

Synchronizing Architecture with High-Quality Construction (Industrial Architecture): Examining the Effects of Its Components on the Architectural Quality of Mid-Rise Residential Buildings Using Structural Equation Modeling

1. Mehdi Arab Nosratabadi[✉]: PhD Student, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

2. Mohsen Vafamehr^{✉*}: Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran, Iran.

3. Ahmad Ekhlassi[✉]: Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

*Corresponding Author's Email Address: dr.vafamehr@iau.ac.ir

How to Cite: Arab Nosratabadi, M., Vafamehr, M., & Ekhlassi, A. (2026). Synchronizing Architecture with High-Quality Construction (Industrial Architecture): Examining the Effects of Its Components on the Architectural Quality of Mid-Rise Residential Buildings Using Structural Equation Modeling. *Manifestation of Art in Architecture and Urban Engineering*, 4(4), 1-22.

Abstract:

This study aimed to determine the effects of industrial architecture components on improving the architectural quality of mid-rise residential buildings in Kerman and to identify the components exerting the strongest effects on architectural quality. This mixed-methods study employed qualitative and quantitative approaches and was applied-developmental in purpose and descriptive-survey in data collection. In the qualitative phase, the Delphi method was conducted with 50 architecture professors to identify the components and indicators of industrial architecture and architectural quality. The quantitative population comprised 420 licensed professionals affiliated with the Kerman Construction Engineering Organization; after questionnaire distribution and data screening, 328 valid cases were included in the analyses. The instruments were a researcher-developed Industrial Architecture Questionnaire containing 53 items across nine components and an Architectural Quality Questionnaire comprising 55 items across ten components. Face and content validity were confirmed by 15 architecture professors, while construct validity was examined using exploratory factor analysis. Data were analyzed using SPSS version 23 and AMOS version 22 through Pearson correlation analysis and structural equation factor modeling with maximum likelihood estimation. Pearson correlations indicated significant positive relationships between all industrial architecture components and architectural quality ($r=0.14-0.39$, $P<0.05$). The structural model demonstrated acceptable fit ($\chi^2/df=2.74$, $GFI=0.91$, $CFI=0.92$, $IFI=0.921$, $NFI=0.901$, $TLI=0.902$, $RMSEA=0.057$). Significant positive effects on architectural quality were found for computer-assisted optimization of design components and spaces ($\beta=0.71$, $t=7.47$, $P<0.001$), construction-oriented design ($\beta=0.31$, $t=5.40$, $P<0.001$), controlled factory production ($\beta=0.29$, $t=3.94$, $P<0.001$), disassembly and reassembly capability of the construction process ($\beta=0.31$, $t=5.16$, $P<0.001$), flexibility in planning processes and semi-finished component production ($\beta=0.21$, $t=3.16$, $P=0.004$), and environmental compatibility ($\beta=0.27$, $t=3.54$, $P<0.001$). In contrast, computer data-based ideation, rationalistic component and spatial design, and standardized semi-finished components had no significant direct effects ($P>0.05$). Architectural quality in mid-rise residential buildings appears to depend primarily on the integration of design and construction, computer-assisted optimization, flexible production and assembly processes, controlled factory production, and environmental compatibility rather than on standardization or computer-based ideation alone. Accordingly, systematic application of these industrial architecture components may provide an effective framework for improving the architectural quality of mid-rise housing in Kerman.

Keywords: Industrial Architecture, Architectural Quality, Mid-Rise Residential Buildings, Structural Equation Modeling, Construction-Oriented Design, Industrialized Construction.

Received: 10 May 2026

Revised: 08 August 2026

Accepted: 16 August 2026

Initial Publication: 19 August 2026

Final Publication: 22 December 2026



همگامی معماری با بالاترین کیفیت ساخت (معماری صنعتی) و بررسی تأثیر مؤلفه‌های آن بر کیفیت معمارانه ساختمان‌های مسکونی میان‌مرتبه با روش مدل‌یابی معادلات ساختاری

۱. مهدی عرب نصرت‌آبادی¹: دانشجوی دکتری گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

۲. محسن وفامهر²: استاد، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)

۳. احمد اخلاصی³: استاد گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: dr.vafamehr@iau.ac.ir

نحوه استناددهی: عرب نصرت‌آبادی، مهدی، وفامهر، محسن، و اخلاصی، احمد. (۱۴۰۵). همگامی معماری با بالاترین کیفیت ساخت (معماری صنعتی) و بررسی تأثیر مؤلفه‌های آن بر کیفیت معمارانه ساختمان‌های مسکونی میان‌مرتبه با روش مدل‌یابی معادلات ساختاری. تجلی هنر در معماری و شهرسازی، ۴(۴)، ۲۲-۱.

چکیده

هدف پژوهش حاضر تعیین میزان تأثیر مؤلفه‌های معماری صنعتی بر ارتقای کیفیت معمارانه ساختمان‌های مسکونی میان‌مرتبه شهر کرمان و شناسایی مؤلفه‌های دارای بیشترین اثر بر کیفیت معمارانه بود. پژوهش حاضر با رویکرد آمیخته کمی-کیفی، از نظر هدف کاربردی-توسعه‌ای و از نظر گردآوری داده‌ها توصیفی-پیمایشی انجام شد. در مرحله کیفی، با استفاده از روش دلفی و مشارکت ۵۰ نفر از استادان معماری، مؤلفه‌ها و شاخص‌های معماری صنعتی و کیفیت معمارانه استخراج شدند. جامعه بخش کمی شامل ۴۲۰ نفر از کارشناسان دارای پروانه اشتغال سازمان نظام مهندسی شهر کرمان بود که پس از توزیع پرسشنامه‌ها و حذف داده‌های نامعتبر، اطلاعات ۳۲۸ نفر تحلیل شد. ابزارهای پژوهش شامل پرسشنامه محقق‌ساخته معماری صنعتی با ۵۳ گویه و ۹ مؤلفه و پرسشنامه کیفیت معمارانه با ۵۵ گویه و ۱۰ مؤلفه بود. روایی صوری و محتوایی توسط ۱۵ نفر از استادان تأیید و روایی سازه با تحلیل عاملی اکتشافی بررسی شد. داده‌ها با SPSS نسخه ۲۳ و AMOS نسخه ۲۲ و با استفاده از همبستگی پیرسون و مدل‌یابی معادلات ساختاری مبتنی بر برآورد درست‌نمایی پیشینه تحلیل شدند. نتایج همبستگی پیرسون نشان داد همه مؤلفه‌های معماری صنعتی با کیفیت معمارانه رابطه مثبت و معناداری داشتند ($P < 0.05$, $r = 0.14-0.39$). مدل ساختاری نیز از برازش مطلوب برخوردار بود ($GFI = 0.91$, $\chi^2/df = 2.72$), $CFI = 0.92$, $JFI = 0.921$, $NFI = 0.901$, $TLI = 0.902$, $RMSEA = 0.057$). طراحی بهینه اجزا و فضاها به کمک مدل‌های کامپیوتری ($\beta = 0.71$, $t = 7.47$, $P < 0.001$), طراحی ساخت‌محور ($\beta = 0.31$, $t = 5.40$, $P < 0.001$), تولید کارخانه‌ای کنترل‌شده ($\beta = 0.29$, $t = 3.94$, $P < 0.001$), امکان جداسازی و برپاسازی فرایند ساخت ($\beta = 0.31$, $t = 5.16$, $P < 0.001$), امکان تغییر فرایند برنامه‌ریزی و تولید نیم‌ساخته‌ها ($\beta = 0.21$, $t = 3.16$, $P = 0.004$) و سازگاری با محیط زیست ($\beta = 0.27$, $t = 3.54$, $P < 0.001$) اثر مثبت و معناداری بر کیفیت معمارانه داشتند؛ در مقابل، اثر ایده‌پردازی مبتنی بر تحلیل داده‌های رایانه‌ای، طراحی خردگرای اجزا و فضاها و نیم‌ساخته‌های استاندارد معنادار نبود ($P > 0.05$). یافته‌ها نشان می‌دهد ارتقای کیفیت معمارانه ساختمان‌های مسکونی میان‌مرتبه بیش از آنکه صرفاً به استانداردسازی اجزا یا ایده‌پردازی رایانه‌ای وابسته باشد، به یکپارچگی طراحی و ساخت، بهینه‌سازی رایانه‌ای، انعطاف‌پذیری فرایند تولید و مونتاژ، کنترل کارخانه‌ای و سازگاری محیطی وابسته است؛ بنابراین، به‌کارگیری هدفمند این مؤلفه‌ها می‌تواند چارچوبی مؤثر برای توسعه معماری صنعتی و ارتقای کیفیت مسکن میان‌مرتبه در شهر کرمان فراهم سازد.

کلیدواژگان: معماری صنعتی، کیفیت معمارانه، ساختمان‌های مسکونی میان‌مرتبه، مدل‌یابی معادلات ساختاری، طراحی ساخت‌محور، ساخت صنعتی.

تاریخ دریافت: ۲۰ اردیبهشت ۱۴۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۷ مرداد ۱۴۰۵

تاریخ پذیرش: ۲۵ مرداد ۱۴۰۵

اولین انتشار: ۲۸ مرداد ۱۴۰۵

انتشار نهایی: ۱ دی ۱۴۰۵



مقدمه

مسکن، افزون بر آنکه یکی از بنیادی‌ترین نیازهای انسان محسوب می‌شود، عرصه‌ای است که در آن کیفیت فضایی، عملکرد، فناوری ساخت، اقتصاد، فرهنگ، محیط و شیوه زندگی به‌صورت هم‌زمان با یکدیگر تلاقی پیدا می‌کنند. افزایش جمعیت شهری، گسترش شهرنشینی، محدودیت منابع، افزایش هزینه‌های زمین و ساخت، تغییر الگوهای خانوار و ضرورت پاسخ‌گویی سریع‌تر به تقاضای مسکن، نظام‌های متعارف طراحی و ساخت را با چالش‌های جدی مواجه ساخته است. در چنین شرایطی، افزایش صرف تعداد واحدهای مسکونی نمی‌تواند به‌تنهایی پاسخ‌گوی نیازهای جامعه باشد، زیرا مسکن مطلوب باید علاوه بر امکان تولید در مقیاس مناسب، از کیفیت معمارانه، انعطاف‌پذیری، دوام، قابلیت انطباق، کارایی اقتصادی و هماهنگی با ویژگی‌های محیطی و اجتماعی برخوردار باشد. مطالعات مرتبط با ارزیابی سیستم‌های ساختمانی نشان داده‌اند که انتخاب فناوری و روش ساخت باید بر پایه مجموعه‌ای از معیارهای فنی، عملکردی و کیفی صورت گیرد و نمی‌توان کیفیت یک ساختمان را صرفاً بر اساس سرعت ساخت یا صرفه اقتصادی آن ارزیابی کرد (1). از سوی دیگر، رویکردهای کیفیت‌محور در معماری بر ضرورت ارزیابی هم‌زمان کیفیت برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا و عملکرد ساختمان تأکید دارند و کیفیت معمارانه را حاصل تعامل چندبعدی مجموعه ویژگی‌هایی می‌دانند که در طول چرخه شکل‌گیری و بهره‌برداری ساختمان ظاهر می‌شوند (2). از این منظر، مسئله اصلی در تولید مسکن معاصر نه صرفاً «ساخت بیشتر»، بلکه دستیابی به سازوکاری است که بتواند میان تولید کارآمد و کیفیت معمارانه تعادل برقرار کند.

صنعتی‌شدن ساختمان یکی از مهم‌ترین پاسخ‌هایی است که طی دهه‌های گذشته برای غلبه بر محدودیت‌های شیوه‌های سنتی ساخت مطرح شده است. معماری صنعتی را نمی‌توان صرفاً مترادف با استفاده از قطعات پیش‌ساخته یا انتقال بخشی از عملیات ساختمانی به کارخانه دانست؛ بلکه این مفهوم در معنای گسترده‌تر خود به سازمان‌دهی یکپارچه فرایند طراحی، تولید، ساخت، مونتاژ، مدیریت و کنترل کیفیت اشاره دارد. در این رویکرد، طراحی معماری از فرایند ساخت منفک نیست، بلکه از مراحل آغازین شکل‌گیری طرح، الزامات تولید، روش‌های اتصال، قابلیت ساخت، کنترل ابعادی، مصالح و فناوری‌های اجرایی در تصمیمات طراحی وارد می‌شوند. Vafamehr معماری صنعتی را در چارچوب پیوند معماری با فرایند صنعتی‌شده ساختمان مطرح می‌کند و بر نقش فناوری و هماهنگی میان طراحی و ساخت تأکید دارد (3). بررسی فناوری‌های نوین ساخت نیز نشان می‌دهد که صنعتی‌سازی می‌تواند از طریق سازمان‌دهی بهتر تولید، افزایش قابلیت کنترل و استفاده از سیستم‌های جدید ساختمانی، ظرفیت‌های تازه‌ای برای بهبود عملکرد صنعت ساختمان ایجاد کند (4). همچنین ارزیابی فناوری‌های ساختمانی مبتنی بر تولید صنعتی، ضرورت بررسی هم‌زمان سازه، اجزای معماری و ویژگی‌های عملکردی سیستم را نشان می‌دهد (5). بنابراین، معماری صنعتی را باید رویکردی فرایند‌محور دانست که در آن کیفیت محصول نهایی به میزان انسجام میان تصمیمات طراحی و نظام تولید وابسته است.

اهمیت این مسئله در حوزه مسکن انبوه و ساختمان‌های مسکونی میان‌مرتبه بیشتر نمایان می‌شود. تجربه‌های صنعتی‌سازی مسکن نشان داده‌اند که صرف استانداردسازی و افزایش تیراژ تولید، بدون توجه به تنوع نیازهای انسانی و کیفیت فضایی، می‌تواند به یکنواختی، کاهش انعطاف و فاصله گرفتن محصول نهایی از ترجیحات کاربران منجر شود. بررسی مسئله مسکن انبوه از منظر فرایند طراحی صنعتی نشان می‌دهد که یکی از چالش‌های اصلی، دستیابی به تعادلی میان الزامات تولید، عملکرد، زیبایی و پاسخ‌گویی به نیازهای متنوع ساکنان است (6). در مقابل، الگوهای صنعتی‌سازی مبتنی بر سیستم‌های ساختمانی و سفارشی‌سازی مستمر تلاش کرده‌اند امکان تکرارپذیری فرایند تولید را با تنوع محصول نهایی ترکیب کنند (7). در حوزه برنامه‌ریزی تولید مسکن ساخته‌شده در کارخانه نیز

استفاده از سامانه‌های پشتیبان تصمیم برای سازمان‌دهی فرایند تولید و چیدمان امکانات، اهمیت مدیریت علمی و یکپارچه تولید را برجسته کرده است (8). همچنین پژوهش در زمینه فناوری‌های مورد نیاز برای ایجاد مسکن بهینه نشان داده است که فناوری زمانی می‌تواند به ارتقای مسکن منجر شود که با الزامات طراحی، شرایط استفاده و معیارهای کیفیت هماهنگ گردد (9). از این رو، مسئله مهم در صنعتی‌سازی مسکن، گذار از منطق «تولید انبوه محصول یکسان» به منطق «تولید نظام‌مند، کنترل‌شده و در عین حال منعطف» است.

پیشرفت فناوری‌های دیجیتال نیز ماهیت رابطه میان معماری و ساخت را دگرگون کرده است. گسترش فناوری‌های CAD، CAM و CAE این امکان را فراهم ساخته است که اطلاعات طراحی از قالب ترسیمات مستقل و ایستا فراتر رود و به داده‌هایی قابل پردازش، اصلاح، بهینه‌سازی و انتقال به فرایند ساخت تبدیل شود. در معماری دیجیتال، ابزارهای رایانه‌ای می‌توانند ارتباط میان طراحی هندسی، محاسبات، تولید و کنترل ساخت را تقویت کنند و از این طریق فاصله سنتی میان طراح و سازنده را کاهش دهند (10). هم‌زمان، معماری الگوریتمیک ظرفیت استفاده از قواعد محاسباتی و پردازش داده را برای تولید، ارزیابی و اصلاح گزینه‌های طراحی توسعه داده است (11). با این حال، استفاده از رایانه در معماری لزوماً به معنای افزایش کیفیت نیست؛ فناوری دیجیتال زمانی ارزش معمارانه پیدا می‌کند که در خدمت حل مسئله طراحی، بهینه‌سازی اجزا، افزایش قابلیت ساخت و هماهنگی میان مراحل تولید قرار گیرد. از همین رو، تمایز میان ایده‌پردازی صرفاً رایانه‌محور و استفاده هدفمند از مدل‌های کامپیوتری برای بهینه‌سازی و توسعه طرح اهمیت دارد. فناوری دیجیتال در معماری صنعتی می‌تواند بستر تصمیم‌گیری هم‌زمان درباره فرم، اجزا، ساخت، مصالح و روش اجرا را فراهم کند و بدین ترتیب، طراحی ساخت‌محور را از یک مرحله نهایی کنترل نقشه‌ها به بخشی از منطق اولیه شکل‌گیری طرح تبدیل سازد.

یکی دیگر از مؤلفه‌های مهم در ارزیابی معماری صنعتی، میزان انعطاف‌پذیری و قابلیت انطباق ساختمان است. ساختمان مسکونی در طول عمر خود با تغییر نیازهای خانوار، تحول شیوه زندگی، تغییر فناوری‌ها و ضرورت تعمیر یا جایگزینی برخی اجزا مواجه می‌شود؛ بنابراین، ساختاری که امکان تغییر و بازپیکربندی نداشته باشد، ممکن است پیش از پایان عمر فیزیکی خود از نظر عملکردی ناکارآمد شود. جست‌وجو برای معیارهای طراحی آپارتمان‌های قابل انطباق سابقه‌ای طولانی در مطالعات معماری مسکن دارد و بر ضرورت پیش‌بینی تغییرات آینده در مرحله طراحی تأکید شده است (12). مفهوم «طراحی برای انعطاف‌پذیری» نیز در نمونه‌های مسکونی با هدف فراهم کردن امکان تغییر بدون نیاز به تخریب گسترده مورد توجه قرار گرفته است Hashemian (13). نیز طراحی برای انطباق‌پذیری را به‌عنوان رویکردی برای پاسخ‌گویی بهتر ساختمان به تغییرات آینده بررسی کرده است (14). در همین راستا، مطالعات مربوط به ساختمان‌های قابل انطباق و بازپیکربندی نشان داده‌اند که پیش‌پیکربندی مناسب سیستم و امکان تغییر اجزا می‌تواند ظرفیت ساختمان برای پاسخ‌گویی به نیازهای جدید را افزایش دهد Douglas (15). نیز انطباق ساختمان را بخشی اساسی از تداوم عملکرد و استفاده مؤثر از محیط ساخته‌شده می‌داند (16). بنابراین، امکان جداسازی، نصب مجدد و تغییر سیستم تولید یا اجزای ساختمان را می‌توان نه تنها یک مزیت اجرایی، بلکه یکی از ابعاد مؤثر بر کیفیت بلندمدت معماری دانست.

این نگرش در فناوری‌های صنعتی انعطاف‌پذیر و قابل جداسازی نیز توسعه یافته است. فناوری ساختمان صنعتی، انعطاف‌پذیر و قابل دمونتاژ با تأکید بر قابلیت تغییر، جداسازی و استفاده مجدد از اجزا، ارتباط مستقیمی با اصول ساخت پایدار برقرار می‌کند (17). در سیستم‌های مدولار و پانلی، ترکیب روش‌های مختلف تولید می‌تواند ضمن حفظ مزیت تولید خارج از سایت، امکان پاسخ‌گویی بهتر به ویژگی‌های پروژه را فراهم آورد (18). استفاده از اجزای پیش‌ساخته در ساختمان‌های مرتفع نیز مزایا و محدودیت‌هایی را از نظر سرعت اجرا، کنترل کیفیت و الزامات فنی نشان داده است و مؤید آن است که موفقیت صنعتی‌سازی به

انتخاب درست سیستم و شرایط کاربرد آن وابسته است (19). از این منظر، استانداردسازی زمانی مطلوب است که امکان هماهنگی، تولید دقیق و کنترل کیفیت را افزایش دهد؛ اما اگر به محدود کردن تنوع، انعطاف و ظرفیت پاسخ‌گویی فضایی منجر شود، ممکن است تأثیر مورد انتظار را بر کیفیت معمارانه ایجاد نکند. بنابراین، میان «استانداردسازی اجزا» و «استانداردسازی کل محصول معماری» باید تمایز قائل شد؛ اولی می‌تواند ابزار افزایش کارایی باشد، در حالی که دومی در صورت اعمال خشک و غیرمنعطف ممکن است کیفیت و تنوع معماری را محدود سازد.

بعد محیط‌زیستی نیز در دهه‌های اخیر به یکی از معیارهای اساسی کیفیت ساختمان تبدیل شده است. ارزیابی ساختمان تنها بر اساس مرحله ساخت نمی‌تواند پیامدهای واقعی سیستم‌های ساختمانی را نشان دهد، زیرا استخراج مواد، تولید، بهره‌برداری، تعمیر، بازسازی، تخریب و بازیافت همگی در عملکرد محیط‌زیستی ساختمان نقش دارند. مطالعه چرخه عمر ساختمان، ظرفیت بازیافت و فرایند تخریب نشان می‌دهد که تصمیمات طراحی و انتخاب سیستم ساختمانی می‌توانند پیامدهای بلندمدتی برای مصرف منابع و تولید پسماند داشته باشند (20). ارزیابی محیط‌زیستی بازسازی و بهبود عملکرد ساختمان نیز اهمیت بررسی اثرات در مقیاس چرخه عمر را برجسته می‌کند (21). در رویکردهای جدید معماری پایدار، سازگاری ساختمان با شرایط متغیر محیطی نیز مورد توجه قرار گرفته است؛ برای نمونه، بررسی نمونه‌هایی مانند خانه‌های شناور یا دوزیست نشان می‌دهد که نوآوری معماری می‌تواند در پاسخ به شرایط محیطی و مخاطرات اقلیمی به راه‌حل‌های متفاوتی منجر شود (22). در نتیجه، سازگاری با محیط زیست در معماری صنعتی نباید به یک الزام جانبی محدود شود، بلکه باید در انتخاب سیستم تولید، مصالح، قابلیت تعمیر، جداسازی، طول عمر و نحوه انطباق ساختمان با بستر محیطی دخالت داده شود.

با وجود اهمیت فناوری، کیفیت معمارانه را نمی‌توان مستقل از زمینه فرهنگی، اقلیمی و مکانی تعریف کرد. مطالعات معماری بومی نشان می‌دهند که الگوهای مسکن تاریخی و محلی حاصل انباشت دانش مربوط به سازمان فضایی، مصالح، ساخت، اقلیم و شیوه زندگی هستند. بررسی نظام‌های دانش معماری سنتی در معماری مسکونی بر اهمیت مؤلفه‌ها و اصولی تأکید دارد که در طول زمان در پاسخ به شرایط محیطی و نیازهای سکونت‌ی شکل گرفته‌اند (23). مطالعه خانه‌های حیاط‌دار سنتی اربیل نیز وجود ویژگی‌های معماری مشترکی را نشان می‌دهد که از سازمان فضایی و منطق بومی سکونت تأثیر پذیرفته‌اند (24). در خانه‌های بومی قوم هانی نیز ارتباط میان میراث معماری و سیستم‌های ساخت نشان می‌دهد که شیوه ساخت جزئی جدایی‌ناپذیر از هویت و سازمان فضایی معماری است (25). در ایران نیز تحلیل الگوهای معماری روستایی استان ایلام بر نقش سازمان فضایی خانه‌ها در بازتاب ویژگی‌های منطقه‌ای تأکید دارد (26) و مطالعات مربوط به توسعه مسکن روستایی بر مبنای الگوی معماری بومی، ضرورت توجه به ظرفیت‌های محلی را در توسعه مسکن مطرح می‌کنند (27). همچنین بررسی عوامل مؤثر بر طراحی معماری بومی در شکل‌گیری مسکن روستایی مازندران نشان‌دهنده اهمیت عوامل زمینه‌ای در سازمان‌یابی و طراحی مسکن است (28). این یافته‌ها یادآور می‌شوند که صنعتی‌شدن موفق معماری نباید به حذف ویژگی‌های مکان و فرهنگ منجر شود؛ بلکه فناوری باید ظرفیت تطبیق با شرایط محلی را افزایش دهد.

بحث کیفیت و هویت در محیط ساخته‌شده صرفاً محدود به ساختمان‌های جدید نیست و در مطالعات مربوط به بازآفرینی و استفاده مجدد از بناها نیز مورد توجه قرار گرفته است. پژوهش درباره معیارهای مؤثر بر تغییر کاربری تطبیقی ساختمان‌های تاریخی به کاربری‌های جدید، اهمیت برقراری توازن میان الزامات عملکردی جدید و ارزش‌های موجود بنا را برجسته می‌کند (29). همچنین تحلیل تبدیل خانه‌های تاریخی شیراز به هتل‌های بوتیک، موضوعاتی مانند احیای بافت شهری، هویت مکان و پیوند ساختمان با فعالیت‌های معاصر را در مرکز توجه قرار داده است (30). این مطالعات، هرچند در حوزه بازاستفاده تطبیقی قرار دارند،

از منظر نظری مؤید این اصل هستند که ارتقای عملکرد و به کارگیری فناوری زمانی از کیفیت برخوردار است که ارتباط ساختمان با زمینه، هویت و ویژگی های فضایی آن حفظ شود. این نکته برای صنعتی سازی مسکن نیز اهمیت اساسی دارد؛ زیرا سیستم ساختمانی باید به جای تحمیل یک فرم واحد، امکان پاسخ گویی به الزامات متفاوت سایت، محیط، فرهنگ و الگوهای سکونت را فراهم کند.

در بافت های شهری ایران، این مسئله با چالش های دیگری همچون فرسودگی، نیاز به تأمین مسکن، محدودیت زمین و ضرورت نوسازی همراه است. مطالعات آینده نگر درباره سیاست های تأمین مسکن در بافت های فرسوده شهری نشان داده اند که پاسخ به مسئله مسکن مستلزم نگاهی فراتر از راه حل های کوتاه مدت و توجه به تحولات آینده است (31). پژوهش دیگری درباره سیاست های مسکن در بافت های مسئله دار شهری شیراز نیز بر اهمیت رویکرد آینده پژوهانه در تدوین راهبردهای تأمین مسکن تأکید کرده است (32). چنین رویکردی با اصول معماری صنعتی قابل پیوند است، زیرا سیستم هایی که از انعطاف پذیری، قابلیت تغییر، کنترل کیفیت و سازگاری بالاتر برخوردارند، ظرفیت بیشتری برای پاسخ گویی به تغییرات آینده خواهند داشت. ساختمان های مسکونی میان مرتبه نیز در این میان از اهمیت ویژه ای برخوردارند؛ زیرا می توانند میان تراکم مورد نیاز شهر، مقیاس انسانی و امکان کنترل فرایند ساخت تعادل برقرار کنند و در بسیاری از بافت های شهری، گزینه ای عملی برای توسعه مسکن باشند.

با این حال، وجود فناوری های نوین به خودی خود تضمین کننده ارتقای کیفیت معمارانه نیست. آنچه اهمیت دارد، شناخت دقیق مؤلفه هایی است که در چارچوب معماری صنعتی واقعاً می توانند کیفیت محصول نهایی را تحت تأثیر قرار دهند. ممکن است برخی مؤلفه ها، مانند بهینه سازی اجزا با مدل های کامپیوتری، طراحی ساخت محور، تولید کارخانه ای کنترل شده، قابلیت جداسازی و برپاسازی یا انعطاف در برنامه ریزی تولید، ارتباط مستقیمی با کیفیت داشته باشند، در حالی که برخی دیگر تنها در ترکیب با عوامل واسطه ای یا در شرایط خاص اثرگذار شوند. همین موضوع ضرورت عبور از بحث های صرفاً نظری و حرکت به سوی ارزیابی تجربی روابط میان مؤلفه های معماری صنعتی و کیفیت معمارانه را مطرح می کند. ادبیات موجود، هر یک بخشی از این مسئله را از منظر فناوری ساخت، انعطاف پذیری، تولید صنعتی، پایداری، معماری دیجیتال یا معماری بومی بررسی کرده اند، اما یکپارچه سازی این مؤلفه ها در قالب مدلی که شدت اثر هر یک را بر کیفیت معمارانه ساختمان های مسکونی نشان دهد، همچنان اهمیت دارد. در چنین مدلی می توان از مدلیابی معادلات ساختاری برای سنجش هم زمان روابط میان سازه های نهفته و تعیین سهم نسبی مؤلفه های مختلف استفاده کرد و بدین ترتیب، از ارزیابی توصیفی فناوری های صنعتی به تحلیل ساختاری عوامل مؤثر بر کیفیت گذار کرد.

بر این اساس، مسئله اصلی در شهر کرمان نیز تنها افزایش سرعت تولید مسکن نیست، بلکه تعیین ترکیبی از مؤلفه های طراحی و ساخت صنعتی است که بتواند در عین پاسخ گویی به نیازهای تولید، کیفیت فنی، عملکردی، زیبایی شناختی، محیطی و زیست محیطی ساختمان های مسکونی میان مرتبه را ارتقا دهد. ادبیات مربوط به صنعتی سازی و فناوری های ساختمانی ظرفیت بالای سیستم های نوین برای کنترل بهتر فرایند تولید را نشان داده است، در حالی که مطالعات انعطاف پذیری و انطباق پذیری بر ضرورت قابلیت تغییر در طول عمر ساختمان تأکید دارند و مطالعات معماری بومی و زمینه گرا نیز اهمیت حفظ ارتباط میان فناوری، مکان و الگوهای سکونت را برجسته می کنند. کنار هم قرار دادن این سه حوزه، یعنی «صنعتی سازی»، «کیفیت و انعطاف» و «پاسخ گویی به بستر»، می تواند مبنای مناسب تری برای ارزیابی معماری صنعتی فراهم کند. در چنین چارچوبی، معماری صنعتی نه به عنوان هدفی مستقل، بلکه به عنوان ابزاری برای دستیابی به کیفیت بالاتر، مدیریت بهتر منابع، امکان تولید کنترل شده و پاسخ گویی مؤثرتر به نیازهای کاربران و شرایط محیطی تلقی می شود.

از این رو، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر مؤلفه‌های معماری صنعتی بر ارتقای کیفیت معمارانه ساختمان‌های مسکونی میان‌رتبه شهر کرمان و تعیین میزان اثرگذاری هر یک از این مؤلفه‌ها با استفاده از مدل‌یابی معادلات ساختاری بود.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر با استفاده از رویکرد آمیخته، شامل دو بخش کیفی و کمی، انجام شد. این پژوهش از نظر هدف در زمره مطالعات کاربردی-توسعه‌ای و از نظر نحوه گردآوری داده‌ها، یک مطالعه توصیفی، غیرآزمایشی و از نوع پیمایشی بود که در بخش کمی با استفاده از مدل‌یابی معادلات ساختاری انجام شد. بخش کیفی پژوهش با هدف شناسایی و استخراج مؤلفه‌ها و شاخص‌های معماری صنعتی و کیفیت معمارانه طراحی شد. جامعه مورد بررسی در این بخش شامل ۵۰ نفر از استادان رشته معماری دانشکده‌های معماری دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشگاه تهران و دانشگاه تربیت مدرس، به‌ویژه استادان دارای تخصص و سابقه علمی در حوزه فناوری معماری، بود. در مرحله کیفی، ابتدا پیشینه پژوهش‌های داخلی و خارجی و دیدگاه‌های نظریه‌پردازان مرتبط با معماری صنعتی، فرایند طراحی و ساخت و کیفیت معمارانه بررسی شد و بر اساس نتایج حاصل، پرسشنامه‌ای اولیه برای دریافت دیدگاه خبرگان تدوین گردید. سپس این پرسشنامه در چارچوب روش دلفی و با استفاده از نمونه‌گیری در دسترس در اختیار ۵۰ نفر از خبرگان قرار گرفت. فرایند دریافت و بررسی نظرات خبرگان تا دستیابی به اشیاع نظری ادامه یافت و در نهایت، شاخص‌های اصلی مورد نیاز برای تدوین مدل مفهومی پژوهش و ساخت ابزارهای بخش کمی استخراج شدند. در بخش کمی، جامعه آماری شامل ۴۲۰ نفر از کارشناسان دارای پروانه اشتغال سازمان نظام مهندسی شهر کرمان بود. برای تعیین حداقل حجم نمونه مورد نیاز در مدل‌یابی معادلات ساختاری، معیار حضور ۱۵ آزمودنی به ازای هر پارامتر یا مؤلفه در نظر گرفته شد. با توجه به وجود ۱۹ مؤلفه در دو ابزار پژوهش، حداقل حجم نمونه مورد نیاز ۲۸۵ نفر برآورد شد. با این حال، از آنجا که پایین بودن حجم نمونه در مدل‌یابی معادلات ساختاری و تحلیل مسیر می‌تواند موجب کاهش دقت برآورد پارامترها و افزایش خطای استاندارد شود و همچنین با توجه به احتمال بازگشت ناقص یا نامعتبر برخی پرسشنامه‌ها، پرسشنامه‌های پژوهش در اختیار تمامی ۴۲۰ نفر از کارشناسان واجد شرایط قرار گرفت. از این تعداد، ۳۸۵ پرسشنامه به پژوهشگر بازگردانده شد و پس از بررسی اولیه داده‌ها و حذف پرسشنامه‌های نامعتبر، پاسخ‌های غیرقابل استفاده و موارد نامناسب برای تحلیل، داده‌های مربوط به ۳۲۸ نفر به‌عنوان نمونه نهایی وارد فرایند تجزیه و تحلیل آماری شدند.

ابزارهای گردآوری داده‌ها پس از تکمیل مرحله کیفی و استخراج شاخص‌های مدل پژوهش، به‌صورت پرسشنامه‌های محقق‌ساخته تدوین شدند. نخستین ابزار، پرسشنامه معماری صنعتی بود که در نسخه اولیه از ۵۳ گویه در قالب ۹ مؤلفه تشکیل می‌شد. مؤلفه ایده‌پردازی بر مبنای تحلیل داده‌ها توسط کامپیوتر شامل ۶ گویه، طراحی خردگرای اجزا و فضاهای طرح شامل ۷ گویه، طراحی بهینه اجزا و فضاهای طرح به کمک مدل‌های کامپیوتری شامل ۷ گویه، طراحی ساخت‌محور اجزای طرح شامل ۷ گویه، تولید کارخانه‌ای کنترل‌شده شامل ۷ گویه، امکان جداسازی و برپاسازی فرایند ساخت شامل ۷ گویه، امکان تغییر فرایند برنامه‌ریزی و تولید نیم‌ساخته‌ها شامل ۵ گویه، نیم‌ساخته‌های استاندارد شامل ۳ گویه و سازگاری با محیط زیست شامل ۳ گویه بود. ابزار دوم، پرسشنامه کیفیت معمارانه بود که شامل ۵۵ گویه در قالب ۱۰ مؤلفه تدوین شد. این مؤلفه‌ها شامل تأمین معیارهای زیبایی حسی با ۷ گویه، تأمین معیارهای زیبایی شکلی با ۷ گویه، تأمین معیارهای زیبایی نمادین با ۶ گویه، افزایش سرعت ساخت با ۷ گویه، کاهش هزینه ساخت با ۵ گویه، توجه به معیارهای رفتاری با ۶ گویه، توجه به معیارهای محیطی با ۴ گویه، توجه به معیارهای محیط زیست با ۵ گویه، واکنش مناسب نسبت به نیروها با ۴ گویه و دوام و پایداری در برابر شرایط محیطی با ۴ گویه بودند.

پاسخ‌گویی به گویه‌های هر دو پرسشنامه بر اساس مقیاس پنج‌درجه‌ای لیکرت انجام شد و ابزارها در اختیار کارشناسان دارای پروانه اشتغال سازمان نظام مهندسی شهر کرمان قرار گرفتند. به‌منظور بررسی روایی صوری و محتوایی، نسخه اولیه پرسشنامه‌ها در اختیار ۱۵ نفر از استادان حوزه معماری قرار گرفت و پس از دریافت نظرات تخصصی آنان و اعمال اصلاحات مورد نظر در نحوه بیان و محتوای گویه‌ها، روایی صوری و محتوایی ابزارها تأیید شد. روایی سازه نیز با استفاده از تحلیل عاملی اکتشافی بررسی گردید. در این فرایند، گویه‌های دارای بار عاملی پایین حذف شدند و گویه‌های باقی‌مانده بر اساس ساختار عاملی حاصل در مؤلفه‌های مربوط گروه‌بندی شدند. شاخص کفایت نمونه‌برداری KMO برای پرسشنامه معماری صنعتی برابر با ۰.۸۳۹ و برای پرسشنامه کیفیت معمارانه برابر با ۰.۸۴۹ به دست آمد و آزمون کرویت بارتلت برای هر دو ابزار در سطح ۰.۰۰۱ معنادار بود که شواهد لازم برای مناسب بودن ماتریس همبستگی و انجام تحلیل عاملی را فراهم کرد. پایایی و همسانی درونی ابزارها با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ بررسی شد. ضرایب آلفای کرونباخ برای مؤلفه‌های معماری صنعتی شامل ایده‌پردازی بر مبنای تحلیل داده‌ها توسط کامپیوتر ۰.۸۶۶، طراحی خردگرای اجزا و فضاهای طرح ۰.۸۸۱، طراحی بهینه اجزا و فضاهای طرح به کمک مدل‌های کامپیوتری ۰.۸۳۷، طراحی ساخت‌محور اجزای طرح ۰.۷۹۰، تولید کارخانه‌ای کنترل‌شده ۰.۸۸۹، امکان جداسازی و برپاسازی فرایند ساخت ۰.۷۴۶، امکان تغییر فرایند برنامه‌ریزی و تولید نیم‌ساخته‌ها ۰.۶۶۴، نیم‌ساخته‌های استاندارد ۰.۶۳۵ و سازگاری با محیط زیست ۰.۶۷۸ بود. همچنین ضرایب آلفای کرونباخ مؤلفه‌های کیفیت معمارانه شامل تأمین معیارهای زیبایی حسی ۰.۸۹۵، تأمین معیارهای زیبایی شکلی ۰.۷۹۱، تأمین معیارهای زیبایی نمادین ۰.۸۷۰، افزایش سرعت ساخت ۰.۷۶۰، کاهش هزینه ساخت ۰.۸۳۰، توجه به معیارهای رفتاری ۰.۷۰۰، توجه به معیارهای محیطی ۰.۹۱۰، توجه به معیارهای محیط زیست ۰.۸۴۰، واکنش مناسب نسبت به نیروها ۰.۸۹۵ و دوام و پایایی در برابر شرایط محیطی ۰.۸۷۰ گزارش شد.

داده‌های حاصل از پرسشنامه‌ها پس از گردآوری، بازبینی و آماده‌سازی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ و نرم‌افزار AMOS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. پیش از اجرای تحلیل‌های اصلی، داده‌ها از نظر مفروضه‌های لازم برای استفاده از مدل‌یابی معادلات ساختاری بررسی شدند. برای ارزیابی نرمال بودن توزیع متغیرهای پژوهش از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد و سطح معناداری متغیرها به‌عنوان ملاک ارزیابی این پیش‌فرض در نظر گرفته شد. برای بررسی روابط اولیه میان مؤلفه‌های معماری صنعتی و کیفیت معمارانه از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. سپس، به‌منظور آزمون مدل مفهومی پژوهش و تعیین میزان اثر مستقیم هر یک از مؤلفه‌های معماری صنعتی بر کیفیت معمارانه ساختمان‌های مسکونی میان‌مرتب، مدل‌یابی معادلات ساختاری با روش برآورد درست‌نمایی بیشینه اجرا شد. در مدل ساختاری، کیفیت معمارانه به‌عنوان متغیر درون‌زا و مؤلفه‌های ایده‌پردازی بر مبنای تحلیل داده‌ها توسط کامپیوتر، طراحی خردگرای اجزا و فضاهای طرح، طراحی بهینه اجزا و فضاهای طرح به کمک مدل‌های کامپیوتری، طراحی ساخت‌محور اجزای طرح، تولید کارخانه‌ای کنترل‌شده، امکان جداسازی و برپاسازی فرایند ساخت، امکان تغییر فرایند برنامه‌ریزی و تولید نیم‌ساخته‌ها، نیم‌ساخته‌های استاندارد و سازگاری با محیط زیست به‌عنوان متغیرهای برون‌زا در نظر گرفته شدند. برای قضاوت درباره برازش مدل با داده‌های مشاهده‌شده، مجموعه‌ای از شاخص‌های برازش شامل نسبت کای‌دو به درجه آزادی، شاخص نیکویی برازش، شاخص برازش مقایسه‌ای، شاخص برازش فراینده، شاخص برازش هنجار شده، شاخص توکر-لوویس و ریشه میانگین مربعات خطای برآورد مورد استفاده قرار گرفت. همچنین برای تعیین شدت و جهت اثر هر یک از مؤلفه‌های معماری صنعتی بر کیفیت معمارانه، ضرایب مسیر استاندارد شده، خطای استاندارد، آماره t و سطح معناداری مربوط به هر مسیر محاسبه شد و سطح ۰.۰۵ به‌عنوان ملاک تصمیم‌گیری آماری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

از بین ۳۲۸ نفر از کارشناسان عضو سازمان نظام مهندسی شهر کرمان که مورد بررسی قرار گرفت، ۹۷ نفر (۲۹/۵۷٪) زن و ۲۳۱ نفر (۷۰/۴۳٪) مرد بودند. همچنین بررسی ویژگی‌های جمعیت شناختی کارشناسان نشان داد که (۱۵/۲۴٪) بین ۲۵ تا ۳۵ سال، (۵۴/۸۸٪) بین ۳۵ تا ۴۵ سال، (۲۰/۴۳٪) بین ۴۵ تا ۵۵ سال و (۹/۴۵٪) بیشتر از ۵۵ سال بودند. همچنین (۷۱/۹۵٪) دارای مدرک تحصیلی لیسانس، (۲۳/۷۸٪) دارای مدرک تحصیلی فوق لیسانس و (۴/۲۷٪) دارای مدرک تحصیلی دکترا بودند. (۹/۱۵٪) کارشناسان با سابقه خدمت کم تر از ۵ سال، (۲۱/۰۴٪) با سابقه خدمت ۵ تا ۱۰ سال، (۳۲/۳۲٪) با سابقه خدمت ۱۰ تا ۱۵ سال، (۲۵/۶۱٪) با سابقه خدمت ۱۵ تا ۲۰ سال و (۱۱/۸۹٪) با سابقه خدمت بیشتر از ۲۰ سال بودند.

شایان ذکر است که به منظور بررسی سوال پژوهش که آیا معماری صنعتی بر ارتقا کیفیت معمارانه در ساختمان‌های میان مرتبه تاثیر دارد یا خیر؟ از روش مدل یابی معالات ساختاری استفاده شد. بدین منظور مفروضه نرمال بودن توزیع متغیرهای پژوهش به منظور بررسی پیش فرض‌های استفاده از معادلات ساختاری با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرنوف (KS) مورد بررسی قرار گرفت، که نتایج جدول شماره (۱) نشان می‌دهد سطح معناداری تمامی متغیرهای پژوهش بالاتر از ۰/۰۵ است، بنابراین شرط نرمال بودن داده‌ها برقرار است.

جدول ۱. نتایج آزمون کلموگروف اسمیرنوف متغیرهای پژوهش

متغیر	مؤلفه	مقدار Z	مقدار معناداری
معماری صنعتی	ایده پردازی بر مبنای تحلیل داده‌ها توسط کامپیوتر	۱/۲۳	۰/۰۷
	طراحی خرد گرای اجزا و فضاهاى طرح	۱/۳۳	۰/۰۶
	طراحی بهینه اجزا و فضاهاى طرح به کمک مدل‌های کامپیوتری	۱/۲۱	۰/۱
	طراحی ساخت محور اجزای طرح	۱/۲	۰/۱۱
	تولید کارخانه‌ای کنترل شده	۱/۰۳	۰/۲۴
	امکان جداسازی و برپاسازی فرآیند ساخت	۱/۲۵	۰/۰۸
	امکان تغییر فرآیند برنامه ریزی و تولید نیم ساخته‌ها	۱/۰۴	۰/۲۲
	نیم ساخته‌های استاندارد	۱/۳۱	۰/۰۶
	سازگاری با محیط زیست	۰/۹۳	۰/۳۱
کیفیت معمارانه	تامین معیارهای زیبایی حسی	۳/۰۵	۰/۰۹
	تامین معیارهای زیبایی شکلی	۲/۶۱	۰/۰۸
	تامین معیارهای زیبایی نمادین	۱/۰۴	۰/۲۳
	افزایش سرعت ساخت	۰/۰۹۸	۵/۲
	کاهش هزینه ساخت	۰/۱۰۵	۰/۱۴۶
	توجه به معیارهای رفتاری	۰/۲	۰/۱۱۳
	توجه به معیارهای محیطی	۰/۱۳۷	۰/۱۵۸
	توجه به معیارهای محیط زیست	۱/۱۲۸	۰/۳۲۹
	واکنش مناسب نسبت به نیروها	۰/۱۰۸	۰/۲
	دوام و پایداری در برابر شرایط محیطی	۲/۹۰۲	۰/۱۳۱

نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین متغیرهای مکنون پژوهش در جدول شماره (۲) نشان داد که رابطه مولفه های معماری صنعتی شامل ایده پردازی بر مبنای تحلیل داده ها توسط کامپیوتر ($r = 0.22$ ، $P < 0.05$)، طراحی خرد گرای اجزا و فضاهای طرح ($r = 0.22$ ، $P < 0.05$)، طراحی بهینه اجزا و فضاهای طرح به کمک مدل های کامپیوتری ($r = 0.39$ ، $P < 0.05$)، طراحی ساخت محور اجزای طرح ($r = 0.25$ ، $P < 0.05$)، تولید کارخانه ای کنترل شده ($r = 0.25$ ، $P < 0.05$)، امکان جداسازی و برپاسازی فرآیند ساخت ($r = 0.34$ ، $P < 0.05$)، امکان تغییر فرآیند برنامه ریزی و تولید نیم ساخته ها ($r = 0.14$ ، $P < 0.05$)، نیم ساخته های استاندارد ($r = 0.18$ ، $P < 0.05$)، سازگاری با محیط زیست ($r = 0.24$ ، $P < 0.05$) با کیفیت معمارانه مثبت و معنادار مشاهده شده است. بدین معنی که با افزایش نمرات مولفه های معماری صنعتی، کیفیت معمارانه نیز افزایش پیدا می کند و برعکس.

جدول ۲. ماتریس همبستگی بین متغیرهای نهفته پژوهش

مولفه ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱. ایده پردازی	۱									
۲. طراحی خرد گرا	*۰.۵۲	۱								
۳. طراحی بهینه اجزا	*۰.۵۷	*۰.۲۶	۱							
۴. طراحی ساخت محور	*۰.۲۱	*۰.۲۷	*۰.۴۳	۱						
۵. تولید کارخانه ای کنترل شده	*۰.۳۸	*۰.۱۹	*۰.۴۳	*۰.۳۸	۱					
۶. امکان جداسازی و برپاسازی	*۰.۳۸	*۰.۲۴	*۰.۵۴	*۰.۲۹	*۰.۳۹	۱				
۷. امکان تغییر فرآیند برنامه ریزی	*۰.۵۱	*۰.۲۷	*۰.۲۱	*۰.۲۳	*۰.۲۷	*۰.۲۲	۱			
۸. نیم ساخته های استاندارد	*۰.۲۷	*۰.۳۳	*۰.۲۲	*۰.۳۴	*۰.۳۲	*۰.۲۵	*۰.۳۴	۱		
۹. سازگاری با محیط زیست	*۰.۳۹	*۰.۲۰	*۰.۲۷	*۰.۲۴	*۰.۲۸	*۰.۲۶	*۰.۲۹	*۰.۲۵	۱	
۱۰. کیفیت معمارانه	*۰.۲۲	*۰.۲۲	*۰.۳۹	*۰.۲۵	*۰.۲۵	*۰.۳۴	*۰.۱۴	*۰.۱۸	*۰.۲۴	۱

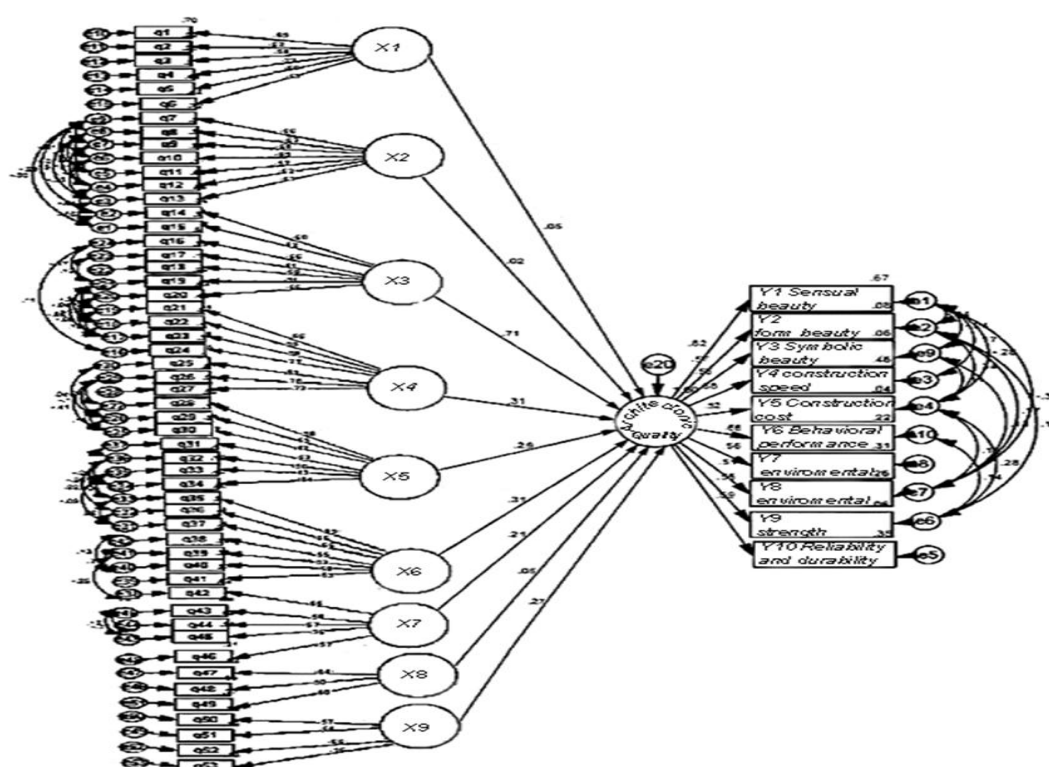
به منظور بررسی تاثیر مولفه های معماری صنعتی بر ارتقا کیفیت معمارانه از روش مدل معادلات ساختاری با روش براورد درست نمایی بیشینه احتمال و به منظور تعیین مناسب بودن برازندگی الگو با داده ها از شاخص های برازندگی استفاده شد.

جدول ۳. شاخص های برازش مدل تاثیر مولفه های معماری صنعتی بر ارتقا کیفیت معمارانه در ساختمان های میان مرتبه

شاخص برازش مدل	میزان	ملاک	تفسیر
χ^2	۵۱۵/۱۲	فاقد مقدار ثابت	برازش مطلوب
$\frac{\chi^2}{df}$	۲/۷۴	مساوی یا کم تر از ۳	برازش مطلوب
شاخص نیکویی برازش (GFI)	۰.۹۱	بیشتر از ۰.۹	برازش مطلوب
شاخص برازش مقایسه ای بنتلر (CFI)	۰.۹۲	بیشتر از ۰.۹	برازش مطلوب
شاخص برازندگی فزاینده (IFI)	۰.۹۲۱	بیشتر از ۰.۹	برازش مطلوب

شاخص برازش هنجار شده (NFI)	۰.۹۰۱	بیشتر از ۰.۹	برازش مطلوب
شاخص توکر لوییس (TLI)	۰.۹۰۲	بیشتر از ۰.۹	برازش مطلوب
ریشه میانگین مربعات خطای برآورد (RSMEA)	۰.۰۵۷	کم تر از ۰.۰۵	برازش مطلوب

نتایج جدول شماره (۳) نشان داد در این مطالعه $\chi^2/df=2/74$ ، شاخص نیکویی برازش $GFI=0/91$ ، شاخص برازش هنجار شده $NFI=0/901$ ، شاخص برازش مقایسه ای بتلر $CFI=0/92$ ، شاخص توکر لوییس $TLI=0/902$ ، شاخص برازندگی فزاینده $IFI=0/921$ و ریشه میانگین مربعات خطای برآورد $RMSEA=0/057$ است، بنابراین مدل از برازش مطلوب برخوردار است. در شکل زیر داده های مندرج در پیکان اتصال متغیرهای پنهان به متغیرهای مشاهده شده، همان بارهای عاملی استاندارد هستند. مقدار این بار عاملی ها عددی بین صفر و یک است و چنانچه بارعاملی کم تر از $0/3$ باشد، رابطه آن دو متغیر ضعیف در نظر گرفته می شود و حذف می گردد. بار عاملی بین $0/3$ تا $0/6$ مقدار قابل قبول است و چنانچه این مقدار بزرگتر از $0/6$ باش خیلی مطلوب است (کلاین، ۲۰۱۱). با توجه به مقادیر بار عاملی در شکل شماره ۱، تمامی مولفه های قابل مشاهده متغیرهای معماری صنعتی و کیفیت معمارانه در وضعیت مطلوب می باشند. بنابراین متغیرهای آشکار به خوبی توانسته اند متغیرهای پنهان خود را بسنجند. بنابراین در این پژوهش مولفه های معماری صنعتی و متغیر کیفیت معمارانه توانسته اند به نحو مطلوب عامل های نهفته را شناسایی و آشکار کنند.



شکل ۱. مدل تاثیر مولفه های معماری صنعتی بر کیفیت معمارانه

جدول ۴. اسامی مولفه های مدل

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
ایده پردازی بر مبنای تحلیل	طراحی	طراحی بهینه	طراحی ساخت	تولید کارخانه	امکان	امکان تغییر	نیم ساخته های	سازگاری با محیط زیست
داده ها	طرح	به کمک مدل	محور	ای کنترل شده	جداسازی و برپاسازی	فرآیند ریزی و تولید	استاندارد	
					فرایند ساخت	نیم ساخته ها		

جدول ۵. اثرات استاندارد شده متغیرها بر یکدیگر

وابسته / مستقل	پارامتر استاندارد	خطای استاندارد	مقدار t	-P مقدار
بر کیفیت معماری از ایده پردازی بر مبنای تحلیل داده ها توسط کامپیوتر	۰.۵	۰.۰۳	۱.۰۷	۰.۲۹
بر کیفیت معماری از طراحی خرد گرای اجزا و فضاهای طرح	۰.۲	۰.۰۳	۰.۳۹۶	۰.۶۹
بر کیفیت معماری از طراحی بهینه اجزا و فضاهای طرح به کمک مدل های کامپیوتری	۰.۷۱	۰.۰۷	۷.۴۷	۰.۰۰۱*
بر کیفیت معماری از طراحی ساخت محور اجزای طرح	۰.۳۱	۰.۰۳	۵.۴۰	۰.۰۰۱*
بر کیفیت معماری از تولید کارخانه ای کنترل شده	۰.۲۹	۰.۰۳	۳.۹۴	۰.۰۰۱*
بر کیفیت معماری از امکان جداسازی و برپاسازی فرآیند ساخت	۰.۳۱	۰.۰۳	۵.۱۶	۰.۰۰۱*
بر کیفیت معماری از امکان تغییر فرآیند برنامه ریزی و تولید نیم ساخته ها	۰.۲۱	۰.۰۴	۳.۱۶	۰.۰۰۴*
بر کیفیت معماری از نیم ساخته های استاندارد	۰.۰۵	۰.۰۳	۰.۸۰۲	۰.۴۲
بر کیفیت معماری از سازگاری با محیط زیست	۰.۲۷	۰.۰۲	۳.۵۴	۰.۰۰۱*

پس از بررسی تأثیرات مستقیم متغیرهای مکنون مولفه های معماری صنعتی در جدول شماره (۵)، نتایج حاصل از مدل نتایج نشان داد اثر مستقیم متغیرهای برون زای طراحی بهینه اجزا و فضاهای طرح به کمک مدل های کامپیوتری ($P < 0/05$ ، $t = 7/47$ ، $\beta = 0/71$)، طراحی ساخت محور اجزای طرح ($P < 0/05$)، تولید کارخانه ای کنترل شده ($P < 0/05$ ، $t = 3/94$ ، $\beta = 0/29$)، امکان جداسازی و برپاسازی فرآیند ساخت ($P < 0/05$ ، $t = 5/16$)، امکان تغییر فرآیند برنامه ریزی و تولید نیم ساخته ها ($P < 0/05$ ، $t = 3/16$ ، $\beta = 0/21$)، سازگاری با محیط زیست ($P < 0/05$ ، $t = 3/54$ ، $\beta = 0/27$) بر متغیر کیفیت معماری مثبت و معنادار مشاهده شد.

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر مؤلفه های معماری صنعتی بر کیفیت معماری ساختمان های مسکونی میان مرتبه شهر کرمان انجام شد. یافته های حاصل از تحلیل همبستگی نشان داد که تمامی مؤلفه های معماری صنعتی در سطح دوم متغیر با کیفیت معماری رابطه مثبت و معناداری دارند و ضرایب همبستگی در دامنه ۰.۱۴ تا ۰.۳۹ قرار گرفته اند. باین حال، نتایج مدل یابی معادلات ساختاری تصویر دقیق تری از روابط ارائه کرد و نشان داد که پس از کنترل هم زمان اثر سایر مؤلفه ها، تنها شش مؤلفه شامل طراحی بهینه اجزا و فضاهای طرح به کمک مدل های کامپیوتری، طراحی ساخت محور اجزای طرح، تولید کارخانه ای کنترل شده، امکان جداسازی و برپاسازی فرایند ساخت، امکان تغییر فرایند برنامه ریزی و تولید نیم ساخته ها و سازگاری با محیط زیست، اثر مستقیم مثبت و معناداری بر کیفیت

معماران دارند. در مقابل، اثر مستقیم ایده‌پردازی بر مبنای تحلیل داده‌ها توسط کامپیوتر، طراحی خردگرای اجزا و فضاهای طرح و نیم‌ساخته‌های استاندارد بر کیفیت معماری معنادار نبود. همچنین شاخص‌های برازش مدل، شامل χ^2/df برابر با ۲.۷۴، GFI برابر با ۰.۹۱، CFI برابر با ۰.۹۲، IFI برابر با ۰.۹۲۱، NFI برابر با ۰.۹۰۱، TLI برابر با ۰.۹۰۲ و RMSEA برابر با ۰.۰۵۷، نشان دادند که مدل مفهومی پژوهش از برازش قابل قبول و مطلوبی برخوردار است. این الگوی نتایج نشان می‌دهد که معماری صنعتی زمانی می‌تواند کیفیت معمارانه را ارتقا دهد که فراتر از استفاده صوری از فناوری یا استانداردسازی اجزا، به یکپارچگی واقعی میان طراحی، تولید، ساخت، انعطاف‌پذیری و الزامات محیطی منجر شود.

مهم‌ترین یافته پژوهش مربوط به تأثیر طراحی بهینه اجزا و فضاهای طرح به کمک مدل‌های کامپیوتری بر کیفیت معمارانه بود. این مؤلفه با ضریب استاندارد ۰.۷۱ قوی‌ترین اثر مستقیم را در میان تمامی متغیرهای برون‌زا نشان داد. چنین نتیجه‌ای بیانگر آن است که کاربرد فناوری دیجیتال زمانی بیشترین ارزش معمارانه را ایجاد می‌کند که از مرحله نمایش یا ترسیم فراتر رفته و برای بهینه‌سازی واقعی اجزا، روابط فضایی، ابعاد، عملکرد و قابلیت ساخت مورد استفاده قرار گیرد. این یافته با دیدگاه‌های مطرح‌شده درباره معماری دیجیتال و نقش فناوری‌های CAD، CAM و CAE در ایجاد پیوند میان طراحی و ساخت همسو است؛ زیرا این فناوری‌ها امکان مدل‌سازی، بازیابی، اصلاح و انتقال داده‌های طراحی به فرایند تولید را فراهم می‌کنند (10). همچنین رویکرد معماری الگوریتمیک بر آن است که توان محاسباتی می‌تواند برای بررسی هم‌زمان متغیرهای متعدد طراحی و دستیابی به گزینه‌های بهینه به کار گرفته شود (11). از منظر معماری صنعتی نیز فناوری زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که در خدمت هماهنگی ساخت و معماری قرار گیرد و امکان کنترل دقیق‌تر طراحی و اجرا را فراهم آورد (3). بنابراین، ضریب بالای این مؤلفه را می‌توان ناشی از قابلیت مدل‌های کامپیوتری در کاهش فاصله میان تصمیمات اولیه طراحی و محدودیت‌های واقعی ساخت، ارزیابی گزینه‌های جایگزین و افزایش هماهنگی میان عناصر مختلف ساختمان دانست.

یافته دیگر پژوهش نشان داد که طراحی ساخت‌محور اجزای طرح اثر مثبت و معناداری بر کیفیت معمارانه دارد. این نتیجه تأیید می‌کند که کیفیت معماری نمی‌تواند مستقل از نحوه ساخته‌شدن بنا شکل گیرد. در طراحی ساخت‌محور، تصمیمات مربوط به مصالح، اتصالات، سیستم سازه‌ای، روش اجرا، توالی مونتاژ و محدودیت‌های تولید از مراحل اولیه طراحی در نظر گرفته می‌شوند و در نتیجه، احتمال ایجاد تعارض میان نقشه‌های معماری و الزامات اجرایی کاهش پیدا می‌کند. ادبیات معماری صنعتی نیز بر این پیوند تأکید دارد و صنعتی‌شدن ساختمان را فرایندی می‌داند که در آن ساخت باید از همان مراحل اولیه به بخشی از منطق طراحی تبدیل شود (3، 5). مطالعات مربوط به فناوری‌های نوین ساخت نیز نشان داده‌اند که انتخاب و به‌کارگیری مناسب فناوری هنگامی کارآمد است که با سیستم طراحی، سازه و اجزای معماری هماهنگ باشد (4). همچنین پژوهش‌های مربوط به ساخت مدولار و پانلی بر ضرورت سازگاری میان طراحی و روش تولید تأکید کرده‌اند (18). بر این اساس، می‌توان گفت طراحی ساخت‌محور با افزایش قابلیت اجرا، کاهش دوباره‌کاری، کنترل بهتر جزئیات و ایجاد انسجام میان فرم معماری و فناوری تولید، زمینه ارتقای کیفیت معمارانه را فراهم می‌کند.

تولید کارخانه‌ای کنترل‌شده نیز در مدل پژوهش اثر مثبت و معناداری بر کیفیت معمارانه داشت. این یافته را می‌توان در چارچوب یکی از اصول بنیادی صنعتی‌سازی، یعنی انتقال بخشی از عملیات ساخت از محیط متغیر کارگاه به محیط کنترل‌شده تولید، تبیین کرد. تولید کارخانه‌ای امکان کنترل دقیق‌تر ابعاد، کیفیت مصالح، فرایندهای اتصال و انطباق قطعات را فراهم می‌سازد و از طریق کاهش تغییرپذیری فرایند تولید می‌تواند کیفیت محصول نهایی را افزایش دهد. بررسی سیستم‌های ساختمانی صنعتی نیز نشان داده است که کنترل فرایند تولید و ارزیابی سیستم‌های ساختمانی از مؤلفه‌های مهم ارتقای کیفیت محسوب می‌شوند (1).

۵. مطالعات مربوط به تولید مسکن صنعتی نیز بر اهمیت برنامه‌ریزی فرایند تولید و سازمان‌دهی مناسب امکانات کارخانه برای دستیابی به تولید کارآمد تأکید داشته‌اند (۸). همچنین تجربه استفاده از قطعات پیش‌ساخته در ساختمان‌های مرتفع نشان می‌دهد که این سیستم‌ها در کنار محدودیت‌های اجرایی خود، می‌توانند از نظر کنترل کیفیت، سرعت و سازمان‌دهی ساخت مزایای قابل توجهی ایجاد کنند (۱۹). بنابراین، نتیجه پژوهش حاضر مؤید آن است که صنعتی‌سازی هنگامی بر کیفیت معماری اثر مثبت می‌گذارد که تولید کارخانه‌ای صرفاً به افزایش تیراژ محدود نشود، بلکه به سازوکاری برای تضمین دقت، هماهنگی و کیفیت اجرای ساختمانی تبدیل شود.

اثر مثبت امکان جداسازی و برپاسازی فرایند ساخت بر کیفیت معمارانه نیز از یافته‌های مهم پژوهش بود. این مؤلفه به توانایی سیستم ساختمانی برای مونتاژ، جداسازی، جایگزینی و بازیگربندی اجزا اشاره دارد و از منظر کیفیت بلندمدت ساختمان اهمیت ویژه‌ای دارد. ساختمان مسکونی در طول دوره بهره‌برداری با تغییر نیازهای خانوار، فناوری‌ها و شرایط عملکردی روبه‌رو می‌شود و سیستم‌های غیرقابل تغییر ممکن است در برابر این تحولات انعطاف کافی نداشته باشند. مفهوم آپارتمان قابل انطباق سال‌هاست که بر ضرورت پیش‌بینی تغییرپذیری در فرایند طراحی تأکید دارد (۱۲). مطالعات طراحی برای انعطاف‌پذیری نیز نشان داده‌اند که امکان تغییر در سازمان فضایی و اجزای ساختمان می‌تواند عمر عملکردی بنا را افزایش دهد (۱۳، ۱۴). همچنین در مطالعات مربوط به ساختمان‌های قابل انطباق، پیش‌پیکربندی و بازیگربندی به‌عنوان ابزارهایی برای پاسخ به نیازهای متغیر کاربران مطرح شده‌اند (۱۵). فناوری ساختمان صنعتی، انعطاف‌پذیر و قابل جداسازی نیز رابطه مستقیمی میان قابلیت دمنواژ، انعطاف سیستم و ساخت پایدار برقرار می‌کند (۷، ۱۷). بنابراین، تأثیر مثبت این متغیر را می‌توان ناشی از آن دانست که قابلیت جداسازی و مونتاژ مجدد، ساختمان را از یک محصول ثابت به سیستمی قابل تغییر تبدیل می‌کند و امکان نگهداری، تعمیر، جایگزینی و انطباق آن را افزایش می‌دهد.

نتایج همچنین نشان داد که امکان تغییر فرایند برنامه‌ریزی و تولید نیم‌ساخته‌ها اثر مثبت و معناداری بر کیفیت معمارانه دارد. اهمیت این یافته در آن است که تولید صنعتی الزاماً به معنای تثبیت کامل فرایند و حذف تغییرپذیری نیست. در مقابل، صنعتی‌سازی پیشرفته باید بتواند میان استانداردسازی فرایند و انعطاف محصول تعادل برقرار کند. مفهوم سفارشی‌سازی مستمر در مسکن صنعتی دقیقاً بر همین مسئله تأکید دارد و تلاش می‌کند ضمن استفاده از مزایای سیستم‌های تولیدی، امکان ارائه محصولات متفاوت بر اساس نیازهای کاربران را حفظ کند (۷). پژوهش‌های مرتبط با مسکن بهینه نیز نشان داده‌اند که استفاده موفق از فناوری ساختمان مستلزم توجه هم‌زمان به قابلیت‌های صنعتی و نیازهای واقعی سکونت است (۹). مطالعات مربوط به انطباق ساختمان نیز نشان داده‌اند که سیستم‌هایی که امکان تغییر و بازآرایی بیشتری دارند، در پاسخ‌گویی به شرایط آینده موفق‌تر عمل می‌کنند (۱۵، ۱۶). از این منظر، انعطاف در برنامه‌ریزی تولید موجب می‌شود فرایند صنعتی از یک سیستم سخت و یکنواخت به بستری قابل تنظیم تبدیل شود که امکان هماهنگی بیشتر با ویژگی‌های پروژه، کاربران و بستر را فراهم می‌کند. سازگاری با محیط زیست نیز اثر مثبت و معناداری بر کیفیت معمارانه نشان داد. این نتیجه بیانگر آن است که در ارزیابی کیفیت معماری معاصر، مسائل محیط‌زیستی دیگر یک معیار بیرونی یا مکمل نیستند، بلکه بخشی از ماهیت کیفیت ساختمان محسوب می‌شوند. مطالعات چرخه عمر ساختمان نشان داده‌اند که تصمیمات مرتبط با مصالح، ساخت، تخریب و بازیافت می‌توانند پیامدهای محیط‌زیستی قابل توجهی در سراسر عمر ساختمان داشته باشند (۲۰). ارزیابی‌های مرتبط با بازسازی و بهبود عملکرد ساختمان نیز نشان می‌دهند که انتخاب رویکردهای مناسب می‌تواند اثرات محیطی را در مقیاس وسیع کاهش دهد (۲۱). رویکردهای نوآورانه معماری پایدار نیز بر پاسخ‌گویی ساختمان به شرایط محیطی متغیر تأکید دارند (۲۲). در کنار این موارد، مطالعات معماری سنتی و بومی

نشان می‌دهند که بسیاری از الگوهای تاریخی مسکن در نتیجه سازگاری تدریجی با اقلیم، مصالح بومی و شرایط زندگی شکل گرفته‌اند (23-25). در ایران نیز پژوهش‌های انجام‌شده درباره معماری بومی مسکن روستایی بر نقش عوامل اقلیمی، زمینه‌ای و الگوهای محلی در شکل‌گیری کیفیت محیط سکونت تأکید کرده‌اند (26-28). بنابراین، سازگاری محیطی در معماری صنعتی می‌تواند حلقه اتصال میان فناوری نوین و منطق زمینه‌گرایی معماری باشد.

در مقابل، ایده‌پردازی بر مبنای تحلیل داده‌ها توسط کامپیوتر، اگرچه در تحلیل همبستگی با کیفیت معمارانه رابطه مثبت داشت، در مدل ساختاری اثر مستقیم معناداری نشان نداد. این یافته را می‌توان بر مبنای تفاوت میان «استفاده از فناوری برای تولید ایده» و «استفاده از فناوری برای بهینه‌سازی و تحقق ایده» توضیح داد. کامپیوتر می‌تواند مجموعه وسیعی از داده‌ها و گزینه‌های طراحی را پردازش کند، اما کیفیت معماری صرفاً محصول پردازش داده نیست و همچنان به قضاوت طراح، شناخت زمینه، نیاز کاربران و نحوه تبدیل ایده به ساختار قابل اجرا وابسته است. معماری الگوریتمیک ظرفیت‌های گسترده‌ای برای تولید و سازمان‌دهی گزینه‌های طراحی فراهم می‌کند (11)، اما فناوری دیجیتال زمانی به کیفیت ساخت منجر می‌شود که با فرایندهای تولید و اجرا ارتباط پیدا کند (10). این مسئله با یافته قوی پژوهش درباره طراحی بهینه رایانه‌ای نیز سازگار است؛ به بیان دیگر، خود تولید ایده توسط داده‌های رایانه‌ای الزاماً کیفیت را افزایش نمی‌دهد، اما بهینه‌سازی ایده و هماهنگ کردن آن با محدودیت‌های واقعی ساخت می‌تواند اثر تعیین‌کننده‌ای داشته باشد.

طراحی خردگرایی اجزا و فضاهای طرح نیز اثر مستقیم معناداری بر کیفیت معمارانه نداشت. می‌توان این نتیجه را چنین تبیین کرد که نظم منطقی و سامان‌مندی اجزا، اگرچه شرطی ضروری برای طراحی محسوب می‌شود، به تنهایی برای ایجاد کیفیت معمارانه کافی نیست. کیفیت معماری مفهومی چندبعدی است که علاوه بر منطق و عملکرد، ابعاد زیبایی‌شناختی، محیطی، رفتاری، فرهنگی و زمینه‌ای را نیز شامل می‌شود (2). مطالعات خانه‌های سنتی و بومی نیز نشان داده‌اند که سازمان فضایی موفق حاصل ترکیبی از منطق ساخت، شرایط اقلیمی، فرهنگ و الگوی زندگی است و نمی‌توان آن را صرفاً به سازمان‌دهی عقلانی اجزا فروکاست (25، 26). همچنین مطالعات مرتبط با معماری زمینه‌گرا و بازاستفاده تطبیقی نشان می‌دهند که کیفیت فضا مستلزم حفظ ارتباط با هویت، زمینه و ارزش‌های مکان است (29، 30). بنابراین، ممکن است طراحی خردگرا زمانی بر کیفیت اثرگذار باشد که با مؤلفه‌های دیگر همچون طراحی ساخت‌محور، بهینه‌سازی، محیط و نیازهای کاربران ترکیب شود.

همچنین نیم‌ساخته‌های استاندارد باوجود داشتن رابطه مثبت در سطح همبستگی، اثر مستقیم معناداری بر کیفیت معمارانه نداشتند. این نتیجه نشان می‌دهد که استانداردسازی به‌خودی‌خود تضمین‌کننده کیفیت نیست. استاندارد کردن اجزا می‌تواند تولید را ساده‌تر و هماهنگی ابعادی را افزایش دهد، اما اگر به محدودیت در تنوع فضایی، فرم، قابلیت انطباق یا پاسخ‌گویی به زمینه منجر شود، تأثیر مستقیم آن بر کیفیت کاهش می‌یابد. تجربیات صنعتی‌سازی مسکن نیز نشان داده‌اند که چالش اصلی همواره ایجاد تعادل میان تکرارپذیری و تنوع بوده است (6، 7). مطالعات پیش‌ساختگی نیز ضمن اشاره به مزایای کنترل‌شده بودن تولید، محدودیت‌های چنین سیستم‌هایی را مورد توجه قرار داده‌اند (19). بنابراین، استانداردسازی زمانی مطلوب است که در قالب یک سیستم باز و انعطاف‌پذیر به کار رود و امکان ترکیب، تغییر و پاسخ‌گویی به نیازهای مختلف را فراهم سازد. این تفسیر با یافته‌های مرتبط با قابلیت انطباق، فناوری ساختمان‌های قابل جداسازی و سیستم‌های مدولار نیز هماهنگ است (17، 18).

در مجموع، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که کیفیت معمارانه در معماری صنعتی بیش از آنکه تابع استفاده منفرد از یک فناوری یا جزء استاندارد باشد، حاصل کیفیت روابط میان طراحی، تولید، ساخت، انعطاف‌پذیری و بستر محیطی است. این نتیجه با رویکردهای آینده‌نگر در سیاست‌گذاری مسکن نیز قابل انطباق

است؛ زیرا برنامه‌ریزی برای مسکن آینده مستلزم سیستم‌هایی است که در برابر تغییرات جمعیتی، اقتصادی، عملکردی و فضایی قابلیت پاسخ‌گویی داشته باشند (31, 32). همچنین مطالعات حوزه معماری زمینه‌گرا نشان می‌دهند که بهره‌گیری از فناوری‌های نوین زمانی می‌تواند به کیفیت پایدار منجر شود که ارتباط خود را با هویت، بستر و نیازهای کاربران حفظ کند (29, 30). در نتیجه، الگوی حاصل از پژوهش حاضر از نگرشی به معماری صنعتی حمایت می‌کند که در آن فناوری نه هدف نهایی، بلکه ابزاری برای دستیابی به یک فرایند طراحی و ساخت هماهنگ، انعطاف‌پذیر، قابل کنترل و سازگار با محیط است. چنین نگرشی می‌تواند برای ساختمان‌های میان‌مرتبه شهر کرمان، که باید هم‌زمان به الزامات تولید مسکن، کیفیت سکونت و ویژگی‌های محیطی پاسخ دهند، اهمیت ویژه‌ای داشته باشد.

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی همراه بود که در تفسیر و تعمیم یافته‌ها باید مورد توجه قرار گیرند. نخست، بخش کمی مطالعه به کارشناسان دارای پروانه اشتغال سازمان نظام مهندسی شهر کرمان محدود بود و دیدگاه سایر گروه‌های درگیر در فرایند تولید و بهره‌برداری ساختمان، از جمله ساکنان، سازندگان، پیمانکاران، مدیران پروژه و تولیدکنندگان سیستم‌های صنعتی، به صورت مستقل بررسی نشد. دوم، داده‌های بخش کمی از طریق پرسشنامه‌های خودگزارشی گردآوری شدند و بنابراین احتمال تأثیر برداشت‌های فردی، سوگیری پاسخ و تفاوت در میزان آشنایی مشارکت‌کنندگان با فناوری‌های صنعتی وجود دارد. سوم، ماهیت مقطعی پژوهش امکان بررسی تغییر کیفیت ساختمان در دوره بهره‌برداری و ارزیابی پیامدهای بلندمدت سیستم‌های صنعتی را فراهم نکرد. همچنین مطالعه در بستر جغرافیایی و ساختمانی مشخص شهر کرمان انجام شد و تفاوت شرایط اقلیمی، اقتصادی، فرهنگی و ضوابط ساختمانی سایر مناطق می‌تواند بر روابط میان متغیرها اثرگذار باشد. در نهایت، کیفیت معمارانه در این پژوهش از طریق شاخص‌های ادراکی و حرفه‌ای سنجیده شد و ارزیابی مستقیم عملکرد واقعی ساختمان‌های اجراشده در زمینه‌هایی مانند مصرف انرژی، هزینه چرخه عمر، زمان اجرا و رضایت ساکنان در مدل وارد نشد.

پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده مدل پژوهش حاضر را در شهرها و مناطق اقلیمی متفاوت مورد آزمون قرار دهند تا میزان پایداری روابط شناسایی‌شده و قابلیت تعمیم مدل بررسی شود. همچنین مناسب است در تحقیقات آتی از نمونه‌های چندگروهی شامل معماران، مهندسان، سازندگان، تولیدکنندگان قطعات صنعتی و ساکنان استفاده شود تا تفاوت دیدگاه ذی‌نفعان درباره کیفیت معمارانه مشخص گردد. انجام مطالعات طولی روی ساختمان‌های واقعی و ارزیابی آن‌ها از مرحله طراحی تا ساخت و بهره‌برداری می‌تواند شواهد دقیق‌تری درباره اثرات بلندمدت معماری صنعتی فراهم کند. پیشنهاد می‌شود شاخص‌های عینی مانند مدت زمان ساخت، هزینه نهایی، میزان پرت مصالح، مصرف انرژی، هزینه نگهداری، قابلیت تغییر فضا و میزان رضایت کاربران نیز در کنار شاخص‌های ادراکی وارد مدل شوند. بررسی نقش متغیرهای میانجی و تعدیل‌گر، از جمله میزان بلوغ فناوری دیجیتال، نوع سیستم سازه‌ای، اندازه پروژه، مهارت تیم طراحی، سطح صنعتی‌شدن و شرایط اقلیمی نیز می‌تواند سازوکار اثرگذاری مؤلفه‌های معماری صنعتی بر کیفیت را روشن‌تر سازد.

بر اساس یافته‌های پژوهش، پیشنهاد می‌شود طراحان و مدیران پروژه‌های مسکونی میان‌مرتبه، استفاده از فناوری‌های دیجیتال را از مرحله ترسیم صرف فراتر برده و از مدل‌های کامپیوتری برای بهینه‌سازی اجزاء، فضاها و هماهنگی طراحی با روش ساخت استفاده کنند. ضروری است الزامات تولید و اجرا از مراحل آغازین طراحی در تصمیم‌گیری معماری وارد شوند و ارتباط مستمر میان معمار، مهندس، تولیدکننده و مجری برقرار باشد. توسعه سیستم‌های کارخانه‌ای کنترل‌شده، استفاده از اجزای قابل مونتاژ و جداسازی و طراحی فرایندهای تولید انعطاف‌پذیر می‌تواند به افزایش کیفیت و قابلیت انطباق ساختمان‌ها کمک کند. در عین حال، استانداردسازی قطعات باید به صورت انعطاف‌پذیر و در قالب سیستم‌های باز انجام شود تا به یکنواختی فضایی و محدود شدن امکان پاسخ‌گویی به نیاز کاربران

منجر نشود. همچنین پیشنهاد می‌شود معیارهای اقلیمی، محیط‌زیستی، مصالح بومی، قابلیت تعمیر و طول عمر اجزا در انتخاب سیستم‌های صنعتی مورد توجه قرار گیرند تا صنعتی‌سازی نه صرفاً به افزایش سرعت ساخت، بلکه به ارتقای پایدار کیفیت معمارانه ساختمان‌های مسکونی میان‌مرتبه منجر شود.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

خلاصه مبسوط

Extended Abstract

Housing quality is a multidimensional concept shaped by the interaction of architectural design, construction technology, environmental responsiveness, economic efficiency, functional performance, adaptability, and the social and cultural characteristics of users. The increasing demand for housing, rapid urbanization, resource constraints, rising construction costs, and the need for accelerated delivery have intensified interest in industrialized approaches to residential construction. However, increasing construction speed or adopting prefabricated systems does not necessarily guarantee architectural quality. Construction systems must be evaluated according to their technical, functional, economic, environmental, and architectural performance (1, 2). From this perspective, industrial architecture represents more than the use of standardized components or factory-produced elements; it constitutes an integrated design–production–construction process in which technological capabilities are incorporated into architectural decision-making from the earliest stages (3-5).

The development of digital technologies has substantially transformed the relationship between architectural design and construction. CAD, CAM, and CAE technologies facilitate computer-based modeling, optimization, fabrication planning, and

information exchange between designers and production systems, thereby reducing the traditional separation between architectural conception and physical realization (10). Algorithmic approaches have further expanded the capacity to analyze multiple parameters, generate design alternatives, and optimize spatial and construction-related decisions (11). Nevertheless, digitalization becomes architecturally meaningful only when it contributes to constructability, optimization, coordination, and performance rather than remaining limited to computerized representation or formal experimentation.

Industrialized housing has historically faced the challenge of reconciling mass production with diversity, user needs, spatial quality, and architectural identity. Earlier studies on mass housing demonstrated that technologically efficient production could still fail to provide satisfactory architectural outcomes when flexibility, aesthetics, and user expectations were insufficiently considered (6). Consequently, more advanced industrialization approaches emphasize continuous customization, adaptable building systems, flexible production, and the integration of standardized processes with differentiated final products (7-9). Modular and panelized systems likewise demonstrate the importance of coordinating production technology with the specific architectural and structural requirements of individual projects (18, 19).

Adaptability constitutes another major dimension of contemporary architectural quality. Residential buildings are expected to respond to changing household structures, technologies, lifestyles, and functional requirements throughout their service life. Research on adaptable apartments, design for flexibility, and reconfigurable buildings has therefore emphasized the importance of designing systems that permit modification, replacement, disassembly, and reassembly without extensive demolition (12-16). Industrial, flexible, and dismantlable building technologies extend this logic by linking adaptability with sustainability and resource efficiency (17). Environmental performance is similarly inseparable from architectural quality because material selection, production methods, maintenance, demolition, and recycling influence the life-cycle consequences of buildings (20, 21). Contemporary sustainable solutions further underline the importance of designing buildings capable of responding to environmental and climatic conditions (22).

At the same time, industrialization should not eliminate contextual identity. Vernacular and traditional architecture demonstrates how spatial organization, construction systems, climate, materials, culture, and patterns of habitation can become integrated into coherent residential environments (23-25). Iranian studies have likewise emphasized the importance of vernacular patterns and contextual factors in the formation of residential architecture (26-28). Research on adaptive reuse and the revitalization of historical buildings also indicates that technological and functional transformation should remain compatible with place identity and existing architectural values (29, 30). Moreover, future-oriented housing studies in deteriorated urban fabrics emphasize the need for flexible strategies capable of addressing changing urban conditions and future housing demands (31, 32). Accordingly, industrial architecture should be understood as an integrated framework in which optimization, constructability, controlled production, adaptability, environmental compatibility, and contextual responsiveness collectively contribute to architectural quality. The present study therefore aimed to examine the effects of industrial architecture components on the architectural quality of mid-rise residential buildings in Kerman using structural equation modeling.

Methods and Materials

The study employed a mixed-methods design comprising qualitative and quantitative phases. In terms of purpose, it was an applied-developmental study, while in terms of data collection it followed a descriptive, non-experimental, survey-based design. The qualitative phase was conducted to identify and refine the components and indicators of industrial architecture and architectural quality. The qualitative population consisted of 50 architecture professors affiliated with Shahid Bahonar

University of Kerman, Iran University of Science and Technology, University of Tehran, and Tarbiat Modares University, particularly those with expertise in architectural technology. Following a review of theoretical and empirical literature, an expert questionnaire was developed and administered through a Delphi process. Expert consultation continued until theoretical saturation was achieved, after which the indicators required for constructing the research model and quantitative instruments were finalized.

The quantitative population consisted of 420 licensed professionals affiliated with the Kerman Construction Engineering Organization. Based on the requirement of approximately 15 participants per model parameter and the presence of 19 components across the study instruments, a minimum sample of 285 participants was estimated. To increase the accuracy of parameter estimation and compensate for incomplete or unusable questionnaires, all 420 eligible professionals were invited to participate. A total of 385 questionnaires were returned. Following data screening and removal of invalid or unsuitable cases, 328 questionnaires were retained for final analysis.

Two researcher-developed instruments were used. The Industrial Architecture Questionnaire initially contained 53 items across nine components: computer data-based ideation, rationalistic design of components and spaces, computer-assisted optimization of components and spaces, construction-oriented design, controlled factory production, disassembly and reassembly capability of the construction process, flexibility in planning and semi-finished component production, standardized semi-finished components, and environmental compatibility. The Architectural Quality Questionnaire contained 55 items across ten components covering sensory, formal, and symbolic aesthetics; construction speed; construction cost reduction; behavioral criteria; environmental criteria; ecological criteria; structural response to forces; and durability under environmental conditions. Both questionnaires used five-point Likert scales. Face and content validity were evaluated by 15 architecture professors. Construct validity was assessed through exploratory factor analysis. The KMO values were 0.839 for industrial architecture and 0.849 for architectural quality, while Bartlett's test was significant at 0.001 for both measures. Internal consistency was evaluated using Cronbach's alpha. Data were analyzed using SPSS version 23 and AMOS version 22. Pearson correlations were calculated, and structural equation modeling with maximum likelihood estimation was used to test the hypothesized direct effects.

Findings

The preliminary analysis indicated that the assumption of normality was satisfied because the significance levels of the Kolmogorov–Smirnov tests for all study variables exceeded 0.05. Pearson correlation analysis showed that all nine industrial architecture components were positively and significantly correlated with architectural quality. The correlation coefficients ranged from 0.14 to 0.39. Specifically, architectural quality correlated with computer data-based ideation at $r = 0.22$, rationalistic component and spatial design at $r = 0.22$, computer-assisted optimization of components and spaces at $r = 0.39$, construction-oriented design at $r = 0.25$, controlled factory production at $r = 0.25$, disassembly and reassembly capability at $r = 0.34$, flexibility in planning and semi-finished component production at $r = 0.14$, standardized semi-finished components at $r = 0.18$, and environmental compatibility at $r = 0.24$.

The structural equation model demonstrated an acceptable overall fit to the observed data. The chi-square to degrees-of-freedom ratio was 2.74, while GFI was 0.91, CFI was 0.92, IFI was 0.921, NFI was 0.901, TLI was 0.902, and RMSEA was 0.057. These indices supported the adequacy of the proposed model for explaining the relationships between industrial architecture components and architectural quality.

Analysis of standardized direct effects revealed that computer-assisted optimization of design components and spaces had the strongest positive effect on architectural quality, with $\beta = 0.71$, $t = 7.47$, and $P < 0.001$. Construction-oriented design also

had a significant positive effect, with $\beta = 0.31$, $t = 5.40$, and $P < 0.001$. Controlled factory production significantly predicted architectural quality, with $\beta = 0.29$, $t = 3.94$, and $P < 0.001$. The disassembly and reassembly capability of the construction process had a positive significant effect, with $\beta = 0.31$, $t = 5.16$, and $P < 0.001$. Flexibility in planning and semi-finished component production was also significant, with $\beta = 0.21$, $t = 3.16$, and $P = 0.004$. Environmental compatibility significantly enhanced architectural quality, with $\beta = 0.27$, $t = 3.54$, and $P < 0.001$.

In contrast, three components did not demonstrate statistically significant direct effects after the simultaneous contribution of other predictors was controlled. Computer data-based ideation had a non-significant effect with $\beta = 0.05$ and $t = 1.07$. Rationalistic component and spatial design also showed no significant direct effect, with $\beta = 0.02$ and $t = 0.396$. Likewise, standardized semi-finished components had a non-significant direct effect, with $\beta = 0.05$ and $t = 0.802$.

Discussion and Conclusion

The findings indicate that architectural quality in industrialized mid-rise housing depends primarily on the integration of design decisions with optimization, production, construction, adaptability, and environmental performance. The strongest predictor was computer-assisted optimization of components and spaces, suggesting that digital technologies provide their greatest architectural value when they are employed to improve actual design performance rather than merely generate ideas or representations. Computer modeling can facilitate the simultaneous evaluation of spatial arrangements, component dimensions, construction constraints, and production requirements, thereby reducing inconsistencies between design intent and physical implementation.

The significant effect of construction-oriented design further demonstrates that architectural quality is strengthened when construction requirements are incorporated from the beginning of the design process. This reduces the separation between architectural conception and execution and enables materials, connections, fabrication procedures, and assembly sequences to become integral parts of architectural decision-making. Similarly, the positive effect of controlled factory production suggests that industrialization can enhance quality through improved dimensional accuracy, process control, component consistency, and reduced variability in construction conditions.

Adaptability also emerged as an important mechanism. The effects of disassembly and reassembly capability and flexible production planning indicate that successful industrial architecture should not be based on rigid repetition. Instead, it should combine standardized processes with the ability to modify, replace, rearrange, or customize components. Such systems can respond more effectively to changing user requirements and can potentially extend the functional life of residential buildings.

Environmental compatibility also contributed significantly to architectural quality, indicating that ecological considerations should be treated as an inherent dimension of contemporary residential quality rather than as an additional technical criterion. Industrial systems that allow careful material selection, efficient production, adaptability, repair, replacement, and reduced waste may create more sustainable architectural outcomes.

The absence of significant direct effects for computer-based ideation, rationalistic design, and standardized semi-finished components is equally informative. These results suggest that these characteristics alone are insufficient to improve architectural quality. Digital ideation does not necessarily create better architecture unless it contributes to optimization and constructability. Similarly, rational organization does not independently guarantee aesthetic, behavioral, environmental, or contextual quality. Standardization may facilitate production, but excessive reliance on standardized components may restrict diversity and adaptability if it is not embedded within a flexible building system.

Overall, the findings support a process-oriented interpretation of industrial architecture. High-quality industrialized housing should not be equated with prefabrication or standardization alone. Rather, architectural quality appears to emerge from a

coordinated system integrating computer-assisted optimization, construction-oriented design, controlled production, flexible assembly, adaptable production processes, and environmental compatibility. For mid-rise residential development in Kerman, adopting such an integrated approach can provide a more effective framework for combining construction efficiency with functional, environmental, and architectural quality.

References

1. Qasemzadeh M, Mohammadkaradi B. Guide to the Evaluation of Construction Systems. Road Research Center, Housing and Urban Development; 1999.
2. Vourt VV. Quality-Based Architecture: An Introduction to Planning, Design, and Performance Quality Evaluation. Mashhad: Kasra Library; 2013.
3. Vafamehr M. Industrialized Architecture of Building. Tehran: Thinking Book; 2013.
4. Golabchi M, Mazaherian H. New Construction Technologies. Tehran: Tehran University Press; 2009.
5. Ahmadi R, Fatemi Aqda M. Evaluation of Building Technologies by Industrial Production: Structures and Architectural Components. Research Center for Roads, Housing and Urban Planning; 2010.
6. Al Arayedh SG. The Mass Housing Dilemma: An Industrial Design Process in Architecture. USA: Mississippi State University; 2006.
7. Durmisevic E, Linthorst P. Industrialization of Housing: Building with Systems. Continuous Customization in Housing; Tokyo, Japan 2000.
8. Abu Hammad AA. A Decision Support System for Manufactured Housing Production Process Planning and Facility Layout: University of Cincinnati; 2003.
9. Farhang G, Khorrami R. Requirements for Using the Technologies of the Building Industry to Create Optimal Housing. Research Center for Roads, Housing and Urban Development; 2012.
10. Golabchi M, Andiji Garmaroudi A, Bastani H. Digital Architecture: Application of CAD/CAM/CAE Technologies in Architecture. Tehran: Tehran University Press; 2012.
11. Khabazzi Z. Algorithmic Architecture Paradigm. Mashhad: Kasra Library; 2012.
12. Kozlowski R. The Adaptable Apartment: A Search for Design Methods and Criteria. Canada: University of Toronto; 1990.
13. Lee SR. Demonstrating Design for Flexibility in the Susquehanna Prototype House. Continuous Customization in Housing 2000.
14. Hashemian M. Design for Adaptability. Canada: University of Saskatchewan; 2005.
15. Gibb A, Austin S, Dainty A, Davison N, Pasquire C. Towards Adaptable Buildings: Preconfiguration and Re-Configuration - Two Case Studies. ManuBuild 1st International Conference; Rotterdam, Netherlands 2007.
16. Douglas J. Building Adaptation. Oxford: Elsevier Ltd.; 2006.
17. Hendriks NA, Vingerling H. Industrial, Flexible and Dismantable (IFD) Building Technology: A Key to Sustainable Construction. RILEM/CIB/ISO International Symposium; Helsinki, Finland 2000.
18. Lawson RM, Ogden RG. Hybrid Modular and Panel Construction in Light Steel Framing. The Transformation of the Industry - Open Building Manufacturing; Rotterdam, Netherlands 2007.
19. Jaillon L, Poon CS. Advantages and Limitations of Precast Concrete Construction in High-Rise Buildings: Hong Kong Case Studies. Construction for Development; Cape Town, South Africa 2007.
20. Blengini GA. Life Cycle of Buildings, Demolition and Recycling Potential: A Case Study in Turin, Italy. Building and Environment. 2009;44(2):319-30.
21. Erlandsson M, Levin P. Environmental Assessment of Rebuilding and Possible Performance Improvements Effect on a National Scale. Building and Environment. 2005;40(11):1459-71.
22. Naseri S. Innovative Sustainable Architecture: A Lesson Learned From Amphibious House in the UK. Research Review. 2024.
23. Athira SB, Amritha PK, Chithra K, Chkeir A, Bouzidi Y, El Akili Z, et al. Defining and analysing traditional architectural knowledge systems: Components and guiding principles in Indian residential architecture through the lens of expertise Assessment of thermal comfort in the traditional and contemporary houses in Byblos: A comparative study. Indian Journal of Traditional Knowledge (IJTK). 2025;24(5):933-45.
24. Ali Mustafa F, Abubaker Ali L. Common Architectural Characteristics of Traditional Courtyard Houses in Erbil City. Ain Shams Engineering Journal. 2024:103003.
25. Wang L, Yang D, Yang Y, Cui Y, Pan H. Vernacular Wisdom in Hani Ethnic Courtyard Houses: Architectural Heritage and Construction Systems in the Samaba Terraced Landscape [Article]. BUILDINGS. 2025;15(20).
26. Parhizkari Z, Vasegh B, Salehi Marzijarani S, Teymouri M. Analysis of Architectural Patterns of Rural Areas of Ilam Province in the Spatial Organization of Houses in Western Iran. Islamic Art Studies. 2025;22(58):161-85.
27. Rasouli SH, Shah-Cheragh FS, Haji-Babaei N, Moghaddam Habibzadeh M. Examining factors affecting vernacular architectural design in the formation of rural housing in Mazandaran Province. Quarterly Journal of Applied Research in Engineering and Technology. 2024;4(34).
28. Rasouli SH, Abdi Kamishani M. Rural housing development with emphasis on the vernacular architecture pattern. Tehran: Horin Publications; 2024.

29. Zakian S, Alishah M, Chahoushi S, editors. Analyzing Criteria Affecting Adaptive Reuse of Historical Buildings into Modern Boutique Hotels for Tourism Development. International Conference on Architecture, Urban Planning, Art, Industrial Design, Construction, and Wisdom-Based Technology; 2024.
30. Badr F, editor A Comparative Analysis of the Conversion of Shiraz Historical Houses into Boutique Hotels with Emphasis on Revitalizing Urban Fabric, Place Identity, and Cultural Tourism. Fifth International Congress on Civil Engineering, Architecture, Construction Materials, and Environment; 2026.
31. Zarrinchangfard H, editor Housing policies in distressed urban fabrics with a futures studies approach (Case study: Shiraz). 8th International Symposium on New Ideas in Architecture, Urbanism, Geography, and Sustainable Environment; 2023; Mashhad.
32. Zarrinchangfard H, editor Housing-Supply Policies in Deteriorated Urban Fabrics Using a Futures Studies Approach: Case Study of Shiraz. Eighth International Conference on New Ideas in Architecture, Urban Planning, Geography, and Sustainable Environment; 2023; Mashhad.