نشریه مطالعات هنر اسلامی
www.sysislamicartjournal.ir

اصول و راهبردهای روش‌های نوین ساخت در پایدارسازی معماری با تأکید بر ساختمان‌های ساخته شده با تکنولوژی ساخت **

وحید شیخ‌لویی بناب [1]، شهریار شقاقی [2*]

[1] دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران، V.sheikhloie@iaushab.ac.ir
[2*] (نویسنده مسئول) استادیار، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران، Sh.shagagi@iaushab.ac.ir

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی
شماره ۵۰
دوره ۲۰
صفحه ۴۱۱ الی ۴۲۷

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۱/۰۱/۱۵
تاریخ داوری: ۱۴۰۱/۰۳/۰۴
تاریخ صدور پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۷
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۶/۰۱

کلمات کلیدی
راهبردها،
سازه نوین،
تکنولوژی ساخت،
معماری پایدار.

ارجاع به این مقاله
شیخ لویی بناب, وحید, شقاقی, شهریار. (۱۴۰۲). اصول و راهبردهای روشهای نوین ساخت در پایدار سازی معماری با تاکید بر ساختمانهای ساخته شده با تکنولوژی ساخت. مطالعات هنر اسلامی, ۲۰(۵۰), ۴۲۷-۴۱۱.

dorl.net/dor/20.1001.1.۱۷۳۵۷۰۸.۱۴۰۲.۲۰.۵۰.۲۶.۷

dx.doi.org/10.22034/IAS.۲۰۲۲.۳۴۹۷۹۳.۲۰۱۰

چکیده

طراحی پایدار یا طراحی بوم‌شناختی (ecological) که به آن طراحی سبز یا معماری پایدار هم گفته می‌شود، یک فلسفه است. فلسفهٔ طراحی ساختمان‌هایی که اصول پایداری بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی را رعایت می‌کنند. همان‌طورکه می‌توان از تعریف معماری پایدار برآورد کرد، هدف از طراحی بناها باتوجه‌به اصول پایداری و بوم‌شناختی، کاهش اتلاف انرژی و آلودگی محیط‌زیست است. معماری پایدار، زیرمجموعه طراحی پایدار و یکی از تحولات مهم معماری معاصر و واکنشی بشردوستانه در برابر بحران‌های عصر صنعت است. سازه یکی از مهم‌ترین عناصر طراحی یک ساختمان است که طراحی و ساخت آن امروزه به روش‌های مختلف و نوین انجام می‌گیرد. هدف اصلی این پژوهش پایدارسازی معماری از طریق روش‌های نوین ساخت می‌باشد. لازمهٔ این امر وجود مؤلفه‌هایی برای چگونه طراحی و ساختن سازه‌های نوین در جهت معماری پایدار است. در راستای این هدف ساختمان‌های ساخته‌شده با روش‌های تکنولوژیکی ساخت مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته و مزایا و معایب آن‌ها مشخص گردید؛ سپس روشن شد که در هر نمونه از ساختمان کدام اصل معماری پایدار وجود دارد و این خصوصیت از ساختمان چه تأثیری بر پایداری معماری می‌گذارد. با مشخص‌شدن خصوصیات ساختمان‌های ساخته‌شده با روش‌های نوین اصول و راهبردهایی معین شد که اساس پایداری معماری را در طراحی معماری و سازه شامل می‌شود. نتایج بدین‌صورت به‌دست می‌آید که روش‌های نوین ساخت دارای اصولی هستند که در صورت طراحی و اجرای صحیح مهم‌ترین عامل در پایدارسازی معماری می‌شوند.

اهداف پژوهش:

۱. تجزیه‌وتحلیل ساختمان‌های ساخته‌شده با روش‌های تکنولوژیکی ساخت و مزایا و معایب آن‌ها.
۲. بررسی اصول معماری پایدار در ساختمان‌های مورد مطالعه.

سؤالات پژوهش:

۱. مشخصات و الگوهای طراحی و اجرای تکنولوژی‌های نوین ساختمانی و تأثیر آن بر پایداری معماری چیست؟
۲. مزایا و معایب و ویژگی‌های معماری و سازه‌ای با روش‌های نوین ساخت و تأثیر آن‌ها در پیشبرد معماری پایدار چیست؟

** این مقاله برگرفته از رساله دکتری "وحید شیخ لویی بناب" با عنوان " نقش تکنولوژی‌های نوین سازه و مصالح هوشمند در شکل‌گیری طراحی معماری پایدار" است که به راهنمایی دکتر " شهریار شقاقی" و مشاوره دکتر " نام و نام خانوادگی استاد مشاور" در سال ۱۴۰۱ در دانشگاه "آزاد اسلامی" واحد " نام شبستر" ارائه شده است.

2676-7759/ © 2020 Islamic Art Press. This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/)

مقدمه

معماری پایدار به‌عنوان یکی از نوین‌ترین روش‌های رشد و ارتقا براساس ویژگی‌های اقلیمی است. معماری پایدار راه‌حلی اقتصادی برای کنترل و رشد محیط‌زیست با ساخت‌وساز می‌باشد. این سبک سال‌های زیادی است که در دنیا از فلسفه و روش‌های اجرایی مدرن برخوردار می‌باشد، و به تازگی معماری پایدار در ایران هم نقش عمده‌ای بازی می‌کند. چارلز جنکز یکی از بزرگ‌ترین نظریه‌پردازان معماری پایدار با تعاریف فلسفی می‌باشد که در این حیطه فعالیت می‌کند. کاربرد مفاهیم پایایی و اهداف توسعهٔ پایدار در جهت کاهش اتلاف انرژی و آلودگی محیط‌زیست در معماری، مبحثی به‌نام معماری پایدار را به‌وجود آورده است. در این نوع معماری، ساختمان نه‌تنها با شرایط اقلیمی منطقه خود را تطبیق می‌دهد، بلکه ارتباط متقابلی با آن برقرار می‌کند. به‌طوری‌که براساس گفته ریچارد راجرز، «ساختمان‌ها مانند پرندگان هستند که در زمستان پرهای خود را پوش داده و خود را با شرایط جدید محیط وفق می‌دهند و براساس آن سوخت‌وسازشان را تنظیم می‌کنند» (محمودی،۱۳۸۹). اصولی که باید رعایت شود تا یک ساختمان در زمره بناهای پایدار طبقه‌بندی شود به شرح زیر است: حفظ انرژی، هماهنگی با اقلیم، کاهش استفاده از منابع جدید، برآوردن نیازهای ساکنان، هماهنگی با سایت، کل‌گرایی. تمام اصل معماری پایدار باید در یک پروسهٔ کامل که منجر به ساخته‌شدن محیط‌زیست سالم می‌شود، تجسم یابد.

معرفی فناوری‌های نوین و توسعهٔ صنعت باعث دگرگونی زندگی بشر شده است و ماشینی‌شدن بر جنبه‌های مختلف زندگی انسان تأثیر به‌سزایی گذاشته است. با این وجود، هنوز در بخش بزرگی از پروژه‌های ساختمانی کشورمان از شیوه‌های سنتی بهره‌گیری می‌شود. این شیوه‌ها مبتنی‌بر عملیات بنایی و کارگری و ساخت اجزای ساختمانی در محل کارگاه می‌باشد که باعث بروز نقایص عمده‌ای مانند طولانی‌بودن پروژه‌ها، صرفه پایین اقتصادی، پرت زیاد مصالح و کیفیت پایین محصولات می‌شود. این نقایص در پروژه‌های بزرگ مسکن که مشتمل بر حجم بزرگی از ساخت‌وساز می‌باشد، نمود بیشتری می‌یابد و لذا با گسترش طرح‌های تولید انبوه مسکن در کشور، نیاز به تغییر رویه‌های جاری و بهره‌گیری از شیوه‌های صنعتی در ساخت مسکن بیش از پیش احساس می‌شود. منظور از صنعتی‌سازی ساختمان استفاده از روش‌های نوین کارخانه‌ای با رویکرد تولید انبوه به‌منظور کاهش هزینه، افزایش سرعت اجرا و افزایش کیفیت در پروژه‌های مسکن می‌باشد. برای ساختمان‌های تجاری، اداری، صنعتی، آموزشی، بیمارستان، آپارتمان‌سازی و انبوه‌سازی Tilt – Up روش مناسبی است. ساختمان‌های مسکونی، ویلا و آپارتمان تا چهارطبقه با Wood Stud (چوبی) و تا هفت طبقه با Metal Stud (فلزی) مناسب می‌باشد. ساختمان‌های بلند اعم از اداری، مسکونی و هتل‌ها با سیستم اسکلت فلزی پیش ساخته پیچ و مهره، سقف‌های سبک فلزی یا چوبی، دیوارهای Metal Stud و استفاده از Isolator و دمپرهای ضدزلزله، بار مرده ساختمان‌ها را به مراتب کم می‌کنند و در نتیجه، وزن ساختمان کاهش می‌یابد (گنجه‌ای،۱۳۹۷).

طراحی پایدار همکاری متفکرانه معماری با مهندسی سازه، برق و مکانیک است. علاوه‌بر فاکتورهای متداول طراحی مانند زیبایی، تناسب و بافت و سایه و نور و امکاناتی که باید مدنظر قرار گیرند، گروه طراحی باید به عوامل طولانی

مدت محیطی، اقتصـادی و انسـانی توجه کرده و اصـول اولیه آن را که به قرار زیر اسـت، مد نظر قرار دهد؛ الف) گوناگونی و تنوع؛ ب) اقلیم و آب و هوا؛ ج) پوشـش سـاختمان‌ها؛ د) احیا هویت فرهنگی و منطقه‌ای؛ ه) حجم ساختمان‌ها و جانمایی فضاهای داخلی ساختمان؛ و) مصالح ساختمانی؛ ز) برآورد نیازهای انسان؛ ح) هماهنگی با بستر؛ ط) توجه هم‌زمان به همه اصول. در صنعت ساختمان چارچوب پیشنهادی براساس اصول سه‌گانه معماری پایدار شامل حفاظت از منابع، بهره‌وری هزینه و طراحی برای انسان است(Akadiri,۲۰۱۲). معماری پایدار، معماری جدید و هوشمندانه را در سطوح مختلف به نمایش می‌گذارد. این موارد در این مبحث حاکم است. ۱) حداقل تأثیر منفی زیست‌محیطی ساختمان‌ها با افزایش کارایی و تعدیل استفاده از مواد، انرژی و فضای توسعه‌پذیر؛ ۲) توسعهٔ اقدامات برای ارتباط شکل و سازگاری طراحی سایت، منطقه و آب‌وهوا؛ ۳) ایجاد ارتباط هماهنگ و طولانی‌مدت میان ساکنین و محیط اطراف باتوجه‌به فرم طراحی خوب. در این موضوع ویژه، سه حوزهٔ موضوعی برجسته هستند."مفهوم کلی معماری پایدار و طراحی و تأثیر آن بر توسعهٔ پایدار، روش‌ها و ابزارها و کاربرد آن‌ها در طراحی پایدار، توسعهٔ سیاست و استراتژی برای ارزیابی و اجرای طرح پایدار"(Martina Keitsch,۲۰۱۲).

جدول ۱. نظریه و تعاریف صاحب‌نظران معماری در باب معماری پایدار

R	معمار و نظریه‌پرداز	نظریه و تعاریف در باب معماری پایدار
۱	**کن یانگ**	طراحی پایدار را می‌توان طراحی اکولوژیک تعریف کرد؛ در واقع طراحی پایدار را می‌توان نوعی از طراحی قلمداد کرد که در طول حیات چرخهٔ خویش با سیستم‌های اکولوژیکی کره زمین هماهنگی کامل دارند.
۲	**نورمن فاستر**	طراحی پایدار یعنی حداکثر کارایی با حداقل ابزار در اکولوژی دقیقاً مصداق همان ضرب‌المثل که می‌گویند «کم‌تر، بیشتر است» طراحی پایدار یعنی استفادهٔ ایده‌آل از ابزار معماری جهت صرفه‌جویی در انرژی به‌جای استفاده از سیستم‌های مکانیکی زائد که جهان را به‌سوی گرم‌ترشدن هدایت می‌نمایند.
۳	**یان کاپلیکی**	اصلی‌ترین نکته در طراحی پایدار انتخاب مصالح و نوع عملکرد یک ساختمان در حال ساخت است ساختمان‌ها باید تا ۸۰ درصد یا بیشتر در تأمین انرژی مورد نیازشان خودکفا باشند.
۴	**ریچارد راجرز**	طراحی پایدار نوعی طراحی است که قصد دارد به نیازهای امروز بدون آسیب‌رساندن به منابع نسل‌های آینده پاسخ دهد نکات کلیدی در این طراحی انرژی مصرفی کم انعطاف‌پذیری بالا و راندمان بالا در استفاده از منابع می‌باشد.
۵	**توماس هرتزوگ**	پایایی می‌تواند به‌عنوان یکی از کلیدی‌ترین جنبه‌ها در حرفهٔ ما در نظر گرفته شود، چون ۵۰درصد از انرژی در اروپا در بخش ساختمان مصرف می‌شود. در این مقوله وظیفهٔ معماری بسیار مهم می‌باشد.
۶	**چارلز کی برت**	خلق محیط انسان ساخت و مدیریت متعهدانه آن بر مبنای اصول بوم سازگاری و بازدهی منابع. این اصول عبارت‌اند از: به حداقل‌رساندن صرف منابع تجدیدناپذیر، ارتقا و بهبود شرایط محیط طبیعی و حداقل آسیب‌های بوم‌شناختی بر محیط
۷	**هاگان**	تبیین رابطه متعادل‌تر و هم‌زیستانه اثر معماری با محیط که بر کنش‌مندی خودآگاه اثر معماری نسبت به شرایط محیطی پی‌ریزی شده است.

۸	**راکی مونتین**	طراحی پایدار و همگن، طراحی‌ای تلقی می‌شود که در آن هر جزئی به‌عنوان بخشی از کل بزرگ‌تر به خوبی مورد توجه قرار گیرد.
۹	**ساموبل موک بی**	معماری پایدار دربردارندهٔ آمیزه‌ای از ارزش‌های زیباشناختی، محیطی، اجتماعی، سیاسی و اخلاقی است.
۱۰	**ون در رین**	طراحی پایدار به مفهوم درونی و اساسی از مکان منتج خواهد شد. فرآیندی که به احیا شدن بیش از تحلیل بردن می‌انجامد و در واقع علم و هنر برقراری ارتباطی مناسب بین محیط انسانی و جهان طبیعت است.

۱. اصول معماری پایدار

اصولی که باید رعایت شود تا یک ساختمان در زمرهٔ بناهای پایدار طبق بندی شود به این شرح است: حفظ انرژی، هماهنگی با اقلیم، کاهش استفاده از منابع جدید، برآوردن نیازهای ساکنان، هماهنگی با سایت، کل‌گرایی (قیاسوند، ۱۳۸۵).

با این پیشینه و نظریات صاحب‌نظران و معماران فعال در این زمینه به ساختمانی می‌توان معماری با شرایط پایدار گفت که دارای الگوهای زیر باشد:

- ساختمان طرح اقلیمی داشته و با سیستم‌های اقلیمی محیط هماهنگی داشته باشد.
- ساختمان دارای حداقل ابزار با حداکثر کارایی در بحث صرفه‌جویی در مصرف انرژی باشد.
- مواد و مصالح ساختمان و عملکرد آن باعث تأمین ۸۰ درصد انرژی خودش باشد.
- ساختمان دارای مصرف انرژی کم، انعطاف‌پذیری بالا و راندمان بیشتر در استفاده از منابع باشد.
- ساختمان کیفیت محیط‌زیست را ارتقا داده و محیط‌زیست طبیعی را گسترش دهد.
- ساختمان هویت فرهنگی و قومی را حفظ کند.
- هزینه ساخت ساختمان اقتصادی بوده و ساخت‌وساز با استفاده از فناوری‌های جایگزین کارآمد باشد.

۲. راه‌کار پژوهش

در عصر کنونی باتوجه‌به صنعتی‌شدن زندگی در جوامع بشری و استفاده ناصحیح از منابع تجدیدناپذیر باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی شدید شده است. معماری به‌عنوان یک راه‌کار می‌تواند کمک شایانی به این موضوع بکند. با در نظر گرفتن این شرایط امروزه به معماری‌ای نیازمندیم که پاسخی به این شرایط بحرانی محیط‌زیست و سلامت انسان باشد. سبک معماری‌ای که امروزه از آن به‌عنوان معماری پایدار یا معماری سبز یاد می‌شود، هدف اصلی‌اش حفظ محیط‌زیست و سلامت انسان است. پس هدف اصلی این پژوهش حفظ و احیا محیط‌زیست با استفاده از روش‌ها و تکنولوژی‌های نوین طراحی و ساخت ساختمان‌هاست. راه‌کار این پژوهش ابتدا تعیین الگوهای معماری پایدار با استفاده از مبانی و پیشینهٔ نظری صاحب‌نظران این مبحث است. پس برای مشخص‌کردن اصول و راهبردهای

تکنولوژی ساخت جهت پایدارسازی ساختمان‌ها، نمونه‌های موفق ساخته‌شده در دنیا با روش‌های نوین طراحی و ساخت مطالعه شده و معیارهای تکنولوژیکی آن‌ها مشخص می‌شود. این معیارها به ما نشان خواهد داد که این نمونه معماری دارای کدام مورد الگوی معماری پایدار بوده و در جهت تحقق این مبحث طراحی و ساخته شده است.

۳. تکنولوژی‌های نوین ساخت در معماری

در پی رشد سریع جمعیت و در نتیجهٔ افزایش نیاز به مسکن، و همچنین مسائل تأثیرگذار بر کیفیت و قیمت ساختمان‌ها ضرورت ایجاد تحول در روش‌های ساخت و ساز ایجاد کرده‌است. یکی از روش‌های بهبود این وضعیت، صنعتی‌سازی تولید ساختمان می‌باشد. این امر باعث کاهش بسیاری از هزینه‌ها و افزایش سرعت ساختمان‌سازی می‌شود (پیام ساختمان،۱۳۸۷). شروع صنعتی‌سازی را می‌توان از زمان مهاجرت اروپاییان به آمریکا در قرن ۱۹ میلادی یاد کرد. به دلیل تخریب‌های ناشی از جنگ جهانی و نیاز به تأمین سریع مسکن ساخت‌وسازها به سمت صنعتی‌شدن پیش رفت؛ و با رونق‌گرفتن مدرنیسم ساخت انبوه، ارزان و مطابق با معیارهای استاندارد در دستور کار قرار گرفت. همچنین در کشور ایران از سال ۱۳۴۰ و با افزایش نیاز به مسکن در کلان‌شهرها، ساخت و ساز با استفاده از قطعات پیش‌ساخته توسط چند کارخانه تحت‌لیسانس کارخانه‌های خارجی آغاز شد (همتی، ۱۳۹۱). سیستم‌های صنعتی‌سازی ساختمان شامل کلیهٔ فعالیت‌های مرتبط با طراحی، فناوری‌ها و روش‌های ساخت‌وساز، و تولید کارخانه‌ای قطعات و اجزای ساختمانی است. در این روش‌ها اجزای ساختمان تحت نظام صنعتی در کارخانه تولید و از جنبه‌های مختلف از نظر کیفیتی، آزمایش و به کارگاه منتقل می‌شود. در نتیجهٔ عملیات ساختمان در محل کارگاه کاهش یافته و میزان تولید افزایش می‌یابد (قلی‌زاده، ۱۳۹۱). مهم‌ترین اهداف به‌کار بردن این روش‌ها عبارت‌اند از: افزایش کیفیت و سرعت ساختمان‌سازی و کاهش هزینه‌های آن که نتایج آن را بدین شرح می‌توان برشمرد:

- مقاوم‌سازی و استحکام ساختمان
- سبک‌سازی
- کاهش ضایعات مصالح
- مصرف بهینهٔ انرژی
- کاهش حجم عملیات ساختمانی در محل کارگاه و افزایش تولید و ساخت در محل کارخانه (همتی، ۱۳۹۱).

در بخش زیر به معرفی ۶ مورد از مشخصات طراحی و اجرای تکنولوژی‌های نوین ساختمانی پرداخته شده است:

۳/۱. سیستم Tilt-up

این روش برای انبوه‌سازی و اجرای ساختمان‌های بزرگ مناسب می‌باشد Tilt up .یا tilt wallیا tilt slab یکی از روش‌های نوین و متداول ساختمان‌سازی در سراسر شمال امریکا، استرالیا، نیوزاند و چندین ملت کارائیب می‌باشد. هرچند این

روش مقرون به صرفه می‌باشد و وقت و زمان کم‌تری را صرف می‌کند، عملکرد ضعیف آن در برابر زلزله استفاده از الزامات مقاوم‌سازی لرزه‌ای را در ساختمان‌های قدیمی را ضروری کرده است. در روش tilt up ، اجزای بتنی (دیوار، ستون و ...) به‌صورت افقی روی دال بتنی قرار می‌گیرند. سیستم اجرای تیلت آپ که بیشتر به‌عنوان روش اجرا قابل طرح است تا سیستم ساختمانی، معمولاً به روشی گفته می‌شود که در آن اعضای دیواری باربر بتنی، سازه ساختمان را تشکیل می‌دهند. در این روش، دیوارها در محل اجرای پروژه به‌صورت افقی بتن‌ریزی می‌شوند و پس از عمل‌آوری بتن، قطعه را با کمک جرثقیل در محل خود نصب می‌کنند. از روش اجرای تیلت آپ اغلب برای اجرای ساختمان‌هایی با کاربری انباری، تجاری (مراکز خرید) و اداری که در آن‌ها سرعت اجرا و مسائل اقتصادی اهمیت دارد، استفاده می‌شود. این روش عمدتاً برای ساخت ساختمان‌های کوتاه مرتبه حداکثر تا چهار طبقه به‌کار می‌رود اگرچه اکثر ساختمان‌های ساخته‌شده با این روش یک یا دو طبقه هستند و تعداد معدودی ساختمان بیش از چهار طبقه نیز به این روش ساخته شده‌اند.

۳/۲. سیستم Super frame

تکنولوژی سوپر فریم جدیدترین تکنولوژی ژاپنی برای ساخت ساختمان‌های بلندمرتبه است که پس از زلزله هیوگو (کوبه) در سال ۱۹۹۵ توسعه یافت. این روش ساخت شامل چهار تکنیک می‌باشد که پیشتر به‌طور جداگانه در این کشور در ساخت بعضی ساختمان‌ها از آن‌ها استفاده شده است. این تکنیک‌ها عبارت‌اند از:

- بتن مقاومت بالا(HiRC)
- قطعات پیش‌ساختهٔ بتنی(R-PC)
- پس‌کشیدگی در کف‌های با دهانه بزرگ
- و استفاده از میراگرهای ویسکوز مقاوم(Hi-Dampers)

درسازه سوپرفریم نیروهای زلزله به‌جای انتقال به اجزای سازه‌ای آن در هر طبقه به یک ابرسازه اصلی مشتمل بر یک هسته مرکزی، چهار سوپر بیم (تیرهای بزرگ) در بالا، دوستون در هر وجه ساختمان و در نهایت، سیستم ترمزکننده میراگرها می‌گردد که نه‌تنها موجب تقلیل نیروی زلزله شده، بلکه ایمنی بالای سازه ساختمان را تضمین می‌کند. باتوجه‌به اجرای سقف‌های تخت (بدون تیر) و تعداد بسیار اندک ستون در داخل ساختمان، امکان تقسیم یک طبقهٔ کامل از یک تا یازده واحد بدون هیچ‌گونه محدودیتی عملی است. علاوه‌بر آن، تغییر در پلان در هر زمانی نیز بدون محدودیت مقدور است. فناوری پلان آزاد به‌عنوان یک فناوری پیشرفتهٔ قابلیت انعطاف‌پذیری در معماری را به ساختمان سوپرفریم داده است.

۳،۳. سیستم LSF

قاب فولادی سبک نوعی سیستم سازه است که در آن از فولاد سرد نورد شدهٔ گالوانیزه در ساخت سازه استفاده می‌شود. این سیستم همچنین به‌عنوان سازه‌های فولادی سبک، ساخت‌وساز LSF یا Lightweight Steel Framing یا سازه فولاد گالوانیزه شناخته می‌شود. این‌گونه سازه‌ها به‌علت سبک‌بودن و قابلیت اجرای دیوار خشک، مناسب برای مناطق زلزله خیز می‌باشد. ساختمان‌های قاب فولادی سبک Lightweight Steel Framing موسوم به(LSF) ، به‌صورت خشک و به روش تولید صنعتی اجرا می‌شوند. قاب‌های فولادی سبک (LSF) که به‌وسیلهٔ نورد سرد تهیه می‌شود، یکی از انواع سیستم‌های ساختمانی مدرن می‌باشد که به‌وسیلهٔ این روش می‌توان ساختمان‌هایی را به‌صورت طبقات محدود (معمولاً تا ۵ طبقه) را اجرا کرد.

سه جز اصلی این ساختمان‌ها:

۱. مقاطع متشکل از ورق‌های فولادی که به‌وسیلهٔ نورد سرد تهیه شده به‌عنوان سازه اصلی؛

۲. پانل‌های گچی دیوار خشک به‌عنوان پوشش در داخل ساختمان؛

۳. سمنت برد برای پوشش بیرونی خارجی ساختمان و بسته به نوع پروژه از لایه‌های عایق صوتی و حرارتی تشکیل می‌شود.

در حال حاضر در کشور ایران استفاده از سیستم دهانه‌های مهاربندی شده با اعضای قطری برای ساختمان‌ها تا ۲ طبقه مسکونی و سیستم باربر جانبی دیوار برشی بتن آرمه برای ساختمان‌های تا ۵ طبقه مجاز می‌باشد، عملکرد صوتی دیوارها و سقف‌های ساخته شده با این سیستم در صورت رعایت تمهیدات لازم به‌راحتی پاسخگوی انتظارات تعیین‌شده در مقررات ملی ساختمان می‌باشد.

۳،٤. سیستم ICF

سیستم I.C.F مخفف عبارت Insulating Concrete Formwork می‌باشد که یک نوع سیستم ساخت‌وساز مرکب از بتن مسلح و پنل‌های پلی استایرن EPS است که در آن بتن مسلح به‌عنوان عضو باربر و پنل‌های پلی استایرن به‌عنوان قالب بتن و عایق حرارتی و صوتی عمل می‌کنند (همتی،۱۳۹۱). این نوع سیستم در دهۀ ۱۹۵۰-۱۹۶۰ در آلمان ابداع گشت و با سرعتی چشمگیر در آمریکای شمالی به‌عنوان یک ساختار پایه‌ای پیشرفت کرد (گلابچی، ۱۳۸۹). این نوع سیستم با روش‌های متفاوت و مختلفی طراحی و ساخته می‌شود که همگی شامل دو لایه فوم عایق که معمولاً از جنس E.P.S است، با فواصل متفاوت به موازات هم قرار می‌گیرند و پس از بتن‌ریزی به قسمتی از دیوار تبدیل می‌گردند که این دو لایه به‌وسیلهٔ عناصر مسلح‌کننده که در بین این دو لایه نصب می‌شوند، به یکدیگر متصل می‌شوند. قطعات اتصال‌دهندهٔ اغلب از جنس پلاستیک یا تسمه‌هایی از ورق گالوانیزه هستند. (گلابچی،۱۳۸۹). عمدتاً قالب‌ها از جنس پلی استایرن منبسط شده می‌باشد اما از مصالح دیگری ازجمله کامپوزیت پلی استایرن، سیمان یا فوم پلی یورتان نیز استفاده

می‌شود. این قالب‌ها از نظر ابعاد، شکل هندسی سوراخ‌ها و نوع اجزای تشکیل‌دهندهٔ با هم متفاوت هستند (کاری،۱۳۸۷).

ویژگی‌ها:

- سرعت بالا و بازگشت کوتاه مدت سرمایه
- به دلیل نسوز بودن بتن و خاصیت خود اطفاءکنندگی پلی استایرن، ساختمان‌های ساخته شده با این سیستم دوام و مقاوت بیشتری در برابر حریق و آتش‌سوزی نسبت به ساختمان‌های دیگر دارا هستند.
- این نوع سیستم از نظر صرفه جویی در مصرف انرژی و عدم اتلاف آن، تأثیرات مثبتی را برای محیط زیست داراست. امکان استفادهٔ مجدد از مصالح آن وجود ندارد.
- امکان اجرای طرح‌های معماری و نقشه‌های مدولار و غیرمدولار
- سبکی قطعات و حمل‌ونقل آسان
- نیاز به ابزارهای ساده و محدود

برخی از کاربردها و موارد استفاده از این نوع سیستم به شرح زیر می‌باشد:

- مناسب برای دهانه‌های کم‌تر از ۹ متر
- قابلیت ایجاد سقف‌های شیبدار
- مناسب جهات ساختمان‌های مخابراتی، آموزشی، اسکان موقت، خوابگاهی، ورزشی و...
- مناسب برای کلیه ساختمان‌های یک تا دو طبقه
- امکان افزودن طبقات روی بنای موجود
- امکان طراحی و اجرای انواع فرم‌های مختلف
- مناسب برای طرح‌های مدولاسیون

۳/۵. سیستم کوبیاکس

دال دو محوره توخالی، کوبیاکس و یا دال‌های مجوف دوپوش (به انگلیسی Cobiax)یکی از روش‌های اجرای سقف با استفاده از گوی‌های پلاستیکی توخالی از جنس پلی اتیلن است. در حال حاضر شرکت Cobiax با ارائهٔ دال‌های تخت و سبک دومحوره که دارای قابلیت‌های مدولار و انعطاف‌پذیری می‌باشد بهینه‌سازی قابل‌توجهی را در زمینه فناوری و اقتصاد ساخت‌وساز ارائه کرده است. با استفاده از دال‌های تخت و سبک کوبیاکس به‌جای دال‌های بتنی توپر یا دیگر

دال‌های سبک موجود می‌توانید ارزش بالایی به ساختمان خود و فرایند ساخت‌وساز دهید. در فناوری کوبیاکس، بار مردهٔ غیرسازه‌ای حذف و خاصیت مقاومت دومحوره حفظ می‌گردد. همچنین با شکل‌گیری غشایی بتنی مستحکم در قسمت فوقانی و تحتانی دال به‌همراه شکل‌گیری شبکهٔ تیرچه‌های داخلی در دو امتداد در اثر قراردهی گوی‌های توخالی در سراسر فضای میانی دال بتنی می‌توان باربری بسیار مناسبی را برای دال متصور شد. اساس طراحی تکنولوژی Cobiaxمبنی است بر سقف سازه‌ای با ویژگی «سقف دال دوطرفه» مشابه سقف‌های بتنی دال دوطرفه مرسوم با این تفاوت که هستهٔ بتن مرکزی در محل‌هایی که کاربرد سازه‌ای ندارد با گوی‌های توخالی جایگزین می‌گردد. (جنس این گوی‌ها پلی‌اتیلن بازیافت یا پلی پروپیلن می‌باشد) بدین‌صورت که این گوی‌ها در حدفاصل مش‌های میلگردی بالا و پایین قرار می‌گیرند. باتوجه‌به اینکه در دال‌های بتنی دوطرفه مشکل تحمل نیروی برشی وجود ندارد، طراحی این نوع سقف بر مبنای حذف قسمتی از بتن میانی و ایفای عملکرد دال دوطرفه می‌باشد. در فناوری Cobiax با حذف بار مرده غیرسازه‌ای خاصیت باربری دومحوره همچنان حفظ می‌گردد. همچنین با شکل‌گیری غشای بتنی مستحکم در قسمت فوقانی و تحتانی دال به همراه شکل‌گیری شبکه تیرچه‌های داخلی در دو امتداد در اثر قراردهی گوی‌ها در سرتاسر فضای میانی دال بتنی می‌توان باربری مناسبی را برای این دال متصور شد. در حدفاصل مش‌های میلگردی بالا و پایین به‌جای بتن غیرسازه‌ای گوی‌های پلاستیکی تو خالی از جنس پلی‌اتیلن بازیافت شده قرار می‌گیرند. نتیجه این امر دالی است که حدوداً ٪۳۵ وزن کم‌تری نسبت به یک دال مشابه توپر دارد. این موضوع سبب می‌گردد که صرفه‌جویی قابل‌ملاحظه‌ای در وزن تمام شده سقف و نیز مواد اولیه و مصالح کل ساختمان حاصل گردد. چنانچه فناوری کوبیاکس را از دیدگاه کلی قاب‌های سازه‌ای مد نظر قرار دهیم، بهره‌گیری از این فناوری مزایا و صرفه‌جویی‌های فراوانی را در ساخت و ساز به همراه خواهد داشت. فناوری کوبیاکس با تغییر ابعاد اِلمان‌های سازه‌ای برآوردی جامع از اصلاحات و بهینه‌سازی را در امر ساختمان‌سازی میسر می‌سازد. با استفاده از فناوری کوبیاکس، نه‌تنها ارزش افزودهٔ ساختمان بیشتر می‌شود، بلکه موجب حفظ محیط‌زیست هم خواهد شد (مجله بازار ساختمان و تأسیسات).

۳٫۶. سیستم JK

سیستم JK یک تکنولوژی جدید و انقلابی در صنعت ساختمان‌سازی است که در سال ۱۹۸۴ توسط مهندس Joseph Kiefer در کشور فرانسه متولد شد و بعدها با مطالعاتی که روی این سیستم انجام شد تکمیل و گسترش پیدا کرده و هم‌اکنون به‌عنوان یک روش ساخت‌وساز سریع و مقاوم در عرصهٔ بین‌المللی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

این فناوری از بافت فولادی متشکل است که با تزریق بتن سبک به درون این بافت، استحکام و یکپارچگی منحصربه‌فردی برای هر نوع سازه به‌وجود می‌آورد. همچنین اجزای تشکیل‌دهندهٔ سیستم JK به‌طور کامل در محل پروژه تکمیل شده و طبق نقشه در محل موردنظر نصب می‌شوند. در نهایت، سازه‌ای متشکل از دیوار و دال ایجاد خواهد شد که دیوارها بارهای ثقلی و جانبی را تحمل کرده، به همین دلیل نیازی به اسکلت فلزی و یا بتنی نخواهد بود.

آزمایشات جهانی نشان می دهند سازه‌های این تکنولوژی، به دلیل redundancy بالا، در مقابل زلزله، سیل، طوفان و حریق مقاوم هستند و از این جهات مورد تأیید مرکز مطالعات ساختمان و عمران فرانسه، مرکز عالی فنون ساختمان فرانسه، شرکت ملی راه‌آهن فرانسه، وزارت تجهیزات فنی تونل فرانسه و همچنین مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ایران می‌باشد. علاوه‌بر مزیت های فوق، صرفه‌جویی در مصرف بتن، عدم نیاز به نیروی انسانی متخصص و پرتعداد، کاهش نیاز به تجهیزات سنگین و پیچیده و ... باعث شده JK system از سوی مراجع معتبر جهانی چون یونسکو به‌عنوان یک تکنولوژی برتر در زمینه ساخت‌وساز سریع مورد تقدیر قرار گیرد.

اجزای تشکیل‌دهندهٔ سیستم جی کی (JK system):

- **بیم** (JK beam) سازه‌ایست شبیه خرپا که از مفتول گالوانیزه ساخته می‌شود.)
- **پانل** (JK panel) بخش اصلی این سیستم است و شامل شبکه سه بُعدی یکپارچه از جنس فولاد گالوانیزه می‌باشد).
- **بتن سبک** (alleviated concrete) شامل: مخلوطی از ماسه بادی، سیمان، پلی‌استایرن و الیاف پلی‌پروپیلن با فرمول اختصاصی است.

جدول ۲. مزایا و معایب فناوری‌های نوین ساخت

R	سیستم سازه	مزایا	معایب
۱	Tilt-up	• طراحی مدولار • قالب‌بندی آسان بازشوها در دیوار بتنی • نمای بتنی نمایان • عدم نیاز به فناوری خارجی • آموزش اندک نیروی انسانی • عدم نیاز به ابزارهای کمکی خاصی • کاهش نیاز به داربست‌بندی برای اجرای نما به دلیل بتن‌ریزی در سطح زمین • کاهش اتلاف و ضایعات مصالح و فراورده‌ها در روند ساخت • کاهش هزینه‌های اجرای دیوارها در این سیستم نسبت به مشابه سنتی • عملکرد مناسب در برابر هوازدگی، محیط‌های خورنده، تابش شدید آفتاب وتکانه‌های حرارتی • استاندارد بودن مواد و مصالح برای مسائل زیست‌محیطی	• توان اجرا برای حداکثر ۴ طبقه • آزادی عمل کمتر در طراحی ساختار اصلی معماری با توجه به دیوارهای سازه ای • قابل اجرا برای نماهای کاملاً مسطح و دو بُعدی و عدم امکان ایجاد تورفتگی‌ها و بیرون‌زدگی‌ها در نما • سنگینی مصالح اصلی (بتن و میل‌گرد) و نیاز به جرثقیل های بزرگ • عدم تغییر ابعاد قطعات • امکان دسترسی به مدارهای تأسیسات مکانیکی و الکتریکی • نیاز به کارگاه بزرگ و به‌وجود آمدن مشکلات متعدد در کارگاه‌های کوچک
۲	Super frame	• قابلیت استفاده از هر نوع مواد نازک کاری در داخل ساختمان	• مناسب فقط برای سازه برج‌ها • هزینه اجرایی بالا

		• اجرای سریع سازه و پوسته بیرونی ساختمان در سریعترین زمان ممکن • کیفیت بالا و کنترل شده قطعات به دلیل تولید صنعتی در کارخانه • اجرای همزمان نما با سازه • سازگار با محیط‌زیست در قیاس با ساخت‌وساز سنتی • مقاومت بالا در برابر حریق ضریب انتقال حرارت و صوت پایین	• نیازمند نیروی کار متخصص
۳	LSF	• دقت تولید قطعات به دلیل تولید در کارخانه • سرعت بالا، دقت بالا، کیفیت بالا و کنترل کلیه استانداردها در تولید قطعات • افزایش سرعت ساخت، ، کاهش حجم عملات پی‌ریزی، سطح مفید تمام شده بیشتر، کاهش هزینه‌های حمل و نقل، انعطاف‌پذیری بیشتر فضاها، سهولت در اجرا، عدم نیاز به ماشین آلات سنگین، حذف جوشکاری و کیفیت بالای اتصالات • کاهش وزن ساختمان و بالطبع کاهش نیروی زلزله وارد شده بر ساختمان	• در ابعاد دهانه محدودیت وجود دارد. • تعداد طبقات قابل ساخت با این سیستم محدود است. • به نیروی کار متخصص و خبره نیاز دارد. • تأمین قطعات فلزی گالوانیزه تولید شده در کارخانه هزینه نسبتاً بالایی دارد.
۴	ICF	• مطابقت با مقررات و ضوابط ملی ساختمان (مبحث نهم و ...) • امکان تلفیق و ترکیب با سایر سیستم‌های ساخت و ساز • حمل و نقل و جابجایی آسان و امکان اجرای سریع • امکان تعبیه بازشوها در جداره‌ها با ابعاد مختلف • انعطاف‌پذیری در طراحی و ایجاد فرم‌های متنوع • کیفیت بالا خصوصاً در بتن ریزی • مناسب برای اجرای انواع نماسازی • کاهش اتلاف مصالح • عدم نیاز به اجرای قالب بندی در اجرای بتن ریزی • افزایش مقاوم و استحکام ساختمان، محافظت ساختمان در برابر شرایط محیطی • کاهش وزن ساختمان • عایق حرارتی، برودتی و صوتی • امکان عبور و نصب تأسیسات از داخل دیوار و سقف	• مناسب برای دهانه‌های کم‌تر از ۹ متر • مناسب جهات ساختمان‌های مخابراتی، آموزشی، اسکان موقت، خوابگاهی، ورزشی و... • مناسب برای ساختمان‌های یک تا دو طبقه
۵	cobiax	• باربری دومحوره و حذف تمام تیرهای اصلی • بهینه‌سازی المان‌های عمودی مانند ستون‌ها و دیوارهای برشی (ستون‌های لاغرتر، کاهش ۴۰ درصدی حجمی و عددی ستون‌ها)	• استفاده از این سیستم در پروژه‌های کوچک ازلحاظ اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نیست.

		• بهینه‌سازی دال و فونداسیون (کاهش بارهای واردبر پی، دال‌های تا ۳۰ درصد سبک‌تر) • بهینه‌سازی المان‌های سخت‌کننده (کاهش بارهای افقی) • کاهش ارتفاع کلی سازه (بهینه‌سازی ارتفاع سقف) • کنترل خیز بهتر ومقاومت بهتر در برابر نیروهای زلزله (کاهش اثر آسیب‌های لرزه‌ای، کاهش ارتفاع و سبک‌شدن سازه) • انعطاف‌پذیری در پلان معماری (کاهش عددی ستون‌ها) • قابلیت پذیرش کاربری‌های گوناگون وسهولت تغییر کاربری افقی و عمودی • امکان اجرای کنسول تا ۷ متر و ایجاد بازشو در هر شکل و اندازه در سقف • افزایش فضای مفید (اجرای دهانه تا ۱۸متر بدون اجرای ستون) (گاهی تا۲۲ متر)	• اصل تکنولوژی سیستم سازه‌ای کوبیاکس مربوط به کشورهای اروپای غربی (نظیر انگلستان و آلمان) بوده و با توجه به اینکه این کشورها اصولاً لرزه‌خیز نیستند استفاده از این سیستم در کشور ما مخصوصاً در مناطق با خطر لرزه‌ای زیاد و خیلی زیاد جای سؤال داشته و در این زمینه تحقیقات لازم انجام‌نشده است (از این سیستم در کشورهای لرزه‌خیزی مانند ژاپن و یا غرب ایالات‌متحده استفاده نمی‌گردد و استاندارد مربوط به این نوع سقف در هیچ‌یک از آیین‌نامه‌های معتبر لرزه‌ای وجود ندارد.)
۶	JK	• سرعت اجرا و سهولت در حمل‌ونقل • عدم نیاز به مصالح سنتی چون تیرآهن - سفال - آجر - شن و ... • عدم نیاز به عایق‌کاری در صورت استفاده از بتن سبک ترکیبی به همراه پلی استایرن • صرفه اقتصادی بالاوکاهش هزینه هاوریسک سرمایه‌گذاری در نتیجه پایین آمدن زمان اجرا • سهولت در تعبیه لوله و سیم کشی داخل سازه • عدم نیاز به اسکلت‌بندی و چارچوب و یکپارچه‌بودن بدنه سازه • عدم نیاز به نیروی انسانی متخصص و قابلیت اجرا در طرح های معماری متنوع • کاهش استفاده از تجهیزات پیچیده و ماشین‌آلات سنگین • استفاده از بتن سبک با فرمول اختصاصی و صرفه‌جویی در مصالح به‌کار رفته در بتن • مقاومت بالای مکانیکی، ضدزلزله و مقاوم در برابر سیل، طوفان، رطوبت و تهدیدات شیمیایی • سه برابر سبک‌تر از سازه‌های متداول • عایق صوت (۲برابر بیشتر از مصالح سنتی) و عایق حرارت (۷ برابر بیشتر از مصالح سنتی) • کیفیت و دوام بالای سازه و عمر طولانی سازه‌ها (حداقل برابر با سازه‌های بتن آرمه)	• نیاز به حجم زیادی از بتن سبک • اجرا حداکثر سه طبقه

در جدول زیر نمونه ساختمان‌های ساخته شده با ۶ مورد فناوری نوین ساخت در این پژوهش مشخص شده است:

جدول ۳. مشخصات نمونه‌های موردی ساختمان‌ها با روش‌های نوین ساخت

R	نام نمونه ساختمان	مکان	معمار	سال ساخت	سیستم سازه	تصویر
۱	Broadview Public School مدرسه عمومی براد ویو	اوتاوا - اونتاریو	Edward J. Cuhaci and Associates Architects Inc.	۲۰۱۶	Tilt-up	
۲	برج WTC تجاری – اداری - خدماتی	تبریز	گروه مهندسی پردیسان	۲۰۱۷	Super frame	
۳	Department of Health - Townhill Office Park مرکزبهداشت و سلامتی	آفریقای جنوبی	Sms Design Architects	۲۰۱۹	LSF	
۴	The Ricchi condominiums آپارتمان مسکونی	سن آنتونیو	Ricchi Group	۲۰۰۸	ICF	

۵	Flora Panorama آپارتمان مسکونی	بورگاس بلغارستان	Dimitar Sharenkov	۲۰۱۹	cobiax		
۶	La Défense ساختمان تجاری - اداری لادفنس	پاریس	Kisho Kurokawa	۲۰۱۴	JK		

جدول ۴. ویژگی‌های معماری و سازه‌ای نمونه‌های موردی ساختمان‌ها با روش‌های نوین ساخت و تأثیر آن‌ها رد پیشبرد معماری پایدار

R	سیستم سازه	نمونه موردی	ویژگی‌های معماری و سازه‌ای	تأثیرات بر معماری پایدار بر اساس الگوهای آن
۱	Tilt-up	Broadview Public School **مدرسه عمومی براد ویو**	• ساخت سریع در کم‌تر از یک‌سال • استفاده از نورطبیعی حداکثری در فضاهایی مانند کتابخانه • سازه و نمای بیرونی مخلوطی از روکش آجری قرمز، فرم‌های رنگارنگ معماری، و پوشش بتونی	دارای طرح اقلیمی و استفاده از انرژی‌های طبیعی
۲	Super frame	**برج WTC** **تجاری – اداری - خدماتی**	• بلندترین برج تجاری-خدماتی-گردشگری کشور با ارتفاع ۱۵۲ متر • اولین برج مرتفع مجهز به میراگرهای ویسکوز جاذب انرژی زلزله در ایران • اولین ساختمان اجرا شده با بتن با مقاومت ۷۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع و میلگرد فوق مقاوم با تنش تسلیم ۷,۰۰۰ kg/cm در ایران • اولین ساختمان اجرا شده با نمای پانل‌های سرامیکی ویژه آجدار، ساخته شده با ستون‌های پیش‌ساخته با فناوری R-PC و	ساختمان دارای انعطاف‌پذیری بالا در استفاده از تنوع فضاها و حفظ هویت فرهنگی و بومی منطقه است.

			ساخته شده با اتصالات تزریقی میلگرد از نوع NMB در ایران	
۳	LSF	Department of Health - Townhill Office Park **مرکزبهداشت و سلامتی**	• دارای اسکلت فلزی در تمام بخش‌ها بر اساس سیستم LSF • پوشش دیوارها با صفحات فلزی، ضدبخار و تخته است. • استفاده از مصالح سبک و قابل بازیافت از جنس فلز، تایل‌های گچی و سیمانی، فلزی و ...در قسمت‌های مختلف ساختمان • ساختمان دارای۲ بلوک موازی کناری ویک بلوک بعنوان هسته مرکزی است.	• هزینه اقتصادی در استفاده از مواد و مصالح • استفاده از مصالحی مانند فلز و چوب با کم‌ترین آسیب به محیط‌زیست
۴	ICF	The Ricchi condominiums **آپارتمان مسکونی**	• دارای ۸۷ آپارتمان مجلل در ۵ طبقه • دارای استخر تفریحی در مرکز بلوک‌ها • احداث در نزدیکی روستای ریچی در دل طبیعت بکر منطقه ریچی سن آنتونیو	• دارای طرح اقلیمی و هماهنگی با محیط زیست • استفاده از مصالحی مانند فلز و چوب با کم‌ترین آسیب به محیط‌زیست
۵	cobiax	Flora Panorama **آپارتمان مسکونی**	• هماهنگی کامل با شهر و طبیعت • استفاده از جدیدترین مصالح در ساخت‌وساز • دارای ۱۸ طبقه شبیه موج‌های دریا • معماری سبز عمود در طبقات با آبیاری هوشمند • دارای ایستگاه‌های شارژ وسایل نقلیه برقی • تأمین انرژی الکتریکی توسط پنل‌های خورشیدی نصب شده درسقف تراس • راندمان ساختمان برای مصالح ساختمانی باصرفه در مصرف انرژی است. (آجرهایی با خاصیت عایق حرارتی پیشرفته، سیستم عایق‌بندی کلی مؤثر، پروفیل‌های صرفه جویی در مصرف انرژی و پنجره‌های دوجداره) • تمایل به حفاظت از هوا، آب و زمین با انتخاب مواد سازگار با محیط‌زیست و روش‌های ساخت‌وساز • استفاده حداکثری از نور آفتاب برای ارتباط با طبیعت و محیط بیرون با در نظر گرفتن تراس و نورگیر	• دارای طرح اقلیمی و هماهنگی با محیط زیست • استفاده از عناصر طبیعی در طبقات مانند گیاه و درختچه در جهت پاک‌سازی هوا • ساختمان دارای حداقل ابزار با حداکثر کارایی در بحث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌باشد. • مواد و مصالح ساختمان و عملکرد آن باعث تأمین بخشی از انرژی خودش می باشد. • ساختمان دارای مصرف انرژی کم، انعطاف‌پذیری بالا و راندمان بیشتر در استفاده از منابع می‌باشد. • ساختمان کیفیت محیط زیست را ارتقا داده و محیط‌زیست طبیعی را گسترش می‌دهد.
۶	JK	La Défense	• بتن با کارایی بالا و نما با روکش فلزی	• ساختمان هویت فرهنگی و قومی را حفظ کند.

	ساختمان تجاری -اداری لادفنس	• علاوه‌بر ساختمان اداری عمل‌کنندهٔ دروازه شهری • استاده از فرهنگ ژاپنی با کاربرد سنگ‌های پیش‌ساخته • هم‌زیستی فرهنگ سنتی با فناوری پیشرفته	• هزینه ساخت ساختمان اقتصادی بوده و ساخت‌وساز با استفاده از فناوری‌های جایگزین کارآمد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

بررسی جداول فوق نشان می‌دهد که فناوری‌های نوین ساخت دارای مزایا و معایبی هستند. مزایای آن‌ها به نسبت بیشتر و بهتر از کاستی آن‌هاست و نمونه ساختمان‌های ساخته شده با فناوری‌های نوین ساخت در کارایی‌شان حداقل یکی از موارد معماری پایدار را دارا می‌باشد و به بیان بهتر شیوه‌های نوین ساخت می‌تواند راه‌کاری در جهت پایدارسازی معماری باشد. بنابراین بعد از مطالعهٔ شش روش نوین ساخت اصول و راهبردهای زیر برای اثرگذاری در راستای ایجاد معماری پایدار به‌دست می‌آید:

۱. طراحی مطابق با اقلیم منطقه و استفاده حداکثری از انرژی‌های طبیعی؛

۲. حفظ اصالت بومی و هماهنگی با محیط‌زیست در طراحی ساختمان؛

۳. استفاده از مصالح قابل بازیافت و بازساز در اجرای ساختمان مانند فلز، چوب، تایل‌های گچی و سیمانی و...؛

۴. استفاده از عناصر طبیعی در طبقات مانند گیاه و درختچه در جهت پاکسازی هوا؛

۵. استفاده از ابزارهایی در جهت کاهش مصرف انرژی؛

۶. گسترش فضاهای طبیعی در محیط اطراف ساختمان و طبقات آن.

فهرست منابع و مآخذ:

کتاب‌ها

پیدایش، منصور. (۱۳۹۲). فناوری ساختمان‌های بتنی۴/۴۹۲. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

گلابچی، محمود. (۱۳۹۳). سیستم‌های نوین ساختمانی، تهران: دانشگاه تهران.

گلابچی، محمود؛ مظاهریان، ح. (۱۳۸۹). فناوری‌های نوین ساختمانی، چ دوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

محمودی، محمد مهدی. (۱۳۸۹). توسعهٔ مسکن همساز با توسعه پایدار. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

مقالات

زندیه، مهدی؛ پروردی‌نژاد، سمیرا. (۱۳۸۹). «توسعه پایدار و مفاهیم آن در معماری مسکونی ایران». مسکن و محیط روستا، دوره۲۹، ش ۱۳۰، ۲۲-۱.

صبا، ح، قلی‌زاده، ف. (۱۳۹۱). «نگاهی به وضعیت و لزوم صنعتی‌سازی ساختمان در ایران و بیان چالش‌های آن». دومین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت ساخت.

قیاسوند، جواد. (۱۳۸۵). «تعامل معماری و انرژی‌های نو». راه و ساختمان، ۳۸.

گنجه‌ای، حمید. (۱۳۹۷). جزوه روش‌های ساخت، فناوری‌های نوین اجرای ساختمان و جزئیات اجرایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد استان هرمزگان، بندرعباس.

محمدکاری، ب؛ خلیلی جهرمی، ک. (۱۳۸۷). «بررسی و ارزیابی چند سیستم مطرح در پروژه‌های انبوه‌سازی ساختمان‌های مسکونی، سیستم قالب‌های عایق ماندگار». مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، گزارش تحقیقاتی، نشریه شماره گ-۴۹۳، تهران، ایران.

معماری پایدار. (۱۳۸۵). نشریه راه و ساختمان، شماره ۳۸.

نشریه تخصصی پیام ساختمان و تأسیسات. (۱۳۸۹). نشر هنر سرزمین سبز، شماره ۵۷.

همتی، سیف ا... ؛ ناظر، الهام. (۱۳۹۱). «بررسی سیستم I.C.Fو نقش آن در صنعتی‌سازی ساختمان». اولین کنفرانس ملی مصالح و سازه‌های نوین در مهندسی عمران.

منابع لاتین

Akadiri .Peter O, Chinyio . Ezekiel A and Olomolaiye .Paul O. (۲۰۱۲). Design of A Sustainable Building: A Conceptual Framework for Implementing Sustainability in the Building Sector.

سایت‌ها

http://www.icfinfo.org.uk