

Structural Form as the Generator of Two Introverted Architectural Types in Traditional Houses of Iran

Mojtaba Sabetfard, Ph.D. * 

Assistant Professor, Faculty of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: December 18, 2024

Revised: April 05, 2025

Accepted: April 16, 2025

(Pages: 137–156)

Sabetfard, Mojtaba . "Structural Form as the Generator of Two Introverted Architectural Types in Traditional Houses of Iran". *Soffeh* 36, no. 3 (2026): 137–156.

DOI: <http://doi.org/10.48308/soffeh.2025.236786.1357>

Abstract:

Background and Objectives: Various studies have been conducted in search of the formation process in traditional architecture. Some have focused on massing around the yard, spatial structure and location of functions, types of decorations, etc. But the design of spaces inside a building mass has received less attention. The present paper shows how a certain geometric system in Iranian houses can operate as the generator of its spaces. In other words, it shapes the architectural space and determines some of its qualities.

The question of this research is how the building mass is articulated and thereby creates architectural spaces. It seems that the load-bearing structure and its orientation in relation to the yard is one of the key factors

Keywords:

Traditional house,
Design development,
Geometric system,
Generative structure,
Structural form.



SOFFEH

Soffeh Journal, Shahid Beheshti University, Vol. 36, Issue 3, No. 114, 2026



P-ISSN: 1683-870X

*. Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

*. Corresponding Author Email Address: mojtabasabetfard@ut.ac.ir

<http://doi.org/10.48308/soffeh.2025.236786.1357>

affecting the geometric structure of the building, which in turn determines the composition of the spaces, their orientation, their lighting methods, the relation to the yard, the formal characteristics, etc.

Materials and Methods: To examine the above hypothesis, and in addition to review the related literature, many examples of Qajar period houses have been studied. The loadbearing structure of the buildings has been examined through the plans and according to the direction of the roof load distribution. The resulting qualities, which can be understood by experiencing the building, have been described through logical argumentation. Finally, the qualities are compared and categorised.

Results and Conclusion: Two types of such geometric systems are introduced in this article. The houses of the first type, dominant throughout Iran, have a multi-layered and permeable geometric structure, including elements such as Iwan and Orosi, and have more transparent façades. In the second type, the spatial separation between the closed space of a room and the open space of the yard is more distinct, with less transparent courtyard walls, but the structural geometric system that make it possible to create Satavand and Shanashil.

فرم سازه‌ای، مولد دو ساختار معماری در مساکن درون‌گرای سنتی ایران

مجتبی ثابت‌فرد^۱

دریافت: ۲۸ آذر ۱۴۰۳
بازبینی: ۱۶ فروردین ۱۴۰۴
پذیرش: ۲۷ فروردین ۱۴۰۴
(صفحه ۱۳۷-۱۵۶)

استادیار دانشکده معماری، دانشکده‌های زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

ثابت‌فرد، مجتبی. «فرم سازه‌ای، مولد دو ساختار معماری در مساکن درون‌گرای سنتی ایران». فصلنامه علمی معماری و شهرسازی صفه، سال ۳۶، شماره ۳ (۱۴۰۵): ۱۳۷-۱۵۶.

کلیدواژگان: خانه سنتی، توسعه طراحی، نظام هندسی، ساختار مولد، فرم سازه‌ای.

چکیده

سازه ساختمانی‌ها، که مبتنی بر دیوار باربر است، در پلان معماری و با توجه به جهت توزیع بار سقف بررسی شده، سپس کیفیات حاصل از نظام هندسی مذکور، که در تجربه انسانی بنا قابل‌درک است، از طریق استدالات منطقی تعیین و شرح داده شده است. در نهایت، کیفیات حاصل از فرم سازه‌ای بناها با یکدیگر مقایسه و نظام هندسی مولد آنها تبیین شده است.

نتایج و جمع‌بندی: دو گونه از نظام هندسی مذکور در این مقاله معرفی می‌شود: خانه‌های گونه اول، که در کل ایران غالب است، دارای ساختاری چندلایه و نفوذپذیرند، شامل عناصری مانند ایوان و ارسی هستند، و نماهای شفاف‌تری دارند. در خانه‌های گونه دوم، تفکیک فضایی بین فضای بسته اتاق و فضای باز حیاط قاطع‌تر است، شفافیت جداره‌های حیاط کمتر است، اما نظام هندسی - سازه‌ای این بناها امکان ایجاد ستاوند و شناسیل را ایجاد کرده است.

مقدمه

نقش‌هنده در معماری ایران انکارناپذیر است. بررسی آثار معماری سنتی ایران در دوره‌های مختلف گویای اهمیت هندسه در طراحی

اهداف و پیشینه: مطالعات مختلفی در خصوص روند شکل‌گیری معماری سنتی انجام شده است. برخی پژوهشگران به توده‌گذاری اطراف حیاط، ساختار فضایی و مکان‌یابی عملکردها، انواع تزیینات، و ... پرداخته‌اند، اما به طراحی فضاهای داخل یک توده ساختمانی کمتر توجه شده است. در این مقاله نوعی نظام هندسی در معماری خانه‌های ایرانی معرفی می‌شود که پس از توده‌گذاری، مولد فضاهای آن است. نظام هندسی معرفی شده در این مقاله فضای معماری را شکل می‌دهد و برخی کیفیات آن را تعیین می‌کند.

پرسش این تحقیق چگونگی تقسیم یک توده ساختمانی در جانیی از حیاط و تبدیل آن به فضاهای معماری است. به نظر می‌رسد سازه باربر و جهت‌گیری آن در ارتباط با حیاط یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ساختار هندسی شکل‌دهنده بناست که در مراحل بعدی، بر اساس آن ترکیب‌بندی فضاها، جهت‌گیری آنها، شیوه نورگیری، ارتباط با حیاط، ویژگی‌های فرمی، و ... تعیین می‌شود.

مواد و روش‌ها: برای بررسی فرضیه فوق، علاوه بر توجه به متون نظری، مصادیق بسیاری از خانه‌های دوره قاجار مطالعه شده است.

1. mojtabasabetfard@ut.ac.ir



۱۱۴، شماره ۳، پیاپی: ۱۴۰۵، سال سی‌وششم، پاییز ۱۴۰۵
*. Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

صَفْه
فصلنامه علمی معماری و شهرسازی؛ سال سی‌وششم، پاییز ۱۴۰۵، شماره ۳، پیاپی: ۱۱۴
*. Corresponding Author Email Address: mojtabasabetfard@ut.ac.ir
<http://doi.org/10.48308/soffeh.2025.236786.1357>

پرسش‌های تحقیق

۱. در طراحی خانه‌های سنتی درون‌گرای ایران، توده ساختمانی چگونه در مراحل بعدی توسعه می‌یافت و به ریزفضاها تبدیل می‌شد؟

۲. تصمیمات سازه‌ای معمار چگونه بر شکل‌گیری فضای معماری در خانه‌های سنتی درون‌گرای ایران تأثیر می‌گذاشت؟

۲. صاحب محمدیان منصور، هادی ندیمی، و زهره تفضلی، «نظریه‌ای درباره انتظام‌های هندسی معماری ایران»، پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران، ج. ۱۰، ش. ۲۴ (۱۳۸۹): ۲۳۲.

۳. محسن وفامهر و سیدمهدی مدیرزاده، «تکنولوژی و معماری سازه»، ماهنامه ساختمان و کامپیوتر، ش. ۱۷ (۱۳۸۶): ۱۹-۱۴.

۴. مهرداد قیومی بیدهندی و محمدمهدی عبدالله‌زاده، «بام و بوم و مردم (بازخوانی و نقد اصول پیشنهادی پیرنیا برای معماری ایرانی)»، مطالعات معماری ایران، دوره ۱، ش. ۱ (۱۳۹۱): ۱۵.

۵. دونالد ویلبر، معماری اسلامی ایران، دوره / ایلخانان (تهران: نشر علمی و فرهنگی، ۱۳۶۵).

۶. محمدکریم پیرنیا، سبک‌شناسی معماری ایران (تهران: سروش دانش، ۱۳۸۶): ۲۴.

۷. همان.

8. A. Almusaed, *Biophilic and Bioclimatic Architecture* (UK: Springer – Verlag, 2011), 245.

۹. مرتضی فرحبخش، پیروز حناچی، و معصومه غنائی، «گونه‌شناسی خانه‌های تاریخی بافت قدیم شهر مشهد، از اوایل قاجار تا اواخر پهلوی اول»، مطالعات معماری ایران، ش. ۱۲ (۱۳۹۶): ۹۸.

معماری و تحقیقات پژوهشگران مختلف در این زمینه مؤید آن است. نقش هندسه در آثار معماری عمدتاً از جنبه‌های مفهومی، شکلی، قواعد، و اندازه‌ها بررسی شده است.^۲ در این مقاله به هندسه به مثابه یک عامل نرم برای انتظام بخشی به طراحی توجه خواهد شد.

نظامی که در این مقاله معرفی می‌شود متأثر از سازه است و صرفاً سخن از تأثیر ملاحظات سازه‌ای بر آن نظام است. در معماری سنتی، زمانی که هنوز رشته مهندسی سازه از معماری جدا نشده بود، طراحی سازه را معمار انجام می‌داد و این امر نه صرفاً ناظر بر ایستایی، بلکه مانند بقیه تصمیمات معمار چندجنبه‌ای بود.^۳ درواقع سازه مانند امروز لایه‌ای مستقل از معماری نبود و جداگانه طراحی نمی‌شد، بلکه معمار در تصمیمات طراحانه‌اش جنبه ایستایی را نیز در نظر می‌گرفت. اگرچه تعداد راه حل‌های سازه‌ای محدود بود، پیاده‌سازی آنها در بنا یکتا، مشابه، و از پیش تعیین شده نبود، معمار برای تأمین نیازهای سازه‌ای، گزینه‌ها و ترفندهای مختلفی پیش رو داشت و در هر طرح یا هر موقعیت بین آنها تصمیم می‌گرفت.

نقش سازه در انواع مختلف معماری یکسان نیست. در شبستان گسترده مساجد، گنبد‌های بزرگ مقابر، و فضاهای کارکردی کاروان‌سراها نقش سازه بسیار پررنگ و تعیین‌کننده است: ارزش‌های سازه‌ای در تصمیمات معمار اولویت می‌یابند و نوآوری‌های معماری مبتنی بر نوآوری‌های سازه‌ای است. اما در خانه‌ها که فضاها دهانه‌های کوچک‌تری دارند و جلوه آسایش، حریم، زیبایی، و ... پررنگ‌تر است، سازه‌ها معمولی‌تر و در اولویت چندم طراح بوده‌اند. درنتیجه معمار سنتی نظامی ساده اما منعطف برای حل سازه انتخاب کرده است.

سازه تنها رکن شکل‌دهنده به فضا نیست، باین‌حال امکان عملی شدن تصمیمات معمار در گرو رعایت ملاحظات سازه است. سازه در طراحی خانه‌ها عنصری است در خدمت معمار برای ایجاد کیفیات مد نظر. اما تصمیمات سازه‌ای معمار چگونه بر شکل‌گیری فضای معماری تأثیر داشت؟ پژوهگران پیشین نحوه توده‌گذاری در اطراف حیاط‌ها را شرح داده‌اند. اما توده ساختمانی چگونه در مراحل بعدی طراحی توسعه می‌یافت و به ریزفضاها تبدیل می‌شد؟ به نظر می‌رسد ملاحظات سازه با درک کل‌نگر و شهودی معمار سنتی به ایجاد



مفصلی دارد که نیازمند پژوهش است. فضای معماری را طرح پلان، حجم، و نمای بنا شکل می‌دهد. به نظر می‌رسد هندسه ناشی از سازه، در کنار عوامل فرهنگی، اقتصادی، عملکردی، و ... می‌تواند بر تقسیمات پلان، بازشوهای نما، شکل‌گیری حجم، و نوع اندام‌های معماری مؤثر باشد.

ژان نیکلاس لویی دوراند، یکی از اولین مؤلفانی که به اهمیت محورهای دیوارها و ستون‌ها در شکل‌گیری معماری پرداخته است، با دیدگاهی راسیونالیستی، گونه‌های مختلف معماری روزگار خود در فرانسه را بر شبکه‌هایی منتظم و یکنواخت تطبیق داد.^{۱۰} زونیس و لفاور این مطالعه را به معماری کلاسیک یونان توسعه دادند و با ترتیبی از نظام صوری شامل تناسب، تقارن، و جزئیات، آن را کامل کردند.^{۱۱} مین‌استون شکل‌گیری فضاهای معماری دهانه وسیع متکی بر سازه طاقی با دهانه محدود در بناهای قرون وسطایی اروپایی را طرح کرد و به تطبیق‌پذیری فرم معماری بر ملاحظات سازه‌ای اشاره کرد.^{۱۲} بعضی محققان معتقدند پیش از کشف قوانین ایستایی، معماران گوتیک از اصول هندسی برای طرح سازه خود استفاده می‌کردند.^{۱۳}

در دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ نظریاتی مانند گرامر شکل^{۱۴}، زبان الگو^{۱۵}، مدل‌سازی رویه‌ای^{۱۶}، و تولید مبتنی بر قاعده^{۱۷} توسعه یافت و پس از آن، محققان به تدریج به بازتولید هندسی انواع تاریخی معماری پرداختند. این فرایند نیازمند کشف قوانین شکل‌دهنده معماری، با زیرمجموعه‌ای از قواعد مبتنی بر ملاحظات سازه‌ای بود. چو و کریشنامورتی در بازتولید ساختار هندسی پلان خانه‌های سبک جنوبی چین به ملاحظات سازه و ترکیب تیرها و ستون‌ها توجه کرده‌اند.^{۱۸} سونگ و توه برای تولید سه‌بعدی خانه‌های کشور کره، به ملاحظات ساخت سازه سقف‌های شیب‌دار توجه کرده‌اند.^{۱۹} لو و وو برای بازتولید سه‌بعدی خانه‌ها و قصرهای چینی سلسله سونگ، ترکیب

ساختاری هندسی منجر شده و به معماری شکل داده است. هنگام سخن گفتن از معماری سنتی ایران، از امری یکتا و روندی واحد صحبت می‌کنیم.^۴ اظهارات اندیشمندان و محققان معماری ایران این مدعا را تأیید می‌کند.^۵ از نظر استاد پیرنیا روند معماری و هنر ایران تا زمان محمدشاه قاجار همچون زنجیری به هم پیوسته بود. گونه‌های متنوع معماری و مصادیق مختلف آن در طول زمان و در عرض جغرافیا همگی محصول یک خط فکری و سبک طراحی به نظر می‌رسند و اصول واحدی را در آنها می‌توان دید.^۶

با این حال در پیاده‌سازی این اصول تفاوت‌هایی قابل مشاهده است؛ تفاوت‌هایی که باعث ایجاد تغییراتی در کیفیات فضایی ابنیه می‌شود و گونه‌ها و کاربردهای مختلف و متنوعی را در معماری ایجاد می‌کند.^۷ هدف در این مقاله بررسی تأثیر نظام هندسی شکل‌دهنده خانه‌های سنتی بر کیفیات فضایی آنهاست. نظام هندسی مورد نظر در این مقاله عمدتاً تابع ساختار سازه‌ای بناست، اما تأثیر آن در معماری از جنبه‌های شفافیت جداره‌ها، سیالیت فضاها، و حتی آسایش حرارتی قابل ملاحظه است. در این مقاله دو گونه از این نظام هندسی معرفی می‌شود که یکی در سراسر ایران، علی‌الخصوص در مناطق مرکزی آن، و دیگری در شمال خراسان، بنادر جنوبی کشور، و چند نقطه دیگر رایج بوده است.

۱. پیشینه تحقیق

در جستجوی فرایند شکل‌گیری خانه‌های سنتی، در پژوهش‌های متعددی به شدت اثر عوامل طبیعی بر جهت‌گیری و نحوه توده‌گذاری در خانه‌های بومی و سنتی توجه شده است،^۸ هرچند تأثیر عوامل دیگر از جمله فرهنگ و اقتصاد را در شکل‌دهی به واحدهای مسکونی نمی‌توان نادیده گرفت.^۹ اما طراحی معماری، پس از جهت‌گیری و توده‌گذاری، مراحل و فرایند

10. J.N. L. Durand, *Précis des Leçons D'architecture Données à L'École Polytechnique* (Paris: École Polytechnique, 1805).

11. A. Tzonis and L. Lefaviere, *Classical Architecture: The Poetics of Order* (MIT Press, Cambridge, MA, 1986).

12. R.J. Mainstone, *Developments in Structural Form* (London: Routledge, 2001).

13. F. Bucher, "Design in Gothic Architecture: A Preliminary Assessment", *Journal of the Society of Architectural Historians*, 27 (1) (1968): 49-71; S.S. Huerta, "Geometry and Equilibrium: The Gothic Theory of Structural Design", *The Structural Engineer*, 84 (2) (2006): 23-28.

14. shape grammar

15. pattern language

16. procedural modeling

17. rule-based generation

18. Shang-chia Chiou and Ramesh Krishnamurti, "The Grammatical Basis of Chinese Traditional Architecture", *Languages of design*, 3 (1995): 5-31.

19. M. Sung, "Graph-Based Construction of 3D Korean Giwa House Models", *Buildings*, vol. 9, no. 3 (2019): 68; S.T Teoh, "Generalized Descriptions for the Procedural Modeling of Ancient East Asian Buildings", *Proceedings of the Fifth Eurographics conference on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging*. Victoria, British Columbia, Canada, 2009, 17-24.

20. cai-fen

21. Jin Liu and Zhong-Ke Wu, "Rule-Based Generation of Ancient Chinese Architecture from the Song Dynasty", *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 9(2) (2016): Article 7.

22. Vinay Mohan Das and Yogesh K. Garg, "Digital Reconstruction of Pavilions Described in an Ancient Indian Architectural Treatise", *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 4(1) (2011): Article 1.

۲۳. محمدیان منصور، ندیمی، و زهره تفضلی، «نظریه‌ای درباره‌ی انتظام‌های هندسی معماری ایران»، ۲۳۹-۲۲۷.

سازه‌ای و معماری تیر و ستون‌های چوبی را بر اساس آیین‌نامه‌ی سنتی کای‌فن^{۲۰} بررسی کرده‌اند.^{۲۱} داس و گارگ در تلاش برای مدل‌سازی کلاه‌فرنگی‌های هندی، به شبکه‌ی ستون‌گذاری و ابعاد آن پرداخته‌اند.^{۲۲}

تأثیر و تأثر سازه و هندسه در معماری سنتی ایران در تحقیقات متعددی طرح شده است. محمدیان منصور و همکاران سازه را یکی از طبقات مقولات محوری نقش هندسه در معماری سنتی ایرانی می‌دانند.^{۲۳} بعضی محققان طرح هندسی و روش ساخت سازه‌های سنتی را به‌صورت کلی و با استناد به مطالعات میدانی بررسی کرده،^{۲۴} بعضی دیگر بر اساس ویژگی‌های هندسی و کالبدی به دسته‌بندی آنها پرداخته،^{۲۵} و تعدادی نیز هندسه و تناسب در پلان و مقطع را تحلیل کرده‌اند.^{۲۶} در اغلب این مطالعات، پژوهشگران به بررسی تک‌فضاهایی مانند سه‌دری، پنج‌دری، تالار، ایوان، هشتی ورودی، و ... یا عناصر سازه‌ای مانند طاق، گنبد، تویزه، کاربندی، و ... به‌طور مجزا پرداخته و به کلیت ساختار خانه با در نظر گرفتن نظام سازه‌ای کمتر توجه کرده‌اند.

حاکمیت هندسه بر ساختار معماری ایران در سطوح مختلف مورد اذعان محققان بسیاری است. از این میان، برخی هندسه را ابزار ترسیم دانسته،^{۲۷} برخی دیگر به تناسب در هندسه پرداخته،^{۲۸} بعضی هندسه‌ی پنهان را عاملی انتظام‌بخش در معماری قلمداد کرده،^{۲۹} و محققان دیگری به معانی و مفاهیم قابل‌تصور از هندسه‌ی پیدا و پنهان و تناسب آن پرداخته‌اند.^{۳۰} تحقیقات دیگری با دیدگاه‌های متفرق در هندسه قابل‌تشخیص است. عده‌ای از محققان هندسه را عاملی کاربردی برای تعیین ابعاد و مقدار مصالح یا اجرای فنی ساختمان معرفی کرده^{۳۱} و عده‌ای دیگر به مفهوم نظم هندسی توجه کرده و به تقارن‌های حیاط در پلان و اجزای نمای ساختمان پرداخته‌اند.^{۳۲} به‌طورکلی کمتر مشاهده می‌شود که در معماری نتیجه‌

تحقیقی یک نظام هندسی جامع و مولد باشد؛ نظامی که مانند خطوط راهنما به کار طراح بیاید و اندام‌های بنا را هم‌زمان شکل دهد. همچنین جنبه‌ی سازه‌ای هندسه نیز کمتر مطالعه شده است. در تحقیق حاضر به این موارد توجه می‌شود.

۲. روش تحقیق

در اولین مرحله، از طریق مشاهده‌ی غیرنظام‌مند پلان خانه‌ها، ساختارهای انتزاعی هندسی‌ای یافت شد. با تحلیل جریان نیروها در سازه‌های سنتی، این ساختارها تبیین و معادل‌های کالبدی لازم برای تحمل نیروها تعیین و مدلی نظری شکل داده شد. سپس برای اعتبارسنجی این مدل، یافته‌های نظری مجدداً بر مصادیق واقعی تطبیق داده شد. مصادیق بر مبنای ساختارهای هندسی یافته‌شده در آنها به دو دسته تقسیم شد و ویژگی‌های تکمیلی هر ساختار از طریق مقایسه با ساختار دیگر مشخص گردید. هرچند نمایش سازه‌ها در این مقاله عمدتاً بر پلان‌ها صورت گرفته است، درک آن در زمان تحقیق مبتنی بر بررسی هم‌زمان پلان‌ها، مقاطع، احجام، و تصاویر خانه‌ها بود و برای اطمینان، در مواردی با تصاویر مرمتی که در آنها سازه پیدا بود، منطبق شد. کیفیات فضایی متأثر از نظام هندسی در تصاویر و حجم بنا مشاهده شده است.

غلامحسین معماریان به نقل از استاد پیرنیا چهار گونه‌ی خانه را در معماری سنتی ایران بر می‌شمرد: چهارصفه، میان‌سردار، کوشکی، و خانه‌های ترکیبی.^{۳۳} مصادیق مورد مطالعه‌ی او از میان خانه‌های میان‌سردار یا درون‌گرا که گونه‌ی غالب در معماری سنتی ایران است، انتخاب شده‌اند. در این تحقیق مدارک حدود ۲۰۰ خانه از طریق نمونه‌گیری در دسترس از کتاب‌های مختلف بررسی شده است، از جمله مجموعه‌های گنجنامه، زندگی جدید - کالبد قدیمی، آشنایی با معماری مسکونی ایران، و کتب مختص هر شهر از نویسندگان منفرد. همه‌ی مصادیق‌های

۲۴. رولاند بزئوال، فناوری طاق در خاور کهن، (تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور، ۱۳۷۹)؛ غلامحسین معماریان، معماری ایرانی: نیازش (تهران: گلجام، ۱۳۹۷).

۲۵. محمدکریم پیرنیا، «ارمغان‌های ایران به جهان معماری»، هنر و مردم، ش. ۱۳۶ و ۱۳۷ (۱۳۵۲): ۲-۷؛ دونالد ویلبر، معماری اسلامی ایران، دوره ایالت‌ها؛ آرتور اپهام پوپ، معماری ایران: پیروزی شکل و رنگ، ترجمه کرامت‌الله افسر (تهران: نشر فرهنگسرا، ۱۳۷۳).

۲۶. لیزا گلمبگ و دونالد ویلبر، معماری تیموری در ایران و توران، ترجمه محمدیوسف کیانی و کرامت‌الله افسر (تهران: انتشارات سازمان میراث فرهنگی، ۱۳۷۴)؛ آرتور اپهام پوپ و فیلیس آکرم، سیری در هنر ایران: از دوران پیش از تاریخ تا امروز، ترجمه باقر آیت‌الله‌زاده شیرازی (تهران: انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۸۱)؛ کامبیز نوایی و کامبیز حاجی‌قاسمی، خشت و خیال: شرح معماری اسلامی ایران (تهران: سروش، ۱۳۸۰).

۲۷. محمود ماهرالنقش، طرح و اجرای نقش کاشیکاری ایران، جلد چهارم (تهران: انتشارات موزه رضا عباسی، ۱۳۶۰)؛ حسین زم‌رشیدی، کاشی‌کاری ایران (تهران: کیهان، ۱۳۶۷)؛ مهناز رئیس‌زاده و حسین مفید، احیای هنرهای از یاد رفته، به روایت استاد حسین لرزاده (تهران: مولی، ۱۳۷۴).

می‌دانند.^{۴۱} مک‌دونالد و مین‌استون معتقدند طراحی معماری همان طراحی سازه است، چه طراح متوجه آن باشد، چه نباشد.^{۴۲} سنداگر و همکاران در بنیان سازه‌ای معماری ادعا می‌کنند مسائل سازه‌ای ذاتاً ریشه در معماری دارند. به بیان آنها، فضای معماری را حجم منفی حاصل از سازه شکل می‌دهد.^{۴۳} در فرم سازه‌ای، فضای معماری و عناصری نظیر بازشوها تعریف می‌شود. این فرم می‌تواند در سازماندهی فضاهای معماری و حتی بیان معماری نیز نقش داشته باشد.

در گذشته نیز، به‌طور کلی طرح معماری و نظام سازه‌ای بنا ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر داشتند. محدودیت‌های فنی سازه باید در طراحی معماری در نظر می‌بود و به‌ناچار، ساختار هندسی ناشی از سازه تا حد زیادی به فضای معماری تحمیل می‌شد. به سازه در معماری سنتی از دو جنبه می‌توان توجه کرد: اول مباحث نیارشی است، به‌نحوی که استاد پیرنیا طرح می‌کند.^{۴۴} تعیین شکل منحنی قوس‌ها، ابعاد، و ضخامت عناصر سازه‌ای مانند دیوارهای باربر، مقاطع سقف، و ... از این نوع مباحث هستند. در این مباحث جریان نیروهای قائم و جانبی در ساختمان، و با نگاهی جزءنگر، ابعاد و شکل برخی عناصر منفرد ساختمان مشخص می‌شوند. دوم، تأثیر سازه بر طرح معماری از جنبه فرمی است: ملاحظات منحنی‌مانند شبکه، جهت، تناسبات، و ... که به‌نحوی نظام و ساختار هندسی پلان بنا با کمک آنها تعیین می‌شود، شکل نما و حجم را مشخص می‌کنند و در شکل‌گیری کیفیات فضا دخیل می‌شوند.^{۴۵}

تأثیر سازه بر طرح بنا خود در دو سطح قابل‌بررسی است: تأثیر اولیه سازه بر فرم و عناصر بصری معماری سنتی در لایه سطحی و ظاهری آن است. برای پوشاندن سقف با مصالح بومی مناطق مرکزی ایران، یعنی خشت و آجر، طاق‌ها، و گنبدها، سازه‌های مناسبی هستند و فرم قوسی آنها به بنا تحمیل می‌گردد. اگر در منطقه‌ای چوب به‌وفور یافت شود و

مورد بررسی در دوره قاجار ساخته شده‌اند. معماری دوران قاجار به شیوه اصفهانی و آخرین و متکامل‌ترین شیوه معماری ایران است، هرچند نیمه دوم عهد قاجار آغاز پسرفت معماری ایران شناخته می‌شود.^{۴۶} ساختارهایی که در این مقاله معرفی می‌شود در خانه‌هایی با زیربنای متوسط یا کوچک و طرح ساده نیز قابل‌مشاهده است. بنابراین لزومی به تأکید بر خانه‌های گسترده چندحیاطه و پرطمطراق، که معمار شاخص و بزرگ داشته‌اند، نبود. در طرح آن خانه‌ها معمار بعضاً فراتر از قواعد عمل می‌کرد و نمی‌توان قواعد و ساختارها را به‌وضوح دید.^{۴۷}

۳. نقش سازه در هندسه معماری

در معماری مدرن، فرم بدو از عملکرد پیروی می‌کرد. در آثار والتر گروپیوس، میس وندروهه، لوکوربوزیه، و ... فرم‌هایی انتخاب می‌شد که مناسب مقاطع فولادی یا قالب‌گیری بتن بود.^{۴۸} اما بعدتر عناصر سازه‌ای از عناصر غیرسازه‌ای جدا شد، فرم اولویت یافت، و به عناصر سازه‌ای پس از شکل‌گیری فرم توجه شد؛^{۴۹} به‌طور مثال، در آثار فرانک گهری و زها حدید سازه تأثیری در طراحی فرم ندارد و در آن پنهان است.^{۴۸}

با طرح شدن ایده پلان آزاد از دوره مدرن، وابستگی طرح معماری به سازه در بناهای مسکونی تا حد زیادی از بین رفت و در سایر انواع معماری نیز همین روند غالب شد. کار به آنجا رسید که بعضی معماران حتی داشتن دانش سازه را مانع خلاقیت دانستند.^{۴۹} سبک معماری‌های تک به رویکردی استثنایی رسید و به سازه و تأسیسات ارزش زیبایی‌شناختی داد،^{۴۰} با این حال این رویکرد طرح داخل بنا را از محدودیت‌های آن رها کرد. بدین ترتیب، روند کلی معماری معاصر، به‌جز مواردی مانند آسمان‌خراش‌ها و استادیوم‌ها، مبتنی بر مستقل کردن معماری از سازه بوده است.

اما بسیاری از محققان طراحی سازه را وظیفه معمار

۴. شکل‌گیری دو نوع ساختار معماری ناشی از فرم سازه

اغلب شیوه‌های ساخت آسمانه بنا در خانه‌ها، از جمله سقف طاقی، تیرپوش، خرپایی، و ... بار را در یک راستا انتقال می‌دهند و به دیوارهای دو طرف منتقل می‌کنند.^{۴۶} در نتیجه در یک فضای مستطیل‌شکل، دیوارهای دو طرف فضا باربر هستند و دیوارهای دو طرف دیگر غیرباربر. دیوار باربر نمی‌تواند بازشوهای زیادی را بپذیرد، در نتیجه جبهه‌های یک اتاق در طراحی متفاوت می‌شوند (ت ۱. راست). دیوار باربر لازم است قطور و سنگین ساخته شود و تعداد و مساحت بازشوهای آن هرچه کمتر باشد. اما دیوار غیرباربر سبک‌تر است و باربر نبودن دیوار اجازه می‌دهد در آن بازشوهای متعدد یا وسیع ایجاد شود، راه دسترسی ایجاد شود یا آن دیوار به‌طور کامل حذف شود (به‌طور مثال در یک ایوان). در نتیجه فضا در یک راستا شفاف‌تر و در راستای دیگر صلب‌تر خواهد بود. بدین ترتیب مشاهده می‌شود که این شفافیت، نفوذپذیری، و صلیبیت که کیفیاتی معمارانه‌اند وابسته به جهت‌گیری سازه هستند. به عبارت دیگر، تصمیم‌گیری درباره جهت توزیع بار سقف، راستای شفافیت و نفوذپذیری احتمالی فضا را تعیین می‌کند.

برای تحمل بار طاق یا سقف تیرچوبی که توزیع بار یک‌طرفه دارند، در یک فضا باید دیوارهای باربر به‌موازات یکدیگر و در فواصل محدود ساخته شوند. اگر فضاها بدون تغییر در جهت توزیع بار تکثیر شوند، بسته به جهت تکثیر، دو نوع شبکه جهت‌دار و اندازه‌دار در توده ساختمانی شکل می‌گیرد (ت ۱. چپ). در ادامه شرح داده می‌شود که چگونه این شبکه

در معرض پوسیدگی یا موربانه‌خوردگی نباشد، فرم‌های سقف تخت یا مثلثی (خرپایی) نیز بر بام‌ها خودنمایی می‌کند. همچنین طراح می‌تواند از جزئیاتی که اتصالات مصالح ساختمانی دارند بهره‌برداری کند.

اما در حالت دوم، تأثیر نظام سازه‌ای در معماری می‌تواند عمیق‌تر از صورت و فرم باشد، به‌طوری‌که ساختار، هندسه، و تهرنگ بنا را شکل دهد. همان‌طور که طرح با عوامل دیگری نظیر شیب زمین، تابش خورشید، جهت باد، و ... همراه می‌شود و نقش اینها محدود به چند عنصر و چند موقعیت نیست، طرح معماری نیز با نظام سازه‌ای همراه می‌شود. اما همچنان که از آن پیروی می‌کند، آن را برای خود به خدمت می‌گیرد. همان‌طور که ضرب‌آهنگ به موسیقی نظام می‌دهد و موسیقی با ضرب‌آهنگ همراه می‌شود، هندسه ناشی از سازه نیز به طرح معماری سنتی شکل می‌دهد و به آن نظام می‌بخشد. نظام سازه‌ای دیوار باربر ملاحظات در طرح معماری ایجاد می‌کند که به آن ساختار می‌دهد. دیوار باربر علاوه بر اثری که ظاهر زمخت و ضخیمش بر معماری می‌گذارد، اثر ثانویه جامع‌تر و انکارناپذیری بر هندسه طرح دارد. (جدول ۱)

هنر معماران سنتی در این است که با وجود محدودیت‌های ناشی از سازه، به اهداف فرهنگی، کارکردی، و زیبایی‌شناختی خود رسیده‌اند و مسائل سازه‌ای را چنان ماهرانه در طرح حل کرده‌اند که در نگاه اول اصلاً آن محدودیت به چشم نمی‌آید. این نوع تأثیرات سازه بر طرح معماری اعم از یک فضا یا یک عنصر در فضا هستند و بر ساختار و نظام هندسی بنا مؤثرند.

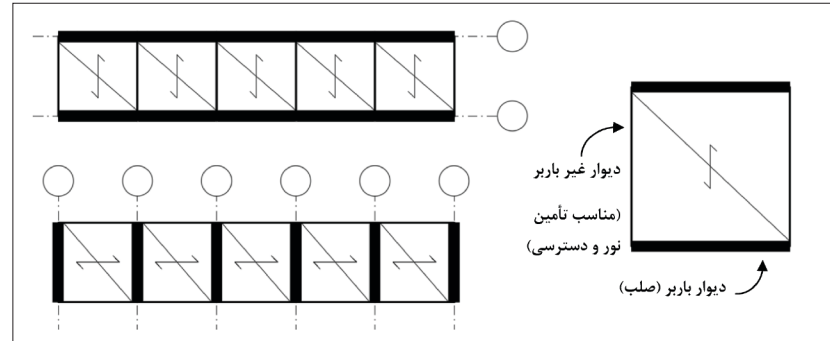
۲۸. محمدرضا بمانیان، هانیه اخوت، و پرهام بقایی، کاربرد هندسه و تناسب در معماری (تهران: نشر هله، ۱۳۹۰)؛ مجتبی انصاری، هانیه اخوت، و علی‌اکبر تقوایی، «حقیقی پیرامون سیر تاریخی سیستم‌های تنظیم تناسب در معماری با تأکید بر ملاحظات کاربردی و زیباشناسی»، کتاب ماه هنر، ش. ۱۵۱ (۱۳۹۰): ۴-۵۶.

۲۹. حاجی‌قاسمی، کامبیز، «هندسه پنهان در نمای مسجد شیخ لطف الله»، صفه، ش. ۲۱ و ۲۲ (۱۳۷۵): ۲۸-۳۳؛ مجتبی پوراحمدی، «هندسه در آرامگاه شیخ زاهد گیلانی: الگویی برای طراحی گنبد در حاشیه جنوبی دریای خزر»، هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی، ش. ۴۳ (۱۳۸۹): ۸۲-۹۲؛ مجتبی رضازاده اردبیلی و مجتبی ثابت فرد، «بازشناسی کاربرد اصول هندسی در معماری سنتی، مطالعه موردی: قصر خورشید و هندسه پنهان آن»، هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی، دوره ۱۸، ش. ۱ (۱۳۹۱): ۲۹-۴۴.

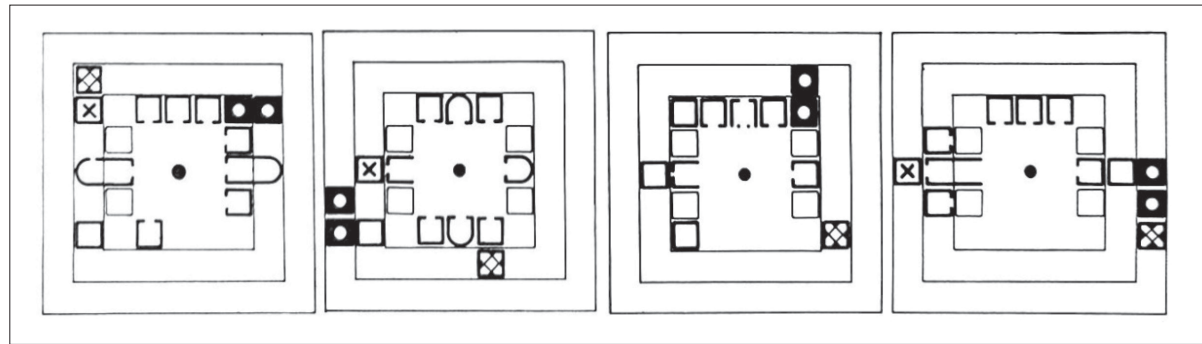
جدول ۱. دسته‌بندی نقش‌های سازه در معماری سنتی، تدوین: نگارنده.

نوع تأثیر	سطح تأثیر	بعضی مصداق‌ها
مباحث نیارشی	جریان نیروها، ابعاد، اندازه‌ها	ضخامت سقف‌ها، قطر دیوارهای باربر، ابعاد دهانه‌ها، رفتار قوس‌ها
مباحث فرمی	سطح بصری: ظاهری، تأثیر مستقیم بر عناصر منفرد سطح ساختاری: تأثیر پنهان و جامع بر کلیت طرح	شکل قوس‌ها، الگوی چینش آجرهای تاق و گنبد، تزیینات سازه‌ای، جزئیات اتصالات نظام هندسی ناشی از سازه، جهت‌گیری، اندازه‌های کلی، گشایش‌ها

ت ۱.
راست. در توزیع بار یک‌طرفه،
باربر بودن یا غیرباربر بودن
دیوارها شخصیت‌های متفاوتی
به آنها می‌دهد و فضا را جهت‌دار
می‌کند؛
چپ. نحوهٔ تکثیر فضاها دو ساختار
متفاوت معماری را شکل می‌دهد.
طرح: نگارنده.



ت ۲. تحلیل پلان همکف چهار
نمونه از خانه‌های یزد بر اساس
ساختار لایه‌های فضایی، مأخذ:
محمدرضا قزلباش و فرهاد
ابوالضیاء، *الفبای کالبد خانه سنتی*
یزد، ص ۶۷



آن ساختار ثابت خانه در نظر گرفته شده که بر نظم خانه حاکم
است و اندام‌های خانه از جمله اتاق، تالار، ایوان، تختگاه، هشتی،
پستو، مطبخ، و ... متغیر و قابل جایگزینی‌اند.

مخالفت‌های فلسفی و جامعه‌شناختی با موجودیت
تغییرناپذیر یک ساختار حاکم باعث شده است دیدگاه
ساختارگرایانه به تدریج رنگ باز و نظامات حاصل از برهم‌کنش
اجزا جای آن را بگیرد. نظام هندسی مورد نظر در این مقاله نیز
چنین نظام منعطفی است. اما به دلیل ساده‌سازی در ابتدای امر،
با تسامح با فرض غلبهٔ تنها یک ساختار ثابت بر کل معماری،
به تشریح و ترسیم اشکال پرداخته شده است. می‌توان دو نوع
ساختار متفاوت را بر اساس جهت‌گیری‌های مختلف سازه در
نظر گرفت. در یک ساختار، دیوارهای باربر عمود بر حیاط و
به تبع آن طاق‌ها رو به حیاط قرار می‌گیرند (ت ۳. راست). در

و جهت‌گیری آن کیفیت‌های فضایی خاص را در اختیار طراح
قرار می‌دهد، امکان یا عدم امکان وجود عناصری مانند ایوان،
ستاونده، تالار، شاه‌نشین، و ... را تعیین می‌کند، و محدودیت‌های
اندازه‌های آنها را مشخص می‌کند.

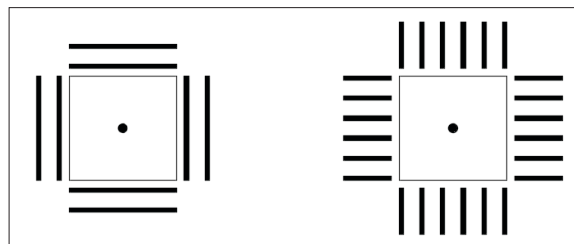
معماران سنتی نه تنها جهت توزیع بار را در تکثیر فضاها
تغییر نمی‌دادند، بلکه در جبهه‌های مختلف حیاط نیز از یک
جهت‌گیری یکسان نسبت به حیاط پیروی می‌کردند. این نظام
هندسی که از الزامات سازه‌ای ناشی می‌شود، به نحوی ساختار
کلی بنا را تعریف می‌کند. قزلباش و ابوالضیاء در بخشی از
کتاب *الفبای کالبد خانه سنتی* یزد ساختاری مبتنی بر سه لایهٔ
فضایی حول حیاط مرکزی ارائه می‌دهند و سپس به شرح و
بسط آن در مصادیق می‌پردازند^{۴۷} (ت ۲). در نگاه ساختارگرایانه
در این کتاب، مجموعهٔ حیاط مرکزی و سه لایهٔ فضایی اطراف

۳۰. نادر اردلان و لاله بختیار، *حس وحدت* (تهران: نشر خاک، ۱۳۹۱)؛
عبدالحمید نقره‌کار، *درآمدی بر هویت معماری اسلامی در معماری و شهرسازی* (تهران: وزارت مسکن و شهرسازی، تهران، ۱۳۸۷)؛ الناز صدیق محمدنیا، «نقش هندسه در معماری ایرانی»، *کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و منظر شهری*، استانبول، ۱۳۹۵.

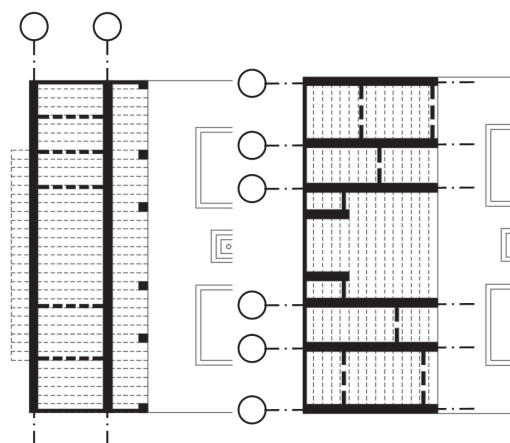
۳۱. محمدجواد مهدوی‌نژاد و کاوان جوانرودی، «مقایسهٔ تطبیقی اثر جریان هوا بر دو گونه بادگیر یزدی و کرمانی»، *فصلنامه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی*، ش. ۴۸ (۱۳۹۰): ۷.

ت ۳. دو ساختار هندسی حاصل از جهت‌گیری‌های مختلف سازه (طرح: نگارنده): راست. دیوارهای باربر عمود بر اضلاع حیاط؛ چپ. دیوارهای باربر به موازات اضلاع حیاط.

ساختاری دیگر دیوارهای باربر و به تبع آن طاق‌ها پهلوی به حیاط قرار می‌گیرند (ت ۳. چپ).



در هر جبهه حیاط در ساختار نوع اول، دیوارهای باربر راستای عمود بر اضلاع حیاط قرار می‌گیرند و طاق‌ها پهلوی به پهلوی روی دیوارها می‌نشینند که در عین حال باعث می‌شود رانش طاق‌های مجاور نیز با هم خنثی شود. این ساختار دارای طاق‌های رو به حیاط است (ت ۴. راست). در این صورت سازه‌های طاقی عمود بر ضلع حیاط ایجاد می‌شود که طراح می‌تواند به حسب نیاز با تقسیم طولی هریک، فضاها را به هم پیوند دهد. در پس یکدیگر ایجاد کند یا سازه طاقی را تا هر عمق مورد نیاز عمود بر حیاط ادامه دهد. معمولاً در چنین خانه‌هایی فضاها را ایوان، تالار، و پستوی یکی پس از دیگری پشت هم قرار



ت ۴. مقایسه دو جهت دیوارهای باربر و تأثیر آن بر ساختار فضایی در یک جبهه حیاط در پلان‌های فرضی (طرح: نگارنده): راست. دیوارهای باربر عمود بر ضلع حیاط موجب شفافیت، عمق فضایی، و ایجاد ترتیب (بر اساس اولویت‌های سازه) می‌شود؛ چپ. دیوارهای باربر موازی ضلع حیاط امکان تشکیل رواق و ستاوند یا طره را ایجاد می‌کند.

می‌گیرند و یک سلسله مراتب دسترسی ایجاد می‌کنند. همچنین از لحاظ عملکردی چند حلقه فضا به دور حیاط تشکیل می‌شود که عمق دسترسی متفاوتی دارند.

اما اگر دیوارهای باربر یک جبهه ساختمان به موازات ضلع حیاط قرار گیرد، ساختار متفاوتی ایجاد می‌شود که در آن طاق‌ها پهلوی حیاط قرار می‌گیرند (ت ۴. چپ). دیوارهای باربر این طاق‌ها با محدود کردن عمق نفوذ نور و دسترسی مانند سدی اجازه تشکیل عمق فضایی بیشتر از یک لایه را نمی‌دهند. در این نوع خانه‌ها معمولاً تنها یک حلقه از فضاها در اطراف حیاط تشکیل می‌شود یا صرفاً دو نوار فضایی در شمال و جنوب حیاط شکل می‌گیرد. در عوض، در این نظام اگر از سقف تیرپوش استفاده شود، رانشی وجود نخواهد داشت و از آنجاکه جهت تیرریزی عمود بر ضلع حیاط قرار می‌گیرد، امکان ایجاد طره سازه‌ای (مانند شناسیل) یا عنصری مثل ستاوند فراهم می‌شود. معمار در این ساختارهای هندسی با دست باز و فراغ بال طراحی کرده است. تصمیمات معمار همیشه بر مبنای حالت بهینه سازه‌ای نبوده و موارد قابل توجهی دیده می‌شود که به دلیل ارجحیت دادن به جنبه‌های دیگر طراحی، برخلاف اولویت‌های سازه عمل شده است. در توزیع بار یک طرفه بر چشمه مستطیلی، از نظر سازه‌ای بهتر است که دیوارهای طولی باربر شوند تا بار سقف در جهت عرض مستطیل توزیع شود. در نتیجه بار در مسیر کوتاه‌تری به دیوارها منتقل شود. در سقف‌های تیرپوش با طول تیر مشخص می‌توان چشمه‌های بزرگ‌تری را پوشاند و در سقف‌های طاقی خیز کمتری ایجاد کرد که این کار کمک می‌کند ایجاد بام مسطح یا کف مسطح برای طبقه بالا آسان‌تر شود. اما در خانه‌های سنتی جهت‌گیری توزیع بار لزوماً در عرض مستطیل فضا نیست. در بعضی، تالارها و اتاق‌های بزرگ دیده می‌شود که معمار برای شفاف کردن جبهه مجاور حیاط، بار سقف را در طول مستطیل توزیع و طاقی بلندتر ایجاد کرده است.

۳۲. محبوبه نوحی و محسن قاسمی، «واکاوای مفهوم هندسه در معماری سنتی ایران و کاربرد آن در معماری معاصر» (نمونه موردی: خانه داروغه شهر مشهد)، معماری‌شناسی، دوره ۳، ش. ۱۹ (۱۳۹۹): ۱۶۵-۱۷۵.

۳۳. غلامحسین معماریان، معماری ایرانی، به تقریر استاد محمدکریم پیرنیا (تهران: سروش دانش، ۱۳۸۷)، ۱۴۷-۱۶۱.

۳۴. محمدکریم پیرنیا، سبک‌شناسی معماری ایران (تهران: سروش دانش، ۱۳۸۶)، ۲۷۲.

عمدتاً در این نوع خانه‌ها کشیدگی اتاق‌ها عمود بر حیاط قرار می‌گیرد و اتاق‌ها از ضلع کوچک‌ترشان با حیاط در ارتباط هستند. به‌همین دلیل، تعداد اتاق‌های بیشتری در هر ضلع حیاط طراحی می‌شود. باربر نبودن دیوارهای انتهایی ایوان یا اتاق‌ها امکان عبور از داخل آنها و ایجاد ارتباط قوی بین لایه‌های مختلف اتاق‌ها و پستوها را مهیا و مجموعه‌ای تودرتو با عمق فضایی بیشتر ایجاد می‌کند که در صورت باربر شدن دیوارهای انتهایی ممکن نبود (ت ۵). در «تصویرهای ۶ و ۷» نمونه‌هایی از این نوع مشاهده می‌شود که ساختار سازه (جهت‌گیری دیوارهای باربر و غیرباربر) در پلان آنها به‌آسانی قابل تشخیص است.

این شیوه جهت‌گیری سازه‌ای شیوه غالب دیگر بناهای تاریخی ایران نیز هست. ساختار طاق‌های رو به حیاط در کاروان‌سراها، مدارس، تیمچه‌ها، و سراهای بازار ساختاری شناخته‌شده است. بدون این ساختار تولید اندام‌های معماری و کیفیات فضایی شناخته‌شده در معماری سنتی ایران ممکن نبود. این ساختار است که اجازه می‌دهد عنصری به نام ایوان و به‌تبع آن الگوی چهار ایوانی در معماری ایران خودنمایی کند؛ زیرا در صورت قرارگیری دیوار باربر به‌موازات ضلع حیاط

این تصمیم برخلاف ارزش‌های سازه‌ای است (هرچند از لحاظ سازه‌ای امکان‌پذیر است). ملاک تصمیم‌گیری معمار برای جهت توزیع بار در این فضاها، نحوه قرارگیری فضای مورد نظر نسبت به حیاط است. در این تصمیم‌گیری یک ملاک کل‌گرا (نسبت فضا با حیاط) بر یک ملاک جزء‌گرا (تناسبات طول و عرض فضا) اولویت داشته و این نشان می‌دهد در این تصمیم‌گیری رعایت ساختار هندسی خانه مهم‌تر از ملاحظات سازه‌ای تک‌فضاهاست.

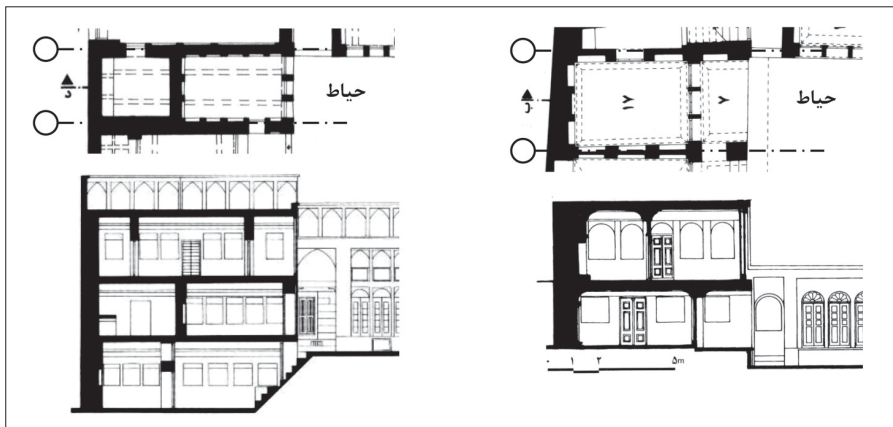
۵. نظام هندسی - سازه‌ای غالب در خانه‌های ایران

هنگامی که سخن از معماری سنتی درون‌گرای ایران به میان می‌آید، عموماً منظور معماری مناطق مرکزی آن (اقلیم گرم و خشک) است. معماری این خانه‌ها در کاشان، اصفهان، یزد، و شیراز واجد نوعی نظام هندسی - سازه‌ای است؛ البته در شهرها و اقلیم‌های دیگر نیز می‌توان نمونه‌هایی از آن را یافت. این نظام هندسی در اکثر شهرهای ایران غالب است.

در مناطق مرکزی ایران، دیوارهای باربر در طراحی خانه‌ها در راستای عمود بر حیاط قرار می‌گیرند و سقف‌های طاقی شکل روی این دیوارها بنا می‌شود که رو به حیاط قرار می‌گیرند. این تصمیم به‌ظاهر ساده در مورد راستای دیوارهای باربر قابلیت بروز کیفیات متعددی را در فضای معماری ایجاد می‌کند.

ت ۵. فضاهاى چندلایه با عمق زیاد، حاصل قرارگیری دیوارهای باربر عمود بر ضلع حیاط. دیوارهای نازک مقطع که روی یکدیگر قرار ندارند، غیرباربر هستند.

راست. خانه کهنکشان، اصفهان، مأخذ: حاجی‌قاسمی و همکاران، گنجنامه: فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران، دفتر چهارم، خانه‌های اصفهان؛ ص ۱۳۴ و ۱۳۶. چپ. خانه عرب‌ها، یزد، مأخذ: حاجی‌قاسمی و همکاران، گنجنامه: فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران، دفتر چهاردهم، خانه‌های یزد. ص ۱۱۰ و ۱۱۱.



۶. نظام هندسی - سازه‌ای دوم، پراکنده در ایران

در مقایسه با نظام اول، این نظام مبتنی است بر دیوارهای باربری بناشده به موازات اضلاع حیاط و طاق‌هایی پهلوی به حیاط. نظام دوم عمدتاً در این مناطق کشور دیده می‌شود: لکه‌ای در شمال و شمال شرقی کشور شامل شهرهای مشهد، نیشابور، و سبزوار و لکه‌ای در جنوب کشور شامل شهرهای بوشهر، بندرعباس، بندر لنگه، و بندرکنگ.^{۴۸} از آنجاکه این نظام کمتر رایج بوده است، در ادامه، فقط شهرهایی از این دو حوزه به ترتیب معرفی می‌گردند.

و شکل‌گیری طاق‌های پهلوی به حیاط، عملاً دهانه ایوان کور می‌شد. این ساختار است که شکل‌گیری فضاهای تودرتو، درون‌گرا، و دارای سلسله‌مراتب مفصل را تسهیل می‌کند؛ زیرا با امتداد دادن دیوارهای باربر عمود بر حیاط و فربه شدن توده فضایی، پیوستگی بین لایه‌های اتاق‌ها و فضاهای پشت یکدیگر ادامه می‌یابد، در صورتی‌که با قرارگیری دیوارهای باربر به موازات اضلاع حیاط، لایه‌های فضایی شکل‌گرفته حول حیاط با همین دیوارها از یکدیگر قطع می‌گردد و دسترسی، ارتباط فضایی، و نور در لایه دوم به بعد ادامه نمی‌یابد.

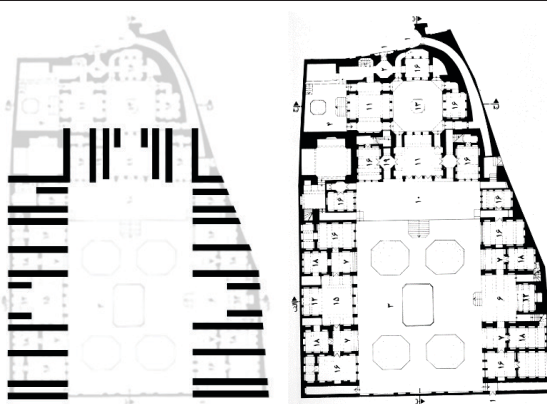
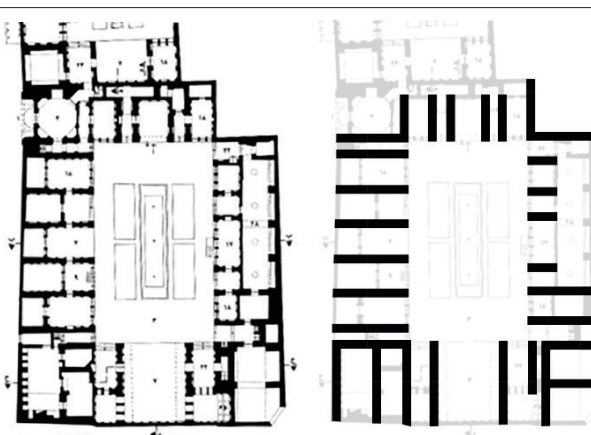
ت ۶ (بالا). خانه

لاری‌ها در یزد: راست. راستای دیوارهای باربر عمود بر حیاط؛ وسط. پلان همکف، مأخذ: حاجی قاسمی و همکاران، گنجنامه: فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران، دفتر چهاردهم، خانه‌های یزد؛ ص ۱۷۱.

چپ. نمای طاقی با شفافیت زیاد و وجود ایوان، مأخذ: رسانه مجازی نگاه، «خانه لاری‌ها یزد». دسترسی در تاریخ ۲۳ آذر ۱۳۹۲ به نشانی http://www.negahmedia.ir/mob/media/show_pic/40992

ت ۷ (پایین). خانه آل یاسین در کاشان:

راست. راستای دیوارهای باربر عمود بر حیاط؛ وسط، پلان همکف، مأخذ: حاجی قاسمی و همکاران، گنجنامه: فرهنگ آثار معماری اسلامی ایران، دفتر اول، خانه‌های کاشان؛ ص ۱۴. چپ. نمای طاقی با شفافیت زیاد و وجود ایوان، مأخذ: اسلوب، «خانه آل یاسین کاشان»، دسترسی در تاریخ ۲۰ آبان ۱۴۰۰ به نشانی <https://seeiran.ir/خانه-آل-یاسین/>



۳۵. مجتبی ثابتفرد، مطالعه ساختار مولد هندسی در معماری سنتی ایران، (دانشگاه شهید بهشتی، شهریور ۱۳۹۹)، ص ۱۸۲.

36. A.J. Macdonald, *Structure & Architecture* (New York: Routledge, 2019), 5.

37. R.J. Mainstone, *Structure in Architecture: History, Design and Innovation* (Taylor & Francis, 2024), 79.

38. Macdonald, *Structure & Architecture*, 4.

39. H. Engel, *Tragsysteme, Structure Systems* (Darmstadt, Germany: Verlag Gerd Hatje, 1997), 19.

40. Macdonald, *Structure & Architecture*, 5.

جدول ۲. خانه‌هایی در مشهد با گونه دوم نظام هندسی. ترسیمات از فرحبخش و همکاران، «گونه‌شناسی خانه‌های تاریخی بافت قدیم شهر مشهد، از اوایل قاجار تا اواخر پهلوی اول»، ص ۱۰۲، ۱۰۵ و ۱۰۷.

تعدادی از خانه‌های تاریخی شهر مشهد با پیروی از نظام هندسی - سازه‌ای غالب در ایران ساخته شده‌اند، اما تعداد خانه‌هایی که از نظام هندسی - سازه‌ای دوم پیروی می‌کنند هم قابل توجه هستند. در «جدول ۲» نمونه‌هایی از خانه‌های مشهد با نظام دوم معرفی شده است. از میان خانه‌های قاجاری مورد مطالعه در این پژوهش، خانه‌های امیری، توکلی، داروغه (زوار یزدی)، ناصری، اردکانی، بلخاست، کرمانی، و زرین‌زاده از نظام هندسی - سازه‌ای دوم پیروی می‌کنند که در آنها راستای دیوارهای باربر به موازات اضلاع حیاط است. این انتخاب طراح

بخش قدیم شهر مشهد، به فراخور اوضاع اقلیمی، بافتی متراکم و فشرده دارد. فرهنگ درون‌گرایی در معماری خانه‌های ایرانی به صورت حیاط مرکزی در اینجا نیز جلوه می‌نماید. جبهه اصلی ساختمان به صورت دوطبقه در بخش شمالی قرار داشته است. بخش جنوبی به فضاهای خدماتی، تابستان‌نشین، و همچنین، زیرزمین و حوض‌خانه اختصاص می‌یافت. خانه‌های برجای‌مانده در بافت تاریخی مشهد وسعت، تنوع، و تعدد فضایی خانه‌های اقلیم گرم و خشک را نداشته و ساده‌تر و با تزئینات کمتری ساخته شده‌اند.^{۴۹}



دارای سقف‌های تیرپوش و بادگیر هستند، اما ساختار فضایی ساده‌ای دارند.^{۵۱}

نظام هندسی - سازه‌ای دوم در این مناطق غالب است و کمتر مواردی از نظام اول پیروی می‌کند. در همه خانه‌های بررسی شده در بوشهر از نظام دوم پیروی شده است. در اینجا نیز تصمیم طراحان بر قرار دادن دیوارهای باربر به موازات اضلاع حیاط و در نتیجه ایجاد فضاهایی یک لایه حول حیاط احتمالاً علت اقلیمی نیز داشته است؛ زیرا فضای یک لایه می‌تواند در دو طرف پنجره داشته باشد و به آسانی قابل تهویه طبیعی است. در «جدول ۳» نمونه‌هایی از خانه‌های بوشهر با نظام دوم معرفی می‌شود.

قابلیت بروز کیفیات معماریه دیگری را در این نوع خانه‌ها ایجاد کرده است.

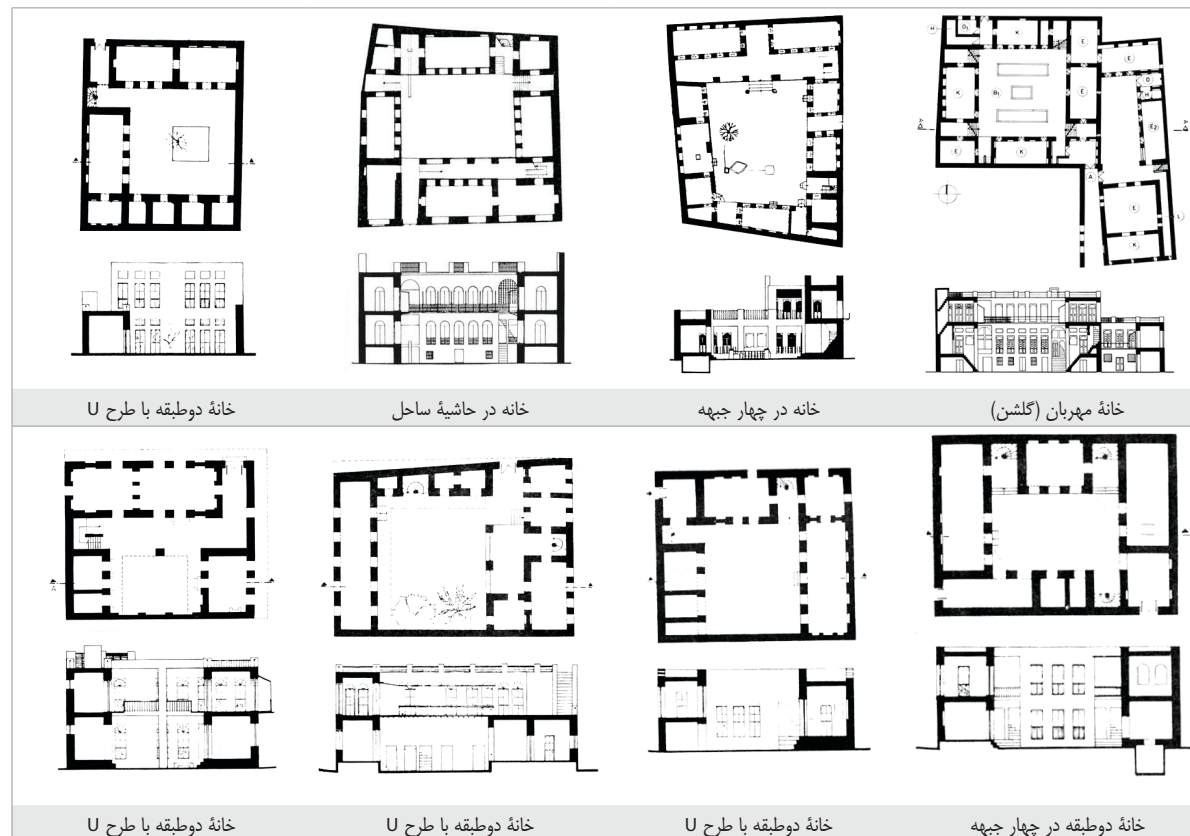
در شهرهای جنوبی نیز مصادیق بسیاری از معماری سنتی از بین رفته و تنها یک سوم از خانه‌های بافت تاریخی شهر باقی مانده است.^{۵۲} در بندرعباس، کنگ، و لنگه بافت تاریخی کم‌تراکم و متوسط با خانه‌های یک طبقه و در بوشهر بافت پرتراکم با خانه‌های دو یا چند طبقه را شاهد هستیم. خانه‌ها دارای حیاط مرکزی و درون‌گرا هستند، در عین حال از چند طرف به گذرها دسترسی دارند و طارمه و شناسیل‌های رو به خارج به آنها ویژگی‌های برون‌گرایی نیز می‌بخشد، عموماً

41. Engel, *Tragsysteme, Structure Systems*, 19.

42. Macdonald, *Structure & Architecture; Mainstone, Structure in Architecture: History, Design and Innovation*.

43. B.N. Sandaker, A.P. Eggen, and M.R. Cruvellier, *The Structural Basis of architecture* (New York: Routledge, 2019).

۴۴. محمدکریم پیرنیا، سبک‌شناسی معماری ایران.



جدول ۳. خانه‌هایی در بوشهر با گونه دوم نظام هندسی. ترسیمات از وزارت مسکن و شهرسازی، زندگی جدید - کالبد قدیم: گزیده‌ای از بناهای با ارزش تاریخی، جلد سوم، ص ۵۲ و ۵۴؛ معماران، آشنایی با معماری مسکونی ایرانی گونه‌شناسی درون‌گرا. ص ۱۴۰-۱۱۸.

درون - بیرون را تجربه می‌کند و فضاهای میانی (نیمه‌باز) تقریباً از بناها حذف یا در مقایسه با ایوان‌های نظام اول تضعیف شده‌اند. ممکن است این تفکیک قوی بین داخل و خارج در اقلیم نسبتاً سرد خراسان مزیتی حرارتی نیز ایجاد کند.

طول دهانه قابل‌پوشش توسط تیر چوبی محدود است و در نتیجه فاصله دیوارهای باربر نمی‌تواند از حد مشخصی بیشتر باشد. در نتیجه توسعه اتاق‌ها و فضاها در این ساختار تنها در راستای دیوارهای باربر (به موازات ضلع حیاط) امکان‌پذیر است. توسعه عمود بر ضلع حیاط از راه ایجاد ردیف سوم دیوار باربر

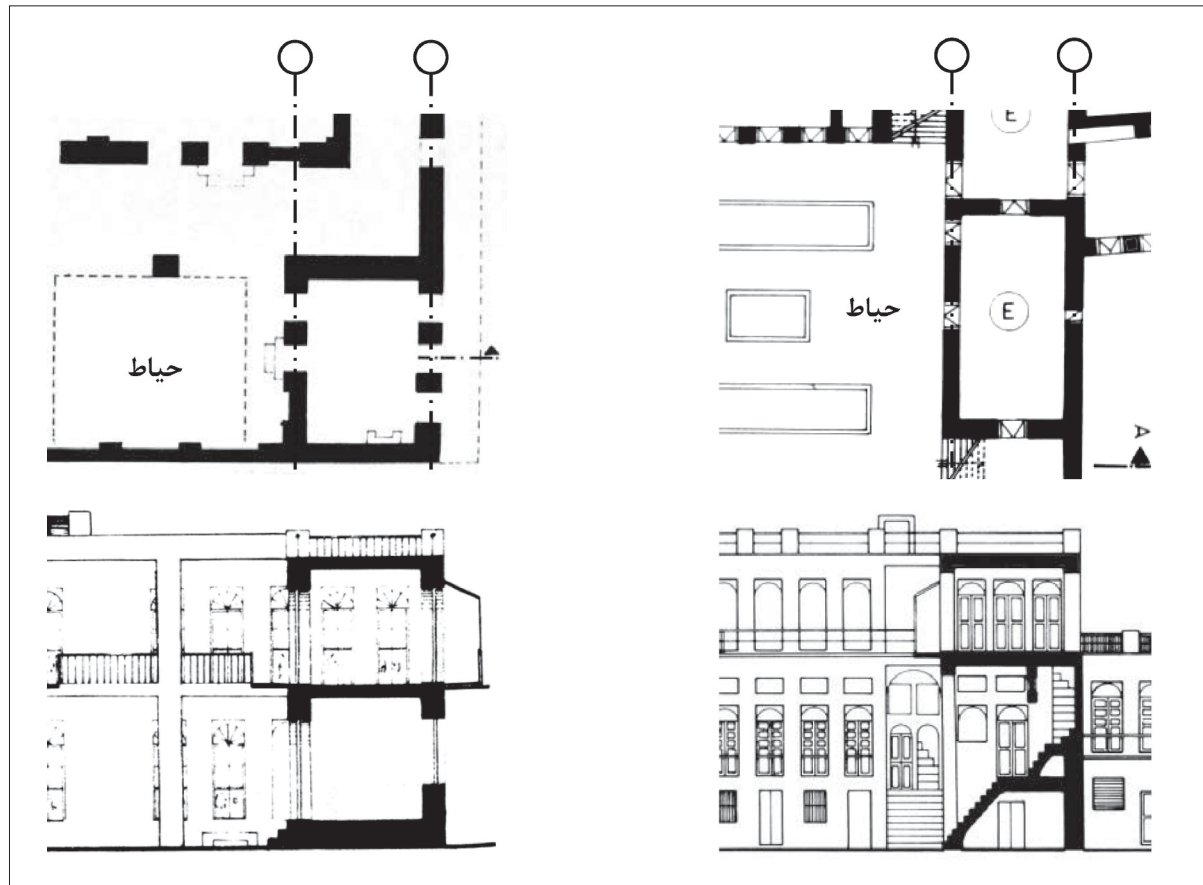
در این نظام، سقف‌ها، در مناطق مختلف ایران از نوع طاقی یا تیرچوبی هستند که جهت تیرریزی آنها عمود بر ضلع حیاط است. تیرهای سقف می‌تواند به صورت طره از دیوارهای باربر خارج شود تا عناصری نظیر سایبان، ستاوند، و شناسیل را ایجاد کند. این عناصر مختص نظام هندسی - سازه‌ای دوم است و در صورت تغییر جهت دیوارهای باربر (و در نتیجه تغییر جهت تیرریزی مثل نظام اول) قابل‌ایجاد نبود.

در عین حال تفکیک فضایی ایجاد شده بین فضای باز و بسته قوی‌تر است. انسان در این نوع خانه‌ها تنها یکی از دو حالت

۴۵. واضح است که طرح معماری تنها ناشی از محدودیت‌های سازه‌ای نیست و عوامل فرهنگی، کاربردی و ... باید یکجا در نظر گرفته شوند. اما ملاحظات سازه‌ای در ایجاد قابلیت‌ها یا محدودیت‌های طراحی نقشی تعیین‌کننده داشته‌اند.

ت ۸ فضاهای تک‌لایه با عمق محدود و دارای پیش‌آمدگی، حاصل قرارگیری دیوارهای باربر به موازات ضلع حیاط. دیوارهای ضخیم مقطع که روی یکدیگر قرار دارند باربر هستند. راست. خانه مهریان، بوشهر، مأخذ: وزارت مسکن و شهرسازی، گزیده‌ای از بناهای ارزش تاریخی، جلد سوم، ص ۵۲ و ۵۴؛

چپ. خانه‌ای با طرح ل، بوشهر، مأخذ: معماریان، آشنایی با معماری مسکونی ایرانی گونه شناسی درون‌گرا، ص ۱۲۶ و ۱۲۷.



۸. یافته‌ها و تحلیل آنها

آنچه گفته شد قواعد و قابلیت‌های کلی ایجادشده بر اثر تصمیمات سازه‌ای در معماری هستند. این قواعد معمار را به جهت‌های خاصی سوق می‌دهند، اما تعیین‌کننده نهایی نیستند. وجود این قواعد مورد شک نیست و بروز قابلیت‌هایی که گفته شد تنها حاصل از نظام سازه است؛ باین‌حال معمار در حین طراحی در بهره بردن یا نبردن از قابلیت‌ها مختار است؛ زیرا تصمیمات معمار، مخصوصاً در طراحی خانه‌ها، هیچ‌گاه یک‌جنبه‌ای و تابع یک منطق نیست. هدف در این مقاله شرح منطق سازه‌ای بود که در کنار جنبه‌های عملکردی، فرهنگی، معناشناختی، زیبایی‌شناختی، و ... قرار گیرد.

در خانه‌های سنتی استثنائات و توسعه‌های بسیاری در این قواعد دیده می‌شود که هنر طراح و چیره‌دستی وی را نمایش می‌دهد. بعضی استثنائات در اندام‌های منفرد معماری دیده می‌شود؛ به‌طور مثال در اتاق‌های شکم دریده و بعضی تالارهای بادگیر خانه‌های مناطق مرکزی، اگرچه راستای شفافیت فضا تابع جهت سازه است، جهت کشیدگی فضا از آن تبعیت نمی‌کند. همچنین در کاشان سقف گنبدی بر تعدادی از تالارها، ایوان‌ها و سایر فضاها دیده می‌شود که توزیع باری

به‌موازات دیوارهای قبلی نیز، به‌دلیل قطع ارتباط، دسترسی، و نور، چندان متداول نبوده است. در نتیجه در بناهای طراحی‌شده با این نظام هندسی کمتر شاهد لایه‌های مختلف فضایی ایوان، اتاق، و پستو هستیم و عموماً توده ساختمانی تنها یک لایه اتاق دارد (ت ۸).

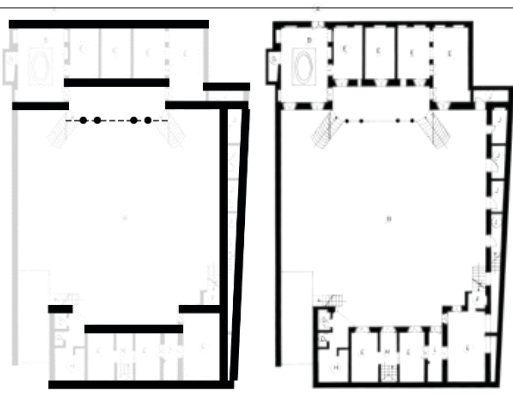
از طرفی، کشیدگی اتاق‌ها به‌موازات اضلاع حیاط است و اتاق‌ها از ضلع بلندترشان در مجاورت حیاط قرار می‌گیرند. در نتیجه در هر جبهه حیاط تعداد اتاق‌های کمتری می‌تواند قرار گیرد. با تعداد اتاق کمتر و توده ساختمانی یک‌لایه، در این نظام مساحت فضای بسته خانه به‌طور قابل‌توجهی کمتر از خانه‌های نظام غالب (مناطق مرکزی ایران) است. در «تصویرهای ۹ و ۱۰» نمونه‌هایی از این نوع مشاهده می‌شود که ساختار سازه (جهت‌گیری دیوارهای باربر و غیرباربر) در پلان آنها به‌آسانی قابل‌تشخیص است.

۷. مقایسه دو نظام

دو نظام معرفی‌شده در این مقاله قابلیت‌ها و محدودیت‌های متفاوتی را ایجاد می‌کنند که شرح آن رفت. در «جدول ۴» به‌طور خلاصه این قابلیت‌ها و محدودیت‌ها مقایسه شده است.

۴۶. طبق مشاهدات در این پژوهش، سقف گنبدی کمتر در ساختار اصلی خانه‌ها به کار می‌رفت و معمولاً در فضاهای مربع‌شکل گوشه‌های زمین کاربرد داشت که تنها راه نورگیری آنها از سقف بود. همچنین فضای مستطیلی حاصل از طاق و تیر چوبی بسیار خوش‌تناسب‌تر و کاربردی‌تر از فضای مربعی حاصل از گنبد است.

ت ۹. خانه داروغه (زوار یزدی) در مشهد: راست. راستای دیوارهای باربر در امتداد اضلاع حیاط؛ وسط. پلان همکف، مأخذ: وزارت مسکن و شهرسازی، زندگی جدید - کالبد قدیم، گزیده‌ای از بناهای بارز تاریخ، جلد دوم، ص ۱۴۶؛ چپ. نمای نسبتاً تخت با ستاوند، مأخذ: انتظار، «خانه تاریخی داروغه، برنده جایزه ۲۰۱۶ حفظ و نگهداری میراث فرهنگی یونسکو، اثر دفتر معماران بن، مشهد»، دسترسی در تاریخ ۱۸ شهریور ۱۳۹۵ به نشانی <https://www.setavin.com/1920-خانه-تاریخی-داروغه-برنده-جایزه-2016-حفظ-و-نگهداری-میراث-فرهنگی-یونسکو-اثر-دفتر-معماران-بن-مشهد>



۴۷. محمدرضا قزلباش و فرهاد ابوالضیاء، *القبای کالبد خانه سنتی یزد* (تهران: وزارت برنامه و بودجه، ۱۳۶۴).

۴۸. اظهارنظر قطعی درباره حوزۀ پراکندگی و فراوانی این دو نظام نیازمند دسترسی گسترده به منابع ترسیمی خانه‌های همه شهرهای ایران است که در زمان این پژوهش امکان‌پذیر نشد و از اهداف اصلی این مقاله نیز خارج بود. پس از معرفی و تبیین این دو نظام در مقاله حاضر، پژوهش جداگانه‌ای درباره فراوانی و پراکندگی این دو نظام می‌تواند انجام شود.

ت ۱۰. خانه مهربان (عمارت گلشن) در بوشهر:

راست. راستای دیوارهای باربر در امتداد اضلاع حیاط؛ وسط. پلان همکف، مأخذ: وزارت مسکن و شهرسازی، *زندگی جدید - کالبد قدیم*، ص ۵۴؛

چپ. نمای با تکرار یکنواخت پنجره‌ها و دارای پیش‌آمدگی، مأخذ:

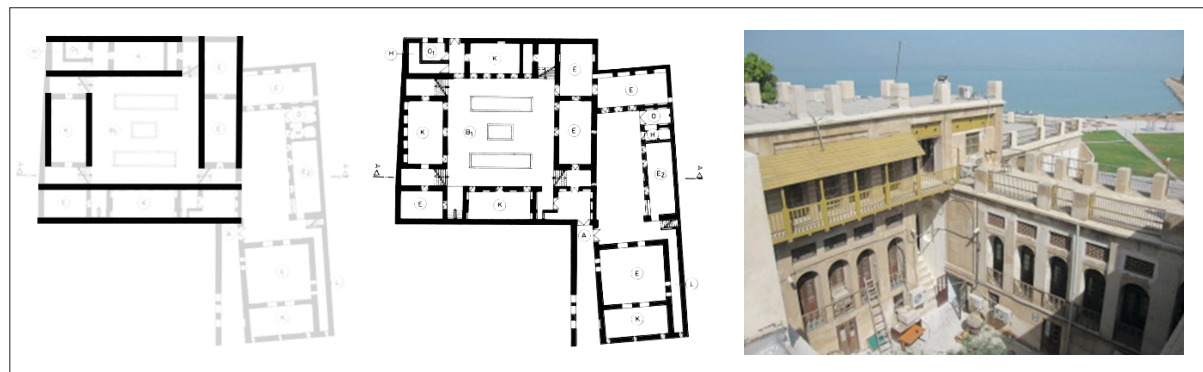
Parsaee, et al., "Space and Place Concepts Analysis Based on Semiology Approach in Residential Architecture", *HBRC Journal*, vol. 11, no. 3 (December 1, 2015): p. 377.

بین دو حیاط مقابل به هم دارند، در خانه گلشن یزد یک اتاق و یک تالار بین دو حیاط گوشه‌به‌گوشه مشترک هستند، و تالار خانه علاقیند در کاشان بین سه حیاط مشترک است.

در مثال‌های فوق، کل خانه با یک نوع نظام طراحی شده است. اما در نمونه‌های نادری نیز دو نوع نظام مختلف با مهارت ترکیب شده است. در خانه قلی‌خان زند در قم یک جبهه حیاط با ساختار نوع اول و سه جبهه دیگر با ساختار نوع دوم طراحی شده‌اند. گاهی اندام‌های نظام‌های مختلف را در یک خانه می‌بینیم؛ به‌طور مثال ایجاد ستاوند در نظام اول در خانه چرمی، دکتر اعلم، و شیخ الاسلام اصفهان و ستاوند طاق‌دار در خانه جهان‌آرایی، رضاحسینی، و صالح کاشان. گاهی نیز به‌سبب ضخیم بودن همه دیوارها، خانه و فضاهای آن خصوصیتی از هر دو نظام یافته‌اند؛ مانند خانه‌های لباف در اصفهان و شربت‌اوغلی، مجتهدی، حاج شیخ، و علوی در تبریز. وجود این استثناها و توسعه‌ها نشان می‌دهد نظامات معرفی‌شده در این مقاله برای معمار سنتی نوعی الگوی ایدئال نبوده‌اند که او سعی کند بدان دست یابد، بلکه نوعی زیردستی، طرح پیش‌فرض، و نقطه شروع بوده که خلاقیت و هنرنمایی وی بعد از آن آغاز می‌شده است.

متفاوت از آنچه گفته شد دارد. استثناهای دیگری نیز در ترکیب اندام‌ها دیده می‌شود؛ به‌طور مثال نحوه شکل‌گیری شناسیل و طارمه در گوشه‌های داخلی و خارجی اندکی متفاوت است با آنچه شرح داده شد. قطعیت یک‌رديفه بودن حلقه فضاهای اطراف حیاط در نظام دوم نیز تام نیست؛ به‌طور مثال در خانه فاروق در بندرلنگه، دو حلقه فضا به دور حیاط طراحی شده است.

در این مقاله دو نظام هندسی به‌طور جداگانه معرفی شد. اغلب خانه‌ها از این دو نوع هستند؛ بدین معنی که یک حیاط و یک ساختار خالص دارند. اغلب خانه‌های یزد و کاشان در نظام اول و تقریباً همه خانه‌های نظام دوم چنینند. در خانه‌های چندحیاطه نیز معمولاً فضاهای اطراف هر حیاط، رو به همان حیاط و مستقل از نظام حیاط‌های دیگر طراحی شده‌اند، گویی چند خانه مستقل هستند. خانه‌های لاری‌ها، اردکانیان، و رسولیان در یزد و خانه مهربان در بوشهر نمونه‌هایی از خانه‌های چندحیاطه با نظامات مستقلند. اما خانه‌هایی دارای چند نظام پیوسته نیز می‌توان یافت. در این خانه‌ها هر حیاط ساختار خود را دارد، اما در لکه‌هایی هم‌پوشانی و فضاهایی مشترک ایجاد شده است که هنرمندانه در هردو ساختار نقش دارند؛ به‌طور مثال خانه‌های ملک و عرب کرمانی در یزد تالارهایی مشترک



نتیجه گیری

دو نظام هندسی تشکیل دهنده خانه‌های سنتی در این مقاله معرفی شد. این نظام‌ها بدو ناشی از یک امر سازه‌ای، یعنی جهت‌گیری دیوارهای باربر در ارتباط با حیاط بنا هستند. اما طراحان سنتی از دل این نظام‌های سازه‌ای کیفیات متفاوت و مختلف معماری را استخراج کرده‌اند. در نظام اول که دیوارهای باربر در راستای عمود بر ضلع حیاط قرار می‌گیرند، توده ساختمانی دارای عمق و لایه‌های بیشتری است؛ عناصری نظیر ایوان، راهرو، پستو، و ... ترتیبی از فضاها ایجاد می‌کنند و فضاها در طیفی از باز و نیمه‌باز تا کاملاً بسته قرار می‌گیرند. در نظام دوم که دیوارهای باربر در راستای ضلع حیاط ساخته می‌شوند، توده ساختمانی یک‌لایه می‌شود؛ فضاها غالباً بسته یا باز هستند و نقش اندام‌های نیمه‌بازی نظیر ستاوند، شناسیل، و طارمه که تنها در این نظام قابل‌ایجاد هستند، در مقایسه با ایوان‌های نظام اول کمرنگ‌تر است.

نظام هندسی - سازه‌ای اول در خانه‌های درون‌گرای ایران بسیار رایج است. در کاشان، اصفهان، یزد، و شیراز این نظام غالب است و در سایر نقاط ایران از جمله دامغان، سمنان، کرمان،

۴۹. مرتضی فرح‌بخش، پیروز حناچی، و معصومه غنائی، «گونه‌شناسی خانه‌های تاریخی بافت قدیم شهر مشهد، از اوایل قاجار تا اواخر پهلوی اول»، ۱۰۳.

۵۰. اعظم هدایت و پرستو عشرتی، «گونه‌شناسی شکلی و استقراری شناسیل در معماری بومی بندر بوشهر»، پژوهش‌های معماری اسلامی، ش. ۱۳، ۱۳۹۵: ۴۵.

۵۱. غلامحسین معماریان، آشنایی با معماری مسکونی ایرانی گونه‌شناسی درون‌گر (تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۴)، ۷۲-۸۳.

جدول ۴. مقایسه دو نظام هندسی - سازه‌ای، تدوین: نگارنده.

دزفول، شوشتر، همدان، سنندج، اردبیل، و ارومیه نیز قابل‌رویت است. نظام هندسی دوم در برخی از خانه‌های مشهد، نیشابور، سبزوار، و همچنین بوشهر، بندرعباس، بندرلنگه، و بندرکنگ دیده می‌شود.

بروز همه کیفیات فضایی مذکور ناشی از تدبیر کل‌نگر معمار برای سازه است که در آن یکی از دو راستای متعامد بر دیگری ارجحیت داده می‌شود. معمار با این تصمیم خود نظامی هندسی در طرح ایجاد می‌کند که توسعه ریزفضاها را هدایت می‌کند، امتداد فضاها در یک راستا حفظ می‌شود، و سیالیت فرم و کارکرد تنها در یک راستا جریان دارد. تفاوت‌های بنیادین و متعددی که در دو نظام هندسی مذکور مشاهده می‌شود، ارتباط تنگاتنگ طراحی سازه با طراحی معماری را در هنر سنتی ایران نشان می‌دهد.

مهارت معماران سنتی و تسلط آنها بر علم سازه و هندسه ناشی از آن تنها پس از روشن شدن محدودیت‌ها و جهت‌دهی‌های سازه به معماری که آن را مهار کرده‌اند، قابل‌درک است. تنها با در نظر گرفتن ملاحظات سازه‌ای حاکم بر معماری سنتی می‌توان هنرمندی و اعجاز خالقان آن شاهکارها را فهم کرد.

نظام هندسی - سازه‌ای	ساختار نوع اول	ساختار نوع دوم
شرح نظام	نظام طاق‌های رو به حیاط (دیوارهای باربر عمود بر اضلاع حیاط)	نظام طاق‌های پهلوی به حیاط (دیوارهای باربر موازی اضلاع حیاط)
	نظام غالب در اکثر شهرهای ایران	نظام ثانویه که در بعضی شهرها دیده می‌شود
	چند لایه فضا در اطراف حیاط	یک لایه فضا در اطراف حیاط
اندام‌ها	زیربنای بیشتر	زیربنای کمتر
	امکان ایجاد ایوان	امکان ایجاد ستاوند و پیش‌آمدگی مانند شناسیل
	فضاهای نیمه‌باز قوی	تفکیک قوی بین فضای باز و بسته
	فضاهای تودرتو با سلسله مراتب	ارتباط مستقیم فضاها
نما	شفافیت نما	صلبیت نما
	خنک شدن از طریق سایه‌اندازی فراوان	انفصال کامل فضای داخل از خارج در اقلیم سرد و خشک یا تهویه طبیعی در اقلیم گرم و مرطوب

References

- Almusaed, A. *Biophilic and Bioclimatic Architecture*. UK: Springer - Verlag, 2011.
- Ansari, Mojtaba, Hanieh Okhovat, and Aliakbar Taqvaei. "A Study on the Historical Development of Proportioning Systems in Architecture with an Amphasis on Practical and Aesthetic Considerations". *Ketabe Mahe Honar*, no. 151 (2011): 46-57. (In Persian)
- Ardalan, Nader and Laleh Bakhtiar. *Sense of Unity*. Tehran: Khak publication, 2012. (In Persian)
- Bemanian, Mohammadreza, Hanieh Okhovat, and Parham Baqaei. *The Use of Geometry and Proportions in Architecture*. Tehran: Holleh publishing, 2011. (In Persian)
- Bemanian, Mohammadreza. "An Introduction to the Role and Use of Paimon in Iranian Architecture". *Modarrese Honar Quarterly*, no. 1 (2002): 1-10. (In Persian)
- Besenal, Roland. *Technologie de la Voute Dans L'orient Ancien, Persian*. transl. Mohsen Habibi. Tehran: Publication of the organization of cultural heritage, 2000. (In Persian)
- Bucher, François. "Design in Gothic Architecture: A Preliminary Assessment". *Journal of the Society of Architectural Historians*, 27(1) (1968): 49-71.
- Chiou, Shang-chia and Ramesh Krishnamurti. "The Grammatical Basis of Chinese Traditional Architecture". *Languages of Design*, 3 (1995): 5-31.
- Das, Vinay Mohan and Yogesh K. Garg. "Digital Reconstruction of Pavilions Described in an Ancient Indian Architectural Treatise". *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 4(1) (2011): Article 1.
- Durand, J.N.L. *Précis des Leçons D'architecture Données à L'École Polytechnique*. Paris: École Polytechnique, 1805.
- Engel, Heino. *Tragsysteme, Structure Systems*. Darmstadt, Germany: Verlag Gerd Hatje, 1997.
- Entezari, Nikta. "Darogheh Historical House, winner of the 2016 UNESCO Cultural Heritage Conservation Award, by the Bonn Architects Office, Mashhad". Site: Setavin Art and Architecture Channel. Accessed 8/9/2016. (In Persian)
- Farahbakhsh, Morteza, Piruz Hanachi, and Masumeh Qenaei. "Typology of Historical houses in the old fabric of Mashhad city, from the early Qajar to the late Pahlavi period". *Journal of Iranian Architectural Studies*. vol. 6, no. 12 (2017): 97-116. (In Persian)
- Golombek, Lisa and Donald Newton Wilber. *The Timurid architecture of Iran and Turan*. Transl. Mohammadyousof Kiani and Keramatollah Afsar. Tehran: Publication of the organization of cultural heritage, 1995. (In Persian)
- Hajiqasemi, Kambiz, Maryamdokht Mousavi Rowzati, and Hossein Soltanzadeh. *Ganjnameh: a dictionary of Iranian Islamic architecture, book One: Houses of Kashan*. Tehran: Publication of organization of cultural heritage, 1996. (In Persian)
- Hajiqasemi, Kambiz, Maryamdokht Mousavi Rowzati, and Mansourwh Tahbaz. *Ganjnameh: a Dictionary of Iranian Islamic Architecture, Book four: Houses of Isfahan*. Tehran: Publication of organization of cultural heritage, 2004. (In Persian)
- Hajiqasemi, Kambiz, Qazal Farju, Babak Khorram, Shahla Jalilian, Mahdi Sabounian Yazd, Arash Shahnavaz, Hossein Zarrini, Jalil Rasouli, Maryamdokht Mousavi Rowzati, and Hadie Noorbakhsh. *Ganjnameh: a Dictionary of Iranian Islamic Architecture, Book fourteen: Houses of Yazd*. Tehran: Publication of organization of cultural heritage, 2004. (In Persian)
- Hajiqasemi, Kambiz. "Hidden Geometry in the Façade of Shaikh Lotfollah Mosque". *Soffeh*, no. 21 & 22 (1996): 28-33. (In Persian)
- Hedaiat, Azam and Prastoo Eshtrati. "Typology of the Form and Placement of Shanashir in Vernacular Architecture of Bushehr Port, Iran". *Journal of Researches in Islamic Architecture*, vol. 4, no. 4 (2016): 40-59. (In Persian)
- Huerta, Santiago, S. "Geometry and Equilibrium: The Gothic Theory of Structural Design". *The Structural Engineer*, 84 (2) (2006): 23-28.
- Krier, Rob. *Architectural Proportions*. Transl. Mohammad Ahmadinejad. Tehran: Khak Publishing, 2009. (In Persian)
- Liu, Jin and Wu, Zhong-Ke. "Rule-Based Generation of Ancient Chinese Architecture from the Song Dynasty". *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 9(2) (2016): Article 7.
- Macdonald, Angus, J. *Structure & Architecture*. New York: Routledge, 2019.
- Mahdaveinejad, Mohammadjavad and Kavan Javanrudi. "Comparative Evaluation of Airflow in Two Kinds of Yazdi and Kermani Wind-Towers". *Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning*, vol. 3, no. 4 (2011): 69-80. (In Persian)
- Maheronnaqsh, Mahmood. *Design and Construction of Iranian Tiling Patterns*, vol. 4. Tehran: Publication of museum of Reza Abbasi, 1981. (In Persian)
- Mainstone, Rowland J. *Developments in Structural Form*. London: Routledge, 2001.
- Mainstone, Rowland J. *Structure in Architecture: History, Design and Innovation*. Taylor & Francis, 2024.
- Memarian, Gholamhossein. *Introduction to Iranian Residential Architecture: Introverted Typology*. Tehran: Publication of Iran's University of Science and Technology, 2005. (In Persian)
- _____. *Iranian Architecture*. According to Professor Mohammadkarim Pirnia. Tehran: Soroushe Danesh publishing, 2008. (In Persian)
- _____. *Iranian Architecture: Niaresh*. Tehran: Goljam, 2018. (In Persian)

- Ministry of Housing and Urban Development, Organization of Cultural Heritage. *New Life - Old Body: A Selection of Valuable Historical Buildings*, vol. 2,3. Tehran: Publication of the ministry of housing and urban development, 1993. (In Persian)
- Mohammadian Mansour, Saheb Hadi Nadimi, and Zohrah Tafazzoli. "A Theory about Geometric Orders of Iranian Architecture". *Pazhohesh-ha-ye Bastanshenasi Iran*. Vol. 10 no. 24 (2010): 227-249. (In Persian)
- Navaei, Kambiz and Kambiz Hajiqasemi. *Khesht-o Khial, Description of Islamic architecture of Iran*. Tehran: Soroush, 2011. (In Persian)
- Negah Virtual Media. "Lari's Mansion in Yazd". Accessed 13/12/2013. http://www.negahmedia.ir/mob/media/show_pic/40992 (In Persian)
- Noqrekar, Abdolhamid. *An Introduction to Islamic Identity in Architecture and Urban Planning*. Tehran: Publication of the ministry of housing and urban development, 2008. (In Persian)
- Nouhi, Mahboubeh and Mohsen Qasemi. "Investigating the Concept of Geometry in Traditional Iranian Architecture and Its Application in Contemporary Architecture (Case Study: Darogheh House in Mashhad)". *Memarishenasi*, vol. 4, no.19 (2011): 165-175. (In Persian)
- Osloub, Zohreh. "Al-e Yasin Mansion in Kashan". *Traveling in Iran*. Accessed 10/11/2021. <https://seeiran.ir/%D8%AE%D8%A7%D9%86%D9%87-%D8%A2%D9%84-%DB%8C%D8%A7%D8%B3%DB%8C%D9%86/> (In Persian)
- Parsaee, Mojtaba, Mohammad Parva, and Bagher Karimi. "Space and Place Concepts Analysis Based on Semiology Approach in Residential Architecture". *HBRC Journal*, vol. 11, no. 3 (December 1, 2015): 368-383.
- Pirnia, Mohammadkarim. "Iran's Contributions to World Architecture: Dome". *Art and People*, no. 136 & 137 (1973): 2-7. (In Persian)
- _____. *The Stylistics of Persian Architecture*. Tehran: Soroushe Danesh publishing, 2007. (In Persian)
- Pope, Arthur Upham and Phyllis Ackerman. *A Survey of Persian Art, from PreHistoric Times to the Present*. transl. Baqer Ayatollahzadeh Shirazi. Tehran: Elmi va Farhangi publishing company, 2008. (In Persian)
- Pope, Arthur Upham. *Persian Architecture: The Triumph of Form and Color*. transl. Keramtollah Afsar. Tehran: Farhangsara publishing, 1994. (In Persian)
- Purahmadi, Mojtaba. "Geometry in the Tomb of Sheikh Zahed Gilani: A Model for Dome Design on the Southern Rim of the Caspian Sea". *Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning*, vol. 2, no. 43 (2010): 82-92. (In Persian)
- Qayyoomi Bidhendi, Mehrdad and Mohammadmahdi Abdollahzadeh. "Roof, Climate, and People: Rereading and Criticizing Pirnia's Proposed Principles for Iranian Architecture". *Journal of Iranian Architectural Studies*. vol. 1, no. 1 (2012): 7-23. (In Persian)
- Qezelbash, Mohammadreza and Farhad Abolzia. *The Alphabet of the Traditional House of Yazd*. Tehran: Publication of the ministry of planning and budget, 1985. (In Persian)
- Raeiszadeh, Mahnaz and Hossein Mofid. *Revival of the Forgotten Arts*. According to master Hossein Lorzadeh. Tehran: Mowla, 1995. (In Persian)
- Rezazadeh Ardabili, Mojtaba and Mojtaba Sabetfard. "Recognition of The Application of Geometric Principles in Traditional Architecture, Case Study: Qasre Khorshid and Its Hidden Geometry". *Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning*, vol. 18, no. 1 (2013): 29-44. (In Persian)
- Sabetfard, Mojtaba. *A Study of Geometric Generative Structures in Traditional Architecture of Iran*. Tehran, A thesis in architecture, Shahid Beheshti University, September 2020.
- Sandaker, Bjørn N., Arne P. Eggen, and Mark R. Cruvellier. *The Structural Basis of Architecture*. New York: Routledge, 2019.
- Seddiq Mohammadnia, Elnaz. "The Role of Geometry in Iranian Architecture". *International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Landscape*. Istanbul, 2016. (In Persian)
- Sung, Mankyu. "Graph-Based Construction of 3D Korean Giwa House Models". *Buildings*, vol. 9, no. 3 (2019): 68.
- Teoh, Soon Tee. "Generalized Descriptions for the Procedural Modeling of Ancient East Asian Buildings". *Proceedings of the Fifth Eurographics conference on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging*. Victoria, British Columbia, Canada, 2009, 17-24.
- Tzonis, A. and L. Lefaivre. *Classical Architecture: The Poetics of Order*. MIT Press, Cambridge, MA, 1986.
- Vafamehr, Mohsen and S. Mahdi Mahdizadeh. "Technology and Architecture of Structure". *Building and Computer Magazine*, no. 17 (2007): 14-19. (In Persian)
- Wilber, Donald Newton. *The Architecture of Islamic Iran. The Il Khanid Period*. Transl. Abdollah Fariar. Tehran: Elmi va Farhangi publishing company, 1987. (In Persian)
- Zomarshidi, Hossein. *Iranian Tiling*. Tehran: Keyhan, 1988. (In Persian)