

«بررسی تجارب صنعتی سازی ساختمان در کشورهای پیشرو»



مقدمه

مجلس شورای اسلامی در قالب طرح جهش تولید و تأمین مسکن دولت را مکلف کرد تا در طول چهار سال حداقل سالیانه به طور متوسط یک میلیون واحد مسکونی در کشور برای متقاضیان واجد شرایط براساس قانون حمایت از تولید و عرضه مسکن مصوب ۱۳۸۷/۰۲/۲۵ تولید و عرضه کند. این در حالی است که در حال حاضر حدود ۵۰۰ هزار واحد مسکونی توسط بنیاد مسکن و بخش خصوصی ساخته می‌شود، که بعضی از آنها نیز خارج از ضوابط بوده و پایداری ایمنی در مقابل حوادث طبیعی را ندارند؛ و افزایش ظرفیت دو برابری ساخت و ساز در کشور با روش‌های مرسوم و سنتی عملاً دور از ذهن خواهد بود. از این رو با توجه به تجربه کشورهای پیشرو در این زمینه می‌توان یکی از گزینه‌های مناسب برای افزایش ظرفیت ساخت و ساز را صنعتی‌سازی دانست. مطلبی که در برنامه چهارم توسعه کشور نیز به آن اشاره شد، اما مورد حمایت جدی از طرف دولت قرار نگرفت و مغفول ماند. به طوری که تولید مسکن به شیوه صنعتی در ایران کمتر از ۵ درصد است، در حالی که این میزان در برخی از کشورها بین ۴۰ تا ۷۰ درصد است. لذا در صورت حرکت به سمت صنعتی‌سازی ساخت نه تنها توانایی پاسخگویی به تقاضای فعلی جامعه بهبود می‌یابد، بلکه در سرعت ساخت، کیفیت، مقاومت، پایداری و قیمت تمام شده ساختمان نیز تأثیرات مثبت جدی خواهد گذاشت.

صنعتی‌سازی ساختمان

صنعتی‌سازی ساختمان فرایندی نسبتاً زمان‌بر است که با سیاستگذاری، هدفگذاری، برنامه‌ریزی، تدوین قوانین مناسب و مدیریت هماهنگ صنایع وابسته، میسر خواهد شد. برای طی این مراحل، چالش‌هایی از جمله نیاز به سرمایه اولیه بالا، سوداگری در زمین، نبود دانش کافی، نیاز به تولید انبوه مسکن و پایین بودن نرخ حامل‌های انرژی، این صنعت را در ایران تهدید می‌کند. تلاش برای صنعتی‌سازی در کشور بدون سیاستگذاری مناسب و عدم توجه به حل مشکل به صورت بنیادی، با شکست مواجه خواهد شد. لذا سیاست‌های کلان باید به گونه‌ای تدوین گردد که با استفاده از فناوری‌های جدید، ضمن حفظ کیفیت منجر به افزایش تولید مسکن با هزینه کمتر اما پایداری، مقاومت و سرعت ساخت بیشتر گردد. در غیر این صورت اتخاذ راهکارهای ناقص و کوتاه‌مدت، مشکلات موجود بر سر راه تولید مسکن را بحرانی‌تر کرده و صنعتی‌سازی ساختمان نیز نمی‌تواند در این زمینه راهگشا باشد.

معاونت مطالعات
زیربنایی

گروه عمران و
شهرسازی

گزارش دوم
اردیبهشت‌ماه
۱۴۰۰

مشخصات گزارش

شماره مسلسل:
۲۵۰۱۷۵۸۹

تاریخ انتشار:
۱۴۰۰/۲/۲۹



فرایند صنعتی‌سازی سرمایه‌گذاری در تجهیزات، امکانات و فناوری با هدف به حداکثر رساندن تولید، به حداقل رساندن نیروی کار و بهبود کیفیت و مقاومت است تا سیستم ساختمان که به‌عنوان مجموعه‌ای از عناصر به‌هم‌پیوسته تعریف شده، با هم ترکیب شوند و عملکرد تعیین شده یک ساختمان را امکان‌پذیر کنند. ساخت‌وساز پیش‌ساخته، ساخت‌مدولار و یا مونتاژ سریع در محل و استانداردسازی قطعات از جمله راه‌حل‌هایی هستند که در ساخت‌وساز صنعتی برای مقابله با بحران‌های جهانی مسکن ارائه شده‌اند. به‌طور کلی هرگاه بخشی یا قطعاتی از یک پروژه در کارخانه تولید شود و پس از انتقال به محل پروژه، در آنجا مونتاژ گردد به آن ساخت‌وساز پیش‌ساخته می‌گویند. ساخت خارج از کارگاه هم شامل المان‌های پیش‌ساخته‌ای مانند دیوار می‌تواند باشد (مدول پایه) و یا به‌طور کلی سیستم‌های مدولار حجمی (ساخت مدولار) را می‌تواند شامل شود. از مزایای این روش می‌توان به سرعت عمل در ساخت، سازه‌های مقاوم، مدول پایه هماهنگ، اقتصادی بودن سازه و ضایعات ساختمانی ناچیز اشاره کرد. از دیگر مزایای آن استفاده در هنگام بحران‌ها و وقوع فجایع طبیعی و انسانی به‌دلیل سرعت بالای اجرای آنها می‌باشند. به‌عنوان مثال چین با استفاده از ساخت‌وساز مدولار، در پاسخ به بیماری همه‌گیر COVID-19، یک بیمارستان ۱۰۰۰ تختخوابی موقت Huoshenshan را در منطقه ووهان در مدت ۹ روز بنا کرد.

در کنار نقاط قوتی که صنعتی‌سازی ساختمان دارای محدودیت‌هایی از جمله تنوع کم (از منظر معماری)، نیاز به کارخانه‌های پیشرفته، سرمایه‌گذاری اولیه زیاد و نیاز محاسباتی دقیق و در مواردی پیچیده می‌باشد. اصلی‌ترین نقدهایی که به این شیوه ساخت‌وساز وارد است، عدم ایجاد تنوع در شکل‌گیری فضا، عدم امکان ایجاد تغییر در فضای معماری بسته به تغییر در نیازهای خانواده در طول زمان و همچنین مشابهت خانه‌ها با یکدیگر است. از این‌رو شیوه‌های نوین به دنبال ایجاد سیستم‌های مدولار دارای پیچیدگی‌های فضایی و تنوع در دید و منظر هستند. همچنین ورود پرینترهای سه‌بعدی با سرعت بسیار بالا برای تولید یک واحد مسکونی در محل پروژه (حداکثر در دو طبقه) در این خصوص پارادایم جدیدی را شکل داده است.

تجربیات سایر کشورها در سیاست تولید صنعتی مسکن

در سال‌های اخیر در کشور برنامه‌هایی برای صنعتی شدن ساخت‌وساز مسکن ارائه شده که موفقیت‌چندانی را به دنبال نداشته یا ادامه‌دار نبوده‌اند. دلیل این امر را باید در این موضوع دانست که با وارد کردن چند کارخانه تولیدی که از نظر فناوری تا حد زیادی وابسته به کشورهای صنعتی است و مقررات و دانش فنی متناسب با آن در کشور وجود ندارد به‌هیچ‌وجه نمی‌توان به اهداف صنعتی شدن تولید ساختمان دست یافت. صنعتی شدن ساخت‌وساز باید با بررسی دقیق سیستم‌ها و فناوری‌های مطرح روز دنیا و امکان‌سنجی بومی‌سازی آن و حصول اطمینان از قابلیت انطباق آن با الگوهای ساخت‌وساز متداول در کشور آغاز گردیده و با تبیین سیاست‌ها در بخش دولت، نهادها و بخش‌های خصوصی، از طریق فرهنگ‌سازی و تقویت صنایع مرتبط و ارائه آموزش‌های لازم، در جهت تضمین کیفیت تولید قطعات و اجرای سیستم‌های مختلف بتوان آن را گسترش داد. بدین منظور در این بخش، به بررسی تجربیات و اقدامات کشورهای پیشرو در این صنعت پرداخته خواهد شد.

— آلمان: در نتیجه بمباران فراوانی که در جنگ جهانی دوم توسط متفقین صورت گرفت، بسیاری از ساختمان‌ها خراب شدند؛ اما زیرساخت‌ها (لوله‌های آب و فاضلاب، برق و...) همچنان پابرجا بودند. برای درک بهتر، به‌عنوان نمونه پس از جنگ تنها از آلمان غربی ۴۰۰ میلیون مترمکعب آوار جمع‌آوری شد. لذا با توجه به خسارت بالا و جمعیتی بالغ بر ۸۰ میلیون نفر، نیاز به مسکن به‌شدت

احساس می‌شد. با کمک آمریکا (طرح مارشال) در آلمان غربی و شوروی در آلمان شرقی دولت شروع به ساخت خانه‌هایی، غالباً به صورت پیش ساخته بتنی کردند. به طوری که در مجموع بین سال‌های ۱۹۴۹ تا ۱۹۷۸ (۳۰ سال)، ۱۷,۸۸۶,۰۰۰ واحد مسکن در کل آلمان ساخته شد.

تصویر خانه‌های پیش ساخته بتنی بعد از جنگ جهانی دوم در آلمان



– روسیه: طی سال‌های نخست دهه ۱۹۹۰ لزوم رسیدگی به بخش ساخت و ساز در روسیه حس شد، زیرا اکثر بافت‌ها در شهرهای کوچک و متوسط و حتی بزرگ از استانداردهای لازم برخوردار نبودند و به ساخت مسکن نیازی ضروری احساس می‌شد. شبیه دیگر کشورها رشد جمعیت نیز دلیل دیگر افزایش اهمیت بخش مسکن در روسیه بوده است. به این ترتیب رشد ۴۰ درصدی سرمایه‌گذاری دولت در بخش مسکن و نیز زمینه‌سازی برای حضور بخش خصوصی در این حوزه جزو اقدامات دولت برای پاسخگویی به تقاضا بوده است. دولت روسیه در حوزه تولید مسکن و ساخت و ساز هم‌زمان در دو مسیر حرکت کرد: ۱. سرمایه‌گذاری در انبوه‌سازی عظیم در شهرهای بزرگ و ۲. کمک به افراد برای ساخت مسکن مورد نیاز خود.

از طرفی دولت روسیه برای پاسخگویی به تقاضای رو به رشد مسکن، به بخش خصوصی کمک کرد تا کارخانه‌های تولید مصالح و اجزای پیش ساخته ساختمان تأسیس کنند. به طوری که تنها در نیمه نخست سال ۲۰۰۶، ۸۵۰ شرکت جدید در زمینه مهندسی، طراحی، ساخت، تولید انواع مصالح و اجزای پیش ساخته ساختمانی تأسیس شدند. به نحوی که در حال حاضر حدود ۵۰ درصد از پروژه‌های مسکونی در روسیه پیش ساخته هستند و هم‌اکنون ساخت خانه‌های مدولار سه‌بعدی، به عنوان یکی از امیدوارکننده‌ترین روش‌ها برای بالا بردن میزان ساخت و ساز در ساختمان‌های مسکونی به خوبی در روسیه توسعه یافته است. این کشور به دلیل منابع چوب زیاد، چندین شرکت متخصص در تولید Cross laminated timber (CLT) و ساخت خانه دارد (کف و دیوارهای ساخته شده از CLT قبل از رسیدن به محل کار به طور کامل ساخته می‌شوند). CLT محصولی جدید در بازار روسیه است. در بسیاری از کشورهای اروپای غربی، بازار CLT به خوبی توسعه یافته است و در حال حاضر برای ساخت ساختمان‌های مسکونی و تجاری با حداکثر ۱۴ طبقه استفاده می‌شود.

– چین: در کشور چین نیز علاوه بر تلاش به منظور حفظ فرهنگ گذشته، پس از طی مسیرهای لازم توسعه، استفاده از روش ساخت صنعتی که دارای مراحل هم‌چون پیش ساخت، پیش مونتاژ، روش‌های ساخت مدرن و تولید خارج از کارگاه است، به منزله یک روش مهم و فراگیر پیگیری شده است. این کشور صنعتی‌سازی را در سال ۱۹۵۰ به منظور تحقق اهداف کاهش قیمت مسکن، بهبود کیفیت مسکن، کاهش زمان ساخت و افزایش عرضه مسکن آغاز کرده است. کشور چین به منظور دستیابی به اهداف تعیین شده، اقداماتی

از جمله استفاده از تکنولوژی‌های پیش‌ساخته با تمرکز بر یادگیری از تکنیک «ساخت‌وساز بزرگ شوروی»، استانداردسازی طراحی، ساخت کارخانه تولید اجزا و قطعات و مکانیزاسیون ساخت‌وساز، تحقیق و پژوهش تجارب سایر کشورها، امکان‌سازی آموزش و تربیت نیروی کار، تأسیس سازمانی با عنوان مرکز توسعه صنعتی‌سازی مسکن (Housing Industrialization Promotion Centre)، تعیین و تدوین راهبرد برای توسعه صنعتی‌سازی ساختمان و تهیه مدارک فنی و درنهایت تعریف خط‌مشی «سیستم گواهینامه عملکردی ساختمان‌های مسکونی» را طی این ۷۰ سال دنبال کرد.

در ادامه این روند شرکت‌های بزرگ صنعت ساختمان چین مانند شرکت ونکه و شرکت پیمانکاری عمومی و مهندسی ساخت‌وساز نان تانگ، وارد بازار شدند و با فعالیت در بخش پژوهش و تحقیق این روش از ساخت‌وساز را در کشور گسترش دادند. بیشتر شرکت‌های چینی از روش Modularization Construction Technology استفاده می‌کنند که به‌زعم خود نحوه کار ساخت‌وسازشان را به بازی لگو تشبیه می‌کنند، آنان همه قطعات پیش‌ساخته ساختمان‌ها را براساس نقشه سر هم و مونتاژ می‌کنند. این شیوه ساخت‌وساز از ساخت سنتی سریع‌تر و ارزان‌تر تمام می‌شود و از همه مهم‌تر این گونه ساختمان‌ها از بقیه ساختمان‌ها به‌مراتب ایمن‌تر و بهینه‌تر خواهد بود و در مدیریت مصرف انرژی، نور و صدا موفق‌تر از ساختمان‌های سنتی است. شایان ذکر است که در این روش اکثر قطعات در کارخانه‌های پیشرفته ساخته شده و در زمانی کم در محل ساختمان قطعات در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. به‌عنوان مثال هتل آپارتمان ۱۵ طبقه‌ای آرک (Ark) در شانگهای چین در کمتر از یک هفته در محل مونتاژ شده است.

– آمریکا: در کشور آمریکا نیز برنامه‌ها و رویکردها به سمت صنعتی‌سازی رفته است. این کشور از سال ۱۹۳۰ فرایند این نوع از ساخت‌وساز را آغاز کرد. این روند پس از جنگ جهانی دوم به‌دلیل نیاز به رفع کمبود بحران مسکن تشدید شد تا اینکه در سال ۱۹۹۹، ساخت مسکن به روش پیش‌ساخته ۳۰ درصد ساخت‌وساز واحدهای مسکونی را به‌خود اختصاص داد. کشور آمریکا در صنعتی‌سازی ساختمان سه هدف اصلی شامل رفع نیاز به مسکن، کاهش قیمت مسکن و ضرورت ساخت ساختمان‌های ارزان برای اقشار کم‌درآمد، طبقه متوسط و ضعیف جامعه را در پیش گرفته است.

این کشور اقدامات مستمری را جهت فرهنگ‌سازی و متداول ساختن روش صنعتی مانند فراهم‌سازی امکانات و تسهیلات برای بخش خصوصی، ایجاد فضای رقابتی بین سازندگان (مبتنی بر قیمت، معماری، معافیت مالیاتی و صرفه‌جویی در انرژی) و در نتیجه بهبود کیفیت تولیدات و تحقیق و پژوهش توسط کنسرسیوم‌های خصوصی - دولتی به‌منظور بهینه‌سازی فرایند مهندسی ارزش و استفاده از تکنولوژی جدید انجام داده است.

– مالزی: در کشور مالزی، به‌دلیل افزایش جمعیت از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۰ نیاز به ساخت بیش از ۸/۵ میلیون واحد مسکونی وجود 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 کرده است. تولید ساختمان‌های کارآمدتر با کیفیت بالا در زمان کوتاه و کاهش وابستگی به کارگران خارجی از جمله اهداف اصلی مسئولین این کشور برای رونق صنعتی‌سازی بوده است. به‌منظور دستیابی به اهداف تعیین شده، اقداماتی از جمله تأسیس کمیته راهبری توسعه و تدوین نقشه‌های راه صنعتی‌سازی ساختمان (IBS Steering Committee)، الزام نهادهای دولتی برای ساخت ۷۰ درصد ساختمان‌های خود به روش صنعتی، الزام بخش خصوصی برای ساخت ۵۰ درصد ساختمان‌ها به روش صنعتی، تعیین استاندارد قطعات، تعیین شاخص‌های ارزیابی و کمیته ناظر صنعتی‌سازی در کابینه، ارتقای سطح صنعتی‌سازی ساختمان و انطباق با آداب و رسوم مالزی و تحقیق و پژوهش تجارب سایر کشورها، طی سال‌های متمادی توسط این کشور انجام گرفته است.

مطابق با بررسی‌های کارشناسی، کشور مالزی در پایان سال ۲۰۱۵ به تمام اهداف و برنامه‌ریزی‌های خود در این زمینه دست یافته و تعداد پیمانکارانی که قصد آموزش و ورود به این نوع از ساخت‌وساز را داشتند، از مقدار برآورد شده یک هزار شرکت به بیش از ۹ هزار شرکت افزایش یافته است.

– **سوئد:** طرح واحدهای مسکونی جدید در دهه ۶۰ و ۷۰ به روش صنعتی اجرا گردید و از سال ۱۹۶۷ به دنبال اعلام ساخت یک میلیون خانه توسط کمیسیون مسکن، ظرف ۱۰ سال، سالیانه متوسط صد هزار واحد مسکونی ساخته شد. از طرفی از همان سال مقرر شد، برای ساخت پانل‌های مسکن در سوئد به صورت اتوماتیک در کارخانه انجام گردد. اصطلاحاً «سیستم سوئدی» به تولید پیش‌ساخته سقف و عناصر کف با قاب چوبی، پانل‌های دیواری (باز و بسته) اشاره دارد که ممکن است به عنوان عناصر به سایت منتقل شوند یا از قبل در ماژول‌های حجمی مونتاژ شوند. در نتیجه این اقدامات در حال حاضر ۸۰ درصد اجزای ساختمان‌های مسکونی در این کشور از قطعات پیش‌ساخته استفاده می‌کنند؛ ضمن آنکه این کشور تولیدکننده برجسته تجهیزات مورد استفاده در کارخانه‌های پیش‌ساخته نیز است.

– **انگلیس:** خانه‌های پیش‌ساخته قسمت عمده‌ای از برنامه تحویل برای رفع کمبود مسکن پادشاهی انگلستان پس از جنگ جهانی دوم بود. با در نظر گرفتن جزئیات طرح مسکن عمومی از نتایج کمیته برت که در سال ۱۹۴۲ تشکیل شد، دولت ائتلاف زمان جنگ تحت نظر چرچیل پیشنهاد کرد تا نیاز ۲۰۰,۰۰۰ کمبود پیش‌بینی شده در مسکن پس از جنگ را با ساخت ۵۰۰,۰۰۰ خانه پیش‌ساخته طی پنج سال از پایان جنگ جهانی دوم برطرف کند.

با استفاده از امکانات تولید زمان جنگ و ایجاد استانداردهای مشترک توسعه‌یافته توسط وزارت کار، برنامه شروع خوبی داشت و از ۱/۲ میلیون خانه جدیدی که بین سال‌های ۱۹۴۵ و ۱۹۵۱ با پایان یافتن برنامه به‌طور رسمی پایان یافت، حدود ۱۵۰,۰۰۰ خانه پیش‌ساخته ایجاد شدند. در پشت این طرح، مقامات محلی تکنیک‌های غیرسنتی ساخت را که شامل برخی از روش‌های پیش‌ساخته، به‌ویژه بتن مسلح پیش‌ساخته (PRC)، بود برای برآوردن تقاضای به‌وجود آمده، ایجاد کردند.

– **دانمارک:** از دهه ۱۹۶۰ به بعد، دولت با همکاری بخش خصوصی به گسترش تولید صنعتی ساختمان پرداخت. در راستای گسترش این سیستم، دولت با تعیین قواعد ساختمانی واحد برای کل کشور، تعیین برنامه پنج‌ساله اول توسعه و لزوم استفاده از اجزای پیش‌ساخته و اصول مدولار، برای استفاده از سوبسید، برنامه‌ریزی کرده است. دولت دانمارک در جهت تولید انبوه مسکن و کاهش قیمت تمام شده مسکن از تکنولوژی پیشرفته در ساختمان‌سازی استفاده کرده و هر دو بخش خصوصی و دولتی از آن حمایت کرده‌اند.

– **ژاپن:** تولید واحدهای مسکونی پیش‌ساخته توسط دولت ژاپن از دهه ۱۹۵۰ آغاز شد و دولت به طرق مختلف به حمایت از روش‌های تولید صنعتی پرداخت. مصالح چوبی پیش‌ساخته، مهم‌ترین مصالح مورد استفاده در ساختمان‌های مسکونی تک‌خانوار است و با توجه به سهم هزینه مصالح، سعی شده در هر منطقه از مصالح بومی استفاده شود.

جمع‌بندی

همان‌طور که ملاحظه شد، کشورهای مختلف از صنعتی‌سازی ساختمان به‌عنوان راهکار نوین استفاده کرده‌اند، اما علی‌رغم به‌کارگیری روش‌های صنعتی و پیش‌ساختگی توسط کشورهای دیگر، باز هم میزان ساخت و ساز در این کشورها حداکثر ششصد هزار مسکن در سال بوده است. بنابراین باید در نظر داشت اولاً افزایش ظرفیت ساخت مسکن در کشور از پانصد هزار به یک میلیون

مسکن درسال، با روش‌های مرسوم و سنتی ساخت مسکن عملاً دور از ذهن خواهد بود؛ ثانیاً در صورت افزایش ظرفیت پیش‌ساختگی و صنعتی سازی در کشور نیز مطمئناً در سال اول این مهم عملی نخواهد شد. چرا که پروسه تحقیق، توسعه و احداث کارخانه‌ها و کارگاه‌های ساخت اجزای پیش‌ساخته و مورد نیاز صنعتی سازی زمانبر بوده و در نتیجه افزایش ظرفیت تولید متناسب با پیشرفت زیرساخت‌های مورد نیاز صنعتی‌سازی خواهد بود.

لذا مقتضی است برای دستیابی به این هدف در کنار روش‌های سنتی، با استفاده از ظرفیت بخش خصوصی به سمت صنعتی‌سازی ساختمان حرکت کرد و با استفاده از دانش فنی موجود در دانشگاه‌ها، اقدام به طراحی خط تولیدهای بومی و در نتیجه ایجاد و گسترش ظرفیت‌های پیش‌ساختگی در کشور، برای کمک به تولید مسکن سریع، مقاوم، پایدار، باکیفیت و ارزان نمود. بنابراین تخمین زده می‌شود بتوان در سال اول با حمایت از انبوه‌سازان و توسعه کارگاه‌های پیش‌ساخته موجود در کشور حدود چهل درصد ظرفیت ساخت مسکن در کشور را بهبود داده و به عدد هفتصد هزار مسکن رساند. در سال آینده نیز با افزایش ظرفیت‌های پیش‌ساختگی در کشور ظرفیت ساخت مسکن را پنجاه درصد بهبود داده و به عدد یک میلیون مورد نظر در قانون دست پیدا کرد. اما این نباید نقطه توقف گسترش صنعتی‌سازی در کشور باشد و باید با حمایت و گسترش زیرساخت‌های مربوطه، بتوان اکثر ظرفیت ساخت و ساز کشور را بر مبنای صنعتی سازی بنا کرد.