

**باسمه تعالی**

**بررسی وضعیت صنعتی سازی ساختمان در ایران  
و نمونه های جهانی**



**شهریور ماه ۱۳۹۸**

## فهرست

- ۱) بیان مسئله و ضرورت پروژه..... ۱
- ۲) صنعتی سازی ساختمان..... ۳
- ۳) اصول و مفاهیم صنعتی سازی ساختمان..... ۶
- ۴) مزایای سیستم ساختمان سازی صنعتی ..... ۹
- ۵) تاریخچه صنعتی سازی در جهان ..... ۱۶
- ۶) وضعیت ایران در صنعتی سازی ساختمان ..... ۱۹
- ۷) چالش های صنعتی سازی در ایران ..... ۲۲
- ۸) راهبردهای گسترش صنعتی سازی ساختمان در کشور ..... ۲۸
- ۹) تجارب جهانی صنعتی سازی (۳ کشور)..... ۳۵
- ۱۰) معرفی سیستم های صنعتی سازی در ایران ..... ۴۸
- ۱۱) جمع بندی ..... ۶۰
- ۱۲) مراجع ..... ۶۲

## ۱) بیان مسئله و ضرورت پروژه

مسکن به همراه خوراک و پوشاک جزو نیازهای اساسی خانوارها است. به همین دلیل دولت‌ها موظفند علاوه بر حفظ کیفیت ساختمان، با تسریع در امر ساخت و ساز، جوابگوی نیازمندان به مسکن باشند. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، تقاضای مسکن در سال‌های اخیر افزایش چشمگیری داشته؛ اما در مقابل ساخت و ساز و تولید این کالای حیاتی با کاهش محسوسی روبرو بوده است.

نیاز مسکن در کشور نشأت گرفته از سه عامل اصلی کمبود فعلی مسکن، بازسازی بافت‌های فرسوده، نرخ رشد جمعیت و نرخ تشکیل خانواده جدید (ازدواج) است که بر اساس گزارش جامع وزارت راه و شهرسازی، طی سال‌های ۱۳۹۶ تا سال ۱۴۰۵ به منظور تأمین نیاز ۱۰٫۸ میلیونی مسکن در کشور، ساخت سالانه بیش از یک میلیون واحد مسکونی ضروری است. این عدد در حالی مطرح می‌شود که بر اساس آخرین اطلاعات مرکز آمار، میانگین ساخت و ساز سالانه مسکن در کشور طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۲ برابر با ۸۰۰ هزار واحد بوده و از سال ۱۳۹۳ تاکنون به میانگین سالانه ۳۶۵ هزار واحد رسیده است.

این آمارها بدین معناست که هیچ یک از سال‌ها کشور به عدد برآورد شده دست نیافته و در ۵ سال اخیر نیز تولید مسکن کاهش چشمگیری داشته است. همچنین برآورد صورت گرفته بر اساس نرخ رشد ازدواج در کشور تا سال ۱۴۰۵ و دو مولفه دیگر بوده؛ در حالی که کارشناسان مسکن معتقدند دلیل پایین بودن نرخ فعلی ازدواج عدم دستیابی جوانان به مسکن است و در صورت فراهم شدن شرایط، این نرخ نیز افزایش خواهد یافت که در این صورت قطعاً به تولید مسکن بیش‌تری احتیاج خواهد بود.

علاوه بر سرعت پایین تولید مسکن و کمبود آن در کشور، کیفیت ساخت و عمر مفید ساختمان در ایران نسبت به سایر کشورها بسیار پایین است. بر اساس آمارهای معاونت مسکن و ساختمان وزارت راه و شهرسازی، کمتر از ۵۰ درصد از ساختمان‌های مسکونی کشور، عمری بیش از ۱۶ سال دارند. این در حالی است که کمتر از ۲۰ درصد مسکن‌های موجود در

اروپا عمری کمتر از ۲۰ سال و در حدود بیش از ۸۰ درصد واحدهای مسکونی موجود در این قاره عمری بالای ۲۰ سال را دارند و از این بین بیش از ۳۵ درصد مسکن‌های موجود عمری بیش از ۵۰ سال دارند (مقاومتی نیوز، ۱۳۹۷).

همچنین ائتلاف انرژی در کشور در مراحل تولید مصالح ساختمانی، ساخت مسکن و بهره برداری از آن در حد بسیار بالایی است. آمارها و برآوردهای کارشناسی طرح جامع مسکن در سال ۱۳۹۳ نشان می‌دهد که مصرف انرژی در فرآیند ساخت ۲ برابر متوسط جهانی است.

با توجه به موارد گفته شده می‌توان به راحتی دریافت که روش‌های رایج و ابتدایی ساخت و ساز علاوه بر اینکه پاسخگوی نیاز روز افزون کشور نخواهد بود، کیفیت و مصارف انرژی کشور را نیز نمی‌تواند به خوبی محقق و کنترل کند.

از این رو استفاده از روش‌های صنعتی برای پاسخ به نیاز موجود اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. صنعتی‌سازی ساختمان از عوامل مهم در افزایش تولید و ایجاد تعادل میان عرضه و تقاضا در بازار است که در کنار استفاده از ابزارهای مالیاتی برای کنترل تقاضاهای سوداگرانه، نقش بسزایی در کاهش قیمت مسکن در کشور ایفا می‌کند.

در این پژوهش به سوالات زیر پاسخ داده خواهد شد:

- منظور از صنعتی‌سازی ساختمان چیست و چه ابعادی دارد؟
- وضعیت ایران در صنعتی‌سازی ساختمان چگونه است و چه سیستم‌های نوینی در صنعتی‌سازی ایران مورد تأیید هستند؟
- مزایا و معایب صنعتی‌سازی ساختمان چیست؟
- چه موانع و چالش‌هایی در مسیر توسعه تکنولوژی‌های نوین ساختمان به منظور تولید صنعتی ساختمان وجود دارد؟
- تجارب و نحوه استفاده کشورهای جهان از صنعتی‌سازی ساختمان چیست؟

## ۲) صنعتی سازی ساختمان<sup>۱</sup>

صنعتی سازی در معنای عام به عنوان روند تغییر نگرش اجتماعی و اقتصادی تعریف می شود که طی آن جامعه از حالت غیرصنعتی به صنعتی تبدیل می گردد (Abdullah et al, 2009). صنعتی سازی ساختمان همانند هر تولید صنعتی دیگر در راستای افزایش بهره‌وری از منابع، کاهش زمان، کاهش هزینه تولید، افزایش ارزش افزوده و افزایش کیفیت محصول نهایی صورت می گیرد.

اصطلاحات زیادی برای توصیف صنعتی سازی و پیش ساختگی استفاده می شوند. روش های نوین ساخت (MMC) ساخت کارخانه ای (OSM) تولید بیرون کارگاهی (OSP) و ساخت بیرون کارگاهی (OSC)<sup>۴</sup> از جمله اصطلاحاتی هستند که در دوره های زمانی مختلف از آن ها استفاده شده است.

روش های مدرن ساخت (MMC) عبارتی است که در کشور بریتانیا برای تعریف تکنولوژی های ساخت خارج از کارگاه ساختمانی، روش های ابتکاری و تکنولوژی های کارگاهی استفاده می شود (Goodier and Gibb, 2007).

سیستم های ساخت صنعتی (IBS) عبارتی است که برای بیان مفهوم پیش ساختگی و صنعتی سازی ساخت در کشور مالزی از آن استفاده می شود (Kamar et al, 2011). ساخت کارخانه ای (OSM) تولید بیرون کارگاهی (OSP) و ساخت بیرون کارگاهی (OSC) هر سه دارای معنای یکسان بوده و به فرآیند ساخت در محلی خارج از محوطه ی کارگاه به عنوان مثال در کارخانه یا محلی موقتی اما مسقف و با محیط کنترل شده در جهت تولید قطعات اشاره دارند (Qays et al, 2017).

کمیته بین المللی تحقیقات و نوآوری مسکن و ساختمان (CIB)<sup>۶</sup> تعریف خود از صنعتی سازی را، تفکر سازنده<sup>۱</sup> در روند تولید به منظور رسیدن به صرفه اقتصادی، بهره‌وری بیشتر و کیفیت بهتر بیان می کند. این کمیته صنعتی سازی ساخت را در

<sup>1</sup> Industrialized Building

<sup>2</sup> Modern methods of construction

<sup>3</sup> Offsite manufacturing

<sup>4</sup> Offsite production

<sup>5</sup> Offsite construction

<sup>6</sup> International council for research and innovation in building and construction (CIB)

تعریفی دیگر به عنوان یک تغییر در نگرش و نوع رفتار با هدف بهبود شرایط ساخت و ساز و کیفیت محصول، طی فرآیند یکپارچه استانداردسازی، بهینه‌سازی فرآیندهای سازمانی، هزینه و با بهره‌برداری از ماشین‌آلات و سیستم‌های اتوماتیک تعریف می‌کند(رائین خواه و حسینی، ۱۳۹۴).

به عبارت دیگر از دیدگاه این کمیته، صنعتی‌سازی ساختمان لزوماً به معنای استفاده از تجهیزات و ابزارآلات نوین نبوده و بیشتر به طرز تفکر و دیدگاه مدیریتی کلان در امر ساخت و ساز بر می‌گردد.

در تعریفی دیگر که توسط مرکز تحقیقات ساخت و مسکن مالزی (CIDB) ارائه شده، سیستم‌های ساختمان‌سازی صنعتی را می‌توان به عنوان یک سیستم ساختمانی تعریف کرد که از طریق آن قطعات در کارخانه، در سایت یا خارج از سایت ساخته می‌شوند و با حداقل کار اضافی در کارگاه، در سازه‌ها قرار می‌گیرند(Qays et al, 2009).

در مطالعه‌ای دیگر بیان شد سیستم ساختمان‌سازی صنعتی (IBS) یک سیستم ساختمانی است که با استفاده از قطعات پیش‌ساخته تولید می‌شود که ساخت قطعات بصورت سیستماتیک با استفاده از ماشین‌آلات، سازه‌ها و سایر تجهیزات مکانیکی انجام می‌گیرد. این قطعات در خارج از کارگاه ساخته می‌شوند و پس از تکمیل به سایت‌های ساختمانی برای مونتاژ و نصب تحویل داده می‌شوند(Rahman and Omar, 2006).

در تعریفی فرآیند صنعتی‌سازی، تولید انبوه کلیه اجزای ساختمان مانند دیوارها، صفحات کف، تیرها، ستون‌ها و راه پله‌ها در کارخانه یا محل تحت کنترل دقیق کیفیت و حداقل فعالیت سایت تعریف می‌شود (Qays et al, 2009).

از نظر لسینگ، صنعتی‌سازی به معنای بهره‌برداری از روش‌های صنعتی با دیدگاه ساخت مکانیزه، استانداردسازی و پیش‌ساختگی است. درباره فعالیت‌های ساختمانی، صنعتی‌سازی بخشی از یک پروسه گسترده مدرن‌سازی از طریق توسعه روش‌های نوین ساخت و تولید و استفاده از تکنولوژی جدید است، به طوری که فرآیندهای تولید، مکانیزه شده و تمرکز آن‌ها بر انبوه‌سازی و تولید کارخانه‌ای است (Lessing, 2006).

<sup>1</sup> Rationalization

<sup>2</sup> Construction Industry Development Board of Malaysia

به طور کلی می توان گفت اصطلاح صنعتی سازی در حوزه ساختمان تعریف واحد و جامعی ندارد. گستردگی این حوزه و تغییراتی که طی گذشت زمان در تعریف این اصطلاح بوجود آمده، دلیل اصلی این موضوع هستند. علاوه بر این، تعریف صنعتی سازی ساختمان تا حد زیادی به شرایط و ویژگی های کشورها، زیر ساخت موجود و میزان صنعتی بودن آن ها مربوط می شود. بنابراین ممکن است برای این اصطلاح در زمان ها و مناطق مختلف تعاریف گوناگونی ارائه گردد.

کلیه تعاریف صنعتی سازی ساختمان روی بحث هایی از قبیل پیش ساختگی، تولید بیرون از کارگاه، افزایش بهره وری، انبوه سازی، رشد ارزش افزوده و افزایش کیفیت به عنوان ویژگی های اصلی سیستم های ساخت صنعتی (IBS) تأکید داشته است.

در همین راستا به منظور جلوگیری از سردرگمی در تعاریف متعدد؛ در یک تعریف کلی می توان صنعتی سازی ساختمان را، تغییر در نوع نگرش و رفتار که موجب شکل گیری فرآیندی پویا و تدریجی در جایگزینی استفاده از نیروی انسانی مجرب در ساخت، با یک سیستم تولید کارخانه ای و با بهره گیری از سیستم های اتوماتیک و ماشین آلات تحت مدیریت یکپارچه صنعتی تعریف کرد که این فرآیند با هدف کاهش هدررفت مصالح، کاهش زمان تولید، افزایش کیفیت، کنترل آلاینده های محیط زیست و افزایش ارزش افزوده صورت خواهد گرفت.

## ۳) اصول و مفاهیم صنعتی سازی ساختمان

در پژوهش های خود بارها اسامی مختلفی را به عنوان صنعتی سازی در ساختمان شنیده ایم؛ بنابراین پیش از پرداختن به موضوع صنعتی سازی از دیدگاه سیستم ها و اجزای قطعات، شایسته است در ابتدای امر به تعریف کلید واژه ها و مفاهیم تولید صنعتی ساختمان و شناخت روابط بین آن ها به شرح ذیل پرداخته شود:

### ➤ مدولاریزاسیون<sup>۱</sup>

مدولاریزاسیون به معنای مدولار و استاندارد نمودن اجزاء و قطعات ساختمانی است. به نحوی که به جای تولید یک قطعه در ابعاد و قطعات بسیار متنوع، این محصولات در محدوده ای منطقی و محدود تولید شوند تا امکان دستیابی به تولید انبوه کارخانه ای فراهم شود (پیربابایی و امرایی، ۱۳۸۸). مدولار، طراحی و ساخت ساختمان با قسمت های مشابه و تکرار شونده است که به هر کدام از اعضای تکرار شونده یک مدول گفته می شود. این قطعات لزوماً مشابه هم نبوده و با توجه به محل قرارگیری، ویژگی های خاص خود را دارند (شاه حسینی و همکاران، ۱۳۹۱).

### ➤ پیش ساخته سازی<sup>۲</sup>

فرآیندی تولیدی است که در آن بطور کلی مواد به یکدیگر متصل می شوند تا جزئی از نصب نهایی را تشکیل دهند. پیش ساخته سازی یک پروسه تولید در محیطی محافظت شده و مجهز است که طی آن مصالح به شکل عضوهایی از سازه نهایی تبدیل خواهند شد (رائین خواه و حسینی، ۱۳۹۴). قطعات پیش ساخته مانند یک پانل و انواع قطعات باید در محیطی محافظت شده چه در کارخانه بصورت (بیرون کارگاه) off-site تولید شوند چه در خط تولید موقتی بصورت (داخل کارگاه) on-site تولید و به یکدیگر مونتاژ گردند (شاه حسینی و همکاران، ۱۳۹۱). در روش پیش ساخته سازی به علت استقلال ساخت از شرایط آب و هوایی، سرعت ساخت بسیار بالاست و در مواردی که تولید در تیراژ بالا انجام گیرد این سرعت کاملاً چشمگیر خواهد بود ضمن آنکه صرفه اقتصادی آن می تواند بالا باشد (آصفی و همکاران، ۱۳۹۶).

<sup>1</sup> Modularization

<sup>2</sup> Prefabrication



### ➤ پیش مونتاژ<sup>۱</sup>

فرآیندی است که در آن تجهیزات و اجزای پیش ساخته در یک مکان دیگر و در خارج از کارگاه احداث و گاهی اوقات در حین احداث بر هم مونتاژ شده تا جزئی از یک واحد ساختمانی را تشکیل بدهند. پیش مونتاژ به معنای تولید سیستم‌های پیچیده است؛ بدین منظور نیاز به مهارت‌های ویژه نیروی انسانی جهت مونتاژ مواد مختلف ضروری است. در این شیوه خط تولید می‌تواند دور از سایت احداث یا نزدیک آن باشد. در صورتی که هزینه‌های حمل و نقل بالاتر رود و همچنین شیوه‌های حمل پیچیده‌تر شود امکان تولید در کنار سایت (on-site) نیز وجود دارد (شاه حسینی و همکاران، ۱۳۹۱).

### ➤ انبوه‌سازی<sup>۲</sup>

در اغلب موارد، افراد انبوه‌سازی و صنعتی‌سازی را از یکدیگر تفکیک نمی‌کنند و زمانی که صحبت از صنعتی‌سازی است، تصور ساخت و ساز با تعداد بالا را دارند؛ اما یکی از نکات مهمی که باید به آن توجه کرد این است که تولید در تیراژ بالا به هیچ وجه به معنای صنعتی‌سازی نیست. تولید انبوه به معنای تعدد تکرار در ساخت است که سرمایه‌گذاری اولیه را توجیه‌پذیر نماید (رائین خواه و حسینی، ۱۳۹۴). به عبارت دیگر ممکن است در یک پروژه انبوه‌سازی از روش‌های معمول و ابتدایی در ساخت استفاده شود و البته واضح است که در تولید صنعتی، تولید در تیراژ بالا به منظور توجیه اقتصادی سرمایه‌گذاری اولیه بالا اجتناب ناپذیر است؛ اما این امر تعریف صنعتی‌سازی نیست و از اثرات حرکت به سمت صنعتی‌سازی محسوب می‌شود.

### ➤ مکانیزه شدن<sup>۳</sup>

اصطلاح ساخت مکانیزه و یا ساخت ماشینی زمانی استفاده می‌شود که از ماشین‌آلات برای کمک به نیروی انسانی مورد استفاده قرار گیرند. برخی از مطالعات از ساخت مکانیزه به عنوان استفاده از تکنولوژی ساخت و بهره‌مندی از ماشین‌آلات در ساخت یاد می‌کنند (رائین خواه و حسینی، ۱۳۹۴).

<sup>1</sup> Preassembly

<sup>2</sup> Mass production

<sup>3</sup> MECHANIZATION

راندمان کار یک انسان یک درصد است در حالی که راندمان یک ماشین حداقل ۲۰ درصد است، لذا استفاده از نیروی انسان در ساخت و سازهایی که بتوان ماشین را جانشین انسان نمود، به صرفه نیست. این امر تا حدی در سرعت و کیفیت ساخت صنعتی اثر مثبت گذاشته و از اصول ضروری آن محسوب می شود (آصفی و همکاران، ۱۳۹۶). تولید دستی عناصر ساختمانی به تدریج با روش های ساخت مکانیکی جایگزین شده اند. پیش نیاز این تحول، نظم بسیار دقیق در ابعاد عناصر و اجزایی است که به عنوان مبنا در استانداردسازی به کار می رود.

### ➤ بهره گیری از تخصص<sup>۱</sup>

بدین معنا که ساختمان به صورت قطعات و عناصر گوناگون بررسی و ساخته می شود و برای ساخت هر قطعه، متخصص مربوطه و خط تولید مخصوص آن مورد نیاز است. از سوی دیگر روش های صنعتی سازی گوناگونی وجود دارد که هر یک نیروی مجری متخصص خود را می طلبد (آصفی و همکاران، ۱۳۹۶).

### ➤ استانداردسازی<sup>۲</sup>

برای ساخت یک ساختمان با ساختار پیچیده و تعدد عناصری که دارد؛ هماهنگی کیفی و کمی دقیقی میان عناصر ساختمان با هم و روش های مونتاژ آن ها ضروری است. استانداردسازی به معنای تعریف حدود و وجوه کیفی و کمی معین برای هر قطعه ی ساختمانی است که قابل سنجش بوده و قابلیت مونتاژ در ساختمان و میان دیگر قطعات را داشته باشد (آصفی و همکاران، ۱۳۹۶).

---

<sup>۱</sup> LABOR SPECIALIZATION

<sup>۲</sup> STANDARDIZATION

## ۴) مزایای سیستم ساختمان سازی صنعتی

استفاده از روش ساخت و ساز صنعتی ساختمان با بهره‌مندی از انواع تکنیک‌ها و سیستم‌های نوین دارای مزایای متعددی است که از جمله آن افزایش کیفیت و عمر مفید ساختمان، کاهش زمان ساخت و افزایش سرعت گردش سرمایه و ... است که برخی از محققان در مطالعات خود آن‌ها را بیان کرده‌اند. در ذیل اهم مزایای صنعتی‌سازی شرح داده شده است.

### ➤ کیفیت بالا

بر اساس مطالعات موجود می‌توان کیفیت را به عنوان میزان تطابق محصول با خواسته‌های اولیه تعریف کرد. موضوع کیفیت در ساختمان در برگرفته مفاهیم کیفی مختلفی از جمله استحکام ساختمان، زیبایی، طول عمر و غیره است. بنابراین اظهار نظر درباره آن بسیار دشوار خواهد بود.

یکی از ابزارهایی که برای بررسی کیفیت استفاده می‌شود، هزینه کیفیت<sup>۱</sup> نام دارد. هزینه کیفیت به مجموعه هزینه‌هایی اطلاق می‌شود که در طول پروژه در زمینه کیفیت انجام می‌گردد و معمولاً آن را با مدل «پیشگیری، ارزیابی، شکست» مشخص می‌کنند. بر اساس این مدل، فرض بر این است که سرمایه‌گذاری در بخش‌های پیشگیری و ارزیابی (آزمایش)، باعث کاهش هزینه‌های مربوط به شکست (دوباره‌کاری‌ها و بازسازی) خواهد شد (رائین خواه و حسینی، ۱۳۹۴).

هدف اصلی برآورد هزینه‌ی کیفیت، یافتن سطح بهینه میزان هزینه در فعالیتهای پیشگیری به منظور تضمین کیفیت محصول نهایی است؛ به طوری که در آن مجموع هزینه‌های کیفیت حداقل شود. نمودار زیر نمای کلی از موضوع هزینه کیفیت را نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> Cost of quality (CoQ)

<sup>۲</sup> Prevention-Appraisal-Failure model (PAF)



با توجه به مطالعه موردی انجام شده در شهر جدید پرند تهران توسط هروی و جعفری، هزینه های شکست و دوباره کاری ها ناشی از عدم رسیدن به کیفیت مورد نظر (هزینه شکست) به میزان ۹,۳ درصد کل هزینه های اجرا است (Heravi and Jafari, 2014). این در حالی است که با استانداردسازی قطعات تولید شده و با توجه به آزمایش و نظارت مداوم روی تولید کارخانه ای یا بیرون کارگاهی، می توان این هزینه ها را به حداقل ممکن در نمودار هزینه-کیفیت رساند. در سیستم های ساختمان سازی صنعتی به دلیل اشتغال کارگران ماهر و نیمه ماهر با دامنه خاصی از کارها جهت بهبود کارایی و کاهش خطاها می توانند محصولاتی با کیفیت بالا تهیه کنند (Noraini, 2009). بنابراین یکی از مزایای اصلی صنعتی سازی، کاهش خطای انسانی و به تبع کاهش هزینه دوباره کاری در ساخت و ساز است که این موضوع کیفیت سازه را به دنبال خواهد داشت.

همچنین باید گفت این سیستم ساختمان سازی برای کشورهایمانند مالزی که باران در طی چند ماه هر ساله افزایش می یابد، مناسب است. در این سیستم قسمت های مختلف ساختمان در محیطی کنترل شده (به عنوان مثال کارخانه تولید قطعات پیش ساخته) تولید می گردد که در این محیط اثرات دمای هوا و بارش تأثیری بر روند کار و کیفیت محصول نخواهد داشت (Thanoon et al, 2003).

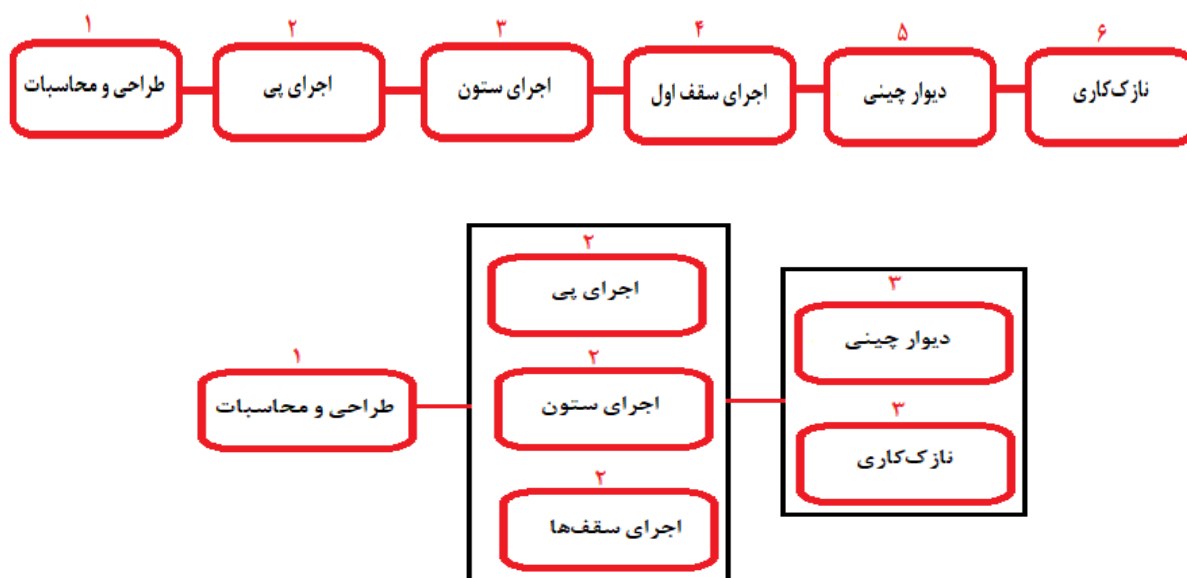
علاوه بر این، استفاده از فناوری مکانیزه و انتخاب مصالح می تواند کیفیت محصولات را بهبود بخشد (Qays et al, 2009). بنابراین در صنعتی سازی اجزایی که مشخصات و کنترل های فنی را برآورده نمی کنند، قبل از تحویل آن به کارگاه ساختمانی رد خواهند شد و همین امر بهبود کیفیت ساختمان را به دنبال دارد.

گفتنی است عمر مفید ساختمان های کنونی در کشور ایران بسیار پایین و بین ۲۵ تا ۳۰ سال برآورد شده و ادامه این روند موجب هدر رفتن سرمایه های ملی، امکانات و مصالح می شود. در صورت اجرای سیستم ساخت صنعتی، عمر مفید ساختمان ها را می توان به بیش از ۷۵ یا حتی ۱۰۰ سال رساند (رستم پور، ۱۳۸۹).

### ➤ کاهش زمان ساخت

استفاده از سیستم ساختمان سازی صنعتی به دلیل تولید پیشرفته مکانیزه و فرآیند نصب ساده، می تواند موجب تکمیل سریع پروژه ها گردد (Masod, 2005). علاوه بر این، در فرآیند تولید صنعتی از آنجا که برخی از مراحل تولید در کارخانه و به صورت موازی انجام می شود، نیازی به رعایت سلسله مراتب و زنجیره های تولیدی نیست. بسیاری از مراحل تولید می تواند همزمان و به صورت موازی انجام شود. به طوری که مهندسان و کارگران تنها این قطعات را برای نصب به محل اجرای پروژه آورده و آن ها را به هم متصل می کنند.

به عنوان نمونه در صورتی که بر تعداد طبقات ساختمانی افزوده شود، ساخت قطعات ساختمانی در طبقه بالاتر وابسته به اجرای قطعات در طبقه زیرین نیست و همین موضوع سرعت ساخت و ساز را افزایش و به تبع زمان ساخت و ساز را کاهش خواهد داد. شکل زیر مقایسه ای بین زمان اجرای ساخت در روش رایج و قدیمی با روش صنعتی سازی ساختمان را نشان می دهد.



سیستم‌های ساخت صنعتی در مرحله ساخت و اجرا بسیار سریع‌تر از روش‌های معمول ساخت هستند و زمان ساخت را بیش از ۵۰ درصد کاهش می‌دهند. بدین معنا که در صورت استفاده از روش‌های صنعتی در ساخت و ساز می‌توان در یک بازه زمانی معین، تعداد واحدهای مسکونی تکمیل شده را تا دو برابر افزایش داد. افزایش تعداد خانه‌های تولید شده علاوه بر حل سریع‌تر بحران کنونی مسکن، باعث ایجاد تعادل میان عرضه و تقاضا خواهد شد (رائین خواه و حسینی، ۱۳۹۴).

سرعت اجرای کار ساختمان در روش ابتدایی و رایج در ایران به طور متوسط ۳۴ ساعت و در کشورهای اروپایی ۲۴ ساعت برای هر مترمربع زیربنا است. در روش صنعتی با توجه به موارد مذکور زمان اجرا بین ۱۴ تا ۲۴ ساعت برای هر مترمربع برآورد شده است (رستم پور، ۱۳۸۹).

یکی از مهمترین تأثیرات افزایش سرعت ساخت، افزایش سرعت در گردش سرمایه و بازگشت سرمایه در کوتاه مدت و متناسب با شرایط اقتصادی جهت دوره‌های مختلف زمانی و شرایط جغرافیایی، اقلیمی و اجتماعی هر پروژه است.

### ➤ افزایش ایمنی در کارگاه

ایمنی در ساخت و ساز یکی از نکات برجسته در هنگام پیش تولید، ساخت و پس از ساخت و ساز است. بر اساس آمار سازمان بین‌المللی کار<sup>۱</sup> سالانه حداقل ۶۰ هزار نفر در سراسر جهان در پروژه‌های عمرانی جان خود را از دست می‌دهند و صدها هزار نفر مجروح یا دچار صدمه جدی می‌شوند (رائین خواه و حسینی، ۱۳۹۴). یکی از راهکارها برای کاهش میزان حوادث، جایگزینی فعالیت‌های پرریسک کارگاهی با فعالیت‌های با ریسک کمتر در کارخانه با محیط کنترل شده و ایمن است (Romeroa et al, 2014). صنعتی‌سازی ساختمان به دلیل به حداقل رساندن تعداد کارگران، مصالح و ضایعات در کارگاه ساختمانی می‌تواند محیط کاری ایمن و منظم ایجاد کند. از این رو حوادث ناشی از ساخت و ساز را به حداقل می‌رساند.

<sup>1</sup> International Labour Organization (ILO)

## ➤ حفاظت از محیط زیست

افزایش بهره‌وری از منابع طبیعی، کاهش نخاله‌های ساختمانی و بهینه شدن مصرف انرژی در ساختمان‌ها از مهم‌ترین تأثیرات صنعتی‌سازی روی محیط زیست هستند. صنعت ساخت و ساز به همراه صنایع غذایی یکی از بزرگترین مصرف‌کنندگان مواد اولیه کره زمین هستند. بر اساس آمار انستیتو نظارت جهانی<sup>۱</sup> بیش از ۴۰ درصد سنگ، شن و ماسه، ۲۵ درصد از چوب و ۱۶ درصد از آب مورد استفاده سالانه در جهان در صنعت ساختمان مصرف می‌شود. همچنین بر اساس تخمین این انستیتو سهم ساختمان‌ها از کل مصرف سالانه انرژی در جهان برای کشورهای عضو OECD بین ۲۵ تا ۴۰ درصد است (Dimoudi, 2008). این در حالی است که این مصرف در کشور ایران بسیار بالاتر از میانگین جهانی است.

استفاده از سیستم‌های ساختمان‌سازی صنعتی در پروژه‌ها می‌تواند مکان‌های تمیز و ایمن‌تری را به دلیل ذخیره سیستماتیک قطعات و تحویل به موقع مصالح فراهم کند. علاوه بر این، مصالح ساختمانی در محل و ضایعات ناشی از انجام عملیات در کارخانه را کاهش می‌دهد و قابلیت استفاده مجدد و بازیافت مصالح در مراحل اولیه تولید را فراهم می‌کند (Masod, 2005).

بر اساس مطالعات مرکز پژوهش‌های مجلس، ساخت و ساز به روش رایج و معمول در کشور، به طور متوسط حدود ۱.۳۴ تا ۱.۶۴ تن نخاله را به ازای هر متر مربع ساختمان ایجاد می‌کند که هشدار پیامدهای زیست محیطی را به همراه دارد (مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۹۱).

طی تحقیقی که سال ۲۰۰۶ در کشور مالزی انجام شد ۷۳ درصد از نخاله‌های تولیدی در روش صنعتی در محل تولید باز مصرف و بازیافت شده است. بر اساس نتایج این تحقیق منافع حاصل از کاهش تولید زباله و بازیافت آن چیزی در حدود ۲,۵ درصد بودجه‌ی پروژه خواهد بود (رائین خواه و حسینی، ۱۳۹۴).

با به کارگیری روش صنعتی‌سازی ساختمان، گرد و غبار و ذرات معلق در کارگاه ساختمانی به دلیل پیش‌ساخته‌سازی قطعات در کارخانه کاهش می‌یابد؛ بنابراین باعث کاهش آلودگی هوا در محل ساخت می‌شود. همچنین ممکن است سر و صداهای

<sup>1</sup> World Watch Institute

در محل به حداقل برسد؛ زیرا دیگر نیازی به ساخت داربست و کارگاه قالب سازی و پیاده سازی آنها نیست ( Qays et al, 2009).

از سوی دیگر با توجه به قابلیت نصب عایق‌های مختلف در حین ساخت، روش صنعتی می‌تواند از هدررفت انرژی در واحدهای مسکونی جلوگیری کند. بر اساس نتایج مطالعه انجام شده در کشور عراق در سال ۲۰۱۵ سیستم‌های ساخت صنعتی با عایق‌بندی درست می‌توانند تا ۵۴ درصد در کاهش مصرف انرژی و جلوگیری از هدر رفت موثر باشند. این میزان برابر با ۱۸ درصد از کل انرژی تولیدی سالیانه این کشور است (Ammar and Abbood, 2015).

### ➤ کاهش هزینه کلان اقتصادی

هزینه صنعتی‌سازی ساختمان را از دو دیدگاه می‌توان مورد بررسی قرارداد. دیدگاه اول در خصوص تأثیر 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 است.

صنعتی‌سازی به صورت کلان بر افزایش راندمان تولید مسکن در سطح کشور، افزایش عمر مفید، کاهش نخاله‌های ساختمانی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، برقراری تعادل بین عرضه و تقاضا و هزینه نگهداری تأثیر مثبت دارد و برخی از سازندگان مسکن اعلام می‌کنند که استفاده از سیستم‌های نوین ساختمانی کم هزینه‌تر خواهد بود.

در صورتی که با دیدگاه قیمت تمام شده به موضوع نگاه شود، بررسی برخی از مطالعات به افزایش ۷ الی ۱۰ درصدی در هزینه تمام شده با این روش اشاره دارند. این روش شاید به دلیل عدم ساخت و ساز به تعداد انبوه، توجیه اقتصادی نداشته باشد یا آنکه منافع حاصل از سیستم‌های نوین ساختمانی از جمله کیفیت بالاتر، کاهش هدررفت مصالح، افزایش سرعت ساخت، ایمنی بیشتر و مسائل محیط‌زیستی در محاسبه هزینه‌ها تأثیر داده نشده است. البته ذکر این نکته حائز اهمیت است در ابتدای برنامه صنعتی‌سازی، هزینه‌ها بالاست و تا زمانی که پیمانکاران و عموم جامعه با این روش آشنا نشوند نقطه بهینه هزینه‌کرد، حاصل نخواهد شد.



## ➤ استفاده از نیروی کار متخصص

یکی دیگر از مزایای صنعتی سازی مسکن، بهبود شرایط استفاده از نیروی کار تحصیل کرده و متخصص است که با در نظر گرفتن وجود نیروی کار جوان بالقوه تحصیل کرده طبیعی است. به همین دلیل این روش اهمیت دو چندان پیدا می کند. با توجه به روند رو به رشد سطح تحصیلات اقشار جامعه، در بلندمدت بازار تولید ساختمان های با روش معمول با کمبود نیروی کار ساده مواجه خواهد شد؛ چرا که نیروی کار تحصیل کرده دیگر مایل نخواهد بود به عنوان یک کارگر ساده نسبت به ساخت و اجرای ساختمان مبادرت ورزد.

بر اساس آخرین نتایج آمار نیروی کار، جمعیت فارغ التحصیل و دانشجویان کشور ۱۳ میلیون و ۱۵۱ هزار و ۳۹۲ نفر اعلام شده است که از کل این جمعیت حدود ۷ میلیون و ۶۰۰ هزار نفر معادل ۵۷,۷ درصد جمعیت فارغ التحصیل یا در حال تحصیل در گروه جمعیت بیکار قرار دارند و از ظرفیت اقتصادی آنها استفاده نمی شود.

بدین ترتیب در صورت گسترش روش های صنعتی، لزوم آموزش نیروهای شاغل مجرب و تحصیل کرده در این صنعت نیز امری بدیهی و الزامی خواهد بود و این اقدام به ساخت اصولی و با کیفیت بالای مسکن و افزایش اشتغال در کشور کمک بسزایی خواهد کرد.

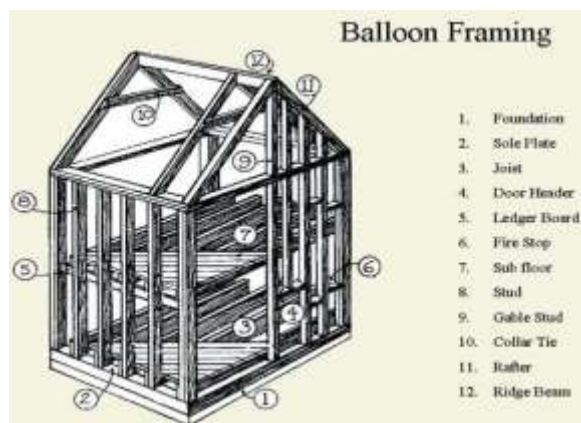
## ۵) تاریخچه صنعتی سازی در جهان

به طور کلی تلاش برای صنعتی کردن تولید ساختمان را می توان به سه دوره تاریخی تقسیم بندی کرد:

### دوره اول

ایده تهیه قطعات پیش ساخته به قرن هفدهم بر می گردد. بریتانیایی های مقیم آمریکا، از دیوارهای پیش ساخته متشکل از قاب های چوبی، استفاده می کردند؛ چرا که به راحتی در داخل انبار کشتی ها جا داده شده و قابل حمل بودند. آن ها زمان محدودی از لحظه رسیدن کشتی به مهد تمدن جدید تا شروع فصل سرما برای ساخت مسکن فرصت داشتند؛ لذا می بایست در کوتاه ترین مدت و با حداقل زحمت می توانستند سرپناهی برای خود تهیه کنند. این وضعیت اضطراری به پیدایش سیستمی آمریکایی معروف به قاب چوبی (Ballon Frame) منجر شد که تا امروز هم کاربرد دارد.

در ادامه وقوع انقلاب صنعتی در اواسط قرن هجدهم، زمینه ساز بسیاری از تحولات صنعتی و ماشینی شدن سیستم های تولیدی شد. در این سال ها، تأمین آهن به روش صنعتی میسر گردید و از آن به عنوان ماده ای تازه جهت ساخت ماشین آلات به کار گرفته شد. در سال ۱۷۸۰ آهن به عنوان ستون چدنی جهت ساخت کارخانجات و لزوم استفاده از دهانه های بزرگ جهت تولید صنعتی مطرح و در سال ۱۸۵۰ پیشنهاد استفاده از اسکلت فلزی در ساخت خانه های مسکونی عملیاتی گردید (رستم پور، ۱۳۸۹).



با وجود آنکه تئوریسین‌هایی چون آلبرت بمیس<sup>۱</sup> در آمریکا، نیوفرت<sup>۲</sup> در آلمان و پژوهشگرانی چون دالبرگ<sup>۳</sup> و برگ وال<sup>۴</sup> در سوئد ظهور کردند؛ تا دوران پس از جنگ جهانی دوم پیشرفت اساسی در این زمینه آغاز نگردید (رستم پور، ۱۳۸۹).

## دوره دوم

با پایان یافتن جنگ جهانی دوم، اولین موضوعی که کشورها را به خود مشغول کرد بازسازی ویرانی‌های حاصل از این جنگ بود. وسعت و تعداد بالای واحدهای مسکونی تخریب شده و بی‌خانمانی تعداد زیادی از افراد، دولت‌ها را به فکر راهکاری برای تسریع در امور ساخت و ساز انداخت.

در همین راستا مهندسان اروپای غربی، گروه طراحی اروپا<sup>۵</sup> را متشکل از پنج کشور بریتانیا، آلمان، فرانسه، ایتالیا و سوییس تأسیس کردند و مشغول پژوهش در زمینه صنعتی‌سازی ساختمان شدند. از سال‌های میانی دهه ۵۰ قرن بیستم، تشکلهای صنعتی آغاز به کار کردند و در سال‌های پایانی دهه شصت و اوایل دهه هفتاد به اوج خود رسیدند.

این دوران با تأسیس کارخانجات بسیار بزرگ جهت تولید قطعات ساختمان با بهره‌گیری از سیستم‌های متنوع آغاز شد و به نیازهای فیزیکی کشورهای مختلف پاسخ گفت. بر این اساس با توجه به کاربرد مصالح سنگین و پرحجم مانند بتن و سیستم‌های ساختمانی بسته<sup>۶</sup>، روش صنعتی در تقابل با فردگرایی و لیبرالیسم غرب قرار گرفت و به تدریج از اواخر دهه ۶۰ میلادی توجه به تولید ساختمان به این روش کاهش یافت.

## دوره سوم

دوره سوم یا مرحله فراصنعتی از اوایل دهه ۷۰ میلادی قرن بیستم آغاز گردید. در این مرحله سعی بر آن بود تا همزمان با تولید ساختمان به روش صنعتی، سیستم باز<sup>۷</sup> نیز معرفی گردد تا براساس آن قطعات و اجزای ساختمان به صورت نامحدود تولید و طرح‌های متنوعی جهت پاسخگویی به نیازهای گوناگون افراد ایجاد گردد. سیستم‌های ساخت باز به سیستم‌هایی

<sup>1</sup> Albert Bemis

<sup>2</sup> Neufert

<sup>3</sup> DALBERG

<sup>4</sup> BERG WALL

<sup>5</sup> EUROPE DESIGN

<sup>6</sup> Closed

<sup>7</sup> Open System

اطلاق می شود که در آن امکان به کارگیری عناصر ساختمانی دیگر در آن وجود دارد و می تواند ظرفیت طیف وسیعی از واحدهای تولیدی را به کار گیرد. مانند: انواع قاب های بتنی، فلزی، انواع LSF<sup>1</sup> و...

در مرحله فراصنعتی استفاده از مصالح سنگین ساختمانی مانند بتن سنگین در تولید ساختمان کاهش یافت و تکنولوژی ساختمان سازی بر مبنای استفاده از مصالح ساختمانی سبک متحول گشت (رستم پور، ۱۳۸۹).

در روش صنعتی، کارخانه ای بزرگ در هر منطقه جغرافیایی واقع شد و به طور کلی بازار تولید ساختمان به روش صنعتی، تبدیل به بازار رقابتی گشت و در آن هر یک از شرکت ها سعی در ارائه ابتکارات خود در چارچوب مشخص کردند. سیستم ایمبکس<sup>۲</sup> با کاربرد وسیع در ساخت ساختمان های سریع و موقت، نمونه ای از نوآوری های اخیر در صنعت ساختمان است. در مرحله فراصنعتی با کاربرد سیستم باز در مقایسه با مرحله صنعتی، مصالح و قطعات ساختمانی سبک تر، تنوع در تولید و به تبع حق انتخاب افراد در گزینش ساختمان، بیشتر و نقش اتوماسیون و کامپیوتر در ایجاد سیستم های ساختمانی بهینه و مصالح و قطعات ساختمانی افزایش یافته است (رستم پور، ۱۳۸۹).

در همین خصوص لوکوربوزیه در کتاب خود با عنوان «به سوی معماری نوین» آورده است: «دوران جدیدی آغاز شده است. خانه سازی یک مشکل در زمان ماست و توازن ساختار اجتماعی ما به حل آن بستگی دارد. لذا صنعت باید توانایی هدایت ساختمان سازی و تولید انبوه عناصر مجزای ساختمان را داشته باشد» (آصفی، ۱۳۹۶).

این بیانیه ها و تلاش های کنگره بین المللی معماری مدرن (CIAM) بی تأثیر نماند و اثرات شگرفی در ساختمان سازی قرن بیستم ایجاد کرد. چنانکه سهم ساختمان سازی صنعتی در جهان نسبت به حجم کل ساختمان سازی به سرعت رشد پیدا کرد. برای مثال این سهم در آلمان، فرانسه، سوئد، ژاپن، روسیه و بریتانیا بین ۲۰ تا ۸۰ درصد رسید (آصفی، ۱۳۹۶).

ژاپن به عنوان یکی از پیشگامان صنعتی سازی از جمله نخستین کشورهایی است که مسکن را به روش صنعتی تولید کرد. ژاپن برای رسیدن به اهداف خود در زمینه صنعتی سازی مسکن برنامه ریزی های متعددی انجام داد به عنوان نمونه با تأمین وام بلند مدت بانکی با شرایط مناسب، بستر ایجاد کارخانه های انبوه سازی مسکن را فراهم کرد.

<sup>1</sup> Lightweight Steel Frames

<sup>2</sup> IBEX

<sup>3</sup> Congrès internationaux d'architecture moderne

## ۶) وضعیت ایران در صنعتی سازی ساختمان

در ایران از سال ۱۳۳۰ تاکنون در جهت تولید ساختمان به روش های صنعتی بارها اقداماتی بعمل آمده است. کارخانه های خارجی زیادی با صرف هزینه های کلان سرمایه گذاری کرده و وارد کشور شدند. کارخانه تولید قطعات پیش ساخته در سال ۱۳۳۰ توسط سازمان مسکن آغاز به کار کرده و «شرکت کوی کاد نارمک» با نظارت بانک ساختمانی<sup>۱</sup> با عناصر پیش ساخته این کارخانه بنا شد. به دنبال آن کارخانه خانه سازی ریما سال ۱۳۳۴ تحت لیسانس انگلستان احداث گردید (رستم پور، ۱۳۸۹).

در سال ۱۳۵۱ تعداد هفت کارخانه با تکنولوژی اتحاد شوروی توسط دولت وقت ایران تأسیس و در شهرهای مختلف به نام خانه سازی لویزان، خانه سازی باختران و غیره به تولید رسیدند. در مجموع بیست کارخانه سازنده قطعات بتنی و بیش از صد کارخانه سازنده اجزای پیش ساخته ساختمان پیش از انقلاب به کشور وارد گردید.

وجود این حجم از کارخانه ها در تأمین نیازهای مربوط به تولید مسکن بسیار ناچیز بوده و اگرچه دولت در ایجاد واحدهای مسکونی از تکنولوژی صنعتی استفاده نموده؛ اما به دلیل سهم ناچیز در تولید مسکن و عدم استفاده وسیع از ظرفیت های تولید انبوه، استفاده از تکنولوژی پیشرفته در تولید مسکن محدود ماند (عیسی خانی و مومنی، ۱۳۹۱).

شهرک های اکباتان، آپادانا و قدس (غرب) نمونه هایی از صنعتی سازی در ایران است که در سال های پیش از انقلاب اجرا شده اند.



<sup>۱</sup> بانک ساختمانی از جمله موسسات مالی فعال در صنعت ساختمان بود که بر طبق قانون اعطای اختیارات، مصوب بیستم مرداد ماه ۱۳۳۱، در دولت محمد مصدق تأسیس شد.

پس از انقلاب نیز در سال ۱۳۷۸ تعداد ۱۱ واحد تولیدکننده قطعات سنگین بتنی، ۱۵ واحد تولیدکننده قطعات سبک ساختمانی، ۴ واحد تولیدکننده صنایع و تجهیزات قالب بندی و مابقی تولیدکننده قطعات فلزی سنگین و پوشش های سقف در کشور مشغول به فعالیت بودند.

مسکن مهر نخستین تجربه کشور در صنعتی سازی ساختمان پس از انقلاب بود. پروژه ۵۴۰۰ واحدی فاز ۵ و پروژه ۱۱۰۰ واحدی فاز ۳ پرند از نمونه های اولیه این سیستم ساخت و ساز بوده است.



در حال حاضر با تمام مزایای موجود در کشور تاکنون تنها دو الی چهار درصد از حجم ساخت و سازها به صنعتی سازی اختصاص داده شده است. در حالی که این شاخص در سایر کشورها بین ۲۰ تا ۸۰ درصد متغیر است (رستم پور، ۱۳۸۹). ذکر این نکته حائز اهمیت است که با گذشت نزدیک به ۷ دهه از ورود سیستم صنعتی سازی به کشور، همواره اصول کلی سیستم به بیگانگان وابستگی داشته و کارشناسان و متخصصین ایرانی در طراحی و ایجاد سیستم پیش ساخته مداخله بنیادی نداشته اند.

در واقع به جای تقلید سطحی از غرب، مسئولان باید سیر تحولات مربوط را در آن کشورها با توجه به شرایط فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی به وجود آورنده آن ها و در رابطه با سازمان صنعت ساختمان آن کشورها مورد مطالعه قرار داده و با هدف درک اندیشه و مفاهیم اساسی، بدنبال یافتن فرمول ها و راهکارهایی متناسب با شرایط کشور، آداب و رسوم و حتی مناطق آب و هوایی باشند.

در حال حاضر صنعتی سازی ساختمان در کشور عمدتاً در ساخت سازه های بتنی با قطعات پیش ساخته و بکارگیری پانل ها و بلوک های جدید، استفاده از تجهیزات نوین تأسیساتی و غیره به صورت محدود انجام می شود. بنابراین صرف ساخت بخشی از قطعات در کارخانه ها و استفاده محدود از آن ها به روند شکل گیری ساخت صنعتی کمکی نخواهد کرد. علاوه بر این کشور برای دستیابی به حرف واحد نیازمند مقررات و آیین نامه هایی جهت کنترل ساختمان های ساخته شده با این سیستم است.

به طور کلی دستیابی به صنعتی سازی ساختمان فرآیندی نسبتاً زمان بر است که با سیاست گذاری، هدف گذاری، برنامه ریزی، تدوین قوانین مناسب و مدیریت هماهنگ صنایع وابسته، میسر خواهد شد. در این راستا لازم است همزمان با انجام طرح های پژوهشی کاربردی در کشور، سیستم ها و فناوری های مطرح روز دنیا نیز مورد بررسی دقیق قرار گرفته و امکان سنجی بومی سازی و حصول اطمینان از قابلیت انطباق آن ها با الگوهای ساخت و ساز متداول در کشور انجام شود.

برای رسیدن به این هدف در برنامه چهارم توسعه کشور، حرکت به سمت تولید صنعتی ساختمان به عنوان یک راهبرد اصلی پیش بینی گردید و به استناد بند «د» تبصره ۶ قانون بودجه سال ۱۳۸۶ که هم اکنون تبدیل به «قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن: مصوب سال ۱۳۸۷» شده، کشور باید به سمت صنعتی سازی ساختمان گام بردارد.

## ۷) چالش های صنعتی سازی در ایران

بر اساس تجارب سال های گذشته، تلاش برای صنعتی سازی در کشور بدون سیاست گذاری مناسب و عدم توجه به حل مشکل به صورت بنیادی و توسعه پایدار همواره با شکست مواجه شده است. از آنجایی که صنعتی سازی فرآیندی زمان بر بوده و برخی از ذینفعان سود خود را در عدم بکارگیری این سیستم در کشور می بینند، با موضع گیری های مخالف موجب تأخیر و حتی مسکوت ماندن اجرای آن خواهند شد.

بنابراین سیاست های کلان باید به گونه ای تدوین گردد که با استفاده از ابزارهای حاکمیتی، دو بخش افزایش تولید مسکن و مهار سوداگری بصورت توأمان مورد توجه قرار گیرد. در غیر این صورت اتخاذ راهکارهای ناقص و کوتاه مدت، مشکلات موجود بر سر راه تولید مسکن را بحرانی تر خواهد کرد.

نیاز به سرمایه گذاری اولیه بالا، سوداگری در بخش زمین، نقص و عدم انسجام در سیاست گذاری های کلان کشور، کمبود دانش فنی و آشنایی و تجربه کم پیمانکاران و مردم جامعه با روش های صنعتی به عنوان اصلی ترین چالش های سیستم صنعتی سازی ساختمان ارائه می شوند.

### ❖ نیاز به سرمایه اولیه بالا

بهره گیری از یک فناوری جدید همواره با هزینه های مختلفی از جمله مطالعات جامع، نمونه سازی و آزمایش های متعدد، آموزش و ... همراه بوده و از آنجا که در ابتدای ظهور آن، میزان تقاضا کم است، معمولاً در ابتدای کار هزینه بیش تری هم از لحاظ زمانی و هم از لحاظ مالی نسبت به روش های معمول دارد.

از طرف دیگر استفاده از روش صنعتی، منابع مالی زیادی را به عنوان سرمایه اولیه برای هزینه ساخت کارخانه، واحد خدمات و پشتیبانی، آزمایشگاه های سازه مجهز و خرید ماشین آلات و تجهیزات خاص، خرید قالب ها و هزینه سیستم های کنترلی و هدایت خودکار، نیاز خواهد داشت (Abedi et al, 2011).



از این رو عدم سرمایه‌گذاری در بخش صنعتی‌سازی مسکن را می‌توان از دو زاویه مورد بررسی قرار داد. دیدگاه اول عدم سرمایه‌گذاری ناشی از نبود منابع مالی در کشور است. در این حالت راه‌حل‌های موجود شامل حمایت مالی دولت از سازندگان به عنوان تأمین‌کننده سرمایه و همچنین موضوع جذب سرمایه خارجی خواهد بود (رائین خواه و حسینی ۲، ۱۳۹۴). در صورتی که از زاویه دیگری به این مطلب توجه شود، می‌توان عدم سرمایه‌گذاری در بخش مسکن را ناشی از ریسک بالای آن برای سرمایه‌گذاران دانست. به عبارت دیگر وجود ریسک پایین در ساخت مسکن به روش قدیمی و همچنین بازدهی مناسب آن برای سرمایه‌گذاران، حتی سرمایه‌افراد غیر متخصص نیز به استفاده از روش قدیمی جذب شده است. استفاده از مصالح نوین و ابزارهای صنعتی، به افزایش قیمت تمام شده مسکن منجر می‌شود، لذا تقاضا برای ساختمان‌هایی که از این مصالح و امکانات استفاده می‌کنند به دلیل پایین بودن قدرت خرید خانوارها، عموماً پایین بوده و به تبع آن سازندگان نیز تمایل کمتری به استفاده از این روش خواهند داشت.

#### ❖ زمین سهم عمده هزینه ساختمان را دارد

به طور کلی می‌توان اینطور بیان کرد که در کشور، هزینه‌های تولید ساختمان به دو بخش کلی «قیمت خرید زمین» و «هزینه ساخت» شامل طراحی، تأمین مصالح ساختمانی، دستمزد کارگران، صدور پروانه و ... تقسیم می‌شود. بر اساس آمارهای رسمی به طور میانگین حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد از قیمت تمام شده واحدهای مسکونی مربوط به زمین است. بنابراین در ساخت‌وسازها عامل اصلی تشکیل دهنده قیمت مسکن، قیمت زمین است و از آنجا که به دلیل سوداگری در بخش مسکن، طی سال‌های متمادی قیمت زمین افزایش قابل توجهی داشته، قیمت مسکن نیز همراه با این مولفه بالا خواهد رفت.

به عنوان نمونه طبق داده‌های وزارت راه و شهرسازی، طی دوره ۱۳۷۱-۱۳۹۴ در شهر تهران، بهای زمین ۱۲۸ برابر و مسکن ۸۸ برابر شده است (معاونت امور اقتصادی وزارت امور اقتصادی و دارایی، ۱۳۹۶). همچنین براساس گزارش مرکز آمار، قیمت فروش یک مترمربع زمین یا زمین ساختمان مسکونی کلنگی در بهار ۱۳۹۸ نسبت به بهار ۱۳۹۷ در شهر تهران ۱۷۴٫۶ درصد رشد یافته؛ در حالی که این رشد برای قیمت یک مترمربع واحد مسکونی ۱۰۹٫۶ درصد بوده است.

بنابراین در شرایطی که ۶۰ درصد قیمت ساخت را زمین، حدود ۲۰ درصد آن را مصالح و کل هزینه های مربوط به مطالعه، طراحی، اجرا چیزی در حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد هزینه تمام شده ساختمان را به خود اختصاص می دهند. هزینه های ساختمانی که با صنعتی سازی قابل کاهش و برنامه ریزی است، به دلیل تأثیر زیاد قیمت زمین در قیمت نهایی ساختمان عملاً میزان زیادی نخواهد شد و به همین علت مزایای اقتصادی استفاده از روش های صنعتی کم رنگ شده و انگیزه مالی برای ترغیب خریداران ایجاد نمی گردد. به عبارت بهتر تا زمانی که سوداگری در زمین موجب رشد غیرمنطقی قیمت مسکن گردد؛ رقابت برای تولید با کیفیت و قیمت مناسب برای مصرف کنندگان نهایی معنایی نخواهد داشت.

### ❖ عدم سیاست گذاری های کلان

یکی از حلقه های اصلی در فرآیند برنامه ریزی سیستم، سیاست گذاری است. جایگاه سیاست گذاری پس از تدوین اهداف و قبل از برنامه عملیاتی است (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۹). به طور کلی در بخش سیاست گذاری صنعتی سازی ساختمان رویکرد باید تغییر کفه ترازو باشد.

به منظور دستیابی به این رویکرد تدوین و نگارش طرح جامع صنعتی سازی در کشور توسط دستگاه های ذیربط امری ضروری است و در این راستا مهم ترین حمایت دولت، تشویق و ارائه راهکارهایی در جهت اجرای صحیح و اصولی ساختمان های با کیفیت و دوام مطلوب است و در مقابل افزایش تدریجی هزینه ساخت برای سازندگانی که از روش معمول و قدیمی استفاده می کنند.

به عبارت دیگر سیاست گذاری درست و مناسب توسط حاکمیت، سازندگان را به تولید ساختمان بر اساس اهداف توسعه بخش مسکن مانند سیستم های صنعتی ساختمان هدایت می کند و همین امر توان رقابت با سیستم های رایج و ابتدایی را به این نوع از ساخت و ساز خواهد داد.

از طرف دیگر، ضروری است جهت هماهنگی و ایجاد حرف واحد بین دستگاه ها و ذینفعان در امور بخش ساختمان، شورا یا مجموعه ای ایجاد گردد. به همین منظور تصمیم گیری های نهایی، تحقیق و توسعه و حتی قوانین مورد نیاز زیر نظر آنها فرآیند خود را طی خواهد کرد و به مرحله اجرا می رسد.

به عنوان مثال در کشور چین در سال ۱۹۹۸، مرکزی با عنوان مرکز توسعه صنعتی سازی مسکن<sup>۱</sup> در وزارت مسکن و توسعه شهری و روستایی آن کشور به منظور افزایش کیفیت ساختمان های مسکونی با استفاده از صنعتی سازی ایجاد شد. در سال ۱۹۹۹، هشت مرکز از شورای دولتی به منظور ارتقاء کیفیت مسکن، صدور سند رسمی را در دست گرفتند. این مرکز در ادامه با راهنمایی از برخی آژانس های همکاری بین المللی ژاپنی متخصص در زمینه تکنولوژی های ساختمان اقدام به تهیه استانداردها و مدارک فنی مختلفی نمود. در نهایت با استفاده از کمک های فنی خارجی موفق به تعریف خط مشی «سیستم گواهینامه ی عملکردی ساختمان های مسکونی» در این کشور شد که این موضوع موجب بهبود وضعیت ساخت و ساز در چین شده است (Zhang et al, 2014).

گفتنی است در کشور راهبری صنعتی سازی به مرکز تحقیقات راه و ساختمان و مسکن واگذار شده است تا فناوری های نوین ساختمانی را با توجه به شاخص های فنی و قانونی تأیید و نسبت به ترویج و توسعه این فناوری ها اقدام نماید.

با این وجود علی رغم انجام اقداماتی به منظور رونق صنعتی سازی ساختمان در کشور؛ این مهم به خوبی تحقق نیافته و روند ساخت و ساز بیانگر عدم پیشرفت مناسب و قدرتمند در این حوزه است. گواه بر این مدعا گزارش جلسه دوم شورای راهبردی صنعتی سازی ساختمان در تاریخ ۲۲ خرداد ۱۳۹۸ است که می گوید: "ایران در نسل سوم ساختمان سازی و صنعت ساختمان قرار دارد؛ در حالی که دنیا در نسل ششم بوده و در سال آینده به نسل هفتم ساختمان سازی وارد می شود."

علاوه بر این، جامعه ی صنعتی ساخت و ساز به ویژه دستگاه های دولتی برای برنامه ریزی و تعیین استراتژی، به اطلاعات جامع و کاملی نیاز دارند. بررسی ها نشان می دهد که اطلاعات موجود درباره ی تولیدکنندگان واحدهای صنعتی ساختمان نه تنها به روز نبوده، بلکه از نوعی نابسامانی در آن حکایت دارد و اطلاعات موجود اعتبار لازم را ندارند.

از طرفی واژه هایی که در سیستم های نوین مورد استفاده قرار می گیرند. معمولاً تعاریف مشخص و استاندارد ندارند و بنا به تعبیر متفاوتی که از آن می گردد، بکار برده می شوند. بنابراین برای دستیابی به بانک اطلاعاتی منسجم و معتبر، لازم است واژه شناسی و طبقه بندی درستی از تعاریف ارائه شود (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۹).

<sup>1</sup> Housing Industrialization Promotion Centre

<sup>2</sup> China's residential house performance certification system

### ❖ عدم تولید انبوه واحدهای مسکونی صنعتی

صنعتی سازی ساختمان هنگام ساخت پروژه های بزرگ و در انبوه سازی ها مورد استفاده قرار می گیرد و در واقع در ابعاد کوچک و مساحت های کم، بصره و اقتصادی نیست.

علاوه بر این محدودیت که در واقع یک محدودیت کلی و جهانی است در داخل کشور هم ضعف هایی وجود دارد که به نظر بزرگترین آن ها عدم صندوق سرمایه گذاری (تجمیع سرمایه)، کمبود شرکت های ساختمانی بزرگ و نبود امکانات لازم برای سرمایه گذاری های کلان در بخش ساختمان است.

در حال حاضر عمده واحدهای مسکونی کشور به دست نیروهای غیرمتخصص ساخته می شود و شرکت های ساختمانی و مهندسان نقش بسزایی در ساخت و ساز مسکن ندارند؛ به همین دلیل می توان گفت شرایط لازم برای سرمایه گذاری شرکت های ساختمانی فراهم نیست (سایت سهم الدینی، ۱۳۹۵).

### ❖ کمبود دانش و تجربه پیمانکاران، کارگران و جامعه

بر اساس بررسی های صورت گرفته، نیروی کار جامعه به تدریج به سمت اخذ تحصیلات عالی می رود و به همین دلیل در بلندمدت بازار تولید ساختمان های با روش قدیمی با کمبود نیروی کار ساده و اجرایی مواجه خواهد شد. مسئله ای که در حال حاضر کشور با آن روبرو شده است و عمده نیروهای شاغل ساختمانی از کشورهای همسایه (افغان) هستند. چرا که نیروی کار تحصیل کرده خود را مناسب کار در فعالیت های سخت و به عنوان کارگر ساده تصور نمی کند. از طرف دیگر استفاده از کارگران مهاجر و بدون آموزش در کشور علاوه بر مسائل و مشکلات فرهنگی و اجتماعی، باعث خروج سرمایه و ارز از کشور می گردد. این در حالی است که اجرای ساختمان با روش صنعتی و تکنولوژی های جدید نیاز به نیروهای مجرب و آموزش دیده دارد که دانشگاه ها و مراکز آکادمیک داخل کشور به علت فشرده بودن سرفصل های دوره کارشناسی و یا حتی کارشناسی ارشد، معمولاً اطلاعاتی از صنعتی سازی ساختمان و فرآیندهای آن در اختیار فارغ التحصیلان قرار نمی دهند.

همچنین جهت ایجاد اطمینان، اعتماد و رشد اطلاعات در بین جامعه و تقاضای مصرفی، فرهنگ سازی و آموزش نقش بسزایی را ایفا می کند. این رشد اطلاعات موجب می شود که افراد جامعه بتوانند به راحتی کیفیت ساخت مسکن را تشخیص دهند و واحدهای مسکونی مناسب خود را انتخاب کنند.

پذیرش کلی جامعه تنها در صورت آگاهی از ویژگی ها و اثرات مثبت فناوری های جدید در کوتاه مدت و بلند مدت و درک جامع آن امکان پذیر خواهد بود. معرفی و آگاهی از عواملی همچون مقاومت در برابر زلزله، سرعت در اجرا و کاهش وزن که از اهداف تولید صنعتی است، اقبال عمومی را در جذب پدیده های نوین در ساختمان سازی افزایش خواهد داد.

### ❖ قیمت پایین حامل های انرژی

بسیاری از کارشناسان، صنعتی سازی ساختمان را یکی از الزامات اصلاح ساخت و ساز مسکن در کشور عنوان می کنند و یکی از دلایل بی توجهی به این نوع ساخت و ساز را قیمت پایین انرژی و عدم تمایل سازندگان و مردم به صرفه جویی می دانند (رائین خواه و حسینی ۲، ۱۳۹۴).

با صنعتی سازی ساختمان هزینه های مصرف انرژی به شکل قابل توجهی کاهش پیدا می کند. اما در شرایطی که هزینه انرژی در ساختمان ها بسیار اندک است، سازندگان تمایلی به ساخت خانه به روش صنعتی ندارند. در حال حاضر ارزان بودن قیمت انرژی انگیزه سازندگان را جهت ساخت و عرضه واحدهای مسکونی صنعتی و با کیفیت بالا، کاهش داده است.

همین موضوع موجب شده تا کفه ترازو به سمت ساخت و ساز به روش قدیمی باشد و مادامی که این مسئله حل نشود تقاضای ساختمان های ساخته شده به روش صنعتی بالا نخواهد رفت و اصلاً رقابت بین این دو نوع روش ساخت معنایی نخواهد داشت.

## ۸) راهبردهای گسترش صنعتی سازی ساختمان در کشور

تلاش برای پیشرفت در حوزه ساخت و ساز و ورود روش های نوین ساخت به کشور مستلزم تغییر رویکرد مسئولان و آحاد جامعه است. علاوه بر این اتخاذ سیاست های مطلوب و کارآمد می تواند در تسریع این موضوع کمک کند. در ذیل برخی از این سیاست ها و راهبردهایی که می تواند کفه ترازو را به نفع صنعتی سازی تغییر دهد شرح داده شده است:

### ۱- سیاست کنترل قیمت زمین در کشور

همانطور که گفته شد، به دلیل آنکه زمین بیش از ۶۰ درصد هزینه ساختمان را تشکیل می دهد، ساخت و ساز به روش صنعتی تأثیر چندانی در کاهش قیمت مسکن و افزایش دسترسی مردم برای خرید را ندارد؛ از این رو سازندگان برای ساخت و ساز به روش های نوین چندان رغبت ندارند.

یکی از عواملی که نقش تعیین کننده ای در قیمت زمین دارد، رونق بازار مسکن و سرعت ساخت و ساز است. در هر دوره ای که بازار مسکن رونق یافته، قیمت زمین نیز بالا رفته است. زمانی که انگیزه افراد برای سرمایه گذاری در بخش زمین و مسکن افزایش می یابد، میل سوداگری در بازار مسکن ابتدا روانه بازار زمین می شود، از این رو است که جهش قیمتی زمین همواره بیشتر از رشد قیمتی ساختمان در بازار مسکن است.

علاوه بر این، به دلیل محدود بودن زمین در کشور (عرضه ثابت)، در صورت فزونی تقاضا بر عرضه، قیمت آن افزایش می یابد. در صورتی که دولت ها در جهت حذف قیمت زمین از قیمت مسکن گام بردارند و از زمین های عمومی برای ساخت مسکن به روش صنعتی و نوین استفاده نمایند، علاوه بر رونق ساخت مسکن و کاهش قیمت آن، امکان کاهش تقاضای زمین فراهم خواهد شد و دلالتی بر زمین به عنوان یک فعالیت غیرمولد محدود می گردد.

در همین راستا بر اساس ماده ۱ قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن مصوب سال ۱۳۸۷، به منظور تأمین مسکن و سهولت دسترسی فاقدین مسکن به ویژه گروه های کم درآمد به خانه مناسب، ارتقاء کیفی و کمی مسکن تولیدی کشور، حمایت از سرمایه گذاری در تولید مسکن با استفاده از فناوری های نوین و تولید صنعتی مسکن، دولت موظف است از طریق تأمین زمین مناسب و کاهش یا حذف بهای زمین از قیمت تمام شده مسکن سازندگان را حمایت کند.

از سوی دیگر در راستای کنترل سوداگری و دلالی در بازار زمین و مسکن، افزایش هزینه فعالیت های سوداگران با استفاده از سیاست های مالیاتی مانند اخذ مالیات بر ارزش زمین، مالیات بر عایدی سرمایه و... توصیه می شود که به کاهش و حذف این دسته از تقاضاها (سوداگران) در بازار مسکن منجر خواهد شد و به تبع آن، افزایش قدرت خرید تقاضاهای مصرفی مردم را به دنبال خواهد داشت.

به عبارت بهتر بجای آنکه رقابت سازندگان در ساخت و ساز در جهت کاهش قیمت مسکن از طریق کاهش هزینه زمین باشد، با کنترل قیمت این مولفه توسط مسئولین، رقابت بر سر تولید با کیفیت و سریع خواهد رفت و یکی از مسائل بزرگ صنعتی سازی در کشور حل خواهد شد.

## ۲- سیاست های معطوف به آگاهی سازی و توسعه آموزش

در صورت مدیریت درست سیستم آموزش عالی و حرکت به سمت استفاده از سیستم های ساخت صنعتی، صنعت ساختمان فضای کار وسیعی برای نیروهای تحصیل کرده هم در واحدهای صنعتی تولید مصالح ساختمانی و هم در کارگاه های ساختمانی نوین ایجاد خواهد کرد.

به عبارت دیگر با ایجاد تغییرات اندک در برخی از رشته های مرتبط با صنعت ساختمان و هدفمند نمودن این رشته ها، فعالیت فارغ التحصیلان آنها در صنعت ساختمان با به کارگیری سیستم های ساخت صنعتی امکان پذیر خواهد بود. این موضوع موجب اشتغال جمع کثیری از تحصیل کرده های دانشگاهی که در حال حاضر بیکار هستند را فراهم خواهد کرد.

علاوه بر این، با توجه به اینکه تعداد بسیاری از کارگران بخش مسکن در کشور را افراد با تحصیلات پایین تشکیل می دهند، انتظار پیشرفت خود به خودی و قابلیت به کارگیری این کارکنان در سیستم ساخت های صنعتی امکان پذیر نخواهد بود. با توجه به وجود مشکلات مالی، این افراد معمولاً امکان یا تمایل به یادگیری و آموزش دیدن در موسسات خصوصی و آزاد را ندارند. از این رو ایجاد آموزشده های فنی و حرفه ای در زمینه آموزش تولید صنعتی ساختمان امری اجتناب ناپذیر است.

این موضوع در حالی مطرح می شود که بر اساس ماده ۳۰ فصل ۶ آیین نامه اجرایی قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن، وزارتخانه های علوم، تحقیقات و فناوری، کار و امور اجتماعی و مسکن و شهرسازی حسب مورد، موظفند زمینه لازم را برای آموزش و تحقیقات کاربردی ساخت صنعتی و فناوری های روز صنعت ساختمان فراهم نمایند.

همچنین طبق تبصره این ماده، وزارت کار و امور اجتماعی با همکاری شهرداری ها، مهندسان و تشکل های حرفه ای و صنفی شاغل در بخش مسکن، موظفند آموزش و تربیت کارگران ماهر مورد نیاز اجرای این قانون را در حرفه مربوط، در قالب آیین نامه اجرایی ماده (۴) قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان - مصوب ۱۳۷۴- و با بهره گیری از اعتبارات موضوع این قانون اجرا نمایند.

با این وجود این تکالیف تاکنون از سوی متولیان با قوت انجام نگرفته است و می توان گفت درصد بالایی از کارگران و پیمانکاران با صنعتی سازی ساختمان آشنایی لازم را ندارند.

همچنین جهت آگاهی رسانی و ایجاد شفافیت برای مقایسه بین روش قدیمی و صنعتی توسط متقاضیان مسکن، باید واحدهای مسکونی از طریق صدور گواهی کیفیت، مشخصات فنی و مصرف انرژی دسته بندی گردد. پس از این اقدامات باید از طریق برگزاری کلاس های آموزشی برای مردم و استفاده از روش های گوناگون تبلیغاتی در رسانه های جمعی، مجلات و روزنامه ها و از طریق پوسترهای تبلیغاتی با معرفی، نحوه ی کاربردی مزایای اقتصادی و اطمینان و رضایت اقشار جامعه را جلب نمود (مهدوی و همکاران ۱۳۸۹).

ذکر این نکته حائز اهمیت است که بر اساس ماده ۳۱ آیین نامه اجرایی قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن، سازمان صدا و سیما جمهوری اسلامی ایران و وزارت مسکن و شهرسازی موظف هستند با همکاری یکدیگر راهکارهای لازم برای ارتقای آگاهی مردم و جامعه مهندسی کشور در ارتباط با مزایای تولید صنعتی ساختمان، از جمله ساخت سریع، اقتصادی، مقاوم با فناوری های نوین، سازگار با محیط زیست و فرهنگ معماری ایرانی - اسلامی، صرفه جویی انرژی و سایر موارد را به مورد اجرا گذارند.

با این وجود از سال ۱۳۸۸ که این آیین نامه تصویب شده تاکنون هیچ گونه فعالیت ترویجی-مشارکتی در قالب برنامه های تلویزیونی و یا کلیپ های نمایشی که مستلزم معرفی سیستم ها و مزایای صنعتی سازی باشد یا ارائه نشده یا به تعداد کافی



نبوده است. از این روی تسریع در ساخت و ارائه چنین برنامه‌هایی برای شناسایی جلب مشارکت در امر صنعتی‌سازی ساختمان، سیستم‌ها و مزایای هر کدام به جامعه و ذینفعان مورد تأکید است.

مضاف بر موارد مذکور ایجاد مراکز تحقیق و توسعه به منظور توسعه و بومی‌سازی دانش و تکمیل و ارتقا چرخه ایجاد و توسعه فناوری در واحدهای تولیدی از جمله راهکارهایی است که می‌تواند در استفاده دو چندان صنعتی‌سازی در کشور نقش داشته باشند. در این خصوص سیاست اتخاذ شده باید با توجه به شرایط خاص اقلیمی و مصالح بومی ایران استانداردهایی تهیه و تنظیم شوند تا ضمن همخوانی با شرایط ایران، صنعتگران و طراحان با دسترسی به آن‌ها چارچوب فعالیت و مسیر درست طراحی و ساخت را برگزینند. در همین راستا تهیه فهرست بهای متناسب با روش‌های صنعتی‌سازی ساختمان می‌تواند در برآورد هزینه‌ها نیز کارآمد باشد.

### ۳- سیاست‌های ناظر بر تأمین مالی روش صنعتی‌سازی

از آنجایی که فاصله فناوری کشور با کشورهای صنعتی بسیار زیاد است؛ حمایت سازمان‌های ذیربط، دولت و بانک‌ها در تولید صنعتی ساختمان ضروری است. در نظر گرفتن اولویت و یا تغییر مبلغ وام ساخت و خرید مسکن با توجه به روش ساخت می‌تواند به عنوان یک راه حل به منظور هدایت سازندگان به سوی صنعتی‌سازی مسکن عمل نماید.

ارائه وام خرید مسکن با نرخ سود کمتر و مدت بازپرداخت بیش‌تر برای ساختمان‌های مسکونی صنعتی می‌تواند مشوقی برای خریداران باشد و باعث افزایش تقاضا برای خرید واحدهای مسکونی صنعتی ساز گردد که به تبع سازندگان را به سمت ساخت خانه‌های با کیفیت بالاتر و با استفاده از روش‌های ساخت صنعتی سوق می‌دهد.

گفتنی است این شیوه تشویق برای سازندگان، از طریق واگذاری وام ساخت توسط بانک مسکن اجرایی می‌شود. اما دو نکته حائز اهمیت برای این وام، میزان نرخ سود و بازپرداخت است که برای حمایت بیش‌تر از سازندگان صنعتی تمایز چندانی ایجاد نشده است. علاوه بر این، تسهیلات ارائه شده تنها به سازندگان پرداخت می‌گردد و برای خرید این نوع از ساختمان‌ها وامی متمایز از تسهیلات موجود در نظر گرفته نشده است.

صنعتی سازی در تعریف بانک مسکن که از ضوابط مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تدوین و ملاک عمل قرار گرفته، شامل روش های پیش ساخته، پیش مونتاژ و کاربرد فناوری های نوین است که در این خصوص فناوری های مورد تایید و دارای گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به عنوان معیار پذیرش طرح های صنعتی سازی از جانب بانک قرار خواهد گرفت.

چنانچه سازنده های مسکن از تکنولوژی های منتقل شده به کشور در زمینه صنعت ساختمان و همچنین روش های منتهی به ارتقاء بهره وری مصرف انرژی، برای ساخت و ساز استفاده کنند، بانک مسکن به ازای ساخت هر واحد مسکونی در تهران، مبلغ ۱۷۰ میلیون تومان تسهیلات بدون سپرده پرداخت خواهد کرد.

منطقه	سقف تسهیلات اعطایی به ازای هر واحد به صورت انفرادی و مجتمع سازی	سقف تسهیلات اعطایی به ازای هر واحد به سازندگان حرفه ای	سقف تسهیلات اعطایی به ازای هر واحد به سازندگان حرفه ای و در صورت استفاده از تکنولوژی جدید و فناوری نوین و کاهش مصرف انرژی
شهر تهران	۷۰ میلیون تومان	۱۴۰ میلیون تومان	۱۷۰ میلیون تومان
مراکز استان ها و شهرهای بالای ۲۰۰ هزار نفر جمعیت	۶۰ میلیون تومان	۱۳۰ میلیون تومان	۱۶۰ میلیون تومان
سایر شهرها	۵۰ میلیون تومان	۱۱۰ میلیون تومان	۱۳۰ میلیون تومان
مناطق کمتر توسعه یافته	۴۰ میلیون تومان	۹۰ میلیون تومان	۱۱۰ میلیون تومان

نرخ سود تسهیلات بدون سپرده در دوران مشارکت مدنی و فروش اقساطی ۱۸ درصد است و در اعطای تسهیلات مشارکت مدنی با استفاده از تکنولوژی جدید، فناوری نوین و کاهش مصرف انرژی، یک درصد تخفیف نرخ سود در پایان قرارداد مشارکت مدنی اعمال می‌گردد که سود را به ۱۷ درصد می‌رساند (سایت بانک مسکن، ۱۳۹۸).

مدت اولیه قراردادهای مشارکت مدنی در بخش مسکن، با توجه به نظر ارزیاب و حداکثر تا ۳۶ ماه با در نظر داشتن حجم پروژه، هزینه باقی مانده و میزان پیشرفت فیزیکی در زمان بازدید به شرح ذیل تعیین می‌گردد:

تا ۵ واحد مسکونی حداکثر ۱۵ ماه، ۶ تا ۲۰ واحد مسکونی حداکثر ۲۱ ماه، ۲۱ تا ۵۰ واحد مسکونی حداکثر ۲۴ ماه

۵۱ تا ۱۰۰ واحد مسکونی حداکثر ۳۰ ماه، از ۱۰۱ واحد مسکونی و بیشتر حداکثر ۳۶ ماه.

علاوه بر این، به منظور تأمین مالی جهت توسعه صنعتی در کشور می‌توان اعتبارات یارانه‌ای محل صرفه‌جویی‌های حاصل از صنعتی‌سازی را برای پرداخت به خریداران واحدهای تولید شده به روش صنعتی‌سازی استفاده کرد. در روش صنعتی مصرف انرژی، ضایعات و نخاله‌های ساختمانی و ... کاهش می‌یابد و با توجه به افزایش کیفیت ساخت و ساز و افزایش عمر مفید ساختمان، نیاز به بازسازی و نوسازی مسکن‌های فرسوده توسط دولت کمتر خواهد شد که این موارد صرفه‌جویی هزینه دولت را در اینگونه ساخت و سازها به دنبال دارد.

مضاف بر موارد مذکور لازم است ماده ۲۹ آیین نامه اجرایی قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن با قوت اجرایی گردد. طبق این ماده، ماشین‌آلات و مواد اولیه مورد نیاز برای تولید فناوری‌های نوین صنعت ساختمان برای تولید مسکن که مشمول تعرفه صفر درصد موضوع تصویبنامه شماره ۱۲۲۱۷۳/ت/۵۸۰ک مورخ ۱/۸/۱۳۸۶ می‌گردند، توسط وزارتخانه‌های مسکن و شهرسازی و صنایع و معادن معرفی می‌شوند.

#### ۴- سیاست صرفه‌جویی حامل‌های انرژی

یکی از راهکارهای حرکت به سمت صنعتی‌سازی در کشور، واقعی شدن و افزایش قیمت حامل‌های انرژی است. با این اقدام هزینه‌های ساخت و به خصوص دوره بهره‌برداری مسکن در روش‌های رایج در مقایسه با روش‌های صنعتی افزایش خواهد یافت.

به طور قطع افزایش هزینه های مربوط به حامل های انرژی باعث افزایش قیمت مسکن و برهم خوردن تعادل در صنعت ساختمان کشور خواهد شد؛ اما در نگاه کلان تر می توان دریافت که این اقدام در مراحل بعدی علاوه بر جلوگیری از هدر رفت منابع مالی دولت به صورت یارانه، باعث بوجود آمدن احساس نیاز و حرکت به سمت سیستم های بهینه ساخت صنعتی خواهد شد. بنابراین چینی راهکاری می تواند در بلند مدت و پس از فراهم شدن شرایط و رونق ساخت و ساز صنعتی در کشور استفاده گردد. صرفه جویی در منابع انرژی در بند ۷ سیاست های کلی نظام در امور مسکن اشاره شده است و طبق آن باید استانداردهای ساخت و ساز مقررات ملی ساختمان و طرح های صرفه جویی انرژی اجباری گردد.

## ۹) تجارب جهانی صنعتی سازی

### • مالزی

خانه سنتی مالایی (TMH) در گذشته مسکن متداول کشور مالزی بود. اجزای این خانه‌ها از جمله ستون‌ها، تیرها، دیوارها، کف و سقف قبل از ساخت، آماده می‌شدند. این خانه‌ها مفهوم مدولار بودن و تکرارپذیری را ارائه می‌دادند.



Traditional Malay House (TMH)

به مرور زمان در پی افزایش چشمگیر جمعیت مالزی پس از استقلال، تقاضای مسکن در این کشور افزایش یافت. به طوری که روش ساخت و ساز معمولی به دلیل سرعت پایین و هزینه‌های بالا، پاسخگوی حجم زیاد متقاضیان نبود ( Qays et al, 2009).

بر اساس بررسی‌های چن و همکارانش با افزایش جمعیت از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۰ این کشور نیاز به ساخت بیش از ۸,۵ میلیون واحد مسکونی خواهد داشت. به همین منظور، دولت مالزی تمرکز بر صنعتی‌سازی ساختمان را به‌عنوان راهی برای رسیدن به توسعه پایدار و پاسخ به نیاز این کالای اساسی انتخاب کرد (Chen, 2000).

موضوع صنعتی‌سازی ساختمان، بحث جدیدی در مالزی نیست و حدود ۶۰ سال در این کشور قدمت دارد. سیستم ساخت صنعتی از اوایل دهه ۱۹۶۰ با بازدید وزارت مسکن و دولت محلی مالزی از چندین کشور اروپایی آغاز شد ( Thanoon et al, 2003).

پس از طرح ایده اولیه، دولت دو پروژه آزمایشی را با اهداف ساخت خانه با کیفیت، مقرون به صرفه و سرعت بالا و کاهش زمان تحویل به تصویب رساند. پروژه اول در کوالالامپور و دومی در پنانگ بود که در هر دو این آپارتمان ها از اجزای بتنی پیش ساخته استفاده شده است.

اولین پروژه در سال ۱۹۶۴، در محدوده کوالالامپور با ۷ بلوک ۱۷ طبقه، شامل ۳۰۰۰ واحد آپارتمان ارزشنقیمت و ۴۰ فروشگاه با استفاده از سیستم پانل بزرگ دانمارکی ساخته شد. در سال ۱۹۶۵، دومین پروژه مسکن متشکل از ۶ بلوک ۱۷ طبقه و ۳ بلوک ۱۸ طبقه شامل ۳۶۹۹ واحد و ۶۶ فروشگاه در اطراف پنانگ آغاز شد. این پروژه با استفاده از سیستم فرانسوی Estoit احداث شد (Abedi et al, 2011).



Jalan Pekeliling Flat, Kuala Lumpur



The Rifle Range Road Flat in Penang.

مقایسه عملکرد بین سیستم IBS و سیستم معمولی از نظر هزینه، بهره‌وری و کیفیت در دو پروژه پایلوت مالزی نشان داد که هزینه اولین پروژه آزمایشی ۸,۱ درصد بیش تر از ساخت و ساز یک ساختمان مشابه با روش معمولی است؛ در حالی که هزینه پروژه دوم ۲,۶ درصد پایین تر بود. از نظر سرعت ساخت و ساز نیز در هر دو پروژه ۲۷ ماه زمان به همراه راه اندازی کارخانه‌های پیش‌ساخته صرف شد.

پس از ساخت پروژه‌های پایلوت، شرکت‌های متعدد خارجی شروع به سرمایه‌گذاری در صنعتی‌سازی ساختمان در مالزی کردند. به‌طوری‌که بنا بر گزارشی که در سال ۲۰۰۳ منتشر شد، کشورهای ایالات متحده آمریکا (۲۵ درصد)، آلمان (۱۷ درصد) و استرالیا (۱۷) بیش‌ترین مشارکت را در استقرار صنعتی‌سازی در مالزی داشته‌اند (Thanoon et al, 2003).

استفاده از سیستم‌های صنعتی کشورهای خارجی در اواخر دهه ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰، به دلیل آنکه این سیستم‌ها به صورت چشم بسته و بدون توجه به اقتضائات فرهنگی و شرایط اقلیمی به کار گرفته شد، عمدتاً با شکست مواجه شدند (Qays et al, 2009). در برخی از این پروژه‌ها نیز بودجه تخصیصی بیش از حد بود و در مقابل تکمیل و واگذاری واحدها در زمان معین انجام نمی‌گرفت. علاوه بر این، کیفیت واحدهای مسکونی انتظارات جامعه را برآورده نمی‌کرد.

در همین راستا جهت انطباق بیش‌تر صنعتی‌سازی با آداب و رسوم مالزی و بومی‌سازی دانش از سال ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰ قراردادهای مشارکت انتفاعی<sup>۱</sup> بین پیمانکاران خارجی و داخلی شروع به گسترش کرد. در قراردادهای فوق، پروژه صنعتی‌سازی ساختمان توسط پیمانکار داخلی و با کمک فنی شرکت‌های خارجی ساخته می‌شد. در بازه زمانی فوق، پیمانکاران داخلی سعی کردند تا نوآوری بیش‌تری از خود نشان دهند. همچنین مراکز تحقیقاتی نیز قدم‌هایی برای ساخت مسکن صنعتی‌سازی شده و مقرون به صرفه برداشتند (Din, 2012).

در سال ۱۹۹۸ با تأسیس هیئت توسعه صنعت ساختمان مالزی<sup>۲</sup>، گسترش صنعتی‌سازی در قالب نقشه‌های راه صنعتی‌سازی ساختمان دنبال شده است. هدف اصلی از تشکیل چنین سازمانی هماهنگی بخش‌های مختلف مرتبط با صنعت ساخت، افزایش رقابت در فضای ساخت و ساز، توسعه ظرفیت‌ها و قابلیت‌های صنعت ساختمان از طریق بهبود کیفیت و بهره‌وری و

<sup>1</sup> Joint Venture

<sup>2</sup> Construction Industry Development Board (CIDB) of Malaysia

با تأکید بر تخصص‌گرایی، نوآوری و دانش محوری برای فراهم آوردن سطح بالایی از کیفیت زندگی است. مأموریت این سازمان، توسعه صنعت ساختمان مالزی است و چشم انداز ترسیم شده برای آینده آن، تبدیل شدن به یک سازمان معتبر و در کلاس جهانی در زمینه توسعه صنعت ساختمان است (Abedi et al, 2011).

اقدامات و سیاست‌های دولت مالزی به سمت گسترش صنعتی‌سازی در کشور صورت پذیرفت؛ اما در این بین هزینه اولیه تأمین تجهیزات و نبود دانش، این کشور را با مشکل مواجه کرد؛ چرا که یک واحد خصوصی فعال در زمینه صنعتی‌سازی ساختمان به ماشین‌آلات و تجهیزات خاص، مرکز تحقیق و توسعه (R&D) مخصوص، واحد خدمات و پشتیبانی و آزمایشگاه‌های سازه مجهز و گرانقیمت نیاز داشت.

برای ساخت ماشین‌آلات و تجهیزات تولید صنعتی ساختمان در داخل کشور نیاز به انجام پژوهش‌های گسترده و ایجاد مراکز تحقیق و پژوهش اختصاصی بود. در این راستا دولت مالزی در سال ۲۰۰۴ اقدام به تأسیس پژوهشگاه ساختمان مالزی (CREAM) و مرکز صنعتی‌سازی ساختمان (IBS Center) کرد. وظیفه این مراکز تقویت ارتباط میان بخش صنعت ساختمان و مراکز پژوهشی بود. این مراکز دارای بخش‌های تحقیق و توسعه و آزمایشگاه‌های سازه مجهز بودند.

در این بین کمیته راهبری صنعتی‌سازی<sup>۳</sup> در فاصله سال‌های ۱۹۹۹ الی ۲۰۰۳ اقدام به تدوین و تألیف اولین نقشه راه صنعتی‌سازی ساختمان در مالزی کردند. در سال ۲۰۰۱ دولت مالزی استاندارد شماره ۱۰۶۴ را برای استانداردسازی قطعات تولیدشده به روش صنعتی‌سازی تدوین کرد (Abedi et al, 2011).

پس از آن، اولین نقشه راه صنعتی‌سازی ساختمان برای بازه زمانی ۲۰۰۳ الی ۲۰۱۰ و بر اساس استراتژی 5-M<sup>۴</sup> بنا شده است. این نقشه راه، تمامی هدف خود را بر روی کاهش وابستگی به کارگران خارجی، تقویت کیفیت ساخت، افزایش بهره‌وری، بهبود ایمنی و توسعه رقابت در صنعت مالزی متمرکز کرده است.

<sup>1</sup> Construction Research Institute of Malaysia

<sup>2</sup> Industrialized Building System Center

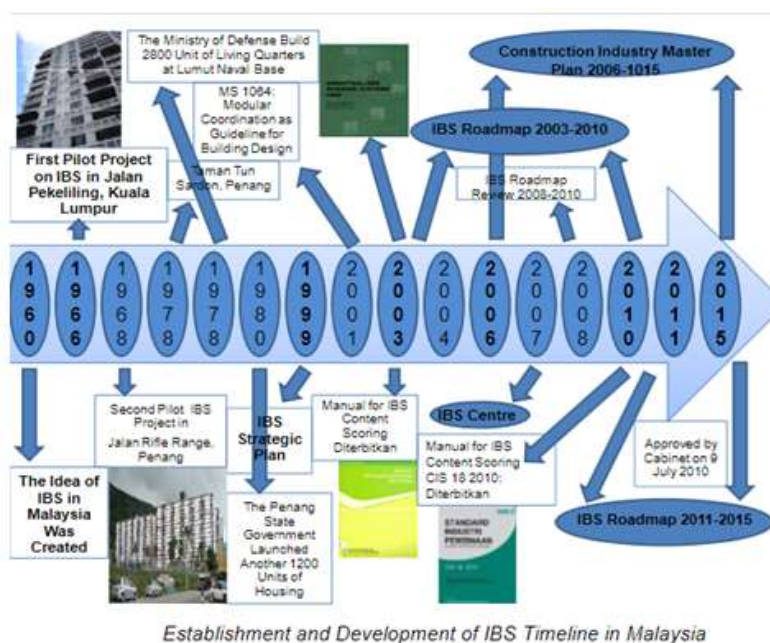
<sup>3</sup> IBS Steering Committee

<sup>4</sup> Manpower-Materials-Management-Monetary-Marketing



علاوه بر این، نقشه راه صنعتی سازی ساختمان سرمایه گذاری در بخش فناوری، تکنیک و روش های ساخت را تشویق کرده است. در اکتبر ۲۰۰۸ قانونی تصویب شد که بر اساس آن تمامی وزارتخانه های دولتی و محلی یا دستگاه های وابسته به دولت مرکزی باید ۷۰ درصد از پروژه های ساختمانی خود را به صنعتی سازی اختصاص دهند. همچنین کمیته ای در کابینه، مسئول نظارت بر روند صنعتی سازی مطابق برنامه تدوین شده در نقشه راه شد.

شکل زیر خلاصه گزارشی از تلاش دولت مالزی برای توسعه صنعتی سازی ساختمان را از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۵ نشان می دهد.

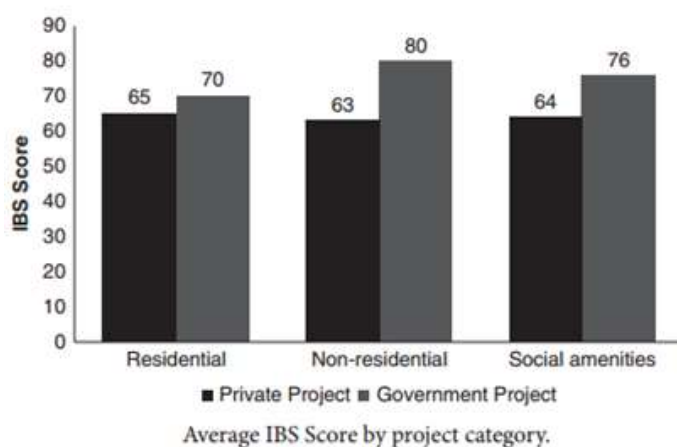


با توجه به تجربه نقشه راه صنعتی سازی ساختمان در خلال سال های ۲۰۰۳ الی ۲۰۱۰، نقشه راه دوم صنعتی سازی ساختمان تدوین شد. این نقشه راه دارای ۳۷ برنامه کاری است که در ۴ جریان کاری اصلی گنجانده شده اند. این ۴ جریان کاری عبارتند از تقویت: ۱- تجهیزات و ماشین آلات دولتی، ۲- کاربران، ۳- محصول تولیدی و ۴- صنعت.

اهداف مشخص و اصلی نقشه راه دوم صنعتی سازی ساختمان مالزی در سال های ۲۰۱۱ الی ۲۰۱۵ عبارتند از: ۱- حفظ میزان مشارکت صنعتی سازی در ساخت و سازهای دولتی به میزان ۷۰ درصد ۲- افزایش میزان مشارکت صنعتی سازی در ساخت و سازهای بخش خصوصی به ۵۰ درصد در پایان سال ۲۰۱۵ (CIDB Roadmap, 2011).

از زمان انتشار نقشه راه، مسیر صنعتی سازی هموارتر شد و جهت ارزیابی این موضوع می توان از سه شاخص سنجش عملکرد کلیدی (KPI) یعنی میزان ساخت و ساز صنعتی، تعداد پیمانکاران دارای مجوز و تعداد تولیدات دارای گواهینامه ISO استفاده کرد.

بررسی ها نشان داد که در پایان سال ۲۰۱۴ میزان ساخت و ساز صنعتی در ساختمان های مسکونی، غیر مسکونی و اجتماعی در پروژه های دولتی به ترتیب ۷۰، ۸۰ و ۷۶ بوده؛ در حالی که در مورد پروژه های خصوصی، میانگین این تعداد به ترتیب ۶۵، ۶۳ و ۶۴ بوده است بنابراین هدف نقشه راه ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ تحقق یافت (Hamid et al, 2017).

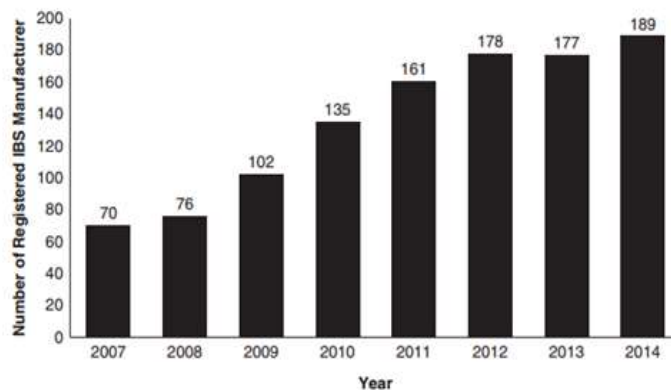


همانطور که در نقشه راه بیان شده است، تعداد تولید کنندگان IBS که دارای گواهینامه ISO هستند باید به ۱۰ درصد از تولید کنندگان ثبت شده IBS در آن سال خاص برسد.

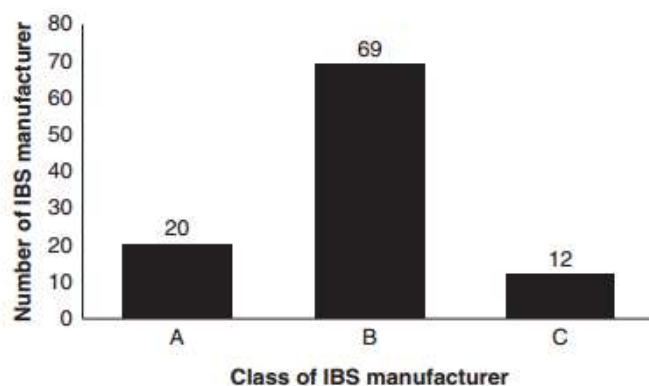
از نوامبر ۲۰۱۴، ۱۸۹ تولیدکننده IBS در مالزی ۳۸۱ جزء IBS را تولید کرده بودند و از بین این ۱۸۹ تولیدکننده ۲۰ تولیدکننده توانستند مدرک کلاس A را به دست آورند (برای افرادی که دارای گواهینامه ISO هستند؛ دارای گزارش آزمایش محصول هستند و با QA / QC). همچنین ۶۹ سازنده کلاس B را به دست آوردند (برای کسانی که گزارش آزمایش محصول را دارند و با QA / QC) و به ۱۲ سازنده گواهینامه کلاس C داده شد (برای کسانی که فقط QA / QC

<sup>1</sup> Key Performance Indicators

دارند). اگر تعداد تولید کنندگان کلاس A ، B و C را با یکدیگر جمع کنیم و نسبت به ۱۸۹ تولید کننده مقایسه کنیم حدود ۵۳ درصد از تولید کنندگان ثبت شده IBS در سال ۲۰۱۴ وجود داشته اند (Hamid et al, 2017).



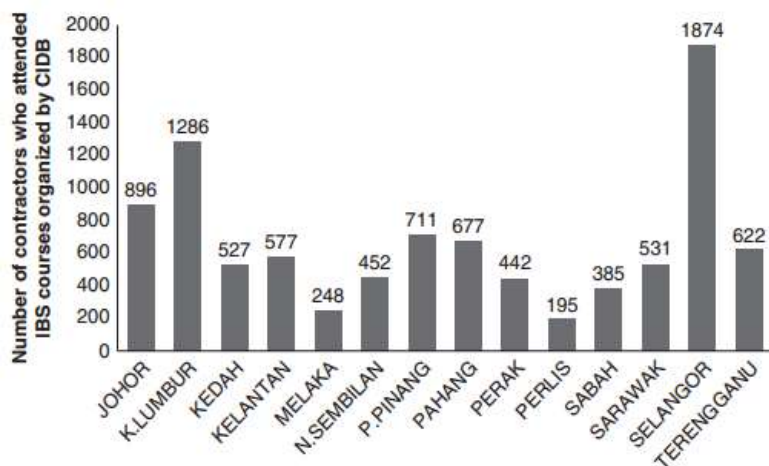
Number of IBS manufacturers registered with CIDB (2007-2014) (IBS Centre, IBS Digest, 2014).



Number of IBS manufacturer with different classes (IBS Centre, 2014).

همچنین تعداد پیمانکاران دارای مجوز IBS با مراجعه آمار تعداد پیمانکاران شرکت کننده در دوره های IBS که توسط CIDB برگزار می شود، بدست می آید. این دوره ها بر اساس مشخصات مهارت سیستم های صنعتی سازی شامل بتن پیش ساخته؛ قاب های فلزی؛ سیستم های قالب، سیستم بلوک و قاب های چوبی، طبقه بندی می شوند.

از نوامبر ۲۰۱۴، تعداد پیمانکار در دوره های IBS شرکت کردند که این تعداد بسیار فراتر از هدف ۱۰۰۰ پیمانکار نقشه راه دوم بود.



Number of contractors who attended IBS courses by state in 2014 (IBS Centre).

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. هر چند صنعتی‌سازی در مالزی یکی از سیستم‌های رایج شده؛ اما بر اساس دیدگاه مسئولان مالزی، در حال حاضر نواقص و چالش‌هایی بر سر راه صنعتی‌سازی ساختمان در این کشور وجود دارد که باید به کلی رفع شوند.

## • چین

در چین نیز علاوه بر تلاش به منظور حفظ فرهنگ گذشته، پس از طی مسیرهای لازم توسعه، در خصوص ساختمان، استفاده از روش ساخت صنعتی شده، که دارای ویژگی‌هایی همچون پیش‌ساخت، پیش‌مونتاز، روش‌های ساخت مدرن، تولید خارج از کارگاه، به منزله یک روش مهم و فراگیر پیگیری شد.

تولید اجزای ساختمان در کارخانه یا در محیط‌های به طور کامل کنترل شده، تحویل اجزای پیش‌ساخته به محل‌های ساخت و ساز و گردآوری اجزا برای شکل‌گیری ساختارهای ساختمان از جمله اقدامات و برنامه چین برای اصلاح شیوه‌های ساخت متداول خود بود (Chiang et al, 2006). در همین خصوص، چین راهبردهایی را برای توسعه صنعتی‌سازی ساختمان و کنترل کیفیت و استانداردسازی ساختمان شهری و روستایی با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته دنبال کرد. این سیاست‌ها برای اجرا و کاربرد صنعتی‌سازی ساختمان شکل گرفته و توسعه یافتند. بنابراین هدف از این برنامه، اهمیت یافتن کیفیت

پروژه‌های ساخت و ساز و برآورده کردن انتظارات مشتریان بود که به کاربرد مؤثر صنعتی‌سازی در پروژه‌های ساختمانی چین منجر شد.

به طور کلی توسعه صنعتی‌سازی ساختمان در چین یک روند سه مرحله‌ای پیچیده را طی کرده است.

مرحله توسعه اولیه: دهه ۱۹۵۰ – ۱۹۷۰

پژوهش و استفاده از سازه‌های صنعتی و بتن پیش‌ساخته در چین به دهه ۱۹۵۰ برمی‌گردد. با این حال، در اوایل دهه ۱۹۷۰ بود که تکنولوژی‌های پیش‌ساخته با تمرکز بر یادگیری از تکنیک «ساخت و ساز بزرگ» از شوروی به کار گرفته شدند (Wang, 2006). با این نوع روش ساخت و ساز آژانس‌های ساخت و ساز مرکزی چین توانا شدند که طرح‌های معماری استاندارد برای به کارگیری در کارخانه‌های مدرن را تهیه کنند، طرح‌های استاندارد برای ساخت خانه‌های آپارتمانی با روش پانل بزرگ که سازندگان بر اساس آن‌ها قادر به تولید انبوه اجزای پیش‌ساخته شدند.

در این دوره، دولت "سه تحول" استانداردسازی طراحی، ساخت کارخانه تولید اجزا و قطعات و مکانیزاسیون ساخت و ساز را به عنوان اقدامی برای تحقق هدف نهایی صنعتی شدن با کیفیت، پر سرعت، کارآمد بالا و کم‌هزینه را مطرح کرد (Zhang et al, 2014). با این حال، روش ساخت و ساز بزرگ شوروی در آن زمان مشکلات جدی ایجاد کرد.

این روش دارای ضعف‌هایی از جمله مقاومت کم در برابر زلزله، ضد آب نبودن و درزگیرهای بی کیفیت بود که موجب نشت آب در ساختمان دو یا سه سال پس از اتمام ساخت و ساز می‌شد. علاوه بر این، هیچگونه عایق حرارتی، گرما یا صدا در نظر گرفته نشده بود و همین عوامل ناراحتی بسیاری را بین مردم جامعه ایجاد کرد. در نتیجه، فناوری پیش‌ساخته در چین به تدریج در معرض افول قرار گرفت (Zhang et al, 2014).

مرحله توسعه بازیابی: دهه ۱۹۸۰ – اوایل دهه ۲۰۰۰

در اواسط دهه ۱۹۸۰، دولت به صورت گسترده شروع به رونق توسعه مسکن کرد. به منظور پاسخگویی به افزایش تقاضاهای موجود، مفهوم صنعتی‌سازی بار دیگر مورد پیگیری قرار گرفت و در نهایت به معرفی "مسکن صنعتی" در اواخر

<sup>1</sup> large boardroom

دهه ۱۹۸۰ منجر شد. با این حال، پس از ورود به دوره طلایی در دهه ۱۹۹۰، استفاده از روش صنعتی سازی مجدداً راکد شد. دلیل اصلی این اتفاق دستیابی سازندگان به تسهیلات و زمین رایگان بود؛ چرا که این افراد با روش ساخت قدیمی می توانستند به راحتی به سود مناسب دست یابند و همین عامل، بی توجهی به نوآوری ها و روش صنعتی سازی را به دنبال داشت (Zhang et al, 2014).

در سال ۱۹۹۵، با توجه به آموزش ها و تجاری که سیاست گذاران و متخصصان ذی ربط در داخل و خارج از کشور آموخته بودند، اهمیت ساخت مسکن به روش صنعتی را به خوبی درک کردند و به همین دلیل به توسعه صنعتی ساختمان به عنوان رویکرد اصلی برای چشم انداز آینده کشور توجه ویژه شد. در سال ۱۹۹۸ سازمانی با عنوان مرکز توسعه صنعتی سازی مسکن<sup>۱</sup> در وزارت مسکن و توسعه شهری و روستایی آن کشور به منظور افزایش کیفیت ساختمان های مسکونی با استفاده از صنعتی سازی ایجاد شد. در سال ۱۹۹۹، هشت مرکز از شورای دولتی به منظور ارتقاء کیفیت مسکن صدور سند رسمی را در دست گرفتند. این مرکز در ادامه با راهنمایی از برخی آژانس های همکاری بین المللی ژاپنی متخصص در زمینه تکنولوژی های ساختمان اقدام به تهیه استانداردها و مدارک فنی مختلفی نمود. در نهایت با استفاده از کمک های فنی خارجی موفق به تعریف خط مشی «سیستم گواهینامه ی عملکردی ساختمان های مسکونی» در این کشور شد که این موضوع موجب بهبود وضعیت ساخت و ساز در چین شده است (Zhang et al, 2014).

مرحله گسترش توسعه: اواسط دهه ۲۰۰۰ – تاکنون

با توسعه پایدار و سریع اقتصاد ملی، افزایش هزینه های نیروی کار و افزایش مصرف انرژی و لزوم حفاظت از محیط زیست، استفاده از بتن پیش ساخته به تدریج افزایش یافت. این رشد موجب توسعه و گسترش تدریجی صنعتی سازی در اواسط دهه ۲۰۰۰ شد.

در این بین دولت لیستی از استانداردهای لازم برای صنعتی سازی ساختمان را تهیه کرد. این لیست مبتنی بر تکنیک های فنی در صنعتی سازی، مصالح اولیه سازه و سیستم تولید استاندارد بود (Zhang and Skitmore, 2012).

<sup>1</sup> Housing Industrialization Promotion Centre

<sup>2</sup> China's residential house performance certification system

در ادامه این روند شرکت‌های بزرگ صنعت ساختمان چین مانند شرکت ونکه<sup>۱</sup> و شرکت پیمانکاری عمومی و مهندسی ساخت و ساز نان تانگ،<sup>۲</sup> وارد بازار شدند.

در سال ۲۰۰۵، شرکت‌ها شروع به تحقیق و توسعه صنعتی‌سازی ساختمان کردند و موفق به ارائه چندین روش مدولار و پیش‌ساخته بتنی شدند. همچنین به منظور توسعه و کنترل ساختمان یک سری استانداردهای ساختمان‌های مسکونی داخلی را ارائه دادند.

در این بین شرکت ونکه در سال ۲۰۰۴، شروع به اجرای سیستم صنعتی‌سازی خود بر اساس استانداردهای تدوین شده کرد و پس از آن کارخانه مرکزی خود را در دونگوان در استان گوانگدونگ تأسیس کرد.

در سال ۲۰۰۷، شرکت ونکه ساخت ۱۵۰ هزار متر مربع مسکن صنعتی در چین را به پایان رساند و در سال ۲۰۰۸، این شرکت ۹ پروژه صنعتی‌سازی مسکونی را در بیش از ۶۰۰ هزار مترمربع آغاز کرد.

از سال ۲۰۰۹ تاکنون، شرکت ونکه به ساخت پروژه‌های واحدهای مسکونی به روش نوین در چندین شهر پایلوت ادامه داده است. هدف این شرکت تربیت نیروی کافی و متخصص در امر صنعتی‌سازی برای انجام پروژه‌هایی با مقیاس بزرگ در چین است. پیش بینی می‌شود که آن‌ها در آینده نزدیک به ۱,۲ میلیون مترمربع مسکن صنعتی احداث کنند ( Zhang et al, 2014).

## • ایالات متحده آمریکا

در میان کشورهای توسعه یافته، مطالعه‌ی تجربیات ایالات متحده آمریکا از جهات متعددی حائز اهمیت است. آمریکا مانند سایر کشورها به واسطه جنگ، بحران مسکن و تقاضای قشر کم‌درآمد، به صنعتی‌سازی مسکن روی آورد.

<sup>1</sup> Vanke

<sup>2</sup> Nantong

در ایالات متحده آمریکا، صنعتی سازی در اوایل دهه ۱۹۳۰ توجه بسیاری را به خود جلب کرد. این روند پس از جنگ جهانی دوم به دلیل نیاز به رفع کمبود بحران مسکن تشدید شد تا اینکه در سال ۱۹۹۹، ساخت مسکن به روش پیش ساخته ۳۰ درصد ساخت و ساز واحد های مسکونی را به خود اختصاص داد.

در آمریکا اگرچه بیشتر مسکن های کم ارتفاع از قاب های چوبی استفاده می کنند؛ با این وجود از سیستم پیش ساخته بتنی بخصوص در مناطقی با خطرات محیطی مانند توفان ها و گردبادها استفاده می شود. در واقع، انتخاب بتن پیش ساخته به دلیل مقاومت در برابر نفوذ آب و سایر موارد می تواند برای جلوگیری از آسیب به خانه بسیار موثر باشد.

مطالعه انجام شده توسط PCA (انجمن سیمان پرتلند) نشان داد که ۷۰ درصد از خریداران، خانه خود را بر اساس هزینه-فایده انتخاب می کنند. به عبارت دیگر، متقاضیان به مزایای معماری، انعطاف پذیری، عایق حرارتی توجه می کنند؛ در حالی که در گذشته این مزایا به عنوان اولویت ثانویه مطرح می شد (Thanoon et al, 2003).

عواملی که موجب محبوبیت این سیستم ساخت و ساز در آمریکا شد، عبارتند از:

- اقدامات مستمر، جهت فرهنگ سازی و متداول ساختن روش صنعتی در میان مردم این کشور
- دولت توانست با فراهم کردن تمهیدات لازم، امکان ورود بخش خصوصی به عرصه صنعتی سازی مسکن را تسهیل و با ورود بخش خصوصی و ایجاد فضای رقابتی، سطح کیفی محصولات این روش را بهبود و در نتیجه افزایش تقاضا، بازار مسکن صنعتی را رونق بخشد.
- سیاست گذاری های بخش مسکن در کشور آمریکا، اغلب به گونه ای است که دولت ضمن کمتر درگیر ساختن خود در امر ساخت و ساز و سرمایه گذاری مسکن، امکانات و تسهیلات را برای بخش خصوصی جهت فعالیت در بخش مسکن فراهم می آورد. بدین ترتیب بخش خصوصی جهت تداوم حضور در عرصه رقابت، خود را موظف به ارائه تلاش فراوان جهت افزایش کیفیت محصولات می داند (رستم پور، ۱۳۸۹).



در حال حاضر تلاش های زیادی در آمریکا جهت افزایش بازده سرمایه گذاری های مسکن انجام می گیرد. اغلب این تلاش ها به منظور بهینه سازی فرآیند مهندسی ارزش یا مهندسی سیستمی و برخی دیگر بر کشف و ترویج تولیدات و تکنولوژی های جدید تمرکز یافته اند.

عموماً این تحقیقات و بررسی ها توسط کنسرسیوم های خصوصی-دولتی انجام می پذیرد و بودجه های تحقیقاتی دولت فدرال نیز به این تحقیقات کمک می کند. برنامه های ملی گوناگونی نیز از جانب اداره های مسکن و توسعه شهری<sup>۱</sup> و اداره نیرو<sup>۲</sup> باعث دستیابی به پیشرفت در فن آوری ساخت مسکن شده اند<sup>۳</sup> (رستم پور، ۱۳۸۹).

از جمله اقدامات صورت گرفته جهت ایجاد و توسعه روش صنعتی ساخت مسکن در کشور آمریکا، پرداختن به وجه علمی این مقوله است. در این کشور طی یک دوره طولانی مدت، گروه های مختلف به مطالعه و بررسی روش های «طرح معقول» مختلف صنعتی سازی پرداختند. به عنوان مثال، در سال ۱۹۳۶ کتابی تحت عنوان (طرح معقول)<sup>۴</sup> منتشر و در آن به مقوله مدول و کاربرد آن به منظور بهبود عملکرد ساختمان پرداخته شده است.

مسأله تحقیقات در زمینه صنعتی سازی مسکن در کشور آمریکا، به یک رشته برنامه جهت کاهش قیمت مسکن در این کشور تبدیل شده و توسط ارگان های دولتی، دانشگاه ها و موسسات آموزشی مورد حمایت قرار می گیرد.

از دیگر اقداماتی که در راستای رواج فرهنگ صنعتی سازی مسکن در کشور آمریکا صورت گرفت، تشکیل شورای فناوری کاربردی ساختمان بود. شورای فناوری کاربردی ساختمان یا آ تی سی<sup>۵</sup> یک مجموعه غیرانتفاعی است که در سال ۱۹۷۱ به کوشش انجمن مهندسی ساختمان کالیفرنیا تشکیل شد. هدف آ تی سی پیشرفت در مرزهای دانش ساختمان، تهیه و توسعه منابع فنی و انتقال آن به جامعه مهندسی و همچنین کاربردی نمودن استانداردها و آیین نامه های ساختمان سازی به روش صنعتی است (رستم پور، ۱۳۸۹).

<sup>۱</sup> Housing and Urban Development (HUD)

<sup>۲</sup> Department of Energy (DOE)

<sup>۳</sup> هدف برنامه اداره نیرو تحت عنوان (بیلدینگ آمریکا)، این است که با بهبود طراحی و ساخت مصرف کلی انرژی را کاهش دهد.

<sup>۴</sup> RATIONALIZED DESIGN

<sup>۵</sup> APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL (ATC)

نتیجه این اقدامات، استقبال شدید افراد کشور آمریکا از خانه سازی به روش صنعتی است. در سال ۱۹۴۸ تعداد ۲۸۰ شرکت خانه سازی صنعتی، در این کشور مشغول به فعالیت بودند و در سال ۱۹۸۸ میلادی، ساخت خانه های مدولار، از رشدی معادل ۱۷ درصد برخوردار گردید.



## ۱۰) معرفی سیستم های صنعتی سازی در ایران

ساخت صنعتی ساختمان بر اساس جهت گیری مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن به ۶ گروه تقسیم می شود که شامل سیستم های کامل ساختمانی، سیستم های سازه ای، دیوارهای غیرباربر (حائل)، سقف ها، مصالح و زیرسیستم ها می شوند و در هر گروه می توان انواع سیستم های مورد تایید ساخت و ساز را بررسی و هر یک را بر اساس شرایط مختلف انتخاب کرد. در ذیل به شرح تعدادی از مهمترین سیستم های ساختمانی و سازه ای این فناوری ها اشاره می گردد و شرح کامل آن و انواع دیگر فناوری ها شامل سقف، مصالح، دیوارهای غیرباربر و زیرسیستم ها در گزارش مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ارائه شده است.

### الف) سیستم های کامل ساختمانی

#### ۱- مجموعه فناوری های نیک سیستم

ضرورت کاربرد سیستم های ساختمانی پیش ساخته و مدولار که با تأکید بر ضوابط معماری و ساختمانی کشور و در راستای بومی سازی و سازگاری با شرایط داخلی طراحی شده باشد، موجب طرح سیستم ساختمانی جدیدی به نام «نیک سیستم» در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن گردید.

این سیستم تاکنون برای ۱ تا ۳ طبقه طراحی شده است و طراحی ۴ و ۵ طبقه آن نیز در حال انجام است. این سیستم به گونه‌ای طراحی شده است که ساخت آن قابل آموزش بوده و بدون نیاز به ماشین‌آلات سنگین و روی سطوح صاف و آماده‌سازی شده قابل اجرا است. 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.



## ۲- سیستم قاب‌های سبک فولادی سرد نورد شده

قاب‌های فولادی سردنوردشده در زمره سیستم‌های ساختمانی نوین و سبکی است که به تازگی وارد ساخت و ساز کشور شده است. این نوع از سیستم شامل سیستم ساختمانی قاب سردنوردشده به شیوه اجرای طبقه‌ای، سیستم ساختمانی LSF به شیوه دیوارهای یکپارچه، سیستم قاب خمشی یک طبقه با مقاطع سبک فولادی سردنورد شده هستند.

این سیستم با توجه به سبکی المان‌های باربر با اقبال زیادی مواجه شده است و به دو روش کلی طبقه‌ای (Platform Framing) و دیوارهای یکپارچه (Balloon Framing) تقسیم می‌شود.

در روش متداول طبقه‌ای، استادهای<sup>۱</sup> دیوار، توسط دیافراگم سقف قطع شده و طبقات مجزا از یکدیگر اجرا می‌شوند. برخلاف روش طبقه‌ای که قطعات تشکیل دهنده ساختمان، متشکل از استاداها و رانرها، به صورت پانل‌های پیش‌ساخته به محل کارگاه منتقل شده و در کنار هم و در ارتفاع سوار می‌شوند، در روش اجرای یکپارچه که روش قدیمی‌تری است، استاداها که عناصر باربر قائم این سیستم هستند، به صورت یکسره و بدون قطع در تراز طبقه طراحی و اجرا می‌شوند و تیرریزی اسکلت به صورت خورجینی صورت می‌گیرد.

همچنین روش دیگر استفاده از ساختمان با مقاطع فولادی سرد نورد شده، بهره‌گیری از سیستم ساختمانی قاب خمشی از مقاطع فولادی سرد نورد شده، برای احداث ساختمان‌های مسکونی یک طبقه است. در این سیستم کلیه مقاطع بکار رفته برای تیرها و ستون از نوع نورد سرد بوده و در اعضای ستون از مقاطع جعبه‌ای و در تیرها از مقاطع ناودانی استفاده می‌شود. کلیه اتصالات جوشی مربوط به ناحیه اتصال خمشی به صورت کارخانه‌ای اجرا شده و در محل کارگاه، تیرها به ورق‌های صلیبی از پیش جوش داده شده به ستون‌ها، پیچ می‌شوند.

استفاده از سیستم دهانه‌های مهاربندی شده با اعضای قطری برای ساختمان‌های تا دو طبقه مسکونی و سیستم باربر جانبی دیوار برشی بتن آرمه برای ساختمان‌های تا پنج طبقه مجاز است. همچنین این سیستم در دفاتر و ساختمان‌های تجاری کوچک، واحدهای صنعتی و سالن‌های ورزشی یک طبقه قابل استفاده است.

با توجه به مقاومت کم پروفیل‌های سرد نورد شده در برابر حریق، استفاده از گچ به عنوان پوشش داخلی این سیستم‌ها توصیه می‌گردد. از عمده مزایای ساختمان‌های سبک فولادی کاهش جرم ساختمان است که تأثیر فراوان در جهت کاهش هزینه‌های ناشی از مصالح نیروی انسانی و نیز زمان احداث پروژه‌ها خواهد داشت.

---

<sup>1</sup> Studs



۳- ساختمان های نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف و دیوار، شامل لایه میانی پلی استایرن و بتن پاششی سه بعدی

ساختمان های نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سه بعدی بنا به ملاحظات لرزه ای، انرژی، حریق و آکوستیک برای احداث ساختمان تا دو طبقه مسکونی مجاز است. پانل سه بعدی شامل یک شبکه خرپای فضایی از میلگردهای ساده، یک لایه پلی استایرن و دو لایه بتن پوششی در طرفین است. شبکه خرپای فضایی، از اتصال شبکه های فولادی ساخته شده به روش جوش نقطه ای اتوماتیک توسط میلگردهای مورب حاصل می شود.

مزایای این سیستم در بخش معماری و اقتصادی عبارتند از:

انعطاف پذیری پانل های ساندوچی برای ایجاد اشکال مختلف در بازشوها و فضاهای داخلی ساختمان، افزایش فضای مفید به دلیل ضخامت کم پانل ها، کاهش جرم ساختمان، باز پخش بیشتر نیرو به دلیل پیوستگی بین دیوارها و سقف، سهولت نصب پانل ها، کاهش زمان اجرای پروژه و نیروی انسانی مورد نیاز، امکان احداث سریع ساختمان و اسکان آسیب دیدگان ناشی از بلایای طبیعی.

همچنین از نقاط ضعف این سیستم می توان موارد ذیل را برشمرد: ترد بودن فولادهای پیش کشیده، دشواری رعایت و راداری ها به هنگام نصب و شاقول کردن پانل ها، دشواری کنترل ضخامت بتن پاشیده، عدم امکان دسترسی برای تعمیر یا اصلاح مسیر تأسیساتی.



## ب) سیستم‌های سازه ای

### ۱- ساختمان‌های بتن‌آرمه با شیوه قالب‌های تونلی

در سیستم اجرای تونلی، دیوارها و سقف‌های بتن مسلح به صورت همزمان آرماتوربندی، قالب بندی و بتن ریزی می‌شوند. این روش، ضمن افزایش سرعت و کیفیت اجرا، عملکرد سازه‌ای و رفتار لرزه‌ای مجموعه سازه را به لحاظ یکپارچگی اعضا و اتصالات آن‌ها به نحو چشمگیری بهبود می‌بخشد.

هم‌اکنون، با استفاده از روش تونلی، انبوه‌سازان با برنامه‌ریزی اجرای یک طبقه در دو روز، مجتمع‌های مسکونی بزرگ را می‌سازند. از معایب این روش، محدودیت در طراحی فضاها داخلی است و لازم است طراحی بر طبق محدودیت‌های اجرا در خصوص ابعاد قالب و قالب گذاری و به صورت مدولار انجام شود. اجرای این سیستم در کلیه پهنه‌های لرزه‌خیزی ایران حداکثر تا ۱۵ طبقه یا ۵۰ متر از تراز پایه بلامانع است.



۲- سیستم قالب عایق ماندگار (ICF)

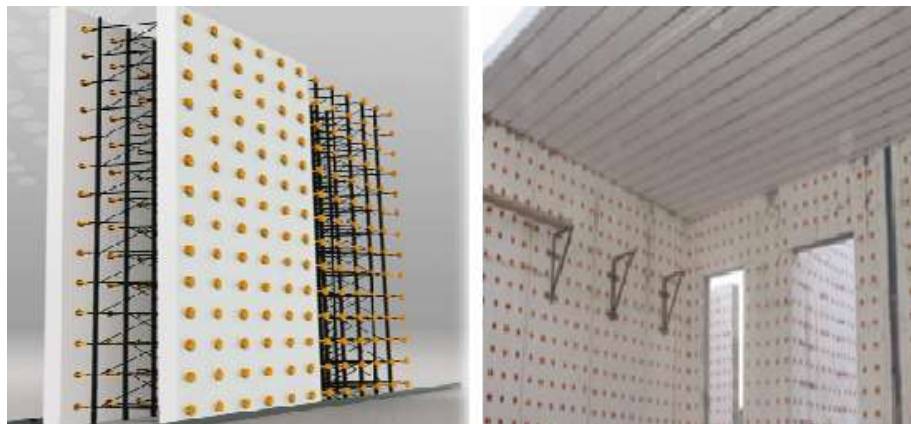
این سیستم، شیوه اجرای ساختمان بتن آرمه درجا با قالب‌های عایق ماندگار پلی استایرنی است که سازه حاصل از آن، یک ساختمان بتن مسلح و در زمره سازه‌های متداول، تلقی می‌شود. خط تولید کارخانه این سیستم، می‌تواند مدول‌های لازم برای ساخت واحدهای مسکونی را تولید کند.

در این سیستم ساختمانی قالب‌های دیوار و سقف با استفاده از مفتول آهن گالوانیزه به صورت شبکه، در محل کارخانه ساخته شده و در جوه داخلی و خارجی قالب پانل‌هایی از مصالح عایق‌کننده، مانند پلی استایرن منبسط شونده کندسوز، قرار داده می‌شود.

مدول‌های کارخانه‌ای این سیستم سبک بوده و قابلیت حمل و نقل و نصب سریع در اجرا را دارا است، به طوری که اجرای بالغ بر ۲۰ متر مربع نفر- روز کاری را مقدور می‌کند. کاربرد این سیستم صرفاً در مناطقی با خطر نسبی کم و متوسط و برای ساختمان‌های دارای اهمیت کم و متوسط تا حداکثر ارتفاع ۱۰ متر مجاز است.

این سیستم به چند روش مختلف شامل ساختمان‌های بتن مسلح دیوار باربر با قالب عایق ماندگار، ساختمان‌های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار مسطح عمودی، ساختمان‌های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار مسطح پانلی، ساختمان‌های بتن مسلح با قالب ماندگار پلیمری (سیستم RBS) ساختمان‌های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار بلوکی، ساختمان‌های بتن مسلح دیوار باربر با قالب‌های عایق ماندگار بلوکی پلی‌استایرن و نئوپرن، ساختمان‌های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار از جنس

صفحات سیمانی حاوی تراشه های چوب (صفحات چوب-سیمانی) و ساختمان های بتن مسلح با قالب عایق ماندگار از جنس بلوک های چوبی- سیمانی اجرا می گردند.



### ۳- قالب های بتن مسلح پیش ساخته با دیوار برشی بتن مسلح درجا

سیستم قاب ساختمانی ساده بتن مسلح باستون پیش ساخته، تیر نیمه پیش ساخته، سقف هالوکور و دیوار برشی بتن مسلح درجا

در این سیستم ساختمانی، ستون ها تا حداکثر ۳ طبقه به صورت پیش ساخته، تیرها به صورت نیمه پیش ساخته و سقف ها از نوع مجوف (Hollow core) هستند.

سقف های مجوف پیش ساخته از سیستم های سقف شناخته شده در دنیا هستند. این سقف ها به دو صورت بتن مسلح معمولی و بتن مسلح پیش تنیده در کارخانه تولید و به محل اجرای پروژه انتقال داده می شوند. از مزایای این سیستم می توان به کاهش زمان اجرا و افزایش سرعت پروژه نام برد.

از نکات شایان توجه در اجرای سقف های مجوف پیش ساخته، اتصال برشی این قطعات به سیستم باربر جانبی است و لازم است با تعبیه میلگردهای قلابی و انجام محاسبات و کنترل های مربوطه طراحی شود.

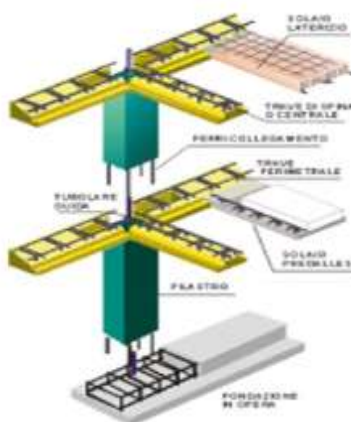
در این سیستم از قالب های ساختمانی ساده برای باربری ثقلی و از دیوار برشی بتن مسلح درجا برای باربری جانبی سازه استفاده می شود. در راستای اطمینان از کفایت پی سازه در تحمل بارهای وارده، از شالوده بتن مسلح درجا استفاده می شود.





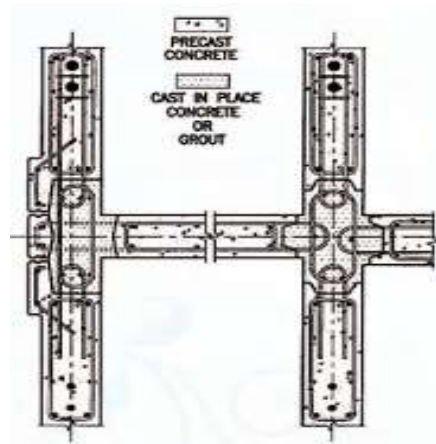
#### ۴- سیستم قاب ساده بتنی نیمه پیش ساخته K با دیوار برشی بتن مسلح درجا

در سیستم نیمه پیش ساخته K اعضای همچون تیر، ستون و سقف به صورت نیمه پیش ساخته در کارخانه تولید شده که پس از انتقال به محل با استفاده از بتن ریزی درجا در محل اتصالات، پیوستگی سازه حاصل می شود. در این سیستم، تیرها و ستون ها به همراه اتصالات شان تشکیل یک قاب ساده بتن مسلح را می دهند که بارهای ثقیلی در این سیستم توسط این قابها تحمل شده و به شالوده منتقل می شود. شالوده در این سیستم به صورت درجا اجرا می شود. به علت نیمه پیش ساخته بودن قطعات به نیرو و زمان کمتری جهت ساخت این سیستم نیاز بوده و کنترل کیفیت اعضا به راحتی در کارخانه صورت می گیرد.



#### ۵- سیستم دیوار باربر بتن مسلح پیش ساخته ویژه

در این سیستم سازه های بتنی، اتصال قطعات پیش ساخته بتن مسلح دیواری در امتدادهای افقی و قائم، عمدتاً توسط قالب های U شکل که در کناره های این قطعات تعبیه شده است صورت می گیرد. بعد از نصب این قطعات، با افزودن آرماتورهای طولی (موازی لبه قطعه و رد شده از حلقه قالب ها)، قالب های U شکل یاد شده به یکدیگر دوخته شده و سپس فضای بین این قطعات که باید به یکدیگر متصل شوند، با بتن کاملاً پر می شود. به دلیل اتصالات ویژه، این سیستم قابل کاربرد در کلیه پهنه های لرزه خیزی کشور است.



۶- سیستم ساختمان های پیش ساخته با دیوار باربر متشکل از سقف و دیوارهای بتن آرمه با بتن سبک سازه های

سیستم Large Panel یا سیستم Box Type در دسته بندی سیستم های پیش ساخته بتنی Tilt Up قرار می گیرد. در این سیستم، پانل های دیواری، علاوه بر تحمل بارهای ثقلی، بارهای جانبی را نیز به صورت دیوار برشی تحمل می نمایند. در نتیجه این نوع سیستم در دسته بندی سازه های، یک سیستم دیوار باربر با دیوار برشی است. بارهای مرده و زنده از طریق دال های بتن آرمه کف که از طریق اتصالات مفصلی یا غلطکی به دیوارها متصل می باشند، انتقال یافته و دیوارها نیروهای ناشی از بارهای وارده را به شالوده منتقل می نمایند.

سیستم پانل های بزرگ با به کارگیری بتن سازه ای و لایه عایق حرارتی در کارخانه ضمن کاهش وزن دیوار، رفتار مطلوب تری در مقابل انبساط و انقباض دارا است. مصالح اصلی مصرفی در این سیستم شامل: سیمان، میلگرد، پوکه صنعتی (پوکه لیکا)، پلی استایرن و گاز طبیعی برای عمل آوری بتن بوده و کلیه مصالح در داخل کشور قابل تأمین است. عایق حرارتی از طریق استفاده از یک لایه ملات سیمان و پلی استایرن که در کارخانه به هنگام ساخت دیوارها بر روی

لایه بیرونی دیوار خارجی، اجرا می شود. این سیستم در طبقه بندی صرفه جویی زیاد در مصرف انرژی قرار داشته و در تمام مناطق ایران قابل استفاده است. مصالح بکار گرفته شده در این نوع از ساختمان از مقاومت خوبی در برابر آتش سوزی و صدا برخوردار هستند.



۷- ساختمان های بتن آرمه متشکل از دیوار باربر دولایه و سقف های نیمه پیش ساخته با بتن درجا

در ساختمان های بتن آرمه متشکل از دیوار باربر و سقف های نیمه پیش ساخته با بتن درجا، قسمتی از دیوارهای بتن مسلح به صورت پیش ساخته در کارخانه تولید می شود. این دیوارها از دو لایه بتن مسلح، که با فاصله عرضی نسبت به یکدیگر قرار می گیرند، ساخته می شود. فاصله بین لایه ها، علاوه بر تأثیری که بر کاهش وزن دیوار در زمان حمل و نقل (در مقایسه با دیوارهای پیش ساخته یکپارچه توپر) دارد، نصب و برپایی آن را نیز سهولت می بخشد.



۸- ساختمان ها با صفحات دولایه ساندویچی سه بعدی با بتن میانی درجا

این نوع از ساخت برای ساختمان‌های با کاربری مسکونی تا حداکثر ۴ طبقه روی پارکینگ، مورد تأیید است. این ساختمان‌ها متشکل از پانل‌های دیوار و سقف بوده و پانل‌های دیواری به دو صورت به کار گرفته می‌شوند. نوع اول به عنوان دیوارهای جداکننده و نوع دوم در نقش اعضا سازه‌ای و باربر ثقیلی و جانبی. در این سیستم پانل‌های سقفی، بارهای کف را تحمل کرده و آن را بصورت مستقیم (بدون وجود المان تیر) به پانل‌های دیواری منتقل می‌نماید.



#### ۹- سیستم اسکلت فولادی پیش‌ساخته با اتصالات پیچ و مهره ای

در این روش، معمولاً پس از طراحی و تهیه نقشه‌های ساخت اسکلت، قسمتی از قطعات به همراه اتصالات آن‌ها به ویژه محل‌های بحرانی سازه توسط جوش در محل کارخانه به صورت پیش‌ساخته ساخته شده و در محل توسط پیچ و مهره به هم متصل می‌شوند. نصب قطعات در محل توسط پیچ و مهره از سرعت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. در اتصالات پیچ و مهره ای تنش‌های پسماند به وجود آمده ناشی از جوشکاری و خطای نصب، به مراتب کمتر از اتصالات تمام جوشی است. در این سازه‌ها امکان بازکردن اتصال به منظور ترمیم یا ایجاد تغییرات ثانویه میسر است.



۱۰- سیستم سازه های بتن مسلح پیش ساخته مدولار سه بعدی

سیستم سازه های بتن مسلح پیش ساخته مدولار سه بعدی یا سیستم خانه سازی مدولار جعبه ای، یک سیستم ساختمانی کامل است که از مدول های جعبه ای شامل دیوار و سقف تشکیل شده است. این مدول ها به دو صورت در کارخانه تولید و به کارگاه منتقل می شوند و پس از سر هم بندی مدول ها یک ساختمان کامل را تشکیل می دهند. مدول های اصلی این سیستم عبارتند از مدول میانی، شامل دو دیوار پیرامونی و سقف و مدول انتهائی، شامل سه دیوار پیرامونی و سقف.

نکته قابل توجه در این خصوص امکان اجرای سقف شیب دار برای این ساختمان ها است. این سیستم به عنوان سیستم دیوار باربر با دیوار برشی بتن مسلح پیش ساخته متوسط محسوب می شود و اجرای آن در یک طبقه و در کلیه مناطق لرزه خیزی ایران مجاز است.



## (۱۱) جمع بندی

لزوم استفاده از روش های صنعتی برای دستیابی به افق های برنامه های توسعه کشور در بخش مسکن و تأمین تقاضای مصرفی در سال های پیش رو، بر کسی پوشیده نیست؛ اما باید توجه داشت که به دلیل نوین بودن این تکنیک در کشور، امکان جایگزینی سریع و فراگیر آن در کوتاه مدت وجود ندارد. البته که این موضوع نافی لزوم برنامه ریزی، اتخاذ سیاست های بنیادی و تلاش برای تحقق این امر نخواهد بود.

صنعتی سازی ساختمان مزایای کمی و کیفی بسیاری از جمله کاهش زمان ساخت، افزایش کیفیت و طول عمر ساختمان، کاهش مصرف انرژی (صرفه جویی)، کاهش نخاله های ساختمانی، افزایش ایمنی در کارگاه و ... را به دنبال دارد. با این وجود ایران جزو کشورهایی است که با قوت کافی به این موضوع ورود نکرده است. عدم گسترش صنعتی سازی ساختمان دلایل مختلفی دارد که در این پژوهش به برخی از آنها پرداخته شد. بر اساس بررسی های صورت گرفته، سوداگری در بخش زمین و نبود چشم انداز مشخص از جمله مهمترین چالش های صنعتی سازی ساختمان در کشور تشخیص داده شد.

در حال حاضر به دلیل سوداگری در زمین روز به روز قیمت زمین و مسکن به صورت غیرمنطقی افزایش می یابد و از آنجا که زمین نقش بسزایی در قیمت تمام شده ساختمان (حدود ۶۰ درصد) دارد؛ رقابت تولیدکنندگان بر سر کیفیت و صنعتی سازی در شرایط فعلی معنایی نخواهد داشت. از این رو باید مسئولان با ابزارهای مالیاتی کفه ترازو را به سمت صنعتی سازی هدایت کنند. به عبارت بهتر هزینه سوداگری را با اخذ مالیات افزایش و در مقابل هزینه ساخت مسکن به روش صنعتی را با معافیت مالیاتی کاهش دهند.

از سوی دیگر با وجود تدوین و تصویب قوانین بالادستی؛ یا این قوانین به خوبی اجرا نشدند یا به صورت پراکنده و در برخی از سال ها انجام پذیرفته و با گذشت زمان و تغییر رویکرد مجدداً به فراموشی سپرده شده اند که راهکار این مسئله نگارش طرح جامع صنعتی سازی در کشور و الزام تمامی دستگاه های متولی برای اجرای آن است.

تجارب کشورهای خارجی نشان داد که دولت ها در فرآیندی حساب شده و سازمانی، در گام نخست با تأسیس کمیته های راهبردی توسعه، نقشه راه خود را با مطالعه سوابق معماری صنعتی در سایر کشورها مشخص کرده اند. در گام بعدی

دستورالعمل های صنعتی سازی را استخراج کرده و با تعیین استانداردهای لازم در جهت ساخت صنعتی پیش رفتند. در ادامه مسیر به منظور کنترل و نظارت تحقق نقشه راه، کمیته ناظر بر صنعتی سازی را تشکیل دادند. این کشورها با برگزاری نمایشگاه های صنعتی و آموزش مهندسان و کارگران موجب بالا بردن میزان آگاهی و مهارت مردم و متخصصین شدند.

## ۱۲) مراجع

- آصفی، مازیار؛ هاشمپور، پریسا و مهاجری، مظفر. (۱۳۹۶) "امکان‌سنجی روش‌های صنعتی‌سازی ساختمان در تولید مسکن اسلامی". فصلنامه پژوهش‌های معماری اسلامی، شماره هفدهم، سال پنجم.
- پیربابایی، محمد تقی و امرایی، بابک. (۱۳۸۸) "بررسی مبانی طراحی محصولات مدولار". نشریه هنرهای زیبا، دوره ۳۷.
- رائین خواه، امیر و حسینی، عبدالله. (۱۳۹۴) "مروری بر تعاریف ارائه شده برای صنعتی‌سازی ساختمان و بررسی تأثیرات بالقوه آن در صنعت ساخت"، سومین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران و توسعه شهری و معماری، دانشگاه شهید بهشتی.
- رائین خواه، امیر و حسینی، عبدالله. ۲. (۱۳۹۴) "بررسی چالش‌های صنعتی‌سازی ساختمان در ایران و پیشنهاد راهکارهای عملی". سومین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران و توسعه شهری و معماری، دانشگاه شهید بهشتی.
- رستم‌پور، عاطفه. (۱۳۸۹) "شناسایی و تحلیل موانع توسعه صنعتی‌سازی ساختمان در ایران". پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت تکنولوژی، گرایش انتقال تکنولوژی. دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی.
- سایت آقای سهم الدینی. (۱۳۹۵) [www.sahmdini.ir/185/](http://www.sahmdini.ir/185/)
- سایت بانک مسکن. (۱۳۹۸) [www.bank-maskan.ir/mass-producers-facility](http://www.bank-maskan.ir/mass-producers-facility)
- سایت خبری و تحلیلی مقاومتی نیوز. (۱۳۹۷) [moqavemati.net/82520](http://moqavemati.net/82520)
- شاه حسینی، وحید؛ وجدانی، احمد و امیری، امید. (۱۳۹۱) "نقش صنعتی‌سازی ساخت و ساز ساختمان در توسعه کشور و چالش‌های پیاده‌سازی آن". سومین کنفرانس بین‌المللی صنعت احداث، تهران.
- عیسی‌خانی، ویدا و مومنی، کوروش. (۱۳۹۱) "نگاهی به تاریخچه و روند تکامل صنعتی‌سازی در ساختمان از زمان ساختمان‌های ابتدایی تا پیشرفت در عصر حاضر". اولین همایش ملی اندیشه‌ها و فناوری‌های نو در معماری، تبریز.
- قلی‌زاده، علی اکبر. (۱۳۹۶) "پیشنهاد اصلاح مالیات بر املاک (با تأکید بر عایدی سرمایه)". گزارش معاونت امور اقتصادی وزارت امور اقتصادی و دارایی.
- دفتر زیربنایی مرکز پژوهش‌های مجلس. (۱۳۹۱) "بررسی فرآیند صنعتی‌سازی ساختمان و الزامات آن"
- مهدوی، احسان؛ بالادهی، سیدحسین ساداتی و منصورخاکی، علی. (۱۳۸۹) "بررسی اهمیت صنعتی‌سازی ساختمان و ارائه راهبردهای لازم جهت فراگیر نمودن آن". سومین همایش مقاوم‌سازی و مدیریت شهری، خمین، دانشگاه آزاد اسلامی.



- Abdullah, M. R., Mohd Kamar, K. A., Mohd Nawawi, M. N., Tarmizi Haron, A., and Arif, M. (2009). "Industrialized building system: A definition and concept". Proc. of ARCOM Conference, Nottingham, UK.
- Abedi, M., Fathi, M. S., Mirasa, A. K. (2011) "Establishment and Development of IBS in Malaysia". International Building and Infrastructure Technology Conference (BITECH 2011), Penang, Malaysia.
- Ammar, W., Abbood, K. (2015) "Achieving energy efficiency through industrialized building system for residential buildings in Iraq". International journal of sustainable built environment, Iraq.
- Chen, E.L.L. (2000) "An Overview of the Malaysian Property Market". Paper presented at the UPM Workshop "Environment Friendly Township for Developing Countries", Serdang, Malaysia.
- Chiang, Y.H., Chan, H.W.E., Lok, K.L.L.(2006) "Prefabrication and barriers to entry – a case study of public housing and institutional buildings in Hong Kong". Habitat Int. 30 (3).
- CIDB. (2011) "Industrialized Building System (IBS) Roadmap 2011-2015 Construction Industry Development Board (CIDB)". Kuala Lumpur, Malaysia.
- Dimoudi, A., Tompa, C. (2008) "Energy and environmental indicators related to construction of office buildings". Resources, Conservation and recycling, Volume 53, Issues 1–2.
- Din, I. (2012) "IBS Roadmap-Status Towards 2015". The International Constructional Steel Conference (ICSC), Kuala Lumpur, Malaysia.
- GOODIER, C.I., GIBB, A.G.F. (2007). "Future opportunities for offsite in the UK". Construction Management and Economics, 25 (6).
- Hamid, Z.A., Hung, F.C., Rahim, A.H.A. (2017) "Retrospective View and Future Initiatives in Industrialised Building Systems (IBS) and Modernisation, Mechanisation and Industrialisation (MMI)". by John Wiley & Sons Ltd.
- Heravi, G., jafari, A. (2014) "Cost of Quality Evaluation in Mass-Housing Projects in Developing Countries". Journal of construction engineering and management (ASCE).
- Kamar, K.A.M., Hamid, Z.A., Azman, M.N.A., Ahamad, M.S.S. (2011). "Industrialized building system (IBS): Revisiting issues of definition and classification". International Journal of Emerging Sciences,1(2).
- Lessing, J. (2006) "Industrialized house-building : concept and processes". Lund institute of tech, Sweden.
- Masod, W. M. S. (2005) "Simulation of allocation activities of logistic for semi precast concrete construction: case study". UTM, Johor.

- Noraini, B.B. (2009) “Construction Technology and Innovation Development Sector”. Construction Industry Development Board (CIDB), Kuala Lumpur, Malaysia, Personal communication.
- Qays, M., Mohamed, M.F., Sulaiman, M.KAM., Raman, SN. (2017) “Industrialized Building Systems: A Bibliometric Analysis from 1980 to 2017”. The International Scientific Forum (ISF 2017) Langkawi Island, Malaysia.
- Qays, M., Mustapha, K.N., Mohammad, B.S. (2009) “Advantages of industrialized building system in Malaysia”. Universiti Tenaga Nasional, Malaysia.
- Rahman, A.B.A., Omar, W. (2006) “Issues and Challenges in the Implementation of IBS in Malaysia”. Proceeding of the 6th Asia - Pasific Structural Engineering and Construction Conference (ASPEC 2006). Kuala Lumpur, Malaysia.
- Romeroa, R., Cebadora, S., Abad, J. (2014) “Modeling injury rates as a function of industrialized versus on-site construction technique”. Barcelona-Spain.
- Thanoon, W.A.M., Peng, L.W., Abdul Kadir, M.R., Jaafar, M.S. and Salit, M.S. (2003) "The Experiences of Malaysia and Other Countries in Industrialized Building System in Malaysia". Proceeding on IBS Seminar. UPM, Malaysia.
- Wang, Y. (2006) “Housing industrialised buildings in China: status quo and future development”. unpublished thesis. China: Department of Architecture, South China University of Technology.
- Zhang, X. L., Skitmore, M. (2012) “Industrialized housing in China: a coin with two sides”. International Journal of Strategic Property Management, 16(2).
- Zhang, X., Skitmore, M., Peng, Y. (2014) “Exploring the challenges to industrialized residential building in China”. Journal of Habitat international, Elsevier Ltd.