مجموعه گزارش‌های تهیه شده برای
کمیته محترم بازنگری مبحث ۱۱ مقررات ملی ساختمان

- **گزارش اول: مروری بر تعاریف گذشته و ارائه تعریف جامع برای موضوع صنعتی‌سازی ساختمان**

«پوشش دهنده بخش‌های ۱-۳-۱ الی ۱-۳-۴ از فهرست تقسیم کار مبحث ۱۱»

- **گزارش دوم: مروری بر فناوری‌ها و روش های ساخت در حد کلیات**

«پوشش دهنده بخش ۲-۴ از فهرست تقسیم کار مبحث ۱۱»

- **بررسی منافع حاصل از صنعتی‌سازی ساختمان و مروری بر موانع اصلی اجرای صنعتی‌سازی در ایران**

«پوشش دهنده بخش‌های ۱-۲ ، ۲-۲ و ۲-۳ از فهرست تقسیم کار مبحث ۱۱»

دکتر عبدالله حسینی *

امیر رائین خواه **

* استاد و عضو هیئت علمی دانشکده عمران پردیس فنی دانشگاه تهران

** دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش مهندسی و مدیریت ساخت دانشگاه تهران

مهر ماه ۱۳۹۴

توضیح درباره مجموعه گزارش‌های ارائه شده

جلسه دوازدهم کمیته تخصصی مبحث ۱۱ مقررات ملی ساختمان مورخ ۱۳۹۴/۰۴/۰۲ برگزار شد و طی آن تقسیم کار برای نگارش قسمت‌های مختلف از موضوعات فهرست پیشنهادی مبحث ۱۱ انجام شد. بر این اساس طی مرداد و شهریور ماه ۱۳۹۴ سه گزارش با عناوین « مروری بر تعاریف گذشته و ارائه تعریف جامع برای موضوع صنعتی‌سازی ساختمان » و « مروری بر فناوری‌ها و روش های ساخت در حد کلیات» و « بررسی منافع حاصل از صنعتی‌سازی ساختمان و مروری بر موانع اصلی اجرای صنعتی‌سازی در ایران » به آن کمیته محترم تقدیم شده است. این گزارش‌ها پوشش دهنده بخش‌های نشان داده شده در جدول ۱ از فهرست پیشنهادی مبحث ۱۱ می‌باشد.

جدول ۱ – بخش‌های بررسی شده از فهرست مبحث ۱۱ در گزارش‌های ارائه شده

فصل	بخش
۱ – کلیات	۱–۲– هدف ۱–۳– تعاریف
۲– مقدمه	۲–۲– منافع حاصل از صنعتی سازی ۲–۳– موانع اجرای صنعتی سازی ساختمان ۲–۴– فناوری‌ها و روش‌های ساخت

به استحضار می‌رساند مطالب ارائه شده در مجموعه گزارش‌های ارائه شده به کمیته محترم مبحث ۱۱ و تقسیم بندی فصول این گزارش‌ها ممکن است کاملا منطبق با فصول معرفی شده در پیش نویس فهرست مبحث ۱۱ نباشد و در آنها مطالب بیشتری مورد بررسی قرار گرفته شده باشد. برای مثال خیلی از مباحث مورد اشاره در گزارش اول «تعاریف» با توجه به ۱۱ پرسش اساسی و هادی که در جلسه یازدهم کمیته مطرح شده بود، تهیه شده اند. گردآوری مطالب جامع‌تر با هدف فراهم نمودن اطلاعات اولیه مناسب برای تیم نگارش مبحث ۱۱ برای تهیه نسخه نهایی بوده است.

همچنین لازم به ذکر است با توجه به فصل یک و دو از فهرست مبحث ۱۱، سرفصل‌های اشاره شده در جدول ۲ مشابه به نظر می‌رسند که پیشنهاد می‌شود نام‌گذاری این بخش‌ها مورد تجدید نظر قرار گیرد و یا اینکه این دو بخش ادغام شده و در قالب یک فصل مورد بررسی قرار داده شوند.

جدول ۲ – موارد تشابه سرفصل‌های بخش ۱-۲ و ۲-۲ فهرست تقسیم کار مبحث ۱۱

بخش‌های فصل ۱-۲	بخش مشابه در فصل ۲-۲
۱-۲-۱- تامین ایمنی	۲-۲-۴- افزایش ایمنی
۱-۲-۲- بهداشت	
۱-۲-۳- بهره‌دهی مناسب (دوام، آسایش و مطلوبیت)	۲-۲-۲- افزایش بهره وری از منابع ۲-۲-۳- بهبود دایمی کیفیت (دوام و مطلوبیت)
۱-۲-۴- حفظ سرمایه‌های ملی	۲-۲-۲- افزایش بهره‌وری از منابع ۲-۲-۶- صرفه جویی در مصرف انرژی
۱-۲-۵- افزایش صرفه اقتصادی فرد و جامعه ۱-۲-۵-۱- صرفه جویی در مصرف انرژی ۱-۲-۵-۲- بهره‌وری بیشتر از منابع (مالی، انسانی و ماشین آلات) ۱-۲-۵-۳- سرعت بیشتر	۲-۲-۶- صرفه جویی در مصرف انرژی ۲-۲-۲- افزایش بهره‌وری از منابع ۲-۲-۱- کاهش زمان تولید برای واحد محصول
۱-۲-۶- حفاظت از محیط زیست	۲-۲-۹- حفاظت از محیط زیست
۱-۲-۷- ترغیب صنعتی‌سازی ساختمان	

گزارش اول:

مروری بر تعاریف گذشته و ارائه تعریف جامع برای موضوع صنعتی‌سازی ساختمان

«پوشش دهنده بخش‌های ۱-۳-۱ الی ۱-۳-۴
از فهرست تقسیم کار مبحث ۱۱»

۱ - مقدمه

صنعتی‌سازی[1] در معنای عام خود به عنوان یک روند تغییر اجتماعی-اقتصادی تعریف کرد که طی آن جامعه از حالت غیر صنعتی به صنعتی تبدیل می‌گردد. (۱) اصطلاح صنعتی‌سازی در رشته‌ی ساخت و ساز ساختمان از جمله عباراتی است که ارائه تعریفی واحد و دقیق از آن به سادگی امکان پذیر نیست. علت این امر را می‌توان در گستردگی موضوع مورد بحث و همچنین در تغییراتی که طی گذشت زمان در تعریف این اصطلاح بوجود آمده درنظر گرفت. تعریف صنعتی‌سازی ساختمان تا حد زیادی به شرایط و ویژگی‌های کشورهای مختلف و میزان صنعتی بودن آنها مربوط می‌شود و در نتیجه ممکن است برای این اصطلاح در مناطق مختلف تعاریف گوناگونی ارائه شود. برای رسیدن به تعریف جامعی از صنعتی‌سازی ساختمان لازم است مروری کلی روی مطالعات و تعاریف ارائه شده صورت گرفته و مفاهیم مشترک موجود در این تعاریف را استخراج نمود تا بر اساس آنها تعریف مناسبی از صنعتی‌سازی ساختمان ارائه کرد.

تولید[2] در علم اقتصاد به معنای فرآیند تبدیل مواد اولیه و اطلاعات به محصولات یا خدمات برای رفع نیازهای انسان‌ها می‌باشد. (۲) تولید باعث ایجاد فایده و ارزش افزوده شده و به ارضای نیازهای افراد می‌انجامد. روش‌های تولید به سه نوع تولید دستی[3]، تولید دسته‌ای[4] و تولید انبوه[5] تقسیم بندی می‌شوند. تولید انبوه به عنوان تولید کالای استاندارد به مقدار زیاد که شامل

[1] Industrialization
[2] Production
[3] Job production or craft production
[4] Batch production
[5] Mass production

تعریف خط تولید و مونتاژ[1] است تعریف می‌شود (۳) تولید انبوه و تولید صنعتی از جمله اصطلاحاتی هستند که در بحث صنعتی سازی ساختمان به آنها اشاره زیادی خواهد شد و در ادامه‌ی بحث با توجه به تعاریف بالا مورد استفاده قرار خواهند گرفت. همچنین با توجه به وجود تفاوت در مفهوم دو کلمه Production و Manufacture، در ادامه این دو کلمه به ترتیب به صورت تولید و تولید کارخانه‌ای ترجمه می‌شوند.

در این تحقیق به منظور ایجاد درک بهتر درباره موضوع صنعتی‌سازی ساختمان ابتدا توضیحاتی درباره انقلاب صنعتی[2] و پیامدهای آن بر صنعت و زندگی بشر ارائه می‌گردد. در ادامه به بررسی تعاریف ارائه شده از صنعتی‌سازی ساختمان در مطالعات و مقالات گذشته پرداخته می‌شود و سعی در ارائه تعریفی جامع از صنعتی‌سازی ساختمان خواهد شد. سپس به بررسی و مقایسه انبوه‌سازی صنعتی[3] و غیر انبوه‌سازی یا تکسازی صنعتی[4] پرداخته خواهد شد. همچنین در بخش پایانی به مرور کلی بر مفاهیم مرتبط با صنعتی‌سازی ساختمان از جمله مکانیزاسیون[5]، اتوماسیون[6]، پیش‌ساختگی، مدولارسازی و غیره پرداخته خواهد شد.

۲ - انقلاب صنعتی و سیر تاریخی صنعتی‌سازی ساختمان

پیشرفت‌های بزرگ تکنولوژیکی بوجود آمده در صنعت نساجی و همچنین به کارگیری نیروی ماشین‌های بخار در فرآیندهای تولید در انگلستان در اواسط قرن هجدهم میلادی تاثیر شگرفی بر زمانه خود و دوره‌های بعد داشت. اصطلاح انقلاب صنعتی در قرن نوزدهم میلادی عملا برای توصیف این پیشرفت‌ها ابداع شد. (۴) اوایل قرن ۱۹ میلادی نیروی ماشین (نیروی بخار) قابل استفاده شد و کم کم جایگزین نیروی بازو انسان ها و جانوران اهلی شد. طی آن دوره تکنولوژی تولید با تغییرات زیادی مواجه شد و ابزار های کوچک و کار با دست جای خود را به ماشین آلات سنگین دادند. این امر باعث شد تا محل تولید محصولات جا به جا شده و کارخانه‌ها بوجود آیند. در کارخانه‌ها امکان نصب و به کارگیری ماشین آلات بزرگ و پر سر و صدا وجود داشت و حجم زیاد محصولات تولیدی از قابلیت انبار کردن و مدیریت راحت تری برخوردار بودند. به طور کلی از حرکت تولیدات کوچک مقیاس به سمت تولید انبوه که با قابلیت استفاده از نیروی ماشین آلات فراهم شده بود، به عنوان انقلاب صنعتی یاد می‌کنند. (۵)

این مرحله از فرآیند صنعتی شدن تولیدات تاثیر خاصی بر بخش ساختمان سازی و روش‌های سنتی اجرا نداشت. فعالیت‌های ساختمان‌سازی مثل گذشته در فضای باز انجام می شدند و فقط برخی ابزار مکانیکی مثل دریل و جرثقیل و غیره مورد استفاده قرار گرفت ولی عملا تولید ماشینی (با استفاده از ماشین) امکان پذیر نبود. (۵)

[1] Assembly line
[2] Industrial revolution
[3] Industrial Mass construction
[4] Individualization of industrial products
[5] Mechanization
[6] Automation

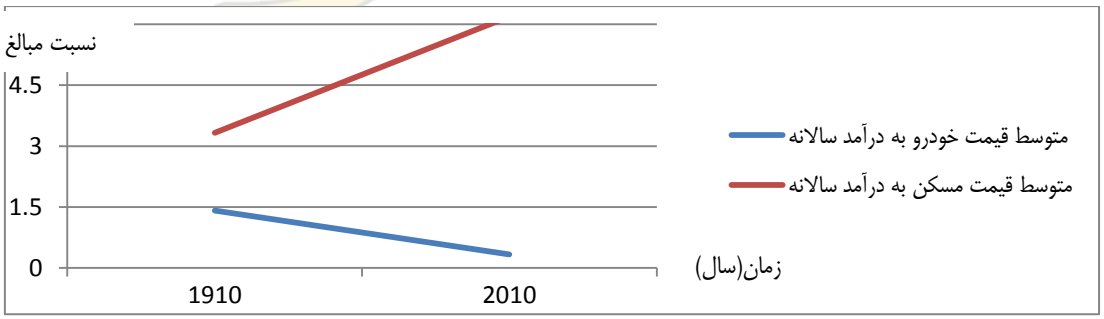
موج دوم انقلاب صنعتی با اختراع کامپیوتر شکل گرفت. در این دوره این امکان فرهاهم شد تا نه تنها زور بازو، بلکه کارکرد مغز، گوش و چشم انسان نیز بوسیله ماشین آلات انجام بگیرد. (۵) فرآینده های محاسباتی، برداشت داده و هدایت سیستم ها به عنوان فرآیندهای گام به گام برای ماشین آلات تعریف شد. در این دوره نیز صنعت ساخت تاثیر پذیری کمی داشت. اواخر قرن بیستم تقریبا تمامی فعالیت ها در کارخانه‌ها توسط ماشین‌آلات و کامپیوتر انجام می‌گرفت. اما در ساختمان‌سازی، بناها، نجارها و لوله‌کش‌ها هنوز با استفاده از نیروی دست و اطلاعات قدیمی کار خود را ادامه دادند. یکی از پیامدهای این اتفاق این است که ساخت و ساز به یکی از صنایع کاملا وابسته به نیروی انسانی تبدیل شده و درنتیجه خانه به یک کالای لوکس تبدیل شد که قابلیت خرید آن توسط افراد متوسط جامعه به مرور زمان سخت‌تر شد. (۵)

در حالی که کیفیت محصولات صنعتی روز به روز بهبود می‌یافت، کیفیت ساخت و ساز بدلیل کمبود نیروی کار ماهر و شرایط بد کاری رو به افول نهاد. در حال حاضر به طور میانگین نزدیک به ۱۰ درصد کلیه مشاغل به کارهای ساختمانی برمی‌گردد و این درصد رو به افزایش است. در صورتی که ساختمان سازی نتواند به سمت صنعتی سازی حرکت کند، به زودی خانه‌ها به قدری گران خواهند شد که توسط هیچ‌یک از افراد جامعه قابل خرید نباشد. (۵)

تحقیقی که مور و همکاران (۶) در سال ۲۰۱۳ انجام دادند گفته بالا را تایید می‌نماید. در این تحقیق نسبت قیمت متوسط اتومبیل و منزل با میزان سرانه درآمد افراد در کشور آمریکا محاسبه شده و این نسبت‌ها در سال ۱۹۱۰ با سال ۲۰۱۰ با یکدیگر مقایسه شده اند. طی این تحقیق نتایج قابل توجهی به دست آمده است که در جدول ۱ و نمودار ۱ قابل ملاحظه می‌باشد. با توجه به ارقام بدست آمده طی صد سال گذشته قابلیت خرید اتومبیل بهبود زیادی پیدا کرده و تقریبا ۴ برابر شده است. این در حالی است که قابلیت خرید مسکن به تنها بهبود پیدا نکرده بلکه می‌توان مشاهده کرد که قدرت خرید مسکن طی این ۱۰۰ سال تقریبا نصف شده است.

جدول ۳ – اطلاعات متوسط درآمد، متوسط قیمت خودرو و مسکن در آمریکا

سال	متوسط سرانه درآمد سالانه	متوسط قیمت اتومبیل	نسبت قیمت اتومبیل به درآمد سالانه	متوسط قیمت مسکن	نسبت قیمت مسکن به درآمد سالانه
۱۹۱۰	۶۰۰ دلار	۸۵۰ دلار	۱/۴۱	۲۰۰۰ دلار	۳/۳۳
۲۰۱۰	۳۵۸۰۰ دلار	۱۲۰۰۰ دلار	۰/۳۳	۲۲۱۸۰۰ دلار	۶/۱۹



نمودار ۱ – نسبت متوسط قیمت خودرو و مسکن به درآمد سالانه در آمریکا

مشاهده این روند به خوبی می‌تواند نشان دهنده اهمیت و ضرورت صنعتی‌سازی در روش‌های ساخت و تولید مسکن می‌باشد. البته ارائه این توضیح ضروری است که عوامل مختلفی در شکل‌گیری این روند دخیل بوده و هستندکه از جمله آنها می‌توان به تغییرات قیمت زمین، محدودیت و افزایش قیمت زمین‌های مرغوب برای ساخت مسکن و تغییرات مصالح مورد استفاده در ساختمان‌سازی اشاره کرد. اما قطعا پیشرفت صنعتی بیشتر تولید خودرو و عدم به کارگیری روش‌های صنعتی در ساخت و ساز مسکن را می‌توان به عنوان یکی از مهم‌ترین دلایل روند مشاهده شده در نمودار بالا در نظر گرفت.

به طور کلی می‌توان تلاش‌های انجام گرفته در امر صنعتی‌سازی ساختمان در طول زمان را به سه دسته تقسیم نمود. (۷) دوره اول را می‌توان از انقلاب صنعتی تا زمان جنگ جهانی دوم در نظر گرفت. در این دوره همان طور که قبلا اشاره شد صنعت ساخت از پیشرفت‌های صورت گرفته در سایر صنایع تاثیر کمی پذیرف و به عبارت دیگر بحث صنعتی‌سازی ساختمان به صورت تئوری مطرح بود و فرصت شکوفایی نداشت. دوره دوم را می‌توان از پایان جنگ جهانی دوم تا اواخر دهه ۱۹۶۰ میلادی در نظر گرفت. (۷) طی این دوره صنعتی‌سازی ساختمان اهمیت خاصی پیدا کرد. در دوره بعد از جنگ جهانی دوم ضرورت خانه‌سازی و تقاضای بالای مسکن دلایل اصلی استفاده از روشهای صنعتی بود که با اهداف اقتصادی و انبوه‌سازی با سرعت بالا و هزینه پایین صورت گرفت. خانه‌های ساخته شده در این دوره از نظر معماری کیفیت پایینی داشت و تنوع خیلی کمی داشته‌اند. (۸)

متاسفانه در این دوره با توجه به ضرورت بالای ایجاد مسکن در مدت زمان کم و با هزینه‌ی پایین باعث شد تا عامل کیفیت در این دوره کمتر مورد توجه قرار گیرد. برای مثال کشور انگلستان که تا آن دوره به عنوان اولین کشور صنعتی و پیشرو در این زمینه شناخته می‌شد، استفاده از خانه‌های پیش ساخته در سالهای بعد از جنگ جهانی به دلیل تقاضای بالای مسکن صورت گرفت ولی اکثر این خانه‌ها با نگاه اقامت‌گاه موقت ساخته شده و از کیفیت بالایی برخوردار نبودند. این امر باعث منفی شدن دید مردم نسبت به خانه های پیش ساخته در این کشور شده است. امروزه هنوز هم اکثر خانه‌ها در انگلستان با روش‌های سنتی و در محل کارگاه اجرا می‌شوند. (۹)

طی قرن بیستم همواره سازندگان و طراحان شیفته‌ی ایده تولید خانه‌ها در یک کارخانه بوده و هستند. دوره سوم تلاش‌های صنعتی‌سازی ساختمان بعد از دوره‌ای سکون، اوایل دهه ۷۰ میلادی بار دیگر مطرح شد. در این دوره فقط اهداف اقتصادی ملاک عمل نبودند. بحث کیفیت، ساخت و ساز پایدار، تولید کارخانه‌ای با کیفیت بالا و همچنین قابلیت‌های اجرایی خاص سسیستم‌های صنعتی در این دوره مورد توجه سازندگان قرار گرفت. (۷) در این دوره ایده‌هایی از قبیل سفارشی سازی انبوه[1] و خصوصی‌سازی و غیر انبوه سازی صنعتی[2] مطرح شدند. از این دوره به عنوان دوره پسا صنعتی[3] یاد می‌شود. (۷)

[1] Mass customization
[2] individualization of industrial products
[3] Infra-industrial period

به طور کلی مطالعات قبلی نشان می‌دهد که بحث صنعتی‌سازی ساخت در بسیاری از موارد با شکست مواجه بوده است. (۱۰) چراکه این گونه تلاش‌ها فقط روی بحث تولید تمرکز دارند و به موارد مهم دیگر از جمله وجود ایراد در ساختار اقتصادی و فنی کشور و نبود مدیریت صنعتی درست توجه نداشته است. (۱۰) به عبارت دیگر می‌توان گفت که صنعتی‌سازی اجباری و کور کورانه و بدون توجه به سایر عوامل تاثیر گذار در زمینه ساختمان و همچنین رشته‌های وابسته به آن، به خودی خود تعیین کننده موفقیت نبوده و رسیدن به موفقیت در این زمینه در گرو توانایی ما در توسعه پایدار و همه جانبه خواهد بود.

۳ - تعاریف مختلف ارائه شده برای صنعتی‌سازی ساختمان «بخش ۱-۳-۱ مبحث ۱۱»

در این بخش به بررسی تعاریف مختلف ارائه شده از صنعتی‌سازی ساختمان پرداخته می‌شود. این تعاریف از مراجع مختلف و متعدد استخراج شده و در نتیجه دید کلی مناسبی برای خواننده به به وجود خواهد آورد. در این بخش شاخص‌ها و معیارهای مشترک موجود در تعاریف مشخص شده و در پایان تعریف جامعی از صنعتی‌سازی ساختمان ارائه خواهد شد.

اصطلاحات زیادی برای توصیف صنعتی‌سازی و پیش‌ساختگی استفاده می‌شوند. پیش مونتاژ[۱]، پیش‌ساختگی[۲]، روش‌های نوین ساخت(MMC)[۳]، ساخت کارخانه‌ای(OSM)[۴]، تولید بیرون کارگاهی(OSP)[۵] و ساخت بیرون کارگاهی (OSC)[۶] از اصطلاحاتی هستند که در دوره های زمانی مختلف از آنها استفاده می‌شده است. روش های مدرن ساخت (MMC) عبارتی است که در کشور انگلستان هم برای تعریف تکنولوژی‌های ساخت خارج از کارگاه ساختمانی و هم برای روش‌های ابتکاری و تکنولوژی‌های کارگاهی استفاده می‌شود. همچنین سیستم‌های ساخت صنعتی (IBS)[۷] عبارتی است که برای بیان مفهوم پیش‌ساختگی و صنعتی‌سازی ساخت در کشور مالزی از آن استفاده می شود. (۱۱)

ساخت کارخانه‌ای (OSM)، تولید بیرون کارگاهی(OSP) و ساخت بیرون کارگاهی (OSC) عملا دارای معنای یکسان بوده و به جای هم استفاده می‌شوند و به پروسه‌ی ساخت در محلی خارج از محوطه‌ی کارگاه مثلا در کارخانه یا محلی موقتی اما مسقف و با محیط کنترل شده در جهت تولید قطعات اشاره دارد.

در مقدمه کتاب چشم اندازهای نوین صنعتی‌سازی ساختمان (۵) برای تعریف صنعتی‌سازی ساختمان اینگونه اشاره شده است که وقتی بخواهیم صنعتی‌سازی را تعریف کنیم باید بدانیم که باید از سه جنبه موضوع را مورد بررسی قرار دهیم. اول اینکه محرک‌ها یا دلایل صنعتی سازی چیست. دوم محدودیت‌ها و لزومات ایجاد صنعتی‌سازی است و سوم پیامدهای ناشی از صنعتی‌سازی و به کارگیری روش‌های صنعتی ساخت می‌باشد[۸].

[1] Pre-assembly
[2] Prefabrication
[3] Modern methods of construction
[4] Offsite manufacturing
[5] Offsite production
[6] Offsite construction
[7] Industrial building systems
[8] Drivers- Conditions and Consequences

بر اساس این مرجع (۵) محرک‌ها عبارتند از نیاز به ایمنی در حین کار، نیاز به کنترل کیفیت بهتر، نیاز به سلامت کارکنان، توجه بیشتر به محیط زیست، نیاز به تولید با هزینه کمتر و کمبود نیروی کار ماهر. محدودیت‌ها یا پیش‌نیاز ها عبارتند از ابزار و تجهیزات مکانیکی، ابزار و سیستم های خودکار و ابزار و سیستم های هوشمند. در پایان پیامدهای صنعتی‌سازی در قالب تولید انبوه، پیش‌سازی، استاندارد سازی و مدولار سازی معرفی شده‌اند.

در یک نگاه کلی هدف از صنعتی سازی ساختمان بهبود معیارهای اصلی موفقیت پروژه های ساخت شامل زمان، هزینه، کیفیت و ایمنی می باشد. افزایش سرعت و بهبود کیفیت ساختمان‌ها بوسیله تولید بخش‌های ساختمان در کارخانه و استفاده از ماشین آلات نوین و دقیق امکان پذیر خواهد بود. با ساخت قسمت‌هایی از سازه در کارخانه، نه تنها زمان اجرا کاهش می‌یابد بلکه فرآیند اجرا به سمت فعالیت‌های نصب و مونتاژ تغییر می‌یابد که این امر باعث افزایش ایمنی در اجرا خواهد شد. در مورد بحث هزینه البته باید به این نکته توجه داشت که همانند هر تولید صنعتی دیگر، کاهش هزینه‌ها و افزایش بازده مالی نهایی نیازمند تولید در تیراژ بالا و به عبارت دیگر تولید انبوه می‌باشد.

کمیته بین‌المللی تحقیقات و نوآوری مسکن و ساختمان[1] (CIB) در جای دیگری از کتاب چشم اندازهای نوین صنعتی‌سازی ساختمان (۵) تعریف ساده‌ای از صنعتی‌سازی به صورت زیر ارائه کرده است: صنعتی سازی ساخت به معنای تفکر سازنده[2] در روند تولید است که به منظور رسیدن به صرفه اقتصادی، بهره وری بیشتر و کیفیت بهتر صورت می گیرد. در ادامه‌ی این تعریف به این نکته اشاره شده است که معمولا به برخی موارد همراه تعریف صنعتی سازی اشاره می‌گردد که این موارد عبارتند از:

- استفاده از نیروی ماشین آلات
- استفاده از سیستم‌های هدایت کامپیوتری
- استفاده از یک پروسه‌ی تولید پیوسته
- بهبود دایم بهره وری
- استانداردسازی محصولات
- پیش‌سازی
- مدولارسازی
- تولید انبوه

این کمیته صنعتی‌سازی ساخت را در یک تعریف جامع تر به عنوان یک تغییر در طرز فکر و نوع رفتار با هدف بهبود شرایط ساخت و ساز و کیفیت محصول، طی فرآیند یکپارچه‌ی استاندارد سازی و بهینه سازی فرآیندهای سازمانی و هزینه و با بهره برداری از ماشین‌آلات و سیستم های اتوماتیک تعریف می‌گردد. (۵) به عبارت دیگر از دیدگاه این کمیته صنعتی‌سازی ساختمان لزوما به معنای استفاده از تجهیزات و ابزار آلات نوین نبوده و بیشتر به طرز تفکر و دیدگاه مدیریتی کلان در امر ساخت و ساز اشاره می‌نماید.

مطالعات زیادی در زمینه صنعتی‌سازی و به کار گیری سیستم‌های ساخت صنعتی (IBS)[3] در کشور مالزی انجام شده است. در مطالعه‌ای که در مرکز تحقیقات ساخت و مسکن مالزی انجام شده تعاریف مختلفی که برای (IBS) ارائه شده جمع آوری، و مورد

[1] International council for research and innovation in building and construction (CIB)
[2] Rationalization
[3] Industrialized building systems

برسی قرارگرفته است. در این مطالعه ۲۰ تعریف کلی بررسی و تحلیل شده است. در ادامه این بخش به مرور برخی از این تعاریف پرداخته می‌شود و به نتایج حاصل از این تحقیق اشاره خواهد شد.

بلاچر (۱۲) و سرجا و هانوس (۱۳) صنعتی سازی را به عنوان ساخت مکانیزه[1] تعریف کرده و تاکید کردند که این تعریف برای تکنولوژی روش ساخت استفاده می شود و نه محصول نهایی.

سباستین (۱۴) به این نکته اشاره کرد که مفهوم صنعتی‌سازی ساختمان، استفاده از تکنولوژی‌های جدید از قبیل پیش ساختگی و همچنین روش‌های کارگاهی مدرن از قبیل استفاده از قالب‌های لغزنده و قالب‌های تونلی را در بر می‌گیرد. همچنین روشهای مدرن طراحی و استفاده از دانش مهندسی درباره سازه‌ها و فیزیک ساختمان و همچنین استفاده از فناوری های کامپیوتری از دیگر جنبه‌های صنعتی‌سازی می‌باشند.

از نظر لسینگ (۱۵) صنعتی‌سازی به معنای بهره برداری از روش‌های صنعتی با دیدگاه ساخت مکانیزه، استانداردسازی و پیش‌ساختگی می‌باشد. درباره فعالیت‌های ساختمانی، صنعتی سازی بخشی از یک پروسه‌ی گسترده مدرن سازی از طریق توسعه روش‌های نوین ساخت و تولید و استفاده از تکنولوژی جدید است به طوری که فرآیند های تولید، مکانیزه شده و تمرکز آنها بر انبوه‌سازی و تولید کارخانه‌ای می باشد.

وارزوفسکی به این نکته اشاره کرد که روند صنعتی سازی یک نوع سرمانه گذاری در تجهیزات، امکانات و تکنولوژی می‌باشد که هدف آن حداکثر کردن تولید محصول، افزایش کیفیت آن و کاهش دخالت نیروی انسانی است. (۱۶)

چانگ (۱۷) سیستم‌های ساخت صنعتی را به عنوان انبوه سازی اجزای ساختمانی در کارخانه یا کارگاه با ابعاد و اشکال استاندارد تعریف کرده که قطعات پس از تولید به محل کارگاه حمل شده و بر اساس یک استاندارد به هم متصل می شوند تا به شکل یک ساختمان در آیند. بدیر (۱۸) نیز در تعریف خود سیستم های صنعتی ساخت را به عنوان مفهومی از انبوه‌سازی ساختمان‌های با کیفیت بالا تعریف کرده با به کار گیری روش های جدید و ساخت اجزای سازه در کارخانه انجام می‌گیرد. اشاره به این نکته لازم است که هیئت توسعه صنعت ساخت مالزی (CIDB)[2] در تعریف خود از صنعتی‌سازی به جنبه‌ی انبوه‌سازی این تعریف توجهی نداشته است.

رحمان و عمر (۱۹) (IBS) را به عنوان یک سیستم ساخت با استفاده از اجزای پیش ساخته تعریف کرده اند. تولید اجزا با استفاده از ماشین آلات و قالب‌ها و سایر ادوات در کارخانه ها با بهره‌گیری از سیستم‌های کنترل اتوماتیک، تولید شده و سپس برای نصب و برپایی ساختمان به هم متصل خواهند شد.

[1] Mechanized production
[2] Construction Industry Development Board of Malaysia (CIDB)

اسا و نورالدین (۲۰) در اولین کنفرانس (IBS) در مالزی آن را به صورت زیر تعریف کردند. سیستم های صنعتی ساخت شروع یک زنجیره دنباله دار جایگزین کردن استفاده از نیروی انسانی در همه زمینه های ساخت به سوی استفاده از یک سیستم تولید کارخانه‌ای با هدف کاهش هدر رفت مصالح و افزایش ارزش کسب شده می باشد.

در کلیه تعاریف ارائه شده بالا تاکید روی بحث هایی از قبیل پیش ساختگی، تولید بیرون از کارگاه و تولید انبوه قطعات ساختمانی به عنوان ویژگی‌های اصلی سیستم‌های ساخت صنعتی (IBS) تاکید داشته است. همه‌ی مقالات به تولید قطعات ساختمانی در محلی غیر از کارگاه اشاره داشته و عامل مهمی در تعریف صنعتی‌سازی تلقی کرده اند. (۱۱)

یکی دیگر از نکاتی که در مطالعه‌ی مرکز تحقیقات ساخت و مسکن مالزی[1] به آن توجه شده بود این موضوع است که آیا تعریف صنعتی سازی اشاره به یک پروسه و فرآیند دارد یا اینکه تعریفی محصول محور است ؟ از میان ۲۰ مورد تعریفی که در این مطالعه بررسی شده بود، ۱۵ مولف سیستم‌های ساخت صنعتی را به عنوان یه متد، روش و پروسه تعریف کرده اند و ۵ نفر از مولفان، سیستم‌های ساخت صنعتی را با توجه به یک محصول نهایی تعریف نموده‌اند. (۱۱)

برای درک بهتر این موضوع، پروسه‌ی ساخت آجرهای ساختمانی را به عنوان مثال در نظر می‌گیریم. در صورتی که صرفا به پروسه‌ی تولید توجه شود، ممکن است کلیه مراحل سرند کردن و ترکیب کردن مصالح، قالب گیری و پخت آجر همه بوسیله ماشین آلات و سیستم‌های کنترلی خودکار صورت گیرد و عملا شاهد تولید صنعتی آجر باشیم. اما ساختمان سازی با استفاده از آجر قطعا به معنی صنعتی‌سازی ساختمان نخواهد بود. به عبارت دیگر اگر فقط به پروسه‌ی تولید و یا فقط به محصول تولید شده توجه کنیم، در هر دو حالت تعریف درستی از صنعتی‌سازی ساخت ارائه نخواهد شد.

لذا باید به این نکته توجه داشت که باید در تعریف صنعتی‌سازی ساختمان از دیدگاه کلان‌تری به موضوع نگاه شود و فرآیند بلوغ فکری و بهبود دیدگاه مدیریتی که باعث بوجود آمدن خلاقیت و بهبود بازده و بهره وری شرایط تولید و اجرا خواهد شد را بدون درگیر نمودن نوع محصول و تجهیزات تولید برای تعریف صنعتی‌سازی در نظر گرفته شود.

مرکز تحقیقات ساخت و مسکن مالزی در پایان مطالعه خود به ارائه تعریفی از سیستم‌های ساخت صنعتی (IBS) به صورت زیر پرداخته است: (IBS) یک فرآیند خلاقانه در ساختمان‌سازی، با استفاده از مفهوم انبوه سازی سیستم‌های صنعتی است که در یک کارخانه یا محیط کنترل شده تولید می‌گردد. این فرآیند شامل مسایل مربوط به حمل و نقل و مونتاژ قطعات بوده و با برنامه‌ریزی و یکپارچگی مناسب صورت می پذیرد.[2]

[1] (CIDB)

[2] IBS is defined as, “An innovative process of building construction using concept of mass-production of industrialized systems, produced at the factory or onsite within controlled environments, it includes the logistic and assembly aspect of it, done in proper coordination with thorough planning and integration”.

سیستم های ساخت صنعتی باید به عنوان نوآوری و خلاقیت در ساخت و ساز مورد توجه قرار گیرد. اینکه به صنعتی‌سازی ساختمان به عنوان یک سیر تکاملی پیشرفت و نه یک تغییر و جهش ناگهانی در ساخت و ساز نگاه کنیم از اهمیت زیادی برخوردار است. (۱۱) همچنین به موضوع صنعتی‌سازی نباید به عنوان یک تهدید برای ساخت و ساز سنتی نگاه کرد. هر دو این روش ها باید بتوانند پا به پای هم کار کرده و در حد خود بهبود یابند. استفاده از هر دو روش اهمیت بالایی داشته و پویایی صنعت ساخت را تضمین می‌نماید. (۱۱)

در پایان این بخش و به عنوان جمع بندی، در یک تعریف کلی می‌توان صنعتی‌سازی ساختمان را به صورت زیر تعریف کرد: «صنعتی‌سازی ساخت یک تغییر در نوع نگرش و رفتار می‌باشد که منجر به شکل‌گیری فرآیندی پویا و تدریجی در جایگزین کردن استفاده از نیروی انسانی در ساخت، با یک سیستم تولید کارخانه‌ای و با بهره‌گیری از سیستم‌های خودکار و ماشین آلات تحت مدیریت یکپارچه صنعتی می‌گردد که این فرآیند با هدف کاهش هدررفت مصالح، کاهش زمان تولید و افزایش کیفیت و ارزش کسب شده صورت خواهد گرفت.»

٤ – انبوه سازی و غیر انبوه سازی صنعتی «بخش‌های ۱-۳-۲ و ۱-۳-۳ مبحث ۱۱»

همان طور که در بخش قبلی گفته شد، هدف از صنعتی سازی ساختمان را می‌توان به طور کلی بهبود معیارهای اصلی موفقیت پروژه‌های ساخت شامل زمان، هزینه، کیفیت و ایمنی در نظر گرفت. افزایش سرعت و بهبود کیفیت ساختمان‌ها بوسیله تولید بخش‌های ساختمان در کارخانه و استفاده از ماشین آلات نوین و دقیق امکان پذیر خواهد بود. همچنین با ساخت قسمت‌هایی از سازه در کارخانه، نه تنها زمان اجرا کاهش می‌یابد بلکه فرآیند اجرا به فعالیت‌های نصب و مونتاژ محدود می‌شود که این امر باعث افزایش ایمنی در اجرا خواهد شد.

در مورد معیار هزینه، به این نکته اشاره شد که همانند هر تولید صنعتی دیگر، داشتن صرفه‌ی اقتصادی و افزایش بازده مالی نهایی نیازمند تولید در تیراژ بالا و تولید انبوه می‌باشد. به عبارت دیگر در تولید به روش‌های صنعتی تعداد محصولات تولیدی باید در حدی باشد که سرمایه‌گذاری‌های اولیه و سایر هزینه‌های صورت گرفته برای تولید به آن روش توجیه پذیر گردد. (۲۱) در نتیجه تولید در تیراژ بالا لازمه‌ی امکان پذیر بودن و بقای تولید به روش‌های صنعتی می‌باشد.

پس توجه به این نکته بسیار اهمیت دارد که منظور از غیر انبوه‌سازی (تکسازی) صنعتی به معنای تولید تعداد پایین محصولات نیست. عوامل اصلی در تفاوت تعریف انبوه‌سازی صنعتی و غیر انبوه‌سازی صنعتی را می‌توان در دو عامل اصلی میزان تنوع محصولات تولید شده و نوع و تعداد مصرف کنندگان این محصولات در نظر گرفت.

در پروژه‌های انبوه‌سازی هدف اصلی ساختن تعداد زیادی مسکن در یک محدوده معین با صرف کمترین زمان و هزینه و با کیفیت مناسب می‌باشد. در این نوع پروژه‌ها معمولا تنوع در معماری و مشخصات ساختمان‌های اجرا شده از اهداف اصلی پروژه

نمی‌باشد و کل پروژه دارای یک کارفرمای بزرگ و یا کارفرمای دولتی می‌باشد. در صورتی که مجری طرح با استفاده از روش‌های صنعتی نسبت به ساخت و اجرای ساختمان‌ها اقدام نماید، لازم است تعداد تکرار محصولات تولید شده به میزانی باشد که پاسخگوی هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری اولیه باشد.

در غیر انبوه‌سازی صنعتی هدف اصلی رفع نیاز کارفرمایان مستقل و شخصی برای ساخت مسکن می‌باشد. در نتیجه تنوع محصولات تولید شده بیشتر بوده و حق انتخاب بیشتری در اختیار مشتری قرار می‌گیرد. البته ایجاد تنوع بیشتر با استانداردسازی ابعاد، جنس و سایر مشخصات قطعات تیپ بندی آنها صورت خواهد گرفت. در نتیجه در در غیر انبوه‌سازی صنعتی نیز با توجه به تعریف استاندارد برای ابعاد و سایر مشخصات، تیراژ محصولات تولید شده بالا بوده و در نتیجه هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته قابل توجیه خواهد بود. از طرف دیگر نیز تنوع محصولات ارائه شده منجر به بیشتر شدن تعداد مصرف کنندگان و تکمیل چرخه فروش خواهد شد. هدف نهایی و چشم انداز مطلوب غیر انبوه‌سازی صنعتی، سفارشی‌سازی صنعتی و یا تولید انبوه سفارشی[1] می‌باشد.

در تولید انبوه سفارشی تطابق مشخصات ساختمان با خواست مشتری از اهمیت خاصی برخوردار است و اشخاص می‌توانند مشخصات خانه مورد نظر خود را از میان تعداد زیادی از طرح‌های پیش ساخته انتخاب نمایند. در ژاپن برخی شرکت‌های ساختمان سازی بیش از ۳۰۰ طرح استاندارد شده پیش ساخته (با توجه به متراژ زمین و تعداد طبقات و غیره) برای انتخاب کردن در اختیار مشتری خود قرار می دهند. همچنین با توجه به استاندارد سازی مشخصات محصولات تولیدی و کیفیت بالای ساخت این خانه‌ها معمولا با گارانتی ۱۰ ساله و بازبینی‌های دوره‌ای بعد از استفاده در اختیار مستری قرار می‌گیرند. (۹)

۵ – مفاهیم مرتبط با تعریف صنعتی سازی « در برگیرنده بخش ۱-۳-٤ مبحث ۱۱»

وقتی درباره صنعتی‌سازی ساختمان بحث می‌شود مفاهیم مختلفی از جمله ساخت غیر کارگاهی[2]، ساخت مکانیزه[3]، اتوماسیون[4]، استانداردسازی[5]، پیش‌سازی[6]، مدولارسازی[7]، بهبود دایم بهره وری، مدیریت صنعتی و غیره مورد توجه قرار خواهند گرفت. در ادامه به ارائه توضیح مختصر درباره هر یک از موارد مذکور پرداخته خواهد شد.

[1] Mass customization
[2] Off-site construction or Off-site manufacture
[3] Mechanization
[4] Automation
[5] Standardization
[6] Prefabrication
[7] Modularization

۵ – ۱ – ساخت غیر کارگاهی

یکی از مهم ترین مشکلات ساخت و ساز سنتی عدم توانایی این روش‌ها در مقابله با شرایط بد آب و هوایی و بارش باران و برف می‌باشد. ساخت غیر کارگاهی به ساخت قسمت‌های مختلف ساختمان در محیطی کنترل شده (مثلا کارخانه تولید قطعات پیش ساخته) اشاره دارد که در این محیط اثرات دمای هوا و بارش تاثیری بر روند کار و کیفیت محصول نخواهد داشت. (۲۲) در نتیجه پروسه تولید بدلیل شرایط بد جوی متوقف نشده و سرعت و کیفیت محصولات تولید شده بالاتر خواهد رفت. در کشورهایی مثل کانادا و یا کشورهای اسکاندیناوی با توجه به اینکه مدت زیادی از سال با سردی شدید هوا مواجه هستند، ساخت بخش‌های مختلف ساختمان به صورت غیر کارگاهی و در محیط کنترل شده و نصب آنها در شرایط جوی مناسب بسیار مورد توجه است.

۵ – ۲ – ساخت مکانیزه

اصطلاح ساخت مکانیزه و یا ساخت ماشینی وقتی استفاده می‌شود که از ماشین آلات برای کمک کردن به نیروی انسانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. (۲۲) گویی و همکاران (۲۳) نیز از ساخت مکانیزه به عنوان استفاده از تکنولوژی ساخت و بهره‌مندی از ماشین آلات در ساخت یاد می‌کند. ساخت مکانیزه عامل مهمی در پیشرفت تکنیکی صنعت ساخت محسوب می‌گردد. ماشین آلات ساختمان سازی با سایزها و قابلیت‌های مختلف برای کارهای گوناگون ساخته شده‌اند و نقش مهم و گسترده‌ای در امر ساخت و ساز ایفا می کنند. (۲۳)

۵ – ۳ – اتوماسیون

اتوماسیون یک کلمه یونانی به معنی خودفرمان است. اتوماسیون صنعتی به معنی استفاده از سیستم‌های کنترلی مانند کامپیوتر برای هدایت و کنترل ماشین آلات صنعتی و خطوط تولید است. طی فرآیند اتوماسیون یا اتوماتیک سازی، کلیه فرآیندهایی که به دست نیروی انسانی انجام می‌شد، توسط ابزار و تجهیزات مربوطه صورت خواهد گرفت. البته با بهره گیری از سیستم‌های اتوماتیک هنوز نیاز به وجود یک سرپرست برای نظارت روی کار دستگاه‌های اتوماتیک و یا کنترل از راه دور آنها وجود خواهد داشت. (۲۴)

هدف از اتوماسیون صنعتی کاهش دخالت نیروی انسانی و در نتیجه کاهش خطا ناشی از نیروی انسانی در خطوط تولید است. بین مکانیزاسیون و اتوماسیون تفاوت است چرا که مکانیزاسیون به معنی استفاده از نیرو ماشین‌آلات برای کمک به اپراتورهای انسانی بوده و فعالیت‌ها نهایتا توسط انسان انجام می‌گیرد. در حالی که اتوماسیون به معنی حذف اپراتور انسانی در انجام یک پروسه‌ی خاص و انجام آن توسط ماشین آلات است. (۲۲) برخی تولید کنندگان گزارش‌هایی مبنی بر بهبود ۲۷ درصدی بازده مالی در مقایسه با روش‌های سنتی در حالتی که کارگاه با حداکثر ظرفیت مشغول به کار باشد دریافت شده است. (۲۲)

۵ – ٤ – رباتیک

استفاده از ربات‌ها قابلیت انجام فعالیت‌های پیچیده را با دقت و ظرافت بالا و همچنین با سرعت بیشتر و به صورت مداوم به همراه خواهد داشت. استفاده از ربات‌ها از منظر دقت و سرعت بسیار بهینه بوده ولی از نظر هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری اولیه بسیار گران خواهند بود. (۲۲) یکی از موارد به کار گیری ربات‌ها در صنعت ساخت استفاده از سیستم‌های (CAD/CAM)[1] در فرآیند تولید قطعات پیش‌ساخته می‌باشد. در این سیستم‌ها نقشه قطعه مورد نظر به ربات داده می‌شود. سپس ربات به صورت خودکار نقشه را روی تخته‌ی کار پیاده کرده و قالب‌های لازم را در محل مناسب نصب می‌کند. در ادامه فعالیت‌های خم و برش آرماتور و قرار دادن آرماتور در محل خود به صورت خودکار انجام شده و قطعه برای بتن ریزی به ایستگاه بعد منتقل می‌شود. (۲۵) این سیستم در شکل‌های زیر به ترتیب از چپ به راست نمایش داده شده است.

۵ – ۵ – استانداردسازی

استاندارد سازی در کلیه مراحل طراحی، تولید و نصب مورد توجه قرار خواهد گرفت. اولین و مهمترین قدم در استاندارد سازی تهیه آیین نامه‌ها و مقررات برای طراحی و استفاده از سیستم‌های ساخت مختلف خواهد بود. استفاده از آیین نامه‌ها به عنوان مراجع طراحی از اهمیت بالایی برخوردار است چرا که باعث اطمینان مصرف کننده نهایی به روش سیستم‌های ساختمانی جدید تر و در نتیجه افزایش گرایش به سمت استفاده از آنها خواهد شد. استاندارد سازی پروسه تولید نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. در صورتی که پروسه‌ی تولید محصولات پیش‌ساخته ساختمانی به صورت استاندارد درآید، تولید آنها با کمترین هدر رفت مصالح و منابع انجام خواهد گرفت. همچنین با استاندارد کردن و تیپ بندی محصولات نهایی از نظر رنگ، سایز، نوع پوشش و غیره، تولید در کارخانه به صورت پیش فرض برای این موارد انجام خواهد شد.

۵ – ٦ – پیش‌سازی

در صورتی که مفهوم صنعتی‌سازی ساختمان را بخواهیم به یک کلمه محدود نماییم، به احتمال زیاد کلمه‌ی مورد نظر پیش‌ساختگی خواهد بود. به عبارت دیگر بارز ترین و قابل لمس‌ترین نمود صنعتی‌سازی ساختمان موضوع قطعات ساختمانی

[1] Computer aided design and computer aided manufacture

پیش‌ساخته می‌باشد. پیش‌ساختگی یکی از فرم های صنعتی‌سازی است که بر پایه تولید صنعتی قطعات ساختمانی در بیرون یا نزدیکی کارگاه تعریف می‌شود. (۲۳) همانطور که در بخش ساخت غیر کارگاهی اشاره شد یکی از مهم ترین مشکلات ساخت و ساز سنتی عدم توانایی این روش‌ها در مقابله با شرایط بد آب و هوایی و بارش باران و برف می‌باشد. پیش‌سازی قطعات ساختمانی در محیطی کنترل شده این مشکل را به طور کامل رفع خواهد نمود. امروزه پیش‌ساختگی با کلیه مصالح سازه‌ای از جمله چوب، آلومینیم، فرلاد، بتن و انواع پلیمرها انجام می‌شود. (۲۳)

در هنگ کنگ پیش‌ساختگی به سه مرتبه یا دسته تقسیم بندی می شود: ۱- پیش ساختگی قطعات غیر سازه‌ای از قبیل پنجره‌ها، تیغه‌های داخلی، سردر و قطعات نماسازی خارجی و . . . ۲- پیش ساختگی المان‌های سازه‌ای از قبیل تیر، ستون، دال‌ها سقفی و دیوارهای باربر و دستگاه پله که این قطعات قبل از نصب در محل در کارخانه ساخته می‌شوند و ۳- پیش ساختگی ساختمان‌های مدولار به طوری که کل ساختمان در قالب تعدادی مدول با قابلیت جا به جاشدن در کارخانه ساخته شده و با نصب شدن مدول‌ها در کنار هم کل ساختمان کامل می‌گردد. (۲۶) درباره ساخت مدولار و تعریف مدول ساختمانی در بخش بعدی توضیحاتی ارائه شده است.

در یک تعریف خلاصه که در اکثر مراجع به عنوان تعریف پیش‌سازی ارائه شده است، می‌توان پیش‌ساختگی را به این صورت تعربف کرد: پیش‌سازی یک پروسه تولید در محیطی محافظت شده و مجهز است که طی آن مصالح به شکل عضوهایی از سازه نهایی تبدیل خواهند شد. (۲۷) پیش‌سازی همواره به عنوان یکی از روش های ساخت پایدار و دوستدار محیط زیست شناخته شده است. یکی از مهمترین دلایل این طرز نگاه تاثیر پیش‌سازی در کاهش تولید زباله و نخاله‌های ساختمانی و همچنین تاثیر آن در فرآیندهای پس از تولید زباله از جمله تفکیک زباله، بازیافت و دفع آنها می‌باشد. (۲۸)

۵ - ۷ - مدولارسازی

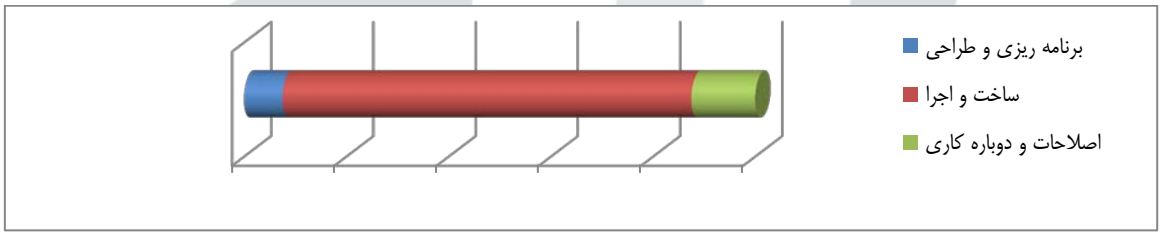
مدول به معنای یک بخش کلی و یا یک قسمت اصلی از ساختمان می‌باشد که به صورت پیش ساخته تولید شده است. ساخت و ساز مدولار به معنی ساخت و ساز با به کار گیری معماری تکراری و استفاده از قطعت تکرار شونده نیست بلکه به معنی پیش‌سازی یک ساختمان در قالب چند مدول اصلی و نصب این مدول‌ها در کنار هم برای تشکیل سازه نهایی می‌باشد. ساخت و ساز مدولار از مراحل اولیه طراحی شروع می‌شود به طوری که کل سازه در قالب چند مدول یا بخش کلی طراحی می‌گردد. این بخش‌ها در کارخانه به طور کامل ساخته شده و ممکن است عملیات عبور تاسیسات و نازک کاری و رنگ روی آنها انجام شود. در نهایت با قرار دادن این مدول‌ها در کنار هم در محل کارگاه، ساختمان تکمیل می‌گردد. البته ممکن است کل ساختمان به صورت مدولار طراحی و ساخته نشود ولی فقط مدول‌ها یا بخش‌هایی مانند آشپزخانه، سرویس‌های بهداشتی یا اتاق خواب‌ها جدا ساخته شده و پس از انجام عملیات اجرایی، به محل کارگاه برده شده و در محل خود نصب می‌گردند. (۹)

۵ – ۸ – مدیریت صنعتی

یکی از واضح ترین نمادهای یک پروسه تولید صنعتی میزان استفاده از ماشین‌آلات و تکنولوژی در آن می‌باشد. به عبارت دیگر برای افزایش بازده و کاهش زمان و هزینه‌ی تولید، استفاده از ماشین آلات و سیستم‌های اتوماتیک به روز شده اجتناب ناپذیر می‌باشد. اما توجه به این نکته بسیار حیاتی است که افزایش قابل توجه بازده و بهره وری بیشتر به سازمان دهی و مدیریت صنعتی تولید برمی گردد تا اینکه به استفاده از تکنولوژی. (۲۹) اگر ماشین‌آلات و سیستم‌های تولید را به مثابه جسم و فیزیک تولید در نظر بگیریم، مدیریت صنعتی درست همانند روح حاکم بر تولید بوده که موفقیت و حیات آن را تصمین خواهد کرد.

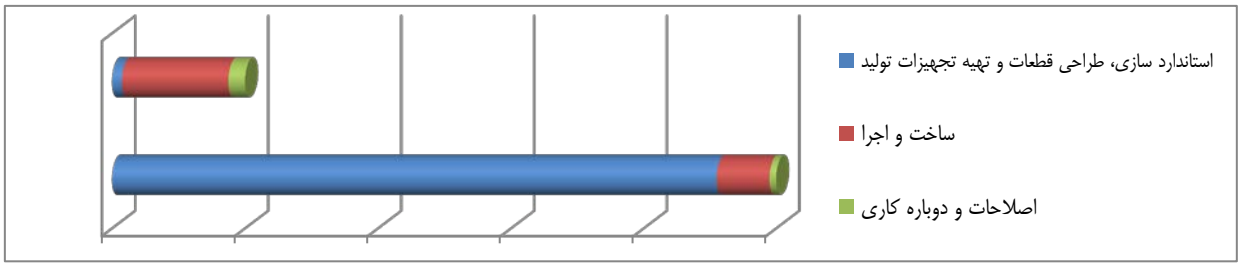
٦ – مقایسه شماتیک روش‌های صنعتی و سنتی ساخت با توجه به تعریف صنعتی‌سازی «قابل استفاده در بخش ۱-۳-۱ مبحث ۱۱»

برای تعریف صنعتی‌سازی ساختمان می‌توان از نمودارهای کیفی زیر به منظور مقایسه روش‌های معمولی و صنعتی از لحاظ زمان و هزینه و ایجاد درک بهتر درباره صنعتی‌سازی استفاده کرد. در این نمودارها فعالیت‌های ساختمانی از نظر وزن و هزینه به سه دسته‌ی کلی برنامه‌ریزی و طراحی، ساخت و اجرا و دوباره‌کاری‌ها دسته بندی شده است.



نمودار ۲ – تقسیم بندی شماتیک فعالیت‌های ساختمانی از نظر زمان و هزینه در روش‌های رایج و سنتی

در نمودار بالا وزن دهی کیفی هزینه و زمان برای مراحل برنامه ریزی و طراحی، ساخت و اجرا و اصلاحات و دوباره کاری‌ها داده شده است. لازم به ذکر است این مقادیر فرض شده کاملا کیفی بوده و قطعا با توجه به شرایط پروژه ها متغیر خواهند بود اما تناسب تقریبی به این شکل خواهند داشت. حتی در برخی از پروژه ها که طراحی طولانی و پیچیده تری دارند اصولا برخی از مراحل ساخت را به موازات طراحی قسمت های بعدی انجام می دهند و به این ترتیب بازه زمانی که به طور خاص به طراحی اختصاص می‌یابد دوباره کم خواهد بود. حال اگر بخواهیم نموداری مشابه نمودار بالا برای ساخت به روش های صنعتی و به عبارت دیگر صنعتی‌سازی داشته باشیم، نمودار به شکل زیر خواهد شد.



نمودار ۳ – مقایسه تقسیم بندی فعالیت‌های ساختمانی از نظر زمان و هزینه در روش‌های سنتی و صنعتی

در نمودار ۳ وزن‌دهی کیفی برای هزینه و زمان فعالیت ها برای مرحله استاندارد سازی، طراحی قطعات و تهیه تجهیزات تولید، برای مثال زمان و هزینه برای ساخت کارخانه یا ایجاد کارگاه موقت برای تولید قطعات پیش ساخته انجام داده شده است. مجموع کل زمان و هزینه این نمودار در مقایسه با نمودار قبلی خیلی بیشتر در نظر گرفته شده و این امر بدلیل زمان بر بودن و نیاز به تخصص و هزینه بالا در مرحله استاندارد سازی و طراحی قطعات و تهیه تجهیزات تولید می‌باشد. از طرف دیگر زمان و هزینه صرف شده در مرحله اجرا کاهش زیادی داشته و همچنین هزینه دوباره کاری‌ها و اصلاحات مورد نیاز به صفر نزدیک می‌شود.

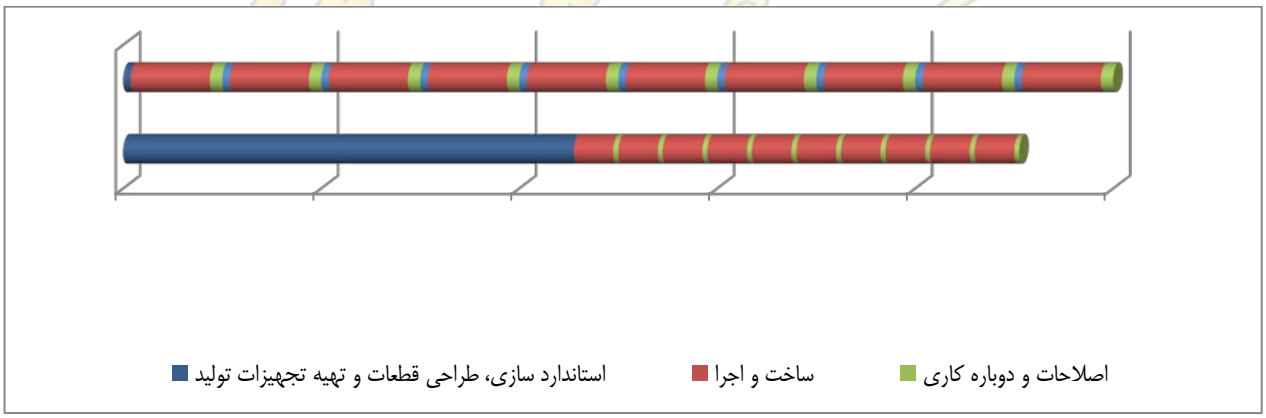
از مقایسه دو نمودار ارائه شده بالا درباره روش‌های معمولی و روش‌های صنعتی ساخت موارد زیر نتیجه گرفته می‌شود:

۱- در ساخت صنعتی زمان و هزینه زیادی باید صرف طارحی قطعات و استاندارد سازی آنها شود در صورتی که در روش های معمول، با استفاده از آیین نامه های موجود و روش های متداول طراحی در مدت زمان خیلی کوتاه تری انجام می‌شود.

۲- زمان و هزینه ی مرحله ی اجرا در روش های صنعتی کمتر از روش های سنتی است.

۳- زمان و هزینه صرف شده برای اصلاحات و دوباره کاری ها در ساختمان در روش های سنتی عملا یک امر اجتناب ناپذیر است و در صورت عدم تخصص کافی سازنده می تواند هزینه‌های بالایی تحمیل کند. اما در ساخت صنعتی با توجه به صرف زمان و هزینه زیاد برای طراحی قطعات، اصلاحات و دوباره کاری باید بسیار کمتر از روش های سنتی بوده و در حالت ایده آل صفر باشد.

۴- در حالت استفاده از روش های صنعتی با توجه به صرف هزینه و زمان زیاد برای تعریف یک روش ساخت صنعتی و استاندارد سازی و طراحی قطعات، برای رسیدن به بازده مالی و به صرفه بودن پروژه لازم است که تعداد ساخت از یک حد معین بالاتر باشد. توصیف این نکته با توجه به نمودار مقایسه ای ۴ مشخص‌تر خواهد بود. با توجه به روند مشخص شده در این نمودار هر چه تعداد دفعات ساخت بالاتر رود، به صرفه بودن استفاده از روش های صنعتی بیشتر نمایان خواهد شد.



نمودار ٤ – مقایسه روش‌های سنتی و صنعتی ساخت از نظر زمان و هزینه با توجه به تعداد تکرار عملیات ساخت

پایان گزارش اول

گزارش دوم:

مروری بر فناوری‌ها و روش های ساخت در حد کلیات

«پوشش دهنده بخش ۲-۴ از فهرست تقسیم کار مبحث ۱۱»

۱- مقدمه

صنعت ساخت و روش‌های ساختمان‌سازی در چند دهه اخیر در تمام ابعاد پیشرفت‌های قابل ملاحظه کرده است و این موضوع باعث شده است تا تنوع تکنولوژی‌های ساخت بسیار زیاد شود. این تکنولوژی‌ها بعضا در یک زمینه تخصصی و جزئی مثل طراحی یک نوع سقف خاص یا ارائه نوع اتصال جدید و موارد مشابه وارد شده‌اند و در موارد دیگر یک سیستم کامل برای ساخت ساختمان با تمامی جزئیات را ارائه می‌نماید. آشنایی با روش‌های نوین اجرایی، استاندارد سازی آنها و به کار گیری گسترده آنها در ساخت و ساز در کشور باعث ایجاد تحول این صنعت و حرکت آن به سمت صنعتی‌سازی خواهد شد.

در این گزارش در بخش اول به معرفی فناوری‌ها و روش‌های مختلف ساخت پرداخته می‌شود و سپس به منظور درک بهتر، دسته‌بندی این سیستم‌ها با توجه به چند دیدگاه مختلف ارائه خواهد شد. چرا که ارائه صحیح و مناسب دسته‌بندی علاوه بر ایجاد یک دید کلی اولیه، اطمینان از کامل و جامع بودن فهرست را تضمین خوهد کرد. همچنین کنترل و یا اضافه کردن روش‌های جدید در آینده راحت‌تر امکان پذیر خواهد بود.

در بخش دوم گزارش به معرفی اجمالی برخی از این روش‌ها به همراه تصاویری از پروژه‌های اجرا شده پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است اکثر مطالب این گزارش از نتایج مطالعات صورت گرفته توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن در کتاب فناوری‌های نوین ساختمانی (۳۰) استفاده شده است.

۲- تقسیم بندی کلی فناوری‌ها و روش‌های ساخت

۲-۱- تقسیم بندی روش‌های ساخت از دیدگاه مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

در جداول شماره ۴ الی ۹ فهرست فناوری‌های ساختمانی مورد استفاده در کشور بر اساس دسته‌بندی انجام شده توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (۳۰) ارائه شده است. در این دسته‌بندی روش‌های ساخت به شش دسته کلی سیستم‌های کامل، سیستم‌های سازه‌ای، دیوارهای باربر، سقف‌ها، مصالح و زیرسیستم‌ها تقسیم‌بندی شده‌اند.

جدول ٤ – سیستم های کامل

گروه/ دسته	شرح
سیستم های کامل	۱-۱- مجموعه فناوری‌های نیک سیستم
	۱-۲- سیستم قاب‌های سبک فولادی سرد نورد شده ۱-۲-۱- سیستم ساختمانی قاب‌های سبک فولادی سردنورد شده(LSF) به شیوه اجرای طبقه‌ای ۱-۲-۲- سیستم ساختمانی LSF به شیوه اجرای دیوارهای یکپارچه ۱-۲-۳- سیستم قاب خمشی یک طبقه با مقاطع سبک فولادی سردنورد شده
	۱-۳- ساختمان‌های نیمه پیش‌ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف و دیوار، شامل لایه میانی پلی‌استایرن و بتن‌پاششی 3D

جدول ٥ – سیستم‌های سازه‌ای

گروه/ دسته	شرح
سیستم‌های سازه‌ای	۲-۱- ساختمان‌های بتن‌آرمه با شیوه قالب‌های تونلی
	۲-۲- سیستم قالب عایق ماندگار ICF ۲-۲-۱- روش اجرای ساختمان های بتن مسلح دیوار باربر با قالب عایق ماندگار ۲-۲-۲- روش اجرای ساختمان‌های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار مسطح عمودی ۲-۲-۳- روش اجرای ساختمان‌های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار مسطح پانلی ۲-۲-۴- روش اجرای ساختمان‌های بتن مسلح با قالب ماندگار پلیمری- سیستمRBS ۲-۲-۵- روش اجرای ساختمان‌های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار بلوکی ۲-۲-۶- روش اجرای ساختمان‌های بتن مسلح دیوار باربر با قالب‌های عایق ماندگار بلوکی پلی‌استایرن و نئوپور ۲-۲-۷- روش اجرای ساختمان‌های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار از جنس صفحات سیمانی حاوی تراشه‌های چوب (صفحات چوب-سیمانی) ۲-۲-۸- روش اجرای ساختمانهای بتن مسلح با قالب عایق ماندگار از جنس بلوکهای چوبی-سیمانی

ادامه جدول ۵ – سیستم‌های سازه‌ای

گروه/ دسته	شرح
سیستم‌های سازه‌ای	۲-۳- قابهای بتن‌مسلح پیش‌ساخته با دیوار برشی بتن‌مسلح درجا ۲-۳-۱- سیستم قاب ساختمانی ساده بتن مسلح با ستون پیش‌ساخته، تیر نیمه‌پیش‌ساخته، سقف هالوکور و دیوار برشی بتن مسلح درجا ۲-۳-۲- سیستم قاب ساده بتنی نیمه پیش‌ساخته K با دیوار برشی بتن مسلح درجا
	۲-۴- سیستم دیوار باربر بتن‌مسلح پیش‌ساخته ویژه
	۲-۵- سیستم ساختمان‌های پیش‌ساخته با دیوار باربر متشکل از سقف و دیواره‌های بتن آرمه با بتن سبک‌سازه‌ای
	۲-۶- ساختمان‌های بتن آرمه متشکل از دیوار باربر دولایه و سقف‌های نیمه پیش‌ساخته با بتن درجا
	۲-۷- ساختمان‌هابا صفحات دولایه ساندویچی 3D با بتن میانی درجا
	۲-۸- سیستم اسکلت فولادی پیش‌ساخته با اتصالات پیچ و مهره‌ای
	۲-۹- ساختمان‌های نیمه پیش‌ساخته با قاب‌های ساده مرکب فولادی- بتنی به همراه دیوار برشی بتن‌آرمه
	۲-۱۰- سیستم دیوار باربر بتن‌مسلح پیش‌ساخته اجرا شده با قالبهای مدولار ۲-۱۰-۱- روش اجرای سازه‌های بتنی سقف و دیوار با قالب یکپارچه ۲-۱۰-۲- سیستم قالب بندی ساختمانهای بتن آرمه ۲-۱۰-۳- روش اجرای ساختمان‌های بتن مسلح با قالب‌های آلومینیومی ۲-۱۰-۴- سیستم قالب بندی ساختمان‌های بتن مسلح با استفاده از میز پرنده
	۲-۱۱- سیستم بتنی قاب خمشی پیرامونی و دال تخت
	۲-۱۲- سیستم دیوارها و سقف‌های بتن مسلح پیش‌ساخته توخالی
	۲-۱۳- دیوارهای توپر و سقف‌های با هسته توخالی بتن مسلح پیش ساخته
	۲-۱۴- سیستم قاب ساده فولادی سرد نورد شده تا ۲ طبقه
	۲-۱۵- سیستم سازه‌های بتن‌مسلح پیش‌ساخته مدولار سه‌بعدی
	۲-۱۶- سیستم ساختمانی متشکل از پانلهای ساندویچی بتن سبک
	۲-۱۷- سیستم خانه‌های پیش ساخته فولادی سرد نورد شده تا ۱ طبقه
	۲-۱۸- سازه های صدفی
	۲-۱۹- قاب های خمشی پیش ساخته خاص ۲-۱۹-۱- سیستم ساختمان‌های بتن مسلح پیش‌ساخته با فناوری R-PC ۲-۱۹-۲- قاب خمشی ویژه بتن مسلح پیش‌ساخته با اتصالات دوگانه
	۲-۲۰- سیستم خانه‌های چوبی
	۲-۲۱- سیستم ساختمانی بلوک‌های خشتی مسلح

جدول ٦ – دیوارهای باربر

گروه/ دسته	شرح
دیوارهای باربر	۳-۱- مواد پایه: بتن سبک AAC ۳-۱-۱- دیوارهای ساخته شده از بلوک‌های دیواری ساخته شده با بتن سبک گازی ۳-۱-۲- پانل دیواری مسلح ساخته شده از بتن سبک AAC
	۳-۲- دیوار غیرباربر ساخته شده از بتن سبک CLC
	۳-۳- دیوارهای غیرباربر ساندویچی سه‌بعدی ۳-۳-۱- دیوارهای غیرباربر نیمه پیش‌ساخته صفحات ساندویچی 3D ۳-۳-۲- دیوارهای غیرباربر متال فوم
	۳-۴- دیوارهای غیر باربر سبک پیش‌ساخته LSF
	۳-۵- پانل‌های دیواری ساخته‌شده از بتن سبک با رس منبسط شده
	۳-۶- پانلهای الیافی ۳-۶-۱- پانل الیاف بتن ۳-۶-۲- پانلهای متشکل از خرده های نی و بتن (نی بتن) ۳-۶-۳- پانل‌های دیواری ساخته‌شده از رزین و ساقه گندم و برنج
	۳-۷- مواد پایه: بتن سبک با دانه های پلی‌استایرنی ۳-۷-۱- دیوارهای غیر باربر غیرباربر بتنی سبک با دانه‌های پلی‌استایرنی و روکش سیمان الیافی ۳-۷-۲- پانل‌های دیواری غیر باربر بتنی سبک
	۳-۸- مواد پایه سنگدانه های سبک پرلیتی ۳-۸-۱- استفاده از پرلیت در مصارف ساختمانی به منظور سبک‌سازی ۳-۸-۲- پانل‌های پیش‌ساخته دیواری بتن پرلیتی

جدول ۷ – سقف‌ها

گروه/ دسته	شرح
سقف ها	۴-۱- سقف تیر دال بتن مسلح یک طرفه
	۴-۲- دال مرکب فولادی-بتنی ۴-۲-۱- دال مرکب فولادی-بتنی ۴-۲-۲- تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن
	۴-۳- سقف مجوف بتن‌مسلح با استفاده از بلوک‌های توخالی ماندگار ۴-۳-۱- سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از بلوک توخالی ماندگار از جنس پلی‌پروپیلن ۴-۳-۲- سیستم سقف مجوف بتنمسلح با گوی‌های توخالی کروی
	۴-۴- سقف بتنی پیش‌تنیده پس کشیده
	۴-۵- سقف‌های مجوف پیش‌ساخته پیش‌تنیده – Hollow Core slabs
	۴-۶- سقف دال‌های نیمه‌پیش‌ساخته بتن مسلح Double Tee

جدول ۸ – مصالح

گروه/ دسته	شرح
مصالح	۵-۱- تخته های سیمانی ۵-۱-۱- سیستم تخته سیمانی الیافی ۵-۱-۲- سیستم تخته سیمانی با تراشه‌های چوب ۵-۱-۳- نمای مدولار سرامیکی
	۵-۲- تخته‌های منیزیمی (تخته‌های چند منظوره)
	۵-۳- صفحات عایق حرارتیXPS
	۵-۴- نمای مرکب عایق حرارتی بیرونی برپایه پلی‌استایرن منبس
	۵-۵- صفحات روکش‌دار گچی (تخته گچی)
	۵-۶- بلوک‌های گچی سوراخدار
	۵-۷- بلوک چوب سیمانی
	۵-۹- ملات خشک آماده (بجز ملات‌های پایه گچی)
	۵-۱۰- عایق ها ۵-۱۰-۱- عایق فوم پلی‌یورتان پاششی در محل ۵-۱۰-۲- عایق صوتی کف و دیوار
	۵-۱۱- سنگدانه‌ها ۵-۱۱-۱- سنگدانه‌های سبک مورد مصرف در بلوک‌های بتنی ۵-۱۱-۲- شیل منبسط شده

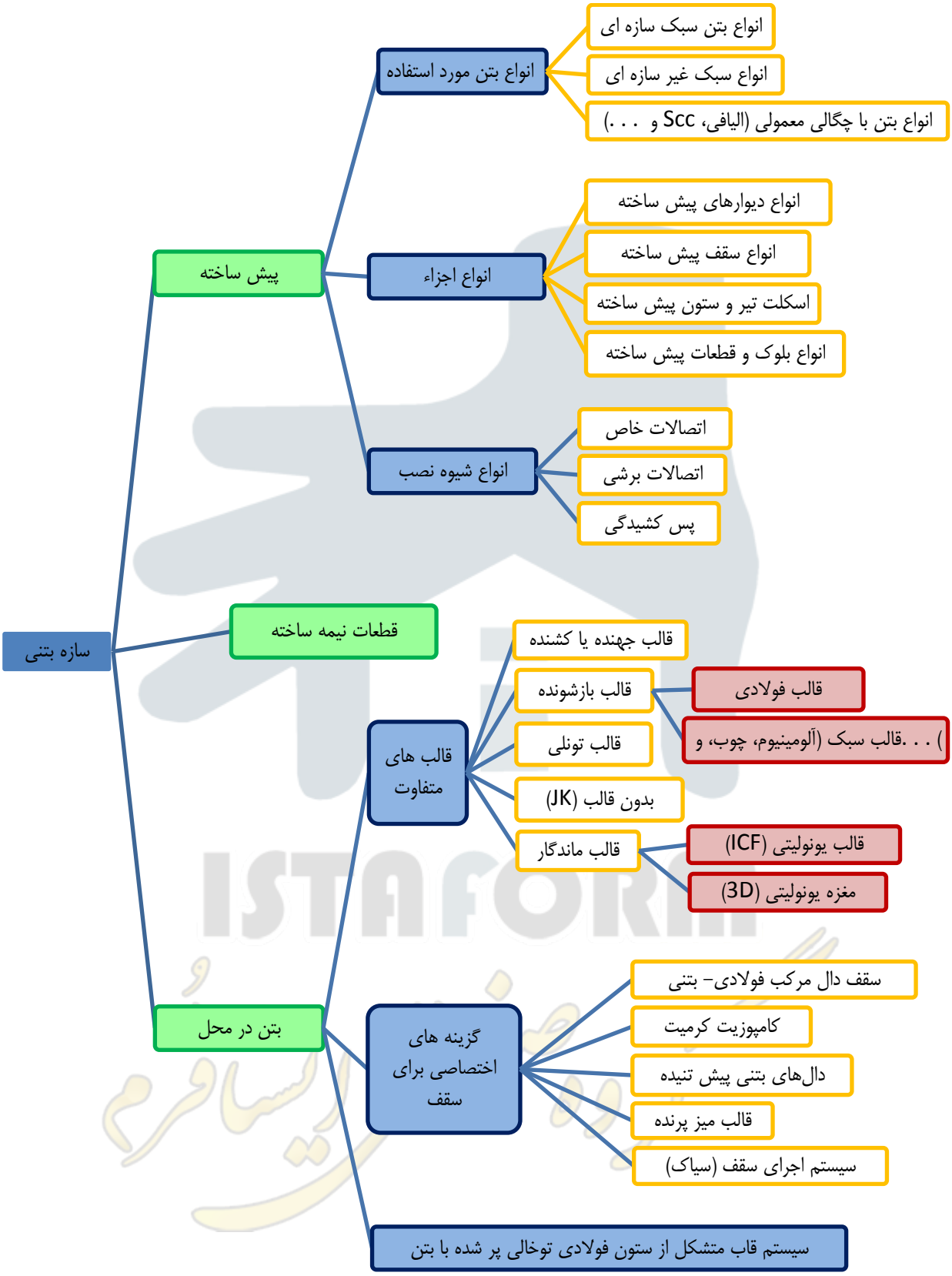
جدول ۹ – زیر سیستم‌ها

گروه/ دسته	شرح
زیر سیستم ها	۶-۱- ماشین آلات ۶-۱-۱- دستگاه تولید شبکه آرماتور با جوش مقاومتی ماشینی ۶-۱-۲- دستگاه تولید خرپای فلزی تیرچه با جوش مقاومتی ماشینی ۶-۱-۳- دستگاه تولید خرپای تیرچه ماشینی با فوندوله پلیمری
	۶-۲- ابزارآلات اجرائی ۶-۲-۱- دستگاه اتوماتیک آرماتور بند (بند زن) ۶-۲-۲- سیستم جوشکاری سر به سر میلگرد با گاز استیلن ۶-۲-۳- سیستم مدولار دسترسی نوین
	۶-۳- فونداسیون منفرد پیش‌ساخته
	۶-۴- تجهیزات تاسیساتی ۶-۴-۱- دستگاه ضدرسوب الکترونیکی ۶-۴-۲- سیستم کنترل کولر آبی ۶-۴-۳-هواکش خودکار ۶-۴-۴- یراق آلات درب و پنجره UPVC

۲-۲- تقسیم بندی روش‌های ساخت به دو دسته بتنی و غیر بتنی

یک نوع دسته بندی دیگر این است که روش‌های ساخت به صورت کلی به روش‌های بتنی و غیر بتنی تقسیم بندی شود. دسته بندی زیر در بخشی از یک مطالعه پژوهشی که توسط دانشگاه تهران به کارفرمایی شرکت محترم کیسون انجام شده، ارائه می‌شود. (۳۱) در این دسته بندی که در دیاگرام شکل ۱ و ۲ نمایش داده شده است، فناوری‌ها و روش‌های ساخت در این دو دسته به صورت زیر مجموعه‌هایی مشخص شده‌اند.

شکل ۱- دسته بندی فناوری‌های نوین ساخت که اسکلت اصلی ساختمان بتنی نیست



شکل ۲- دسته بندی فناوری‌های نوین ساخت که اسکلت اصلی ساختمان بتنی است

۲-۳- تقسیم بندی روش‌های ساخت از نظر صنعتی‌سازی

کومار و همکاران (۳۲) در قسمتی از مطالعه خود که درباره میزان تولید نخاله ساخت ساختمان‌های بلند مرتبه در سال ۲۰۱۲ انجام شده، روش‌های ساخت را از دیدگاه صنعتی‌سازی تقسیم‌بندی نموده‌اند. در این تقسیم بندی روش‌های ساخت به سه دسته‌ی ساخت سنتی[۱]، ساخت مختلط[۲] و سیستم‌های ساخت صنعتی[۳] تفکیک شده است.

طبق این تقسیم بندی روش‌های ساخت سنتی مربوط به ساختمان‌های بتن آرمه مسلح بوده که در آنها بتن‌ریزی درجا و با استفاده از قالب‌بندی انجام می‌شود. (۳۲) در این روش‌ها و در هر سه فعالیت آرماتور بندی، قالب‌بندی و بتن ریزی وابستگی زیادی به نیروی انسانی وجود دارد. روش‌های ساخت ساختمان‌های بتن آرمه با سقف تیرچه بلوک و قالب‌بندی رایج چوبی و فلزی و همچنین سیستم قالب عایق ماندگار ICF را می‌توان به عنوان مثال در این دسته قرار داد.

سیستم‌های مختلط به روش‌هایی اطلاق می‌شود که در آنها از برخی از اجزا به صورت استاندارد شده و در کارخانه پیش‌ساخته می‌گردند و سایر اجزا به صورت بتن ریزی درجا صورت می‌گیرد. در این روش‌ها موارد پیش‌ساخته از قبیل دیوارها، پیش‌دال‌ها و غیره و یا حتی مدول‌های کامل شده و پیش‌ساخته اتاق‌ها، سرویس بهداشتی، آشپزخانه و دستگاه پله در حین ساخت در محل مربوطه خود مونتاژ شده و سایر فعالیت‌ها از جمله سقف‌ها، دال‌ها و ستون‌ها به روش‌های بتن در جا اجرا خواهند شد. به عبارت دیگر سیستم‌های مختلط، ترکیبی از استفاده از محصولات پیش ساخته و برخی روش‌های صنعتی و روش‌های ساخت سنتی و معمولی می‌باشند. روش‌های ساختی از قبیل را می‌توان به عنوان مثال در این دسته قرار داد. برای مثال استفاده از سیستم کناف در ساختن دیوارها به جای آجر و استفاده از پیش‌دال بتنی و یا عرشه فولادی برای اجرای سقف‌ها در روش بتن‌ریزی درجا و یا سیستم‌های قالب یکپارچه، قالب پرنده و لغزنده را می‌توان در این دسته جای داد.

سیستم‌های ساخت صنعتی (IBS) پیش‌تر در بخش تعاریف به صورت مفصل مورد بررسی قرار گرفته است. طبق تعریف مرکز تحقیقات ساخت و مسکن مالزی[۴] سیستم‌های ساخت صنعتی به عنوان فرآیندی خلاقانه در ساختمان‌سازی، با استفاده از مفهوم انبوه‌سازی صنعتی هستند که در آن قسمت‌های ساختمان در یک کارخانه یا محیط کنترل شده تولید می‌گردد و شامل فرآیندهای حمل و نقل و مونتاژ قطعات بوده و با برنامه‌ریزی و یکپارچگی مناسب صورت می پذیرد (۱). برای مثال می‌توان از سیستم‌های پیش‌ساخته فولادی (درختی) با سقف‌های پیش‌ساخته و ساختمان‌های بتنی کاملا پیش‌ساخته و ساختمان سازی مدولار نام برد.

[1] Conventional construction
[2] Mixed methods
[3] Industrialized building systems (IBS)
[4] Construction Industry Development Board of Malaysia (CIDB)

۳- معرفی برخی از روش‌های نوین ساخت «در حد کلیات»

۳-۱- فناوری اجرایی نیک سیستم

ضرورت کاربرد سیستم‌های ساختمانی پیش‌ساخته و مدولار که با تأکید بر ضوابط معماری و ساختمانی کشور و در راستای بومی‌سازی و سازگاری با شرایط داخلی طراحی شده باشد، موجب طرح سیستم ساختمانی جدیدی به نام «نیک سیستم» در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن گردید . از ویژگی اصلی این سیستم که تا کنون برای ۱ تا ۳ طبقه طراحی شده است و طراحی ۴ و ۵ طبقه آن نیز در حال انجام است، رعایت کلیه ضوابط و مقررات ساختمانی کشور از جمله استاندارد ۲۸۰۰ می‌باشد. این سیستم به گونهای طراحی شده است که ساخت آن قابل آموزش بوده و بدون نیاز به ماشین آلات سنگین و روی سطوح صاف و آماده‌سازی شده قابل اجرا می‌باشد.

ایده کار بر اساس استفاده از مصالح موجود در کشور مانند پروفیل قوطی بنا شده و طراحی سیستم بر پایه معماری مدولار و ارگونومیک و محاسبه در برابر زلزله برای مناطق مختلف کشور با پهنه خطر نسبی زیاد، نیروی باد حداکثر و امکان هماهنگی برای انواع شرایط اقلیمی، شکل گرفته است و انرژی و مصالح مصرفی در آنها بهینه شده است طی مراحل گوناگون تحقیق، از مرحله بیان ایده و طراحی تا ارائه و اجرای یک نمونه از نتایج حاصل از تحقیقات گذشته در مرکز در طراحی اجزا و عملکرد آنها و مرتفع نمودن نیازهای معماری و آسایشی استفاده شده است، همچنین تلاش بسیاری جهت ارائه سیستمی مقاوم در برابر شرایط سانحه خیزی کشور، بهینه سازی اتصال، هماهنگی اجزا در ترکیب با یکدیگر، رفع مشکلات ساخت، تنظیم میزان قابل قبول انحراف از اندازه و موقعیت (رواداری)ها ، ملزومات برپایی، چگونگی تسهیل عملیات نصب و اجرا، ایجاد ایمنی، کاهش ابزارها و تجهیزات مورد نیاز در زمان احداث، امکان سبک‌سازی، چگونگی طراحی اجزا، تناسب با شرایط کار و ابعاد آنتروپومتریک انسان صورت گرفته است.

شکل ۳ – ساختمان ساخته شده با استفاده از روش نیک سیستم

۳-۲- سیستم نیمه پیش‌ساخته بتن مسلح

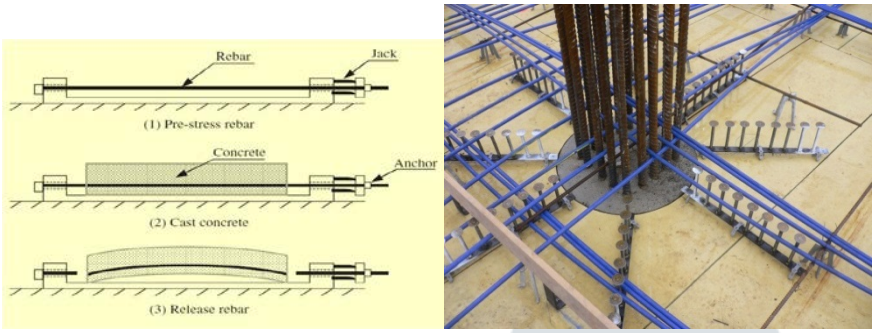
در کشورهای با سطح خطر کم زلزله کاربرد سیستم‌های بتنی پیش‌ساخته و صنعتی با اتصالات غیرگیردار و ساده متداول است. لیکن در ایران که خطر زلزله‌خیزی زیاد یا بسیار زیاد می‌باشد به سیستمی نیاز است که قابلیت عملکرد مناسب در مقابل نیروهای جانبی را داشته باشد. به همین منظور با ابداع اتصال ویژه‌ای تحت عنوان اتصال گیردار بتنی و انجام تحلیل‌های لازم با ساخت نمونه‌های آزمایشی و صنعتی اتصال، ساخت سازه ساختمان سه طبقه با این سیستم امکان پذیر شده است.

این سیستم تا سه طبقه بدون دیوار برشی و تا شش طبقه بر حسب نیاز با دیوار برشی به صورت قاب خمشی پاسخ‌گوی نیروهای وارده قائم و جانبی می‌باشد. برای طبقات بیشتر، از سیستم دیوار برشی درجا یا پیش‌ساخته بهره گرفته می‌شود. با توجه به قوانین حمل جاده‌ای ترجیحا اعضا با حداکثر طول ۱۳متر ساخته می‌شود که این ابعاد برای چهار طبقه کفایت می‌کند. این سیستم در ساختمان‌های مسکونی، اداری و صنعتی کاربرد وسیعی داشته و سرعت فوق‌العاده‌ای به اجرای کار می‌دهد.

شکل ٤- سیستم نیمه پیش ساخته بتن مسلح

۳-۳- استفاده از سیستم پیش‌تنیدگی

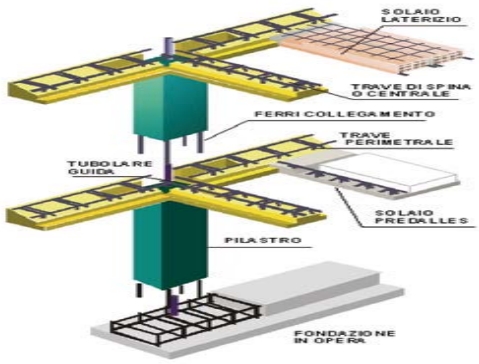
سازه‌های بتنی پیش‌تنیده اعضای بتنی هستند شامل آرماتور، بتن و کابل‌های پیش‌تنیده. در این اعضا، آرماتورها برای جلوگیری از ایجاد ترک‌های بزرگ در بتن (که عملا موجب شکست می‌شود) و تامین الزامات حداقل مقرراتی که آیین‌نامه بتن ایران (آبا) برای سازه‌های بتنی مقرر داشته است استفاده می‌شود و معمولا به عنوان قطعات باربر مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. بتن در این اعضا همچنان نقش باربری فشاری را عهده‌دار است با این تفاوت که در تمامی نواحی تحت فشار قرار می‌گیرد و عملاً تمام مصالح بتن بدون ایجاد ترک، نیروهای فشاری را تحمل می‌کند. دلیل این امر، استفاده از کابل‌های پیش‌تنیدگی می‌باشد. این کابل‌ها با ایجاد نیروی فشاری اولیه (در زمان ساخت و قبل از بهره‌برداری از سازه) در ناحیه کششی بتن، موجب به وجود آمدن چنین وضعیتی می‌شوند.



شکل ۵- استفاده از سیستم پیش تنیدگی

۳-٤- استفاده از قطعات نیمه پیش ساخته بتن آرمه (سیستم)

سیستم K فن‌آوری ساخت قطعات نیمه پیش‌ساخته بتن‌آرمه برای اعضایی همچون تیر، ستون، سقف، دیافراگم‌ها، دیوارهای برشی و همچنین پله‌ها در سازه‌های بتنی می‌باشد که از طریق اتصالات و بتن‌ریزی درجا در کارگاه بر روی یکدیگر سوار و متصل می‌شوند. در این سیستم با استفاده از بتن ریزی درجا در محل اتصالات تیر و ستون، پیوستگی کل سازه به خوبی تامین می‌گردد و این سیستم در مقابل زلزله کاملاً مقاوم می‌باشد.



شکل ٦- استفاده از قطعات نیمه پیش ساخته بتنی

۳-۵- سیستم قاب‌های سبک فولادی سرد نورد شده ()[1]

سیستم ساختمانی LSF به ساختمان هایی گفته می شود که تمامی اعضای آن اعم از دیوارها، سقف و . . . از فولاد سبک نورد سرد شده با طراحی مهندسی و ساخت دقیق باشد. انتخاب این سیستم منجر به کاهش وزن، کاهش مصرف انرژی و افزایش سرعت اجرا می‌گردد. ساختمان‌های LSF ساختمان‌هایی هستند که در اسکلت آنها از ورق گالوانیزه به ضخامت ۰/۶ تا ۲ میلیمتر که به صورت قطعات پیش‌ساخته تهیه می‌شود استفاده می‌گردد که ضمن سبک بودن از مقاومت بالایی برخوردار می‌باشد.

[1] Lightweight Steel Frame

علیرغم طبقه‌بندی سیستم LSF در رده سیستم باربر در آیین‌نامه بارگذاری آمریکا (ASCE07) ماهیت عملکرد سازه‌ای این سیستم مشابه یک قاب است. زیرا نیروی ثقلی وارده به کف طبقات به وسیله اعضای خمشی (تیرچه‌ها یا خرپاها) به اعضای فشاری (ستونک‌ها) منتقل و از آنجا به فونداسیون انتقال می‌یابد. انواع مختلفی برای سیستم باربر جانبی در این سازه‌ها وجود دارد. یکی از رایج‌ترین این روش‌ها استفاده از اعضای قطری از جنس اعضای سرد نورد شده است که عملکرد سازه‌ای آن مشابه قاب‌های مهاربندی شده معمولی است.

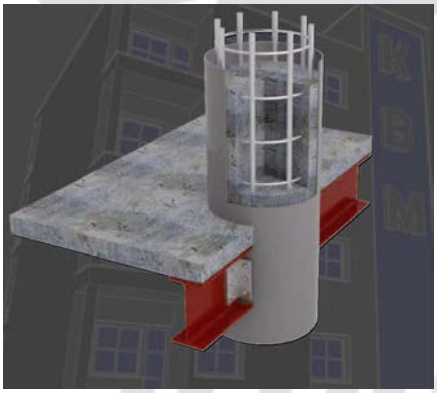
شکل ۷- سیستم قابهای سبک فولادی سرد نورد شده (LSF)

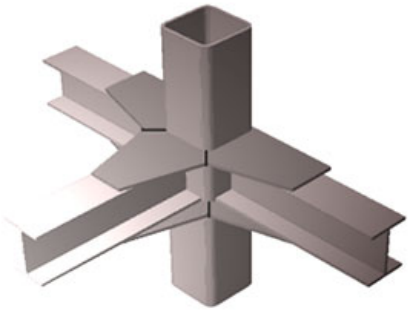
همچنین سیستم LSF به عنوان سیستم باربر ثقلی در ترکیب با سایر سیستم‌های باربر جانبی نظیر دیوار برشی بتنی، قاب‌های مهاربندی شده فولادی نیز به کار می‌رود. دیوارهای غیر سازه‌ای ساخته شده از فولاد سبک گالوانیزه به عنوان جداکننده فضاهای ساختمان برای کلیه ساختمان‌ها قابل استفاده می‌باشد. این دیوارها شامل قاب جداکننده فولادی سبک با پوشش ورق‌های گچی می‌باشد. این دیوارها ضمن افزایش سرعت اجرا و سطح مفید زیربنا، امکان عبور تاسیسات و عایق صوتی حرارتی را از فضای خالی درون خود فراهم می‌کند.

سیستم LSF که از مقاطع سرد نورد شده فولادی (CFS) ساخته می‌شود بیش از ۲۰ سال است که به شکل گسترده در تولید صنعتی انواع ساختمان‌های اداری، تجاری و مسکونی به کار می‌رود و به عنوان جایگزین مناسبی برای روش‌های سنتی ساخت، جایگاه ویژه‌ای در صنعت ساخت و ساز کشورهای پیشرفته یافته است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد استفاده از سیستم (LSF) علاوه بر این که سرعت اجرا را حداقل دو برابر می‌نماید، منجر به کاهش چهل درصدی در فولاد مصرفی خواهد شد. این سیستم به دلیل مزایای فراوان از جمله سرعت و کیفیت بالای ساخت و عملکرد لرزه‌ای مناسب در سال‌های اخیر در بسیاری از کشورهای دنیا رواج قابل توجهی یافته است.

۳-٦- سیستم ساختمانی ستون فولادی توخالی پر شده با بتن (□□□)[1]

این سیستم اسکلت ساختمانی، تلفیقی از به کارگیری توامان بتن و فولاد بوده و در نتیجه استفاده از مزایای هر دو این مصالح را در بر دارد. در این روش ستون‌های لوله‌ای فولادی (با یا بدون قراردادن آرماتور) توسط بتن پر خواهند شد. تیرها بوسیله اتصالات پیچ و مهره‌ای یا جوش به ستون متصل خواهند شد. در این ستون‌ها بتن از کمانش ستون جلوگیری می‌کند و از طرف دیگر پوشش فولادی باعث محصور شدن بتن و بهبود کارکرد آن خواهد بود. از مزایای این سیستم می‌توان به شکل پذیری زیاد و خاصیت جذب انرژی بالا در هنگام زلزله اشاره کرد. همچنین این سیستم تا حدود زیادی مشکل عدم مقاومت ساختمان های فولادی دربرابر آتش سوزی را به خاطر باقی ماندن مقاومت بتن ستون در هنگام آتش سوزی رفع خواهد کرد. از این روش می‌توان هم به صورت قاب ساده و هم قاب خمشی استفاده کرد. البته استفاده از ستون‌های CFT در قاب خمشی باید توجه داشت که به منظور تامین نیروی کششی در بال تیرها لازم است تمهیدات خاصی مانند شکل زیر (سمت راست) در نظر گرفته شود.





شکل ۸- سیستم قاب ساده مرکب (فلزی پر شده با بتن)

۳-۷- سیستم‌های اسکلت چوبی

این سیستم در ایران موفق به اخذ تائیدیه فنی از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن وابسته به وزارت مسکن و شهرسازی گردیده است. خانه‌های ساخته شده توسط این سیستم، خانه‌هایی هستند که اسکلت و بخشی از مواد مصرفی درآن از چوب می باشد. قطعات در کارخانه ساخته شده و آماده برای نصب می گردند. این سیستم سالها در اروپا، آمریکا و کانادا مورد استفاده قرار گرفته است. مدت زمان ساخت این خانه‌ها پس از سفارش کمتر از ۲ ماه می‌باشد و در مراحل بعدی به کمتر از یک ماه کاهش می‌یابد. این خانه‌ها در مقابل زلزله مقاوم و از ظاهر زیبا و کیفیت بسیار بالا برخوردارند و قابل استفاده برای شهرک سازی و ویلاسازی هستند. کیفیت بالا، زیبایی، مقاومت در برابر زلزله، کوتاه بودن زمان ساخت و قیمت مناسب نسبت به سطح کار باعث می‌شود این محصول از قابلیت بالای صادراتی برای بازار منطقه برخوردار باشد.

[1] Concrete filled steel tubes

شکل ۹- سیستم های اسکلت چوبی

۳-۸- سیستم قالب تونلی

سیستم موسوم به تونلی، یکی از روش‌های مورد استفاده برای اجرای ساختمان‌های با سیستم باربر دیوار و سقف بتنی است. نام تونلی به دلیل شکل قالب بندی همزمان دیوارها و سقف‌هاست. در سیستم تونلی، دیوارها و سقف‌های بتن مسلح به صورت هم زمان آرماتوربندی، قالب‌بندی و بتن‌ریزی می‌شوند. این روش ضمن بالا بردن سرعت و کیفیت اجرا، عملکرد سازه‌ای و رفتار لرزه‌ای مجموعه سازه را به لحاظ یکپارچگی اعضاء و اتصالات آنها به نحو چشمگیری بهبود می‌بخشد.

شکل ۱۰- سیستم قالب تونلی

۳-۹- سیستم قالب های عایق ماندگار (□□□)[1]

از جدیدترین سیستم‌های اجرای ساختمان، استفاده از ترکیب بتن آرمه به عنوان عضو باربر و پانل‌های پلی استایرن به عنوان قالب بتن و عایق حرارتی می‌باشد که با نام سیستم‌های بتنی (ICF) معروف گشته است. اساس این سیستم، استفاده از سازه بتن آرمه باربر در سقف و دیوار ساختمان و همچنین پارتیشن‌های پلی‌استایرن مسلح سبک، جهت تیغه‌های غیر باربر می‌باشد. دیوارها در داخل قالبی از پانل‌های مسلح پلی استایرن بتن‌ریزی می‌شوند. قالب سقف‌ها از پلی استایرن مسلح به صورت مجوف و شبیه به سقف‌های اسپایرول بتنی ساخته می شوند. به عبارت دیگر ساختمان در دو لایه از پلی استایرن پیچیده می‌شود که از لحاظ عایق‌بندی بیشترین بازدهی را دارا می‌باشند. کل قطعات دیواری و سقفی و پارتیشن پلی استایرن مسلح، در کارخانه آماده و جهت نصب به محل اجرا حمل می‌شود.

[1] Insulating Concrete Forms

به دلیل قابلیت برش و تغییر فرم قالب‌ها، انواع طرح‌های پیچیده معماری، با این سیستم قابل اجرا می‌باشند. عدم محدودیت معماری و طراحی، یکی از مزایای این سیستم می باشد. (۳۳)

شکل ۱۱- سیستم قالب عایق ماندگار یونولیتی

۳-۱۰- سیستم پانل عایق ماندگار (پانل های سه بعدی)[1]

پانل سه بعدی یک روش موثر برای اجرای ساده‌تر ساختمان و دیوار بتنی با عایق‌بندی مناسب می‌باشد. پانل سه بعدی به دلیل قابلیت انعطاف در طراحی و سهولت اجرایی در همه نوع سازه‌های بتنی استفاده می‌شود. در بیشتر ساختمان‌های اجرا شده توسط این سیستم از پانلها برای تمام اجزا شامل دیوارها، کف‌ها و پله‌ها ، استفاده می‌شود. به دلیل پیش ساخته بودن، قابلیت برش و تغییر فرم قالب‌ها، طرح‌های پیچیده معماری متنوعی با این سیستم قابل اجرا است. عواملی که موجب صرفه جویی در هزینه می‌گردند شامل کاهش وزن فولاد و بتن مصرفی به میزان قابل ملاحظه، حذف مرحله گچ و خاک از اجرای ساختمان، حذف نعل درگاه، حذف نیروی کارگر غیر متخصص و حمل و نقل آسان در ساختمان‌های مرتفع و بلند مرتبه به خاطر وزن سبک قطعات می باشد. نصب و اجرای همزمان لوله کشی سرد و گرم، سیستم گرمایشی و لوله کشی برقی حین نصب دیوارها همگی موجب صرفه جویی در زمان و هزینه می‌شوند. زمان اجرا در این سیستم به میزان ۵۰٪ نسبت به سیستم‌های سازه‌ای سنتی کاهش می‌یابد. به دلیل وجود بتن و لایه پلی استایرن، انتقال صدا کاهش می‌یابد. این سیستم برای ساخت هر نوع ساختمان مسکونی از جمله ساختمان‌های با مساحت کم، ویلاها و کاخ‌ها استفاده می‌گردد. (۳۴)

[1] 3D panels

شکل ۱۲- سیستم پانل عایق ماندگار یونولیتی

۳-۱۱- سیستم قطعات پیش ساخته دو بعدی[1]

این فناوری مبتنی بر روش خانه‌سازی با قطعات پیش‌ساخته دیوارهای دولایه و دال‌های بتنی پیش‌ساخته بوده که با بتن‌ریزی درجا تکمیل می‌گردد. برای ساخت دیوار دو روش مورد توجه قرار گرفته است:

۱- استفاده از قالب درجا و سبک از نوع polywood که در کشور در کارگاه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است.

۲- اجرای دیوارها و نمای بلوک‌ها و پله‌ها با قالب ماندگار. در این روش پروژه‌های اندکی که در حال ساخت می‌باشند از ستون در طراحی سازه استفاده می‌نمایند و به دلیل اینکه در طراحی بلوک‌های ساختمانی تا ارتفاع هشت طبقه ستون پیش‌بینی نشده است لذا می‌بایست قطعات قالب به نحوی طراحی و ساخته شود که جایگزین دیوار برشی باربر گردند. استفاده از قالب‌های ماندگار نیازی به سرمایه‌گذاری اولیه زیاد نداشته و در محل پروژه یا در کارگاه‌های سیار یا ثابت امکان ساخت دارد.

شکل ۱۳- سیستم قطعات پیش ساخته دو بعدی (2D)

[1] 2D System Precast Building

۳-۱۲- سیستم□□

این ایده یک تکنولوژی جدید و انقلابی در صنعت ساختمان سازی است که در کشور فرانسه متولد شده و هم اکنون به عنوان یک روش ساخت و ساز سریع و مقاوم در عرصه بین‌المللی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

این فن‌آوری از بافت فولاد تقویت شده تشکیل شده که با تزریق بتن سبک به درون این بافت، استحکام و یکپارچگی منحصر به فردی برای هر نوع سازه به وجود می‌آورد. به همین دلیل نیازی به چارچوب و اسکلت بندی ندارد. همچنین سازه‌های فولادی به طور کامل داخل کارگاه تکمیل شده و برای نصب به محل ساختمان انتقال داده می‌شوند.

شکل ١٤- سیستم شبکه فلزی ماندگار با بتن سبک تزریقی (JK)

آزمایشات جهانی نشان می‌دهند سازه‌های این تکنولوژی در مقابل زلزله، سیل، طوفان و حریق کاملا مقاوم هستند و از این جهات مورد تأیید مرکز مطالعات ساختمان و عمران فرانسه، مرکز عالی فنون ساختمان فرانسه، شرکت ملی راه آهن فرانسه، وزارت تجهیزات فنی تونل فرانسه و همچنین مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ایران می‌باشد. البته با این سیستم سازه‌ای نمی‌توان راه پله‌ها را اجرا نمود و می‌بایست برای آنها سیستم دیگری برپا کرده و به صورت ترکیبی آنها را به کار برد.

۳-۱۳- سازه‌های پوسته ای

سیستم‌های پوسته‌ای، یکی از فراوان‌ترین و متنوع ترین انواع فرم های ساختمانی هستند که در دنیای فیزیکی اطراف ما یافت می شود. بسیاری فرم های ساختمان‌های طبیعی مانند جمجمه، تخم پرندگان و بسیاری از محافظان اندامهای جانوری، دارای اشکال پوسته ای هستند. سقف‌های پوسته‌ای با توجه به قابلیت اطمینان و استحکام فوق العاده‌ای که در ساختمان‌های بزرگ از خودشان نشان داده‌اند، امروزه از جایگاه غیر قابل انکار در اجرای طرح‌های زیبا و مستحکم برخوردارند.

سادگی و در عین حال زیبایی های ظاهری این سازه ها، و همچنین تنوع بسیار آن قدرت خلاقیت بسیار زیادی به طراح می بخشد. از آنجایی که این سیستم بیشتر برای فضاهای باز و وسیع مورد استفاده قرار می گیرد، جهت اجرا و نصب تأسیسات مکانیکی و برقی هیچگونه محدودیتی وجود ندارد. بعضی از انواع این سیستم ها دو یا چند لایه ای بوده و قابلیت حفظ و نگه داری

انرژی را دارا بوده و همچنین از لحاظ آکوستیکی مناسب می باشند. از این سیستم در ساخت مخازن آب و گاز، سیلوها، سدهای قوسی، بدنه هواپیما و کشتی و خودرو استفاده می شود. یکی از مهمترین خصوصیات این سیستم سازه‌ای، قابلیت پوشش سطح های وسیع بدون ایجاد مانع و همچنین قابلیت پوشاندن دهانه های بسیار بلند است. [گلابچی، سازه های ورق تا شده، ۱۳۸۹]

شکل ۱۵- سازه‌های پوسته‌ای

۳-۱٤- سیستم خانه‌سازی مدولار جعبه‌ای[1]

هر چند مفهوم مدولار بودن در تمام روش‌های صنعتی و انبوه‌سازی کم و بیش وجود دارد، اما در این روش این رویکرد غالب در طراحی است.سیستم خانه‌سازی مدولار جعبه‌ای دارای سیستم دیوارهای باربر و دیوار برشی بتنی می‌باشد. این المانها به روش طراحی سازه‌ای بتن آرمه محاسبه شده و به صورت یکپارچه و در یک مرحله بتن‌ریزی می‌گردد. طراحی سازه‌ای به گونه ایست که کلیه دیوارها، باربر ثقلی و جانبی می‌باشد. قطعات مجاور با اتصال تر به صورت یکپارچه در می‌آیند. دال سقف این المانها به صورت یک‌طرفه و برای عرض ۲/۵ متری قطعه می‌باشد که بار دال فوق در جهت دهانه ۶ متری توسط تیر بتنی T شکل تامین می‌گردد. ساختمانهای یک طبقه با سقف شیبدار و یا صاف را می‌توان با این روش برای کلیه کاربری‌ها، نوع خاک، اهمیت سازه‌ای و کلیه مناطق لرزه خیز مطابق با آئین‌نامه‌های معتبر طراحی و اجرا نمود. این قطعات بر حسب نیاز با بتن معمولی (سنگدانه دانه‌بندی شده معمولی و سیمان با رنگ طوسی)، با بتن سفید (سنگدانه دانه‌بندی شده از جنس چینی و سیمان سفید) و یا با استفاده از رنگ‌های مجاز صنعتی تولید می‌شوند. طراحی پیکری این سیستم به طوری است که از نظر حمل و نقل بر روی تریلرهای متداول بهینه باشد. یعنی اینکه حداکثر سطح زیر بنای قابل حمل را بتوان به صورت غیر ترافیکی حمل نمود. وزن هر قطعه واحد از ۷ تا ۱۱ تن می‌تواند تغییر کند و هر دو قطعه با یک تریلر قابل حمل هستند.

[1] Modular Box System

شکل ۱۶- سیستم خانه سازی مدولار جعبه ای

۳-۱۵- سیستم پیش‌ساخته بتنی (دیوارهای باربر و سایر قطعات سازه‌ای و غیر سازه‌ای)

در این سیستم همزمان با تولید قطعات در کارخانه، حمل و نصب قطعات توسط تریلرها و اکیپ‌های نصب واجرایی شرکت آغاز و قطعات با یک برنامه‌ریزی دقیق حداکثر طی ۱۵روز پس از تولیدآخرین قطعه در محل خود نصب شده و پروژه مربوطه آماده تحویل می‌گردد. قطعات دیوار باربر دو طرف صیقلی یا نما با تعبیه تجهیزات لازم جهت شبکه برق‌رسانی و چهارچوب فلزی درب‌ها و پلاستوفوم جهت عایق‌بندی حرارتی تولید می‌گردند. بتن‌ریزی دیوارها به صورت ایستاده صورت می‌پذیرد و با استفاده از دستگاه‌های تمام اتوماتیک عمل‌آوری قطعه در کمترین زمان ممکن و با بهترین کیفیت انجام گرفته و عمل ویبراسیون توسط ویبراتورهایی که بر روی شاسی‌های متحرک نصب شده‌اند باعث به دست آوردن سطحی صاف و صیقلی می‌گردد. مزیت برتر دیوارهایی که بدین نحو تولید می گردند صاف و صیقلی بودن دو سطح پشت و روی قطعه می‌باشد به نحوی که به هیچگونه عملیات تسطیح نیازی نبوده و آماده نقاشی و رنگ‌آمیزی باشد. استفاده از پانل‌های پیش‌ساخته بتنی به عنوان دیوار پارتیشن در ساختمان‌های مسکونی و صنعتی امکان‌پذیر است.

تولید ساختمان‌های پیش‌ساخته با استفاده از سیستم دیواری (پانلی) از رایج‌ترین سیستم‌های مورد استفاده در صنعت پیش ساختگی می‌باشد. در این سیستم دیوارهای پیرامونی و داخلی ساختمان با استفاده از پانل‌های دیوار با ضخامت ۱۸ سانتیمتر تولید می‌شوند. در این روش از اتصالات پیچ و مهره و همچنین اتصالات تر استفاده می‌شود. استفاده از اتصال مناسب و مطمئن سقف و دیوار و همچنین استفاده از پانل دیوار در پیرامون ساختمان باعث عملکرد فوق العاده سازه در مقابل نیروهای جانبی به ویژه زلزله شده است. به جهت اجرای لایه‌ای از پلاستوفوم در بدنه دیوارها، ساختمان از عایق‌بندی حرارتی و صوتی مطلوبی بهره‌مند می‌گردد.

در این سیستم قطعات بتنی بطور پیش ساخته در کارخانه تولید شده و به محل کارگاه حمل می گردد. با توجه به تولید قطعات در کارخانه، کیفیت ساخت آنها نسبت به کارگاه بالاتر بوده و همچنین سرعت اجرای آنها نسبت به سیستم های متداول بیشتر است. معمولاً قطعات مورد نیاز، در سه بخش «سقف‌سازی، دیوارسازی و متفرقه‌سازی» با استفاده از تجهیزات و امکانات مکانیزه تولید می گردند. با توجه به پیش ساخته بودن قطعات در این سیستم، در طراحی معماری محدودیت زیادی وجود ندارد. از این سیستم

برای ساخت ساختمان، پارکینگ طبقاتی، سالن های صنعتی، سالن های ورزشی، دیوارهای محوطه، پل و قطعات خاص مانند قطعات پناهگاه ، فونداسیون های مختلف، کانال های آبرو با مقاطع مختلف، باکس کالورت، سقف های بزرگ دبل تی (مورد استفاده در سالن ها با کاربری های مختلف و دهانه های بزرگ) و انواع قطعات نما، استفاده می گردد. (۳۵)

۳-۱۶- سقف دال مرکب فولادی- بتنی

سقف‌های ورق کامپوزیت[1] از مقاطع مختلط دال بتن مسلح بر روی ورق‌های ذوزنقه‌ای که به تیرها و شاه تیرهای فولادی متصل می‌شود، تشکیل شده است. سقف کامپوزیت عرشه فولادی از ورق گالوانیزه فرم داده شده و بتن ریزی بدون نیاز به قالب‌بندی تشکیل شده است. سیستم مرکب دال فولادی- بتنی (عرشه فولادی)، یکی از اقتصادی‌ترین روش‌های ساخت سقف برای ساختمان‌ها شناخته شده است. این سیستم از مقاطع مختلط دال بتن مسلح بر روی ورق‌های ذوزنقه‌ای که به تیرها و شاهتیرهای فولادی متصل می‌شوند، تشکیل شده است.

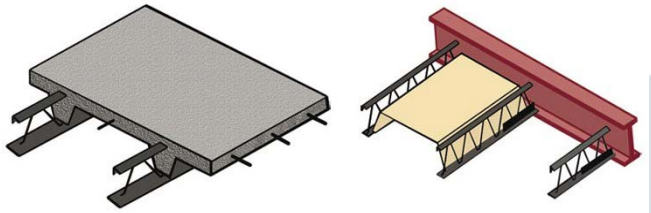
ورقهای فولادی گالوانیزه به روش نوردسرد با ضخامت های ۰/۸ تا ۱/۲ میلیمترفرم داده شده اند که در قسمت جان ورقها (قسمت شیبدار ورق) فرورفتگی‌ها و برجستگی‌هایی وجود دارد. حداکثر عمق کنگره‌ها ۷۵ میلیمتر بوده و همچنین عرض متوسط کنگره‌های پرشده با بتن نمی‌بایست کمتر از ۵۰ میلیمتر باشد. حداکثر ضخامت سقف ۱۲۵ میلیمتر می‌باشد. حداقل ارتفاع گل‌میخ بعداز نصب که از بالای ورق ذوزنقه‌ای اندازه‌گیری می‌شود نباید کمتر از ۴۰ میلیمتر باشد. ورق گالوانیزه ذوزنقه‌ای آجدار به عنوان قالب بتن‌ریزی در عرشه‌های فولادی کاربرد دارد و با بتن به صورت مرکب نقش سازه‌ای ایفا می‌کند که باعث افزایش فواصل دهانه‌های تیرریزی بین ۳ تا ۶ متر بدون شمع‌بندی می‌گردد.

شکل ۱۷- اجرای سقف به روش دال مرکب فولادی- بتنی

[1] Composite Steel Deck (CSD)

۳-۱۷- سقف کامپوزیت کرمیت

این سقف‌ها مشابه شقف‌های رایج تیرچه بلوک می‌باشند. با این تفاوت که در این سقف‌ها تیرچه فلزی با جان باز استفاده می‌گردد و قالب فلزی انعطاف پذیر (با مقطعی شبیه نصف کانال کولر) یا فوم به جای بلوک مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۱۸- اجرای سقف به روش مرکب کرمیت

۳-۱۸- سیستم سقف دال بتنی دو طرفه □□□□-□

یوبوت محصولی پلاستیکی از مواد پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن است که توسط یک شرکت ایتالیایی جهت اجرای سقف ساختمان‌های مختلف به شیوه دال دوطرفه و باکاهش قابل ملاحظه وزن سازه، طراحی گردیده است. اجرا سقف به این سیستم در رده سیستم‌های دال مجوف[1] قرار می گیرد. ساختار سقفی که با یوبوت اجرا می‌شود از دو دال بتنی در بالا وپایین سقف تشکیل می گردد که قطعات یوبوت در بین این دو قرار می‌گیرند. این دو لایه توسط تیرهای بتن آرمه نسبتا کم پهنا به هم متصل می‌گردند به طوری‌که برش مقطع سقف به صورت I شکل در می‌آید.

شکل ۱۹- اجرای سقف به روش دال بتنی دو طرفه مجوف (تو خالی) U-Boot

۳-۱۹- سیستم سقف‌های پیش ساخته بتنی تو خالی[2]

سقف هالوکور (مجوف) رایج ترین نوع سقف مورد استفاده در صنعت ساختمان‌های پیش‌ساخته می‌باشد. تولید قطعات سقف مجوف در سالنی مجهز به سیستم کنترل تمام کامپیوتری، جرثقیل سقفی با سیستم وکیوم جهت حمل و نقل قطعات، تونل بخار جهت عمل آوری و. . . به انجام می‌رسد. این کارخانه قادر خواهد بود در هر ۱۰ دقیقه یک قطعه سقف تولید نماید. در این سیستم قطعات بتنی سقف با طرح اختلاط ویژه و کابلهای پیش‌تنیده و به وسیله دستگاه در کارخانه تولید می‌گردند. نصب آسان این

[1] Waffle slabs
[2] Hollow core slabs

محصول و سرعت بالای آن در اجـرا بـزرگترین امتیاز اجرایی کارگاهی محصول به شمار می‌رود. هزینه‌های اجرایی این سقف به علت سرعت عملیات اجرا، مصالح کمتر، مقاومت بیشتر، سهولت در اجرا و عدم نیاز به پرسنل ماهر در اجرا و قالب‌بندی‌های ساخت سقف به مراتب کمتر از سقـف‌های مـشابه می‌باشد.

شکل ۲۰- اجرای سقف به روش قطعات پیش ساخته توخالی Hollow Core

۳-۲۰- سقف کوبیاکس[1]

در اجرای دال تخت کوبیاکس، در حدفاصل مش‌های میلگردی بالا و پایین به جای بتن غیر سازه‌ای گوی‌های پلاستیکی تو خالی از جنس پلی‌اتیلن بازیافت شده قرار می‌گیرند. نتیجه این امر دالی است که حدود ۳۵٪ وزن کمتری نسبت به دال مشابه توپر دارد.

شکل ۲۱ – سقف کوبیاکس (دال بتنی با استفاده از گوی‌های پلاستیکی تو خالی)

[1] Cobiax slabs

۳-۲۱- سیستم قالب بندی ساختمان‌های بتن مسلح با استفاده از میز پرنده

سامانه قالب میز پرنده کاراترین سامانه میزی برای ساخت دهانه‌های بتنی و بهترین سامانه برای کاربرد در برج‌ها و سازه‌های بتنی با دهانه‌های پی‌درپی است که در کشورهای گوناگون به نام یک روش آزموده شده و گواهی شده، بکار گرفته می‌شود. ساختار قالب میز پرنده بر پایه کاهش زمان ساخت سازه و کاهش هزینه نیروی کار پایه‌گذاری شده است. با توجه به نوع قالب‌های بکار رفته در این سامانه، ساخت سازه با دهانه‌های بزرگ و پهنای بیش از ۱۰ متر نیز شدنی است.

شکل ۲۲- اجرای سقف به روش قالب میز پرنده

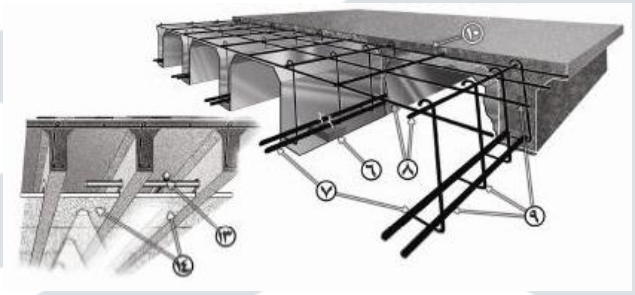
۳-۲۲- سیستم پیش‌ساخته سقف بتنی Double T

کاربرد این سیستم می‌تواند در ساختمانهای مختلف با کاربری‌های صنعتی، مسکونی، آموزشی اداری یا بهداشتی و غیره باشد. همزمان با تولید قطعات در کارخانه، حمل و نصب قطعات توسط تریلرها و اکیپ‌های نصب و اجرایی شرکت آغاز و عملاً قطعات با یک برنامه ریزی دقیق حداکثر ۱۵روز پس از تولید آخرین قطعه در محل خود نصب و پروژه مربوطه آماده تحویل می‌گردد. در سالن‌های صنعتی و غیره به دلیل وجود پشت بندهای دنده‌ای شکل، این سقف از نمای بسیار زیبایی برخوردار بوده و همچنین به صورت قابل ملاحظه‌ای از انعکاس صدا جلوگیری می‌نماید. نکته قابل توجه در مورد سقف دبل T این است که با در نظر گرفتن نیروهای وارده در طراحی و تعبیه پلیت‌های لازم می‌توان از جرثقیل سقفی که به طور اعم مورد نیاز کارگاه‌های صنعتی می‌باشد نیز استفاده نمود.

شکل ۲۳- اجرای سقف با استفاده از قطعات پیش ساخته Double T

۳-۲۳- سیستم اجرای سقف تیرچه با قالب بندی جدید (سیاک)

این سیستم از خانواده سقف‌های تیرچه بلوک می‌باشد و عمده تفاوت آن نسبت به سقف‌های تیرچه بلوک در نوع قالب‌بندی آن می‌باشد. سقف سیاک در واقع یک سقف جدید نیست، بلکه همان سقف تیرک می‌باشد، که شاید حتی قدمت آن به قبل از سقف تیرچه بلوک برسد. اما نوآوری انجام گرفته، در زمینه تکنولوژی قالب‌بندی این سقف می‌باشد، که در عین سادگی، مشکلات بسیاری از خانواده سقف‌های تیرچه‌بلوک راحل کرده و موجب بهینه شدن این سقف در زمینه مصرف مصالح، رفتار سقف، اجرای سقف و غیره شده است.



شکل ۲٤- اجرای سقف تیرچه با قالب‌بندی جدید (سیاک)

پایان گزارش دوم

ISTAFORM
گروه صنعتی ایستافرم

گزارش سوم:

بررسی منافع حاصل از صنعتی‌سازی ساختمان و مروری بر موانع اصلی اجرای صنعتی‌سازی در ایران

«پوشش دهنده بخش‌های ۱-۲ ، ۲-۲ و ۲-۳
از فهرست تقسیم کار مبحث ۱۱»

۱ - مقدمه

نیاز مسکن در کشور نشات گرفته از چهار عامل اصلی کمبود فعلی مسکن، نرخ تشکیل خانواده جمیت جوان در آینده، باز سازی بافت‌های فرسوده و میزان رشد جمعیت است (۳۶). با توجه به چشم انداز کلان مسکن در سال ۱۴۰۵ ساخت سالانه بیش از یک میلیون واحد مسکونی لازم است (۳۷). این در حالی است که میانگین تولید مسکن در بهترین حالت در کشور چیزی حدود ۸۰۰ هزار واحد مسکونی در سال است (۳۸). این موضوع نشان دهنده این است که روش‌های رایج و سنتی ساخت و ساز پاسخگوی نیاز روز افزون کشور نیستند و در نتیجه استفاده از روش‌های صنعتی برای پاسخ به نیاز موجود اجتناب ناپذیر می‌باشد. در حال حاضر میزان ساخت و ساز به روش‌های صنعتی در کشور کمتر از ۱۰ درصد برآورد می‌شود و بررسی همه جانبه آن برای رسیدن به نتیجه مطلوب از اهمیت خاصی برخوردار خواهد بود.

صنعتی‌سازی ساختمان همانند هر تولید صنعتی دیگر در راستای افزایش بهره‌وری از منابع، کاهش زمان و هزینه تولید و افزایش ارزش کسب شده و کیفیت محصول نهایی صورت می‌گیرد. صنعتی‌سازی به عنوان یک راه حل ایده‌آل در زمانی که صنعت ساخت و ساز با مشکل مواجه می‌گردد بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد و امید به حل این مشکلات با استفاده از آخرین تکنولوژی روز دنیا و تولید محصولات به صورت کارخانه‌ای شکل می‌گیرد. (۱۰) البته باید توجه داشت که عوامل زیادی در موفقیت و یا شکست صنعتی سازی ساختمان تاثیر دارند و تمرکز روی بحث تولید صنعتی و عدم توجه به سایر عوامل تاثیر گذار از جمله مسایل اقتصادی، اجتماعی و مدیریتی در سطح کلان می‌تواند باعث عدم موفقیت و حتی شکست در رسیدن به اهداف اولیه صنعتی‌سازی ساختمان گردد.

در این گزارش در بخش اول به بحث درباره منافع حاصل از صنعتی‌سازی ساختمان و مرور ادبیات موضوعی در این زمینه پرداخته می‌شود. در بخش دوم به مرور موانع اصلی حرکت به سمت صنعتی سازی در کشور ایران پرداخته می‌شود. مطالب ارائه شده در این بخش شامل موارد مورد بحث در جلسات مختلف کمیته مبحث ۱۱ و همچنین نتایج جمع‌آوری آرای خبرگان توسط پرسش-نامه می‌باشد. در بخش سوم و آخر نیز به ارائه پیشنهادات و راهکارهایی جهت ترغیب به صنعتی‌سازی ساختمان اشاره خواهد شد.

۲ - بررسی منافع حاصل از صنعتی‌سازی ساختمان

معیارهای موفقیت در هر پروژه‌ی عمرانی به طور کلی عبارتند از هزینه، زمان، کیفیت و ایمنی(HSE)[1]. یک پروژه عمرانی موفق پروژه‌ای است که در هر چهار معیار معرفی شده نمره‌ی خوبی را کسب کرده باشد. می‌توان اینگونه در نظر گرفت که هدف اصلی از صنعتی‌سازی ساختمان نیز بهبود وضعیت ساختمان‌ها در معیارهای معرفی شده می‌باشد. در ادامه به بررسی تاثیر صنعتی‌سازی ساختمان در هر کدام از این معیارها پرداخته می‌شود.

۲ - ۱ - افزایش صرفه اقتصادی و کاهش هزینه‌ها برای فرد و جامعه (معیار هزینه)

تاثیر صنعتی‌سازی ساختمان بر روی کاهش هزینه‌های فرد و جامعه را از دو دیدگاه می‌توان مورد بررسی قرارداد. یک دیدگاه درباره تاثیر صنعتی‌سازی بر روی قیمت تمام شده ساختمان‌ها و دیدگاه دیگر نگاه به امر صنعتی‌سازی ساختمان از نظر اقتصاد کلان و ایجاد تعادل میان عرضه و تقاضا در بازار می‌باشد.

درباره هزینه تمام شده ساختمان‌ها ابتدا باید توجه داشت که صنعتی‌سازی ساختمان روی بخشی از هزینه‌های ساختمانی مربوط به مرحله تولید، ساخت و اجرای ساختمان‌ها تاثیر گذار است و روی بخشی از هزینه‌های ساختمانی از جمله هزینه‌های مربوط به استملاک زمین، انشعابات شهری، مجوزهای قانونی و غیره تاثیری نخواهد داشت.

پاسخ این سوال که چند درصد از کل هزینه‌های تمام شده یک پروژه ساختمان مسکونی را هزینه‌های مربوط به ساخت و اجرا در بر می‌گیرد به عوامل مختلفی از جمله محل ساختمان و قیمت زمین و کیفیت ساخت بستگی دارد. برای مثال در شهرهای کوچک و شهرک‌های جدیدالاحداث هزینه تملک زمین کم بوده و بخش اعظم هزینه‌ها مربوط به ساخت و اجرا هستند ولی در برخی نقاط مرغوب شهری با توجه به قیمت بالای زمین ممکن است فقط کسر ناچیزی از هزینه‌ها به ساخت و اجرا اختصاص یابد.

همچنین باید توجه داشت که کسر بزرگی از هزینه ساخت نیز مربوط به تامین مصالح و مواد اولیه هستند. به این ترتیب قسمتی از هزینه‌های ساختمان که صنعتی‌سازی می‌تواند مستقیما روی آن تاثیر گذار باشد محدود می‌شود. با توجه به مطالعه انجام شده در ایران می‌توان هزینه مربوط به ساخت و اجرا را حدود ۵۵ درصد هزینه تمام شده پروژه‌های مسکونی و هزینه مربوط به تامین مواد و مصالح اولیه را ۵۰ درصد هزینه ساخت در نظر بگیریم. به عبارت دیگر می‌توان ادعا کرد که صنعتی‌سازی ساختمان روی ۲۰

[1] Health, safety and environment (HSE)

درصد از کل هزینه تمام شده ساختمان‌های مسکونی تاثیر مستقیم دارد و با مدیریت و برنامه‌ریزی درست می‌توان در این بخش از هزینه‌ها صرفه‌جویی نمود.

لازم به ذکر است حتی با وجود اینکه برخی از سازندگان مسکن اعلام می‌کنند که استفاده از سیستم‌های نوین ساختمانی کم هزینه‌تر خواهد بود، در برخی مطالعات صورت گرفته به افزایش ۷ الی ۱۰ درصدی در هزینه تمام شده اذعان کرده‌اند (۹). این افزایش هزینه شاید به این دلیل باشد تعداد تکرار برای توجیه اقتصادی روش انتخاب شده به میزان مطلوب نرسیده باشد و یا اینکه منافع حاصل از استفاده از سیستم‌های نوین ساختمانی از جمله کیفیت بالاتر و یا ایمنی بیشتر و مسایل محیط زیستی در محاسبه هزینه‌ها تاثیر داده نشده‌اند.

پس به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که اصلی ترین منفعت صنعتی‌سازی ساختمان برای فرد و جامعه پایه گذاری یک روند تدریجی در برقراری تعادل میان عرضه و تقاضای در بازار مسکن می‌باشد. بدیهی است در صورتی که میان تعداد عرضه و تقاضای مسکن تعادل برقرار شود متوسط قیمت مسکن به تدریج کاهش یافته و به این ترتیب امکان خرید برای اکثر اقشار جامعه بوجود خواهد آمد.

علاوه بر موارد ذکر شده صنعتی‌سازی ساختمان با کاهش نخاله‌های ساختمانی و افزایش کیفیت محصول نهایی، تاثیرات غیر مستقیم و دراز مدت زیادی را در کاهش هزینه‌های دوره بهره برداری، کاهش مصرف انرژی و بهبود شرایط محیط زیست خواهد داشت که باعث صرفه اقتصادی و کاهش هزینه‌ها برای فرد و جامعه در دراز مدت خواهد شد. همچنین همان‌طور که در بخش بعدی اشاره خواهد شد صنعتی‌سازی ساختمان باعث کاهش چشمگیر مدت زمان اجرا می‌شود و این امر منجر به کاهش هزینه‌های جاری پروژه و نیروی انسانی حاضر در کارگاه در زمان ساخت می‌گردد. علاوه بر منفعت ناشی از کاهش هزینه‌های جاری، اتمام سریعتر پروژه به نفع سازندگان (فروشندگان) واحدهای مسکونی و تسریع در بازگشت سرمایه نیز خواهد بود و هزینه عدم‌النفع مالک ناشی از دیرکرد در تکمیل واحدهای مسکونی به حداقل خواهد رسید (۹).

۲ - ۲ - کاهش زمان تولید و تسریع در تامین نیازهای مسکن (معیار زمان)

در ساخت و ساز به روش‌های سنتی علاوه بر زمان بر بودن پروسه‌ی اجرا، زمان زیادی به دلایل مختلف از جمله شرایط بد جوی و آب و هوای نامناسب هدر خواهد شد. این در حالی است که سیستم‌های نوین ساخت علاوه بر اینکه در مرحله اجرا بسیار سریع هستند و زمان اجرا را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند، از طرف دیگر با توجه به امکان پیش‌ساخته کردن قطعات و بخش‌های ساختمانی در یک محیط کنترل شده باعث می‌گردند تا پروسه‌ی تولید هرگز بدلیل تغییر شرایط جوی و نامساعد بودن آب و هوا متوقف نشده و در نتیجه اتلاف زمان به حداقل خواهد رسید.

سیستم های نوین ساخت در مرحله ساخت و اجرا بسیار سریع‌تر از روش‌های سنتی هستند و زمان ساخت را بیش از ۵۰ درصد کاهش می‌دهند (۹). یعنی در صورت استفاده از روش‌های صنعتی به جای روش‌های سنتی در ساخت و ساز می‌توان در یک بازه

زمانی معین، تعداد واحدهای مسکونی تکمیل شده تا دو برابر افزایش داد. افزایش تعداد خانه‌های تولید شده علاوه بر حل سریع تر بحران کنونی مسکن، باعث ایجاد تعادل میان عرضه و تقاضا و بهبود وضعیت قیمت مسکن نیز خواهد شد.

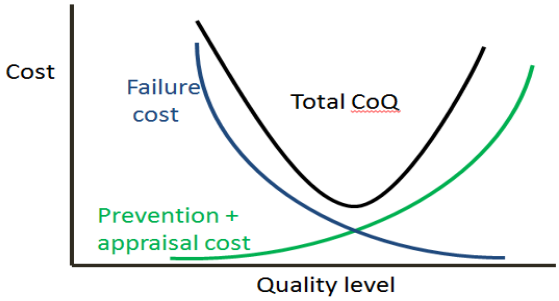
درباره قابلیت روش‌های صنعتی در افزایش سرعت نصب، مونتاژ و اجرا می‌توان اینگونه فرض کرد که محدودیت و مرز مشخصی برای آنها وجود ندارد. برای مثال در کشور چین در سال ۲۰۱۲ هتلی ۳۰ طبقه با زیر بنای ۱۷۰۰۰ متر مربع طی مدت زمان ۱۵ روز با استفاده از پیش‌سازی قطعات مدولار ساختمانی اجرا شده است. و این رکورد همواره در حال بهتر شدن است.

متاسفانه در حال حاضر حتی در خیلی از در کشورهای پیشرفته با توجه به هزینه پایین کارگر و نیروی انسانی و همچنین حامل‌های انرژی باز هم استفاده از روش‌های سنتی، دستی و کارگاهی رایج و بدون تغییر می‌باشند (۱۰). اما افزایش دستمزدها در آینده‌ای نه چندان دور قابل پیش‌بینی خواهد بود و در این حالت است که اهمیت بالای صنعتی سازی فرآیندهای ساخت در بهره برداری از پتانسیل‌های موجود مشخص‌تر خواهد شد (۱۰).

۲ – ۳ – افزایش کیفیت محصولات (معیار کیفیت)

بر اساس تعاریف موجود می‌توان کیفیت را به عنوان میزان تطابق محصول با خواسته‌های اولیه تعریف کرد (۳۹). موضوع کیفیت در ساختمان در برگیرنده مفاهیم کیفی مختلفی از جمله مطلوبیت محصول، زیبایی، دوام و غیره می‌باشد و در نتیجه اظهار نظر درباره آن بسیار مشکل خواهد بود. یکی از ابزارهایی که از آن برای بررسی کمی کیفیت استفاده می‌شود، هزینه کیفیت[1] نام دارد. هزینه کیفیت به مجموعه هزینه‌هایی اطلاق می‌شود که در طول دوره حیات پروژه در زمینه کیفیت انجام می‌گردد و معمولا آنها را با مدل «پیش‌گیری، ارزیابی، شکست»[2] مشخص می‌کنند (۴۰). بر اساس این مدل، فرض اساسی این است که سرمایه‌گذاری در بخش‌های پیشگیری و ارزیابی (آزمایش)، باعث کاهش هزینه‌های مربوط به شکست (دوباره‌کاری‌ها و بازسازی) خواهد شد. هدف اصلی برآورد هزینه‌ی کیفیت، پیدا کردن سطح بهینه میزان هزینه در فعالیت‌های پیشگیری و کنترل کننده به منظور تضمین کیفیت محصول نهایی است به طوری که در آن مجموع هزینه‌های کیفیت حداقل شود.

نمودار رو به رو نشان دهنده‌ی کلیت موضوع هزینه کیفیت می‌باشد.



نمودار ۵ – هزینه کیفیت (هزینه‌های پیشگیری، ارزیابی و شکست)

در کشور ایران هزینه‌های دوباره‌کاری و بازسازی ناشی از عدم رسیدن به کیفیت مورد نظر (هزینه شکست) چیزی در حدود ۹ درصد کل هزینه‌های اجرا می‌باشد (۴۰). این در حالی است که با بهره برداری از روش‌های ساخت صنعتی و سیستم های نوین

[1] Cost of quality (CoQ)
[2] Prevention-Appraisal-Failure model (PAF)

ساخت، با توجه اینکه تولید قطعات ساختمانی در محیطی کنترل شده صورت می‌گیرد امکان پیشگیری از افت کیفیت محصول و بهبود دائم کیفیت و انجام آزمایشات و ارزیابی قطعات با کمترین هزینه به صورت مداوم امکان پذیر خواهد بود.

همچنین همان طور که پیشتر اشاره شد با توجه به اینکه پروسه ساخت در محیط کنترل شده صورت می‌گیرد، احتمال تحمیل شدن هزینه‌های ناشی از هدر رفت مصالح و افت کیفیت بدلیل شرایط جوی نامساعد از بین خواهد رفت و در نتیجه هزینه‌های مربوط به شکست در کیفیت کاهش چشمگیری خواهد داشت. قابلیت کنترل کیفیت محصولات در کارخانه‌های پیش‌ساخته و تضمین کیفیت محصول نهایی می‌تواند به افزایش تمایل مردم به در استفاده از این خانه نیز منجر گردد. در کشورهای پیشرفته تضمین کیفیت محصول نهایی از مهمترین تبلیغات و مشوق‌ها برای مصرف کننده محصول خواهد بود. مثلا در ژاپن تاکید خاصی روی کیفیت ساختمان های پیش‌ساخته و تطابق مشخصات ساختمان با خواست مشتری وجود دارد به طوری که خرید خانه از این شرکت‌ها معمولا همراه با گارانتی ۱۰ ساله و بازبینی‌های دوره‌ای بعد از فروش همراه می‌باشد. (۹)

۲ – ٤ – افزایش ایمنی در فرآیند تولید و اجرا (معیار HSE)

بر اساس آمار ارائه شده توسط سازمان بین‌المللی کار[1] سالانه حداقل ۶۰ هزار نفر در سراسر جهان در پروژه های عمرانی جان خود را از دست می‌دهند و صدها هزار نفر مجروح و یا دچار صدمه جدی می‌گردند (۴۱). به منظور کاهش میزان حوادث یکی از راهکارهای مطرح شده تعویض فعالیت‌های پر ریسک کارگاهی با فعالیت‌های با ریسک کمتر در کارخانه با محیط کنترل شده و ایمن می‌باشد (۴۲).

احتمال بروز حادثه در یک کارگاه عمرانی به مدت زمان حضور نیروی انسانی در کارگاه، سطح آموزش و آمادگی کارکنان و همچنین ماهیت و میزان ریسک فعالیت‌ها بستگی خواهد داشت. در اکثر روش‌های ساخت صنعتی با توجه به استفاده بیشتر از ماشین‌آلات و با به کارگیری قطعات پیش‌ساخته، حضور و میزان فعالیت نیروی انسانی در کارگاه کاهش خواهد یافت و این موضوع در افزایش ایمنی و کاهش حوادث کارگاهی نقش موثری را ایفا خواهد نمود (۴۲). از طرف دیگر کارکنانی که در پروژه-های ساخت صنعتی فعالیت دارند عموما از کارکنان با تجربه و آموزش دیده انتخاب می‌شوند و به این ترتیب احتمال بروز خطای انسانی کمتری در مقایسه با کارکنان بدون آموزش روش‌های ساخت سنتی خواهند داشت.

اما مقایسه میزان ریسک فعالیت‌های ساختمانی برای مقایسه آنها بین روش‌های صنعتی و سنتی نیاز به مطالعه بیشتری خواهد داشت. برای این کار می‌توان احتمال بروز خطر در هر فعالیت را در صورت وجود آمار تجارب قبلی، برابر با نرخ حوادث اتفاق افتاده در گذشته در نظر گرفت. در این صورت فعالیت‌های ساختمانی از لحاظ احتمال وقوع خطر با یکدیگر قابل مقایسه خواهند شد. اما متاسفانه بدلیل نبود آمار قابل اطمینان و همچنین تجربه و اطلاعات کم درباره استفاده از روش‌های صنعتی در کشور در حال حاضر نمی‌توان درباره مقایسه ریسک فعالیت‌ها (ریسک ناشی از ماهیت و نوع فعالیت‌ها) اظهار نظر نمود.

[1] International Labour Organization (ILO)

بر اساس تحقیقی که در سال ۲۰۱۴ در کشور اسپانیا صورت گرفته است مشخص شد سیستم‌های صنعتی لزوما کم‌خطر تر از روش‌های سنتی نمی‌باشند و همانطور که اشاره شد عوامل دیگری از جمله مدت حضور نیروی انسانی در کارگاه و میزان آموزش کارکنان در ایمنی کلی روش‌های اجرایی تاثیر گذار می‌باشد (۴۲). البته در تحقیق صدرالاشاره در مجموع سیستم‌های ساخت صنعتی امتیاز بهتری را کسب کردند و با مقایسه شش روش ساخت صنعتی و سنتی از نظر نرخ حوادث، روش ساختمانی قالب‌بندی و بتن‌ریزی درجا به عنوان پرخطر ترین و سیستم قاب فولادی مدولار (سیستم درختی) به عنوان کم‌خطر ترین روش‌های ساخت مشخص شدند (۴۲).

۲ – ۵ – حفاظت از محیط زیست (معیار HSE)

افزایش بهره‌وری از منابع طبیعی، کاهش تولید نخاله و زباله‌های ساختمانی و بهینه شدن مصرف انژی در ساختمان‌ها از مهمترین تاثیرات صنعتی سازی روی محیط زیست می‌باشند. در این قسمت به بررسی هر کدام از این عوامل پرداخته شده و به نتایج جدید ترین تحقیقات انجام شده در این زمینه اشاره خواهد شد.

۲ – ۵ – ۱ – کاهش تولید نخاله و زباله ساختمانی، افزایش بهره‌وری از منابع طبیعی و حفظ سرمایه‌های ملی

صنعت ساخت و ساز بزرگترین مصرف کننده منابع طبیعی کره زمین می‌باشد. بر اساس آمار ارائه شده توسط انستیتو نظارت جهانی[1] بیش از ۴۰ درصد سنگ و شن و ماسه، ۲۵ درصد از چوب و ۱۶ درصد از آب مورد استفاده سالانه در جهان در صنعت ساخت و ساز مصرف می‌شود (۴۳). از طرف دیگر زباله و نخاله‌های ساختمانی معمولا بخش بزرگی از کل زباله‌ها را تشکیل می‌دهند. در کشور چین که به تنهایی تولید کننده ۲۹ درصد از زباله‌های شهری[2] دنیا است، حدود ۴۰ درصد از این حجم مربوط به زباله‌ها و نخاله ساختمانی است (۴۴). این رقم برای حجم زباله‌های ساختمانی در انگلستان در حدود ۲۵ درصد می‌باشد. (۹)

پتانسیل‌های زیادی جهت کاهش اثرات مخرب نخاله‌های ساختمانی روی محیط زیست و فضاهای شهری وجود دارند. تلاش‌های ممکن برای مدیریت زباله را می‌توان در شش دسته کاهش میزان تولید، باز مصرف، بازیافت، تبدیل به کمپست، سوزاندن و دفن کردن تقسیم بندی کرد (۴۵). تلاش برای کاهش تولید زباله پروسه‌ای است که میزان ایجاد زباله در منبع را کاهش داده و یا حذف می‌کند. این کار علاوه بر این که به استفاده درست‌تر از منابع طبیعی منجر می‌شود، حجم زباله‌ها برای دفع کردن را نیز کم کرده و همچنین هزینه‌های دسته بندی و حمل و نقل زباله‌ها را کاهش خواهد داد. در نتیجه این اقدام، بهترین روش برای حرکت به سوی مدیریت زباله‌های ساختمانی خواهد بود (۴۶).

پیش سازی همواره به عنوان یکی از روش های ساخت پایدار و دوستدار محیط زیست شناخته شده است. یکی از مهمترین دلایل این طرز نگاه تاثیر پیش‌سازی در کاهش تولید زباله و نخاله‌های ساختمانی و قابلیت استفاده دوباره و بازیافت مصالح در مراحل اولیه تولید می‌باشد (۲۸). علاوه بر کاهش میزان تولید ضایعات ساختمانی در روش‌های نوین ساخت، در کارخانه (یا هر محیط

[1] World watch institute
[2] Municipal solid waste (MSW)

کنترل شده دیگر) مصالح با دقت بالاتر و حجم دقیق تر مصرف شده و همچنین ریسک از بین رفتن مصالح پای کار بدلیل شرایط بد و نا مساعد جوی به حداقل خواهد رسید. (۹)

طی تحقیقی که در سال ۲۰۰۶ در کشور مالزی انجام شد نشان می‌دهد که تا ۷۳ درصد از زباله‌های تولید شده در روش‌های صنعتی در محل تولید بازمصرف و بازیافت می‌گردند. بر اساس نتایج این تحقیق منافع حاصل از کاهش تولید زباله و بازیافت آن چیزی در حدود ۲/۵ درصد بودجه‌ی پروژه خواهد بود (۴۷). در سال ۲۰۰۹ نیز در هنگ کنگ روش‌های ساخت سنتی و پیش‌ساخته از زاویه تولید نخاله با یکدیگر مقایسه شدند. در این تحقیق مشخص شد که استفاده از پیش ساختگی میزان تولید زباله‌های ساختمانی را به طور متوسط تا ۵۲ درصد کاهش می دهد (۴۸). در تحقیقی مشابه در سال ۲۰۱۲ در مالزی نیز نشان دهنده کاهش تولید زباله در روش‌های ساخت صنعتی تا یک سوم حجم زباله تولید شده در روش‌های سنتی بوده است (۴۹).

۲ - ۵ - ۲ - صرفه جویی در مصرف انرژی

بر اساس تخمین انستیتو نظارت جهانی[1] سهم ساختمان‌ها از کل مصرف انرژی سالانه در جهان در حدود ۴۰ درصد می‌باشد (۵۰). با توجه به محدود بودن منابع انرژی فسیلی، آلودگی ناشی از مصرف آنها، تخریب محیط زیست و گرم شدن تدریجی کره زمین بدلیل مصرف بی رویه انرژی ضروری است تا در حد امکان به سمت کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها و همچنین جایگزین کردن آنها با انرژی‌های پاک حرکت کرد. امروزه موضوع ساختمان سبز[2] و ساخت ساختمان‌های صفر انرژی[3] از جمله مهمترین موضوعات در صنعت ساختمان هستند.

در کشور ایران مبحث ۱۹ از مقررات ملی ساختمان به طور کامل به بحث صرفه جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها اختصاص دارد. همچنین قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی در ساختمان‌ها و همچنین استاندارد برچسب مصرف انرژی ساختمان‌ها از جمله مراجعی هستند که در صورت نظارت کافی بر اجرا آنها می‌توانند تاثیر قابل توجهی در بهبود مصرف انرژی در بخش ساختمان داشته باشند.

بر اساس مطالعه انجام شده در کشور عراق در سال ۲۰۱۵ در حدود ۴۸ درصد از کل انرژی تولیدی در کشور در منازل مسکونی مصرف می‌شود که از این میزان ۶۹ درصد صرف سرمایش و گرمایش منازل می‌گردد (۵۱). طبق نتایج این مطالعه صورت گرفته سیستم‌های ساخت صنعتی با عایق بندی درست می‌توانند تا ۵۴ درصد در کاهش مصرف انرژی و جلوگیری از هدر رفت موثر باشند (۵۱). این میزان برابر با ۱۸ درصد از کل انرژی تولیدی سالیانه این کشور می‌باشد.

[1] World watch institute
[2] Green construction
[3] Zero energy houses

۲ – ٦ – توسعه صنعتی کشور و توسعه اشتغال

بر مبنای محاسبات صورت گرفته در سند راهبردی و چشم انداز کلان بخش مسکن (۳۷) در افق ۱۴۰۵ در مجوع نیاز بالقوه برای ساخت وساز در دوره ۱۳ ساله ۱۳۹۳ – ۱۴۰۵ برابر با ۱۲۳۰۳ هزار واحد مسکونی می‌باشد. یعنی به طور میانگین ساخت یک میلیون واحد مسکونی جدید در سال برای رسیدن به این چشم انداز لازم خواهد بود. این در حالی است که میانگین ساخت و ساز سالانه در دهه ۷۵ تا ۸۵ برابر با ۵۰۰ هزار واحد و برای دوره ۸۵ تا ۹۰ (با توجه به طرح مسکن مهر در این دوره)۸۰۰ هزار واحد بوده است (۳۸). به عبارت دیگر برای رسیدن به ساخت و ساز مورد نظر در سند چشم انداز با استفاده از روشهای ساخت و ساز سنتی، لازم است تا نیروی کار شاغل در بخش مسکن افزایش پیدا کند. جدول ۱ نشان دهنده میزان اشتغال در بخش مسکن در کشور ایران در طول ۴۰ سال گذشته می‌باشد. بر اساس این آمار در سالهای اخیر تعداد نیروی شاغل در بخش ساختمان نه تنها افزایش نداشته بلکه از سال ۸۵ تا ۹۰ در حدود ۶ درصد کاهش یافته است. در نتیجه تحقق بخشی به دورنمای مشخص شده در سند چشم انداز بدون تغییر اساسی در صنعت ساختمان مکان پذیر نخواهد بود.

جدول ۱۰ – اشتغال بخش ساختمان در سالهای ۱۳٦۵ الی ۱۳۹۰ (هزار نفر)

مقطع زمانی	۱۳۶۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۰
کل اشتغال	۱۱۰۳۶	۱۴۵۷۱	۲۰۴۷۶	۲۰۵۴۶
اشتغال بخش ساختمان	۱۲۰۶	۱۶۵۰	۲۶۳۱	۲۴۷۲
سهم از کل اشتغال	٪ ۱۰/۹۳	٪ ۱۱/۳۲	٪ ۱۲/۸۵	٪ ۱۲/۰۳

* ماخذ: سند راهبردی و چشم انداز کلان بخش مسکن افق ۱۴۰۵

از طرف دیگر با توجه به آمار نشان داده شده در جدول ۲ نیروی کار جامعه امروزی آرام آرام به سمت اخذ تحصیلات عالیه پیش می‌رود. این موضوع باعث می‌شود تا در دراز مدت بازار تولید ساختمان‌های سنتی با کمبود نیروی کار مواجه شود چرا که نیروی کار تحصیل کرده دیگر نخواهد توانست به عنوان یک کارگر ساده نسبت به ساخت و اجرای ساختمان مبادرت ورزد. اجرای ساختمان با روش‌های صنعتی و تکنولوژی‌های جدید نیاز به اکیپ‌های مجرب و آموزش دیده دارد. از این رو در صورت مدیریت درست سیستم آموزش عالی، نیروی کار تحصیل کرده امروزی رغبت بیشتری برای فعالیت در این وادی خواهد داشت و طبیعتا صنعت ساختمان فضای کار وسیعی برای نیروهای آماده به کار امروزی هم در واحدهای صنعتی تولید مصالح ساختمانی و هم در کارگاه‌های ساختمانی نوین ایجاد خواهد کرد.

جدول ۲۱۱ – سهم شاغلان دارای تحصیلات عالیه نسبت به کل شاغلان

مقطع زمانی	۱۳۷۵	۱۳۸۰	۱۳۸۵	۱۳۹۰
کل اشتغال	۱۴۵۷۱		۲۰۴۷۶	۲۰۵۴۶
سهم شاغلان با تحصیلات عالیه	٪ ۸	٪ ۱۲/۹۵	٪ ۱۸/۲۴	٪ ۲۳/۸۳

* ماخذ: اطلاعات سرشماری‌های مرکز آمار ایران

با توجه به آمارهای ارائه شده در بخش‌های قبلی، استفاده از روش‌های صنعتی برای تولید مسکن به منظور رسیدن به اهداف چشم انداز ۱۴۰۵ اجتناب ناپذیر است. از طرف دیگر تحقق این مهم فقط در صورت ایجاد تحول و به روز نمودن تحصیلات عالیه و افزایش ارتباط دانشگاه و صنعت امکان پذیر خواهد بود. این روند در بلند مدت موجب توسعه صنعتی کشور و توسعه اشتغال نیروی کار تحصیل کرده، در بخش مسکن و سایر زمینه‌ها خواهد شد.

۳ - موانع اجرای صنعتی‌سازی ساختمان در ایران

علی رغم آگاهی از این واقعیت که تنها راه خارج شدن از مشکلات موجود در زمینه مسکن و به طور کل ساخت و ساز در کشور حرکت به سمت صنعتی‌سازی ساختمان و به کارگیری روش‌های نوین ساختمانی است، متاسفانه در سال‌های اخیر شاهد سکون و عقب ماندگی صنعت ساخت هستیم. عوامل مختلفی در موفقیت و یا ناکامی حرکت به سمت صنعتی‌سازی ساختمان نقش ایفا می‌کنند. در این بخش به مرور و بررسی چالش‌های موجود در امر صنعتی‌سازی در کشور ایران پرداخته خواهد شد و همچنین به نتایج مطالعات مشابه در کشورهای چین و مالزی اشاره می‌گردد.

۳ - ۱ - عدم تناسب و غیر واقعی بودن قیمت زمین، حامل‌های انرژی و دستمزد کارگران ساختمانی

همان طور که در بخش (۲ - ۱ -) اشاره شد به طور میانگین در ایران ۵۵ دصد از قیمت تمام شده واحدهای مسکونی مربوط به زمین و حدود ۲۵ درصد قیمت تمام شده مربوط به هزینه تامین مصالح می‌باشد. به عبارت دیگر کل هزینه‌های مربوط به برنامه ریزی و ساخت و اجرا چیزی در حدود ۲۰ درصد هزینه تمام شده ساختمان را شامل می‌شود. این موضوع باعث می‌شود که مزایای اقتصادی استفاده از روش‌های صنعتی عملا به چشم نیاید و انگیزه مالی (که از مهمترین انگیزه‌ها برای ایجاد تغییر است) در سازندگان و پیمانکاران مسکن ایجاد نگردد.

در صورتی که با سیاست گذاری‌های درست قیمت زمین تقریبا کنترل و تثبیت گردد و همچنین هزینه‌های مربوط به حامل‌های انرژی و دستمزد کارگران ساختمانی طوری افزایش پیدا کنند که به عدد واقعی خود تبدیل شوند، تاثیر صنعتی‌سازی و انگیزه‌های اقتصادی برای حرکت به سمت روش‌های نوین ساخت به طور چشم گیری افزایش خواهد داشت. در بیانی دیگر می‌توان اینگونه عنوان نمود که احساس نیاز و ضرورت صنعتی سازی ساختمان در سطح کلان مدیریت کشور کاملا حس شده و مدیران ارشد کشور برای حل آن در حال چاره اندیشی می‌باشند. اما این احساس نیاز در سطوح پایین‌تر مثل پیمانکاران و کارفرمایان کوچک‌تر هنوز احساس نشده است چرا که با توجه به هزینه پایین کارگر نیازی به افزایش سرعت تولید نبوده و در نتیجه روش‌های متعارف و سنتی کاملا برای آنها توجیه پذیر خواهد بود.

۳ - ۲ - نا آشنایی حرفه به روش‌های صنعتی و وابستگی و عادت به روش‌های متعارف

۳ - ۲ - ۱ - نا آشنایی اهل فن با مفهوم صنعتی‌سازی و ادبیات موضوع

متاسفانه هنوز خیلی از دست اندر کاران ساخت و ساز مسکن و حتی برخی پیشگامان انبوه سازی مسکن، درک و تعریف درستی از ساخت صنعتی ساختمان ندارند. از دید کثیری، تجمع و ساخت واحدهای مسکونی در کنار هم در وسعت و تعداد زیاد مفهوم صنعتی‌سازی را بیان می‌کند. روشن است که ارائه تعریف درست صنعتی‌سازی ساختمان می‌تواند باعث یکپارچگی بیشتر دست‌اندر کاران عرصه‌ی ساخت و حرکت آنها به سمت یک هدف واحد گردد.

۳ - ۲ - ۲ - کمبود اطلاعات و دانش فنی صنعتی‌سازی

سرعت زیاد اجرا و دقت بالای مورد نیاز روش‌های صنعتی باعث پیچیده شدن نسبی نوع کارها در مقایسه با روش‌های سنتی خواهد شد. همچنین از طرف دیگر استفاده بیشتر از ماشین‌آلات نیاز به استفاده از اپراتورهای ماهر و با تجربه را افزایش میدهد و در نتیجه نمی‌توان از کارگران ساده ساختمانی در ساخت و ساز به روش‌های صنعتی استفاده نمود.

به منظور ایجاد تحول در ساخت و ساز کشور و حرکت به سمت صنعتی سازی ساختمان ابتدا لازم است تا تحولی در سیستم آموزش عالی بوجود آمده و ارتباط دانشگاه و صنعت (که در حال حاضر خیلی کم و ناکارآمد است) افزایش پیدا کند. شرایط حاضر به گونه‌ای است که نیروی کار تحصیل کرده هیچ نوع ارتباط و تجربه نسبت به صنعت ساختمان ندارد و از طرف دیگر نیز بسیاری از فعالان بخش مسکن از تحصیلات کافی و مناسب برخوردار نیستند. در صورت ادامه این روند و در صورت تصمیم حرکت به سمت صنعتی سازی ساختمان، متاسفانه هیچ یک از دو گروه مورد اشاره به طور کامل پتانسیل و توانایی فعالیت در ساخت و ساز صنعتی را نخواهند داشت که این موضوع قطعا باعث بروز مشکلات آتی خواهد گشت.

۳ - ۲ - ۳ - کمبود نیروی انسانی ماهر ساختمانی برای اجرای روش‌های صنعتی

علاوه بر عدم تربیت نیروی کار ماهر در سیستم‌های آموزش عالی کشور، یکی از جدی‌ترین مشکلات در صنعت ساخت ایران استفاده بسیار زیاد از کارگران مهاجر و ارزان قیمت تر به جای کارگران و تکنسین‌های با تجربه تر و آموزش دیده می‌باشد. این مشکل وقتی جدی‌تر می‌شود که این کارگران مهاجر بدلیل وجود موانع قانونی و یا مشکلات زندگی، مجالی برای تحصیل و یادگیری علمی در زمینه اشتغال خود پیدا نخواهند کرد. و به این ترتیب پروژه‌های ساخت و ساز صنعتی با کمبود نیروی انسانی ماهر مواجه خواهند شد. عدم وجود نیروی ماهر کافی علاوه بر مسایل ذکر شده باعث کاهش کیفیت محصولات نهایی و در نتیجه عدم استقبال مردم از این سیستم‌ها خواهد شد و در صورت ادامه این روند باعث منفی شدن دید کلی مردم نسبت به صنعتی‌سازی و روش‌های نوین ساختمانی می‌گردد. در کشور چین نیز کمبود نیروی فنی ماهر جزو مشکلات صنعتی‌سازی مسکن محسوب شده و بعد از مشکلات اقتصادی، مهمترین چالش موجود در استفاده از سیستم‌های ساخت صنعتی معرفی شده است (۵۲).

۳ – ۳ – (عدم وجود زیر ساخت‌های لازم) کمبود و ناکارآمدی پتانسیل‌های زیربنایی صنعتی در کشور

یکی از مشکلات اصلی ساخت و ساز در هر کشور کمبود یا نبود زیر ساخت‌های لازم از جمله زیر ساخت‌های صنعتی، فنی و اقتصادی است. همانطور که در بخش‌های قبلی نیز اشاره شد عقب ماندگی ساخت و ساز و مساله‌ی مسکن به تنهایی توسط به کارگیری تکنولوژی‌های جدید و صنعتی‌سازی قابل حل نمی‌باشد. تجربیات قبلی نشان دهنده‌ی این است که تلاش برای صنعتی سازی بدون توجه به حل مشکل زیر ساخت‌ها و توسعه پایدار همواره با شکست مواجه شده است (۱۰). به منظور توفیق در استفاده از روش‌های نوین ساخت لازم است کل کشور از لحاظ صنعتی به سطحی از تکامل و پختگی رسیده باشد تا با انعطاف پذیری مناسب، قابلیت پاسخ‌گویی به نیازهای سیستم‌های جدید ساختمانی را داشته باشد و آنها را از نظر فنی و علمی حمایت نماید. چرا که در حال حاضر عدم پاسخ‌گویی صنایع داخلی در رفع نیازهای ساخت و ساز صنعتی از مشکلات پیش روی حرکت به سمت صنعتی سازی ساختمان می‌باشد. از طرف دیگر لازم است تا سیستم آموزش عالی، ساختارهای اقتصادی، روش‌های تامین مالی و روش‌های قراردادی کنونی مورد بازنگیری کلی قرار گرفته و با توجه به مقتضیات سیستم‌های ساخت صنعتی به روز شوند.

۳ – ٤ – عدم وجود استانداردهای جامع برای قطعات و مصالح و کمبود در مقررات لازم

ایجاد و استقرار یک سیستم استانداردسازی به عنوان یکی از اساس‌های صنعتی‌سازی در نظر گرفته می‌شود (۵۲). استاندارد سازی ابعاد، جنس و سایر مشخصات قطعات ساختمانی باعث می‌شود تا علاوه بر داشتن تنوع کافی، ناهماهنگی‌ها و پیچیدگی‌های غیر ضروری در مراحل طراحی، تولید و اجرای روش‌های صنعتی حذف شده و تصویر شفاف‌تری از محصول نهایی در ذهن متبادر گردد. به علاوه وجود استانداردهای باکیفیت و رعایت انجام آنها باعث اطمینان بیشتر و اعتماد مصرف کننده به محصول نهایی خواهد شد که در دراز مدت منجر به بهبود شرایط بازار خواهد شد.

همانطور که در فصل تعریفات اشاره شد، در غیر انبوه‌سازی صنعتی (تکسازی صنعتی) به منظور داشتن توجیه اقتصادی، لازم است تا تولید در تیراژ بالا صورت پذیرد. از طرف دیگر در تکسازی صنعتی لازم است تا برای ارضای حداکثری سلیقه مشتریان، تنوع محصولات در مقایسه با انبوه‌سازی صنعتی بالا برود. در نتیجه تنها راهکار برای تولید در تیراژ بالا و در عین حال تامین تنوع مورد نظر برای جذب مشتریان بالا، تهیه استانداردی برای کلیه مشخصات قطعات و تولید آنها بر اساس آن می‌باشد.

علاوه بر استانداردسازی مشخصات قطعات ساختمانی لازم است تا آیین‌نامه‌ها و ضوابط اجرایی مناسب برای روش‌های مختلف ساخت صنعتی تهیه شده و بر اجرای آنها نظارت کافی صورت بگیرد. ناکافی بودن آیین‌نامه‌ها و به روز نبودن مقررات موجود باعث بوجود آمدن بی‌اعتمادی به روش‌های نوین ساخت، هم در سازندگان و هم در مصرف کنندگان آنها شده و در نتیجه از کاربرد آنها استقبال مناسبی صورت نخواهد گرفت. در کشور چین نیز کمبود آیین نامه‌های مربوط به روش‌های ساخت و استانداردهای کلی مربوط به مشخصات قطعات ساختمانی از جمله چالش‌های صنعتی سازی مسکن در آن کشور معرفی شده است (۵۲).

۳ – ۵ – تعجیل پیمانکاران برای اجرای پروژه

یکی دیگر از موانع صنعتی‌سازی و تفکر صنعتی بحث تعجیل می‌باشد (۲۱). صنعتی‌سازی مستلزم جستجو و تدوین روش‌های ساخت، فراهم آوردن ابزار ساخت و برنامه‌ریزی می‌باشد که عجله در شروع پروژه‌ها مانع از انجام آنها می‌شود. در کشورهای توسعه یافته فرصت کافی برای فکر کردن، برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، تامین ابزار و تعیین روش کار درنظر گرفته می‌شود. همه‌ی این اقدامات باید با رعایت ترتیب و توالی انجام گیرد تا به مرحله‌ی صنعتی‌سازی برسیم.

این ذهنیت که "تعجیل موجب سرعت در کار می‌شود" عملا اشتباه می‌باشد چرا که تعجیل در امر ساخت و ساز بدون برنامه‌ریزی قبلی جامع باعث بوجود آمدن مشکلات پیش‌بینی نشده و کاهش کیفیت محصول شده و احتمال نیاز به دوباره‌کاری‌ها را افزایش می‌دهد. به این ترتیب معمولا کارهایی که مقرر است با تعجیل انجام شوند در نهایت با صرف زمان و هزینه بیشتر از حد تعیین شده و با کیفیت پایین به پایان می‌رسند. می‌توان پروژه‌های ضربتی بازسازی شهرهای زلزله زده را به عنوان مثال‌های بارزی از تعجیل کارفرما و پیمانکاران در امر ساخت و در نتیجه عدم موفقیت پروژه در بازه زمانی مشخص شده معرفی کرد.

از جمله مسایلی که باعث تعجیل کارفرمایان و پیمانکاران در رسیدن به فاز اجرایی می‌گردد، عدم تخصیص بودجه و زمان کافی در قرارداد ها و همچنین منوط شدن پرداخت های مالی در قراردادهای رایج سه عاملی به شروع شدن فاز اجرا در نظر گرفت. در صورتی که در قراردادها مدت زمان و بودجه معینی جهت مطالعات همه جانبه اولیه در نظر گرفته شود و همچنین انجام فرآیند پرداخت‌های مالی به پیمانکار با هدف جلوگیری از تعجیل پروژه مورد بازبینی قرار گیرد، قطعا شاهد بروز تغییرات مثبت در روند اجرای پروژه‌ها خواهیم بود.

۳ – ٦ – نبود مدیریت یکپارچه هم در سطح پروژه و هم در سطح کلان کشور

۳ – ٦ – ۱ – مدیریت یکپارچه در سطح پروژه

در حال حاضر در کشور ایران رایج‌ترین سیستم پیشبرد پروژه[1] قراردادهای سه عاملی بین کارفرما، مشاور و پیمانکار می‌باشد و اکثر پروژه‌های عمرانی در قالب این نوعِ قراردادی تعریف می‌شوند. این در حالی است که در سراسر جهان به منظور افزایش کیفیت خروجی پروژه و همچنین به منظور بهبود مدیریت یکپارچه، با توجه به نوع و ماهیت پروژه‌ها انواع روش‌های قراردادی مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند.

سیستم‌های پیشبرد پروژه[2] به مجموعه قوانین و اصولی اطلاق می‌گردد که رابطه بین عوامل انجام دهنده پروژه، نحوه تخصیص ریسک‌ها، تعهدات و مسئولیت‌های آنها را مشخص کرده و همچنین چگونگی انجام مراحل مختلف از تامین مالی تا ساخت را مشخص می‌کند. از جمله روش‌های انجام پروژه می‌توان به روش متعارف یا سه عاملی، روش مدیریت اجرا[3] یا چهار عاملی،

[1] Project Delivery System (PDS)
[2] Project Delivery System (PDS)
[3] Construction manager at risk

روش‌های طرح و ساخت[1]، قراردادهای طرح و ساخت و تامین مالی[2]، روش تجمیعی انجام پروژه[3] و غیره اشاره کرد. اساس تفاوت هر یک از این روش‌های پیشبرد پروژه در تفکیک مسئولیت عوامل پروژه در بخش‌های تامین مالی، طراحی و ساخت پروژه است. همچنین این روش‌ها زمان ورود هریک از عوامل پروژه در فازهای مختلف پروژه را مشخص می‌نماید.

روش تجمیعی انجام پروژه (IPD) ، جدیدترین و کامل ترین فرم همکاری در انجام پروژه است. سیستم رابطه محور با قرارداد چند جانبه، مبتنی بر مشارکت و همکاری زودهنگام عوامل اصلی و بر اساس تقسیم سود و زیان پروژه بین عوامل در قبال اشتراک آنها در تمام ریسک های پروژه می‌باشد. در حقیقت (IPD) به دنبال ارتقاء خروجی پروژه‌ها از طریق هم‌راستا کردن انگیره‌ها و اهداف عوامل پروژه و وابسته کردن موفقیت ذینفعان به موفقیت پروژه است.

در روش قراردادی سه عاملی برای به کارگیری روش‌های صنعتی در ساخت، لازم است تا مشاور طراح اشراف و تسلط کاملی روی مشخصات قطعات پیش‌ساخته و یا روش اجرای خاص مورد نظر داشته باشد. با توجه به اینکه معمولا اینگونه تسلط و دید کلی در میان اکثر مشاورین طراح وجود ندارد، لذا استفاده از این سیستم‌ها محدود خواهد شد. همچنین از طرف دیگر با توجه به عدم اطمینان مشاور طراح از میزان انعطاف پذیری و تجربه کاری پیمانکار احتمالی طرح، اصولا این مشاورین تبادر به طراحی پروژه به ابتدایی‌ترین حالت ممکن کرده تا از پیش آمدن خطرات احتمالی جلوگیری نمایند. به این ترتیب به نظر می‌رسد که سیستم قراردادی سه عاملی که رایج ترین سیستم انجام پروژه‌های عمرانی حال حاضر کشور است برای انجام پروژه‌های ساخت صنعتی مناسب نخواهد بود.

۳ - ٦ - ۲ - مدیریت یکپارچه در سطح کلان کشور

عدم وجود برنامه‌ریزی و هدف گذاری در توسعه صنعتی کشور و به طور خاص برای صنعت ساختمان در دو سطح کوتاه مدت و بلند مدت از مهمترین مشکلات صنعتی سازی ساختمان می‌باشد (۵۳). سند چشم انداز مسکن برای افق ۱۴۰۵ تا حدودی با این هدف تهیه شده است اما با توجه به تاخیر زیاد در ارائه این سند (سال۱۳۹۳) و همچنین عدم توجه خاص این چشم انداز به ساخت و ساز به روش‌های صنعتی مشکل مذکور هنوز گریبان‌گیر صنعت ساختمان می‌باشد.

همچنین با توجه به اینکه مراجع قانونی زیادی از جمله وزارت راه و شهرسازی، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان، سازمان نظام مهندسی کشور،مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، سازمان ملی استاندارد ایران، بانک مرکزی ایران و . . . به طور مستقیم در رابطه با صنعت ساختمان نقش داشته و فعالیت می‌کنند، متاسفانه سازمان یا ارگان واحدی به منظور تجمیع نظرات و یکپارچه سازی کلیه این قوانین در راستای حرکت همه جانبه به سمت صنعتی‌سازی ساخت و ساز وجود ندارد و به این ترتیب تصمیم‌گیری‌های برخی سازمان‌ها ممکن است متفاوت و یا حتی در مغایرت با دیدگاه سازمان یا ارگان دیگر باشد.

[1] Design- build or EPC
[2] Design Build Finance (DBF)
[3] Integrated Project Delivery (IPD)

یکپارچه سازی مدیریت برای تصمیم‌گیری‌های کلان در صنعت ساختمان و ارائه طرح‌های کوتاه و بلند مدت همان طور که در بخش راهکارهای ترغیب صنعتی‌سازی بررسی خواهد شد از مهمترین پیش‌زمینه‌ها و اولین قدم‌هایی است که در راستای صنعتی سازی ساختمان باید عملی گردد.

۳ – ۷ – نیاز به سرمایه گذاری اولیه بیشتر نسبت به روش‌های معمولی ساخت

سرمایه گذاری اولیه در روش‌های صنعتی هم از لحاظ زمانی و هم از لحاظ مالی در مقایسه با روش‌های معمولی بیشتر خواهد بود. برای طراحی و بهره‌برداری از یک روش ساخت صنعتی نیاز به انجام مطالعات جامع و همچنین انجام آزمایشات متعدد و در نهایت استاندارد سازی روش جدید می‌باشد که همه این فعالیت‌ها فرآیندهایی بسیار پر اهمیت و زمان‌بر خواهند بود.

از طرف دیگر پیاده سازی و به کار گیری عملی از روش صنعتی معرفی شده نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه زیادی خواهد داشت. برای مثال به منظور ایجاد و راه‌اندازی کارخانه‌های تولید قطعات پیش‌ساخته ساختمانی هزینه‌های ساخت کارخانه، خرید ماشین‌آلات مورد نیاز، هزینه قالب‌ها و تجهیزات مورد نیاز و همچنین هزینه سیستم‌های کنترلی و هدایت خودکار را می‌توان به عنوان سرمایه اولیه مورد نیاز در نظر گرفت.

با توجه به بالا بودن این هزینه‌ها، نبود ساختارهای اقتصادی مناسب در کشور و حمایت‌های مالی دولت از پروژه‌های مربوط به صنعتی‌سازی ساختمان از مهمترین چالش‌های موجود می‌باشد. در کشور چین هزینه بالای مربوط به سرمایه گذاری اولیه[1] اصلی‌ترین سد موجود در برابر حرکت ساخت و ساز این کشور به سمت ساخت صنعتی می‌باشد (۵۲).

۳ – ۸ – دید منفی مصرف کنندگان نسبت به ساختمانهای پیش ساخته و در نتیجه عدم قابلیت رقابت در بازار

در کشور انگلستان پس از جنگ جهانی دوم ضرورت بالای ایجاد تعداد زیادی مسکن در مدت زمان کم و با هزینه‌ی پایین باعث شد تا عامل کیفیت در این دوره کمتر مورد توجه قرار گیرد. متاسفانه اکثر این خانه‌ها با نگاه اقامت‌گاه موقت ساخته شدند و این امر باعث منفی شدن دید مردم نسبت به خانه های پیش ساخته در این کشور شده است (۹). امروزه هنوز هم اکثر خانه‌ها در انگلستان با روش‌های سنتی و در محل کارگاه اجرا می‌شوند (۹).

همانطور که در بخش(۳ – ۲ – ۳ –) درباره نیروی انسانی ماهر ذکر شد، کمبود نیروی کار ماهر در روش‌های صنعتی باعث کاهش کیفیت محصولات نهایی و در نتیجه عدم استقبال مردم از این سیستم‌ها خواهد شد و در صورت ادامه این روند باعث منفی شدن دید کلی مردم نسبت به صنعتی‌سازی و روش‌های نوین ساختمانی می‌گردد. از طرف دیگر نیز انطباق پذیری کم سیستم‌های ساخت صنعتی با انواع معماری نیز می‌تواند در دید منفی مصرف کنندگان به این سیستم ها تاثیر گذار باشد که لازم است شرکت-های سازنده با ایجاد تنوع در طرح های خود درصدد رفع این مشکلات بر آیند.

[1] High initial cost

قیمت بالای مسکن و کاهش قدرت خرید اکثریت مردم باعث می‌گردد تا شرکت‌های عمرانی و پیمانکاران انگیزه‌ای برای افزایش هزینه‌های مربوط به تحقیق و توسعه خود نداشته باشند (۵۲). در چنین شرایطی اگر فرهنگ‌سازی مناسب به منظور ایجاد دید مثبت مصرف کنندگان نسبت به خانه‌های ساخته شده با روش‌های صنعتی انجام نشود، انگیزه این شرکت‌ها برای سرمایه گذاری مالی و نیروی انسانی در زمینه تحقیق و توسعه محدود تر شده و برون رفت از شرایط کنونی مسکن عملا ناممکن خواهد شد.

٤ – راهکارهای ترغیب به صنعتی‌سازی ساختمان

در این بخش با توجه به مشکلات معرفی شده در بخش قبلی و همچنین به منظور تسهیل حرکت صنعت ساخت و ساز کشور به سمت استفاده از روش‌های نوین ساخت به ارائه راهکارها و پیشنهادات پرداخته خواهد شد. لازم به ذکر است که حداکثر تلاش بر آن بوده تا از ارائه راهکارهای شعار مانند و غیر عملی پرهیز گردد. در این بخش مواردی که به عنوان راه حل مطرح شده‌اند حاصل مطالعه ادبیات مساله و بررسی تجربیات مشابه سایر کشورها و همچنین انجام مصاحبه با کارشناسان و خبرگان امر ساخت و ساز در ایران می‌باشد.

٤ – ١ – یکپارچه سازی مدیریت کلان کشور در راستای صنعتی‌سازی ساختمان

همان طور که در بخش (۳ – ۶ – ۲ –) اشاره شد، یکپارچه سازی مدیریت تصمیم‌گیری‌های کلان در صنعت ساختمان و ارائه طرح‌های کوتاه و بلند مدت از مهمترین پیش‌زمینه‌ها و اولین قدم‌هایی است که در راستای صنعتی سازی ساختمان باید عملی گردد. به این منظور لازم است شورا یا سازمانی با تمرکز بر امر صنعتی‌سازی ساختمان به عنوان زیر مجموعه‌ای از وزارت راه و شهرسازی ایجاد گردد. اعضای این مجموعه باید از افراد خبره و تصمیم ساز در سایر ارگان‌های مدیریتی کشور در زمینه ساخت و ساز از جمله معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهوری، دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، بانک مرکزی ایران و غیره انتخاب شوند. تشکیل چنین مجموعه‌ای باعث می‌گردد تا تصمیم‌های اتخاذ شده حاصل هم فکری همه جانبه این مسئولین و کارشناسان خبره بوده و قابلیت تبدیل به قوانین لازم الاجرا را در کمترین زمان خواهد داشته باشد. تشکیل شورا یا سازمانی جدید به منظور مدیریت یکپارچه و توسعه صنعتی‌سازی بخش ساختمان در کشورهای زیادی انجام شده است. در ادامه به تجربه‌ی مربوط به کشورهای مالزی و چین اشاره خواهد شد.

در حال حاضر کشور مالزی یکی از کشورهای پیشرو در زمینه ساخت و ساز صنعتی در آسیا بوده و در سال‌های اخیر پیشرفت شایان توجهی در این زمینه داشته است. در سال ۱۹۹۴ در کشور مالزی هیئت توسعه صنعت ساخت مالزی[1] به عنوان یکی از سازمان‌های قانونی زیر مجموعه وزارت کار[2] این کشور تشکیل شد. هدف اصلی از تشکیل چنین سازمانی هماهنگی بخش‌های مختلف مرتبط با صنعت ساخت، افزایش رقابت در فضای ساخت و ساز و توسعه صنعت ساختمان در کشور مالزی بوده است (۵۴). از مهمترین اقدامات و نوآوری‌های این هیئت می‌توان به طرح الزام پروژه‌های دولتی در استفاده از روشهای صنعتی اشاره کرد. این

[1] Construction Industry Development Board (CIDB) of Malaysia
[2] Ministery of works , Malaysia

هیئت از سال ۲۰۰۳ به بعد برنامه‌ای را شروع نموده است که بر اساس آن در تمام پروژه‌های دولتی لازم است تا بیش از ۷۰ درصد از اجزا و بخش‌های ساختمان به روش‌های ساخت صنعتی[1] ساخته شوند (۵۵). همچنین به منظور رسیدن به اهداف این برنامه هزینه‌های مربوط به ایجاد زیرساخت‌ها، ساخت کارخانه، تهیه ماشین‌آلات مورد نیاز و همچنین آموزش نیروی انسانی مورد توجه قرار گرفته است (۵۶).

در کشور چین نیز در سال ۱۹۹۸ مرکزی با عنوان مرکز توسعه صنعتی‌سازی مسکن[2] در وزارت مسکن و توسعه شهری و روستایی[3] آن کشور به منظور افزایش کیفیت ساختمان‌های مسکونی با استفاده از صنعتی‌سازی و مدرن کردن روش‌های ساخت ایجاد شد (۵۲). این مرکز در ادامه با کمک گرفتن از برخی آژانس‌های همکاری بین‌المللی[4] ژاپنی متخصص در زمینه تکنولوژی-های ساختمان اقدام به تهیه استانداردها و مدارک فنی مختلفی نمود (۵۲) (۵۷). در نهایت این مرکز با استفاده از کمک‌های فنی خارجی موفق به تعریف خط مشی «سیستم گواهینامه‌ی عملکردی ساختمان‌های مسکونی[5]» در کشور شد که این موضوع باعث بهبود وضعیت ساخت و ساز و همچنین بهره‌برداری خانه‌های مسکونی در چین شد (۵۲).

٤ – ۲ – تصویب قوانین تشویق کننده استفاده از روش‌های ساخت صنعتی

همان طور که در بخش (۲ –) مرور شد، صنعتی‌سازی ساختمان منافع زیادی از جمله ایجاد تعادل در بازار عرضه و تقاضای مسکن، افزایش سرعت تولید، افزایش کیفیت، کاهش تولید زباله و افزایش بهره‌وری از منابع طبیعی، کاهش مصرف انرژی و غیره خواهد داشت. این حقیقت است که مجموعه‌ی سازندگان و مصرف کنندگان این خانه‌ها تنها ذینفعان صنعتی‌سازی ساختمان نیستند و سازمان‌های و ارگان‌های بزرگ دولتی و خصوصی از جمله شهرداری‌ها، بانک‌ها، شرکت‌های بیمه، وزارت صنعت و معدن، وزارت راه و شهرسازی، سازمان حفاظت محیط زیست، دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی و غیره نیز به طور مستقیم و غیر مستقیم از منافع حاصل از صنعتی سازی ساختمان بهره‌مند خواهند شد.

نکته‌ی مهم و پیشنهاد اصلی که در اینجا به آن اشاره می‌گردد بر اساس این فرض پایه‌گذاری شده است که: در صورتی که سازمان و یا ارگانی از منافع صنعتی‌سازی ساختمان بهره‌مند می‌گردد، می‌تواند برای تشویق حرکت به سمت ساخت و ساز صنعتی در کشور هزینه‌هایی را نیز متقبل شود. به عبارت دیگر این موسسات می‌توانند با دید سرمایه‌گذاری بلند مدت و با هدف کاهش هزینه‌ها آتی خود و یا بهره‌مند شدن از منافع صنعتی‌سازی ساختمان در آینده، هزینه‌هایی را برای ترویج صنعتی‌سازی ساختمان انجام بدهند.

[1] Industrialized Building Systems (IBS)
[2] Housing Industrialisation Promotion Centre
[3] Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China
[4] International Cooperation Agency
[5] China’s residential house performance certification system

٤ - ٢ - ١ - پرداخت یارانه به ازای استفاده از ساخت و ساز صنعتی

برای مثال در مطالعه‌ای در کشور چین که در سال ۲۰۱۴ انجام شده است، نتایج شبیه سازی سناریوها نشان می‌دهد که پرداخت یارانه به ازای هر متر مربع استفاده از پیش‌ساختگی (توسط دولت یا شهرداری‌ها) در ساخت و ساز می‌تواند تاثیر قابل توجهی در گرایش به استفاده از این سیستم‌ها داشته باشد و به طبع آن کاهش تولید زباله‌های ساختمانی اتفاق می‌افتد (۲۸). با کاهش تولید زباله‌های ساختمانی منافع زیادی بدلیل کاهش هزینه حمل زباله‌ها، کاهش هزینه‌های مربوط به مدیریت محل‌های دفن زباله‌ها[1] و کاهش آلودگی‌های ناشی از کل این فرآیند عاید شهرداری‌ها یا ارگان‌های مربوطه خواهد شد. به این ترتیب سازمان‌ها می‌توانند به جای افزایش درآمدهای خود از طریق دریافت مالیات یا عوارض شهری بیشتر و در نتیجه ایجاد نارضایتی برای شهروندان، با استفاده از چنین روش‌هایی در راستای کاهش هزینه‌های خود اقدام نمایند.

با استفاده از پیش‌ساختگی در ساخت و ساز شهری علاوه بر کاهش زباله‌ها شاهد کاهش مصرف آب در مناطق شهری، کاهش سر و صدا در اجرای ساختمان، افزایش سرعت ساخت و در نتیجه کاهش مشکلات ترافیکی نیز خواهیم بود. البته کاملا واضح است که بررسی میزان صرفه‌جویی در هزینه‌های این سازمان‌ها و همچنین محاسبه مبلغ یارانه‌ها و کمک‌های مالی که بتواند باعث گرایش پیمانکاران به ساخت و ساز صنعتی شود نیاز به مطالعه جامع‌تری خواهد داشت.

٤ - ٢ - ٢ - تغییر تعرفه بیمه پروژه‌های عمرانی با توجه به روش ساخت

این پیشنهاد با تمرکز بر تاثیر صنعتی‌سازی ساختمان بر شرکت‌های بیمه ارائه شده است. همان‌طور که در بخش (۲ - ۴ -) اشاره شد، در ساخت و ساز با استفاده از روش‌های صنعتی از کارکنان آموزش دیده و با تجربه استفاده می‌شود و همچنین ساخت به روش‌های صنعتی باعث کاهش حضور نیروی انسانی در کارگاه خواهد شد. به این ترتیب می‌توان ادعا کرد که احتمال بروز حادثه در سیستم‌های ساخت صنعتی کمتر از سایر روش‌های رایج و سنتی بوده و در نتیجه تعرفه‌ی بیمه این گونه پروژه‌ها قابلیت کاهش پیدا کردن خواهد داشت. کاملا واضح است که تصویب چنین قانونی نیاز به مطالعه‌ای همه جانبه خواهد داشت اما در صورت عملی شدن می‌تواند به عنوان یکی از مشوق‌های مالی برای صنعتی‌سازی ساختمان در نظر گرفته شود.

٤ - ٢ - ٣ - اولویت بندی پرداخت وام ساخت مسکن با توجه به روش ساخت ساختمان‌ها

در نظر گرفتن اولویت و یا افزایش مبلغ وام ساخت مسکن با توجه به روش ساخت می‌تواند به عنوان یک مشوق خوب برای پیمانکاران غیر انبوه ساز و کوچک مورد استفاده قرار گیرد. با انجام چنین کاری، پیمانکاران به منظور استفاده از تسهیلات مربوطه به استفاده بیشتر از روش‌های ساخت صنعتی گرایش پیدا خواهند کرد. از طرف دیگر ساخت و ساز با استفاده از سیستم‌های ساخت صنعتی و پیش ساختگی باعث افزایش بیش از ۵۰ درصدی زمان ساخت و اجرا خواهد شد (۹). به عبارت دیگر پیمانکاران و سازندگان این واحدهای مسکونی زمان بیشتری برای فروش واحدهای ساخته شده خود خواهند داشت و برگشت سرمایه آنها با سرعت بیشتری صورت خواهد گرفت. به همین ترتیب باز پرداخت وام و بازگشت اصل سرمایه و سود مربوطه به بانک نیز در زمان

[1] Landfill

کمتری اتفاق خواهد افتاد. به عبارت دیگر بانک‌ها نه تنها اصل مبلغ و سود خود را در زمان کمتری دریافت می‌کنند، بلکه این قابلیت را نیز پیدا خواهند نمود که با تخصیص میزان مشخصی از سرمایه، در یک بازه زمانی معین به تعداد پیمانکاران و سازندگان بیشتری وام اعطا نماید.

٤ - ٢ - ٤ - دریافت عوارض آلایندگی محیط‌زیست از طرف سازمان محیط زیست برای ساخت با روش‌های سنتی

از ابتدای سال ۱۳۸۲ براساس قانون تجمیع عوارض کالاها و محصولات صنایع آلوده کننده محیط زیست، و سپس از سال ۱۳۸۷ تا کنون به استناد تبصره یک ماده ۳۸ قانون مالیات بر ارزش افزوده، واحدهای آلاینده محیط زیست طبق تشخیص و اعلام سازمان حفاظت محیط زیست مشمول پرداخت یک درصد از فروش به عنوان عوارض آلایندگی بوده‌اند (۵۸) (۵۹).

چنین قوانینی می‌توانند درباره صنعت ساختمان نیز مورد استفاده قرار بگیرند. به این ترتیب که با توجه به روش ساخت، میزان تولید زباله و هدر رفت منابع طبیعی محاسبه شده یا تخمین زده شود و به تفکیک روش‌های ساخت عوارض محیط زیستی از پیمانکاران ساختمانی توسط سازمان محیط زیست دریافت گردد. با توجه به اینکه در روش‌های صنعتی ساخت میزان تولید زباله به طور چشمگیر کاهش یافته و بهره‌وری از منابع طبیعی افزایش می‌یابد، اگر مبلغ این عوارض برای برخی روش‌های ساخت کمتر شده یا حذف شود، می‌تواند به عنوان مشوقی برای به کارگیری روش‌های مورد نظر عمل نماید. حتی اگر نقش تشویقی چنین قانونی برای پیمانکاران دارای اثر کمی باشد، تصویب چنین قانونی باعث تشکیل یک ذخیره مالی از محل عوارض دریافتی خواهد شد که با برنامه‌ریزی و مدیریت درست، می‌توان از آن به منظور گسترش زیر ساخت‌های حرکت به سمت صنعتی‌سازی، آموزش و غیره استفاده نمود.

٤ - ٣ - آموزش نیروی کار ماهر روش‌های نوین ساخت

با توجه به آمار ارائه شده در بخش (۲ - ۶ -) تعداد نیروی شاغل در بخش ساختمان نه تنها افزایش نداشته بلکه از سال ۸۵ تا ۹۰ در حدود ۶ درصد کاهش یافته است (۳۷). از طرف دیگر نیروی کار جامعه امروزی آرام آرام به سمت اخذ تحصیلات عالیه پیش می‌رود به طوری که درصد شاغلین با تحصیلات عالیه از ۸ درصد در سال ۱۳۷۰ به نزدیک ۲۴ درصد در سال ۱۳۹۰ رسیده است (۳۸). این موضوع باعث می‌شود تا در دراز مدت بازار تولید ساختمان‌های سنتی با کمبود نیروی کار فنی و اجرایی مواجه شود چرا که نیروی کار تحصیل کرده دیگر نخواهد توانست به عنوان یک کارگر ساده نسبت به ساخت و اجرای ساختمان مبادرت ورزد.

اجرای ساختمان با روش‌های صنعتی و تکنولوژی‌های جدید نیاز به اکیپ‌های مجرب و آموزش دیده دارد. از این رو در صورت مدیریت درست سیستم آموزش عالی، نیروی کار تحصیل کرده امروزی رغبت بیشتری برای فعالیت در این وادی خواهد داشت و طبیعتا صنعت ساختمان فضای کار وسیعی برای نیروهای آماده به کار امروزی هم در واحدهای صنعتی تولید مصالح ساختمانی و هم در کارگاه‌های ساختمانی نوین ایجاد خواهد کرد. به عبارت دیگر با ایجاد تغییرات اندکی در برخی از رشته‌های مرتبط با صنعت

ساختمان و هدف مند نمودن این رشته‌ها برای فعالیت فارغ‌التحصیلان آنها در صنعت ساختمان با به کار گیری سیستم‌های ساخت صنعتی امکان پذیر خواهد بود.

علاوه بر موضوع هدف‌مند نمودن برخی رشته‌ها و گرایش‌ها در سیستم آموزش عالی کشور، یکی از مهم ترین محرک‌ها برای حرکت به سمت صنعتی‌سازی ایجاد طرح‌های آموزشی با هزینه کم برای شاغلین کنونی بخش مسکن می‌باشد. با توجه به اینکه کسر بزرگی از کارگران بخش مسکن در حال حاضر در کشور را مهاجران خارجی و یا افراد با تصحیلات پایین تشکیل می‌دهند، به کار گیری این کارکنان در سیستم‌های صنعتی امکان پذیر نخواهد بود. همچنین با توجه به وجود مشکلات مالی، این افراد معمولا تمایل و یا گرایشی به یادگیری و آموزش دیدن در موسسات خصوصی و آزاد را نخواهند داشت. در نتیجه برگزاری دوره‌هایی توسط مراکز آموزشی مختلف در این زمینه و با هزینه کم می‌تواند کمک شایانی به افزایش مهارت کارکنان صنعت مسکن و حرکت آن به سمت ساخت صنعتی گردد.

٤ – ٤ – واقعی شدن هزینه‌های مربوط به حامل‌های انرژی و مصالح ساختمانی

تجربه نشان داده است که وجود نیاز، عامل اصلی و به عبارت دیگر مادر بروز تغییرات است. یکی از مهمترین تاثیرات صنعتی‌سازی ساختمان کاهش هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی و پرت مصالح در زمان ساخت و همچنین کاهش هزینه‌های مصرف انرژی در دوره بهره‌برداری ساختمان می‌باشد. اما با توجه به ارزان بودن حامل‌های انرژی و قیمت مصالح ساختمانی در مقایسه با قیمت زمین، این صرفه‌جویی‌ها در مقایسه با قیمت تمام شده خانه‌ها از نظر اقتصادی نادیده گرفته می‌شوند و احساس نیاز به استفاده از روش‌های صنعتی ساخت به منظور کاهش هزینه‌های ساختمان بوجود نمی‌آید.

از طرف دیگر بر اساس تجربه‌ی بازار مسکن، کاهش شدید قیمت زمین عملا امکان پذیر نخواهد بود. در نتیجه تنها راه محسوس شدن منافع اقتصادی صنعتی‌سازی ساختمان، واقعی شدن و افزایش قیمت حامل‌های انرژی و مصالح ساختمانی و در نتیجه افزایش هزینه‌های ساخت و بهره برداری مسکن خواهد بود. قطعا افزایش هزینه‌های مربوط به حامل‌های انرژی و مصالح ساختمانی در مراحل اولیه باعث بروز ناآرامی و برهم خوردن تعادل در صنعت ساختمان کشور خواهد شد. اما در مراحل بعدی این اتفاق باعث بوجود آمدن احساس نیاز و جدی گرفته شدن منافع اقتصادی و سایر مزایا و فواید صنعتی‌سازی ساختمان خواهد شد.

٤ – ٥ – استفاده از سیستم‌های پیشبرد پروژه جدید و منطبق با روش‌های ساخت صنعتی

همان طور که در بخش (۳ – ۶ – ۱ –) اشاره شد، در حال حاضر در کشور ایران رایج‌ترین سیستم پیشبرد پروژه قراردادهای سه عاملی بین کارفرما، مشاور و پیمانکار می‌باشد که باعث محدود شدن گرایش مشاورین طراح در به کارگیری روش‌های صنعتی خواهد شد.

تقریبا بدیهی است که استفاده از روش‌های قراردادی که در آنها حضور پیمانکار در کلیه مراحل طراحی امکان پذیر باشد و انتقال تجارب و چگونگی روش‌های اجرایی از اولین مراحل طراحی انجام شود برای انجام پروژه‌های صنعتی‌سازی مناسب تر خواهند بود.

پیشبرد پروژه‌های ساخت صنعتی با قراردادهای طرح و ساخت، قراردادهای شامل تامین مالی پروژه‌ای و یا استفاده از روش تجمیعی انجام پروژه می‌تواند باعث تشویق شرکت‌های پیمانکاری بزرگ در تعریف و استفاده از روش‌های نوین و ابتکاری و صنعتی برای ساخت گردد. همچنین معمولا شرکت‌های معرفی کننده روش‌های نوین ساختمانی قابلیت و تمایل به انجام کلیه عملیات طراحی، تولید و اجرا مربوط به روش خود را دارند در نتیجه با انتخاب روش‌های قراردادی مناسب، علاوه بر بهره‌مندی از مزایای سیستم قراردادی جدید، برای این نوع از پیمانکاران نیز می‌توان انگیزه‌های جدیدی ایجاد نمود.

لازم به ذکر است در صورت عدم قابلیت یا عدم تمایل به تغییر روش‌های قراردادی شایسته است تا از طرق دیگر از جمله تغییر برخی از مفاد قراردادی و یا ایجاد تغییر در قوانین مربوط به چگونگی ار جاع کار، بستر مناسب برای حرکت به سمت ساخت صنعتی ایجاد شود. برای مثال در قراردادهای همسان خدمات مشاوره و طراحی می‌توان ماده‌ای الزام آور جهت انجام مطالعات کافی و مقایسه گزینه‌های ساخت سنتی و صنعتی برای پروژه‌های بزرگ اضافه نمود و همچنین زمان و حق‌الزحمه‌ی مربوط به این مطالعات را نیز در قراردادها در نظر گرفت.

همچنین این امکان وجود دارد که در زمان تعیین صلاحیت پیمانکاران و یا برای جهت ارجاع کار به صورت برگزاری مناقصه، به منظور تشویق پیمانکاران برای استفاده از روش‌های صنعتی، اولا ضریب و تاثیر امتیاز فنی پیمانکار را در فرآیندهای مربوطه افزایش داد و ثانیا بخش قابل توجهی از امتیاز فنی پیمانکار را به تجربه و توانایی پیمانکار در زمینه به کارگیری روش‌های نوین و صنعتی در ساخت اختصاص داد. به این ترتیب تلاش پیمانکاران برای کسب امتیاز بیشتر در رقابت بوجود آمده می‌تواند به شروع استفاده از روش‌های صنعتی منجر شود. با استاندارد کردن ضریب امتیاز فنی پیمانکاران با توجه به حجم پروژه‌ها، می‌توان به حالتی رسید که پروژه‌های بزرگ فقط به پیمانکاران ساخت صنعتی ارجاع داده شود.

پایان گزارش سوم

منابع مورد استفاده

.۱*Industrialized building system: A definition and concept* .**Abdullah M.R, Mohd Kamar .**UK : ARCOM Conference, 2009.

.۲**Kotler P., Armstrong G .***Marketing 7th Ed* .Astralia : Pearson education, 2006.

.۳*Production Methods* .BBC, 2012.

.۴*Industrialization as an engine of groth in developing countries* .**Szimai, Adam .**Nethelands : Structural Change and Economic Dynamics - elsevier, 2012.

.۵*New perspectives in Industrialization in construction* .CIB Publication, 2010.

.۶**Perry Daneshgari, Heather Moore .***Industrialization of construction* .ELECTRI concil meeting, 2013.

.۷*Necessity and Industrialization and ultra industrialization concepts in design and industrial production of construction* .**J., Olia .**Iran : Building and Housing research center, 1999.

.۸*Definitions, Concepts and New Directions in Industrialized Building Systems (IBS* .**(Hossein Zahibi, Farah Habib .**KSCE, 2012.

.۹*modern methods of construction* .**lovell, H .**Edinburgh : Elsevier Ltd., 2012, international encyclopedia of housing and home۳۱۶.-۳۱۲ .ص ,

.۱۰*Industrialization in Building Construction, Production Technology or Management Concept ?***Girmsheid, Gerhard .**Zurikh : Swiss federal Institute of tech., 2005.

.۱۱*Industrialized Building System (IBS): Revisiting Issues of Definition and Classification* .**Kamarul Anuar, Mohr kamar .**Malaysia : Construction research institute of malaysia, 2011.

.۱۲**G, Blache`re .***Building principles,Report EUR* .Luxembourg ۱۱۳۲۰ .۱۹۸۸ ,EN.

.۱۳*Modular systematics for the industrialized building* .**Saria A, Hannus M .**Technical Research center of finland, 1995.

.۱۴*Construction Craft to industry* .**G, Sebesteyen`n .**new york۱۹۹۸.

.۱۵*Industrialized house-building – concept and processes* .**J, lessing .**Sweden : Lund institute of tech. Sweden, 2006.

.۱۶*Industrialized and automated building systems* .**A, Warszawski .**Israel institute of tech, 1999.

.۱۷*Implementation strategy for Industrialized Building System (IBS* .**(Chung .**Malaysia۲۰۰۶.

.۱۸*Industrialized building systems construction in Malaysia* .**Badir YF, Kadir MRA.**Journal of Architectural Eng., 2002.

.۱۹*Issues and challenges in the implementation of IBS in* .**Rahman ABA, Omar W .**ASPEC, 2006.

.۲۰*Policy on industrialized building system. Report on Colloquium on Industrialized Construction System* .**Esa. H, Nuruddin. MM**۱۹۹۸. **.**

۲۱. *چهاردهمین همایش سیاست های توسعه مسکن در ایران*. تهران - دانشگاه تهران, پاییز ۱۳۹۳.

۲۲. **Richard, Roger-Bruno .**Five degrees of industrialized building production .*New perspectives in indistrialization in construction* .CIB, 2010.

۲۳. *The globalization of the construction industry : a review* .**Ngowi A.B, Pienaar E , Talukhaba A .**Building and environment, 2005.

۲۴. *Industrialized building systems: Reproduction before automation and robotics* .**RB, Richards.**Automation in construction, 2005.

۲۵. **BOCK, THOMAS .**Off-site Industrialization – Process and Production Technologies – Towards customised Automation and Robotics in Prefabrication of Concrete Elements .*New perspectives in industrialization in construction*۲۰۱۰. .

۲۶. *On prefabrication implementation for different project types and procurement methods in Hong Kong* . **Tam vw, Tam C .**Eng des Technol, 2007.

۲۷. *Constructability improvement using prefabrication, preassembly, and modularization* .**Tatum C, Williams J** university of Texas at Austin, 1987.

۲۸. *Measuring the impact of prefabrication on construction waste reduction* .,**Zhengdao Li, Geoffrey Qiping Shen .**Resources, Conservation and Recycling - elsevier Ltd., 2014.

۲۹. *Construction as a manufacturing process: Lessons from the automotive industry* .**Crowley, Andrew .**UK : PERGAMON - Computers and Structures, 1998.

۳۰. *فناوری های نوین ساختمان*. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن, ۱۳۸۸. ویرایش پنجم.

۳۱. **همکاران, دکتر عبدالله حسینی ، محمدهادی جلیلی و.** *پروژه پژوهشی انتخاب بهترین روش انبوه سازی برای ساختمان های ۵ طبقه و ساختمان های بلند مرتبه و بهینه سازی روش فعلی انبوه سازی ساختمان های مسکونی مورد استفاده شرکت کیسون*. دانشگاه تهران, ۱۳۹۳.

۳۲. *Construction waste minimisation comparing conventional and precast construction(Mixed systems and IBS) methods in high-rise buildings* .**Suresh Kumar Lachimpadi, Joy Jacqueline pereira .**Malaysia : Resources, conservation and recycling, 2012.

۳۳. *راهنمای طراحی و اجرای سیستم ساختمانی دیوار باربر بتنی مسلح با قالب های عایق ماندگار از جنس پلی استایرن منبسط شده*. مرکز تحقیقات ساختما و مسکن, ۱۳۸۹.

۳۴. *راهنمای طراحی و اجرای سیستم پانل های سه بعدی*. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ۱۳۸۹.

۳۵. *راهنمای طراحی و اجرای سیستم پیش ساخته بتنی*. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ۱۳۸۹.

۳۶. *بررسی چالش ها ی صنعتی سازی ساخت و ساز در کشور با رویکرد دینامیکی و ارایه سیاست های مناسب*. **ع, قناد پ ، رییس زاده.** هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران, ۱۳۹۲.

۳۷. *مطالعات بازنگري طرح جامع مسکن - سند راهبردي و چشم انداز کلان بخش مسکن در افق۱۴۰۵* . وزارت راه و شهرسازی, ۱۳۹۳.

۳۸. *نتایج سرشماری نفوس و مسکن* . مرکز آمار ایران, ۱۳۹۰.

۳۹. **Juran J, Gryna F .***Quality planning and analysis* .New york : Mc Grew hill, 1993.

۴۰. *Cost of Quality Evaluation in Mass-Housing Projects in Developing Countries* .**Gholamreza Heravi, Amirhosein jafari .**Journal of construction engineering and management(ASCE), 2014.

۴۱. **organization, International labour .***Labour overview* .International labour organization, 2003.

.۴۲*Modeling injury rates as a function of industrialized versus on-site construction techniques* .**Romeroa R, Cebadora S .**Barcelona-Spain۲۰۱۴.

.۴۳*Energy and environmental indicators related to construction of office buildings* .**Dimoudi A, Tompa C** Resources, Conservation and recycling, 2008.

.۴۴*An investigation of construction wastes: an empirical study in Shenzhen* .**Wang JY, Kang XP .**Journal of Engineering design and technology, 2008.

.۴۵*Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations* .**Peng CL, Scorpio DE .** Journal of construction management and economics, 1997.

.۴۶*A framework for understanding waste management studies in construction* .**Lu w, Yuan H**۲۰۱۱. **.**

.۴۷*A benefit-cost analysis on the economic feasibility of construction waste minimization: the case of Malaysia* .**Begum RA, Siwar C .**Resources, conservation and recycling, 2006.

.۴۸*Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong* . **Jaillon L, Poon C**.۲۰۰۹ **.**

.۴۹*Construction waste minimization comparing conventional and precast construction (Mixed System and IBS) methods in high-rise buildings: A Malaysia case study* .**Suresh Kumar, Joy Jacqueline .**Malaysia : Resources, Conservation and recycling, 2012.

.۵۰*Energy efficient building climate control using stochastic model predictive control and weather predictions* . **Oldewurtel F, Parisio A .**American control conference (ACC), 2010.

.۵۱*Achieving energy efficiency through industrialized building system for residential buildings in Iraq* .**Ammar W, Abbood Karam .**International journal of sustainable built environment, 2015.

.۵۲*Exploring the challenges to industrialized residential building in China* .**Xiaoling Zhang, Martin Skitmore .** Habitat international, 2014.

۵۳. *نقش صنعتی سازی ساخت و ساز ساختمان در توسعه کشور و چالش های پیاده سازی آن*. **الف, شاه حسینی و ، وجدانی.** سومین کنفرانس بین المللی صنعت احداث, ۱۳۹۱.

.۵۴*Official web site of Construction Industry Development Board of Malaysia* .۲۰۱۵ . http://www.cidb.gov.my.

.۵۵**Malaysia, Construction Industry Developement Board of .***Industrialized building system (IBS) roadmap 2003-2010* .Kuala lumpur : CIDB, 2003.

.۵۶*Industrialized building systems construction in Malaysia* .**Badir Y, Kadir M .**Journal of Architectural Eng., 2002۸. جلد ,

.۵۷*Industrialised housing industry development process in China* .**X, Chu .**China : Housing Industry (In Chinese), 2009۵. جلد ,

۵۸. **هیئت وزیران.** *قانون تجميع عوارض (آيين نامه اجرايي قانون اصلاح موادي از قانون برنامه سوم و چگونگي برقراري و وصول عوارض و ساير وجوه از توليد كنندگان كالا، ارائه دهندگان خدمات و كالاهاي وارداتي)*. تهران : هيئت وزيران, ۱۳۸۲.

۵۹. **کمیسون اقتصادی مجلس.** *قانون مالیات بر ارزش افزوده*. تهران : مجلس شورای اسلامی ایران, ۱۳۸۷.