| نشریه هنر مدیریت سبز | THE ART OF GREEN MANAGMENT JOURNAL |

| تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۴ | تاریخ داوری: ۱۴۰۱/۰۶/۲۲ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۳ | تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۱/۱۰/۲۳ |

| شماره صفحه: ۲۲-۷ | DOI: 10.30480/AGM.2022.4207.1026 | نوع مقاله: مروری |

واکاوی مفاهیم ناب، سبز و هوشمند جهت دست‌یابی به پایداری در صنعت ساخت‌وساز

Analysis of Lean, Green and Smart Concepts to Achieve Sustainability in the Construction Industry

نیکی شایان‌مهر[۱] ، بهنود برمایه‌ور[۲]

چکیده

صنعت ساخت‌وساز به‌عنوان یکی از مصرف‌کنندگان عظیم منابع طبیعی و ایجاد کننده تأثیرات منفی زیست‌محیطی شناخته شده است. بر این اساس، این صنعت به‌طور فزاینده‌ای به سمت اتخاذ راهبردهای پایدار و نوآورانه گام برداشته تا تأثیرات منفی این حوزه را به‌حداقل برساند. مطالعات بسیاری نیز در زمینه‌ی مفاهیم ناب، سبز، هوشمند و پایداری در حوزه ساخت‌وساز مورد بررسی قرار گرفته که برخی از آن‌ها این مفاهیم را در ارتباط با یکدیگر مورد مطالعه قرار داده‌اند. از این‌رو، پژوهش حاضر، مترصد است تا به ارائه‌ی مدلی مفهومی با هدف واکاوی چگونگی تعامل میان مفاهیم ناب، سبز و هوشمند با مفهوم پایداری در صنعت ساخت‌وساز بپردازد. برای این منظور، پژوهش‌های موجود در قالب مرور ادبیات نظری و با روش تحلیل محتوا به‌عنوان روشی برای بررسی و به‌کارگیری تحقیقات و مطالعات انجام گرفته موجود در جهت دستیابی به درک جامعی از هم‌افزایی میان این مفاهیم و چگونگی تأثیر آن بر نائل آمدن بر اهداف پایداری در بخش ساخت‌وساز، اتخاذ شده است. براساس یافته‌ها، ساخت‌وساز ناب، سبز، هوشمند و پایدار هر یک به کاهش آلودگی زیست‌محیطی، کاهش هزینه‌ها، کاهش زمان، بهبود عملکرد و افزایش کیفیت زندگی برای ساکنین کمک می‌کنند. هم‌افزایی میان این مفاهیم، بینشی جدید به‌منظور کاهش آثار منفی صنعت ساخت‌وساز در اختیار این صنعت قرار می‌دهد که این امر زمینه‌ساز تحولی در بخش صنعت ساخت‌وساز و معماری برای دستیابی به اهداف سه‌گانه‌ی توسعه‌ی پایدار (زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی) و تشویق شرکت‌های درگیر با امر ساخت‌وساز برای اعمال راهبردها و فن‌آوری‌های نوین در پروژه‌های ساختمانی خواهد شد.

کلید واژگان: ساخت‌وساز سبز، ساخت‌وساز ناب، ساخت‌وساز هوشمند، ساخت‌وساز پایدار.

۱. **دانش آموخته کارشناسی ارشد**، رشته‌ی مهندسی معماری، دانشکده‌ی معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران. (نویسنده‌ی مسئول)، پست الکترونیکی: schayanmehr@gmail.com

۲. **استادیار و عضو هیات علمی**، دانشکده‌ی معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران. پست الکترونیکی: b.barmayehvar@art.ac.ir

۱- مقدمه

در دهه‌های گذشته، صنعت ساخت‌وساز به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین صنایع در ایجاد تأثیرات منفی زیست‌محیطی شناخته شده است. این صنعت حدود ۵۰ درصد منابع طبیعی و ۴۰ درصد انرژی را مصرف و به‌طور میانگین ۵۰ درصد زباله تولید می‌کند (Othman & Nadim, 2010, 1-17). تأثیرات منفی ساخت‌وساز سبب شده که این صنعت به‌سوی اتخاذ شیوه‌ها و فعالیت‌های پایدارتر گام بردارد. این در حالی است که میان صنعت ساخت‌وساز و پایداری، پتانسیل زیادی به‌منظور هم‌افزایی و تعامل با یکدیگر وجود دارد. در عین حال، پژوهشگران اذعان به ضرورت ارتقا چشم‌اندازهای راهبردی به‌منظور اتخاذ فناوری‌های نوین و روش‌های کارآمدتر در این حوزه کرده‌اند. بر این اساس، به‌کارگیری مفاهیم ناب، سبز و هوشمند نقشی مؤثر و فعال در دستیابی به اهداف اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی حوزه‌ی پایداری در صنعت ساخت‌وساز دارند. بسیاری از پژوهشگران این حوزه مانند لپینسکی (Lapinski & Horman, 2006, 1083-1091) بیان می‌کند که چگونه مفهوم ناب به اهداف سبز در پروژه‌های ساختمانی کمک خواهد کرد. به‌طور هم‌زمان، برخی از محققان نیز مزایای هم‌افزایی بین ساخت‌وساز هوشمند و ساخت‌وساز پایدار (Darwish, 2016, 35-42) و همچنین، تأثیر شیوه‌های ساخت‌وساز سبز بر ساخت‌وساز پایدار را مورد بررسی قرار داده‌اند. علی‌رغم وجود مطالعات انجام گرفته در ارتباط با این مفاهیم، بررسی جامع برهم‌کنش ساخت‌وساز ناب، سبز و هوشمند با یکدیگر با در نظرگیری سه جنبه‌ی اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی حوزه‌ی پایداری، هنوز در مراحل ابتدایی تحقیق و پژوهش باقی مانده است. ازاین‌رو، به‌منظور پر کردن این شکاف، پژوهش حاضر به ارائه‌ی مدلی مفهومی، با هدف بررسی مطالعات اولیه‌ی موجود در این حوزه و بررسی چگونگی همکاری متقابل این مفاهیم با پایداری در بخش ساخت‌وساز پرداخته است. ارائه‌ی مدل مفهومی، این امکان را به تصمیم‌گیرندگان حوزه‌ی پایداری جهت بهبود فعالیت‌ها و تصمیم‌گیری‌های خود و گسترش به‌کارگیری این هم‌افزایی میان مفاهیم ناب، سبز و هوشمند خواهد داد.

ازاین‌رو، مرور ادبیات پژوهش با نگاه کیفی[1] توسط پژوهشگران اتخاذ شده است. در ادامه، بخش دوم این پژوهش روش تحقیق ارائه شده، توصیف کلمات کلیدی و روش مورد استفاده برای یافتن مقالات بیان شده، قسمت سوم به تحلیل داده‌ها پرداخته و در قسمت نهایی چگونگی برهم‌کنش حوزه‌های ناب، سبز و هوشمند با حوزه‌ی پایداری در صنعت ساخت‌وساز مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس نتایج به‌دست آمده از بررسی هم‌افزایی میان این مفاهیم، پژوهش حاضر، مدلی مفهومی و جدولی از تعاملات میان این مفاهیم را ارائه کرده و در نهایت به نتیجه‌گیری پرداخته است.

۲-روش پژوهش

مطالعات گسترده‌ای بر روی هر یک از مفاهیم ناب، سبز، هوشمند و مفهوم ساخت‌وساز پایدار و ارتباط آن‌ها با یکدیگر انجام شده است. با این وجود پژوهش‌های اندکی، چهار مفهوم مذکور را به‌طور جامع و هم‌زمان مورد بررسی قرار داده‌اند. ازاین‌رو، هدف این مقاله، پرداختن به آنچه تاکنون در ارتباط با مفاهیم ساخت‌وساز ناب، سبز، هوشمند و پایدار است و همچنین، چگونگی برهم‌کنش این مفاهیم با یکدیگر به‌منظور دستیابی به بهبود ساخت‌وساز پایدار، به‌واسطه‌ی روش مروری است. به‌منظور شناخت و درک جامع هدف این پژوهش، پرسش زیر مطرح شده است:

- چگونه ساخت‌وساز ناب، ساخت‌وساز سبز و هوشمند، به بهبود و ارتقا ساخت‌وساز پایدار کمک خواهندکرد؟

این بررسی را می‌توان به‌عنوان مرور سیستماتیک ادبیات بیان نمود. به‌طورکلی، ادبیات مروری یک رویکرد پژوهشی حائز اهمیت است که امکان شفاف‌سازی رویکرد تحقیقاتی را با بررسی پژوهش‌های منتشر شده برای دستیابی به پاسخ پرسش تحقیق، فراهم می‌آورد. همچنین این پژوهش، بر اساس نتایج حاصل از هم‌افزایی بین این مفاهیم، به پیشنهاد مدلی مفهومی پرداخته است. لازم است به‌منظور روشن شدن روش و فرآیند تحقیق، کلمات کلیدی و پایگاه‌های داده را طبقه‌بندی کرد. این طبقه‌بندی و شفاف‌سازی، این امکان را به مخاطبان پژوهش می‌دهد تا از روند تحقیق و محدودیت‌های آن آگاه شوند. ازاین‌رو، فرآیند این پژوهش در پنج بخش طبقه‌بندی شده است:

طبقه‌بندی پرسش‌ها؛

- بررسی مطالعات مربوطه؛
- ارزیابی مطالعات منتشر شده؛
- تحلیل و آنالیز؛
- گزارش و توضیح یافته‌ها.

در این بررسی، مقالات زیادی با تمرکز بر دامنه‌ی تحقیق و رشته‌های جستجو مورد مطالعه قرار گرفته است. رشته‌های جستجوی مورد استفاده برای بررسی مطالعات مرتبط با این پژوهش، بر اساس طبقه‌بندی درختی کلمات، به‌منظور مشخص‌کردن محدوده مطالعات، به‌کار گرفته شده است. همچنین از رشته‌های جستجو برای دستیابی به پاسخ‌های مرتبط با سؤال پژوهش و یافتن مقالات مرتبط با پژوهش استفاده شده است. طیف کلمات کلیدی جایگزین نیز برای دسترسی به مقالات بیشتر نیز در نظر گرفته شده است (تصویر ۱). پایگاه داده‌های گوناگون مورد استفاده در این پژوهش عبارت هستند از: الزویر (Sicencedirect.com)؛ امرالد (Emeraldinsight.com)؛ تیلور اند فرانسیس (Taylor and Francis.com) و گوگل اسکولار (Scholar.google.com). استفاده از پایگاه داده‌های متعدد باعث دسترسی به مقالات تکراری می‌شود. وجود مقالات تکراری، مشخص می‌کند که تعداد زیادی از مطالعاتی که باید در دسترس قرار گیرد، شناسایی شده‌اند. گام بعدی در این پژوهش، مرحله‌ی جمع‌آوری داده‌ها و مرتب‌سازی مقالات به‌دست آمده که شامل مطالعه‌ی عناوین و چکیده‌ی این مقالات به‌منظور دستیابی به مطالب مرتبط با پرسش تحقیق است. همچنین مقالات انتخاب شده باید با معیارهای ورودی و خروجی در نظر گرفته شده مطابقت داشته باشد. در مرحله‌ی دوم روش تحقیق و نتیجه‌گیری این مقالات نیز باید متناسب با معیارها باشد. مرحله‌ی آخر تمرکز بر روی اطلاعات استخراج شده براساس متن کامل مقالات بررسی شده با توجه به سه معیار ورود و خروج است. معیارهای ورود و خروج باید واضح، روشن و در عین حال عینی باشند. در جدول ۱ معیارهای ورود و خروج مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده است.

برای بررسی ادبیات مروری، مقالات و بازنگری با دقت و کتاب‌ها به‌عنوان منابع مفید و معتبر در این زمینه مورد بررسی قرار گرفته است. پژوهش‌های انتخاب شده از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ میلادی بوده است، زیرا از این زمان به بعد موضوعات حوزه‌ی پایداری به یک موضوع اصلی تبدیل شده و نگرانی‌ها و توجهات را به‌سوی خود جلب کرده است. همچنین تعداد مقالات منتشر شده در مورد این مفاهیم نیز در این دوره رشد قابل توجهی داشته است. ازاین‌رو، مقالات به‌دست آمده در سه مرحله‌ی غربالگری از تعداد ۲۰۰ مقاله چاپ شده در مجلات، مقالات کنفرانسی و بخش‌هایی از کتاب و گزارش‌های پژوهشی که در این تحقیق گنجانده شده، از این تعداد با توجه به محدودیت‌های دسترسی و معیارهای در نظر گرفته شده و حذف مقالات مشابه و تکراری تعداد مقالات به ۱۰۰ مقاله کاهش یافت و در نهایت ۵۶ مقاله انتخاب و به‌طور کامل مطالعه شده و به‌صورت توصیفی و تحلیلی مورد بررسی قرار گرفته است.

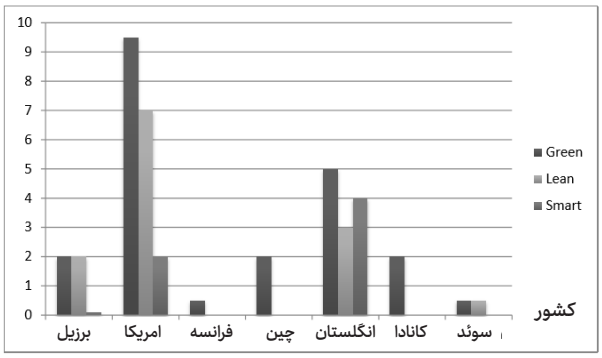
تصویر ۱– چارت درختی کلمات کلیدی

جدول ۱– معیارهای ورودی و خروجی

ردیف	معیارهای ورودی	معیارهای خروجی
۱	هر یک از مفاهیم به‌طور مستقل مورد بررسی قرار گرفته باشند.	به زبان فارسی و انگلیسی نوشته نشده باشند
۲	مفاهیم مرتبط که با یکدیگر ادغام شده‌اند، بررسی شود.	مفاهیم مرتبط با حوزه‌ی ساخت‌وساز نباشند.
۳	اساس پژوهش‌های بر پایه هم‌افزایی و همکاری میان مفاهیم باشد.	توجه به حوزه‌ی پایداری و اصول آن نشده باشد.

ساختار نتایج به‌دست آمده به‌صورت زیر است: نخست، تحلیل توصیفی و سپس به‌ترتیب، بررسی هر یک از مفاهیم «ساخت‌وساز ناب»، «ساخت‌وساز سبز»، «ساخت‌وساز هوشمند» و«ساخت‌وساز پایدار». بررسی مفاهیم ناب، سبز و هوشمند با پرداختن به رویکرد آن‌ها در حوزه ساخت‌وساز و در بستر پایداری بوده است. سپس در بخش بعدی این پژوهش به‌چگونگی تعامل میان این مفاهیم با مفهوم پایداری و تأثیرات آن‌ها بر محیط زیست، اقتصاد و جامعه پرداخته شده است.

علی‌رغم اینکه بررسی‌های انجام گرفته در این مقاله از پژوهش‌های منتشر شده از سال ۱۹۹۰ در نظر گرفته شده، اما از سال ۲۰۰۶ میلادی مطالعات در ارتباط با هم‌افزایی میان این مفاهیم آغاز شده است. انگلستان و ایالات متحده دارای بیشترین تعداد مقالات در مورد مفاهیم ناب و سبز در مقایسه با سایر کشورها بوده‌اند. کشورهایی مانند برزیل، مالزی و به‌طورکلی کشورهای در حال توسعه دیگر، مقالات متعددی در مورد هم‌افزایی میان حوزه‌ی پایداری و مفهوم ناب ارائه کرده‌اند. درحالی‌که کشورهای کانادا، چین و فرانسه تعداد مقالات مرتبط اندکی با مفهوم ناب دارند. چین و سوئد نیز مقالات مرتبطی با مفهوم هوشمند نسبت به سایر کشورها ارائه کرده‌اند.



تصویر ۲- تعداد مقالات ارائه شده

۳- مبانی نظری

در این پژوهش به بررسی هر یک از مفاهیم ناب، سبز، هوشمند و پایداری به‌طور جداگانه در حوزه ساخت‌وساز پرداخته شده است. همچنین اثرگذاری این مفاهیم در سه بعد زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی در حوزه‌ی پایداری نیز بررسی شده که بر اساس مطالعات، مقالات و کتاب‌های منتشر شده اندیشمندان در سال‌های مختلف در ارتباط با این مفاهیم است.

۳-۱- مفهوم ساخت‌وساز ناب[۲]

صنعت ساخت‌وساز با چالش‌های زیادی مواجه است. این چالش‌ها اغلب با فعالیت‌های بدون ارزش افزوده و فرآیندهای ناکارآمد در زنجیره‌ی تأمین همراه است. همچنین از دیگر مظاهر ناکارآمدی در بخش ساخت‌وساز تأخیر در زمان‌بندی تحویل پروژه‌ها، دوباره‌کاری‌ها، مصرف بیش از حد انرژی و منابع و همچنین تولید ضایعات است که منجر به افزایش هزینه‌ها می‌شود؛ بنابراین، به‌منظور بهبود بهره‌وری و کارایی، دستیابی به اهداف پایداری و کاهش ضایعات در صنعت ساخت‌وساز، بسیاری از پژوهشگران، اتخاذ راهبردها و روش‌های مدیریتی جدید را پیشنهاد کرده‌اند. یکی از این مفاهیم و اصول مدیریتی، ساخت‌وساز ناب است. ساخت‌وساز ناب از سال ۱۹۹۰ میلادی به‌عنوان مفهومی برگرفته از اصول ساخت و تولید کشور ژاپن ظهور پیدا کرده است (Bertelsen, 2004, 46-69; Small, Al Hamouri & Hamouri, 2017, 616-621). علاوه بر این، بر اساس پژوهش‌های بررسی شده، مشخص گردیده است که (Howell, 1999, 1-10; Koskela & Howell, 1992,1-75) ساخت‌وساز ناب به‌عنوان رویکرد مدیریتی نوین به صنعت ساخت‌وساز پیشنهاد شده زیرا پارادایم ناب امکان حذف اتلاف در مواد، زمان و تلاش و دستیابی به حداکثر مقدار ارزش را در ساخت‌وساز فراهم می‌آورد. یازده اصل برای اعمال پارادایم ناب توسط برخی از پژوهشگران شناسایی شده که متضمن راه‌حل‌هایی برای صنعت ساخت‌وساز است: ۱- کاهش سهم فعالیت‌های بدون ارزش افزوده؛ ۲- افزایش ارزش خروجی از طریق در نظر گرفتن سیستماتیک نیازهای مشتری؛ ۳- کاهش تنوع؛ ۴- کاهش زمان چرخه؛ ۵- به حداقل رساندن افزایش گام‌ها؛ ۶- تفکیک‌ها و پیوندها؛ ۷- افزایش انعطاف‌پذیری خروجی؛ ۸- افزایش شفافیت فرآیند؛ ۹- ایجاد بهبود مستمر در فرآیند؛ ۱۰- بهبود جریان تعادل و ۱۱- محک‌گذاری (Koskela & Howell, 1992, 1-75).

از آن زمان، پذیرش پارادایم ناب در صنعت ساخت‌وساز توجه محققان این بخش را به خود جلب کرده است. از این‌رو، بسیاری از محققان (Khodeir & othman, 2016, 1627-1634; Pinch, 2005, 8-11; Small, Al Hamouri & Hamouri, 2017, 616-621)، روش‌هایی را برای به‌کارگیری اصول پارادایم ناب در فرآیند ساخت‌وساز ارائه کرده‌اند. همچنین برخی از محققان پیشنهاد نموده‌اند که اجرای مفاهیم ساخت‌وساز ناب باید در مرحله‌ی پیش‌ساخت و ساخت پروژه نیز معرفی شود تا پسماندها شناسایی و حذف شوند (Wang et al., 2009, 1027-1038)، کنترل سلامت کارگران و خطر ایمنی پروژه‌های ساختمانی (Dhingra, Kress & Upreti, 2014, 1-7) مورد توجه قرار گیرد. سایر محققین نیز استدلال کردند که ساخت‌وساز ناب دارای رویکرد مدیریتی ساخت‌وساز متفاوتی نسبت به سایر روش‌ها است که به‌دلیل مجموعه‌ای از اهداف مشخص در فرآیند تحویل که هدف آن افزایش عملکرد برای آخرین کاربر پروژه است مورد استقبال در این صنعت قرار گرفته است (Ballard & Howell, 1998, 1-17). برخی از نویسندگان نیز معتقدند که مفاهیم ساخت‌وساز ناب با کاهش هزینه‌های ساخت‌وساز باعث بهبود عملکرد شرکت‌های ساختمانی شده و در پروژه‌های سریع و پیچیده به‌دلیل استفاده از اصول صحیح به نتایج بهتری می‌توان دست یافت (Yahya & Mohamad, 2011, 1-11). ساخت‌وساز ناب، همچنین می‌تواند به‌طور مؤثر در صنعت ساخت‌وساز از طریق تمرکز بر بهبود کیفیت کل فرآیند تحویل پروژه و به حداقل رساندن فعالیت‌های بدون ارزش افزوده نقشی اساسی داشته باشد (Khodeir & Othman, 2016, 1627-1634). از سوی دیگر، طبق مطالعات، ساخت‌وساز ناب به‌دنبال برآورده کردن خواسته‌های ساکنان، انجام فعالیت‌های بیشتر با تلاش، مواد، تجهیزات، کارکنان و فضای ذخیره‌سازی کمتر و کاهش مصرف انرژی و منابع است. بدین ترتیب، از بررسی مطالعات انجام شده، تعاریف متعددی برای ساخت‌وساز ناب ارائه شده است.

جدول ۲ – ویژگی‌های مرتبط با ساخت‌وساز ناب

ردیف	ویژگی	منابع
۱	– رویکرد مبتنی بر مدیریت تولید در تحویل پروژه؛ – در تولید، تحویل و بهره‌برداری به‌کارگرفته‌می‌شود؛ – حداکثررساندن ارزش؛ – حداقل‌رساندن ضایعات؛ – و گسترش رویکردهای نوین در تحویل پروژه؛	http://www.leanconstruction.org
۲	– منطبق بر اصول مدیریت ژاپنی.	Bertelsen, 2004, 46-69
۳	– بهبود بهره‌وری؛ – افزایش کیفیت؛ – و انجام به موقع.	Koskela & Howell, 1992, 1-75

از ویژگی‌های بالا می‌توان دریافت که اهداف اصلی ساخت‌وساز ناب به‌عنوان بهبود مستمر، با تنظیم یک برنامه‌ی زمان‌بندی مناسب پروژه، ضایعات را در فرآیندهای برنامه‌ریزی، طراحی و ساخت به‌حداقل می‌رساند (Dhingra, Kress & Upreti, 2014, 1). در سیستم تولید ناب، ضایعات به‌اصطلاح ژاپنی «موداً[۳]» نامیده می‌شوند (Garza-Reyes, 2015, 18-29; Ohno, 1988, 76). زباله‌ها از دید برخی از پیشگامان اتخاذ این پارادایم در ساخت‌وساز در هفت دسته تقسیم‌بندی شده‌اند: ۱– تولید بیش از حد؛ ۲– نقص؛ ۳– حرکت غیرضروری؛ ۴– موجودی غیرضروری؛ ۵– پردازش نامناسب؛ ۶– حمل‌ونقل؛ و ۷– انتظار (Mollenkopf et al., 2010, 14-41; Ohno, 1988,1-137; Womack & Jones, 1996, 350).

پرهیز از ایجاد ضایعات ذکر شده باعث تسریع زمان تولید، کاهش هزینه‌ها و کیفیت در پروژه‌ها خواهد شد. ازاین‌رو، ابزارها و تکنیک‌های ویژه‌ای مانند درست به‌موقع، نگهداری مولد کل، مشارکت کارکنان، بهبود مستمر، معیارسنجی، رقابت مبتنی بر زمان، مهندسی هم‌زمان، استراتژی یا مدیریت مبتنی بر ارزش، مدیریت بصری، مهندسی مجدد و تولید ناب، جریان ارزش نقشه‌برداری و سیستم آخرین برنامه‌ریز و به‌حداکثر رساندن ارزش برای تقویت نقش پارادایم ناب در ترویج ساخت‌وساز پایدار استفاده می‌شود[۴]. به‌عبارت دیگر، این ابزارها و تکنیک‌ها برای پیگیری اهداف ساخت‌وساز ناب در مراحل برنامه‌ریزی، طراحی و ساخت یک پروژه به‌کار گرفته شده است. پژوهش‌های موجود نشان می‌دهد که ابزارهای ناب بر اساس عوامل گوناگون به دسته‌های مختلفی طبقه‌بندی می‌شوند. بر این اساس، بسیاری از پژوهشگران بیان کرده‌اند که طبقه‌بندی این ابزارها بر اساس سیستم تحویل پروژه‌ی ناب، از تعریف پروژه تا بهره‌برداری را پوشش می‌دهد. طبق پژوهش‌ها «آخرین سیستم برنامه‌ریز» بیشترین استفاده را از میان ابزار دارد و برای ارتقای مدیریت ساخت‌وساز از طریق بهبود بهره‌وری و رضایت مشتری و همچنین

نزدیک کردن پروژه‌ها به پایداری و ایجاد استرس کمتر برای ذی‌نفعان پروژه استفاده می‌شود که باعث کاهش وابستگی و همچنین به‌عنوان ابزاری برای کنترل فرآیند ساخت‌وساز در نظر گرفته می‌شود. «درست به‌موقع» نیز یکی از اجزای اصلی شیوه‌های ساخت‌وساز ناب است که مقدار صحیح مصالح را به محل دقیق و در شرایط نیاز و در زمان مناسب تحویل می‌دهد (Birdi et al., 2008, 467-501; Eriksson, 2010, 394-403; Low & Choong, 2001, 494-501; Mao & Zhang, 2008, 371-381). بر این اساس، «سیستم آخرین برنامه‌ریز» و «درست به‌موقع» به‌دلیل محدودیت زمان و هزینه در پروژه‌های ساختمانی، به‌عنوان کاربردی‌ترین ابزار ساخت‌وساز ناب در نظر گرفته می‌شوند.

به‌طورکلی، صنعت ساخت‌وساز به‌دنبال حرکت از رویه‌های سنتی، مصرف ناکارآمد منابع، انرژی و نیروی کار به ساخت‌وسازهای سازگار با محیط زیست و تولید کمتر زباله است؛ بنابراین، این بررسی‌ها نشان می‌دهد که شیوه‌های ناب در پروژه‌های ساختمانی باعث کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و زمان چرخه‌ی پروژه‌ها، حذف ضایعات از منظر عملیاتی، افزایش انعطاف‌پذیری خروجی، شفافیت، بهره‌وری و هزینه‌های غیر مستقیم و افزایش سود شده (Womack & Jones, 1996, 350)، درحالی‌که استانداردهای کیفیت را حفظ می‌کند. همچنین ساخت‌وساز ناب بر بهینه‌سازی گردش کار در پروژه‌های ساختمانی تمرکز دارد. امید است با اجرای شیوه‌های ساخت‌وساز ناب در مدیریت ساخت‌وساز و تمامی مراحل از طراحی تا ساخت، بتواند به سمت ساخت‌وساز پایدار حرکت کند و به اهداف اصلی خود در حوزه‌ی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی دست یابد. با این وجود، به‌کارگیری مفاهیم ناب در بخش ساخت‌وساز سرعت آهسته‌ای دارد و با موانع زیادی مواجه است (Howell, 1999, 1-10). این موانع شامل نگرش مدیریتی، فنی، انسانی، آموزشی، دولتی و مالی است. علاوه بر این، عدم تعهد مدیران شرکت‌ها به اجرای ساخت‌وساز ناب و مشارکت نامناسب ذی‌نفعان در پروژه‌ها، فقدان دانش، مهارت، فناوری و استراتژی ناکارآمد از دیگر موانع رسیدن به اهداف ساخت‌وساز ناب است (Bae & Kim, 2008, 156-167).

جدول ۳- ابزار مرتبط با ساخت‌وساز ناب

ردیف	کاربرد	ابزار
۱	تمیز کردن، مرتب‌سازی و نگهداری محل کار	فایو.اس[۵]
۲	شناسایی و رسیدگی به ضایعات از مرحله‌ی طراحی تا ساخت	وی.اس.ام[۶]
۳	ارتقا مدیریت ساخت‌وساز با بهبود هماهنگی میان فعالیت‌ها	ال.پی.اس.[۷]
۴	تحویل مقدار صحیح مواد به محل دقیق و در زمان نیاز به این ماده در شرایط مناسب	جی.ای.تی.[۸]
۶	شناسایی و ارائه‌ی ارزش به مشتری و سازمان‌دهی تولید	تی.کیو.ام.[۹]

۳-۲- مفهوم ساخت‌وساز سبز

نگرانی‌های فزاینده‌ای در مورد اثرات منفی صنعت ساخت‌وساز بر محیط زیست، اقتصاد و سلامت عمومی وجود دارد؛ بنابراین، ساخت‌وساز سبز به‌عنوان یک رویکرد عملیاتی برای کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و ایجاد منافع اجتماعی و اقتصادی که می‌تواند به اهداف پایداری در حوزه‌ی ساخت‌وساز دست یابد، از سال ۱۹۹۰ پدیدار شده است. در سال‌های اخیر، ساخت‌وساز سبز به موضوع اصلی برای مطالعه تبدیل شده است. از این رو، تحقیقات گسترده‌ای در مورد مزایای الهام‌بخش پذیرش ساختمان سبز انجام شده است. ذکر این نکته ضروری است که اصطلاح ساختمان سبز و ساخت‌وساز سبز در اکثر مطالعات به‌جای یکدیگر استفاده می‌شوند. ساختمان سبز همچنین با عبارات دیگری مانند توسعه‌ی پایدار، طراحی زیست‌محیطی، معماری دوست‌دار محیط‌زیست، معماری طبیعی، ساختمان پایدار، ساختمان با کارایی بالا شناخته می‌شود و بیشترین استفاده در پژوهش‌ها در حوزه‌ی تحقیقات ساختمان سبز، از این کلیدواژه‌ها بوده است. ساختمان سبز رویکردی نسبت به ساختمان است که با انتخاب مصالح ساختمانی سازگار با محیط زیست و شیوه‌های ساخت‌وساز در تلاش برای محافظت از هوا، آب و زمین است (Burcu, 2015, 868-873). در میان مرور ادبیات، ویژگی‌های متعددی برای ساختمان سبز ارائه شده است.

جدول ۴- ویژگی‌های مرتبط با ساخت‌وساز سبز

ردیف	ویژگی	منابع
۱	استفاده از مدل سالم‌تر و کارآمدتر از منابع از مراحل ساخت تا بهره‌برداری، نگهداری و تخریب.	Roy, 2008, 1-23
۲	طراحی، ساخت و بهره‌برداری به‌منظور به‌حداقل رساندن کل اثرات زیست‌محیطی و در عین حال افزایش میزان بهره‌وری؛ آسایش کاربران.	The Energy and Resource Institute, 2018
۳	کاهش مصرف انرژی، آب، مواد و منابع طبیعی به‌منظور به‌حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی؛ بهبود سلامت کاربران.	US Office of the Federal Environmental Executive, 2014

با توجه به جدول بالا، تعریف ساختمان سبز به شیوه‌ها و تکنیک‌هایی که سازگار با محیط‌زیست، کارآمدی در انرژی، ضایعات حداقلی، بهبود بهره‌وری کلی، به حداقل‌رساندن مصرف انرژی، آب و برق، افزایش سلامت و راحتی ساکنین و تسهیل استفاده مجدد از مواد، برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار محدود می‌شود. بسیاری از محققان طراحی سیستم‌های گرمایش و سرمایش با راندمان بالا، صرفه‌جویی در مصرف آب، حداکثر استفاده از انرژی خورشیدی و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی، استفاده از ساختمان‌های قدیمی و معماری تخریب شده را از ویژگی‌های ساختمان سبز در نظر گرفته‌اند. درحالی‌که ساختمان سبز همه‌ی این ویژگی‌های مشترک را شامل نمی‌شود، بلکه هدف اصلی آن دستیابی کامل به پایداری است. علاوه بر این، برخی از محققان بیان کرده‌اند که ساختمان سبز یک کاتالیزور برای ساخت‌وساز سبز است که هدف آن افزایش بهره‌وری زیست‌محیطی و عملیات ساخت‌وساز با در نظر گرفتن اهداف مالی است که می‌تواند هزینه‌های کلی را در عین حفظ کیفیت کاهش دهد. در ساختمان سبز برای تحقق چشم‌انداز کل‌نگر ساخت‌وساز باید فرآیندها و رویکردهای جامعی را در حین برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت، بهره‌برداری، نگهداری، نوسازی و ساخت‌وساز اجرا کرد. همچنین ساختمان سبز ردپای دی اکسید کربن را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد، زیرا واضح است که ساخت‌وساز یکی از مهم‌ترین عوامل در انتشار کربن به‌دلیل مصرف انرژی است؛ بنابراین، انتخاب مصالح ساختمانی سبز مناسب می‌تواند انتشار دی اکسید کربن را کاهش دهد. برای اجرای موفقیت‌آمیز راهبردهای پارادایم سبز در مرحله‌ی ساخت‌وساز، طیف وسیعی از ابزارها و تکنیک‌ها مانند مدیریت عملیات محیطی که به‌عنوان عملیات سبز، همچنین تولید سبز شناخته می‌شود، زنجیره‌ی تأمین سبز، لجستیک معکوس، طراحی زیست‌محیطی یا طراحی برای محیط زیست، ساختمان سبز، نقشه‌برداری جریان ارزش پایدار و ارزیابی چرخه‌ی حیات را می‌توان برای دستیابی به اهداف ساخت و ساز سبز به‌کار برد.

با این وجود، اثرات زیست‌محیطی را می‌توان نتیجه‌ی زباله‌های سبز در نظر گرفت (Hines, Howeg & Rich, 2004, 994-1011). هشت زباله‌ی سبز را با الهام از فرآیند تولید ناب پیشنهاد کردند: گازهای گلخانه‌ای، اتروفیکاسیون، استفاده بیش از حد از منابع، مصرف بیش از حد انرژی، آلودگی، زباله، مصرف بیش از حد آب و بهداشت و ایمنی ضعیف. از این رو، روند رو به رشد تحقیقات ساختمان سبز، به تأثیر مثبت قابل توجه ساختمان سبز برای کاهش تعداد منابع و مصرف انرژی ساختمان با کاهش هزینه‌ی چرخه‌ی عمر، حذف مواد سمی، حداقل رساندن ردپای کربن و زباله، کاهش خطرات سلامت و ایمنی کارگران پرداخته است. به‌طورکلی، رویکرد ساخت‌وساز سبز برای دستیابی به اهداف کوتاه‌مدت و بلندمدت پایداری در بخش ساخت‌وساز ضروری است. با وجود آن، اجرای ساخت‌وساز سبز همواره به‌دلیل مسائل اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و همچنین نبود دانش کافی و موانع مهارت با مشکل مواجه بوده است.

۳-۳- مفهوم ساخت‌وساز هوشمند

ساختمان باهوش[۱۰] از سال ۱۹۸۰ مورد توجه قرار گرفته است. هوشمندی به جنبه‌های بسیاری، از جمله مواد هوشمند، مترها و حس‌گرهای هوشمندی است که به ارتقا و گسترش ساختمان‌های با کیفیت بالا می‌پردازد. تعاریف مربوط به ساختمان‌های باهوش از دهه‌ی ۱۹۸۰ توسعه یافته است (Wong, Li & Wang, 2005, 143-159). بنا به گفته بروک (Brooks, 2011, 1-12)، ساختمان‌های هوشمند وظیفه‌ی کنترل فنی گرمایش و تهویه‌ی مطبوع، روشنایی، امنیت، حفاظت در برابر آتش، مخابرات، خدمات داده و آسانسور را بر عهده دارند، اما این تعاریف تعامل با کاربر را مطرح نمی‌کند. محققان دیگر با بررسی

تعاریف اولیه برای ساختمان‌های باهوش نشان داده‌اند که این تعاریف در ارتباط با به حداقل رساندن تعامل انسان با ساختمان‌ها است (Wong, Li & Wang, 2005, 143-159). به‌تدریج تعاریف اولیه بسط یافته است. این در حالی است که این تعاریف شامل نحوه‌ی تعامل کاربران با ساختمان و تأثیر آن بر عملکرد بوده است. در ادامه، برخی از محققان از جمله بروک (Brooks, 2011, 1-12)، ساختمان‌های باهوش را معادل (سیستم مدیریت ساختمان) به‌عنوان یک ابزار ساختمانی یکپارچه معرفی کردند که تمام عملیات مصرف انرژی در یک ساختمان را کنترل می‌کند (Vattano, 2014, 310-324). این رویکردهای هوشمند همچنین منجر به ارائه‌ی تعاریف جدیدی از مفهوم ساختمان هوشمند در حوزه‌ی ساخت‌وساز شده است. جدول زیر برخی از تعاریف ارائه شده توسط محققین را نشان می‌دهد.

جدول ۵- ویژگی‌های مرتبط با ساختمان‌های باهوش

ردیف	ویژگی	منابع
۱	- ساختمانی که محیط خود را به‌طور کامل کنترل می‌کند.	Stubbing, 1988
۲	- معماری پویا؛ - پاسخگو به‌واسطه شرایط مولد مقرون به‌صرفه برای ساکنان؛ - دارای چهار عنصر اساسی: مکان (سازه)، فرآیندها (اتوماسیون و سیستم‌ها)، افراد (خدمات و کاربران) و مدیریت (نگهداری و عملکرد).	The Consil International du Ba timent Working Group, 1995, As quoted by Everett, 2008
۳	- پاسخگو به نیازهای ساکنین و سازمان‌ها؛ - کاهش مصرف انرژی و آب؛ - کاهش آلودگی و انتشار ضایعات؛ - توجه به نیازهای کاربر.	Clements-Croome, 2011, 67-86

ساختمان‌های هوشمند[11] اغلب مترادف با ساختمان‌های باهوش در نظر گرفته می‌شوند. همان‌طورکه ساختمان‌های باهوش ارتقا یافته ساختمان‌های خودکار هستند (Stubbings, 1988)، ساختمان‌های هوشمند براساس مفاهیم ساختمان باهوش توسعه و ارتقا می‌یابند (The Climate Group, 2008). بر این اساس، ساختمان‌های هوشمند دارای ابعاد خودکار هستند و بنابراین ساختمان‌های هوشمند شامل جنبه‌هایی از باهوشی هستند. بررسی ادبیات نشان می‌دهد که ساختمان‌های هوشمند بخشی از نسل بعدی ساخت‌وسازها هستند. ساختمان‌های هوشمند خودآگاه و از شبکه آگاه هستند و همچنین سازگاری، انعطاف‌پذیری و پاسخ‌گویی بیشتری دارند (Wang et al., 2012, 260-266). ویژگی‌های زیادی از ساختمان‌های هوشمند مشابه ساختمان‌های باهوش وجود دارد.

جدول ۶- ویژگی‌های مرتبط با ساختمان‌های هوشمند

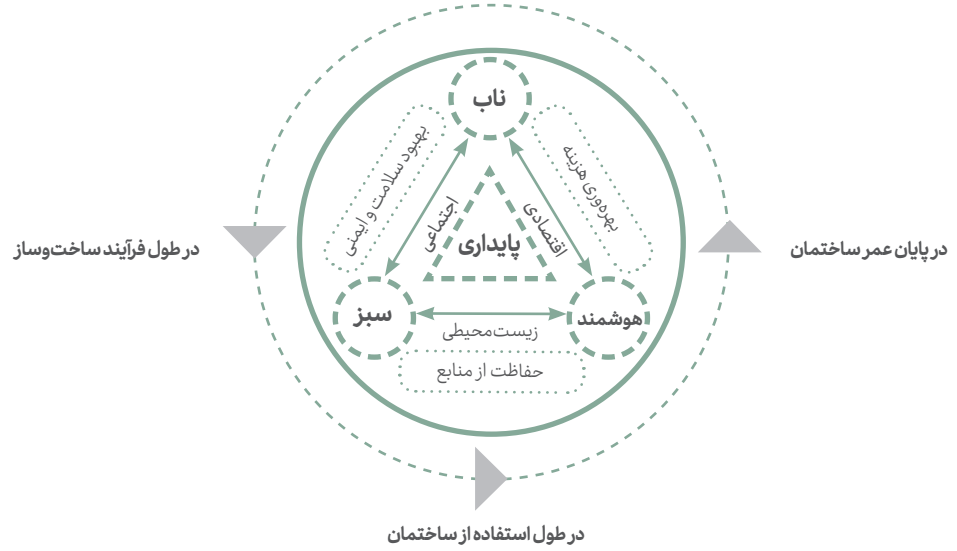
ردیف	ویژگی	منابع
۱	زیرمجموعه محیط‌های هوشمند است و با به‌کار بستن دانش خود در این محیط‌ها به ارتقا و بهبود فضا کمک کند.	Cook & Das, 2007, 53-73
۲	مجموعه‌ای از فناوری‌ها برای افزایش کارآمدی طراحی، ساخت و بهره‌برداری ساختمان‌ها. قابل استفاده برای ساختمان‌های موجود و جدید.	The Climate Group, 2008
۳	این ساختمان‌ها با به‌کارگیری هوش، مصالح و کنترل به‌عنوان یک کل در سیستم ساختمانی در نظر می‌گیرد. به‌منظور پاسخ به محرک‌های پیشرفت ساختمان از جمله: انرژی و کارایی، طول عمر، راحتی و رضایت به سازگاری و نه واکنش‌پذیری پرداخته است.	Buckman, Mayfield & Beck, 2014, 92-109

۳-۴- مفهوم ساخت‌وساز پایدار

صنعت ساخت‌وساز یکی از بزرگ‌ترین عوامل انتشار دی اکسید کربن، تولید زباله و کاهش انرژی و آب است؛ بنابراین، تأثیر این عوامل آسیب بخش، ساخت‌وساز را به‌سمت برداشتن گام‌هایی در جهت پذیرش فعالیت‌های پایدار سوق داده است (Kibert, 1994, 1-10). همچنین، ذی‌نفعان در پروژه‌های ساختمانی، به‌طور فزاینده‌ای به اثرات زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی

پروژه‌ها توجه دارند. بر این اساس، صنعت ساخت‌وساز باید به سمت استفاده از شیوه‌ها و اثرات پایدار و فعالیت‌های عمرانی حرکت کند که به کاهش این تأثیرات منفی منجر شود؛ بنابراین، اصطلاح پایداری زمانی توجه محققان را به خود جلب کرد که کمیسیون بروندلند تعریف خود را در سال (۱۹۸۷) ارائه کرد: «توسعه‌ای که نیازهای زمان حال را بدون به‌خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای تأمین نیازهای خود برآورده می‌کند» (Brundtland & Khalid, 1987, 9). از این رو، توسعه‌ی پایدار توسط بسیاری از محققان با دیدگاه‌های گوناگون مورد مطالعه قرار گرفته است که از عبارت «خط سه‌گانه» که شامل ابعاد اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی است، اقتباس شده است (Elkington, 1998, 37-51). کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه در سال ۱۹۸۷ بیان کرد که مفهوم توسعه‌ی پایدار به زیربنای ساخت‌وساز پایدار تبدیل شده که هدف اصلی آن به حداقل رساندن اثرات منفی صنعت ساخت‌وساز بر محیط‌زیست از طریق افزایش کارایی اقتصادی، بهبود بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها، مخاطرات و ضایعات در طول فرآیند ساخت‌وساز، حفظ مناطق طبیعی و تنوع زیستی، حفظ کیفیت محیط ساخته شده و محیط‌های داخلی و کاهش استفاده از منابع است. اولین کنفرانس بین‌المللی ساخت‌وساز پایدار که در سال ۱۹۹۴ در تامپا برگزار شد، تعریفی را برای ساخت و ساز پایدار ارائه کرد: «ایجاد و نگهداری مسئولانه‌ی یک محیط سالم ساخته شده براساس منابع و اصول زیست‌محیطی» (Kibert, 1994, 1-10). ذی‌نفعان صنعت ساخت‌وساز مفهوم پایداری را در تمامی فعالیت‌های ساختمانی با شش اصل اساسی پذیرفته‌اند (Kibert, 1994, 1-10): ۱- کاهش استفاده از منابع؛ ۲- افزایش استفاده مجدد از منابع؛ ۳- افزایش استفاده از منابع تجدیدپذیر؛ ۴- حفظ محیط‌زیست؛ ۵- ایجاد یک محیط غیرسمی و سالم؛ ۶- پیگیری کیفیت در ایجاد یک محیط ساخته شده برای ساخت‌وساز پایدار.

صنعت ساخت‌وساز حدود ۵۰ درصد منابع طبیعی، ۴۰ درصد انرژی را مصرف می‌کند و ۵۰ درصد زباله تولید می‌کند (Othman & Nadim, 2010, 1-17)؛ بنابراین، ساخت‌وساز پایدار در تلاش برای استفاده مجدد از منابع و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی، مصرف انرژی، آلودگی آب و منابع در فرآیند ساخت‌وساز و حذف مواد سمی است. همچنین بر اساس پژوهش‌های انجام شده، ساخت‌وساز پایدار با هدف بهبود بهره‌وری انرژی، افزایش سلامت و کیفیت زندگی انجام شده است. به‌منظور دستیابی به پایداری در فرآیند ساخت‌وساز، چندین روش رتبه‌بندی برای تعیین سطح پایداری و ارائه‌ی راه‌حل موجود است. از جمله این روش‌های رتبه‌بندی می‌توان به روش ارزیابی زیست‌محیطی موسسه‌ی تحقیقاتی ساختمان در اروپا، معیارهای ارزیابی عملکرد محیطی ساختمان در کانادا و سیستم رهبری در انرژی و طراحی محیطی در ایالات متحده‌ی آمریکا که توسط شورای ساختمان‌های سبز در سال ۲۰۱۷ معرفی شد، اشاره کرد. با توجه به بررسی متون، علی‌رغم موانع اجرای این مفهوم در زمینه‌ی ساخت‌وساز مانند مصرف بی‌رویه مصالح، تولید ضایعات، استفاده نامطلوب از منابع و انرژی، انتشار دی اکسید کربن و راندمان پایین، شیوه‌های ساخت‌وساز پایدار منجر به بهبود ظرفیت نوآوری که راهبرد کسب‌وکار ساخت‌وساز را از کل فرآیندی که ضایعات را مدیریت می‌کند، ارتقاء می‌دهد (Djokoto, Dadzie & Ohmeng-Ababio, 2014, 134-143). همچنین این مفهوم به‌عنوان روشی برای صنعت ساختمان در جهت پاسخ‌گویی به توسعه‌ی پایدار با در نظر گرفتن مسائل زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی تلقی می‌شود.



تصویر ۳- هم‌افزایی میان ساخت‌وساز ناب، ساخت‌وساز سبز، ساخت‌وساز هوشمند و ساخت‌وساز پایدار

۴- یافته‌ها و بحث

هم‌افزایی اصلی به‌دست آمده از بررسی مروری ادبیات در زیر به تفصیل آمده؛ از جمله آنچه که نویسندگان به‌عنوان یکپارچگی ناب، سبز، هوشمند و پایدار یاد می‌کنند (جدول ۷). محققان این پژوهش بحثی را در مورد تعاملات میان ناب، سبز و هوشمند ارائه کرده‌اند که بر جنبه‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی پایداری مانند شناسایی و حذف زباله، ایمنی کارکنان، انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی تأثیر می‌گذارد (تصویر ۳).

۴-۱- ساخت‌وساز ناب و ساخت‌وساز پایدار

بیشتر پژوهش‌ها روابط مکمل و هم‌افزایی بین ساخت‌وساز ناب و ساخت‌وساز پایدار را بررسی کرده‌اند (Lapinski & Horman, 2006, 1083-1091; Bae & Kim, 2008, 156-167). همچنین، پژوهش‌گران اصول ساخت‌وساز ناب و اثرات آن را بر جنبه‌های اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی پایداری را مورد بررسی قرار دادند. تصور می‌شود ساخت‌وساز ناب و ساخت‌وساز پایدار که دارای اهداف متمایز هستند این امکان را دارند تا به‌طور مؤثر ادغام شوند و به‌طور مثبت با یکدیگر تعامل داشته باشند (Huovila & Koskela, 1998, 1-11). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که اصول ساخت‌وساز ناب، هدف ساخت‌وساز پایدار را از طریق پتانسیل ناب در حذف ضایعات، افزایش ارزش تحویل، کاهش استفاده از منابع، آلودگی، هزینه‌ها و تأثیر منفی فرآیند ساخت‌وساز محقق ساخته است. ادغام ساخت‌وساز ناب و ساخت‌وساز پایدار باعث افزایش و حفظ منابع طبیعی، بهبود کیفیت زندگی، افزایش سود کسب‌وکار، صرفه‌جویی در هزینه و زمان می‌شود، درحالی‌که هدف اصلی هر دو مفهوم به‌حداقل رساندن ضایعات در فرآیند ساخت‌وساز، حذف فعالیت‌های غیر ارزش‌زا و ارائه‌ی پروژه‌های با کارایی بالا است. همچنین ساخت‌وساز ناب و ساخت‌وساز پایدار با بهبود کارایی پروژه‌های ساختمانی و عملکرد، موجب کاهش هزینه‌های پنهان خواهد شد (Hall & Purchase, 2006, 205-218). برای این منظور، اتخاذ اصول ناب در تمام مراحل پروژه ضروری است. بیشتر پژوهش‌ها ثابت کرده‌اند که همکاری ساخت‌وساز ناب و ساخت‌وساز پایدار باعث کاهش بهره‌برداری و همچنین تلاش برای استفاده‌ی کارآمدتر از منابع با حذف و به‌حداقل رساندن ضایعات می‌شود. به‌عبارت دیگر، ساخت‌وساز ناب کاتالیزوری برای پایداری در سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن است. از نظر اقتصادی از طریق اجرای ناب در مراحل اولیه‌ی پروژه و استفاده از ابزارهای آن به کاهش هزینه و منابع، تنوع و کاهش ساعات کاری کمک می‌کند. ساخت‌وساز ناب حوزه‌ی اجتماعی را با ایجاد یک محیط کار تمیز، ایمنی محل کار، سلامت و وفاداری بین ذی‌نفعان را تسهیل می‌کند. همچنین ساخت‌وساز ناب با به‌حداقل رساندن مواد، ضایعات، کاهش آلودگی و مصرف منابع و تأثیر منفی فرآیند حمل‌ونقل، نقش بسزایی در ارتقای پایداری محیط زیست دارد؛ بنابراین، بخش عمده‌ای از پژوهش‌های موجود ادعا می‌کنند که پیاده‌سازی ابزارهای ناب مانند فایو اس.، کایزن، جریان ارزش نقشه‌برداری و سیستم آخرین برنامه‌ریز و استفاده از آن‌ها به‌طور قابل توجهی به مزایای اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی کمک خواهد کرد.

با وجود هم‌افزایی بین ساخت‌وساز ناب و ساخت‌وساز پایدار، تفاوت‌هایی میان این دو مفهوم وجود دارد. برخی از محققان استدلال کردند که ساخت‌وساز ناب هیچ تأثیری بر پایداری محیطی ندارد. ساخت‌وساز ناب به‌عنوان یک مفهوم کوتاه‌مدت طبقه‌بندی می‌شود. درحالی‌که ساخت‌وساز پایدار یک مفهوم بلندمدت در کل فرآیند ساخت‌وساز در نظر گرفته می‌شود (Abd Jamil & Fathi, 2016, 634-643). تلاش‌های ساخت‌وساز پایدار با حذف ضایعات موادی که تأثیر منفی بر محیط زیست و شیوه‌های ساخت‌وساز بیهوده دارند، در ارتباط است، درحالی‌که ساخت‌وساز ناب ضایعات ملموس و نامشهود را برای رضایت مشتری حذف می‌کند، ارزش تولید می‌کند و کارایی فرآیند را بهبود می‌بخشد (Lapinski & Horman, 2006, 1083-1091). ساخت‌وساز ناب، فرآیند ساخت‌وساز را در نظر می‌گیرد، درحالی‌که ساخت‌وساز پایدار بر طراحی ساختمان تمرکز دارد. با وجود آن، اجزای ساخت‌وساز پایدار را می‌توان در اصول ساخت‌وساز ناب ادغام کرد تا عملکرد ساخت‌وساز پروژه‌ی ساختمانی را بهبود بخشد. با این حال، برخی از نویسندگان پیشنهاد کردند که شرکت‌ها باید ساخت‌وساز پایدار و شیوه‌های ساخت‌وساز ناب را برای دستیابی به بهره‌وری و کارایی بیشتر در پروژه‌های ساختمانی اتخاذ کنند. بسیاری از محققان رابطه‌ی بین ساخت‌وساز ناب و ساخت‌وساز پایدار را مطالعه کردند و تلاش نمودند تا پایداری را در مفهوم ناب تعبیه کنند (Koskela, 2002, 1-17). همچنین واسکونسلوس و همکاران (Vasconcelos et al., 2015, 773-782) با مطالعه‌ی سه سایت مختلف، یک رابطه‌ی متقابل با سه بعد توسعه‌ی پایدار در بخش ساخت‌وساز ایجاد کردند. در پژوهش دیگری نتیجه گرفته شده است که اعمال شیوه‌های مدیریتی در سایت‌های ساخت‌وساز ممکن است منجر به اجرای پایداری شود (Garza-Reyes, 2015, 18-29).

ادغام مفاهیم ناب و پایدار را بررسی و شکاف‌هایی را در ادبیات شناسایی کردند و به‌طور مشابه (Bae & Kim, 2008, 156-167) ادبیات مربوط به رابطه‌ی هم‌افزایی بین ساخت‌وساز ناب و ساخت‌وساز پایدار و همچنین موارد دیگری از قبیل انواع قراردادها و روش‌های تحویل برای اجرای بهتر ساخت‌وساز پایدار، از طریق بررسی سیستماتیک ادبیات را بررسی کرده‌اند. کارنیرو (Carneiro et al., 2012, 1-10) در پژوهشی نشان داد که چگونه ساخت‌وساز ناب می‌تواند به اصول پایداری توسط یک ماتریس ارتباط متقابل از هم‌افزایی بین گواهینامه سیستم رهبری در انرژی و طراحی محیطی در ایالات متحده آمریکا و شیوه‌های ناب کمک کند. دوس (Dües, Tan & Lim, 2011, 93-100) در پژوهشی چارچوبی را توسعه داد که تفاوت‌ها و روابط ناب و پایداری را در صنایع گوناگون مشخص می‌کردند. کارنیرو (Carneiro et al., 2012, 1-10) کاربرد پایداری و مفاهیم ناب را در پروژه‌های ساختمانی کوچک را بررسی کردند. آن‌ها شش پروژه‌ی ناب و دارای گواهینامه سیستم رهبری در انرژی و طراحی محیطی در ایالات متحده آمریکا را تحلیل کردند و تعامل مفاهیم ناب و پایدار را مقایسه کردند. آن‌ها همچنین بیان کردند که اجرای اعتبارات سیستم رهبری در انرژی و طراحی محیطی در ایالات متحده آمریکا بر مفهوم ناب تأثیر می‌گذارد. همچنین لپینسکی (Lapinski & Horman, 2006, 1083-1091) سیستم تولید تویوتا را بررسی کرده است. می‌توان نتیجه گرفت که بیشتر پژوهش‌ها بر روی ساخت‌وساز ناب و رابطه‌ی ساخت‌وساز پایدار متمرکز شده است. همچنین پژوهش‌گران بیان کردند که علی‌رغم برخی موانع و کمبود دانش، ساخت‌وساز ناب توانایی دستیابی به اهداف ساخت‌وساز پایدار را دارد. همچنین، برخی از محققین نیز ادعا کردند که ساخت‌وساز ناب و ساخت‌وساز پایدار تفاوت‌هایی با هم دارند و ساخت‌وساز ناب قادر به تأثیرگذاری بر جنبه‌ی زیست‌محیطی پایداری نیست. در مقابل، سایر پژوهش‌گران ذکر کردند که ساخت‌وساز ناب و ساخت‌وساز پایدار دارای ویژگی‌های مشترک در حذف ضایعات در فرآیند ساخت‌وساز و بهبود پروژه‌ها هستند و همچنین ساخت‌وساز ناب، زمان انجام پروژه را کاهش داده و ذی‌نفعان پروژه را راضی می‌کند. به‌طورکلی، از این بررسی مشخص شد که مطالعات قبلی بر شناسایی مزایای مرتبط با استفاده از اصول ساخت‌وساز ناب که با پایداری از جمله کاهش ضایعات و حداکثر ارزش سازگار است، متمرکز شده‌اند. محققان پیشنهاد می‌کنند که این هم‌افزایی می‌تواند درک منفی از روند ساخت‌وساز را کاهش دهند. با وجود این، برخی محققان در مورد هم‌افزایی بین ساخت‌وساز ناب و ساخت‌وساز پایدار موضع متفاوتی دارند. سایر پژوهشگران نیز بیان کردند که ساخت‌وساز ناب صرفاً مربوط به مسائل زیست‌محیطی نمی‌شود، بلکه در نهایت با کاهش ضایعات و استفاده بهتر از منابع، به عملکرد زیست‌محیطی کمک می‌کند. همچنین ارزیابی پیشینه‌ی پژوهش نشان دهنده‌ی خلأ در بررسی ابعاد اجتماعی و اقتصادی است. در نتیجه، نیاز به انجام پژوهش‌های بیشتر برای پر کردن این خلأ و بررسی اینکه چگونه می‌توان پتانسیل ساخت‌وساز ناب را در صنعت ساخت برای دست‌یابی به اهداف ساخت‌وساز پایدار به‌حداقل رساند، وجود دارد. بیشتر مطالعات نشان می‌دهد که اثر مثبت ساخت‌وساز ناب بر سه بعد پایداری در تمام چرخه عمر صنعت ساخت‌وساز مانند مراحل پروژه شامل حمل‌ونقل و ساخت، فرآیند طراحی شامل برنامه‌ریزی، پیش طراحی و مدیریت اثرات فرآیند ساخت‌وساز زنجیره‌ی تأمین، ساخت، بهره‌برداری و نصب و در نهایت کلیه اقدامات مربوط به تخریب و حمل‌ونقل آن است. تأثیرات کلیدی اجرای اصول ساخت‌وساز ناب به‌منظور تحقق ساخت‌وساز پایدار در سه بعد اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی طبقه‌بندی می‌شود. اقتصادی شامل کاهش هزینه‌ی اولیه‌ی احتمالی، صرفه‌جویی در منابع، کاهش هزینه‌ی عملیاتی و قابلیت عملکرد بالا، در بعد اجتماعی ایمنی محل کار، سلامت ساکنان، رفاه جامعه، وفاداری در بین ذی‌نفعان، ارائه‌ی فرصت‌های شغلی برابر و تنوع در نیروی کار، ارائه‌ی آموزش بهداشت و ایمنی برای کارکنان، امکان مشارکت جامعه در تصمیم‌گیری در مرحله‌ی طراحی، مشارکت در برنامه‌های جامعه‌ی محلی، ارائه‌ی آموزش برای دانشجویان در زمینه‌ی پژوهش‌های اقتصادی و از جنبه‌ی محیط زیستی کاهش منابع، جلوگیری از آلودگی با حذف ضایعات و حفظ منابع می‌شود.

۴-۲- ساخت‌وساز سبز و ساخت‌وساز پایدار

در سال‌های اخیر، مفهوم پایداری به یک حوزه‌ی رایج در صنعت ساخت‌وساز تبدیل شده و همچنین نیاز به طراحی و استفاده از خدمات دوستدار محیط زیست و محصولات قابل بازیافت افزایش یافته است. بنابراین، ساختمان سبز برای رسیدن به اهداف پایداری، با کاهش ضایعات، آلودگی، تخریب محیط زیست و آسیب‌ها پدید آمده است. ساختمان سبز همچنین به‌عنوان «کاربرد عملی روش‌های پایدار» شناخته می‌شود (Darko & Chan, 2017, 167-179) و گامی مهم به سمت پایداری است که شرایط محیطی سایت ساختمان و استفاده‌ی بهینه از منابع را در طول انتخاب سایت، طراحی، ساخت و بهره‌برداری، نگهداری و تخریب را در نظر می‌گیرد. طبق نظر کیبرت (Kibert, 1994, 1-10)، ساختمان‌های سبز را می‌توان این گونه تعریف کرد: «نتیجه‌ی

به‌کارگیری رویکردهای ساخت‌وساز پایدار برای ایجاد یک محیط ساخته شده‌ی مسئولانه، که معمولاً به‌عنوان ساختمان‌های سبز با کارایی بالا، یا به‌طور ساده، ساختمان‌های سبز نامیده می‌شود». با وجود زمینه‌ی مشترک میان ساخت‌وساز سبز و ساخت‌وساز پایدار، نمی‌توان ادعا کرد که همه‌ی ساختمان‌های سبز، پایدار هستند. ساخت‌وساز سبز به‌دنبال محافظت از سلامت ساکنان، بهبود کارایی کارکنان و به‌حداقل رساندن مصرف انرژی در ساخت‌وساز، نوسازی، بهره‌برداری، نگهداری و تخریب است (Lapinsk & Horman i, 2006, 1083-1091). همچنین هزینه‌ی چرخه‌ی عمر را به حداقل می‌رساند، شرایط محیطی پروژه را در نظر می‌گیرد و به‌دنبال استفاده‌ی بهینه از منابع در طول فرآیند پروژه است (Darko & Chan, 2017, 167-179). هدف نهایی ساخت‌وساز سبز دستیابی به اهداف پایداری است. در این راستا، برخی از محققان روند ساخت‌وساز ساختمان سبز و تحقیقات ساخت‌وساز پایدار را بررسی می‌کنند. هیل (Hill & Bowen, 1997, 223-239) چارچوبی را برای دستیابی به اهداف ساخت‌وساز پایدار ایجاد کردند. بسیاری از پژوهشگران اثربخشی ردپای دی‌اکسید کربن ساختمان سبز و اثرات بلندمدت بر کاهش تغییرات آب‌وهوا را بررسی کردند. همان‌طورکه مشخص است صنعت ساخت‌وساز یکی از عوامل مهم در انتشار دی اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی است. بنابراین، انتخاب مصالح ساختمانی سبز مناسب می‌تواند ردپای دی اکسید کربن را کاهش دهد. به‌طورکلی، ساخت‌وساز سبز در سه‌ی حوزه اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی که سه اصل پایداری هستند، اثرات مثبتی دارد. از نظر زیست‌محیطی، ساختمان سبز به‌دنبال حفظ منابع طبیعی، جلوگیری از تخریب و کاهش آلودگی است. روند رو به رشد تحقیقات ساختمان سبز نشان داده که ساختمان‌های سبز دارای مزایای اقتصادی مانند کاهش هزینه‌ی انرژی و مصرف آب، استفاده ساکنان از تسهیلات و بهبود بهره‌وری هستند. ساخت‌وساز سبز بعد اجتماعی را نیز تسهیل می‌کند. از نظر اجتماعی، ساخت‌وساز سبز فشار کمتری را بر زیرساخت‌های محلی وارد می‌کند (Ragheb, El-Shimy & Ragheb, 2016, 778-787). از سوی دیگر، ساختمان سبز درصدد افزایش بهره‌وری ساخت‌وساز، بازسازی، تعمیر و نگهداری است (Roy, 2008, 1-23). علی‌رغم اهمیت فراوان نیاز به ساختمان‌های سبز به‌منظور توسعه‌ی ساخت‌وسازهای پایدار، به‌دلیل عدم آگاهی مردم و وجود قوانین و مقررات، توسعه‌ی ساختمان‌های سبز با چالش‌هایی مواجه بوده است.

۴-۳- ساخت‌وساز هوشمند و ساخت‌وساز پایدار

بررسی بسیاری از مقالات در مورد ارتباطات مفهوم هوشمند و مفهوم پایداری نشان داد که پیوندی قوی بین شهرهای هوشمند و پایدار وجود دارد. بر این اساس، مقالات محدودی وجود دارد که به‌طور مستقیم به بررسی رابطه‌ی بین ساخت‌وساز هوشمند و ساخت‌وساز پایدار پرداخته‌اند. ساخت‌وساز هوشمند با بهبود فرآیند ساخت‌وساز، به‌حداقل رساندن اثرات منفی بر نگهداری ساختمان، ارائه‌ی محیط سالم‌تر، کاهش مصرف انرژی، کاهش هزینه‌ی بازسازی و پایداری اجتماعی بلندمدت، گامی کارآمد در جهت پایداری بر می‌دارد (Darwish, 2016, 35-42; Ghorbanzadeh & Nezami, 2010, 483-492). هوشمندی شرایطی را برای دستیابی به سه جنبه‌ی پایداری فراهم می‌کند. از منظر اقتصادی، کاهش هزینه و خطرات، بهبود بهره‌وری، در بعد زیست‌محیطی، کاهش آلاینده‌های گاز، بهبود مصرف انرژی، افزایش مواد بازیافتی و بهره‌وری انرژی و از جنبه‌ی اجتماعی، ارتقای کیفیت زندگی، ساکنان ساختمان‌های سالم‌تر، افزایش بهره‌وری و سازگاری با محیط‌زیست را موجب می‌شود. با توجه به موارد فوق، ساخت‌وساز هوشمند می‌تواند به سه جنبه‌ی اساسی ساخت‌وساز پایدار کمک کند. هوشمندی به‌عنوان ابزاری در حین ساخت‌وساز، بهره‌برداری و در پایان عملکرد یک ساختمان برای دستیابی به طراحی ساخت‌وساز پایدار در نظر گرفته می‌شود. به‌طورکلی، ساخت‌وساز هوشمند با پیاده‌سازی فناوری‌ها، تعاریف معماری کنونی را متحول کرده و موانع ساخت‌وساز پایدار را از بین خواهد برد. علاوه بر این، با توجه به مفهوم ساختار هوشمند، فضاهای انعطاف‌پذیری را برای کاربری‌های مختلف فراهم می‌کند و قابلیت بازسازی، جایگزینی و تغییر را دارد و در نتیجه الزامات پایداری را فراهم می‌کند. علاوه بر این، ساخت‌وساز هوشمند با استفاده از آخرین اختراعات فن‌آوری به‌منظور تسهیل تلاش‌های مدرن در جهت بهره‌وری انرژی و کاهش ردپای کربن سایت گام بر می‌دارد. مسلماً، هر دو رویکرد ساخت‌وساز پایدار و ساخت‌وساز هوشمند، سبک زندگی با کیفیت بهتر، خدمات بهبود یافته، کاهش انتشار گاز و اثرات منفی زیست‌محیطی را هدف قرار می‌دهند. همچنین سازه‌های هوشمند سازگار هستند و از سیستم‌های طبیعی و محیطی تقلید می‌کنند که به حفظ و بازسازی ساختمان‌ها برای دستیابی به اهداف پایداری کمک می‌کنند و محیط‌های انعطاف‌پذیر و کاربرپسند را فراهم می‌کنند. با این حال، باتوجه به پژوهش‌های انجام‌شده، واضح است که ایده‌هایی که به ساخت‌وساز پایدار و ساخت‌وساز هوشمند کمک می‌کنند، شامل ابعاد مفهومی متمایزی هستند و همچنین، این رویکردها ناگزیر به انطباق با زمینه‌های متغیر توسعه‌ی پایدار هستند که مستلزم دستیابی به همگرایی بیشتر بین ساخت‌وساز پایدار و ساخت‌وساز هوشمند است (Darwish, 2016, 35-42).

جدول ۷– هم‌افزایی میان مفاهیم ناب، سبز، هوشمند و پایداری در حوزه ساخت‌وساز

ردیف	ساخت‌وساز ناب	ساخت‌وساز سبز	ساخت‌وساز هوشمند
۱	**زیست‌محیطی** – کاهش ضایعات؛ – کاهش مصرف انرژی؛ – کاهش مصرف آب؛ – کاهش انتشار کربن؛ – کاهش اثرات زیست‌محیطی– بهبود نوآوری پایدار؛ – بهبود کیفیت زیست‌محیطی؛ – ارائه‌ی دیدگاهی جامع از مسائل پایداری؛ – افزایش بهره‌وری انرژی و بازیافت مواد؛ – دستیابی به ساخت‌وساز پیش‌ساخته و مدولارسازی؛ – ترویج پایداری زیست‌محیطی	**زیست‌محیطی** – حفظ منابع طبیعی؛ – جلوگیری از تخریب؛ – کاهش آلودگی؛ – حذف زباله‌ها؛ – کاهش زمان حمل‌ونقل؛ – کاهش مواد و مواد خام غیرضروری.	**زیست‌محیطی** – کاهش آلاینده‌های گازی؛ – بهبود مصرف انرژی؛ – کاهش سمیت؛ – بهبود مدیریت زباله؛ – مصرف انرژی کمتر.
۲	**اقتصادی** – کاهش هزینه و زمان؛ – افزایش بهره‌وری؛ – افزایش قابلیت ساخت؛ – کاهش ریسک کار؛ – کاهش هزینه‌های مربوط به موجودی؛ – کاهش هزینه‌های اولیه؛ – افزایش سود رقابتی پایدار؛ – بهبود جریان فرآیند؛ – افزایش انطباق با تقاضای مشتریان؛ – بهینه‌سازی فرآیند استفاده از منابع؛ – بهبود کارایی ساختمان؛ – کاهش تنوع فرآیند؛ – حذف موانع؛ – بهبود محصول؛ – بهبود فرآیند تصمیم‌گیری؛ – افزایش ارزش‌آفرینی؛ – افزایش انعطاف‌پذیری و انطباق‌پذیری؛ – افزایش بهبود کیفیت و شفافیت؛ – بهبود زمان پروژه / کاهش زمان پروژه، – بهبود مستمر فرآیند؛ – کنترل بیشتر موجودی کالا؛ – افزایش سهم بازار؛ – به‌حداقل رساندن ریسک؛ – کاهش تغییرپذیری جریان کار؛ – بهبود روش تحویل پروژه؛ – افزایش قابلیت ساخت؛ – بهبود جریان فرآیند؛ – کاهش تنوع فرآیند	**اقتصادی** – کاهش‌هزینه‌منابع‌انرژی و آب – کاهش مصرف و استفاده ساکنان از تسهیلات	**اقتصادی** – کاهش هزینه؛ – بهره‌وری بالا؛ – کاهش خطرات؛ – افزایش سود؛ – ایجاد ارزش اقتصادی؛ – استفاده مجدد و بازیابی مواد.
۳	**اجتماعی** – بهبود سلامت و ایمنی محیط کار؛ – افزایش روحیه و تعهد کارکنان؛ – محیط کار تمیز و سازمان یافته؛ – جریان کار بهبود یافته؛ – بهبود عملکرد اجتماعی؛ – بهبود روابط با جامعه؛ – بهبود روابط بین ذینفعان و رفاه افزایش کارایی کار؛ – افزایش بهره‌وری و عملکرد نیروی کار؛ – ایجاد ارزش بهتر برای رضایت مشتری و رضایت کارکنان؛ – بهبود سلامت و ایمنی؛ – بهبود روابط با تأمین‌کنندگان	**اجتماعی** – ساخت‌وساز سبز نیروی کمتری بر زیرساخت‌های محلی وارد کرده است.	**جتماعی** – زندگی با کیفیت بالاتر ساکنین و ساختمان سالم‌تر؛ – تهیه‌ی اطلاعات ارزشمند در مورد رفتار همه‌ی ذی‌نفعان در فرآیند ساخت‌وساز.

۵- نتیجه‌گیری

به‌طور خلاصه، این مقاله به‌صورت ساختاری است و مفاهیم ناب، سبز، هوشمند و پایداری را مورد مطالعه قرار داده و همچنین به بررسی تعامل مفاهیم ناب، سبز و هوشمند در زمینه‌ی ساخت‌وساز پایدار پرداخته است. یافته‌های مربوط به هر یک از ترکیب‌های این مفاهیم، نشان‌دهنده‌ی رابطه‌ی قوی این مفاهیم در فعالیت‌های مرتبط با ساخت‌وساز است. با توجه به مقالات انتخاب شده می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین مقالات منتشر شده در مورد این مفاهیم، مربوط به سال ۲۰۰۶ میلادی بوده و مهم‌ترین نشریه، نشریه‌ی «تولید پاک‌تر» است. همچنین بیشترین حجم مقالات منتشر شده در زمینه‌ی پایداری مربوط به ایالات متحده آمریکا، انگلستان و کشورهای در حال توسعه مانند مالزی است. این در حالی است که، دسترسی به مقالات و کتاب‌های مرتبط در زمینه‌ی این مفاهیم، از جمله محدودیت‌های این پژوهش بوده است.

روش ترجیحی در مقالات مورد مطالعه، تحلیل کیفی بوده است. علی‌رغم فقدان مطالعاتی که به بررسی تعاملات این چهار مفهوم می‌پردازد، این مقاله به شناسایی و تبیین هم‌افزایی قوی بین این مفاهیم در حوزه‌ی ساخت‌وساز پرداخته است. بر اساس پژوهش‌ها، هم‌افزایی مؤثر بین هر مفهوم با ساخت‌وساز پایدار منجر به افزایش بهره‌وری می‌شود. هر یک از این مفاهیم در ابعاد سه‌گانه پایداری تأثیرات زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی دارند. بیشترین تأثیرات مشترک میان این مفاهیم شامل: کاهش ضایعات، کاهش مصرف انرژی، کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن، بهبود کارایی ساختمان و بهره‌وری، کاهش هزینه و زمان، بهبود سلامت و ایمنی و ایجاد کیفیت بالای زندگی ساکنین خواهد شد. این مفاهیم در سه مرحله‌ی طراحی، ساخت و بهره‌برداری به‌کار گرفته خواهد شد. این تعامل فرصت‌های پیشگیرانه‌ای را برای کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی فراهم می‌کند که در آینده منجر به جهش بزرگی در صنعت ساخت‌وساز برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار خواهد شد. در نهایت، اجرای این مفاهیم به‌صورت مجزا یا با هم باعث بهبود فرآیند ساخت‌وساز به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان زباله و انرژی می‌شود.

پی‌نوشت

1- Systematic literature review
2-Lean
3- Muda
4- (JIT) Just- In time, (TPM)Total Productive Maintenance, Employee involvement, Continuous improvement, Benchmarking, Time based competition, Concurrent engineering (CE), Valuebased strategy (or management), Visual management, Reengineering and Lean manufacturing, Value Stream Mapping (VSM) and the Last Planner System (LPS).
5- 5S
6- VSM
7- LPS
8- GET
9- TQM
10- Intelligent building
11- Smart

منابع

- Abd Jamil, A.H. & Fathi, M.S. (2016). The integration of lean construction and sustainable construction: A stakeholder perspective in analyzing sustainable lean construction strategies in Malaysia. Journal of Procedia Computer Science, 100(100), 634-643.
- Bae, J.W. & Kim, Y.W. (2008). Sustainable value on construction projects and lean construction. *Journal of Green Building*, 3(1), 156-167.
- Ballard, G. & Howell, G.A. (1998). Shielding production: An essential step in Production control. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(1), 1-17.
- Bertelsen, S. (2004). Lean construction: Where are we and how to proceed. *Lean Construction Journal*, 1(1), 46-69.
- Birdi, K. et al. (2008). The impact of human resource and operational management practices on company productivity: A longitudinal study. *Personnel Psychology*, 61(3), 467-501.
- Brooks, D.J. (2011). Intelligent buildings: An investigation into current and emerging security vulnerabilities in automated building systems using an applied defeat methodology. Proceedings of

the *Australian Security and Intelligence Conference (Australia)*, 1-12.
- Brundtland, G.H. & Khalid, M. (1987). *World Commission on Environment and Development Our Common Future*. New York: Oxford University Press.
- Buckman, A., Mayfield, M., & Beck, B.M.S. (2014). What is a smart building. *Smart and Sustainable Built Environment*, 3(2), 92-109.
- Burcu, G. (2015). Sustainability education by sustainable school design. *Procedia- Social and Behavioural Sciences*, 186(5), 868 – 873.
- Carneiro, S.B.M. et al. (2012). Lean and green: A relationship matrix. *Proceedings of the 20th IGLC 2012 Conference, The International Group for Lean Construction, USA.*
- Clements-Croome, D. (2011). Sustainable intelligent buildings for people: A review. *Intelligent Buildings International*, 3(2), 67-86.
- Cook, D.J. & Das, S.K. (2007). How smart are our environments? An updated look at the state of the art. *Pervasive and Mobile Computing*, 3(2), 53-73.
- Darko, A. & Chan, A.P.C. (2017). Review of barriers to green building adoption. *Sustainable Development*, 25(3), 167-179.
- Darwish, A.S. (2016). Sustainable green smart buildings: Future energy survivor. *Journal of Science and Technology*, 12(1), 35-42.
- Dhingra, R., Kress, R., & Upreti, G. (2014). Does lean mean green. *Journal of Cleaner Production*, 85(1), 1-7.
- Djokoto, S.D., Dadzie, J., & Ohemeng-Ababio, E. (2014). Barriers to sustainable construction in the Ghanaian construction industry: Consultants perspectives. *Journal of Sustainable Development*, 7(1), 134–143.
- Dües, C.M., Tan, K.H., & Lim, M. (2011). Green as the new Lean: How to use Lean practices as a catalyst to greening your supply. *Journal of Cleaner Production*, 40(1), 93–100.
- Elkington, J. (1998). Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21stcentury business. *Environmental quality management*, 8(1), 37-51.
- Eriksson, P.E. (2010). Improving construction supply chain collaboration and performance: A lean construction pilot project. *Supply Chain Management*, 15(5), 394-403.
- Everett, R. (2008). The 'building colleges for the future' program. Delivering a green and intelligent building agenda. *New Review of Information Networking*. 14(1), 3-20.
- Garza-Reyes, J.A. (2015). Lean and green—A systematic review of the state of the art literature. *Journal of Cleaner Production*, 102(1), 18–29.
- Ghorbanzadeh, M. & Nezami, A. (2010). Smart architecture contribution to achieving sustainable architecture realization. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 128(1), 483-492.
- Hall, M. & Purchase, D. (2006). Building or bodging? Attitudes to sustainability in UK public sector housing construction development. *Journal of Sustainable Development*, 14(3), 205-218.
- Hill, R.C. & Bowen, P.A. (1997). Sustainable construction: Principles and a framework for attainment. *Journal of Construction Management and Economics*, 15(1), 223–239.
- Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(1), 994– 1011.
- Howell, G.A. (1999). What is lean construction. *Proceeding Seventh Annual Conference of International Group Of Lean Construction, IGLC-7 (Berkeley, United States)*, 1-10.
- Huovila, P. & Koskela, L. (1998). Contribution of the principles of lean construction to meet the challenges of sustainable development. *Proceedings of the 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (Guarujá, Brazil)*, 1-11.
- Khodeir, L.M. & Othman, R. (2016). Examining the interaction between lean and sustainability principles in the management process of AEC industry. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 1627-1634.
- Kibert, C.J. (1994). Establishing principles and a model for sustainable construction. *Proceedings of the first international conference on sustainable construction (Tampa Florida, United States)*, 1-10.
- Koranda, C. et al. (2012). An investigation of the applicability of sustainability and lean concepts to small construction projects. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 16(1), 699–707.
- Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. *Center for Inte-*

grated Facility Engineering. USA, Stanford, CA.: Stanford University.
- Koskela, L. & Howell, G. (1992). The underlying theory of project management is obsolete. *Proceedings of PMI Research Conference 2002: Frontiers of Project Management Research and Application, Project Management Institute, The PMI Research Conference (Seattle, Washington)*, 1-17.
- Lapinski, A.R., Horman, M.J., & Riley, D.R. (2006). Lean processes for sustainable project delivery. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(10), 1083– 1091.
- Lean Construction Institute. (2022). What is lean construction. Available at: http://www.leanconstruction.org/ (Retrieved Feb., 13, 2018).
- Low, S.P. & Choong, J.C. (2001). Just-in-time management of precast concrete components. *Journal of Construction Engineering and Management*, 127(6), 494-501.
- Mao, X. & Zhang, X. (2008). Construction process reengineering by integrating lean principles and computer simulation techniques. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(5), 371-381.
- Mollenkopf, D. et al. (2010). Green, lean and global supply chain. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40(1-2), 14-41.
- Ohno, T. (1988). Toyota production system: Beyond large-scale production. *Productivity press, Portland, Oregon*, 1-137.
- Othman, A. & Nadim, W. (2010). Towards establishing an international index for the construction industry: A literature review. *Proceedings of the First International Conference on Sustainability and the Future (Cairo, Egypt)*, 1-17.
- Pinch, L. (2005). Lean Construction. *Journal of Construction Executive*, 15(11), 8-11.
- Ragheb, A., El-Shimy, H., & Ragheb, G. (2016). Green architeture: A concept of sustainability. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 216(10.1016), 778 -787.
- Roy, M. (2008). Importance of green architecture today. Master's thesis in Architecture, Department of of Architecture, Jadavpur University, India, Kolkata.
- Small, E.P., Al Hamouri, K. & Al Hamouri, H. (2017). Examination of opportunities for integration of lean principles in construction in Dubai. *Procedia Engineering*, 196(1), 616 – 621.
- Stubbings, M. (1988). *Intelligent Buildings*. Germany, Berlin: An IFS Executive Briefing.
- The Climate Group. (2008). Enabling the low carbon economy in the information age. Smart 2020, available at: https://www.smart2020.org/
- The Energy and Resource Institute. (2022). Creating innovative solutions for a sustainable future. Available at: https://www.teriin.org (Retrieved: Feb, 13, 2018).
- US Office of the Federal Environmental Executive. (2014). *The federal commitment to green building: experiences and expectations*. Washington, DC.: CreateSpace Publishing. Available at: https://www.barnesandnoble.com/w/the-federal-commitment-to-green-building-the-officeof-thefederal-environmental/1120789211
- Vasconcelos, I. et al. (2015). Guidelines for practice and evaluation of sustainable construction sites: A leam, green and wellbeing integrated approach. *Proceedings of the 23th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (Perth, Australia)*, 773-782.
- Vattano, S. (2014). Smart buildings for a sustainable development. *Economics World*, 2(5), 310-324.
- Wang, P. et al. (2009). Flow production of pipe spool fabrication: Simulation to support implementation of lean technique. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(10), 1027-1038.
- Wang, Z. et al. (2012). Integration of plug-in hybrid electric vehicles into energy and comfort management for smart building. *Energy and Buildings*, 47(1), 260-266.
- Womack, J.P. & Jones, D.T. (1996). Lean thinking. *Simon and Schuster, New York*, 1-350.
- Wong, J.K.W., Li, H., & Wang, S.W. (2005). Intelligent building research: A review. *Automation in Construction*, 14(1), 143-159.
- Yahya, M.A. & Mohamad, M.I. (2011). Review on lean principles for rapid construction. *Journal Teknologi*, 54(1), 1-11.