Journal of Iranian Architecture & Urbanism
(JIAU)
Homepage: https://www.isau.ir/

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Classification and extraction of architectural plan features using machine learning methods; Case study: Traditional houses of Bandar Kong *

Mona Mohtaj [1], **Mansoureh Tahbaz** [2,**], **Atefeh Dehghan Touranposhti** [3]

[1] *Ph.D. Candidate in Architecture, Faculty of Art and Architecture, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
[2] *Associate Professor, Faculty of Art and Architecture, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
[3] *Assistant Professor, Faculty of Art and Architecture, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

ARTICLE INFO

Article History:

Received	2022/08/28
Revised	2022/12/24
Accepted	2023/04/13
Available Online	2024/08/26

Keywords:

Vernacular Housing
Hot and Humid Region of Iran
Machine Learning
Clustering, Similarity Measurement

Use your device to scan and read the article online

Number of References
30

Number of Figures
14

Number of Tables
3

© 2024, JIAU. All rights reserved.

Extended ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVES: The hot and humid region of Iran experiences extremely hot summers with high humidity, making it one of the most challenging climates globally. Analyzing the features of vernacular houses in these areas can offer valuable insights for modern housing design. One of the key challenges researchers encounter in architectural typology studies is selecting appropriate case studies. Bandar Kong, a coastal city along the Persian Gulf, features traditional houses with four main components: windcatchers, Sabat (shaded walkways), main rooms (living areas), and yards, along with non-living spaces. Understanding the organization of these elements can help develop a typology of vernacular houses in Bandar Kong.

METHODS: One of the key applications of machine learning methods recently employed in architectural research is the measurement of similarity in architectural images. Categorizing and describing architectural features within each category is essential for identifying architectural types. Previous studies have utilized cosine similarity for measuring the similarity of architectural plans. Cosine similarity measurement criterion is particularly effective for evaluating sparse vectors and is commonly used in positive spaces with a range of [0,1]. Due to the diverse nature of architectural data, this method has proven effective for evaluating plan image similarities. The aim of this research is to apply machine learning techniques to select case studies and cluster the houses of Bandar Kong based on the shape and arrangement of windcatchers, sabat, courtyards, and living spaces. For this, Anaconda version 3.9 and Jupiter 6.4.5 were utilized. The cosine distance algorithm was employed to measure similarity in terms of shape and spatial relationships. The hierarchical algorithm, using the average linkage method, was used to extract and categorize the features of each plan.

FINDINGS: According to the analysis, the architectural plans of Bandar Kong houses can be divided in 3 different clusters. Scatter diagrams of each cluster can shows characteristics of each cluster. According to the scatter diagram, the length, width, and height consistently fall within the ranges of 2.5-3.5 meters for length and width, and 9-9.5 meters for height. By analyzing the scatter diagram of the characteristics of each cluster, the following results have been extracted. In the first cluster, the windcatcher is located in the east, and the sabbat or courtyard is located on the west side of it. The main rooms are mostly located on the north side and the service spaces are located on the east and west sides. In the second cluster, the windcatcher is centrally placed on the west side of the house. Here, the plan layout tends to extend along a north-south axis, with living rooms positioned on both the west and east sides. In the third cluster, the windcatcher is located on the west side of the plan. In this category, the extension of the plans is mostly east-west. The northern side of the windcatcher typically features the Gatieh room, and in most plans in this group, the wind room connects to either the northern room or the Gatieh. According to the similarity measurement, the plans of Younesi, Golbat and Karchi houses have the highest shape similarity and spatial relationships with other plans.

https://doi.org/10.30475/isau.2024.359546.1970

OPEN ACCESS

* This article is derived from the first author`s doctoral thesis entitled “Recreating natural ventilation patterns of vernacular houses with emphasize on architectural elements in hot and humid of Iran”, supervised by the second author and advised by the third, at Islamic Azad University, West Tehran Branch.

** Corresponding Author:
Email: *m-tahbaz@sbu.ac.ir*
Phone: +98(912)3114023

Extended ABSTRACT

CONCLUSION: Nowadays, with the growing volume of data and the complexity of data analysis, software solutions are increasingly used across various fields, including architecture, to minimize errors. One major challenge in architectural research is the classification and selection of case studies for analyzing architectural types. In this study, after evaluating the shape similarity and spatial relationships of architectural plans, the Younesi, Karchi, and Golbat houses were selected as case studies due to their highest similarity in both shape and spatial relations compared to other plans. Using a hierarchical classification method with average linkage, the plans were grouped into three main categories. The defining characteristics of each category were extracted from the charts and compared with the corresponding case study from each group. As a result, the Karchi house represents the first category, the Golbat house represents the second, and the Younesi house represents the third, with their respective features aligning closely with the extracted characteristics of each category.

.....

HIGHLIGHTS:

- Evaluation of machine learning methods in checking the similarity of architectural plans
- Using machine learning methods to categorize architectural plans based on the characteristics learned to the machine.
- Extracting characteristics of architectural plans using machine learning methods.

ACKNOWLEDGMENTS:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-forprofit sectors.

CONFLICT OF INTEREST:

The authors declared no conflicts of interest.

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Journal of Iranian Architecture & Urbanism (JIAU). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Mohtaj, M.; Tahbaz, M.; Dehghan Touranposhti, A., (2024). Classification and extraction of architectural plan features using machine learning methods; Case study: Traditional houses of Bandar Kong. *Journal of Iranian Architecture & Urbanism.*, 15(1): 161-174.

https://doi.org/10.30475/isau.2024.359546.1970

https://www.isau.ir/article_201109.html

نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران. دوره ۱۵. شماره ۱. صفحات ۱۷۴-۱۶۱. بهار و تابستان ۱۴۰۳

نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران
(JIAU)
https://www.isau.ir/

مقاله علمی- پژوهشی

گونه‌بندی و استخراج ویژگی‌های پلان معماری با به کارگیری روش‌های یادگیری ماشین؛

نمونه موردی: خانه‌های بومی بندر کنگ*

مونا محتاج [۱]، منصوره طاهباز [۲و**]، عاطفه دهقان توران‌پشتی [۳]

۱. دانشجوی دکتری معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲.دانشیار، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۳. استادیار، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

مشخصات مقاله

تاریخ ارسال ۱۴۰۱/۰۶/۰۶
تاریخ بازنگری ۱۴۰۱/۱۰/۰۳
تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۰۱/۲۴
تاریخ انتشار آنلاین ۱۴۰۳/۰۶/۰۵

واژگان کلیدی

مسکن بومی
منطقه گرم و مرطوب ایران
یادگیری ماشین
تشابه‌سنجی

چکیده

منطقه گرم و مرطوب ایران دارای تابستان‌های گرم با رطوبت بالا و از بحرانی‌ترین اقلیم‌های جهان است. مطالعه ویژگی‌های مسکن بومی این مناطق می‌تواند منجر به ارائه راهکارهای پیشنهادی برای طراحی مسکن معاصر شود. یکی از چالش‌هایی که پژوهشگران در مطالعه گونه‌های معماری با آن مواجه هستند، انتخاب نمونه‌های موردی می‌باشد. هدف این پژوهش استفاده از روش‌های یادگیری ماشین برای انتخاب نمونه‌های موردی و دسته‌بندی خانه‌های بندر کنگ بر اساس شکل و نحوه قرارگیری بادگیر و فضاهای مجاور آن است. برای این منظور از نرم‌افزار آناکوندا ۳,۹ و جوپیتر ۶,۴,۵ استفاده شده است. سنجش شباهت از لحاظ شکلی و روابط فضایی توسط الگوریتم فاصله کسینوسی انجام شده است. دسته‌بندی بر اساس ویژگی‌های استخراج شده توسط الگوریتم سلسله مراتبی به روش پیوند میانگین انجام شده است. بر اساس نتایج شباهت‌سنجی نمونه‌های موردی منتخب پلان خانه‌های یونسی، گلبت و کرچی، با بالاترین میزان شباهت شکلی و روابط فضایی با دیگر پلان‌ها می‌باشند. نتایج حاصل از دسته‌بندی نشان می‌دهد پلان‌ها از نظر ویژگی‌های استخراج شده به سه دسته قابل تقسیم می‌باشند. با تحلیل نمودار پراکندگی ویژگی‌های هر دسته، نتایج زیر استخراج شده است. در دسته اول اتاق بادگیر در شرق خانه قرار دارد و ساباط و یا حیاط در سمت غرب آن قرار گرفته است. اتاق‌های اصلی غالباً در ضلع شمالی و فضاهای خدماتی در ضلع شرقی و غربی قرار دارند. در دسته دوم اتاق بادگیر در میانه ضلع غربی خانه قرار گرفته است. در این دسته کشیدگی پلان شمالی- جنوبی است و اتاق‌های زیستی در سمت غربی و شرقی قرار گرفته‌اند. در دسته سوم بادگیر در ضلع غربی پلان قرار دارد. در این دسته کشیدگی پلان‌ها بیشتر شرقی- غربی می‌باشد. مجاورت شمالی اتاق بادگیر گتیه و یا اتاق می‌باشد و در اکثر پلان‌های این دسته اتاق بادگیر به اتاق شمالی و یا گتیه راه دارد.

نکات شاخص

- ارزیابی روش‌های یادگیری ماشین در بررسی شباهت پلان‌های معماری.
- استفاده از روش‌های یادگیری ماشین برای دسته‌بندی پلان‌های معماری بر مبنای ویژگی‌هایی که به ماشین آموزش داده می‌شود.
- استخراج ویژگی‌های پلان معماری با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین.

نحوه ارجاع به مقاله

محتاج، مونا؛ طاهباز، منصوره و دهقان توران‌پشتی، عاطفه. (۱۴۰۳). گونه‌بندی و استخراج ویژگی‌های پلان معماری با به کارگیری روش‌های یادگیری ماشین؛ نمونه موردی: خانه‌های بومی بندر کنگ، *نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران*، ۱۵(۱)، ۱۷۴-۱۶۱.

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده نخست با عنوان «بازآفرینی الگوهای تهویه طبیعی خانه های بومی با تأکید بر عناصر معماری در اقلیم گرم و مرطوب ایران» می‌باشد که به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب انجام گرفته است.

** نویسنده مسئول
تلفن: ۰۰۹۸۹۱۲۳۱۱۴۰۲۳
پست الکترونیک: m-tahbaz@sbu.ac.ir

مقدمه

تنوع اقلیمی و سابقه طولانی سکونت در ایران، سبب شده تا این سرزمین در زمینه معماری و شهرسازی، دستاوردهای درخور توجه و ارزشمندی داشته باشد (Tahbaz, 2016). پژوهش‌های صورت گرفته در حیطه کالبد بناهای تاریخی با تمرکز بر فرم و ساختار کالبدی بناها، عرصه‌ای برای مطالعه ویژگی معماری‌های ساخته شده در ادوار گذشته فراهم کرده و شباهت و تفاوت‌های موجود را در راستای تعیین ویژگی‌های خاص یک بنا مورد پژوهش قرار داده است (Vahdatpoor et al., 2018).

به دلیل مجاورت با دریا و امکان استفاده از بادهای ساحلی، بادگیر شاخصه اصلی معماری درمناطق ساحلی خلیج فارس از جمله بندر کنگ می‌باشد. اولین گام جهت مطالعه بر روی بادگیرهای بندر کنگ انتخاب نمونه‌های موردی که بیشترین شباهت به سایر نمونه‌ها را دارند، می‌باشد. یکی از مسائل عمده که پژوهشگران اغلب با آن روبه رو می‌شوند، این است که نمونه‌های موردی را چگونه انتخاب کنند (Strauss, 1998: 219). در پژوهش‌های انجام شده انتخاب نمونه موردی به دو صورت تصادفی و یا انتخاب متداول‌ترین نمونه از میان پلان‌های موجود انجام شده است (Vakilinejad et al., 2013: 89). نمونه‌های انتخاب شده به‌عنوان نمونه موردی باید دارای بیشترین شباهت در متغیرهای مستقل مورد بررسی با سایر نمونه‌ها باشند (Seawright & Gerring, 2008: 23).

ایجاد قابلیت در استفاده از دانش‌های علمی جدید، لزوم ترکیب و ادغام علوم رشته‌های مختلف را ضروری ساخته و منجر به ایجاد پیشرفت و ارتقا علمی در حوزه‌های مختلف شده است (Shahhoseini et al., 2022). روش‌های یادگیری ماشین[1] می‌توانند در استخراج اطلاعات از داده‌ها بکار گرفته شوند. این سیستم‌ها برای تحلیل و استنتاج، از الگوهای موجود در داده‌ها استفاده می‌کنند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توانند مسائل پیچیده‌ای که انجام دستی آنها غیرعملی است را حل کنند (Varzan, 2020: 6). یکی از قابلیت‌های روش‌های یادگیری ماشین که اخیراً در پژوهش‌های معماری مورد استفاده قرار گرفته است، تشابه‌سنجی[2] و دسته‌بندی[3] تصاویر معماری می‌باشد. دسته‌بندی و توصیف ویژگی‌های معماری هر دسته، نقش مهمی در شناخت گونه‌های معماری دارد (Araldi et al., 2021: 113).

هدف پژوهش حاضر در گام اول یافتن نمونه‌های موردی با بیشترین شباهت از نظر شکلی و ارتباط فضایی در بین پلان خانه‌های بندر کنگ به کمک روش‌های یادگیری ماشین می‌باشد. در گام دوم این سوال مطرح می‌شود که نمونه‌های انتخاب شده به چه دسته‌ای و با چه ویژگی‌هایی تعلق دارند. بنابراین هدف دوم پژوهش، دسته‌بندی و استخراج ویژگی‌های هر دسته به کمک روش‌های یادگیری ماشین می‌باشد. تمرکز این پژوهش در مقوله دسته‌بندی و تشابه‌سنجی بر بادگیر و فضاهای مجاورت بادگیر نظیر ساباط، حیاط، فضاهای زیستی، فضاهای خدماتی و ارتباطی است.

پیشینه پژوهش

دسته‌بندی و تشابه‌سنجی به طور عمده در فرآیند داده‌کاوی[4] مورد استفاده قرار می‌گیرند، هدف از دسته‌بندی، مرتب کردن داده‌ها در گروه‌های مختلف برای بررسی الگوهای موجود می‌باشد. در این بخش از مقاله به مرور پژوهش‌های انجام شده در زمینه شباهت‌سنجی و دسته‌بندی پلان‌های معماری پرداخته شده است. واژه دسته‌بندی برای اولین بار توسط کارتر و وایتهد بکار گرفته شد (Carter & Whitehead, 1975). تحقیق آن‌ها برای دسته‌بندی فضاها بر اساس روابط فضایی در مدارس متوسطه انجام گرفت. هدف این پژوهش رسیدن به بهینه‌ترین حالت ممکن برای قرارگیری فضاها در طبقات بر اساس کاربری است. در این پژوهش از روش سلسله مراتبی[5] برای دسته‌بندی پلان‌های معماری استفاده شده است. در تحقیقات اخیر از روش‌های یادگیری ماشین به طور گسترده‌تری در زمینه سنجش شباهت و دسته‌بندی پلان‌های معماری استفاده شده است.

فیست و همکاران در پژوهشی به دسته‌بندی پلان‌های معماری آپارتمان‌های مسکونی که در ۶ بلوک مختلف قرار دارند پرداخته‌اند. هدف از انجام این پژوهش مدولاریزاسیون فضاهای بهداشتی جهت اجرای آنها است. پلان‌ها توسط الگوریتم سی-او-پی- کامینز[6]، دسته‌بندی شده و در این مرحله پلان و دسته انتخابی آن توسط کاربر تایید، رد و یا به دسته دیگری تعلق می‌گیرد. این روش توسط پلاگین سی‌پلاس[7] که قابل اجرا در نرم‌افزار رویت می‌باشد، انجام شده است. همچنین از نرم‌افزار پایتون جهت انجام دسته‌بندی نیمه‌نظارت شده[8] پلان‌ها استفاده شده است. دسته‌بندی نیمه‌نظارتی شامل دو بخش می‌باشد: نخست دسته‌بندی توسط نرم‌افزار انجام می‌گیرد و سپس توسط کاربر تایید می‌شود (Feist et al., 2022).

شیح و پنگ در پژوهشی شباهت میان پلان‌های معماری را با بکارگیری الگوریتم‌های تشابه‌سنجی بررسی کرده‌اند. استفاده از روش فاصله اقلیدسی[9] برای سنجش شباهت پلان‌ها، نتایج مطلوبی نداشته، بنابراین از روش فاصله کسینوسی[10] برای شباهت‌سنجی پلان‌ها استفاده شده است (Shih & Peng, 2022).

در سال ۲۰۱۷ ایگونی رودریگز و همکارانش پژوهشی را بر روی هفتاد و دو پلان مسکونی انجام دادند و به کمک الگوریتم‌های هوش مصنوعی و در محیط جاوا[11] به چهار روش فاصله نقطه‌ای[12]، عملکرد چرخشی[13]، ماتریس شبکه‌ای[14] و فاصله تانژانتی[15]، پلان‌ها را به

صورت بردار تبدیل کرده‌اند. بنابراین بازیابی تصاویر به این چهار روش صورت گرفته و برای دسته‌بندی از روش سلسله مراتبی که از روش‌های یادگیری ماشین بدون‌نظارت است، استفاده شده است. هدف از این پژوهش انتخاب بهترین روش برای بازیابی پلان‌های معماری توسط هوش مصنوعی می‌باشد. نتایج این پژوهش بیانگر این مطلب است که استفاده از روش فاصله تانژانتی بهترین نتیجه برای دسته‌بندی پلان‌ها در این پژوهش را دارد (Rodrigues et al., 2017).

در پژوهش ران ژایو، ۱۲۹ پلان معماری مربوط به دوران معاصر جمع‌آوری شده است، که این پلان‌ها در ۱۶ دفتر معماری طراحی شده‌اند. ژان رایو برای مقایسه پلان‌ها از روش شبکه‌ای استفاده کرده است. در مرحله اول الگوهای طراحی از پلان‌ها استخراج شده‌اند. پلان‌ها بدون توجه به مقیاس و بر اساس کاربری‌ها روی یک شبکه تقسیم‌بندی شده‌اند، برای افزایش تعداد مقایسه پلان‌ها در جهات مختلف چرخیده و معکوس شده‌اند. سنجش شباهت پلان‌ها در این روش از طریق تقسیم تعداد سلول‌های دارای همپوشانی به تعداد کل سلول‌ها به دست آمده است. برای دسته‌بندی پلان‌ها از روش دسته‌بندی سلسله مراتبی (UPGMA) [16] و نرم‌افزار پایتون استفاده شده است. ابزار مورد استفاده در این پژوهش کتابخانه اسکیپی در پایتون می‌باشد. ژان رایو در نهایت به چهار الگوی طراحی به کار رفته در پلان‌های مورد بررسی (شکل ۱) دست یافته است (Xiao, 2021).

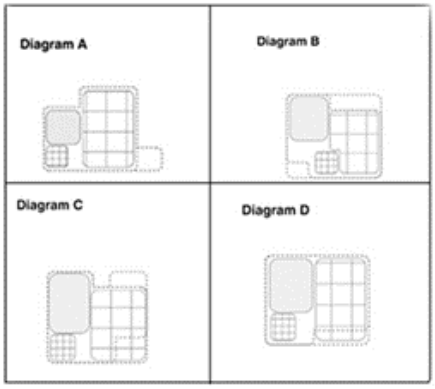

Fig. 1. Patterns extracted from Xiao's research
(Xiao, 2021)

سان و هیون در سال ۲۰۲۱ در پژوهشی به بررسی شباهت پلان‌ها بر اساس چهار معیار مجاورت، ارتباطات، شکل فضاها و تعداد اتاق‌ها پرداخته‌اند. برای بازیابی تصاویر از یک شبکه ۳۲ در ۳۲ استفاده شده و در نهایت این شبکه به بردار صفر و یک تبدیل شده است. برای اندازه‌گیری کمی شباهت بین پلان‌ها از رابطه فاصله کسینوسی استفاده شده است. این اطلاعات در محیط جیسون[17] وارد شده و در محیط پایتون با استفاده از کتابخانه جی مت فور پای[18] دسته‌بندی صورت گرفته است (Son & Hyun, 2021).

سان و هیون در سال ۲۰۲۲، در پژوهشی جداگانه به بررسی شباهت پلان‌ها از نظر شباهت شکلی، تعداد فضاها و ارتباط بین فضاها پرداخته‌اند. شباهت پلان‌ها در این پژوهش از طریق ماتریس شبکه‌ای و شباهت گراف‌های ارتباط فضایی از طریق الگوریتم جی-ای-دی[19] بررسی شده است (Son & Hyun, 2022).

شرمین یوسف و یان در پژوهشی به دسته‌بندی پلان‌های معماری با روشی نوین و به کمک پلاگینی در گرسهاپر که توسط پایتون نوشته شده است، پرداخته‌اند. بازیابی پلان‌های معماری در این پژوهش از طریق ماتریس شبکه‌ای انجام شده است. همچنین برای افزایش تعداد مقایسه پلان‌ها چرخیده و معکوس شده و در این حالت‌ها نیز با هم مقایسه شده‌اند. برای شباهت‌سنجی از الگوریتم هونگارین[20] استفاده شده است. این الگوریتم یکی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی به شمار می‌آید و از بین حالت‌های سنجش شباهت، بهینه‌ترین حالت ممکن را انتخاب می‌کند (Yousif & Yan, 2019).

در سال ۲۰۲۱ آلدرو و همکاران در پژوهشی به دسته‌بندی و تیپولوژی خانه‌های مسکونی محدوده‌ای در جنوب فرانسه پرداخته‌اند. در این پژوهش از روش غیر نظارت شده[21] برای دسته‌بندی استفاده شده است چراکه روش‌های غیرنظارت شده، به دسته‌بندی بر مبنای ویژگی‌های درونی پلان‌ها می‌انجامد بدون اینکه نیاز به پیش‌بینی تعداد دسته‌ها و ویژگی‌های هر دسته باشد (Aldero et al., 2021: 115). روش به کار رفته برای دسته‌بندی غیر نظارت شده از نوع دسته بندی سلسله مراتبی پیوند میانگین[22] است که در نهایت به ده گونه متفاوت دست یافته و ویژگی هر گونه را در انتها شرح داده است.

مساوات و باباخانی در پژوهشی پل‌های دوران صفوی را مورد بررسی قرار داده‌اند. هدف از این پژوهش بررسی این موضوع می باشد که فرم پل‌ها تابعی از عملکرد آنهاست. برای این منظور شباهت مقطع پل‌ها با استفاده از روش فاصله کسینوسی اندازه‌گیری شده است (Mosavat & Babakhani, 2021). همچنین شاه‌محمدی در پژوهشی به بررسی طیف‌های رنگی ارسی‌های مسجد نصیرالملک پرداخته است. برای این منظور ارسی‌ها به صورت تصاویر رنگی با کدهای RGB به زبان ماشین تبدیل شده و توسط رابطه شباهت کسینوسی تشابه آنها بررسی شده است (Shahmohamadi & Babakhani, 2021). در پژوهشی دیگر، تشابه سنجی ۳۰ پلان خانه‌های قاجاری به روش فاصله کسینوسی انجام شده و خانه‌های با درصد تشابه بالا انتخاب شده‌اند (Babakhani & Keifari, 2021).

در نهایت پژوهش حاضر در نظر دارد تا با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین نمونه‌های موردی که بیشترین شباهت با دیگر پلان‌ها را دارند توسط الگوریتم فاصله کسینوسی انتخاب کرده و پلان

خانه‌های بندرکنگ را به شیوه غیرنظارت‌شده دسته‌بندی کند. یکی از تفاوت‌های پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین در این است که در این پژوهش به طور مشخص بادگیر و فضاهای مجاور آن بررسی شده‌اند. تفاوت روش‌های به کار رفته جهت دسته‌بندی و تشابه‌سنجی در پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌های انجام گرفته در جدول ۱ آورده شده است. از مقایسه و بررسی تحقیقاتی که در زمینه تشابه‌سنجی و دسته‌بندی پلان‌های معماری صورت گرفته است، می‌توان نتایج زیر را استخراج نمود:

- بازیابی شکلی پلان معماری به روش شبکه‌ای رایج‌ترین شکل تبدیل پلان به ماتریس متناظر آن می‌باشد. این روش می‌تواند عملکرد فضا را هم شامل شود. برای نمونه ران ژایو در پژوهش خود از روش شبکه‌ای برای بازیابی شکلی و عملکردی پلان استفاده کرده است.

- در بیشتر پژوهش‌ها سنجش شباهت به روش فاصله کسینوسی انجام شده است. در پژوهش شیح و پنگ استفاده از روش فاصله کسینوسی برای سنجش شباهت پلان‌ها نتایج بهتری از فاصله اقلیدسی داشته است. معیار شباهت کسینوسی برای ارزیابی به ویژه در بردارهای پراکنده بسیار مناسب است و به‌خصوص در فضای مثبت که دارای محدوده [۰,۱] است استفاده می‌شود (Farhadi & Jamzadeh, 2018: 21).

- در پژوهش‌های صورت گرفته، دو روش دسته‌بندی نظارت‌شده و نظارت‌نشده به کار رفته است. برای کشف الگوها و روابط موجود در پلان‌های معماری، می‌توان از دسته‌بندی نظارت‌نشده استفاده کرد. اما در صورتی که دسته‌بندی بر مبنای معیار مشخصی مدنظر باشد، روش دسته‌بندی نظارت شده می‌تواند روش مناسب‌تری باشد.

مبانی نظری

پژوهش حاضر در پی دسته‌بندی و سنجش شباهت میان پلان‌های معماری است. بنابراین مبانی نظری را می‌توان در سه بخش بازیابی، سنجش شباهت و دسته‌بندی بررسی نمود.

بازیابی پلان معماری

در یک تعریف کلی، بازیابی تصویر، روشی برای تعریف ویژگی‌ها و شاخصه‌های آن با زبان ماشین می‌باشد. پلان معماری را می‌توان از لحاظ شکلی به روش‌های زیر به بردار و یا ماتریس تبدیل کرد. به بیانی دیگر پلان معماری را به زبان قابل فهم برای ماشین تبدیل کرد.

روش فاصله نقطه‌ای

چانگ و همکاران یک روش بیان شکل به زبان ماشین بر مبنای فاصله محیط شکل از مرکز ارائه داده‌اند (Chang et al., 1991). به این ترتیب یک نقطه در مرکز شکل در نظر گرفته شده و فاصله تمامی نقاط از این مرکز اندازه‌گیری شده و در ماتریس متناظر آن ثبت می‌شود. در پژوهشی که توسط رودریگز انجام شده است از این روش برای بازیابی پلان‌های معماری استفاده شده است (Rodrigues et al., 2017).

Table 1. Summarizing the used methods of retrieval, similarity measurement and classification in previous researches and the approach of the current research

Researcher	Year	Retrieving plans	Image similarity	Clustering method	Spatial similarity	Functional similarity
Feist et al.,	2022	Convert plan to vector	Revit C#	Python COP-KMEANS	--	-
Shih & Peng	2022	-	layoutGMN Cosine similarity	-	-	-
Son & Hyun	2022	Convert plan to matrix	The result of dividing similar cells into total cells	-	B Python-GED Gmath4py	B Python-GED Gmath4py
Aldero et al.,	2021	-	-	Hierarchical average linkage	-	-
Son & Hyun	2021	Convert plan to matrix	Cosine Similarity	-	B Python-GED Gmath4py	B Python-GED Gmath4py
Babakhani & Keifari	2021	Grid based	Cosine Similarity	Pythone Hierarchical	Grid based	-
Ran Xiao	2020	Polyomino Grid- Based	The result of dividing similar cells into total cells	Scipy sklearn Complete linkage		Polyomino Grid- Based
Hu et al.,	2020	Turning function	CNN	-	GNN(Graph Neural Network)	CNN(Convolutional Neural Network
Yusif & Yan	2019	Grid based	Hongarian Algorithm & cosine Similarity	K- medoid Grasshopper plugin with python	-	-
Rodrigues et al.,	2017	Grid based Turning function Tangent distance Point distance	Cosine similarity	Hierarchical clustering	Spatial relationship matrix	-
Mosavat & Babakhani	2021	Convert plan to vector	Cosine Similarity	-	-	-
Babakhani & Shahmohammadi	2021	Convert plan to RGB	Cosine Similarity	-	-	-
This study		Convert plan to pixels 400*400	Cosine Similarity	Hierarchical clustering average linkage	Spatial relations matrix and cosine distance	The performance of the spaces adjacent to the wind deflector is considered in four directions.

روش عملگر چرخشی

آرکین و همکاران (Arkin et al., 1991) روشی ارائه کرده‌اند که به روش عملگر چرخشی معروف است. در این روش کسینوس زاویه نقطه مشخص شده روی شکل که در جهت خلاف عقربه‌های ساعت با محور ایکس می‌سازد، اندازه‌گیری شده و در ماتریس متناظر شکل نوشته می‌شود. در این روش بزرگنمایی کردن شکل و مقیاس آن تاثیری بر نتیجه نخواهد گذاشت. اما انتخاب نقطه ابتدایی بسیار مهم است و باید توجه داشت که در تمامی شکل‌های مورد بررسی نقاط ابتدایی و انتهایی یکسان و بر طبق یک قاعده مشخص انتخاب می‌شوند. هو و همکاران در پژوهش خود از روش عملگر چرخشی برای بازیابی پلان‌های معماری استفاده کرده‌اند (Hue et al., 2020).

روش فاصله تانژانتی

در روش فاصله تانژانتی خط مماسی که از هر یک از نقاط عبور داده می‌شود، تا نقطه مرکزی محاسبه شده و در ماتریس متناظر لحاظ می‌شود. در پلان‌های معماری این خطوط در واقع دیوارهای خارجی را تشکیل می‌دهند. شکل از نقطه بالا سمت چپ و بر خلاف جهت عقربه‌های ساعت به نقاط با فاصله معین تقسیم می‌شود. در هر نقطه خطی مماس بر شکل در آن نقطه ترسیم می‌شود. فاصله این نقطه با نقطه مرکزی محاسبه می‌شود. این اعداد در نهایت بین صفر تا یک نرمالایز شده و عدد یک بیانگر بیشترین فاصله است (Rodrigues et al., 2017).

روش ماتریس شبکه‌ای

برای این منظور شبکه‌ای شطرنجی روی تصویر قرار می‌گیرد. نتیجه این بازیابی به صورت کدهای صفر و یک نمایش داده می‌شود. به بیانی دیگر در قسمت‌هایی که تصویر با شبکه همپوشانی دارد عدد یک و در قسمت‌های خالی عدد صفر لحاظ می‌گردد (Sajjanhar & Lu, 2004). بنابراین شکل به صورت یک ماتریس و یا بردار به نمایش در می‌آید. با توجه به مرور پژوهش‌های انجام شده، بازیابی پلان‌های معماری در اغلب موارد بصورت ماتریس شبکه‌ای انجام شده است.

شباهت‌سنجی در نرم‌افزار پایتون

تشابه‌سنجی برای اندازه‌گیری فاصله بین دو نقطه یا عدد یا ماتریس به کار می‌رود. برای سنجش شباهت بردار ویژگی از تصویر به یکی از روش‌های بازیابی تصاویر استخراج می‌شود و توسط یکی از معیارهای شباهت، فاصله تصاویر به‌دست می‌آید (Farhadi & Jamzadeh, 2018: 16). برای اندازه‌گیری شباهت روش‌های متفاوتی وجود دارد که می‌توان از معیار فاصله اقلیدسی، فاصله منهتن و فاصله کسینوسی نام برد.

فاصله اقلیدسی

در زمانی که داده‌ها نزدیک به هم هستند، این معیار وسیله مناسبی برای سنجش شباهت است. در این روش فاصله بین دو نقطه از طریق نظریه فیثاقورث به دست می‌آید (Farhadi & Jamzadeh, 2018: 20).

معیار شباهت منهتن

فاصله منهتن[۲۳]، برای محاسبه فاصله بین دو برداری که مقادیر واقعی دارد استفاده می‌شود. دو بردار روی یک شبکه یکنواخت مثل صفحه شطرنج وجود دارند. اگر بردارها فقط در مسیرهای مستقیم حرکت کنند و امکان حرکت مورب نداشته باشند، در این صورت فاصله منهتن مسافت طی شده بین دو بردار را مشخص می‌کند (Farhadi & Jamzadeh, 2018: 19).

معیار شباهت کسینوسی

معیار شباهت کسینوسی که توسط کالینز و همکاران (Collins & Okada, 2012) استفاده شده است، معیار شباهت بین دو بردار از یک فضای ضرب داخلی است که مبتنی بر کسینوس زاویه بین آنها است. کسینوس تتا صفر برابر با یک و بقیه زاویه‌ها کوچک‌تر از یک است. بنابراین معیار قضاوت، جهت دو بردار است نه بزرگی آن‌ها. معیار شباهت کسینوسی برای ارزیابی به ویژه در بردارهای پراکنده بسیار مناسب است و به‌خصوص در فضای مثبت که دارای محدوده [۰,۱] است استفاده می‌شود (Farhadi & Jamzadeh, 2018: 21). به همین جهت در ارزیابی شباهت تصاویر پلان‌های معماری به دلیل تنوع داده‌ها، از این معیار استفاده شده است (شکل ۲).

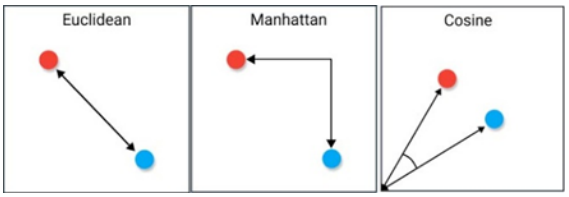

Fig. 2. Euclidean, Manhattan and Cosine similarity measurement methods

دسته‌بندی

دسته‌بندی فرایند خودکاری است که طی آن، نمونه‌ها به دسته‌هایی که اعضای آن مشابه یکدیگرند، تقسیم می‌شود. هدف از دسته‌بندی گروه‌بندی طبیعی از مجموعه الگوها، اشیا و نقاط است (Sarafrazi, 2018: 67). این روش در اکتشافات علمی در اکثر حوزه‌ها و رشته‌های علمی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sarafrazi, 2018: 79). روش‌های مختلفی برای دسته‌بندی داده‌ها وجود دارد. این روش‌ها به طور کلی به دو دسته اصلی روش دسته‌بندی سلسله مراتبی و دسته‌بندی غیر سلسله مراتبی تقسیم می‌شوند (Adams, 2019: 1). دسته‌بندی سلسله‌مراتبی به پژوهشگر این امکان را می‌دهد که به کشف الگوهای موجود در پایگاه داده بپردازد (Xiao, 2021: 188).

دسته‌بندی سلسله مراتبی

روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی به عنوان پرکاربردترین روش تحلیل خوشه‌ای در داده‌های کم

حجم به کار می‌رود. روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی در ابتدا با در نظر گرفتن برخی معیارها به تجزیه سلسله مراتبی داده‌ها می پردازد . این الگوریتم خود به دو دسته تجمیعی و تقسیمی، طبقه‌بندی می‌شود (Nabiloo & Daneshpoor, 2016: 17). متعارف‌ترین روش‌های خوشه‌بندی به روش پیوندی، شامل روش پیوند تکی[۲۴]، پیوند میانگین و پیوند کامل[۲۵] می‌باشند. روش پیوند تکی، کمترین فاصله بین دو نقطه در دو دسته متفاوت را مبنا قرار می‌دهد. در دسته‌بندی میانگین، میانگین فواصل و در روش پیوند کامل، دورترین فاصله ملاک عمل قرار می‌گیرد. روش‌های پیوند تکی و پیوند کامل، به شدت تحت تاثیر داده‌های نویز قرار دارند، بنابراین در بین روش‌های دسته‌بندی، روش پیوند میانگین می‌تواند دسته‌بندی مناسب‌تری از داده‌ها ارائه کند (Jarman et al., 2020). شکل ۳، روش‌های مختلف دسته‌بندی را نشان می‌دهد.

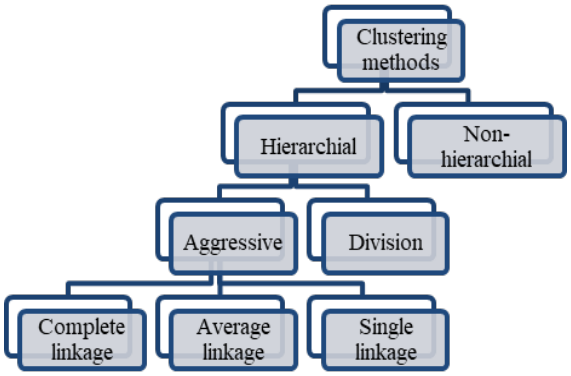

Fig. 3. Clustering methods (Saxena et al., 2017)

روش پژوهش

پژوهش حاضر به دنبال یافتن نمونه‌های موردی با بیشترین درصد تشابه شکلی و روابط فضایی و همچنین دسته‌بندی و استخراج ویژگی‌های پلان خانه‌های بندرکنگ می‌باشد. برای این منظور پلان پنجاه خانه بندرکنگ جمع‌آوری شده است. همانطور که در مقدمه توضیح داده شد، تمرکز پژوهش بر بادگیرها و فضاهای مجاورت آن می‌باشد. برای به کاربردن الگوریتم‌های یادگیری ماشین از برنامه آناکوندا[۲۶] استفاده شده است. آناکوندا یک توزیع رایگان و منبع باز از زبان برنامه‌نویسی پایتون است. الگوریتم‌ها در محیط جوپیتر[۲۷] ۶.۴.۵ نوشته شده‌اند. در ادامه روش پژوهش در سه گام انتخاب تشابه‌سنجی شکلی (انتخاب نمونه‌های موردی)، دسته‌بندی و استخراج ویژگی‌ها توضیح داده خواهد شد.

گام اول: تشابه‌سنجی شکلی

ابتدا پلان‌های معماری در محیط نرم‌افزار جوپیتر از طریق کتابخانه نامپای[۲۸] و به کمک رابطه زیر به ماتریس متناظر تبدیل شده‌اند و به بیانی دیگر بازیابی شده‌اند. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، بر روی خطوط عدد ۱ و در قسمت‌های خالی عدد صفر لحاظ می‌شود. رابطه ۱، جهت تبدیل پلان به ماتریس ۴۰۰ در ۴۰۰ استفاده شده است.

```
a = np.matrix (img)                                    (1)
img = image1.resize ((400, 400))
```

در شکل ۴، پلان‌ها با استفاده از الگوریتم نوشته شده، به روش فاصله کسینوسی با هم مقایسه شده‌اند. همانطور که در بخش پیشینه ذکر شد، معیار فاصله کسینوسی به دلیل اینکه فضای مقایسه صفر و یک است، معیار مناسب‌تری برای بررسی میزان شباهت در این پژوهش می‌باشد. رابطه ۲، الگوریتم استفاده شده برای شباهت‌سنجی را نشان می‌دهد. هرچه فاصله کسینوسی بیشتر باشد، شباهت کمتر است. بنابراین جهت به دست آوردن تشابه بین دو پلان از رابطه ۳ در الگوریتم استفاده می‌شود.

```
Dissimilarity = distance.cosine (a, b)                 (2)
Similarity = abs (Dissimilarity *100) -100             (3)
```

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، نتایج محاسبه الگوریتم نشان می‌دهد که پلان شماره یک با پلان شماره یک ۱۰۰ درصد شباهت، با پلان شماره دو ۹۲ درصد شباهت و با پلان شماره سه ۶۷ درصد شباهت دارد. به این ترتیب پلان شماره یک، پنجاه بار مقایسه شده و این روند برای تمامی پلان‌ها تکرار می‌شود. نتیجه مقایسه‌ها در ماتریس ۵۰×۵۰ نوشته شده و هیتمپ[۲۹] آن (خروجی برنامه جوپیتر) ترسیم می‌شود (شکل ۵). با ترسیم رگرسیون خطی داده‌ها می‌توان محدوده تجمع داده‌ها را مشخص نمود. همانطور که در شکل ۶ ملاحظه می‌شود، بیشترین تجمع داده‌ها در محدوده هشتاد تا هشتاد و پنج درصد می‌باشد. بنابراین خانه‌هایی انتخاب می‌شوند که تشابه بالای هشتاد درصد با سایر پلان‌ها دارند.

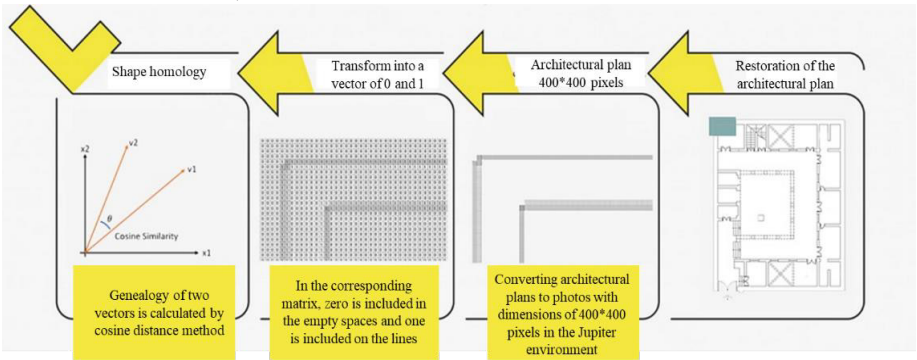

Fig. 4. Architectural plan preprocessing

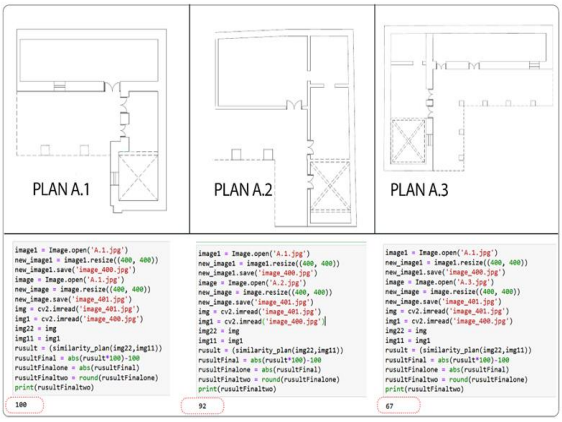

Fig. 5. Result of measuring the similarity between architectural plans in Jupiter's environment

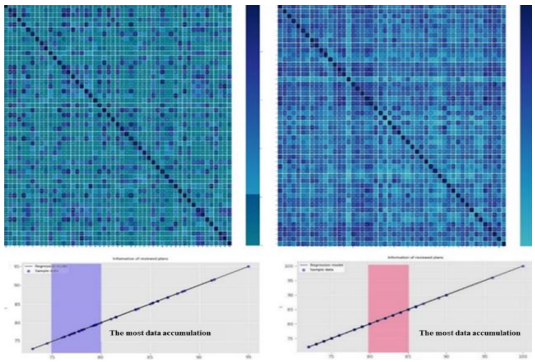

Fig. 6. Top right: Shape similarity heatmap of Kong port plans - Bottom right - linear regression of shape similarity percentages (Jupiter output); **Top left: Heat map of similarity of spatial relationships of Bandar Kong plans- Bottom left- linear regression of similarity percentages** (Jupiter output)

تشابه‌سنجی روابط فضایی

برای سنجش شباهت روابط فضایی، ارتباط فضاها با اعداد صفر (در صورتی که دو فضا با هم ارتباط نداشته باشند) و یک (در صورتی که دو فضا با هم ارتباط داشته باشند) نشان داده می‌شود. همانطور که در مقدمه نیز به آن اشاره شد، بادگیر و فضاهای مجاور بادگیر در پلان موضوع پژوهش است و از پرداختن به فضاهای خدماتی صرف‌نظر شده است. شکل ۷، نمونه‌ای از تبدیل روابط فضایی به ماتریس را نشان می‌دهد.

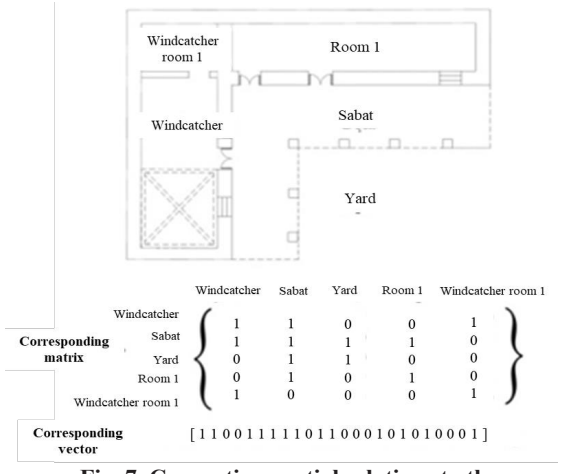

Fig. 7. Converting spatial relations to the corresponding matrix

در مرحله بعد بردارها به روش فاصله کسینوسی در محیط جوپیتر باهم مقایسه شده و درصدهای تشابه بردارها در یک ماتریس ۵۰×۵۰ وارد می‌شود. با توجه به رگرسیون خطی تشابه روابط فضایی در پلان‌ها، بالاترین تجمع داده‌ها بین هفتاد و پنج تا هشتاد درصد می‌باشد. بنابراین پلان‌های با درصد تشابه بالاتر از ۷۵ درصد با سایر پلان‌ها، انتخاب شده‌اند. در نهایت پلان‌هایی که در هر دو مرحله تشابه‌سنجی شکلی و روابط فضایی انتخاب شده‌اند، نمونه‌های موردی منتخب می‌باشند (شکل ۸). در پاسخ به سوال اول پژوهش پلان خانه‌های گلبت، یونسی و کرچی (شکل ۹) دارای بیشترین شباهت از لحاظ شکلی و روابط فضایی با سایر پلان‌ها می‌باشند. شکل ۱۰، فرایند انتخاب نمونه‌های موردی با بیشترین تشابه شکلی و روابط فضایی را نشان می‌دهد.

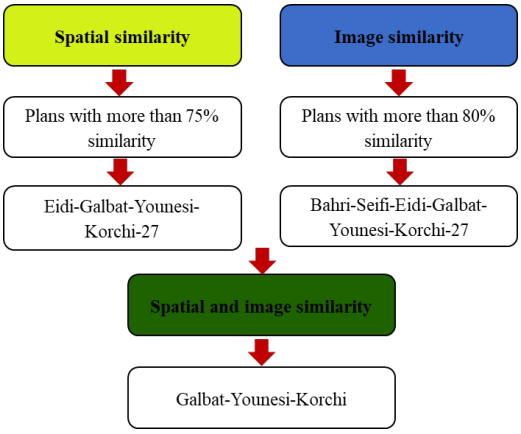

Fig. 8. Selecting the most similar case sample

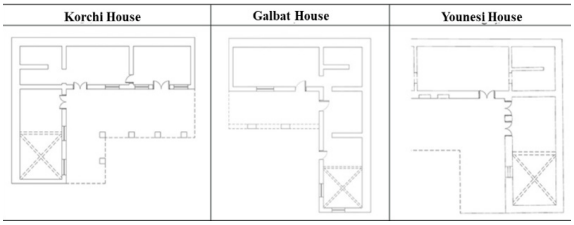

Fig. 9. Plan of selected case examples with the highest percentage of shape similarity and spatial relationships

گام دوم: دسته‌بندی پلان‌های بندرکنگ

برای دسته‌بندی پلان خانه‌ها، ویژگی پلان‌ها مطابق جدول ۲ استخراج شده و در فایل اکسل وارد شده است. دسته‌بندی بر اساس ویژگی‌های استخراج شده صورت گرفته است. با توجه به مرور پژوهش‌های انجام شده، دسته‌بندی به سه روش پیوند تکی، پیوند کامل و پیوند میانگین انجام شده است. در شکل ۱۱ نمودار دندروگرام دسته‌بندی‌ها نشان داده شده است. محور افقی دندروگرام نشان دهنده شماره پلان‌ها و محور عمودی آن نشان دهنده فاصله داده‌های درون دسته‌ها با یکدیگر است. با قطع کردن نمودار دندروگرام، تعداد دسته‌ها و پلان‌های درون هر دسته مشخص می‌شوند. هرچه نمودار از فاصله پایین‌تر قطع شود، فاصله داده‌های درون دسته کمتر شده و تعداد دسته‌ها بیشتر می‌شود.

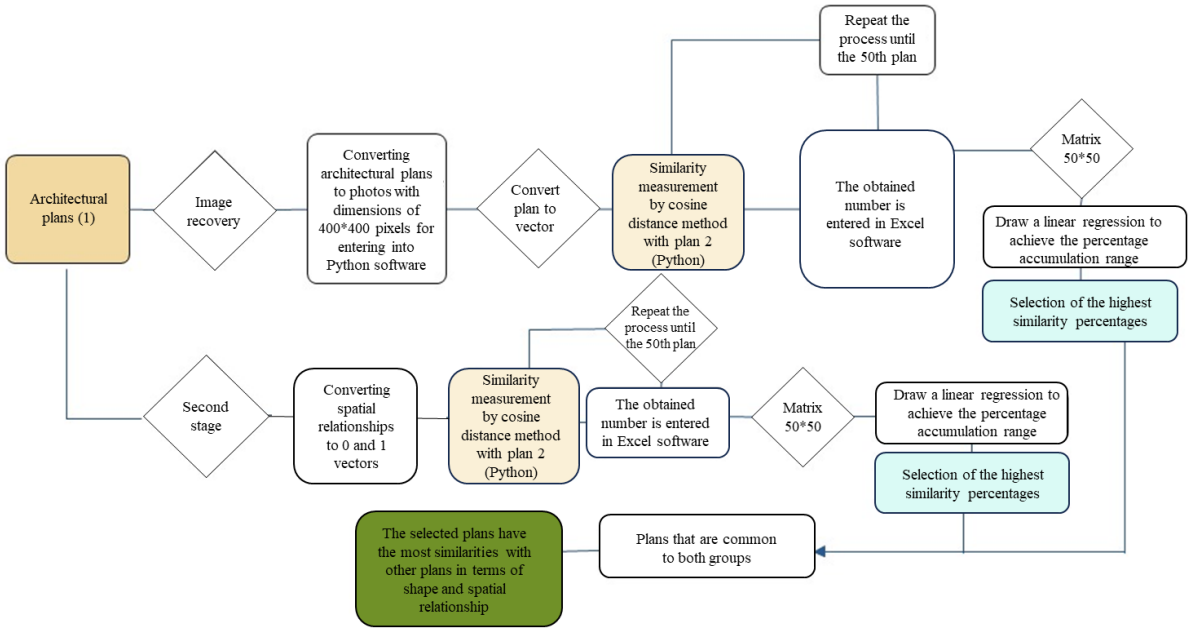

Fig. 10. Process of selecting case samples with the greatest shape similarity and spatial relationships

Table 2. Characteristics extracted from architectural plans

Windcatchers (Meter)	Length	Width	Proportions	Height
Windcatcher room (Meters)	Length	Width	Proportions	
Windy neighbourhoods	North	South	East	West
Rooms (Meter)	Width	Length	Proportions	Location
Percentage of spaces (Percent)	Semi-open	Open	Close	
Terrace (Meter)	Width	Length	Proportions	

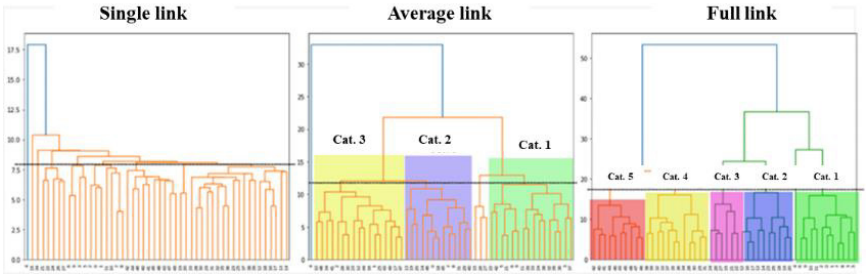

Fig. 11. Dendrogram of classification by three methods full link - average link - single link (Jupiter output)

داده‌ها در دسته‌بندی به روش پیوند کامل به پنج دسته، و به روش پیوند میانگین به سه دسته تقسیم شده‌اند. اما همانطور که در نمودار دندروگرام مشخص است، فواصل درون خوشه‌ای در روش پیوند کامل در مقایسه با روش پیوند میانگین بیشتر است. برای فهم این نکته نمودار پراکندگی یکی از ویژگی‌ها برای هر دو روش دسته‌بندی پیوند کامل و میانگین ترسیم شده است. همانطور که در شکل ۱۲ مشخص است، در دسته‌بندی به شیوه پیوند کامل داده‌های پراکنده درون یک دسته قرار گرفته است. اما در دسته‌بندی به روش پیوند میانگین داده‌های یک دسته به هم نزدیک‌ترند. بنابراین با توجه به توضیحات ارائه شده، روش پیوند میانگین با استفاده از رابطه ۴ برای دسته‌بندی پلان ها انتخاب شده است. با توجه به نمودار دندروگرام پیوند میانگین، پلان‌ها به سه دسته تقسیم شده‌اند. لازم به ذکر است که فاصله بین داده‌ها در دسته‌بندی از روش فاصله اقلیدسی محاسبه شده است.

(4)

Hierachical = linkage (kong values, metric='eclidean', method = 'average')

گام سوم: استخراج ویژگی‌ها

جهت استخراج ویژگی‌ها نمودار پراکندگی ویژگی‌ها ترسیم شده است تا مشخص شود آن ویژگی در چه بازه‌ای قرار دارد. در شکل ۱۳ نمودار پراکندگی برای طول و عرض دهانه بادگیر ترسیم شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، در دسته اول طول و عرض دهانه بادگیر به ترتیب در محدوده ۲,۵ تا ۳,۵ و ۲,۴ تا ۳,۶ قرار دارد. به این ترتیب سایر ویژگی‌ها از جمله طول تراس، عمق تراس، طول اتاق، عرض اتاق، طول اتاق بادگیر، عرض اتاق بادگیر، درصد فضاهای بسته، درصد فضاهای باز، درصد فضای نیمه باز و محل قرارگیری بادگیر به همین روش استخراج شده و در جدول ۳ آورده شده است.

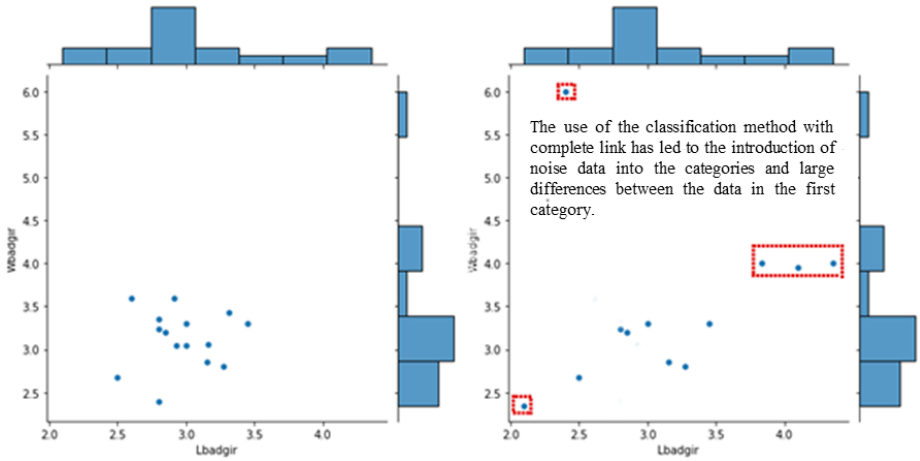

Fig. 12. Comparison of categories resulting from clustering using the complete link method (right) **and average** (left)

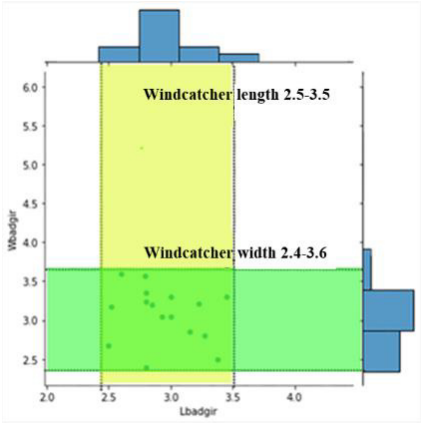

Fig. 13. Extracting the range of length and width of the wind deflector opening in the first category through a scatter diagram

Table 3. Extracted features from the categories and comparing the features with the samples selected from the first step

Characteristics	Cluster1	Korchi house	Cluster2	Galbat house	Cluster3	Younesi house
Sabat length	8 - 9	9	17 – 18	16.9	10 – 11	11
Sabat width	2.5 - 3	3	2 – 2.5	2.4	1.5 – 2	1.5
Room length	4 – 4.5	4.5	4.5 – 5	4.9	5 – 6	5
Room width	2.5 - 3	2.7	2.2	2.2	3 – 3.5	3
Length of the windcatcher	5.5 - 6	6	4.5 – 5	5	6 – 7	6.7
Width of the windcatcher	2.5 - 3	3	2 – 2.5	2.2	2.5	2.6
Close spaces ratio	55 - 60	59	50 - 60	50	50 – 55	55
Open spaced ratio	25 - 30	25	25 - 35	35	20 – 30	30
Sabat ration	15 - 18	16	10 - 25	15	13 - 16	15

برای ترسیم دیاگرام مجاورت فضایی هر دسته، ابتدا نمودار پراکندگی مجاورت‌های شمالی، جنوبی، شرقی و غربی ترسیم شده است. مطابق شکل ۱۴، برای دسته اول مجاورت شمالی اتاق بادگیر، گتیه و اتاق، مجاورت جنوبی، فضای ارتباطی و خدماتی، مجاورت شرقی، کوچه و مجاورت غربی، حیاط و ساباط می‌باشد. به این ترتیب دیاگرام دسته اول، دوم و سوم با استفاده از نمودارهای پراکندگی مجاورت‌ها مطابق شکل ۱۴ ترسیم شده است.

یافته‌های پژوهش

در پاسخ به سوال دوم پژوهش، با توجه به نتایج تحلیل‌های انجام شده، پلان خانه‌های بندر کنگ در سه دسته کلی قابل تقسیم می‌باشند. ویژگی‌های استخراج شده از نمودار پراکندگی هر دسته به همراه نمونه مشابه و ویژگی‌های آن، در جدول ۳ آورده شده است. همچنین نمونه‌های منتخب هر دسته که بیشترین شباهت شکلی و روابط فضایی با سایر پلان‌ها را دارند پلان خانه‌های کرچی،گلبت و یونسی می‌باشد. بر اساس تحلیل نمودار پراکندگی، طول و عرض دهانه بادگیر وارتفاع بادگیر به ترتیب در محدوده ۲,۵-۳,۵، ۲,۵-۳,۵ و ۹-۹,۵ قرار دارد و برای هر سه دسته یکسان می‌باشد. ویژگی هر دسته به شرح زیر است:

دسته اول: در این دسته اتاق بادگیر در شرق قرار دارد و ساباط و یا حیاط در سمت غرب آن قرار گرفته است. اتاق‌های اصلی در ضلع شمالی و فضاهای خدماتی در ضلع شرقی و غربی قرار دارند. در سمت

شمال اتاق بادگیر، اتاق یا گتیه قرار دارد و به غیر از سه مورد، در بقیه پلان‌ها ارتباط بین اتاق بادگیر با گتیه و یا اتاق شمالی وجود ندارد. در سمت جنوبی اتاق بادگیر در این دسته اتاق یا فضای زیستی قرار ندارد و فضاهای خدماتی نظیر آشپزخانه و یا فضاهای ارتباطی مثل ورودی و راه پله قرار گرفته است. اتاق بادگیر در این دسته کشیدگی بیشتری دارد و نسبت آن در حدود ۱ به ۲ می‌باشد. عمق اتاق‌های زیستی در این دسته نسبت به دسته دوم بیشتر است. عمق ساباط در این دسته نسبت به دو دسته دیگر بیشتر بوده و به در برخی نمونه ها به ۳ متر نیز می‌رسد. همچنین در پلان‌های این دسته درصد فضاهای بسته نسبت به پلان‌های دو دسته دیگر بیشتر می‌باشد.

دسته دوم: در این دسته اتاق بادگیر در میانه ضلع غربی خانه قرار گرفته است. در این دسته کشیدگی پلان بیشتر شمالی- جنوبی است و اتاق‌های زیستی در سمت غربی و شرقی قرار گرفته‌اند. به غیر از دو مورد که بادگیر در سمت شرق قرار گرفته، بادگیرها در این دسته در سمت غرب قرار دارند. در سمت شمالی اتاق بادگیر اتاق یا گتیه قرار گرفته و در سمت جنوبی نیز فضای زیستی قرار دارد. مجاورت شرقی بادگیر ساباط می‌باشد، به عبارت دیگر بادگیر با حیاط ارتباط مستقیم ندارد. ساباط‌ها در این دسته کشیدگی بیشتری دارند و عمق ساباط در این دسته نسبت به دسته اول کمتر است. اتاق‌های این دسته عمق کمتری داشته و کشیدگی بیشتری دارند. همچنین اتاق بادگیر نیز در این دسته نسبت به دسته اول کشیدگی بیشتری دارد.

دسته سوم: در این دسته بادگیر در ضلع غربی پلان قرار دارد. کشیدگی پلان‌ها بیشتر شرقی- غربی می‌باشد. مجاورت شمالی اتاق بادگیر گتیه و یا اتاق می‌باشد و در اکثر پلان‌های این دسته اتاق بادگیر به اتاق شمالی و یا گتیه راه دارد. اتاق بادگیر در این دسته کشیدگی بیشتری نسبت به دو دسته دیگر دارد. ساباط‌ها در این دسته عرض کمتری نسبت به دو دسته دیگر دارند. عمق اتاق‌های زیستی در این دسته نسبت به دو دسته دیگر بیشتر است. درصد فضاهای بسته در این دسته نسبت به دو گروه دیگر کمتر است.

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه با توجه به انبوه داده‌ها و دشواری در تحلیل داده‌ها، استفاده از توان نرم‌افزارها به عنوان راهکار کاهش خطا در بسیاری از علوم از جمله معماری در حال گسترش می‌باشد. مساله دسته‌بندی و انتخاب نمونه موردی از چالش‌های پژوهشگران در حوزه مطالعه گونه‌های معماری می‌باشد. در این پژوهش پس از شباهت‌سنجی شکلی و روابط فضایی پلان‌ها، خانه یونسی، کرچی و گلبت به عنوان نمونه‌های موردی با بالاترین درصد تشابه از لحاظ شکلی و روابط

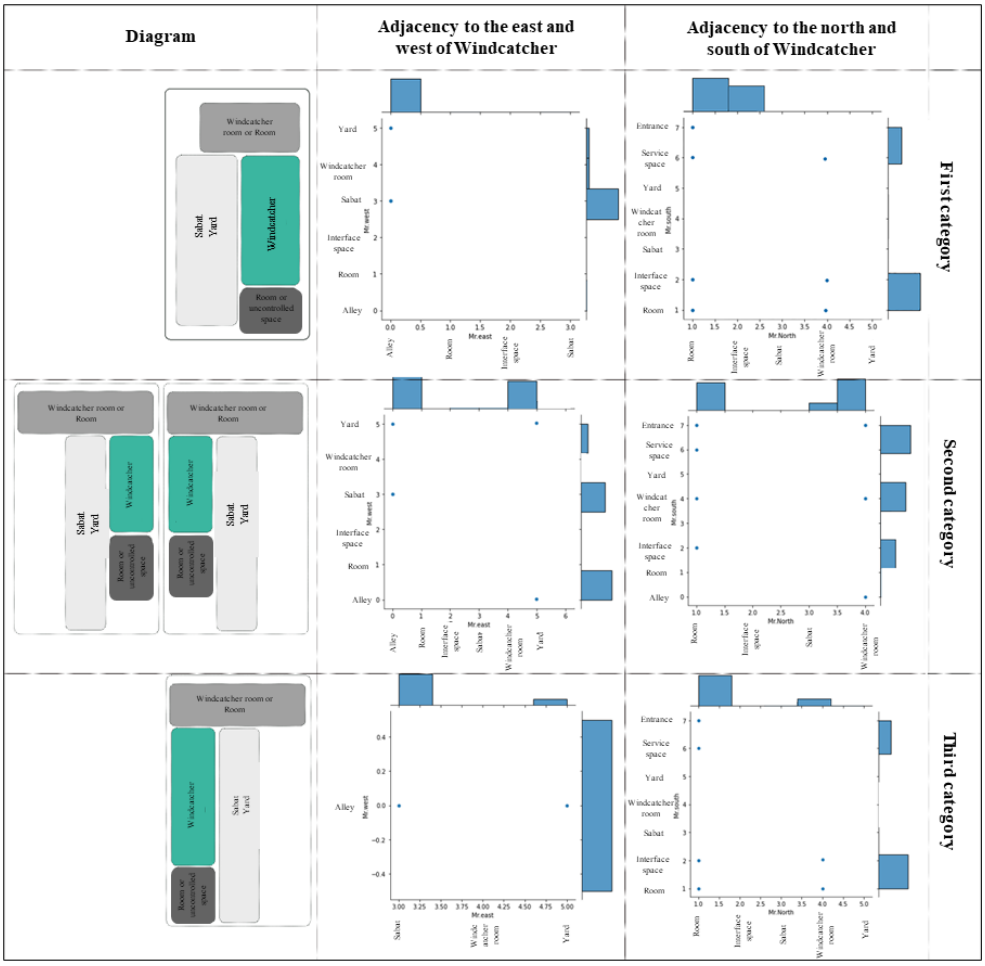

Fig. 14. Drawing the diagram of the plan of each category according to the scatter diagram of the adjacencies

فضایی نسبت به سایر پلان‌ها انتخاب شده‌اند. همچنین با استفاده از روش دسته‌بندی سلسله مراتبی پیوند میانگین، پلان‌ها مطابق شکل ۱۴ به سه دسته کلی تقسیم شده‌اند. ویژگی‌های هر دسته از نمودار استخراج شده و در جدول ۳ با نمونه‌های منتخب هر دسته مقایسه شده است. بنابراین خانه کرچی نماینده دسته اول، خانه گلبت نماینده دسته دوم و خانه یونسی نماینده دسته سوم می‌باشند و ویژگی‌شان با ویژگی‌های استخراج شده از هر دسته انطباق دارد.

پی‌نوشت

1. Machin Learning
2. Similarity
3. Clustering
4. Data Mining
5. Hierarchical
6. COP K-Means
7. C#
8. Semi-Supervised Clustering
9. Euclidean Distance
10. Cosine similarity
11. Java Script
12. Point Distance
13. Turning function
14. Grid based
15. Tangent Distance
16. Unweighted Pair Group Method with Average
17. JSON
18. Gmath4py
19. GED (Graph Edit Distance)
20. Hungarian Algorithm
21. Unsupervised
22. Average Linkage
23. Manhattan Distance
24. Single Linkage
25. Complete Linkage
26. Anaconda
27. Jupiter 6.4.5
28. Numpy
29. Heat map
30. Dendrogram

تشکر و قدردانی

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی برای ایشان وجود نداشته است.

تاییدیه‌های اخلاقی

نویسندگان متعهد می‌شوند که کلیهٔ اصول اخلاقی انتشار اثر علمی را براساس اصول اخلاقی COPE رعایت کرده‌اند و در صورت احراز هر یک از موارد تخطی از اصول اخلاقی، حتی پس از انتشار مقاله، حق حذف مقاله و پیگیری مورد را به مجله می‌دهند.

منابع مالی/ حمایت‌ها

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

مشارکت و مسئولیت نویسندگان

نویسندگان اعلام می‌دارند به‌طور مستقیم در مراحل انجام پژوهش و نگارش مقاله مشارکت فعال داشته و به طور برابر مسئولیت تمام محتویات و مطالب گفته شده در مقاله را می‌پذیرند.

References

1. Araldi, A., Emsellem, D., Fusco, G., Tettamanzi, A., & Overal, D. (2021). Exploring building typologies through fast iterative Bayesian clustering. In SAGEO'2021 (pp. 113-124).
2. Arkin, E. M., Chew, L. P., Huttenlocher, D. P., Kedem, K., & Mitchell, J. S. (1989). An efficiently computable metric for comparing polygonal shapes. Cornell University Operations Research and Industrial Engineering.
3. Babakhani, R., & Keifari, A. (2021). Explaining the evolution of Iranian traditional house spaces based on distance measurement method of plan similarity vector. Space Ontology International Journal, 10(4), 97-103.
4. Carter, D. J., & Whitehead, B. (1975). The use of cluster analysis in multi-storey layout planning. Building Science, 10(4), 287-296.
5. Chang, C. C., Hwang, S. M., & Buehrer, D. J. (1991). A shape recognition scheme based on relative distances of feature points from the centroid. Pattern recognition, 24(11), 1053-1063.
6. Collins, J., & Okada, K. (2012, September). A Comparative Study of Similarity Measures for Content-Based Medical Image Retrieval. In CLEF (Online Working Notes/Labs/Workshop) (pp. 2-7).Ryan P.Adams, 2019, Hierarchical clusterin, Cos 324-Element of Machine Learning, Prinston University.
7. Farhadi, marzieh, Jamzadeh, Mansour, (2018), Examining similarity measures in content-based image retrieval. Computer Science, (21), 13-27. [in Persian]
8. Feist, S., Sanhudo, L., Esteves, V., Pires, M., & Costa, A. A. (2022). Semi-Supervised Clustering for Architectural Modularisation. Buildings, 12(3), 303.
9. Grosswendt, A., & Roeglin, H. (2017). Improved analysis of complete-linkage clustering. Algorithmica, 78, 1131-1150.
10. Hu, R., Huang, Z., Tang, Y., Van Kaick, O., Zhang, H., & Huang, H. (2020). Graph2plan: Learning floorplan generation from layout graphs. ACM Transactions on Graphics (TOG), 39(4), 118-1.
11. Jarman, A. M. (2020). Hierarchical cluster analysis: Comparison of single linkage, complete linkage, average linkage and centroid linkage method. Georgia Southern University, 29.
12. Mosavat. Amin, Babakhani, Reza, (2021), An analysis of the structure of the bridge span form of Safavi period bridges (case study: Si Se pol Bridge, Marnan, Khajo, Joy). Environmental sci-

ence and technology, 23(2), 1-15.[in Persian]
13. Nabiloo, Maryam, Daneshpoor, Negin, (2016), A New Hybrid Clustering Algorithm in Batch Data Approach." (2016): 14-30. [in Persian]
14. Rodrigues, E., Sousa-Rodrigues, D., de Sampayo, M. T., Gaspar, A. R., Gomes, Á., & Antunes, C. H. (2017). Clustering of architectural floor plans: A comparison of shape representations. Automation in Construction, 80, 48-65.
15. Sajjanhar, A., & Lu, G. (1997). A grid-based shape indexing and retrieval method. Australian Computer Journal, 29(4), 131-140.
16. Sarafrazi, Abbas, (2018), Half a century after clustering; Review and evaluation of clustering approaches and methods with multi-criteria decision-making analysis. Research in Science, Engineering and Technology, 11(4), 65-84. [in Persian]
17. Saxena, A., Prasad, M., Gupta, A., Bharill, N., Patel, O. P., Tiwari, A., & Lin, C. T. (2017). A review of clustering techniques and developments. Neurocomputing, 267, 664-681.
18. Seawright, J., & Gerring, J. (2008). Case selection techniques in case study research: A menu of qualitative and quantitative options. Political research quarterly, 61(2), 294-308.
19. Shahhoseini, Habib, Khandani, Nadia& koorehpaz, Rana, (2022), Systematic evaluation of architectural articles in Iranian scientific-research journals and publications (Elsevierq1). [in Persian]
20. Shahmohamadi, Nima, Babakhani, Reza, (2021), Analyzing the conceptual pattern of Nasir al-Mulk mosque sashes based on the effects of environmental psychology on the psychological perception of users. Environmental Science and Technology, 23(8), 37-46. [in Persian]
21. Shih, C. Y., & Peng, C. H. (2022). Floor Plan Exploration Framework Based on Similarity Distances. arXiv preprint arXiv:2211.07331.
22. Son, K., & Hyun, K. H. (2021). A framework for multivariate data based floor plan retrieval and generation. In 26th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia: Projections. The Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, Hong Kong (Vol. 29, No. 03, pp. 2021-01).
23. Son, K., & Hyun, K. H. (2022). Designer-centric spatial design support. Automation in Construction, 137, 104195.
24. Strauss, Anselm L, (1998). Basics of qualitative research : grounded theory procedures and techniques, 2nd ed, c [translated]afshar, ebrahim.
25. Tahbaz, Mansoureh, (2016), Climatic knowledge of architectural design. Tehran: Shahid Beheshti University Press, second edition. [in Persian].
26. Vahdatpoor, sholeh, valibeig, nima, rahimiaryayi, afrooz(2018), Morphological analysis of modern residential architecture in Turkey and Iran. Case example: Chankaya Palace and Saadabad Palace, Architecture and Urban Development of Iran, 10(17), 103-116. [in Persian].
27. Vakilinejad, roza, mofidishemirani, majid, mehdizadehseraj, fatemeh(2013), effect of building envelope and ventilation patterns on energy consumption of residential buildings. [in Persian]
28. Varzan, Milad, (2020), Machine learning and general data: basics, concepts, algorithms and tools, Tehran: Miyad Andisheh. [in Persian].
29. Xiao, R. (2021). Comparing and clustering residential layouts using a novel measure of grating difference. Nexus Network Journal, 23(1), 187-208.
30. Yousif, S., & Yan, W. (2019). Shape clustering using k-medoids in architectural form finding. In Computer-Aided Architectural Design." Hello, Culture" 18th International Conference, CAAD Futures 2019, Daejeon, Republic of Korea, June 26–28, 2019, Selected Papers 18 (pp. 459-473). Springer Singapore.