

ترجمه انگلیسی این مقاله نیز تحت عنوان :  
Modular Products; Futuristic Strategy for Designing Future Spaces  
در همین شماره مجله به چاپ رسیده است.

## محصولات مدولار راهبردی آینده‌نگر برای طراحی فضاهای آینده

محمدحسین شوکت پور<sup>۱\*</sup>، مهدی محمدی<sup>۲</sup>، علیرضا اصلانی<sup>۳</sup>، منوچهر منطقی<sup>۴</sup>، وحید چوپانکاره<sup>۵</sup>

۱. دکتری تخصصی آینده‌پژوهی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، ایران.
۲. عضو هیئت علمی دانشگاه تهران، ایران.
۳. عضو هیئت علمی دانشگاه تهران، ایران.
۴. رئیس مرکز ملی فضایی ایران، دانشگاه تهران، ایران.
۵. عضو هیئت علمی دانشگاه تهران، ایران.

### چکیده

امروزه به موازات تحولات اجتماعی و فرهنگی که منجر به خلق نیازهای جدید می‌شوند و به مدد پیشرفت‌های جدید تکنولوژیکی، محصولات و روش‌های نوینی در عرضه محصولات در بازارها ارائه شده‌اند. یکی از این روش‌های نوظهور، ساختارهای مدولار است. ساختارهای مدولار دارای قابلیت و تمهیداتی هستند که به واسطه آنها، مشتری پس از دریافت محصول دامنه انتخاب و تنوع وسیع‌تری نسبت به قبل دارد. این ساختار به کاربران این امکان را می‌دهد تا طرح موردپسند خود را در هر لحظه ایجاد کند. درواقع مصرف‌کننده می‌تواند با توجه به سلیقه، ذائقه و نیازهای خود و با اعمال تغییر در ویژگی‌های فرمی و عملکردی، محصول مطلوب خود را به دست آورد. قسمت عمده این محصولات و گاه کل آنها از پیش طراحی و تولید شده‌اند، ولی با اتخاذ تدابیری امکان ایجاد طرح‌های گوناگون و متنوع نیز در آنها فراهم شده است. چنین تدابیر آینده‌اندیشانه‌ای پیش از تولید و در هنگام طراحی اتخاذ می‌شوند؛ یعنی در حیطه عمل طراحان آینده‌گرا قرار دارند. این روش‌های نوین در طراحی سیستم‌های ساختمانی، قابلیت انعطاف‌پذیری را ممکن می‌سازند و با ایجاد امکان بهبود، قابلیت استفاده را برای مدت‌زمان بیشتری فراهم می‌کنند. برای فراهم کردن انعطاف‌پذیری در فضای معماری، وجود سیستم برنامه‌ریزی‌شده هوشمندانه آینده‌نگر مانند ساختارهای مدولار در کنار پیش‌ساختگی لازم است. این راهبرد منجر به ایجاد خلاقیت و نوآوری توسط کاربر در طرح‌های مورد نیاز زندگی روزمره یا محصولات می‌شود. این مقاله تلاش دارد با تشریح راهبرد طراحی مدولار راهکاری عملیاتی را برای طراحی محیط‌های انسانی آینده ارائه دهد.

**واژگان کلیدی:** مدولار، پیش‌ساخته، معماری، طراحی آینده، راهبرد طراحی.

\*نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۱۵۴۱۸۷۱، m.h.shokatpour@gmail.com

## مقدمه

باید در نظر داشت فراگیر شدن و دوام هر روش نوین در جوامع امروزی منوط به همخوانی این روش‌ها با عواملی از قبیل فرهنگ، هویت ملی، بوم و اقلیم، محیط زیست و اقتصاد آن مناطق است (بیرانوند و همکاران، ۱۳۹۳).

مدولار سازی، رویکردی در طراحی است که یک سیستم را به بخش‌های کوچک‌تری (مدول) تقسیم می‌کند (تصویر ۲). مدول‌ها می‌توانند مستقل از هم ساخته شوند و در سیستم‌های مختلفی به کار روند (علاقمندان، شایان پور و میرحافظ، ۱۳۹۵). در واقع برای ساخت مدولار باید واحدهایی که از لحاظ ساختاری مستقل از هم بوده‌اند، با یکدیگر کار کنند و یک سیستم بزرگ‌تر را شکل دهند (بهزادیان و برادران کاظم‌زاده، ۱۳۸۵).

از طرف دیگر، لازم است به موضوع آینده‌نگری و آینده‌پژوهی پرداخته شود. آینده، مدت زمانی نامحدود پس از حال حاضر است که ورود به آن به دلیل وجود عامل زمان و قوانین فیزیک، اجتناب‌ناپذیر است. حوزه آینده‌پژوهی که یک حوزه پژوهشی پیچیده، پدیده و جهان‌گستر است، مسائل و مباحث پیش‌رو در آینده را کانون توجه و تمرکز خود قرار می‌دهد. به طور کلی آینده‌نگری به معنی گسترش افق دید و در نظر گرفتن پشت پرده مسائل است. همچنین زمانی که شخص در زمان حال است، با دیدن آینده و نتیجه آن، برای رخدادهای احتمالی چاره‌اندیشی می‌کند.

## روش پژوهش

برای شناسایی پیامدهای ممکن و محتمل یک موضوع، روش‌ها و سازوکارهای مختلفی می‌توانند به کار گرفته شوند. پانل خبرگان یکی از پرکاربردترین روش‌ها در کشف پیامدها و موضوعات آینده است. علاوه بر پانل خبرگان، روش‌های دیگری نیز به عنوان روش‌های آینده‌پژوهی در شناسایی و کشف پیامدهای ممکن و محتمل آینده وجود دارند؛ مانند روش‌های نقشه‌کشی ذهنی، درخت وابستگی و چرخ آینده (گلن و گوردون، ۱۳۹۲).

در این مقاله با تمرکز بر روی یک موضوع، تلاش شده است پیامدهای مختلف طراحی از لحاظ عوامل اقتصادی، فناوری، زیست‌محیطی، شهری و... در چندین لایه شناسایی شوند. برای شناسایی این پیامدها با این گستره موضوعی، به سازماندهی و به‌کارگیری خبره‌هایی از همه حوزه‌های مورد نیاز در قالب پانل یا مصاحبه احتیاج بود؛ لذا با روشی خلاقیت‌محور و با کمک ذهن‌انگیزی (طوفان فکری)، پیامدهای پنهان، آشکار شد. این پیامدها اغلب در جلسات ذهن‌انگیزی شناخته می‌شوند. یکی دیگر از مقدمات پانل‌ها، پویش محیطی است. پویش محیطی با هدف رصد تحولات مرتبط با موضوع مطالعه انجام می‌شود. پویش محیطی از این نظر که ما را در درک علائم و نشانه‌های ضعیف توانمند می‌کند و باعث می‌شود زودتر از دیگران علائم تغییر را درک کنیم، بسیار مهم است. همچنین، پویش محیطی

بعد از انقلاب صنعتی و دگرگونی در شیوه زندگی و به‌وجود آمدن نیازهای جدید، دیگر روش‌های قبلی ساخت جوابگوی نیاز انسان نبودند (رضایی‌منش و تقدیری، ۱۳۹۵). از طرف دیگر با افزایش روزافزون رقابت در حوزه ساخت، سازندگان نیز به سمت پیاده‌سازی فناوری‌های پیشرفته ساخت سوق پیدا کردند. روش‌های جدید ساخت مدت‌هاست در کشورهای دیگر به طور گسترده به کار می‌روند، ولی در کشور ما به میزان قابل توجهی ناآشنا و بعضاً حتی متروک هستند (ثبوتی و احمدی، ۱۳۹۴).

بنابراین باید گفت روش‌های جدید ساخت، برای پاسخگویی به نیازهای جدید ایجاد شده‌اند و ساختار سیاست در حوزه تولید باید با دید آینده‌نگری در عرضه و تقاضا همراه باشد. این رویکردها همواره در جهت اهدافی خاص مانند افزایش سرعت ساخت، کاهش هزینه آن و افزایش کیفیت و سهولت در اجرا صورت گرفته‌اند و این اهداف، بنیان‌های جدیدی به نام صنعتی‌سازی<sup>۱</sup> را تشکیل داده‌اند. صنعتی‌سازی مفهومی است که زیر شاخه روش‌های پیشرفته ساخت قرار دارد و به تکنیکی اطلاق می‌شود که در آن، اجزا تحت شرایط کنترل‌شده‌ای خارج از سایت ساخته شده و به محل سایت حمل و در موقعیت خود نصب می‌شوند و بنابراین حداقل کار در سایت انجام می‌شود (رضایی‌منش و تقدیری، ۱۳۹۵). از طرف دیگر، در شرایط حاضر، تولید انبوه<sup>۲</sup> نیز یک ضرورت است (صدری، ۱۳۹۱). انبوه‌سازی ممکن است با استفاده از روش‌های صنعتی، نیمه‌صنعتی، پیش‌ساخته و یا ترکیبی از این موارد انجام شود (بیرانوند، دلفان و مرادی، ۱۳۹۳).

در واقع اصطلاح صنعتی‌سازی برای توصیف و دربرگرفتن مفاهیم مدول‌سازی، پیش‌ساخته‌سازی و مونتاژ به کار می‌رود و به معنای هزینه‌کردن در تجهیزات، امکانات و تکنولوژی با هدف افزایش خروجی، کاهش کار دستی و ارتقای کیفیت است (خضریان، دماوندی و حسینی، ۱۳۹۵). ساخت مدولار به عنوان اولین گام در صنعتی‌سازی به منظور مکانیزه کردن<sup>۳</sup> فرایند ساخت‌وساز مطرح شده و امکان ساخت رباتیک و سریع‌سازی<sup>۴</sup> را نیز در نهاد خود گنجانده است. در پیش‌ساخته‌سازی اکثر عناصر سازه‌ای در کارخانه‌ها و محل‌هایی خارج از سایت ساختمان، استانداردسازی و به صورت انبوه تولید شده، سپس جهت سرهم کردن به محل سایت منتقل می‌شوند. این عناصر در کارخانه‌ها با روش صنعتی و به طور انبوه تولید می‌شوند تا امکان ساخت تعداد بالایی از آنها، با هزینه و زمان بسیار کم فراهم شود (تصویر ۱) (علاقمندان، شایان پور و خجسته‌مهر و خیلی بیگی خامنه، ۱۳۹۵). لذا روی آوردن به روش‌های صنعتی در امر طراحی و ساخت، به دلیل ناکارآمد بودن سیستم‌های متداول، امری اجتناب‌ناپذیر است.



تصویر ۱. هبیتات ۶۷، به عنوان غرفهٔ کانادا برای نمایشگاه جهانی سال ۱۹۶۷ که توسط موشه سفدی (M. Safdie) طراحی شده است، به عنوان یک راه‌حل تجربی برای مسکن با کیفیت در محیط‌های شهری متراکم است. این واحدهای مدولار پیش‌ساخته برای کاهش هزینه‌های ساخت و نیز نوعی مسکن جدید است که می‌تواند به افزایش شهرک‌گون و یا شهری تبدیل شود. مأخذ: علاقمندان و همکاران، ۱۳۹۵ الف.



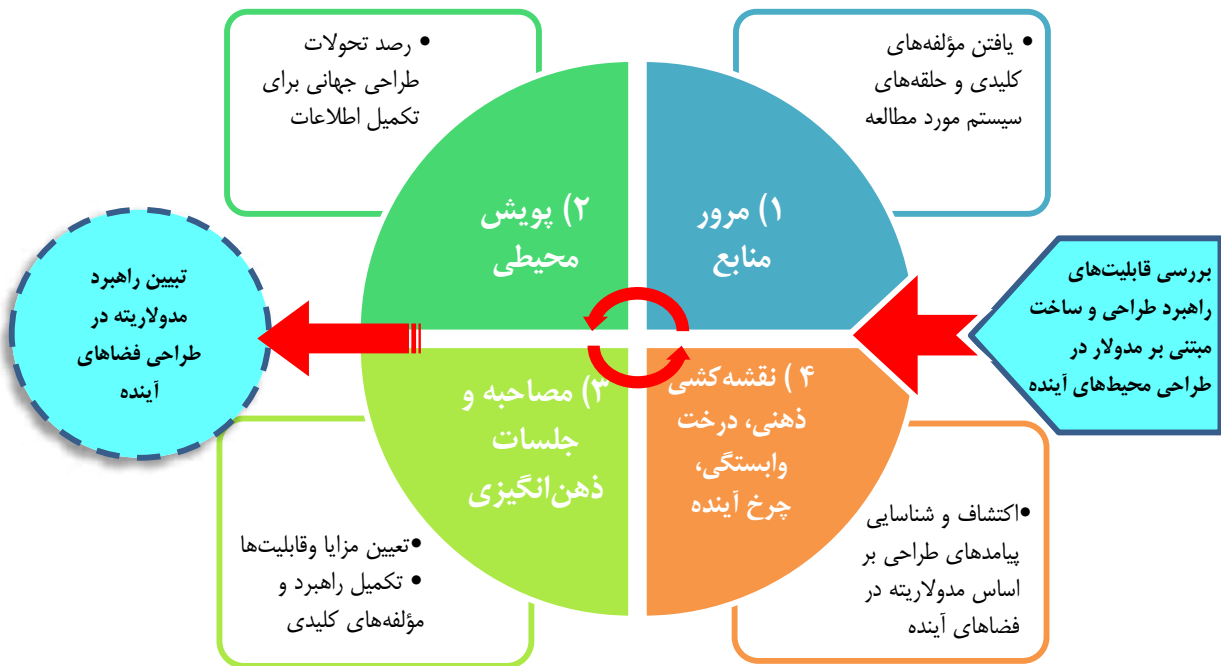
تصویر ۲. پروژهٔ Zigzaghi در شهر Favara ایتالیا که از سطح افقی (سطح زمین و صندلی) و سطح عمودی (سیستم‌های روشنایی و صوتی) ساخته شده است. مأخذ: علاقمندان و همکاران، ۱۳۹۵ ب.

موتورهای جستجوگر، شبکه‌های اجتماعی، گروه‌های تخصصی، محافل علمی و مشاهدات میدانی به صورت روزانه استفاده کرد. گام سوم، مصاحبه با خبرگان و متخصصین امر است و هدف از انجام آن، ارزیابی و تکمیل یافته‌های حاصل از مرور منابع و پویای محیطی است. این خبره‌ها کسانی هستند که شناخت درستی از مباحث طراحی، ساخت، تولید و پیامدهای استفاده از رویکردهای طراحی نظیر پیش‌ساختگی و مدولاریته دارند. از این رو به دلیل پیگیری مداوم این موضوع، آنها قادر هستند تا نظرات کارشناسانه‌تری ارائه کنند. گام چهارم، برگزاری جلسات ذهن‌انگیزی است. در بسیاری از پژوهش‌ها، گام چهارم و پنجم هم‌زمان با هم شروع می‌شوند. یعنی جلسات ذهن‌انگیزی با ترسیم و تکمیل اطلاعات مستخرج از پانل‌ها همراه می‌شود. در جلسات ذهن‌انگیزی، افراد فارغ از جایگاه خود در یک محیط

به خاطر رصد آخرین تغییر و تحولاتی که در حوزهٔ مورد مطالعه رخ داده‌اند و برای تکمیل پیامدهای پیش‌بینی شده ضروری است (همان).

با توجه به تصویر ۳ گام اول با مرور منابع آغاز می‌شود. در این قسمت تلاش شده است با مرور پژوهش‌های مرتبط با موضوع، مؤلفه‌های کلیدی، پیشران‌ها، پیامدها و حلقه‌های بازخوردی مثبت و منفی سیستم مورد مطالعه، تا حد امکان شناسایی و ترسیم شوند. گام دوم به کمک پویای محیطی و هم‌زمان با گام اول آغاز می‌شود و تا پایان پژوهش ادامه می‌یابد. پویای محیطی با هدف جمع‌آوری جدیدترین حوادث، رخدادها، پیامدها و حلقه‌های بازخوردی، کمک بسیار زیادی برای شناسایی پیامدهای طراحی فضا منبعت از تغییرات راهبردی رویکرد مدولاریته به حساب می‌آید. برای این منظور می‌توان از





تصویر ۳. گام‌های اجرای روش پژوهش. مأخذ: نگارندگان.

آمد. یافته‌های این پژوهش حاصل تحلیل ۱۵ نفر از خبره‌ها بر روندهای موجود و رویدادهای احتمالی در حوزه طراحی و ساخت محصولات آینده است.

#### روایی و پایایی ابزار گردآوری اطلاعات

برای انتخاب منابع و اسناد مورد مطالعه، با افراد صاحب نظر در امور طراحی، ساخت و تولید تبادل نظر شد. این افراد سال‌ها به عنوان متخصصین این حوزه حضور فعالی داشته‌اند و در حال حاضر نیز دارای مدارج علمی و پژوهشی هستند. همچنین در جریان مطالعات از اسناد و مدارک به‌روزی استفاده شد که مبنای کار تخصصی استودیوهای طراحی دنیا هستند و به عنوان مدارک معتبر علمی و دانشگاهی در دانشگاه‌های معتبر تدریس می‌شوند. این اسناد و مدارک از روایی بالایی برخوردار هستند. بنابراین با توجه به اینکه بیشتر مفاهیم استخراج شده از اسناد و مدارک، از اصول و مفاهیم پایه‌ای هستند، احتمال هرگونه تغییر در آنها کم و پایایی این مضامین در حد بالایی بود.

#### ادبیات و مبانی نظری پژوهش

##### • هندسه و تناسبات

اساس آفرینش طبیعت و کل هستی بر پایه تناسبات بوده است. تناسب، عبارت است از رابطه نسبی و قیاسی بین اجزای مختلف یک عنصر. در واقع، سنجش میان اندازه دو چیز، یک نسبت را پدید می‌آورد و تناسب، به برابری این نسبت‌ها گفته می‌شود. هندسه و تناسبات، مفاهیمی ریاضی هستند که در هنر و

دوستانه و راحت، تلاش می‌کنند با در نظر گرفتن پیامدهای تغییر رویکرد راهبرد کلان طراحی، به شناسایی پیامدهای توسعه‌ای آن بپردازند. این جلسات نقش بسیار مهمی در شناسایی لایه‌های تغییر، پیامدهای پنهان و ایده‌های جدید دارند.

در گام آخر، با کدگذاری و دسته‌بندی تمام داده‌های گردآوری شده از گام‌های قبلی، دورنمای ایده راهبردی طراحی، ترسیم یا تکمیل می‌شود؛ یعنی موضوع مورد مطالعه در مرکز نوشته و پیامدهای مختلف آن اعم از مزایا، قابلیت‌ها و پتانسیل‌ها در اطراف ترسیم می‌شوند. با تکیه بر پیامدهای درجه اول، پیامدهای درجه دوم و با استفاده از پیامدهای درجه دوم، پیامدهای درجه سوم و چهارم ترسیم می‌شود تا کلیت راهبرد پیشنهادی از منظرهای گوناگون بررسی و ایده پیشنهادی ساخته و پرداخته شود. به طور کلی می‌توان گفت این رویکرد تلفیقی از روش‌های چرخ آینده<sup>۵</sup>، درخت وابستگی<sup>۶</sup> و نقشه ذهنی<sup>۷</sup> است (ملکی فر، ۱۳۸۷).

برای شناسایی خبره‌ها از مدل شهرت و شایستگی استفاده شده است. براساس این مدل ابتدا با مراجعه به رساله‌ها، مقالات، سخنرانی‌ها، کتاب‌ها و سایر تولیدات علمی منتشر شده در زمینه طراحی، ساخت، تولید صنعتی، تولید انبوه و مدولاریته، لیستی ۲۱ نفره از پژوهشگران به دست آمد. از آنها درخواست شد تا هر کدام سه نفر از مشهورترین خبره‌ها در این زمینه را معرفی کنند. در گام بعدی از بین اسامی، آنهایی که نامشان بیش از سه بار تکرار شده بود، انتخاب شدند و برای مصاحبه و حضور در پانل‌ها و جلسات ذهن‌انگیزی از آنها دعوت به عمل

**پیشینه پژوهش**

**• تاریخچه صنعتی سازی**

انقلاب صنعتی، انگلستان را به اولین قدرت صنعتی دنیا مبدل ساخت. ساخت اولین پل آهنی در سال ۱۷۷۹م. و احداث اولین شبکه راه آهن در سال ۱۸۲۵م. از جمله نتایج مثبت آن بود. از طرف دیگر اختراعات جدیدی مثل ماشین بخار نیز کالاها را سریع تر و ارزان تر از قبل تولید می کرد، اما نیاز به مسکن انبوه بعد از جنگ جهانی دوم، علت اصلی به کارگیری روش های صنعتی بر پایه اهداف اقتصادی بود. به طور کلی تاریخچه صنعتی سازی را می توان به سه دوره تقسیم کرد:

۱. اواسط قرن ۱۹ تا جنگ جهانی دوم: در این دوره، تئوری ها و نظریه های صنعتی سازی به وجود آمد.
۲. جنگ جهانی دوم تا ۱۹۶۰م: در این دوره که به عنوان دوره اجرای تئوری ها شناخته می شود، بیشتر، اهداف اقتصادی پیگیری شد و کیفیت معماری چندان اهمیتی نداشت. بنابراین ساختمان ها کمبود هارمونی و تنوع داشتند.
۳. ۱۹۷۰م. به بعد: در این دوره هدف، ارتقای کیفیت با به کار بردن تکنولوژی پیشرفت در طراحی، تولید و کیفیت معماری با سیستم های مختلف بود (رضایی منش و تقدیری، ۱۳۹۵).

**• تاریخچه مدولار و پیش ساختگی**

در آثار باستانی گذشته از قبیل اهرام مصر، معابد روم و یونان و کاخ های هخامنشی و ساسانی، به کرات قطعات سنگی که از قبل آماده شده بودند، مورد استفاده قرار گرفته اند، اما به علت نبود وسایل حمل و نقل، اکثراً قطعات را در محل اجرای ساختمان آماده کرده و به کار می بردند. بنابراین از نظر تعاریف امروزی می توان این قطعات را تا حدودی پیش ساخته و مدولار نامید (صفا و فتحیه، ۱۳۹۵).

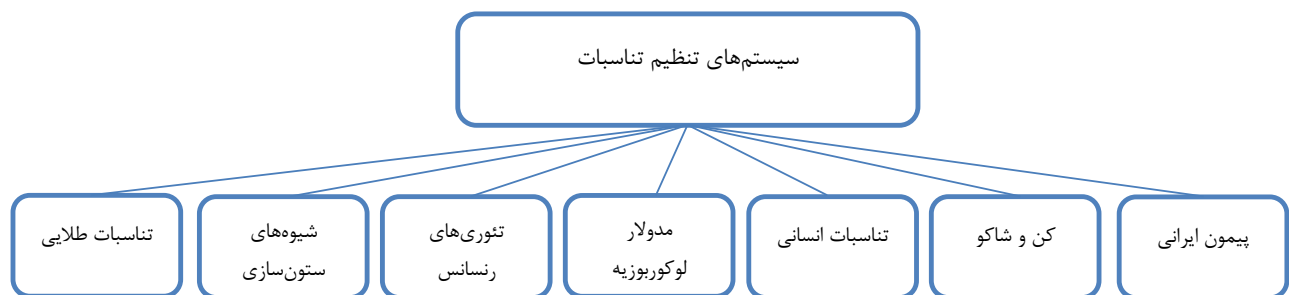
لذا استفاده از الگوی ابعادی از دیرباز توسط تمدن های باستان نظیر روم و یونان شناخته شده بود (فریور، ۱۳۹۲). یونانی ها و رومی های باستان، قطر ستون را برای اندازه پایه (مدول) به کار می بردند (فلاح و محمدی، ۱۳۹۰). شاهان

معماری بر رابطه میان اجزا با یکدیگر و با کل اثر دلالت دارند (فلاح نیا و زارع، ۱۳۹۳). استفاده از تناسبات و هماهنگی در طرح، یکی از کارهایی است که طراحان در گذشته در پی تلاش های فراوان به آن دست یافتند (مهدی زاده، ۱۳۹۴). در معماری نیز طرح مناسب را با استفاده از ابعاد و اندازه های مشخص و معقول برای کاربرد اشکال و ایجاد انتظام و به دست آوردن تناسبات صحیح، طرح مناسب را به وجود می آورند (فلاح نیا و زارع، ۱۳۹۳).

رابطه های تناسبی، غالباً بر یک مدول یا واحد مبتنی هستند و بخش های مختلف یک ساختمان یا هر اثر دیگر نیز به عنوان بُعدی از این روابط، کسر ها یا مضرب هایشان به شمار می روند (همان). به عنوان مثال معماران ایرانی در زمینه تناسب و مدول، تناسبی به نام «پیمون» را به کمک هندسه برای طراحی هر چه بهتر ایجاد کردند. همچنین سیستم های تناسب دهنده می توانند با ایجاد تناسباتی مشابه و هم خانواده در یک طرح معماری، چندگانگی اجزای آن را از بین ببرند و از لحاظ دیداری باعث وحدت آن طرح بشوند (مهدی زاده، ۱۳۹۴). تصویر ۴ انواع سیستم های تنظیم تناسبات را در دوره های مختلف نشان می دهد.

مدولار در دنیای مدرن، کن<sup>۸</sup> در ژاپن، پیمون در ایران و... همه شاهد این ادعا هستند که همواره مفهوم طراحی مدولار در معماری با شدت و ضعف وجود داشته است. هدف اصلی کلیه تئوری های تناسبات، ایجاد حسی از نظم و هماهنگی میان عناصر بصری یک ساختمان است (فلاح و محمدی، ۱۳۹۰). به طور کلی در تمام مراحل مربوط به تکوین یک اثر معماری، کاربرد تناسبات هندسی در تعیین و کنترل ابعاد و اندازه ها، عامل دستیابی به نتیجه ای مطلوب است (فلاح نیا و زارع، ۱۳۹۳).

در نتیجه می توان گفت مدولاریته بر اساس اصول هندسی و تناسبات و رابطه های تناسبی بین اجزای واحد بنیان شکل گرفته است.



تصویر ۴. انواع سیستم های تنظیم تناسبات در ادوار مختلف. مأخذ: فلاح نیا و زارع، ۱۳۹۳.

هم بر پایه ریاضیات و اندازه‌های زیباشناسانه و هم بر پایه تناسبات بدن انسان بنا کرد (فلاح و محمدی، ۱۳۹۰). این مدولار تقسیم یک پاره‌خط به دو قسمت بود، در حالی که نسبت قطعه کوچک‌تر به قطعه بزرگ‌تر برابر با نسبت قطعه بزرگ‌تر به تمامی پاره‌خط باشد (فلاح‌نیا و زارع، ۱۳۹۳).

این روش جدید از پیشرفت جنبش مدرن سود برد و در ۱۹۶۰م. طراحان شرکت جورج نلسون<sup>۱۸</sup> ایده‌های رایج قدیمی را در تعداد زیادی از خانه‌های مرسوم آن زمان رد کردند. فکرها و ایده‌های متمرکز بر روش جدید عبارت بود از: ۱. عملکرد کارآمد؛ ۲. تولید انبوه مصالح؛ ۳. انعطاف‌پذیری بالا و ۴. حداقل کردن فضای زندگی. بنابراین ویژگی‌های خانه‌های صنعتی در آن سال شامل این موارد بود: تلفیق مکعب‌ها با مدول کوچک جهت توسعه واحدها، نصب آنها کنار هم بر روی سایت، جدا شدن اجزای این واحدها به راحتی از هم و انتقال آنها به مکانی دیگر (ثبوتی و احمدی، ۱۳۹۴). از اواخر ۱۹۶۰ به منظور واکنش مؤثرتر و سریع‌تر نسبت به تغییرات، تقاضا در بازار، هم به صورت حجم تولید و هم به صورت گوناگونی تولید توسعه یافت. شرکت خودروسازی فورد با تولید فورد موستانگ<sup>۱۹</sup> یکی از پیشگامان بزرگ این دهه است. همچنین در این خصوص به شرکت‌های تولیدکننده لوازم الکترونیکی همچون سونی<sup>۲۰</sup> و جی.وی. سی<sup>۲۱</sup> و شرکت‌های تولیدکننده موبایل نیز می‌توان اشاره کرد (پیربابایی و امرایی، ۱۳۸۸).

در دهه ۱۹۷۰م. آمریکا به روش‌های ساخت گوناگونی دست یافت که نمونه آن در هتل هیلتون سن‌آنتونیو مورد استفاده قرار گرفت. این هتل طی ۲۰۲ روز کاری به بهره‌برداری رسید و تا سال ۲۰۱۱م. به عنوان بلندترین مجتمع رفاهی پیش‌ساخته شناخته می‌شد (علاق‌مندان و همکاران، ۱۳۹۵ الف).

### بحث پژوهش

#### • بحث مدولار

به موازات تحولات اجتماعی و فرهنگی که منجر به خلق نیازهای جدید شدند و نیز پیشرفت‌های تکنولوژیک، روش‌های نوینی همچون مدولار در بازارها عرضه شد (پیربابایی و امرایی، ۱۳۸۸). محصولات به‌دست‌آمده از این روش‌ها، دامنه انتخاب را به نحو چشمگیری وسعت بخشیدند و برخی نیز به کاربر این امکان را دادند که طرح موردپسند خود را ایجاد کند (تصویر ۵)؛ محصولاتی از قبیل لوازم صوتی و تصویری، مبلمان، انواع گوشی موبایل، خودرو و... که مصرف‌کننده می‌تواند از بین یک گروه با ویژگی‌های فرمی و هزینه‌ای متنوع، محصول مطلوب خود را به دست آورد (همان). در واقع طراحی مدولار، رویکردی در طراحی است که یک سیستم را به بخش‌های کوچک‌تری (مدول) تقسیم می‌کند (علاق‌مندان و همکاران، ۱۳۹۵ الف).

سریلانکایی در ۲۰۰۰ سال پیش برای ساخت برج‌وباروها از قطعات پیش‌ساخته چوبی عظیم بهره می‌بردند و با استفاده از تجهیزات خاصی آنها را برپا و در محل نصب می‌کردند (علاق‌مندان و همکاران، ۱۳۹۵ الف). در معماری دوره رنسانس نیز تناسبات و مدول‌ها بخش جدایی‌ناپذیر کارهای معماران رنسانسی مانند پالادیو<sup>۲۰</sup> بوده‌اند (فلاح و محمدی، ۱۳۹۰). در بناهای سنتی ایران رعایت این بحث با عنوان پیمون، نمود فراوانی داشته است (محسنین، ۱۳۸۶). همچنین در ژاپن، کن پیمون دیگری بود که شبکه‌بندی آن نخست به اندازه‌های حصیرهای کف تاتامی<sup>۲۱</sup> بود و کم‌کم پیرو سازه ساختمان و دهانه‌ها شد (فلاح و محمدی، ۱۳۹۰).

در اواخر قرن ۱۹ در اروپا، با انقلاب صنعتی و پیدایش مواد ساختمانی جدید مانند آهن، بتن و دیگر فرآورده‌های آن، تفکر مدولار کردن ساختمان‌ها شکل گرفت (فریور، ۱۳۹۲). در دهه ۱۸۵۰م. سیستم خانه‌سازی قاب بالون، انقلابی در سرعت ساخت خانه‌های چوبی جدید به همراه آورد. در اوایل قرن بیستم شرکت‌های ساختمانی در آمریکا کاتالوگ بناهای مسکونی خود را در اختیار شهروندان قرار می‌دادند. مردم خانه موردنظر خود را از روی کاتالوگ‌ها انتخاب می‌کردند و طی چندمرحله، حمل و مونتاژ خانه انجام می‌گرفت و نهایتاً محصول موردنظر که بنایی مسکونی بود، به مشتری تحویل داده می‌شد (علاق‌مندان و همکاران، ۱۳۹۵ الف).

در ۱۹۰۹م. پیتیر بهرنس<sup>۲۱</sup> طرحی برای شرکت «آ.ا.گ»<sup>۲۲</sup> ارائه کرد. شعار بهرنس یعنی «انسانی‌کردن جهان صنعت»<sup>۲۳</sup> در طرح کتری‌های برقی وی تبلوری درخشان یافت. در این طرح، سه نوع کتری برقی ساخته شده بود که درب، دسته و پایه‌های آنها اندازه‌های یکسانی داشتند؛ لذا این امکان وجود داشت که قطعات آنها با هم ترکیب شوند و مدل‌های جدیدی ایجاد شود. همچنین برای ساخت کتری‌ها از سه نوع ورق متفاوت (برنج، نیکل و مس) استفاده شده بود و هر کدام از این ورق‌ها یک نوع بافت متفاوت (نرم، چکشی و موج) داشتند. از طریق ترکیب این عناصر بیش از ۸۰ مدل کتری و در نتیجه طیف وسیعی برای انتخاب به وجود می‌آمد (پیربابایی و امرایی، ۱۳۸۸).

در ۱۹۳۶م. آلبرت بمیس<sup>۲۴</sup> کتابی تحت عنوان «طرح معقول» منتشر کرد و در آن مکعب با ابعاد چهار اینچ را به عنوان مدول طراحی، مطرح کرد. ارنست نویفرت<sup>۲۵</sup> براساس ابعاد انسانی و هم‌زمان با او، دانشمندان سوئدی با اختلافات جزئی، به نتایج یکسانی دست یافتند (محسنین، ۱۳۸۶).

لوکوربوزیه<sup>۲۶</sup> در سال‌های ۱۹۴۲-۱۹۴۸م. با کشف مدولار کار آلبرتی<sup>۲۷</sup> و دیگر کوشش‌های انجام‌شده در این زمینه را توسعه و سپس با استفاده از این دانش، ظاهر و کارایی معماری را پیشرفت داد. این سیستم بر پایه اندازه‌های بدن، عددهای فیبوناچی و تناسب طلایی بنا شده است (مهدی‌زاده، ۱۳۹۴). او مدولار را



تصویر ۵. این اشیای زرق و برق دار چراغ‌های مدولار هستند که شامل یک واحد پایه مشترک و پیوسته‌های مختلف برای سفارشی کردن لامپ است. مأخذ: پیربایی و امرایی، ۱۳۸۸.

امکان پیش‌ساخته‌سازی را برای اجرا ممکن می‌سازد و باعث ایجاد بنایی با کیفیت از لحاظ مصالح کاربردی می‌شود که به شیوه کارخانه‌ای به دست می‌آید. این روش از دوباره‌کاری‌ها که خود هزینه‌های مضاعف دارند، جلوگیری می‌کند و حتی انعطاف‌پذیری در مسکن را نیز به راحتی فراهم می‌کند (اسدی و بیگزاده، ۱۳۹۴).

خانه‌سازی مدولار بسیاری از عملیات‌ها را به یک محیط کارخانه کنترل شده منتقل می‌کند و از آیین‌نامه‌های ساختمانی محلی مشابه با خانه‌های ساخته شده در محیط سایت تبعیت می‌کند. خانه‌های مدولار از قسمت‌های سه‌بعدی‌ای تشکیل شده است که معمولاً پس از ترک کارخانه در حدود ۹۵٪ تکمیل شده‌اند و شامل کف‌پوش‌های تکمیل شده، دیوارها و سقف رنگ‌آمیزی شده، کابینت‌های نصب شده، ایزوگام بام تکمیل شده، نامسازی و... می‌شوند. ساخت‌وساز این خانه‌ها شامل استفاده از مصالحی مشابه با خانه‌های ساخته شده در سایت است، اما در یک محیط کارخانه‌ای کنترل شده انجام می‌شود. هنگامی که خانه در کارخانه تکمیل شد، قسمت‌های تکمیل شده به محل سایت ساخت‌وساز منتقل می‌شوند، سپس به وسیله جرثقیل بلند شده و بر روی فونداسیون قرار داده می‌شوند (تصویر ۶) (اشرف گنجویی و دهقانی، ۱۳۹۵).

در مجموع باید گفت، مدولار یک روش ساخت‌وساز و یا فرایندی است که در آن مدل‌های فردی، مستقل و یا مونتاژ شده و با هم ساختارهای بزرگ‌تر را تشکیل می‌دهند (اسدی و بیگزاده، ۱۳۹۴). در تمامی تعاریف ارائه شده از مفهوم مدولار اشاره به یک جزء از یک سیستم می‌شود که این جزء، مستقل و کامل است و نیازی به جزء دیگری

• مدول: این کلمه برگرفته از واژه لاتین مدوس<sup>۲۲</sup> به معنی اندازه است و معمولاً به چیزی از قبیل تعیین شده و دارای یک استاندارد (از نظر شکل، اندازه و...) که به دفعات قابل تکرار است، اطلاق می‌شود. به زبان عامیانه یک فرم از پیش‌تعیین شده است که با پرکردن موارد خواسته شده در آن، جهت کار مشخصی مصرف می‌شود (صفا و فتحیه، ۱۳۹۵). به عبارت دیگر مدول‌ها در یک سیستم بزرگ‌تر هستند که از لحاظ ساختاری از هم مستقل‌اند ولی با یکدیگر کار می‌کنند (بهزادیان و برادران کاظم‌زاده، ۱۳۸۵). الف. محصولات مدولار: گروهی از محصولات که دارای شباهت در فناوری، اجزا و ترکیبات هستند و به منظور به دست آوردن یک محصول نهایی منحصربه‌فرد با استفاده از قطعات کوچک به کار گرفته می‌شوند (خضریان و همکاران، ۱۳۹۵). به عبارت دیگر می‌توان گفت، محصول مدولار محصولی است که توسط کاربر از تولید خوشه‌ای همان محصول انتخاب و ایجاد می‌شود (صدری، ۱۳۹۱)؛ زیرا در تولید خوشه‌ای برای هر یک از قطعات محصول، چند جایگزین وجود دارد که توسط کاربر (در زمان خرید و یا پس از آن) قابل‌گزینش است.

ب. ساختمان‌های مدولار: این ساختمان‌ها در سال ۱۹۸۳ م. از جمله فناوری‌های اساسی در آمریکا و اروپا بودند که در این دوران توسعه پیدا کردند (اسدی و بیگزاده، ۱۳۹۴). سیستم‌های مدولار ساختمان‌سازی، سیستم‌های بسته‌ای هستند که اجزا به صورت پیش‌ساخته در کارخانه و به صورت مستقل از ساختمان خاصی تولید شده‌اند. در این حالت کل سیستم به نحوی به زیر مجموعه‌هایی تقسیم می‌شود که در گسترش خود عمدتاً قابل انطباق و نیز مستقل است (ثبوتی و احمدی، ۱۳۹۴)؛ لذا



می‌شود. همچنین در هر دو نظام، امکان پیش‌ساختگی وجود دارد (مهدی‌زاده، ۱۳۹۴).

ب. تفاوت‌ها: یکی از تفاوت‌ها این است که وقتی مدول به کار گرفته شود، تناسبات از حالت انسانی خارج می‌شود. بنابراین برای قسمت‌هایی از بنا که تناسب انسانی نیاز است، به کار نمی‌آید و بیشتر برای قسمت‌هایی استفاده می‌شود که به تناسب انسانی نیاز نیست. این در حالی است که نظام پیمون در هر دو حالت قابل استفاده است (فلاح‌نیا و زارع، ۱۳۹۳). به عبارت دیگر از آنجایی که معماری ایرانی معماری درونگرا است، پیمون هم بر درونگرایی دلالت دارد، در حالی که مدولار بیشتر به برونگرایی می‌پردازد. همچنین، مدول یک الگوی ریاضی بر مبنای رشته‌ای عددی و خطی است، در حالی که پیمون جوابگوی نیازهای طراحی و ساخت به صورت عددی و هندسی است (مهدی‌زاده، ۱۳۹۴).

#### یافته‌های پژوهش

##### • کاربردهای محصولات مدولار

به دلیل نفوذ اینترنت و تکنولوژی‌های اطلاعاتی، مدیریت ارتباط با مشتریان و در نتیجه دریافت نیازها و خواسته‌های هر مشتری به سادگی و با سرعت بالا صورت می‌پذیرد. بر این اساس شرکت‌ها می‌توانند با جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل

ندارد و در ارتباط و اتصال مناسب با دیگر اجزا قرار دارد (رضایی‌منش و تقدیری، ۱۳۹۵). مدولار قادر است در مورد بی‌نهایت ترکیب به کار رود و وحدت را در عین تنوع تأمین کند و این همان معجزه اعداد است (فلاح‌نیا و زارع، ۱۳۹۳).

##### • مدولار در تاریخ معماری ایران (پیمون)

در معماری گذشته ایران از ضابطه‌ای مشابه با مدول معمول بهره گرفته می‌شد که آن را «پیمون» می‌نامیدند (محسنین، ۱۳۸۶). پیمون اندازه‌های معین و مشخصی بود که در طرح تکرار می‌شد و پیروی از آن، هرگونه نگرانی معمار را درباره ناستواری و نازیبایی از بین می‌برد (فلاح‌نیا و محمدی، ۱۳۹۰). معماران ایرانی با اینکه از یک پیمون بهره می‌بردند، اما ساختمان‌ها را بسیار گوناگون از کار در می‌آوردند (فلاح‌نیا و زارع، ۱۳۹۳). درواقع پیمون‌بندی، مفاهیمی چون انعطاف و تنوع‌پذیری را در خود نهفته دارد. به عبارت دیگر، امروزه با صنعتی‌شدن و صنعتی‌ساختن ساختمان‌ها، این مفهوم به نوعی دیگر مطرح شده است.

##### • مقایسه پیمون و مدول

الف. شباهت‌ها: هر دو به تناسبات دلالت دارند و مجموعه‌ای از قوانین را وضع می‌کنند (مهدی‌زاده، ۱۳۹۴)؛ یعنی مبنایی برای رعایت تناسب هستند (فلاح‌نیا و زارع، ۱۳۹۳). بنابراین به‌کارگیری آنها باعث به‌وجودآمدن نظم و هماهنگی در طرح



تصویر ۶. «روستای» چوبی مدولار برای نمایشگاه باغبانی پکن که توسط Penda طراحی شده و به عنوان راهبردی برای نوسازی بافت فرسوده روستایی شناخته می‌شود. مأخذ: اشرف گنجوی و دهقانی، ۱۳۹۵.



مقایسه می‌کند و می‌گوید: «طبیعت هیچگاه مدولار نیست، طبیعت پر است از واحدهای مشابه، اما هر چند همه آنها در هر نوعی از لحاظ ساختاری و کلی مشابهند، ولی هیچ دو موردی از آنها در جزئیات همانند نیستند» (همان). البته این در حالی است که امروزه با پیشرفت‌های علمی و با استفاده از علم بیونیک<sup>۲۵</sup> انسان به مدولار بودن بسیاری از پدیده‌های طبیعی و مخلوقات پی برده است. لذا نظر الکساندر امروز خیلی دقیق نیست و می‌توان از این مورد صرف نظر کرد.

ب. مزایا: مزایایی که برای روش‌های پیشرفته ساخت می‌توان نام برد، بدین شرح است: ۱. استفاده مناسب از مصالح و امکانات موجود؛ ۲. سرعت در اجرا؛ ۳. کاهش قیمت تمام شده؛ ۴. امکان کنترل کیفی بهتر؛ ۵. ایمنی بالا؛ ۶. پایایی و عمر مفید بیشتر؛ ۷. قابلیت برنامه‌ریزی و کنترل بهتر؛ و ۸. حفظ انرژی (ثبوتی و احمدی، ۱۳۹۴).

همچنین نکات مثبت سیستم‌های پیش ساخته عبارت است از: ۱. تولید فراوان و مداوم محصول؛ ۲. شرایط کاری مناسب فضا و محیط کار تولید قطعه و برپا کردن آن؛ ۳. استفاده بهینه از منابع و مصالح؛ ۴. سرعت بخشیدن به کمیت تولید در واحد زمان و حذف شرایط و دلایل اتلاف زمان؛ ۵. امکان استفاده از تخصص و تجربه کارگرهای فنی ماهر و تداوم آن؛ و ۶. استفاده به جا و به اندازه از وسایل فنی گران قیمت و حذف زمان‌های اتلاف وقت و بی مصرف ماندن این وسایل (فریور، ۱۳۹۲).

منافع بالقوه‌ای که برای مدولاریته می‌توان ذکر کرد، شامل این موارد است: ۱. اندازه اقتصادی؛ ۲. افزایش امکان پذیری تغییرات محصول / اجزا؛ ۳. افزایش تنوع محصول؛ ۴. کاهش زمان انتظار سفارش؛ ۵. به هم متصل شدن کارهای طراحی و تولید؛ و ۶. آسان بودن ارتقا، نگهداری، تعمیر و رفع عیوب محصول (بهزادیان و برادران کاظم‌زاده، ۱۳۸۵).

این روش طراحی برای هر دو گروه تولیدکننده و مصرف‌کننده مزایای جداگانه‌ای به همراه دارد و به دلیل آنکه مشتری در تولید محصول سهیم است، از رضایت بیشتری برخوردار خواهد شد. این هم به نفع مصرف‌کننده است و هم به نفع تولیدکننده. همچنین شرکت‌ها تلاششان را برای درک خواسته‌های مشتریان بیشتر می‌کنند و مشتریان نیز در این مسیر از موضع انفعالی خارج شده‌اند و به تولیدکنندگان یاد می‌دهند که چه باید بکنند (پیربابایی و امرایی، ۱۳۸۸).

مارک لاوسون<sup>۲۶</sup> مزایای استفاده از سیستم‌های پیش ساخته و مدولار در ساختمان سازی را شامل این موارد می‌داند:

۱. زمان ساخت کمتر که منجر به کاهش هزینه مدیریت و بازگشت سریع سرمایه می‌شود.
۲. صرفه اقتصادی به خصوص در مورد ساختمان‌های بزرگ که نیازمند تکرار مدول‌ها هستند.
۳. عایق بودن حرارتی و صوتی و مقاومت در برابر آتش بالا به علت

و پیش بینی نیازهای انبوهی از مشتریان، محصولاتی مطابق با خواسته‌ها و نیازهای آنها سفارش دهند. در چنین شرایطی، پارادایم تولید انبوه محصولات، مطابق با نیازها و خواسته‌های مشتریان، جایگزین پارادایم سنتی تولید انبوه شده است (بهزادیان و برادران کاظم‌زاده، ۱۳۸۵).

درواقع با گسترش چشمگیر رقابت در بازارها پدیده‌ای موسوم به «طیف وسیع مصرف‌کننده» شکل گرفت. در این نگرش، تولیدکنندگان دریافتند که یک محصول، تنها یک گروه از افراد جامعه را به خود معطوف خواهد کرد. این گروه هر چند کثیر، تنها کسری از جامعه را تشکیل می‌دهند. بنابراین تولیدکنندگان تلاش کردند محصولاتی را ارائه کنند که برای مشتری، امکان انتخاب و سفارش محصول مورد نظرشان را فراهم کند. این رویکرد، مشتری‌مداری<sup>۲۳</sup> نامیده می‌شود. هدف رویکرد مشتری‌مداری ایجاد تفاوت‌های جزئی در اشکال استاندارد برای تطبیق هرچه بیشتر با نیاز مشتری است (پیربابایی و امرایی، ۱۳۸۸).

هنگامی که گروه‌های مختلف مشتریان نیازهای متفاوتی دارند، بهترین ایده این است که جداگانه به هر گروه، محصولات متفاوت در جهت رضایتمندی آنها ارائه شود، اما این کار اغلب به دلیل محدودیت زمان و هزینه ناممکن به نظر می‌رسد. راه حل چنین مسئله‌ای استراتژی خانواده محصول براساس معماری مدولار است تا با پیکره‌بندی، تغییر ساختار قطعات و درواقع با تغییر مدول‌ها، این نیازها برآورده شود (بهزادیان و برادران کاظم‌زاده، ۱۳۸۵).

ذکر این نکته خالی از فایده نیست که نباید امکان انتخاب را با شخصی سازی یکسان فرض کنیم؛ زیرا شخصی سازی عبارت است از دخل و تصرف کاربر روی محصول، جهت ایجاد رابطه‌ای شخصی تر با کالا. این موضوع اغلب جنبه تزیینی داشته است و در مورد کالاهای معدودی صورت می‌گیرد، اما در مورد محصولات مدولار، خالق طرح اقتدار خود را از دست نداده، بلکه تنها برای کاربر امکان انتخاب کردن را فراهم آورده است. ایجاد امکان انتخاب، حرکتی خلاقانه از سوی خالق طرح است و دخل و تصرف کاربر تنها در چارچوب انتخاب‌های ممکن است که طراح به او داده است (پیربابایی و امرایی، ۱۳۸۸).

حال با توجه به موارد ذکر شده، مشخص می‌شود که پرداختن و توجه به این مهم می‌تواند یک راهبرد آینده‌نگر در طراحی محصولات آینده باشد.

#### • معایب و مزایای طراحی محصولات مدولار

الف. معایب: کریستوفر الکساندر<sup>۲۴</sup> مدولار سازی را نقد می‌کند: «این بناها آکنده است از قطعات خشک یکسان، اتاق‌های یکسان، خانه‌های یکسان، آپارتمان‌های یکسان در مجتمع‌های یکسان» (اسدی و بیگ‌زاده، ۱۳۹۴). او در ادامه نقادی خود، مدولار سازی را با الگوهای موجود در طبیعت

- ذات دوپوسته بودن مدول‌ها
۴. وزن سبک‌تر و کاهش مصرف مصالح
  ۵. افزایش بازدهی به علت صنعتی شدن ساخت مدول‌ها در کارخانه
  ۶. کاهش مزاحمت در همسایگی و از بین بردن محدودیت‌هایی از قبیل انبار کردن مصالح و جلوگیری از ترافیک
  ۷. امکان جدا کردن مدول‌ها و استفاده در نقاط دیگر با کاربری‌های دیگر (علاقمندان و همکاران، ۱۳۹۵ الف).
- لازم به ذکر است که خانه‌های مدولار در حال حاضر به سطوح بالاتری از پایداری در مقایسه با بقیه خانه‌های ساخته شده در سایت دست می‌یابند؛ زیرا به دلیل کاهش زمان ساخت و نیاز به زمان کمتر برای حضور در سایت، زباله کمتری تولید می‌کنند که نشان‌دهنده کمتر آسیب‌زدن به سایت اصلی و محیط اطراف است (اشرف گنجویی و دهقانی، ۱۳۹۵).
- به طور کلی مزایایی که می‌توان برای طراحی مدولار نام برد، به شرح زیر است:
۱. کاهش زمان اجرا و ارتقای کیفیت
  ۲. انتخاب ابعاد مدولار و رعایت آن در تمامی مراحل طراحی
  ۳. هم‌خوانی تمام مصالح، اجزا، تجهیزات با یکدیگر به گونه‌ای که نیاز به اعمال اصلاحات در محل ساخت ضروری نباشد.
  ۴. انطباق شبکه‌های طراحی معماری و سازه و انطباق این شبکه‌ها با تأسیسات، مبلمان و تجهیزات
  ۵. انتظام و گروه‌بندی اجزا و قطعات ساختمانی (اسدی و بیگزاده، ۱۳۹۴)
  ۶. قابلیت استفاده برای مدت زمان بیشتر
  ۷. مطابقت یافتن با تجربه و مداخله کاربران
  ۸. ماندگاری اقتصادی و اکولوژیکی بیشتر
  ۹. برخورداری آسان از مزایای ابداعات تکنیکی
  ۱۰. کاهش یافتن زمان و هزینه مونتاژ به میزان زیاد
  ۱۱. میسر ساختن سفارشی‌سازی به صورت انبوه (خضریان و همکاران، ۱۳۹۵)
  ۱۲. اطمینان از استانداردهای ساخت و نحوه اجرای آن
  ۱۳. کاهش ضایعات و افزایش بازیافت به دلیل ساخته شدن قطعات در خارج از سایت
  ۱۴. کاهش یافتن تولید زباله در محل به دلیل ساخته شدن قطعات در کارخانه
  ۱۵. ساخت قطعات نیازمند آب، در محیط کارخانه قابل کنترل‌تر بوده و پتانسیل بالاتری در بازیافت آنها وجود دارد.
  ۱۶. کاهش آلودگی به دلیل تولید در کارخانه، (بنابراین تأثیر کمتری بر گونه‌های گیاهی سایت خواهد داشت).
  ۱۷. کاهش معایب و نقایص بعد از اتمام کار به دلیل ساخت در کارخانه (وجود قابلیت پیش‌بینی عملکرد پروژه، به این معنی که امکان متره و برآورد صحیح با کمترین خطا وجود دارد؛ در نتیجه از انجام تعداد کار در یک مدت مشخص اطمینان حاصل
- می‌شود) (ثبوتی و احمدی، ۱۳۹۴).
۱۸. صرفه‌جویی در مصرف مصالح و انرژی
  ۱۹. کنترل دقیق فرایند ساخت
  ۲۰. استفاده از سازه‌های سبک‌تر، مقاوم‌تر و بادوام‌تر، تعمیر و نگهداری آسان‌تر (محسنین، ۱۳۸۶)
  ۲۱. بهبود روند ساخت‌وساز از لحاظ زیست‌محیطی (اسدی و بیگزاده، ۱۳۹۴)
  ۲۲. دستیابی به راه‌حل جدید با اضافه کردن مدولی دیگر یا حذف آن (علاقمندان و همکاران، ۱۳۹۵ ب)
  ۲۳. افزایش انعطاف‌پذیری اجزا و تغییر محصول
  ۲۴. افزایش تنوع محصول
  ۲۵. از بین بردن ریسک
  ۲۶. توسعه مؤثر نیازهای مشتریان
  ۲۷. معرفی فناوری‌های جدید
  ۲۸. سهولت دوباره‌کاری در صورت مونتاژ ناصحیح
  ۲۹. کاهش هزینه‌های نوآوری
  ۳۰. انعطاف‌پذیری در واکنش‌ها و عکس‌العمل‌ها
  ۳۱. سهولت در تولید محصولات پیچیده
  ۳۲. افزایش قدرت تخصص برای شرکت؛ یعنی شرکت‌ها می‌توانند با تمرکز بر روی نقاط قوت خود آنها را بهبود ببخشند و با شناسایی نقاط ضعف خود آنها را برطرف کنند و از رقبای خود پیشی بگیرند (صفا و فتحیه، ۱۳۹۵).
  ۳۳. به‌وجود آوردن نظم و هماهنگی (فلاح‌نیا و زارع، ۱۳۹۳).
  ۳۴. انتخاب‌های بیشتر در هنگام خرید؛ زیرا می‌تواند با انتخاب اجزای مختلف و ترکیب آنها با هم احساس رفاقت بیشتری با محصول داشته باشد. بحث کاربرمحوری، بالاخص در امکاناتی که پس از خرید در اختیار کاربر قرار می‌گیرد، نمود می‌یابد (پیربابایی و امرایی، ۱۳۸۸).
- مزایایی که در این شیوه موجود است، باعث تفکر بیشتر جهت استفاده از روش ساخت‌وساز مدولار به عنوان ترکیبی از مزیت‌های زیست‌محیطی و اقتصادی می‌شود و فرصت‌های صنایع مرتبط را افزایش می‌دهد. در صنعت ساخت‌وساز مدولار، چرخه عمر محصول به دلیل استفاده از آن در کاهش انرژی‌های تولید، اجرا، نگهداری، بازیافت زباله و دفع مطرح است. این مزایا باعث می‌شوند که اکثر طراحان و انبوه‌سازان به این سمت تمایل پیدا کنند (اسدی و بیگزاده، ۱۳۹۴).
- جمع‌بندی مزایا
- شاید با توجه به توضیحات داده شده موارد ذیل را بتوان به عنوان مهم‌ترین مزایا برشمرد:
- افزایش خلاقیت و نوآوری در مصرف‌کننده، مشارکت مصرف‌کننده در طراحی پس از تولید، تنظیم و تطبیق براساس نیاز و یا سلیقه و ذائقه، بالا رفتن ماندگاری و عمر محصول در چرخه استفاده، تنوع‌پذیری، همگون‌سازی با محیط دلخواه،

۵. در انتخاب مدول پایه باید به مدول انتخاب شده توسط سایر کشورهای صنعتی دقت کرد (صدری، ۱۳۹۱).

لازم به ذکر است که تعیین مدول پایه باید براساس شرایط عمومی (اندازه، جهت ساخت متناسب با طراحی، ساده و کامل، قابلیت تطبیق با سیستم مقیاس‌های بین‌المللی) و شرایط محلی در نقاط مختلف (تطبیق با سنت‌های فرهنگی و اجتماعی، شرایط اقلیمی و ابعاد مصالح ساخت بومی منطقه) شکل بگیرد (فریور، ۱۳۹۲).

باید در نظر داشت در طراحی مدولار، مسیر تولید در خطوط تولید یکنواخت است، به طوری که کلیه محصولات از مسیر مشخص و یکنواختی عبور می‌کنند و فرایند تولید همگی، یکسان است. فقط در مونتاژ نهایی مطابق با سلیقه مشتریان، قطعات اضافی جایگذاری می‌شود (خضریان و همکاران، ۱۳۹۵؛ اسدی و بیگزاده، ۱۳۹۴). سازماندهی و مونتاژ نیز براساس قوانین هندسی انجام می‌شود (بیرانوند و همکاران، ۱۳۹۳؛ اسدی و بیگزاده، ۱۳۹۴). توسعه قابلیت تعویض و استانداردسازی قطعات، یک پیشرفت برای طراحی مدولار است (ثبوتی و احمدی، ۱۳۹۴).



تصویر ۷. معماری داخلی Allied. مدولار: تقسیم‌بندی فضای اداری با قابلیت برپایی و جمع سریع برای انطباق با کارکنان و طراحی داخلی بدون تغییر کل ساختمان. مأخذ: [www.designboom.com](http://www.designboom.com)



تصویر ۸. میز Tetris توسط اسلایدهای اداری طراحی صنعتی با هم در قالب‌های مختلف قرار می‌گیرد. مأخذ: [www.designboom.com](http://www.designboom.com)

کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌بری، تنظیم براساس اصول ارگونومیکی انسان، کاهش زمان تولید محصول، افزایش فروش محصول و... (تصویر ۷ و ۸).

#### • اصول طراحی محصولات مدولار

یک طرح مدولار محصولی است که می‌کوشد تعامل بیشتری با کاربر خود داشته باشد، لذا باید براساس خواسته‌ها، فعالیت‌ها و توانایی‌های کاربر سازماندهی شود و متقابلاً آنها را سازماندهی کند. باید براساس روش شناختی که ذهن کاربر اطلاعات را پردازش و تصمیم‌گیری می‌کند، منطبق باشد و در تمام مدت استفاده، کنترل کامل کاربر و آگاهی از وضعیت را فراهم کند (اسدی و بیگزاده، ۱۳۹۴).

مدولار، طراحی محصولات در ساختارها، قطعات استاندارد و مدول‌های مختلف به گونه‌ای است که بتوانند نیازهای گروه‌های مختلف مشتریان را برآورده سازند (بهزادیان و برادران کاظم‌زاده، ۱۳۸۵). همچنین در طراحی محصولات مدولار علاوه بر مباحث ارگونومیک، نیازهای روانی کاربر نیز مد نظر هستند (پیربابایی و امرایی، ۱۳۸۸).

همچنین یک طرح مدولار براساس تفکرات، اعداد و منطق به دست می‌آید که ابعاد، ساختار و اعضای آن در شرایط آزمایشگاهی شکل می‌گیرند (اسدی و بیگزاده، ۱۳۹۴). بنابراین تنوعی از اندازه‌ها، تنها از ترکیب تعداد محدودی اندازه پایه به دست می‌آیند. این اندازه‌ها را می‌توان در طراحی و تولید ساختمان و اجزای آن یا در طراحی فضاهای ساختمان، لوازم و بسیاری موارد دیگر به کار برد (صدری، ۱۳۹۱).

برای دستیابی به مزایای مطرح شده و جهت اجرایی شدن طراحی محصولات مدولار، این اصول و مبانی ارائه می‌شوند:

۱. مشتری مداری و گسترش گروه‌های استفاده‌گر  
۲. افزایش طیف انتخاب مصرف‌کننده با ارائه آلترناتیوهای در انتخاب اجزا

۳. کاربرمحوری به منظور تأمین نیازهای روانی  
۴. استفاده هوشمندانه و خلاقانه از اصل روان‌شناختی هم‌نشینی و جانشینی در طراحی محصول مدولار (پیربابایی و امرایی، ۱۳۸۸). از آنجایی که مدول پایه، واحد اصلی و اساسی اندازه در نظام هماهنگی مدولار است، رعایت یکی از شروط زیر برای تعیین آن ضروری است:

۱. اندازه مدول به حد کافی بزرگ باشد.
۲. اندازه مدول پایه تا آن حد کوچک باشد که مضارب آن پاسخگوی اندازه‌های مورد نیاز باشد.
۳. اندازه مدول پایه بایستی تا آن حد بزرگ باشد که هنگام تقسیم آن، برای مدول‌های فرعی گوناگونی‌های بیشتری در اندازه‌های طراحی به دست آید.
۴. برای ایجاد سهولت در بهره‌گیری از عناصر مدول شده، مضارب آنها باید همیشه اعداد صحیح را ارائه کنند.



## نتیجه‌گیری

طراحی‌های مدولار، دامنه انتخاب را به نحو چشمگیری وسعت می‌بخشند و در برخی موارد نیز به کاربر این امکان را می‌دهند تا طرح موردپسند خود را ایجاد کند. مصرف‌کننده می‌تواند از بین یک گروه با ویژگی‌های فرمی و هزینه‌ای متنوع، محصول مطلوب خود را به دست آورد. در این محصولات با اتخاذ تدابیری می‌توان امکان ایجاد طرح‌های گوناگون و متنوع را فراهم کرد. چنین تدابیری پیش‌ازتولید و در هنگام طراحی اتخاذ می‌شوند؛ یعنی در حیطه عمل طراحان قرار دارند. این روش‌های نوین در طراحی، انعطاف‌پذیری معینی را ممکن می‌سازند و امکان بهبود را به وجود می‌آورند. علاوه بر این، قابلیت استفاده برای مدت زمان بیشتری را نیز ایجاد می‌کنند، با تجربه و مداخله کاربران مطابقت دارند، ماندگاری اقتصادی و اکولوژیکی بیشتری دارند و از مزایای ابداعات تکنیکی به سهولت برخوردارند. برای فراهم کردن انعطاف‌پذیری در فضای معماری نیز به یک سیستم برنامه‌ریزی شده در کنار پیش‌ساختگی نیاز است که می‌تواند همان ساختارهای مدولار باشد.

معماران و مهندسين با استفاده از راهبرد مدولار در طراحی المان‌های پیش‌ساخته مورد استفاده در فضاهای آینده می‌توانند خلاقیت و نوآوری در طرح، رنگ و نصب آسان و سریع وسایل مورد نیاز زندگی روزمره یا المان‌های دکوراتیو را افزایش دهند و هر نوع سلیقه‌ای را ارضا کنند.

آنچه از یافته‌های پژوهشی و مطالعات فوق به دست می‌آید، می‌تواند ما را به این نکته مهم رهنمون سازد که ساختار و اصول مدولاریته در دنیای امروزی و از آن مهم‌تر در دنیای آینده و شهرهای آینده و زندگی آینده ما یکی از راهبردهای کلیدی در زمینه طراحی و تولید جهت ارائه خدمات یا محصولات است. لذا با استفاده از مدولاریته می‌توان خلاقیت

در مورد محصولات مدولار نکته بسیار مهمی که باید یادآوری شود، این است که طراحی محصول مدولار با طراحی گوناگونی محصول فرق می‌کند. تنوع یک مدل و طرح ثابت که تنها از طریق مقولاتی مثل تنوع در رنگ یا بافت به دست آمده است، گوناگونی نام دارد؛ مانند یک مدل بخاری که در رنگ‌های مختلف ارائه می‌شود، ولی این حداقل امکان انتخابی است که به مشتری داده می‌شود. در مقابل، محصولات مدولار متشکل از مجموعه‌ای از اجزای متفاوت هستند که قابلیت تلفیق و ترکیب مجدد را دارند و تفاوت اجزا تنها در مواردی مثل رنگ یا بافت و حتی قیمت نیست، بلکه تفاوت در طرح، گشتالت و حتی عملکرد نیز قابل رؤیت است (تصویر ۹) (پیربابایی و امرایی، ۱۳۸۸).

## • انواع محصولات مدولار

محصولات مدولار را به طور کلی می‌توان در دو نوع دسته‌بندی کرد. نوع اول، طرح خوشه‌ای است که شامل انتخاب‌های میسر برای ترکیب و طرح در زمان خرید است. در این نوع، کاربر در هنگام خرید محصول، اجزای آن را انتخاب می‌کند و محصول موردنظر خود را به دست می‌آورد. این حالت که مشتری از میان عناصر از پیش تعیین‌شده، ترکیب مورد علاقه خود را برمی‌گزیند، مشتری‌مداری اشتراکی<sup>۲۷</sup> نام دارد. نوع دوم شامل امکاناتی است که پس از خرید در اختیار کاربر قرار داده می‌شوند و کاربر می‌تواند از طریق ترکیب مدول‌های استاندارد، ترکیب‌های مورد علاقه خود را از لحاظ فرمی و در مواردی از لحاظ عملکردی، ایجاد کند (تصویر ۱۰). این حالت که در آن محصول پس از خرید نیز قابل تغییر است، مشتری‌سازی پذیرشی<sup>۲۸</sup> نام دارد و بیشترین خلاقیت در این بخش به چشم می‌خورد (پیربابایی و امرایی، ۱۳۸۸).



تصویر ۹. استارت‌آپ Open Motors در چین که بر طراحی وسایل نقلیه مدولار و تعمیر و نگهداری شرکت‌های دیگر تمرکز کرده است. مأخذ: پیربابایی و امرایی، ۱۳۸۸.



تصویر ۱۰. معماری باز و توسعه سیستم ساخت و ساز مجدد با تسلایت شش گوشه‌ای توسط راهبرد مدولاریته در گوانگجو چین. مأخذ: پیربابایی و امرایی، ۱۳۸۸.

و نوآوری را در مصرف‌کننده به وجود آورد و او می‌تواند هربار بسته به نیاز خود یا شرایط محیطی با واحدهای بنیادینی که در اختیار دارد و با استفاده از اصول مدولاریته، دست به آفرینش‌گری هنری و اقتصادی و صنعتی بزند. لذا طی بررسی‌های صورت گرفته، مدولاریته یکی از اصول راهبردی در طراحی محصولات آینده است.

### پی‌نوشت‌ها

۱۲. AEG
۱۳. The humanization of the industrial world
۱۴. Albert Bemis
۱۵. Ernst Neufert
۱۶. Le Corbusier
۱۷. Leon Battista Alberti
۱۸. George Nelson
۱۹. Ford mustang
۲۰. SONY
۲۱. JVC
۲۲. Modulus
۲۳. Customization
۲۴. Christopher Alexander
۲۵. Bionic
۲۶. Lawson
۲۷. Collaborative customization
۲۸. Adoptive customization

۱. Industrialization
۲. Mass production
۳. Mechanize
۴. Rapid production
۵. Futures wheel
۶. Dependency tree
۷. Mind mapping
۸. Ken: واحد طولی برای تنظیم فاصله ستون گذاری در ساختمان‌های سنتی ژاپنی که در ابتدا (۱,۸ متر) مشخص شده بود، اما بعدها مطابق عرض اتاق که به وسیله واحدهای تاتامی تعیین شده بود، تنوع یافتند.
۹. Palladio
۱۰. Tatam: حصیر پوشالی ضخیم که به عنوان کفپوش و استاندارد در طراحی اندازه اتاق در خانه‌های سنتی ژاپن به کار می‌رود و ابعاد آن حدود (۱,۸\*۰,۹ متر) است.
۱۱. Peter Behrens

### فهرست منابع

• اسدی، شهرام و بیگزاده، عطاله. (۱۳۹۴). مسکن ارزان قیمت و با کیفیت با تأکید بر مدولار سازی. *اولین کنفرانس تخصصی معماری و شهرسازی ایران*. شیراز: مؤسسه عالی علوم و فناوری حکیم عرفی.

• علاقمندان، متین؛ شایان‌پور، آرمین؛ خجسته‌مهر، فرشته و خلیل‌بیگی‌خامنه، آرمان. (۱۳۹۵ الف). ارائه روشی در معماری رایانشی برای بهینه‌سازی پلان ساختمان بلند با فرم آزاد و با قابلیت ساخت مدولار. سومین کنفرانس بناهای بلند. تهران: وزارت راه و شهرسازی.

• علاقمندان، متین؛ شایان‌پور، آرمین و میرحافظ، سیدمهدی. (۱۳۹۵ ب). بررسی روش‌های طراحی و ساخت ساختمان‌های بلندمرتبه مدولار براساس مدل‌سازی اطلاعات ساختمان. سومین کنفرانس بناهای بلند. تهران: وزارت راه و شهرسازی.

• فریور، مهسا. (۱۳۹۲). بررسی نقش طراحی مدولار در کاهش هزینه ساخت مسکن. اولین همایش ملی جغرافیا، شهرسازی و توسعه پایدار. تهران: انجمن محیط زیست کومش، دانشگاه صنعت هوایی.

• فلاح، محمدصادق و محمدی، حسین. (۱۳۹۰). از پیمون در معماری سنتی تا مدولارسازی در سازه‌های فضاکار. سومین کنفرانس ملی سازه‌های فضاکار. تهران: دانشگاه تهران، قطب علمی فناوری معماری پردیس هنرهای زیبا.

• فلاح‌نیا، مرجان و زارع، سهیلا. (۱۳۹۳). طراحی مدولار در معماری ساختمان‌های مسکونی؛ مقایسه نظام پیمون ایرانی سیستم مدولار لوکوربوزیه و سیستم کن در ژاپن. اولین کنگره بین‌المللی افق‌های جدید در معماری و شهرسازی. تهران: دانشگاه تربیت مدرس.

• گلن، جروم سی و گوردون، تئودور. (۱۳۹۲). دانشنامه بزرگ روش‌های آینده‌پژوهی. ت: مرضیه کیقبادی و فرخنده ملکی‌فر. تهران: انتشارات تیسرا.

• محسنین، مهسان. (۱۳۸۶). تطبیق مدولار سازه و معماری در ساختمان‌های مسکونی ایران. اولین کنفرانس سازه و معماری. تهران: دانشگاه تهران.

• ملکی‌فر، عقیل. (۱۳۸۸). الفبای آینده‌پژوهی. تهران: کرانه علم.

• مهدی‌زاده، میثم. (۱۳۹۴). مقایسه تطبیقی نظام مدولار در معماری غرب و نظام پیمون در معماری ایرانی. اولین کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری. یزد: مؤسسه معماری و شهرسازی سفیران راه مهرازی.

• اشرف گنجویی، علیرضا و دهقانی، حمزه. (۱۳۹۵). بهبود عملکرد توسعه پایدار با استفاده از ساخت‌وساز ناب (مطالعه موردی: خانه‌سازی مدولار). اولین کنفرانس بین‌المللی و سومین کنفرانس ملی معماری و منظر شهری پایدار. مشهد: مؤسسه بین‌المللی معماری و شهرسازی مهرآزشهر.

• بهزادیان، مجید و برادران‌کاظم‌زاده، رضا. (۱۳۸۵). گسترش کارکرد کیفیت برای معماری مدولار محصول. هفتمین کنفرانس بین‌المللی مدیران کیفیت. تهران: مجموعه همایش‌های بین‌المللی اجلاس.

• بیرانوند، الهام؛ دلفان، فاطمه و مرادی، معصومه. (۱۳۹۳). بررسی مدولار و پیش‌ساختگی در تولید انبوه مسکن. اولین کنفرانس ملی شهرسازی، مدیریت شهری و توسعه پایدار. تهران: مؤسسه ایرانیان، انجمن معماری ایران.

• پیربابایی محمدتقی و امرایی، بابک. (۱۳۸۸). بررسی مبانی طراحی محصولات مدولار. هنرهای زیبا، ۳۷: ۶۹-۷۶.

• ثبوتی، هومن و احمدی، جلال. (۱۳۹۴). مدولار و پیش‌ساختگی در معماری و تولید انبوه مسکن. دومین کنفرانس ملی معماری و منظر شهری پایدار. مشهد: مؤسسه بین‌المللی معماری و شهرسازی مهرآزشهر.

• خضریان، علیرضا؛ دماوندی، مجید و حسینی، سیدسبحان. (۱۳۹۵). رویکرد مدولار و پیش‌ساختگی در مسکن انعطاف‌پذیر. پنجمین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی، معماری و شهرسازی. تهران: مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار - مؤسسه آموزش عالی مهر اروند.

• رضایی‌منش، میثم و تقدیری، علیرضا. (۱۳۹۵). چگونگی استفاده از سیستم کانتینر به عنوان واحد مدولار ساختمانی. سومین کنفرانس سراسری نوآوری‌های اخیر در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی. تهران: مؤسسه آموزش عالی نیکان.

• صدی، آرشد. (۱۳۹۱). سیستم ساخت ابنیه پری فابریکه با شبکه مدولار پلانی. اولین همایش ملی اندیشه‌ها و فناوری‌های نو در معماری. تبریز: انجمن مهندسان معمار تبریز.

• صفا، ملیکا و فتحیه، صادق. (۱۳۹۵). جایگاه مدولار و پیش‌ساختگی در معماری مدرن. پنجمین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی، معماری و شهرسازی. تهران: مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.

## COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Bagh-e Nazar Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



## نحوه ارجاع به این مقاله

شوکت‌پور، محمدحسین؛ محمدی، مهدی؛ اصلانی، علیرضا؛ منطقی، منوچهر و چوپانکاره، وحید. (۱۳۹۸). محصولات مدولار؛ راهبردی آینده‌نگر برای طراحی فضاهای آینده. باغ نظر، ۱۶ (۷۴): ۶۸-۵۵.

DOI: 10.22034/bagh.2019.161401.3902

URL: [http://www.bagh-sj.com/article\\_90998.html](http://www.bagh-sj.com/article_90998.html)

