فصلنامه علمی مرمت و معماری ایران
سال سیزدهم، شماره سی و چهارم، تابستان ۱۴۰۲

نوع مقاله: پژوهشی
دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۱/۱۰
پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۰۷
صفحات: ۸۸-۷۳
10.52547/mmi.1989.14010807

مدل نظری و عملی هوش طراحی خودکار نما در فرایند پیاده‌سازی ضوابط و مقررات طراحی و ترسیم نما

مهسا صفرنژاد ثمرین* آزاده شاهچراغی** حسین ذبیحی***

چکیده

امروزه محققان در زمینهٔ طراحی و پژوهش به دنبال رویکردهایی هستند که ماشین‌ها را از یک عامل گنگ به یک عامل هوشمند مصنوعی ارتقا دهند تا این ماشین‌ها به‌عنوان همکار، قادر باشند در فرایندهای طراحی مشارکت کنند و موجب افزایش بهره‌وری در فرایندهای طراحی گردند؛ لذا هدف این پژوهش کشف و ارائه روشی برای به‌کارگیری این حوزه در فرایند یادگیریِ طراحی و ترسیم نما و ارائه مدل نظری و عملی، اختصاصاً طراحی و ترسیم نمای ساختمان‌های مسکونی توسط ماشین با رویکرد یادگیریِ نظارت‌شده است. بنابراین سؤال این پژوهش چگونگی چیدمان عناصر نما و اعمال ضوابط و مقررات ترسیم نما توسط ماشین و آگاهی از چگونگی گام‌های نظری و عملی این فرایند است. روش پژوهش تبیینی برای انتقال ایده‌ها و اطلاعات پیچیدهٔ مبتنی بر گردآوری داده‌ها از طریق مطالعات اسنادی، کتابخانه‌ای، نمونه‌های آموزشی، محاسبات و فرمول‌های ریاضی و به‌طور کل داده‌های کمّی و کیفی است. درواقع روش تبیینی، به دنبال ارائه دانش نوین یا توصیف یک فرایند و یا توسعهٔ یک مفهوم دانشی جدید است و نتایج نشان می‌دهد هوش طراحی خودکار نما می‌تواند چیدمان عناصر اصلی سازندهٔ نما را از پلان‌های معماری به کمک الگوریتم یادگیری ماشین (K- means و KNN)، درک و خوانش نماید و توسط فرمول‌های فاصله‌سنجی چیدمان عناصر را انجام دهد و ضوابط و مقررات ملی ساختمان مرتبط با طراحی نما را نیز در فرایند ترسیم با استفاده از سیستم‌های خبره اعمال نماید.

کلیدواژگان: طراحی و ترسیم نما، هوش طراحی خودکار، ضوابط و مقررات طراحی نما، یادگیری ماشین.

* دکتری معماری، پژوهشگر، گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. Mahsa.safarnejad@gmail.com
** دکتری معماری، دانشیار، گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
*** دکتری شهرسازی، دانشیار، گروه شهرسازی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

مقدمه

فناوری هوش مصنوعی[1] در سال‌های اخیر به‌سرعت توسعه یافته و از توانایی انسان در انجام وظایف خاص فراتر رفته است (Russakovsky et al., 2015). در همین حال، تحقیقات درباره هوش مصنوعیِ عمومی[2] توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Goertzel, 2014 Miyazawa& et al., 2019: 1;). درواقع پژوهش‌ها بیان می‌کنند اگر نرم‌افزار هوشمند می‌خواهید، آن را از انسان کپی کنید. همان‌طور که این کار در برخی پژوهش‌ها انجام شده است. این تشابه‌سازی با تحقیق در علوم‌شناختی و علوم اعصاب انسان طراحی شده و هدف آن مدل‌سازی شناخت انسان است (D'Mello & etal, 2014:1). جهان در ده سال گذشته، شاهد است که چگونه اصول یادگیریِ تحت نظارتی و تقویتی، هنگامی که در شبکه‌های عصبی متشکل از لایه‌های پنهان قرار دارند، می‌توانند؛ مانند انسان بیاندیشند و اغلب از آن فراتر روند (Cortese & et al., 2019: 133). نقش اصلی معماری‌های شناختی در هوش مصنوعی این است که سیستم‌های مصنوعی را قادر می‌سازند رفتار هوشمندانه را در یک محیط کلی از طریق تشبیه دقیق با عملکرد سازوکار و رشد اساسی شناخت انسان به نمایش بگذارند (Lieto & et al., 2017: 1). مطالعه سیستم‌هایی با قابلیت‌های شناختی انسان (Turing, 1950)، یعنی توانایی درک، عملکرد، گفتار و تفکر و یادگیری مانند انسان‌ها، ایده‌ای جدید نیست. برای دهه‌ها، هوش مصنوعی سعی در ایجاد این سیستم‌ها داشته است که سیستم‌های ماشین لرنینگ[3] یا یادگیری ماشین به دلیل افزایش تعداد کارهای پیچیده، به عملکرد سطح انسانی دست‌یافته‌اند یا حتی از آن‌ها پیشی گرفته‌اند. از معتبرترین سیستم‌های فوق بشری که در انجام یک کار خاص از عملکرد هر متخصص انسانی پیشی می‌گیرند، می‌توان به آلفاگو[4] (Silver & et al., 2016) و دیپ‌استاک[5] (et al., 2017 & Moravcík) در زمینهٔ بازی‌ها، واتسون آی بی ام[6] (et al., 2012& Ferrucci) در زمینهٔ پاسخ‌گویی به سؤالات تخصصی پزشکی و سیستم‌های طبقه‌بندی اشاره نمود (Belém & et al, 2019). پژوهش‌ها نشان می‌دهند حضور هوش مصنوعی در دانش‌های مختلف نمایانگر حضور آن در دانش معماری و شهرسازی نیز خواهد بود و دیریازود شاهد این اتفاق در آینده نزدیک خواهیم بود. نشانه‌های این حضور را می‌توان در پیشرفت‌های محاسباتی دهه‌های گذشته درک کرد که شیوهٔ طراحی معماران را تغییر داده است. طراحی محاسباتی، انقلابی در معماری ایجاد نموده و اکنون رویکردهای طراحی محاسباتی در فرایندهای معماری در حال رایج شدن است. درواقع این انقلاب توسط پیشرفت‌های اخیر در زمینه یادگیری ماشین صورت‌گرفته است (et al., 2006 & Bishop) و قبلاً بسیاری از زمینه‌ها را تحت‌تأثیر قرار داده است؛ ازجمله پزشکی (Magoulas & et al., 2001; Deo, 2015)، فیزیک (Ferreira, 2018) و حسابداری (Hand, 2015 & Bolton). ماشین لرنینگ مدل‌های ریاضی داده‌های نمونه‌گیری‌شده، معروف به داده‌های آموزشی را ایجاد می‌کند و پارامترهای خود را برای بهبود تدریجی عملکرد خود در کارهای خاص بدون هیچ‌گونه مداخله انسانی سازگار می‌نماید (Behera & Das, 2017). لذا با توجه به پیشرفت‌های اخیر یادگیری ماشین، انتظار می‌رود که معماری هم در فرایندهای خود رویکردهای مبتنی بر یادگیری ماشین را خصوصاً در فرایند طراحی نمای ساختمان‌ها اتخاذ نماید (Belém & et al., 2019). چراکه طراح باید داده‌های بسیاری را مدنظر قرار دهد ازجمله: مقررات ملی، ضوابط طراحی نما، اقلیم، سبک، مصالح، انرژی و مواردی از این دست. هم‌راستا نمودن همه این داده‌ها و اعمال تمام این داده‌ها به دست طراح، زمان‌بر است و حتی در برخی موارد فراموش می‌شود و یا نادیده و کم‌رنگ در نظر گرفته می‌شود. لذا لازم است برای افزایش کیفیت و سرعت طراحی نما فرایند طراحی نما نیز بر پایه داده‌ها صورت گیرد و الگوریتم‌های هوشمندی مبتنی بر فاکتورهای مذکور آموزش و توسعه یابند. بر همین اساس، هدف این پژوهش کشف و ارائه مدل نظری و عملی برای به‌کارگیری حوزه یادگیری ماشین در فرایند طراحی و ترسیم نمای ساختمان‌های مسکونی توسط ماشین با رویکرد یادگیریِ نظارت‌شده است. فرضیه‌ها بر این مبنا است که از طریق به‌کارگیری مدل‌های ریاضی و سیستم‌های خبره و الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توان فرایند طراحی و ترسیم نما را براساس ضوابط و مقررات ملی ترسیم نما در ماشین‌ها پیاده‌سازی نمود.

پیشینه پژوهش

با مطالعه پژوهش‌های مختلف که برخی از مهم‌ترین‌های آن در جدول۱ ارائه گردیده، به نظر می‌رسد پژوهش‌های تخصصی در زمینهٔ آموزش مقررات ملی و ضوابط فنی طراحی و ترسیم نما به ماشین صورت نگرفته است؛ لذا در این پژوهش فرایند آموزش چیدمان و جانمایی عناصر نما، قوانین و ضوابط فنی طراحی نما ازطریق الگوریتم‌های یادگیری ماشین مورد توجه است.

اما وجه تمایز این پژوهش در این نکته است که در پژوهش‌های پیشین، تولید نما در اکثر مواقع فقط ازطریق

الگوریتم‌های شبکه‌های مُولد مُتخاصِم یا گن مدنظر بوده؛ خروجی‌های حاصل از فعالیت الگوریتم شبکه‌های مُولد مُتخاصِم یا گن فاقد مقیاس و رعایت ضوابط و مقررات معماری است. مبنای تولید نما اغلب از ترکیب وزن پیکسل‌های تصاویر نماهای پیشین در فرایند فعالیت الگوریتم‌های مُولد مُتخاصِم است که منجر به تولید نماهایی بر مبنای مقیاس پیکسلی می‌گردد. درواقع الگوریتم‌های یادگیری گن از ترکیب تصاویر اسکن‌شده نمای ساختمان‌های ساخته‌شده، نمای جدید را تولید می‌نماید و در این فرایند چیزی برای اعمال ضوابط، مقررات و استانداردهای طراحی و ترسیم نما براساس شرایط اقلیمی و جغرافیایی وجود ندارد. اما جنبه نوآوری این پژوهش این است که با ترکیب مدل‌های مختلف از الگوریتم یادگیری ماشین که در تعامل دوسویه با یک سیستم خبره و مدل ریاضی مبتنی بر منهتن که قابلیت اعمال ضوابط و به‌روزرسانی آن‌ها را دارد، سعی در پیاده‌سازی فرایند ترسیم نما توسط ماشین شده است. در این زمینه با کمک سیستم خبره، ضوابط و مقررات طراحی و ترسیم نما را روی هر عنصر نما به‌صورت مجزا تعیین و از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای اعمال آن‌ها استفاده نموده است.

روش پژوهش

روش پژوهش به‌صورت متمایزپژوهی و تبیینی برای انتقال ایده‌ها و اطلاعات پیچیدهٔ مبتنی بر گردآوری داده‌های آن شامل: مطالعات اسنادی، کتابخانه‌ای، نمونه‌های آموزشی، محاسبات و فرمول‌های ریاضی ازطریق داده‌های کمّی و کیفی است. درواقع روش تبیینی به دنبال ارائه دانش نوین یا توصیف یک فرایند و یا توسعه یک مفهوم دانشی جدید است. فرایند تحقیق از نوع شبیه‌سازی و مدل‌سازی و ازطریق تجزیه و تحلیل داده‌های کمّی با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی کشف دانش و الگوریتم‌های هوش مصنوعی و زبان برنامه‌نویسی پایتون است. درواقع هدف این پژوهش کشف و ارائه روشی مبتنی بر مدل نظری و عملی برای به‌کارگیری این حوزه در فرایند یادگیری طراحی و ترسیم نما، به‌ویژه یادگیری ضوابط و استانداردها و مقررات ملی مربوط به طراحی و ترسیم نمای ساختمان‌های مسکونی توسط ماشین با رویکرد یادگیری نظارت‌شده است. استفاده از روش متمایزپژوهی و تبیینی در جهت ارائه شیوه‌ای متمایز و ترکیبی برای اعمال ضوابط و مقررات طراحی نمای ساختمان‌های مسکونی مبتنی بر محدودیت‌ها، ضوابط، نیازها و ابعاد متداول نماهای شهری است. درواقع فرضیه پژوهش بر این پایه استوار است که می‌توان

جدول ۱. پیشینه پژوهش‌های صورت‌گرفته در زمینه کاربست الگوریتم‌های هوش مصنوعی در نمای ساختمان

عنوان	هدف	روش	نتیجه	منبع
یادگیری عمیق مولد در طراحی معماری Generative Deep Learning in Architectural Design	آموزش سبک‌های مختلف طراحی نما	الگوریتم گن[۷]	طراحی نما توسط الگوریتم به سبک‌های آموزشی	(Newton, 2019: 182)
بهینه‌سازی ژئومتریک روزنه‌ها GEOMETRIC OPTIMIZATION OF	طراحی ابعاد بازشوهای نما با توجه به انرژی	الگوریتم ژنتیک	بهینه‌سازی ابعاد بازشو توسط الگوریتم	(Wright & Mourshed, 2009 :923)
شناخت خودکار سبک معماری AUTOMATIC ARCHITECTURAL STYLE RECOGNITION	تشخیص سبک نئوکلاسیک، هوسمان و رنسانس در نمای ساختمان	الگوریتم گن	الگوریتم تشخیص خودکار سبک نما	(Mathias & et al., 2012)
پژوهش بازسازی نمای ساختمان سه‌بعدی با استفاده از یادگیری عمیق 3D Building Façade Reconstruction Using Deep Learning	تشخیص فضای پر و خالی حجم ساختمان	الگوریتم گن	الگوریتم بازسازی مدل سه‌بعدی حجم و نمای اولیه	(Bacharidis & et al., 2020:12)
مفاهیم هوش مصنوعی در طراحی معماری AI Concepts in Architectural Design	ایجاد یک سیستم تفکر برای تلاقی معماری و هوش مصنوعی	روش توصیفی- تحلیلی	ارائه مدل AID	(Likai, 2018)

(نگارندگان)

ازطریق به‌کارگیری مدل‌های ریاضی و سیستم‌های خبره و الگوریتم‌های یادگیری ماشین فرایند طراحی و ترسیم نما را در ماشین‌ها پیاده‌سازی نمود. در این زمینه تعریف محدوده‌ها، ضوابط و عناصر نما همراه با به‌کارگیری الگوریتم‌های هوش مصنوعی، امکان ایجاد طرح‌های متوالی نما را در ماشین‌ها فراهم و آن‌ها را در فرایند طراحی و ترسیم نما دخیل می‌نماید.

نزدیک‌ترین همسایگان: از آن برای طبقه‌بندی و رگرسیون می‌توان استفاده کرد. کِی نزدیک‌ترین همسایه [۸] یک الگوریتم مبتنی بر فرموله‌سازی است که همه موارد موجود را ذخیره کرده و موارد جدید را با اکثریت آرای همسایه‌های خود طبقه‌بندی می‌کند. در این روش فاصله نزدیک‌ترین کی توسط الگوریتم با همه داده‌ها مقایسه شده و نزدیک‌ترین داده‌ها که بیشترین شباهت را دارند، انتخاب و پیشنهاد می‌گردند. در این روش مبنای فاصله می‌تواند فاصله اقلیدسی، منهتن، مینکوفسکی و یا فاصله همینگ باشد (Piryonesi & et al., 2020).

خوشه‌بندی کِی- میانگین: خوشه‌بندی کِی- میانگین [۹] روشی در کمّی‌سازی بردارهاست که در اصل از پردازش سیگنال گرفته شده و برای آنالیز خوشه‌بندی در داده‌کاوی استفاده می‌شود. کی - میانگین خوشه‌بندی با هدف تجزیه N مشاهدات به K خوشه است که در آن هریک از مشاهدات متعلق به خوشه‌ای با نزدیک‌ترین میانگین آن است (Abdi, 2016).

سیستم‌های خبره: سیستم‌های خبره [۱۰] مدل‌سازی رفتار یک فرد خبره در یک حوزه خاص همچون مهندسی، طراحی، پزشکی و غیره است، تا با استفاده از قوانین و به‌وسیله فرد خبره نتایج را از مجموعه واقعیت‌هایی که در سیستم مشاهده می‌گردد، به دست آورد. چون‌که این سیستم‌ها دارای دانش مرتبط با زمینه‌های خاص هستند، به آن‌ها سیستم مبتنی بر دانش یا سیستم‌های دانشی گفته می‌شود (حسنی آهنگر و کنگاوری، ۱۳۸۹: ۲۶۸). درواقع سامانه‌های خبره برنامه‌هایی هستند که رفتار یک انسان متخصص را در زمینه‌ای به‌خصوص تقلید می‌کنند (Nisenfeld, 1989).

فاصله اقلیدسی: فاصله اقلیدسی [۱۱] مربوط به فاصله مستقیم بین دو نقطه (x,y) در فضای دوبعدی است، همان‌طور که در تصویر ۱ مشاهده می‌شود (Dolnicar & et.al, 2018).

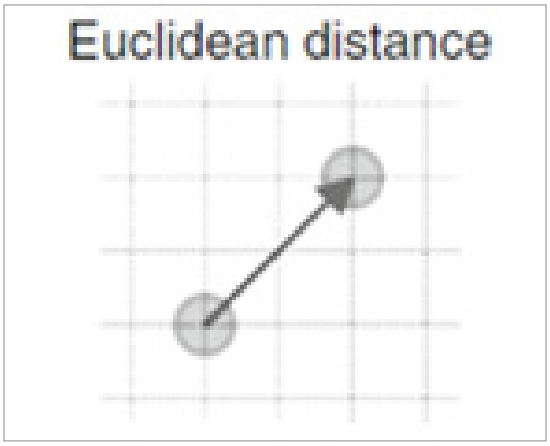
$$d(p,q)=\sqrt{\sum(p-q)^2}$$

فاصله منهتن: فاصله منهتن فاصله بین دو p و q را ایجاد می‌کند (تصویر ۲)، (Ibid).

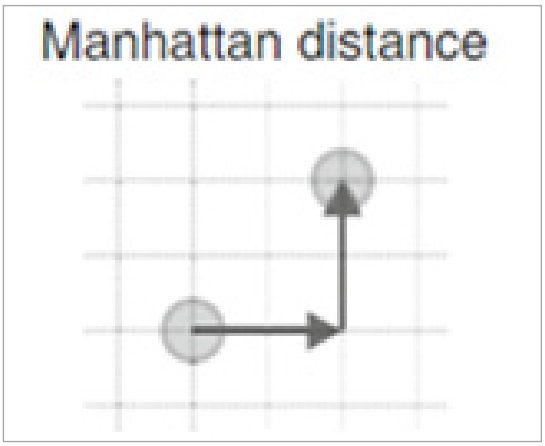
$$d(p,q)=\sum|p-q|$$

معماری و طراحی خودکار

اکنون محاسبات در طراحی معماری مبتنی بر محاسبه و خودکارسازی است. در فرایند طراحی خودکار رایانه‌ای، از اسکریپت‌نویسی بصری استفاده می‌کنند تا به کاربران این امکان داده شود با الگوریتم‌های خود که براساس زبان برنامه‌نویسی سطح بالا ست تکنیک‌های اسکریپت‌نویسی بصری فرم‌ها را خلق کنند. هیچ سیستم دیگری را برای تولید و طراحی ابزار متناسب با نیازها و عادت‌های طراحان با چنین سطح بالایی از کنترل و امکان نمی‌دهد. سیستم‌های طراحی خودکار معمولاً در معماری معاصر کاربرد دارند، زیرا این پتانسیل را برای افزایش بهره‌وری و آزادی اصلاح حتی در اکثر محیط‌های پیچیده فراهم می‌کنند (Cudzik & Radziszewski, 2018: 78).



تصویر ۱. نمایش فاصله‌یابی اقلیدسی .(Dolnicar & et.al, 2018)



تصویر ۲. نمایش فاصله‌یابی منهتن.(Dolnicar & et.al, 2018)

طراحی معماری بر مبنای هوش مصنوعی

برای تولید هوش طراحی خودکار یا خودکارسازی فرایند طراحی نما لازم است که فرایند یادگیری ماشین بررسی و ارزیابی شود. یادگیری ماشینِ برگرفته از علوم کامپیوتر، مطالعه مدل‌های آماری و الگوریتم‌هایی است که از متغیرهای مجموعهٔ داده برای شناسایی الگوها و اطلاعات مکانی - زمانی مربوط به آن‌ها استفاده می‌نماید. یادگیری ماشینی، سیستم‌هایی رایانه‌ای با توانایی‌های کاملاً جدید ارائه می‌دهد، زیرا آن‌ها می‌توانند از داده‌های تازه‌واردشده پیش‌بینی‌های سریع را انجام دهند، بدون این‌که دستورالعمل انجام چنین کاری را داشته باشند (Mitchell, 1997). اساساً، یادگیری ماشینی برای ساختن و فرموله کردن یک مدل متناسب با ریاضیات، داده‌های آموزشی را جست‌وجو می‌نماید (Liu & et al., 2019) که روابط پیچیده بین ورودی‌های مستقل و خروجی‌های هدف را ترسیم می‌کند. این‌جاست که از معیارهای ارزیابی برای سنجش عملکرد مدل استفاده می‌شود (lou, 2018 & Li). دو نوع اصلی آن: یادگیری با سرپرست و یادگیری بدون سرپرست است. به‌طور کلی در یادگیری با سرپرست، به‌دنبال آموزش ماشین و ساخت مدل برای انجام کاری خاص با راهنمایی متخصص و داده‌های برچسب‌دار هستیم، در حالی که در آموزش بدون سرپرست اجازه می‌دهیم ماشین این کار را به‌خودی‌خود تصمیم‌گیری نماید.

یادگیری نظارت شده:[۸] رایج‌ترین نوع یادگیری است. در یادگیری با سرپرست از قبل می‌دانیم که داده‌های ورودی آموزشِ مدل، دارای چه خروجی‌های واقعی هستند و در تلاشیم براساس آن خروجی‌ها، مدل را آموزش دهیم. مثلاً در دسته‌بندی که نوعی یادگیری با سرپرست است، از قبل می‌دانیم نمونه‌های آموزشی ما چه نشانه‌هایی دارند و درصددیم براساس این نشانه‌ها آن‌ها را دسته‌بندی نماییم (البرزی و علی‌خانی، ۱۳۹۷: ۲۰).

یادگیری بدون نظارت:[۹] در یادگیری بدون سرپرست، با مجموعه‌داده‌هایی سروکار داریم که به نظر می‌رسد هیچ برچسبی ندارند. نوعی از الگوریتم یادگیری بدون سرپرست ممکن است داده‌ها را در دو یا چند خوشه مجزا براساس شباهت داده‌ها گروه‌بندی کند که به آن "الگوریتم خوشه‌بندی" اطلاق می‌شود (همان). تحقیقات اخیر (Cudzik & Radziszewski, 2018 ; et al, 2018& Khean) برخی از کاربردهای ماشین لرنینگ را در معماری نشان می‌دهد. چندین مورد از برنامه‌های پیشنهادی، بهبود ابزارهای طراحی موجود را با استفاده از ماشین لرنینگ در نظر می‌گیرند تا فرایند طراحیِ کارآمدتر و آگاهانه‌تری فراهم شود. درحقیقت، ماشین لرنینگ پتانسیل زیادی را برای افزایش روند طراحی براساس رعایت ویژگی‌های مختلف نشان می‌دهد. زیرا برخی از الگوریتم‌های یادگیری آن شبیه فرایندهای استدلال است که اغلب به دست معماران اعمال می‌شود (Steinfeld & et al., 2017) مانند استدلال ربایشی که نوعی استنتاج منطقی است براساس مشاهده و استنباط از محتمل‌ترین توضیح از آن‌چه مشاهده شده است (Claus & et al, 2019). استدلال ربایشی در طراحی روش مکرر بازنمایی طرح‌ها را قبل از اجرای آن‌ها توضیح می‌دهد، یعنی براساس مشاهدات و تجارب گذشته، معماران هر عنصری که نمایش اولیه را برآورده کند، انتخاب می‌کنند(Steinfeld, 2017). اما لازمه تولید طرح‌های متوالی به همراه رعایت ویژگی‌های مختلف (ضوابط و مقررات ملی) با توجه به پیچیدگی فرایند طراحی معماری و همچنین وجود داده‌های متنوع، در این نکته است که ابتدا باید طراحی معماری به‌عنوان پردازش داده در نظر گرفته شود. چراکه در آینده سیستم‌های طراحی باید براساس داده‌های ساخت‌یافته باشند، آن‌چه هم اکنون در فرایند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نیز دنبال می‌شود (Cudzik & Radziszewski, 2018).

نما در معماری

از نظر مفهومی نما جداره خارجی ساختمان است که در معرض دید قرار دارد و اجزای آن: حجم، فرم، سطوح باز و بسته و تقسیم‌کننده‌های عمودی و افقی است. نمای هر ساختمان در مجموعه شهری که در آن حضور دارد مؤثر است و این تأثیر را به بدنه خیابان‌ها یا میدان‌هایی که در آن قرار گرفته است، انتقال می‌دهد. درواقع نمای شهری متشکل از بناهای شهری است؛ بنابراین وقتی که از دید معماری با این کلمه برخورد می‌کنیم، اشاره مستقیمی به نمای ساختمان‌ها داریم (پاکزاد، ۱۳۸۶: ۸۲). درواقع نمای ساختمان‌ها به‌صورت یک صفحه‌نمایش ترکیبات معماری ظاهر می‌گردد. این ترکیبات در فرایند طراحی به دست معمار و طراح براساس پلان چیده می‌شود. ازطرفی با توجه به پیچیدگی فرایند طراحی معماری و تعدد اسناد و داده‌های زیاد در فرایند طراحی به‌دلیل ویژگی فرایند ساخت، سیستم‌های مدیریت پروژهٔ پیشرفته باید به‌صورت یکپارچه و مبتنی بر داده و هم‌زمان تولید شوند؛ لذا برای دستیابی به بهترین نتیجه محاسبات ممکن در معماری، طراحی معماری باید مانند؛ پردازش داده در نظر گرفته شود تا نتیجه نهایی که همان طرح است بر مبنای دانش حاصل از پردازش داده باشد نه سلیقه و احساس طراح. ذکر این

نکته مهم است که در آینده‌ای نزدیک، هوش مصنوعی کاملاً برای کاربران مهیا و در دسترس خواهد بود. درواقع در این پارادایم سیستم‌ها و فرایندها باید براساس داده‌های ساخت‌یافته باشند، مانند مدیریت اطلاعات ساختمان[۱۰] (Cudzik & Radziszewski, 2018). بنابراین در فرایند طراحی نمای ساختمان‌ها نیز طراح باید داده‌های زیادی را مد نظر قرار دهد که اعمال آن‌ها در فرایند طراحی هم به زمان زیادی نیاز دارد و هم ممکن است تحت شرایط محیطی و روانی و جسمی طراح فراموش شود؛ لذا لازم است برای افزایش کیفیت و سرعت طراحیِ نما فرایند طراحی نما نیز بر پایه داده‌ها صورت گیرد و الگوریتم‌های هوشمندی مبتنی بر فاکتورهای مذکور آموزش و توسعه یابند.

اجزا و ارکان نما

در بررسی شکل‌شناختی نماهای شهری دو جنبه اساسی: اجزا و ارکان مطرح است. در مسیر تهیه ضوابط و مقررات دسته‌بندی‌شده برای نمای شهری شناخت اجزای مختلف نما بسیار مهم است. درواقع در طراحی نما چه به‌صورت مجزا و چه در ارتباط با کل، لازم است به اجزا یا عناصر نما توجه ویژه داشت. این عناصر شامل: ورودی، بالکن، خطوط نما و غیره است (عبادی، ۱۳۹۲) "بنتلی" این اجزا را پنجره‌ها، درها، جزئیات جدارهٔ همکف و خطوط آسمان و مواردی از این دست می‌داند (Bentley & et al., 1985). ارکان نما شامل: تناسبات، مقیاس، ریتم و ... است. لازم به ذکر است در این پژوهش اجزای نما مد نظر قرار گرفته است.

یافته‌ها و بحث

در حال حاضر فرایند طراحی معماریِ نمای ساختمان‌ها براساس مباحث مقررات ملی و همچنین استانداردهای مختلف بومی به همراه بهینه‌سازی انرژی با شیوه‌های سنتیِ موجود در دفاتر معماری روزها، هفته‌ها و یا ماه‌ها زمان نیاز دارد تا کاربر بتواند یک مدل طراحی را براساس رعایت تمام فاکتورهای مذکور دریافت نماید. حال برای کاهش زمان و خطای طراحی معماری با چندین پیشنهادِ هم‌زمان به‌همراه اعمال ضوابط گوناگون و همچنین ادیت و به‌روزرسانی این ضوابط و مقررات به یک فرایند طراحی خودکار نیاز است. همچنین تمام این فرایند باید در یک بازه زمانی بسیار کوتاه صورت پذیرد؛ لذا به نظر می‌رسید برای رسیدن به این هدف، ضرورت داشت پژوهش‌هایی در جهت شناسایی این فرایند و مدل‌سازی عملکردی هوش طراحی خودکار صورت گیرد که درواقع ایده‌ای از شبیه‌سازی و ترکیب عملکرد ذهن یک معمار با قدرت محاسباتی کامپیوترها و عملکرد سلسله‌مراتبی الگوریتم‌های مختلف است. در این زمینه محدوده پژوهش، شهر تهران به‌عنوان پرجمعیت‌ترین شهر کشور و کاربری مسکونی به‌عنوان متداول‌ترین کاربری شهری (مرکز آمار ایران، ۱۳۷۵) مد نظر قرار گرفت. زیربناهای متداول شهری در ۴ گروه قرار دارند که ابعاد این زیربناها ۷۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۰۰ مترمربع است و ملاک انتخاب آستانهٔ زمین‌های شهری برای آموزش به الگوریتم هوش، طراحی خودکار است. در این باره مطابق جدول ۲ حداقل ابعاد زمین‌های متداول شهری با عرض حداقل ۷ متر و حداکثر ۲۵ متر و همچنین میانگین تعداد طبقات متداول در شهر تهران ۵ طبقه، استخراج گردیده است.

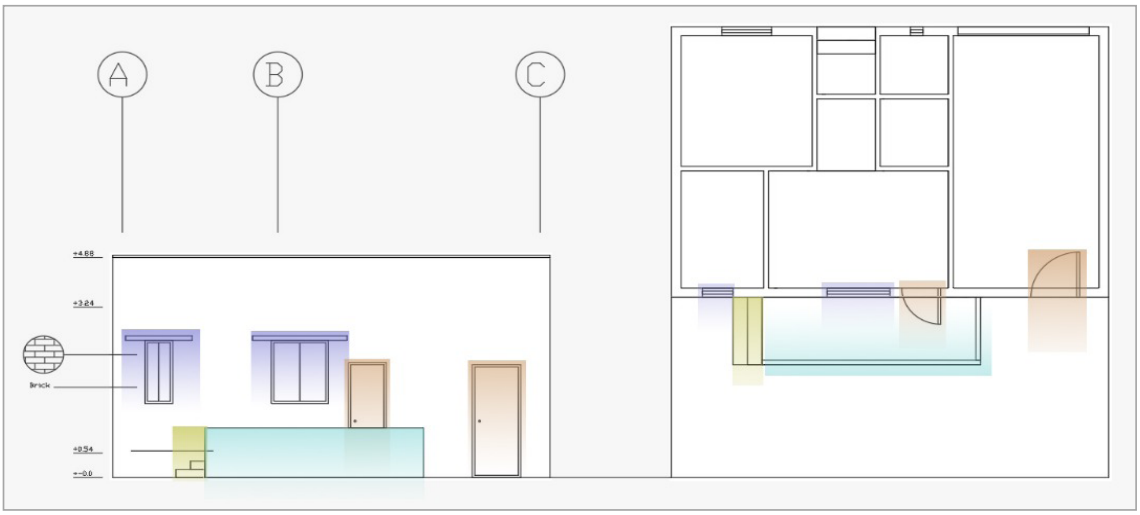
این پژوهش براساس حداقل و حداکثر (عرض و ارتفاع) نمای ساختمان‌های مسکونی متداول در شهر تهران است، یعنی ساختار فرایند چیدمان عناصر سازندهٔ نما در هوش طراحیِ خودکار نمای ساختمان‌هایِ مسکونی براساس ماتریسی از حداقل و حداکثرهای متداول در نماهای شهری است که محور X آن اطلاعات، عرض نماها و محور Y، تعداد طبقات و ارتفاع نماها هستند. ضمن این‌که الگوریتم، توانایی خوانش و طراحیِ بازه‌های بیشتر و اعداد غیررند را نیز دارد. این ماتریس صرفاً تجسمی از بازه‌های متداول در طراحی نمای ساختمان‌های مسکونی شهر تهران است. بنابراین محدوده پژوهش برای قابل دسترس بودن و عملیاتی شدن آن به شهر تهران، کاربریِ مسکونی تک‌واحد و زمین‌های متداول و زیربناهای پرتکرار در بازهٔ ۷ تا ۲۵ متر با ارتفاع طبقات یک تا پنج طبقه محدود گردیده است تا امکان پیاده‌سازی نظریه هوش طراحی خودکار

جدول ۲. حداقل و حداکثر ابعاد زمین‌های متداول شهری و تعداد طبقات (نگارندگان)

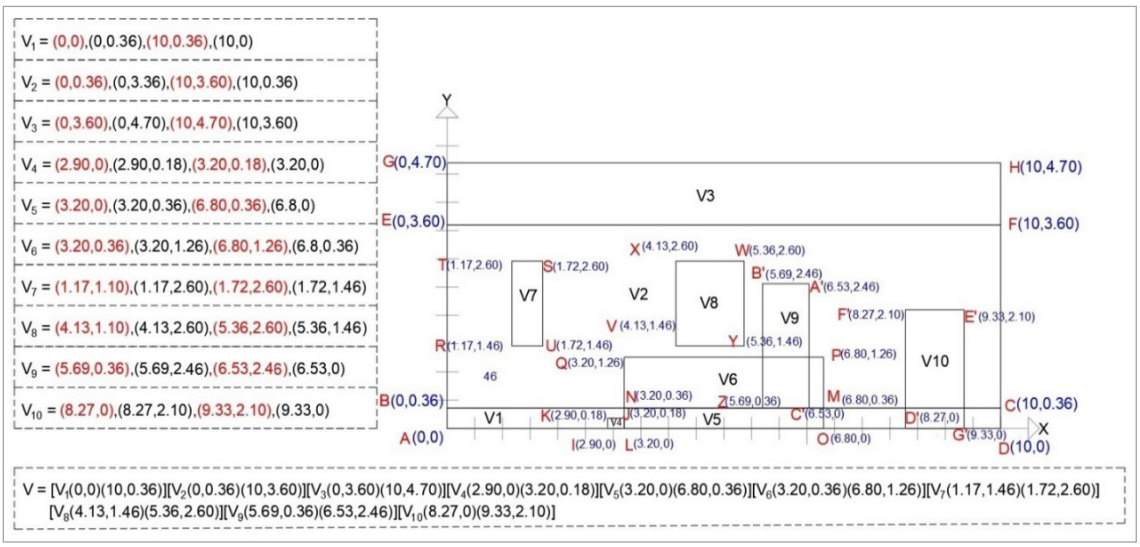
ارتفاع نما	عرض نما																				
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
تعداد طبقات	0	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
	1	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22
	2	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46
	3	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4
	4	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94	16.94
	5	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18	20.18

نمای واحدهای مسکونی در ابعاد پژوهشی امکان‌پذیر گردد. درواقع برای کاهش پیچیدگی، محدوده پژوهش به‌صورت خوشه‌ای هدفمند انتخاب گردیده است که شامل نماهای مسکونی، مبتنی بر اشکال هندسی مربع و مستطیل است. ابعاد طراحی هم به‌صورت حداقل عرض و تعداد طبقات ساختمان تعیین گردیده است.

در مرحله نخست مبنای ایجاد هوش طراحی و ترسیم خودکارِ نمای ساختمان‌های مسکونی شهر تهران چند فاکتور اصلی است که انسان در فرایند طراحی آن را مد نظر قرار می‌دهد. نخست، درک پلان و عناصر اصلی سازنده نمای موجود توسط انسان در پلان‌هاست که باید ماشین نیز عناصر سازنده نما را که در ساختار پلان قراردارد مانند انسان درک نماید تا ویژگی‌های مربوط به این عناصر را که شامل مختصات، طول‌ها، عرض‌ها و غیره (مشخصات روی محور X) است به الگوریتم پیاده‌سازی داده‌ها ارسال نماید و الگوریتم‌های هوشمند در ماشین‌ها باید به کمک فرمول‌ها، تابع‌ها و کتابخانه‌ها ویژگی‌های آن را فراخوانی و درک نموده و سپس عناصر سازنده نما را در نمای مورد نظر جانمایی نمایند. برای تحقق این امر الگوریتم یادگیری ماشین ازطریق نقاط آموزش‌داده‌شده در پایگاه داده بدنهٔ نما و هریک از عناصر نما فرخوانی و ترسیم می‌شود. با استفاده از فرمول‌های فاصله‌سنجی منهتن و اقلیدسی و طول‌بردار این جانمایی صورت می‌گیرد (Safarnezhad & et al., 2021). براساس تصاویر ۳ و ۴ عناصر سازندهٔ نما در این پژوهش: پله، نرده، در، پنجره و سقف و کف در نظر



تصویر ۳. نمایش بازخوانی صحیح پلان در فرایند ترسیم و طراحی نما توسط الگوریتم هوش طراحی خودکار نما (نگارندگان)



تصویر ۴. نمایش عناصر سازنده نما و نحوه چیدمان آن در نما به‌وسیله بردارها (نگارندگان)

گرفته شده است (راهنمای طراحی و کنترل نماهای شهری تهران، ۱۳۹۳). تمامی داده‌های مرتبط با عناصر نما به‌همراه ویژگی‌های کامل آن توسط الگوریتم هوش طراحی خودکار نما از پلان بازخوانی و ازطریق ترکیب با داده‌های سیستم خبره که مرتبط با مقررات طراحی و ترسیم نماست، به فرایند بعدی ارسال شده است.

بدین‌ترتیب در زمان بازخوانی، چیدمان و جانمایی عناصر و اجزای نما روی بدنه نما مطابق با ویژگی‌های موجود در پلان، ضوابط و مقررات ملی مربوط به ترسیم این عناصر نیز به فرایند ترسیم با هوشِ طراحی خودکار نما اعمال شده است. مشخصات روی محور Yها اطلاعاتی شامل: ارتفاع کف پنجره تا کف تمام‌شده فضا،[۱۱] جان‌پناه‌ها حداقل ۱,۱ متر، درها ۲,۲ متر، طبقه، نرده، جان‌پناه بام و مواردی از این دست است که از کتب مقررات ملی مبحث چهارم براساس جدول۳ استخراج و جمع‌آوری شده است. الگوریتم یادگیری ماشین و سیستم‌های خبره به‌عنوان الگوریتمی برای تشخیص ساختار داده‌های عناصر تولیدشده نما در پلان و همچنین برای داده‌های مرتبط با استانداردها، ضوابط و مقررات ملی طراحی نمای ساختمان‌های مسکونی استفاده شده است.

اما آنچه اهمیت دارد شناخت الگوریتم‌ها و روش به‌کارگیری آن‌ها در داده‌های مرتبط با فرایندهای طراحی و ترسیم عناصر نمای ساختمان‌های مسکونی است. فرایند ترکیب این الگوریتم‌ها بدین روش است که ابتدا باید اطلاعات و ضوابط طراحی نما استخراج و حداقل‌هایی که باید در طراحی مد نظر قرار گرفته شوند به‌صورت بردارهای عددی به سیستم‌های خبره منتقل شوند. سپس ویژگی‌های مد نظر نما که در ساختار پلان معماری قرار گرفته‌اند، از طریق بردار ویژگی‌ها و فرمول‌های فاصله‌سنجی به الگوریتم‌های یادگیری ماشین (نوع نظارتی) آموزش داده می‌شوند. اکنون الگوریتم یادگیری ماشین می‌تواند آموزش را مشاهده نموده و نسبت به حداقل‌های طراحی و ترسیم براساس استانداردها آگاه باشد. در ادامه براساس اطلاعات ورودی کاربر که شامل: محل طراحی، تعداد طبقات، عرض زمین، طول زمین و سایر ویژگی‌ها است می‌تواند طراحی و ترسیم را در مدت‌زمان بسیار کوتاه آماده و

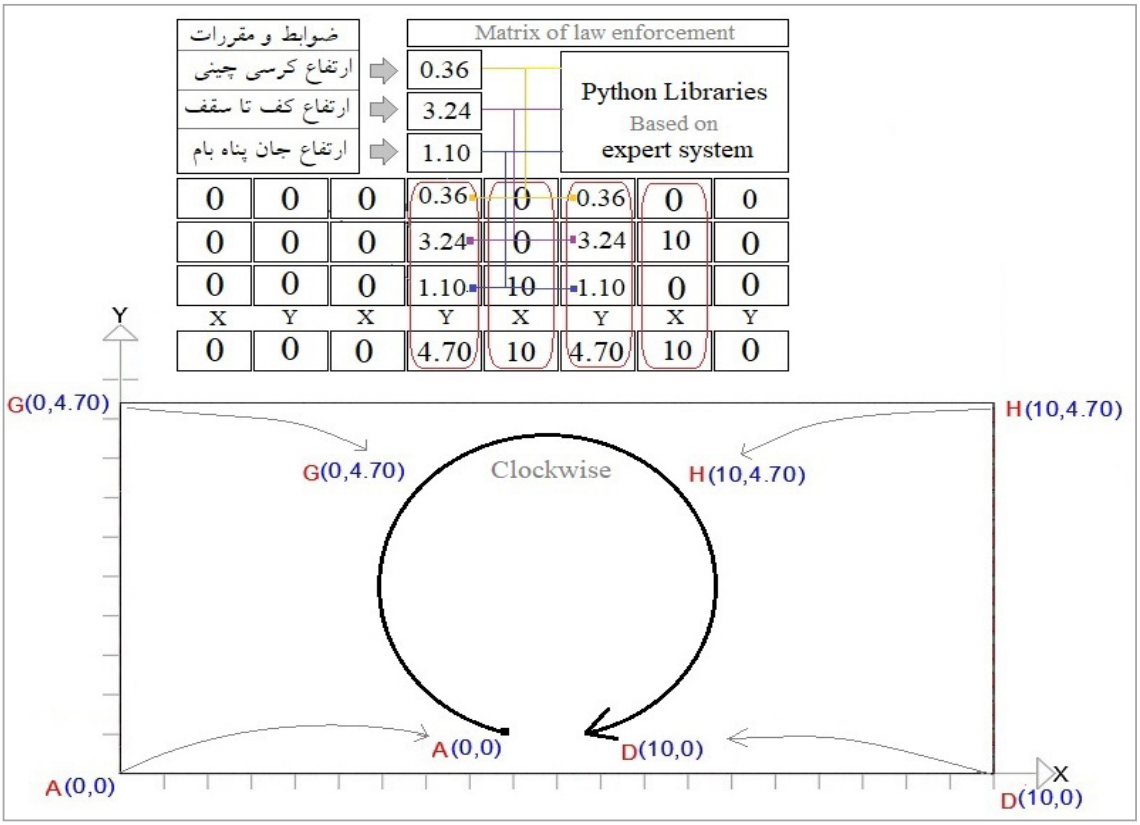
جدول۳. مقررات ملی و ضوابط و استانداردهای طراحی نما در فرایند آموزش به هوش طراحی خودکار نما

مقررات ملی نما	توضیحات	منبع
ایوان و بالکن و تراس	ارتفاع ۱,۱	مبحث ۴ ص ۵۲ بند ۴-۵-۱-۶ مبحث ۴ ص ۶۶ و ۶۷ بند ۴-۵-۷
پله	حداقل عرض یک‌کف پله ۳۰ -۲۸ سانتی‌متر و ارتفاع یک تک‌پله بین ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر (برای مسکونی ۱۸ سانتی‌متر مناسب‌تر است)	مبحث ۴ ص ۵۲ بند ۴-۵-۱-۷ مبحث ۴ ص ۸۹ بند ۴-۷-۱
دست‌اندازها و نرده‌ها	ارتفاع کف پنجره تا کف و یا جان‌پناه تا ارتفاع ۱,۱ متر ارتفاع دست‌انداز و جان‌پناه از سطح فضا یا بام حداقل ۱,۱ متر و از لبه پله سطح شیب‌دار حداقل ۰,۹ متر	مبحث ۴ ص ۵۴ بند ۴-۵-۱-۱۱ مبحث ۴ ص ۱۰۴ بند ۴-۹-۷-۱ مبحث ۴ ص ۱۰۴ بند ۴-۹-۶
در	پهنای مفید در اصلی حداقل ۹۰ سانتی‌متر و ارتفاع مفید آن حداقل ۲,۰۵ متر پهنای مفید در اتاق‌های اقامت حداقل ۸۰ سانتی‌متر و ارتفاع مفید آن حداقل ۲,۰۵ متر در دولنگه؛ لنگه فعال حداقل ۸۰ سانتی‌متر و پهنای هر لنگه در از ۱,۲ بیشتر نباشد	مبحث ۴ ص ۴۹ بند ۴-۵-۱-۵ مبحث ۴ ص ۵۶ بند ۴-۵-۲-۲
پنجره	حداقل عرض پنجره ۰,۶۰ تا ۳,۶۰ حداقل ارتفاع پنجره ۱,۰۵ تا ۱,۶	مبحث ۴ ص ۵۹ بند ۴-۵-۲-۸ مبحث ۴ ص ۶۱ بند ۴-۵-۴-۲
بام	جان‌پناه در سقف مسطح الزامی است بام‌های مسطح باید دارای شیب بندی باشند حداقل ارتفاع جان‌پناه بام مسطح ۱,۱ متر باشد	مبحث ۴ ص ۱۰۲ بند ۴-۹-۳ و ۴-۹-۴
ارتفاع فضاها	ارتفاع هر فضای اقامت حداقل ۲,۶ متر و سایر فضاها ۲,۴متر حداقل ارتفاع انبار در فضاهای انباری ۲,۱ متر ارتفاع فضای بهداشتی از ۲,۱ متر کمتر نباشد ارتفاع کف اسقف ۳,۲۴ متر	مبحث ۴ ص ۸۹ بند ۴-۷-۱-۱-۷ مبحث ۴ ص ۷۶ بند ۴-۵-۶ مبحث ۴ ص ۶۵ بند ۴-۵-۶

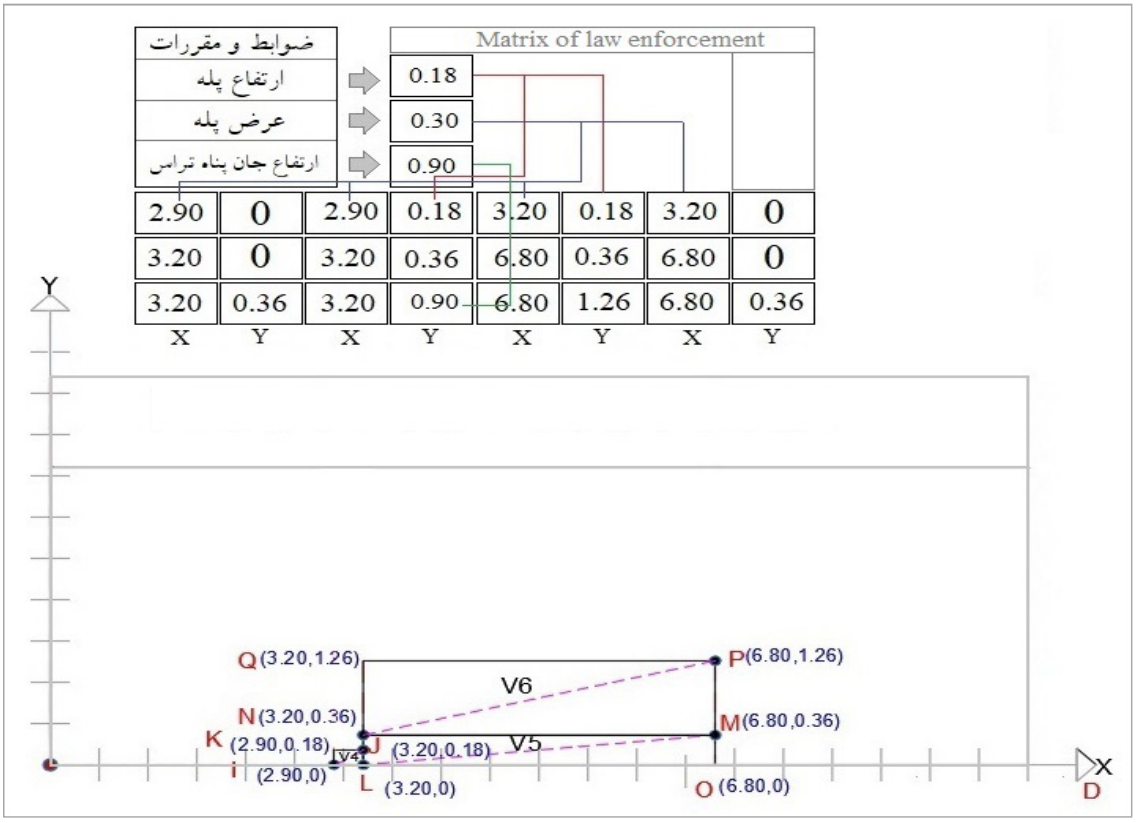
(مقررات ملی، مبحث چهارم)

ارائه نماید. درواقع آنچه در اینجا اهمیت دارد ساخت هوشِ خودکاری است که بتواند داده‌های اصلی و فرعی مرتبط با نمای ساختمان مسکونی را از فرایند طراحی پلان دریافت نموده و براساس ساختار پلان، ضوابط و مقررات مرتبط با طراحی و ترسیم نما، شرایط اقلیمی و سایر متغیرهای مهم بدون نیاز به دخالت معمار و تنظیم دستی پارامترها مانند، ارتفاع جان‌پناه، یا ارتفاع کف پنجره تا کف فضا، نما را طراحی و ترسیم نماید. این فرایند طراحی و ترسیم باید به نحوی باشد که اگر ساختار پلان تغییر کند یا ضوابط طراحی و ترسیم در فرایند قانون‌گذاری دچار تغییراتی شود، باز بتواند ضوابط جدید را به‌صورت خودکار اعمال نماید؛ که در این پژوهش با توجه به مطالعات وسیع صورت‌گرفته جهت چیدمان عناصر نما، از روش ترکیبی الگوریتم‌های یادگیری ماشین، خوشه‌بندی کِی- میانگین و سیستم‌های خبره در راستای اعمال ضوابط و مقررات و همچنین خوانش داده‌های پلان معماری استفاده گردیده است. درواقع از یادگیری ماشین (خوشه‌بندی کِی- میانگین) برای استخراج و تشخیص داده‌های مرتبط با پلان معماری بهره گرفته و از الگوریتم سیستم‌های خبره برای اعمال ضوابط سیال و پویایِ مرتبط با طراحی و ترسیم نمای ساختمان‌ها استفاده شده است. براساس تصویر ۵ ابتدا مختصات نقاط مربوط به قاب اولیه نما از جهت‌های مختلف (خطوط بیرونی نما یا مرزنما با اطراف) که شامل: مجموعه‌ای از داده‌های عددی پلان (طول یا عرض زمین، طبقات، طول پنجره‌ها، درها، بام) است، در جهت حرکت عقربه‌های ساعت از بردارِ تولیدشده توسط هوش طراحی خودکار پلان، خوانش شده است. سپس این داده‌ها در فرایندی با زبان برنامه‌نویسی سطح بالا و کتابخانه‌های سیستم‌های خبره ترکیب شده‌اند. در واقع داده‌های مرتبط با نمای ساختمان که بازنمایی آن از ساختار داده‌های پلان خواهد بود با الگوریتم یادگیری ماشین خوانش می‌شود. در ادامه به کمک سیستم‌های خبره، ضوابط و استانداردهای طراحی و ترسیم نما که در گام اولیه شامل: ارتفاع جان‌پناه، ارتفاع کرسی‌چینی و سایر ویژگی‌های دیگر است در داده‌های نما جاگذاری و در ساختار مختصات دکارتی با اولویت ساعت‌گرد، پیاده‌سازی می‌گرد

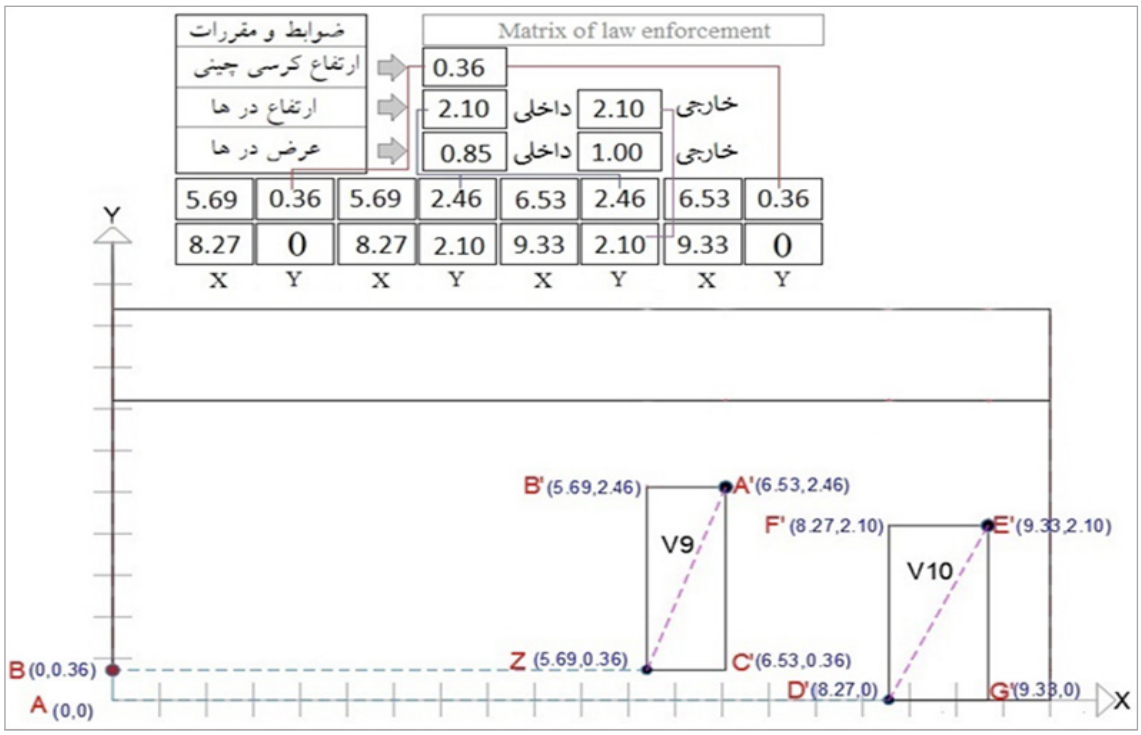
گام بعدی براساس تصویر ۶ اعمال عنصر نرده یا جان‌پناه تراس و پله‌های موجود در نما همراه با اندازه‌های استاندارد است که در این مرحله داده‌های طراحی و ترسیم نما از دو بخش مجزا است که با هوش طراحی خودکار خوانش شده



تصویر۵. خوانش قاب اصلی و جان‌پناه بام و کرسی‌چینی در فرایند ترسیم نما (نگارندگان)



تصویر۶. فرایند خوانش و ترسیم عناصر پله و جان‌پناه تراس (نگارندگان)

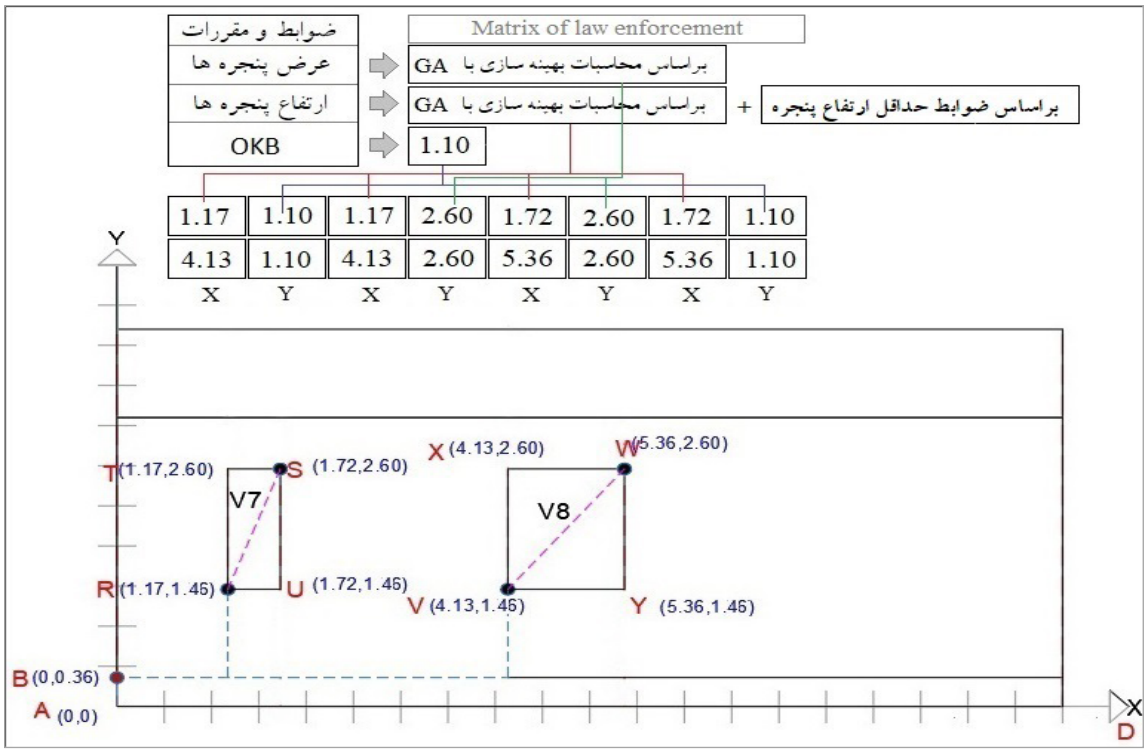


تصویر۷. فرایند خوانش و ترسیم بازشو پنجره در نما (نگارندگان)

است. بخش اول، از داده‌های پلان است که شامل: مختصات قرارگیری عناصر پله و نرده یا جان‌پناه تراس موجود در نما و تعداد آن است. این خوانش از طریق محاسبه در دستگاه مختصات دکارتی با فرمول فاصله سنجی منهتن صورت پذیرفته است. بخش دوم داده‌ها شامل: ارتفاع پله، عرض پله، ارتفاع جان‌پناه و یا نرده تراس است که با روش خوانش از داده‌های سیستم‌های خبره انجام شده است. همچنین در تصویر۵ مشخص شده داده‌ها از بردارها خوانده شده و سپس با داده‌های سیستم‌های خبره ترکیب گردیده‌اند.

در ادامه براساس تصویر۷، هوش طراحی خودکار مختصات بازشوها (پنجره‌ها) شامل: جانمایی و فاصله قرارگیری از یکدیگر و همچنین فاصله با قاب اصلی نما را از داده‌های بردار عددی پلان دریافت کرده است. درواقع بخشی از فرایند طراحی و ترسیم بازشوها مبتنی بر نوع فضا، کاربری فضا و ابعاد فضا در ساختار پلان است که ساختار خوانش اطلاعات نما از داده‌های پلان خواهد بود. در گام بعدی به کمک سیستم‌های خبره، ارتفاع کف پنجره تا کف تمام‌شده فضا و حداقل ارتفاع پنجره تعیین شده است اما حداکثر عرض و ارتفاع پنجره براساس قوانین بهینه‌سازی مصرف انرژی صورت پذیرفته که این فرایند برگرفته از الگوریتم‌های ژنتیک بوده است.

گام نهایی اعمال درها به‌عنوان بازشو موجود در نمای ساختمان براساس تصویر۸ است. در این بخش داده‌های جانمایی درها، از اطلاعات موجود در بردار عددی پلان خوانش شده که این اطلاعات شامل: مختصات X و Y قرارگیری نقاط چهارچوب درهاست. درواقع الگوریتم یادگیری ماشین می‌تواند داده‌های مرتبط با جانمایی درها را در طول نما و در ارتفاع نمابرِ اساس ساختار پلان محاسبه نماید و در ادامه ارتفاع و عرض درها را براساس کاربری فضا و همچنین موقعیت قرارگیری یعنی داخلی یا خارجی بودن از طریق الگوریتم‌های سیستم‌های خبره محاسبه و اعمال کند.



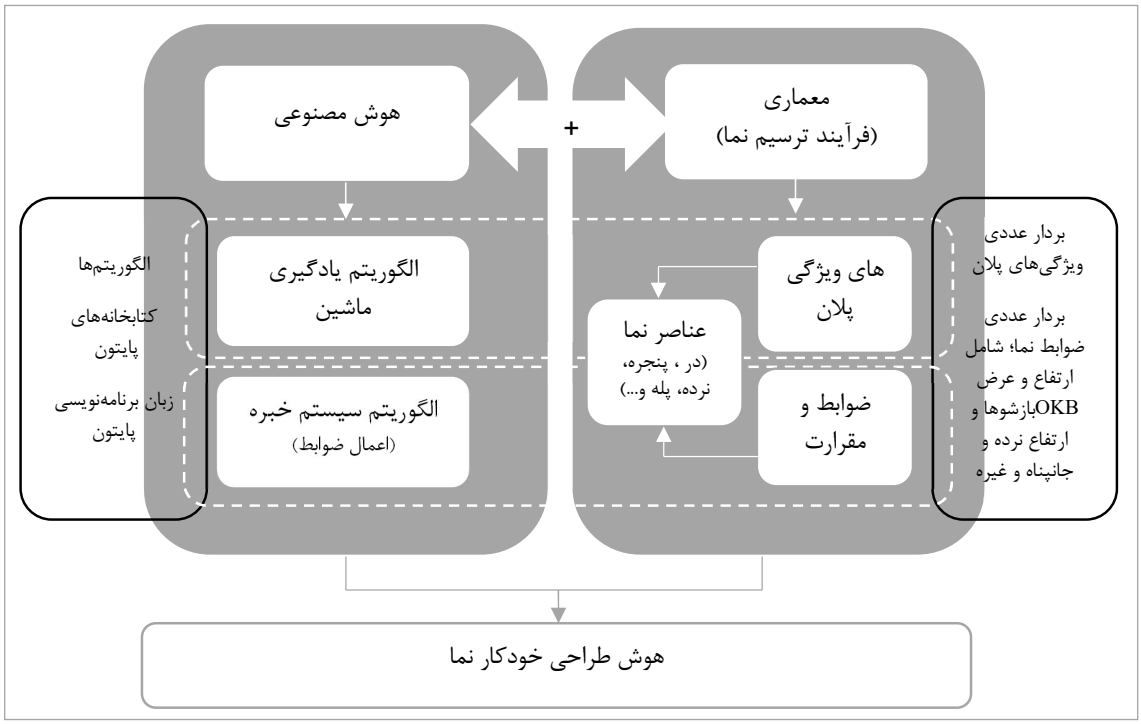
تصویر۸. فرایند خوانش و ترسیم بازشو درب‌ها در نما (نگارندگان)

نتیجه‌گیری

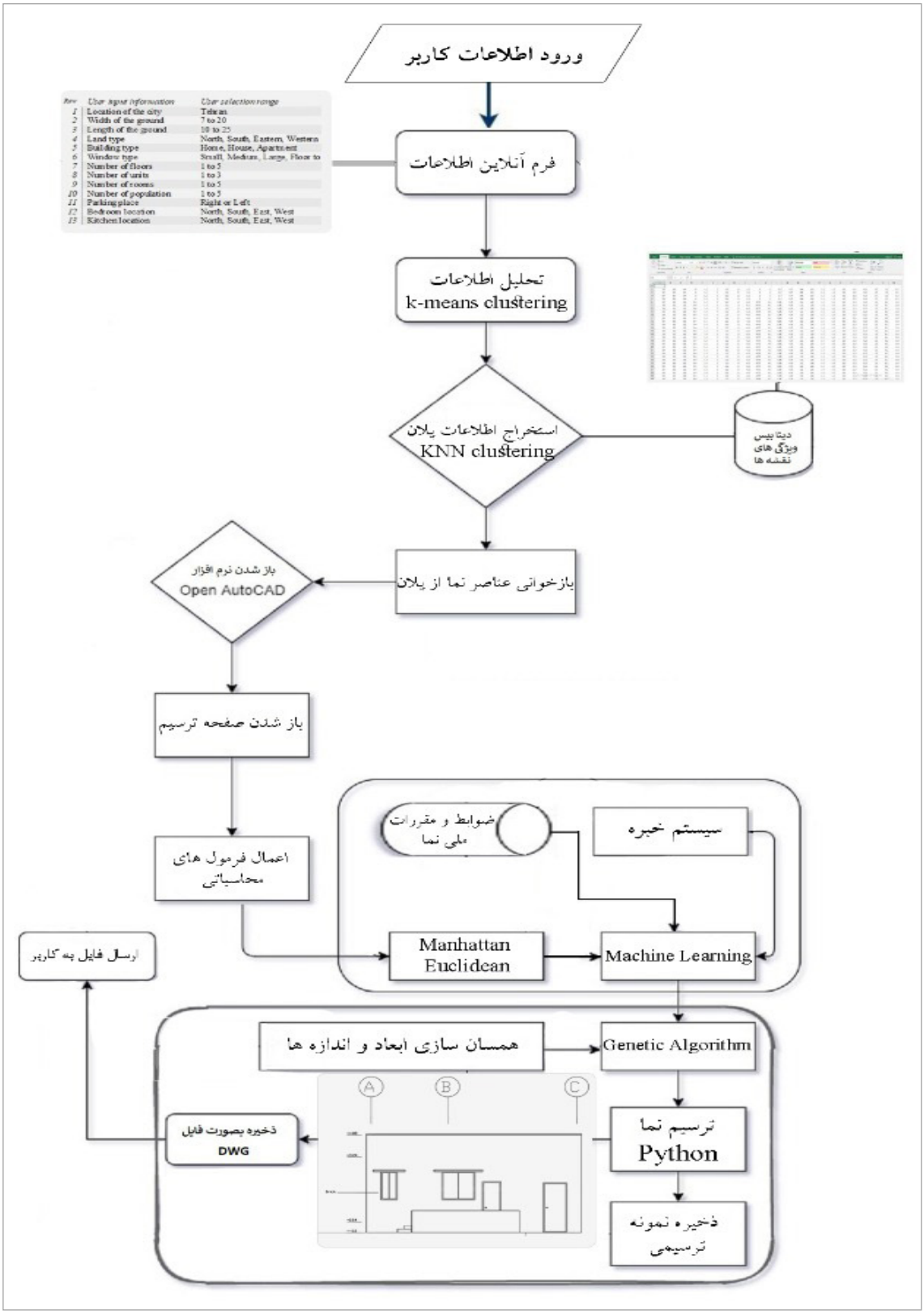
یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد کاربست هوش مصنوعی در فرایندهای معماری، ابتدا نیاز به شناخت ساختار عناصر معماری و سپس شناخت و درک رفتار الگوریتم‌ها در حل مسائل دارد. در حقیقت، هر عنصر نما مرتبط با یک یا چند الگوریتم مجزا یا همسان است که با به‌کارگیری هوش مصنوعی می‌تواند منجر به خودکارسازی در فرایندهای طراحی و ترسیم نما شود.

بخش دیگر یافته‌های پژوهش مرتبط با اعمال الگوریتم یادگیری ماشین شامل: KNN و K-means بر پایه مدل ریاضی از فرمول‌های فاصله‌سنجی (منهتن) در جهت بازنمایی داده‌های مرتبط با نما در پلان معماری است. این بخش به‌همراه الگوریتم‌های هوش مصنوعیِ (شامل یادگیری نظارتی، سیستم‌های خبره) مدل نظری و عملی مطابق تصاویر ۹ و ۱۰ در راستای اعمال چیدمان عناصر نما حاصل شده است. در این زمینه باید از رویکرد سلسله‌مراتبی فعالیت الگوریتم‌ها و جانمایی ساعت‌گرد عناصر برای پیاده‌سازی اجزا و عناصر نما استفاده شود. درواقع مدل نظری و عملی مطرح‌شده نشان می‌دهد فرمول جانمایی عناصر از طریق فاصله‌سنجی منهتن ممکن خواهد بود و تعیین ابعاد و اندازه‌ها براساس حداقل‌های موجود در کتب مقررات ملی از طریق سیستم‌های خبره امکان‌پذیر است و برای اعمال فرایند طراحی و ترسیم به الگوریتم یادگیری نظارتی نیاز است. در نهایت با ترکیب الگوریتم‌های یادگیری ماشین و سیستم خبره و فرمول‌های ریاضی می‌توان ماشین‌ها را در فرایند طراحی و ترسیم نما (به‌صورت محدود) دخیل نمود.

در ادامه پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌هایی دیگر به بررسی راهکارهای جدید برای چیدمان عناصر سازنده نما و اعمال ضوابط و مقررات ملی در فرایند ترسیم و طراحی نما در جهت بهبود و ارتقای این فرایند پرداخته شود و یا مباحثی در زمینهٔ آموزش انواع سبک‌های ایرانی در فرایند طراحی نما مد نظر قرار گیرد تا این فرایند تکمیل شود.



تصویر۹. مدل نظری فرایند یادگیری هوش طراحی خودکار نما (نگارندگان)



تصویر ۱۰. مدل عملی فرایند یادگیری هوش طراحی خودکار نما (نگارندگان)

پی‌نوشت

1. AI
2. AGI
3. ML
4. AlphaGo
5. DeepStack
6. IBM's Watson
7. GAN
8. KNN
9. K-means
10. Expert Systems
11. Euclidean distance
12. Distance Manhattan
13. Supervised Learning
14. UnSupervised Learning
15. BIM
16. OKB

فهرست منابع

- البرزی، محمود و علی‌خانی، محمد (۱۳۹۷). **یادگیری ماشین**. چاپ اول، تهران: دانشگاه صنعتی شریف.
- پا کزاد، جهانشاه (۱۳۸۶). **مجموعه مقالات در باب طراحی شهری**. چاپ اول، تهران: شهیدی.
- حسنی آهنگر، محمدرضا و کنگاوری، محمدرضا (۱۳۸۹). **اصول و مبانی هوش مصنوعی**. چاپ اول، تهران: دانشگاه امام حسین (ع).
- شهرداری تهران (۱۳۹۳)، **راهنمای طراحی و کنترل نماهای شهری، انضباط نما**. تهران: معاونت شهرسازی و معماری شهرداری تهران.
- عبادی، محمدمهدی (۱۳۹۲). **الحاقات نما نیاز فراموش‌شده، معماری و فرهنگ**. تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی.
- دفتر مقررات ملّی ساختمان ایران (۱۳۹۲). **مبحث چهارم الزامات عمومی ساختمان**. تهران: وزارت راه و شهرسازی معاونت مسکن.
- مرکز آمار ایران (۱۳۷۵). **سرشماری عمومی نفوس و مسکن**. تهران: مرکز آمار ایران.

- Abdi, A .(2016). Three types of Machine Learning Algorithms, DOI:10.13140/RG.2.2.26209.10088.
- Bacharidis, K.; Sarri, F. & Ragia, L. (2020). 3D Building Façade Reconstruction Using Deep Learning. International Journal of Geo-Information. 9, 1-24; doi:10.3390/ijgi9050322.
- Behera, R. N., & Das, K. (2017): *A Survey on Machine Learning: Concept*, Algorithm and Applications. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering, 5(2).
- Bentley, I.; Alcock, A.; Murrain, P.; McGlynn, S. & Smith, G. (1985). Responsive Environment: A Manual for Designers. London: Architectural Press.
- Belém, Catarina ., Santos, Luís .& Leitão, António . (2019). *On the Impact of Machine Learning Architecture without Architects?*, Conference: CAAD Futures ·At: Daejon, South Korea Project: On the Impact of Machine Learning in Architecture.
- Bishop, C. M.(2006): *Pattern Recognition and Machine Learning (Information Science and Statistics)*. Springer-Verlag New York, Inc.

- Bolton, R. J. & Hand, D. J. (2015): *Statistical Fraud Detection: A review. Statistical Science*, 17(3), 235–255.
- Cudzik, J. & Radziszewski, K.(2018). *Artificial Intelligence Aided Architectural Design*. Parametric Architectural Design Artificial Intelligence. AI FOR DESIGN AND BUILT ENVIRONMENT - Volume 1 - eCAADe 36 .
- Cortese, A.; De Martino , B.; & Kawato, M.(2019). *The neural and cognitive architecture for learning from a small sample*. Current Opinion in Neurobiology, 55:133–141. https://doi.org/10.1016/j.conb.2019.02.011.
- Claus L. C-P.; Bo T. C. & Saeema, A-K. (2019). Empirically analysing design reasoning patterns. *Abductive-deductive reasoning patterns dominate design idea generation*, Design Studies, 60, 39-70.
- Deo, R. C. (2015): *Machine Learning in Medicine*.
- Dolnicar, S.; Grün, B. & Leisch, F. (2018). Extracting Segments. Market Segmentation Analysis. 75-181.https://doi.org/10.1007/978-981-10-8818.
- D'Mello, S.; Franklin, S.; Ramamurthy ,U. & Baars ,B. (2014). *A Cognitive Science Based Machine Learning Architecture*. Conference: Between a Rock and a Hard Place: Cognitive Science Principles Meet AI-Hard Problems, Papers from the AAAI Spring Symposium, Technical Report SS-06-02, Stanford, California, USA, March 27-29.
- Ferreira, D. R.(2018): *Applications of Deep Learning to Nuclear Fusion Research*.
- Ferrucci, D. (2012) : *Introduction to "This is Watson*". IBM Journal of Research and Development 56(3.4).
- Goertzel, B. (2014). *Artificial general intelligence* : concept, state of the art, and future prospects. J. Artif. Gen. Intell. 5, 1–46. doi: 10.2478/jagi-2014-0001.
- Khean, N.; Fabbri, A. & Haeusler, M. H.(2018): *Learning Machine Learning as an Architect*, How to?.
- Lieto ,A.; Bhatt, M.; Oltramari ,A. & Vernon, D. (2017). The role of cognitive architectures in general artificial intelligence. Cognitive Systems Research ,http://dx.doi.org/10.1016/j.cogsys.2017.08.003.
- Likai, W. (2018). AI Concepts in Architectural Design. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 392. 1-5 doi:10.1088/1757-899X/392/6/062016.
- Li, D.H.; Lou, S. (2018). *Review of solar irradiance and daylight illuminance modeling and sky classification*. Renew. Energy 126, 445–453.
- Liu, Z.; Wu, D.; Liu, Y.; Han, Z.; Lun, L.; Gao, J.; Jin, G.& Cao, G. (2019). *Accuracy analyses and model comparison of machine learning adopted in building energy consumption prediction*. Energy Explor. Exploit. 37, 1426–1451.
- Mathias, M.; Martinovi, A.; Weissenberg, J.& Van Gool, L. (2012). Automatic architectural style recognition. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXVIII-5/W16(5):171-176. DOI:10.5194/isprsarchives-XXXVIII-5-W16-171-2011
- Magoulas, G. D. & Prentza, A. (2001): *Machine Learning in Medical Applications*, 300–307.
- Moravcík, M., Schmid, M., Burch, N., Lisý, V., Morrill, D., Bard, N., & Bowling, M. (2017). *DeepStack: Expert-Level Artificial Intelligence in Heads-Up No-Limit Poker*, 1–37.

- Mitchell, T.M. (1997). *Machine Learning. McGraw-Hill Higher Education*, New York.
- Miyazawa, K.; Horii ,T.; Aoki, T.& Nagai, T. (2019). *Integrated Cognitive Architecture for Robot Learning of Action and Language*. Front. Robot. AI 6:131. doi: 10.3389/frobt.2019.00131
- Newton, D .(2019) Generative Deep Learning in Architectural Design, Technology|Architecture Design, 3:2, 176-189, DOI: 10.1080/24751448.2019.1640536.https://doi.org/10.1080/24751448.2019.1640536.
- Nisenfeld, A. E. (1989). Artificial Intelligence Handbook: Principles, Instrument Society of America. ISBN 1-55617-133-1.
- Piryonesi, S.; Madeh, El-Diraby.& Tamer, E. (2020). "Role of Data Analytics in Infrastructure Asset Management: Overcoming Data Size and Quality Problems". Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements. 146 (2): 04020022. doi:10.1061/jpeodx.0000175. ISSN 2573-5438.
- Russakovsky, O.; Deng, J.; Su, H.; Krause, J.; Satheesh, S.& Ma, S. (2015). *Imagenet large scale visual recognition challenge*. Int. J. Comput. Vis. 115, 211–252. doi: 10.1007/s11263-015-0816-y.
- Safarnezhad Samarin, M.; Shahcheraghi, A.& Zabihi, H. (2021). *Explaining the Theoretical Model of Knowledge Management Process in Building Automated Facade Design Intelligence*. Iranian Journal of information processing and managment. Vol. 36 | No. 4 | pp. 923-944. Iranian Research Institute for Information Science and Technology)IranDoc(ISSN 2251-8223eISSN 2251-8231.
- Steinfeld, K.(2017): *Dreams May Come*. In Acadia 2017, 590–599.
- Silver, D.; Huang, A.; Maddison, C.J.; Guez, A.; Sifre, L.; van den Driessche, G.; Schrittwieser, J.; Antonoglou, I.; Panneershelvam, V.; Lanctot, M.; Dieleman, S.; Grewe, D.; Nham, J.; Kalchbrenner, N.; Sutskever, I.; Lillicrap, T.; Leach, M.; Kavukcuoglu, K.; Graepel, T. & Hassabis, D.(2016), *Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search*. Nature 529, 484.
- Turing, M. (1950), I.-Computing Machinery and Intelligence. Mind, LIX(236), 433–460.
- Wright, Jonathan,& Mourshed, Monjur. (2009). GEOMETRIC OPTIMIZATION OF FENESTRATION. Eleventh International IBPSA Conference. Glasgow, Scotland. 920-927.

Received: 2022/03/20
Accepted: 2022/10/29

Theoretical and Practical Model of Automatic Facade Design Intelligence in the Process of Implementing Facade Design and Drawing Rules and Regulations

Mahsa Safarnezhad Samarin* **Azadeh Shahcheraghi**** **Hossein Zabihi*****

Abstract

Today, researchers in the field of design and research are looking for approaches to upgrade machines from unintelligible agents to artificially intelligent agents, so that these machines can participate in design processes as collaborators and increase productivity in the processes. Therefore, the purpose of this research is to discover and present a method for applying this field in the learning process of designing and drawing facades and presenting a theoretical and practical model, mainly designing and drawing facades of residential buildings by machine with a supervised learning approach. Hence, the question of this research is how to arrange the facade elements and apply the rules and regulations of the facade drawing by machine and how the theoretical and practical steps of this process are. Explanatory research method for conveying complex ideas and information is based on data collection through documentary studies, library studies, educational samples, mathematical calculations and formulas, and quantitative and qualitative data. In fact, the explanatory method seeks to present new knowledge or describe a process or develop a new scientific concept, and the results show that the automatic facade design intelligence can arrange the main building elements of the facade from architectural plans with the help of machine learning algorithm (KNN & K-mean) to understand and read means and arrange the elements using distance measurement formulas and apply the national building rules and regulations related to facade design in the drawing process using expert systems.

Keywords: Facade design and drawing, Automatic design intelligence, Facade design rules and regulations, Machine learning

* PhD in Architecture; Researcher; Department of Architecture; Science and Research Branch; Islamic Azad University; Tehran, Iran. *Mahsa.safarnejad@gmail.com*

** PhD in Architecture; Associate Professor; Department of Architecture; Science and Research Branch; Islamic Azad University; Tehran, Iran. *a.shahcheraghi@gmail.com*

*** PhD in Urban Development; Associate Professor; Department of Urban Development; Science and Research Branch; Islamic Azad University; Tehran, Iran. *h.Zabihi@srbiau.ac.ir*