بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده معماری و شهرسازی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی معماری

طراحی مجموعه مسکونی ارزان قیمت بر اساس قواعد پیمون بندی و پیش ساختگی

نگارنده: سید علیرضا پاکدامن

استاد راهنما:

دکتر مسعود طاهری شهرآئینی

بهمن ۱۳۹۷

تشکر و قدردانی

برخود لازم می دانم از کلیه کسانی که من را در تدوین و نگارش این پایان‌نامه یاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

از جناب آقای دکتر مسعود طاهری شهرآئینی که در کلیه‌ی مراحل انجام این پژوهش راهنماییم نمودند، نهایت سپاس را دارم.

همچنین از تمامی اساتید گرامی و دوستانی که مرا در به ثمر رساندن این پایان‌نامه همراهی کردند تشکر می نمایم.

تعهد نامه

اینجانب سید علیرضـا پاکدامن دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته‌ی معمـاری دانشکده‌ی معمـاری و شهرسـازی دانشگاه شـــاهرود نویسنده پایان‌نامه طراحی مجموعـه مسکونی ارزان قیمت براساس قواعد پیمون بندی و پیش ساختگی تحت راهنمائی دکتر مسعود طاهری شهرآئینی متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهـــای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استنـــــــاد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توســط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشــده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشـگاه شـــــاهرود می‌باشـد و مقالات مسـتخرج با نام «دانشـگاه شـــــاهرود» و یا «Shahrood University» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- **کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.**
- **استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.**

چکیده:

از گذشته تا به امروز، دسترسی به یک سر پناه و مسکن مناسب از مهم‌ترین مسائلی است که انسان همواره با آن دست به گریبان بوده است و تلاش نموده، سر پناهی به منظور مقابله در برابر بلایای طبیعی و همچنین آرامش خاطر خود فراهم نماید. با گذشت زمان و پیشرفت بشریت، مفهوم سرپناه جای خود را به یک مسکن با کیفیت و مناسب داده که انسان در آن علاوه بر آرامش فیزیکی، به آرامش روحی، روانی و اجتماعی نیز دست‌یابد. به‌تدریج، افزایش جمعیت زمین و بوجود آمدن اختلاف طبقاتی در جوامع مدرن، باعث شده تهیه‌ی مسکن برای بسیاری از انسان‌ها به یک دغدغه‌ی بزرگ تبدیل شود. امروزه یکی از مهم‌ترین چالش-های حوزه‌ی مسکن به بعد اقتصادی آن برمی‌گردد؛ به‌طوری که بیش از ۵۰ درصد درآمد ماهیانه خانوار را به خود اختصاص می‌دهد[۱] و افزایش قیمت مسکن منجر به بروز مشکلات حاد اجتماعی و فرهنگی می‌شود. با پیشرفت روز افزون علم و تکنولوژی، روش‌های سنتی ساخت دیگر جواب‌گوی نیازهای انسان مدرن نیست و باید روش‌هایی در ساخت و ساز مورد استفاده قرارگیرد که منجر به افزایش سرعت وکیفیت، حداقل ضایعات و هم‌چنین حداقل هزینه‌های ساخت شود. یکی از مفیدترین روش‌هایی که در کشورهای توسعه یافته برای برطرف کردن این مسائل مطرح شده، ساخت و ساز مدولار و پیش‌ساخته است که به دلیل سری سازی و تولید کارخانه‌ای محصولات و نیز استفاده حداقلی نیروی انسانی، موجب شده که خطاهای ساخت و نیز ضایعات ساختمانی کاهش و به طبع آن کیفیت ساخت و ساز نیز به مراتب افزایش یابد؛ هم‌چنین سرعت ساخت نیز دراین روش به شدت افزایش و بسیاری از هزینه‌های جانبی نظیر محاسبات، طراحی و....کاهش یافته است. تمامی این عوامل در تعامل با یکدیگر منجر به رسیدن به حداکثر کیفیت توأم با حداقل هزینه در ساختمان‌های پیش‌ساخته شده است. متاسفانه در کشور ما هنوز صنعتی‌سازی و استفاده از ساخت و ساز پیش‌ساخته خیلی به‌ندرت آن‌هم تنها در جزئیات بنا مورد استفاده قرار گرفته است که شاید بتوان ترس از تجربه‌های جدید در ساخت و ساز را یکی از دلایل این موضوع عنوان کرد.

در این پژوهش بر آن شدیم تا مدولاسیون و پیش ساختگی را از جهات مختلف مورد بررسی قرار داده و به عواملی که منجر به افزایش کیفیت و کاهش هزینه‌ی ساخت می‌شود بپردازیم. سپس با در نظر گرفتن شرایط کشور از لحاظ سیستم حمل و نقل، فرهنگ و سلیقه‌ی مردم، به تدوین چارچوب‌هایی برای مدولار کردن عناصر و ساختمان‌های مسکونی پرداخته و با ایجاد یک شبکه‌ی پیمونی با ابعاد ۱,۳۰ در۱,۳۰متر، مدول‌هایی جعبه‌ای با اندازه‌ی ۱۳ در ۲,۶۰ متر را شکل دادیم. پس از آن با تعیین سایتی در شهر مقدس مشهد و توجه به شرایط اقلیمی منطقه، با کنار هم قرار دادن مدول‌ها، به طراحی یک مجتمع مسکونی با کیفیت و کم هزینه در مقایسه با دیگر نمونه‌های مشابه، با استفاده از پیمون‌بندی و پیش‌ساختگی به‌عنوان پیشنهادی جهت صنعتی سازی ساختمان ها پرداختیم. باشد که این پژوهش گامی مثبت جهت رفع یکی از اساسی‌ترین نیازهای جوانان این سرزمین برداشته باشد.

کلمات کلیدی:

مسکن ، ارزان ، صنعتی سازی ، پیش ساختگی ، مدولاسیون

فصل اول..... ۱

«مقدمه و کلیات» ۱

۱-۱ سابقه ی موضوع: ۲
۱-۲ ضرورت انجام و اهداف تحقیق: ۳
۱-۳روش تحقیق ۴
۱-۴ساختار کلی پایان نامه: ۴

فصل دوم..... ۵

«موضوع طرح » ۵

گفتار اول؛..... ۶

۱-۲- مروری بر مفاهیم مسکن ۶

۲-۱-۱- مقدمه..... ۶
۲-۱-۲- مسکن در واژه نامه‌ها ۶
۲-۱-۳- اهمیت مسکن در زندگی انسان..... ۷
۲-۱-۳-۱- زیستی ۷
۲-۱-۳-۲- اقتصادی ۷
۲-۱-۳-۳- اجتماعی..... ۸
۲-۱-۴- مسکن مناسب ۸
۲-۱-۵- عوامل موثر در شکل‌گیری مسکن..... ۹
۲-۱-۶- اهداف کلی مسکن ۱۰
۲-۱-۷- مشکلات مسکن ۱۱
۲-۱-۷-۱- مشکلات عام..... ۱۱
۲-۱-۷-۲- مشکلات خاص..... ۱۲
۲-۱-۸- مشکل کمبود مسکن مناسب و راه های مقابله با آن ۱۲
۲-۱-۹- ضرورت نیاز به مسکن ارزان قیمت..... ۱۳
۲-۱-۱۰- نگاه به صنعتی سازی ساختمان و مسکن..... ۱۵
۲-۱-۱۱- مسکن صنعتی..... ۱۵

گفتار دوم؛..... ۱۶

۲-۲- مدول و مسکن مدولار ۱۶

۲-۲-۱- مقدمه ۱۶
۲-۲-۲- مدول (پیمون) ۱۶
۲-۲-۳- طراحی مدولار ۱۷
۲-۲-۴- انواع مختلف پیمون ۱۹
۲-۲-۴-۱- مدول مصالح: ۱۹
۲-۲-۴-۲- مدول تولید: ۱۹
۲-۲-۴-۳- مدول حمل و نقل و نصب: ۲۰
۲-۲-۴-۴- مدول تجهیزات بهداشتی: ۲۰
۲-۲-۴-۵- مدول تأسیسات: ۲۰
۲-۲-۵- پیشینه مدول در معماری ۲۱
۲-۲-۶- پیشینه مدول در معماری ایران ۲۲
۲-۲-۷- طراحی مدولار در معماری امروز ایران ۲۴
۲-۲-۸- بررسی تغییرات هزینه های ساخت با طراحی مدولار ۲۴

گفتار سوم؛ ۲۶

۲-۳- صنعت ساختمان و پیش ساختگی ۲۶

۲-۳-۱- مقدمه ۲۶
۲-۳-۲-پیشینه پیش ساختگی ۲۷
۲-۳-۳-صنعتی سازی ۲۸
۲-۳-۴-صنعتی سازی در ایران ۲۹
۲-۳-۵- پیش ساختگی ۲۹
۲-۳-۶-پیش‌مونتاژ نمودن ۳۲
۲-۳-۷-سیستم های سازه ای و ساخت ۳۲
۲-۳-۷-۱-مدول‌های فلزی ۳۳
۲-۳-۷-۲- مدول‌های بتنی ۳۴
۲-۳-۸-حمل، برپایی و نصب ۳۵
۲-۳-۸-۱-حمل ۳۶
۲-۳-۸-۲-برپایی ۳۶
۲-۳-۸-۳-نصب ۳۸
۲-۳-۹-پیش‌ساختگی و اقتصاد ۴۰
۲-۳-۹-۱-سرعت ساخت و تاثیر اقتصادی آن ۴۱
۲-۳-۹-۲-کاهش هزینه های کارگاه ۴۱

۲-۳-۹-۳-برپایی و نصب ۴۲
۲-۳-۹-۴-کاهش نیاز به نقدینگی ۴۳
۲-۳-۶- جمع‌بندی ۴۸

فصل سوم ۴۹

«نمونه تطبیقی» ۴۹

PLACE / LADYWELL (LONDON 2014-2016) ۵۰
MOHO HOUSING (MANCHESTER 2005) ۵۷
THE STACK APARTMENT (NEW YORK 2013) ۶۴

فصل چهارم ۶۹

«تحلیل سایت و مبانی طراحی » ۶۹

۴-۱- بررسی سایت پروژه ۷۰
۴-۱-۱- وضعیت جغرافیایی ۷۰
۴-۱-۲- وضعیت فرهنگی ۷۰
۴-۱-۳- جمعیت[۴۴] ۷۰
۴-۲- مطالعات اقلیمی ۷۱
۴-۲-۱- دمای هوا ۷۱
۴-۲-۲- وزش باد ۷۱
۴-۲-۳- میزان بارندگی ۷۳
۴-۳- اولویت اقلیمی ۷۴
۴-۴- بررسی سایت ۷۴
۴-۴-۱- بار ترافیکی و مسیرهای دسترسی ۷۴
۴-۴-۲- کاربری‌های اطراف سایت ۷۵
۴-۴-۴- جهت گیری، نور و دید و منظر ۷۶
۴-۴-۳- آلودگی های صوتی سایت ۷۶
۴-۴-۵- دید های اطراف سایت ۷۷
۴-۴-۶- سلسله مراتب دسترسی داخلی ۸۰
۴-۵-برنامه فیزیکی ۸۳
۴-۶- معیارهای طراحی پیش ساخته ۸۳
۴-۶-۱- حمل و نقل ۸۴
۴-۶-۲- وزن ۸۵

۴-۶-۳- خصوصیات ساختمان های مسکونی ۸۵
۴-۷- سیستم ساخت ۸۸
۴-۷-۱- سازه ۸۸
۴ -۷-۲- اتصالات ۸۹
۴-۷-۳- برپایی ۹۰
۴-۶-۴- تاسیسات و تجهیزات ۹۱

فصل پنجم ۹۳

« مدارک فنی » ۹۳

«فهرست منابع و ماخذ » ۱۰۹

فهرست اشکال و جداول

تصویر(۲-۱) شبکه های مدول پایه و مضارب گوناگون آن [۱۶] ۱۸

تصویر (۲-۲) انطباق شبکه‌های مدولار با شبکه مدول پایه و با یکدیگر[۱۶] ۲۱

تصویر(۲-۳) سیستم مدولر لوکربوزیه[۱۶] ۲۱

تصویر(۲-۴) خانه مرتاض (دانشکده هنر و معماری)، یزد [۱۹] ۲۳

تصویر (۲-۵) خانه لاری‌ها، یزد [۱۹] ۲۳

تصویر(۲-۶) قصر بلورین (کریستال پالاس) [۲۲] ۲۸

تصویر(۲-۷) -عناصر تشکیل دهنده مدول فلزی[۲۷] ۳۴

تصویر(۲-۸) نحوه حمل مدول‌ها [۲۷] ۳۷

تصویر(۲-۹) نحوه حمل مدول بتنی [۲۷] ۳۸

تصویر(۲-۱۰) گوشه یک واحد فلزی با پست نبشی نورد گرم [۲۹] ۳۹

تصویر(۲-۱۱) اتصال دو واحد فلزی به یکدیگر [۲۹] ۳۹

تصویر(۲-۱۲) گزارش شرکت مک گروهیل از پروژه های پیش ساختگی [۳۰] ۴۱

تصویر(۲-۱۳)The Modules [۳۱] ۴۵

تصویر(۲-۱۴) Stem High School[۳۱] ۴۶

تصویر(۲-۱۵) Manresa Student Housing [۳۱] ۴۷

تصویر(۳-۱) نمای از پروژه PLACE [۳۲] ۵۰

تصویر(۳-۲) طراحی سایت در آینده[۳۲] ۵۰

تصویر(۳-۳) سایت در گذشته [۳۲] ۵۰

تصویر(۳-۴) مراحل ساخت [۳۳] ۵۱

تصویر(۳-۵) پلان واحدهای مسکونی [۳۲] ۵۲

تصویر(۳-۶) فضای داخلی واحدهای مسکونی پروژه [۳۴] ۵۲

تصویر(۳-۷) پلان واحدهای تجاری [۳۲] ۵۳

تصویر(۳-۸) فضای داخلی واحدهای تجاری[۳۵] ۵۳

تصویر(۳-۹) دسترسی‌های پروژه [۳۴] ۵۴
تصویر(۳-۱۰) نصب ماژول‌های پروژه [۳۶] ۵۵
تصویر(۳-۱۱) اسکیس پروژه [۳۴] ۵۶
تصویر(۳-۱۲) نماهای کلی پروژه MOHO [۳۷] ۵۷
تصویر(۳-۱۳) پلان واحدها [۳۷] ۵۸
تصویر(۳-۱۴) داخلی واحدهای [۳۸] ۵۸
تصویر(۳-۱۵) واحدهای تجاری [۳۸] ۵۹
تصویر(۳-۱۶) آماده سازی سایت [۳۸] ۵۹
تصویر(۳-۱۷) شکل‌گیری عناصر الحاقی و ماژولها [۳۷] ۶۰
تصویر(۳-۱۸) اتصال عناصر الحاقی به ماژول‌ها [۳۷] ۶۰
تصویر(۳-۱۹) دسترسی‌های [۳۷] ۶۱
تصویر(۳-۲۰) نمای بالکن‌های پروژه [۳۷] ۶۲
تصویر(۳-۲۱) محوطه پروژه [۳۷] ۶۳
تصویر(۳-۲۲) پلان پروژه [۳۷] ۶۳
تصویر(۳-۲۳) نمای پروژه Stack [۴۰] ۶۴
تصویر(۳-۲۴) لابی پروژه [۳۹] ۶۴
تصویر(۳-۲۵) پلان طبقه اول پروژه [۴۱] ۶۴
تصویر(۳-۲۶) نمای داخلی واحدهای پروژه [۴۲] ۶۵
تصویر(۳-۲۷) مراحل ساخت واحدهای پروژه [۴۲] ۶۵
تصویر(۳-۲۸) آماده‌سازی و نصب واحدهای پروژه [۳۹] ۶۶
تصویر(۳-۲۹) تصویر شماتیک از نحوه قرارگیری و نصب مدول‌ها [۳۹] ۶۷
تصویر(۳-۳۰) تراس واحدهای پروژه [۴۲] ۶۷
تصویر(۴-۱) نقشه شهر مشهد[۴۳] ۷۰
تصویر(۴-۲) نمودار گلباد ماهانه شهر مشهد خروجی نرم افزار ودرتول[۴۵] ۷۲

تصویر(۴-۳) جهت وزش باد به سایت (نگارنده)..... ۷۳
تصویر(۴-۴) کاربری‌های اطراف سایت (نگارنده)..... ۷۵
تصویر(۴-۵) جهت‌گیری نور در سایت (نگارنده)..... ۷۶
تصویر(۴-۶) شدت آلودگی‌های صوتی سایت (نگارنده)..... ۷۶
تصویر(۴-۷) دیدهای اطراف سایت (منبع: نگارنده)..... ۷۷
تصویر(۴-۸) دیدهای اطراف سایت (منبع: نگارنده)..... ۷۸
تصویر(۴-۹) دسترسی از معبر فرعی..... ۷۹
تصویر(۴-۱۰) دسترسی از معبر کم ترافیک..... ۷۹
تصویر(۴-۱۱) دسترسی در راستای کاربری‌های سازگار..... ۷۹
تصویر(۴-۱۲) دسترسی به سایت با توجه به ابعاد زمین (نگارنده)..... ۸۰
تصویر(۴-۱۳) بار ترافیکی اطراف سایت (نگارنده)..... ۸۰
تصویر(۴-۱۴) فضای نیمه خصوصی بین کلونی‌ها..... ۸۱
تصویر(۴-۱۵) سازماندهی خطی بین کلونی‌ها..... ۸۱
تصویر(۴-۱۶) جداسازی دسترسی پیاده و سواره..... ۸۱
تصویر(۴-۱۷) ایجاد فضای سبز عمومی..... ۸۲
تصویر(۴-۱۸) سازماندهی شعاعی با محوریت فضای سبز..... ۸۲
تصویر(۴-۱۹) لکه‌گذاری شماتیک..... ۸۲
تصویر(۴-۲۰) تصویر شماتیک از حمل مدول‌ها [۴۶]..... ۸۴
تصویر(۴-۲۱) برپایی مدول [۲۹]..... ۸۵
تصویر(۴-۲۲) نحوه‌ی شکل گیری پلان یک واحد مسکونی..... ۸۷
تصویر(۴-۲۳) نحوه‌ی شکل گیری بلوک‌ها و کلونی‌ها..... ۸۷
تصویر(۴-۲۴) لکه گذاری نهایی..... ۸۷
تصویر(۴-۲۵) مدول [۲۹]..... ۸۹
تصویر(۴-۲۶) مهاربندی جانبی [۲۹]..... ۸۹

تصویر(۴-۲۷) اتصال بین مدول‌ها [۲۷] ۸۹
تصویر(۴-۲۸) اتصال بالابر به مدول بدون سازه واسط[۲۷] ۹۰
تصویر(۴-۲۹) اتصال بالابر به مدول با قاب واسط[۲۷] ۹۰
تصویر(۴-۳۰) اتصال بالابر به مدول با تیر واسط[۲۷] ۹۰
تصویر(۴-۳۱) نمونه‌هایی از تاسیسات مدول‌ها ۹۲
تصویر(۴-۳۲) نمونه‌هایی از لوله کشی در مدول [۲۷] ۹۲
تصویر(۵-۱) تیپ پلان ۹۵
تصویر(۵-۲) تیپ پلان طبقات کلونیA ۹۷
تصویر(۵-۳) تیپ پلان طبقات کلونیB ۹۹
تصویر(۵-۴) تیپ پلان طبقات کلونیC ۱۰۱
تصویر(۵-۵) پلان همکف ۱۰۳
تصویر(۵-۶) نما و مقاطع پروژه ۱۰۷
تصویر(۵-۷) دید سه بعدی به پروژه ۱۰۷
تصویر(۵-۸) دید سه بعدی به پروژه ۱۰۷
تصویر(۵-۹) دید پرنده به پروژه ۱۰۸
تصویر(۵-۱۰) دید پرنده به پروژه ۱۰۸

فهرست جداول

جدول(۲-۱) معایب و محاسن مدولار و پیش‌ساختگی[۲۶] ۳۱
جدول(۲-۳) نمونه دوم، مقایسه هزینه و زمان در سیستم پیش ساخته مدولار با سیستم‌های رایج دیگر[۳۱] ۴۵
جدول(۲-۴) نمونه سوم، مقایسه هزینه و زمان در سیستم پیش ساخته مدولار با سیستم‌های رایج دیگر[۳۱] ۴۶
جدول(۲-۵) نمونه چهارم، مقایسه هزینه و زمان در سیستم پیش ساخته مدولار با سیستم‌های رایج دیگر [۳۱] ۴۷
جدول (۴-۱) برنامه فیزیکی (منبع: نگارنده) ۸۳

فصل اول

«مقدمه و کلیات»

۱-۱ سابقه ی موضوع:

با افزایش جمعیت بشریت،کمبود مسکن و بالا رفتن قیمت آن به یک معضل بزرگ بدل گشت؛ به گونه‌ای که بسیاری از مردم توانایی تامین آن را ندارند. دولت‌های مختلف راه‌حل‌های بسیاری را در این زمینه امتحان کرده‌اند که یکی از مفیدترین آن‌ها استفاده از صنعتی‌سازی، مدولاسیون و پیش‌ساختگی است. مدولاسیون و استفاده از اندازه‌های قاعده‌مند از زمان‌های بسیار دور در معابد یونانی، بناهای رومی و کاخ‌های پارسی حضور پر رنگی داشته است؛ همچنین استفاده از خشت و آجر نیز از نمونه‌های کاربرد مدول مصالح در تاریخ معماری جهان است. پیمون‌بندی و مدولاسیون یکی از اصول جدایی‌ناپذیر معماری ایرانی است. در بناها و خانه‌های ایران، تناسبات و مقیاس حرف اول را میزده و تمامی تناسبات از یک عدد تکراری پیروی می‌کرده که این عدد همان پیمون و عرض در بوده که به دو صورت پیمون کوچک و پیمون بزرگ وجود داشته است.

تاریخچه‌ی پیش ساختگی نیز به حدود ۲۰۰۰ سال پیش برمی‌گردد؛ زمانی که شاهان سریلانکایی به منظور ساخت برج و باروها از قطعات پیش‌ساخته‌ی چوبی عظیم بهره می‌بردند و با استفاده از تجهیزات خاص آن‌ها را برپا نموده و در محل نصب می‌کردند[۲]. در قرن نوزدهم نیز می‌توان به واردات تعداد کثیری از قطعات ساختمان‌های پیش‌ساخته به استرالیا از طریق کشتی‌های باربر بریتانیایی به عنوان یکی از عظیم‌ترین پروژه های پیش‌ساخته اشاره کرد. پس از جنگ‌های جهانی اول و دوم، دولت بریتانیا به دلیل نیاز شدید جنگ زدگان به سرپناه، هزاران مسکن موقت به منظور اسکان آن‌ها به صورت پیش‌ساخته فراهم نمود که به دلیل سبکی اجزای ساختمان و نصب سریع قطعات در سایت، هزینه‌های فونداسیون به مراتب کاهش یافت و موجب برپایی سریع منازل شد. با پیدایش انقلاب صنعتی و جایگزین شدن مصالح جدید به جای مصالح سنتی، زمینه برای ساخت و سازهای پیش‌ساخته بیش از پیش فراهم شد. نمایشگاه جهانی سال ۱۸۵۱ عرصه‌ی خود نمایی پیش‌ساختگی در صنعت ساختمان بود. یکی از ساختمان‌های مهم این نمایشگاه،

کریستال پالاس بود که اجزای متشکل آن از چُدن وشیشه به صورت مدولار و پیش‌ساخته در کارخانه تهیه شده و در محل نمایشگاه مونتاژ شدند، که به این ترتیب سرعت ساخت آن در نوع خود بی نظیر بود.

همان طور که در ابتدای مبحث اشاره شد، امروزه نیز بسیاری از کشورهای توسعه یافته راه حل مناسب برای مشکل کمبود مسکن و هزینه سرسام آور آن را در سری‌سازی و پیش‌ساختگی یافته‌اند؛ که همزمان سرعت و کیفیت بالا و هزینه‌ی پایین ساخت را نیز میسر می‌سازد. در همین راستا در دو دهه‌ی اخیر ساختمان هایی بسیار با کیفیت و کم هزینه در اروپا و آمریکا به روش پیش‌ساخته، ساخته شده است که در فصل های ۲ و ۳ به نمونه‌هایی از آن ها اشاره خواهیم کرد.

۱-۲ ضرورت انجام و اهداف تحقیق:

با توجه به رشد روز افزون جمعیت جوان کشور و همچنین تغییر الگوهای سکونت جامعه ایرانی به اسکان مستقل زوج‌های جدید، متعاقباً موضوع تهیه و تامین مسکن این قشر، چالش و دغدغه اصلی دولت‌ها و دست‌اندرکاران حوزه مسکن می باشد. از طرفی با کم ارزش شدن پول ملی کشور و بالا رفتن قیمت مصالح و نیروی کار، قیمت تمام شده‌ی مسکن نسبت به گذشته به مراتب بالا رفته که به موجب آن دسترسی به یک مسکن مناسب نه تنها برای قشر ضعیف، بلکه برای اقشار متوسط به بالای جامعه نیز به یک معضل اساسی تبدیل شده است.

در دهه ی اخیر دولت ایران برای برطرف کردن این مشکل، طرح مسکن مهر را مطرح کرد. در این طرح بیشتر کمیت مسکن مورد توجه قرار گرفت و برای صرفه جویی در هزینه‌ها، تلاش برآن شد که با قرار دادن محل پروژه‌ها در خارج از مناطق مسکونی شهری و به طبع آن ارزان تمام شدن قیمت زمین، به تعداد قابل توجهی مسکن اقتصادی و ارزان قیمت دست یابیم که متاسفانه به دلیل در نظر نگرفتن ابعاد کیفی مسکن، این طرح با شکست مواجه شد.

در این تحقیق قصد داریم تا ابتدا با شرح دادن تجربیات سایر کشور ها و اقدامات آن ها در مسیر برطرف کردن معضل کمبود مسکن و پیش‌برد صنعتی‌سازی در ساختمان به راه حلی مناسب دراین زمینه رسیده و با بررسی مزایا و معایب سری‌سازی و پیش‌ساختگی به چگونگی اثر بخشی این راهبردها در رسیدن به سرعت و کیفیت بالا و هزینه‌ی پایین در ساخت و ساز دست یابیم. سپس با بررسی شرایط کشور و اعمال چهارچوب‌هایی در جهت ساخت و ساز مدولار و پیش‌ساخته در ایران، به طراحی یک مجتمع مسکونی با کیفیت و ارزان قیمت نسبت نمونه‌ی مشابه، به عنوان پیشنهادی در جهت بهبود شرایط کشور بپردازیم.

۱-۳روش تحقیق

تحقیق پیش‌رو بر پایه منابع کتابخانه‌ای و گزارش‌های توصیفی در مرحله ابتدایی، تهیه عوامل و پارامترهای موثر بر فرایندهای مدولاسیون و پیش‌ساخته‌سازی را مورد بررسی قرارداده و در مرحله بعد به چگونگی اعمال اصول مطرح شده، در فرایند طراحی معماری مجموعه مسکونی با مشخصات مورد نظر و طراحی آن پرداخته است.

۱-۴ساختار کلی پایان نامه:

به طور کلی این پایان نامه شامل ۵ فصل می‌باشد که در فصل حاضر به بیان کلیاتی در ارتباط با موضوع پرداخته‌ایم. فصل دوم شامل ۳ گفتار است که در آن هر کدام از کلید واژه های پژوهش را به تفکیک مورد بررسی قرار داده و با بیان تاریخچه، مزایا و معایب و نحوه ی ارتباط آن ها با موضوع شرح داده شده و در پایان فصل، جمع بندی و نتایج حاصل از مطالب قرار گرفته است. فصل ۳ به بررسی و توضیحات مختصری در ارتباط با چهار نمونه موردی موفق در زمینه‌ی پیش‌ساختگی اختصاص دارد. در فصل چهارم به وضعیت جغرافیایی و اقلیمی شهر مشهد و تحلیل سایت پروژه پرداخته‌ایم و در ادامه‌ی آن معیارهای طراحی، برنامه‌ی فیزیکی، نحوه‌ی شکل‌گیری احجام، نوع سازه، نحوه‌ی اتصالات و تاسیسات پروژه را بیان نموده‌ایم. در انتها در فصل پنجم ابتدا مدارک طراحی و پس از آن چند تصویر سه بعدی از پروژه قرار داده شده است.

فصل دوم

«موضوع طرح »

گفتار اول؛

۲-۱- مروری بر مفاهیم مسکن

۲-۱-۱- مقدمه

از آنجا که مسکن دیگر غار زندگی انسان نبوده و از حد یک سرپناه اولیه خارج شده است، دارای ابعاد جدیدی گشته و در گذر زمان، عوامل زیادی را با خود همراه کرده است. از این رو امروزه به یکی از اولویت‌های اساسی در موضوع کیفیت‌بخشی به زندگی انسانی مطرح می‌باشد. این کیفیت وابسته به فرهنگ و نیاز هر جامعه‌ای متغیر است. این تنوع در فرهنگ و نیاز باعث شده در هر جامعه‌ای میزان اهمیت کمی و کیفی بودن مسکن، متفاوت باشد. از سال‌ها پیش نیاز به تغییر در رویه تعریف، طراحی و ساخت مسکن احساس شد، انسان به عنوان موجودی ارزشمند جلوه کرد و در پی آن تهیه مسکن متناسب با نیازهای مادی و روحی اهمیت پیدا کرد. از سوی دیگر، مسکن به عنوان مظروف انسان در بستر جامعه نیز مطرح گردید و عاملی برای برقراری پیوند بین انسان و محیط و خلق حس تعلق به مکان (هویت) و یکی از اهداف مهم اجتماعی به شمار آورده شد. مسکن چه در زندگی فردی و چه در زندگی اجتماعی، نقش و ارزش بسزایی دارد. لذا فراهم نمودن زمینه‌های دسترسی به مسکن مناسب، یکی از سیاست‌های اصلی دولت‌ها به شمار می‌رود.

۲-۱-۲- مسکن در واژه نامه‌ها

مسکن اسمی است بر پایه سکن که به معنای آرمیدن و ساکن شدن و آن‌چه به آن انس گیرند و آرامش پیدا کنند[۳]. در فرهنگ معین جایگاه و مکانی آرام کننده، محل نزول و فرود خوانده شده است[۴]. دهخدا آن را سکونت و جای باشش و نشست معنی کرده است[۵]. مفهوم عام را می‌توان سکونت یا بودن انسان در

زمین و محیط متناسب با آن برشمرد[۶]. سکونت از ریشه عربی "سکن" به معنی اصلی آرام و قرار گرفتن بعد از حرکت (اضطراب)، آرامش (باطن و خاطر) و انس آمده است[۷]. معادل مسکن در زبان انگلیسی واژه *house* است و در فرهنگ آکسفورد به معنای مکانی که افراد در آن زندگی می‌کنند و سرپناه آمده است[۸]. هایدگر آن را با کلمات مختلفی چون هستن، بودن در آرامش، سکنی، ماندن، اقامت گزیدن و ساختن برابر می‌دانست[۹].

۲-۱-۳- اهمیت مسکن در زندگی انسان

نیازهای بنیادین و درعین حال فیزیکی انسان به سه دسته تقسیم می‌شوند: نیازهای زیستی، نیازهای اقتصادی و نیازهای اجتماعی. باتوجه به موضوع مسکن و نیازهای اولیه، درمی‌یابیم که مسکن نقش ویژه‌ای در برآورده کردن هر کدام از این نیازها دارد.

۲-۱-۳-۱- زیستی

مسکن از ابتدای خلقت از اولین نیازهای انسانی بوده است. در ابتدا این نیاز به معنای سرپناه به خود عینیت بخشیده است و رفته رفته به تکامل خود چه در معنا و چه در کالبد پرداخته است؛ تا به آنجا که در درنیای کنونی که انسان با بسیاری از فشارها و استرس‌ها مواجه است، مسکن مناسب می‌تواند محلی برای آرامش و تجدید قوا، آرامش اعصاب و فکر در فرد باشد و از خستگی‌های فکری و جسمی کاسته و فرد را از جنبه روانی آماده فعالیت کند. هم‌چنین فقدان مسکن مناسب می‌تواند عامل ایجاد بحران و پیدایش افسردگی و اختلالات رفتاری، شخصیتی و همچنین کاهش مقاومت فرد در برابر مشکلات باشد.

۲-۱-۳-۲- اقتصادی

از آنجا که یکی از دغدغه‌های مهم زندگی امروز انسان‌ها مسائل مالی است و هم‌چنین میل او به آینده و تأمین آن است، در دنیای امروز مسکن علاوه بر "سرپناه" بودن، به عنوان یک پس انداز نیز مطرح است.

مسکن برخلاف بعضی کالاهای مصرفی، پس از تامین نیاز ضروری و اولیه، به صورت پس انداز تبدیل به سرمایه پنهان می‌شود.

۲-۱-۳-۳- اجتماعی

فراهم کردن شرایط مطلوب برای خانواده به منظور تحقق فعالیت‌های خانوادگی، مهمترین کارکرد مسکن پس از تامین سرپناه است؛ که ثبات و همبستگی خانواده را در پی خواهد داشت. عدم دسترسی به مسکن مناسب با افزایش میزان بزهکاری، طلاق، از هم گسیختگی اجتماعی و پیدایش نابهنجاری‌های اجتماعی نظیر خیابان خوابی، زاغه‌نشینی و معضلات حادتری مانند تکدی‌گری در ارتباط است.

۲-۱-۴- مسکن مناسب

در دومین اجلاس اسکان بشر (۱۹۹۶) که در استانبول برگزار شد، مسکن مناسب چنین تعریف گردید: "سرپناه مناسب تنها به معنای وجود یک سقف بالای سر شخص نیست؛ سرپناه مناسب یعنی آسایش مناسب، فضای مناسب، دسترسی فیزیکی و امنیت مناسب، امنیت مالکیت، پایداری و دوام سازه ای، روشنایی، تهویه و سیستم گرمایی مناسب، زیر ساخت‌های اولیه مناسب از قبیل: آبرسانی، بهداشت و آموزش، دفع زباله، کیفیت مناسب زیست محیطی، عوامل بهداشتی مناسب، مکان مناسب و قابل دسترس از نظر کار و تسهیلات اولیه، که همه این موارد با توجه به استطاعت مردم تامین می شود". مقوله مسکن و خانه آنقدر با انسان در آمیخته است که بسیاری از ویژگی‌های انسان در آن تجلی می‌یابد. مسکن هم در ذهن و هم در کالبد باید پدید آید تا نیاز انسان را به درستی پاسخ گوید؛ بدین معنی که علاوه بر مکان فیزیکی (کالبدی)، کلیه خدمات و تسهیلات ضروری مورد نیاز برای بهزیستن خانواده و طرح‌های اشتغال، آموزش و بهداشت افراد (معنایی) را باید به همراه داشته باشد؛ در واقع مسکن و خانه یک کل است. بنظر می‌رسد بهتر است حق تصرف نسبتاً طولانی و مطمئن برای استفاده کننده آن فراهم باشد. به هر حال زندگی انسان‌ها بدون مسکن یا با مسکن نامناسب، ناکافی و نامطلوب خواهد بود و عامل بسیاری از مشکلات فردی، خانوادگی و

اجتماعی خواهد شد. پس بایستی اهداف برنامه‌ریزی مسکن در چهارچوب ضوابط و استانداردهای تدوین شده معین شوند و برای حصول اهداف راهکارهای مناسب و روش‌های علمی اتخاذ شود؛ زیرا بد مسکنی و افزایش قیمت مسکن منجر به پیدایش مشکلات حاد اقتصادی – اجتماعی و فرهنگی می‌شود، لذا بررسی مسکن و قیمت آن از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است[۱۰].

۲-۱-۵- عوامل موثر در شکل گیری مسکن

تاریخ، جغرافیا و اقلیم منطقه از عواملی هستند که مسکن هرمکانی را تحت تاثیر مستقیم خود قرار می‌دهند. این عوامل حدود کلی مسکن را مشخص می‌نماید. از زیرشاخه‌های این عوامل، می‌توان به فرهنگ، هویت، اقتصاد، جامعه و سیاست اشاره کرد. هرکدام از این عوامل هم‌چون لایه‌ای بر یکدیگر افزوده می‌شود و تغییری را در کل منجر می‌شود. تحول و تکامل هر عاملی در طی گذشت زمان سبب این همه تنوع و گوناگونی در این حوزه شده است. از دیگر عواملی که تاثیر بسزایی در این حوزه دارد جمعیت انسانی است. در گذشته تعداد انسان‌ها و مسکن متعادل‌تر بود؛ لیکن، پیشرفت علم و افزایش سطح بهداشت عمومی، سبب کنترل مرگ ومیر شد. این افزایش تصاعدی جمعیت یکی از عوامل موثر در حوزه مسکن و ساخت ساز است. از طرف دیگر ظهورتکنولوژی در پرتو انقلاب صنعتی و تاکید بر اندیشه‌های اقتصادی و تکیه بر منابع انسانی، کار در جهت تولید انبوه بیش از پیش، خود را به سرمایه‌های اقتصادی و انسانی وابسته کرد و افزایش جمعیت و ارتقای کیفیت زندگی را نیز به همراه داشت. امروزه باتوجه به اولویت مسکن در زندگی انسان، تولید مسکن متناسب با نیاز جمعیتی و با هدف مدیریت زمانی و اقتصادی مدنظر است. مجتمع‌های مسکونی و آپارتمان‌ها، در پاسخ به این نیاز ظهور کرده‌اند. به نظر می‌رسد آنچه امروز به عنوان مسکن ساخته و عرضه می‌شود، برگرفته از نیازها و ارزش ساکنان خانه نیست. شرکت‌های ساختمانی، آپارتمان‌ها و مجتمع‌ها را طراحی می‌کنند، می‌سازند و می‌فروشند،درحالی که از مخاطب، فرهنگ و نیازهای آن اطلاعی ندارند و صرفا

از روی یک نقشه تیپیکال پروژه را اجرا می‌کنند؛ حتی در خانه‌هایی که شرکت‌های مهندسی طراحی آن را برعهده دارند، ضعف عدم توجه به مخاطب وجود دارد.

۲-۱-۶- اهداف کلی مسکن

هدف کلی در طراحی و ساخت یک مسکن، تأمین همه نیازهای فیزیکی و ذهنی انسان است؛ که به فراخور آن به صورت هدف هایی متفاوتی تعریف می‌شوند؛ لیکن همه آن‌ها در یک راستا و برای پیش‌برد هدف کلی حرکت می‌کنند. این اهداف در طرح‌های جامع مسکن به شرح زیر است[۱۱]:

- هدف‌های کمی: این دسته هدفها به کمیت و شمار واحدهای مسکونی مورد نیاز که باید در دوره‌ای از برنامه‌ریزی ساخته شود تاکید دارند. اینگونه هدف‌ها کمیت نیازها و کمبودها را نشان می‌دهد.
- هدف‌های کیفی: کیفیت مسکن از درجه اهمیت خاصی برخوردار است. بهبود کیفیت موجود مسکن، به ویژه کنترل آن در جهت بهتر شدن، جای خاصی در هدفهای کلی مسکن دارد.
- هدف اصلاح و بهبود تاسیسات اجتماعی: با گسترش شهرها و لزوم ایجاد مجتمع های بزرگ مسکونی، ضرورت پیش‌بینی تاسیسات آموزشی و بهداشتی و دیگر مراکز خدماتی ابعاد تازه‌تری می‌یابد. مجموع این نیازها و تدابیر تامین آن‌ها، در هدف‌های مهم مسکن منعکس می‌گردد.
- هدف‌های فیزیکی- زیربنایی: پیش‌بینی تاسیسات اولیه مانند منابع آب، فاضلاب و سیستم‌های حمل ونقل نیز از هدف‌های کلی مجتمع های زیستی به حساب می‌آید. امروزه پیش‌بینی تاسیسات زیربنایی در اکثر کشورها مورد توجه قرار گرفته است.
- هدف اصلاح محیط زیست: هدف‌های کلی در این زمینه، سالم سازی محیط زیست، فضاهای باز و کاهش آلودگی‌ها را شامل می‌شود.

۲-۱-۷- مشکلات مسکن

افزایش تولد و کاهش مرگ و میر، ظهور تکنولوژی و صنعت که باعث کوچ مردم از روستاها به شهر شده است، کاهش تعداد خانوار در یک مسکن، طلاق، افزایش سطح درخواست کیفیت مسکن و نبود برنامه‌ریزی و مدیریت جامع و کارآمد، موجب پدید آمدن مشکلات فراوانی در این زمینه شده است. به طبع این مسائل در کشورهای درحال توسعه و بخصوص مراکز شهری باعث مشکلات حادتری می‌شود. برای توضیح بهتر این موانع، آن‌ها را می‌توان تقسیم‌بندی کرد.

۲-۱-۷-۱- مشکلات عام

گوناگونی عوامل موثر در مسکن، سبب تنوع و پیچیدگی در مشکلات این حوزه نیز شده است. روشن نبودن اهداف، عدم انعطاف‌پذیری لازم در برنامه‌ها، متناسب نبودن سیاست‌ها و بسیاری دلایل دیگر در ساختار اقتصادی و اجتماعی حاکم بر جامعه، سبب ایجاد مشکلات پیچیده‌ای در بخش مسکن شده است، که عبارتنداز[۱۲]:

- محدودیت منابع مالی دولتها در تامین مسکن برای گروه‌های کم درآمد
- تعارض و ناهماهنگی بین برنامه‌ریزی مسکن و برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای
- مقطعی بودن برنامه‌های مسکن و عدم وجود یک برنامه‌ریزی جامع مسکن با توجه به برنامه‌های کلان توسعه
- رشد سریع جمعیت و افزایش شهرنشینی
- فقدان استانداردهای مشخص ساختمانی برای طراحی، تولید و اجرا
- مغایرت استانداردهای موجود با توان مالی و خصوصیات فرهنگی و اجتماعی مردم
- نارسایی مقررات و آیین نامه‌های مربوط به مسکن و ساختمان و عدم کارایی سیستم‌های پشتیبانی
- سهم ناچیز مسکن استیجاری در عرضه کل مسکن

- تفاوت زیاد بین نیازمندان واقعی مسکن و متقاضیان موثر آن

۲-۱-۷-۲- مشکلات خاص

ناهماهنگی بین عوامل مرتبط با موضوع مسکن، باعث ایجاد مشکلاتی در این زمینه خواهد شد. ازجمله این عوامل عبارتند از[۱۲]:

زمین: کمبود زمین برای ایجاد واحدهای مسکونی جدید باعث تصرف زمین های کشاورزی یا ساخت و ساز در مناطقی که در معرض خطرات طبیعی هستند، شده است.

مصـالح ساختمانی: کمبود مصالح ساختمانی و عدم وجود استانداردهای لازم در ارتباط با تولید مصالح ساختمـانی.

نیروی انسانی: کمبود و توزیع نامتناسب نیروهای متخصص و نیمه متخصص در امر مسکن.

مدیریت و اجرا: ناهماهنگی بین سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با مسکن، ضعف بنیه مالی و فنی شهرداری‌ها، نظـام غیر مدون ساختمانی، معماری، شهرسازی و تاسیساتی، فقدان ضوابط و استانداردها و چارچوب‌هـــای مطالعاتی اولیه که در قاب آنها طرح‌ها ریخته شده و باید با خصوصیات محلی همـاهنگ شوند.

۲-۱-۸- مشکل کمبود مسکن مناسب و راه های مقابله با آن

پیشتر مشکلات مسکن را برشمردیم، اکنون به بررسی کمبود مسکن مناسب و تاثیر آن بر فرد و جامعه و راه‌های پیشگیری و کنترل آن خواهیم پرداخت. هنگامی که فرد در یک مسکن نامناسب بسرمی‌برد، زندگی روزانه و فردی‌اش کیفیتی نخواهد داشت. این خانه صرفا نیازهای فیزیکی او را برآورده کرده و پاسخی برای نیازهای ذهنی او نداشته و حس تعلق در آن شکل نمی‌گیرد. ازین رو زندگی کردن در ظرفی که مناسب مظروف نیست، باعث ایجاد مشکلات روحی و اخلاقی می‌شود. در درجه بعد، این فرد می‌بایست در ارتباط با خانواده باشد. هنگامی که شخص روحیه مناسبی ندارد، ارتباط عاطفی نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد و

درنتیجه به روابط عاطفی و خانوادگی نیز آسیب می‌زند. در این روابط نابسامان حضور فرد در اجتماع نیز خالی از مشکل نیست. او نمی‌تواند براحتی ارتباط برقرار کند، احساس افسردگی و خشم می‌کند. این روند شامل همه جامعه می‌شود. ازین رو یکی از عوامل مهم در سلامت جامعه، مسکن مناسب است. حال، برای یافتن راه‌هایی برای حل این مشکل، نگاهی به جوامع پیشرفته خواهیم داشت؛ زیرا که آنان این مشکلات را در هنگام افزایش ناگهانی جمعیت، انقلاب صنعتی، جنگ‌های جهانی و ... داشته‌اند. در بررسی این کشورها متوجه می‌شویم که آنان با استفاده از روش‌های صنعتی و تولید انبوه برای اجرای ساختمان، توانسته‌اند پاسخگوی این نیاز باشند. طبق آمار منتشره، کشورهای روسیه، سوئد، آلمان، انگلیس، فرانسه و سوئیس بین ۲۰ تا ۸۰ درصد از مساکن مورد نیاز خود را با استفاده از روش های صنعتی بنا نموده‌اند. تولید فراوان و مداوم محصول، استفاده بهینه ازمصالح و منابع، سرعت بخشیدن به تولید در واحد زمان ، حذف شرایط و عوامل اتلاف زمان و تامین فضا و شرایط کاری مناسب برای تولید را می‌توان از مهم‌ترین و اساسی‌ترین مزایای استفاده ازچنین روشی دانست. بهرحال بکارگیری تولید صنعتی ساختمان در هر جامعه‌ای نیازمند بررسی و توجه به شرایط خاص فنی، اجرایی و اقتصادی آن جامعه و یا آن کشور می‌باشد. در بسیاری کشورها بدلیل عدم وجود امکانات صنعتی لازم، سهولت استفاده برای عموم و عدم نیاز به امکانات و تجهیزات پیچیده، مناسب‌تر است. کاهش وزن اجزای ساختمان، استفاده از مصالح سبک و یا به کارگیری مصالح محلی در بسیاری کشورها بعنوان راه حل‌های موفق و موثر که سبب افزایش سرعت ساخت و کاهش اجرای هزینه‌ی ساختمان‌ها گردیده‌اند، مطرح است.

۲-۱-۹- ضرورت نیاز به مسکن ارزان قیمت

دانستیم که مسکن از اولویت‌های زندگی انسانی بود؛ همچنین به نقش مهم آن در زندگی فردی و اجتماعی انسان اشاره کردیم و مشکلات مسکن نامناسب را شرح دادیم. امروزه، درشهرهای بزرگ و با جمعیت زیاد، شاهد زندگی بخش قابل توجهی از جمعیت شهری در حومه شهرها و رواج پدیده زاغه‌نشینی هستیم. این

افراد در مسکن نامناسب زندگی می‌کنند و در معرض آسیب‌های زیادی قرار دارند. برای مثال در این مناطق میزان تحصیلات، کاهش و ازدواج زودهنگام، طلاق، استفاده از مواد مخدر، بزهکاری و ... افزایش می‌یابد و از شکوفایی فرد جلوگیری به عمل می‌آورد؛ درنتیجه میزان نابهنجاری و جرم افزایش یافته و این مناطق از لحاظ امنیت دچار بحران می‌شود. ازین رو کارشناسان برای حل این مشکل در جهت تامین مسکن انبوه با کیفیت بالا و هزینه کم، سیاست‌هایی اتخاذ نمودند. از اینجا بود که بلندمرتبه‌سازی، تولید انبوه، استفاده بهینه از زمین و ... پا به عرصه‌ی معماری و شهرسازی گذاشتند. در کشور ما، در بسیاری از شهرها شاهد زندگی ساکنین در مسکن نامناسب هستیم. خانوارهای شهری در سطح‌بنایی کمتر از استاندارد و با مصالح نیمه بادوام و کم‌دوام زندگی می‌کنند. هم‌چنین بسیاری از خانه‌های روستایی نیز از مصالح بی‌دوام ساخته شده و نیاز به تعمیر اساسی دارند. دست‌اندرکاران حوزه معماری و شهرسازی، مسکن حداقل، مسکن کارگری، مسکن مهر و تاسیس شهرهای جدید در کنار کلان شهرها را برای حل این مشکل بکارگرفته‌اند. لیکن باتوجه به حجم انبوه نیاز به مسکن، از هدف عمده در برنامه‌ریزی مسکن که تامین خانه‌ای مناسب در بافت مناسب برای پاسخگویی به نیازهای اجتماعی،که از ارزش‌ها و کرامت‌های انسانی است [۱۳]، غافل مانده‌اند. به عبارتی روشن‌تر تنها برنامه‌ریزی که ناظر بر مسائل چونی و چندی قضیه باشد، قادر خواهد بود که عدم تعادل بین عرضه و تقاضای مسکن را با به کارگیری سنجه‌ای دقیق به نفع توازن در این امر برهم زند. لازمه این امر شناسایی اقشار کم درآمد و نیازهای آنها و نیز بررسی سیاست‌ها و قوانین اتخاذ شده جهت تامین مسکن این گروه است [۱۴]. برای تحقق این برنامه، اولین قدم افزایش سطح توان تولیدی کشور است. عدم تعادل در سطح تولید شده سبب نابرابری عرضه و تقاضا می‌شود. یکی از راه‌های افزایش سطح تولید، صنعتی سازی است.

۲-۱-۱۰- نگاه به صنعتی سازی ساختمان و مسکن

استفاده از مواد و مصالح و شیوه ساخت سنتی و عدم استفاده از تکنولوژی روز، سرعت تولید و کیفیت آن را بسیار پایین آورده است. صنعتی سازی که به معنای مدول سازی، پیش‌ساخته سازی و مونتاژ است، برای افزایش راندمان و سرعت تولید، افزایش کیفیت و دقت کار، هم‌چنین کنترل کیفیت مصالح و قطعات، استانداردسازی و ... پدید آمده است. ازین رو در کشور ما، برای تعادل میان عرضه و تقاضا و جبران کاستی‌های گذشته، باید دید به تکنولوژی و استفاده از آن تغییر کند و صنعتی سازی به عنوان اولویت در ساخت و ساز قرار گیرد.

۲-۱-۱۱- مسکن صنعتی

مسکن، حاصل طرح معماری، مصالح و اجرای آن است. در مسکن صنعتی نیز تمام این فرآیند با اصول صنعتی سازی پیش می‌رود. در طراحی صنعتی نیازمند توجه به ابعاد و اندازه‌های استاندارد، ساختارمندی طرح، دقت بالا در طراحی و انعطاف‌پذیری هستیم. در بحث مواد و مصالح صنعتی، تولید مصالح باید به شیوه مدرن، که با اندازه‌گیری دقیق نسبت مواد به یکدیگر، کنترل دقیق کیفیت و عمر مصالح و هم‌چنین تعمیر، نگهداری و جایگزینی آن و تولید اجزای پیش‌ساخته همراه است، انجام گیرد. هنگامی که طرح و تولید مصالح استاندارد برمبنای یک مدول خاص باشد، اجرای این مسکن نیز باکیفیت خواهد بود و سرعت بیشتری نسبت به مسکن سنتی خواهد داشت. از سوی دیگر در نیروی انسانی کار نیز صرفه‌جویی خواهد شد. هم‌چنین اجرای اجزای پیش‌ساخته به سهولت انجام می‌گیرد، زیرا که این اجزا در کارخانه ساخته شده‌اند و تنها نیاز است که در سایت پروژه مونتاژ گردند. برای داشتن یک مسکن صنعتی، نیاز به هماهنگی و انعطاف‌پذیری هر سه عامل است. مدولاسیون و پیش‌ساخته سازی و مونتاژ از مهم‌ترین عوامل مسکن صنعتی به شمار می‌آیند که در گام بعدی به شرح آن‌ها خواهیم پرداخت.

گفتار دوم؛

۲-۲- مدول و مسکن مدولار

۲-۲-۱- مقدمه

برای پاسخگویی به نیاز انبوه مسکن، باید بین صنعت و معماری، هماهنگی وجود داشته باشد. این عنصر نظم دهنده به طراحی و مصالح و قطعات ساختمانی، مدول است. در واقع مدول اندازه‌ای است که برحسب آن، تمام ساخت‌وساز صورت می‌گیرد. ابعاد و اندازه مسکن، جزئیات فواصل مابین اجزای آن و اندازه قطعات خط تولید کارخانه، برمبنای آن طراحی و اجرا می‌گردند. با پیدایش مدول در ساخت‌و ساز، ارتباط بین صنعت و معماری ساختارمند شده وموجب افزایش دقت و کیفیت ساخت گردیده است. یک مسکن مدولار علاوه بر سهولت در طراحی و ساخت قطعات، موجب تسریع در مونتاژ اجزا می‌شود. وجود یک عدد پایه در مسکن بر انعطاف‌پذیری آن می‌افزاید و در نتیجه موجب رضایت‌مندی مخاطب می شود.

۲-۲-۲- مدول (پیمون)

پیمون، یک اندازه طولی است که به صورت یک سری ارقام نمایان می‌شود و یک سیستم اندازه‌گیری پیمونی را تشکیل می‌دهد [۱۵]. در واقع مدول، طول واحد مشترکی بین ابعاد قطعات است و ابعاد قطعات مختلف را از ضرب کردن در آن طول واحد مشترک بدست می‌آورند. این عدد پایه می‌تواند در هر زمان از تاریخ و در هر کجا متفاوت باشد؛ لیکن امروزه باتوجه به ارتباطات بین‌المللی از مدول در سیستم مقیاس بین‌المللی استفاده می‌شود. هدف از خلق مدول، هماهنگی بین ابعاد قطعات تولیدی بوده است. M سری‌های پیمونی (M, 3M, 5M, 6M و ...) به دلیل داشتن امتیازات زیر، نقش مهمی در صنایع دارند [۱۶]:

- امکان قطع بدون افت بعضی محصولات اولیه (مانند ورق آهن)

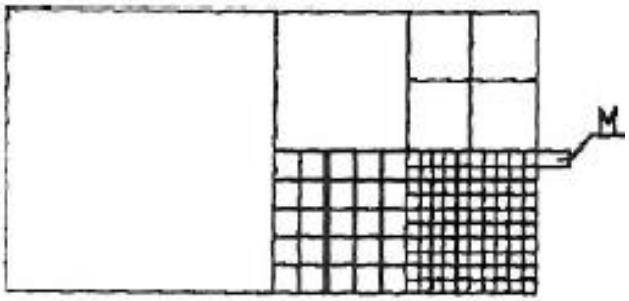
- امکان تغذیه ماشین آلات تولیدی، با مصالحی که اندازه دقیقی دارند.

۲-۲-۳- طراحی مدولار

طراحی مدولار؛ یعنی پیمونی کردن ساختمان‌ها و ایجاد هماهنگی در ابعاد ساختمان. هماهنگی ابعاد عبارتست از تنظیم ابعاد در ساختمان به منظور تقلیل تنوع عددی و بعدی قطعات ساختمان و امکان قرار گرفتن آن‌ها در کنار یکدیگر بدون اینکه نیازی به اندازه درآوردن در محل کارگاه باشد [۱۷]. همچنین در طراحی مدولار، فناوری تولید اجزا و ترکیبات نیز متشابه هستند. واضح است که برای هماهنگی ابعاد قطعات، هریک باید مضربی از یک عدد ثابت باشند؛ بدین معنی که یک عدد پایه بعنوان استاندارد (Module Basic) وجود دارد که تمامی اندازه‌های دیگر مضربی از آن هستند. برای مشخص کردن این عدد پایه، شاخص‌های زیادی را از جمله: تطبیق با سیستم مقیاس بین‌المللی، متناسب با طراحی، اندازه کلی، هماهنگی تمام اندازه‌ها، زیبایی شناسی، شرایط اقلیمی، اندازه مصالح بومی و ... مدنظر قرار می‌دهند. الزامات تعیین مدول پایه (M) به شرح زیر است [۱۵]:

- اندازه مدول پایه باید به حد کافی بزرگ باشد تا بتوان ارتباط دلخواه و موردنظر را بین اجزای مدول به وجود آورد. اگر ارتباط بین اجزای متشکل ساختمان و فضاهای مدول بندی شده صحیح انتخاب شود، طراحی و هماهنگی اجزا و فضاها با صرفه جویی بیشتر همراه خواهد بود.
- اندازه مدول پایه باید تا آن حد کوچک باشد که مضارب آن پاسخگوی اندازه‌های موردنیاز باشند و همچنین بتوان مضارب گسترده‌ای از آن را به گونه‌ای به وجود آورد که جوابگوی نیازهای تولید اجزای متشکل ساختمان که از طریق صنعتی ساخته می‌شوند،بوده و نیز در ساخت فضاهای مدول شده و ایجاد تنوع در طرح‌ها مؤثر باشد، به نحوی که بتوان مناسب‌ترین ارتباط را بین این اجزا برقرار کرد.
- برای ایجاد سهولت در بهره‌گیری از عناصر مدول شده، مضارب آنها باید همیشه اعداد صحیح ارائه کنند، این عمل باعث کاربرد و عملکرد ساده‌تر نظام مدول شده در طراحی می‌گردد.

- در انتخاب مدول پایه بایستی به مدول‌های انتخاب شده توسط کشورهای دیگر بویژه کشورهای صنعتی که محصولات آنها در بازارهای دیگر کشورها عرضه می‌گردد، توجه داشت. خارج از این ملاحظات می‌توان مدول پایه مستقل و یا متناقض با تولیدات صنعتی جهان را ارائه داد.



تصویر(۲-۱) شبکه های مدول پایه و مضارب گوناگون آن [۱۶]

استفاده از یک سیستم مدولار، باعث هماهنگی در ابعاد ساختمان‌سازی می‌شود. از جمله دیگر مزایای استفاده از آن می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- صرفه جویی در استفاده از نیروی کار در اجرای ساختمان
- ایجاد همکاری مؤثر بین طراحان ساختمان، پیمانکاران، خریداران و سرمایه گذاران
- کاهش زمان ساخت
- ساده کردن مساله طرح و اجرا
- امکان طرح و تولید قطعات ساختمان با ابعاد و مشخصاتی که بتوان آنها را در ساختمان‌های مختلف (در سیستم باز) به کار برد.
- امکان تولید اقتصادی قطعات ساختمانی در تولید انبوه
- کاهش تنوع در تولید قطعات پیش‌ساخته ساختمانی
- بالا بردن کیفیت تولید به دلیل امکان کنترل ساخت در کارخانه
- به وجود آمدن امکان ترکیب و تطبیق و تعویض قطعات ساختمان
- امکان استفاده بیشتر از کامپیوتر در طرح و محاسبات فنی ساختمان

۲-۲-۴- انواع مختلف پیمون

پیمون پایه ۱۰ سانتی‌متری که کمیسیون اقتصادی اروپا آن را تعیین کرده است، رقم اول سری مدولار را تشکیل می‌دهد و هر سیستم مدولار، شامل تعدادی از ارقام این سری است. برای تعیین این ارقام، باید ضوابط گوناگون ناشی از مصالح مصرفی و روند عمل آوردن آن‌ها، روش‌های تولید و ویژگی‌های ساختمان را مشخص کرد. این ضوابط ارقامی تعیین می‌کند که همان مدول (پیمون) است[۱۸].

انواع پیمون برحسب عملکرد آنها به انواع زیر تقسیم می‌شوند [۱۶]:

۲-۲-۴-۱- مدول مصالح: این نوع پیمون، تأثیر مصالح انتخاب شده برای اجرای طرح را منعکس می‌کند. برای مثال، ابعاد یک ستون فولادی، اندازه‌های یک صفحه ایرانیت و ابعاد یک صفحه پیش ساخته بتنی، تفاوت‌های بسیاری با هم دارند: ابعاد مقطع یک ستون فولادی در حدود ۱۰ × ۱۰ تا ۲۰ ×۲۰ سانتی متر (۱ □ ۱ □) می‌باشد؛ در حالی که ابعاد یک ورق ایرانیت در سیستم استانداردهای اروپایی در حدود ۲,۴۰ × ۱,۲۰ (۲۴ □ ۱۲ □) می‌باشد. یک صفحه بتن مسلح به طور عادی به اندازه‌هایی حدود ۳ الی۴,۵ متر در۲,۴ متر یعنی (۳۰ M to 45 M x ۲۴ M) ریخته می‌شود. بنابراین، ارقام پیمونی طرح باید با در نظر گرفتن مناسب‌ترین ابعاد مصالح مصرفی، انتخاب شود.

۲-۲-۴-۲- مدول تولید: این نوع پیمون، با ضروریات ناشی از فرایند تولید یک عنصر ساختمانی مرتبط است. برای مثال، پرس‌های تولیدکننده پروفیل‌های آلومینیوم، فرآورده‌هایی عرضه می‌کنند که در دو بعد، دارای اندازه‌های بسیار کوچک و در بعد سوم دارای طول بالقوه نامحدودی هستند. از طرف دیگر، دستگاه‌های تولید کننده قطعات پیش‌ساخته می‌توانند عناصری تولید کنند که طول آنها به ۴ متر برسد. این محدودیت‌های اندازه‌ها، باید هنگام تعیین پیمون در نظر گرفته شود یا به عبارت دیگر، پیمون تولید باید جزء سیستم ارقام پیمونی قرار بگیرد.

۲-۲-۴-۳- مدول حمل و نقل و نصب: این نوع پیمون، شرایط حمل و نقل و نصب قطعات را منعکس می‌کند. عرض و مقطع معابر و همچنین وزن قطعات برای ابعاد آنها محدودیت هایی ایجاد می‌کند.

۲-۲-۴-۴- مدول تجهیزات بهداشتی: این نوع پیمون به نوع تجهیزات بهداشتی و محل نصب آنها بستگی دارد. هر سیستم مطالعه شده و پیشرفته تأسیسات بهداشتی، باید شامل عناصر بهداشتی خاص بوده و دربرگیرنده لوله‌ها، کانال‌ها و دستگاه‌ها و پوشش‌های عایق باشد. شناخت ویژگی‌ها و ابعاد لوله‌ها و کانال‌ها و دستگاه‌ها، عامل تعیین مناسب‌ترین اندازه هاست که رقم پیمون بهداشتی آن را تثبیت می‌کند.

۲-۲-۴-۵- مدول تأسیسات: به همین ترتیب، تجهیزات متصل به ساختمان، از قبیل قفسه‌های کتاب، گنجه‌ها، صفحات درهای کشویی و تاشو، پیمون اینگونه تجهیزات را تعیین می‌کنند که این پیمون هم باید مشمول سیستم کلی پیمونی شود.

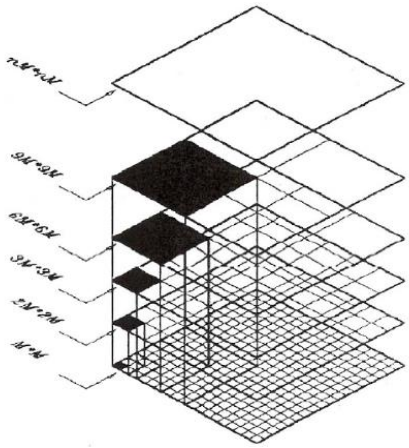
نکته‌ای که باید بدان اشاره کرد این است که در ساخت و ساز، مدول‌های یک ساختمان می‌توانند با یکدیگر متفاوت باشند، لیکن در عددی واحد مشترک‌اند. برای مثال:

مدول پایه = □۱، مدول طرح = □۶، مدول سازه = □۳۶ یا □۲۴، مدول تجهیزات بهداشتی = □۱۲. روشن است که تمام این ارقام، مضربی از مدول پایه □□۱۰ = □۱ می‌باشد که مدول طرح، نشان دهنده کم‌ترین فاصله است.

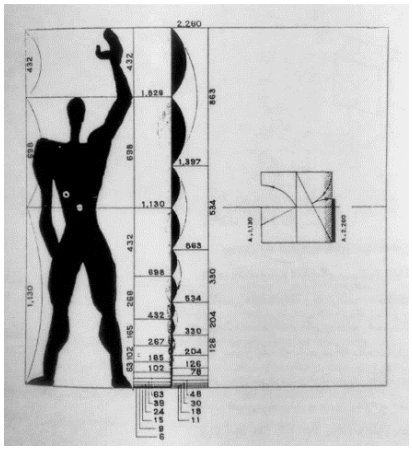
علاوه بر مدول‌هایی که اشاره شد، مدولهای دیگری نیز وجود دارند که در ساخت و سازهای وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند و می‌توان برحسب نوع ساختمان و سیستم طرح، آن‌ها را افزایش داد. به این دسته، مدول‌های فرعی یا ثانوی گفته می‌شود. برای مثال می‌توان برای سیستم سازه، روشنایی، آبیاری، سرمایش و ... پیمون‌های جدیدی را تعریف کرد که بر پایه مدول پایه است. پس از تعریف همه پیمون‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها به مدول طراحی دست می‌یابیم. این مدول در هر نوع کاربری ساختمانی متفاوت است. استفاده

از مدول طراحی منجر به سهولت در طراحی و اجرا و همچنین نظم و هماهنگی بین اجزا و ریتم ساختمان می‌شود.

برای مثال، لوکوربوزیه مدولی به نام Modulor (مُدولُر) اختراع کرد که اندازه‌های این سری مدول، متناسب با بدن انسان است.



تصویر (۲-۲) انطباق شبکه‌های مدولار با شبکه مدول پایه و با یکدیگر[۱۶]



تصویر(۲-۳) سیستم مدولر لوکربوزیه[۱۶]

۲-۲-۵- پیشینه مدول در معماری

استفاده از اندازه‌های تکراری و قاعده‌مندی ابعاد، از گذشته در معماری حضور داشته است. برای مثال می‌توان از تناسب ابعاد اهرام مصر، عبادتگاه‌های یونانی، معابد رومی، کاخ‌ها و مقابر پارسی و همه ساختمان‌های نمادین عصرهای تاریخی نام برد. این نظم در اندازه، علاوه بر ابعاد فضایی در مصالح نیز دیده می‌شود. خشت و آجر از نمونه‌های آن است. همچنین بین فاصله این عناصر نیز رابطه‌ای مشخص وجود داشت. مانند فاصله محورهای ستون‌ها در معابد و کاخ‌ها. لیکن مدولاسیون ساختمان‌ها به مفهوم امروزی و صنعتی، از اواخر قرن نوزدهم در اروپا شروع شد. انقلاب صنعتی، رشد علم و فناوری، ساخت مصالح جدید ساختمانی، با دوام و ماندگاری بیشتر مانند فولاد و بتن مسلح و جایگزین کردن آن‌ها با مصالح گذشته، در هنگامی که جنگ

جهانی پایان یافته بود و شهرها ویران و مردم بی‌سرپناه شده بودند، باعث گردش چرخ ساخت و ساز در اروپا شد. نیاز انبوه به مسکن و کمبود نیروی کار متخصص، سبب شد تولید کارخانه‌ها افزایش یابد. تولید قطعات استاندارد و هم‌اندازه، زمان را بسیار کاهش داد. متخصصان با استفاده از ابعاد و اندازه‌های انسان، طول واحد مشترکی را به نام مدول بدست آوردند و پس از آن در کارخانه‌ها تولید سرعت گرفت و خط تولید به راه افتاد. خط تولید، قطعات موردنیاز در ساخت را که همه دارای ابعاد مشخص و همسانی بودند، به سرعت و بادقت و کیفیت بالا تولید می‌کرد. از این رو مدول صنعت ساخت را دچار تحولی اساسی کرد. پس از مدولازیسیون قطعات، پیش‌ساخته سازی وارد حیطه معماری شد.

۲-۲-۶- پیشینه مدول در معماری ایران

در کشور ما نیز، ازگذشته‌های دور این تناسب بین اندازه‌های ساختمان همواره وجود داشته است. معماری سنتی، همیشه بر پایه هندسه بوده و استفاده از آن، باعث تناسب و بهینه کردن فرآیند ساخت، هم در طراحی و هم در اجرا، می‌شده است. تناسب در اندازه‌ی خانه‌های اورارتویی، کاخ تخت جمشید و... از نمونه‌های بی‌نظیر تناسب در معماری به شمار می‌روند. مساجد ساخته شده در معماری ایران نیز مانند مسجد جامع اصفهان، مسجد عتیق و ... بر پایه تناسبات در ابعاد و مابین اجزا ساخته شده‌اند. از این رو معماری ایرانی همواره دارای نظم و هماهنگی بوده است. در خانه‌های ایرانی گز و پیمون این روابط و تناسبات را مشخص می‌کردند که هدف استفاده از آن‌ها برای بدست آوردن اندازه‌ها و کنترل آن‌ها بوده است. در ساخت خانه ایرانی، مدول به گونه‌ای دیگر به نام پیمون ظاهر شده است. بطوریکه خانه‌های ایرانی دارای تناسب و مقیاس بوده و از یک عدد تکراری پیروی می‌کردند. در حقیقت پیمون، عرض در است که به دو صورت کوچک و بزرگ تقسیم می‌شود [۱۹]:

- پیمون کوچک: به طول چهارده گره و معادل نود و سه سانتیمتر است.
- پیمون بزرگ: به طول هجده گره و معادل یکصد و بیست سانتیمتر است.

معمار برای تعیین ابعاد بنای موردنظرش اصطلاحات و ضوابطی را رعایت می‌کرد که اساس خانه‌های ایران را تشکیل می‌دهد [۱۹]:

- یورت‌ها: یک دری (مردگرد و راهرو)
- دو دری (اتاق کوچک)
- سه دری (اتاق)
- پنج دری (اتاق بزرگ، تالار، طنبی و ...)

این سیستم، در زمان گذشته به عنوان سیستم هماهنگ کننده اندازه‌ها و ابعاد در همه کارها اعم از ساختمانی، عمرانی و ... شناخته و مورد استفاده همگان قرار می‌گرفت.

تصویر(۲-۴) خانه مرتاض (دانشکده هنر و معماری)، یزد [۱۹]

تصویر (۲-۵) خانه لاری‌ها، یزد [۱۹]

نکته‌ای که نیاز است به آن اشاره شود این است که، دو نظام مدول (استفاده در غرب)و پیمون (استفاده در کشور) در معماری با یکدیگر بسیار متفاوتند چرا که مدول، یک الگوی ریاضی بر مبنای رشته‌ای عددی و خطی است در حالی که پیمون جوابگوی نیازهای طراحی و ساخت بصورت عددی و هندسی (خط و سطح و حجم) است.

۲-۲-۷- طراحی مدولار در معماری امروز ایران

معماری امروز شهرهای ما، نتیجه عدم پیروی از معماری سنتی است. هرآنچه که ما به عنوان میراث فرهنگی در حیطه معماری حفظ و به آن افتخار می‌کنیم، ثمره خرد و کل‌نگری آنان بوده است. آنان می‌دانستند چگونه اصول زیبایی‌شناسی و سهولت ساخت و کاهش زمان را یکجا پیاده سازی نمایند. بنظر می‌رسد یکی از ارکان موفقیت آنان استفاده از پیمون بوده است. باتوجه به جهانی شدن ارتباطات، می‌توان پیمون را منطبق با سیستم‌های اندازه‌گیری بین‌المللی و ساختار و ابعاد انسانی تعریف کرد. لیکن، معماری امروز ایران، نشان‌دهنده هرج و مرج و ناهماهنگی در تمام لایه‌های ساخت‌وساز است. طراحی مدولار کمک قابل توجهی به مدیریت و مهار بحران مسکن می‌نماید [۲۰]. استفاده از مدول در طراحی و ساخت قطعات منجر به پیش‌ساختگی در ساختمان‌سازی می‌شود. این قطعات می‌توانند به اجرای سریع و باکیفیت ساختمان کمک بسزایی کنند. همچنین برای استفاده از این روش ساخت، علاوه بر معیارهای جهانی باید شرایط اقلیمی و فرهنگی نیز لحاظ شود.

۲-۲-۸- بررسی تغییرات هزینه های ساخت با طراحی مدولار

- کاهش دستمزد کارگران ساختمانی: با ماشینی شدن تولید قطعات، نیاز به نیروی انسانی کاهش یافت که منجر به کاهش دستمزد کارگران ساختمانی شد.
- کاهش هزینه مصالح: طراحی مدولار سبب کاهش پرت مواد و مصالح ساختمان و کاهش هزینه کلی آن شد.
- کاهش هزینه انرژی: کاهش زمان ساخت و افزایش کیفیت مصالح و اجرا سبب کاهش هزینه‌های انرژی شده است.

- کاهش هزینه پالایش زیست محیطی: پرت کمتر مصالح و درنتیجه کاهش مواد زاید ساختمانی و کاهش مصرف انرژی در هنگام تولید، حمل‌ونقل و اجرا، باعث کاهش آلودگی زیست محیطی و هزینه‌های پالایش محیط شده است.
- کاهش هزینه صدمات انسانی

گفتار سوم؛

۲-۳- صنعت ساختمان و پیش ساختگی

۲-۳-۱- مقدمه

افزایش جمعیت کشور بعد از دهه ۶۰ و همزمان با افزایش سطح بهداشت عمومی و سازندگی بعد ازجنگ، نیاز به حجم زیاد مسکن را پیش رو قرار داد. برای برآوردن این نیاز اساسی کشور برنامه‌های صنعتی شدن ساختمان‌سازی در دستور کار قرار گرفت. همزمان با رشد و توسعه صنعت ساختمان در دنیا و از سوی دیگر پاسخگو نبودن شیوه‌های دستی و سنتی، نیاز به ارتقای کیفیت مصالح و روش‌های ساخت و ساز، ضرورت صنعتی سازی و پیش ساختگی را نمایان‌تر کرد. با همه این ضرورت‌ها، صنعت ساختمان نسبت به دیگر صنایع پیشرفت قابل ملاحظه‌ای نداشته است؛ در حالی که انبوه سازی به شیوه صنعتی، با هدف گذاری، برنامه‌ریزی، مدیریت و رشد هماهنگ صنایع وابسته امکان‌پذیر است. رشد قابل توجه جمعیت و تقاضای مسکن، نیاز به تعداد قابل توجهی مسکن را در اولویت‌های اصلی کشور قرار داده و برای برآوردن این نیاز، انبوه سازی ساختمان با نگرش صنعتی، شتاب بیشتری گرفته است. هدف از صنعتی سازی ساختمان، ارتقا عوامل کمی؛ نظیر افزایش سرعت تولید و ساخت، افزایش سهم تولیدات کارخانه‌ای، سبک‌سازی، مقاوم سازی، صرفه جویی در مصالح، کاهش مصرف انرژی در دوران ساخت و بهره‌برداری، کاهش دوره ساخت و کاهش هزینه‌های ساخت‌وساز و بهره‌برداری است. از سوی دیگر ارتقا عوامل کیفی؛ نظیر قابلیت انطباق با الگوهای ساخت‌وساز متداول، پایایی و دوام، بومی‌سازی و ... سبب توسعه و پایداری این نوع مسکن خواهد شد.

۲-۳-۲-پیشینه پیش ساختگی

با شروع انقلاب صنعتی در اروپا، روش‌های تولید جدید و نوین وارد صنعت شدند. در این تحولات، مصالح قدیمی با روش‌های نوینی تولید شدند و مصالح جدید نیز مانند شیشه، سیمان و فولاد تولید و باعث رونق در ساخت‌وساز گردید. استفاده از فلزاتی مانند فولاد و چدن در پل‌سازی و به تدریج در ساختمان‌سازی آغاز شد. با پیشرفت صنعت، تیرهای آهنی با مقاطع مختلف تولید شدند و تحولی در استفاده از سقف‌های آهنی بجای سقف‌های چوبی ایجاد کرد. با ساخت بتن و سپس بتن آرمه، حضور صنعت در ساختمان‌سازی جلوه‌ای دیگر یافت و معماری نوین وارد عرصه جهانی شد. این تغییرات پیوسته و تدریجی، نیاز به حجم انبوه ساختمان، سرعت ساخت بالا و از سوی دیگرکنترل هزینه‌ها را در بر داشت، تا ایده ساخت انبوه و تولید کارخانه‌ای قطعات و پیش‌ساختگی متبلور گردید. روش‌های نوین فن ساختمان و بخصوص پیش ساختگی ابتدا در ساختمان‌های صنعتی مورد استفاده قرار گرفت.یکی از مهم ترین نمونه های این ساخت و ساز، قصر بلورین نمایشگاه جهـــانی لندن است که سرجوزف پاکستون در سال ۱۸۵۱ با استفاده از قطعات پیش‌ساخته و به روش مونتاژ آن را احداث کرد(تصویر ۲-۶)؛ لیکن به تدریج این روش در ساختمان‌های مسکونی نیز مورد استفاده قرار گرفت. انگلیسی‌های مقیم امریکا از دیوارهای پیش‌ساخته‌ای که از قاب‌های چوبی ساخته شده بودند، استفاده می‌کردند. آن‌ها به راحتی قابل حمل با کشتی بوده و برای ساخت سرپناه در کوتاهترین زمان استفاده می‌شدند که منجر به پیدایش سیستم قاب چوبی (Ballon Frame) شد. همچنین در ایالات متحده بین سال های ۱۹۰۲ تا ۱۹۱۰ شرکت های متعددی آغاز به فروش قطعات پیش ساخته کردند[۲۱]. در اروپا، بعد از جنگ جهانی دوم، کمبود نیروی انسانی و نابودی مصالح در طی جنگ، محرکی برای اجرای ساختمان‌های پیش‌ساخته و پیمونی شد و از عوامل اساسی پیشرفت سیستم‌های ساختمانیبود. در بریتانیا بین سال های ۱۹۴۵ تا ۱۹۴۹ بیش از ۱۵۶۰۰۰ خانه ی پیش ساخته تولید شد و در آلمان تا سال ۱۹۴۸ بیش از ۵۰۰۰ خانه ی پیش ساخته برای اعضای ارتش آمریکا ساخته شد [۲۱].

یکی از بهترین مثال‌های انبوه‌سازی و پیش‌ساختگی نیز در اتحاد جماهیر شوروی در سال ۱۹۳۵اتفاق افتاد، که در فاصله سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۸، میلیون‌ها واحد مسکونی توسط دولت شوروی برای مردم فراهم شد.

تصویر(۲-۶) قصر بلورین (کریستال پالاس) [۲۲]

۲-۳-۳-صنعتی سازی

ساخت و ساز صنعتی از جمله عوامل مهم در افزایش تولید و برقرارکننده تعادل میان عرضه و تقاضا در بازار می‌باشد. در این راستا حمایت از این صنعت جهت نیل به اهداف زیر ضروری به نظر می‌رسد [۱۴]:

- افزایش جمعیت و تقاضای روز افزون مسکن در کشور به ویژه در نسل جوان
- لزوم برقراری تعادل بین عرضه و تقاضای مسکن در کشور
- کیفیت پائین شیوه‌های سنتی سازی ساختمان
- کاهش منابع انرژی و نیاز به صرفه‌جویی مصرف و اتلاف انرژی در ساختمان در راستای کاهش الگوی مصرف در کشور
- بالا بودن قیمت تمام شده مسکن و عدم امکان خرید توسط اقشار ضعیف و متوسط
- افزایش سرعت احداث ساختمان
- افزایش بهره‌وری و جایگزین کردن نیروی کار تحصیل کرده

- استفاده بهینه از منابع و مصالح کشور
- زلزله خیزی کشور و استحکام خانه‌های صنعتی

۲-۳-۴-صنعتی سازی در ایران

صنعتی سازی به معنای ساخت انبوه بوده و لزوما معادل پیش‌ساختگی نمی باشد. در دهه اخیر اقداماتی جهت حرکت به سمت صنعتی سازی در قالب طرح های مسکن مهر و مسکن اجتماعی صورت پذیرفته است که جز در موارد معدودی اثری از پیش ساختگی در آنها مشاهده نمی‌گردد. طبق سرشماری سال ۱۳۸۵، نسبت واحدهای مسکونی دارای اسکلت فلزی به کل واحدهای مسکونی، معادل ۷۳/۲۵ درصد و نسبت واحدهای مسکونی دارای اسکلت بتن آرمه به کل واحدهای مسکونی ۱۲/۰۳ درصد برآورد شده است و سیستم‌های پیش ساخته سهم بسیار کوچکی در این میان دارند[۲۳]. پروژه‌های محدودی در کشور با سیستم‌های نوین ساخت‌و ساز ساخته شده‌اند، لیکن باتوجه به پیشرفت‌های چشمگیر صنعت ساختمان‌سازی در جهان، تحول و تغییر اساسی در انتخاب مصالح و روش‌های اجرای ساختمان در کشور صورت نگرفته و در طی دهه‌های گذشته تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشته است. اجزای سیستم ساختمانی پیش‌ساخته، برای اجرای قاب‌های سازه‌ای فولادی، پوشش‌های خارجی، سقف‌های بتنی و سیستم‌های دیوار خشک ارجحیت دارد، این درحالی است که سیستم‌های ساختمانی متداول برای ساخت فونداسیون و اجزای غیراستاندارد مناسب است.

۲-۳-۵- پیش ساختگی

پیش‌ساختگی تولید صنعتی قطعات تشکیل دهنده یک سیستم ساختمانی است که از مزایای طراحی مدولار به حساب می‌آید که در خارج از محل ساختمان آماده و در محل نصب می‌گردد. فرآیندی تولیدی است که در آن به طور کلی مواد به یکدیگر متصل می‌شوند تا جزئی از نصب نهایی را تشکیل دهند. یکی از ویژگی‌های این قطعات تولیدی، سادگی آن‌هاست تا به راحتی تولید و نصب شوند. این قطعات در کارخانه به‌صورت

Off-Site و گاهی On-Site تولید می گردند. پیش‌ساختگی می‌تواند به یکی از سه فرم : اجزای پیش‌ساخته، مسکن مدولار و مسکن پیش‌ساخته باشد. پیش‌ساختگی اجزای مسکن، مانند پنجره‌ها، درها و کابینت‌ها از عناصر اصلی صنعت ساخت‌وساز است.

از نقاط قوت سیستم پیش ساخته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

- مقاومت در برابر زلزله[۲۱]
- انعطاف‌پذیری[۲۱]
- ایمنی در ساختمان[۲۱]
- سبک بودن[۲۴]
- سهولت نصب[۲۴]
- سرعت اجرا[۲۴]
- عدم وابستگی به تجهیزات و ماشین‌آلات متعدد[۲۴]
- عدم نیاز به نیروهای انسانی متخصص و ماهر[۲۴]
- تولید فراوان و مداوم محصول[۲۴]
- شرایط کاری مناسب فضا و محیط کار تولید قطعه و برپاداری[۲۰]
- استفاده بهینه از منابع و مصالح[۲۰]
- سرعت بخشیدن و حذف شرایط و دلایل اتلاف زمان[۲۰]
- امکان استفاده از تخصص و تجربه‌ی کارگرهای ماهر فنی و تداوم آن[۲۰]
- استفاده‌ی بجا و به اندازه از وسایل فنی گران‌قیمت و حذف زمان‌های اتلاف وقت و بی‌مصرف ماندن این وسایل[۲۰]

براساس مطالعات انجام شده، نظارت بهتر بر ارتقا کیفیت محصولات پیش‌ساخته، دارای بالاترین ارزش است. همچنین، عدم انعطاف ساختمان‌های پیش‌ساخته در برابر تغییرات آتی از معایب این سیستم ساختمانی است [۲۵].

در جدول زیر از دیدگاه زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی نیز به موضوع پیش ساختگی پرداخته شده است [۲۶]:

جدول(۲-۱) معایب و محاسن مدولار و پیش‌ساختگی[۲۶]

زیست محیطی	انرژی های تولیدی	مثبت	بهبود در کیفیت ساختمان با اطمینان از استانداردهای ساخت و نحوه اجرای آن
	ضایعات	مثبت	کاهش ضایعات و افزایش بازیافت به خاطر ساخته شدن قطعات در خارج از سایت
	انرژی حمل و نقل	منفی	به خاطر جابجایی قطعات نیاز به حمل و نقل داریم پس به آلودگی می افزاید.
	زباله	مثبت	به خاطر ساخته شدن قطعات در محیط کارخانه، تولید زباله در محل کاهش می یابد.
	آب	مثبت	ساخت قطعاتی که به آب نیاز دارند در محیط کارخانه قابل کنترل تر است و پتانسیل بالاتری در بازیافت آن در کارخانه وجود دارد.
	گونه ها در هر هکتار	مثبت	به خاطر تولید در کارخانه آلودگی کاهش می یابد و به تبع تأثیر کمتری بر گونه های گیاهی سایت خواهد داشت.
اقتصادی	هزینه ساخت	مثبت	مدولار باعث کاهش هزینه های ساخت می گردد
	زمان ساخت	مثبت	به دلیل استاندارد سازی و طراحی مدولار زمان ساخت کاهش می یابد
	نقایص کار بعد از اتمام	مثبت	کاهش معایب و سوانح به دلیل ساخت در کارخانه
	قابلیت پیش بینی عملکرد پروژه	مثبت	متره و برآورد صحیح و با کمترین خطا و در نتیجه حصول اطمینان از انجام تعداد کار در یک مدت مشخص
اجتماعی	خلاصی از خانه های ضعیف و یا محروم اجتماعی	ممتنع	میزان موفقیت به گروه طراحان و سازندگان بستگی دارد .
	پذیرش از طرف مردم	ریسک	- در صورت ابراز در صحت مزایا ممکن می باشد و کاهش اشتباهات گذشته و امتناع از طرح های تکراری - تکنولوژی به لحاظ نرم افزاری هم امکان تولید خوشه ای را فراهم آورده و پیش می راند. در تولید خشک، منضبط صنعتی رابطه تولید کننده و مصرف کننده رابطه ای بسیار جبری و شکننده است زیرا تولید کننده بطور یک جانبه و با ریسک بالا محصول را تولید و عرضه می نماید (بابایی و امرایی، ۸۸: ۷۱).

۲-۳-۶-پیش‌مونتاژ نمودن

اجزای پیش‌ساخته پس از ساخت در محل کارخانه می توانند بصورت مجزا به محل سایت پروژه منتقل گردیده و سپس به یکدیگر متصل شوند و یا اینکه در محل کارخانه تا حد امکان (با توجه به محدودیت‌های وزن و ابعاد) مونتاژ صورت پذیرد و اجزای بزرگتری که مشتمل بر اجزایی کوچکتر می باشد به یکباره به محل سایت منتقل گردند. به این فرایند پیش‌مونتاژ گفته می شود. در این شیوه امکان احداث خط تولید در مکانی دور از سایت (Off-Site) فراهم است که دقت و سرعت چیدمان و نصب اجزا بسیار افزایش می‌یابد و در عین حال هزینه‌های حمل‌ونقل را افزایش داده و شیوه‌های حمل را پیچیده می‌کند. جهت کاهش هزینه‌های حمل و نقل، امکان تولید در کنار سایت (On-Site) نیز وجود دارد؛ که در این حالت بایستی کارخانه تولید و مونتاژ قطعات بصورت موقت در نزدیکی سایت پروژه تعبیه گردد. راه حل دیگر برای تولید قطعات پیش مونتاژ شده استفاده از کارخانه متحرک (Mobile Factory) است که موجب کاهش هزینه های حمل و نقل و همچنین عدم نیاز به ساخت کارخانه ثابت می شود اما قطعات و اجزای خروجی آن نیز دارای محدودیت ابعادی و فنی خواهد بود. لازم به ذکر است در این نوشتار منظور از پیش‌ساختگی، استفاده از اولین نوع پیش‌مونتاژ شده قطعات، یعنی ساخت در محل کارخانه، حمل به محل کارگاه ساختمانی و نهایتا برپایی و نصب قطعات با حجم بالا می باشد.

۲-۳-۷-سیستم های سازه ای و ساخت

سیستم باربر در مدول‌های پیش ساخته بسته به نوع مصالح مورد استفاده برای ساخت مدول متفاوت است بر این اساس میتوان مدول‌های پیش ساخته را از نظر نوع مصالح به سه دسته تقسیم کرد [۲۷]:

- مدول‌های فلزی
- مدول‌های بتنی
- مدول‌های چوبی

۲-۳-۷-۱-مدول‌های فلزی

مدول‌های فلزی به طور معمول متشکل از چهار ستون در گوشه هستند که به آنها "پست" می‌گوییم. نحوه انتقال بار ثقلی در مدول‌های فلزی به این صورت است که یا بار دیوارهای یک مدول مستقیما به دیوارهای مدول پایینی منتقل می شوند که در این صورت نیاز است که دیوارها خود دارای مقاومت در برابر بار ثقلی باشند و یا وزن دیوارها به وسیله تیرهایی که در بالا و پایین بصورت یک قاب به پست‌ها، به‌صورت جوشی و یا پیچ و مهره، متصل می شوند به ستون ها و سپس به فونداسیون انتقال یابند [۲۷].

پست‌ها بنا بر میزان باری که بر آن‌ها وارد می شود میتوانند دارای مقاطع مختلفی باشند که برای بارهای کم و در شرایطی که بار دیوارها مستقیما به دیوارهای مدول پایینی منتقل می شوند عموما از نبشی نورد سرد استفاده می شود و در شرایطی که بار دیوارها به پست‌های گوشه مدول منتقل شوند، مقطع پست به تناسب بار وارده میتواند نبشی نورد گرم و یا قوطی مربعی و مستطیلی باشد. در مدول‌های فلزی، تیرهای منتقل کننده بار دیوارها به پست‌ها میتوانند مقاطع متفاوتی داشته باشند اما پرکاربردترین مقطع برای این تیر ها مقطع ناودانی نورد گرم است اما به تناسب میزان نیروی وارده بر تیر که عموما هم زیاد نیست امکان تغییر پروفیل به بال پهن هم وجود دارد. تیرچه‌های استفاده شده در مدول‌های فلزی به صورت پروفیل‌های ناودانی و یا Z هستتند که پانل‌های کف و سقف به این مدول‌ها اتصال می‌یابند. به علت نیاز کمتر به باربری در سقف مدول‌ها عموما تیرچه‌ها در این قسمت دارای ممان کمتر بوده و تیرچه‌های کف مقاوم‌تر طراحی میگردند. البته در بعضی از موارد در کف به جای سیستم پانل و تیرچه از بتن پیش ساخته استفاده می شود که این سیستم مقاومت کف مدول را بسیار بالا می برد اما باعث سنگین شدن مدول و جابجایی سخت آن می شود[۲۷].

دیوارها در مدول‌های فلزی همانند درای‌وال‌های معمول در ایران با استفاده از پروفیل های ناودانی بصورت استاد و رانر اجرا می شوند و پوشش روی دیوار هم عموما پانل های گچی و یا سمنت برد است. نمودار انفجاری نمونه ای از مدول‌های فلزی دارای پست ها و تیر ها را در تصویر (۲-۸) می‌بینید.

تصویر(۲-۷) -عناصر تشکیل دهنده مدول فلزی[۲۷]

۲-۳-۷-۲- مدول‌های بتنی

مدول‌های بتنی در پیش‌ساخته سازی در زمان‌های گذشته بسیار پر کاربرد بوده اند اما سنگینی این مدول‌ها بزرگترین مشکل آن‌هاست. نحوه قالب بندی این مدول‌ها به‌صورت قالب تونلی است و با استفاده از دو یا سه قالب، میتوان یک واحد را بتن ریزی کرد. البته به علت سنگینی مدول‌های بتنی میتوان از قاب‌های بتنی پیش ساخته و یا دیوارهای بتنی پیش ساخته نیز در ساخت ساختمان استفاده کرد که البته به علت زمان‌بر بودن این پروسه برای طراحی ساختمان بلند مناسب نخواهند بود. اما میتوان از این سیستم جهت ساخت مدول‌های هسته بتنی و دیوار های چاله آسانسور استفاده کرد. چنانکه امروزه جهت اضافه کردن آسانسور به ساختمان‌های چند طبقه، مدول‌های بتنی که به ساختمان اضافه میشوند

بسیار پرکاربرد هستند. با استفاده از پانل های پیش ساخته بتنی جهت ساخت هسته‌های برشی ساختمان میتوان تا ۲۰ متر بدون نیاز به مهار جانبی دیوار برشی را بالا برد [۲۷].

اتصال مدول‌های بتنی به هسته مرکزی و یا به مدول‌های مجاور از طریق قرار دادن ورق‌های فلزی در داخل آرماتورها قبل از بتن‌ریزی و جوش دادن این قطعات فلزی به هسته بتنی و یا فلزی به وجود می آید. همچنین از مدول‌های پیش ساخته بتنی برای تهیه پادهای سرویس-های بهداشتی و حمام‌ها استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که استفاده از پادهای سرویس بهداشتی با ابعاد کوچک، می تواند مقداری از بار ثقلی ساختمان را مستقیما به زمین منتقل کند.

در رابطه با استفاده از مدول‌های چوبی نیز چون استفاده از این نوع مدول در ایران نه از نظر زیست محیطی و نه از نظر اقتصادی و مقاومتی برای ساخت ساختمان بلند به صرفه نیست، توضیحی ارائه نمیگردد.

۲-۳-۸-حمل، برپایی و نصب

با توجه به اینکه عمده عملیات ساخت مدول‌های پیش ساخته در محل کارخانه و خارج از سایت ساختمانی صورت می پذیرد، مساله حمل مدول‌ها به محل سایت پروژه به یکی از عوامل بسیار مهم و تاثیرگذار در کل فرایند طراحی تبدیل شده است. علاوه بر مساله حمل، نحوه برپایی و انتقال عمودی مدول‌ها به تراز و محل دقیق قرارگیری آن‌ها در طبقه، متأثر از میزان وزن حداقل و همچنین استقامت مستقل آن‌ها می‌باشد. از مسأله نصب نیز می توان بعنوان آخرین چالش در این فرایند نام برد و البته از اهمیت آن نمی‌توان چشم پوشید چرا که

یکپارچگی و دوام مدول‌ها در مقیاس کلی ساختمان به این اصل وابسته خواهد بود. در ادامه به بررسی این عوامل بصورت مجزا خواهیم پرداخت:

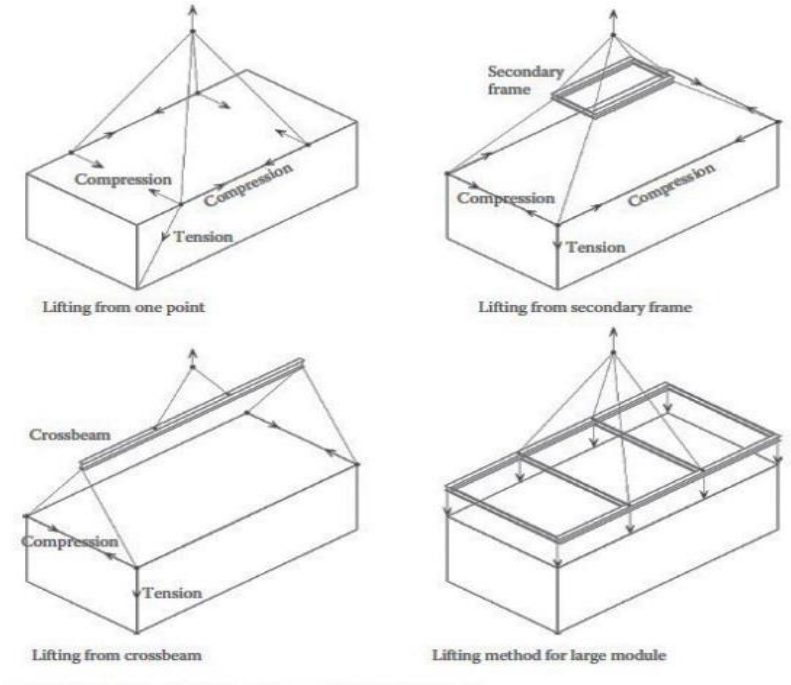
۲-۳-۸-۱-حمل

انتقال مدول‌های تکمیل شده از محل کارخانه به محل پروژه با استفاده از تریلی صورت می-پذیرد و به دلیل محدودیت عرض معابر و جاده ها، محدودیت های قانونی برای حمل اجسام در نظر گرفته شده است. طبق قانون، حمل بارهای با عرض بیش از ۲,۶ متر در جاده های ایران به استثنای محموله های ترافیکی ممنوع می باشد .

۲-۳-۸-۲-برپایی

همان‌طور که اشاره شد یکی از بخش‌های مهم در فرایند نصب یک مدول، جابجا کردن و انتقال آن از روی کامیون به محل و تراز نصب می‌باشد. بسته به نوع مدول و نحوه انتقال آن به سایت، چند روش برای بلند کردن آن وجود دارد. برای جابجا کردن مدول‌های فلزی با توجه به تصویر(۲-۹)، چهار روش وجود دارد. یک روش استفاده از قاب ثانویه کوچکتر است که در آن کابل ها به یک قاب کوچکتر متصل شده و پس از عبور از آن، به گوشه های مدول‌ها و به انتهای پست‌ها متصل می‌شوند. در این روش پست‌ها دچار کشش و تیرهای بالایی دچار فشار می شوند. روش دیگر بلند کردن مدول‌ها با استفاده از کابل‌های همگرا به یک نقطه است که در این روش قسمتی از تیرهای بالایی دچار کشش و قسمتی دیگر دچار فشار می شوند. اما پست-ها دیگر تحت کشش نبوده و کشش از طریق پانل‌های داخل دیوار منتقل می شود که اصلا راهکار مناسبی نیست. راه دیگر انتقال مدول‌ها از طریق کابل‌هایی است که از انتهای یک تیر به چهار گوشه واحد و به انتهای پست‌ها متصل می‌شوند. این روش تنها در دو عضو نیروی فشاری زیاد و در چهار عضو نیروی کششی وارد می کند.

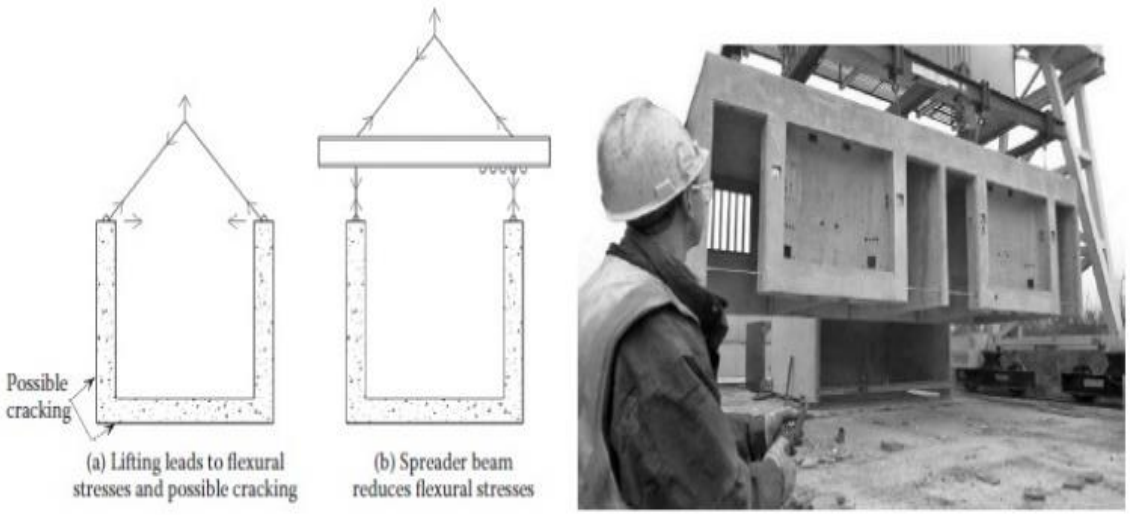
اما بهترین حالت انتقال مدول از روی کامیون به محل نصب، استفاده از یک قاب به اندازه واحد اصلی است تا تمامی نیروهای فشاری را به خود گرفته و مانع از تغییر شکل واحد اصلی شود. این قاب با استفاده از کابل‌های عمودی مستقیما به پست‌های مدول در گوشه‌ها و یا در وسط مدول متصل شده و باعث ایجاد نیروی کششی در پست‌ها می شود که هیچگونه اثر مخربی بر مدول نخواهد داشت [۲۸]. (تصویر ۲-۹).



تصویر(۲-۸) نحوه حمل مدول‌ها [۲۷]

مناسب‌ترین حالت برای انتقال مدول‌های بتنی نیز روش آخر توضیح داده شده در رابطه با جابجایی واحد های فلزی است، از آن جهت که هر نوع وارد کردن نیروهای خمشی به لبه‌های واحد بتنی ممکن است منجر به شکستگی و یا ترک برداشتن مدول‌های بتنی شده که موجب اتلاف هزینه و مصالح بسیار زیاد است. همچنین این نکته نیز قابل ذکر است که وزن هر واحد بتنی در حدود ۲۵ تا ۴۰ تن است که بسته به اندازه مدول‌ها متغیر خواهد بود و جایجایی این وزن و برخورد آن با سایر اجزا می تواند حوادث جبران ناپذیری را رقم زند. نحوه اتصال کابل‌ها

به مدول‌های بتنی از طریق بولت های چشمی گرد است که از قبل در داخل قالب بتنی جهت جابجایی جاسازی شده اند. به همین دلیل در این نقاط نیاز به مقاوم سازی و آرماتور بندی بیشتر بتن وجود دارد تا در موقع نصب این بخش ها مقاومت خود را از دست ندهند[۲۸].

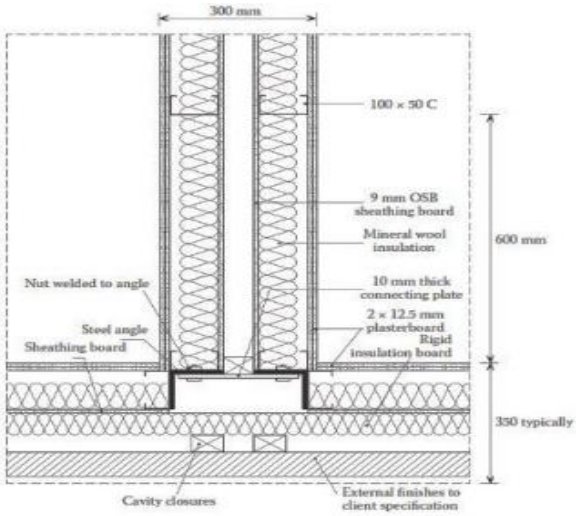


تصویر(۲-۹) نحوه حمل مدول بتنی [۲۷]

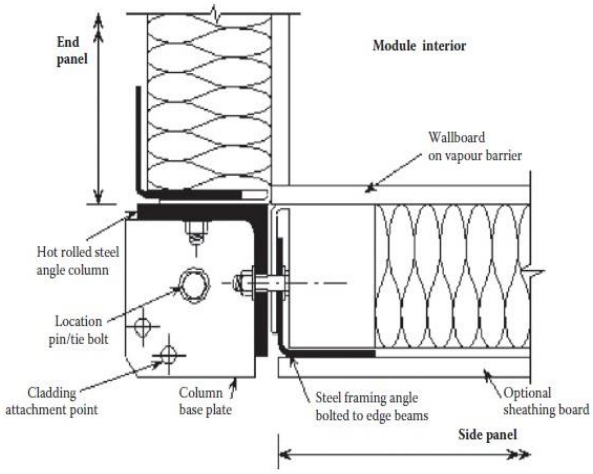
۲-۳-۸-۳-نصب

اتصال دو مدول از دو جهت بررسی می شود. یکی نحوه اتصال عمودی مدول‌ها است و دیگر نحوه اتصال افقی دو یا چند مدول به یکدیگر است. تصویر(۲-۱۱) گوشه یک مدول فلزی را با پست نبشی نورد گرم نشان می دهد. در پایین ستون یک ورق فلزی با ضخامت مناسب جوش شده است که امکان اتصال این مدول به مدول پایینی را فراهم می‌کند. علاوه بر این می‌توان واحد های اضافی نما را به نقاط دیگر این ورق متصل کرد. مهره هایی به نبشی نورد گرم شده جوش شده اند که پس از قرار دادن دو مدول در کنار هم می‌شود مدول‌ها را با استفاده از ورق-هایی با سوراخ‌های اندازه‌گیری شده به یکدیگر متصل کرد. تصویر (۲-۱۲) برش پلان از محل کنار هم قرار گرفتن دو مدول را نشان می‌دهد که در پایین تصویر پوشش نمای خارجی ساختمان نمایش داده شده و در محل عقب رفتگی در گوشه واحد ها نحوه اتصال ورق فلزی به

دو مدول کنـار هـم نشـان داده شـده اسـت. پـس از انتقـال مـدول‌هـای سـاخته شـده بـه محـل پـروژه، آن‌هـا را بـر روی سـازه توسـط ماشـین آلات و بـا کمتـرین تعـداد کـارگران مونتـاژ کـرده و بـا برقـراری اتصالات دقیق بوسیله‌ی قطعات جانبی، کلی یکپارچه را شکل می‌دهند.



تصویر(۲-۱۰) گوشه یک واحد فلزی با پست نبشی نورد گرم [۲۹]



تصویر(۲-) اتصال دو واحد فلزی به یکدیگر [۲۹]

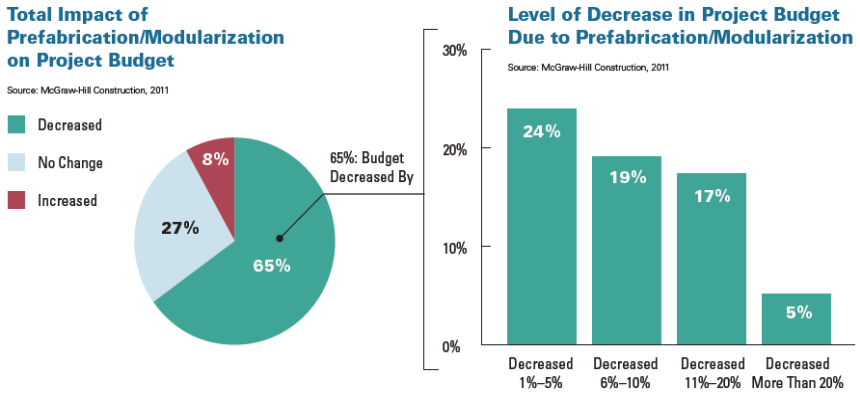
بـه طـور کلـی اگـر در مراحـل انتقـال تـا نصـب واحـد در محـل مـورد نظـر، تمـامی مـوارد ذکـر شـده رعایت گردد، میتوان گفت که واحد دچـار تغییـر شـکل نشـده و میتـوان بـا تـولرانس معقـولی واحـدهـا را در کنار هم قرار داده و سازه نهایی را بدون مشـکل بـه اتمـام رسـاند. امـا اگـر ایـن فراینـد تکـرار شـود و تولرانس مـذکور در هـر مـدول تکـرار شـود، دیگـر سـازه نـه تنهـا در آن ردیـف یـا سـتون بـه مشـکل برخورد می‌کند، بلکـه تمـامی مـدول هـای دیگـر نیـز در هنگـام نصـب دچـار مشـکل شـده و در نهایـت سـازه بـه دسـت آمـده دارای کیفیـت هـای یـک سـازه مـدولار مقـاوم نخواهـد بـود و سـایر مشـکلات اجرایی از قبیل صدا کردن سازه و عـدم تطـابق محـل اتصـال لولـه‌هـا، عـدم امکـان پـیچ کـردن مـدول-ها بـه یکـدیگر و ایجـاد برآمـدگی در اعضـا و قـوس‌دار شدنشـان شـروع بـه ظـاهر شـدن خواهنـد کـرد [۲۹].

۲-۳-۹-پیش‌ساختگی و اقتصاد

یکی از مهم‌ترین مباحث مربوط به پیش‌ساختگی، ارتباط میان صنعت پیش‌ساختگی و اقتصاد است. به نظر می‌رسد که در مقام مقایسه، ساخت‌وساز مدولار و پیش‌ساخته، ارزان‌تر از روش‌های سنتی ساخت است. از جمله دلایل این کنترل قیمت و ذخیره مالی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- برنامه‌ریزی و زمان‌بندی دقیق تولید و اجرا
- طراحی کامل قطعات قبل از تولید
- استفاده از مصالح ضروری ساخت قطعات
- مدولار سازی و افزایش سرعت ساخت
- کاهش میزان حمل‌ونقل مصالح به سایت پروژه
- کنترل ساخت قطعات و فرآیند تولید
- پیشگیری از تولید قطعات خراب و تغییرات در حین تولید
- استفاده بهینه از نیروی کار
- افزایش کیفیت و امنیت
- کاهش زمان ساخت

با توجه به تجربیات شرکت های بین المللی در زمینه اجرای پیش ساختگی در حوزه ساخت و ساز، می‌توان به موارد زیر که خارج از آنچه تخمین و احتمال نامیده می شود، به عنوان بخشی از مزایای پیش‌ساختگی اشاره کرد. طبق گزارش شرکت مک گروهیل در اغلب موارد پروژه‌هایی که از پیش‌ساختگی بهره برده‌اند با هزینه کمتری موفق به ساخت مجموعه های ساختمانی خود شده‌اند [۳۰].



تصویر(۲-۱۲) گزارش شرکت مک گروهیل از پروژه های پیش ساختگی [۳۰]

۲-۳-۹-۱-سرعت ساخت و تاثیر اقتصادی آن

بدون شک سرعت ساخت در فرایند پیش‌ساخته سازی پروژه‌های ساختمانی، یکی از مهم‌ترین مزیت‌های این فرایند به شمار می‌آید که از لحاظ اقتصادی مزایای زیر را به دنبال دارد:

۲-۳-۹-۲-کاهش هزینه های کارگاه

در فرایند ساخت در محل، هزینه‌های کارگاه ۱۲ الی ۱۵ درصد هزینه های کل پروژه خواهد بود و شامل موارد زیر می باشد[۲۷]:

۱. هزینه‌های مدیریتی (استخدام افرادی به‌منظور کنترل فعالیت‌های الزامی)
۲. تجهیزات پیمانکاران اصلی و تجهیزات حمل و جابجایی مصالح در محل سایت و انبارها
۳. کانکس‌های اقامتی و تجهیزات خدماتی با توجه به تعداد پرسنل و نیروی کار

۴. برنامه زمانی ساخت و ساز و هزینه‌هایی که به طبع آن بابت حضور در محل بایستی در نظر گرفته شود

کاهش هزینه‌ها با توجه به کاهش نیروی انسانی مورد نیاز و همچنین تجهیزات خدماتی که به‌واسطه نیروی انسانی باید فراهم باشد، صورت می پذیرد و طبیعتا درصورتی که زمان ساخت با استفاده از فرایند پیش-ساخته سازی در حدود ۳۰ الی ۵۰ درصد سریعتر انجام شود، به‌سادگی می‌توان به این مهم دست یافت. بر اساس تخمین‌ها، هزینه‌های مدیریتی و استخدام نیروهای انسانی و همچنین تجهیزات سکونت و تجهیز کارگاه، در حالت ساخت مدولار ۷ الی ۸ درصد هزینه کل ساختمان خواهد شد، که معادل ۵ الی ۸ درصد کاهش هزینه نسبت به فرایند ساخت و ساز در محل می‌باشد[۲۷].

۲-۳-۹-۳-برپایی و نصب

مزایایی که سرعت ساخت در فرایند پیش ساخته سازی ارائه می کند، به‌طور ملموس در فرایند ساخت قابل اندازه‌گیری است. من‌جمله در هنگام برپایی و نصب مدول‌ها بر اساس موارد زیر، کاهش هزینه‌های قابل توجهی را به همراه خواهد داشت[۲۷]:

۱. کاهش هزینه‌های اجاره تجهیزات برپایی و نصب
۲. کاهش طول دوره خواب سرمایه و امکان شروع فعالیت مجدد در حوزه کاری
۳. کاهش زمان انجام پروژه با توجه به کاهش حضور نیروی انسانی و کاهش زمان تحویل اجزای ساختمانی

موارد فوق که به مزایای پیش‌ساخته سازی برای کسب و کارها اشاره داره، به‌وضوح تاثیر نوع فرایند ساخت را بر روند کسب و کار مربوطه نشان می دهد. در برخی کاربردها زمان تکمیل پروژه بسیار مهم و حیاتی می‌باشد. به‌عنوان مثال ساختمانی که برای مدرسه و یا دانشگاه در حال تأسیس است، بایستی در زمان کوتاهی با توجه به بازه‌ی سال تحصیلی تکمیل گردد و همچنین در پروژه‌های الحاقی که بخشی جدید به

ساختمان موجود اضافه می شود، لزوم تداخل کمتر با کاربری موجود و کاهش سر و صدا علاوه بر سرعت ساخت قابل توجه است[۲۷].

۲-۳-۹-۴-کاهش نیاز به نقدینگی

طبق ارزیابی که روگان در سال ۱۹۹۸ بر اساس استفاده از قاب‌های سبک نوردسرد در پروژه‌ای مسکونی انجام داد، کاهش حجم سرمایه اندوخته بر روی پروژه و کاهش میزان نقدیگی را به‌وضوح شاهد بود که این امر موجب بازگشت سریع سرمایه و کاهش نرخ ROI(return of investment) در پروژه‌های ساختمانی می‌گردید. این مطالعه در سال ۲۰۰۰ گسترش یافت و به بررسی مزایای پیش ساختگی و ارتباط آن با بازگشت سرمایه پرداخت. به‌عنوان مثالی قابل لمس، در صورت صرفه جویی حداقل ۶ ماهه در زمان ساخت پروژه با توجه به نرخ بهره، در حدود ۲ الی ۳ درصد از کل هزینه های ساخت کاهش می‌یابد[۲۷].

این موضوع برای هتلی با مقیاس متوسط مورد محاسبه قرار گرفت و در نتیجه آن در صورتی که تنها ۱ ماه برنامه ساخت مجموعه مورد نظر سریعتر انجام شد، درآمدی معادل ۱ درصد از کل هزینه‌ی ساخت برای سرمایه گذاران فراهم می‌آورد. بنابر این اگر ۴ ماه در برنامه زمانی ساخت و ساز صرفه‌جویی صورت پذیرد، می‌توان به مبلغ قابل توجهی از بازگشت سرمایه که به‌طور غیرمستقیم بر هزینه‌ی ساخت و ساز تاثیر می‌گذارد دست یافت. این مساله می تواند معیار بسیار مهمی در تصمیم‌گیری برای استفاده از سیستم‌ها و فرایندهای پیش ساختگی به‌شمار آید[۲۷].

در مجموع مطالعات نشان می‌دهد، پیش‌ساختگی به طور متوسط ۱۶٪ ذخیره مالی، ۳۹٪ ذخیره زمانی، ۵/۴ میانگین تغییر کیفیت هر سفارش و ۰/۲۵ میانگین امنیت حوادث را به همراه خواهد داشت[۳۱]. با به کارگیری این روش می‌توان ضایعات حاصل از ساخت‌وساز را تا نصف کاهش داد و با استفاده از مصالح بازیافت شده یا قابل بازیافت و مونتاژ اجزای ساختمانی پیش‌ساخته به روش صنعتی می‌توان هزینه‌ها تا حد

چشمگیری کاهش داد[۲۵]. صرفه‌جویی در هزینه‌ها (کاهش در پرت مصالح و ...) و سوددهی (به‌علت کاهش زمان ساخت)، ارتباط مستقیمی با برنامه‌ریزی دارند. در نتیجه کنترل هزینه و کاهش زمان برنامه ازجمله اصلی‌ترین دلایل انتخاب پیش‌ساختگی در صنعت ساخت‌ساز است[۳۱].

رایان اسمیت ، سال ۲۰۱۵، در کتاب"Permanent Modular Construction" به مقایسه هزینه و زمان در سیستم پیش ساخته مدولار با سیستم‌های رایج دیگر در قالب بررسی چند پروژه پرداخته است. در ادامه به چند نمونه از این پروژه‌ها اشاره میکنیم :

THE MODULES / PHILEDELPHIA

تصویر(۲-۱۳) The Modules [۳۱]

جدول(۲-۳) نمونه دوم، مقایسه هزینه و زمان در سیستم پیش ساخته مدولار با سیستم‌های رایج دیگر[۳۱]

پروژه مقایسه شده	THE MODULES	
۱۶ ماه	۹ ماه	زمان ساخت
۴ طبقه چوب	۵ طبقه چوب	تعداد طبقات نوع ساختار
۵۵۰۰۰	۸۰۰۰۰	زیر بنا (فوت مربع)
۱۱,۷ میلیون دلار	۱۲,۷میلیون دلار	هزینه کلی
۲۱۳,۳۳ دلار	۱۵۸,۲۳ دلار	هزینه هر فوت مربع

STEM HIGH SCHOOL/LACK WASHINGTON

تصویر(۲-۱۴) Stem High School[۳۱]

جدول(۲-۴) نمونه سوم، مقایسه هزینه و زمان در سیستم پیش ساخته مدولار با سیستم‌های رایج دیگر[۳۱]

	STEM SCHOOL	پروژه مقایسه شده
زمان ساخت	۱۲ ماه	۱۷ ماه
تعداد طبقات نوع ساختار	۲ طبقه استیل	۴ طبقه استبل
زیر بنا (فوت مربع)	۶۳۰۰۰	۷۳۰۰۰
هزینه کلی	۱۵,۶میلیون دلار	۲۲,۸ میلیون دلار
هزینه هر فوت مربع	۲۴۷,۸۳ دلار	۳۱۲,۲۷ دلار

MANRESA STUDENT HOUSING / MANRESA , SPAIN

تصویر(۲-۱۵) Manresa Student Housing [۳۱]

جدول(۲-۵) نمونه چهارم، مقایسه هزینه و زمان در سیستم پیش ساخته مدولار با سیستم‌های رایج دیگر [۳۱]

	MANRESA STUDENT HOUSING	**پروژه مقایسه شده**
زمان ساخت	۷ ماه	۱۶ ماه
تعداد طبقات	۵ طبقه	۴ طبقه
نوع ساختار	استیل	استبل
زیر بنا (فوت مربع)	۴۴۲۴۰	۵۵۰۰۰
هزینه کلی	۱۹میلیون دلار	۱۱,۷ میلیون دلار
هزینه هر فوت مربع	۲۰۴,۹۱ دلار	۲۱۳,۳۳ دلار

۲-۳-۶- جمع‌بندی

آمارهای رسمی و غیررسمی، نیاز روزافزون کشور به ساخت مسکن را یادآوری می‌کند. کمبود مسکن در کنار رشد جمعیت و تعداد جوانان در حال تشکیل خانواده، افزایش تقاضا و به دنبال آن صعود بی‌سابقه قیمت مسکن را به همراه داشته است. از طرف دیگر مسکن کالایی نیست که قابلیت وارد کردن از خارج از کشور و یا جابجایی در داخل را داشته باشد تا از آن طریق بتوان کمبود عرضه مسکن را جبران کرد. آنچه که باید انجام شود، تنها تولید سریع و روز افزون مسکن با هزینه ارزان‌تر نسبت به روش‌های کنونی است؛ تا بتوان ابتدا این بحران را مهار کرد و سپس با ادامه روند تولید گسترده و سریع مسکن به حل این مشکل امید بست. طراحی مدولار و پیش‌ساختگی می‌تواند کمک قابل توجهی به مدیریت و مهار بحران مسکن نماید. با استفاده از مدوله کردن ابعاد در طراحی مسکن و به دنبال آن استفاده از روش پیش‌ساختگی در ساخت مسکن یا به عبارتی تولید صنعتی ساختمان می‌توان به مزایای بی‌نظیر سریع سازی، ارزان سازی و کیفیت مناسب دست یافت. بهره‌گیری از فناوری‌های نوین ساختمانی می‌تواند سرعت تولید را به نحوه چشمگیری افزایش دهد. از آنجایی‌که روند تولید صنعتی ساختمان در شرایط ویژه و تحت کنترل و مدیریت فنی و مهندسی قرار دارد، لذا کیفیت محصول تولیدی قابل اطمینان بوده و در نهایت با کاهش هزینه‌های سربار و استفاده بهینه از مصالح ساختمانی،کاهش هزینه اجرای ساختمان را می‌توان انتظار داشت.

فصل سوم

«نمونه تطبیقی»

PLACE / Ladywell (London 2014-2016)

تصویر(۳-۱) نمای از پروژه PLACE [۳۲]

پروژه توسط شرکت طراحی "Rogers Strik Harbour + partners" برای شورای شهر لوشیام "Lewisham " ، مالک سایت پروژه ، طراحی شده است.

سایت پروژه در سال ۲۰۱۴ برای ایجاد کاربری مسکونی و آموزشی تخریب شده و از آنجا که طرح جدید پیچیدگی‌هایی برای اجرا داشته است، شورای شهر لوشیام تصمیم برآن گرفت برای استفاده مناسب از سایت تا زمان اجرای پروژه نهایی خانه‌هایی موقت و با کیفیت بالا برای اسکان محلی‌ها ساخته شود.

تصویر(۳-۲) طراحی سایت در آینده[۳۲]

تصویر(۳-۳) سایت در گذشته [۳۲]

به همین منظور ساخت خانه های پیش ساخته مدولار تصویب شد . خانه های مدولار نه به معنی مکان هایی جعبه مانند بلکه خانه هایی بزرگ ، مطلوب ، عایق بندی شده و مدرن هستند.

اولین دلیل این انتخاب سرعت اولیه بالای این ساخت و ساز نسبت به روش سنتی است. دومین اولویت سهولت برچیده شدن پروژه و انتقال آن ،حین حفظ یک پارچگی ، به مکانی دیگر است. سومین اولویت اجرای با کیفیت پروژه با استفاده از مصالح ساده همچون چوب با نظارت دقیق بر ساخت است.

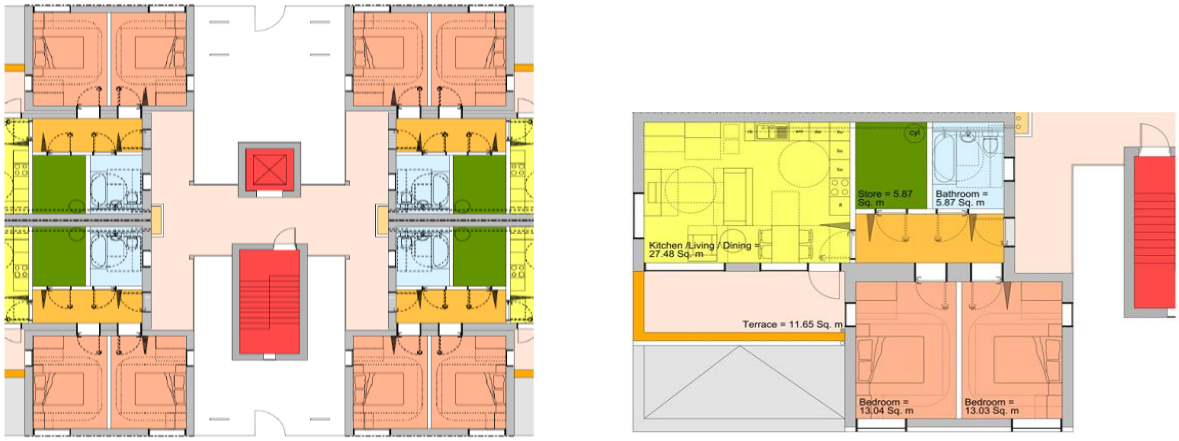
شرکت "SIG Offsit" به عنوان پیمانکار اصلی تعیین شده تا علاوه بر ساخت مدول ها و بقیه اجزا پروژه ، ساخت و جابه جایی مدول ها را نیز در آینده بر عهده گیرند.

این پروژه تا سال ۲۰۲۰ مجوز قرار گرفتن در این سایت را دارد. اما این مسئله مهمی نیست. عمر مفید این مدول ها تا ۶۰ سال تایید شده است و این واحد ها را تا ۵ بار میتوان جدا و در سایتی دیگر بازسازی کرد. همچنینکیفیت تمامی واحد ها ٪۱۰ از استانداردهای فضایی لندن هم بالاتر است.

تصویر(۳-۴) مراحل ساخت [۳۳]

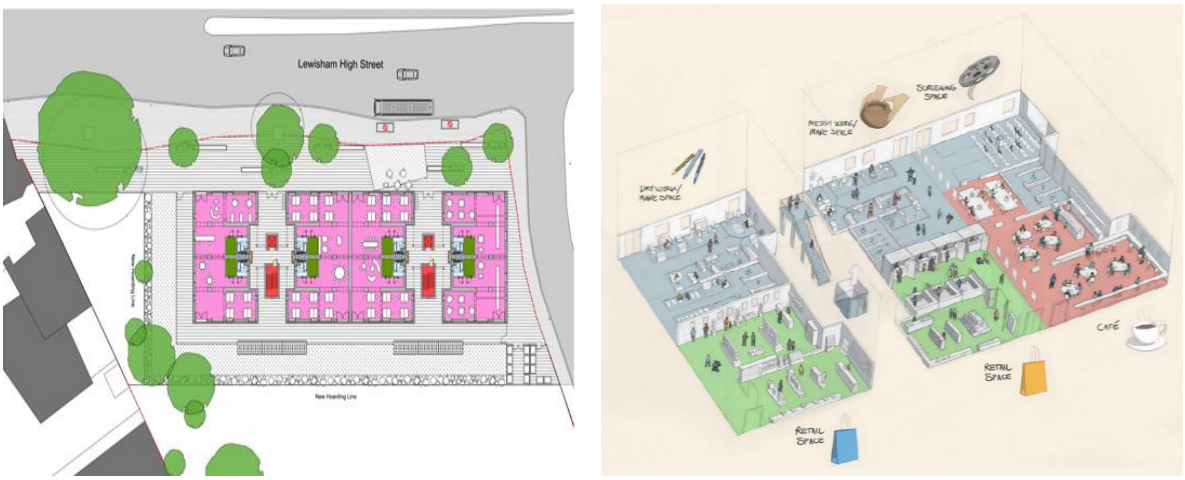
طراحی پروژه

این طرح یک پروژه انعطاف پذیر در ۴طبقه و دارای۲۴ واحد مسکونی ۲خوابه به همراه ۴ مرکز تجاری در سطح خیابان می باشد. این پروژه دارای سه بلوک با ۲هسته بنتی بلند مرتبه به عنوان دسترسی‌های عمودی (پله و آسانسور) و پل‌هایی چوبی به عنوان دسترسی افقی به واحدها است.

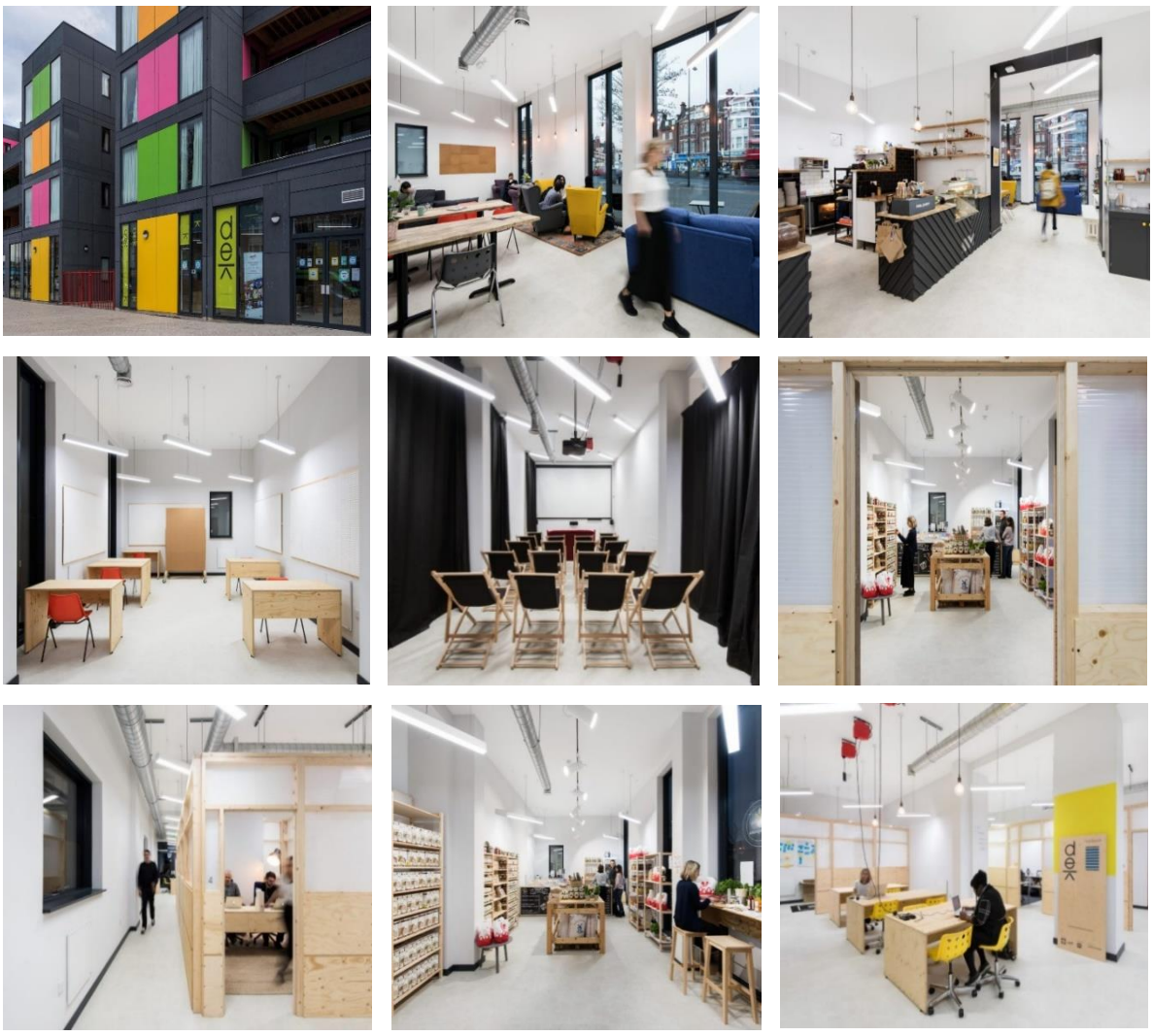


تصویر(۳-۵) پلان واحدهای مسکونی [۳۲]

تصویر(۳-۶) فضای داخلی واحدهای مسکونی پروژه [۳۴]

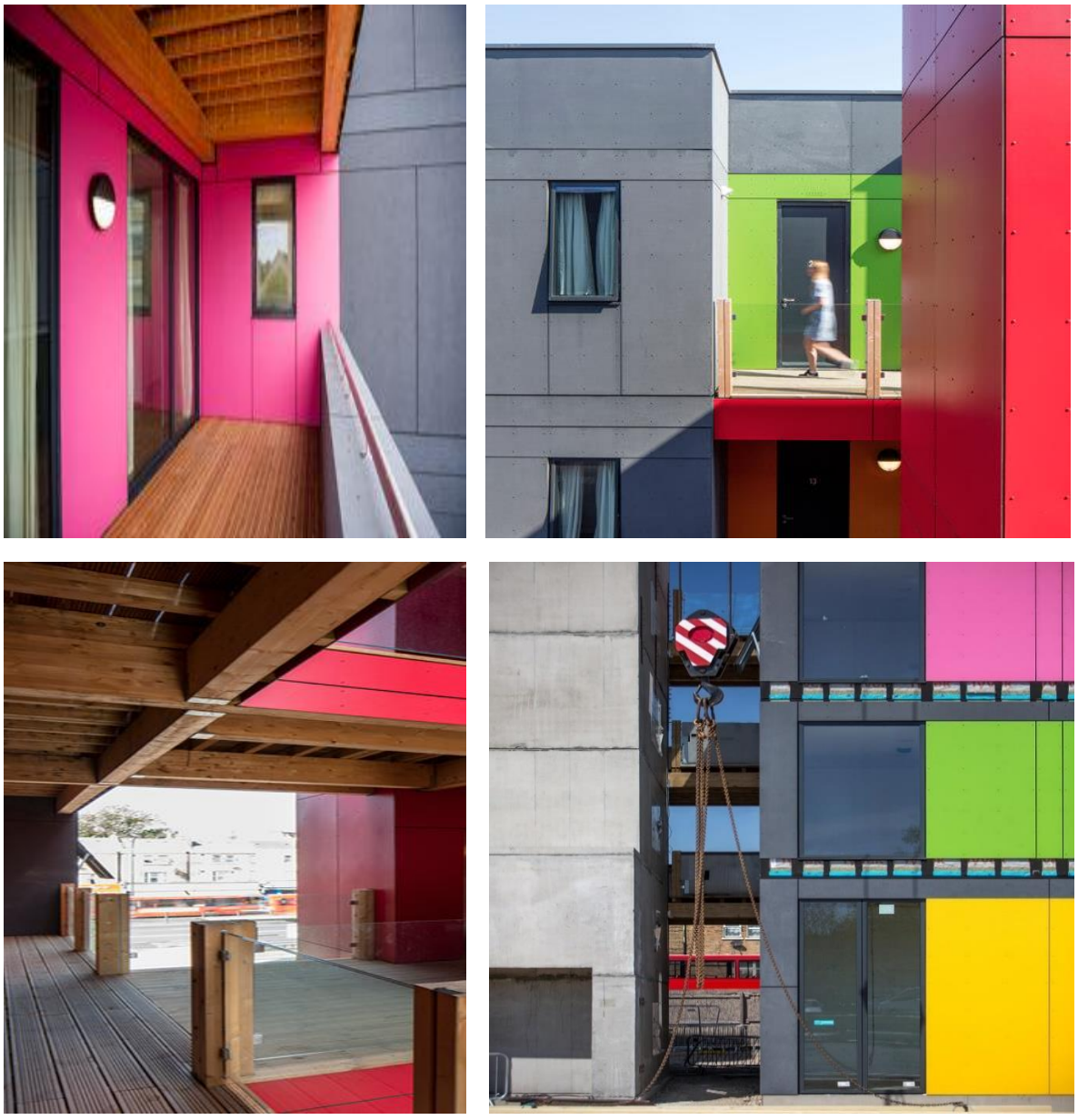


تصویر(۳-۷) پلان واحدهای تجاری [۳۲]



تصویر(۳-۸) فضای داخلی واحدهای تجاری[۳۵]

ارتفاع کف تا سقف ۲,۶ متر با پنجره‌هایی از کف تا سقف برای بهره‌گیری از نور بیشتر است. بالکن‌ها به صورت جدا در سایت ساخته شدند چون این کار به صرفه‌تر بوده است. هسته‌های مرکزی بالابر و پله‌ها نیز به صورت بتنی به عنوان اجزایی جدا نصب شده اند. مدول‌ها از اجزای سازه‌ای استاندارد با استفاده از تکنولوژی ساده و به طور کامل همراه آشپزخانه ، حمام ، کف پوش ، درب و پنجره و... ساخته شده‌اند.



تصویر(۳-۹) دسترسی‌ها پروژه [۳۴]

تصویر(۳-۱۰) نصب ماژول‌های پروژه [۳۶]

ساخت در کارخانه به تولید کننده امکان کنترل کامل بر کیفیت در اجرا و پایان کار را داده و موجب کاهش زمان ساخت، ضایعات ساختمانی و آلودگی صوتی شده است. هر واحد یک ماه برای ساخته شدن زمان نیاز داشته و تیم اجرایی نصب یک طبقه (۱۶ واحد) را در عرض یک هفته به اتمام رسانده‌اند. همچنین آماده‌سازی مدول‌ها تا تکمیل عملی پروژه ۹ماه به طول انجامیده و تنها در سه ماه مونتاژ شده اند.

پروژه "PLACE"جوایزی را در سال۲۰۱۶ از آن خود کرد، که عبارت اند از:

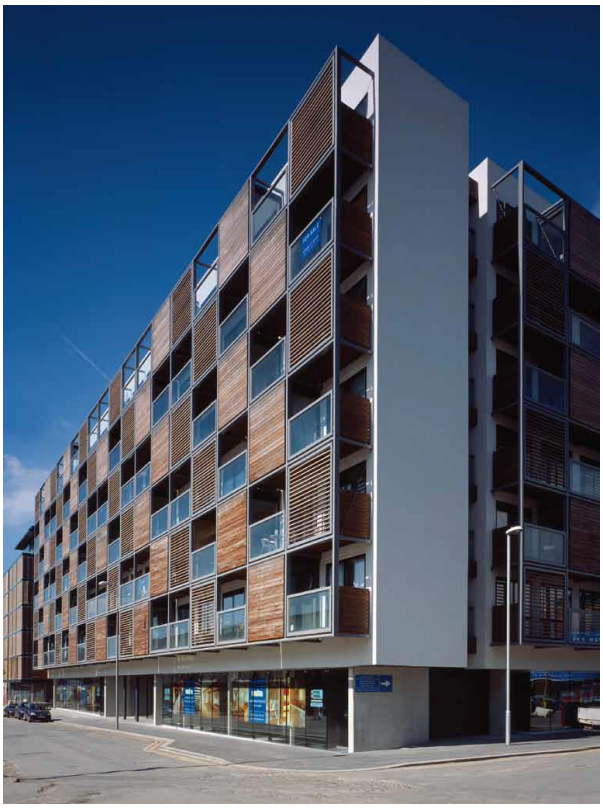
- Mayor of London’s Prize , New London Architecture
- Temprary Bulding Award , New London Architecture

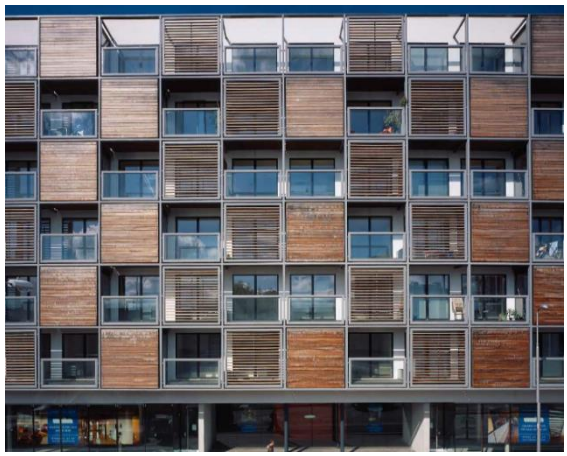
تصویر(۳-۱۱) اسکیس پروژه [۳۴]

MoHo Housing (Manchester 2005)

آپارتمان پیش ساخته ۱۰۲ واحدی واقع در منچستر انگلستان است. این پروژه سفارش شرکت "Urban Splash" و طراحی دفتر " Shedkm" برای سایت "Britania Basin" می‌باشد.

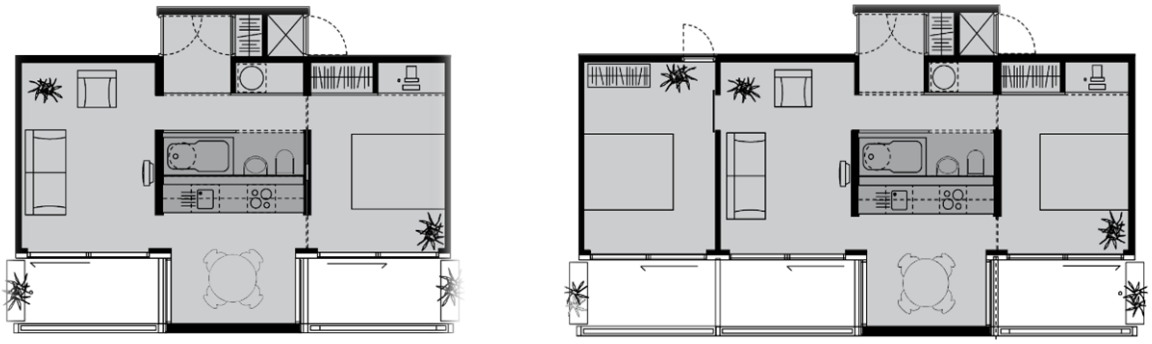
شرکت "Urban Splash" اولین توسعه دهنده در انگلستان است که ساخت مدولار را به بازار خانه های خصوصی ارائه کرده است.





تصویر(۳-۱۲) نماهای کلی پروژه MOHO [۳۷]

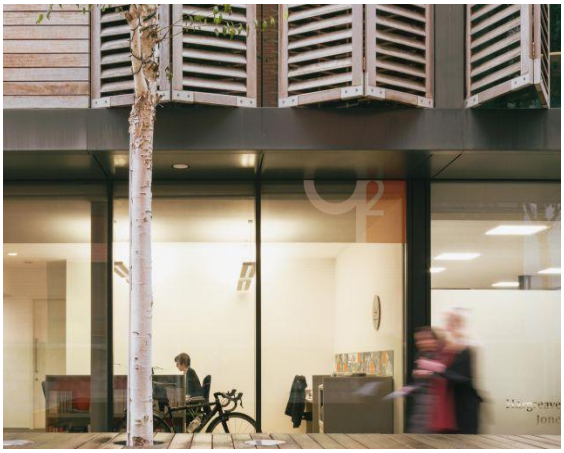
پروژه Moho دارای ۱۰۲ واحد ۲خـوابه به همراه فضـــای ناهـــارخوری و ۱خـوابه بدون فضـــای ناهـارخوری و یک خوابه با ناهـارخوری است. واحدهای این آپارتمان حول آشپزخـــانه و حمام مرکزی به همراه فضـای نشیمن و اتاق‌هایی در دو طرف ، هم‌چنین فضـای تراس مانند در قسمت جلوی مدول‌ها شکل گرفته است.



تصویر(۳-۱۳) پلان واحدها [۳۷]

تصویر(۳-۱۴) داخلی واحدهای [۳۸]

در اکثر پروژه‌های پیش‌ساخته، جهت‌گیری واحدها به صورتی است که قسمت جلو (سطح نورگیر) محدود و پلانی عمیق دارند تا اندازه مدول‌ها برای حداکثر ابعاد مجاز در حمل و نقل تنظیم شوند، امّا در این پروژه با چرخاندن ۹۰درجه واحدها ،سطح نورگیر حداکثر عرض را پیدا کرده و ماژول پایه گسترش یافته است. سپس، چارچوبی خارجی طراحی شده که در آن یک سری اجزا پیش‌ساخته برای تکمیل مدول پایه از جمله، تراس، غلاف‌های ناهارخوری و نرده‌های سفالی ساخته می شود. این جز تکمیلی ظاهری لایه‌ای به نمای ساختمان داده است.



تصویر(۳-۱۵) واحدهای تجاری [۳۸]

در طبقه همکف این پروژه یک فروشگاه، دو بار، رستوران و دفترهایی واقع شده اند، در نتیجه امکانات زیادی در اختیار ساکنین این مجموعه قرار داده شده است.

- **از کارخانه تا خانه**

حال به شرح مراحل ساخت این پروژه از کارخانه تا اجرای آن می پردازیم:

مرحله اول: پیش‌سازی ماژول‌ها خارج از سایت۱

تصویر(۳-۱۶) آماده‌سازی سایت [۳۸]

آپارتمان Moho تماماً به صورت ۱۰۲ مدول حجمی در کارخانه "Yorkon" واقع در "York" ساخته شد. آنها براساس فرمول آزمایش شده این کارخانه یعنی استفاده از یک ساختار فولادی مقاوم با کف و دیوار های محصور شده از ورق های فولادی، تخته خورده چوب و تخته های گچی با طراحی دفتر معماری Shedkm ساخته شده اند.

طول دیوارهای جانبی مدول‌ها ۹,۰۵ متر بوده و دیواره‌های خارجی کاملا لعاب داده شده اند. مدول‌ها بیشتر از ۴,۱ متر گسترش پیدا نکردند تا بدون نیاز به اسکورت پلیس،که قیمت بالایی دارد، منتقل شوند.

مرحله دوم: پیش سازی ماژول ها خارج از سایت۲

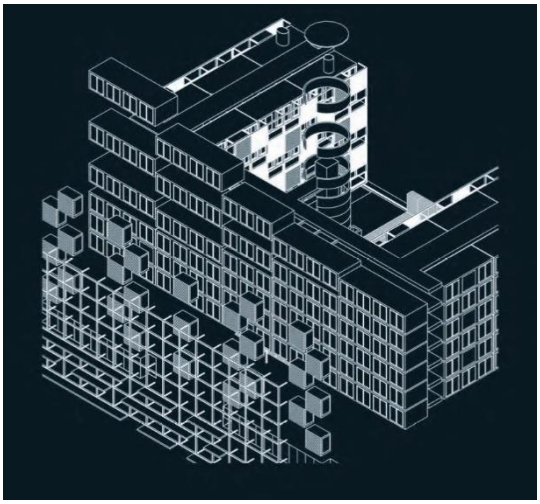
مدول‌ها به طور کامل در کارخانه با آشپزخانه ، لوازم برقی، حمام و پانل‌های دیواری تجهیز شده‌اند . تمام ساخت و ساز برای هر واحد ۱۸روز کاری طول کشیده و این تولید صنعتی استاندارد در داخل کارخانه، ساخت و تکمیل دقیق و بدون نقص را تضمین کرده است.

مرحله سوم: دسترسی ها

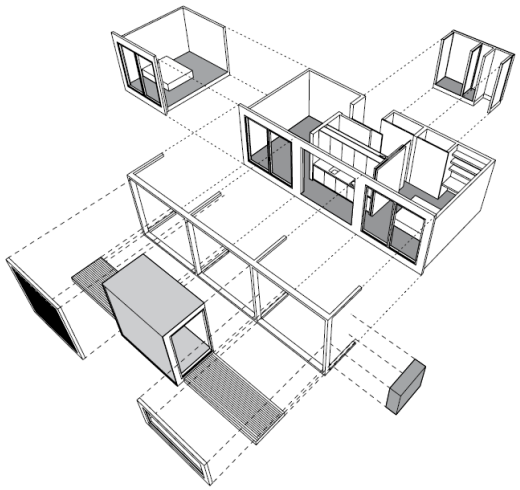
در وجهی دیگر از فرایند ساخت‌وساز انبوه، قبل از برپایی مدول‌های پیش‌ساخته، سکوهای دسترسی خود ایستا، از جنس بتن مسلح پیش‌تنیده ساخته شده اند.

همزمان با ایجاد سکوهای دسترسی عریض، سازه های فولادی عظیم که بصورت پشت به پشت به یکدیگر وصل شده اند، وظیفه تامین مقاومت جانبی مدول‌های آپارتمان را بر عهده دارند.

سازه فولادی شش طبقه بر روی دو طبقه سازه انتقالی بتنی که نقش طبقات پارکینگ را هم ایفا می کنند، برپا شده است.



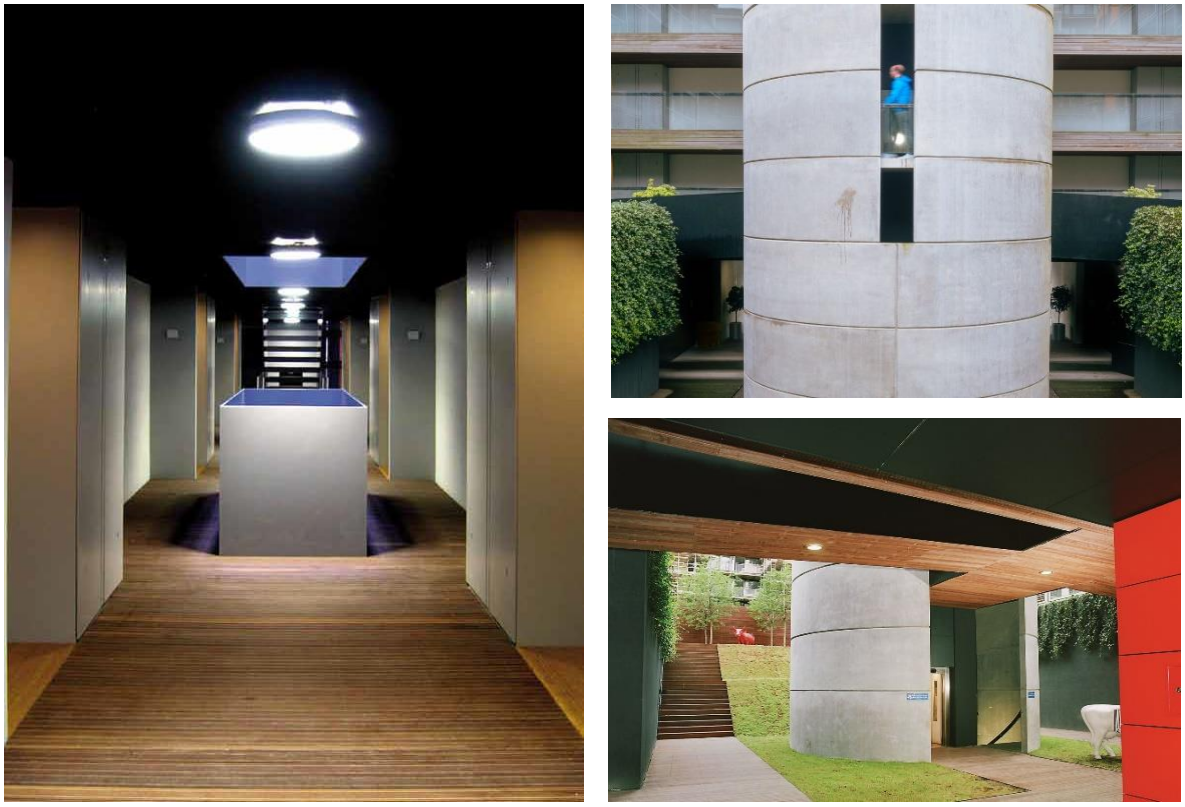
تصویر(۳-۱۷) شکل‌گیری عناصر الحاقی و ماژول‌ها [۳۷]



تصویر(۳-۱۸) اتصال عناصر الحاقی به ماژول‌ها [۳۷]

مرحله چهارم: نصب مدول‌های پروژه

تمام ۱۰۲ مدول ۸۰ مایل حمل شده و در موقعیت خود توسط کارخانه نصب شده‌اند. تمام ۶ طبقه،که حداکثر ارتفاع مدول‌های قاب فولادی می باشد، در طول ۶ روز و بین سازه‌های دسترسی فولادی ساخته شده اند و در شکاف‌هایی افقی باریک بین طبقه‌ها باقی مانده است.



تصویر(۳-۱۹) دسترسی‌های [۳۷]

مرحله پنجم: نصب و راه اندازی سکوها

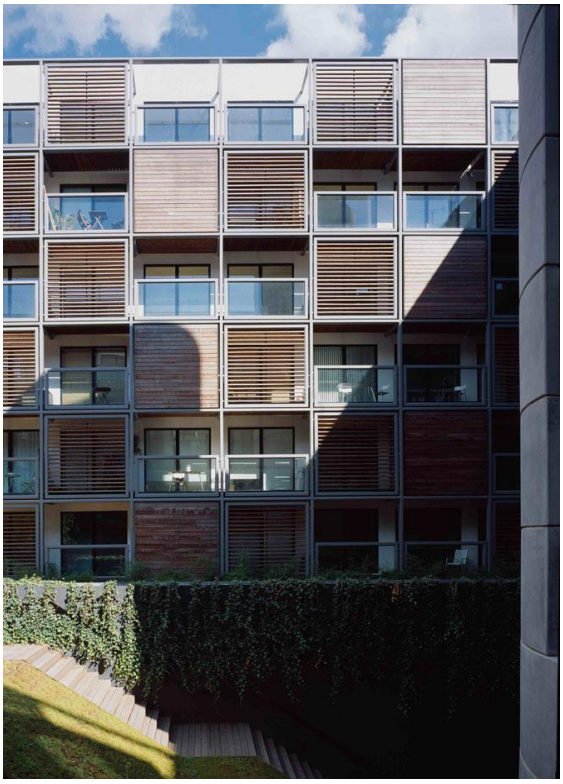
سکوهایی سر پوشیده برای فضای ناهارخوری در قسمت خارجی و برای ورودی‌ها در سمت دسترسی به راهروها در نظر گرفته شده است. سکوهای ناهارخوری به ستون‌های فولادی مدول‌ها با پیچ‌هایی خودکار متصل شده است. لوله‌های فاضلاب،آب، برق وکانال‌های تهویه که در بالا و پایین هریک از مدول‌ها در قسمت آشپزخانه و حمام قرار دارند به یک داکت در قسمت ورودی متصل می شوند.

مرحله ششم: ساخت سازه بالکن

فریم‌های فلـــــزی در خارج از مدول‌ها برای حمایت بالکن و فضـای ناهارخوری نصب می‌شوند. آن‌ها به ســـاختارهای فولادی مدول‌ها از طریق شکاف افقی بین مدول‌ها متصل می‌شوند.

مرحله هفتم: پایان کار

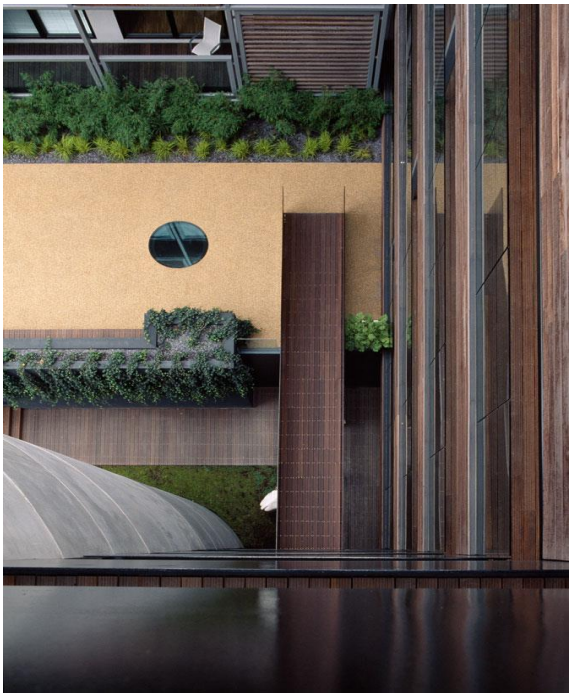
کف‌پوش و پنل‌های خـــارجی به ساختار بالکن متصل شده و چـــهره صلب مدول‌هـــا و شکـــاف بین آنها را می‌پوشـــاند. سپس حیـــاط و محوطه‌سازی انجام شده و در کـــل این پروژه در ۱۷مـــاه ســـاخته شده اســـت.

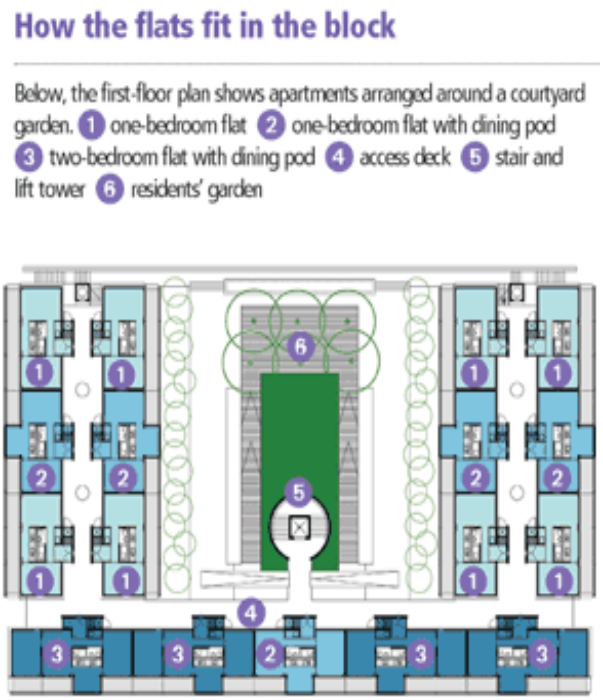


تصویر(۳-۲۰) نمای بالکن‌های پروژه [۳۷]

"Moho" برنده ۸ جایزه در زمینه نوآوری ،اجرایی و بازاریابی است. جوایزی همچون: [۳۷]

- *RIBA Award for Architecture 2006 (Gold, best housing project)*
- *Roses design award 2006 (Best Housing Design and Grand Prix)*
- *FRA National RBM Awards 2006, New Build Best Project*
- *FRA National RBM Awards 2006, Best in Show*
- *Building Magazine Awards 2005, Major New Housing Development*
- *Manchester Evening News Property Awards 2005, Best Starter Home*





تصویر(۳-۲۲) پلان پروژه [۳۷]

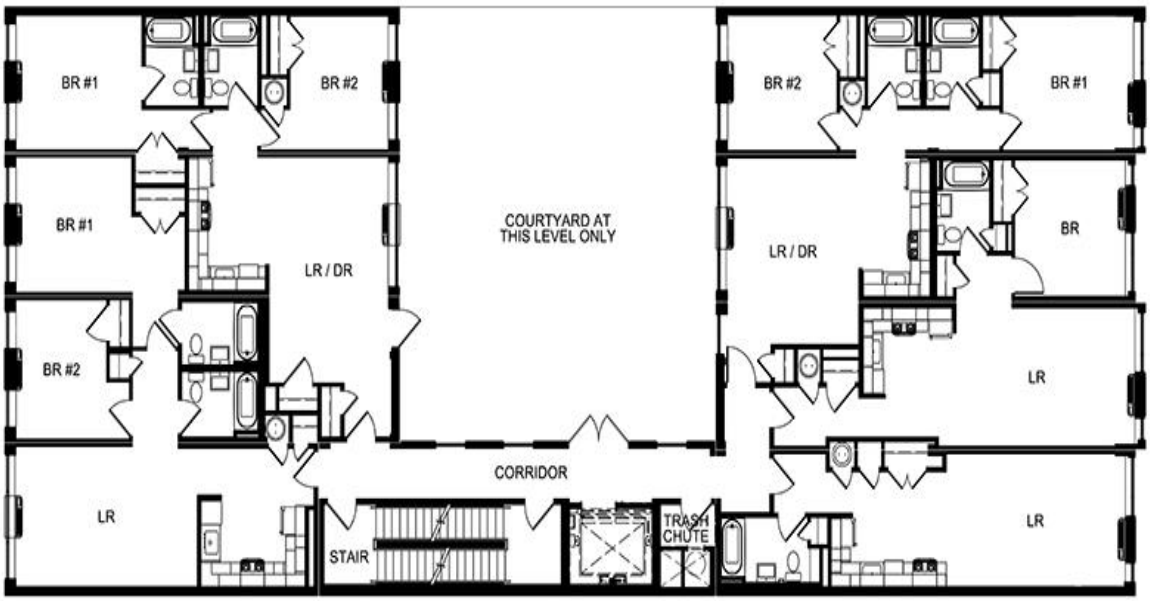
تصویر(۳-۲۱) محوطه پروژه [۳۷]

The Stack Apartment (New York 2013)

تصویر(۳-۲) لابی پروژه [۳۹]

تصویر(۳-۲۴) نمای پروژه Stack [۴۰]

"The Stack" یک آپارتمان مسکونی مدرن هفت طبقه به همراه یک خرده‌فروشی در طبقه اول و یک زیرزمین، به مساحت حدودا ۳۸۰۰۰ فوت مربع می‌باشد. طراحی ماژول‌ها توسط شرکت "Gluck+" بوده و توسط کارخانه "Deluxe Building Systems" در پنسیلوانیا ساخته شده اند. این پروژه یکی از اولین آپارتمان‌های مدولار در منهتن است که پیش‌بینی شده می‌تواند پاسخ مناسبی به مسکن ارزان قیمت در این شهر باشد.

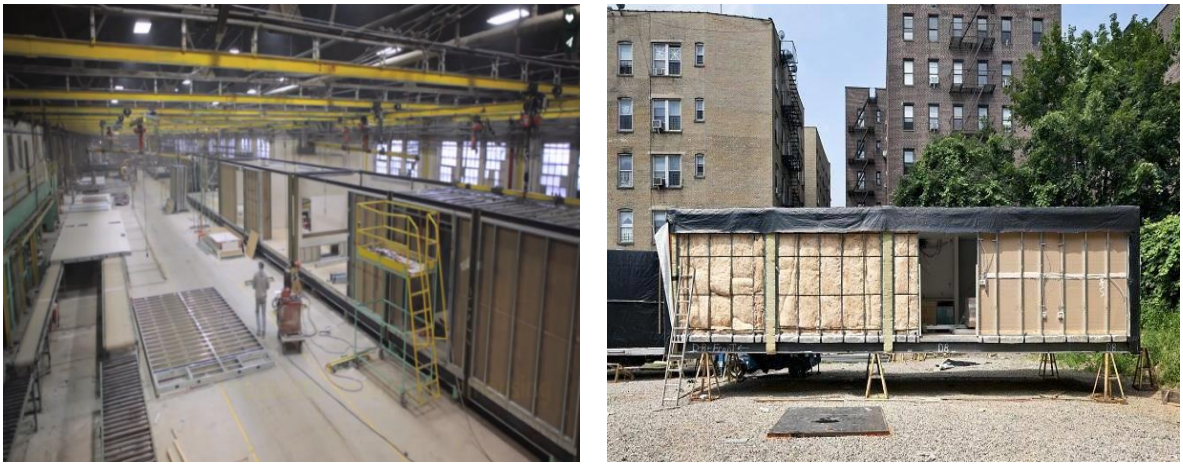


تصویر(۳-۲۵) پلان طبقه اول پروژه [۴۱]

ساخت و ساز مدولار برای این پروژه انتخاب شد زیرا هزینه ساخت به حدودا ۲۰ درصد کاهش می‌یافت و تمام مدول‌ها به صورت کامل در کارخانه اجرا می شدند (همراه حمام‌ها سرویس‌ها ، کف ، آشپزخانه و تراس‌ها ، کمدها و...).

تصویر(۳-۲۶) نمای داخلی واحدهای پروژه [۴۲]

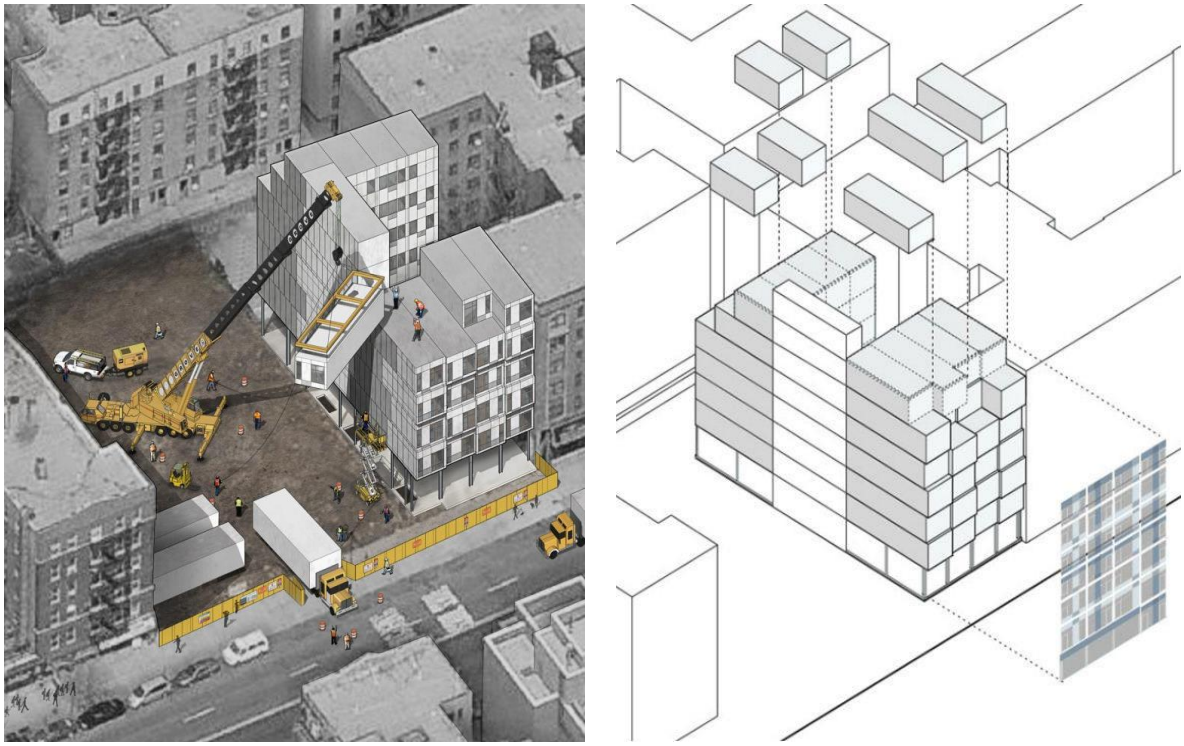
همانطور که ۵۶ مدول در کارخانه در حال آماده سازی بودند ، یک شرکت ساختمانی در منتهن نیز در حال آماده سازی فونداسیون ، زیرزمین و طبقه اول بود . پس از آماده سازی سایت، نصب مدول‌ها با یک پرسنل هشت نفره و یک جرثقیل، فقط ۱۹ روز به طول انجامید . این مدول‌ها بر روی ستون‌های فولادی که سطح اول را شکل میدهند قرار گرفتند .



تصویر(۳-۲۷) مراحل ساخت واحدهای پروژه [۴۲]

طبق برآورد سازنده پروژه با کاهش ۶ تا ۸ ماه از زمان ، و ۱۵ تا ۲۰ درصد از هزینه ساخت ، ساختمان حدود ۷ میلیون دلار ذخیره مالی داشته است .

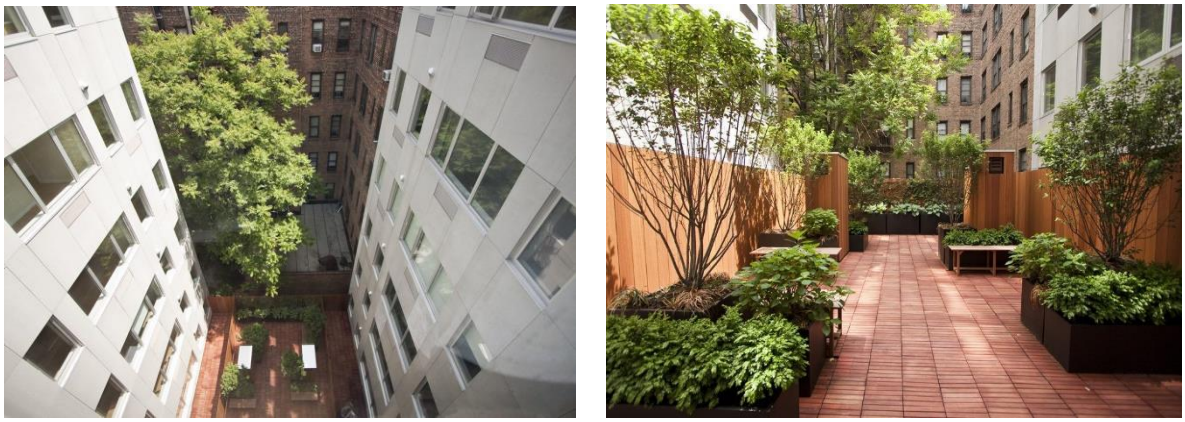
تصویر(۳-۲۸) آماده‌سازی و نصب واحدهای پروژه [۳۹]



تصویر(۳-۲۹) تصویر شماتیک از نحوه قرارگیری و نصب مدول‌ها [۳۹]

با وجود ساختار یک پارچه و مدولار در نما، این پروژه دارای واحدهای یک (استودیو) تا سه خوابه با پلان هایی متفاوت و اکثرا دارای تراسی شخصی است.

برای افزایش سطح نورگیری واحدها و کیفیت پلان ها، یک فضای مرکزی بر روی سطح اول ایجاد شده که در امتداد فضای مرکزی ساختمان مجاور میباشد، این کنارهم قرارگیری حیاط ها باعث شده نور بیشتری به داخل واحدهای هردو ساختمان نفوذ کرده و هیچ یک مانع نورگیری دیگری نشود.



تصویر(۳-۳۰) تراس واحدهای پروژه [۴۲]

فصل چهارم

«تحلیل سایت و

مبانی طراحی »

۴-۱- بررسی سایت پروژه

۴-۱-۱- وضعیت جغرافیایی

شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۲ با احتساب نواحی منفصل توس و قرقی با ۳۲۸ کیلومتر مربع مساحت، در شمال شرق ایران و در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۳۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۷ دقیقه و در حوضه آبریز کشفرود، بین رشته کوه‌های بینالود و هزار مسجد واقع است. ارتفاع شهر از سطح دریا ۹۹۹ متر و فاصله‌ی آن از تهران ۹۶۶ کیلومتر است[۴۴].

تصویر(۴-۱) نقشه شهر مشهد[۴۳]

۴-۱-۲- وضعیت فرهنگی

از لحاظ فرهنگی از آنجا که مشهد شهری زواری و جاذب ایرانگرد و جهانگرد است و از طرفی دارای نقاط جذب زیادی از لحاظ امکانات ، گستردگی فعالیت های مختلف اقتصادی ، امکان اشتغال ، موقعیت خاص مذهبی و اعتقادی و آب و هوای مناسب می باشد، افراد مختلف با سطح سواد ، فرهنگ ، اعتقادات و آداب و رسوم متفاوت را در کنار یکدیگر گردآورده است؛ که این امر امکان بروز تعارضات و برخوردهای اجتماعی را با توجه به تفاوت‌های زیاد و در نتیجه مشکلات و معضلات فرهنگی _ اجتماعی فراهم می کند.

۴-۱-۳- جمعیت[۴۴]

شهر مشهد، در سده اخیر از رشد جمعیت بالایی برخوردار بوده‌است. در نخستین سرشماری رسمی ایران که در سال ۱۳۳۵ انجام گرفت، این شهر، با ۲۴۱,۹۸۹ نفر جمعیت پس از شهرهای تهران، تبریز و اصفهان،

چهارمین شهر پرجمعیت ایران بود. در سرشماری بعدی و در سال ۱۳۴۵، این شهر پس از تهران و اصفهان، جایگاه سوم را در بین شهرهای ایران داشت. در سرشماری سال ۱۳۵۵، مشهد، پس از تهران، دومین شهر پرجمعیت ایران بود و تا آخرین سرشماری در سال ۱۳۹۰، همین جایگاه را داشته است.

براساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ خورشیدی، جمعیت شهر مشهد (بدون در نظر گرفتن توس و قرقی) در این سال، بالغ بر ۲,۷۶۶,۲۵۸ نفر بوده‌است[۴۴].

۴-۲- مطالعات اقلیمی

از نظر تقسیمات اقلیمی، شهرستان مشهد در منطقه خاص تابستان‌های گرم _خشک و زمستان‌های سرد قرار دارد. این شهر به علت موقعیت جغرافیایی خاص خود، زمستان‌ها همواره در معرض جریان‌های سرد ازسمت شمال قرار می‌گیرد و به همین لحاظ در زمره مناطق سرد سیر به شمار می‌رود.

۴-۲-۱- دمای هوا

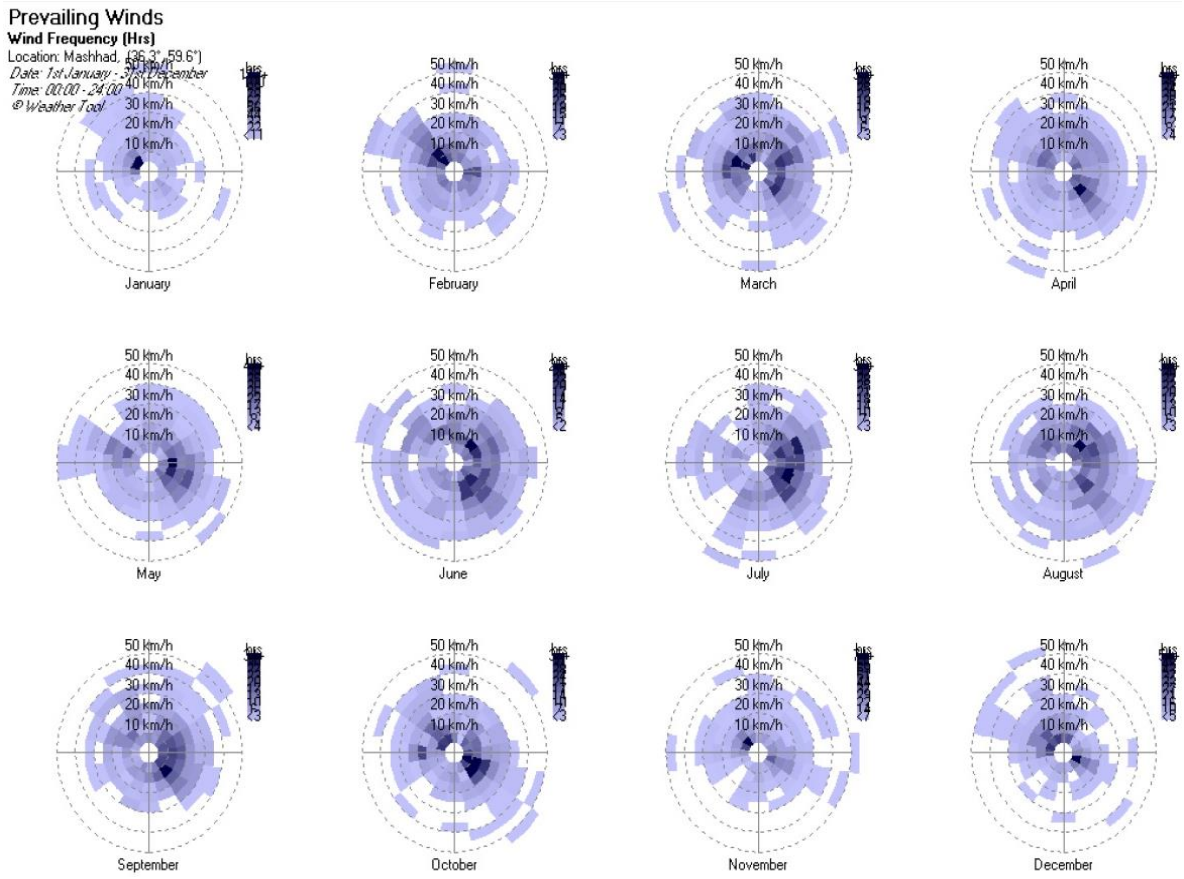
طبق داده های اقلیمی سازمان هواشناسی کشور از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷ اگر به طور متوسط دمای مطلوب را۱۸ تا ۲۶ درجه در نظر بگیریم، وضعیت دمای هوا در روز در ۷ ماه از سال سرد ، در ۳ ماه مطلـوب و در ۲ ماه گرم است. نیاز به خنک کردن فضـا فقـط در ۴ مـاه از سال آن هم در روزها ضـروری است . در شب‌های فصل تابستان ، هـوا نسبتا مطلـوب است. حداکـثر دمـا در سال حدود ۴۰درجه است و حداقـل دمـا در سـال به منفی ۱۷ درجـه هم می‌رسد.

۴-۲-۲- وزش باد

درصد و سرعت وزش بادهایی که در فصل تابستان می وزند بیش از سایر بادها است .گرچه بادهای پاییزی و زمستانی به ترتیب درصد و سرعت کمتری دارند. اما به دلیل سردسیر بودن منطقه و با توجه به اهمیت

گرم کردن فضاهای داخلی نسبت به سرد کردن این فضاها، می‌بایست جهت وزش این بادها را کاملا مورد توجه قرار داد.

بادهایی که در ماه‌های سرد می‌وزد، علاوه بر آنکه اتلاف حرارت ساختمان را بالا برده، مصرف سوخت سیستم‌های گرم کننده ساختمان را نیز می‌افزاید. در شهر مشـهد جهت وزش بـاد غالب نـامطلوب در فصول زمستان و پاییز از شمـال غرب بوده و باد غـالب مطلـوب در فصـل‌های بهـار و تـابستان از شـرق و جنـوب-شـرقی جریـان دارند.



تصویر(۴-۲) نمودار گلباد ماهانه شهر مشهد خروجی نرم افزار ودرتول[۴۵]

تصویر(۴-۳) جهت وزش باد به سایت (نگارنده)

برای مقابله با باد نامطلوب از جانب غرب، اولین ایده کـاشت درختان همیشـه سبز مثل سرو و کاج در این جبهه می‌باشد که با توجه به همسایگی سایت پروژه با مجموعه ای از فضـای سبز همجـوار با این ویـژگی، تا حدی این امکـان بطـور بـالقوه در سـایت موجود اسـت.

۴-۲-۳- میزان بارندگی

متوسط بارندگی شهرستان مشهد بر طبق آمار ارائه شده اداره کل هواشناسی خراسان رضوی طی دوره آماری ۱۳۹۴_ ۱۳۶۸، ۲۳۳/۸ میلی‌متر بوده است. براساس داده‌های ارائه شده سازمان هواشنـاسی کشور بین سالهای ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷، میـانگین حداکثر بارندگی سالانه ۳۱۸/۰ میلی‌متر می باشد. هم‌چنین میزان بـارندگی در ماه‌های بهمن ،اسفنـد و فـروردین به حداکثـر و از خـرداد تا شـهریور (اواخر بهار تا اوایل پاییز) این بارندگی به تدریج به حداقـل کـاهش می‌یـابد.

رطوبت نسبی: طبق گزارش اداره کل هواشناسی خراسان رضوی، میانگین رطوبت نسبی هوا در مشهد ۵۳ درصد گزارش شده است. همچنین تعداد روزهای یخبندان سالیانه مشهد به طور متوسط ۸۵ روز بوده است.

۴-۳- اولویت اقلیمی

- قرارگیری بنا در جهت محور شرقی _ غربی
- استفاده از مصالح سنگین در دیوارهای خارجی و سقفها
- پیش‌بینی فضاهای خارجی برای استفاده در شب‌های تابستان
- استفاده از پلان‌های فشرده و متراکم
- به حداقل رساندن سطوح خارجی بنا
- قراردادن ساختمان‌ها در حداقل فاصله ممکن از یکدیگر
- مناسب‌ترین جهت استقرار با توجه به وزش باد و تابش آفتاب ۳۰ درجه غربی
- استفاده از گیاهان جهت تعدیل هوا و ایجاد مانع در جهت وزش بادهای مزاحم

برای استفاده از اکسیژن تولید شده توسط گیاهان می توان از درختان خزان دار استفاده نمود . از آنجا که جهت وزش بـــاد در بهار و تابستان که درختان اکسیژن تولید میکنند ، از دو سمت شرق و جنوب شـــــرق اســت ، می بایست حاشیه های شرقی وجنوب شرقی محدوده های مورد نظر را به فضای سبز اختصاص داد تا با استفاده از جریان باد اکسیژن مورد نظر محیط تامین گـــــردد.

۴-۴- بررسی سایت

۴-۴-۱- بار ترافیکی و مسیرهای دسترسی

سایت پروژه در مجاورت یکی از میادین قدیمی و اصلی شهر مشهد یعنی میدان فردوسی واقع شده است. بلوار شهید صادقی که تحت عنوان بلوار سازمان آب نیز شناخته می شود، مسیری با ترافیک غالبا روان بوده که به موازات سایت پروژه دسترسی بسیار مناسبی برای آن ایجاد می‌نماید. لازم به ذکر است یکی از

ایستگاه‌های خط ۳ مترو مشهد که در حال حاضر در دست ساخت می باشد، در میدان فردوسی جانمایی شده است که این موضوع بر سهولت دسترسی به مجموعه خواهد افزود.

۴-۴-۲- کاربری‌های اطراف سایت

از کاربری های مهم در مجاورت سایت پروژه می‌توان به مجتمع‌های مسکونی ششصد دستگاه و هم‌چنین مجتمع مسکونی بلندمرتبه متعلق به بانک ملی اشاره کرد. از دیگر کاربری‌ها میتوان مجموعه های آموزشی-فرهنگی کارگران در شمال و شرق پروژه و هم‌چنین ورزشگاه ۳۰ هزارنفری امام رضا(ع) را نام برد، که گاها در مواقع برگزاری رویدادهای فرهنگی و ورزشی ممکن است موجب ترافیک و اختلال در دسترسی به مجموعه مسکونی مورد بحث شوند. در غرب مجموعه همسایگی‌های اداری در حاشیه بلوار خیام وجود دارند که در طی روز بار ترافیکی سنگینی برای دسترسی از سمت غرب به پروژه تحمیل نموده و در شب بدلیل تعطیلی کاربری‌ها، محدوده ای نسبتا سوت و کور همراه با کاهش حس امنیت در این بخش ها را به همراه دارند.

تصویر(۴-۴) کاربری های اطراف سایت (نگارنده)

۴-۴-۴- جهت گیری، نور و دید و منظر

با توجه به موقعیت حداکثری تابش در طی روزهای سال و همچنین جهت وزش بادهای مطلوب، زاویه ی چرخش ۳۰ درجه غربی، مناسب‌ترین زاویه قرارگیری بلوک ها می باشد.

همچنین جهت بهبود دید بلوک‌ها، فضاهایی محصور داخل هر کلونی در نظر گرفته شده است.علاوه بر آن فضای سبز مرکزی برای واحدهای رو به داخل مجموعه و برای واحدهای غربی دیدهایی به سمت غرب و پارک مجتمع همجوار منظور گردیده است.

تصویر(۴-۵) جهت گیری نور در سایت (نگارنده)

۴-۴-۳- آلودگی های صوتی سایت

تنها منبع آلودگی صوتی در اطراف سایت ، جداره شرقی آن بوده که همجوار بلوار شهید صادقی (سازمان آب) می باشد که میتوان با کاشت درختان انبوه، از شدت این نوع آلودگی کاست و مقدار آن را به حداقل ممکن رساند. همچنین با توجه به راهکارهای چیدمان بلوک و جهت گیری آنها نیز می‌توان موجبات کاهش آلودگی صوتی را فراهم نمود.

تصویر(۴-۶) شدت آلودگی های صوتی سایت (نگارنده)

۴-۴-۵- دید های اطراف سایت

۱)

۲)

۳)

٤)

٥)

٦)

تصویر(۴-۷) دیدهای اطراف سایت (منبع: نگارنده)

۷)

۸)

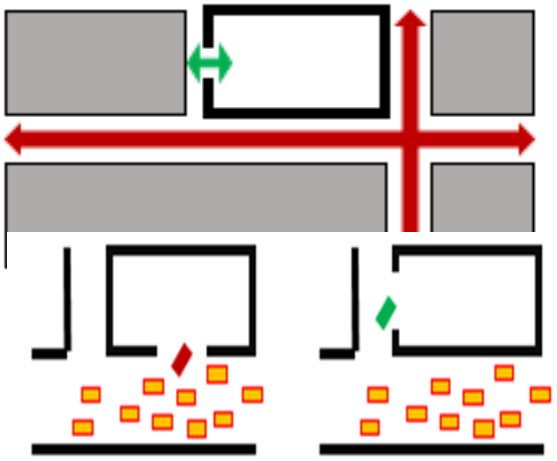
تصویر(۴-۸) دیدهای اطراف سایت (منبع: نگارنده)

۱)

۹)

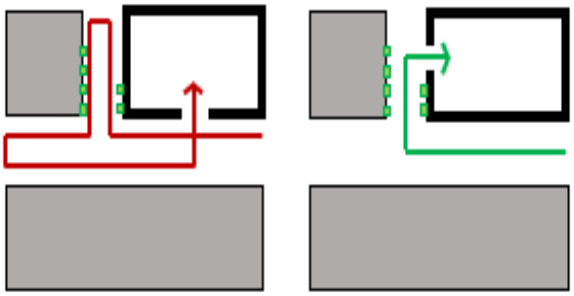
علاوه بر مسایل فوق الذکر، نکات زیر نیز در فرایند جانمایی دسترسی پروژه در نظر گرفته شدند:

- از آنجاکه مجتمع مسکونی دارای کاربری خصـوصی است و ورودی نباید ایجاد حس دعوت کنندگی داشته باشد، دسترسی به ســایت از معابر فرعی مناسب‌تر است.



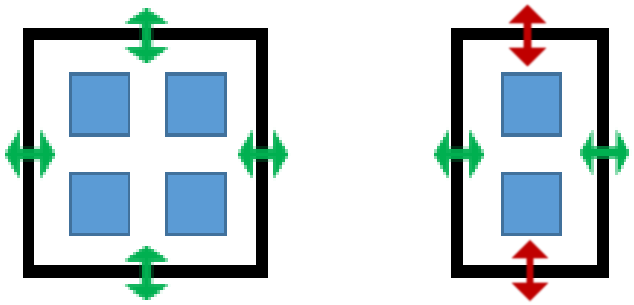
تصویر(۴-۱۰) دسترسی از معبر کم ترافیک

- ورودی مجتمع های مسکونی باید عاری از هر گونه بار ترافیکی باشد.
- در انتخاب محل ورودی توجه به کاربری‌های اطراف سایت ضروری است. بهتر است ورودی به نحوی تعریف شود که دسترسی به سایت در امتداد مسیرکاربری‌های سازگار با مجتمع مسکونی از قبیل سوپر مارکت ، خشک‌شویی ، میوه فروشی ، نانوایی و... باشد که با توجه به قرارگیری این قبیل کاربری‌ها در جداره‌ی غربی، مناسب‌ترین مکان ورودی نیز از همین جبهه تعریف می‌شود.



تصویر(۴-۱۱) دسترسی در راستای کاربری‌های سازگار

- همچنین ورودی به سایت باید با توجه به ابعاد و شکل زمین به نحوی تعبیه شود که دسترسی به نقاط و توده های مختلف به بهترین و آسان ترین شکل میسر شود.



تصویر(۴-۱۲) دسترسی به سایت با توجه به ابعاد زمین (نگارنده)

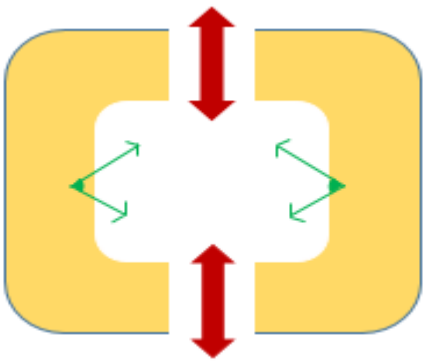
و نهایتا با توجه به نکات مطرح شده و همچنین برای حفظ روانی مسیر اصلی بلوار شهید صادقی، ورودی مجموعه به بخش غربی منتقل شده است تا سلسله مراتب دسترسی به مجموعه از لحاظ ترافیک بسیار روان و سلیس اتفاق بیفتد.

تصویر(۴-۱۳) بار ترافیکی اطراف سایت (نگارنده)

۴-۴-۶- سلسله مراتب دسترسی داخلی

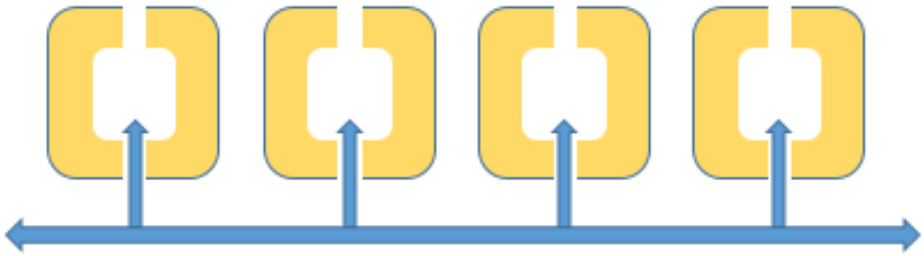
دسترسی‌ها و ساماندهی فضاهای داخلی مجموعه از جز به کل بوده و بدین ترتیب ابتدا کلونی‌هایی متشکل از ۴ الی ۶ واحد در هر سطح در نظر گرفته شده است. هر یک از کلونی‌ها فضاهایی نیمه محصور و سرسبز

در میان خود ایجاد نموده که علاوه بر فراهم کردن دید و منظر مناسب ،موجب افزایش ارتباطات ساکنین و همچنین محدوده‌ای ایمن و خوانا برای دسترسی به ساختمان‌ها شده است (تصویر ۴-۱۴).



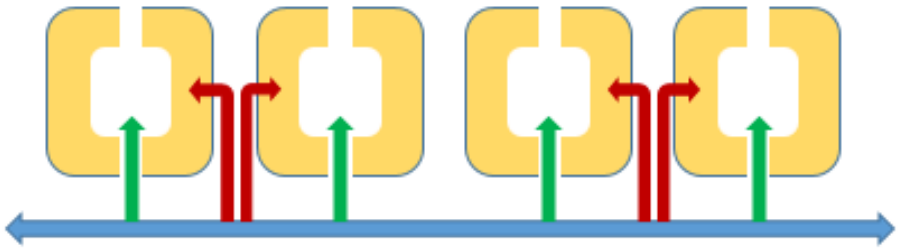
تصویر(۴-۱۴) فضای نیمه خصوصی بین کلونی ها

در مرحله دوم برای ایجاد ارتباط بین توده‌های هم اهمیت که هیچ کدام برتری خاصی نسبت به دیگری ندارند، به‌نظر می‌رسد بهترین سازماندهی،سازماندهی خطی باشد.



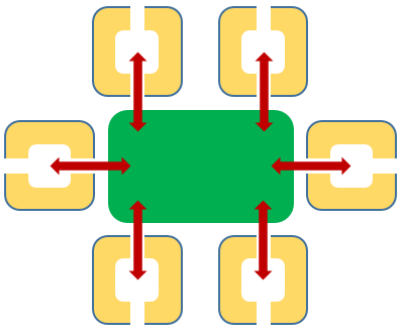
تصویر(۴-۱۵) سازماندهی خطی بین کلونی‌ها

همچنین جهت افزایش ایمنی و آرامیش خاطر ساکنین، دسترسی‌های پیاده و سواره هر یک از کلونی‌ها به‌صورت جداگانه تعبیه شده‌اند تا تداخلی با یکدیگر بوجود نیاورند.



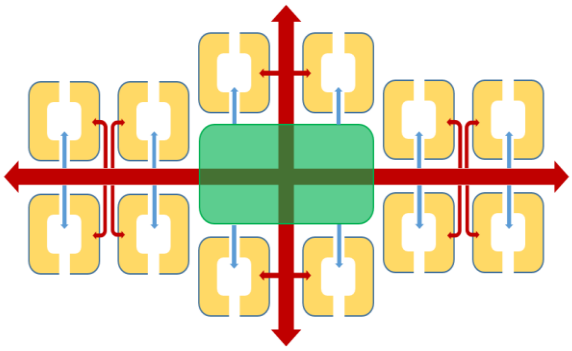
تصویر(۴-۱۶) جداسازی دسترسی پیاده و سواره

علاوه بر ایجاد فضاهای نیمه محصور داخل هر یک از کلونی‌ها، فضای سبز عمومی در مرکز مجموعه نقطه عطف ارتباطات انسانی در داخل مجموعه بوده و سازماندهی کلی مجموعه به دور آن خواهـــد بود.



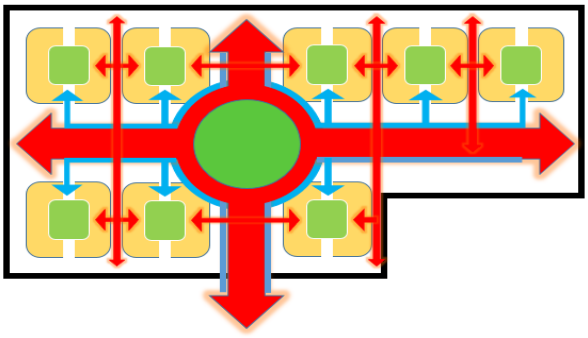
تصویر(۴-۱۷) ایجاد فضای سبز عمومی

ترکیب و تلفیق دو سازماندهی خطی بین کلونی‌ها با سازماندهی مرکزی کلونی‌ها حول پارک عمومی منجر به پیدایش یک سازماندهی شعاعی با محوریت فضای سبز مرکزی می گردد.



تصویر(۴-۱۸) سازماندهی شعاعی با محوریت فضای سبز

در عین حال باید در نظر داشت که در سازماندهی شعاعی با مقدار ثابت توده ها، هر چه تعداد انشعاب‌ها بیشتر باشد، مسیر و یافتن مقصد گنگ‌تر میشود که برای کاربری هایی چون مجتمع مسکونی که نیاز به دسترسی راحت و سریع و خوانا دارد مناسب نیست.



تصویر(۴-۱۹) لکه‌گذاری شماتیک

۴-۵-برنامه فیزیکی

جدول (۴-۱) برنامه فیزیکی (منبع: نگارنده)

نوع کاربری	تعداد	مساحت
واحد ۲ خوابه	۱۴۴	۱۰۰مترمربع
واحد ۲ خوابه	۱۶۸	۱۳۰مترمربع
واحد ۳ خوابه	۱۴۴	۱۶۰ مترمربع
واحد ۳ خوابه	۲۲	۱۶۵ مترمربع
فضای سبز بین بلوک ها	۱	۵۴۰۰ مترمربع
کافی شاپ	۱	۱۰۰مترمربع
استخر سرپوشیده	۱	۶۰۰ مترمربع
باشگاه ورزشی	۱	۳۵۰ مترمربع
زمین بسکتبال	۱	۳۶۰ مترمربع
زمین والیبال	۱	۲۴۰ مترمربع
نگهبانی	۱	۱۰ مترمربع

لازم به ذکر است سطح اشغال زمین ۳۰ درصد و تراکم پروژه حداکثر ۶ طبقه روی همکف در نظر گرفته شده است.

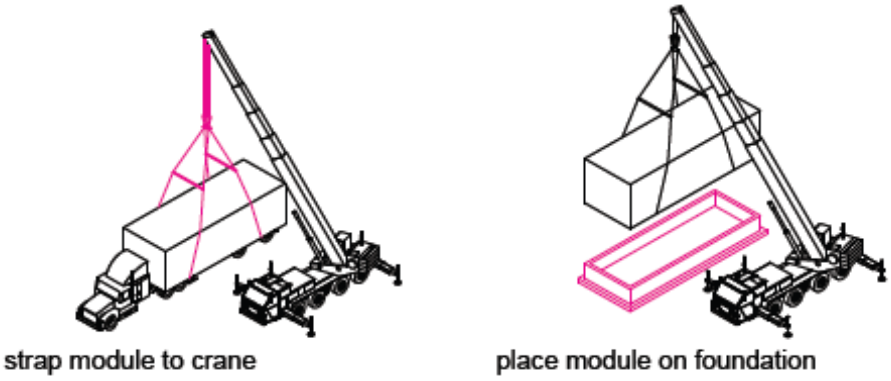
۴-۶- معیارهای طراحی پیش ساخته

با توجه به بررسی نمونه موردی های انجام شده در ساختمان‌های میان مرتبه که از فناوری پیش‌ساختگی بهره برده‌اند می‌توان به این نتیجه رسید که بهترین حالت ساخت مجموعه‌های مسکونی در چنین مقیاسی، بهره‌مندی از مدول‌های پیش‌ساخته در محل کارخانه و حمل، برپایی و نصب مدول‌ها در محل پروژه می‌باشد.

بدین ترتیب عوامل زیر نقش بسزایی در تعیین محدودیت‌ها و خط مشی‌های طراحی فنی واحدها و مدول‌ها خواهند داشت:

۴-۶-۱- حمل و نقل

از آنجایی که بخش عمده‌ی عملیات ساختمانی در خارج از سایت صورت می‌پذیرد و حجم عظیمی از مصالح و اجزای پیش‌ساخته بایستی به محل سایت پروژه منتقل گردد، حمل و نقل را می‌توان بعنوان تاثیر گذارترین عامل در تعیین ابعاد مدول ساختمان‌های پیش‌ساخته قلمداد نمود.



تصویر(۴-۲۰) تصویر شماتیک از حمل مدول‌ها [۴۶]

طبق مقررات حمل و نقل ایران ابعاد هر محموله نباید از ابعاد وسیله ی حمل کننده‌ی آن تجاوز نماید؛ بنابراین اگر برای حمل هر کدام از مدول‌ها یک تریلر ترانزیتی را در نظر بگیریم، حداکثر ابعادی که این تریلر می تواند بارگیری نماید ۲,۶ در ۱۴ متر است که بدین ترتیب ابعاد مدول‌های طراحی شده نباید از این متراژ تجاوز نماید؛ در غیر اینصورت باید برای حمل و نقل تمهیدات خاصی را از جمله محموله ترافیکی در نظر گرفت که با توجه به افزایش بسیار زیاد هزینه و همچنین شرایط و مقررات خاص استفاده از محموله‌های ترافیکی،از این روش صرف نظر کرده‌ایم.

۴-۶-۲- وزن

وزن هر یک از مدول‌ها باید به گونه ای تعیین گردد تا در هنگام بارگیری در محل کارخانه و برپایی در محل سایت، کمتر از حداکثر وزنی که جرثقیل‌ها می توانند تحمل نمایند باشد. با توجه به نوع سازه و عناصری که در هر یک از مدول‌ها در نظر گرفته شده است، این مقدار کمتر از محدودیت های وزنی خواهد بود. این امر به‌دلیل وجود جرثقیل‌های متنوع ثابت و متحرک با قابلیت حمل بارهای نسبتا حجیم میسر گردیده است و محدودیت چندانی بابت برپایی وجود نخواهد داشت. در این میان جاده‌های بین شهری و خیابان‌های درون شهری در حالت عادی دارای محدودیت خاص خود بوده و قابلیت کنترل و پیش بینی وضعیت آن‌ها وجود ندارد. در آینده نه‌چندان دور شاید بتوان از بالگردهای با ظرفیت بالا به‌گونه‌ای اقتصادی و مقرون به صرفه بهره برد و علاوه بر رفع محدودیت ابعاد، بر سرعت تحویل و ساخت مجموعه‌های پیش‌ساخته، افزود.

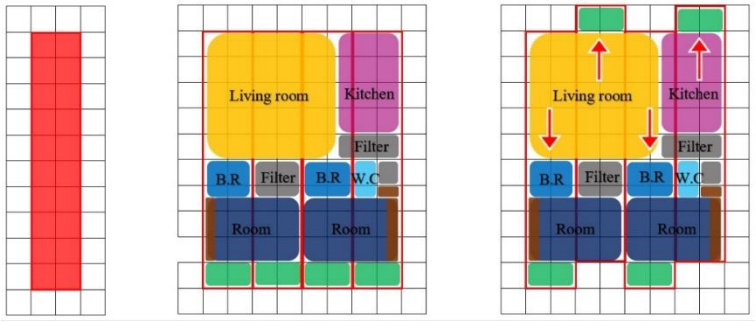
تصویر(۴-۲۱) برپایی مدول [۲۹]

۴-۶-۳- خصوصیات ساختمان های مسکونی

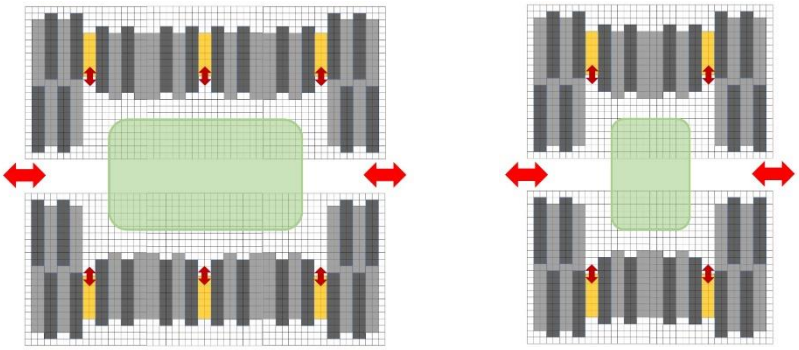
برای ایجاد شبکه‌ی پیمون‌بندی، ابعاد شبکه باید به نحوی طراحی گردد که مدول طرح، مضربی از مدول پایه ۱۰سانتی متری بوده و اندازه‌ی آن نه به قدری بزرگ باشد که در طراحی خورد فضاها به مشکل برخورد

و نه به آن حد کوچک باشد که نظم طراحی و ماهیت پیمون‌بندی و پیش‌ساختگی زیر سوال رفته و طراحی را دچار ابهام کند. در ساختمان‌های مسکونی فضای راهروها و عرض سرویس‌های بهداشتی بعد از کمد و گنجه و کتاب خانه، کمترین ابعاد را دارند که بر طبق استانداردهای داخلی و بین المللی این عدد حدود ۱ متر و ۲۰ سانتی متر است؛ لذا با توجه به ابعاد ریزفضاهای مسکونی و از طرفی ضوابط حمل و نقل و وزن، ابعاد شبکه پیمون‌بندی ۱,۳۰در۱,۳۰ متر در نظر گرفته شد که هم حداقل فضای مورد نیاز برای راهروها و سرویس‌های بهداشتی را در بر داشته باشد و هم با استفاده از نصف پیمون، بتوان فضاهای تاسیساتی شامل کمد، قفسه‌های کتاب و داکت‌ها را شکل داد. از طرفی برای استفاده‌ی حداکثری از ظرفیت تریلرهای ترانزیتی و بالا بردن بازده در زمینه‌ی حمل و نقل و به طبع آن کاهش هزینه، با قراردادن دو پیمون کنار هم، عرض هر مدول شکل می‌گیرد؛ که حداکثر عرضی است که می‌تواند بدون نیاز به محموله‌ی ترافیکی حمل شود. سپس سعی شد با در نظر گرفتن سلایق مردم ایران برای داشتن توأمان پذیرایی و اتاق خواب‌های بزرگ و همچنین تراس و فضاهای باز متنوع در ساختمان، با قرارگیری دو مدول کنار هم، اتاق و سه الی چهار مدول، نشیمن و پذیرایی شکل گیرند(تصویر ۴-۲۲). انتهای هر مدول نیز فضاهایی به منظور تشکیل تراس واحدها گنجانده شده است. لازم به ذکر است تمامی فضاهای خیس از جمله آشپزخانه، حمام و سرویس های بهداشتی به دلیل ملاحظات عایق بندی و نیاز به لوله کشی و چاه فاضلاب ،تنها در یک مدول قرار گرفته و برای جبران کمبود عرض آشپزخانه، قسمتی از کابینت و گاز آن که نیاز به لوله کشی و فاضلاب ندارد، درون مدول همجوار به‌صورت جدا قرار داده شده است. در ادامه با توجه به نتایج بدست آمده از تحلیل سایت، ایده‌های اولیه و لکه گذاری شماتیک انجام گرفته برطبق شکل و ابعاد سایت(تصویر۴-۱۹)، مدول‌ها در سایت جایگذاری شده و کلونی‌های مختلف شکل یافته اند (تصاویر۴-۲۳ و ۴-۲۴). همچنین بنا بر ماهیت پیش‌ساختگی و صنعتی‌سازی که در روح کل بنا دمیده شده، ابعاد تمامی مدول‌ها در کل احجام پروژه یکسان در نظر گرفته شده تا فرایند ساخت به‌صورت سری‌سازی صورت پذیرد و علاوه بر افزایش سرعت

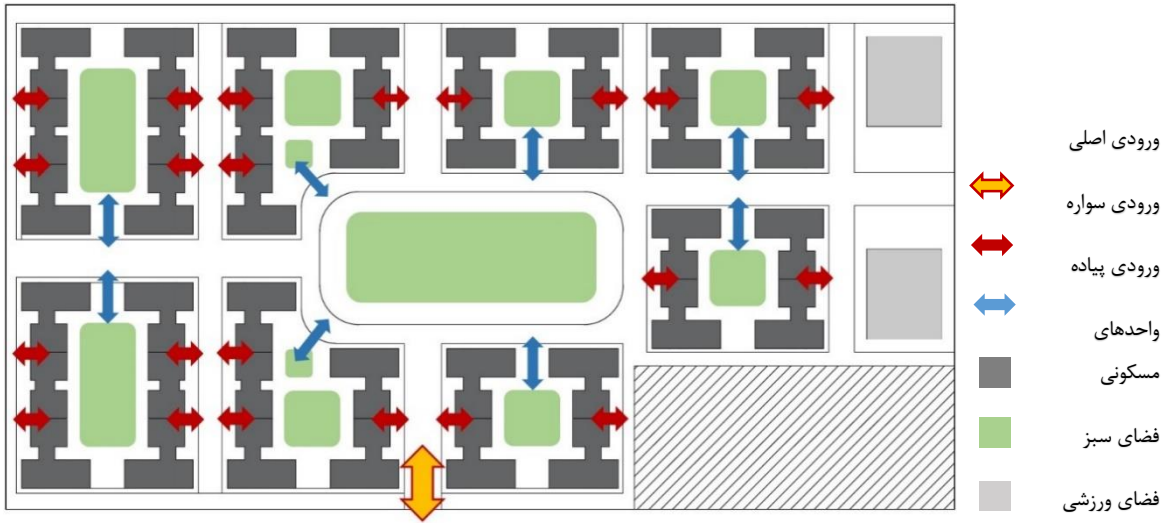
ساخت، موجبات کاهش هزینه‌ها نیز فراهم آید. به این ترتیب تنها با سر دادن مدول‌ها کنار هم در راستای طولی و بوجود آمدن پر و خالی‌های متعدد و تراس‌های مختلف در نما و تغییر یک الی دو پیمونی در چیدمان داخلی مدول‌ها، تلاش شده تنوع فرمی و به دنبال آن تنوع پلانی در ساختار بلوک‌ها منظور گردد.



تصویر(۴-۲۲) نحوه‌ی شکل گیری پلان یک واحد مسکونی



تصویر(۴-۲۳) نحوه‌ی شکل گیری بلوک‌ها و کلونی‌ها



تصویر(۴-۲۴) لکه گذاری نهایی

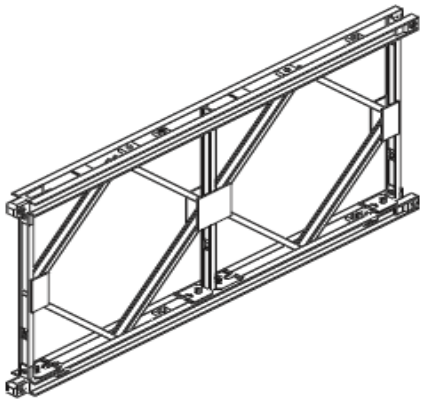
۴-۷- سیستم ساخت

همان‌طورکه مُفَصل در عناوین و جای جای این نوشتار مورد بحث قرار گرفته است، سیستمی که برای ساخت این بنا در نظر گرفته شده است ب‌صورت پیش ساخته می‌باشد. بخش های فوندانسیون به‌صورت درجا و تر اجرا می‌گردد و سایر بخش‌های مسکونی و خدماتی به‌صورت مدول‌های پیش‌ساخته کاملاً در محل کارخانه ساخته شده و نهایتا در سایت پروژه به یکدیگر متصل شده و ساختاری یکپارچه تشکیل می‌دهند.

۴-۷-۱- سازه

سیستم‌های ساخت متنوعی در صنعت ساختمان کشور برای ساخت بناهای متفاوت مورد بهره برداری قرار می گیرد و سازه به‌عنوان عنصر و شاکله اصلی ساختمان نقش تعیین کننده‌ای در فرایند ساخت، قیمت گذاری، امنیت ساکنین، سرعت ساخت و حتی زیبایی بنا ایفا می کند. علاوه بر موارد فوق، سازه می‌تواند فرصت‌ها و محدودیت‌هایی برای طراحی معماری فضاهای داخلی و فرم کلی بنا ایجاد کند. طبق نظرسنجی که روستا و کاظمی به‌منظور کاربرد سیستم‌های سازه‌ای در بین فعالان حوزه مسکن انجام داده‌اند، تمایل غالب به استفاده از سازه‌های بتنی می‌باشد. در عین حال با توجه به موارد مطرح شده در ارتباط با نحوه اتصال و همچنین وزن سازه‌های بتنی، این نوع سازه برای ساخت ساختمان‌های پیش‌ساخته نسبت به سازه‌های فلزی و چوبی، مناسب نمی‌باشد. به همین منظور برای ساخت مدول‌ها از سازه فولادی با اتصالات صلب بهره خواهیم برد. بدیهی است در صورت نیاز به سختی بیشتر سازه‌ای، اقداماتی چون مهاربندی‌های جانبی از طریق بادبندهای ضربدری و همچنین اجرای دیوارهای برشی در بخش‌هایی از بلوک‌ها قابل پیش-بینی خواهد بود که با نظر دقیق‌تر گروه سازه اعمال می‌گردد.

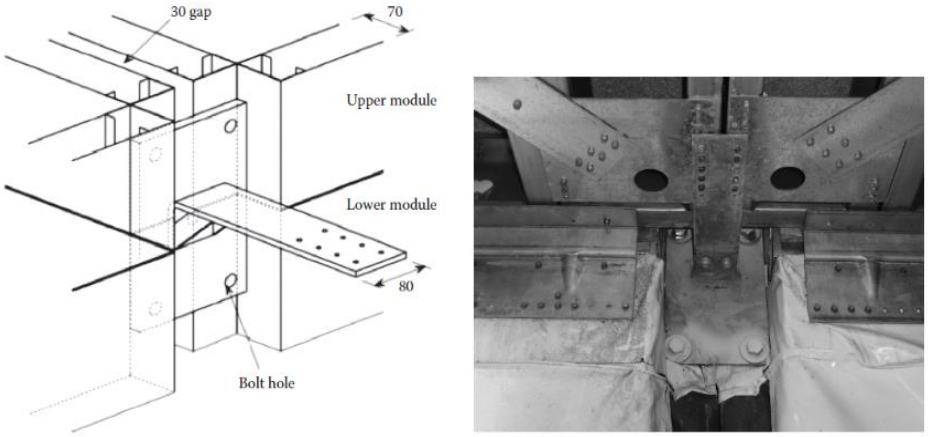
تصویر(۴-۲۵) مدول [۲۹]



تصویر(۴-۲۶) مهاربندی جانبی [۲۹]

۴ -۷-۲- اتصالات

همان‌طور که اشاره گردید سازه هر یک از مدول‌ها بصورت قاب‌های یکپارچه و صلب در نظر گرفته شده است که با اتصالات پیچ و مهره‌ای بصورت طولی و عرضی به مدول‌های مجاور متصل می گردد. اسلب‌های پیش‌ساخته با رویه نهایی چوب در محل کارخانه بر روی تیرچه‌های کف مدول‌ها نصب می‌گردد و عملکرد سازه‌ای برای آن تصور نگردیده است. سقف مدول‌ها نیز از اجزای آکوستیک و پیش‌ساخته از زیر به سازه‌ی سقف متصل می گردد و سایر اجزا و تجهیزات (که در قسمت تاسیسات مورد بحث قرار می‌گیرند) برروی سازه مذکور قرار می گیرند. در تصویر زیر نمونه‌ای از اتصال مدول‌های همجوار با استفاده از پیچ و یا پرچ نمایش داده شده است.



تصویر(۴-۲۷) اتصال بین مدول‌ها [۲۷]

۴-۷-۳- برپایی

همان‌طور که ذکر گردید سازه بخش‌های پایه‌ها و فوندانسیون بصورت بتنی و درجا در نظر گرفته شده است و سپس بر روی آن، هر یک از مدول‌ها به ترتیب قرار گرفته و اتصالات آن‌ها به‌صورت پیچ و مهره‌ای برقرار می‌گردد. لازم به ذکر است سیستم کلی سازه‌ای در نظر گرفته شده برای مدول‌ها، قاب‌های خمشی فلزی می‌باشد. این امر مزایای زیر را در پی خواهد داشت:

۱) استحکام کافی و عدم اعوجاج هر یک از مدول‌ها طی فرایند حمل و برپایی و نصب

۲) انتقال نیروهای جانبی پس از برپایی هر یک از بلوک‌ها و عملکرد یکپارچه در هنگام اتصال با سایر مدول‌ها

۳) اتصال آسان‌تر مدول‌ها به یکدیگر به‌دلیل استقلال سازه هر یک در مقیاس خرد

در تصاویر زیر به ترتیب اتصال بالابر بدون سازه واسط ، با تیر و یا قاب واسط نمایش داده شده است:

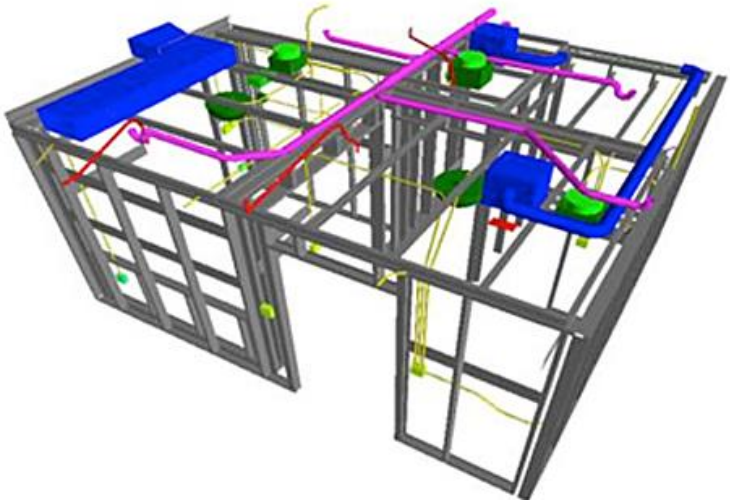
تصویر(۴-۲۸) اتصال بالابر به مدول بدون سازه واسط[۲۷]

تصویر(۴-۲۹) اتصال بالابر به مدول با قاب واسط[۲۷]

تصویر(۴-۳۰) اتصال بالابر به مدول با تیر واسط[۲۷]

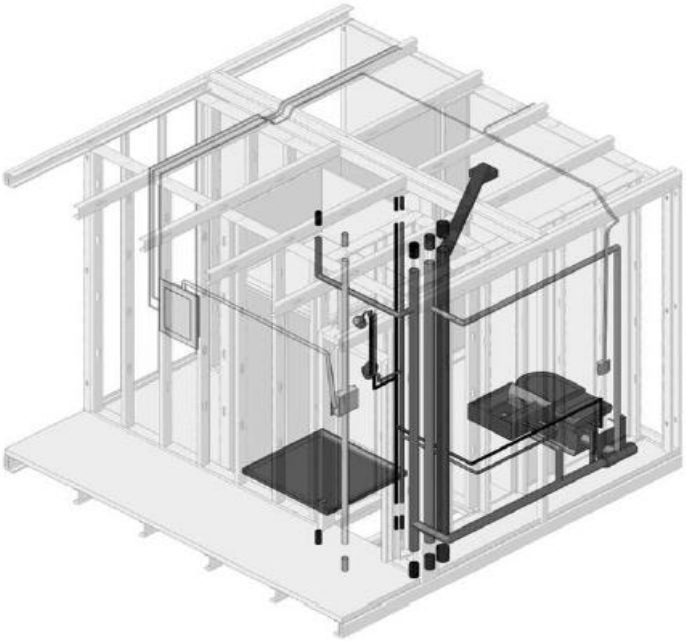
۴-۶-۴- تاسیسات و تجهیزات

تجهیزات مورد نیاز جهت تامین آسایش و تهویه مطبوع واحدها ترجیحاً سعی شده است به‌صورت مستقل فراهم گشته و در سطح واحد توزیع گردد. بنابراین برای تامین گرمایش و همچنین آب گرم مصرفی واحدها از پکیج‌های خانگی برای هر واحد استفاده شده است. توزیع و کنترل گرمایش واحدها با استفاده از فن‌کویل صورت می‌پذیرد. فن کویل‌ها می‌توانند بخشی از هوای ورودی دستگاه را از فضای آزاد بین سقف و کف طبقه فوقانی تامین کنند و همچنین می‌توان با استفاده از هواساز مرکزی، تامین هوای مطبوع و فیلتر شده را بر عهده هواساز مرکزی قرارداد و صرفا گرمایش و سرمایش واحد را از طریق فن‌کویل تأمین نمود که البته به دلیل عدم توجیه اقتصـــادی و افزایش وابستگی تجهیزات واحدها به تجهیزات مرکزی، این گزینه پیشنهـــاد نمی‌گردد. به‌منظور تأمین سرمایش واحدها در فصل گرم نیز از خنک کننده‌های تبخیری همچون کولرآبی و یا هواشوی‌ها استفاده می‌گردد تا علاوه بر کاهش دمای داخل واحد، موجبات افزایش رطوبت را نیز فراهم آورد. فضای ایجاد شده مابین سازه سقف و کف طبقه فوقانی جهت نصب تأسیسات مکانیکی و الکتریکی در نظر گرفته شده است و دسترسی انسانی از زیر سقف و همچنین از بالای آن به راحتی امکان پذیر خواهد بود. گردش هوا در این فضا موجب خنک ماندن دستگاه‌های تأسیساتی گردیده و البته در زمستان بایستی با بستن دریچه‌ها از نفوذ هوای سرد به داخل واحدها جلوگیری به‌عمل آید. فضای موجود امکان کنترل و نظارت بر تجهیزات، کانال‌کشی‌ها و تعویض سیستم‌ها، سیم‌کشی‌ها و همچنین لوله‌کشی‌ها را به سادگی فراهم خواهد آورد. همچنین جهت دفع فاضلاب و ایجاد شیب در لوله‌های آن فضای بسیار مناسبی بوده و امکان تشخیص هرگونه عیب، ترک خوردگی و ترکیدگی را برای ساکنین فراهم می‌نماید و تعویض و تعمیر آنها بدون هیچگونه مزاحمتی برای سایر واحدهای بالایی و پایینی امکان‌پذیر است.



تصویر(۴-۳۱) نمونه‌ای از تاسیسات مدول‌ها

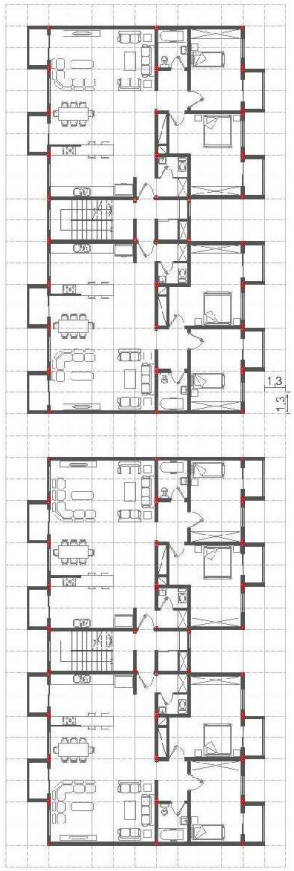
فرایندهای پیشنهادی در زمینه تأسیسات و تجهیزات و تسهیلاتی که به منظور تعمیر و تعویض آن‌ها در نظرگرفته شده است، در نگاه اول ممکن است بر هزینه اولیه هر یک از واحدها بیفزاید اما در بلند مدت موجب افزایش طول عمر واحدها و بطور کلی افزایش طول عمر کل بنا می‌گردد.



تصویر(۴-۳۲) نمونه‌ای از لوله کشی در مدول [۲۷]

فصل پنجم

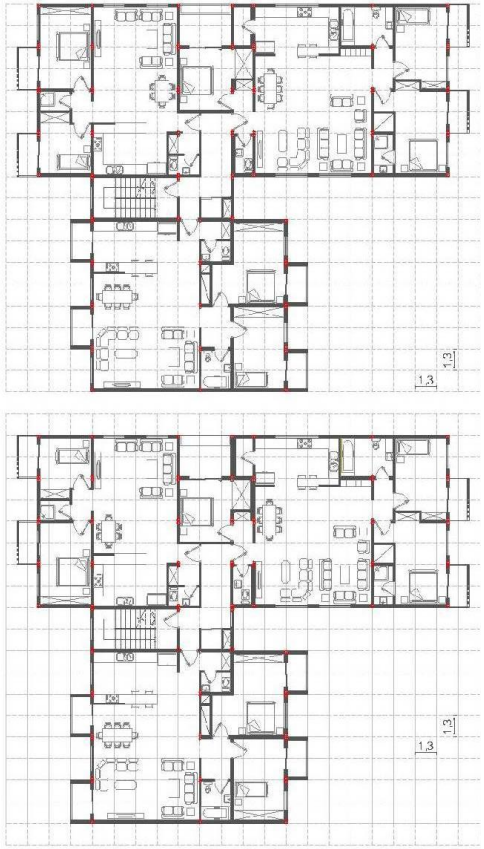
« مدارک فنی »



A1

A2

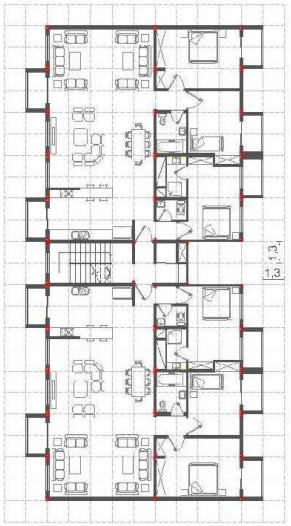
Type plan A



B1

B2

Type plan B



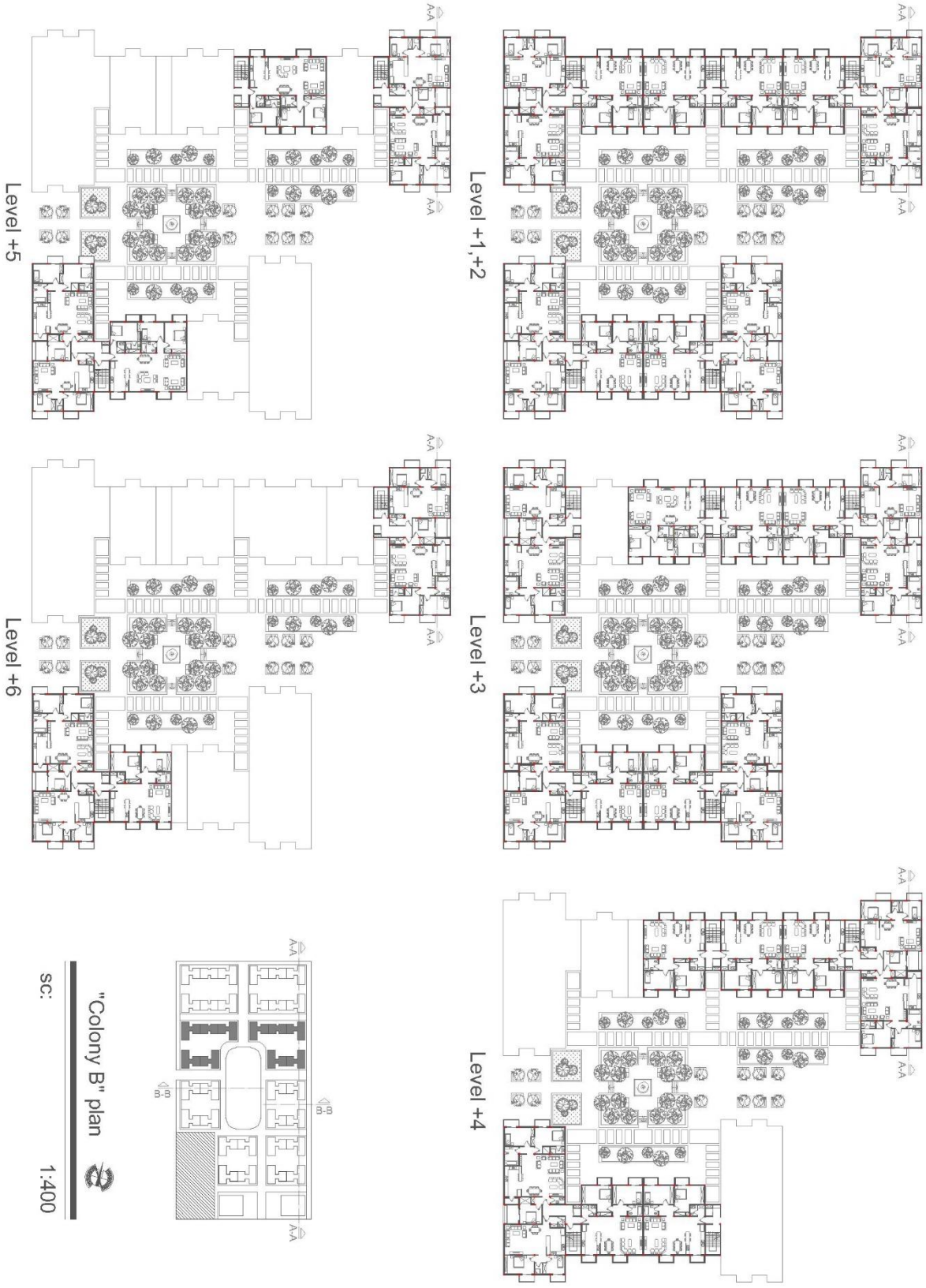
C

Type plan C

Type plan

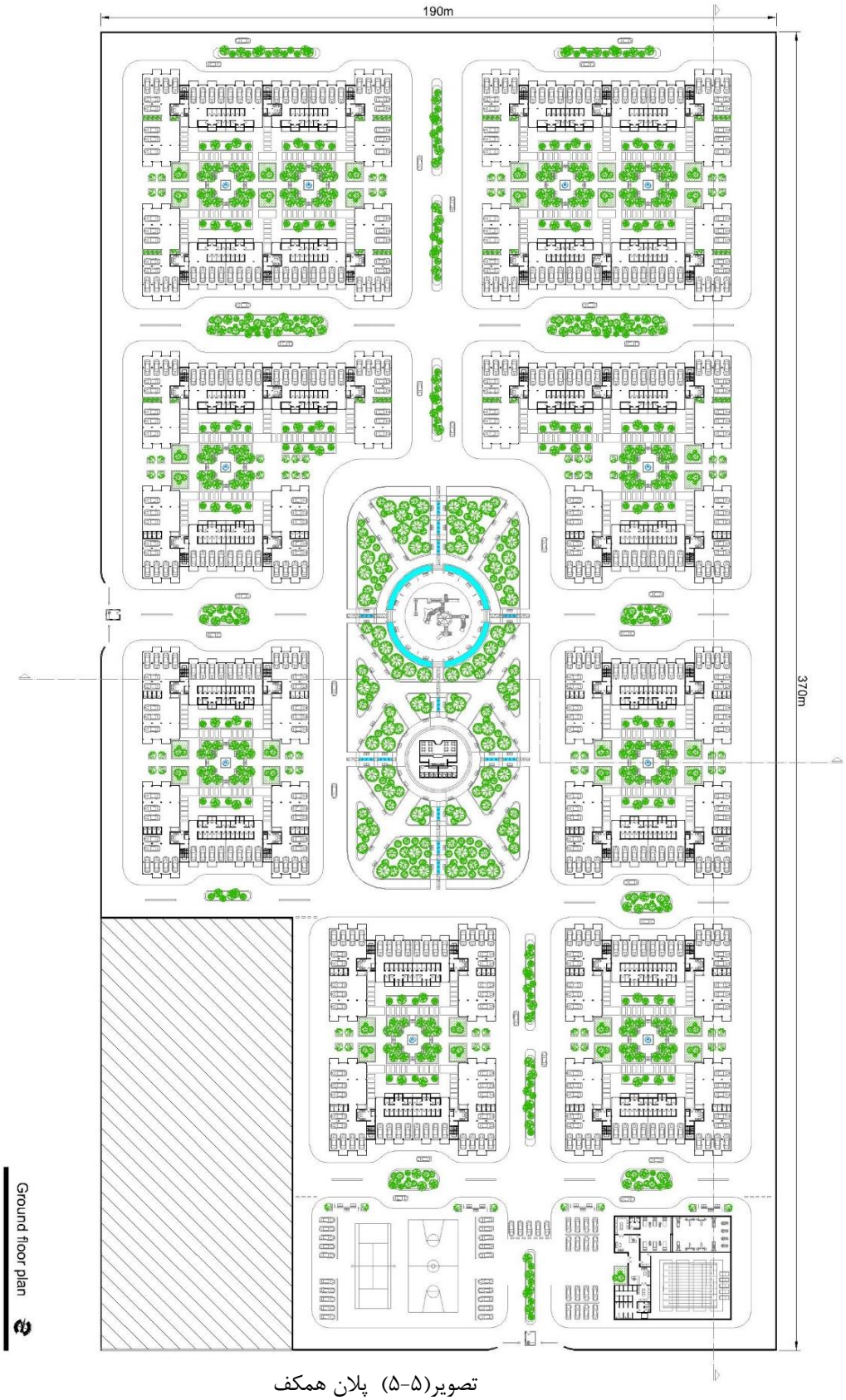
تصویر(۵-۱) تیپ پلان

تصویر(۵-۲) تیپ پلان طبقات کلونیA

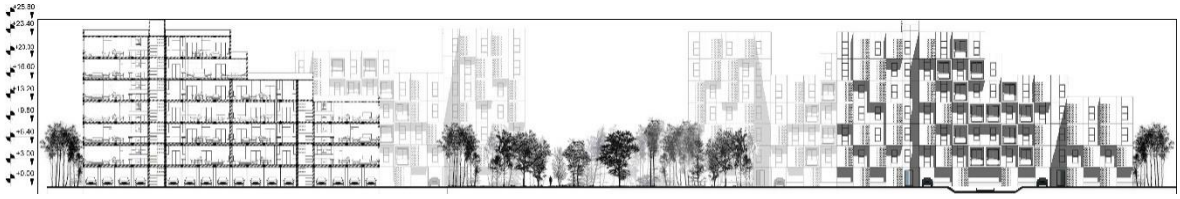


تصویر(۵-۴) تیپ پلان طبقات کلونی B

تصویر(۵-۴) تیپ پلان طبقات کلونی C



تصویر(۵-۵) پلان همکف



تصویر(۵-۶) نما و مقاطع پروژه

تصویر(۵-۷) دید سه بعدی به پروژه

تصویر(۵-۸) دید سه بعدی به پروژه

تصویر(۵-۹) دید پرنده به پروژه

تصویر(۵-۱۰) دید پرنده به پروژه

فهرست منابع و مآخذ

۱- جعفری ارگنه س و ملک حسینی ع، (۱۳۹۳)، "برنامه‌ریزی مسکن به‌منظور گسترش مسکن ارزان قیمت"، کنفرانس ملی الکترونیکی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه ریزی، معماری و شهرسازی.

۲- GOPINATHAN M.J., (2015) ‘‘EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS ON MULTI BAY MULTI STOREY FRAMES WITH PRECAST MEMBERS SUBJECTED TO CYCLIC LOADING’’, Chennai.

۳- عمید ح، (۱۳۴۲)، "**فرهنگ فارسی عمید**"، کتابخانه ابن سینا ، تهران.

۴- معین م، (۱۳۶۲)، "**فرهنگ معین**"، انتشارات امیرکبیر، تهران.

۵- دهخدا ع، (۱۳۵۹)، "**لغت‌نامه دهخدا**"، چاپخانه دانشگاه تهران، تهران.

۶- طاهری ج، (۱۳۹۲)، "**بازاندیشی مفهوم سکونت در معماری**"، تهران، ص ۵-۲۲.

۷- قرشی بنابی ع، (۱۳۷۱)، "**قاموس قرآن**"، دار الکتب الاسلامیه، تهران.

8-"**Oxford English Dictionary**", (1989), Oxford University press, Uniited kingdom.

۹-Heidegger M**., (۱۹۷۱), "Poetry, Language, Though",** Harper & Row, NewYourk.

۱۰- مخبر ع، (۱۳۶۸)، "**ابعاد اجتماعی مسکن**"، انتشارات سازمان برنامه و بودجه، تهران.

۱۱- حبیبی م و اهری ز، (۱۳۶۷)، "**مسکن حداقل**"، نشر مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ص ۷.

۱۲- پورمحمدی م، (۱۳۹۳) "**برنامه‌ریزی مسکن**" انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، تهران.

۱۳- صدریان ز، (۱۳۹۲)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد: "مسکن اقشار کم‌درآمد با رویکرد ارتقای کیفیت محیط مسکونی"، دانشگاه علم و صنعت ایران.

۱۴- اخوان تپه‌سری ف و حسینی ب، (۱۳۹۳)، "لزوم کاربرد فناوری‌های نوین ساختمانی در ساخت مسکن اقشار کم درآمد"، دومین کنگره بین‌المللی سازه و توسعه شهری، تبریز.

۱۵- موسوی ک، (۱۳۸۲)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "طراحی واحد همسایگی مطلوب براساس الگوهای پیش‌ساخته"، دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.

۱۶- اسمیت ت و تستا ک، (۱۳۸۳)، **"روند طراحی در پیش‌سازی ساختمان"**، جذبی ع، نشر خاک، تهران.

۱۷- اولیا ج، (۱۳۶۳)، **"ضوابط مربوط به هماهنگی مدولار برای کشور ایران"**، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران.

۱۸- Ehrenkrantz E. D. (1965), "**The modular number pattern**", Londen.

۱۹- پیرنیا م، (۱۳۸۴)، **"آشنایی با معماری اسلامی ایران"**، نشر سروش دانش، تهران.

۲۰- فریور م، (۱۳۹۲)، "بررسی نقش طراحی مدولار در کاهش هزینه‌ی ساخت مسکن"، اولین همایش ملی جغرافیا، شهرسازی و توسعه پایدار، تهران.

۲۱- مجیدی ج، حکمت ع وصفرنژاد م، (۱۳۹۵)، "پیش‌ساخته‌سازی و ارائه راهکارهای موثر در جهت ارتقا کیفیت پیش‌ساخته‌سازی و افزایش درخواست جامعه به پیش‌ساخته‌سازی (نمونه موردی: شهر آستارا)"، اولین مسابقه کنفرانس بین‌المللی جامع علوم مهندسی در ایران،انزلی.

۲۲- بانی مسعود ا، (۱۳۹۴)، **"معماری غرب (ریشه ها و مفاهیم)"**، هنر معماری قرن، تهران.

۲۳- قهرمانی آ، (۱۳۸۷)، **"تغییـــرات در صنعت ساختمان ایــران"**.

۲۴- گلابچی م، (۱۳۸۵)، "ضرورت بهره‌گیری از فناوری‌های نوین ساختمانی"، دومین سمینار ساخت و ساز در پایتخت، تهران.

۲۵- تقدیری ع و قنبرزاده قمی س، (۱۳۹۴)، **"مزایای پیش‌ساخته‌سازی در مقایسه با ساخت‌وساز متعارف"**، معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ص۱۵-۲۵.

۲۶- بیرانوند ا، دلفان ف و مرادی م، (۱۳۹۳)، "بررسی مدولار و پیش‌ساختگی در تولید انبوه مسکن"، کنفرانس ملی شهرسازی، مدیریت شهری و توسعه پایدار، تهران.

۲۷- Lawson M., Ogden R. and Goodier C., **(۲۰۱٤)**, "**Design in modular construction**".

۲۸- Lawson R. M. and Richards J**., (۲۰۱۰)**, "**Modular design for high-rise buildings. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures and Buildings**".

۲۹- Smith R**., (۲۰۱۰)**, "**Prefab Architecture: A guide to modular design and construction**", Wiley, John & Sons, Canada.

۳۰- Harvey M**., (۲۰۱۱)**, "**Prefabrication and modularization: Increasing productivity in the construction industry**".

۳۱- Smith R. and Talbot R**., (۲۰۱۵)**, "**Permanent Modular Construction**", University of Utah, Integrated Technology in Architecture Center, College of A rchitecture and Planing.

32- "www.rsh-p**.com". [Online] www.rsh-p.com/projects/place-ladywell/.**

33- "www.ibtimes.co.uk".[Online] www.ibtimes.co.uk/lewisham-c**ouncil-puts-prefabs**-spare-land-give-homeless-families-decent-housing-**1596524.**

34- "www.sigoffsite.co.uk". [Online] SIG offsite.

35- "http://studiotilt.com". [Online] http://studiotilt.com/projects/place-l**adywell/.**

36-"https://expedition.uk.com".[Online]https://expedition.uk.com/projects/ladywell-lewisham/.

37- "https://www.shedkm.co.uk". [Online]

38- "https://www.urbansplash.co.uk".[Online] https://www.urbansplash.co.uk/regeneration/projects/moho.

39- "https://gluckplus.com". [Online] https://gluckplus.com/project/the-s**tack.**

40- "https://www.deluxe-b**uilt.com".[Online] https://www.deluxe-**built.com/project/4857-broadway-the-stack.

41- "http://www.modular.org".

42- "http://www.thestacknyc.com". [Online]

43- "http://www.irna.ir". [Online]

۴۴- پورتال جامع شهر مشهد. [متصل] http://www.mashhad.ir/services**.**

۴۵- فیضی م، مهدیزاده سراج ف و ثابتی اشجعی ش، (۱۳۹۳)، "ارائه راهکارهای مورد نیاز در معماری همساز با اقلیم در شهر مشهد در جهت نیل به آسایش حرارتی"، فصل نامه علمی-پژوهشی پژوهشنامه خراسان بزرگ، مشهد.

٤٦- Almulla A. , Arnold M and Blanchett H**., (۲۰۱۰)**, "**Perfab City; A compendium of strategies for prefabricated building techniques in urban environments**".

Abstract:
From a long time ago, access to shelter and comfortable housing is one of the most important issues that human beings have always been struggling to do and try to provide a safe haven to deal with natural disasters. After a while and human revolution, the concept of shelter has replaced with a suitable housing for human beings, in addition to physical relaxation, mental, psychological and social well-being. Gradually, the increase in the population of the earth and the emergence of class differences in modern societies have made housing a major concern. Today, affordability is the most important challenge in the housing, which accounts for more than 50% of the household's monthly income, so rising housing prices lead to acute social and cultural problems. With the advent of science and technology, traditional manufacturing methods do not meet the needs of modern humans, and construction methods should be used, which will lead to an increase in speed and quality, minimum of waste, as well as the least construction costs. One of the most useful ways in developed countries to overcome these issues is modular and prefabricated construction, which, due to the modulation and massing production, as well as the minimum use of labor, has caused minimum construction errors and waste. Also the quality of construction will be greatly increased, even though it increase the construction process speed and decrease additional costs, such as calculations, design, etc. All of these factors interact with each other to achieve maximum quality with minimum cost in per-fabricated buildings. Unfortunately, in our country, industrialization and the use of prefabricated buildings have rarely been used only in the details of the some buildings, that maybe caused by fear of confront new experiences in construction.

In this research, we have tried to study modulation and prefabrication in different ways and consider the factors that lead to increased quality and decrease the cost of construction. After that, considering the conditions of our country in terms of transport system, people's culture and taste, we proposed a developed frameworks for the modulation of residential elements and buildings, and by creating a 1.30 meter pony network, the modules in this scheme are designed as a box of 13 by 2.60 meters. Subsequently, site project is located in the city of Mashhad and the climatic conditions of that area are analyzed. Then by putting these modules together, the design of a low-cost residential housing complex (in comparison with other similar traditional buildings) created. This process that reached by modular design and prefabrication, suggested as an industrialization in contemporary building projects.

Keywords:
Affordable housing, Industrialization, Prefabrication, Modulation

Shahrood University of Technology

Faculty of Architecture and Urban Development

Engineering Architecture Thesis

Design affordable housing complex influenced of modularization and prefabrication rules

By: S. A. Pakdaman

Supervisor:

Dr. M. Taheri Shahraeini

Date: January 2019