

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



دانشکده معماری و شهرسازی

پایان نامه تحصیلی برای اخذ درجه کارشناسی ارشد
رشته معماری

عنوان:

طراحی یک واحد مسکونی بر اساس
سیستم‌های صنعتی

استاد راهنما

دکتر علیرضا مستغنی

استاد مشاور

مهندس بابک مطلب نژاد

نگارش و تمقیق

سلمان زنگنه مدار

تیر ماه ۱۳۹۰

تعهد نامه

اینجانب سلمان زنگنه مدار اعلام می‌دارم که تمام فصل‌های این پایان نامه و اجزاء مربوط به آن برای اولین بار (توسط اینجانب) انجام شده است. برداشت از نوشته‌ها، کتب، پایان‌نامه‌ها، اسناد، مدارک و تصاویر پژوهشگران حقیقی یا حقوقی (فارسی و غیر فارسی) با ذکر مأخذ کامل و به شیوه تحقیق علمی صورت گرفته است.

بدیهی است در صورتی که خلاف موارد فوق اثبات شود مسئولیت آن مستقیماً به عهده اینجانب خواهد بود.

تاریخ

امضاء

پیشگفتار:

نگاه‌ها تغییر می‌کنند. روش‌ها تغییر می‌کنند. نیازها، امکانات، توانایی‌ها همه تغییر می‌کنند. اگر روزگاری در ایران، خانه پیمون انسانی داشت و مصالح بوم آورد، اگر ابعاد خانه و فضاهای داخلی بر اساس نیازهای آن دوره ساخته می‌شدند، امروزه تعریف نیازها تغییر کرده است. امروزه موضوع "داشتن مسکن" که گاهی در حداقل تعریف خود یعنی داشتن سرپناه می‌گنجد، موضوع مطرح است. صرف‌نظر از طبقه‌ی مرفه جامعه ایران که خواسته‌هایشان به واقعیت نزدیکتر است، آرمان‌گرایانه خواهد بود اگر نگاه ما به مسکن و خانه در سطح عمومی مثل گذشته باشد. کیفیت پایین مسکن محصول لطف سازندگان غیرمتخصص و سودجو، آلونک‌هایی را در شهرهای بزرگ به وجود آورده‌اند که فقط سرپناه است؛ و نه خانه! قیمت بالای یک مترمربع زمین، هزینه‌های سنگین ساخت و اجاره، عدم رعایت استانداردهای سازه‌ای و مصرف انرژی در حین ساخت برای کسب سود بیشتر و صرف زمان بسیار طولانی برای اتمام یک واحد چند طبقه مسکونی، ضعف سیستم ساخت و ساز فعلی را اثبات می‌کند. سیستمی که از دست متخصصین خارج شده و ابزار تجارت عده‌ای گردیده است.

در ایران امروز، توانایی خرید مسکن بسیار با گذشته متفاوت است. روش‌های مرسوم بی شک نمی‌تواند پاسخگوی نیاز روز افزون ۱/۵ میلیون خانه در سال را فراهم کند. دنیای صنعتی و دستاوردهای آن، خیلی پیش از این به راه حل این مشکل پرداخته است. گرچه شاید علل و عوامل آن در هر کشور و در هر زمان متفاوت بوده، اما آنچه مسلم است، مهم‌ترین هدف برآوردن نیاز به تأمین انبوه مسکن در زمانی کوتاه بوده است. این دستاورد که از آن به تولید صنعتی، تولید انبوه یا پیش‌سازی یاد می‌شود، در شرایط کنونی مناسب‌ترین راه حل برای معضل بی‌مسکنی یا بد مسکنی است. بی شک انتظار موفقیت هر تلاشی در ابتدای راه، انتظاری دور از منطقی است. اما تمام قواعد و شواهد حاکی از آن است که موضوع صنعتی‌سازی چنانچه در مسیر رشد و تکامل و حذف شکست‌ها و معایب خود برآید، تحولی نوین در ساخت و ساز خواهد بود.

تنوع و تعدد این تلاش‌ها که به تولید و طراحی سیستم‌های بسیار متفاوتی انجامیده است، محصول همین حرکت در تمام سطوح بین‌المللی است و همین تنوع سیستم‌ها که گاهی در تعریف روش بسیار به هم شبیه‌اند، تفکیک دقیق سیستم‌های صنعتی را از انواع غیر صنعتی یا شبه صنعتی مشکل کرده است. چه این که گاهی روش ساخت یک ساختمان را به اشتباه صنعتی می‌نامند تنها به واسطه این

که یک قطعه یا بخشی از ساختمان در کارخانه تولید شده است. و این باید مشخص شده و اصلاح شود.

شناخت دقیق این مسائل و اصلاح نگاه آسیب دیده به موضوع صنعتی سازی، حرکتی است در راستای تلاشی جهانی و قرار گرفتن در مسیر اصلاح اشتباهات مکرر. بنابراین پرداختن به کلیه جوانب واقعی و عینی صنعتی سازی در مقیاس جهانی و ایران در کنار معرفی انواع سیستم‌های ساخت صنعتی، هدفی است که این نوشتار دنبال می‌کند و امید آن می‌رود که خواننده محترم با شناخت درست تفکر سیستماتیک و نگاه صنعتی در ساخت و ساز، نه فقط به عنوان یک معمار و مهندس، بلکه به عنوان سازنده، سرمایه گذار، کارفرما یا حتی صنعتگر به انتخاب روش مناسب خانه سازی توجه کند و بپذیریم که پیشرفت و اصلاح زشتی و بی کیفیتی معماری امروز، به تغییر تمام جنبه‌ها و نوع نگاه ما بستگی دارد؛ نه فقط به جایگزینی مصالح و تقلید کورکورانه.

تیرماه ۱۳۹۰

سلمان زنگنه مدار

چکیده فارسی :

واژه‌های کلیدی: سیستم‌های ساخت صنعتی/پیش ساخته سازی/سیستم‌های ساخت مسکن/سیستم‌های ساخت رایج

نقطه‌ی نگاه این رساله، حتی فراتر از طراحی یک واحد مسکونی بر اساس سیستم صنعتی (که در عنوان رساله نیز آمده است)، یافتن "روشی صحیح برای انتخاب سیستم مناسب ساخت" می‌باشد. بی شک داشتن اطلاعات درباره‌ی سیستم‌های صنعتی، مسیر انتخاب روش مناسب را هموار خواهد نمود.

از این رو، بعد از مقدمه‌ای کلی در فصل یک، توضیحاتی درباره‌ی تعریف "سیستم ساخت" و انواع آن در فصل دوم ذکر گردیده است که با بیان منظور ما از "صنعتی سازی" و تفاوت آن با ساخت و ساز متعارف کامل شده است. مهم‌ترین موضوعی که در این فصل بدان پرداخته شده، بیان "اهداف" و "ویژگی‌ها"ی سیستم‌های صنعتی است که در فصل چهارم و ابتدای فصل پنجم، بسیار کارآمد و لازم بوده‌اند.

سیر شکل‌گیری تا پیشرفت سیستم‌های صنعتی در مقیاس جهانی در فصل سوم مورد بحث قرار گرفته است. بر همین اساس، لزوم و اهمیت گرایش به صنعتی سازی و نیز پیامدهای مثبت و منفی صنعتی سازی به تفصیل بررسی گردیده است که این مجموعه اطلاعات به طور غیر مستقیم در موضوع انتخاب سیستم مناسب که در فصل ششم آمده، مورد استفاده قرار گرفته است.

با تغییر مقیاس دید و تمرکز بیشتر بر موضوع در محدوده‌ی کشورمان،-مشابه مباحث و موضوعات فصل سوم- "صنعتی سازی در ایران" عنوان فصل چهارم می‌باشد که به بررسی سیر تحولات و تلاش‌های صورت گرفته در ارتباط با صنعتی سازی در دهه‌های پیش از انقلاب ایران و دهه‌های اخیر (بازه‌ی زمانی ۵۰ ساله) می‌پردازد. و به بهانه‌ی بیان پیشینه‌ی تولید صنعتی و دلایل شکست و عدم موفقیت سیستم‌ها، سعی شده علل عدم استقبال از سیستم‌های صنعتی در ایران مطرح شوند. اما توجیه لزوم گرایش به صنعتی سازی در ایران معاصر، موضوعی است که در این فصل با مقایسه ابعاد کلی روش‌های ساخت "متعارف" و "صنعتی" بدان پرداخته شده است. اما آن چه به عدم تکرار اشتباهات گذشته و موفقیت در حرکت صحیح در مسیر صنعتی سازی منجر خواهد شد، دانستن وضع موجود بازار مسکن است. به همین دلیل بخش پایانی این فصل، به بررسی مجموعه شرایط تأثیرگذار بر ساخت مسکن می‌باشد.

فصل پنجم به طور جامع به معرفی سیستم‌های ساخت صنعتی اختصاص دارد. کلیه سیستم‌های صنعتی موجود در دنیا به دو دسته سیستم‌های نیمه صنعتی و تمام صنعتی تقسیم بندی شده‌اند و بر همین اساس پنج سیستم در محدوده‌ی اول و سه سیستم در محدوده‌ی دوم مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

فصل ششم در پاسخ به این سوال که کدام سیستم برای ساخت مناسب ترین است، قصد ندارد سیستم خاصی را معرفی کند! بنابراین به جای پیشنهاد سیستم‌های ساخت، روشی معرفی شده است که بتوان بر اساس آن هرکسی مطابق با خواسته‌های خود و پروژه، سیستم مناسب را انتخاب کند. این روش در قالب یک نرم افزار ارائه شده که برای این منظور برنامه نویسی شده است. بدیهی است در این جا تنها روش معرفی می‌شود و خروجی‌های ترم افزار قابل استناد نیستند.

در پایان با طرح یک صورت مسأله برای انجام یک پروژه، فصلی مستقل به موضوع طراحی اختصاص داده شده است. اطلاعات پروژه در نرم افزار ثبت شده و خروجی دستگاه، سیستم CASH را به عنوان سیستم مناسب پیشنهاد می‌کند. طراحی نیز بر اساس فرضیه‌های پروژه و سیستم پیشنهادی انجام گرفته است.

فهرست مطالب :

۱	۱. مقدمه
۳	۲. سیستم‌های ساخت
۳	۲.۱. مقدمه‌ای بر سیستم‌های ساخت
۶	۲.۲. انواع سیستم‌های ساخت
۶	۲.۲.۱. ساخت به شیوه سنتی (متعارف)
۸	۲.۲.۲. ساخت به شیوه صنعتی
۱۰	۲.۳. تاریخچه‌ای از سیستم‌های ساخت صنعتی
۱۶	۲.۴. اهداف تولید بر پایه صنعتی
۲۲	۲.۵. ویژگی‌های تولید صنعتی
۲۵	۲.۶. جمع بندی فصل
۲۶	۳. صنعتی سازی در مقیاس جهانی
۲۸	۳.۱. لزوم و اهمیت موضوع صنعتی سازی
۳۲	۳.۲. علل گرایش به موضوع صنعتی سازی در دنیا
۳۴	۳.۳. پیامدهای مثبت و منفی صنعتی سازی
۳۸	۳.۴. جمع بندی فصل
۴۰	۴. صنعتی سازی در ایران
۴۰	۴.۱. سابقه تولید صنعتی در ایران
۴۳	۴.۲. علل موفقیت یا شکست سیستم‌ها در ایران
۵۳	۴.۳. دلایل اهمیت گرایش به ساخت صنعتی در ایران
۶۰	۴.۴. مقایسه روش‌های ساختمان سازی "متعارف" و "صنعتی"
۶۶	۴.۵. بررسی مجموعه شرایط تأثیرگذار بر ساخت مسکن
۷۱	۴.۶. جمع بندی فصل
۷۳	۵. نمونه‌های سیستم ساخت صنعتی در دنیا
۷۵	۵.۱. سیستم‌های نیمه صنعتی
۸۰	۵.۲. سیستم‌های صنعتی
۸۶	۵.۳. معرفی سیستم‌ها: سیستم‌های نیمه صنعتی / سبک
۸۷	۵.۳.۱. سیستم SIP (Structural Insulated Panels)
۸۹	۵.۳.۲. سیستم Modular Walls
۹۱	۵.۳.۳. سیستم ICF (Insulated Concrete Form)
۹۴	۵.۳.۴. سیستم TFS (Timber Frame System)
۹۵	۵.۳.۵. سیستم LSF (Light Steel Frame)
۹۶	۵.۴. معرفی سیستم‌ها: سیستم‌های تمام صنعتی / سنگین
۹۸	۵.۴.۱. سیستم CASH

۱۰۵	۵.۴.۲ سیستم Large Panel
۱۱۴	۵.۴.۳ سیستم Box
۱۱۶	۶. انتخاب سیستم ساخت صنعتی متناسب با ایران
۱۱۶	۶.۱ روش و سیستم انتخاب
۱۳۹	۷. جمع بندی رساله
۱۵۱	۸. طراحی یک نمونه واحد مسکونی با استفاده از سیستم صنعتی
۱۶۰ ض	۹. ضمیمه‌ها و پیوست‌ها
۱۶۰ ضم	۹.۱ سیستم‌های نیمه صنعتی / سبک
۱۶۱ ضم	۹.۱.۱ سیستم SIP (Structural Insulated Panels)
۱۷۰ ضم	۹.۱.۲ سیستم Modular Walls
۱۷۶ ضم	۹.۱.۳ سیستم ICF (Insulated Concrete Form)
۱۸۵ ضم	۹.۱.۴ سیستم TFS (Timber Frame System)
۱۹۴ ضم	۹.۱.۵ سیستم LSF (Light Steel Frame)
۲۰۱ ضم	۹.۲ سیستم‌های تمام صنعتی / سنگین
۲۰۲ ضم	۹.۲.۱ سیستم CASH
۲۲۲ ضم	۹.۲.۲ سیستم Large Panel
۲۴۶ ضم	۹.۲.۳ سیستم Box
۲۵۸ ضم	۹.۳ نمودار رتبه بندی پارامترها بر اساس هر سیستم
۲۶۳ ضم	۹.۴ نمودار رتبه بندی سیستم‌ها بر اساس هر پارامتر
۲۷۷ ضم	۱۰. فهرست منابع و مآخذ

موضوع صنعتی سازی اگرچه از پس تلاش‌ها و پیشرفت‌های دهه‌های اخیر فاصله چشمگیری با نوع ساخت و ساز صنعتی که در اوج شروع و گسترش انقلاب صنعتی در سطح جهانی شکل گرفت دارد، اما حضور تفکر سیستماتیک و نوع نگاه به ساخت و ساز بر اساس نیازهای انسان معاصر، رشته مشترک میان تفاوت‌ها است. برای ما بسیار مهم است بدانیم چرا این اتفاق افتاد. چرا بعد از گذشت قرن‌ها و استمرار بر استفاده از شیوه‌های ساخت و ساز بومی و محلی، تعریف جدیدی برای متحول کردن شیوه ساخت و ساز مطرح شد؟ آیا تجربیات هزاران ساله بشر در تکمیل و پرورش شیوه‌های گذشته برای انسان معاصر ناکافی یا ناکارآمد بودند؟ تفکر صنعتی چه نقطه جدیدی را در تبدیل روش‌های کهن به روش صنعتی نشانه رفته است که انسان امروزی را به تغییر روش متقاعد می‌کند؟ و این انسان امروزی، چگونه بپذیرد در دنیایی که همه چیز از اتومبیل و لوازم زندگی گرفته تا پوشاک و محصولات غذایی، همگی بر پایه تولید انبوه و صنعتی استوارند، آیا خانه و محل زندگی و کار هم می‌تواند این گونه باشد؟ و چرا لازم است این گونه باشد؟

تحولات بر پایه نیازها شکل می‌گیرند. ابداعات و نوآوری‌ها به واسطه تغییر نیازهای انسان ظهور می‌کنند. دغدغه این انسان معاصر در دنیایی که هر لحظه در حال تحول است، دستیابی به کیفیت مطلوب در سریع‌ترین زمان و با کم‌ترین هزینه است. اگر روزی هر انسان مایحتاج خود را به دست خود می‌ساخت، امروزه امکان پذیر نیست. کسانی هستند که برای ما می‌سازند و ما فقط انتخاب می‌کنیم. دیگر کسی وقت خود را صرف تولید پوشاک یا ظروف و لوازم نمی‌کند. ما از فروشگاه تمام این‌ها را می‌خریم. وسایلی که ممکن است در هزاران خانه دیگر نیز بتوان عین آن را یافت. تمام این‌ها محصول تولید انبوه و در کارخانه‌هایی شاید هزاران کیلومتر آن طرف تر باشد.

در این جا موضوع اما کمی متفاوت‌تر است. ما در مورد خانه و محل زندگی صحبت می‌کنیم. در مورد ساختمان. اجباری در کار نیست؛ اما راهی هم جز این نیست. در شهرهای امروزی، دیگر نمی‌توان سال‌ها وقت و انرژی صرف کرد تا خانه‌ای ساخته شود. نمی‌توان تجربه آثار مخرب و آوار مرگ آفرین زلزله را در مورد خانه‌های سنگی و آجری نادیده گرفت و به همان شیوه ساختمان سازی کرد. امروزه دیگر نمی‌توان به نیاز چند میلیونی مسکن که یا بر اثر افزایش جمعیت یا به منظور

بازسازی شهر های تخریب شده بعد از جنگ یا زلزله مطرح می شوند، با روش های گذشته و مرسوم پاسخ گفت. از این رو تولید انبوه به روش صنعتی را اگر نتوان راه حل نهایی این مسأله فرض کرد، اما در شرایط فعلی مناسب ترین مسیر برای دستیابی به عرضه مسکن می باشد. گرچه پیشرفت های تکنولوژیکی در تولید مصالح جدید و سبک و ایجاد فرصت های بهتر در طراحی سازه ها و سیستم های تاسیساتی و ایمنی، به بهبود وضعیت صنعتی سازی کمک شایانی کرده است.

اکنون ما به عنوان طراحان و سازندگان این سرپناه بشری، باید توجه دقیقی به شناخت مسائل روز و عوامل تاثیر گذار در جامعه خود داشته باشیم. دانستن دستاوردهای جدید و تجربیات دنیای معاصر در حوزه های ساخت در کنار آگاهی از وضعیت مسکن، وظیفه متخصصین و مهندسین است. و این دانش کاربردی نخواهد بود مگر بر پایه واقعیات جامعه و تطابق این اطلاعات به روشی سهل و کاربر پسند با نیازهای بهره برداران.

۲ سیستم‌های ساخت

۲.۱ مقدمه‌ای بر سیستم‌های ساخت

پیش از آن که درباره عبارت "سیستم‌های ساخت" به طور ویژه سخنی به میان آید، لازم است به بهانه تعریف واژه‌های مهمی که در این نوشتار به تعدد درباره آن‌ها صحبت خواهد شد، پیش درآمدی شامل برخی تعاریف و اصطلاحات عنوان شود تا به این وسیله زبان مشترکی برای آن چه در ادامه خواهد آمد به وجود آید. گرچه این واژه‌ها و تعاریفشان گاهی در ارتباط با حوزه‌های مختلف علوم دارای معانی متفاوتی است، اما علاوه بر این که سعی شده بازه‌ی جستجو در ارتباط با علوم مهندسی و معماری باشد، پیش فرض بر آن است که این تفاوت‌ها در نهایت به یک سو اشاره دارند و از این بابت مفهوم نهایی مشترکی دارند.

شاید نتوان به طور دقیق مشخص کرد که اصطلاح "سیستم ساخت" از چه زمانی وارد واژه نامه‌ی معماری گردید. اما آن چه مسلم است گسترش استفاده از این واژه‌ی مرکب در دوران معاصر است.

مفهوم سیستم که در بیان عامیانه مترادف با واژه‌های روش و شیوه یا متد به کار رفته است با تعاریف متعددی ارائه شده که هر یک از نقطه نظر خاصی به تعریف سیستم پرداخته‌اند. برخی از تعاریف در این باره چنین گفته شده:

سیستم را می‌توان به عنوان مجموعه‌ای از عناصر که با هم روابط متقابل دارند، تعریف کرد.^۱

مجموعه یا گروهی از اشیاء مرتبط یا غیر مرتبط است که هدف یا اهدافی خاص را دنبال می‌کنند، به گونه‌ای که واحدی پیچیده را تشکیل دهند.^۲

سیستم عبارتست از گروهی از عناصر فیزیکی یا غیر فیزیکی که یک مجموعه به هم پیوسته و وابسته را تشکیل می‌دهند که برای نیل به یک یا چند هدف به هم وابسته‌اند.^۳

سیستم مجموعه‌ای از اجزا به هم وابسته است که آن اجزا در راه نیل به هدف‌های معین با هم هماهنگی دارند.^۴

^۱ ترجمه تعریف لغت System از واژه نامه انگلیسی CAMBRIDGE: "a set of connected things or devices which operate together"

^۲ ویکیپدیا

^۳ واژه نامه دهخدا

^۴ ترجمه تعریف لغت System از واژه نامه انگلیسی Longman: "a group of related parts that work together as a whole for a particular purpose"

در تعریف اول، به مجموعه‌ای از عناصر و روابط متقابل آن‌ها اشاره شد، در تعریف دوم از پیوستگی و وابستگی تعدادی از عناصر و اجزا یاد شده و هدف از تشکل اجزا مورد توجه قرار نگرفته است، در تعریف سوم، بر هدف و منظور سیستم‌ها تاکید گردیده، در تعریف چهارم اجزا سیستم‌ها و هماهنگی بین آن‌ها و هدف‌های سیستم مورد نظر واقع شده است.

از چهار تعریف بیان شده که در بر گیرنده کلیه خصوصیات سیستم می‌باشد می‌توان به تعریف جامع و کاملی از سیستم دست یافت:

سیستم عبارتست از مجموعه‌ای از اجزا به هم پیوسته که در راه نیل به یک یا چند هدف معین به هم وابسته‌اند، به ترتیبی که هرگاه یک یا چند داده وارد آن می‌شوند، بر یک یا چند قسمت از کل تأثیر می‌گذارند.^۵

واژه "ساخت" در این جا از مجموعه تعاریف فارسی، محدود به تعریف زیر بوده و به ساختمان سازی ارتباط دارد:

- **ساختن:** بناکردن، عمارت کردن، پی افکندن، بن افکندن، بنیان^۶

در فرهنگ انگلیسی زبان، معادل این واژه دو لغت وجود دارد:

- **Build:** ساختن چیزی با قراردادن خشت یا دیگر مصالح روی هم^۷
- **Manufacture:** شامل مراحل تولید لوازم یا مصالح با استفاده از ماشین، عموماً به صورت تولید انبوه^۸

بنابراین آن چه مسلم است، واژه "ساخت" در این جا در ارتباط با ساختمان سازی مورد استفاده بوده و با تعریف واژه Manufacture مترادف نیست. گرچه در این تعریف به استفاده از ماشین آلات برای تولید اشیاء و نیز تولید انبوه اشاره شده است. این اصطلاح می‌تواند محدوده فعالیت‌های انسانی، از صنایع دستی تا فناوری‌های پیشرفته را شامل شود، که در آن‌ها مواد خام در مقیاسی بزرگ به کالاهای ساخته شده تبدیل می‌شوند.

اما سوالی که مطرح می‌شود این است که چرا برای کاربرد واژه "ساخت" که غایت نهایی معماری تلقی می‌شود از پسوند "سیستم" استفاده می‌کنیم؟ اصولاً چه ارتباطی در این میان است و آیا تا پیش از این اصلاً جایگاهی برای کاربرد برای این واژه مرکب وجود داشت؟

⁵ تعریف نگارنده

⁶ واژه نامه دهخدا

⁷ ترجمه تعریف لغت build از واژه نامه انگلیسی CAMBRIDGE "to make something by putting bricks or other materials together"

⁸ ترجمه تعریف لغت Manufacture از واژه نامه انگلیسی Longman "the process of making goods or materials using machines, usually in large numbers or amounts"

اهمیت موضوع "سیستم" در ارتباط با "ساختن"

همان طور که در تعریف سیستم نیز بیان شد، روابط داخلی یک مجموعه هدف‌داری که شامل اجزا باشد از طریق سیستم تعریف می‌شود. معماری-و اصولاً بحث ساختن- بی شک در معنای عمومی دارای هدف می‌باشد. حال این هدف هر چه باشد- ایجاد سرپناه، حریم و ...- در این فرصت مورد بحث قرار نمی‌گیرد. اما آن چه اهمیت دارد نوع فرآیند ساختن است که در نهایت به هدف منتج می‌شود. ما در این جا این فرآیند را یک "فرآیند نظام مند" می‌دانیم چرا که در موضوع ساختن یک بنا، از ساده‌ترین شکل آن در قرون گذشته تا نوع معاصر آن، تعدد فعالیت‌ها و گردهم آیی تخصص‌ها و دانش‌های مختلف بدون تبعیت از یک نظام به نتیجه درست ختم نخواهد شد. هیچ "ساختن"ی خارج از طی مراحل و انجام متوالی برنامه‌های ساخت محقق نخواهد شد. البته منظور از برنامه، که اشاره مستقیم دارد به فرآیندهای بنای یک طرح معماری شامل مطالعات، تهیه نقشه‌های فاز یک و اجرایی، برنامه ریزی‌های قبل از اجرا و کارگاه و ... که از طریق ترسیم دستی یا دیجیتالی حاصل می‌شوند، در عین حال می‌تواند به فرآیندی که در ذهن اتفاق می‌افتد نیز مرتبط باشد. مسأله اصلی "برنامه ریزی برای انجام یک فعالیت" می‌باشد که با توجه به بزرگی مقیاس آن فعالیت در واقعیت، ابزار مورد نیاز خود را می‌طلبد. وجود چنین برنامه ریزی‌ای یا "سیستم"ی نه تنها لازم است، بلکه بدون وجود سیستم در فرآیند کار، تخریب مجدد، بازسازی‌های پیاپی و اصلاحات مداوم اتفاق می‌افتد.

در قرون اولیه، تجربیات ساخت و ساز که مبتنی بر آزمون و خطا بود، در دوره‌های بعد نسل به نسل منتقل شد و از این طریق روش‌های بومی ساخت در طی سالیان متمادی به عنوان اصول ساخت چه به صورت استاد-شاگردی و چه به صورت مجموعه قوانین مدون و مکتوب برای نسل‌های بعدی به تثبیت رسید. چیزی که در دوران معاصر تحت عنوان آیین نامه‌ها، محاسبات، مطالعات و ... در مراحل مختلف ساختمان سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این تفاوت که بخش غالب این قوانین بر اساس مطالعات علمی تدوین شده‌اند، نه تجربیات گذشته.

"ساخت سیستمی" یا "سیستم ساخت"

ترکیب واژه‌های "ساخت" و "سیستم" دو اصطلاح به وجود می‌آورد که در مفهوم اصلی با یکدیگر متفاوت می‌باشند. از مجموعه توضیحاتی که در این باره به تفصیل نوشته شده، شاید بتوان چنین برداشت کرد که مشابهت این دو عبارت به واسطه چند معنی بودن واژه "سیستم" می‌باشد.

ساخت سیستمی (یا ساخت سیستماتیک)^۹ به نقش مهم "استفاده از سیستم" در ساخت اشاره دارد. به عبارت دیگر، منظور کلی همان "ساختن بر اساس روش" است. اما افزون بر آن چه در بالا در

^۹ Systematic Building

توضیح واژه "سیستم" ذکر گردید، این واژه به تعبیر معاصر، بیشتر به رویکرد علمی و تکنولوژیکی یک فعل اشاره دارد. بنابراین ساخت سیستمی را می‌توان با "ساختن روشمند" مترادف دانست.

متفاوت از این، عبارت "سیستم ساخت"^{۱۰} به نوعی معنایی عمومی‌تر داشته و به قصد تعیین "نوع روش ساختن" بیان می‌شود.

۲.۲ انواع سیستم‌های ساخت

بنا به تعریف بالا، روش‌های ساختمان سازی بسته به نوع فرآیند طراحی و اجرایی به گونه‌های مختلف تقسیم می‌شوند. اصول این تقسیم بندی شاید هم‌زمان با آغاز دوران صنعتی در اروپا باشد. چرا که از همان تاریخ، با گسترش استفاده از ماشین به جای انسان، دیدگاه‌های تولید در تمام عرصه‌ها متحول شد و در واقع می‌توان انقلاب صنعتی را نقطه تغییر شیوه‌های تولید پیش از خود نامید. بر همین اساس، دو دیدگاه کلی درباره شیوه‌های ساخت وجود دارد:

۲.۲.۱ ساخت به شیوه سنتی (متعارف)

روش‌های ساختمان سازی از دوران روستا نشینی انسان -حتی در دنیای معاصر- همواره بر اساس شیوه تجربی یا آزمون و خطا استوار بود که هر منطقه از جهان، بنا به این تجربیات اندوخته شده توسط پیشینیان در استفاده از این شیوه‌ها مستقل عمل می‌کردند. تولید خانه‌های گلی، چوبی و سنگی از این نوع است. با گذار از تمدن‌های بزرگ جهان، گرچه گاهی از سیر تحول و توانایی مردمان آن عصر در استفاده از فنون و روش‌های ساختمان سازی انسان امروزی متحیر می‌ماند، اما از آنجا که اساس تولید و ساخت وابسته به روش‌های غیر صنعتی و غیر ماشینی بوده و نیروی انسانی به عنوان عامل اصلی در انجام کار بوده است، ما این شیوه‌های اجرایی را سنتی می‌نامیم. واژه متعارف بدان معناست که هنوز در بسیاری از نقاط جهان، شیوه‌های سنتی، روش‌هایی غالب در تولید بنا هستند و نه تنها منسوخ نشده، بلکه گسترش ویژه‌ای داشته‌اند. به همین منظور چنانچه در ادامه بیشتر از واژه‌ی "متعارف" به جای "سنتی" استفاده گردید، به همین مسأله‌ی ادامه‌ی استفاده از تکنولوژی ساخت سنتی در دنیای معاصر اشاره خواهد داشت.

^{۱۰} Building System

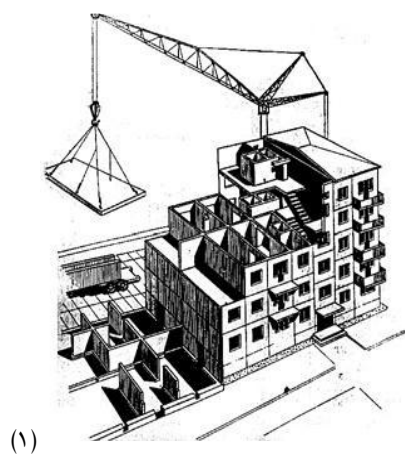


روش‌های اجرایی با استفاده از نیروی انسانی^{۱۱}

^{۱۱} مرجع تصاویر: www.conservationtech.com - Pre-industrial building

۲.۲.۲ ساخت به شیوهی صنعتی

سیستم‌های ساخت به شیوهی صنعتی در ارتباط مستقیم با استفاده از ماشین و ابزار صنعتی برای تولید ساختمان است. تفکر استفاده از نیروی ماشین به جای نیروی انسانی باعث شد صنعت ساختمان نیز از این قافله عقب نمانده و اصلاحاتی بنیادی در شیوه‌های متعارفی که تا پیش از این وجود داشت انجام دهد. گرچه روش‌های صنعتی هنوز نتوانسته‌اند جایگزین روش‌های سنتی ساخت شوند، اما مطالعات گسترده‌ای که به لزوم جایگزینی ماشین به جای انسان در تولید ساختمان اشاره دارد، حاکی از تلاش بی وقفه‌ای است که در این باره صورت می‌گیرد. دلایل لزوم این تغییر دیدگاه در فصل سوم به طور کامل مورد بحث قرار خواهد گرفت.



روش‌های اجرایی با استفاده از ماشین / تولید کل یا بخشی از ساختمان در کارخانه و نصب در محل^{۱۲}

^{۱۲} مرجع تصاویر:

1. PRECAST CONCRETE CONSTRUCTION Svetlana Brzev, British Columbia Institute of Technology, Canada
Teresa Guevara-Perez, Architect, Venezuela
2. http://www.spaceinvading.com/entry/project_id/Spacebox_Eindhoven_2005_TUe200902101234292558

تولید صنعتی ساختمان، به طور کلی به دو شیوه می‌تواند پیاده شود:^{۱۳}
اول این که، روش همان ساخت سنتی ولی عملیات اجرا، مدرنیزه و پیشرفته باشد که در این صورت محصول کار را "عقلایی" می‌نامیم.
دوم این که، عملیات اجرایی کاملاً صنعتی و در آن سیستم مدولار^{۱۴} به کار رفته باشد.

به عبارت دیگر، امروزه دو روش کلی اجرای صنعتی شناسانده شده است. یکی اجرای صنعتی در کارگاه در شرایط کارخانه‌ای و دیگری پیش ساختن ساختمان‌ها در کارخانه و نصب آن‌ها در کارگاه.^{۱۵}

صنعتی کردن ساختمان، تنها به عملیات خاصی محدود نمی‌شود؛ بلکه کل عملیات از طراحی تا آخرین مرحله‌ی اجرا را در بر می‌گیرد. این روش، معمار و طرح او را درگیر روند تغییر می‌کند. به عبارت دیگر، صنعتی کردن ساختمان یعنی "سازماندهی و برنامه ریزی صحیح کارهای ساختمانی، به نحوی که وقفه در عملیات ساختمانی به حداقل ممکن برسد منظور نظر است. این امر تا حدی به کمک وسایل مکانیکی پیشرفته و تا حد قابل توجهی با تعویض عناصر درجا با قطعات پیش ساخته میسر است. لذا عنوان صنعتی شدن برآورنده هر روش ساختمانی است که در آن طرح و انتخاب قطعات اصلی و عملیات ساخت و اجرا به نحوی صورت گیرد که کلیه فعالیت‌ها به صورت زنجیر پیوسته باشد. به این ترتیب می‌توان نتیجه‌گیری کرد از زمانی که انسان اولین واحدهای مصالح ساختمانی را به صورت خشت قالب‌گیری کرد و با اندازه‌های یکسان و به صورت پیش ساخته در ساختمان نصب کرد تا زمانی که برای سهولت در انتقال مصالح بالابر را انتخاب کرد، تا پیشرفته‌ترین روش‌های ساختمان سازی کنونی که اجرای بسیار مرتفع را با برنامه ریزی و استفاده از قطعات پیش ساخته در کوتاه‌ترین زمان ممکن میسر کرده است، اقداماتش حاصل تفکر و تلاش برای تسریع و تسهیل ساختمان سازی یا به عبارتی دیگر "صنعتی کردن" اجرای ساختمان بوده است."^{۱۶}

در اینجا لازم است با مرور سرگذشت آنچه اکنون با عنوان ساخت صنعتی مورد بحث است، به تلاش دولت‌ها و افراد مختلف نگاهی بیندازیم. دانستن سیر تحول و رشد تفکر در ارتباط با نگاه صنعتی و پیش ساخته به بحث ساختمان و مسکن به بهره‌مندی ما از تجربیات گذشتگان بسیار کمک می‌کند.

^{۱۳} روند طراحی در پیش سازی ساختمان/توماس اسمیت/مهندس جذبی/مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن/نشر خاک/ص ۲۳

^{۱۴} Modular

^{۱۵} مجید کسائیان/فصلنامه آبادی/بهار ۱۳۷۴/ص ۷۳

^{۱۶} همان/ص ۷۲

۲.۳ تاریخچه‌ای از سیستم‌های ساخت صنعتی

همان‌طور که در بالاتر گفته شد، تفکر سیستماتیک در تولید فقط مختص دوران انقلاب صنعتی و بعد از آن نیست. بلکه از لحظه‌ای که انسان قطعات ساختمان را به صورت خشت در تعداد زیاد تولید می‌کرد، به نوعی از تفکر پیش‌سازی برخوردار بود.^{۱۷} در آن زمان عناصر مورد استفاده یا کلاً از طبیعت اخذ می‌شد، نظیر سنگ و تنه درختان و یا اینکه توسط انسان تهیه می‌شده است نظیر خشت و سنگ‌های تراشیده.

طبق اسناد موجود، در سال ۱۵۱۶ میلادی، لئوناردو داوینچی، طرح یک شهر ایده آل را بر روی «لوار» تهیه می‌کند که شامل خانه‌های کوچک و قابل پیاده شدن (اجرا کردن) از هم بود و فقط پی ریزی‌ها باید در محل اجرا می‌شد.

اما به طور مشخص، "فکر تهیه‌ی قطعات پیش ساخته به قرن هفدهم بر می‌گردد. انگلیسی‌های مقیم آمریکا، از دیوارهای پیش ساخته‌ای که از قاب‌های چوبی تشکیل شده بودند، استفاده می‌کردند؛ چرا که به راحتی در داخل انبار کشتی جا داده شده و قابل حمل بودند. آن‌ها مدت کمی برای ساختن مسکن - از لحظه‌ی رسیدن کشتی به مهد تمدن جدید تا شروع فصل سرما - فرصت داشتند؛ لذا می‌بایست در کوتاه‌ترین مدت و با حداقل زحمت بتوانند سرپناهی برای خود تهیه کنند. این وضعیت اضطراری، منجر به پیدایش سیستمی در آمریکا معروف به قاب چوبی (Balloon Frame) شد که تا امروز هم کاربرد دارد."^{۱۸}

"پیش از مرحله‌ی اول وقوع انقلاب‌های صنعتی، مصالح قدیمی نظیر سنگ، آجر و چوب با روش‌های سنتی تهیه می‌گردید و مواد جدید دیگر نظیر چدن، شیشه و بعداً سیمان به مصالح ساختمانی اضافه شد. ساختمان‌های سنتی گذشته به دلیل ضخامت زیاد دیوارهای باربر و محدودیت ارتفاع که در نتیجه باعث عدم آزادی در طراحی می‌شد نتوانست در مقابل روش‌های جدید زائیده از صنعت مقاومت نماید و بالاخره اولین استفاده از فلز در اواخر ۱۷۰۰ میلادی در پل سازی صورت گرفت که به تدریج جای روش‌های سنتی را گرفت."^{۱۹}

"سال ۱۸۳۶ تولید صنعتی تیرهای آهنی با مقطع پروفیل نرمال آغاز گردید و از آن به بعد به تدریج سقف‌های آهنی جای سقف‌های قدیمی چوبی را می‌گیرد و بتن آرمه جای مصالح و روش‌های ساخت و ساز پیشین را پر می‌کند. نمونه بسیار معروف این دوره، ساختمان قصر بلورین که توسط سر جوزف پاکستون در سال ۱۸۵۱ برای نمایشگاه جهانی لندن طراحی و پیش‌سازی شد.

^{۱۷} پیش‌سازی یکی از ویژگی‌های تولید صنعتی می‌باشد و الزاماً صنعتی سازی مترادف با پیش‌سازی نیست. (توضیح مولف)

^{۱۸} روند طراحی در پیش‌سازی ساختمان/توماس اسمیت/مهندس جذبی/مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن/نشر خاک/ص ۱۹

^{۱۹} مجموعه‌ای از پیش ساخته‌ها/ انتشارات وزارت مسکن و شهرسازی

تا به اکنون، شماری از پل‌ها، سالن‌ها، ایستگاه‌های قطار و سایر سازه‌ها به کمک قطعات پیش ساخته در فواصل زمانی نزدیک به هم اجرا شده است.

در فرانکفورت، ارنست می کارخانه‌ی قطعات بتنی را روی رودخانه‌ی ماین تأسیس کرد که دشمنی‌های زیادی برانگیخت و موجب تعطیل شدن کارخانه شد. مهاجران، این حرکت را در اتحاد جماهیر شوروی، اسکاندیناوی و ایالات متحده دنبال کردند. با این حال حرکت مزبور در سال‌های ۱۹۳۰ دچار رکود شد در همه جا تفکر، سیر قهقراپی به خود گرفت و گرایش‌های عامه پسند و سبک گرا شامل بام‌های شیب دار و نوک تیز و ساختمان سازی به سبک کارگاهی پدیدار شد ولی سرانجام این حرکت به سه مرکز منحصر شد.

در فرانسه در سال ۱۹۴۵ صنعت مهم قطعات بتنی به کمک دولت به وجود آمد. مؤسسات عملی و بخش‌های خصوصی از این جریان حمایت کردند. یک مهندس ساختمان به نام آ. کاموس سیستمی را در همین دهه عرضه کرد که با ساختن ۴۰۰۰ واحد مسکونی برای وزارت مسکن فرانسه، موجب شهرت او شد؛ به طوری که در سال ۱۹۵۴ وزیر این وزارت خانه به نام کلودیوس بنی آن را انحصار کرد. با همین سیستم بود که لوکوربوزیه اولین مرکز فراغت را ساخت. کاهش قیمت‌ها در بازار ساختمان سازی از طریق متمرکز کردن ساختمان سازی در چند قطب - و نه «دوباره سازی» این سیستم‌های پیشتاز - محصول تلاش کامو، کوانیه، باره، فولکیه و سایرین است.

در اتحاد جماهیر شوروی، برنامه ریزی اقتصادی خیلی سریع امکان شناخت فواید ساختن قطعات پیش ساخته را فراهم کرد. واحد های تولیدی مورد مطالعه قرار گرفته و به اجرا در آمدند. با این حال سازه‌ها یکنواخت و فاقد ذوق و سلیقه بود و از آنجا که شوروی هیچ گاه یک بخش کارگاه پیشرفته نداشته؛ گذر به صنعتی شدن ناگهانی و بدون پشت سر گذاشتن مرحله‌ی انتقال، صورت گرفت. در این کشور، اجرای سیستماتیک و استاندارد پروژه‌های بزرگ شهری به کمک روش‌های پیش سازی تشویق می‌شود.

در کشور اسکاندیناوی اصول پیش سازی به صورت لانه زنبوری مورد نظر می‌باشد که معمولاً سیستم‌های یکپارچه و محکمی هستند و طی سالیان متمادی به تدریج به نتیجه رسیده است: مانند کارهای لارسن، نلسن، چسبرس، اولن، اسکارن، البرنون و دیگران.

در آمریکا، حرکت خاصی با ارائه خانه‌های چوبی همسطح زمینی، آغاز شده است. روی طرح اسکلت بندی‌ها کار زیادی شده است. با این حال شکل آن‌ها الهام گرفته از سبک فروشگاه‌های بزرگ است و تا آنجا که به طراحی ربط پیدا می‌کند، ساختمان‌ها مطابق با سلیق مختلف بوده و به عنوان جانشینی

برای سنت‌های محلی، اغلب ویژگی‌های سبک‌های بازاری را دارا هستند. خانه‌های ویلایی پیش ساخته هم - بی آنکه حرکتی اصیل محسوب شوند - شاخص طبقه حاکم می‌باشند.^{۲۰}

در انگلستان، شهرداری هرتفورد شایر در سال ۱۹۴۸ سیستم «کلاسپ» را به وجود آورد که معروف‌ترین سیستم ساختمانی صنعتی مدارس است. در همین راستا، سیستم‌های دیگری هم بنیان گذاشته شدند که منجر به پیدایش دو سیستم ساختمان مدارس به نام «اسکولا» و «سراگ» شد. این اقدامات، کم کم به ساختمان منازل مسکونی هم سرایت کرد و از آنجا که نیاز به اندازه‌های استاندارد و ثابتی بود، انجمن مدولار در سال ۱۹۵۳ شکل گرفت که انجام کارهای اولیه‌ی مدولار و ارائه‌ی نظریه‌ی ساختمان‌های صنعتی را عهده دار شد به طوری که انگلستان در این زمینه به عنوان پیشتاز معرفی شد.

"نیلسون کپنهاک سیستمی برای ساختن واحدهای مسکونی اختراع کرد و نام شرکت را، روی آن گذاشت. تقریباً در همان سال‌ها، شرکت واسکانزا سیستم ساختمانی «الیتون» را برای ساختمان منازل عرضه کرد.^{۲۱}

^{۲۰} روند طراحی در پیش سازی ساختمان/توماس اسمیت/مهندس جذبی/مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن/نشر خاک/ص ۶ و ۷

^{۲۱} همان/ص ۲۰

در جدول زیر سیر تکامل تفکرات ساخت و ساز صنعتی به طور خلاصه نشان داده می‌شود:^{۲۲}

Prefab Timeline

1892	Ernest Franklin Hodgson develops a prefabricated system which he uses to market small structures such as chicken coops, dog houses, tool sheds, and a summer cottage. He later introduces larger structures such as a garage ("auto stable") and year-round housing.
1906	Aladdin Readi- <i>Cut Houses</i> produces a kit house of numbered, precut pieces.
1908	Sears Roebuck & Co. <i>Houses by Mail</i> program established. 100,000 units sold by its demise in 1940.
1919	Le Corbusier writes "Mass Production Houses," a treatise on the beauty of the "house machine."
1921	Buster Keaton stars in <i>One Week</i> , a film about a newlywed couple who builds their prefab house.
1923	Walter Gropius and Adolf Meyer develop "Building Blocks," a standardized system of housing.
1929	Buckminster Fuller introduces an early concept for the <i>Dymaxion House</i> —his round metal house—at Chicago's Marshall Fields department store.
1931	Albert Frey and A. Lawrence Kocher debut the <i>Aluminaire</i> , the first lightweight steel and aluminum house in the U.S.
1932	General Houses Corporation introduces a press-steel panel house for \$3,000-\$4,500. American Houses, Inc. introduces the <i>American Motohome</i> , a simple, box-like, turnkey, steel-framed house.
1933	George Fred Keck's <i>House of Tomorrow</i> is toured by more than 750,000 visitors to the Chicago World's Fair.
1935	Wally Byam introduces his iconic, aluminum shell Airstream "Clipper," a trailer easily towed by an automobile.
1936	Frank Lloyd Wright proposes his <i>Usonian House</i> , a system of standardized details and modular dimensions. Although not technically a prefab house, more than 100 are built over the years.
1940	Engineers Peter Dejongh and Otto Brandenberger design the <i>Quonset Hut</i> , a semi-cylindrical structure formed by a ribbed metal shell.
1942	General Panel Corporation commissions Walter Gropius and Konrad Wachsmann to design a panelized house.
1944	The July issue of <i>Arts and Architecture</i> magazine, edited by John Entenza, creator of the Case Study House program, publishes the essay, "What is a House," espousing the tenants of modern prefabrication.
1945	Developer and builder William Levitt begins Levittown construction. His traditional stick-built, high-volume house assembly method rivals projected prefabricated housing volumes. By 1948 he was finishing 150 houses per week. Lindal Cedar Homes established. Using a wooden post and beam system, Lindal offers a customizable and complete kit home package.
1947	Industrial designer Henry Dreyfus and architect Edward Larrabee Barnes collaborate on the design of a prefab house for Vultex Aircraft Company consisting of paper core panels skinned in aluminum. John Bemis, an MIT School of Architecture graduate, founds Acorn Structures, a prefabricated building system.

²² <http://design.walkerart.org/prefab/Main/PrefabTimeline>