ارزیابی مدل نظری و عملی یادگیری ماشین مبتنی بر فاصله سنجی بردار شباهت پلان ها بر مبنای توسعه فناوری هوش مصنوعی در معماری

رضاباباخانی: پژوهشگر دکتری معماری، دانشکده معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
reza.babakhani@srbiau.ac.ira
آزاده شاهچراغی: دکتری معماری،دانشیارگروه معماری، دانشکده معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.
a.shahcheraghi@gmail.com
حسین ذبیحی: دکتری معماری،دانشیارگروه شهرسازی، دانشکده شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.
h.Zabihi@srbiau.ac.ir

چکیده

ما در آستانه ورود به جامعه دانش مدار هستیم که در آن منبع اصلی اقتصاد، سرمایه یا منابع طبیعی و نیروی کارگری نیست، بلکه فقط دانش به عنوان تنها منع معنی دار جهان تلقی می شود. این جمله از دراکر اهمیت دانش را نشان می دهد، در واقع مساله این پژوهش بیان و ارزیابی مدلی نظری و عملی در جهت واکاوی شیوه های آموزش پلان های معماری به الگوریتم های یادگیری ماشین است. بر همین اساس پژوهش به دنبال یافتن شیوه های توسعه داده های (پلان ها) معماری به سمت فناوری های نوین می باشد. هدف پژوهش یافتن راهی برای توسعه فناوری هوش مصنوعی در ورود داده های معماری با همان مفاهیم اصلی خود است که بتواند علاوه بر داشتن همان کارکردهایی که هوش انسانی دارد، سرعت، دقت و چندبعدی بودن را در فرآیند تولید دانش معماری لحاظ نماید. روش پژوهش بصورت تاریخی، تحلیلی و با رویکرد بررسی داده های کمی می باشد که با استفاده از الگوریتم های پردازش تصویر، خطوط چندین نمونه از پلان های معماری در اعداد نرمال شده 0 تا 1قرارداده شده و سپس به روش تعیین فاصله کسینوسی بر روی بردارهای به دست آمده، تشابه سنجی گردیده است. یافته های این پژوهش بیان می دارد با روش های ارائه گردیده می توان داده های موجود در پلان را به ماشین انتقال داد و همین شیوه می تواند، در آینده پایه گذار سامانه های هوشمندی شود که توانایی تولید و تشابه سنجی پلان های معماری را بصورت نامحدود خواهند داشت و این فرآیند نخستین گام در این حوزه می باشد.

واژگان کلیدی: تشابه سنجی، یادگیری ماشین ، مدیریت دانش.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

بیان مسئله:

ما در آستانه ورود به «جامعه دانش مدار» هستیم که در آن منبع اصلی اقتصاد، سرمایه یا منابع طبیعی و نیروی کارگری نیست، بلکه فقط دانش به عنوان تنها منبع معنی دار جهان تلقی می شود (نوناکا و تاکوچی ۹۵،۱۳۸۴). این جمله ای است که پیتردراکر در کتاب «جامعه پس از سرمایه داری» (۱۹۹۳) می گوید و نوید جهانی را می دهد که برپایه دانش قراردارد. اکنون بیش از دو دهه از این اظهار نظر می گذرد و امروز دانش در تمام عرصه های زندگی بشر به وضوح قابل مشاهده است. جامعه دانش مدار جامعه ای است که تمام نیازهای آن بر مدار دانش، تامین می گردد و شکل می گیرد (نوناکا و تاکوچی ۹۷،۱۳۸۴).

دراکر (۱۹۹۳)، در آخرین تالیف خود معتقد است که در اقتصاد نوین، دانش به عنوان یکی از عوامل شناخته شده در امر تولید همچون نیروی کار، سرمایه و زمین، به شمار نمی رود، بلکه امروزه به عنوان تنها عامل اساسی در حوزه تولید ارزیابی می شود (نوناکا و تاکوچی ۱۳۸۴، ۲۹). این گفته دراکر را می توان در تغییرات شتابان فناوری و طول عمر کوتاه محصولات دید که همگی از مشخصات عصر جدید رقابت است که بنگاه ها را با چالش های اساسی در خصوص معرفی محصول، تنوع محصول و سازگاری با استانداردهای جدید مواجه می کند (وانگلیمپیارات،۲۰۱۲،دادفر و همکاران۲۰۱۳). براین اساس فناوری و تغییرات آن به عنوان ابزاری برای خلق ثروت است و رقابت پذیری در کسب و کار سازمان ها نقشی حیاتی یافته است (پورتر، ۱۹۸۵).

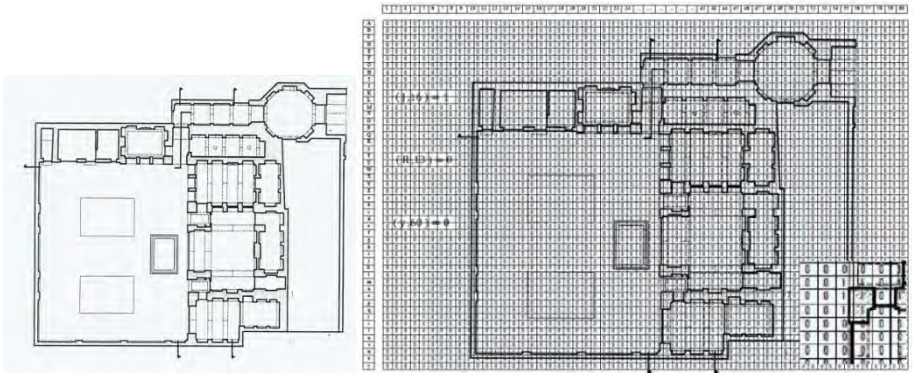
اکنون برای تامین این خواسته های بازارها و رفع چالش ها باید دانش منسوخ شده را کنار گذاشته و نحوه خلق دانش نوین را با توجه به موارد زیر همواره مدنظر داشت، بهینه‌سازی مداوم عملکردها، ارائه کاربردهای نوین از طریق دستاوردهای خود، نوآوری مداوم به عنوان یک فرآیند سازماندهی شده باید در جامعه علمی کشور به منصه ظهور برسد (نوناکا و تاکوچی ۹۵،۱۳۸۴). از این رو دانش معماری باید در راستای تامین نیاز کاربران و توسعه بنگاه های اقتصادی خود به سمت توسعه فناوری های نوین در فرآیندهای طراحی و تولید دانش جهت گیری نماید. توسعه دانش با فناوری های نوین در رشته معماری، یک مدل در حال ظهور و بین رشته‌ای است که با تمام جنبه های دانش از جمله زمینه تولید، تدوین و به اشتراک گذاری آن و همچنین استفاده از این فعالیت ها جهت ترویج آموزش و ابداع تکنیک های نوین درگیر است (رجاء ۵۵،۱۳۹۴). برای توسعه فناوری های نوین در دانش معماری باید تکنولوژی های نوین را در اولویت قرار داد، چرا که تکنولوژی های نوین مانند هوش مصنوعی در جامعه دانش‌مدار صرفاً برای طبقه بندی و دسته بندی اطلاعات نیست، بلکه این تکنولوژی زمینه ساز تبدیل داده ها به دانش های نوین و کاربردی در راستای توسعه بنگاه ها و شغل های دانشی است.

دانش معماری به عنوان یک صنعت فراگیر و دارای حوزه اشتغال بالا در حال تولید داده های جدید روز افزون است و حجم تولید داده های آن در سال های اخیر با سرعت بسیار شگرفی در حال رشد است. اما از طرفی چالش هایی برای پیدا کردن بسترهای ظهور و توسعه تکنولوژی های نوین در معماری وجود دارد که راهکارهای اکنون آن را می توان در پژوهش های میان رشته ای جستجو نمود. راهکارهایی که از مسیر رایانه ها عبور می نماید، رایانه ها با معرفی فناوری‌های نوین (۱۹۸۰) به کمک سیستم های هوش مصنوعی مفاهیم جدیدی مانند: مهندسی دانش، سیستم های برپایه دانش و هستی‌شناسی مبتنی بر رایانه را ارائه نمودند و این ابزارها و فناوری ها می توانند سرعت و دقت تولید دانش را از داده ها و فراداده ها افزایش چشمگیری دهند (رجاء ۵۵،۱۳۹۴)، لذا نیاز به رایانه های هوشمند در معماری به عنوان ابزاری برای توسعه بنگاه های اقتصادی وابسته به صنعت ساختمان کم کم در حال تبدیل شدن به یک ضرورت می باشد.

روش تحقیق:

روش پژوهش از منظر هدف و شیوه گردآوری داده ها بصورت ترکیبی کاربردی، تاریخی، توصیفی و تحلیلی و با رویکرد بررسی داده های کمی می باشد، جامعه آماری پژوهش شامل پلان های دوره های صفوی تا قاجار می باشد که بصورت تصادفی انتخاب گردیده است، در واقع پلان های معماری دارای بار اطلاعاتی بسیار زیاد و حائز اهمیت است. پلان های معماری در اصل سیرکولاسیون فضاها، روابط میان فضایی، سینومرفی فضا، کاربری فضاها، بازشوها و سایر عناصر موجود را بصورت اطلاعات به معماران ارائه می نمایند. اما داده کاوی توسط هوش مصنوعی در داده های معماری در صورتی امکان پذیر خواهد بود که دانش درک این اطلاعات توسط روش‌های ویژه یادگیری ماشین به هوش مصنوعی انتقال داده شود. برای رسیدن به این هدف ابتدا باید اصلی ترین عنصر موجود در پلان های معماری را که خط و نقطه می نامیم به ماشین بیاموزیم، خط و نقطه به عنوان اصلی ترین عناصر پلان در حال تبدیل داده ها به فراداده، یعنی برچسب گذاری آن ها و در نهایت تشکیل اطلاعات هستند.

هر خط و نقطه در سطح دو بعدی پلان که در محور x و y در حال نمایش است، وظیفه تولید داده و تبدیل آن به فراداده را دارد. از این رو مدیریت دانش و داده کاوی در پلان های معماری باید براساس حرکت از دانش به سمت داده باشد، یعنی جهت تولید داده های جدید و یا دسته بندی داده های موجود باید ساختار پلان در ساختار الگوریتم ها از جز به کل تقسیم و آنالیز گردد. اما نکته اصلی در اینجا، زبان یادگیری رایانه ها است که با زبان انگارشِ برداری یا ماتریسی شبکه ای می باشد، یعنی انگارش یا ریاضیات تنها روش آموزش به ماشین است که در قالب اعداد $1,0$ و کدهای رنگی RGB برای او مفهوم پیدا می کند. در جهت رسیدن به این هدف و آموزش خط و نقطه های معماری به ماشین باید داده ها را براساس میانگین نرمال شده 0 تا 1 آماده و ارائه نمائیم و این مفاهیم را برای یادگیری ماشین از طریق بردارها و یا ماتریس های نرمال شده، $1,0$ نمایش دهیم. برای این امر پلان های معماری که دارای ابعاد یکسانی هستند در صورت وجود خطوط در هر قسمت از صفحه برای ماشین با عدد 1 نمایان می گردد و هر جای صفحه که خط و نقطه ی معماری وجود نداشته باشد، ماشین آن را 0 می شناسد Rodrigues & et all،۲۰۱۷،۴۹). در این پژوهش نیز برای انجام این کار از دو روش استفاده گردیده است، روش اول، استفاده از کدهای مخصوص پردازش تصویر است که خطوط پلان معماری را در اعداد نرمال شده 0 تا ۲۵۶ قرارداده و روش دوم از طریق ترسیم ماتریس دستی براساس یک صفحه استاندارد است که به ابعاد ۵۰ در ۶۰ سانتی متر با اعداد 0 و ۱ نرمال گردیده، این دو روش مبنای یادگیری پلان معماری خانه های ایرانی دوره صفوی تا قاجار برای هوش مصنوعی است.



شکل۱. روش دستی تبدیل پلان به ماتریس برای یادگیری ماشین- مآخذ نگارندگان.

بعد از تبدیل پلان های موجود در پایگاه داده به ماتریس های نرمال شده بین 1،0 که دارای ابعاد دو بعدی ۵۰ در۶۰ با تعداد ۳۰۰۰ متغیر است، اکنون باید تمام این ماتریس ها در بردارهای ویژگی های تصویر که از طریق عملیات تشابه سنجی در فاصله کسینوسی دو بردارکه با فرمول کسینوس تشابهی قابل محاسبه هستند، قرار گیرد. روش محاسبه معیار شباهت کسینوسی که توسط کالینز مطرح گردیده، معیار شباهت دو بردار از یک فضای ضرب داخلی است که فاصله کسینوس زاویه بین آن ها را اندازه گیری می نماید. در این روش کسینوسθ برابر با یک و برای بقیه زاویه ها کوچکتر از یک است. بنابراین معیار قضاوت جهت دو بردار است نه بزرگی آن ها، دو بردار هم جهت دارای معیار شباهت کسینوسی برابر یک هستند و دوبردار که دارای جهت معکوس هم هستند، دارای شباهت 1- می باشند (فرهادی و جم زاده ۲۱،۱۳۹۷).

معیار شباهت کسینوسی بخصوص در فضای مثبت که دارای محدوده [۰،۱] است، استفاده می شود. فاصله کسینوسی دو بردار توسط فرمول ضرب داخلی اقلیدسی به صورت رابطه $A.B = ||A||\,||B|| \cos\theta$ به دست می آید. حال با دو بردار ویژگی داده ها و معیار شباهت کسینوسی با استفاده از ضرب داخلی محاسبه می‌گردد، این فرمول $similarity = \cos(\theta) = \frac{A.B}{||A||\,||B||} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i \times B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(A)^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(B)^2}}$ معیار سنجش خواهد بود (Garcia،۲۰۱۸،۹).

۱. ابتدا یک نقطه مرجع در یک شکل دو بعدی با نام $C(x_0,y_0)$ در مسیر x و y تعریف کرده و برابر $y_0=0$ و $x_0=0$ قرار می دهیم و در ادامه نقاط $A(x_1,y_1)$ و $B(x_2,y_2)$ را مشخص می کنیم.

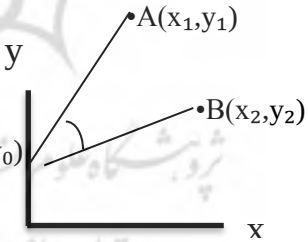
۲. از ضرب A در B مختصات ها را دریافت خواهیم کرد که با نقاط مشکی نمایش داده شده است.

۳. اکنون از نقطه C به نقاط A و B خطی رسم می کنیم و با روش اقلیدسی فاصله نقاط را می سنجیم.

۴. حال برداری داریم هم جهت با مقادیر مطلق که زاویه آن نشان داده شده است.

۵. اکنون با نرمال کردن فاصله A و B آن را بین فاصله اقلیدسی تقسیم کرده و نسبت به دست آمده کسینوس زوایه بین بردارها را تعریف می نماید.

$$similarity(A,B) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \times \|B\|} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i \times B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} A_i^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^{n} B_i^2}}$$



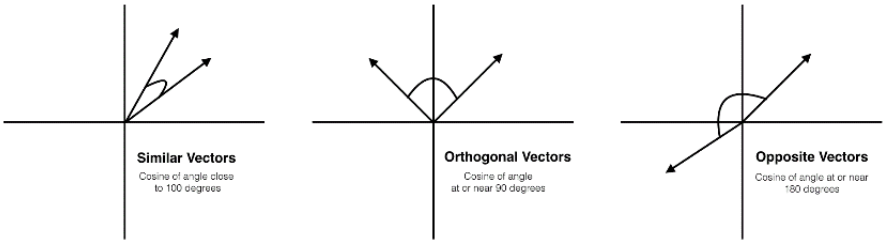
$$A \bullet B = x1 * x2 + y1 * y2$$

Cosθ

$$d_{AC} = ((x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2)^{1/2} = (x_1^2 + y_1^2)^{1/2}$$

$$d_{BC} = ((x_2 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2)^{1/2} = (x_2^2 + y_2^2)^{1/2}$$

مقدار به دست آمده در بازه [۱-،۱] است که 1- نشان دهنده دقیقاً مخالف، 1 نشان دهنده یکی بودن و صفرنشان دهنده تعامد یا شباهت صفر است و مقادیر بین آن ها بیانگر میزان شباهت و یا عدم شباهت می باشد(Garcia،۲۰۱۸،۹).

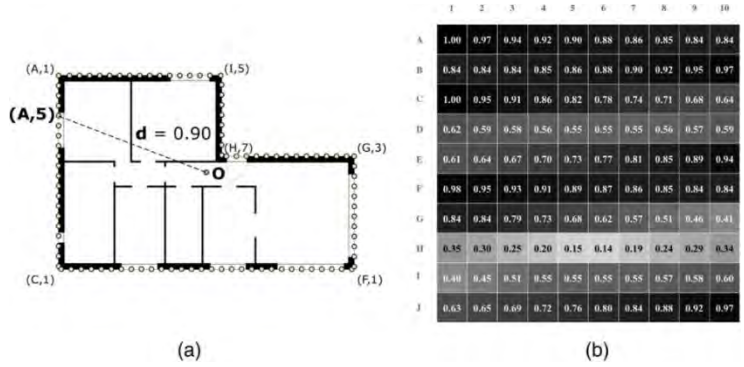


شکل۲. نمایش زاویه بردارهای تشابه سنجی به روش فاصله کسینوسی - مآخذGarcia,2018,9 .

آقای ایگونی رودریگز و همکارانش در سال ۲۰۱۷ بر روی پایگاه داده ای متشکل از هفتاد پلان مسکونی با ابعاد مختلف کار کرده است. رودریگز و همکارانش در این پژوهش به دنبال آزمایش روش های مختلف یادگیری ماشین از پلان های معماری و ارائه دسته بندی همگرا بوده اند. لذا برای یادگیری پلان خانه های مسکونی از چهار روش فاصله نقطه ای، عملگرچرخشی، ماتریس شبکه ای و فاصله تانژانتی استفاده گردیده است.

۱- روش اول فاصله نقطه ای

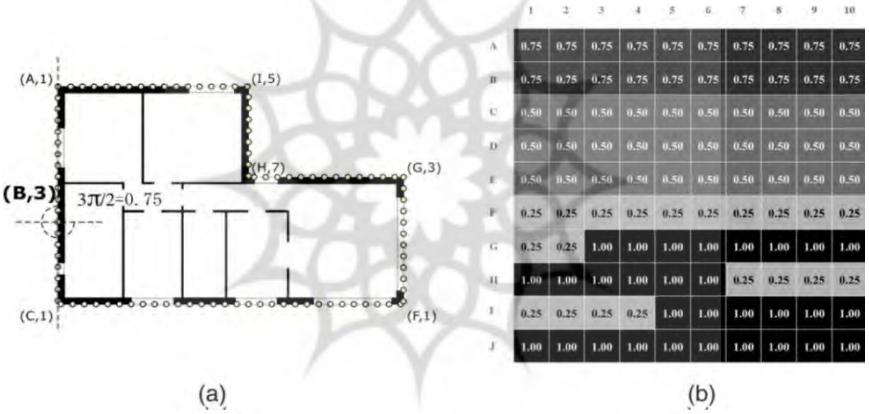
در این روش فاصله نرمال شده برای نقاط براساس تقسیم فاصلهِ واقعی بر طولانی ترین فاصله تمام نقاط است، جهت حرکت مخالف عقربه های ساعت و بردار در شکل گرادیان ماتریس نمایش داده می شود.



شکل۳. تبدیل پلان به کدهای نرمال شده از روش فاصله نقطه ای- مآخذ Rodrigues et all,2017.

۲- روش دوم عملگرچرخشی

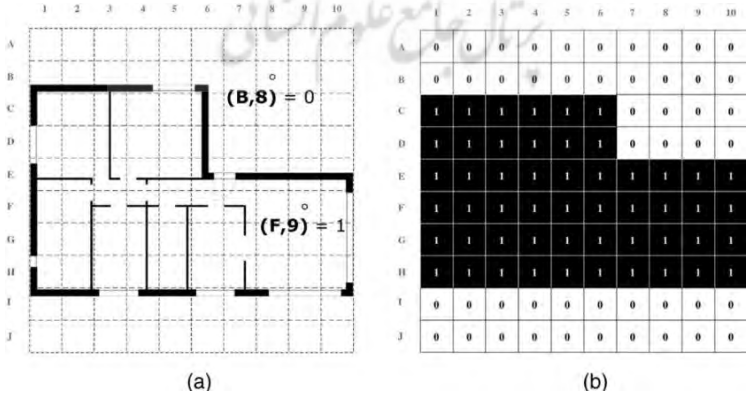
حرکت شاخص بر روی نقاط تعیین شده پیرامونی که براساس فرمول، در جهت معکوس عقربه های ساعت، یک بردارِ گرادیان با نقاط نرمال شده تک واحدی نمایش می دهد.



شکل۴. تبدیل پلان به کدهای نرمال شده از روش عملگرچرخشی - مآخذ Rodrigues & et all,2017.

۳- روش سوم ماتریس شبکه ای

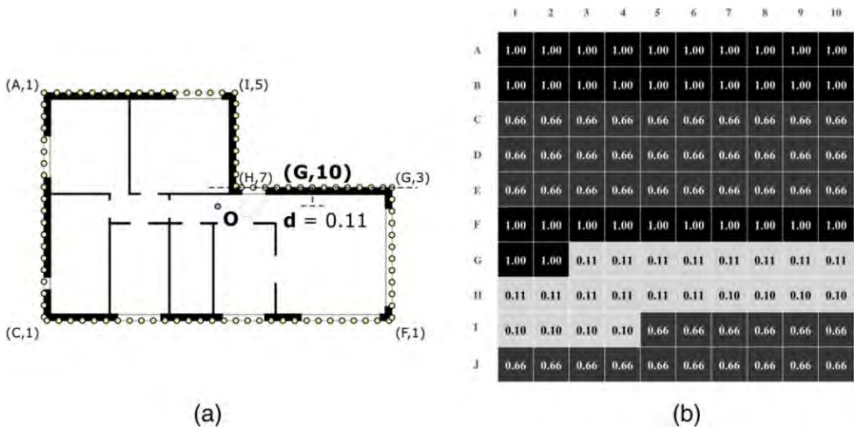
ابتدا شبکه ای از سلول های استاندارد ترسیم و سپس پلان در آن ثبت می‌گردد، محدوده های پلان عدد یک و محدوده خارج از آن عدد صفر را دریافت می‌نمایند.



شکل۵. تبدیل پلان به کدهای نرمال شده از روش ماتریس شبکه ای – مآخذ Rodrigues & et all,2017.

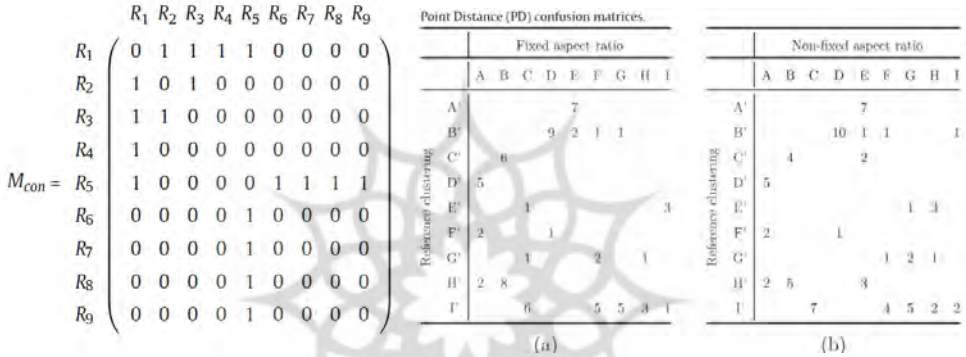
٤- روش چهارم فاصله تانژانتی

ابتدا نقاط در گوشه‌ها و بر روی خط اصلی مشخص شده و سپس در جهت عقربه‌های ساعت، بردار ماتریس گرادیان از نرمال کردن این فاصله ها به دست می‌آید.



شکل۶. تبدیل پلان به کدهای نرمال شده از روش فاصله تانژانتی - مآخذ Rodrigues & et all,2017.

نتایج این پژوهش چند دستاورد را به همراه داشته است، ابتدا نحوه ارتباط تمام فضاها در یک ماتریس نشان داده شده است، که تمام پلان ها از یک الگوی رابطه‌ی فضایی بهره مند می باشند، دومین دستاورد رسیدن به یک جدول استاندارد ابعاد و اندازه های فضایی در تمام پلان ها بود، و در نهایت ارائه دسته بندی انتهایی که ماشین پس از یادگیری همه داده های موجود در پلان ها توانسته یک دسته بندی صحیح از نظر شکلی ارائه نماید. این امر در تولید پایگاه داده ها و کلان داده هایِ سیستم‌های هوش طراحی خودکار، می تواند بسیار حائز اهمیت باشد.



شکل۷. ماتریس روابط فضایی بصورت کدهای ۰ و ۱ شده - مآخذ Rodrigues & et all,2017.

بررسی پیشینه تحقیق:

در سال ۱۹۷۶ Mitchell نخستین تئوری هم نهاد و بهینه سازی (Synthesis and optimization) در تولید پلان های معماری را ارائه می نماید، که در این پژوهش به شانزده حالت ممکن قرارگیری مربع و مستطیل ها دست یافته است و همچنین سال ۱۹۹۶ Jo and Gero براساس پژوهشی با استفاده از الگوریتم ژنتیک پلان های معماری را شبیه سازی نموده است، در سال ۱۹۹۷ پژوهشگرانی همچون Rosenman ,Schnier and Gero, Gero and Kazakov, Jagielski and Gero درقالب تحقیقات مجزا از هم توانستند با الگوریتم های ژنتیک و برنامه نویسی ژنتیک اقدام به تولید نمونه ای از پلان های معماری نمایند. همچنین از سال ۱۹۹۸ تا ۱۹۹۹ Garza and Maher ,Bentley, Elezkurtaj and Franck در پژوهشی به کمک الگوریتم های ژنتیک و الگوریتم استراتژی تکاملی توانستند اقدام به خلق ترکیبات فضایی معماری نماید. اما در ادامه پژوهش های در سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۲ برای اولین جهت تولید پلان از طریق الگوریتم های ژنتیک، برنامه نویسی درجه دوم متوالی، بازتولید شبیه سازی توانستند پلان های معماری را تولید نمایند. همچنین از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۸ تلاش های مختلفی در جهت تولید پلان‌های معماری با الگوریتم های ژنتیک و برنامه نویسی ژنتیک صورت گرفته است که این تلاش ها توسط Makris, Virirakis, Makris, Bausys and Pankrasovait, Homayouni, Doulgerakis, Banerjee et al, Serag et al بوده است. اما از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ تغییراتی در پژوهش های این پارادایم صورت گرفت و از استفاده تک الگوریتم ژنتیک یا برنامه نویسی به سمت ترکیب الگوریتم های ژنتیک با سایر الگوریتم های نوظهور حرکت نمود به نحوی که پژوهشگرانی چون Inoue and Takagi, Wong and Chan, Benjamin Dillenburger, Thakur et al, de la Barrera Poblete, Knecht, Flack این پژوهش ها را صورت بخشیدند و نتایج آن تولید پلان های معماری مختلف گردید. همچنین در سال های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۲ دو پژوهشگر به نام‌های Ricardo Lopes et al, Reinhard Koenig از طریق روش الگوریتم سلسله مراتبی توانستد تقسیمات فضایی را جهت تولید پلان های جدید استفاده نمایند. اما پژوهشی در زمینه شیوه طراحی خودکار براساس ساختار فضایی پلان ها در دانشگاه کویمبرای پرتغال در سال ۲۰۱۵ توسط آقای جئو فرانسیسکو کاستا انجام گردیده است که در این پژوهش روش های تولید پلان در فرآیندی از ساختارهای مدولار مورد ارزیابی قرار گرفته و در نتیجه الگوریتمی ابتکاری در محیط کدنویسی جاوا تولید گردیده است(Francisco & Rodrigues, 2015).

سال ۲۰۱۷ ایگونی رودریگز و همکاران در دانشگاه MIT پرتغال کار مشابهی را بر روی پایگاه داده ای با هفتاد پلان خانه مسکونی که بصورت آپارتمانی طراحی گردیده بود، مورد آزمون قراردادند، در این پژوهش عملیات دسته بندی به کمک هوش مصنوعی را در محیط جاوا با چهار روش با نام های فاصله‌نقطه ای، عملکرد چرخشی، ماتریس شبکه ای و فاصله تانژانتی آزمایش نمودند. هدف این پژوهش انتخاب بهترین روش برای یادگیری و دسته بندی پلان خانه ها توسط هوش مصنوعی

بود. نتایج به دست آمده در این پژوهش بیانگر این واقعیت بود که استفاده از شیوه فاصله تانژانتی و ماتریس شبکه ای دقت بالاتری را در یادگیری ماشین و همچنین دسته بندی پلان ها خواهد داشت(Sampayo & et all ،۲۰۱۷).

همچنین در تحقیقی در سال ۲۰۱۷ مارتین استیسی روالس با روش دستور زبان گفتاری و ایجاد شرط های متعدد اقدام به برنامه ریزی تولید پلان بر روی تقسیمات مربع و مستطیل ها می نماید و تاحدودی موفق به تولید نمونه های محدود می گردد(Stacey, 2017,2). در سال ۲۰۱۸ پدرو ولوسو و همکارانش براساس پژوهشی بر روی نرم افزارها و افزونه های مختلف معماری توانستند فرآیندی را پیشنهاد نمایند که براساس آن طراحی خودکار صورت گیرد و فرآیند مدیریت اطلاعات نیز قابل اجرای همزمان بر روی پروژه ها باشد (Velosoa, 2018,96). همچنین فنگ شی و همکارانش در سال ۲۰۲۰ با استفاده از جستجوی درخت مونت کارلو توانستن تقسیمات مناسبی را بر روی ساختار زمین های مستطیلی شکل فراهم نمایند(Shia, 2020,187). در سال ۲۰۱۹ آقای استانیسلاس چائلو در دانشگاه هاروارد پژوهشی را در جهت تولید پلان های جدید براساس الگوهای معماری دوره گوتیک انجام داد که در این پژوهش به کمک الگوریتم های GAN پلان هایی را با مولفه‌ها و شاخص های دوره گوتیک تولید و دسته بندی می نماید (Chaillou, 2019). اما آنچه نوآوری این پژوهش می باشد استفاده همزمان از دو روش پردازش تصویر و ماتریس شبکه ای برای تشخیص میزان تشابه پلان های مورد بررسی است، چرا که در روش های پیشین تنها از یک روش(ماتریس شبکه ای یا پردازش تصویر) برای انتقال داده های پلان و اعمال فرآیند دسته بندی صورت گرفته است که در این پژوهش هر دو روش بر روی داده‌های معماری بصورت همزمان اعمال و نتایج آن بر روی دسته بندی پلان ها دوره های تاریخی بررسی گردیده است.

مبانی نظری پژوهش:

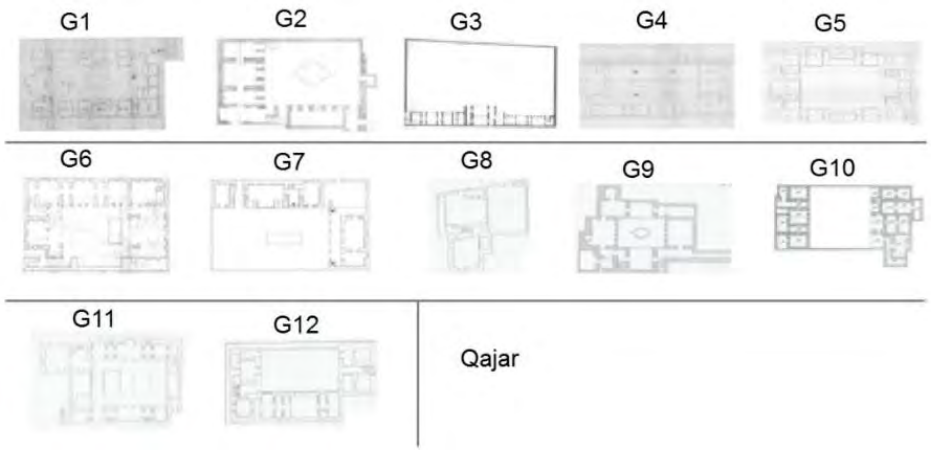
در همین راستا، مساله این پژوهش بیان و ارزیابی مدلی نظری و عملی در جهت واکاوی شیوه های آموزش پلان معماری به الگوریتم های یادگیری ماشین است تا زمینه ساز تغییرات در تولید محصولات صنعت ساختمان گردد، بر همین اساس مبانی این پژوهش به دنبال یافتن شیوه های توسعه داده های معماری به سمت فناوری های نوین می باشد. معماری مبتنی بر هوش مصنوعی پایه گذار سامانه های هوش طراحی خودکار پلان خواهد شد که توانایی تولید دانش معماری (طراحی پلان های مختلف) را بصورت چندبعدی، همزمان و نامحدود خواهند داشت و در واقع هدف پژوهش معرفی و یافتن راهی برای توسعه فناوری هوش مصنوعی در ورود داده های (پلان ها) معماری با همان مفاهیم و ساختارهای اصلی خود است که بتواند علاوه بر داشتن همان کارکردهایی که هوش انسانی دارد، سرعت، دقت و چندبعدی بودن را در فرآیند تولید دانش معماری لحاظ نماید. این مساله از آنجایی پراهمیت‌تر می گردد که بدانیم، پلان های معماری حاوی بیش از پنجاه درصد از اطلاعات لازم برای تولید و عرضه ساختمان‌ها هستند (ملکی۱۳۹۲، ۲۵). در مجموع وجود این عوامل باعث می گردد اهمیت و ضرورت توسعه در سرعت، دقت و چندبعدی شدن فرآیندهای طراحی پلان ها در راستای تغییرات کسب و کار و بنگاه های صنعت ساختمان، که مبتنی بر تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری می باشد، به وسیله سامانه های هوش طراحی خودکار پلان پر اهمیت گردد.

اکنون برای ساخت سامانه های هوشمند طراحی پلان، که به آن ها می توان برای نخستین بار هوش طراحی خودکار پلان اطلاق نمود، باید روش هایی مبتنی بر زبان ماشین ابداع نمود و توسعه داد تا آموزش داده های معماری به ماشین ها صورت گیرد، برای نمونه این گام ها در دانشگاه MIT و Harvard توسط آقای رودریگرز و چیلو برداشته شده است و سامانه های طراحی و تولید پلان های معماری، بصورت محدود براساس مولفه های اثرگذار در معماری شکل گرفته اند، شیوه های بکار رفته در این پژوهش ها مبتنی بر الگوریتم های تکاملی و یادگیری عمیق می باشد.

در این پژوهش ابتدا مدل نظری از نحوه آموزش پلان معماری خانه های ایرانی به دو شیوه ماتریس شبکه ای و الگوریتم های پردازش تصویر به عنوان نمونه مطالعاتی ارائه گردیده و در راستای مدل عملی فرآیندی از تشابه سنجی در داده های نمونه های مطالعاتی که برای دوره های صفوی و قاجار می باشد به کمک الگوریتم های هوش مصنوعی صورت گرفته تا این نتایج مبنائی باشد برای پایه گذاری نحوه آموزش فرآیند ادراک پلان های معماری توسط هوش مصنوعی و همچنین بررسی سیر تغییر و تحول در طراحی معماری خانه های ایرانی، چرا که بدین روش می توان دانش های پنهان در داده های سنتی را آشکار نمود (هان و کمبر ۱۰،۱۳۹۴). اهمیت و ضرورت این آشکار سازی در دانش پنهان موجود در داده های معماری می تواند، مبنای برای بررسی و یافتن دقیق ترین شیوه های انتقال داده‌های معماری باشد، چرا که یافتن روش های مناسب می تواند، سوال این پژوهش را که به بررسی و یافتن راهکاری برای تدوین مدلی نظری و عملی در جهت تبیین شیوه های آموزش پلان های معماری به الگوریتم های یادگیری ماشین است، پاسخ مناسبی را ارائه نماید.

یافته‌ها

مطالعه موردی این پژوهش براساس تشابه سنجی پلان خانه های ایرانی دوره معاصر اولیه (صفوی تا قاجار) در شکل های شماره ۱۱و۱۲ قابل مشاهده است. در ادامه براساس مبانی دیدگاه سوم تئوری مدیریت دانش که وجود انبوه اطلاعات و استفاده از روش های نوین را در بدست آوردن دانش ارجح می داند، به بررسی پلان خانه های مسکونی ایران از دوره صفوی تا قاجار به تعداد بیست و چهار مورد که در دو دسته ی دوازده عددی بصورت تصادفی از پایگاه داده میراث فرهنگی انتخاب گردیده اند، پرداخته شده است. در روش تشابه سنجی داده ها، پلان ها هریک بصورت ماتریسی بیست و چهار تایی از دو روش پردازش تصویر و شبکه ی ماتریسی برای یادگیری ماشین استفاده شده و در نهایت به تعداد ۵۷۶ بار تشابه سنجی گردیده است.



شکل۸. دسته بندی پلان خانه های قاجار- مآخذ نگارندگان.

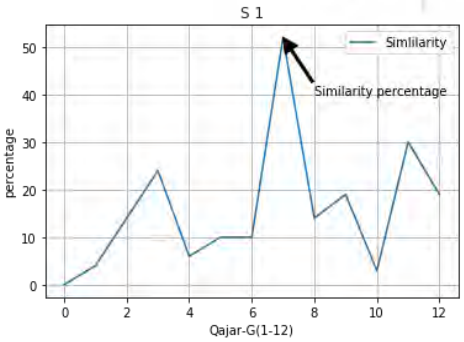
شکل۹. دسته بندی پلان خانه های صفوی- مآخذ نگارندگان.

هدف از تحلیل این داده ها بررسی نحوه آموزش پلان خانه ایرانی به ماشین در جهت استخراج و سنجش میزان تشابه پلان خانه های دوره صفوی تا قاجار از نمونه های تصادفی موجود در پایگاه داده میراث فرهنگی از طریق هوش مصنوعی و مطابقت آن با الگوی دسته بندی سازمان میراث فرهنگی می باشد. و همچنین رسیدن به یک مدل نظری و عملی که بتواند، فرآیند انتقال داده های پلان معماری را بیان نموده و پایه گذار مبانی سامانه های هوشمند طراحی خودکار پلان در معماری گردد.

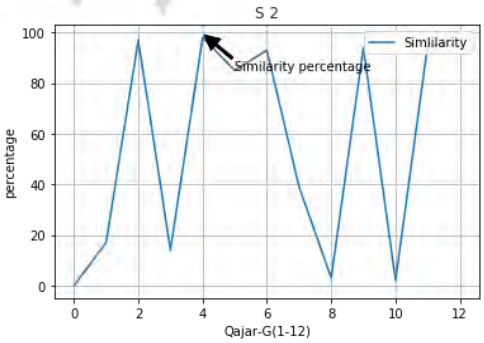
هرچه میزان تشابه این پلان ها بیشتر باشد، بیانگر قرارگیری آن ها در یک دسته خواهد بود. در اینجا دسته بندی براساس فاصله ماتریسی پلان ها است و هرچه تشابه ماتریسی دو پلان بیشتر باشد، احتمال وجود رابطه ی شکلی در میان پلان ها بیشتر خواهد بود و پیشنهاد می گردد در پژوهش دیگری رابطه فضایی این پلان‌ها بررسی گردد.

تحلیل یافته ها

گام نخست فرآیند تحلیل یافته ها، تشابه سنجی پلان ها به روش سنجش فاصله کسینوسی در گرادیان ماتریسی و استخراج درصد تشابه این پلان ها در شکل‌های مجزا از هم که تعداد آن ها ۱۲ مورد می باشد، است. در هر شکل یک پلان خانه ایرانی از دوره صفوی انتخاب و با دوازده پلان دوره قاجار مورد سنجش قرار گرفته و در نمودارها به بالاترین درصد تشابه ها توسط فلش اشاره گردیده است.

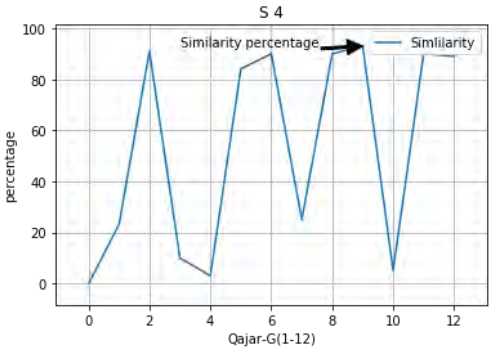


شکل۱۱. تشابه سنجی پلان شماره۱ صفوی با ۱۲ پلان قاجار.

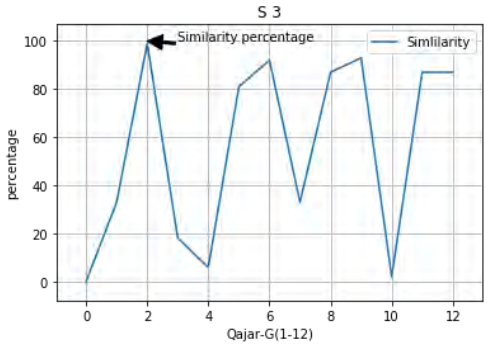


شکل۱۰. تشابه سنجی پلان شماره۲ صفوی با ۱۲ پلان قاجار.

شکل ۱۰ و ۱۱ بیانگر میزان تشابه یک پلان دوره صفوی با دوازده پلان دوره قاجار است و این تشابه در شکل ۱۰ به میزان ۹۸ درصد و در شکل ۱۱ به میزان ۵۲ درصد است.

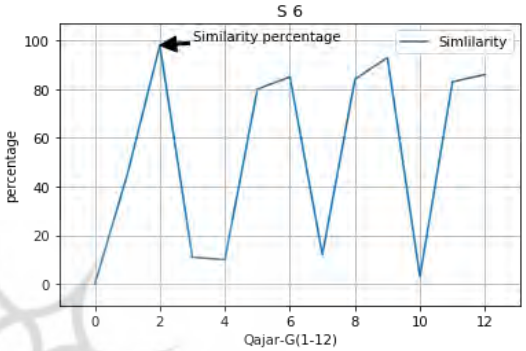


شکل۱۲. تشابه سنجی پلان شماره۴ صفوی با ۱۲ پلان قاجار.

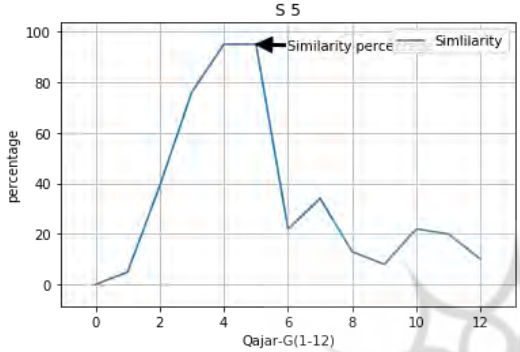


شکل۱۳. تشابه سنجی پلان شماره۳ صفوی با ۱۲ پلان قاجار.

در ادامه شکل ۱۲ و ۱۳ بیانگر میزان تشابه یک پلان دوره صفوی با دوازه پلان دوره قاجار است و این تشابه در شکل ۱۲ به میزان ۹۶ درصد و در شکل ۱۳ به میزان ۹۹ درصد است.

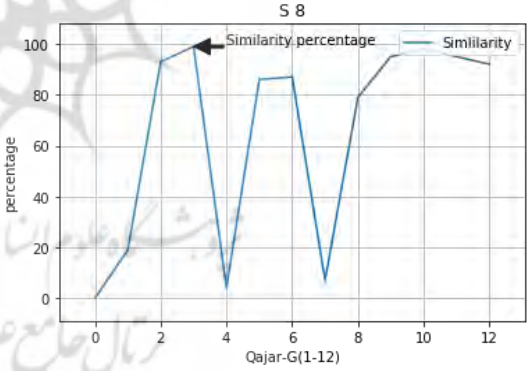


شکل۱۴. تشابه سنجی پلان شماره۶ صفوی با ۱۲ پلان قاجار.

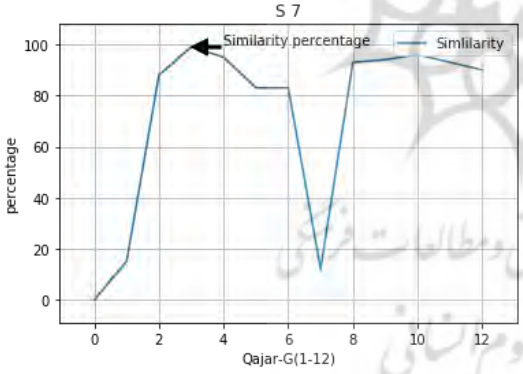


شکل۱۵. تشابه سنجی پلان شماره۵ صفوی با ۱۲ پلان قاجار.

در شکل ۱۴ و ۱۵ بیانگر میزان تشابه یک پلان دوره صفوی با دوازه پلان دوره قاجار است و این تشابه در شکل ۱۴ به میزان ۹۸ درصد و در شکل ۱۵ به میزان ۹۶ درصد است.

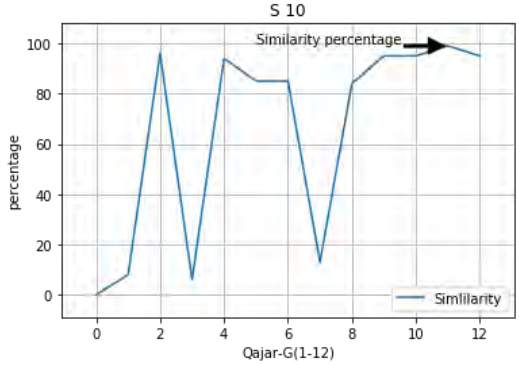


شکل۱۶. تشابه سنجی پلان شماره۶ صفوی با ۱۲ پلان قاجار.

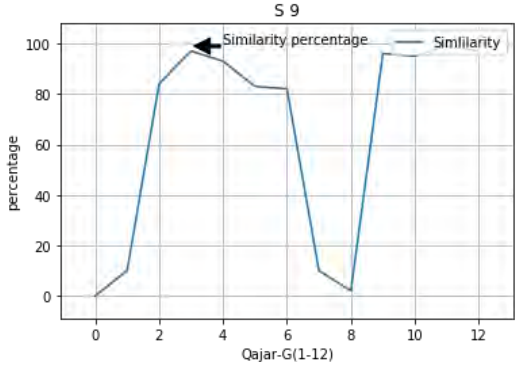


شکل۱۷. تشابه سنجی پلان شماره۵ صفوی با ۱۲ پلان قاجار.

در اینجا شکل ۱۶ و ۱۷ بیانگر میزان تشابه یک پلان دوره صفوی با دوازه پلان دوره قاجار است و این تشابه در شکل ۱۶ به میزان ۹۹ درصد و در شکل ۱۷ به میزان ۹۸ درصد است.

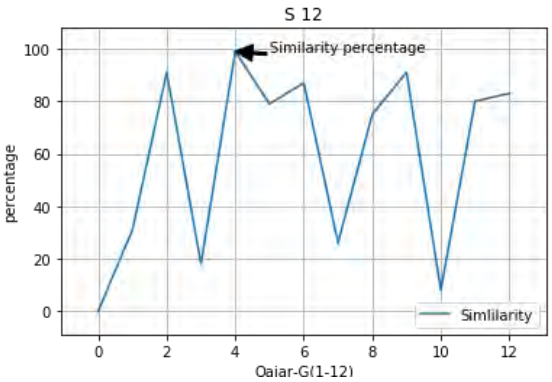


شکل۱۸. تشابه سنجی پلان شماره۶ صفوی با ۱۲ پلان قاجار.

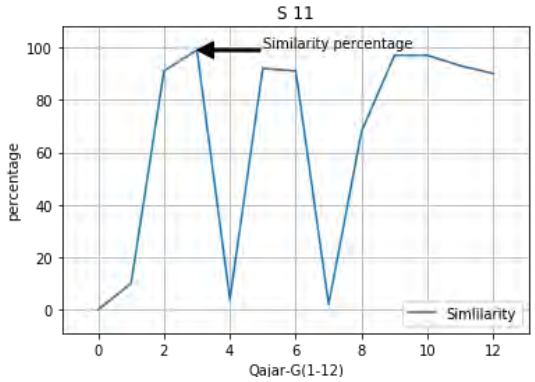


شکل۱۹. تشابه سنجی پلان شماره۵ صفوی با ۱۲ پلان قاجار.

در اینجا شکل ۱۸ و ۱۹ بیانگر میزان تشابه یک پلان دوره صفوی با دوازه پلان دوره قاجار است و این تشابه در شکل ۱۸ به میزان ۹۹ درصد و در شکل ۱۹ به میزان ۹۷ درصد است.



شکل۲۰. تشابه سنجی پلان شماره۶ صفوی با ۱۲ پلان قاجار.



شکل۲۱. تشابه سنجی پلان شماره۵ صفوی با ۱۲ پلان قاجار.

شکل ۲۰ و ۲۱ بیانگر میزان تشابه یک پلان دوره صفوی با دوازه پلان دوره قاجار است و این تشابه در شکل ۲۰ به میزان ۹۷ درصد و در شکل ۲۱ به میزان ۹۸ درصد است، در شکل های ترسیم شده ۱۰ الی ۲۱، S به عنوان پلان دوره صفوی با G به عنوان پلان های دوره قاجار در محور x با اعداد یک تا دوازده مقایسه گردیده است، که در آن ها میزان مشابهت در قسمت y بصورت اعداد درصدی نمایش داده شده است که با کمک پیکان مربوطه بیشترین میزان در هر شکل تفکیک و علامت گذاری شده، همچنین اشکال ۱۰ تا ۲۱ بیان می دارد که می توان پلان معماری را به یک ماتریس شبکه ای تبدیل نمود و ماتریس را به یک بردار یکه تبدیل و سپس بردار را در یک فاصله کسینوسی در گرادیان ماتریس شبکه ای محاسبه و نرخ اختلاف زاویه ها را مبنایی برای اختلاف در تشابه شکلی قرار داد که از تبدیل شکل پلان به ماتریس شبکه ای ایجاد شده است.

براساس جدول ۱ که از طریق کدنویسی در زبان برنامه نویسی پایتون به دست آمده است می توان میزان شباهت هرپلان را با ۱۲ نمونه دیگر مشاهده نمود، این پلان ها ابتدا اسکن و سپس با کدنویسی پردازش شده و به برداری از پیکسل ها تبدیل و در ادامه از طریق رابطه ریاضی کسینوسی زاویه هر بردار از پلان ها با بردارهای دیگر پلان های مورد سنجش قرارگرفته است.

جدول۱. تشابه سنجی پلان ها براساس فاصله کسینوسی و تبدیل آن به درصدها- مآخذ نگارندگان.

		Qajar	plan-1	plan-2	plan-3	plan-4	plan-5	plan-6	plan-7	plan-8	plan-9	plan-10	plan-11	plan-12
			G1	**G2**	**G3**	**G4**	**G5**	**G6**	**G7**	**G8**	**G9**	**G10**	**G11**	**G12**
Safavid														
plan-1	**S1**		4	14	24	6	10	10	52	14	19	3	30	19
plan-2	**S2**		17	97	14	98	85	93	39	3	94	2	95	95
plan-3	**S3**		33	99	18	6	81	92	33	87	93	2	87	87
plan-4	**S4**		23	91	10	3	84	90	25	90	93	5	90	89
plan-5	**S5**		5	39	76	95	95	22	34	13	8	22	20	10
plan-6	**S6**		45	98	11	10	80	85	12	84	93	3	83	86
plan-7	**S7**		15	88	99	95	83	83	12	93	94	96	93	90
plan-8	**S8**		19	93	99	4	86	87	7	79	95	98	95	92
plan-9	**S9**		10	84	97	93	83	82	10	2	96	95	99	97
plan-10	**S10**		8	96	6	94	85	85	13	84	95	95	99	95
plan-11	**S11**		10	91	99	4	92	91	2	68	97	97	93	90
plan-12	**S12**		31	91	18	99	79	87	26	75	91	8	80	83

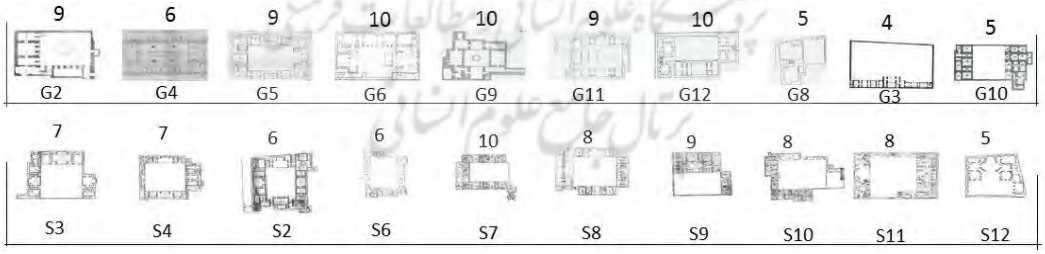
جدول۱ ماتریس ۲۴ تایی از تشابه پلان خانه های بررسی شده در دوره های صفوی تا قاجار را که براساس روش تصادفی از پایگاه داده میراث فرهنگی استخراج گردیده است و با فرمول فاصله کسینوسی در گرادیان ماتریس شبکه ای نشان می دهد، که در آن کمترین و بیشترین تشابه ها با شاخص میزان درصد قابل مشاهده می باشد.

برای اعتبار سنجی یافته های جدول ۱ و ۲ که برگرفته از تشابه سنجی هر یک پلان با ۱۲ پلان دیگر می باشد، از روش ماتریس دستی نیز استفاده گردیده و تمام پلان ها در یک ماتریس ۵۰ در ۶۰ تایی وارد و سپس به بردارهای عددی و بصورت دستی به فایل های اکسل تبدیل گردیده و در ادامه هر اکسل به کمک کدنویسی به بردار تبدیل و بردار توسط الگوریتم مورد تشابه سنجی قرارداده شده است تا میزان تشابه به دست آمده از روش پردازش تصویری و ماتریس دستی مورد ارزیابی قرار گیرد.

جدول۲. تفکیک پلان های دارای تشابه بیش از هشتاد درصد- مآخذ نگارندگان.

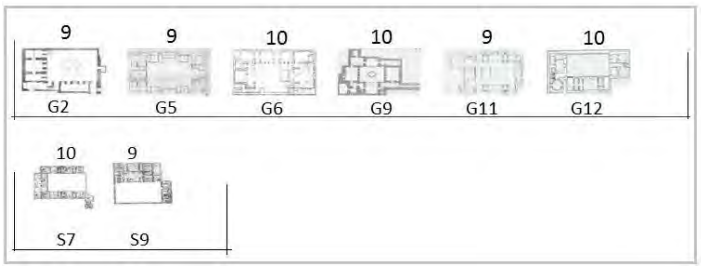
		Qajar	plan-1	plan-2	plan-3	plan-4	plan-5	plan-6	plan-7	plan-8	plan-9	plan-10	plan-11	plan-12
			G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12
Safavid														
plan-1	S1		NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
plan-2	S2		NaN	97.0	NaN	98.0	85.0	93.0	NaN	NaN	94.0	NaN	95.0	95.0
plan-3	S3		NaN	99.0	NaN	NaN	81.0	92.0	NaN	87.0	93.0	NaN	87.0	87.0
plan-4	S4		NaN	91.0	NaN	NaN	84.0	90.0	NaN	90.0	93.0	NaN	90.0	89.0
plan-5	S5		NaN	NaN	NaN	95.0	95.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
plan-6	S6		NaN	98.0	NaN	NaN	NaN	85.0	NaN	84.0	93.0	NaN	83.0	86.0
plan-7	S7		NaN	88.0	99.0	95.0	83.0	83.0	NaN	93.0	94.0	96.0	93.0	90.0
plan-8	S8		NaN	93.0	99.0	NaN	86.0	87.0	NaN	NaN	95.0	98.0	95.0	92.0
plan-9	S9		NaN	84.0	97.0	93.0	83.0	82.0	NaN	NaN	96.0	95.0	99.0	97.0
plan-10	S10		NaN	96.0	NaN	94.0	85.0	85.0	NaN	84.0	95.0	95.0	99.0	95.0
plan-11	S11		NaN	91.0	99.0	NaN	92.0	91.0	NaN	NaN	97.0	97.0	93.0	90.0
plan-12	S12		NaN	91.0	NaN	99.0	NaN	87.0	NaN	NaN	91.0	NaN	NaN	83.0

در ادامه به کمک روش های پیش و پس پردازش و کدنویسی در پایتون آنالیزی بر روی جدول ۲ صورت گرفته است که در آن پلان هایی که درصد شباهت آن‌ها زیر هشتاد درصد می باشد با حرف خالی (NaN) پر شده و بالای ۸۰٪ به بالا ها به رنگ تیره تبدیل گردیده است. همچنین شکل ۲۴ تعداد دفعات تکرار بالای ۸۰ ٪ شباهت پلان ها در تشابه سنجی ماتریس دوبعدی جدول ۲ را با ۲۰ پلان نهایی نشان می دهد، همانگونه که مشخص است در سمت بالا پلان های قاجار و در سمت پایین پلان های صفوی با تعداد تکرار هایشان در بالای هر پلان مشخص می باشد.



شکل ۲۴. تعداد دفعات تکرار پلان ها در تشابه سنجی- مآخذ نگارندگان.

در ادامه براساس شکل ۲۴ پلان هایی که بالاترین تعداد تکرار را در ماتریس دارند، در یک دسته بندی قرار می گیرند (عدد بالایی پلان تعداد تکرار و عدد پایینی شماره پلان در دسته بندی است).

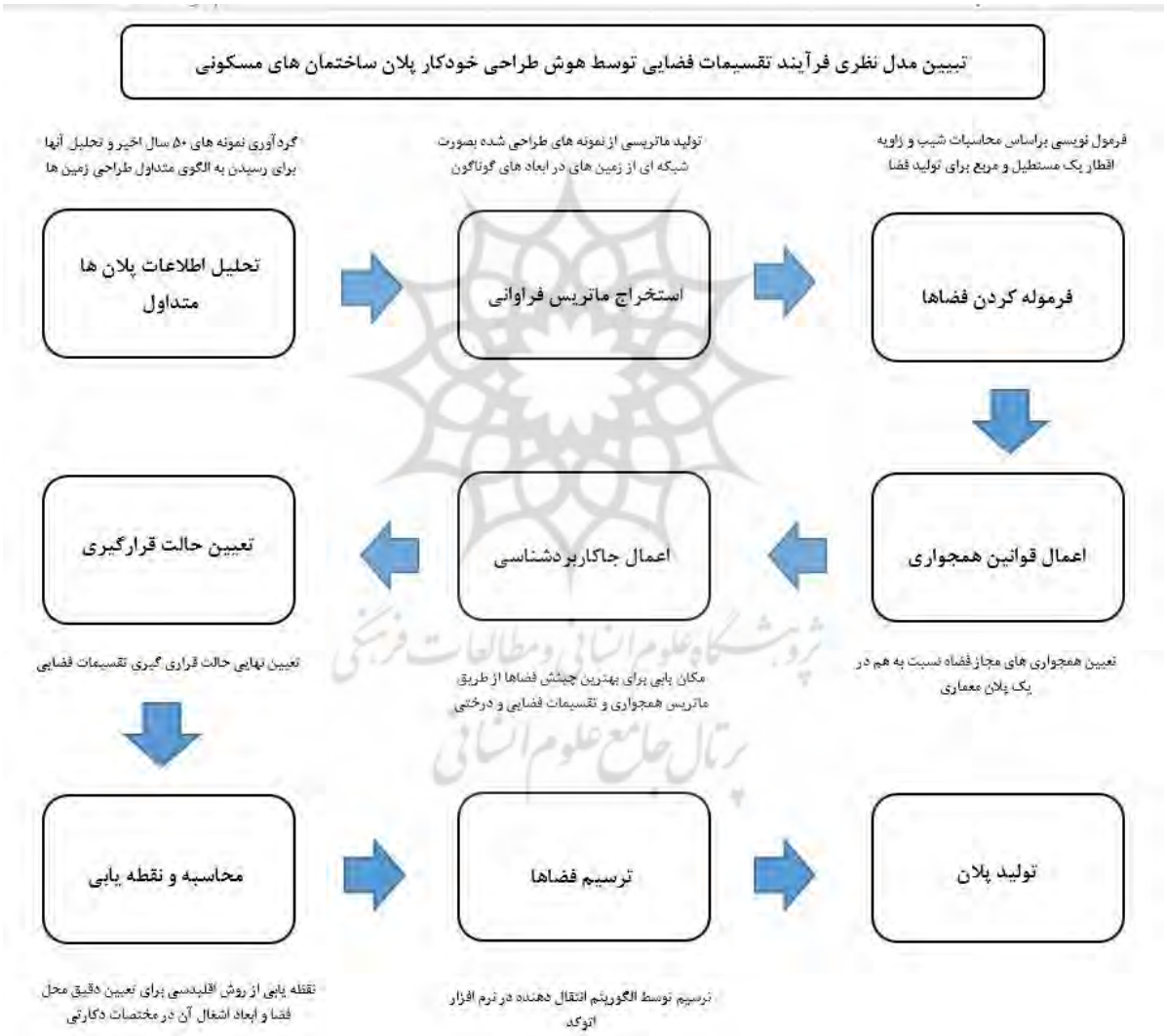


شکل ۲۵. تعداد دفعات تکرار پلان ها در تشابه سنجی- مآخذ نگارندگان.

آنچه در شکل ۲۵ می توان مشاهده نمود تعداد تکرار و شباهت پلان خانه های است که بیشترین تعداد تکرار از نظر شباهت فرمی را با یکدیگر داشته اند و در دوره های تاریخی متفاوتی از نظر تاریخی دسته بندی گردیده اند. در این دسته بندی پلان خانه های شماره G=2,5,6,9,11,12 دارای شباهت شکلی بسیار نزدیکی به پلان خانه های S=۷،۹ دوره صفوی دارد. در واقع این پلان ها یا در امتداد الگو برداری از طراحی های دوره صفوی بوده اند یا دوره طراحی و ساخت آن ها به دوره صفوی باز می گردد و می‌توان گفت نیاز به تجدیدنظر در دسته بندی‌ها خواهد بود. اما به واسطه این تشابه سنجی که در یافته های تحقیق بیان گردیده است، احتمال می رود، دسته بندی انجام شده در میراث فرهنگی نیاز به بازبینی دارد. از طرفی تشابه هشتاد درصدی موجود در بیست پلان پایگاه داده مورد بررسی، حاکی از آن دارد که رابطه شکلی بسیار زیادی در طرح و شکل این پلان ها وجود دارد، که یا ناشی از ساخت در یک دوره تاریخی است و هر هشت بنا برای یک دوره تاریخی مثلاً قاجار و یا صفویه است و یا تکرار یک الگوی خاصی در فضا بندی پلان ها وجود دارد که در خارج از دوره تاریخی خود نیز تکرار گردیده. البته برای بررسی های بیشتر و دریافت نتیجه نهایی نیاز به پژوهش های بیشتر و بررسی های چند بعدی عمیق تری است.

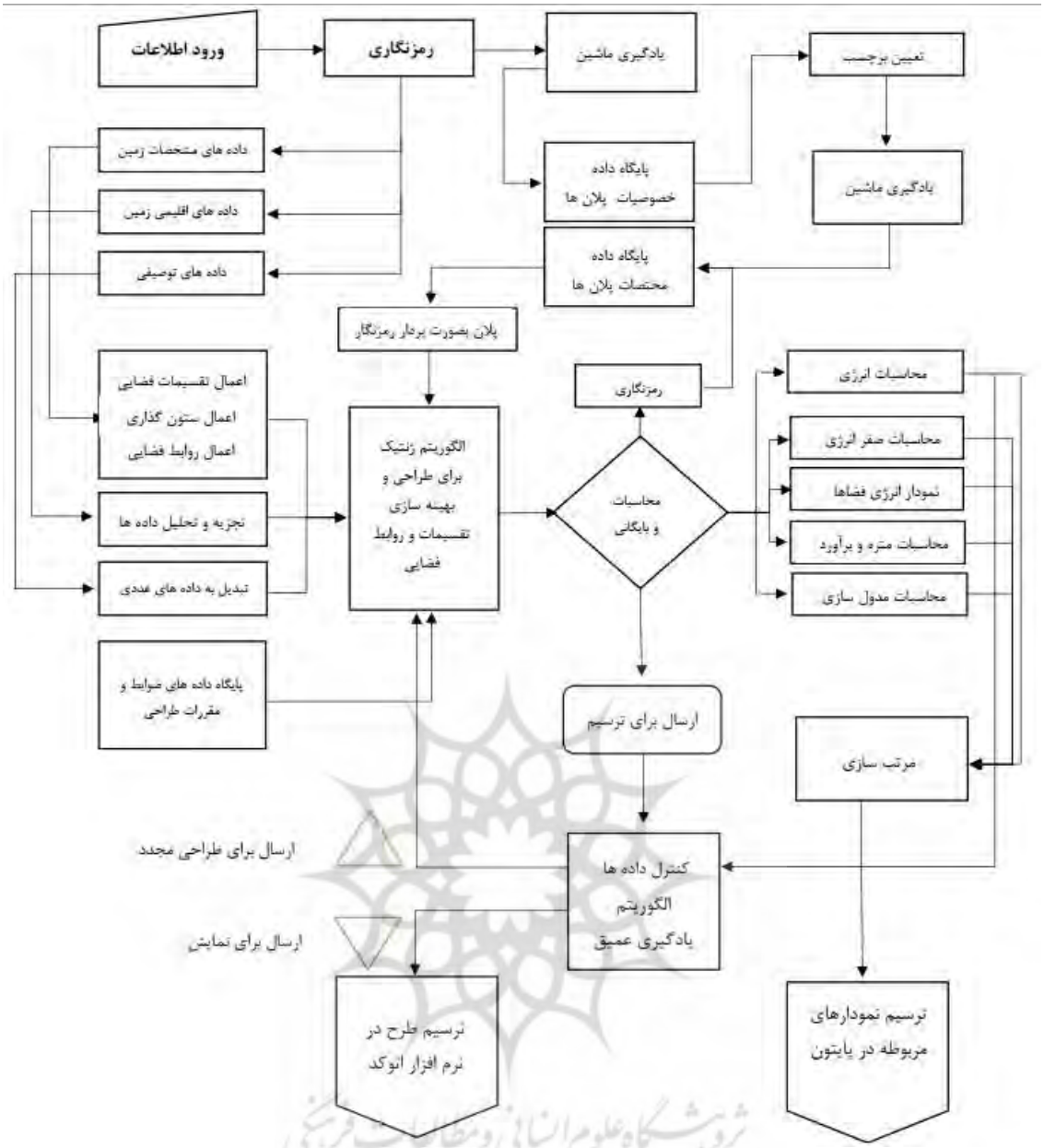
نتیجه گیری

برای تدوین راهبرد فناوری برپایه حضور هوش مصنوعی در معماری با رویکردهای مختلف و مدل های گوناگون در سطح شرکت و بنگاه شیوه های گوناگونی وجود دارد، بنابراین مدل پیشنهادی این پژوهش سامانه های هوش طراحی خودکار پلان های معماری می باشد که می توانند در لحظه چندین نوع پلان را به کاربران و فعالان صنعت ساختمان براساس شکل ۲۶ ارائه نمایند، در این مدل شیوه پیاده سازی این نوع از مدل جدید کسب و کار آتی معماری بر بستر وب قابل مشاهده می‌باشد.



شکل۲۶. فرآیند تولید پلان مبتنی بر هوش طراحی خودکار- مآخذ نگارندگان.

این شیوه از ارائه خدمات می تواند مستندسازی و ارزیابی فعالیت های دفاتر مهندسی را در کشور مدیریت نماید و پلان های تولید شده را مورد ارزیابی و کنترل هوشمند قرار دهد، همچنین براساس شکل ۲۷ با ترکیب چندین الگوریتم و چیدمان فرآیندهای ورود و کنترل اطلاعات از طریق هوش طراحی خودکار، خدمات مهندسی در حوزه طراحی را به سمت وب سرویس های هوشمند هدایت نمود تا دانش معماری بتواند گامی بلند به سمت حضور فراتر تکنولوژی در فرآیند ادراک، دسته بندی، پردازش و ارائه خدمات به بنگاه ها و کاربران را تجربه نماید.



شکل ۲۷. فرآیند مدیریت داده های معماری در جهت ارائه خدمات طراحی معماری- مآخذ نگارندگان.

همچنین نتایج نشان می دهد بصورت نظری الگوریتم های هوش مصنوعی توانایی یادگیری و سنجش میزان تشابه شکلی پلان های پیچیده معماری را با روش فاصله کسینوسی و گرادیان ماتریس شبکه ای دارند و بصورت عملی نیز بیان می دارد، می توان نقطه و خط را با مفاهیم و اصول معماری به ماشین ها آموزش داد و آن ها را براساس فرمول های ریاضی مورد سنجش قرار دهد. نکته سوم، ماشین قادر است میان پلان های معماری که بصورت داده های عددی شکل گرفته اند تفکیک‌هایی ایجاد نماید و از طریق بررسی اشتراک ها تشابه سنجی کرده و این تشابهات را استخراج و بصورت نمودارهای قابل سنجش نمایش دهد.

اما یافته پژوهش براساس نمونه مورد مطالعاتی که ۲۴ پلان خانه ایرانی می باشد نشان می دهد، دو پلان دوره صفوی و هشت پلان دوره قاجار از نظر طرح و شکل شباهت بسیار زیادی را نسبت به سایر پلان ها دارا می باشند، در واقع هدف از این تشابه سنجی بررسی عملی فرآیند مطرح شده در مباحث نظری بوده است، اما به واسطه این تشابه سنجی می توان نوآوری جدیدی را در دسته بندی پایگاه داده های پلان های قدیمی عنوان نمود که دسته بندی پلان های سنتی می تواند به کمک هوش مصنوعی نیز صورت گیرد.

منابع:

۱. امامی، محمدرضا؛ مولوی، فرهنگ؛ کارگرشورکی، محمد. (۱۳۹۴). معماری سرمایه‌های فکری بر پایه مدیریت دانش اعتماد و همکاری رقابتی. تهران: انسان برتر.

۲. جی لیبوویتز، مترجم محمد حسن زاده، ۱۳۹۲، انتشارات کتابدار

۳. حسینی، سید محمد؛ پهلوان، پیمان.(۱۳۹۶). بهبود عملکرد الگوریتمهای پردازش تصاویر سیاه و سفید براساس شباهت (SSIM) در یادگیری ماشین، کنفرانس روش های مدرن. دانشگاه بوعلی سینا.

٤. رجاء، سید حسین. (۱۳۹۴). مدیریت دانش. تهران: انتشارات آترا.

۵. شهرابی، جمال؛ ذوالقدر شجاعی، علی. (۱۳۹۰). داده کاوی پیشرفته. تهران: جهاد دانشگاهی.
٦. شادی، مهدیه. (۱۳۹۰). هوش مصنوعی .تهران، پوران پژوهش.
۷. فرهادی، مرضیه؛ جم زاده، منصور. (۱۳۹۶). بررسی معیارهای شباهت در بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا. علوم رایانشی. تابستان۱۳۹۴،۲۱.
۸. فلی کرلی، کاتلین؛ کیوویتز، باربارا. (۱۳۹۲). مدیریت دانش. (هومن اهرامی، مترجم). تهران: سازمان مدیریت صنعتی. (۲۰۰۵).
۹. لیبوویتز، جی. (۱۳۹۲). مهندسی دانش. (محمد حسن زاده، مترجم). تهران: کتابدار. (۲۰۰۱).
۱۰. ملکی، عباس. (۱۳۹۲). آینده پژوهی و انرژی. تهران: موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.
۱۱. نوناکا، ایکوجیرو؛ تاکاتاکوچی، هیرو. (۱۳۸۵). مدیریت دانش شرکت های دانش آفرین. (علی عطافر، جبار اسلامی، مترجمین). تهران: سماء قلم. (۲۰۰۷).
۱۲. هان، ژیاوی؛کمبر، میشلین؛ پی، ژان. (۱۳۹۴). داده کاوی مفاهیم و تکنیک ها. (مهدی اسماعیلی، مترجم)، تهران: نیاز دانش. (۲۰۱۱).

13. A. Doulgerakis, Genetic Programming + Unfolding Embryology in Automated Layout Planning. (Msc thesis) Bartlett School of Graduate Studies, University College London, 2007
14. Amit Banerjee, Juan C. Quiroz and Sushil J. Louis A Model of Creative Design Using Collaborative Interactive Genetic Algorithms University of Nevada, Reno, USA.
15. Berman, S., Halasz, A., Hsieh, M. A., & Kumar, V. (2009). Optimized stochastic policies for task allocation in swarms of robots. IEEE Transactions on Robotics, 25(4), 927–937
16. Chin Chen, Chaur. Ting Chu, Hsueh.(2005). Similarity Measurement Between Images. National Tsing Hua University Hsinchu 300.8.
17. C Augusto, Juan. Callaghan, Vic. Cook, Diane. Kameas, Achilles. Satoh, Ichiro.(2013). Intelligent Environments: a manifesto. Human-centric Computing and Information Sciences.10.-3-12.
18. Casaz, Chiara. Pianigiani, Stefano(2016). BOTTOM-UP AND TOP DOWN APPROACHES FOR URBAN AGRICULTURE. Civil Engineering and Urban Planning.l.3-2.
19. De Silva Garza AG, Maher ML (2000) Characterising evolutionary design case adaption. In Artificial Intelligence in Design. Dordrecht: Kluwer Acad.
20. Feng Shia,b,c*, Ranjith K Somana, (2020) , Ji Hand and Jennifer K. Whyte Addressing adjacency constraints in rectangular floor plans using Monte-Carlo Tree Search Automation in Construction · March 2020 DOI: 10.1016/j.autcon..103187
21. G. Chen, Y. Shen and F. Yao, "Region-based moving object detection Using SSIM," in Computer Science and Network Technology (ICCSNT), 4th International Conference on, Harbin, China, 2016
22. Lemaignan, Séverin. Warnier, Mathieu. Sisbot, E. Akin. Clodic, Aurélie. Alami, Rachid. (2017). Artificial cognition for social human–robot interaction: Animplementation. Artificial Intelligence.247.45-69.
23. Lerman, K., Martinoli, A., & Galstyan, A. (2005). A review of probabilistic macroscopic models for swarm robotic systems. Swarm robotics (pp. 143–152). Berlin: Springer.
24. M. Herr, Christiane. C. Ford, Ryan. (2016). Cellular automata in architectural design: From generic systems to specific design tools. Automation in Construction.72.39-45.
25. Rodriguesa, Eugénio. Rodriguesb, David Sousa.Teixeira de Sampayoc, Mafalda. Rodrigues Gaspard Adélio. Gomese, lvaro. Henggeler Antunese, Carlos. (2017), Clustering of architectural floor plans: A comparison of shape representations ,Automation in Construction. Automation in Construction,80,48-65.
26. Rosenman MA (1997) An exploration into evolutionary models for nonroutine design. Artificial Intelligence in Engineering 11: 287-293.
27. Strobbe,Tiemen. Wyffels, Francis. Verstraeten, Ruben. De Meyer, Ronald. Van Campenhout, Jan. (2016). Automatic architectural style detection using one-class support vector machines and graph kernels. Automation in Construction.69.1-10.
28. Zhu, Ganggao. A.Iglesias, Carlos. (2018). Exploiting semantic similarity for named entity disambiguation in knowledge graphs. Expert Systems with Applications.101. 8-24.
29. Garcia, Edel. (2018). Cosine Similarity Tutorial. independent scientist.08-26.
30. M. Fidalgo-Fernandes, M. V. Bernardo and A. M. G. Pinheiro, "A bag of words description scheme based on SSIM for image quality assessment," in Quality of Multimedia Experience (QoMEX), Eighth International Conference on, Lisbon, Portugal, 2016.
31. M. Kabene, Stefane. M.Ps.(2010). Knowledge Management in Law Firms, The University of Western Ontario.
32. P. Gastaldo∗, F. Bisio, C. Gianoglio, E. Ragusa, R. Zunino, (2017). Learning with similarity functions: A novel design for the extreme learning machine, Neurocomputing 261 37–49
33. Pedro Velosoa, (2018). Gabriela Celanib, , Rodrigo Scheerenc From the generation of layouts to the production of construction documents: An application in the customization of apartment plans Automation in Construction 96 224–235
34. E. M, Porter .1980.ress Free. strategy Competitive).
35. Song, Y. & Knaap, G.J. (2007). Quantitative classification of neighborhoods: the neighborhoods of new single-family homes in the Portland Metropolitan Area. Journal of Urban Design, 12)1(, 1–24.
36. J, Wonglimpiyarat, 2012. Technology High of Journal The. Microsoft and Apple of cases innovation parativeCom—competition standard and strategies Technology).