تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۱/۱۳ | تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۴/۰۴ | تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۰۱

نشریه علمی نامه معماری و شهرسازی، ۱۵(۳۸)، ۴۳-۶۱
DOI: 10.30480/AUP.2022.4169.1901
نوع مقاله: پژوهشی

تبیین چالش‌های به‌کارگیری سازه در طراحی معماری
بررسی موردی: دانشجویان و فارغ‌التحصیلان معماری*

مجید احمدنژاد کریمی
دکتری معماری اسلامی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول مکاتبات)
E-mail : Majid_ahmadnejad@yahoo.com

مهدی محمودی کامل‌آباد
استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

مریم عظیمی
استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

مراحل شکل‌گیری سازه در یک فرایند طراحی شامل دو گام عمده طراحی سازه و تحلیل سازه است. «طراحی»، آفرینش و طرح کلی سازه را گویند که بیشتر در حیطه وظایف معماران است؛ لذا در این پژوهش، گام «طراحی سازه» انتخاب‌شده است که دارای بخش‌های گوناگونی است و برای فعالیت‌های معمار در مراحل ابتدایی فرایند طراحی معماری (مرحله طراحی مفهومی سازه) ضروری است. مسئله مهم در شکل‌گیری سازه، چگونگی انتقال دانش سازه در مراحل ابتدایی طراحی معماری است. هدف اصلی این تحقیق شناسایی چالش‌ها، مسائل و دشواری‌های به‌کارگیری دانش سازه در فرایند طراحی معماری به‌ویژه در گام طراحی مفهومی سازه است. روش پژوهش کیفی در قالب یک تحقیق اقدام‌پژوهی با استفاده از ابزارهای پرسشنامه، مصاحبه، یادداشت‌برداری و آزمون‌های عملی برای گردآوری اطلاعات و تحلیل داده‌ها انتخاب‌شده است. جامعه آماری تحقیق، از دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد معماری و فارغ‌التحصیلان معماری می‌باشند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بسیاری از مشارکت‌کنندگان علی‌رغم داشتن دانش سازه‌ای لازم، با چالش‌هایی درزمینه مشارکت آن در فرایند طراحی معماری مواجه هستند. دلیل بسیاری از این چالش‌ها در عدم آگاهی کافی مشارکت‌کنندگان از نسبت میان طراحی معماری و طراحی سازه و عدم توجه به اهمیت شناخت هندسی از دانش سازه و سیستم‌های سازه‌ای مشاهده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: طراحی معماری، طراحی سازه، دانش سازه، چالش‌های طراحی سازه، شناخت هندسی

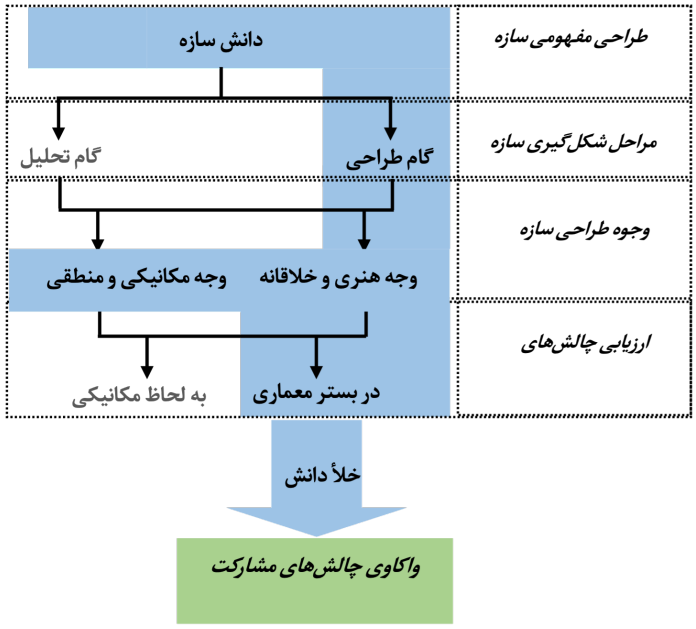
* این مقاله برگرفته از رساله دکتری مجید احمدنژاد کریمی با عنوان «مدل پشتیبان طراحی سازه مبتنی بر شناخت هندسی در فرایند طراحی معماری» است که به راهنمایی دکتر مهدی محمودی کامل‌آباد و مشاوره دکتر مریم عظیمی در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اصفهان در تاریخ ۱۳۹۹/۱۱/۳۰ دفاع شده است.

مقدمه

شناخت دانش سازه یک ضرورت ناگزیر در طول فرایند شکل‌دهی به فرم معماری است. شکل‌گیری سازه در مراحل فرایند طراحی، گستره‌ای از خلق فرم تا راه‌حل‌های محاسباتی را شامل می‌شود (Herbert *et al*., 2013, 13-14). لذا، سازه در زمینه معماری با بررسی وجوه مختلفی از آن شناخته می‌شود؛ مسئله مهم در این فرایند، چگونگی مشارکت و به‌کارگیری موثر دانش سازه در فرایند طراحی معماری است (Luyten, 2012). دانش سازه شامل وجوه مختلفی است که برخی از آن‌ها برای طراحی و ساخت بنا بایسته‌اند و برخی دیگر برای ارزیابی و بهینه‌سازی آن به کار می‌روند. بدین ترتیب دوگانه‌ای به دست خواهد آمد که در یک گام آن «طراحی سازه» و در گام دیگر، «تحلیل سازه» قرار دارد؛ دانستن این گام دوم، چندان برای معمار نیاز نیست (Mcdonald, 2019). تحلیل سازه قانون‌مندی‌هایی را در شکل‌گیری سازه توضیح می‌دهد که به لحاظ ماهیتِ صرفاً علمی خود به ایجاد تغییر و تصرف در واقعیت می‌انجامد؛ ازجمله: تعیین اندازه‌های دقیق اعضای سازه‌ای و اتصالات آن‌ها. در مقابل، طراحی سازه تنها در پی شناخت جنبه‌های علمی سازه نیست، بلکه در پی تغییر و تصرف در تمامی جنبه‌های فنی و غیر فنی سازه در ترکیب با دیگر کیفیات معماری و همچنین بررسی نسبت سازه با معماری است (محمودی، ۱۳۹۱). البته بدیهی است که بدون تحلیل سازه، شکل‌گیری نهایی سازه صورت نخواهد گرفت ولی جایگاه آن هرگز نمی‌تواند در مراحل طراحی سازه باشد. ولی بخشی از شناخت سازه قابلیت و شایستگی حضور در گام طراحی سازه را دارد که از مراحل اولیه تولید فرم تا مرحله ساختِ واقعی دخالت دارد (Sandaker, 2008).

تمامی روش‌های عددی، اهمیت خود را در طی سال‌ها ثابت کرده و طراحان را قادر ساخته‌اند تا به رفتار منطقی و دقیق سازه بپردازند. در روش‌های عددی بیشتر تمرکز بر روی وجوه مکانیکی سازه است. بااین‌وجود، نیاز به اطلاعات بسیار زیاد و پیچیده سازه‌ای، جایگاه مبهم کیفیات معماری و زمان‌بر بودن و پیچیده شدن مراحل به‌خصوص در سازه‌های خاص، ازجمله کاستی‌های روش‌های عددی است. لارامبِر اگرچه علاقه عمیقی به تحلیل ریاضی داشت، ولی متوجه شد که محاسبات پیچیده فقط به‌عنوان سنجش پایداری سازه‌ها کاربرد دارند (Lee *et al*., 2009, 1565). همچنین، با وجود اینکه گاودی در مباحث مکانیک سازه تحصیلات عالی داشت، معتقد بود که محاسبات عددی برای طراحی سازه ضروری نیست. او بیشتر به ایجاد مدل‌ها به روش هندسی، که بعدها در میان سازندگان سازه‌های پوسته‌ای نیز رایج شد، بیشتر اعتقاد داشت (Alpana *et al*., 2007, 57). لویتن نیز، به‌عنوان یک مهندس سازه، معتقد است که در مراحل ابتدایی فرایند طراحی نیازی به‌دقت پر از جزئیات و به‌تفصیل بسیاری از مفاهیم علمی سازه نیست (Luyten, 2012, 129). درک یا شناختی کلی از پیشنهادات سازه‌ای در بیشتر اوقات کافی است. بسیار دقیق بودن، فرایند طراحی را کُند می‌کند. این امر نه صرفاً به سبب ایجاد یا انتقال دیاگرام‌های متنوع، بلکه به خاطر لزوم بار اطلاعاتی بسیار زیاد است. یک معمار باید سازه را بدون نیاز به استفاده از مفاهیم کمّی بشناسد (Ilkovic, 2014, 59).

بررسی کامل چالش‌ها و مسائل طراحی سازه و ارزیابی آن در بستر معماری و در محدوده فرایند مفهومی نه‌تنها در ادبیات طراحی سازه در رشته معماری بسیار اندک بوده و در مراحل اولیه خود به سر می‌برد، بلکه در ادبیات معماری در کشور ما نیز مورد غفلت واقع‌شده است. لذا در این پژوهش، رویکرد مسائل و چالش‌های موجودِ طراحی سازه از دو منظر «بستر معماری» و «مرحله طراحی مفهومی»، موردتوجه است. لذا در تحقیق حاضر، چالش‌ها و مسائل به‌دست‌آمده درزمینهٔ طراحی سازه، ابعاد متنوعی را ازجمله رویکردهای فنی و غیر فنی، منطقی و خلاقانه و تجسم و ترسیم در برگرفته‌اند. هدف از این پژوهش، مشارکت نتایج مستخرج ازآن‌جهت شناخت چالش‌ها، دشواری‌ها و مسائل مربوط به بکارگیری سازه در طراحی معماری است (شکل ۱).



شکل ۱. نمودار اهداف و خلأ دانش: مسیر نشان داده‌شده، بیانگر خلأ دانش در این پژوهش است.

پیشینه تحقیق

ایجاد ارتباطی تنگاتنگ میان سازه و معماری از آرمان‌های اساسی معماری است. پیوند معماری و سازه در گرو تعریف ارتباط اجزاء آن‌هاست، به‌گونه‌ای که وحدت و یکپارچگی بین آن‌ها حفظ شود. ارتباط میان اجزاء در حوزه فرایند طراحی قرار دارد (Ilkovic, 2014, 62). با وجود اینکه مشارکت و تعامل معمار و مهندس در فرایند طراحی از طریق پیدایش و بهبود نرم‌افزارهای طراحی توسعه‌یافته است، هنوز نیاز به طراحی فرم‌های ساختمانی از طریق مفاهیم متعدد سازه‌ای بوده که می‌تواند همزمان در مراحل ابتدایی فرایند طراحی توسعه یابند (Van Mele *et al*., 2012, 285). آثار گوناگونی با موضوعات متنوع به بررسی دانش سازه در مطالعات معماری پرداخته‌اند: پژوهش‌های تاریخی (Addis, 2007)، مشارکت معمار و مهندس (Luyten, 2012; Larsen and Tyas, 2003) و انواع روش‌های طراحی سازه (Lewis, 2005). همچنین رویکرد بسیاری از پژوهش‌ها در این زمینه، در حوزه آموزش و چگونگی درک مفاهیم فنی و سازه‌ای برای معماران و دانشجویان است (Millais, 2005; Shareef and Farivarsadri, 2020). مسئله اصلی در اکثر پژوهش‌های فوق، عدم توجه کافی به چگونگی حضور دانش سازه در فرایند طراحی معماری است. نتایج حاصله از این تحقیقات، نشانگر عدم موفقیت مطلوب این شیوه‌ها به‌صورت عملی است (Mainstone, 2001,328). لذا، سازه در جایگاه خود در اثر معماری با مشکل مواجه شده است.

طراحی معماری برای مقاومت در برابر تنش‌های موجود در عناصر ساختمانی که فضاها را نیز پوشش می‌دهند، به اصول طراحی سازه متکی است. کسب چنین مهارتی نیاز به زمان برای توسعه دارد. طراحی مفهومی سازه اولین و مهمترین گام برای طراحان سازه است. هر دو نوع شناخت کمّی و کیفی برای طراحی مفهومی سازه لازم است. اگرچه دقت و اطمینان در حل مسائل کمّی ضروری است، درک کیفی در استفاده از مفاهیم و اصول سازه‌ای در شرایط محیط واقعی به‌ویژه در هنگام استفاده از فرم سازه‌ای نامتعارف و نوآورانه موردنیاز است. اکثر منابع و کتاب‌های سازه‌ای و روش‌های طراحی سازه مبتنی بر حل مسئله هستند تا درک مفهومی

سازه. به‌عبارت‌دیگر، در اکثر این منابع، اصول سازه‌ای به یک سری محاسبات، بدون پیوند مناسب با فرم‌های سازه‌ای تنزل یافته است. چالش‌های دانش سازه زمانی عمیق‌تر می‌شود که ابزار ارائه و پردازش اطلاعات بیش‌ازحد انتزاعی باشد که در این صورت طراحان قادر به ارائه مفاهیم موردنظر نیستند (Whitehead, 2013).

نسبت طراحی معماری و طراحی سازه

هدف از این پژوهش شناخت و واکاوی چالش‌ها و مسائل عمده درزمینهٔ مشارکت دانش سازه در مراحل ابتدایی و مفهومی فرایند طراحی معماری است. یکی از تصمیمات اساسی در مراحل ابتدایی فرایند طراحی معماری، تعیین نوع سیستم سازه‌ای و ترسیم فرم و آرایش کلی آن در سازگاری با فرم و فضای معماری است. این تصمیمات در تعیین نوع رابطه و نسبت میان طراحی معماری و طراحی سازه تأثیرگذار است. لذا، شناخت انواع نسبت‌های میان معماری و سازه در فرایند طراحی و بررسی ویژگی‌های آن‌ها از الزامات پژوهش حاضر است.

بر اساس منابع موجود، روابط متعددی میان طراحی معماری و طراحی سازه و چگونگی تعامل آن‌ها وجود دارد. در بحث انواع نسبت‌های بین طراحی سازه با طراحی معماری، می‌توان به دسته‌بندی‌های ارائه‌شده توسط نظریه‌پرداز معروف، مک‌دونالد اشاره داشت. وی نسبت‌هایی را میان طراحی معماری و طراحی سازه ارائه می‌دهد و آن‌ها را در چهار گروه کلی «چشم‌پوشی از سازه، پذیرش سازه، نمادگرایی سازه و تعالی سازه» قرار می‌دهد (Macdonald, 1997, 26-33 ؛ محمودی، ۱۳۹۱، ۸۲-۹۳).

در نگرش «چشم‌پوشی از سازه»، طراحی ساختمان به دلیل قابلیت‌های مطلوب استحکام و مقاومت برخی از مصالح ازجمله فولاد و بتن مسلّح، بدون توجه به ملاحظات سازه‌ای آن در مراحل ابتدایی فرایند طراحی صورت می‌گیرد. این شرایط باعث خلق فرم‌های متنوع و پیچیده معماری می‌شود. در نقطه مقابل، برخی از معماران به یک نسبت منطقی میان برنامه معماری و پیامدهای سازه‌ای آن بدون ارجحیت یکی بر دیگری قائل هستند. اصطلاح «پذیرش سازه» برای بیان رابطه‌ای میان معماری و سازه بکار می‌رود که در آن الزامات سازه‌ای اجازه دارند که به‌طور عمده در ایجاد فرم معماری مؤثر باشند، اگرچه سازه ذاتاً در معرض نمایش قرار نگیرد. در این رویکرد، پیکره‌بندی اجزای سازه در هماهنگی با فرم معماری است. در حالت «نمادگرایی سازه»، ساختمان‌هایی طراحی می‌شوند که تنها از سازه تشکیل شده و در آن‌ها نمایش سازه شاخص است. در این نوع ساختمان‌ها، عمدتاً، سازه می‌تواند نقش ارتقادهنده کیفیات معماری را داشته و به‌عنوان طرح‌مایه بصری موردتوجه قرار گیرد. درنهایت، گاهی ممکن است بالاترین اولویت را به الزامات سازه‌ای اختصاص داد. در ساختمان‌هایی با نسبت «تعالی سازه»، طراحی سازه در بالاترین اولویت قرارگرفته و به‌طور کامل تعیین می‌شود. رویکرد تعالی سازه، مناسب‌ترین نسبت طراحی ممکن بین سازه و معماری است. طراحی اولیه ساختمان، به‌سادگی، از طراحی یک آرایش سازه‌ای که متناسب با دهانه موردنیاز و بار وارده است، به دست می‌آید. در جدول (۱) برخی از رویکردهای طراحی سازه برای هر یک از این چهار حالت ارائه‌شده است.

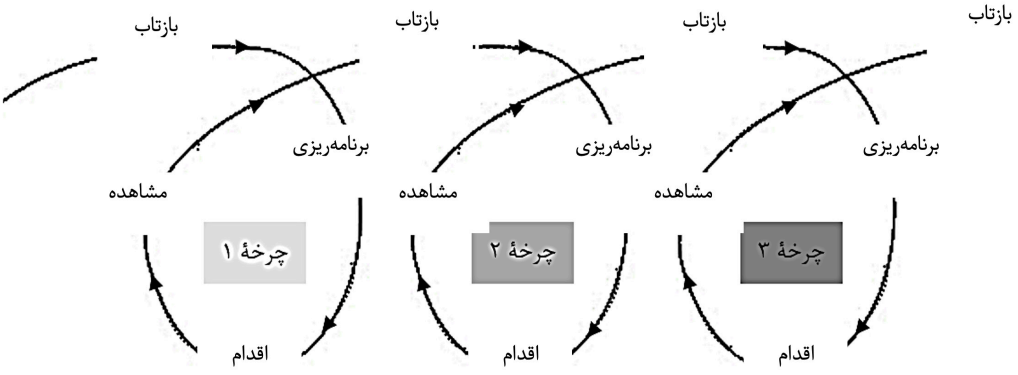
جدول ۱. رویکردهای طراحی سازه با توجه به نسبت طراحی معماری و طراحی سازه

نسبت طراحی معماری و طراحی سازه	رویکردهای طراحی سازه در معماری
نسبت چشم‌پوشی از سازه	- عدم توجه به منطق سازه‌ای در زمان طراحی فرم معماری (مانند آثار فرانک گهری) - طراحی فرم‌های پیچیده و بی‌قاعده - کاربرد روش‌های نامعمول در فناوری ساخت با هزینه ساخت بالا - استفاده بیشتر در دهانه و مقیاس کوچک - ترجیح ملاحظات بصری به ملاحظات فنی سازه - تأثیر حداکثر تنش خمشی در طراحی سازه
نسبت پذیرش سازه	- توجه به جنبه‌های طراحی زیبایی‌شناسی و فنی (مانند سازه‌های تیر و ستونی) - تکامل سازه در کنار سایر جنبه‌های طراحی - در نظر گرفتن مسائل سازه‌ای در مرحله ابتدایی فرایند طراحی - نمایش بصری سازه در حد متعارف - استفاده بیشتر از فرم‌های ساده و قابل‌تعریف - توجه به مسائل اقتصادی در ساخت
نسبت نمادگرایی سازه	- تأکید بر نمایش فناوری سازه جهت بیان پیشرفت فنی (مانند ساختمان‌های های‌تک) - اولویت ترجیحات زیبایی‌شناسی سازه نسبت به ترجیحات فنی سازه - استفاده از فرم‌های پیچیده‌تر در مقایسه با حالت پذیرش سازه - وجود رابطه میان افزایش کارایی سازه و افزایش جذابیت بصری (استفاده از مقاطع غیرمنشوری و اصلاح‌شده بر اساس مفاهیم ممان اینرسی و سختی) - رعایت الزامات مربوط به آتش‌سوزی و زنگ‌زدگی سازه‌های فلزی (افزایش هزینه سازه)
نسبت تعالی سازه	- تحمیل فرم معماری توسط سازه در ساختمان‌های بلندمرتبه و دهانه طویل - ارجحیت مسائل فنی به مسائل زیبایی‌شناسی - استفاده بیشتر از فرم‌های پایه (استفاده بیشتر از سازه با فرم فعّال)

برگرفته از: (Macdonald, 1997, 26-33؛ محمودی، ۱۳۹۱، ۸۲-۹۳).

روش‌شناسی تحقیق

دستاوردهای این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک مدل و روش طراحی سازه توسط معماران و دانشجویان معماری در فرایند طراحی معماری بکار گرفته شود؛ ازاین‌رو این پژوهش ازنظر هدف، یک تحقیق کاربردی است. همچنین در این تحقیق، روش پژوهش کیفی انتخاب‌شده است که در قالب روش تحقیق «اقدام‌پژوهی» انجام می‌گیرد (شکل ۲). تحقیق اقدام‌پژوهی فرایندی پویا، چرخشی و مشارکتی است که در پی شناسایی و اقدام به حل مسئله یا رفع یک موقعیت نامعین کوشا بوده و شامل مراحل: ۱. برنامه‌ریزی، ۲. اقدام (انجام فرایندها و فعالیت‌ها برای گردآوری داده‌ها)، ۳. مشاهده (گردآوری داده‌ها برای پاسخ به سؤالات تحقیق) و ۴. بازتاب (تأمل و بازنگری) است. این فرایند با یك ایده کلی در مورد یك مسئله خاص آغاز می‌گردد. سپس اطلاعات موردنیاز در مورد آن گردآوری‌شده و برنامه عملی جهت حصول نتیجه مطلوب ارائه می‌شود. در مرحله اجرا، پایش و ارزشیابی تکوینی مداخلات صورت می‌گیرد که بازخورد آن می‌تواند به بازنگری برنامه و روش‌های اجرا منجر شود. پس از آن مجدداً نتایج برنامه جدید پایش و ارزیابی‌شده و این چرخه تا زمان دستیابی به نتایج مطلوب تکرار می‌شود (Stringer, 2007, 5).



شکل ۲. فرایند چرخشی و متناوب در تحقیق اقدام‌پژوهی

در این پژوهش، از تعداد ۶۳ نفر مشارکت‌کننده از جامعه آماری فارغ‌التحصیلان و دانشجویان معماری استفاده‌شده است، شامل: ۴۳ نفر از دانشجویان معماری دوره‌های کارشناسی (ترم‌های ششم و هفتم) و کارشناسی ارشد (ترم دوم) که تجربه درس طرح‌های معماری را دارند. این تعداد از دانشجویان از سه دانشگاه مختلف[1] انتخاب شدند. همچنین تعداد ۲۰ نفر از فارغ‌التحصیلان معماری دارای سابقه طراحی در این پژوهش مشارکت دارند. این تعداد انتخاب از حجم نمونه تا دستیابی به نتایج مطلوب و همچنین رسیدن به مرحله اشباع داده‌ها ادامه یافته است. یک معیار برای کشف رسیدن به اشباع، تکرار داده‌های قبلی است. اکثر این مشارکت‌کنندگان در تمام مراحل تحقیق حضور دارند و رویکردها و تجربیات آن‌ها در بخش‌های مختلف تحقیق، موردمطالعه قرارگرفته است. علت اصلی انتخاب دانشجویان معماری به‌عنوان بخش اصلی از جامعه آماری و همچنین آتلیه‌های معماری به‌عنوان مکان تحقیق، در دسترس بودن آن و امکان تکرار چرخه روش اقدام‌پژوهی تا زمان دستیابی به نتایج مطلوب است. همچنین برای تعمیم‌پذیری نتایج تحقیق، سعی می‌شود نمونه‌های انتخابی از نمونه‌های نرمال جامعه دانشجویان معماری باشند. جهت دستیابی به این امر، نرخ متوسط نمونه‌ها شامل ترکیبی از دانشجویان قوی، متوسط و ضعیف بر اساس معدّل و نتایج یک پیش‌آزمون در نظر گرفته‌شده‌اند. همچنین، انتخاب فارغ‌التحصیلان معماری به‌عنوان بخش دیگری از جامعه آماری، می‌تواند نوع دیگری از رویکردها و تجربیات طراحی سازه را برای افزایش تعمیم‌پذیری این پژوهش در نظر بگیرد.

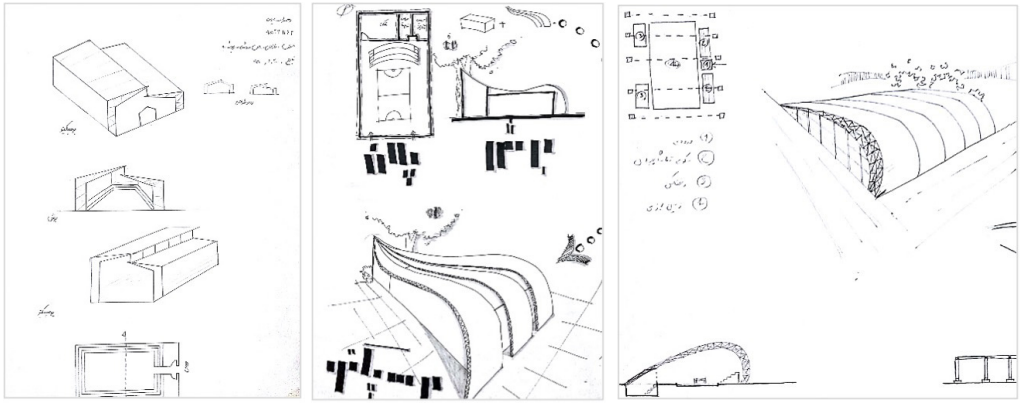
اکثر مشارکت‌کنندگان در تحقیق از اطلاعات اولیه و لازم در زمینهٔ دانش سازه برخوردار هستند. برای مثال، دانشجویانِ مشارکت‌کننده در این پژوهش، توسط محقق در طی ترم‌های گذشته به‌صورت مکرر با برخی از مفاهیم پایه سازه‌ای شامل نیرو، تنش، تغییر شکل، پایداری و تعادل، سختی و استحکام، مصالح سازه‌ای و مقاطع سازه‌ای و همچنین برخی سیستم‌های سازه‌ای شامل سازه‌های چادری، کابلی، پوسته‌ای، قابی و فشاری آشنا شده‌اند.

در این تحقیق یافته‌ها به روش کدگذاری ارائه می‌گردد (شامل کدگذاری‌های باز، محوری و انتخابی). با گردآوری داده‌ها، رئوس کلی برای توصیف و تحلیل چالش‌های طراحی سازه توسط مشارکت‌کنندگان استخراج گردید. برای این منظور، توانایی و مهارت مشارکت‌کنندگان در طراحی سازه توسط محقق ارزیابی شد و با ضبط داده‌های گردآوری‌شده از روند طی شده توسط آن‌ها مورد دقت فزون‌تری قرار گرفت. در این بخش، برنامه تنظیم‌شده ازلحاظ ساختاری و محتوایی نزدیک به روند معمول طراحی معماری با رویکرد سازه، و با تنظیم آزمون‌های متعدد با بُعد زمانی ۱۰ الی ۱۲ جلسه تعریف گردید.

روش گردآوری داده‌ها در این تحقیق از طریق چهار ابزار مختلف شامل: ۱) مشاهدات میدانی به‌صورت

یادداشت‌برداری از فعالیت‌ها، ۲) انجام آزمون‌های عملی به‌صورت اسکیس‌های کوتاه‌مدت، ۳) تدوین پرسشنامه و ۴) انجام مصاحبه در حین کرکسیون است. در این تحقیق، چندین آزمون طراحی به‌صورت اسکیس‌های کوتاه‌مدت (۹۰ الی ۱۲۰ دقیقه‌ای) به‌منظور شناخت شرایط موجود از مشارکت‌کنندگان برگزار شد تا مسائل کلیدی در به‌کارگیری سازه، چالش‌ها و موقعیت‌های نامعین طراحی سازه شناخته شود. عناوین برخی آزمون‌های طراحی به شرح ذیل است:

- طراحی سالن ورزشی (شکل ۳)
- طراحی سقف جایگاه اتوبوس‌های یک پایانه مسافربری
- طراحی ایستگاه قطار
- طراحی ورودی یک ایستگاه مترو
- طراحی گلخانه



شکل ۳. نمونه‌هایی از اسکیس مشارکت‌کنندگان با عنوان طراحی سالن ورزشی

یافته‌های پژوهش

با توجه به فرایند تحلیل داده‌های حاصل از روش‌های گردآوری داده‌ها، تعداد ۵۰ کد منحصربه‌فرد استخراج شد. سپس کدها با محتوای مشابه، به ۱۷ مفهوم پرتکرار تبدیل شدند. درنهایت، از مفاهیم با مضمون مشابه، تعداد ۵ مقوله نهایی به‌عنوان چالش‌های عمده در طراحی سازه استخراج شد.

یافته‌های تحقیق و نتایج اسکیس‌ها (شکل ۴) نشان می‌دهد که اکثر مشارکت‌کنندگان علی‌رغم داشتن اطلاعات سازه‌ای لازم درزمینهٔ شناخت مفاهیم سازه‌ای و سیستم‌های سازه، قادر به تفسیر و به‌کارگیری آن در گام طراحی سازه نیستند؛ به‌عبارت‌دیگر، مشارکت‌کننده از مهارت کافی در ساده‌سازی و انتقال دانش سازه در مراحل طراحی برخوردار نیست. این افراد به‌طور عمده توجه اندکی به قابلیت‌های سازه در بخش‌های گوناگون طراحی معماری در فرایند طراحی دارند. همچنین برخی دیگر از مشارکت‌کنندگان از برخی از مفاهیم سازه‌ای در طراحی معماری استفاده می‌کردند. اکثر این افراد تا حدودی قادر به تفسیر اطلاعات سازه‌ای هستند، اما برای آن‌ها، کاربرد عملی دانش سازه در فرایند طراحی معماری یک مسئله اساسی است. این مسئله سبب بروز کاستی‌هایی در کاربرد منطقی و هنری سازه می‌شود.

در ادامه نمونه‌هایی از یادداشت‌گذاری و تأمل بر متن و یافتن کدهای کلیدی، همچنین جداول مرتبط با کدگذاری‌های باز، محوری و انتخابی ارائه‌شده است (جدول ۲). آنچه در جدول فوق آمده، کدها، مفاهیم و مقوله‌های پرتکرار دریافتی در حوزه نتایج روش طراحی سازه در فرایند طراحی معماری بر اساس روش‌های

گردآوری داده‌ها با تأکید بر آزمون‌های عملی و با دقت ویژه در شناخت چالش‌ها و مسائل موجود در طراحی سازه از دیدگاه مشارکت‌کنندگان است. درنهایت، به تعریف و توضیح هر یک از مقوله‌های نهایی در گام طراحی سازه پرداخته‌شده است.

نمونه‌ای از یادداشت‌گذاری و تأمل بر متن بر اساس پاسخ‌های برخی از مشارکت‌کنندگان درباره مسائل و چالش‌های طراحی سازه (مصاحبه‌های صورت گرفته در زمان بررسی اسکیس‌ها)

نمونه ۱:

مشارکت سازه در تصمیمات ابتدایی

اعمال تغییرات بر روی فرم‌های پایه

در طراحی‌ها تا الآن موقعیت کمتری برای استفاده از سازه به عنوان طرح اصلی پیش آمده است. ولی از سازه‌ها علاوه بر عملکرد اصلی ساختمان، به عنوان طرح و بحث زیبایی‌شناسی هم استفاده می شود. ... معمولا از طرح‌های دارای شکست و بست دار و طرح‌هایی خارج از سادگی استفاده می‌کنم و بیشتر به طرح هایی در این زمینه تمایل دارم. ... یکی از چالش‌ها و مشکلاتی که در طراحی سازه دارم این است که طرح‌های زیادی در فکرم دارم ولی به راحتی نمی‌توانم به تصویر بکشم.

تاثیر سازه بر عملکرد - امکانات زیبایی‌شناختی

تجسم دوبعدی و سه‌بعدی فرم سازه

نمونه ۲:

استفاده از نمونه‌های موجود

بعد از دیدن ایده طرح‌ها از (وب)سایت‌ها با ترکیب کردن بعضی از ایده‌ها، ایدهٔ جدید می‌زنم. یکی از مسائل من در طراحی سازه این است که هنگام ایده‌پردازی برای طراحی سازه دچار مشکل می‌شوم و زمان زیادی را برای طراحی سازه صرف می‌کنم.

زمان‌بر بودن و پیچیدگی

نمونه ۳:

اعمال تغییرات بر روی فرم‌های پایه

زمان‌بر بودن و پیچیدگی

طراحی سازه‌های کارآمد و در عین حال جذاب و نو

... فرم سازه را با کم و اضافه کردن حجم از حجم اصلی یا با توجه به نوع سیستم سازه‌ای طرح موردنظر طراحی می‌کنم. یکی از مسائلی که در طراحی سازه برایم مهم است امکان اجرایی بودن آن است و اگر ما دانش لازم را نداشته و فقط طراحی کنیم در زمان اجرا متوجه خواهیم شد به اصلاحات زیادی نیاز دارد و شاید نیاز باشد تا کل طرح را عوض کنیم. موضوع دیگر، در نظر گرفتن تمام جنبه‌های سازه‌ای در زمان ایده‌پردازی است که بتواند در ایده‌پردازی‌های جدید و نوین کارامد باشد. یکی از چالش‌های اصلی در طراحی سازه این است که سازه را به گونه‌ای طراحی کنیم که علاوه بر جذاب و نوین بودن آن، از لحاظ مقاومت در برابر نیروها نیز کارآمد باشد.

امکان‌پذیری ساخت سازه

عدم استفاده از دانش سازه در ایده‌پردازی

نمونه ٤:

اعمال تغییرات بر روی فرم‌های پایه

عدم شناخت بصری سازه

در طراحی فرم از تغییر دادن حجم‌های مختلف و پیچیده تر کردن آن استفاده می‌کنم. ... اطلاعات بصری کمی از سازه‌ها دارم و در طراحی کانسپت و فرم از اطلاعات سازه استفاده نمی‌کنم و با ایده‌هایی که اتفاقی به ذهنم رسید کار کردم. چالش اصلی من در طراحی سازه اسکیس دستی و همچنین نشان دادن جزییات در طراحی سازه هست.

فرم‌های دلبخواهی بدون در نظر گرفتن سازه

مسئله ترسیم سازه- نمایش اجزای سازه

نمونه‌ای از یادداشت‌گذاری و تأمل بر متن حاصل از مشاهدات محقق و تحلیل اسکیس‌ها درباره مسائل و چالش‌های طراحی سازه

در یکی از چرخه‌های تحقیق اقدام‌پژوهی، از مشارکت‌کنندگان خواسته شد که اطلاعات سازه‌ای خود را در قالب یک اسکیس معماری با عنوان طراحی یک سالن ورزشی انتقال دهند. پس از معرفی بستر طرح، از آن‌ها خواسته شد که در مدارک موردنظر شامل پلان، پلان بام، برش و یک سه‌بعدی سیستم سازه‌ای را ارائه دهند. از طریق مشاهدات و یادداشت‌برداری محقق در حین انجام مراحل طراحی و بررسی و تأمل در اسکیس‌ها برخی نتایج عمده زیر استخراج شد:

برخی نتایج بدست آمده:

- در این مرحله از آزمون اسکیس، تعداد کمی از مشارکت‌کنندگان در گام طراحی سازه، بر روی وجه باربری آن تمرکز داشتند. برای مثال، در برخی از طرح‌های پیشنهادی، آن‌ها برای افزایش سختی سازه با توجه به دهانه موردنیاز از راهکارهای گوناگونی از جمله استفاده از عناصر کابلی به عنوان سازه ثانویه (به صورت متکی بر کابل و یا تیرکابل)، استفاده از فرم‌های منحنی و یا سازه‌های خرپایی (مثلث‌بندی) بهره گرفتند. در مقابل بسیاری از افراد از الزامات سازه‌ای و ویژگی‌های سیستم‌های سازه‌ای در شکل‌گیری ایده و فرم معماری غافل بودند. از نظر برخی از این افراد، استفاده از دانش سازه در مراحل ابتدایی فرایند طراحی معماری، محدودیت‌هایی برای آن‌ها ایجاد می‌کند.

تاثیر ناچیز الزامات سازه در طراحی معماری- سازه محدودکننده طراحی

- همچنین بسیاری از طرح‌های پیشنهادی، منطبق بر فرم‌های پایه و اقلیدسی شکل گرفتند. برای مثال برخی از مشارکت‌کنندگان با تکرار سازه قابی (تکرار مدول) در راستای طول پلان، به فرم کلی ساختمان رسیدند.

استفاده از فرم های پایه و اقلیدسی- استفاده از محدوده فرم های سازه‌ای با قابلیت فهم آسان- نقش کم سازه در ارتقای معماری

- از سوی دیگر، تنها در تعداد بسیار کمی از طرح‌های پیشنهادی به دیگر وجوه طراحی سازه شامل عملکرد و زیبایی‌شناختی در شکل‌گیری طرح نهایی توجه شد. از این‌رو مباحث هنری و خلاقانه در طراحی سازه و فرم معماری نادیده گرفته شد.

- یکی از علل نارسایی‌های بیان شده، عدم مهارت و آشنایی کافی مشارکت‌کنندگان درباره چگونگی ترسیم هندسه سازه‌ها و نحوه تولید فرم‌های گوناگون و همچنین مطابقت سازه با فرم‌های گوناگون معماری بویژه فرم‌های خاص یا پیچیده است.

ترسیم درست سازه- تولید فرم سازه- نسبت فرم معماری با فرم سازه

- لذا یکی از چالش‌ها، نحوه قرارگیری اجزای تشکیل‌دهنده سازه در کنار یکدیگر و رابطه آن‌ها با فرم و فضای معماری است. از این‌رو اکثر آن‌ها سعی داشتند که بنا بر احتیاط از فرم‌ها و نمونه‌های موجود و متعارف و همچنین تجربیات و مشاهدات قبلی الگوبرداری کنند و مولفه‌های هنری و خلاقیت در طراحی سازه چندان مشاهده نشد.

رابطه اجزای سازه با یکدیگر - رجوع به نمونه‌های مشابه از نظر تامین اطمینان سازه‌ای

جدول۲. فرایند کدگذاری باز، محوری و انتخابی درزمینهٔ شناخت مسائل و چالش‌های طراحی

کدها	مفاهیم	مقوله‌ها: چالش‌های عمده در طراحی سازه
۱. فراوانی استفاده از فرم‌های اقلیدسی و پایه	۱) استفاده فراوان از فرم‌های پایه و مشابه در عملکردهای گوناگون معماری	قابلیت فرم‌دهی سازه
۲. اعمال برخی تغییرات در فرم‌های پایه با ایجاد شکستگی و ترکیب احجام		
۳. استفاده از محدوده فرم‌های سازه‌ای باقابلیت فهم آسان		
۴. عدم تمایل به طراحی سازه فراتر از گونه‌های شناخته‌شده		
۵. عدم تسلط بر فرم‌های سازه‌ای با مقاطع مختلف		
۶. استفاده از طرح‌های تکراری و یکنواخت در طرح‌های مختلف		
۷. رجوع به نمونه‌های تجربه‌شده ازنظر تأمین اطمینان سازه‌ای	۲) الگوبرداری از نمونه‌های موجود به همان شکل	
۸. الهام از طرح‌های مشهور و موجود دیگران		
۹. تأثیر ناچیز الزامات و مفاهیم سازه‌ای در تولید فرم معماری	۳) کم‌توجهی به رابطه فرم با نیرو در مرحله طراحی سازه	
۱۰. استفاده از فرم‌های دلبخواهی یا اتفاقی بدون در نظر گرفتن ملاحظات سازه‌ای		
۱۱. طراحی فرم معماری بدون پیشنهاد سیستم سازه‌ای در مراحل ابتدایی		
۱۲. چالش تفسیر و کاربرد مفاهیم سازه‌ای در فرایند خلق معماری		
۱۳. عدم توجه به امکانات زیبایی‌شناختی سازه در تولید فرم‌ها	۴) نادیده گرفتن وجوه غیر فنی، عملکردی، هنری و خلاقانه در طراحی سازه	
۱۴. تأثیر ناچیز سازه بر عملکرد معماری		
۱۵. مسئله استفاده از دانش سازه در پیاده‌سازی برخی از ایده‌های معماری		
۱۶. چالش طراحی سازه‌های کارآمد و درعین‌حال جذاب و نو		
۱۷. امکان بالقوه‌سازی برای ارتقای معماری		
۱۸. تعامل سازه با سایر وجوه فرم‌دهنده به معماری	۵) چالش همزمانی طراحی سازه با دیگر مؤلفه‌های طراحی معماری	
۱۹. نحوه تولید فرم‌های گوناگون معماری با استفاده از قابلیت سازه		
۲۰. عدم مشارکت سازه در تصمیمات ابتدایی فرایند طراحی معماری		
۲۱. چالش قابلیت انعطاف و ایجاد تغییر در مدل سازه‌ای		
۲۲. سازه به‌عنوان عنصر محدودکننده در ایده‌پردازی معماری		
۲۳. چالش نمایش اجزای گوناگون سازه در پلان، برش و فرم معماری	۶) چالش به‌کارگیری و نمایش سازه در مدارک گوناگون معماری	چگونگی تولید و خلق فرم سازه
۲۴. تأثیر سازه در طراحی حجم (سه‌بعدی) و پلان (دوبعدی)		
۲۵. مسئله ترسیم صحیح از سیستم سازه‌ای موردنظر	۷) چالش ترسیم سطوح و فرم‌های مختلف سازه‌ای	
۲۶. مسئله ترسیم و تولید فرم‌های سازه‌ای پیچیده و آزاد		
۲۷. چگونگی ایجاد فرم‌های معماری متنوع (شامل سطوح ساده، خاص و پیچیده) با استفاده از هر سیستم سازه‌ای	۸) چالش انتقال الگوهای پایه سازه‌ها بر روی فرم‌ها و سطوح متنوع سازه‌ای	
۲۸. چگونگی گسترش و به‌کارگیری فرم‌های پایه هر سازه در تولید فرم‌های گوناگون		
۲۹. ارائه پیشنهاداتی برای تولید و اجرایی کردن فرم‌های گوناگون سازه‌ها	۹) چالش چگونگی ساخت سطوح و فرم‌های گوناگون سازه‌ها	
۳۰. بررسی امکان‌پذیری ساخت سازه		

کدها	مفاهیم	مقوله‌ها: چالش‌های عمده در طراحی سازه
۳۱. چگونگی فرم‌پذیری سازه‌های گوناگون	۱۰) شناخت ناکافی از امکانات و ویژگی‌های سطح و فرم در تولید سازه	ویژگی‌های ظاهری سازه
۳۲. عدم توجه به خصوصیات فرم و سطح در تعیین نوع سازه		
۳۳. چگونگی تبدیل سازه با سطوح پیوسته به سازه با سطوح گسسته		
۳۴. توجه اندک به اطلاعات سازه‌ای ناشی از شناخت بصری سیستم‌های سازه‌ای	۱۱) ناتوانی در کنترل فرم و اجزای مختلف سازه در گام طراحی	
۳۵. فرایند ساده کردن و نظم‌پذیری فرم سازه به‌ویژه در نمونه‌های خاص و پیچیده		
۳۶. مسئله آشنایی با الگوهای پایه سازه و طراحی آن‌ها		
۳۷. ترکیب اصولی فرم معماری با سازه پیشنهادی	۱۲) عدم توجه به نسبت سیستم‌های سازه‌ای با انواع فرم‌ها و سطوح معماری	
۳۸. درک رابطه فرم معماری با فرم کلی سازه		
۳۹. درک رابطه فرم معماری با اجزای گوناگون سازه		
۴۰. دشواری تجسم و شکل‌سازی دوبعدی و سه‌بعدی سازه در فضای معماری	۱۳) چالش درک و تجسم فضایی در انتقال فرم‌های گوناگون سازه‌ای	ارائه الگوی ذهنی سازه
۴۱. چالش چگونگی تحقق ایده‌های ذهنی سازه در طرح‌های ساختمانی بر روی کاغذ	۱۴) محدودیت ذهنی در واقعیت بخشیدن به ایده‌های پیچیده	
۴۲. زمان‌بر بودن و پیچیده بودن طراحی سازه در گام ابتدایی فرایند طراحی		
۴۳. چگونگی انتقال بار توسط اجزای سازه (مسیر بارگذاری)	۱۵) عدم توجه به مسیر انتقال نیرو در اجزای گوناگون سازه‌ها	پیکربندی سیستم سازه
۴۴. شناخت رابطه نیرو، تنش و تغییر شکل در طراحی سازه		
۴۵. کنترل رابطه بین فرم و نیروهای داخلی		
۴۶. رابطه تکیه‌گاه‌های عمودی، دهانه‌بندی افقی و عناصر پایدارکننده با یکدیگر	۱۶) چالش ترکیب و هم‌نشینی اجزای مختلف سازه در کنار یکدیگر	
۴۷. یافتن گزینه‌هایی برای طراحی فرم هر یک از عناصر سازه (طراحی مقطع طولی و عرضی)		
۴۸. تبدیل ایده فرم کلی سازه به اجزای تشکیل‌دهنده آن		
۴۹. جستجوی روابط بین فرم موضعی با فرم کلی سازه	۱۷) کم‌توجهی به نسبت سیستم سازه با اجزای گوناگون آن	
۵۰. آشنایی با قوانین ترکیب عناصر سازه در سیستم سازه		

تفسیر مقوله‌ها: چالش‌های به‌کارگیری سازه در طراحی معماری

قابلیت فرم‌دهی سازه: فرم‌دهی، گاهی اوقات، به یک مرحله خاص در فرایند طراحی اشاره دارد؛ بخشی که در آن یک راه‌حل به یک طرح مادی تبدیل می‌شود. ویژگی فرم‌دهی اجازه می‌دهد که طراحی سازه الهام‌بخش باشد و به‌جای مقابله با فرایند طراحی معماری، در تعامل با آن باشد. قابلیت فرم‌دهی شامل هر دو ویژگی علمی و هنری است که می‌تواند از طریق هندسی، اطلاعات را به‌صورت بصری تفسیر کند (Shahriman *et al.*, 2008, 365). نتایج تحلیل داده‌های گردآوری‌شده در این زمینه، نشان‌دهنده نقش ناچیز دانش سازه در فرم‌دهی به ایده معماری در مراحل طراحی مفهومی توسط بسیاری از مشارکت‌کنندگان است. همچنین بررسی نتایج آزمون‌ها و اسکیس‌های مشارکت‌کنندگان نشان می‌دهد که علاوه بر توجه اندک آن‌ها به الزامات باربری و نیروشناختی سازه در مرحله طراحی مفهومی، وجوه غیر فنی طراحی سازه شامل مسائل هنری و خلاقانه سازه نیز در شکل‌گیری طرح مفهومی مورد غفلت واقع‌شده است. برای مثال، برخی از مشارکت‌کنندگان اذعان داشتند که عموماً به نقش سازه در فرایند طراحی مفهومی توجه ناچیزی دارند. همچنین برخی دیگر،

عدم توانایی در همسازی طراحی سازه با دیگر مؤلفه‌های طراحی معماری را از مهمترین چالش‌ها در زمان شکل‌گیری برخی از طرح‌های معماری می‌دانستند. در این زمینه، لویتن معتقد است که در محیط‌های حرفه‌ای و دانشگاهی، بسیاری از سازه‌ها پس از شکل‌گیری معماری، طراحی می‌شوند؛ لذا تأثیرات کمی بر تصمیمات ابتدایی طراحی معماری دارند (Luyten, 2012).

یافته‌های دیگر نشان می‌دهد که تعداد قابل‌توجهی از مشارکت‌کنندگان سعی داشتند که در طراحی‌ها با موضوعات مختلف از فرم‌هایی با هندسه پایه و متعارف برای مثال مکعب و استوانه و نیز تکرار فرم‌هایی منطبق با تجربیات دیگران و مشاهدات قبلی به همان شکل موجود الگوبرداری کنند. به‌عبارت‌دیگر، آن‌ها عموماً به دنبال طراحی فرم‌هایی از سازه بودند که هندسه آن‌ها اطمینان سازه را در برابر تمامی نیروهای مورد انتظار برآورده سازد. این امر به‌سادگی و در محدوده انتخاب‌هایی که با استفاده از فرم‌های موجود که ایمنی سازه‌ای آن‌ها قبلاً تائید شده است، انجام می‌گیرد. در مقابل، هر نوآوری بدان معناست که طراح در خارج از این محدودیت‌ها حرکت کند و خواستار نوع دیگری از ایمنی مطلوب باشد. در غیر این صورت دانش سازه کمترین نقش را در غنی کردن کانسپت و فرم‌دهی به معماری دارد. در مقابل برخی دیگر از مشارکت‌کنندگان تمایل به طراحی فرم‌های دلبخواهی و بدون در نظر گرفتن مبانی منطقی سازه داشتند. در این زمینه، لئوپولد معتقد است که روند فعلی در معماری، استفاده از اشکال پیچیده‌تر، نامنظم و به‌ظاهر غیر هندسی را نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد ابزارهای طراحی دیجیتال برای خلق هر فرمی از محصول، طراحان را اغوا می‌کند. ازنظر این افراد، هرچه یک ساختمان از لحاظ ظاهر دیدنی‌تر باشد (اغلب بدون سازه‌های قابل‌درک)، بهتر و نوآورانه‌تر ارزیابی می‌شود. وی عنوان می‌کند که برای فرار از طراحی دلبخواهی و یافتن مبانی منطقی برای فرایندهای طراحی، یک اصول هندسی وجود دارد (Leopold, 2006).

ویژگی‌های ظاهری سازه: مسئله کلیدی دیگر در طراحی سازه، عدم شناخت کافی مشارکت‌کنندگان از ویژگی‌های ظاهری سطوح و فرم‌های گوناگون سازه‌ای است. مقوله ظاهر فرم و سطح سازه‌ها اشاره به جنبه‌های بصری سازه دارد که طیف متنوعی از هندسه‌های پایه، خاص و پیچیده را شامل می‌شود. شناخت مؤلفه‌های گوناگون هندسی و درک روابط میان آن‌ها، اساس شناخت خصوصیات ظاهری سطوح و فرم‌های سازه را تشکیل می‌دهد. تأمل در نتایج آزمون‌های عملی نشان می‌دهد که توانایی پایین در ساده‌سازی سطوح و فرم‌های گوناگون سازه‌ای با استفاده از داده‌های اولیه هندسی و ترسیمی از دلایل عدم شناخت کافی مشارکت‌کنندگان از ویژگی‌های ظاهری سازه‌ها است. ازآنجاییکه یکی از اولین تصمیمات کلیدی در مراحل ابتدایی فرایند طراحی، تعیین نسبت میان فرم معماری و سازه است، این نارسایی می‌تواند به‌عنوان یک چالش مهم در انتخابات اولیه مطرح شود. ویژگی‌های هندسی سطوح و فرم‌ها می‌تواند تصمیمات مربوط به نوع سیستم سازه‌ای آن را تعیین نماید. بر این اساس، با توجه به ویژگی‌های هندسی، برای هر سطح یا فرم معیّن می‌توان یک تا چند نوع سیستم سازه‌ای مختلف پیشنهاد کرد. به‌عبارت‌دیگر، هر سیستم سازه‌ای قابلیت تولید کدام هندسه از فرم‌ها و سطوح ساختمانی را دارد؟. برای مثال اغلب مشارکت‌کنندگان علی‌رغم آشنایی نسبی درزمینهٔ سیستم سازه چادری، اطلاعات قابل قبولی درزمینهٔ ویژگی ظاهری یا نوع هندسه‌ای که می‌تواند تولید کند، نداشتند. همچنین مشارکت‌کنندگان در به‌کارگیری اجزا و عناصر مختلف تشکیل‌دهنده سازه در سطح و فرم آن ناتوان بودند. نکته قابل‌بحث، لزوم توجه به گزینه‌هایی از ویژگی‌هایی هندسی است که ظاهر و مفاهیم سازه‌ای را در قالب زبانی ساده و درخور فهم ارائه دهد. در این زمینه دو جنبه کلی برای هندسه تعریف می‌شود. یکی از این موارد به‌طور آشکار موردتوجه معماران است و برای ریاضیدانان اهمیت زیادی ندارد و دیگری عکس آن است (Williams and Ostwald, 2015, 82-92). مشاهدات نشان می‌دهد

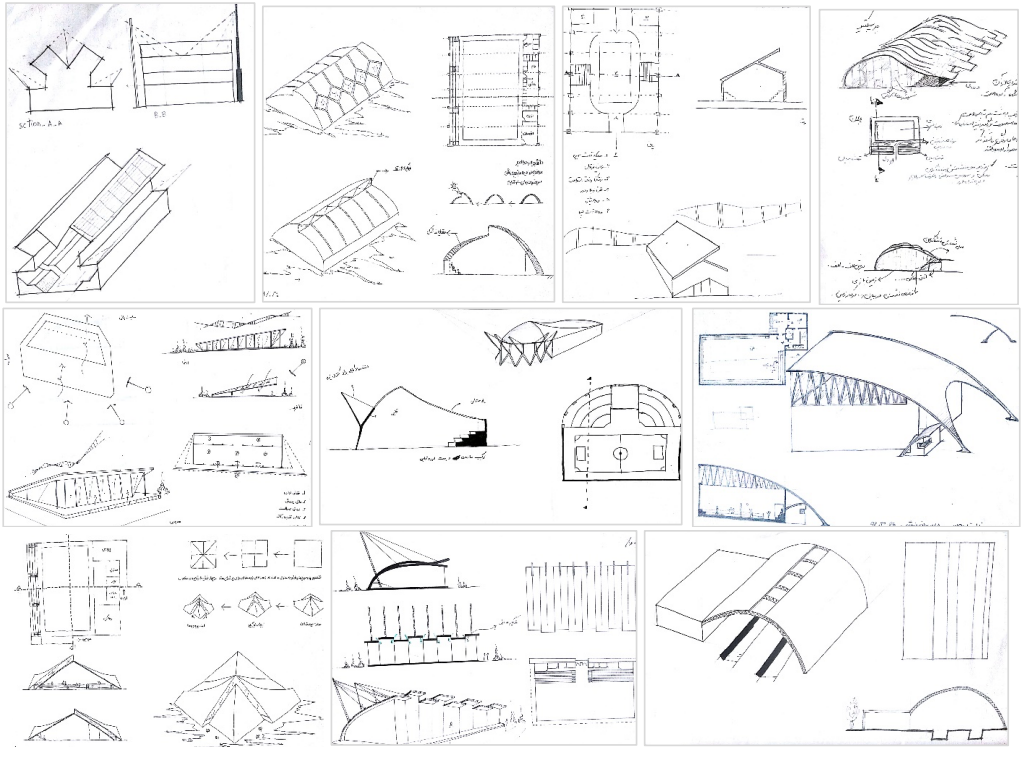
که مشارکت‌کنندگان به جنبه‌هایی از ویژگی‌های هندسی توجه دارند که اهمیت کمتری در طراحی سازه دارد. برای مثال، آن‌ها به‌جای شناخت سطح کروی تنها به‌عنوان یک شکل هندسی منحصربه‌فرد، به اطلاعات هندسی خاصی نیاز دارند تا آن را به‌عنوان یک چندوجهی با تعداد بی‌شماری از وجوه، یا یک سطح منحنی با ویژگی‌های خاصی از انحنای سطح (انحنای مضاعف یک‌طرفه) در نظر بگیرند.

چگونگی تولید و خلق سازه: دریافت دیگر در این مرحله نشان می‌دهد که مشارکت‌کنندگان به دنبال تولید سطوح و فرم‌های سازه‌ای بودند که فهم و ترسیم هندسه آن برای آن‌ها راحت‌تر باشد. نتایج نشان می‌دهد که مسئله فوق حتی در زمان استفاده مشارکت‌کنندگان از نرم‌افزارهای مدل‌سازی نیز قابل‌مشاهده است. برای مثال، در یکی از نمونه‌های طراحی، مشارکت‌کننده به دلیل عدم آشنایی با ویژگی‌های هندسی و چگونگی تولید الگوهای پایه سازه تاشده، قادر به گسترش و انتقال آن در سطح یا فرم‌های گوناگون معماری نبود. در نمونه دیگر، عدم آشنایی طراح درزمینهٔ نوع هندسه سازه شبکه کابلی، چگونگی تولید فرم این سازه و سازمان‌دهی کابل‌های رو به بالا و رو به پایین یک مسئله اساسی است. لذا تنها تعداد بسیار کمی از مشارکت‌کنندگان قادر به ترسیم دوبعدی و سه‌بعدی برخی از سازه‌ها و نمایش آن بودند. این چالش در زمان ترکیب سیستم سازه با فرم‌های خاص بیشتر قابل‌مشاهده است. به نظر می‌رسد با وجود همه سلسله ابزارهای سه‌بعدی، هماهنگی و ترکیب کاملی بین بخش‌های مختلف شناخت «ویژگی‌های هندسی» و شناخت «ترسیم هندسی» سازه وجود ندارد. درواقع، آشنایی با اصول ترسیم هندسی سطوح و سازه‌ها می‌تواند به حل مسئله از طریق به‌کارگیری قواعد هندسی بیانجامد. تحلیل داده‌های این بخش، ضعف در ترسیم سازه‌های گوناگون را از منظرهای مختلفی موردتوجه قرار داده است: ۱. عدم آشنایی با اصول ترسیمی هندسی سطوح و فرم‌های گوناگون و ضعف در چگونگی تولید دقیق آن‌ها و ۲. شناخت ناکافی از هندسه الگوهای پایه سازه‌های گوناگون و انتقال آن بر روی سطوح و فرم‌های گوناگون.

ارائه الگوی ذهنی: دو چالش اخیر سبب شد تا اکثر مشارکت‌کنندگان اذعان کنند که در بسیاری از موارد قادر به ارائه الگوهای ذهنی خود نیستند. این محدودیت ذهنی در واقعیت بخشیدن به ایده‌ها در طراحی سازه‌های پیچیده و خاص بیشتر مشاهده می‌شود. توسعه سازه‌هایی با فرم‌های گوناگون که دارای ویژگی‌های فضایی قوی و درعین‌حال کارآمد باشد، فرایندی ساده نیست، بلکه نیازمند چندین چرخه بازطراحی و بازاندیشیدن است. مفهومی‌سازی هندسی همیشه در میان ابزارهای ذهنی، به‌عنوان رویکردی برای خلق، مدل‌سازی و تجسم سازه‌های معماری بوده است. در این زمینه، بررسی متناوب مهارت‌های مشارکت‌کنندگان، به‌روشنی نشان می‌دهد که آن‌ها در ادراک و تجسم سه‌بعدی در سطح مورد انتظار نیستند. بدون شک، کمبود تجسم سه‌بعدی به‌طور مستقیم به ادراک هندسی ضعیف سه‌بعدی از سازه مرتبط است. در این زمینه، لیاپی هندسه را به‌عنوان ابزاری خلاق برای توسعه مسائل طراحی فرم‌های دوبعدی و روش مطالعه بر روی فرم‌های انتزاعی سه‌بعدی معرفی می‌کند (Liapi, 2002, 7). میان هندسه و معماری، طراح به‌نوعی از درون ذهن خارج می‌شود. بنابراین وقتی با اصول هندسی و ترسیم هندسه مواجه می‌شویم، به نظر می‌رسد که در مسیر میان ذهنیت (یا ایده) و واقعیت (یا کانسپت) مواجه هستیم (Leopold, 2006, 6).

پیکربندی سازه: مسئله اساسی دیگر در اکثر اسکیس‌های مشارکت‌کنندگان، طراحی و نمایش سازه و اجزای آن در ترکیب با فرم معماری است که از آن به‌عنوان پیکربندی سازه یاد می‌شود. درواقع پیکربندی سازه به جانمایی و ترسیم اجزای مختلف سازه در کنار یکدیگر و نسبت آن‌ها با فرم و معماری اطلاق می‌شود. عبارت فوق، تمایل به در نظر گرفتن پدیده معماری و سازه به‌عنوان یک سیستم را دارد که در درجه‌های مختلف مرتبط و هماهنگ هستند و به‌گونه‌ای است که تغییر در هر بخش، می‌تواند در سایر قسمت‌های پیکره ساختمان

احساس شود (Motro, 2003, 16). به‌عبارت‌دیگر، برای یک فرم معماری معیّن، می‌توان سازه‌هایی پیشنهاد داد که طیف متنوعی از هماهنگی را میان هندسه سازه و فرم معماری ایجاد کند یا در تضاد کامل با آن باشد. لذا، یکی از چالش‌های مشهود در طرح‌های پیشنهادی مشارکت‌کنندگان، جانمایی تکیه‌گاه‌های عمودی و طراحی هندسه آن‌ها در ترکیب با فرم معماری است (همچنین ترکیب اجزای دهانه‌بندی افقی با تکیه‌گاه‌های عمودی و عناصر پایدارکننده). این مسئله در سازه‌های با فرم‌های متنوع مشهود است؛ در اکثر طرح‌ها، تنها به طراحی فرم کلی توجه شده است و مشارکت‌کننده قادر به طراحی و ارائه مطلوب اجزای گوناگون سازه و سازمان‌دهی آن در ترکیب با فرم معماری نبود. در این رابطه، ولاسکوز از هندسه به‌مثابه ابزاری برای سازمان‌دهی بصری و تناسبات در طراحی نام می‌برد: «ایده اصلی این است که قطعات داخلی را بررسی کرده و آن‌ها را ساده‌تر کند تا بتوانند ساخت‌وساز محصول را تسهیل کنند. این نیاز به تعادل میان زیبایی و عملکرد، با هدف اصلاحِ شکل محصول برای به دست آوردن یک محصول زیبا و جذّاب است» (Velasques, 2013, 292). هنگام طراحی یک محصول، چالش اصلی قرارگیری صحیح اجزاء در کنار یکدیگر است. لذا، هندسه راهنمایی برای توضیح منطقی به بسیاری از این تصمیمات در طراحی است (Velasques, 2013, 293).



شکل ۴. برخی از اسکیس‌های مشارکت‌کنندگان در بخش‌های مختلف آزمون‌های طراحی

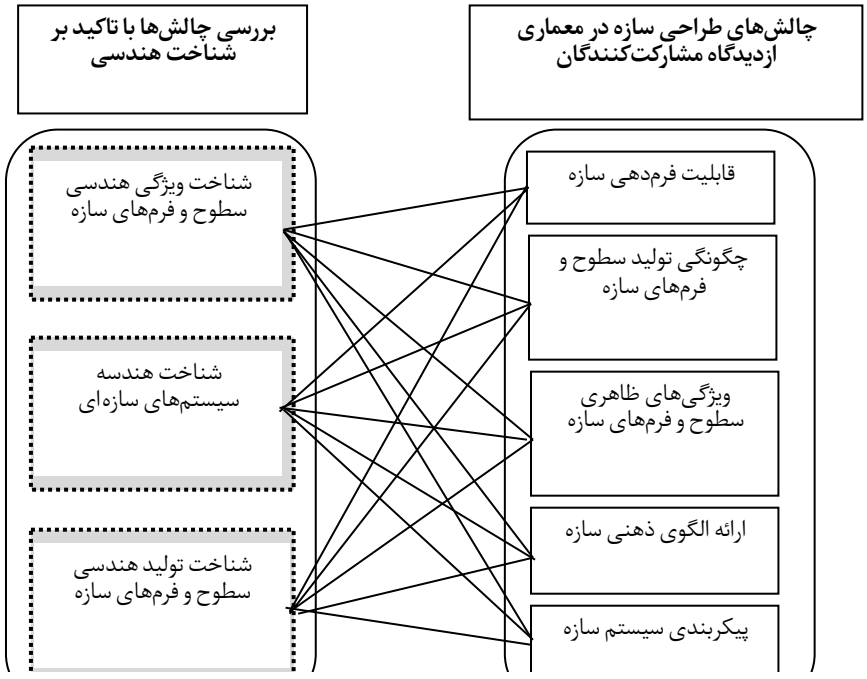
شناخت هندسی در طراحی سازه

ازآنچه گذشت، نتیجه می‌شود که اغلب کاستی‌ها و مشکلات بیان‌شده، مرتبط با ضعف مشارکت‌کنندگان در حوزه کاربرد عملی سازه در طرح‌های معماری بوده و نقش شناخت هندسی از سازه دارای جایگاه ویژه است. لزوم شناخت هندسه برای طراحان سازه، توسط بسیاری از محققان در طول زمان، حتی از سال‌های ابتدایی، به رسمیت شناخته‌شده است. محققان معتقدند (Liapi, 2002; Markadas, 2003) که شناخت هندسی

سازه اهمیت زیادی دارد، زیرا: ۱. توانایی درک ذهنی فضا را افزایش می‌دهد؛ ۲. ریاضیات را به فضای طراحی متصل می‌کند؛ ۳. در شناخت ایده‌های انتزاعی از طریق تفسیر مدل‌های هندسی کمک می‌کند؛ ۴. قابلیت ساده‌سازی و شناخت آسان سازه را میسر می‌سازد؛ ۵. به روند طراحی نظم و ساختار می‌دهد و ۶. قدرت تصوّر، خلاقیت، ادراک فضایی و تفکّر پیچیده را افزایش می‌دهد. هندسه همچنین بر روی چگونگی توزیع بار وارده تأثیر می‌گذارد، طوری که فرم‌های گوناگون منجر به نیروهای داخلی متفاوتی می‌شوند (Ellis *et al*., 2003). اهمیت هندسه نه‌تنها برای ادراک فضایی و فرایند ساخت انواع فرم‌های منحنی، بلکه برای شناخت و آگاهی از رفتار آن ضروری است (Maleczek *et al*., 2020; Koschitz, 2020). علاوه بر این، احساس سازه‌ای در طراحی و ساخت سازه بسیار مفید است که بخشی از این توانایی توسط شناخت هندسی به دست می‌آید (Kent and Noss, 2002)، ازاین‌رو برخی از متخصصان معتقدند (Van Niekerk, 2010) که تخریب‌های فاجعه‌آمیز سازه‌ها، به دلیل درک اشتباه از هندسه سازه‌ها بوده است. ازآنجاییکه طراحی، تحلیل و ساخت سازه عمدتاً به تعریف فرم آن بستگی دارد، زمینه هندسی سازه واسطه‌ای مهم میان شناخت و طراحی آن است. لذا، سازه و هندسه با یکدیگر پیوند ناگسستنی دارند و طراحی سازه مطلوب می‌تواند در هندسه تجلّی یابد (Romeo, 2010, 46).

در بخش تجربی پژوهش، به‌طورکلی، تأکید غالب مقوله‌های نهایی ناشی از تحلیل داده‌ها در زمینه چالش‌های طراحی سازه در معماری، بر اهمیت شناخت هندسی در سه سطح اصلی دلالت دارد (شکل ۵):

- در سطح اول، «شناخت هندسی سطوح و فرم‌ها» یک عامل ریشه‌ای در ضعف‌های مطرح‌شده توسط اغلب مشارکت‌کنندگان معرفی‌شده است. این نوع شناخت بیشتر به مفاهیم عام شناخت هندسی در رابطه با سطوح و فرم‌ها، اغلب بدون در نظر گرفتن مفاهیم سازه‌ای اشاره دارد. شناخت ویژگی‌های هندسی سطوح و فرم‌ها می‌تواند فهم و امکانات کافی را در تفسیر و طراحی سطوح گوناگون در اختیار طراحان قرار دهد. برای مثال، مناسباتی که میان فرم معماری و هندسه سازه وجود دارد، بر اساس این سطح از شناخت هندسی قابل‌ارائه است. آگاهی از ویژگی‌های هندسی سطوح و فرم‌ها می‌تواند منجر به تولید فرم‌های سازه‌ای با ویژگی‌های انحنای سطوح گوناگون شود.
- در سطح دوم، «شناخت هندسه سیستم‌های سازه‌ای»، اشاره به مفاهیم خاص و ویژه سازه‌ها در رابطه با هندسه آن‌ها دارد. این نوع شناخت هندسی اشاره به روابط میان اجزای مختلف سازه‌ای و رابطه هندسه سازه با مفاهیم سازه‌ای شامل تنش و سختی، پایداری و استحکام دارد. برای مثال، ویژگی‌های هندسی منحصربه‌فرد سازه‌های چادری که یک سطح منحنی مضاعف دوطرفه و گسترش‌ناپذیر است، چه رابطه‌ای با مفاهیم نیروشناختی آن از جمله پیش‌تنیدگی دارد؟
- در سطح سوم، «شناختِ تولید هندسی سطوح و فرم‌ها» جای دارد که روش‌های مختلف ترسیم و تولید سطوح و فرم‌های گوناگون سازه را به لحاظ هندسی معرفی می‌کند. این نوع شناخت، به‌ویژه، درجاییکه پای طراحی سطوح و فرم‌های سازه‌ای خاص یا پیچیده در میان باشد، اهمیت خود را نشان می‌دهد، برای مثال سازه چادری با هندسه منحنی مضاعف دوطرفه چگونه تولید یا ترسیم می‌شوند یا اینکه چگونه می‌توان یک پوسته منحنی با فرم آزاد توسط خطوط صاف تولید کرد؟
- لذا، بر اساس پاسخ مشارکت‌کنندگان و تأمل در نتایج آزمون‌های طراحی، این سه مقوله به‌عنوان اصلی‌ترین شناخت هندسی در گام طراحی سازه، موردتوجه قرار گرفت.



شکل ۵. نمودار نسبت میان چالش‌های طراحی سازه در معماری و شناخت هندسی

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با بهره‌گیری از روش کیفی و کدگذاری داده‌ها در قالب یک تحقیق اقدام پژوهی، چالش‌ها و مشکلات مشارکت‌کنندگان درزمینهٔ طراحی سازه مورد کاوش قرار گرفت. مشارکت‌کنندگان در تحقیق با وجود شناخت نسبی از دانش سازه و برخی از انواع سیستم‌های سازه‌ای، در به‌کارگیری آن‌ها در طرح‌های معماری با مسائل و چالش‌هایی مواجه هستند. یافته‌های پژوهش و نتایج آزمون‌های عملی نشان می‌دهد که مقوله‌های: ۱. عدم توجه به قابلیت فرم‌دهی سازه در تصمیمات ابتدایی فرایند طراحی معماری، ۲. عدم آشنایی با ویژگی‌های ظاهری و ویژگی‌های هندسی سیستم‌های سازه‌ای مختلف، ۳. عدم شناخت از چگونگی تولید و ترسیم سطوح و فرم‌های سازه‌ای متنوع با ویژگی‌های هندسی گوناگون، ۴. دشواری ارائه الگوی ذهنی از سازه‌هایی با ویژگی‌های هندسی متنوع و ۵. مهارت اندک در پیکربندی سیستم‌های سازه‌ای بر روی فرم‌های معماری مختلف ازجمله چالش‌های عمده و اصلی مشارکت‌کنندگان در بخش تجربی تحقیق در زمینهٔ مشارکت دانش سازه در مراحل ابتدایی طراحی معماری هستند. ازآنجاییکه یکی از مهمترین تصمیمات ابتدایی در گام ابتدایی طراحی معماری، تعیین نسبت میان طراحی فرم معماری و طراحی هندسه سازه است، چالش‌های فوق سبب شده است تا دانش سازه در این گام تأثیر چندانی نداشته باشد و وجوه منطقی و خلاقانه آن نادیده گرفته شود. با توجه به یافته‌های پژوهش، توصیه‌هایی برای اساتید معماری برای آموزش کاربردی مفاهیم سازه در معماری پیشنهاد می‌گردد:

- امروزه با وجود انواع روش‌های کیفی و کمّی برای آموزش سازه، دانشجویان معماری در به‌کارگیری عملی آن در طراحی‌ها با مسائل عمده‌ای مواجه هستند. لذا در بسیاری از نتایج طراحی، دانش سازه

نقش چندانی در شکل‌گیری و طراحی مفهومی معماری ندارد. توصیه می‌شود که در فرایند آموزش سازه برای دانشجویان معماری به دو نکته اساسی توجه شود: ۱) بررسی دانش سازه در بستر معماری (و نه صرفاً به لحاظ مکانیکی) و ۲) بررسی دانش سازه در گام طراحی سازه و مرحله طراحی مفهومی که در آن نوع، فرم و آرایش کلی سیستم سازه‌ای تعیین می‌شود.

- ازجمله نیازهایی که ضرورت پاسخگویی به آن‌ها در آموزش و طراحی سازه برای دانشجویان معماری احساس می‌شود، لزوم توجه به پیوندهای گوناگون میان طراحی معماری و طراحی سازه در فرایند طراحی است. میزان و کیفیت مشارکت دانش سازه در تصمیمات ابتدایی فرایند طراحی معماری منجر به خلق آثار متنوعی می‌شود: از سازه‌ای که الزامات فنی و غیر فنی آن تأثیری بر فرم معماری ندارد (حالت چشم‌پوشی محض)، تا سازه‌ای که نه‌تنها فرم معماری، بلکه ذات مفاهیم معماری اتخاذی را مشخص می‌کند (حالت نمادگرایی محض). لذا توصیه می‌گردد در آموزش دانش سازه و طراحی سازه برای دانشجویان معماری نسبت‌های گوناگون میان فرم معماری و هندسه سازه مدنظر قرار گیرد.
- فراتر از شناخت عددی و تحلیلی سازه و علاوه بر درک کیفی آن، لزوم توجه به رویکرد شناخت هندسی و آگاهی درزمینهٔ مفاهیم و داده‌های هندسه به‌طور عام و تطبیق آن با هندسه سازه به‌طور خاص می‌تواند پشتیبان دانشجویان معماری و معماران در به‌کارگیری و مشارکت دانش سازه در مراحل ابتدایی فرایند طراحی معماری باشد. درواقع، شناخت هندسی سازه به‌مثابه یک تفکر بصری در مقابل تفکر محاسباتی تعریف می‌شود. بررسی آزمون‌های عملی، فعالیت‌های طراحی مشارکت‌کنندگان و نظرات آن‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از آن‌ها توجه کمی به قابلیت‌های شناخت هندسی در طراحی سازه در مراحل ابتدایی فرایند طراحی دارند. این افراد از ویژگی‌های هندسه به‌طور عام و از هندسه سازه به‌طور خاص اطلاعات ناچیزی داشتند. شناخت بسیاری از مشارکت‌کنندگان از هندسه بیشتر در رابطه با برخی از مفاهیم پایه هندسه، برای مثال سطوح و احجامی مانند مکعب، کره، مخروط و استوانه و برخی اشکال دوبعدی محدود بوده است. این افراد غالباً از کاربرد مفاهیم و ویژگی‌های هندسه در طراحی سازه اطلاعات چندانی نداشتند. بااین‌حال، آن‌ها به اهمیت شناخت عمیق هندسه و جایگاه آن در تولید ایده‌های جدید طراحی اذعان داشتند.
- توجه به چالش‌های نهایی طراحی سازه که در قالب مقوله‌های شناخت ویژگی‌های هندسی سطوح و فرم‌ها، شناخت تولید هندسی سطوح و فرم‌ها و شناخت هندسه سیستم‌های سازه‌ای ارائه شد، بیانگر جایگاه و اهمیت دانش هندسه و لزوم توجه به شناخت هندسی سازه در فرایند طراحی معماری است. لذا توصیه می‌گردد که بررسی دانش سازه در فرایند طراحی معماری در هر دو سطح هندسی شامل هندسه کلی و هندسه موضعی و ارتباط آن‌ها با جنبه‌های منطقی و خلاقانه سازه به دانشجویان معماری ارائه گردد.

پی‌نوشت‌ها

۱. در این پژوهش، جامعه آماری دانشجویان شامل دانشجویان کارشناسی معماری از دانشگاه‌های غیرانتفاعی علوم و فنون بابل و پیام نور مرکز ساری و دانشجویان کارشناسی ارشد معماری از موسسه غیرانتفاعی آمل هستند.

فهرست منابع

- محمودی کامل‌آباد، مهدی (۱۳۹۱). *دانش ضمنی سازه در فرآیند طراحی*. رساله برای دریافت درجه دکتری معماری، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- Addis, B. (2007). *Building: 3000 years of Design, Engineering and Construction*. London & New York: Phaidon.
- Alpana, R. Dongre, S. Deshpande A. & Ingle R. K. (2007). Emerging Architectonic Forms and Designed Forms. *enArchnet-IJAR, International Journal of Architectural Research,* 1(3), 55-67.
- Ellis, G.W., Scordilis, G.E. & Cooke, C.M. (2003). New pedagogical approaches in engineering mechanics yield increased student understanding, confidence, and commitment, *33rd Annual Frontiers in Education,* FIE 2003 (T4A-15). USA.
- Herbert, G. & Donchin, M. (2013). *The Collaborators: Interactions in the Architectural Design Process.* Burlington: Ashgate Publishing Company.
- Ilkovic, J. (2014). To think in architecture, to feel in structure: Teaching Structural Design in the Faculty of Architecture. *Global Journal of Engineering Education,* 16, 59-65.
- Kent, P. and Noss, R. (2002). The mathematical components of engineering expertise: the relationship between doing and understanding mathematics, *Proc. I.E.E. Second Annual Symposium on Engng. Educ.* (39/7). London.
- Koschitz, D. (2020). Curved-crease Paperfolding Structures and their Tectonics. *Advances in Architectural Geometry 2020* (174-187). Paris.
- Larsen, O.P. & Tyas, A. (2003). *Conceptual Structural Design: Bridging the gap between architects and engineers*. London: Thomas Telford.
- Lee, J. Maria, E. & Moreyra G. (2009). Eladio Dieste and Fė lix Candela: a comparative analysis, *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium 2009* (1562-1573). Valencia.
- Leopold, C. (2006). Geometry Concepts in Architectural Design, 12th International Conference on Geometry and Graphics. Salvador, Brazil.
- Lewis, W. (2005). Understanding Novel Structures through Form-Finding, *Proceedings of The Institution of Civil Engineers-civil Engineering* (85-178). China.
- Liapi, K.A. (2002). Geometry in architectural engineering education revisited. *Journal of Architectural Engng*., 8, 80-88.
- Luyten, L. (2012). *Structurally Informed Architectural Design*. PHD Thesis, Department of Architecture, Chambers University of Technology. Gothenburg, Sweden.
- Macdonald, A.J. (2019). *Structure and Architecture*. New York: Routledge Press.
- Macdonald, A.J. (1997). *Structural Design for Architecture*. Woburn: Architectural Press.
- Mainstone, R. J. (2001). *Developments in Structural Form*. Oxford: Architectural Press.
- Maleczek, P. Mundilova, M. and o Tachi, T. (2020). Curved Crease Edge Rounding of Polyhedral Surfaces. *Advances in Architectural Geometry 2020* (130-153). Paris.
- Markadas, S. (2003). *Geometry in Secondary School*. Master Thesis, Florina: AUTH. Greek.
- Millais, M. (2005). *Building Structures: From Concepts to Design*. New York: Taylor & Francis press.

- Motro, R. (2003). *Tensegrity: Structural Systems for the Future.* London: Hermes Science Publishing.
- Romeo, F. (2010). The P.L. Nervi structural route: From intuition to computation through geometry, *Processing of the First International Conference on Structures and Architecture, ICSA 2010.* Guimaraes, Portugal. 21-23 July 2010, Editor Paulo J.S. Cruz School of Architecture. University of Minho. Portugal. CRC Press.
- Sandaker, B.N. (2008). *On Span and Space: Exploring Structures in Architecture.* London: Routledge.
- Shahriman, Z.A. Sigurjónsson, J. Liem, A. & Keitsch, M. (2008). On the role of form giving in design. *Proceedings of E&PDE 2008, the 10th International Conference on Engineering and Product Design Education.* Barcelona, Spain, 04.-05.09.200810.13140/2.1.1922.4649.
- Shareef, S. and Farivarsadri, G. (2020). An Innovative Framework for Teaching/Learning Technical Courses in Architectural Education. *Journal of Sustainability.* 12, 1-17.
- Stringer, E.E.T. (2007). *Action Research.* Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Van Mele, T. Lachauer, L. Rippmann, M. (2012). Geometry based understanding of structures. *J Int Assoc Shell Spat Struct,* 53, 285-295.
- Van Niekerk, R. (2010). The state of geometry education in South Africa, Proc. *16th Annual AMESA National Congress* (34-50). South Africa.
- Velasques, A. (2013). Geometry as a Tool for Visual Organization and Proportion in Designing Aesthetic and Attractive Poducts, *International Conference on Engineering and Product Design Education & September 2013, Dublin Institute of Technology* (288-293). Dublin, Ireland.
- Whitehead, R. (2013). Supporting Students Structurally: Engaging Architectural Students in Structurally Oriented Haptic Learning Exercises. In *AEI 2013: Building Solutions for Architectural Engineering* (236-245). USA.
- Williams, K. Ostwald, M.J. (2015). *Architecture and Mathematics from Antiquity to the Future, Volume I: Antiquity to the 1500s*. Switzerland: Springer International Publishing.

COPYRIGHTS

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

نحوه ارجاع به این مقاله

احمدنژاد کریمی، مجید؛ محمودی کامل‌آباد، مهدی و نوروزیان عظیمی، مریم (۱۴۰۲). تبیین چالش‌های به‌کارگیری سازه در طراحی معماری. بررسی موردی: دانشجویان و فارغ‌التحصیلان معماری، *نشریه علمی نامه معماری و شهرسازی*، ۱۵(۳۸)، ۴۳-۶۱.

DOI: 10.30480/AUP.2022.4169.1901

URL: http://aup.journal.art.ac.ir/article_1093.html

Received: 2 April, 2022 | Accepted: 25 June, 2022 | Published: 21 March, 2023

Journal of Architecture and Urban Planning, 15(38), 43-61
DOI: 10.30480/AUP.2022.4169.1901
Document Type: Research Paper

Explaining the Challenges of Using Structures in Architectural Design Case study: Architecture Students and Graduates

Majid Ahmadnejad Karimi
Ph.D. in Islamic Architecture, School of Architecture and Urban Planning, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran (Corresponding Author)

Mahdi Mahmoudi Kamel Abad
Assistant Professor, Department of Architecture, School of Architecture and Urban Planning, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran

Maryam Azimi
Assistant Professor, Department of Architecture, School of Architecture and Urban Planning, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran

Abstract

Extensive research has been conducted on various aspects of structural knowledge. A complete study of the challenges and problems of structural design and its evaluation in the context of architecture within the conceptual process of structural design is not only limited and in its early stages in the structure design literature in the field of architecture and, but also it has been neglected in the architecture literature in Iran. Therefore, in this research, the approach to the existing problems and challenges of structural design (at least) from two perspectives has been considered, namely its study in the architectural context and conceptual design stage. In the present study, according to the topics of structural theories and design process in the literature, these two perspectives have played a key role in all stages of research, including planning, data collection and data analysis. Structure formation in the design process stages, ranges from creating the form of the structure to computational solutions. Therefore, structure in the field of architecture, which is an integral part of architectural space, is known by examining various aspects of structural knowledge; an important issue in this process is the conversion of structural knowledge into architectural design and how to participate and use it effectively in the architectural design process. In other words, what type and volume of knowledge of structural knowledge in a multitude of design demands can be used in the design process? The stages of structural formation in a design process include two main steps of structural design and structural analysis. Design refers to the creation and overall design of a structure, which is more in the realm of the architects' duties; therefore, in this research, the step of structural design has been selected, which has various sections and is necessary for the activities of the architect in the early stages of the architectural design process (conceptual design stage of the structure). An important issue in the formation of the structure is how the knowledge of the structure is transferred in the early stages of architectural design. The main purpose of this study is to identify the challenges, issues and difficulties of structural knowledge participation in the architectural design process, especially in the conceptual design step of the structure. Qualitative research method has been selected in the form of an action research using questionnaire, interviews, note-taking and practical tests for data collection and analysis. The statistical population of the research is bachelor and master students of architecture and architecture graduates. The research findings show that despite having the necessary structural knowledge, many participants face challenges in terms of their participation in the architectural design process. The reason for many of these challenges is seen in the insufficient awareness of the participants about the relationship between architectural design and structural design and the lack of attention to the importance of geometric recognition of structural knowledge and structural systems.

Keywords: Architectural design, structural design, structural knowledge, structural design challenges, geometric recognition