باسمه تعالی

ارزیابی سیستم صنعتی‌سازی مسکن و راهبردهای توسعه آن در ایران

حسین عبداللهی درآباد*

کارشناس ارشد مهندسی عمران، دانشگاه زنجان

h.abdollahi@znu.ac.ir

افشین بیکپور

دانشجوی کارشناسی ارشد MBA، دانشگاه مالک اشتر

paraxafshin@gmail.com

در سال‌های اخیر به واسطه عدم همخوانی درآمد خانواده‌ها با قیمت مسکن، نیاز انباشته برای تأمین این کالای اساسی افزایش یافته؛ اما در مقابل ساخت و ساز و تولید آن با کاهش محسوسی روبرو شده است. این در حالیست که ساخت و ساز به روش فعلی فرآیندی زمانبر بوده و به کندی میتواند نیاز مردم را پاسخ دهد. قیمت تمام شده ساختمان و عمر مفید آن نیز مسائلی هستند که با راهکار استفاده از سیستم های صنعتی‌سازی قابل رفع خواهند بود. اما بهره‌گیری از این روش در کشور نیازمند بررسی و امکان‌سنجی دقیقی است. در واقع باید علاوه بر اینکه مزایای این سیستم بررسی گردد، چالش‌های اجرای آن در کشور نیز مورد مطالعه قرار گرفته و برطرف گردد. از این رو در مقاله پیش رو با روش توصیفی- تحلیلی به اهمیت، مزایا، الزامات و راهبردهای مناسب برای بهره‌مندی از روش صنعتی‌سازی پرداخته شد. نتایج نشان داد که استفاده از روش صنعتی‌سازی تأثیرات مثبتی از جمله افزایش سرعت ساخت، افزایش کیفیت، افزایش ایمنی در کارگاه و حفظ محیط زیست دارد. با این وجود، این روش کمتر از ۵ درصد ساخت و سازها در ایران را به خود اختصاص می‌دهد. چرا که در شرایطی که هزینه ساخت خانه به روش قدیمی تفاوت قیمتی با ساخت صنعتی ندارد و هزینه اولیه روش صنعتی‌سازی بالاتر نیز است؛ سازندگان ترجیح کمتری برای ساخت و ساز به روشهای نوین دارند و همین عوامل نیز موجب شده تا کیفیت ساخت جایگاهی در بازار رقابتی مسکن نداشته باشد. بنابراین هدایت سازندگان و متقاضیان مسکن به سمت ساخت و خرید خانه‌هایی که به روش‌های نوین ساخته شده‌اند، نیازمند اتخاذ راهبردهای اساسی از جمله کاهش تأثیر مولفه زمین در قیمت تمام شده مسکن، استفاده از این روش در پروژه‌های انبوه ملی به منظور صرفه در مقیاس شدن، افزایش دانش سازندگان، مهندسان و مردم در این زمینه و تشویق سازندگانی که به روش صنعتی ساخت و ساز انجام می‌دهند از طریق تسهیلات با سودهای کمتر و معافیت و تخفیف‌های ساخت است که در مقاله پیش‌رو به آنها پرداخته شد.

واژه‌های کلیدی: صنعتی‌سازی، کیفیت مسکن، زمین، انبوه‌سازی، مدولاریزاسیون

۱. بیان مسئله و تشریح آن

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(گزارش طرح جامع مسکن وزارت راه و شهرسازی، ۱۳۹۶). 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 (مرکز آمار). این آمارها بدین معناست که هیچ یک از سال‌ها کشور به عدد یک میلیون واحد برآورد شده، دست نیافته و در ۵ سال اخیر نیز تولید مسکن کاهش چشمگیری داشته است. علاوه بر این 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 این‌صورت قطعاً کشور به تولید مسکن بیش‌تری احتیاج خواهد داشت. 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(وزارت راه و شهرسازی، ۱۳۹۸). مضاف بر موارد مذکور اتلاف انرژی در کشور در مراحل تولید مصالح ساختمانی، ساخت مسکن و بهره برداری از آن، در حد بسیار بالایی قرار دارد. آمارها و برآوردهای کارشناسی طرح جامع مسکن در سال ۱۳۹۳ نشان می‌دهد که مصرف انرژی در فرآیند ساخت ۲ برابر متوسط جهانی است(گزارش طرح جامع مسکن وزارت راه و شهرسازی، ۱۳۹۳). 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.

۲. راهکار حل مسئله

در این شرایط 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 نقش بسزایی در تولید بیشتر و سریعتر واحدهای مسکونی و کاهش قیمت مسکن در کشور ایفا می‌کند. صنعتی‌سازی در معنای عام به عنوان روند تغییر نگرش اجتماعی و اقتصادی تعریف می‌شود که طی آن جامعه از حالت غیرصنعتی به صنعتی تبدیل می‌گردد (Abdullah et al, ۲۰۰۹). اصطلاحات

زیادی برای توصیف صنعتی‌سازی و پیش‌ساختگی استفاده می‌شوند. روش‌های نوین ساخت (MMC[۱]) ساخت کارخانه‌ای (OSM[۲]) تولید بیرون کارگاهی (OSP[۳]) و ساخت بیرون کارگاهی (OSC[۴]) از جمله اصطلاحاتی هستند که در دوره‌های زمانی مختلف از آن‌ها استفاده شده است. روش‌های مدرن ساخت (MMC) عبارتی است که در کشور بریتانیا برای تعریف تکنولوژی‌های ساخت خارج از کارگاه ساختمانی، روش‌های ابتکاری و تکنولوژی‌های کارگاهی استفاده می‌شود(Goodier and Gibb, ۲۰۰۷). سیستم‌های ساخت صنعتی (IBS) عبارتی است که برای بیان مفهوم پیش‌ساختگی و صنعتی‌سازی ساخت در کشور مالزی از آن استفاده می‌شود (Kamar et al, ۲۰۱۱). به‌طور کلی صنعتی‌سازی ساختمان را میتوان، تغییر در نوع نگرش و رفتار که موجب شکل‌گیری فرآیندی پویا و تدریجی در جایگزینی استفاده از نیروی انسانی مجرب در ساخت، با یک سیستم تولید کارخانه‌ای و با بهره‌گیری از سیستم‌های اتوماتیک و ماشین‌آلات تحت مدیریت یکپارچه صنعتی تعریف کرد(رائین خواه و حسینی، ۱۳۹۴). در صنعتی سازی مفاهیمی از جمله مدولاریزاسیون، پیش‌ساخته‌سازی، پیش مونتاژ، انبوه‌سازی و ... مطرح می‌شوند. به عنوان نمونه مدولاریزاسیون[۵] به معنای مدولار واستاندارد نمودن اجزاء وقطعات ساختمانی است. به نحوی که به جای تولید یک قطعه در ابعاد وقطعات بسیار متنوع، این محصولات در محدوده‌ای منطقی و محدود تولید شوند تا امکان دستیابی به تولید انبوه کارخانه‌ای فراهم شود. مدولار، طراحی و ساخت ساختمان با قسمت‌های مشابه و تکرار شونده است که به هر کدام از اعضای تکرارشونده یک مدول گفته می‌شود. این قطعات لزوماً مشابه هم نبوده و با توجه به محل قرارگیری، ویژگی‌های خاص خود را دارند. لازم به ذکر است در اغلب موارد، افراد انبوه‌سازی[۶] 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. 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.

۳. بررسی وضع گذشته و حال

در ایران از سال ۱۳۳۰ تاکنون در جهت تولید ساختمان به روش‌های صنعتی بارها اقداماتی بعمل آمده است. کارخانه تولید قطعات پیش‌ساخته در سال ۱۳۳۰ توسط سازمان مسکن آغاز به کار کرده و «شرکت کوی کاد نارمک» با نظارت بانکساختمانی[۷]

---

[۱] Modern methods of construction
[۲] Offsite manufacturing
[۳] Offsite production
[۴] Offsite construction
[۵] Modularization
[۶] Mass production
[۷] 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 تاسیس شد.

با عناصر پیش‌ساخته این کارخانه بنا شد. به دنبال آن کارخانه خانه‌سازی 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 خانه‌سازی لویزان، خانه‌سازی باختران و غیره به تولید رسیدند. در مجموع بیست کارخانه سازنده قطعات بتنی و بیش از صد کارخانه سازنده اجزای پیش‌ساخته ساختمان پیش از انقلاب به کشور وارد گردید. وجود این حجم از کارخانه‌ها 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 ظرفیت‌های تولید انبوه، استفاده از تکنولوژی پیشرفته در تولید مسکن محدود ماند (عیسی خانی و مومنی، ۱۳۹۱). شهرک‌های اکباتان، آپادانا و قدس (غرب) نمونه‌هایی از صنعتی‌سازی در ایران است که در سال های پیش از انقلاب اجرا شده اند.

شکل۱. نمای بالا از شهرک اکباتان

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 قالب‌بندی و مابقی تولیدکننده قطعات فلزی سنگین و پوشش‌های سقف در کشور مشغول به فعالیت بودند. مسکن مهر نخستین تجربه کشور در صنعتی‌سازی ساختمان پس از انقلاب بود. پروژه ۵۴۰۰ واحدی فاز ۵ و پروژه ۱۱۰۰ واحدی فاز ۳ پرند از نمونه‌های اولیه این سیستم ساخت و ساز بوده است.

شکل۲. تصویر واحدهای صنعتی در مسکن مهر پرند

در حال حاضر با تمام مزایای موجود در کشور تاکنون تنها دو الی چهار درصد از حجم ساخت و سازها به صنعتی‌سازی اختصاص داده شده است. در حالی که این شاخص در سایر کشورها بین ۲۰ تا ۸۰ درصد متغیر است (رستم پور، ۱۳۸۹). صنعتی‌سازی ساختمان در کشور عمدتاً در ساخت سازه‌های بتنی با قطعات پیش‌ساخته و بکارگیری پانل‌ها و بلوک‌های جدید، استفاده از تجهیزات نوین تأسیساتی و غیره به صورت محدود انجام می‌شود. بنابراین صِرف ساخت بخشی از قطعات در کارخانه‌ها و استفاده محدود از آن‌ها به روند شکل‌گیری ساخت صنعتی کمکی نخواهد کرد. به طور کلی دستیابی به صنعتی‌سازی ساختمان فرآیندی نسبتاً زمان‌بر است که با اتخاذ راهبرد مناسب، هدف‌گذاری، برنامه‌ریزی، اراده، تدوین قوانین مناسب و مدیریت هماهنگ صنایع وابسته، میسر خواهد شد. در برنامه چهارم توسعه کشور، حرکت به سمت تولید صنعتی ساختمان به عنوان راهبرد اصلی پیش‌بینی گردید و به استناد بند «د» تبصره ۶ قانون بودجه سال ۱۳۸۶ که هم‌اکنون تبدیل به «قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن: مصوب سال ۱۳۸۷» شده، کشور باید به سمت صنعتی‌سازی ساختمان گام بردارد.

۴. مزایای سیستم ساختمان‌سازی صنعتی

استفاده از روش ساخت و ساز صنعتی ساختمان با بهره‌مندی از انواع تکنیک‌ها و سیستم‌های نوین دارای مزایای متعددی است که در ذیل اهم مزایای صنعتی‌سازی شرح داده شده است.

۴.۱. افزایش کیفیت

بر اساس مطالعات موجود می‌توان کیفیت را به عنوان میزان تطابق محصول با خواسته‌های اولیه تعریف کرد. موضوع کیفیت در ساختمان در برگیرنده 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[۸] 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[۹]» 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 ۳ نمای کلی از موضوع هزینه کیفیت را نشان می‌دهد.

[۸] Cost of quality (CoQ)
[۹] Prevention-Appraisal-Failure model (PAF)

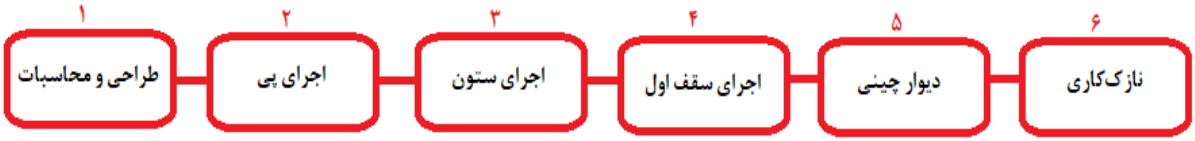
شکل۳. نمودار هزینه-کیفیت

با توجه به مطالعه موردی انجام شده در شهر جدید پرند تهران، هزینه‌های شکست و دوباره‌کاری‌ها ناشی از عدم رسیدن به کیفیت مورد نظر (هزینه شکست) به میزان ۹.۳ درصد کل هزینه‌های اجرا است (Heravi and Jafari, ۲۰۱٤). این در حالی است که با استانداردسازی قطعات تولید شده و با توجه به آزمایش و نظارت مداوم روی تولید کارخانه‌ای یا بیرون کارگاهی، می‌توان این هزینه‌ها را به حداقل ممکن در نمودار هزینه-کیفیت رساند. در سیستم‌های ساختمان‌سازی صنعتی به دلیل اشتغال کارگران ماهر و نیمه‌ماهر با دامنه خاصی از کارها جهت بهبود کارآیی و کاهش خطاها می‌توانند محصولاتی با کیفیت بالا تهیه کنند (Noraini, ۲۰۰۹). بنابراین یکی از مزایای اصلی صنعتی‌سازی، کاهش خطای انسانی و به تبع کاهش هزینه دوباره‌کاری در ساخت و ساز است که این موضوع کیفیت سازه را به دنبال خواهد داشت. همچنین باید گفت این سیستم ساختمان‌سازی برای کشورهایی مانند مالزی که باران در طی چند ماه هر ساله افزایش می‌یابد، مناسب است. در این سیستم قسمت‌های مختلف ساختمان در محیطی کنترل شده (به عنوان مثال کارخانه تولید قطعات پیش‌ساخته) تولید می‌گردد که در این محیط اثرات دمای هوا و بارش تأثیری بر روند کار و کیفیت محصول نخواهد داشت (Thanoon et al, ۲۰۰۳). علاوه بر این، استفاده از فناوری مکانیزه و انتخاب مصالح می‌تواند کیفیت محصولات را بهبود بخشد (Qays et al, ۲۰۰۹). بنابراین در صنعتی‌سازی اجزایی که مشخصات و کنترل‌های فنی را برآورده نمی‌کنند، قبل از تحویل آن به کارگاه ساختمانی رد خواهند شد و همین امر بهبود کیفیت ساختمان را به دنبال دارد. گفتنی است عمر مفید ساختمان‌های کنونی در کشور ایران بسیار پایین و بین ۲۵ تا

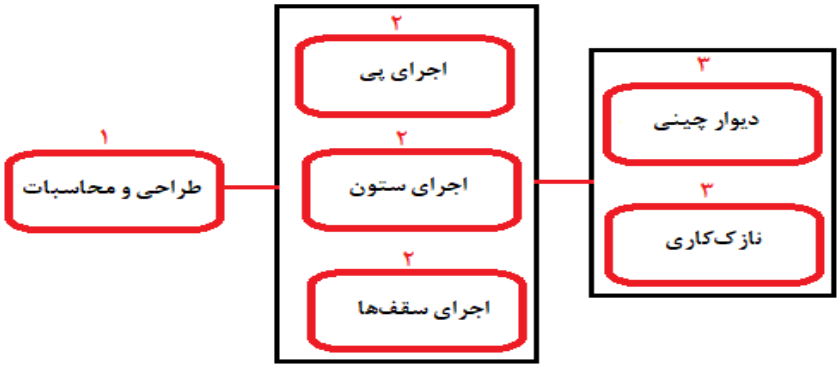
۳۰ سال برآورد شده و ادامه این روند موجب هدر رفتن سرمایه‌های ملی، امکانات و مصالح می‌شود. در صورت اجرای سیستم ساخت صنعتی، عمر مفید ساختمان‌ها را می‌توان به بیش از ۷۵ یا حتی ۱۰۰سال رساند (رستم پور، ۱۳۸۹).

۴.۲. کاهش زمان ساخت

استفاده از سیستم ساختمان‌سازی صنعتی به دلیل تولید پیشرفته مکانیزه و فرآیند نصب ساده، می‌تواند موجب تکمیل سریع پروژه‌ها گردد (Masod, ۲۰۰۵). علاوه بر این، در فرآیند تولید صنعتی از آنجا که برخی از مراحل تولید در کارخانه و به صورت موازی انجام می‌شود، نیازی به رعایت سلسله مراتب و زنجیره‌های تولیدی نیست. بسیاری از مراحل تولید می‌تواند همزمان و به صورت موازی انجام شود. 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 مقایسه‌ای بین زمان اجرای ساخت در روش رایج و قدیمی با روش صنعتی‌سازی ساختمان را نشان می‌دهد.



شکل۴. ترتیب ساخت مسکن به روش معمول فعلی



شکل۵. ترتیب ساخت مسکن به روش صنعتی

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 اروپایی۲۴ 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.

۴.۳. 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[۱۰] 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, ۲۰۱۴). 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.

۴.۴. 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[۱۱] بیش از ۴۰ درصد سنگ، شن و ماسه، ۲۵درصد از چوب و ۱۶درصد 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, ۲۰۰۸). 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, ۲۰۰۵). 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

[۱۰] International Labour Organization (ILO)
[۱۱] World Watch Institute

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 بازمصرف 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 در محل به حداقل برسد؛ زیرا دیگر نیازی به ساخت داربست و کارگاه قالب سازی و پیاده سازی آن‌ها نیست (Qays et al, ۲۰۰۹). 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 ۱۸درصد از کل انرژی تولیدی سالیانه این کشور است (Ammar and Abbood, ۲۰۱۵).

۴.۵. استفاده از نیروی کار متخصص

یکی دیگر از مزایای صنعتی‌سازی 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 چندانی پیدا می کند. با توجه به روند رو به رشد سطح تحصیلات اقشار جامعه، در بلندمدت بازار تولید ساختمان‌های 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 فارغ‌التحصیل 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 فارغ‌التحصیل یا در حال تحصیل در گروه جمعیت بیکار قرار دارند و از ظرفیت اقتصادی آن‌ها استفاده نمی‌شود. بدین‌ترتیب در صورت گسترش روش‌های صنعتی، لزوم آموزش نیروهای شاغل مجرب و تحصیل‌کرده 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. چالش‌های صنعتی‌سازی در ایران

بر اساس تجارب سال‌های گذشته، تلاش برای صنعتی‌سازی در کشور بدون سیاست‌گذاری مناسب و عدم توجه به حل مشکل به صورت بنیادی و توسعه پایدار همواره با شکست مواجه شده است. از آنجایی که صنعتی‌سازی فرآیندی زمان‌بر بوده و برخی از ذینفعان سود خود را در عدم بکارگیری این سیستم در کشور می‌بینند، با موضع‌گیری‌های مخالف موجب تأخیر و حتی مسکوت ماندن اجرای آن خواهند شد. بنابراین سیاست‌های کلان باید به گونه‌ای 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 کوتاه‌مدت، مشکلات موجود بر سر راه تولید مسکن را بحرانی‌تر خواهد کرد. نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالا، سوداگری در بخش

زمین، نقص و عدم انسجام در سیاست‌گذاری‌های کلان کشور، کمبود دانش فنی و آشنایی و تجربه کم پیمانکاران و مردم جامعه با روش‌های صنعتی به عنوان اصلی‌ترین چالش‌های سیستم صنعتی‌سازی ساختمان ارائه می‌شوند.

۵.۱. نیاز به سرمایه اولیه بالا

بهره‌گیری از یک فناوری جدید همواره با هزینه‌های مختلفی از جمله مطالعات جامع، نمونه‌سازی و آزمایش‌های متعدد، آموزش و ... همراه بوده و از آنجا که در ابتدای ظهور آن، میزان تقاضا کم است، معمولاً در ابتدای کار هزینه بیش‌تری هم از لحاظ زمانی و هم از لحاظ مالی نسبت به روش‌های 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، آزمایشگاه‌های سازه مجهز و خرید ماشین‌آلات و تجهیزات خاص، خرید قالب‌ها و هزینه سیستم‌های کنترلی و هدایت خودکار، نیاز خواهد داشت (Abedi et al, ۲۰۱۱). 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 به‌این 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 سرمایهِ افراد 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.

۵.۲. سهم عمده زمین از هزینه ساخت

بر اساس برآورد آماری 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). بنابراین در شرایطی که ۶۰ درصد قیمت ساخت را زمین، حدود ۲۰ درصد آن را مصالح و کل هزینه‌های مربوط به مطالعه، طراحی، اجرا چیزی در حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد هزینه تمام شده ساختمان را به خود اختصاص می‌دهند. هزینه‌های ساختمانی که با صنعتی‌سازی قابل کاهش و برنامه‌ریزی است، به‌دلیل تأثیر زیاد قیمت زمین در قیمت نهایی ساختمان عملاً میزان زیادی نخواهد شد و به همین علت مزایای اقتصادی استفاده از روش‌های صنعتی کم‌رنگ شده و انگیزه مالی برای ترغیب خریداران ایجاد نمی‌گردد. به عبارت بهتر تا زمانی که سوداگری در زمین موجب رشد غیرمنطقی قیمت مسکن گردد؛ رقابت برای تولید با کیفیت و قیمت مناسب معنایی نخواهد داشت.

مسئله دیگری که به بحث زمین باز می‌گردد، تفاوت در متراژ و پخی یا ناقص بودن اغلب آنها در زمین‌های شهری است. بنابراین به دلیل تولید قطعات مدولار نمیتوان به ساخت مسکن با این روش در شهرهای فعلی امید داشت و برنامه‌ریزی برای زمینهای شهرها و شهرکهای جدید باشد.

۵.۳. عدم سیاست‌گذاری‌های کلان

یکی از حلقه‌های اصلی در فرآیند برنامه‌ریزی سیستم، سیاست‌گذاری است. جایگاه سیاست‌گذاری پس از تدوین اهداف و قبل از برنامه عملیاتی است (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۹). به طور کلی در بخش سیاست‌گذاری صنعتی‌سازی ساختمان رویکرد باید تغییر کفه ترازو باشد. به منظور دستیابی به این رویکرد تدوین و نگارش طرح جامع صنعتی‌سازی در کشور توسط دستگاه‌های ذیربط امری ضروری است و در این راستا مهم‌ترین حمایت دولت، تشویق و ارائه راهکارهایی در جهت اجرای صحیح و اصولی ساختمان‌های با کیفیت و دوام مطلوب است و در مقابل افزایش تدریجی هزینه ساخت برای سازندگانی که از روش معمول و قدیمی استفاده می‌کنند. از طرف دیگر، ضروری است جهت هماهنگی و ایجاد حرف واحد بین دستگاه‌ها و ذینفعان در امور بخش ساختمان، شورا یا مجموعه‌ای ایجاد گردد. به همین منظور تصمیم‌گیری‌های نهایی، تحقیق و توسعه و حتی قوانین مورد نیاز زیر نظر آن‌ها فرآیند خود را طی خواهد کرد و به مرحله اجرا می‌رسد. به عنوان مثال در کشور چین در سال ۱۹۹۸، مرکزی با عنوان مرکز توسعه صنعتی‌سازی مسکن[۱۲] در وزارت مسکن و توسعه شهری و روستایی آن کشور به منظور افزایش کیفیت ساختمان‌های مسکونی با استفاده از صنعتی‌سازی 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 آژانس‌های همکاری بین‌المللی ژاپنیِ متخصص در زمینه تکنولوژی‌های ساختمان اقدام به تهیه استانداردها و مدارک فنی مختلفی نمود. در نهایت با استفاده از کمک‌های فنی خارجی موفق به تعریف خط مشی «سیستم گواهینامه‌ی عملکردی ساختمان‌های مسکونی[۱۳]» در این کشور شد که این موضوع موجب بهبود وضعیت ساخت و ساز در چین شده است (Zhang et al, ۲۰۱٤). گفتنی است در کشور راهبری صنعتی‌سازی به مرکز تحقیقات راه و ساختمان و مسکن واگذار شده است تا فناوری‌های نوین ساختمانی را با توجه به شاخص‌های فنی و قانونی تأیید و نسبت به ترویج و توسعه این فناوری‌ها اقدام نماید. با این وجود علی‌رغم انجام اقداماتی به منظور رونق صنعتی‌سازی 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 صنعتی‌سازی ساختمان در تاریخ ۲۲ خرداد ۱۳۹۸ است که می‌گوید: "ایران در نسل سوم ساختمان‌سازی و صنعت ساختمان قرار دارد؛ در حالی که دنیا در نسل ششم بوده و در سال آینده به نسل هفتم ساختمان‌سازی وارد می‌شود."

[۱۲] Housing Industrialization Promotion Centre
[۱۳] China's residential house performance certification system

۵.۴. عدم تولید انبوه واحدهای مسکونی صنعتی

صنعتی‌سازی ساختمان هنگام ساخت پروژه‌های بزرگ و در انبوه‌سازی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و در واقع در ابعاد کوچک و مساحت‌های کم، بصرفه و اقتصادی نیست. علاوه بر این محدودیت که در واقع یک محدودیت کلی و جهانی است در داخل کشور هم ضعف‌هایی وجود دارد که به نظر بزرگترین آن‌ها عدم صندوق سرمایه‌گذاری (تجمیع سرمایه)، کمبود شرکت‌های ساختمانی بزرگ و نبود امکانات لازم برای سرمایه‌گذاری‌های کلان در بخش ساختمان است. در حال حاضر عمده واحدهای مسکونی کشور به دست نیروهای غیرمتخصص ساخته می‌شود و شرکت‌های ساختمانی و مهندسان نقش بسزایی در ساخت و ساز مسکن ندارند؛ به همین دلیل می‌توان گفت شرایط لازم برای سرمایه‌گذاری شرکت‌های ساختمانی فراهم نیست (سایت سهم الدینی، ۱۳۹۵).

۵.۵. کمبود دانش و تجربه پیمانکاران، کارگران و جامعه

بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، نیروی کار جامعه به تدریج به سمت اخذ تحصیلات عالی می‌رود و به همین دلیل در بلندمدت بازار تولید ساختمان‌های با روش قدیمی با کمبود نیروی کار ساده و اجرایی مواجه خواهد شد. مسئله‌ای 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 فعالیت‌های سخت و به عنوان کارگر ساده تصور نمی‌کند. 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 می‌گردد. این در حالی است که اجرای ساختمان با روش صنعتی و تکنولوژی‌های جدید نیاز به نیروهای مجرب و آموزش دیده دارد که دانشگاه‌ها و مراکز آکادمیک داخل کشور به علت فشرده بودن سرفصل‌های دوره کارشناسی و یا حتی کارشناسی ارشد، معمولاً اطلاعاتی از صنعتی‌سازی ساختمان و فرآیندهای آن در اختیار فارغ‌التحصیلان قرار نمی‌دهند. همچنین جهت ایجاد اطمینان، اعتماد و رشد اطلاعات در بین جامعه و تقاضای مصرفی، فرهنگ‌سازی و آموزش نقش بسزایی را ایفا می‌کند. این رشد اطلاعات موجب می‌شود 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 ویژگی‌ها و اثرات مثبت فناوری‌های 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 ساختمان‌سازی افزایش خواهد داد.

۵.۶. قیمت حامل‌های انرژی

بسیاری از کارشناسان، صنعتی‌سازی ساختمان را یکی از الزامات اصلاح ساخت و ساز مسکن در کشور عنوان می‌کنند و یکی از دلایل بی‌توجهی به این نوع ساخت و ساز را قیمت پایین انرژی و عدم تمایل سازندگان و مردم به صرفه جویی می‌دانند (رائین خواه و حسینی ۲، ۱۳۹۴). با صنعتی‌سازی ساختمان هزینه‌های مصرف انرژی به شکل قابل توجهی کاهش پیدا می‌کند. اما در شرایطی که هزینه انرژی در ساختمان‌ها 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 ساختمان‌های ساخته شده به روش صنعتی بالا نخواهد رفت و اصلاً رقابت بین این دو نوع روش ساخت معنایی نخواهد داشت.

۶. تجارب جهانی صنعتی‌سازی

- **مالزی**

تجارب کشورهای خارجی نشان داد که دولت‌ها در فرآیندی حساب شده و سازمانی، در گام نخست با تأسیس کمیته‌های راهبردی توسعه، نقشه راه خود را با مطالعه سوابق معماری صنعتی در سایر کشورها مشخص کرده‌اند. در گام بعدی دستورالعمل‌های صنعتی‌سازی 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 صنعتی‌سازی را تشکیل دادند. این کشورها با برگزاری نمایشگاه‌های صنعتی و آموزش مهندسان و کارگران موجب بالا بردن میزان آگاهی و مهارت مردم و متخصصین شدند. 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, ۲۰۰۰). 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, ۲۰۰۳). اولین پروژه در سال ۱۹۶۴، در محدوده کوالالامپور با ۷ بلوک ۱۷ طبقه، شامل ۳۰۰۰ واحد آپارتمان ارزانقیمت 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, ۲۰۱۱).

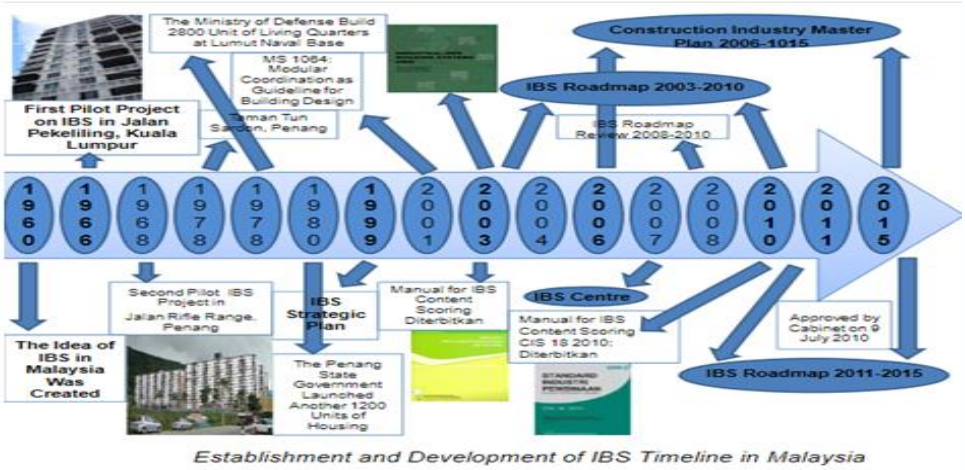
The Rifle Range Road Flat in Penang.

Jalan Pekeliling Flat, Kuala Lumpur

شکل۶. اولین پروژه‌های صنعتی‌سازی مسکن در مالزی

مقایسه عملکرد بین سیستم صنعتی 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 پایین‌تر بود. از نظر سرعت ساخت و ساز نیز در هر دو پروژه ۲۷ ماه زمان به همراه راه‌اندازی کارخانه‌های پیش‌ساخته صرف شد. جهت انطباق بیش‌تر صنعتی‌سازی با آداب و رسوم مالزی و بومی‌سازی دانش از سال ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰ قراردادهای مشارکت انتفاعی[۱۴] 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 مقرون‌به صرفه برداشتند (Din, ۲۰۱۲). در سال ۱۹۹۸ با تأسیس هیئت توسعه صنعت ساختمان مالزی[۱۵]، 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 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, ۲۰۱۱). 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 - 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[۱۶]) و مرکز صنعتی‌سازی ساختمان (IBS Center[۱۷]) 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. شکل زیر خلاصه گزارشی از تلاش دولت مالزی برای توسعه صنعتی‌سازی ساختمان را از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهد.

[۱۴] Joint Venture
[۱۵] Construction Industry Development Board (CIDB) of Malaysia
[۱۶] Construction Research Institute of Malaysia
[۱۷] Industrialized Building System Center



شکل۷. نقشه راه صنعتی‌سازی در مالزی

اهداف مشخص و اصلی نقشه راه دوم صنعتی‌سازی ساختمان مالزی در سال‌های ۲۰۱۱ الی ۲۰۱۵ تدوین شد و عبارتند از:

۱- حفظ میزان مشارکت صنعتی‌سازی در ساخت وسازهای دولتی به میزان ۷۰ درصد ۲- افزایش میزان مشارکت صنعتی‌سازی در ساخت وسازهای بخش خصوصی به ۵۰ درصد در پایان سال ۲۰۱۵ (CIDB Roadmap, ۲۰۱۱).

از زمان انتشار نقشه راه، مسیر صنعتی‌سازی هموارتر شد و جهت ارزیابی این موضوع می‌توان از سه شاخص سنجش عملکرد کلیدی (KPI[۱۸]) یعنی میزان ساخت و ساز صنعتی، تعداد پیمانکاران دارای مجوز و تعداد تولیدات دارای گواهینامه ISO استفاده کرد. بررسی‌ها نشان داد که در پایان سال ۲۰۱۴ میزان ساخت و ساز صنعتی در ساختمان‌های مسکونی، غیر مسکونی و اجتماعی در پروژه‌های دولتی به ترتیب ۷۰، ۸۰ و ۷۶ بوده؛ در حالی که در مورد پروژه‌های خصوصی، میانگین این تعداد به ترتیب ۶۵، ۶۳ و ۶۴ بوده است بنابراین هدف نقشه راه ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ تحقق یافت(Hamid et al, ۲۰۱۷).

- **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، پیش‌مونتاژ، 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 وساز و گردآوری اجزا برای شکل‌گیری ساختارهای ساختمان از جمله اقدامات و برنامه چین برای اصلاح شیوه‌های ساخت متداول خود بود(Chiang et al, ۲۰۰۶). در همین خصوص، چین راهبردهایی را برای توسعه صنعتی‌سازی ساختمان و کنترل کیفیت و استانداردسازی ساختمان شهری و روستایی با بهره‌گیری

[۱۸] Key Performance Indicators

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[۱۹]» از شوروی به کار گرفته شدند (Wang, ۲۰۰٦). با این نوع روش ساخت وساز آژانس‌های ساخت وساز مرکزی چین توانا شدند که طرح‌های معماری استانداردی 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, ۲۰۱٤). 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, ۲۰۱٤).

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 درنهایت به معرفی "مسکن صنعتی" در اواخر دهه ۱۹۸۰ منجر شد. با این حال، پس از ورود به دوره طلایی در دهه ۱۹۹۰، استفاده از روش صنعتی‌سازی مجدداً راکد شد. دلیل اصلی این اتفاق دستیابی سازندگان به تسهیلات و زمین رایگان بود؛ چرا که این افراد با روش ساخت قدیمی می‌توانستند به راحتی به سود مناسب دست یابند و همین عامل، بی توجهی به نوآوری‌ها و روش صنعتی‌سازی را به دنبال داشت (Zhang et al, ۲۰۱٤). در سال ۱۹۹۵ توسعه صنعتی ساختمان به عنوان رویکرد اصلی برای چشم انداز آینده کشور توجه ویژه شد. در سال ۱۹۹۸ سازمانی با عنوان مرکز توسعه صنعتی‌سازی مسکن[۲۰] در وزارت مسکن و توسعه شهری و روستایی آن کشور به منظور افزایش کیفیت ساختمان‌های مسکونی با استفاده از صنعتی‌سازی ایجاد شد. در سال ۱۹۹۹، هشت مرکز از شورای دولتی به منظور ارتقاء کیفیت

[۱۹] large boardroom
[۲۰] Housing Industrialization Promotion Centre

مسکن صدور سند رسمی را در دست گرفتند. این مرکز در ادامه با راهنمایی از برخی آژانس‌های همکاری بین‌المللی ژاپنیِ متخصص در زمینه تکنولوژی‌های ساختمان اقدام به تهیه استانداردها و مدارک فنی مختلفی نمود. در نهایت با استفاده از کمک‌های فنی خارجی موفق به تعریف خط مشی «سیستم گواهینامه‌ی عملکردی ساختمان‌های مسکونی[۲۱]» در این کشور شد که این موضوع موجب بهبود وضعیت ساخت و ساز در چین شده است (Zhang et al, ۲۰۱٤).

مرحله گسترش توسعه: اواسط دهه ۲۰۰۰ – تاکنون

با توسعه پایدار و سریع اقتصاد ملی، افزایش هزینه‌های نیروی کار و افزایش مصرف انرژی و لزوم حفاظت از محیط زیست، استفاده از بتن پیش‌ساخته به تدریج افزایش یافت. این رشد موجب توسعه و گسترش تدریجی صنعتی‌سازی در اواسط دهه ۲۰۰۰ شد. در این بین دولت لیستی از استانداردهای لازم برای صنعتی‌سازی ساختمان را تهیه کرد. این لیست مبتنی بر تکنیک‌های فنی در صنعتی‌سازی، مصالح اولیه سازه و سیستم تولید استاندارد بود (Zhang and Skitmore, ۲۰۱۲). در ادامه این روند شرکت‌های بزرگ صنعت ساختمان چین مانند شرکت ونکه[۲۲] و شرکت پیمانکاری عمومی و مهندسی ساخت و ساز نان تانگ[۲۳]، 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 ۱۵۰هزار 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, ۲۰۱٤).

- **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. در ایالات متحده آمریکا، صنعتی‌سازی در اوایل دهه ۱۹۳۰ توجه بسیاری را به خود جلب کرد. این روند پس از جنگ جهانی دوم به دلیل نیاز به رفع

[۲۱] China's residential house performance certification system
[۲۲] Vanke
[۲۳] Nantong

کمبود بحران مسکن تشدید شد تا اینکه در سال ۱۹۹۹، ساخت مسکن به روش پیش‌ساخته ۳۰ درصد ساخت و ساز واحد های مسکونی را به خود اختصاص داد. در آمریکا اگرچه بیشتر مسکن‌های کم‌ارتفاع از قاب‌های چوبی استفاده می‌کنند؛ با این وجود از سیستم پیش‌ساخته بتنی بخصوص در مناطقی با خطرات محیطی مانند توفان‌ها و گردبادها استفاده می‌شود. در واقع، انتخاب بتن پیش‌ساخته به دلیل مقاومت در برابر نفوذ آب و سایر موارد می‌تواند 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 می‌کنند. به عبارت دیگر، متقاضیان به مزایای معماری، انعطاف‌پذیری، عایق حرارتی توجه می‌کنند؛ در حالی که در گذشته این مزایا به عنوان اولویت ثانویه مطرح می‌شد (Thanoon et al, ۲۰۰۳).

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

- اقدامات مستمر، جهت فرهنگ‌سازی و متداول ساختن روش صنعتی در میان مردم این کشور
- دولت توانست با فراهم کردن تمهیدات لازم، امکان ورود بخش خصوصی به عرصه صنعتی‌سازی 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.
- سیاست‌گذاری‌های بخش مسکن در کشور آمریکا، اغلب به گونه‌ای است که دولت ضمن کمتر درگیر ساختن خود در امر ساخت و ساز و سرمایه‌گذاری مسکن، امکانات و تسهیلات را برای بخش خصوصی جهت فعالیت در بخش مسکن فراهم می‌آورد. بدین‌ترتیب بخش خصوصی جهت تداوم حضور در عرصه رقابت، خود را موظف به ارائه تلاش فراوان جهت افزایش کیفیت محصولات می‌داند (رستم‌پور، ۱۳۸۹).

در حال حاضر تلاش‌های زیادی در آمریکا جهت افزایش بازده سرمایه‌گذاری‌های مسکن انجام می‌گیرد. اغلب این تلاش‌ها به منظور بهینه‌سازی فرآیند مهندسی ارزش یا مهندسی سیستمی و برخی دیگر بر کشف وترویج تولیدات و تکنولوژی‌های جدید تمرکز یافته‌اند. عموماً این تحقیقات و بررسی‌ها توسط کنسرسیوم‌های خصوصی-دولتی انجام می‌پذیرد و بودجه‌های تحقیقاتی دولت فدرال نیز به‌این تحقیقات کمک می‌کند. برنامه‌های ملی گوناگونی نیز از جانب اداره‌های مسکن و توسعه شهری[۲۴] و اداره نیرو[۲۵] باعث دست‌یابی به پیشرفت در فن‌آوری ساخت مسکن شده‌اند[۲۶] (رستم‌پور، 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

[۲۴] Housing and Urban Development (HUD)
[۲۵] Department of Energy (DOE)
[۲۶] هدف برنامه اداره نیرو تحت عنوان(بیلدینگ آمریکا)، این است که با بهبود طراحی و ساخت مصرف کلی انرژی را کاهش دهد.

طولانی مدت، گروه‌های مختلف به مطالعه و بررسی روش‌های «طرح معقول» مختلف صنعتی‌سازی پرداختند. به عنوان مثال، در سال۱۹۳۶کتابی تحت عنوان (طرح معقول[۲۷]) منتشر و در آن به مقوله مدول و کاربرد آن به منظور بهبود عملکرد ساختمان پرداخته شده است. مسأله تحقیقات در زمینه صنعتی‌سازی مسکن در کشور آمریکا، به یک رشته برنامه جهت کاهش قیمت مسکن در این کشور تبدیل شده و توسط ارگان‌های دولتی، دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی مورد حمایت قرار می‌گیرد. از دیگر اقداماتی که در راستای رواج فرهنگ صنعتی‌سازی مسکن در کشور آمریکا صورت گرفت، تشکیل شورای فناوری کاربردی ساختمان بود. شورای فناوری کاربردی ساختمان یا آ تی سی[۲۸] 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 آیین‌نامه‌های ساختمان‌سازی به روش صنعتی است (رستم‌پور، ۱۳۸۹). نتیجه این اقدامات، استقبال شدید افراد کشور آمریکا از خانه‌سازی به روش صنعتی است. در سال ۱۹۴۸ تعداد ۲۸۰ شرکت خانه‌سازی صنعتی، در این کشور مشغول به فعالیت بودند و در سال ۱۹۸۸میلادی، ساخت خانه‌های مدولار، از رشدی معادل ۱۷ درصد برخوردار گردید.

شکل۸. پیش‌ساخته‌سازی در ایالات متحده آمریکا

۷. پیشنهادات راهبردی توسعه صنعتی‌سازی ساختمان در کشور

تلاش برای پیشرفت در حوزه ساخت و ساز و ورود روش‌های نوین ساخت به کشور مستلزم تغییر رویکرد مسئولان و آحاد جامعه است. علاوه بر این اتخاذ راهبردهای مطلوب و کارامد می‌تواند در تسریع این موضوع کمک کند. با توجه به مطالعات و بررسی تجارب کشورها، این راهبردها در ۵ بخش سیاستی، تأمین مالی، مقرراتی، علمی و توسعه‌ای طبقه‌بندی می‌شوند.

[۲۷] RATIONALIZED DESIGN
[۲۸] APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL (ATC)

راهبردها	راهکارها
سیاستی	۱- کنترل قیمت زمین از طریق عرضه زمین‌های عمومی و دولتی مطابق قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن مصوب سال ۱۳۸۷ و مقابله با سفته‌بازی زمین با استفاده از ابزارهای مالیاتی
	۲- واگذاری طرح‌های ساخت انبوه مسکن دولتی به سازندگان با اولویت داشتن توان صنعتی‌سازی و اجرای آن با این نوع روش
	۳- تشکیل کمیته سیاستگذاری و اجرایی به منظور تعیین نقشه راه و یکپارچگی در تصمیمات و اجرای آن
	۴- تدوین و نگارش طرح جامع صنعتی‌سازی مسکن در کشور
	۵- متعادل‌سازی قیمت حامل‌های انرژی مطابق بند ۷ سیاست‌های کلی نظام در امور مسکن
تأمین مالی	۱- اختصاص تسهیلات ساخت و خرید به واحدهای ساختمانی صنعتی با شرایط مطلوبتر نسبت به روش معمول فعلی و واگذاری وام با نرخ سود کمتر متناسب با افزایش تعداد واحدها و بازپرداخت طولانی مدت و تخفیف در عوارض ساخت و ساز (از محل اعتبارات یارانه‌ای محل صرفه‌جویی‌های انرژی و مصالح حاصل از صنعتی‌سازی و صندوق ملی مسکن)
	۲- تأمین مالی زنجیره‌ای برای تأمین مواد اولیه و دستگاه‌ها با استفاده از تضمین بانک
	۳- بهره‌گیری از روش تأمین مالی پیش‌فروش ساختمان برای پروژه‌های صنعتی‌سازی
مقرراتی	۱- تدوین و بروزرسانی استانداردهای لازم مصالح مدولار جهت طراحی، اجرا، نظارت ساختمان‌های صنعتی و دستگاه‌های مورد نیاز آن
	۲- تدوین فهرست بها جهت استفاده از مصالح و اجرای صنعتی‌سازی
توسعه‌ای	۱- راه‌اندازی کارخانه‌ها، متناسب با شرایط جغرافیایی و لجستیکی و استفاده مجدد از توان کارخانجات تعطیل و نیمه تعطیل
	۲- ایجاد بخش تحقیق و توسعه (R&D) و کسب دانش ساخت دستگاه‌ها و ماشین‌آلات این حوزه و واردات و مهندسی معکوس
	۳- توسعه آزمایشگاه‌ها در زمینه سیستم های صنعتی
علمی	۱- تعیین سیستم‌های صنعتی‌سازی مشخص، متناسب با شرایط بومی کشور از لحاظ معماری ایرانی-اسلامی و صرفه اقتصادی بالا و مقاومت بیشتر
	۲- صدور گواهی کیفیت، مشخصات فنی و مصرف انرژی برای واحدهای مسکونی براساس نوع ساخت جهت انتخاب متقاضیان مسکن
	۳- تعیین صلاحیت و درجه‌بندی پیمانکاران در بکارگیری سیستم‌های صنعتی
	۴- برگزاری دوره‌های آموزشی برای سازندگان، کارگران و مهندسان بر اساس ماده ۳۰ فصل ۶ آیین نامه اجرایی قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن
	۵- افزایش واحدهای درسی دانشگاه‌ها در خصوص این نوع از ساخت
	۶- آگاه‌سازی و فرهنگ‌سازی در جامعه برای خرید از سیستم‌های صنعتی از طریق تبلیغات گسترده در رسانه‌ها براساس ماده ۳۱ آیین‌نامه اجرایی قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن

۸. جمع‌بندی

لزوم استفاده از روش های صنعتی برای دستیابی به افق های برنامه‌های توسعه کشور در بخش مسکن و تأمین تقاضای مصرفی در سال‌های پیش‌رو، 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 برنامه‌ریزی، اتخاذ سیاست‌های بنیادی و تلاش برای تحقق این امر نخواهد بود. صنعتی‌سازی ساختمان مزایای کمی و کیفی بسیاری از جمله کاهش زمان ساخت، افزایش کیفیت و طول عمر ساختمان، کاهش مصرف انرژی (صرفه‌جویی)، کاهش نخاله‌های ساختمانی، افزایش ایمنی در کارگاه و ... را به دنبال دارد. با این وجود ایران جزو کشورهایی است که با قدرت کافی به این موضوع ورود نکرده است. عدم گسترش صنعتی‌سازی ساختمان دلایل مختلفی دارد که در این پژوهش به برخی از آن‌ها پرداخته شد. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، سوداگری در بخش زمین و نبود چشم انداز مشخص از جمله مهمترین چالش‌های صنعتی‌سازی 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 می‌یابد و از آنجا که زمین نقش بسزایی در قیمت تمام شده ساختمان (حدود ۶۰ درصد) دارد؛ رقابت تولیدکنندگان بر سر کیفیت و صنعتی‌سازی در شرایط فعلی معنایی نخواهد داشت. از این رو باید مسئولان با ابزارهای مالیاتی کفه ترازو را به سمت صنعتی‌سازی 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 میزان صنعتی‌سازی در صرفه اقتصادی تأثیر بسزایی دارد که در طرح‌های انبوه‌سازی مانند ساخت «نهضت ملی مسکن» در دستور باید قرار گیرد. همچنین با وجود تدوین و تصویب قوانین بالادستی؛ یا این قوانین به خوبی اجرا نشدند یا به صورت پراکنده و در برخی از سال‌ها انجام پذیرفته و با گذشت زمان و تغییر رویکرد مجدداً به فراموشی سپرده شده‌اند که راهکار این مسئله نگارش طرح جامع صنعتی‌سازی در کشور و الزام تمامی دستگاه‌های متولی برای اجرای آن است. تجارب کشورهای خارجی نشان داد که دولت‌ها 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 کرده‌اند. در گام بعدی دستورالعمل‌های صنعتی‌سازی 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 صنعتی‌سازی را تشکیل دادند. این کشورها با برگزاری نمایشگاه‌های صنعتی و آموزش مهندسان و کارگران موجب بالا بردن میزان آگاهی و مهارت مردم و متخصصین شدند.

منابع

- دفتر زیربنایی مرکز پژوهش‌های مجلس. (۱۳۹۱) " بررسی فرآیند صنعتی سازی ساختمان و الزامات آن"

- 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 بین المللی مهندسی عمران و توسعه شهری و معماری، دانشگاه شهید بهشتی

- رائین خواه، امیر و حسینی، عبدالله۲. (۱۳۹۴) " بررسی چالش‌های صنعتی‌سازی ساختمان در ایران و پیشنهاد راهکارهای عملی ". سومین کنگره بین المللی 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 طباطبایی

- سایت آقای سهم الدینی. (۱۳۹۵)

- 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

- گزارش جامع مسکن وزارت راه و شهرسازی (۱۳۹۳ و ۱۳۹۶)

- گزارش مرکز آمار

– 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 Nawi, M. N., Tarmizi Haron, A., and Arif, M. (۲۰۰۹). “Industrialized building system: A definition and concept”. Proc. of ARCOM Conference, Notingham, UK.

- Abedi, M., Fathi, M. S., Mirasa, A. K. (۲۰۱۱) “Establishment and Development of IBS in Malaysia”. International Building and Infrastructure Technology Conference (BITECH ۲۰۱۱), Penang, Malaysia.

- Ammar, W., Abbood, K. (۲۰۱۵) “Achieving energy efficiency through industrialized building system for residential buildings in Iraq”. International journal of sustainable built environment, Iraq.

- Chen, E.L.L. (۲۰۰۰) “An Overview of the Malaysian Property Market”. Paper presented at the UPM Workshop “Environment Friendly Township for Developing Countries”, Serdang, Malaysia.

case study - Chiang, Y.H., Chan, H.W.E., Lok, K.L.L.(۲۰۰۶) “Prefabrication and barriers to entry – a Int. ۳۰ (۳). of public housing and institutional buildings in Hong Kong”. Habitat

- CIDB. (۲۰۱۱) “Industrialized Building System (IBS) Roadmap ۲۰۱۱-۲۰۱۵ Construction Industry Development Board (CIDB)”. Kuala Lumpur, Malaysia.

- Dimoudi, A., Tompa, C. (۲۰۰۸) “Energy and environmental indicators related to construction of office buildings”. Resources, Conservation and recycling,Volume ۵۳, Issues ۱–۲.

- Din, I. (۲۰۱۲) “IBS Roadmap-Status Towards ۲۰۱۵”. The International Constructional Steel Conference (ICSC), Kuala Lumpur, Malaysia.

- Goodier, C.I., Gibb, A.G.F. (۲۰۰۷). “Future opportunities for offsite in the UK”. Construction Management and Economics, ۲۵ (٦).

- Hamid, Z.A., Hung, F.C., Rahim, A.H.A. (۲۰۱۷) “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. (۲۰۱٤) “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. (۲۰۱۱). “Industrialized building system (IBS): Revisiting issues of definition and classification”. International Journal of Emerging Sciences,۱(۲).

concrete - Masod, W. M. S. (۲۰۰۵) “Simulation of allocation activities of logistic for semi precast construction: case study”. UTM, Johor.

- Noraini, B.B. (۲۰۰۹) “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. (۲۰۱۷) “Industrialized Building Systems: A Bibliometric Analysis from ۱۹۸۰ to ۲۰۱۷”. The International Scientific Forum (ISF ۲۰۱۷) Langkawi Island, Malaysia.

N., Mohammad, B.S. (۲۰۰۹) “Advantages of industrialized building system .- Qays, M., Mustapha, K in Malaysia”. Universiti Tenaga Nasional, Malaysia.

- Romeroa, R., Cebadora, S., Abad, J. (۲۰۱٤) “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. (۲۰۰۳) "The Experiences of Malaysia and Other Countries in Industrialized Building System in Malaysia". Proceeding on IBS Seminar. UPM, Malaysia.

development”. - Wang, Y. (۲۰۰٦) “Housing industrialised buildings in China: status quo and future China University of Technology. unpublished thesis. China: Department of Architecture, South

- Zhang, X. L., Skitmore, M. (۲۰۱۲) “Industrialized housing in China: a coin with two sides”. International Journal of Strategic Property Management, ۱٦(۲).

- Zhang, X., Skitmore, M., Peng, Y. (۲۰۱٤) "Exploring the challenges to industrialized residential building in China". Journal of Habitat international, Elsevier Ltd.