاز به تحقیقات بیشتر در ابعاد اجتماعی و زیست‌محیطی تفکر ناب وجود دارد. فرانسیس و توماس (۲۰۰۰) رابطه بین ساخت و ساز ناب و پایداری محیط زیست را با مروری بر ادبیات بررسی کرده و اگرچه آن‌ها را فلسفه‌های مجزا می‌دانند، بر اهداف مشترک در کاهش ضایعات و تأثیر ابزارهای ناب بر کاهش آلودگی و مصرف انرژی تأکید دارند. سینگ و کومار (۲۰۱۹) با مرور سیستماتیک ادبیات، ابزارها و تکنیک‌های ساخت و ساز ناب را بررسی کرده و کمبود تنوع در ابزارهای مورد کاوش و تمرکز جغرافیایی تحقیقات را برجسته کرده‌اند.

آسگر و جونسنگرد (۲۰۱۹) سلامت، ایمنی و محیط زیست را در مراحل اولیه مدیریت پروژه‌های ساختمانی بررسی کرده و عدم صلاحیت، عدم اولویت‌بندی و عدم نتیجه‌گیری را چالش‌های اصلی در این مراحل معرفی کرده‌اند. آلوس و سوزا (۲۰۱۸) یک سیستم یکپارچه مدیریت ناب شامل کیفیت، محیط زیست، مسئولیت اجتماعی و سلامت و ایمنی حرفه‌ای را برای بهبود پایداری شرکت‌ها از طریق ادغام سیستم‌های مختلف مدیریتی معرفی کرده‌اند.

سایگ و کادیو (۲۰۱۸) در یک بررسی سیستماتیک، هم‌افزایی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، ناب و پایداری را در صنایع معماری، مهندسی و ساخت بررسی کرده و فرصت‌های قابل توجهی را برای کاهش اثرات اقتصادی و زیست‌محیطی در مراحل ساخت و تصمیم‌گیری طراحی یافته‌اند. خودیر و عثمان (۲۰۱۸) نیز تعامل اصول ناب و پایداری را در فرآیند مدیریت در صنایع معماری، مهندسی و ساخت بررسی و تأیید کرده‌اند.

سوزا و همکاران (۲۰۱۸) مدیریت پروژه و شیوه‌های تولید ناب را در شرکت‌های کوچک و متوسط نوآور پرتغالی برای افزایش رقابت‌پذیری در محیط‌های نامطمئن، پیچیده و مبهم بررسی کرده‌اند. دنیلسن و همکاران (۲۰۱۷) دانش و مهارت‌های سلامت، ایمنی و محیط زیست مورد انتظار از مهندسان عمران فارغ‌التحصیل دانشگاه NTNU نروژ را ارزیابی کرده و بر اهمیت آموزش در این زمینه تأکید کرده‌اند. الممباید (۲۰۱۴) سیستمی برای مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست در مراحل ساخت و نصب ارائه داده است که بر ترویج شیوه‌های کار ایمن و ایجاد محیط سالم تأکید دارد. در نهایت، هائی (۲۰۱۳) با بررسی جامع کاربرد تفکر ناب در ساخت و ساز، نشان داده است که این رویکرد به بهبود مدیریت، ایمنی، زمان، هزینه و کیفیت پروژه‌ها منجر می‌شود و سیستم برنامه‌ریز نهایی (LPS) را به عنوان ابزاری مهم در این زمینه معرفی کرده است.

پژوهش حاضر با هدف پاسخ به پرسش‌های زیر انجام گردیده است:

۱- مهم‌ترین عوامل موثر در استفاده از تکنیک‌های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان چه هستند؟

۲- اولویت بندی عوامل موثر در استفاده از تکنیک‌های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان با استفاده از روش ANP چگونه است؟

۳- چه راهکارهایی جهت بهره گیری از تکنیک‌های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان پیشنهاد می‌شود؟

۳- مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع تحقیقات پیمایشی و توصیفی است. جامعه آماری تحقیق شامل گروهی از اساتید و متخصصین فعال در صنعت ساختمان در شهر کرمان می‌باشد و برای جمع آوری داده‌های مورد نیاز انتخاب شده‌اند. نمونه انتخابی در این تحقیق شامل ۲۴ تن از اساتید و متخصصین فعال در صنعت ساختمان در شهر کرمان می‌باشد. جامعه آماری بر اساس بالاترین سطح تخصص و درک قایل قبول از موضوع از بین افراد متخصص انتخاب میگردد بطور کلی گام های اجرایی پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

- در فاز نخست، مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی تحقیقات گذشته جهت شناسایی و استخراج فهرستی از عوامل موثر در استفاده از تکنیک‌های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان انجام می‌شود.
- در فاز دوم، تشکیل ساختار شبکه‌ای به صورت هدف، معیار و زیرمعیار می‌گردد.
- در فاز سوم بر اساس دیدگاه کارشناسان و خبرگان در حوزه مورد مطالعه، عوامل موثر در استفاده از تکنیک‌های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان، بر اساس تکنیک تحلیل شبکه‌ای و با استفاده از نرم افزار Super Decision اولویت بندی می‌گردد. در این مرحله به منظور گردآوری داده‌های مورد نیاز، از پرسشنامه های مبتنی بر مقایسات زوجی استفاده می‌شود.

۳-۱- استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه (ANP)

فرآیند تحلیل شبکه ای، ANP، یک روش تصمیم گیری چند معیاره است که برای تعیین وزن معیارها و انتخاب گزینه بهینه استفاده می شود .این روش شباهت زیادی به روش AHP دارد. روش AHP توسط توماس ساعتی در سال ۱۹۷۵ معرفی شد و برای انتخاب گزینه مناسب بر اساس معیارهای متعدد طراحی شده است. از این تکنیک برای وزن دهی معیارها و زیرمعیارها نیز استفاده می شود .از تکنیک مقایسه زوجی برای تعیین وزن معیارها در فرآیند AHP استفاده می شود. برای انجام محاسبات در این روش از نرم افزار Super Decision استفاده می شود. روش شبکه تحلیلی توسط ساعتی و تاکیزاوا در سال ۱۹۸۶ ارائه شد.

۴- یافته‌ها

۴-۱- تعیین مهم ترین عوامل موثر در استفاده از تکنیک های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان

فهرستی از عوامل موثر در استفاده از تکنیک های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان تهیه گردید. فهرست یاد شده با استفاده از مطالعات کتابخانه و تحقیقات و پژوهش های پیشین در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: عوامل موثر در استفاده از تکنیک های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان

ردیف	دسته	عامل
۱	عوامل مدیریتی	تعهد و پشتیبانی مدیریت ارشد
۲		آموزش و توسعه کارکنان
۳		رهبری اثربخش
۴		استفاده از سیستم‌های اطلاعاتی
۵	عوامل سازمانی	همکاری و هماهنگی بین تیم‌ها
۶		فرهنگ سازمانی حمایت‌کننده
۷		شفافیت در فرآیندها
۸		سیستم‌های استانداردسازی
۹	عوامل اقتصادی	کاهش هزینه‌های پروژه
۱۰		بهبود بهره‌وری و کارایی
۱۱		مدیریت زنجیره تأمین
۱۲		بودجه‌بندی مؤثر
۱۳	عوامل فنی	استفاده از فناوری‌های نوین
۱۴		طراحی مبتنی بر اصول ناب
۱۵		کنترل کیفیت دقیق‌تر
۱۶	عوامل فرهنگی و اجتماعی	پذیرش تغییر
۱۷		آگاهی عمومی از مزایای ناب
۱۸		ترویج فرهنگ همکاری و اعتماد

۴-۲- ساختار شبکه ای عوامل موثر برای روش ANP

از آنجا که در تحقیق حاضر اولویت بندی عوامل موثر در استفاده از تکنیک های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان از روش ANP انجام میگیرد ابتدا میبایست ساختار شبکه ای و درختی عوامل برای روش ANP ترسیم گردد.

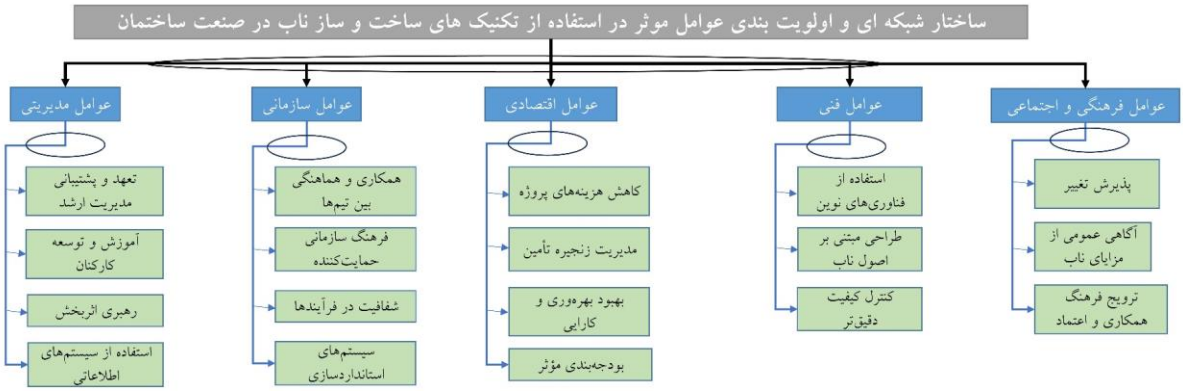
برای این منظور عوامل شناسایی شده در پنج گروه اصلی شامل :

۱-عوامل مدیریتی ۲-عوامل سازمانی ۳-عوامل اقتصادی ۴-عوامل فنی ۵- عوامل فرهنگی-اجتماعی

دسته بندی گردید.

ساختار شبکه ای و درختی عوامل موثر بر اساس دسته بندی یاد شده در شکل ۱ نمایش داده شده است:

https://doi.org/10.22034/cpj.2025.525584.1370



شکل ۱: ساختار شبکه ای و درختی عوامل موثر (روش ANP)

۴-۳- نتایج حاصل از ولویت بندی عوامل موثر در استفاده از تکنیک های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان با استفاده از روش ANP

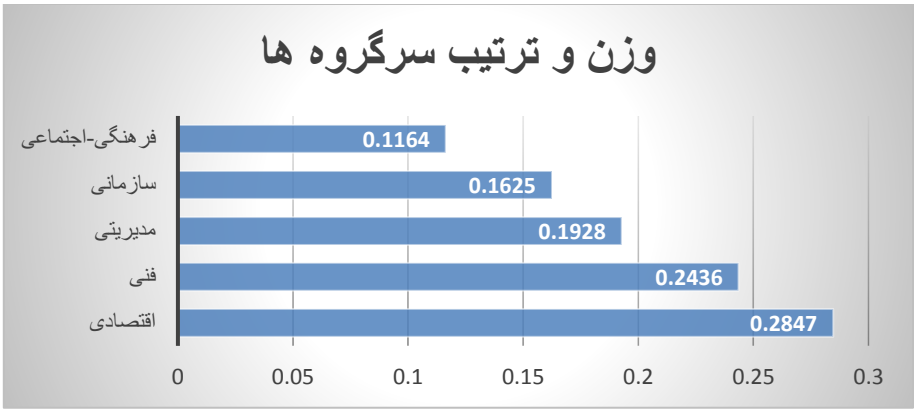
همانطور که در فصل سوم اشاره شد در تحقیق حاضر به منظور اولویت بندی و تعیین وزن نسبی عوامل موثر در استفاده از تکنیک های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان بر اساس دیدگاه مهندسان و متخصصان فعال در صنعت ساخت شهر کرمان ، ابتدا از تکنینک تحلیل شبکه ای (ANP) استفاده شده است. برای این منظور داده های مورد نیاز از پرسشنامه های مقایسه ای استخراج شده و با استفاده از نرم افزار Super Decision تجزیه و تحلیل گردید.در پرسشنامه مذکور در جداول جداگانه ای ، عوامل شناسایی شده با یکدیگر مقایسه شده اند.در ادامه نتایج بدست آمده حاصل از وزن دهی عوامل در جداول و نمودار هایی ارائه میشود:

جدول ۲: وزن سرگروه ها

ردیف	سرگروه ها	وزن
۱	اقتصادی	0.2847
۲	فنی	0.2436
۳	مدیریتی	0.1928
۴	سازمانی	0.1625
۵	فرهنگی-اجتماعی	0.1164

نمودار ترسیم شده در شکل ۲ اولویت بندی سر گروه ها را نمایش میدهد که بر اساس این نمودار عوامل اقتصادی و فنی دارای اولویت بالاتری بوده و از میزان تاثیر بیشتری برخوردار میباشد.

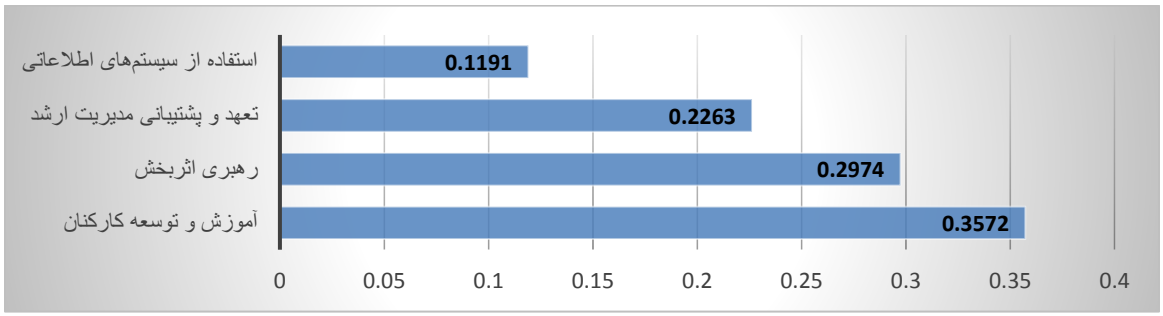
https://doi.org/10.22034/cpj.2025.525584.1370



شکل ۳: نمودار وزن و ترتیب سرگروه ها

جدول ۳: وزن و ترتیب عوامل مدیریتی

ردیف	عوامل	وزن
۱	آموزش و توسعه کارکنان	0.3572
۲	رهبری اثربخش	0.2974
۳	تعهد و پشتیبانی مدیریت ارشد	0.2263
۴	استفاده از سیستم‌های اطلاعاتی	0.1191

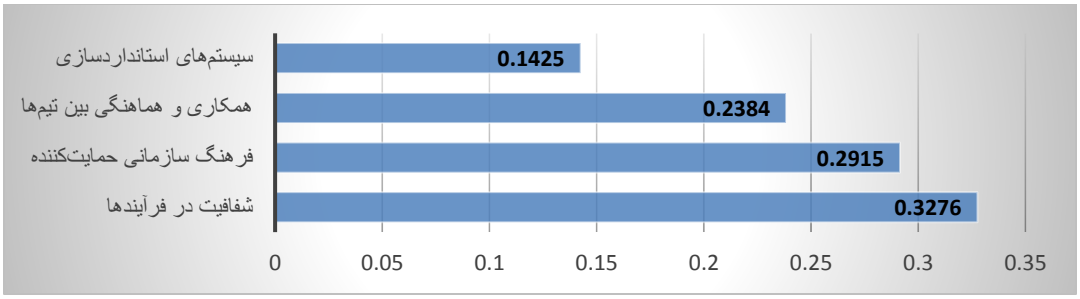


شکل ۴: نمودار وزن و ترتیب عوامل مدیریتی

جدول ۴: وزن عوامل سازمانی

ردیف	عوامل	وزن
۱	شفافیت در فرآیندها	0.3276
۲	فرهنگ سازمانی حمایت‌کننده	0.2915
۳	همکاری و هماهنگی بین تیم‌ها	0.2384
۴	سیستم‌های استانداردسازی	0.1425

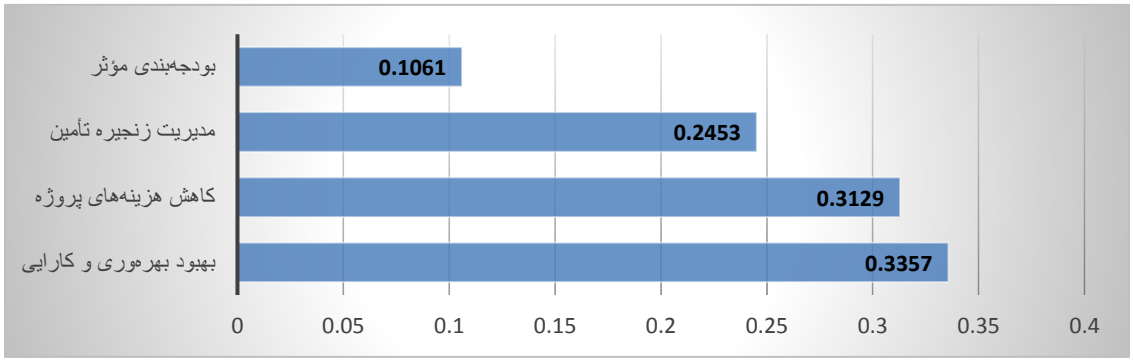
https://doi.org/10.22034/cpj.2025.525584.1370



شکل ۵: وزن و ترتیب عوامل سازمانی

جدول ۵: وزن و ترتیب عوامل اقتصادی

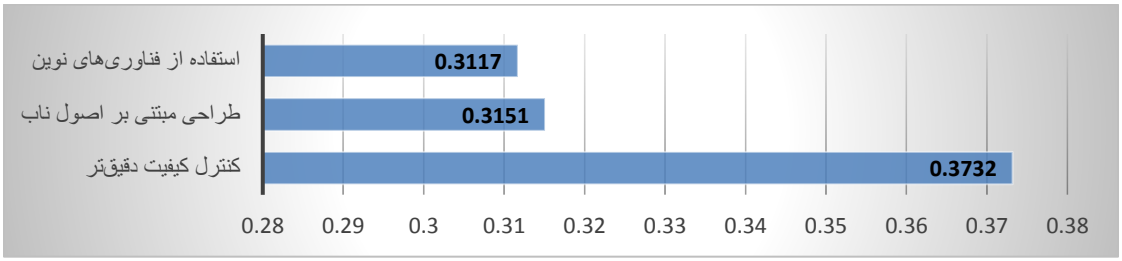
ردیف	سرگروه ها	وزن
۱	بهبود بهره‌وری و کارایی	0.3357
۲	کاهش هزینه‌های پروژه	0.3129
۳	مدیریت زنجیره تأمین	0.2453
۴	بودجه‌بندی مؤثر	0.1061



شکل ۶: وزن و ترتیب عوامل مربوط به ریسک مالی

جدول ۶: وزن و ترتیب عوامل فنی

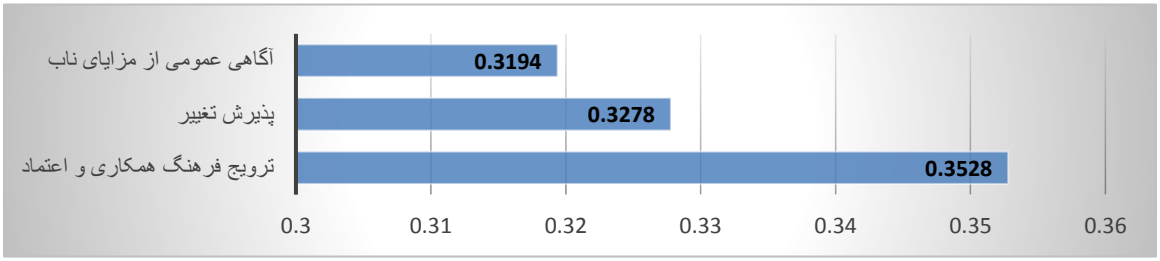
ردیف	سرگروه ها	وزن
۱	کنترل کیفیت دقیق‌تر	0.3732
۲	طراحی مبتنی بر اصول ناب	0.3151
۳	استفاده از فناوری‌های نوین	0.3117



شکل ۷: وزن و ترتیب عوامل فنی

جدول ۷: وزن و ترتیب عوامل فرهنگی-اجتماعی

ردیف	سرگروه ها	وزن
۱	ترویج فرهنگ همکاری و اعتماد	0.3528
۲	پذیرش تغییر	0.3278
۳	آگاهی عمومی از مزایای ناب	0.3194

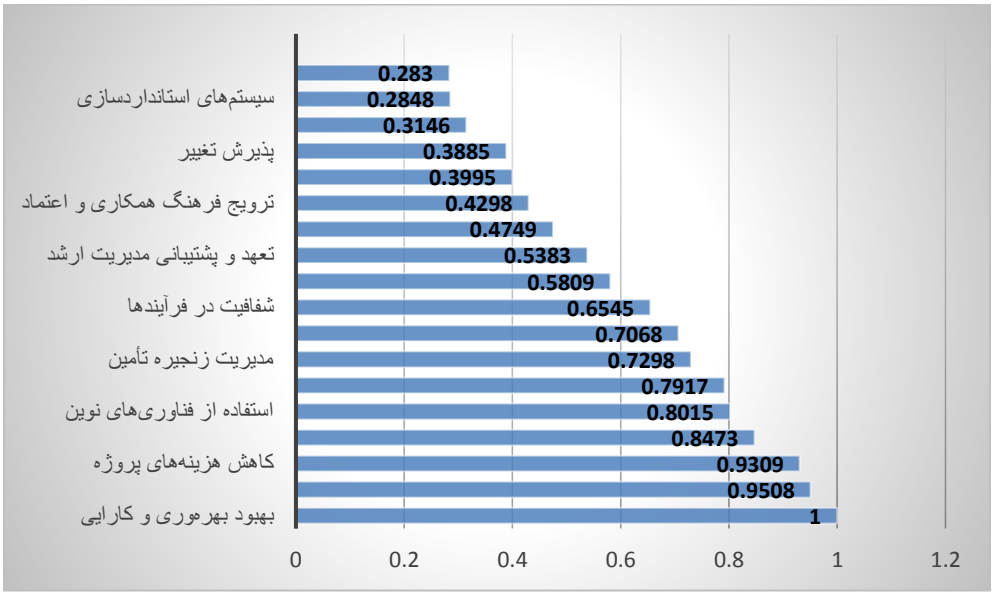


شکل ۸: وزن و ترتیب عوامل فرهنگی-اجتماعی

پس از محاسبه وزن نسبی عوامل موثر در استفاده از تکنیک های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان می بایست سوپر ماتریکس اولیه و سپس سوپر ماتریکس موزون و در نهایت سوپر ماتریکس حدی آنها در نرم افزار سوپر دسیژن محاسبه گردد.در روش ANP وزن نهایی هر یک از معیارها ، با تلفیق وزن نسبی معیارها و شاخص های ایده آل ، نرمال و خام بر اساس ماتریکس های های ترسیم شده در نرم افزار بدست می آید. وزن نهایی بدست آمده برای عوامل موثر در استفاده از تکنیک های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان در جدول ۸ و شکل ۹ رائه شده است.

جدول ۸ اولویت بندی عوامل موثر در استفاده از تکنیک های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان بر اساس شاخص های ایده آل ، نرمال و خام

اولویت	عامل	ایده‌آل(Ideals)	نرمال‌شده(Normals)	خام(Raw)
۱	بهبود بهره‌وری و کارایی	1.0000	0.1935	0.0956
۲	کنترل کیفیت دقیق‌تر	0.9508	0.1839	0.0909
۳	کاهش هزینه‌های پروژه	0.9309	0.1801	0.0890
۴	آموزش و توسعه کارکنان	0.8473	0.1394	0.0688
۵	استفاده از فناوری‌های نوین	0.8015	0.1553	0.0768
۶	طراحی مبتنی بر اصول ناب	0.7917	0.1533	0.0758
۷	مدیریت زنجیره تأمین	0.7298	0.1412	0.0698
۸	رهبری اثربخش	0.7068	0.1163	0.0574
۹	شفافیت در فرآیندها	0.6545	0.1078	0.0532
۱۰	فرهنگ سازمانی حمایت‌کننده	0.5809	0.0957	0.0473
۱۱	تعهد و پشتیبانی مدیریت ارشد	0.5383	0.0886	0.0437
۱۲	همکاری و هماهنگی بین تیم‌ها	0.4749	0.0783	0.0387
۱۳	ترویج فرهنگ همکاری و اعتماد	0.4298	0.0832	0.0411
۱۴	آگاهی عمومی از مزایای ناب	0.3995	0.0773	0.0381
۱۵	پذیرش تغییر	0.3885	0.0752	0.0371
۱۶	بودجه‌بندی مؤثر	0.3146	0.0609	0.0301
۱۷	سیستم‌های استانداردسازی	0.2848	0.0469	0.0232
۱۸	استفاده از سیستم‌های اطلاعاتی	0.2830	0.0466	0.0230



شکل ۹ نمودار اولویت بندی عوامل موثر در استفاده از تکنیک های ساخت و ساز ناب در صنعت ساختمان بر اساس شاخص های ایده آل

۵- نتیجه گیری

نتایج تحلیل فرآیند شبکه‌ای (ANP) نشان داد که عوامل اقتصادی، فنی و مدیریتی نقش برجسته‌تری در به‌کارگیری تکنیک‌های ساخت‌وساز ناب در صنعت ساختمان ایفا می‌کنند. این یافته با مطالعات پیشین همچون پژوهش‌های Aziz and Hafez (۲۰۱۳) و Sacks et al. (۲۰۱۰) همسو است که نشان داده‌اند اولویت صنایع ساختمانی در پذیرش ساخت‌وساز ناب، بهبود بهره‌وری، کاهش اتلاف منابع و ارتقای کیفیت اجرایی پروژه‌ها است.

در میان عوامل اقتصادی، "بهبود بهره‌وری و کارایی" با شاخص ایده‌آل ۱,۰۰۰۰ در صدر قرار گرفت که اهمیت این مؤلفه را برای ذینفعان تأیید می‌کند. این نتیجه با پژوهش Alarcón et al. (۱۹۹۷) هم‌خوانی دارد که بهره‌وری را به‌عنوان محرک اصلی در پذیرش فلسفه ناب در پروژه‌های ساختمانی معرفی می‌کند. همچنین، "کاهش هزینه‌های پروژه" و "مدیریت زنجیره تأمین" در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند، که با یافته‌های Ballard and Howell (۲۰۰۳) درخصوص اثربخشی تکنیک‌های ناب در کاهش هزینه‌ها و بهینه‌سازی تأمین منابع سازگار است.

در حوزه فنی، عواملی مانند "کنترل کیفیت دقیق‌تر" و "استفاده از فناوری‌های نوین" از جایگاه بالایی برخوردار بودند. کاربرد ابزارهایی مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و سیستم‌های دیجیتال مدیریت پروژه، که در پژوهش‌های Eastman et al. (۲۰۱۱) و Succar (۲۰۰۹) نیز مورد تأکید قرار گرفته، نشان می‌دهد که این فناوری‌ها می‌توانند با کاهش خطاها، افزایش هماهنگی و ارتقای دقت در اجرا، نقش مهمی در تحقق اصول ناب ایفا کنند. از منظر مدیریتی، "آموزش و توسعه کارکنان" به‌عنوان مؤثرترین عامل شناسایی شد. این یافته با مطالعات Formoso et al. (۲۰۰۲) هم‌راستا است که بر اهمیت دانش و مهارت نیروی انسانی در اجرای موفقیت‌آمیز ساخت‌وساز ناب تأکید دارند. "رهبری اثربخش" و "تعهد مدیریت ارشد" نیز نقش کلیدی در پشتیبانی از این فرآیند دارند؛ چرا که بدون تعهد مدیریتی، امکان اجرای تغییرات ساختاری فراهم نخواهد شد. در دسته‌های سازمانی و فرهنگی-اجتماعی نیز عواملی چون "شفافیت در فرآیندها" و "فرهنگ سازمانی حمایت‌کننده" دارای بیشترین وزن بودند. این موضوع با نتایج پژوهش Koskela (۲۰۰۰) منطبق است که به ضرورت ساختارهای سازمانی باز و شفاف برای موفقیت اجرای اصول ناب اشاره دارد. با این حال، عواملی مانند "پذیرش تغییر" و "ترویج فرهنگ همکاری و اعتماد" وزن کمتری داشتند، که احتمالاً به‌دلیل مقاومت ذاتی صنعت ساختمان در برابر تغییرات فرهنگی و سازمانی است—a مسأله‌ای که در مطالعات Salem et al. (۲۰۰۶) نیز مورد تأکید قرار گرفته است. برای بهره‌برداری مؤثر از تکنیک‌های ناب، مجموعه‌ای از اقدامات هم‌زمان در حوزه‌های آموزش، فناوری، زنجیره تأمین و مدیریت ارشد ضروری است. توانمندسازی کارکنان، به‌کارگیری فناوری‌های نوین مانند BIM و سیستم‌های هوشمند، بهینه‌سازی زنجیره تأمین، و تعهد جدی مدیریت ارشد از جمله اقدامات کلیدی هستند. همچنین، فرهنگ‌سازی در سازمان‌ها برای پذیرش تغییر، شفاف‌سازی فرایندها، و توسعه تعاملات مؤثر میان ذینفعان، زمینه‌ساز اجرای موفق این تکنیک‌ها خواهد بود.

در نهایت، همان‌گونه که یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد، تحقق اهداف ساخت‌وساز ناب مستلزم یکپارچه‌سازی عوامل اقتصادی، فنی و مدیریتی است؛ سیاست‌گذاری‌هایی که تنها بر کاهش هزینه و افزایش بهره‌وری تمرکز ندارند، بلکه آموزش، نوآوری، و ایجاد بستر فرهنگی و سازمانی مناسب را نیز در نظر می‌گیرند، می‌توانند اجرای این رویکرد را در صنعت ساختمان پایدار و اثربخش نمایند.

شایان ذکراست با توجه به محدودیت های اجتماعی و برسی دقیق آنها، پیشنهاد می گردد پژوهش های آینده صرفا جهت بررسی دقیق تر عوامل اجتماعی نظیر ایمنی و محیط زیست در Lean Construction در پروژه های عمرانی و ساختمانی مورد بررسی قرارگیرد.

مراجع

Abu Aisheh, Y.I., Tayeh, B.A., Alaloul, W.S. and Almalki, A., 2022. Health and safety improvement in construction projects: a lean construction approach. *International journal of occupational safety and ergonomics*, *28*(4), pp.1981-1993.

Aghajani Rizi, P. (2022). The role of lean management in achieving a construction management framework for building projects. In 7th International Conference on Research in Science and Engineering and 4th International Congress on Civil Engineering, Architecture, and Urban1 Development of Asia.

Alarcón, L.F., Diethelm, S., Rojo, O., & Calderón, R. (1997). Assessing the impact of implementing lean construction. International Group for Lean Construction (IGLC).

Alla, S., & Asadi, S. (2020). Integrated methodology of structural health monitoring for civil structures. Materials Today: Proceedings.

Anjomshoa, E., 2024. Investigation of lightweight gypsum based on montmorillonite nanoclay with enhanced insulation properties. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*. https://doi.org/10.1108/IJBPA-10-2023-0155

Anjomshoa, E., 2024. Key performance indicators of construction companies in branding products and construction projects for success in a competitive environment in Iran. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *31*(5), pp.2151-2175. https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2023-0852

Anjomshoa, E., 2024. The application of building information modeling (BIM) system in the smartification of green and sustainable buildings. *Engineering, Construction and Architectural Management*. https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2024-0291

Asadi Siahmargi, S. A., & Ghasemi, R. (2023). Integration of building information modeling, sustainable development, and lean thinking principles for reducing construction waste, case study: Eslamshahr metro project. In First National Conference on Urban Regeneration, Safety, and Crisis Management, Eslamshahr.

Asidesmaeili, K., Taghaddos, H., & Karimi, M. S. (2021). Improving the construction process based on lean production concepts and using discrete event simulation. Sharif Civil Engineering Journal, 37(2.1), 39-49. doi: 10.24200/j30.2020.55765.2773.

Aslam, M., Gao, Z. and Smith, G., 2022. Framework for selection of lean construction tools based on lean objectives and functionalities. *International Journal of Construction Management*, *22*(8), pp.1559-1570.

Awad, T., Guardiola, J. and Fraíz, D., 2021. Sustainable construction: Improving productivity through lean construction. *Sustainability*, *13*(24), p.13877.

Aziz, R.F., & Hafez, S.M. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. Alexandria Engineering Journal, 52(4), 679–695.

Ballard, G., & Howell, G. (2003). Lean project management. Building Research & Information, 31(2), 119–133.

Benachio, G.L.F., Freitas, M.D.C.D. and Tavares, S.F., 2021. Interactions between lean construction principles and circular economy practices for the construction industry. *Journal of construction engineering and management*, *147*(7), p.04021068.

Bertelsen, S. and Koskela, L., 2002. Managing the three aspects of production in construction. *IGLC-10, Gramado, Brazil*.

Biazzo, S. and Panizzolo, R., 2000. The assessment of work organization in lean production: the relevance of the worker's perspective. *Integrated Manufacturing Systems*, *11*(1), pp.6-15.

Bittencourt, V.L., Alves, A.C. and Leão, C.P., 2021. Industry 4.0 triggered by Lean Thinking: insights from a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, *59*(5), pp.1496-1510.

Carneiro, S.B.D.M., Campos, I.B., Lins, D.M.D.O. and Barros Neto, J.D.P., 2012. Lean and green: a relationship matrix. Annual Conference of the International Group for Lean Construction.

Chen, W.T., Merrett, H.C., Liu, S.S., Fauzia, N. and Liem, F.N., 2022. A decade of value engineering in construction projects. *Advances in Civil Engineering*, *2022*(1), p.2324277.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling.

Ebrahimi Lakmeh Sari, M. (2023). Barriers to implementing lean sustainable construction, hierarchical model. In 11th International Conference on Interdisciplinary Research in Civil Engineering, Architecture, and 21st Century Urban Management, Tehran.

Edwards, P. J., Bowen, P. A., & Cattell, K. S. (2017). We Can Fix it–Corruption in the Construction Industry The Handbook of Business and Corruption: Cross-Sectoral Experiences (pp. 391-421): Emerald Publishing Limited.

Evans, M. and Farrell, P., 2021. Barriers to integrating building information modelling (BIM) and lean construction practices on construction mega-projects: a Delphi study. *Benchmarking: An International Journal*, *28*(2), pp.652-669.

Farahani, M., & Jamalpour, R. (2023). Systematic review of lean practice implementation in the construction industry. In Tenth Conference on New Studies and Research in Civil Engineering, Architecture, and Future City, Tehran.Koskela, L., Huovila, P. and Leinonen, J., 2002. Design management in building construction: from theory to practice. *Journal of construction research*, *3*(01), pp.1-16.

Formoso, C.T., Tzortzopoulos, P., & Liedtke, R. (2002). A model for managing the product development process in house building. Engineering, Construction and Architectural Management.

Gao, S. and Low, S.P., 2014. Lean construction management. *Springer, Singapore, doi*, *10*, pp.978-981.

Gao, S., & Low, S. P. (2014). The Toyota Way model: an alternative framework for lean construction. Total Quality Management & Business Excellence, 25(5-6), 664-682 .

Hamzeh, F., González, V.A., Alarcon, L.F. and Khalife, S., 2021, July. Lean construction 4.0: Exploring the challenges of development in the AEC industry. In *Proceedings of the 29th annual conference of the international group for lean construction (IGLC), Lima, Peru* (pp. 207-216).

Hosseini, S. A., Farrokhi Zadeh, S., & Beyktashi, E. (2022). An exploration of the synergy between lean thinking concepts and building information modeling. In Second National Conference on Civil Engineering, Smart Development, and Sustainable Systems, Gorgan.

Igwe, C., Hammad, A. and Nasiri, F., 2022. Influence of lean construction wastes on the transformation-flow-value process of construction. *International Journal of Construction Management*, *22*(13), pp.2598-2604.

Illés, G. and Körösényi, A., 2022. From the theater to the hippodrome: A critique of Jeffrey Green's theory of plebiscitary democracy and an alternative. *Contemporary Political Theory*, *21*(3), pp.419-442.

Jafari, Sh., & Sharifi, Z. (2021). Lean construction approach, harmonious with sustainable development. In 6th International Conference on Research in Science and Engineering and 3rd International Congress on Civil Engineering, Architecture, and Urban Development of Asia.

Kehr, T.W. and Proctor, M.D., 2017. People Pillars: Re-structuring the Toyota Production System (TPS) House Based on Inadequacies Revealed During the Automotive Recall Crisis. *Quality and Reliability Engineering International*, *33*(4), pp.921-930.

Khodeir, L. M., & Othman, R. (2018). Examining the interaction between lean and sustainability principles in the management process of AEC industry. Ain Shams Engineering Journal, 9(4), 1627-1634.

Koskela, L., 1992. Application of the new production philosophy to construction (Vol. 72, p. 39). Stanford: Stanford university.

Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction. VTT Technical Research Centre of Finland.

Koskela, L., 2004. Making-do—The eighth category of waste.

Kusrini, E., Nisa, F. and Helia, V.N., 2019. Lean service approach for consulting services company. *International Journal of Integrated Engineering*, *11*(5), pp.189-195.

Lohne, J., Torp, O., Andersen, B., Aslesen, S., Bygballe, L., Bølviken, T., Drevland, F., Engebø, A., Fosse, R., Holm, H.T. and Hunn, L.K., 2022. The emergence of lean construction in the Norwegian AEC industry. *Construction Management and Economics*, *40*(7-8), pp.585-597.

Marhani, M.A., Jaapar, A., Bari, N.A.A. and Zawawi, M., 2013. Sustainability through lean construction approach: A literature review. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *101*, pp.90-99.

Mossman, A., 2018, July. What is lean construction: another look-2018. In *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 1240-1250).

Munier, N. and Hontoria, E., 2021. *Uses and Limitations of the AHP Method*. Cham: Springer International Publishing.

Nahmens, I. and Ikuma, L.H., 2012. Effects of lean construction on sustainability of modular homebuilding. *Journal of architectural engineering*, *18*(2), pp.155-163.

Paro, P. E. P., & Gerolamo, M. C. (2017). Organizational culture for lean programs. Journal of Organizational Change Management, 30(4 .)

Rezakhani, Y., Salmi, A., & Azizi, N. (2022). Necessity of using building information modeling (BIM) in lean construction. In 16th National Conference on Urban Planning, Architecture, Civil Engineering, and Environment, Shirvan.

Rossi, A.H.G., Marcondes, G.B., Pontes, J., Leitao, P., Treinta, F.T., De Resende, L.M.M., Mosconi, E. and Yoshino, R.T., 2022. Lean tools in the context of industry 4.0: literature review, implementation and trends. *Sustainability*, *14*(19), p.12295.

Sacks, R., Koskela, L., Dave, B.A., & Owen, R. (2010). Interaction of lean and building information modeling in construction. Journal of Construction Engineering and Management, 136(9), 968–980.

Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Luegring, M. (2006). Site implementation and assessment of lean construction techniques. Lean Construction Journal.

Santos, E., Lima, T.M. and Gaspar, P.D., 2023. Optimization of the production management of an upholstery manufacturing process using lean tools: A case study. *Applied Sciences*, *13*(17), p.9974.

Shaqour, E.N., 2022. The impact of adopting lean construction in Egypt: Level of knowledge, application, and benefits. *Ain Shams Engineering Journal*, *13*(2), p.101551.

Shariati, S., & Zeyghami, E. (2021). Presenting a model for implementing green supply chain in the construction industry with emphasis on lean production methods, green production, and innovation. In Second International Conference on New Technologies in Architectural and Urban Engineering of Iran, Tehran.

Sharifi, L., & Tavakoli, A. (2021). Evaluation and review of lean management implementation in construction project supply chains (Case Study: Sangan Iron Concentrate Construction Project, Razavi Khorasan). In 7th International Conference on Mechanical, Manufacturing, Industry, and Civil Engineering, Tehran.

Soliman, M. H. A. (2017). A Comprehensive Review of Manufacturing Wastes: Toyota Production System Lean Principles .

Ugural, M.N., Aghili, S. and Burgan, H.I., 2024. Adoption of Lean Construction and AI/IoT Technologies in Iran's Public Construction Sector: A Mixed-Methods Approach Using Fuzzy Logic. *Buildings*, *14*(10), p.3317.

Yap, J. B. H., Abdul-Rahman, H., & Chen, W. (2017). Collaborative model: Managing design changes with reusable project experiences through project learning and effective communication. International Journal of Project Management, 35(7), 1253-1271.

Yu, H., Tweed, T., Al-Hussein, M. and Nasseri, R., 2009. Development of lean model for house construction using value stream mapping. *Journal of construction engineering and management*, *135*(8), pp.782-790.

Zhao, X., & Lang, Z. (2019). Baseline model based structural health monitoring method under varying environment. Renewable Energy, 138, 1166-1175.