



Shape Grammar of Kashan Traditional Houses: Investigation of the Formal Structure and Spatial Relations of 19 Historical Houses of Kashan

ARTICLE INFO

Article Type
Analytic Study

Authors

Seyed Amir Hosseini¹
Mohamadreza Bemanian^{2*}

How to cite this article

Hosseini A, Bemanian M. Shape Grammar of Kashan Traditional houses: Investigation of the Formal Structure and Spatial Relations of 19 Historical Houses of Kashan. Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2022 Jun 22;12(2):1-20. <https://doi.org/10.1401.12.2.3.5>

1. PhD Student, Department of Architecture, Faculty of Arts and Architecture, Tarbiat Modares university, Tehran, Iran.
2. Professor of Department of Architecture, Faculty of Arts and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

*Correspondence

Address: Department of Architecture, Faculty of Arts and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Email: Bemanian@modares.ac.ir
Phone: +98 (21) 8288 3714

Article History

Received:
Accepted:
ePublished: 22 Jun 2022

ABSTRACT

Aims: Iranian architecture has been studied from different aspects. Shape Grammar is an analytical tool for studying the styles and history of architecture that has the ability to provide a common language and conceptual framework, a coherent and integrated form to study the geographical differences and evolution of Iranian architecture.

In this research, the first step to compile this common grammar of Iranian architecture has been taken by compiling a grammar of a specific form related to the traditional houses of Kashan.

Materials & Methods: Out of 100 heritage houses, 19 samples were selected by random / judgmental sampling method. By analyzing the samples, minimal rules are presented.

Findings: The grammar presented in 4 steps produces the formal structure and the spatial relationships between the forms. A valid range of variables and an algebraic expression are presented. Also, with the help of grammar, the spaces in the samples have been typologized. In Kashan houses, the most important spaces, spaces with a width of 5, can be divided into 7 types based on the shape structure. In terms of spatial relationships between components, 5 specific types of relationships between the internal components of each of the previous form structures can be identified, which are described in the findings section.

Conclusion: The proposed grammar can be a coherent structure for the study of Iranian architecture. It can also be used as a suitable tool for typology. Provide the possibility of comparison as well as the relationship between different species and make the studies coherent.

Keywords: Iranian architecture, Contemporary Architecture, Shape, Spatial Patterns, Kashan, Shape Grammar

CITATION LINKS

[1] Designerly Approach to Energy Efficiency in High-Performance Architecture Theory. [2] Dilemma of Prosperity and Technology in Contemporary Architecture ... [3] The Significance of Natural Components of Quranic Life in Islamic-Iranian Architecture ... [4] Unstable Condition of Housing in Tehran: Disruption or Dynamism. [5] Garih for domes: analysis of three Iranian domes. [6] Window geometry impact on a room's wind comfort. [7] Impacts of urban morphology on reducing cooling load and increasing ventilation ... [8] The Role of Buildings Distribution Pattern on Outdoor Airflow and Received Daylight ... [9] A dynamic vertical shading optimisation to improve view, visual comfort and operational energy. [10] Efficient Shading Device as an Important Part of Daylightophil Architecture ... [11] Multi-objective optimisation framework for designing office windows ... [12] Generating Synthetic Space Allocation Probability Layouts Based ... [13] Advanced mathematical algorithms to outline integrated architectural ... [14] Testing the Application of "Justified Plan Graph"(JPG) in Iranian-Islamic Architecture ... [15] Space Syntax, a Brief Review ... [16] Analysis of the Architecture of the Industrial Heritage ... [17] Analysis of the interaction between ... [18] Data mining of the spatial structure ... [19] Re-read of Court's Form and Related ... [20] A Specification of a New Pattern of Shape Grammar in Architecture of Today's houses; Case study: Qajar houses in Tabriz and Tehran. [21] Application of access graphs ... [22] House typology in Iran ... [23] House, Culture, Nature: Studying the Architecture ... [24] The place of space in iranian architecture ... [25] Architectural layout design through deep learning ... [26] Shape grammars and the generative specification ... [27] A formal language for Palladian palazzo ... [28] A formal language for Palladian palazzo ... [29] A new palladian shape grammar ... [30] Shape grammars of traditional ... [31] Decoding De Re Aedificatoria ... [32] A Combined Plan Graph and Massing Grammar Approach to Frank Lloyd Wright's Prairie Architecture. [33] Ganjnameh: Encyclopedia of Islamic Architecture of Iran, Volume One: Kashan Houses. [34] One hundred Houses One hundred Plans: Architectural features ... [35] The Structural Typology of the Main Spaces in Isfahan's Historical Housed ... [36] Analysis of the Formal Features of Chaharsofe Houses and its Influence on the Formal Structure of Introverted Houses in the City of Isfahan. [37] Spatial Affordance in Domestic Persian Architecture; Case Study: Shekam Darideh ... [38] Chaharsofeh Pattern Typology at Iranian Architecture and Its Evolution. [39] Recognition and the analysis of Nohgonbad Pattern in Iranian Architecture Through Literary Texts. [40] Examining Chahar Soffeh in the Spatial Structure of Iranian Residential Architecture in Hot and Arid Areas.

دستور زبان شکل خانه های سنتی کاشان:

بررسی ساختار شکلی و روابط فضایی 19

خانه تاریخی کاشان

سید امیر حسینی¹، محمدرضا بمانیان^{2*}

1- پژوهشگر دوره دکتری معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و

معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

2- استاد معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه

تربیت مدرس، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)

چکیده: تاکنون معماری ایرانی از جنبه‌های تاریخی، فلسفی، شکلی و فضایی مورد مطالعه قرار گرفته است. دستور زبان شکل ابزاری تحلیلی برای مطالعه سبک‌ها و تاریخ معماری است که توانایی ارائه یک‌زبان مشترک و چهارچوب مفهومی، شکلی منسجم و یکپارچه برای بررسی تفاوت‌های جغرافیایی و تحولات زمانی معماری ایرانی دارد.

اهداف: در این پژوهش گام نخست برای تدوین این دستور زبان مشترک معماری ایرانی، با تدوین یک دستور زبان شکل اختصاصی مربوط به خانه‌های سنتی کاشان، برداشته شده است.

ابزار و روش‌ها: از صد خانه میراثی، 19 نمونه به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شده‌اند. با تحلیل شکلی و فضایی نمونه‌ها، قواعدی حداقلی برای تولید ساختارهای شکلی و فضایی ارائه شده است.

یافته‌ها: دستور زبان ارائه شده در 4 مرحله، ساختار شکلی و روابط فضایی میان اشکال را تولید می‌کند. دامنه معتبر متغیرها و بیان جبری ارائه شده است. همچنین به کمک دستور زبان، فضاهای موجود در نمونه‌ها گونه‌شناسی شده‌اند. در خانه‌های کاشان مهم‌ترین فضاها، فضاهایی با عرض 5 پیمون، بر اساس ساختار شکلی به 7 گونه شکلی قابل افراز هستند. از نظر روابط فضایی میان اجزا نیز می‌توان 5 گونه مشخص از روابط میان اجزای داخلی هر یک از ساختارهای شکلی پیشین شناسایی کرد که در بخش یافته‌ها شرح داده شده‌اند.

نتیجه‌گیری: دستور زبان ارائه شده می‌تواند ساختار منسجمی برای مطالعه معماری ایرانی باشد. همچنین می‌تواند به‌عنوان ابزاری مناسب برای مطالعه گونه‌شناسی‌های شکلی مورد استفاده قرار گیرد. امکان مقایسه و همچنین ارتباط میان گونه‌های مختلف شکلی را فراهم و مطالعات را انسجام بخشد.

کلمات کلیدی: معماری ایرانی، گونه، ساختار شکلی، الگوهای فضایی، کاشان، دستور زبان شکل

مقدمه

در چهار دهه گذشته دستور زبان شکل به ابزاری تحلیلی برای مطالعه سبک‌های معماران و هم چنین هم‌زمان برخی گونه‌های معماری سنتی و تاریخی تبدیل شده است علاوه بر این از آن برای طراحی نیز استفاده می‌شود. حدود 100 خانه تاریخی کاشان مستند شده‌اند که اغلب از دوره صفویه و قاجار هستند. خانه‌های سنتی کاشان ارزش‌های پایداری از معماری ایرانی اسلامی را در خود دارند که بازخوانی آنها می‌تواند در طرح‌ریزی مسکن معاصر ایرانی مفید باشد. [1,2] مشکلات مسکن معاصر ضرورت بازخوانی و بازآفرینی ارزش‌های مستتر در این میراث معماری را دوچندان می‌کند. [3,4] تاکنون مطالعات زیادی بر روی وجوه هندسی [5]، اقلیمی [2,3]، نقش برخی الگوهای فضایی بر انرژی [8]، پایداری [9] و ... معماری ایرانی و به طور خاص خانه‌های تاریخی کاشان انجام شده است. برخی از این مطالعات باهدف معاصر سازی و استفاده از میراث معماری سنتی در مسکن معاصر و به روش‌های الگوریتمی و مقداری انجام شده‌اند. [10,11] برخی مطالعات جدیدتر از هوش مصنوعی برای مطالعه معماری و حل مسائل عملکردی استفاده می‌کنند. [12,13] دو روش تحقیق دستور زبان شکل و چیدمان فضا به ترتیب به جنبه‌های شکلی و منطق اجتماعی فضا فارغ از شکل می‌پردازند. تاکنون مطالعات فراوانی با روش چیدمان فضا بر روی معماری ایرانی انجام شده است. [14-18] اما مطالعات دستور زبان محدودترند. [19,20] دستور زبان شکل یک ابزار قدرتمند تحلیلی است که می‌تواند وجوه دیگری از پیچیدگی‌ها و ارزش‌های این میراث معماری گذشته را نمایان سازد. یافتن یک دستور زبان شکل برای خانه‌های کاشان امکان مطالعات بعدی زیادی را فراهم می‌کند. به طور مثال تا چه اندازه این دستور زبان شکل قابلیت دارد تا خانه‌های یزد و اصفهان و ... را توصیف کند؟ آیا می‌توان دستور زبان‌های محلی‌تر یا تاریخی (مرتبط به زمان) برای خانه‌های کاشان نوشت یا خیر؟ و ... شیوه‌های ترکیب و هم‌نشینی فضاها در خانه‌های کاشان چگونه بوده‌اند و ...

علاوه بر این می‌تواند به صورت یک ابزار طراحی نیز مورد استفاده قرار گیرد.

2-1- خانه‌های کاشان

معماریان با تقسیم خانه‌های ایران به دو گونه درون‌گرا و برون‌گرا [21,22] هم چنین حایری مازندرانی در کتاب خانه فرهنگ طبیعت [23] به بررسی خانه های کاشان در طول چند دهه در کنار شهرهای دیگر پرداخته است. حائری با معرفی فضا به عنوان اصلی ترین عنصر معماری ایرانی که در طول قرون تداوم داشته، [24] از نظر وی "هر الگوی فضایی شامل عناصر (سقف، کف و دیوار و ...)، عوامل (ورودی، سردر، ایوان و ...) و حالت‌ها (فضای غنی شده، محصول قرن‌ها تجربه احساسی تجسم یافته در بنا) میباشد [...] که منعکس کننده ی روابط طبیعی، اجتماعی و روحانی آدمی است. مراد از حالت فضای غنی شده است. فضایی که در ارتباط مستقیم با مخاطب و کسانی که از آن فضا بهره می‌گیرند سازمان یافته و محصول قرن‌ها تجربه ی احساسی تجسم یافته در بناست. [...] هر الگوی فضایی منعکس کننده ی روابط طبیعی، اجتماعی و روحانی آدمی است." [23]

وظیفه ی معمار ایرانی از نگاه حائری شناخت این الگوها و کاربرد و بازتعریف و به این ترتیب تکامل آن‌ها در کار خویش است.

هم چنین سازماندهی فضا که از نظر وی مهم‌ترین رسالت معمار ایرانی است عبارت است از "شیوه‌هایی که پیش از ما پیشینیان درباره معرفت، ترکیب و تمایز فضاها، در بناها و شهرها اعمال کرده و از چگونگی حضور در فضاها آگاه بوده‌اند. این شیوه‌ها قابل کشف تدوین و آموزش هستند." [23]

معمار ایرانی با علم به جزالگوهای فضایی ای همچون ایوان، حیاط و ... هر بار با ترکیب و بسط و بست تازه ای از این الگوها با هم به تعبیری نو از معماری ایرانی دست می‌یافته است. در این جا هر الگو فضایی با بسط عملکردی، نوری، بصری یا هر سه ی این‌ها به دیگر الگوها یک کل منسجم حاصل از جزءالگوهای فضایی را پدید می‌آورد.

[23]

"در سازمان فضایی به تعریف، ترکیب و تمایز فضا در بنا پرداخته می‌شود" [23] در تعریف فضا روشهای کالبدی برای بازشناسی تجدید و تدقیق فضا بمنظور امکان ارائه متنوع تری از انواع فضا مدنظر است. "با برجسته کردن قسمتی از کف، محصور کردن بدنه های اطراف، تعریف فضا شکل مشخص تری به خود می‌گیرد و حضور انسان در آن فضا از کیفیت تاثیر می‌پذیرد." [24]

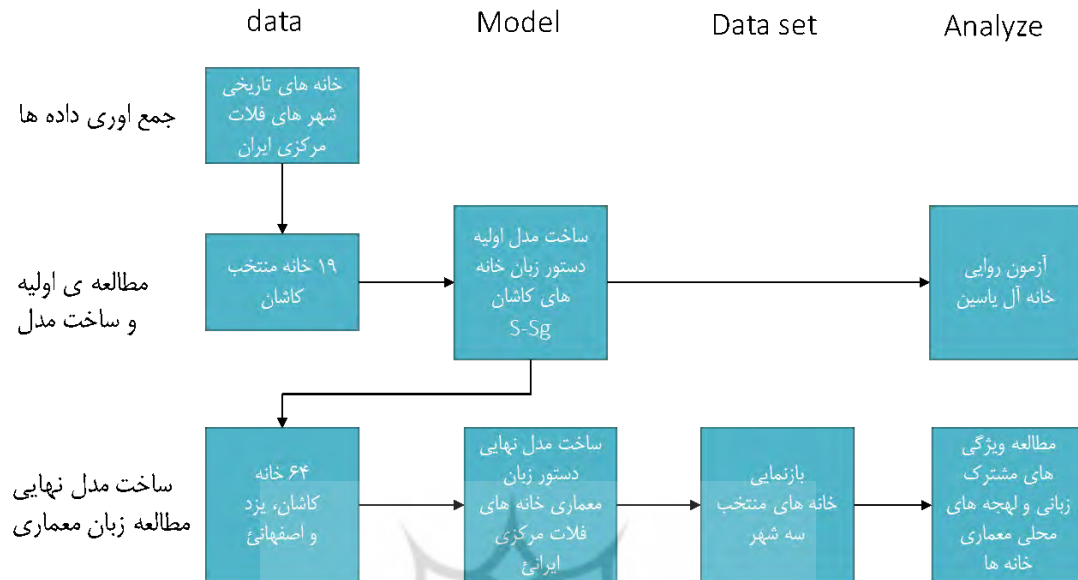
ترکیب فضا از چگونگی همنشینی و مجاورت فضاها سخن می‌گوید، مجتمع شدن چندفضای کوچک با رویکرد کاربری های مشابه یک دسته فضا را تولید می‌کند. اصطلاح بسط فضایی حاوی بسط چشم انداز و بسط نوری نیز هست، نور چشم انداز فضا را منبسط می‌کند و چگونگی استفاده از منابع نوری و چشم‌اندازی کیفیت فضایی را دگرگون می‌کند. [24]

فرامرزی پارسا در مقاله‌ای با عنوان "روش طراحی در معماری تاریخی ایران" به بررسی روش طراحی معماران سنتی پرداخته در این روش وی به چیدمان و آرایش انواع فضاها در خانه‌های حیاط مرکزی پرداخته است. پارسا 7 الگوی فضایی راهرو، تقسیم دوتایی، تقسیم سه‌تایی، پنج‌تایی، شکم‌دریده، چلیپا و هشتی را معرفی می‌کند. او بین الگو و صفات تفاوت قایل می‌شود، فضاها نام آشنایی مثل ایوان، تختگاه، سهدری، حوض‌خانه و ... را صفاتی می‌داند که به جهت مکان‌رگرایی، و عملکردشان به الگوهای 7 گانه ی پیشین اطلاق می‌شوند. به طور مثال یک 5 تایی می‌تواند تالار، ایوان، مهتابی و ... باشد. در مورد جانمایی الگوها پارسا دستوری سلسله‌مراتبی معرفی می‌کند به این صورت که الگوهای روبروی هم در دو وجه روبرو در حیاط یا الگوهای برابر یا ضعیف‌تر از الگوی روبرویی باید باشند. در یک جبهه زمانی که از یک 5 تایی استفاده می‌کنیم باید در مجاورت آن فضاها عبوری قرار داده می‌شود (به طور مثال دوتایی یا راهرو). پارسا در این مقاله روش گام به گامی برای طراحی یک‌خانه ارائه می‌دهد. [25]

این پژوهش قسمتی از پژوهش مفصل دیگری است که در آن باهدف تبیین زبان و لهجه‌های محلی معماری ایرانی، از

تاریخی دو شهر دیگر با استفاده از این دستور زبان اولیه مورد مطالعه قرار می‌گیرند. در شکل بعد نسبت پژوهش حاضر با طرح پژوهشی بزرگ‌تر مشخص شده است.

دستور زبان شکل و یادگیری ماشینی برای مطالعه خانه‌های تاریخی 3 شهر کاشان، اصفهان و یزد استفاده شده است. برای نیل به این هدف ابتدا دستور زبانی از مطالعه خانه‌های تاریخی



کاشان توسعه داده شده است و در گام‌های بعدی خانه‌های

شکل شماره 1 نسبت پژوهش حاضر با طرح پژوهش کلی تر

مواد و روش‌ها

دستور زبان شکل را به صورت عملگرهای محاسباتی برای رایانه تفسیر کرد.

از دستور زبان شکل در مطالعات سبک طراحی معماران [28,29] و هم چنین مطالعه معماری سنتی استفاده شده است. [30,31] به علاوه از دستور زبان علاوه بر حالت توصیف‌گر و تحلیلی به صورت زایا و تناسلی نیز استفاده می‌شود. در مطالعات اخیر از ترکیب دستور زبان شکل و سایر روش‌های تحلیلی هم چون چیدمان فضا نیز استفاده می‌شود. [32] در ایران نیز بر روی فرم حیاط و فضاهای وابسته‌ی آن در خانه‌های کاشان ازین روش استفاده شده است. [19] برای دست‌یابی به دستور زبان شکل خانه‌های کاشان، چند مرحله تحلیل هندسی، ساختاری و گونه‌شناسی انجام شد که به ترتیب به شرح زیر می‌باشند:

دستور زبان شکل در سال 1972 توسط جرج استینی معرفی شد. [26] دستور زبان شکل، راهبردی صوری و فرمال برای رایانش با اشکال است که بر قوانین متکی است. [27] تعاریف و صورت‌های مختلفی از دستور زبان شکل وجود دارد. اما به طور کلی می‌توان گفت یک دستور زبان شکل از اجزای زیر تشکیل یافته است:



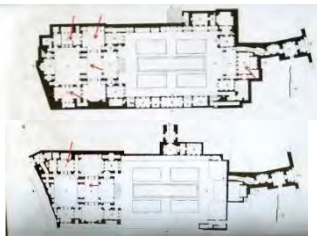

- اشکال پایه
 - مجموعه‌ای از قوانین
 - در برخی موارد برچسب‌هایی که برای متوقف کردن یا جهت‌دادن به قوانین استفاده می‌شود.
- هرچند به راحتی می‌توان دستور زبان شکل را با عمل دیدن و انجام دادن، به صورت دستی هم انجام داد. اما بنیاد جبری مناسبی نیز برای آن می‌توان یافت که به کمک آن می‌توان

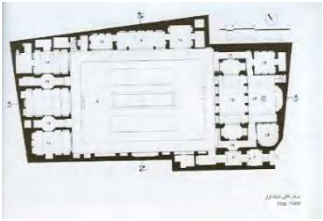
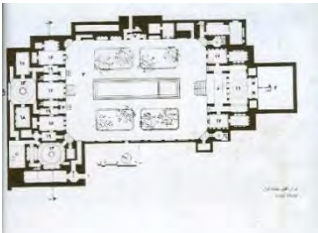
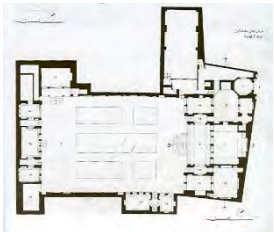
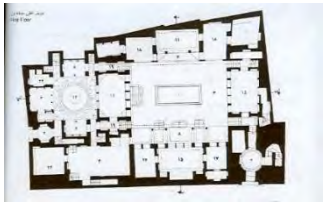
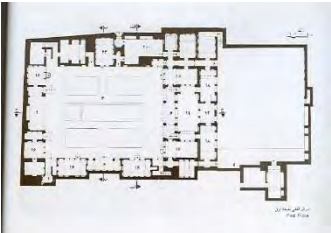
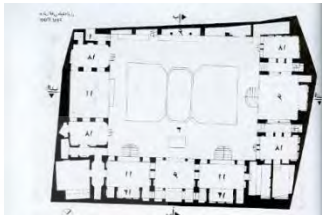


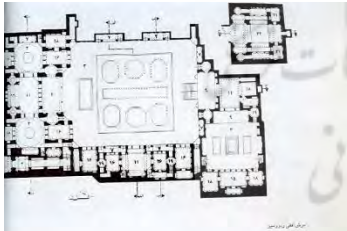
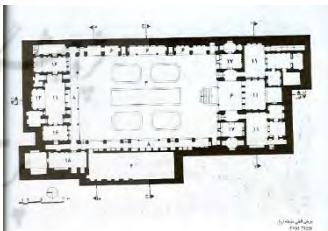
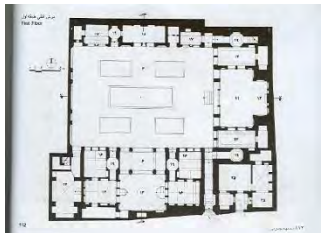

- تعریف حداقل روابطی که بتواند بیشترین اشکال و گونه های شکلی ریزفضاها را تولید کند.
این سه گام انتهای نیز برای شناسایی، دسته بندی و گونه شناسی ریزفضاها انجام گرفت که بر اساس آن قوانین مراحل سه و چهار دستور زبان شکل وضع شد.

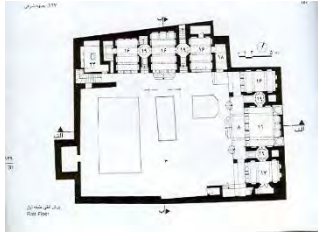

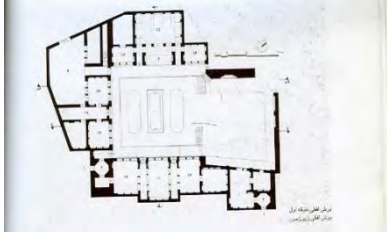
معرفی نمونه مورد مطالعه: 19 مورد از خانه های کاشان علاوه بر کامبیز حاجی قاسمی و همکارانش در مجموعه ی "گنجنامه" [33]، حسین فرخ یار نیز در کتاب "صد خانه صد پلان: ویژگی های معماری خانه های قدیمی در بافت های تاریخی اقلیم گرم و خشک" [34] به جمع اوری بخشی از خانه های کاشان پرداخته اند. در مجموعه ی گنجنامه، دفتر اول خانه های کاشان، 19 خانه و در دیگری 100 خانه میراثی جمع اوری شده است. در این پژوهش دستور زبان شکل بر روی 19 خانه ی منتخب درج شده در مجموعه گنجنامه توسعه داده شده است.

- بررسی ساختار هندسی پلان ها (یک یا چند حیاطه بودن، چند طرف ساخت بودن و وضعیت حیاط ها و حوض خانه ها نسبت به هم)
- تحلیل شبکه ساختاری پلان ها (شامل عمق جبهه ها (به پیمون)، تقسیم سطحی (نما) به پیمون و تقسیم بطنی جبهه ها
دو گام اول برای فهم هندسی، ساختاری پلان ها و در نهایت وضع حداقل قوانین شکلی انجام گرفت که بتواند ساختار کلی پلان خانه های کاشان را تولید کند. حاصل این دو گام، مرحله ی یک و دو دستور زبان شکل ارایه شده در ادامه ی مقاله می باشد. گام های بعدی به شرح زیر میباشند:
- شناسایی همه ی اشکال ریزفضاهای موجود و دسته بندی آن ها بر اساس پیمون و محل قرارگیری در جبهه ها
- دسته بندی و نظام دهی و کشف روابط ساختاری میان اشکال موجود ریز فضاها و ادغام و گونه شناسی

جدول 1: معرفی نمونه های مورد مطالعه از خانه های کاشان

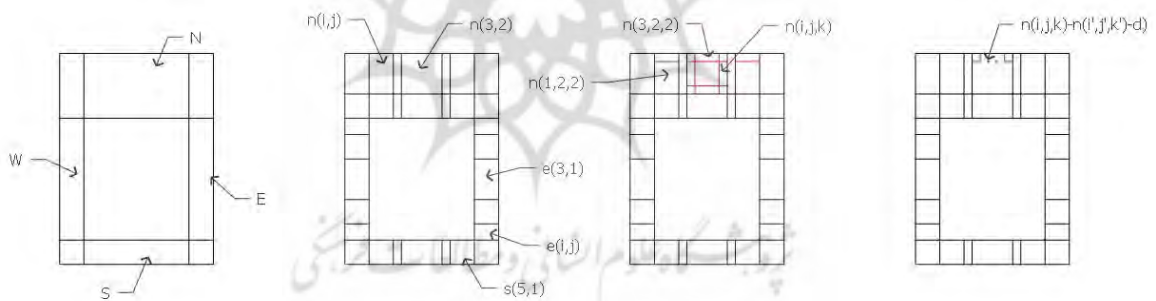
	اصفهانیان		آل باسین
	بروجردی ها		باکوچی

	<p>تھامی</p>		<p>بنی کاظمی</p>
	<p>خیریہ</p>		<p>جہان آرائی</p>
	<p>رضا حسینی</p>		<p>دستمالچی</p>
	<p>شریفیان</p>		<p>سجادی</p>
	<p>طباطبائی</p>		<p>صالح</p>
	<p>عطارها</p>		<p>عبانستان</p>

	<p>کارخانه چینی</p>		<p>علاقه بند</p>
			<p>مرتضوی</p>

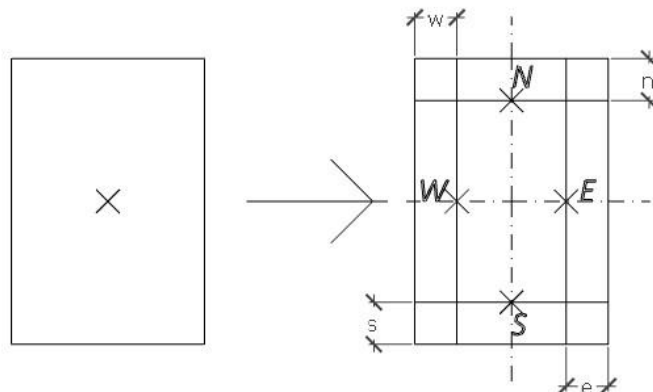
یافته ها

- بخش یک: دستور زبان خانه های کاشان - مراحل و دستورها
- در این بخش باتوجه به تحلیل هندسی خانه ها، یک دستور زبان برای تولید خانه های کاشان ارائه شده است. این دستور زبان در 4 مرحله به انجام می رسد.
- مرحله یک: تقسیم اولیه قطعه زمین و جبهه بندی بنا
- مرحله دو: تولید ساختار شکلی کلان
- مرحله سه: تولید الگوهای شکلی
- مرحله چهارم: تولید روابط فضایی درون الگوهای شکلی



شکل شماره 2: مرحله دستور زبان و شیوه ی برچسب گذاری اشکال تولید شده.

1- مرحله یک: تقسیم اولیه قطعه زمین خانه



در مرحله ی یکم با توجه به شرایط و طول و عرض زمین و موازات هر ضلع قطعه زمین مورد نظر، خطی رسم می شود، هم چنین جهت گیری آن نسبت به محور شمال-جنوب، به به طوری که یک حیاط میانی حاصل شود. شکل شماره 3: مرحله یک، تقسیم اولیه زمین

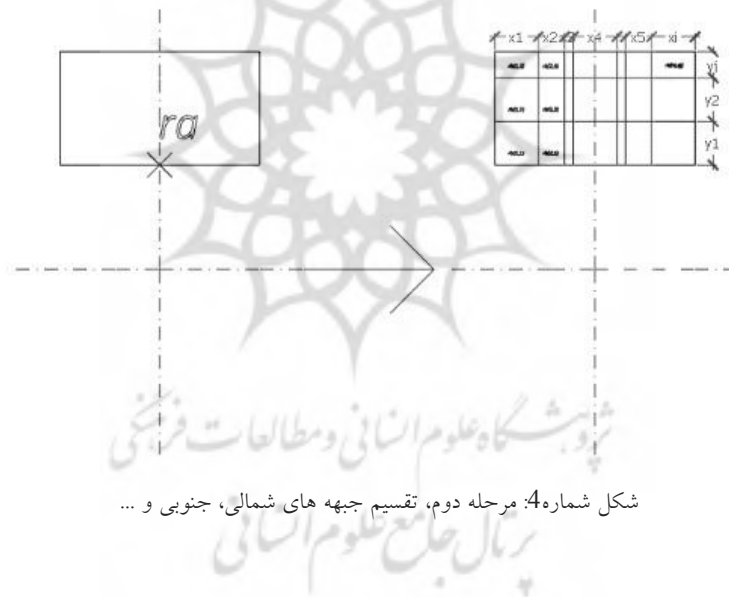
$$ra = \sum_{n, e, w, s \in \mathbb{N}} RA(\text{initial shape: } n, e, w, s)$$

$$\text{initial shape} \rightarrow N, E, W, S$$

این سلول ها قرار است یک یا چند الگوی فضایی را در خود جای دهند. که در مرحله 4 تولید خواهند شد.

2- مرحله دوم: تقسیم جبهه های شمالی، جنوبی و ...

در این مرحله هر یک از چهار جبهه ی حاصل از مرحله ی قبل به سلول های کوچک تری تقسیم می شوند. هر یک از



شکل شماره 4: مرحله دوم، تقسیم جبهه های شمالی، جنوبی و ...

$$rb(i, j) = \sum_{rb \in \{N, E, W, S\}} RB(ra: b_x, b_y)$$

$$b_x \in \{210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217\}$$

$$b_y \in \{220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, \}$$

$$N, E, W, S \rightarrow n(i, j), e(i, j), w(i, j), s(i, j)$$

جدول شماره 2: مجموعه مقادیر معتبر برای متغیر های b_x و b_y در دستور مرحله ی دوم

b_x	210	(1, 5, 1)	214	(3, 2, 5, 2, 3)
	211	(3, 1, 5, 1, 3)	215	(3, 5, 3)
	212	(1, 3, 1, 5, 1, 3, 1)	216	(1, 3, 5, 3, 1)
	213	(2, 5, 2)	217	(3, 3, 5, 3, 3)
b_y	220	(1)	225	(4)
	221	(2)	226	(4, 3)
	222	(3)	227	(5)
	223	(3, 5)	228	(5, 5)
	224	(3, 5, 3)	229	(5, 5, 3)

3- مرحله سوم: تولید مدول ها
 تقسیم هر یک از مدول های حاصل از مرحله ی
 قبل، در این مرحله الگوهای شکلی / فضایی خانه
 های کاشان همچون، 5 تایی، 3 تایی، چلیپا و شکم
 دریده و ... تولید می شوند.

$$rc(i, j, p) = \sum_{\substack{rb \in \{N, E, W, S\} \\ i, j \in \mathbb{N}}} RC(rb(i, j): c * c')$$

$$c \in \{311, 322, 332, 342, 313, 323\}$$

$$c' \in \{321, 352, 362, 372, 382, 333\}$$

جدول شماره 3: مجموعه دستور های مرحله سوم، ایجاد الگوها

$c \% 10 = 1$	311			$c \% 10 = 1$	321		
$c \% 10 = 2$	322			$c \% 10 = 2$	352		
	332				362		
	342				372		
$c \% 10 = 3$	313			$c \% 10 = 3$	382		
	323				333		

ارتباط های مختلفی همچون بست، بسط فضایی، بسط عملکردی و ... ایجاد کرد.

4- مرحله چهارم ارتباط میان فضاها و سلول های حاصل از مرحله پیشین در این مرحله با استفاده از دستور زیر بین هر دو خانه ی مجاور حاصل از مرحله ی سوم می توان

$$RD(rb(i, j, p), rb(i', j', p'): d)$$

$$p \text{ and } p' \in \{1, 2, 3, \dots, (c\%10 * c'\%10)\}$$

$$rb \in \{N, E, W, S\}$$

$$i, j \in \mathbb{N}$$

$$d \in \{40, 41, 42, 43\}$$

جدول شماره 4: چهار گونه ارتباط میان فضاها و جزء فضاها، دستورهای مرحله چهارم از دستور زبان کاشان

40		
41		
42		
43		

دستوری بیان شد. سایر جبهه ها به دلیل تکرار الگوها و طولانی شدن رشته دستور ها حذف شد.

آزمون روایی دستور زبان ارایه شده برای آزمون روایی دستور زبان شکل توسعه داده شده در بخش قبل، جبهه ی شمالی خانه ی آل یاسین به صورت

جدول شماره 5: آزمون روایی دستور زبان شکل: بخشی از خانه ی آل یاسین

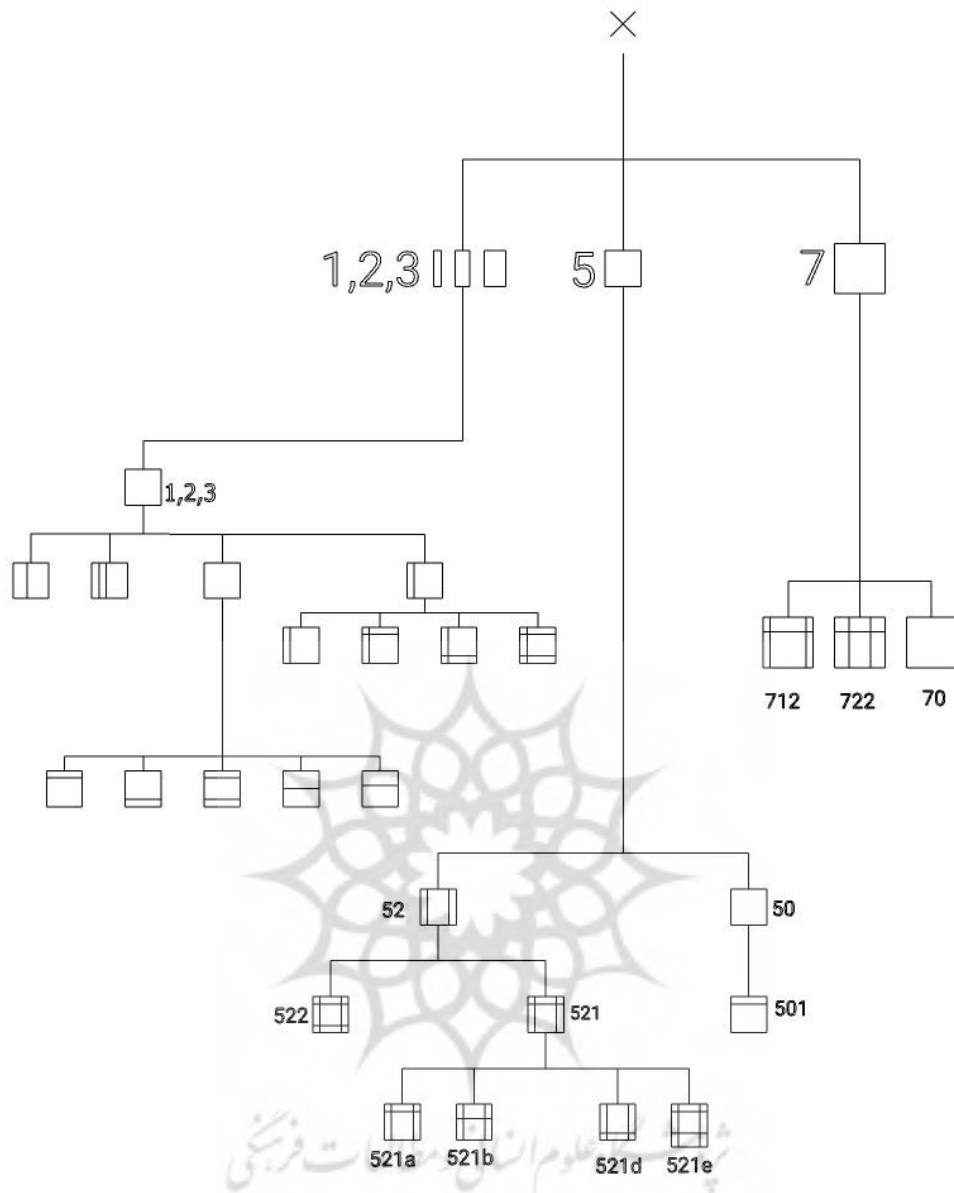
بیان جبری	گراف دستور ها	پلان و الگوهای فضایی
$RA(\text{intial shape: } 11, 5, 5, 0)$ $n(i, j) = \sum RB(n: 211, 219)$ $e(i, j) = \sum RB(e: 217, 227)$ $w(i, j) = \sum RB(w: 217, 227)$ $rc(i, j, p) = \sum RC(n(1,1): 342 * 352)$ $rc(i, j, p) = RC(n(2,1): 323 * 352)$ $rc(i, j, p) = RC(n(3,1): 322 * 352)$		

$rc(i, j, p)$ $= RC(n(1,2), (2,2), (3,2), (2,3): 323$ $* 321)$ $RD(rb(i, j, p), rb(i', j', p'): d)$ $p \text{ and } p' \in \{1, 2, 3, \dots, (c\%10$ $* c'\%10)\}$		
--	--	--

نمودار درختی از امکان‌های مختلف از انواع تقسیمات شکلی و فضایی در این الگو می‌باشد. در نمودار درختی زیر البته تنها نمونه‌های موجود از این تقسیمات در خانه‌های مورد مطالعه نمایش داده شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود الگو با پایه 5 دارای بیشترین تنوع شکلی فضایی می‌باشد.

بخش دو: کاربرد دستور زبان در مطالعه گونه های شکلی - فضایی
بر اساس دستور زبان معماری خانه‌ها می‌توان گونه‌شناسی ای در باره الگوهای 5 در خانه‌های مورد مطالعه ارائه داد در واقع حاصل اعمال مرحله 3 و 4 از دستور زبان ارائه شده یک



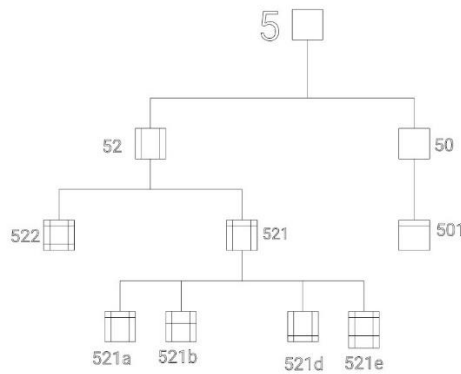


شکل شماره 5: گونه شناسی کلی فضاها و تقسیمات شکلی داخلی آن ها در خانه های مورد مطالعه

به صورت مشخص تر در مورد الگوی 5 واریانت های
زیر را میتوان شناسایی کرد:



پروہشگاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل شماره 6: گونه شناسی الگوی 5 پیمون در خانه های مورد مطالعه

بندی می کند با توجه به نمودار زیر میتوان انواع امکانات
بین روابط فضایی میان فضاهای حاصل از تقسیم های
نمودار بالا را مشاهده کرد.

در نمودار زیر سعی شده تا انواع ارتباط میان بخش های
داخلی الگوی 5 بر اساس مرحله چهارم از دستور زبان
شکل ارایه شود. در واقع اگر نمودار قبل تقسیم بندی های
کلی الگوی 5 در خانه های مورد مطالعه را نمایش و دسته

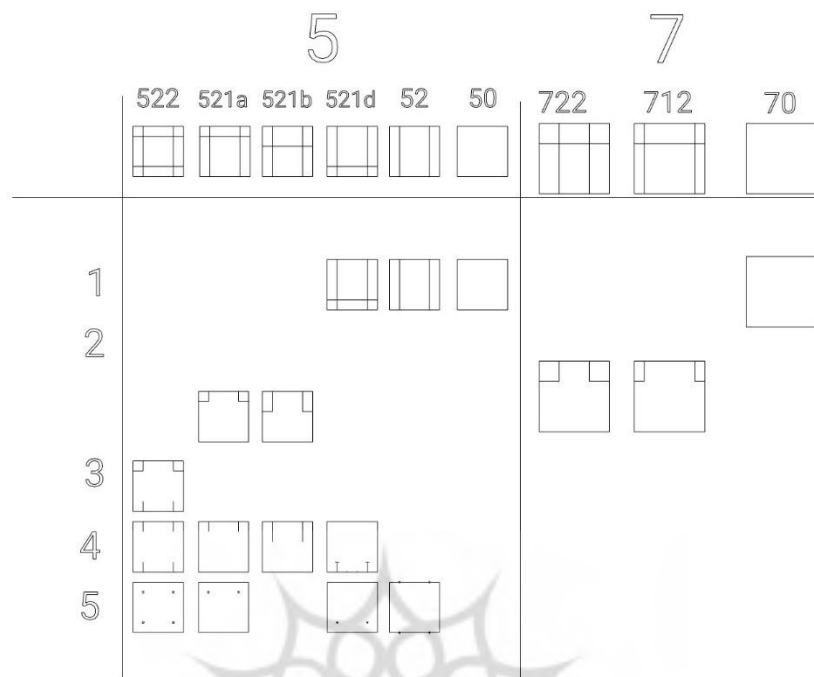
جدول شماره 6: گونه شناسی شکلی - فضایی الگوی 5 در خانه های سه شهر

							0	0
							0	0
							1-2	افقی یا عمودی
							2-3	
							0	0
							0	0
							1-2	افقی
							2-3	
							4-5	
							5-6	
							1-4	عمودی
							2-5	
							3-6	
							1-2	افقی
							2-3	
							4-5	
							5-6	
							1-4	عمودی
							2-5	
							3-6	
							1-2	افقی
							2-3	
							4-5	
							5-6	
							7-8	عمودی
							8-9	
							1-4	
							2-5	
							3-6	
							4-7	
							5-8	
							6-9	

همه ی گونه های موجود در خانه های مورد مطالعه را ارایه
دهد. محور افقی گونه های شکلی و محور عمودی گونه های

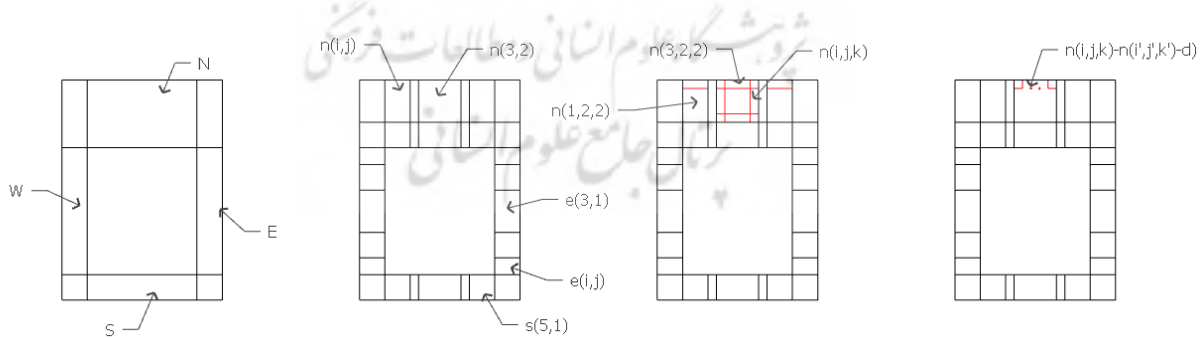
از تضارب گونه های ارایه شده در نمودار بالا و نمودار اولیه
همین بخش می توان به نمودار زیر دست یافت که سعی دارد

فضایی را فهرست کرده و حاصل تضارب این دو گونه های موجود در خانه های مورد مطالعه منتخب می باشند.



شکل شماره 7: جمع بندی الگوهای شکلی، فضایی و گونه بندی همه ی فضاها در خانه های مورد مطالعه

در مورد الگوهای 5 به طور مشخص با بزرگنمایی قسمتی از دیاگرام/جدول بالا میتوان قسمت زیر را مورد بررسی قرار داد:



شکل شماره 8: چهار مرحله دستور زبان و شیوه برچسب گذاری اشکال تولید شده

بحث و نتیجه گیری

در یک جمع بندی از آنچه گفته شد میتوان دستور زبان خانه های کاشان را به صورت زیر بیان کرد.

جدول شماره 7: بیان جبری دستور زبان خانه های منتخب کاشان

1	$RA(\text{intial shape}: n, e, w, s)$ $n, s \in \{5, 10, 13, 3, 8, 11, 4, 7\}$ $e, w \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$	intial shape $\rightarrow N, E, W, S$
2	$rb(i, j) = \sum RB(\text{ra}: b_x, b_y)$ $rb \in \{N, E, W, S\}$ $b_x \in \{210, 211, 212, 213, 214, 215, 216\}$ $b_y \in \{220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229\}$	N, E, W, S $\rightarrow rb(i, j)$
3	$rc(i, j, p) = RC(rb(i, j): c * c')$ $rb \in \{N, E, W, S\}$ $i, j \in \mathbb{N}$ $c \text{ and } c's \in \{311, 322, 332, 342, 352, 353, 362, 363, 372, 373, 382\}$	$rb(i, j)$ $\rightarrow rc(i, j, p)$
4	$RD(rb(i, j, p), rb(i', j', p'): d)$ $p \text{ and } p' \in \{1, 2, 3, \dots, (c \% 10 * c' \% 10)\}$ $rb \in \{N, E, W, S\}$ $i, j \in \mathbb{N}$ $d \in \{1, 2, 3, 4\}$	

چهارچوب مفهومی قدرمتند برای مطالعه ی فضاهایی چون، تالار، شاه نشین تختگاه، چلیپا، طارمی، تهرانی، چهارصفه و ... ارائه می دهد که میتواند موضوع پژوهش های آتی باشد. و بخشی از توانایی ها و کاربرد آن در بخش دوم یافته ها به صورت گونه شناسی فضاها در خانه های کاشان در این مقاله ارائه گردید. هم چنین قسمت چهارم دستور زبان می تواند فرضیه های نظری مطالعات حائری بر روی سازمان فضایی معماری ایران را به خوبی مدل سازی و با روش های مقداری مورد مطالعه قرار دهد. [11,10]. بخش دوم دستور زبان حاضر در صورتی که بعد سوم را نیز در برگیرد میتواند به مطالعه ی فرضیات و یافته های حائری در کتاب خانه، فرهنگ طبیعت کمک کند. [23] کار حسنی و نوروز برازجانی بر روی خانه های کاشان بخاطر وسعت نمونه ها (100 نمونه) نتوانسته وارد جزئیات و فضاهای خانه شود. و تنها به حیاط و فضاهای وابسته آن هم از جهت مکان یابی و ... پرداخته است. اما یک ضعف این پژوهش در مطالعه ی خانه های چند حیاطه را پوشش می دهد. [19]

در بخش گونه شناسی می توان نتایج این پژوهش را با مطالعه رهروی پویه و همکاران مقایسه کرد نویسندگان در این مقاله

همان طور که مشاهده می شود بخشی از نتایج این پژوهش با کار پارسی تشابه دارد. البته پارسی دستور زبان معماری خود را عمومی تر دانسته و نه صرفاً مربوط به یک شهر، به همین جهت مثلاً در بخش آرایش خطی فضاها کنار یکدیگر ما در کار او تفاوت هایی را نیز می بینیم که در آن وجود ندارند. [25] این خود میتواند مویذ این ادعای مقاله باشد که تدوین یک دستور زبان معماری عمومی برای معماری ایران و همچنین شناسایی لهجه ها، و تفاوت های هر شهر می تواند موضوع جذابی برای پژوهش های آتی باشد. یکی از ویژگی های پژوهش حاضر نسبت به کارهای پیش از خود جامعیت، یکپارچگی و بررسی موردی جزئیات اشکال و الگوهای فضایی خانه هاست. یکپارچگی به ما این امکان را میدهد تا یافته های متعدد پراکنده ی دیگر پژوهش ها را ذیل یک روایت مرکزی مورد مطالعه ، بازشناسی و ساختار بندی محدود قرار دهیم. به طور مثال کار غلامی و کاویان بر روی الگوی چلیپا (چهارصفه) میتواند در قالب این دستور زبان دوباره بررسی شده و شباهت ها و تفاوت های چلیپا چه به لحاظ مکانی و چه زمانی (سیر تحول تاریخی این الگو) مورد مطالعه قرار گیرد. قسمت سوم این دستور زبان یک

چنین مقاله ی غلامی و کاویان بر روی جایگاه الگوی چهارصفه در سازمان فضایی معماری مسکونی ناحیه گرم و خشک ایران، [40] هر سه مطالعه از نظر بررسی تحولات از نظر مکانی و زمانی دارای وسعت بیشتری از پژوهش ما می باشند. که با توجه به این که اغلب خانه های کاشان بعد از زلزله تاریخی 1157 شمسی متعلق به دوره قاجار هستند. به همین دلیل امکان بررسی تحولات تاریخی نبوده است. با این وجود به نظر میرسد دستور زبان میتواند به خوبی این تحولات زمانی و تفاوت های مکانی را توضیح دهد. در همه ی مطالعاتی که گفته شد پژوهشگران بدون چارچوب واحدی که مطالعات را انسجام دهد بر روی الگوهای مختلف و متفاوت کار کرده اند. از دیگر محدودیت های این پژوهش میتوان گفت که در این بررسی تنها طبقات همکف و اول بررسی شده و طبقات زیر زمین خانه ها الگوهای خاص دیگری نیز دارند. که میتواند موضوع پژوهش های آتی باشد. نتیجه گیری

دستور زبان شکل، در مطالعات معماری ایران، می توان فهم ما از گونه شناسی را متحول کند. یک دستور زبان عمومی از معماری ایران همان طور که می تواند ابزار مناسبی برای مطالعه منسجم الگوهای شکلی معماری ایرانی باشد، می تواند ابزاری برای فهم تغییرات آن ها در طول زمان نیز فراهم کند. دستور زبان امکانات بالقوه قواعد طراحی معماری ایرانی را کشف و می تواند گونه های تخریب شده یا شناسایی نشده ی معماری را نمایش دهد. با توسعه دستور زبان عمومی معماری ایران، می توان به مطالعه لهجه های محلی و بومی معماری مناطق مختلف ایران، یا دوره های تاریخی مختلف پرداخت. در این مقاله علاوه بر معرفی دستور زبان خانه های کاشان، گونه شناسی از فضاها ی موجود در خانه های این شهر نیز ارائه گردید.

انواع فضاها در خانه های کاشان را می توان بر اساس عرض فضا به پیمون گونه بندی کرد. به طور مثال در خانه های کاشان با فضاهایی با عرض 1، 2، 3، 5 پیمون مواجه هستیم. هر یک از این فضاها مستقل از عمق فضا به گونه های مختلفی قابل تقسیم هستند. مهم ترین فضاها، فضاهایی با عرض 5

گونه شناسی ای از فضاها ی محوری در هر یک از چهار جبهه اصلی حیاط در خانه های اصفهان ارائه کرده اند. [35] با مقایسه نتایج بخش دوم پژوهش حاضر با جداول آن ها مشخص میشود نه تنها پژوهش حاضر توانسته همه ی گونه های ارایه شده در آن را ارایه دهد بلکه مدلی منسجم ارایه کرده که ارتباط میان هر یک از گونه های شکلی با سایر گونه ها را نیز شرح می دهد به علاوه در مطالعه ی رهروی پویه و همکاران روابط فضایی داخلی الگوهای شکلی مسکوت مانده که در این پژوهش به آن پرداخته شده است. در عین حال مطالعه ی دیگر رهروی پویه و همکاران بر روی خانه های چهارصفه و بازتاب آن ها در خانه های درونگرا از نظر وسعت تحقیق (مطالعه روی خانه های زواره، اردکان مید بشرویه و سپس خانه های اصفهان) وسیع تر اما از نظر عمق و جزئیات کمتر پرداخته شده است. در این مطالعه نویسنده مدعی اند «ویژگی های شکلی خانه های چهارصفه، در ساختار خرد و کلان خانه های تاریخی درون گرا، نقش موثری داشته است». [36] آن ها در این مقاله دو نوع خانه چهارصفه معرفی میکنند در این گونه شناسی به سقف الگوهای شکلی نیز توجه شده است. که در تحقیق حاضر جای آن خالی است. و می تواند در پژوهش های آتی مورد توجه قرار گیرد. نمونه پژوهش شکوری و خاموشی نیز از جمله مطالعاتی است که بر خلاف مطالعه ی قبلی، تنها بر روی یک الگوی فضایی خاص تمرکز کرده اند [37] این پژوهش دید خوبی در مورد نحوه ی زندگی در شکم دریده میدهد بدون پرداختن به گونه شناسی و ساختار و تفاوت های شکلی. مطالعه ی جودکی عزیز و همکاران بر روی گونه شناسی چهارصفه در معماری ایران [38] و هم چنین بازشناسی و تحلیل الگوی نه گنبد در معماری ایرانی [39] نیز قابل توجه اند. یکی از ویژگی های پژوهش حاضر و مزایای دستور زبان معرفی شده در این مقاله این است که چهارچوب و مدل یکپارچه ای ارایه میدهد که همه ی این دست مطالعات خرد را میتواند منسجم کند چنان که نتایج این دو مطالعه نیز در گونه شناسی ارایه شده در بخش دوم تحقیق قابل ارایه است. هر چند دو مقاله ی جودکی و همکاران و هم

منابع

1. Mahdavinejad M. Designerly Approach to Energy Efficiency in High-Performance Architecture Theory. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2020 Sep 10;10(2):75-83. [Persian]
<https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1399.10.2.7.5>
2. Mahdavinejad M. Dilemma of Prosperity and Technology in Contemporary Architecture of Developing Countries. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*, 2014 Sep 10;3(2):35-42. [Persian]
<https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1393.4.2.7.3>
3. Nasr T, Rismani A, Bahadori M. The Significance of Natural Components of Quranic Life in Islamic-Iranian Architecture (Case Studies: Residential Architecture of Qajar, Zand and Pahlavi Eras in Shiraz). *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*, 2017 Dec 10;7(3):47-62. [Persian]
<https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1396.7.3.5.4>
4. Kamyar M, Taghvaea A A, Khazaei R. Unstable Condition of Housing in Tehran: Disruption or Dynamism. *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2017 Apr 10;7(1):13-20. [Persian]
<https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1396.7.1.1.6>
5. Kasraei MH, Nourian Y, Mahdavinejad M. Girih for domes: analysis of three Iranian domes. *Nexus Network Journal*. 2016 Apr 1;18(1):311-21.

پیمون خود دارای گونه‌های مختلف شکلی بودند. به این ترتیب که بر اساس ساختار شکلی به 7 گونه شکلی قابل افراز هستند. از نظر روابط فضایی میان اجزا نیز می‌توان 5 گونه مشخص از روابط میان اجزای داخلی هر یک از ساختارهای شکلی پیشین شناسایی کرد که در بخش یافته‌ها شرح داده شده‌اند.

تشکر و قدردانی: این مقاله مستخرج از پایان‌نامه دکتری نویسنده اول به راهنمایی نویسنده دوم تحت عنوان «بازشناسی سازمان فضایی معماری ایرانی» در دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفته است.

تأییدیه‌های اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان در مقاله: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع مالی/حمایت‌ها: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

- objective optimisation framework for designing office windows: quality of view, daylight and energy efficiency. *Applied Energy*. 2020 Mar 1; 261: 114356.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114356>
12. Rahbar M, Mahdavinejad M, Bemanian M, Davaie Markazi AH, Hovestadt L. Generating Synthetic Space Allocation Probability Layouts Based on Trained Conditional-GANs. *Applied Artificial Intelligence*. 2019 Jul 3;33(8):689-705.
<https://doi.org/10.1080/08839514.2019.1592919>
 13. Tadayon K, Mahdavinejad M, Shahcheraghi A. Advanced mathematical algorithms to outline integrated architectural design process. *Journal of Sustainable Architecture and Urban Design*. 2021 Aug 23;9(1):1-12.
<https://doi.org/10.22061/JSAUD.2020.6603.1686>
 14. Siadatian S, Pourjafar M. Testing the Application of "Justified Plan Graph"(JPG) in Iranian-Islamic Architecture Case Studies: Rasoolian House in Yazd and a House in Masooleh *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2015;4(3):27-39. [Persian]
<https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1393.4.3.4.2>
 15. Hamedani Golshan H. Space Syntax, a Brief Review on its Origins and Methods in Architecture and Urban Design. Case Study: Brojerdiha Mansion, Kashan, IRAN. *Honar-Ha-Ye-Ziba Memaary Va ShahrSazi*. 2015;20(2):85-92.
<https://doi.org/10.22059/JFAUP.2015.56720>
 16. Esmailian Toussi H, Etessam E. Analysis of the Architecture of the Industrial Heritage Using a Combined Method of Typology and Analytical Shape Grammar (Case Study of Textile Factories of Isfahan and Yazd in the <https://doi.org/10.1007/s00004-015-0282-4>
 6. Fallahtafti R, Mahdavinejad M. Window geometry impact on a room's wind comfort. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2021 Mar 24;28(9):2381-2410.
<https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2020-0075>
 7. Javanroodi K, Mahdavinejad M, Nik VM. Impacts of urban morphology on reducing cooling load and increasing ventilation potential in hot-arid climate. *Applied Energy*. 2018; 231: 714-46.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.116>
 8. Saadatjoo P, Saligheh E. The Role of Buildings Distribution Pattern on Outdoor Airflow and Received Daylight in Residential Complexes; Case study: Residential Complexes in Tehran. *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2021 Nov 10;11(3):67-92. [Persian]
<https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1400.11.3.4.1>
 9. Valitabar M, Mohammadjavad M, Henry S, Peiman P. A dynamic vertical shading optimisation to improve view, visual comfort and operational energy. *Open House International*. 2021 Jul 9;46(3):401-415.
<https://doi.org/10.1108/OHI-02-2021-0031>
 10. Bazazzadeh H, Świt-Jankowska B, Fazeli N, Nadolny A, Safar Ali Najar B, Hashemi Safaei S, Mahdavinejad M. Efficient Shading Device as an Important Part of Daylightophil Architecture; a Designerly Framework of High-Performance Architecture for an Office Building in Tehran. *Energies*. 2021 December 8;14(24), 8272.
<https://doi.org/10.3390/en14248272>
 11. Pilechiha P, Mahdavinejad M, Rahimian FP, Carnemolla P, Seyedzadeh S. Multi-

- 2018 Sep 4;15(63):29-40.
<https://doi.org/10.22034/BAGH.2018.67365>
21. Memarian G, Sadoughi A. Application of access graphs and home culture: examining factors relative to climate and privacy in Iranian houses. *Scientific Research and Essays*. 2011 Dec 9;6(30):6350-63.
<https://academicjournals.org/journal/SRE/article-abstract/DC3AE3B31001>
22. Memarian G. House typology in Iran (with special reference to Shiraz) (Doctoral dissertation, The University of Manchester).
<https://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.505868>
23. Haeri Mazandarani M. *House, Culture, Nature: Studying the Architecture of Historic and Contemporary Homes to Formulate design Process and Criteria*. 1st ed. Tehran: Iranian Center of Urban and Architectural study and Research; 2009.
24. Haeri Mazandarani M. The place of space in iranian architecture: Seven article in language & potentials of architecture. Tehran: Office of Cultural Research; 2009.
25. Rahbar M, Mahdavejrad M, Markazi A.H.D., Bemanian M. Architectural layout design through deep learning and agent-based modeling: A hybrid approach. *Journal of Building Engineering*. 2022 April; 47, 103822.
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103822>
26. Stiny G, Gips J. Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture. In IFIP congress (2) 1971 Aug 23 (Vol. 2, No. 3, pp. 125-135).
http://home.fa.utl.pt/~lromao/2008_09/s_g/aula_3/stiny_gips_aula_3.pdf
- Pahlavi Era). *Naqshejahan - Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2019 Mar 10;9(1):1-12. [Persian]
<https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1398.9.1.6.5>
17. Vaqar SA, Zarghami EI, Qanbaran AA. Analysis of the interaction between the formal types of traditional houses and spatial configurations using space syntax case study: traditional houses of Kashan. *Journal of Iranian Architecture Studies*. 2020 Mar 10;8(16):153-79.
<https://doi.org/10.22052/1.16.153>
18. Latifi M, Diba D. Data mining of the spatial structure of Qajar native housing; Case study: Jangjouyan House of Isfahan. *Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2020 Oct 10;10(3):163-71. [Persian]
<https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1399.10.3.7.7>
19. Hasani K, Borazjani VN, Salami MN. Re-read of Court's Form and Related Spaces with Shape Grammar Case Study: 100 Houses of Qajar Dynasty in Kashan City. *The Monthly Scientific Journal of Bagh-E Nazar*. 2017 Feb 1;13(44):65-76. [Persian] Available from:
https://www.researchgate.net/profile/Bagh-E-Nazar/publication/320058452_Re-read_of_Court's_Form_and_Related_Spaces_with_Shape_Grammar_Case_Study_100_Houses_of_Qajar_Dynasty_in_Kashan_City/links/59cb83490f7e9bbfd0c3b374a/Re-read-of-Courts-Form-and-Related-Spaces-with-Shape-Grammar-Case-Study-100-Houses-of-Qajar-Dynasty-in-Kashan-City.pdf
20. Hasani K, Nourouzborazjani V. A Specification of a New Pattern of Shape Grammar in Architecture of Today's houses; Case study: Qajar houses in Tabriz and Tehran. *The Monthly Scientific Journal of Bagh-E Nazar*.

34. Farrokhyar H. One hundred Houses One hundred Plans: Architectural features of old houses in the historical fabric of hot and arid climates. Kashan: Islamic Azad University (Kashan Branch): Young Researchers Club; 2013.
35. Rahravi Poodeh S, Valibeig N, Dehghan N, Masoud M. The Structural Typology of the Main Spaces in Isfahan's Historical Houses with A Central Yard in Terms of Their Plan. *Soffeh*. 2018 Sep 23;28(3):127-48.
https://soffeh.sbu.ac.ir/article_100441.html?lang=en
36. Rahravi S, Valibeig N, Dehghan N, Masoud M. Analysis of the Formal Features of Chaharsofe Houses and its Influence on the Formal Structure of Introverted Houses in the City of Isfahan. *The Monthly Scientific Journal of Bagh-E Nazar*. 2019 May 22;16(72):5-20.
<https://doi.org/10.22034/BAGH.2019.87455>
37. Shakouri R, Seyyed-Khamoushi S. Spatial Affordance in Domestic Persian Architecture; Case Study: Shekam Darideh Room, Lariha's Residence, Yazd. *Journal of Housing and Rural Environment*. 2017 Dec 10;36(159):119-32. Available from: <http://jhre.ir/article-1-1137-en.html>
38. Judgaki Aziz A, Mousavi Haji SR, Mehr Afarin R. Chaharsofeh Pattern Typology at Iranian Architecture and Its Evolution. *Islamic Architecture Research*. 2014;2(4):14-81.
<http://jria.iust.ac.ir/article-1-111-en.html>
39. Joodaki Azizi A, Mousavi Haji SR. Recognition and the analysis of Nohgonbad Pattern in Iranian Architecture Through Literary Texts. *Comparative Literature Research*. 2017 Jun 10;4(4):168-207.
27. Eilouti BH. A formal language for Palladian palazzo façades represented by a string recognition device. *Nexus Network Journal*. 2008 Oct;10(2):245-68. <https://doi.org/10.1007/s00004-007-0068-4>
28. Eilouti BH. A formal language for Palladian palazzo façades represented by a string recognition device. *Nexus Network Journal*. 2008 Oct;10(2):245-68. <https://doi.org/10.1007/s00004-007-0068-4>
29. Benrós D, Duarte JP, Hanna S. A new palladian shape grammar: A subdivision grammar as alternative to the palladian grammar. *International journal of architectural computing*. 2012 Dec;10(4):521-40.
<https://doi.org/10.1260/1478-0771.10.4.521>
30. Eilouti BH, Hamamieh Al Shaar MJ. Shape grammars of traditional Damascene houses. *International Journal of Architectural Heritage*. 2012 Jul 1;6(4):415-35.
<https://doi.org/10.1080/15583058.2011.575530>
31. Krüger M, Duarte JP, Coutinho F. Decoding De Re Aedificatoria: using grammars to trace Alberti's influence on Portuguese classical architecture. *Nexus Network Journal*. 2011 Apr;13(1):171-82. <https://doi.org/10.1007/s00004-011-0060-x>
32. Lee JH, Ostwald MJ, Gu N. A Combined Plan Graph and Massing Grammar Approach to Frank Lloyd Wright's Prairie Architecture. *Nexus Network Journal*. 2017 Jul;19(2):279-99.
<https://doi.org/10.1007/s00004-017-0333-0>
33. Hajighasemi K. *Ganjnameh: Encyclopedia of Islamic Architecture of Iran, Volume One: Kashan Houses*. 1375. Shahid Beheshti University; 1996.

<https://dorl.net/dor>
20.1001.1.23452366.1395.4.4.3.6

40. Gholami GH, Kavian M. Examining Chahar Soffeh in the Spatial Structure of Iranian Residential Architecture in Hot and Arid Areas. *Journal of Housing and Rural Environment*. 2017 Jun 10;36(157):149-61. <http://jhre.ir/article-1-802-en.html>

