

تأثیر شاخص‌های فرم هندسی بر مقاومت سازه‌ای نماهای باربر ساختمان مسکونی تهران

هدیه سادات حسینیان: دانشجوی دکترای معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

محمدرضا بمانیان*: استاد گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

چکیده

با گسترش استفاده از فرم‌های هندسی در طراحی نمای باربر ساختمان‌های مسکونی، بررسی نقش این فرم‌ها در ارتقای مقاومت سازه‌ای نما اهمیت ویژه‌ای یافته است. این در حالی است که بسیاری از نماهای معاصر از مقاومت کافی برخوردار نیستند. این پژوهش باهدف شناسایی و تحلیل شاخص‌های مؤثر فرم هندسی بر مقاومت سازه‌ای نماهای باربر ساختمان مسکونی تهران انجام شد. روش تحقیق به‌صورت کاربردی-پیمایشی و با بهره‌گیری از تکنیک دلفی صورت گرفت. در مرحله نخست، ۲۲ شاخص در قالب پنج دسته موضوعی استخراج گردید و سپس میزان تأثیر هر شاخص بر مقاومت سازه‌ای نما با نظر خبرگان ارزیابی شد. یافته‌ها نشان داد که دسته‌ی کالبدی شامل نحوه‌ی اتصالات، هماهنگی با سایر عناصر نما، بافت، ترکیب‌بندی، ابعاد و زوایا بیشترین نقش را در ارتقای مقاومت سازه‌ای ایفا می‌کند. در مقابل، دسته‌ی یکپارچگی فضایی شامل شاخص‌های اجتماعی، محیطی، اقلیمی و اقتصادی کمترین تأثیر را دارد. نتایج همچنین حاکی از آن است که شاخص‌های کلیدی نظیر فرم هندسی، نوع مصالح، تناسبات، مقیاس و عوامل فرهنگی، به‌طور مستقیم در افزایش تاب‌آوری و کاهش آسیب‌پذیری نما باربر مؤثرند، درحالی‌که عناصر تزئینی مانند بافت، تعادل و تقارن نقش محدودتری دارند.

به‌طور کلی، این پژوهش نشان می‌دهد که انتخاب و به‌کارگیری فرم‌های هندسی بهینه می‌تواند به‌عنوان راهبردی مؤثر در طراحی نماهای باربر مسکونی، نه‌تنها کیفیت زیبایی‌شناختی بلکه عملکرد سازه‌ای را به‌طور هم‌زمان ارتقا دهد. این نتایج می‌تواند به‌عنوان مبنایی علمی و عملی برای معماران و طراحان در جهت توسعه‌ی نماهای مقاوم و پایدار مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: فرم هندسی، مقاومت سازه‌ای، نما، ساختمان مسکونی، تکنیک دلفی، شاخص.

The Impact of Geometric Form Indices on the Structural Resistance of Load-Bearing Facades in Residential Buildings of Tehran

Abstract

With the growing use of geometric forms in the design of load-bearing facades of residential buildings, examining their role in enhancing structural resistance has gained particular importance. This is especially relevant given that many contemporary facades lack sufficient resistance. The present study was conducted with the aim of identifying and analyzing the geometric form indices that influence the structural resistance of load-bearing facades in Tehran's residential buildings. The research adopted an applied-survey approach, employing the Delphi technique. In the first stage, 22 indices were extracted and categorized into five thematic groups. Subsequently, the impact of each index on facade resistance was evaluated based on expert opinions. Findings revealed that the morphological category-including aspects such as connections, coordination with other facade elements, texture, composition, dimensions, and angles-plays the most significant role in enhancing structural resistance. In contrast, the spatial integration category-covering social, environmental, climatic, and economic indices-exerts the least influence. Results further indicate that key indices such as geometric form, material type, proportions, scale, and cultural factors directly contribute to increasing resilience and reducing vulnerability of load-bearing facades, whereas decorative elements such as texture, balance, and symmetry have a more limited effect. Overall, this study demonstrates that the selection and application of optimized geometric forms can serve as an effective strategy in the design of residential load-bearing facades, simultaneously improving both aesthetic quality and structural performance. These findings provide a scientific and practical foundation for architects and designers in developing more resistant and sustainable facades.

Keywords: Geometric Form, Structural Resistance, Facade, Residential Building, Delphi Technique, Index.

مقدمه

فرم‌های هندسی در معماری علاوه بر نقش زیبایی‌شناختی، تأثیر مستقیمی بر عملکرد سازه‌ای بنا دارند. ویتروویوس معتقد است که معماری ترکیب سه عنصر زیبایی، ایستایی و عملکرد می‌باشد. هر اثر معماری باید به‌طور هم‌زمان این سه ویژگی را دارا باشد؛ تا به‌عنوان یک اثر معماری شناخته شود. اکثر آثار طراحی‌شده توسط معماران بر پایه زیبایی و ساختار شکل‌گرفته‌اند. الگوهای به‌کاررفته در نمای ساختمان‌ها عمدتاً براساس ظاهر است. این موضوع سبب عدم توجه کافی به مباحث سازه‌ای و در نتیجه شکل‌گیری الگوهایی با کارایی پایین شده است. انتخاب و به‌کارگیری فرم‌های هندسی مناسب، می‌تواند موجب توزیع متعادل نیروها، افزایش پایداری و تقویت مقاومت سازه‌ای شود. در طراحی نماهای باربر ساختمان‌های مسکونی، فرم هندسی نه تنها هویت بصری و هماهنگی کالبدی ایجاد می‌کند، بلکه به‌عنوان عاملی کلیدی در ارتقای کیفیت و دوام سازه‌ای نما عمل می‌کند.

در معماری سنتی ایران، به‌ویژه در شیوه‌ی رازی، زبره و نما هم‌زمان طراحی و اجرا شده است. این در حالی است که توجه به اصول مقاومتی در کنار جنبه‌های زیبایی‌شناختی بخشی جدایی‌ناپذیر از فرآیند ساخت بود. نمونه‌ی برجسته‌ی این رویکرد، گنبد خانه تاج‌الملک در مسجد جامع اصفهان است که نشان‌دهنده‌ی هماهنگی میان فرم هندسی، سازه و نماست. انتخاب این نمونه در پژوهش حاضر به دلیل ارزش تاریخی و دقت در طراحی هندسی بوده است؛ ویژگی‌هایی که الهام‌بخش طراحی نماهای مسکونی معاصر است.

هدف این پژوهش، شناسایی شاخص‌های مؤثر فرم هندسی و بررسی میزان تأثیر آن‌ها بر مقاومت سازه‌ای نماهای باربر ساختمان مسکونی تهران، در جهت ارتقای کیفیت کالبدی و ارائه‌ی راهکارهای کاربردی برای مدیریت شهری است.

بیان مسئله

نما به‌عنوان یکی از عناصر اصلی کالبد ساختمان، علاوه بر نقش زیبایی‌شناختی، در کیفیت و دوام سازه‌ای بنا نیز تأثیرگذار است. در معماری معاصر ایران، به‌ویژه در ساختمان‌های مسکونی شهری، نماها غالباً به‌صورت پوسته‌ای مستقل از سازه طراحی می‌شوند. این جدایی موجب شده است که بسیاری از نماها از مقاومت کافی برخوردار نباشند و در برابر فشارهای محیطی و فرسایش عملکرد مطلوبی نداشته باشند. درحالی‌که در معماری سنتی ایران، به‌ویژه در شیوه‌ی رازی، سازه و نما هم‌زمان طراحی و اجرا می‌شدند و فرم‌های هندسی نقشی کلیدی در افزایش مقاومت و پایداری بنا ایفا می‌کردند.

باوجود اهمیت فرم‌های هندسی در ارتقای مقاومت سازه‌ای، در طراحی نماهای معاصر کمتر به این موضوع توجه شده و اغلب انتخاب فرم‌ها صرفاً براساس ملاحظات زیبایی‌شناختی صورت گرفته است. این امر موجب کاهش تاب‌آوری کالبدی و ضعف عملکردی نماها شده است. بنابراین، ضرورت دارد شاخص‌های مؤثر فرم هندسی شناسایی و میزان تأثیر آن‌ها بر مقاومت سازه‌ای نماهای باربر مسکونی بررسی شود تا بتوان راهکارهایی علمی و کاربردی برای ارتقای کیفیت و دوام نماهای شهری ارائه داد.

سؤالات و اهداف

هدف اصلی این پژوهش، شناسایی شاخص‌های مؤثر فرم هندسی و تحلیل نقش آن‌ها در ارتقای مقاومت سازه‌ای نماهای باربر ساختمان مسکونی تهران است. در این راستا، پژوهش در پی آن است که شاخص‌های مختلف مرتبط با طراحی هندسی، سازه‌ای، مصالح و تناسبات را دسته‌بندی کرده و میزان تأثیر هر یک را بر کیفیت و دوام نماهای شهری بررسی کند. همچنین، ارائه‌ی راهکارهای کاربردی برای ارتقای تاب‌آوری و مقاومت کالبدی و بهره‌گیری از ظرفیت‌های معماری سنتی ایران، به‌ویژه شیوه‌ی رازی، از دیگر اهداف این تحقیق به شمار می‌رود. براساس این اهداف، پرسش‌های اصلی پژوهش عبارت‌اند از: کدام شاخص‌های فرم هندسی در مقاومت سازه‌ای نماهای باربر ساختمان مسکونی تهران مؤثرند؟ میزان تأثیر هر شاخص بر مقاومت سازه‌ای نما چقدر است؟ کدام دسته از شاخص‌ها بیشترین و کمترین نقش را در ارتقای تاب‌آوری سازه‌ای ایفا می‌کنند؟ و درنهایت، چگونه می‌توان از الگوهای هندسی سنتی، به‌ویژه شیوه‌ی رازی، در طراحی نماهای معاصر بهره گرفت؟ در پاسخ به این پرسش‌ها، فرضیه‌های پژوهش چنین بیان می‌شوند: نخست آن‌که فرم‌های هندسی بهینه می‌توانند مقاومت سازه‌ای نماهای باربر ساختمان مسکونی را افزایش دهند. دوم آن‌که شاخص‌های مرتبط با طراحی و ترکیب‌بندی هندسی، مانند فرم، تناسبات، ابعاد و زوایا، بیشترین تأثیر را بر مقاومت سازه‌ای دارند. سوم آن‌که شاخص‌های غیرمستقیم، همچون عوامل فرهنگی و اقلیمی، نقش کمتری در عملکرد سازه‌ای نما ایفا می‌کنند. نهایتاً، بهره‌گیری از الگوهای سنتی معماری ایران، به‌ویژه شیوه‌ی رازی، می‌تواند راهکارهایی مؤثر برای ارتقای کیفیت و تاب‌آوری نماهای شهری ارائه دهد.

پیشینه پژوهش

مطالعات متعددی در مورد نماهای دوپوسته و مسائل سازه‌ای انجام شده است که می‌توان آن‌ها را در چند دسته اصلی طبقه‌بندی کرد. دسته اول بر هویت و ارزش‌های

فرهنگی در نماها تمرکز دارد. نقی پور و محبوب قدس (۲۰۲۳) زیبایی‌شناسی و تأثیر الگوهای هندسی در گنبد تاج‌الملک را بررسی کردند. خلید قریشی^۱ (۲۰۲۵) رابطه بین هندسه اسلامی و عملکرد معنوی فضاهای معماری را بررسی کردند. بونر^۲ (۲۰۱۶)، حسینیان و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند که الگوهای اسلامی نه تنها به زیبایی کمک می‌کنند، بلکه هماهنگی فضایی را نیز افزایش داده و تاب‌آوری سازه را تقویت می‌کنند. کولیجی^۳ (۲۰۱۶) خاطرنشان کرد که روش‌های طراحی به‌طور قابل‌توجهی بر اشکال هندسی، به‌ویژه در معماری اسلامی، تأثیر می‌گذارند. حجبی^۴ و همکاران (۲۰۲۱) الگوها را در مسجد لطف‌الله در اصفهان تجزیه و تحلیل کردند. قمیشی^۵ (۲۰۲۱)، در زمینه طراحی نمای ساختمان، ترجیحات زیبایی‌شناختی افراد عادی و رابطه آن‌ها با ویژگی‌های مفهومی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد؛ که نقش ادراک فرهنگی و هویت را در شکل‌دهی به نماها تقویت می‌کند. محمدی، لطیفی و همکاران (۲۰۲۵) با بررسی نماهای ساختمان‌های امروزی، ضمن بررسی نقش توسعه شهری، بر لزوم به‌کارگیری عوامل فرهنگی در ساختمان‌های امروزی تأکید نمودند. یگانه و هاشمی شهرکی (۲۰۱۷) تزئینات و نقوش به‌کاررفته در بناهای شاخص دوره ایلخانی را با روش تطبیقی-کیفی بررسی کردند. آن‌ها معتقدند الگوهای ستاره‌ای و شمشه با توزیع یکنواخت نیرو و کاهش تمرکز تنش، به پایداری سطوح منحنی و قوس‌ها کمک کرده‌اند. هندسه می‌تواند در معماری معاصر برای طراحی پوسته‌های سبک، مقاوم و زیبایی‌شناسانه مورداستفاده قرار گیرد. نجفقلی پور کلانتری و همکاران (۲۰۱۷) هندسه و تناسبات طلایی را در معماری سنتی ایران تحلیل نمودند. به مطالعه دقیق نسبت‌ها و تناسبات هندسی و چگونگی به‌کارگیری هندسه در خلق فضا و فرم خانه سنتی پرداختند. نویسندگان معتقدند که بازتولید این الگوها می‌تواند در طراحی معاصر نیز به تقویت انسجام فرم و افزایش کارایی فضایی کمک کند.

دسته دوم بر عملکرد استحکام و جنبه‌های سازه‌ای تأکید دارند. حبیب و همکاران (۲۰۲۵) نشان دادند که سیستم‌های نمای دوپوسته، هنگامی که به‌عنوان جاذب‌های لرزه‌ای طراحی می‌شوند، می‌توانند ارتعاشات سازه‌ای را تا ۲۵٪ کاهش دهند، درحالی‌که دیوارهای پرده‌ای شیشه‌ای می‌توانند آن‌ها را ۲۰ تا ۲۵٪ کاهش دهند. این نتایج اهمیت ادغام عملکرد لرزه‌ای در طراحی نما را برای

ساختمان‌های بلند ایمن‌تر و مقاوم‌تر برجسته می‌کند. روستی^۶ و همکاران (۲۰۲۵) تنش‌ها را در نماهای دوپوسته مطالعه کردند و اتصالات الاستوپلاستیک را پیشنهاد دادند که به‌طور موقت تحت تنش تغییر شکل می‌دهند. آن‌ها بر نیاز به اشکال هندسی الاستوپلاستیک در نماها تأکید کردند و سیستم‌های نمای تطبیقی را به‌عنوان یک‌جهت تحقیقاتی آینده پیشنهاد کردند. بارلوانگا وهرناندز اولیورز^۷ (۲۰۰۳) دریافتند که اتصالات V شکل از نظر سازه‌ای عملکرد بهتری نسبت به اتصالات مسطح دارند. شکیر^۸ و همکاران (۲۰۲۱) خرابی‌ها در اجزای غیرسازه‌ای نما را بررسی کردند و بر اهمیت طراحی اتصال بین عناصر سازه‌ای و غیرسازه‌ای تأکید کردند. حسین وحسین (۲۰۱۷) بر تطبیق حرکات نما برای جلوگیری از آسیب سازه‌ای تأکید کردند و اتصالات عمودی پنبلی نوآورانه‌ای را پیشنهاد دادند. علی (۲۰۱۱) تکامل مقاومت سازه‌ای در ساختمان‌های بلند را بررسی کردند. ویلیامز، استوالد و ویتروویوس بر سه اصل مقاومت، کاربرد و زیبایی برای ارزیابی نقش هندسه در معماری تأکید دارند. مقاومت شامل ریاضیات برای پایداری است، درحالی‌که کاربرد مربوط به تحلیل فضا است ویلیامز و استوالد^۹ (۲۰۱۵). کمالی و همکاران نشان می‌دهند که خانه‌های مدولار پایدارتر از خانه‌های سنتی هستند و اهمیت فرم را بر سازه و مقاومت سازه‌ای برجسته می‌کنند کمالی و همکاران (۲۰۲۵). علاوه بر تحلیل مستقیم سازه‌ای، چندین مطالعه بر اهمیت عناصر غیرسازه‌ای معماری در طراحی مقاوم در برابر زلزله تأکید کرده‌اند. برای مثال، مهدوی نژاد (۲۰۱۲) نشان داد که اجزای معماری غیرسازه‌ای مانند اتصالات نما، پنل‌ها و سیستم‌های روکش-اغلب در مراحل اولیه طراحی نادیده گرفته می‌شوند که منجر به کاهش عملکرد لرزه‌ای و افزایش آسیب‌پذیری در هنگام زلزله می‌شود. از این منظر، تحقیقاتی که به آسیب‌پذیری و در معرض قرار گرفتن عناصر غیرسازه‌ای می‌پردازند، مطالعات مربوط به نماهای دوپوسته را تکمیل می‌کنند و بر لزوم ادغام جزئیات اتصال و تاب‌آوری در سطح اجزا در مهندسی نما تأکید دارند. رویکردهای مکملی نیز وجود دارند که بر کمی سازی «در معرض قرار گرفتن» و آسیب‌پذیری ساختمان‌های تاریخی در برابر نیروهای لرزه‌ای تمرکز دارند. تیبون و سوزا^{۱۰} (۲۰۱۸)، در مطالعه خود بر روی ساختمان‌های تاریخی در مترو مانیل، طبقه‌بندی‌های آسیب‌پذیری و حساسیت مکانی را ارزیابی کردند و بر اهمیت نقشه‌برداری از الگوهای

6. Rossetti
7. Barhelwanja and Hernandez Oliver
8. Shakir
9. Williams and Ostwald
10. Tibon and Suiza

1. Khalid Qurashi
2. Bonner
3. Koliji
4. Hajbi
5. Ghomeishi

آسیب‌پذیری برای اولویت‌بندی استراتژی‌های مقاوم‌سازی لرزه‌ای تأکید کردند. چنین مطالعات مبتنی بر ارزیابی، بینش روش‌شناختی برای ارزیابی کمی شاخص‌های فیزیکی و مکانی ارائه می‌دهند و از رویکردهای تحلیلی مانند رویکرد ما در ارزیابی تاب‌آوری در سیستم‌های نمای دوپوسته پشتیبانی می‌کنند. جمعه پور، لطیفی و همکاران (۲۰۲۳)، با مطالعه محله نازی‌آباد تهران، راهبردهای مناسب برای افزایش تاب‌آوری بافت‌های فرسوده و افزایش مقاومت آن‌ها ارائه دادند. کریمی، گلابچی و همکاران (۲۰۱۷) رفتار سازه‌ای گنبد خانه تاج الملک اصفهان را در برابر میزان تاب‌آوری بررسی نمودند. جاویدان نیا، بمانیان و همکاران (۲۰۲۲) در زمینه پیوند هندسه و عملکرد سازه‌ای، نشان دادند که پیچش در فرم و ناهمگونی هندسی پلان موجب افزایش آسیب‌پذیری اجزای غیرسازه‌ای می‌شود. این نتیجه بر اهمیت هندسه در پایداری و مقاومت سازه‌ای تأکید دارد و از منظر نظری باهدف این پژوهش در بررسی تأثیر فرم‌های هندسی بر درک مقاومت سازه‌ای هم‌راستا است.

دسته سوم بر انرژی، پایداری و پوسته‌های تطبیقی تمرکز دارد. کیم^۱ (۲۰۲۳) پتانسیل رویکردهای بیومیمتیک در پوسته‌های ساختمانی تطبیقی را بررسی کرد و نشان داد که چگونه سازگاری طبیعی می‌تواند تاب‌آوری را در برابر نیروهای دینامیکی افزایش دهد. رنج آزمای آذری و همکاران (۲۰۲۳) اهمیت زوایا، خطوط و مصالح را در مقاومت نما برجسته کرد. موون^۲ (۲۰۰۸) و میرنیازمندان (۲۰۱۸) روش‌های طراحی مبتنی بر سختی سازه و زوایای شبکه مورب را تجزیه و تحلیل کردند. دینسر^۳ (۲۰۲۴) و آگریباس^۴ (۲۰۲۲) منطق ساختاری سیستم‌های مقرنس و اصول پایداری آن‌ها را بررسی کردند. آلبرتو^۵ و همکاران (۲۰۱۷) خواص مصالح، توزیع بار و عمق حفره را به‌عنوان عوامل حیاتی مؤثر بر مقاومت سازه‌ای شناسایی کردند. کیم^۶ و همکاران (۲۰۱۷) با در نظر گرفتن مشخصات و جهت باد، میزان تهویه و خواص حرارتی-محیطی نماهای دوپوسته را تجزیه و تحلیل کردند و بدین ترتیب عملکرد محیطی را به پایداری پوسته‌های تطبیقی مرتبط کردند. فراتر از نگرانی‌های ساختاری، چارچوب‌های تحقیقاتی مبتنی بر شاخص، ارزیابی تاب‌آوری برای پوسته‌های ساختمان و سازگاری محیطی را نیز بررسی کرده‌اند. لاساندرو و کوسولا^۷ (۲۰۱۸) شاخص‌های کمی را برای

ارزیابی تاب‌آوری سقف تحت تنش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی پیشنهاد کردند و نشان دادند که چگونه معیارهای ساختاریافته می‌توانند تصمیمات طراحی را در سیستم‌های پوسته هدایت کنند. این دیدگاه مبتنی بر معیار، مناسب بودن روش‌های آماری مانند تکنیک آنتروپی شانون را برای شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مبتنی بر هویت، فیزیکی، فضایی و بصری در طراحی نمای دوپوسته انعطاف‌پذیر تقویت می‌کند.

دسته چهارم، روابط فضایی، عملکردهای اجتماعی و عملکرد اقلیمی نماها را بررسی می‌کند. طاه و ندیم^۸ (۲۰۲۳) عوامل اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و فناوری مؤثر بر نماهای مسکونی را تجزیه و تحلیل کردند. طلائی و همکاران (۲۰۱۷) نقش فناوری‌های نوظهور را در طراحی نما بررسی کردند. کیم^۹ (۲۰۲۳) از طریق رویکرد بیومیمتیک، پوسته‌های تطبیقی را معرفی کرد که تاب‌آوری در برابر نیروهای پویا را بهبود می‌بخشند. یزدی بحری^{۱۰} و همکاران (۲۰۲۴) تأثیر نماهای دوپوسته بر فعالیت‌های اجتماعی در فضاهای شهری را از طریق تجزیه و تحلیل تجربی و نحوی بررسی کردند و نشان دادند که چگونه نماها فراتر از عملکرد فیزیکی گسترش می‌یابند تا بر تعاملات فضایی و اجتماعی تأثیر بگذارند. از نظر وابستگی متقابل بین عوامل تاب‌آوری در محیط ساخته شده، سن^{۱۱} و همکاران (۲۰۲۱) از روش‌های دیمتل و دیمتل-راف^{۱۲} برای تجزیه و تحلیل تاب‌آوری زیرساخت‌های مسکن در برابر خطرات سیل استفاده کردند و تعاملات پیچیده بین اجزای مدیریتی، عملکردی و فیزیکی-از جمله عناصر مرتبط با نما-را آشکار کردند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که ابعاد فضایی و اجتماعی سیستم‌های نما باید در کنار عوامل فنی بررسی شوند تا استراتژی‌های عملی و قابل اجرا برای افزایش تاب‌آوری در نماهای دوپوسته توسعه یابند.

دسته پنجم به ابعاد ادراکی و زیبایی‌شناختی می‌پردازد. رنج آزمای آذری و همکاران (۲۰۲۳) بر ترکیب زیبایی‌شناسی با پایداری و تاب‌آوری سازه‌ای در الگوهای هندسی تأکید کردند. دببور^{۱۳} (۲۰۱۲) تناسبات هندسی را به‌عنوان ابزاری برای دستیابی به هماهنگی بصری ارائه کردند. عزیزی ناصرآباد (۲۰۲۵) تولید پارامتریک الگوهای هندسی اسلامی را برای استفاده در نماها پیشنهاد کردند. ویلیامز و استوالد^{۱۴} (۲۰۱۵) اصول ویتروویوسی استحکام، سودمندی

8. Taha and Nadim
9. Kim
10. Yazdi-Bahri
11. Sen
12. Dematel And Dematel-Rough
13. Dabbour
14. Williams and Ostwald

1. Kim
2. Moon
3. Dincer
4. Agirbas
5. Alberto
6. Kim
7. Lassandro and Cosola

و زیبایی را به عنوان معیارهایی برای ارزیابی هندسه در معماری مطرح کردند.

این مطالعه، برای اولین بار، شاخص‌هایی را شناسایی می‌کند که مقاومت نماهای باربر را افزایش می‌دهند، با تمرکز ویژه بر گنبد تاج‌الملک. ادغام هم‌زمان زیبایی‌شناسی، بهینه‌سازی سازه‌ای در نمای باربر، نشان‌دهنده یک شکاف تحقیقاتی است که در مطالعات قبلی نادیده گرفته شده است. نوآوری اصلی این تحقیق در ارائه یک چارچوب جدید و مقاوم است که الگوهای نمای باربر را به راه‌حل‌های عملی و پایدار برای معماری معاصر تبدیل می‌کند.

چارچوب نظری پژوهش

در این قسمت با مراجعه به منابع، مبانی‌های مرتبط با حوزه پژوهشی استخراج شد. با توجه به اینکه در مقاله مذکور، به بررسی ارتباط مفاهیمی چون فرم‌یابی سازه‌ای نما، نقوش هندسی اسلامی گنبد خانه تاج‌الملک و چگونگی ارتباط آن‌ها در نماهای ساختمان‌های مسکونی تهران می‌پردازیم، دیدگاه‌های اندیشمندان را در این خصوص مورد مطالعه قرار دادیم. در ابتدا مطالعاتی در مورد نماهای امروزی ساختمان‌های مسکونی تهران صورت گرفت. مؤلفه‌های تناسبات سازه‌ای مؤثر در الگوهای هندسی براساس مقایسه نتایج متخصصان در گنبد خانه تاج‌الملک شناسایی گشت

فرم‌یابی نما

فرم نما به‌طور قابل‌توجهی بر رفتار و واکنش‌های فردی تأثیر می‌گذارد، اطلاعات محیطی را به وضوح ارائه می‌دهد و نماها را از طریق ویژگی‌هایی مانند فرم و عملکرد، قابل مشاهده و معنادار می‌کند (یزدی بحری^۱، ۲۰۲۴). امروزه، عناصر سنتی به‌طور فزاینده‌ای در ساختمان‌های خاورمیانه مورد استفاده قرار می‌گیرند (آگریباس و ییلدیز^۲، ۲۰۲۱). الگوهای هندسی نما به‌طور قابل‌توجهی بر بافت شهری تأثیر می‌گذارند و با خیابان‌ها و میادین ادغام می‌شوند. از نظر تاریخی، ساختار و هویت در نمای بیرونی ساختمان‌ها ترکیب می‌شدند و فرم، عملکرد و ظاهر را به هم پیوند می‌دادند (قمیشی^۳، ۲۰۲۱) (دینسر^۴، ۲۰۲۴). طراحی نما اغلب توجه کمتری نسبت به عناصر سازه‌ای دریافت می‌کند، با وجود اینکه استانداردهای ایمنی بر عایق‌بندی متمرکز هستند. نیاز مبرمی به روش‌های بهتر برای ایجاد نماهای بادوام و پایدار وجود دارد (مقتدرنژاد و همکاران^۵، ۲۰۱۹). تناسبات طلایی و هندسی در شکل‌گیری فرم‌های هندسی

در خانه‌های مسکونی ایران نقش بسزایی داشته است (حاتمی برق، منصوری و همکاران^۶، ۲۰۲۴). در زمینه نظریات مربوط به طراحی نقوش هندسی نما، اندیشمندان مختلفی از جمله دوران، کرایر، فری، چینگ و کلاوس هرگ نظرات متفاوتی ارائه کرده‌اند. جدول ۱ خلاصه‌ای از دیدگاه‌های این صاحب‌نظران را در این حوزه نشان می‌دهد.

جدول ۱) نظریات ارائه شده مربوط به فرم؛ (مالوزیک^۵ و همکاران^۶، ۲۰۱۹).

ردیف	نظریه پرداز	تعریف
۱	دوران	معماری را می‌توان از دو منظر علمی و هنری بررسی کرد. این دو جنبه به همراه دسته‌بندی‌های کالبدی بنا، به نسل‌های آینده منتقل می‌شود. در این زمینه، اشکال اصلی و نحوه ترکیب آن‌ها در قالب پلان و نما معرفی می‌شود.
۲	کرایر	به کارگیری اشکال بنیادی به منظور انتخاب الگوهای هندسی و فرم‌های مختلف، شامل پلان، نما و مراحل کلیدی طراحی می‌شود.
۳	فری	برای برجسته‌تر کردن عناصری که در سطح حیاط قرار دارند، مانند درختان، لازم است از نماهایی با قاب‌بندی مشابه استفاده شود.
۴	چینگ	ویژگی‌های دوبعدی فضاها و فرم‌ها ناشی از تکنیک‌ها و خصوصیات بصری مانند تقارن، تعادل، تشابه و ریتم است. سطح دیوار به عنوان یک عنصر مؤثر، چه به صورت مستقل و چه از طریق فرم، رنگ، بافت و مصالح به کاررفته، در ساختار معماری خود را نمایان می‌سازد و می‌تواند با سطح و کف ترکیب شود.
۵	کلاوس هرگ	ترتیب موجود در هر فرم، ساختاری را ایجاد می‌کند که بر طراحی معماری تأثیرگذار است.

نماهای مدرن توسط فناوری‌های جدید و نیازهای اجتماعی شکل می‌گیرند. لازم به ذکر است این نماها، بر جنبه‌های زیبایی‌شناختی طراحی تأثیر می‌گذارند (کوکوزلا^۷ و همکاران^۸، ۲۰۲۲). فرم‌ها و تصاویر هندسی، فرهنگی یا نمادین، تصاویر ذهنی را شکل می‌دهند و بر اهمیت فرم نما در معماری تأکید می‌کنند (بالینسکی و جانوسزکیویسز^۹، ۲۰۱۶). ویژگی‌های بصری و زبان‌های نموداری به طراحی نما کمک می‌کنند (آیندو^{۱۰}، ۲۰۱۶). مواد، اجزا و سیستم‌ها نیز بر طراحی نما تأثیر می‌گذارند (رومانو^{۱۱} و همکاران^{۱۲}، ۲۰۱۸). نمای ساختمان‌ها، فرهنگ و هویت اجتماعی را منعکس می‌کنند (قمیشی^{۱۳}، ۲۰۲۱).

5. Malewczyk
6. Cucuzzella
7. Baliński and Januszkiewicz
8. Iyendo
9. Romano

1. Yazdi-Bahri
2. Agirbas and Yildiz
3. Ghomeishi
4. Dincer

جدول ۲) تعریف عملیاتی شاخص‌های مربوط به متغیر فرم‌یابی نقوش هندسی اسلامی (شمشیری و قاسمی سیجانی، ۱۴۰۲:۲۰۲۱)

ردیف	شاخص	تعریف
۱	اتصالات	هندسه به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی در فرم‌یابی الگوهای هندسی نما، نقش اساسی در شکل‌گیری و طراحی سازه‌ها ایفا می‌کند. این مؤلفه شامل ویژگی‌هایی نظیر شکل، اندازه و تناسب اجزای مختلف نما است که به ایجاد هارمونی و تعادل در طراحی کمک می‌کند. هماهنگی در مؤلفه‌های فرم‌یابی الگوهای هندسی نما به معنای ایجاد تعادل و هم‌خوانی بین اجزای مختلف طراحی است. این مؤلفه‌ها شامل رنگ، ریتم، تناسب و مقیاس، تقارن و تعادل است.
	هماهنگی	
	رنگ	
	تناسبات و مقیاس	
۲	رابطه با محیط	مکان در مؤلفه‌های فرم‌یابی الگوهای هندسی نما به معنای بستر فیزیکی و اجتماعی است که یک ساختمان یا فضا در آن قرار دارد و تأثیرات آن بر طراحی و شکل‌گیری نما را شامل می‌شود
	بافت و مصالح	
	اقلیم	
	تکنیک ساخت	
	کاربری	
	عایق‌بندی	
	دسترس‌پذیری	
۳	فرهنگی	هویت در مؤلفه‌های فرم‌یابی الگوهای هندسی نما به معنای ویژگی‌ها و مشخصات منحصر به فردی است که یک ساختمان یا فضا را از دیگران متمایز می‌کند و به آن شخصیت و معنا می‌بخشد.
	اجتماعی	
۴	رنگ‌های به‌کاررفته در نما	چگونه عناصر بصری مختلف در الگوهای هندسی نما، مانند خطوط، اشکال، رنگ‌ها و بافت‌ها، با هم ترکیب می‌شوند تا یک فرم بصری ایجاد کنند.
	تأثیر نور و سایه بر روی نما	
	میزان تضاد بین رنگ‌ها و بافت‌ها	

(تکل^۱ و همکاران، ۱۴۰۱:۲۰). براساس اهداف این تحقیق، نظریه‌پردازانی که اندیشه‌های آن‌ها چارچوب نظری این پژوهش را تشکیل می‌دهند، انتخاب شده‌اند. درنهایت، مؤلفه‌های فرم‌یابی نقوش هندسی را دسته‌بندی شد (جدول ۲).

مقاومت سازه‌ای

در ساختمان‌ها، مقاومت سازه‌ای از نیروهای ناشی می‌شود که استحکام را تضمین می‌کنند و شامل نیروهای خارجی و واکنش‌های داخلی می‌شوند که تعادل نیروها را منعکس می‌کنند. مقاومت سازه‌ای، دانش و مهارت را ترکیب می‌کند. این موضوع، شامل قوانین ساختاری، مصالح، تکنیک‌ها و فرآیندها می‌شود. شاخص‌های کلیدی مقاومت سازه‌ای شامل تعادل، پایداری، مقاومت، عملکرد، اقتصاد و

شکل هندسی است (مالوزیک^۲ و همکاران، ۱۴۰۲:۲۰۱۹). براساس مبانی نظری پژوهش، نظریات اندیشمندانی چون دوران، کرایر، فری، چینگ و کلاوس هردهگ و مطالعه میدانی، شاخص‌های مربوط به متغیر مستقل فرم‌یابی نقوش هندسی استخراج گشت. این شاخص‌ها به همراه تعاریف عملیاتی هر یک در جدول ۴ ارائه شد.

در ارتباط با مسئله مقاومت سازه‌ای (متغیر وابسته)، جنبه‌هایی نظیر شکل، تعادل و تناسب، پایداری و مقاومت، ارتباط با محیط، اقتصاد و عملکرد مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای دستیابی به نتایج مقاله، پس از مرحله اول، ارزیابی وضعیت منطقه با استفاده از روش بازدید میدانی و براساس معیارها و شاخص‌های تعیین شده در چارچوب نظری انجام شده است. پس از این مرحله و با استفاده از پرسشنامه، نتایج بدست آمده از ترجیحات متخصصان به‌صورت کیفی

2. Malewczyk

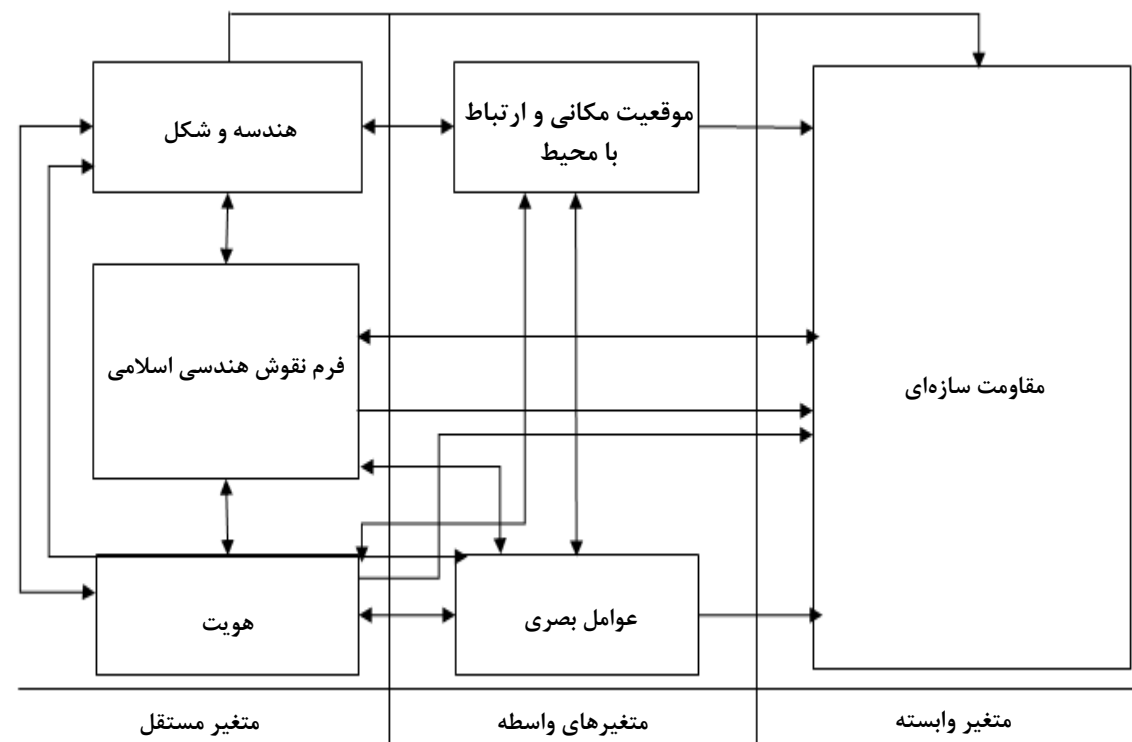
1. Tekel

و آماری تحلیل شد. هدف اصلی این پژوهش، تبیین و براساس مقاومت سازه‌ای است. جدول (۳)، تشریح عملیاتی بازنگری مفاهیم مرتبط با شکل‌گیری الگوهای هندسی نما شاخص‌های مرتبط با مقاومت سازه‌ای پرداخته است.

جدول (۳) تعریف عملیاتی شاخص‌های مربوط به مقاومت سازه‌ای؛ (مالوزیک و همکاران، ۱۳۹۰:۲۰).

ردیف	شاخص	تعریف
۱	فرم و عملکرد	سازه به‌عنوان عنصر کلیدی در طراحی، فرم را شکل می‌دهد و این فرم باید به‌گونه‌ای باشد که جریان نیرو را تسهیل کند و زیبایی بصری ایجاد کند. طراحان با الهام از طبیعت، به دنبال ترکیب مناسب و زیبا در فرم هستند و باید به تراش نیرویی توجه کنند. عملکرد سازه به باربری بهینه و استفاده صحیح از مصالح اشاره دارد، به‌گونه‌ای که هیچ‌گونه اضافی یا کمبودی در آن وجود نداشته باشد. به‌عنوان مثال، قوس برای بارهای فشاری و خطوط صاف برای بارهای کششی طراحی شده‌اند.
۲	مقاومت و پایداری	پایداری به توانایی ساختمان در برابر واژگونی تحت تأثیر نیروهای خارجی اشاره دارد و شامل پایداری هندسی و پایداری مقاومتی است. پایداری هندسی به نوع و تعداد اتصالات مربوط می‌شود، درحالی‌که پایداری مقاومتی به تحمل بارهای وارده بر اجزای سازه مرتبط است. مقاومت در یک عنصر سازه‌ای به توانایی آن در تحمل بارهای وارده و عدم وجود نقص در اجزای آن اشاره دارد. این ویژگی به نوع مصالح مورد استفاده بستگی دارد و نشان‌دهنده میزان استحکام عنصر در برابر نیروهای داخلی است.
۳	اقتصاد	اقتصاد در سازه‌ها به معنای جریان آسان نیروها و استفاده بهینه از مصالح است و انتخاب نظام سازه‌ای باید به عوامل تولید، کنترل و فناوری نیز توجه کند.

براساس مبانی نظری موضوع تأثیر شاخص‌های فرم هندسی بر مقاومت سازه‌ای نماهای باربر ساختمان مسکونی تهران و همچنین مطالعه سیر تحول و پیشینه موضوع و تحلیل



شکل (۱) مدل نظری پژوهش

روش تحقیق

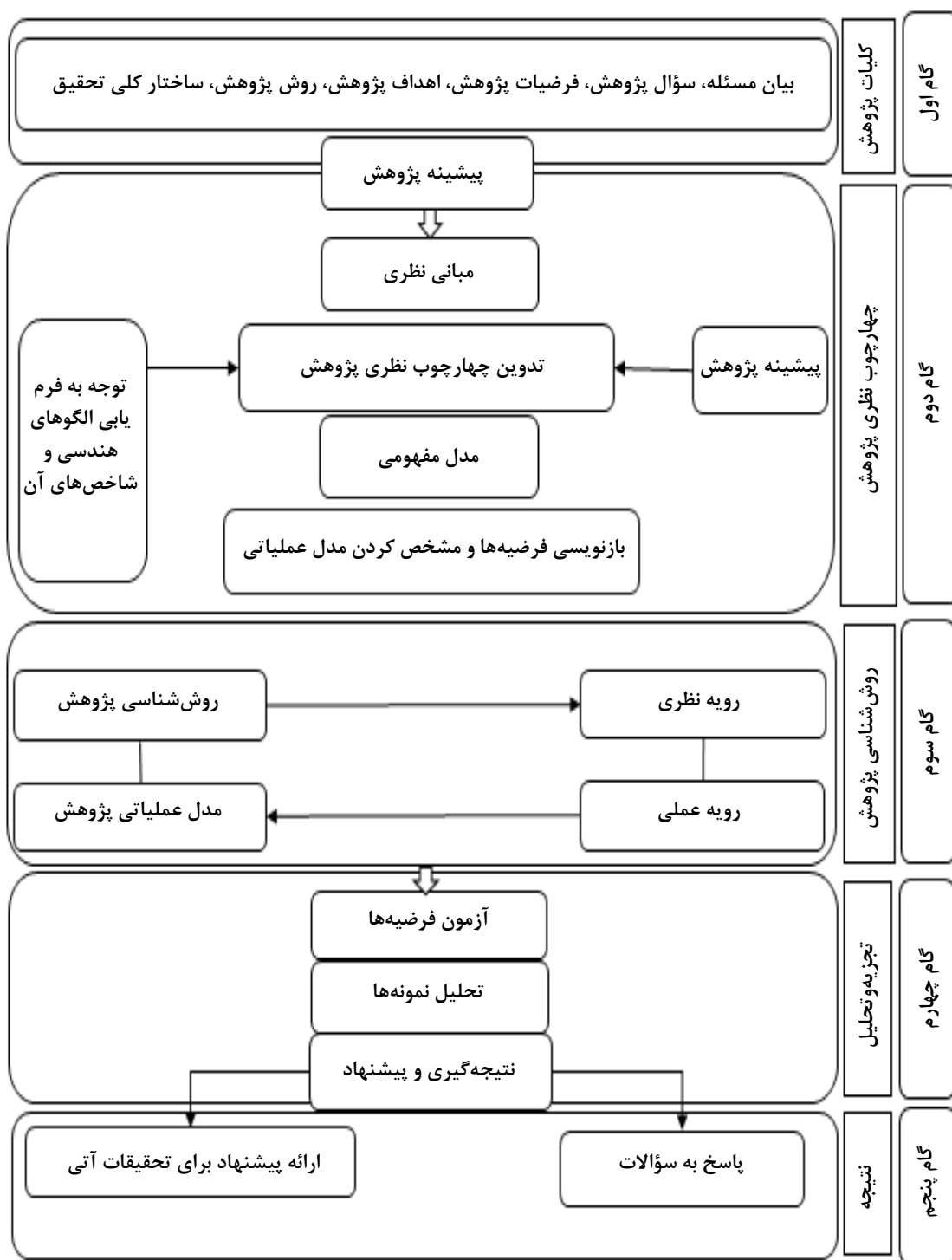
این پژوهش باهدف بررسی تأثیر شاخص‌های فرم هندسی بر مقاومت سازه‌ای نماهای باربر مسکونی تهران انجام شد. رویکرد تحقیق کاربردی-پیمایشی بوده و برای گردآوری داده‌ها از تکنیک دلفی استفاده گردید. در مرحله نخست، شاخص‌های مؤثر بر مقاومت سازه‌ای نماها با مطالعه موردی گنبد تاج الملک اصفهان و مرور منابع نظری استخراج شدند. یکی از دلایل انتخاب این گنبد، ساخت آن براساس سبک رازی است؛ سبکی که به گفته دکتر پیرنیا، ساختار و نماسازی را به‌طور هم‌زمان ترکیب می‌کرد، به این معنا که زیرساخت و نما به‌صورت جداگانه ساخته نمی‌شدند. این امر نشان می‌دهد که پیش از دوره صفوی، عناصر تزئینی در شکل‌گیری ساختاری بنا ادغام می‌شدند. این موضوع در مورد گنبد تاج الملک نیز صادق است. دلایل دیگری برای انتخاب این مورد شامل وسعت زیاد مسجد، به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مساجد در دوران اسلامی، اهمیت تاریخی آن به‌عنوان قدیمی‌ترین بنای اصفهان و جایگاهش به‌عنوان شاهکاری از آجرکاری تزئینی در سطح جهان است. الگوهای هندسی این بنای اصیل، تناسب معماری شگفت‌انگیزی را به نمایش می‌گذارند. قدیمی‌ترین بنای تاریخی اصفهان، مسجد جامع (که به مسجد عتیق نیز شناخته می‌شود) در میدان قیام و خیابان علامه مجلسی واقع شده است. این مسجد در حدود سال ۱۵۶ هجری قمری ساخته شد (بونر^۱، ۲۰۱۶:۴). شکل‌گیری نماهای سازه‌ای ساختمان‌های مسکونی علی‌الخصوص تهران به‌عنوان رواج فرهنگ و هویت در پایتخت نقش عمده‌ای در بازتاب فرهنگی جامعه دارد. لذا با مطالعه موردی گنبد تاج الملک و با توجه به کمبود مطالعات انجام‌شده در این حوزه، فرمیابی نقوش هندسی اسلامی نماهای سازه‌ای تهران صورت پذیرفت. سپس پرسشنامه‌ای با طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت طراحی شد و در اختیار ۳۰ نفر از متخصصان حوزه معماری، سازه و زلزله قرار گرفت. افراد شامل در این مطالعه، بازدیدکنندگانی هستند که به‌طور مکرر از بنای تاریخی گنبد خانه تاج الملک دیدن کرده‌اند و همچنین افرادی که تنها یک‌بار به این مکان مراجعه کرده‌اند. هدف از این کار، بررسی تنوع نظرات و تجربیات مختلف کاربران است. پرسشنامه به‌گونه‌ای تنظیم شد که از سؤالات ساده به پیچیده حرکت کند و معیارها و شاخص‌ها را به‌صورت نظام‌مند پوشش دهد. برای سنجش روایی و پایایی ابزار، از آزمون شانون جهت وزن‌دهی و تمایز شاخص‌ها استفاده شد و میزان اجماع خبرگان در چند مرحله دلفی بررسی گردید. داده‌های حاصل پس از تحلیل آماری، به رتبه‌بندی و اولویت‌بندی شاخص‌ها منجر شد و ارتباط آن‌ها با سازوکارهای مقاوم‌سازی نماهای باربر

شامل سختی درون صفحه‌ای، پیوستگی اجزا، مسیرهای انتقال بار جانبی و جزئیات اتصال مورد ارزیابی قرار گرفت. درنهایت، نتایج تحقیق چارچوبی علمی برای طراحی نماهای مسکونی مقاوم در برابر بارهای جانبی و نیروهای لرزه‌ای ارائه می‌دهد. در شکل (۲) ساختار کلی تحقیق و روش پژوهش نشان داده‌شده است.

یافته‌ها

نتایج حاصل از تکنیک دلفی به دلیل تخصص‌های اعضای گروه دلفی، از کیفیت بالایی برخوردار است. اطلاعات و علم این افراد، در زمینه موردبررسی، در نتیجه‌گیری اهمیت بالایی دارد. افراد در تکنیک دلفی، برحسب تخصص و دانش انتخاب می‌شوند و نه به‌صورت تصادفی.

در این تحقیق، ابتدا فهرستی از س استاد دانشگاه که در زمینه مقاومت سازه‌ای الگوهای هندسی نما (در حوزه معماری و شهرسازی) تخصص داشتند، تهیه شد. پس از ارائه اطلاعات مربوط به موضوع پژوهش و روند آن در مرحله اول، مصاحبه‌های نیمه‌سازمان یافته‌ای برگزار شد. هدف در این مصاحبه‌ها، بررسی دیدگاه متخصصان نسبت به «مقاومت سازه‌ای نما» و ارتباط آن با الگوهای هندسی براساس نمونه موردبررسی گنبد خانه تاج الملک بود. از دیگر اهداف، شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بهبود مقاومت سازه‌ای از دیدگاه این متخصصان می‌باشد. سپس، یافته‌های حاصل از مرور منابع را با آن‌ها به اشتراک گذاشته تا نظراتشان را جویا شود. درمجموع، حدود ۵۰۰ دقیقه گفتگو با این گروه از متخصصان انجام شد. خلاصه‌ای از نکات کلیدی این گفتگوها در جدول (۴) ارائه شد.



شکل ۲) ساختار کلی تحقیق و روش پژوهش

جدول ۴) شاخص‌های مستخرج از مصاحبه با متخصصان در مرحله اول تکنیک دلفی

ردیف	مؤلفه‌های فرم‌یابی سازه‌ای نما	شاخص‌های فرم‌یابی نقوش هندسی اسلامی نما
۱	تعال - شکل - ابعاد - نسبت‌ها	هندسه - شکل - تناسبات
۲	مقاومت - زاویه‌ها - نوع سازه	هماهنگی
۳	پایداری - نوع مصالح - هندسه	رنگ - ریتم
۴	فرم - تکنیک ساخت - ابعاد	تناسبات و مقیاس - رابطه با محیط
۵	اقتصاد	بافت و مصالح
۶	عملکرد - هندسه	اقلیم - عوامل فرهنگی
۷	پاسخ به اقلیم - استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر - نوع مصالح	عوامل اجتماعی - تکنیک ساخت - مصالح - کاربری
۸	نوع مصالح - ترکیب مصالح	دسترسی
۹	نوع سازه - سیستم باربر - تکنیک ساخت	رنگ‌های به کاررفته در نما - تأثیر نور و سایه بر روی نما
۱۰	ابعاد و نسبت‌هایشان	میزان تضاد بین رنگ‌ها و بافت‌ها

پس از اتمام مرحله اول و تحلیل محتوای مصاحبه‌ها، معیارهای تأثیرگذار بر بهبود مقاومت سازه‌ای در زمینه نقوش هندسی اسلامی نما از دیدگاه این متخصصان در جدول (۴) شناسایی شد. این کدها با کدهای استخراج‌شده از منابع مقایسه گردید. کدهای مشترک حذف شد. ۲۳ شاخص به‌عنوان شاخص‌های مؤثر بر مقاومت سازه‌ای نما انتخاب شد.

جدول ۵) پالایش کدهای مکانی برآمده از مرور منابع و مصاحبه با متخصصان و استخراج کدهای نهایی

کدهای برآمده از منابع	کدهای برآمده از مصاحبه‌ها	کدهای نهایی
شکل، مکان، هویت، بصری، تعادل، مقاومت و پایداری، اقتصاد، فرم و زیبایی، عملکرد	ابعاد و نسبت‌هایشان، نوع سازه، سیستم باربر، تکنیک ساخت، نوع مصالح، ترکیب مصالح، عملکرد، هندسه، اقتصاد، پایداری، نوع مصالح، هندسه	اتصالات، هماهنگی، تناسبات و مقیاس، ترکیب‌بندی، ابعاد، زاویه‌ها، نوع مصالح، رابطه با محیط، اقلیم، اقتصاد، کاربری، تکنیک ساخت، پایداری و مقاومت بنا، دسترسی‌پذیری، عوامل فرهنگی، عوامل اجتماعی، ویژگی‌های محلی، تعادل، ریتم، نور و سایه، فرم و زیبایی، تقارن، بافت

گرفت، نمره متخصص (از A تا DD) به هر شاخص (از ردیف ۱ تا ۲۳) (جدول ۹) می‌باشد. $\sum_{i=1}^m x_{ij}$ مجموع نمرات متخصصان به هر شاخص می‌باشد. m در این رابطه، تعداد متخصصان می‌باشد.

در مرحله بعد، شاخص‌ها به‌وسیله پرسشنامه ۵ درجه‌ای طیف لیکرت توسط هر یک از متخصصان (A تا DD) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این پرسشنامه، عدد ۵ بیشترین موافقت و عدد ۱ کمترین موافقت را به خود اختصاص می‌دهد. در آخر جمع نمرات برای هر شاخص صورت

جدول ۶) نمرات متخصصان به هر شاخص در پرسشنامه مرحله دوم روش دلفی

ردیف	شاخص	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	BB	CC	DD
۱۳۳	اتصالات	۳	۴	۵	۳	۴	۴	۴	۳	۲	۵	۵	۵	۴	۳	۴	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵	۴	۵	۵	۴	۳	۳
۳۶	هماهنگی		۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۱	۱	۲
۷۴	بافت		۱	۲	۳	۳	۳	۲	۲	۲	۵	۵	۲	۳	۲	۲	۱	۱	۳	۲	۲	۲	۳	۴	۳	۲	۳	۳	۳	۱	۳
۵۱	ترکیب‌بندی	۱	۱	۳	۱	۲	۲	۱	۳	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۲	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۳	۳	۱
۶۵	اندازه‌ها	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳
۹۹	زوایا	۶	۵	۳	۲	۳	۴	۳	۵	۲	۴	۳	۳	۳	۴	۳	۲	۴	۳	۳	۳	۳	۴	۴	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲
۷۰	عوامل اجتماعی	۷	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۳	۴	۳	۲	۲	۳	۲	۲	۲
۶۹	رابطه با محیط	۸	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۳	۳	۲	۲	۳	۳	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۱
۸۷	اقلیم	۹	۳	۲	۳	۳	۲	۲	۵	۳	۳	۲	۳	۳	۲	۲	۲	۴	۳	۳	۴	۲	۴	۲	۲	۴	۳	۲	۳	۲	۴
۴۷	اقتصاد	۱۰	۳	۱	۱	۲	۱	۲	۲	۱	۲	۲	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۱
۷۸	کاربری	۱۱	۱	۳	۲	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۳	۱	۳	۱	۵	۴	۵	۳	۳	۴	۳	۳	۳	۲	۵	۵	۲	۳	۴
۱۱۳	تکنیک ساخت	۱۲	۵	۴	۴	۵	۵	۴	۳	۲	۵	۳	۲	۲	۵	۵	۳	۲	۲	۳	۳	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۳	۳	۳	۳
۵۷	پایداری و مقاومت بنا	۱۳	۲	۱	۲	۳	۲	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۱	۲
۷۱	دسترسی	۱۴	۲	۱	۲	۲	۱	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۴	۲	۲	۲	۴	۳	۲	۲	۴
۳۶	عوامل فرهنگی	۱۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۳۶	نوع مصالح	۱۶	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۱	۲
۷۱	ویژگی‌های محلی	۱۷	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۴	۲	۲	۲	۴	۳	۲	۲	۴
۱۰۰	تعادل	۱۸	۳	۴	۴	۳	۳	۵	۴	۳	۵	۳	۵	۳	۳	۴	۳	۳	۳	۳	۲	۳	۵	۳	۳	۳	۳	۲	۳	۲	۳
۶۹	ریتم	۱۹	۳	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۳	۲	۱	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۲	۲	۳	۳	۲	۲	۲
۵۳	نور و سایه	۲۰	۱	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۳۴	تقارن	۲۱	۳	۵	۴	۴	۳	۴	۴	۵	۵	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۵	۴	۵	۵	۳
۷۰	فرم هندسی	۲۲	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۲
۳۴	تناسبات و مقیاس	۲۳	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

متخصصان به هر یک از شاخص‌ها از ۱ تا ۵ امتیازدهی انجام دادند. جمع امتیازات هر شاخص در جدول (۶) مشخص شد. طبق این جدول و براساس نمرات متخصصان، شاخص تقارن بیشترین نمره را کسب نمود. شاخص تناسب و مقیاس نیز کمترین نمره را به خود اختصاص داد. به منظور وزن‌دهی به هر شاخص، از تکنیک شانون استفاده گشت. برای این منظور، گام‌های زیر را انجام می‌دهیم. گام اول: ابتدا ماتریس تصمیم را تشکیل می‌دهیم. ماتریس تصمیم را براساس نمرات بدست آمده از جدول (۶) بدست می‌آوریم. برای این منظور لازم است هر درایه را نرمال کنیم (گام

دوم). نرمال شدن به این صورت می‌باشد که درایه هر ستون را بر مجموع ستون تقسیم می‌کنیم. درایه یا نمره متخصص نسبت به هر شاخص می‌باشد. مجموع نمرات متخصصان نسبت به هر شاخص می‌باشد، نرمال شده هر درایه می‌باشد که از تقسیم نمره‌ای که هر متخصص به یک شاخص داده است بر مجموع نمراتی که متخصصان به آن شاخص داده‌اند بدست می‌آید.

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^m x_{ij}} \quad \text{رابطه (۱):}$$

جدول (۷) نرمال شده درایه‌ها

ردیف	شاخص	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
	A	۰/۰۴۴	۰/۰۲۸	۰/۰۱۴	۰/۰۲۰	۰/۰۳۱	۰/۰۵۱	۰/۰۲۹	۰/۰۲۹	۰/۰۳۴	۰/۰۶۴
	B	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۲۰	۰/۰۳۱	۰/۰۵۱	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۲۳	۰/۰۳۱
	C	۰/۰۴۱	۰/۰۲۸	۰/۰۴۱	۰/۰۵۹	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۲۹	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	D	۰/۰۴۴	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۲۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۴۳
	E	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۴۱	۰/۰۵۹	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	F	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۴۱	۰/۰۴۹	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۴۳
	G	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۲۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	H	۰/۰۴۴	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۵۹	۰/۰۳۱	۰/۰۵۱	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۵۷	۰/۰۴۳
	I	۰/۰۴۴	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۴۹	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	J	۰/۰۴۱	۰/۰۲۸	۰/۰۶۸	۰/۰۲۰	۰/۰۴۶	۰/۰۴۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	K	۰/۰۴۱	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۴۹	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	L	۰/۰۴۱	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۴۹	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	M	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۴۱	۰/۰۴۹	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	N	۰/۰۴۴	۰/۰۲۸	۰/۰۴۱	۰/۰۴۹	۰/۰۳۱	۰/۰۴۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	O	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۲۰	۰/۰۴۶	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	P	۰/۰۴۱	۰/۰۲۸	۰/۰۴۱	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	Q	۰/۰۴۱	۰/۰۲۸	۰/۰۱۴	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۴۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۳۱
	R	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۴۱	۰/۰۴۹	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	S	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	T	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	U	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	V	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	W	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۴۱	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	X	۰/۰۴۱	۰/۰۲۸	۰/۰۴۱	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	Y	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	Z	۰/۰۴۱	۰/۰۲۸	۰/۰۴۱	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	AA	۰/۰۴۱	۰/۰۲۸	۰/۰۴۱	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	BB	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۴۱	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	CC	۰/۰۴۳	۰/۰۲۸	۰/۰۴۱	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱
	DD	۰/۰۴۴	۰/۰۲۸	۰/۰۱۴	۰/۰۵۹	۰/۰۴۶	۰/۰۳۰	۰/۰۲۹	۰/۰۱۴	۰/۰۲۳	۰/۰۳۱
	$\sum_{j=1}^m x_{ij}$	۰/۰۲۴	۰/۰۲۸	۰/۰۱۴	۰/۰۲۰	۰/۰۳۱	۰/۰۵۱	۰/۰۲۹	۰/۰۲۹	۰/۰۳۴	۰/۰۶۴

۲۳	۲۲	۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱
تناسبات و مقیاس	فرم هندسی	تقارن	نور و سایه	ریتم	تعادل	ویژگی های محلی	نوع مصالح	عوامل فرهنگی	دسترسی	پایداری و مقاومت	تکنیک ساخت	کاربری
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۲۲	./۰.۱۹	./۰.۴۳	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۳۵	./۰.۴۴	./۰.۱۳
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۲۹	./۰.۴۰	./۰.۱۴	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۱۴	./۰.۱۸	./۰.۳۵	./۰.۲۶
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۰	./۰.۳۸	./۰.۲۹	./۰.۴۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۳۵	./۰.۳۵	./۰.۳۸
./۰.۵۹	./۰.۴۳	./۰.۳۰	./۰.۳۸	./۰.۲۹	./۰.۴۰	./۰.۴۲	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۴۲	./۰.۱۸	./۰.۴۴	./۰.۱۳
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۰	./۰.۳۸	./۰.۲۹	./۰.۳۰	./۰.۱۴	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۱۴	./۰.۵۳	./۰.۴۴	./۰.۲۶
./۰.۲۹	./۰.۴۳	./۰.۲۲	./۰.۱۹	./۰.۴۳	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۳۵	./۰.۴۴	./۰.۱۳
./۰.۲۹	./۰.۵۷	./۰.۳۰	./۰.۳۸	./۰.۲۹	./۰.۵۰	./۰.۱۴	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۱۴	./۰.۵۳	./۰.۳۵	./۰.۱۳
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۰	./۰.۳۸	./۰.۲۹	./۰.۴۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۳۵	./۰.۲۷	./۰.۱۳
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۴۳	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۳۵	./۰.۲۷	./۰.۲۶
./۰.۵۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۱۹	./۰.۴۳	./۰.۵۰	./۰.۲۸	./۰.۵۶	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۵۳	./۰.۴۴	./۰.۱۳
./۰.۲۹	./۰.۴۳	./۰.۳۰	./۰.۳۸	./۰.۱۴	./۰.۳۰	./۰.۴۲	./۰.۵۶	./۰.۲۸	./۰.۴۲	./۰.۵۳	./۰.۲۷	./۰.۱۳
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۰	./۰.۱۹	./۰.۴۳	./۰.۵۰	./۰.۴۲	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۴۲	./۰.۳۵	./۰.۲۷	./۰.۳۸
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۱۹	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۵۶	./۰.۲۸	./۰.۵۳	./۰.۴۴	./۰.۱۳
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۳۹	./۰.۴۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۳۵	./۰.۴۴	./۰.۳۸
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۵۶	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۵۳	./۰.۴۴	./۰.۱۳
./۰.۵۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۵۶	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۳۵	./۰.۲۷	./۰.۶۴
./۰.۲۹	./۰.۴۳	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۴۳	./۰.۳۰	./۰.۴۲	./۰.۵۶	./۰.۲۸	./۰.۴۲	./۰.۳۵	./۰.۲۷	./۰.۵۱
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۱۸	./۰.۲۷	./۰.۶۴
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۱۹	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۵۶	./۰.۲۸	./۰.۱۸	./۰.۲۷	./۰.۳۸
./۰.۲۹	./۰.۴۳	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۴۲	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۴۲	./۰.۱۸	./۰.۲۷	./۰.۳۸
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۵۶	./۰.۴۲	./۰.۳۵	./۰.۳۵	./۰.۵۱
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۱۸	./۰.۲۷	./۰.۳۸
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۳۵	./۰.۲۷	./۰.۲۶
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۳۵	./۰.۲۷	./۰.۳۸
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۵۶	./۰.۲۸	./۰.۳۵	./۰.۴۴	./۰.۳۸
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۳۵	./۰.۴۴	./۰.۶۴
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۳۵	./۰.۲۷	./۰.۶۴
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۳۸	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۳۵	./۰.۲۷	./۰.۲۶
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۳۷	./۰.۱۹	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۵۶	./۰.۲۸	./۰.۱۸	./۰.۲۷	./۰.۳۸
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۲۲	./۰.۳۸	./۰.۳۹	./۰.۳۰	./۰.۵۶	./۰.۵۶	./۰.۲۸	./۰.۵۶	./۰.۳۵	./۰.۲۷	./۰.۵۱
./۰.۲۹	./۰.۲۹	./۰.۲۲	./۰.۱۹	./۰.۴۳	./۰.۳۰	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۲۸	./۰.۳۵	./۰.۴۴	./۰.۱۳

گام سوم: (محاسبه آنتروپی هر شاخص) آنتروپی Ej به صورت زیر محاسبه می گردد. R_{ij} نرمال شده هر درایه می باشد. m تعداد متخصصان می باشد که در این پژوهش تعداد متخصصان ۷ نفر در نظر گرفته شده است. h به عنوان مقدار ثابت مقدار Ej را بین ۰ و ۱ نگه می دارد. مقدار h از طریق رابطه ۳ بدست می آید. Ln در این رابطه، لگاریتم عددی است که این عدد تقریباً برابر با ۲/۷۱۸۲۸ است.

رابطه (۲):

$$E_j = -h \sum_{i=1}^m R_{ij} \times \ln R_{ij}, \quad h = \frac{1}{\ln(m)} = \frac{1}{\ln(23)} = 0.3189$$

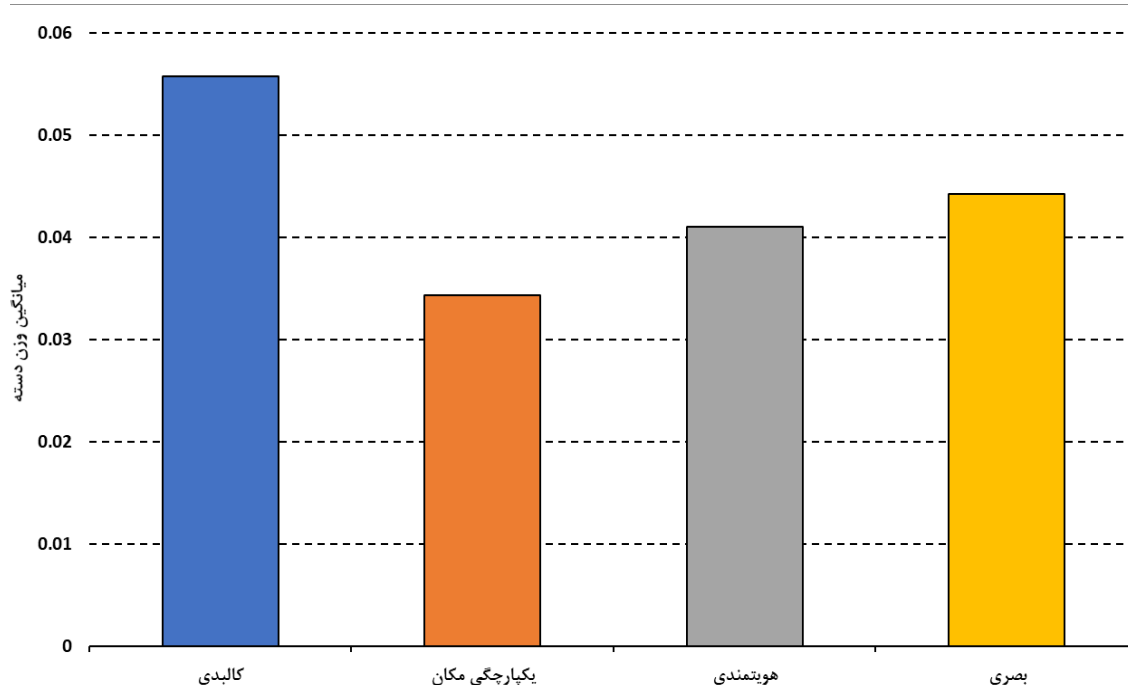
سپس w_j که وزن هر شاخص می باشد را می توان از طریق رابطه (۳) بدست آورد. n تعداد شاخص ها می باشد که در این پژوهش تعداد شاخص ها ۱۱ در نظر گرفته شده است.

رابطه (۳):

$$w_{ij} = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^n (1 - E_j)} \quad (4), \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

۳- دسته هویت مندی: شامل شاخص های عوامل فرهنگی، عوامل اجتماعی و ویژگی های محلی.

۴- دسته بصری: شامل شاخص های تعادل، ریتم، نور و سایه، فرم و زیبایی، تقارن و بافت. در ابتدای پرسشنامه، همچنین دسته بندی این ۲۳ شاخص در چهار دسته مذکور از دیدگاه متخصصان مورد بررسی قرار گرفت. برخی از متخصصان نظری در خصوص موافقت یا مخالفت با این مدل بیان نمودند، در حالی برخی دیگر با این دسته بندی موافق بودند.



شکل ۳) میانگین وزن هر دسته از شاخص های مؤثر بر مقاومت سازه ای نماهای باربر براساس تکنیک شانون

پس از جمع آوری داده ها، برای تعیین میزان توافق متخصصان با هر یک از شاخص ها، ابتدا مجموع نمرات و میانگین آن ها محاسبه شد. مطابق شکل ۳، دسته کالبدی که شامل شاخص های اتصالات، هماهنگی، تناسبات و مقیاس، ترکیب بندی، ابعاد و زاویه ها است، بالاترین نمره و میانگین را به خود اختصاص داده است. پس از آن، به ترتیب

سپس، داده‌ها مجدداً با استفاده از روش آنالیز شانون تحلیل شد. میانگین وزن هر دسته از عوامل مؤثر بر مقاومت سازه‌های نماهای باربر، براساس تکنیک شانون نیز جمع‌آوری شد. لازم به ذکر است؛ این فرمول دقت بالایی دارد و براساس آن، بار اطلاعاتی هر شاخص و وزن آن محاسبه گشت.

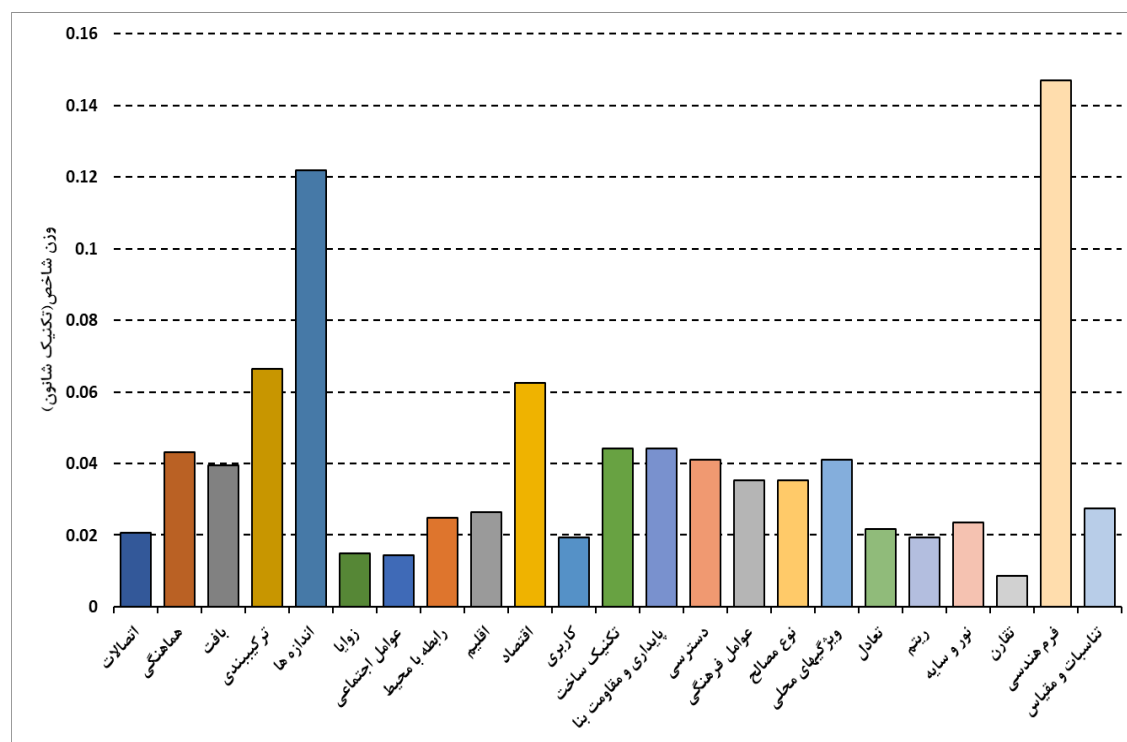
دسته‌های بصری و هویت‌مندی در ارتقاء مقاومت سازه‌های در الگوهای هندسی نما از نظر متخصصان اهمیت زیادی دارند. در انتهای این رتبه‌بندی، دسته یکپارچگی مکان قرار دارد.

در جدول ۸ شاخص‌های مؤثر بر مقاومت سازه‌های نماهای باربر به همراه امتیازدهی هر متخصص جمع‌آوری گشت.

جدول ۸) یافته‌های حاصل از پرسشنامه مرحله دوم روش دلفی

دسته	شاخص	نمره کل	میانگین دسته	میانگین	نرمال شده شاخص (E_j)	وزن شاخص (W_j)	میانگین وزن دسته
کالبدی	اتصالات	۱۲۳	۰/۰۷۴۸۶	۰/۰۴۵۴۴	۰/۹۹۱۵۹۷۵۷	۰/۰۲۰۷	۰/۰۵۱۰۴۵
	هماهنگی	۳۶	۰/۰۲۱۹۱		۰/۹۸۲۵۸۵۷۳	۰/۰۴۳۰	
	بافت	۷۴	۰/۰۴۵۰		۰/۹۸۴۰۵۸۷۶	۰/۰۳۹۴	
	ترکیب‌بندی	۵۱	۰/۰۳۱۰۴		۰/۹۷۳۰۹۸۳۹	۰/۰۶۶۴	
	اندازه‌ها	۶۵	۰/۰۳۹۵۶		۰/۹۵۰۷۴۹۵۷	۰/۱۲۱۷	
	زویا	۹۹	۰/۰۶۰۲۵		۰/۹۹۴۰۰۴۹	۰/۰۱۴۸	
یکپارچگی مکان	عوامل اجتماعی	۷۰	۰/۰۴۲۶۰	۰/۰۴۵۰	۰/۹۹۴۲۳۱۴	۰/۰۱۴۲	۰/۰۴۱۷۳۳
	رابطه با محیط	۶۹	۰/۰۴۱۹۹		۰/۹۸۹۹۸۴۴	۰/۰۲۴۷	
	اقلیم	۸۷	۰/۰۵۲۹۵۲		۰/۹۸۹۳۶۱۷۵	۰/۰۲۶۲	
	اقتصاد	۴۷	۰/۰۲۸۶		۰/۹۷۴۷۵۱۷۶	۰/۰۶۲۴	
	کاربری	۷۸	۰/۰۴۷۴۷		۰/۹۵۸۹۵۷۱۳	۰/۰۱۹۴	
	تکنیک ساخت	۱۱۳	۰/۰۶۸۷۷		۰/۹۹۲۱۳۰۶۶	۰/۰۴۴۱	
	پایداری و مقاومت بنا	۵۷	۰/۰۳۴۶۹		۰/۹۸۲۱۵۰۱۶	۰/۰۴۴۱	
	دسترسی	۷۱	۰/۰۴۳۲۱۴		۰/۹۸۳۳۶۲۶۱۲	۰/۰۴۱۱۲۴۳	
هویت‌مندی	عوامل فرهنگی	۳۶	۰/۰۲۱۹۱۱	۰/۰۲۹۰۱۲	۰/۹۸۵۶۷۳۴۲۷	۰/۰۳۵۴۱۲۴	۰/۰۳۷۳۱۶
	نوع مصالح	۳۶	۰/۰۲۱۹۱۱		۰/۹۸۵۶۷۳۴۲۷	۰/۰۳۵۴۱۲۴	
	ویژگی‌های محلی	۷۱	۰/۰۴۳۲۴۱		۰/۹۸۳۳۶۲۶۱۲	۰/۰۴۱۱۲۴۳	
بصری	تعادل	۱۰۰	۰/۰۶۰۸۶۴	۰/۰۴۶۶۶۳	۰/۹۹۱۱۷۵۷۲	۰/۰۲۱۸۱۱۹	۰/۰۴۱۳۱۹
	ریتم	۶۹	۰/۰۴۱۹۹۶		۰/۹۹۲۲۱۴۰۲۹	۰/۰۱۹۲۴۵۴	
	نور و سایه	۵۳	۰/۰۳۲۲۵۸		۰/۹۹۰۴۴۳۰۹۹	۰/۰۲۳۶۲۲۷	
	تقارن	۱۳۴	۰/۰۸۱۵۵۸		۰/۹۹۶۵۰۸۲۰۲	۰/۰۰۸۶۳۱	
	فرم هندسی	۷۰	۰/۰۴۲۶۰۵		۰/۹۴۰۵۱۳۱۶۶	۰/۱۴۷۰۳۹۶	
	تناسبات و مقیاس	۳۴	۰/۰۲۰۶۹۴		۰/۹۸۸۸۴۷۹۵۴	۰/۰۲۷۵۶۵۶	

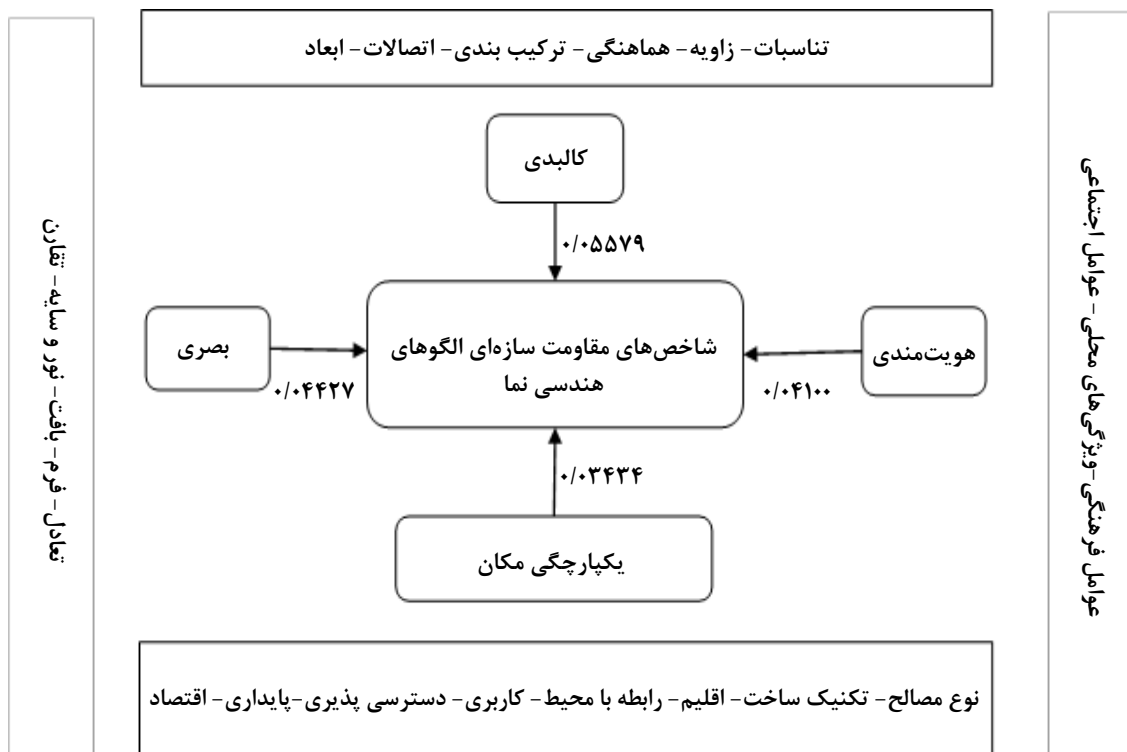
همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد و در جدول ۸ نیز مشاهده می‌شود، نتایج بدست آمده از تحلیل فراوانی، با نتایج حاصل از الگوریتم شانون، رتبه‌بندی و اهمیت شاخص‌ها را به‌طور متفاوتی نشان می‌دهد. به دلیل دقت بالای الگوریتم شانون در وزندهی به شاخص‌ها، وزن متغیرها براساس این الگوریتم مبنای نتیجه‌گیری در این تحقیق قرار گرفته است.



شکل ۴) وزن هریک از شاخص‌های مؤثر بر مقاومت سازه‌ای نماهای باربر براساس تکنیک شانون

شماره ۵ نشان داده‌شده، قابل تبیین است. در این نمایه‌ها، ترتیب شاخص‌ها در هر دسته به‌طور معناداری و براساس اهمیت وزن آن‌ها تنظیم شده است. همچنین وزن هر دسته در تأثیر آن بر بهبود مقاومت سازه‌ای نیز مشخص شده است. درنهایت، به منظور پاسخ به سؤالات پژوهش، مدل نهایی شاخص‌های مؤثر بر مقاومت سازه‌ای نماهای باربر ساختمان در پژوهش حاضر، به همراه نتایج آن ارائه شد.

براساس نتایج به‌دست‌آمده از الگوریتم شانون، دسته شاخص‌های «کالبدی» بیشترین تأثیر را بر ارتقاء مقاومت سازه‌ای دارد و پس از آن دسته‌های «بصری»، «هویت‌مندی» قرار می‌گیرند. کمترین تأثیر نیز به دسته شاخص «یکپارچگی مکان» اختصاص دارد. با توجه به نظر اساتید راهنما و همچنین براساس اصول حاکم بر روش دلفی، شاخص «ریتم» به دلیل شباهت معنایی با شاخص «تقارن» حذف گردید. درنهایت، مدل شاخص‌ها با ۲۲ شاخص و در ۴ دسته موضوعی به‌گونه‌ای که در شکل



شکل ۵) مدل نهایی شاخص‌های مؤثر بر مقاومت سازه‌ای الگوهای هندسی بنا

نتیجه

انتخاب و به‌کارگیری فرم‌های هندسی بهینه در طراحی نماهای باربر مسکونی، نه تنها کیفیت زیبایی‌شناختی، بلکه عملکرد سازه‌ای را به‌طور هم‌زمان ارتقا می‌دهد. در معماری سنتی ایران، به‌ویژه در شیوه‌ی رازی، سازه و نما راحی و اجرا می‌شدند و فرم‌های هندسی نقشی کلیدی در افزایش مقاومت و پایداری بنا ایفا می‌کردند. این در حالی است که در معماری معاصر ایران، به‌ویژه در ساختمان‌های مسکونی شهری، نماهای باربر غالباً به‌صورت پوسته‌ای مستقل، در برابر عوامل محیطی عملکرد مطلوبی ندارند. بنابراین؛ پژوهش حاضر باهدف اصلی، شناسایی شاخص‌های مؤثر فرم هندسی در ارتقای مقاومت سازه‌ای نماهای باربر ساختمان مسکونی تهران صورت پذیرفت.

بر این اساس با سی نفر از متخصصان حوزه معماری و شهرسازی در حوزه مذکور، مصاحبه شد. براساس تحلیل مصاحبه‌ها و پرسشنامه، فاکتورهای مؤثر بر بهبود عملکرد سازه‌ای نماهای باربر شناسایی شدند. این فاکتورها با شاخص‌های مستخرج از منابع مقایسه گشت و ۲۲ شاخص مؤثر در ارتقای عملکرد سازه‌ای نماهای باربر مشخص گردید. به منظور تعیین وزن هر شاخص در میزان تأثیرگذاری عملکرد سازه‌ای نماهای باربر، از تکنیک شانون استفاده شد. این تکنیک به دلیل اینکه، در موارد مشابه

اعتبار و قوت بیشتری به‌منظور تعیین وزن شاخص‌ها دارد، مبنای نتیجه‌گیری قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که شاخص‌های فرم هندسی، اندازه‌ها، نحوه چیدمان و ترکیب‌بندی، عوامل اقتصادی و تکنیک ساخت و پایداری و مقاومت بنا بیشترین تأثیر را بر بهبود مقاومت سازه‌ای دارند. در مقابل، کمترین تأثیر مربوط به شاخص‌های تقارن، عوامل اجتماعی، زوایا است.

در نهایت، ۲۲ شاخص، در ۴ دسته موضوعی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که دسته‌ی عوامل کالبدی شامل شاخص‌های تناسب، زاویه، هماهنگی، ترکیب‌بندی، اتصالات و ابعاد، بیشترین اثر را در بهبود عملکرد سازه‌ای نما دارد. کمترین تأثیر نیز به دسته یکپارچگی مکان، شامل شاخص‌های نوع مصالح، تکنیک ساخت، اقلیم، رابطه با محیط، کاربری، دسترسی‌پذیری، پایداری و اقتصاد اختصاص دارد. بعد از آن به ترتیب دسته عوامل بصری شامل شاخص‌های تعادل، فرم، بافت، نور و سایه، تقارن و دسته عوامل هویت‌مندی شامل شاخص‌های عوامل فرهنگی، ویژگی‌های محلی، عوامل اجتماعی قرار دارد.

در نهایت، تبیین مدلی از شاخص‌های مؤثر بر مقاومت سازه‌ای نما از اهداف این مقاله بود. لذا داده‌های تجربی بدست آمده از آزمون مدل نظری پژوهش، بیان شد. در این مدل، میزان وزن شاخص‌ها مشخص گردید. این نتایج می‌تواند به‌عنوان

ture3010001

- 11- Dabbour, L.M. (2012). «Geometric proportions: The underlying structure of design process for Islamic geometric patterns». *Frontiers of Architectural research*, 1(4), 380-391. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2012.08.005>
- 12- Naghipour, A.R. (2023). «Equalizing ideal for integer-valued polynomials over the upper triangular matrix ring». *Mathematics and Society* 8, 33-46. <http://doi.org/10.22108/msci.2023.137741.1576>
- 13- Dincer, S.G. (2024). «Geometric decomposition and analysis of Konya Sahip Ata Mosque portal muqarnas». *Heritage Science* 12. <https://doi.org/10.1186/s40494-024-01530-9>
- 14- Javidnia G, Bemanian M, Mahdavejad M. (2022) «The effect of plan and twisted architectural form geometry on non-structural components damage in tall buildings against earthquake». *Environment Hazards Management*. 9(1):69-87. [Persian]. <http://doi.org/10.22059/jhsci.2022.341229.722>
- 15- Jomepour, Latifi, Ghanbari, & Sama. (2023). «Explaining strategies for adapting vulnerable urban neighborhoods with a resilience approach (Case study: Nazi-Abad neighborhood in Tehran)». *Sustainable Urban Development*, 4(12), 21-48. <https://doi.org/10.22034/usd.2023.707471>
- 16- Qureshi, A.K. (2025). «Islamic Motifs and Sacred Geometry: Symbolism and Interior Design in the Wazir Khan Mosque, Lahore» (1641-1634 CE). *International Research J of Arts, Humanities and Social Sciences*, 2(3), 311-344.
- 17- Ghomeishi, M. (2021). «Aesthetic preferences of laypersons and its relationship with the conceptual properties on building façade design». *J of Asian Architecture and Building Engineering*, 20(1), 12-28. <https://doi.org/10.1080/13467581.2020.1782209>
- 18- Habib, M.M., Habib, A., Younus, S.J., Youns, A.M., AL Hour, A., Eissa, M., & Alibrahim, B. (2025). «A Review of Innovative Architectural Façade Strategies for Seismic Design of Tall Buildings». *J of Rehabilitation in Civil Engineering*, 13(2), 18-46. <https://doi.org/10.22075/jrce.2024.33843.2047>
- 19- Hajebi, B., and Hajebi, P. (2021). «Intelligent Restoration of Historical Parametric Geometric Patterns by Zernike Moments and Neural Networks». *J. Comput. Cult. Herit.* 14, 1-27. <https://doi.org/10.1145/3459607>
- 20- Hussain, S.H., & Hussain, M.S. (2017). «The strategies of architectural design resisting earthquake in tall buildings». *Al-Nahrain J for Engineering Sciences*, 20(2), 436-445.
- 21- Hosseinian, H., and Labibzadeh, R. (2023). «Enhancing the Principles of Smart Façade Design in Office Buildings Using the Internet of Things Method». *Rahpooyeh Architecture and Urbanism*. 2, 81-94. [In Persian]. DOI: 10.22034/RAU.2023.2008909.1052

مبنایی علمی و عملی برای معماران و طراحان در جهت توسعه‌ی نماهای مقاوم و پایدار مورد استفاده قرار گیرد. نهایتاً، بهره‌گیری از الگوهای سنتی معماری ایران، به‌ویژه شیوه‌ی رازی، به دلیل استفاده از اصول و قواعد هندسی، علاوه بر تأکید عوامل فرهنگی و سنتی بر معماری و طراحی ساختمان‌ها، می‌تواند راهکارهایی مؤثر برای ارتقای کیفیت و تاب‌آوری نماهای شهری امروزی ارائه دهد.

کتابنامه

- 1- Agirbas, A. and Yildiz, G. (2021). «Origin of Irregular Star Polygons in Ground Projection Plans of Muqarnas». *Nexus Netw J* 23, 507-548. <https://doi.org/10.1007/s00004-020-00516-x>.
- 2- Agirbas, A., Yildiz, G., and Sahin, M. (2022). «Interrelation between grid systems and star polygons of muqarnas ground projection plans». *Heritage Science* 10. <https://doi.org/10.1186/s40494-022-00647-z>
- 3- Alberto, A., Ramos, N.M., and Almeida, R.M. (2017). «Parametric study of double-skin facades performance in mild climate countries». *J of Building Engineering* 12, 87-98.
- 4- Ali, M.M., and Moon, K.S. (2007). «Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects». *Architectural Science Review* 50, 205-223. <https://doi.org/10.3763/asre.2007.5027>.
- 5- Azizi Naserabad, A., & Ghanbaran, A. (2025). «Computational approach in presentation a parametric method to construct hybrid girihs» (hybrid Islamic geometric patterns). *International J of Architectural Computing*, 23(1), 261-288. <https://doi.org/10.1177/14780771241279347>
- 6- Baliński, G., and Januszkiewicz, K. (2016). «Digital tectonic design as a new approach to architectural design methodology». *Procedia engineering* 161, 1504-1508. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.617>
- 7- Barluenga, G., & Hernández-Olivares, F. (2003). «Seismic response of a new design for vertical joints in architectural panels». *Engineering structures*, 25(13), 1655-1664. [https://doi.org/10.1016/S0141-0296\(03\)00144-5](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(03)00144-5)
- 8- Bonner, J., and Kaplan, C.S. (2017). «4 Computer Algorithms for Star Pattern Construction. In Islamic Geometric Patterns: Their Historical Development and Traditional Methods of Construction». New York, NY: Springer New York 549-573. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0217-7_4
- 9- Ching, F. (1995). «Structure in Architecture». Translated by Afzali, M., Tehran: Yazda.
- 10- Cucuzzella, C., Rahimi, N., and Soulikias, A. (2022). «The evolution of the architectural façade since 1950: A contemporary categorization». *Architecture* 3, 1-32. <https://doi.org/10.3390/architec->

مدیریت شهری

فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۸۱، زمستان ۱۴۰۴

Urban management
No.81 Winter 2026

۱۴۸

- ty(Case study:Khani Abad neighborhood,Tehran). Quarterly J of Sustainable Development of Geographical Environment,7(13),77-90. <https://doi.org/10.48308/sdge.2025.239262.1244>
- 33- Moghtadernejad,S.,Mirza,M.S.,and Chouinard,L.E. (2019).«Façade Design Stages:Issues and Considerations».J.Archit.Eng.25.[https://doi.org/10.1061/\(asce\)ae.1943-5568.0000335](https://doi.org/10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000335).
 - 34- Moon,K.S. (2008).«Optimal Grid Geometry of Diagrid Structures for Tall Buildings».Architectural Science Review 51,239–251.<https://doi.org/10.3763/asre.2008.5129>.
 - 35- Najafgholi Pourkalantari Nasim,Etesam Iraj,and Habib Farah.«A Study of Geometry and Golden Ratios in Iranian Architecture(Case Study:Traditional Houses of Tabriz City). (2017)» Urban and Rural Management:477-491.
 - 36- Ranjzmay Azari,M.,Bemanian,M.,Mahdavinejad,M.,Körner,A.,and Knippers,J. (2023).«Application-based principles of islamic geometric patterns;state-of-the-art,and future trends in computer science/technologies:a review».Herit Sci 11.<https://doi.org/10.1186/s40494-022-00852-w>.
 - 37- Ranjzmay Azari,M. (2023).«Structural Formulation of High-Rise Building Facades»(Utilizing Iranian-Islamic Geometric Patterns).Thesis:Tarbiat Modares University.Tehran. [In Persian].
 - 38- Romano,R.,Aelenei,L.E.,Aelenei,D.,and Mazzuchelli,E.S. (2018).«What is an adaptive façade? Analysis of Recent Terms and definitions from an international perspective».
 - 39- Rossetti,M.,Milardi,M.,& Sansotta,S. (2023,September).«Seismic evaluation of a curtain wall system for improving the adaptive performance of connecting nonstructural components».In Mediterranean Architecture and the Green-Digital Transition:Selected Papers from the World Renewable Energy Congress Med Green Forum 2022(pp.205-216). Cham:Springer International Publishing.https://doi.org/10.1007/978-3-031-33148-0_17
 - 40- Hatamibargh,F.,Mansouri,B.,Mokhtarabad,M.,Zare,L., (2024).«geometric proportions,Iranian architecture,shape pattern,axial symmetry,geometric components»Urban and Rural Management.23(75):129-143.<http://ijurm.imo.org.ir/article-1-3515-fa.html>
 - 41- Sen,M.K.,Dutta,S.,& Kabir,G. (2021).«Evaluation of interaction between housing infrastructure resilience factors against flood hazard based on rough DEMATEL approach».International J of Disaster Resilience in the Built Environment,12(5),555–575. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-08-2020-0089>.
 - 42- Shamshiri,F.,and Ghasemi Sichani,M. (2021).«Re-Reading the Arithmetic and Geometric Features of the Inner Courtyard Facades of Histor-
 - 22- Iyendo,T.O.,Akingbaso,E.Y.,Alibaba,H.Z.,and Özdeniz,M.B. (2016).«A relative study of microclimate responsive design approaches to buildings in Cypriot settlements».ITU A| Z 13,69–81.<https://doi.org/10.5505/itujfa.2016.51423>
 - 23- Kamali,M.,Hewage,K.,Rana,A.,Alam,S.,and Sadiq,R. (2025).«Advancing urban resilience with modular construction:An integrated sustainability assessment framework».Resilient Cities and Structures 4,46–68.<https://doi.org/10.1016/j.rcns.2025.02.006>
 - 24- Koliji,H. (2016).«Gazing Geometries:Modes of Design Thinking in Pre-Modern Central Asia and Persian Architecture».Nexus Netw J 18,105–132. <https://doi.org/10.1007/s00004-016-0288-6>.
 - 25- Karimi,AH.,Golabchi,M.,Akbari vernosfaderani,M.,Shirani bidabadi,M.,Bani Najarian,N. (2017).«Understanding the structural behavior of the Taj-ol-Molk Dome of Isfahan's Jame Mosque».Conference on Applied Research in Structural Engineering and Construction Management,2,1-12.
 - 26- Kim,K. (2023).«Resilience-based Facade Design Framwework.»
 - 27- Kim,G.H.,Kwon,H.M.,& Yang,J.H. (2017).«Ventilation rate and thermal environment properties of double skin façade considering wind profile and direction».J of Asian Architecture and Building Engineering,16(3),675-682.<https://doi.org/10.3130/jaabe.16.675>
 - 28- Lassandro,P.,& Cosola,T. (2018).«Climate change mitigation:Resilience indicators for roof solutions». International J of Disaster Resilience in the Built Environment,9(1),4–17.<https://doi.org/10.1108/IJDRBE-11-2016-0046>.
 - 29- Malewczyk,M.,Taraszkievicz,A.,& Czyż,P. (2024).«Visual Perception of Regularity and the Composition Pattern Type of the Facade».Buildings,14(5),1389.<https://doi.org/10.3390/buildings14051389>
 - 30- Mirniazmandan,S.,Alaghmandan,M.,Barazande,F.,and Rahimianzarif,E. (2018).«Mutual effect of geometric modifications and diagrid structure on structural optimization of tall buildings».Architectural Science Review 61,371–383.<https://doi.org/10.1080/00038628.2018.1477043>.
 - 31- Mohamadjavad Mahdavinejad,Mohammadreza Bemanian,Ghazal Abolvardi,Seyed Mohammad-mehdi Elhamian;«Analyzing the state of seismic consideration of architectural non-structural components(ANSCs) in design process»(based on IBC). International J of Disaster Resilience in the Built Environment 13 July 2012;3(2):133–147.<https://doi.org/10.1108/17595901211245224>
 - 32- Mohammadi,Sana,Rahimi,Latifi,& Babaei Eliasi. (2025).The role and impact of urban development on preserving and developing local culture and identi-

ical Houses Attributed to The Last 4 Centuries of The Introverted City of Isfahan». Culture of Islamic Architecture and Urbanism J 6, 17–31. <http://doi.org/10.52547/ciauj.6.2.17>

- 43- Shakir, I., Jasim, M.A., & Weli, S.S. (2021). «High rise buildings: Design, analysis, and safety»: An overview. International j of architectural engineering technology, 8, 1-13. <https://doi.org/10.15377/2409-9821.2021.08.1>
- 44- Taha, M.N.A., and Nadim, M. (2023). «An Overview of the Factors Influencing the Formation Transformations of Residential Building Facades in Riyadh». J Architecture & Planning 35. <http://doi.org/10.33948/JAP-KSU-35-4-4>
- 45- Talaei, M., Mahdavinnejad, M., Zarkesh, A., and Haghighi, H.M. (2017). «A review on interaction of innovative building envelope technologies and solar energy gain». Energy Procedia 141, 24–28. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.006>
- 46- Tekel, A., Yildirim, K., Akbarishahabi, L., and Bande, B. (2016). «The role of symbolic architecture on aesthetic judgment: a cross-cultural investigation on the perception of African “Calabash” figure». Gazi University J of Science 29, 525–536.
- 47- Tibon, N.R., & Suiza, R.M. (2018). «Quantification of seismic exposure and vulnerability of historic buildings in Metro Manila». International J of Disaster Resilience in the Built Environment, 9(3), 249–257. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-01-2017-0010>
- 48- Williams, K., and Ostwald, M.J. eds. (2015). «Architecture and Mathematics from Antiquity to the Future»: Volume I: Antiquity to the 1500s (Springer International Publishing) <https://doi.org/10.1007/978-3-319-00137-1>.
- 49- Yazdi-Bahri, S.S., Alier Forment, M., Sanchez Riera, A., & Askarizad, R. (2024). «Assessing the impact of double-skin façades on social activities of people in urban spaces using empirical and syntactical analysis». J of Asian Architecture and Building Engineering, 23(2), 813-828. <https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2238042>
- 50- Yeganeh, & Hashemi Shahraki. (2017). «A study of the decorations and motifs used in architectural and urban buildings of the Ilkhanid period (case examples: Soltaniyeh Dome and Blue Mosque of Tabriz)». » Urban and Rural Management, 48(16), 393-400.

مدیریت شهری

فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۸۱، زمستان ۱۴۰۴

Urban management
No.81 Winter 2026

۱۵۰