فصلنامه علمی تخصصی مطالعات طراحی شهری و پژوهش‌های شهری
سال هشتم، شماره۳ (پیاپی: ۳۳)، پاییز ۱۴۰۴
ISSN: 2645-4424

نقش هوش‌مصنوعی در معماری و شهرسازی با محوریت TestFit

پریسا قبادی*[۱]، نگین سرخوش[۲]، مریم بابازاده ایلخچی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۶
کد مقاله: ۹۶۳۹۷

چکـیده

صنعت معماری و شهرسازی از طریق فناوری هوش مصنوعی که مجموعه داده‌های بزرگ را تجزیه و تحلیل می‌کند، تغییر انقلابی را تجربه کرده است. طراحان و مهندسان از طریق توانایی خود در پردازش اطلاعات، طرح‌های پایدار و کارآمدی را برای ساختمان‌ها و محیط‌های شهری پیشنهاد میکنند. هوش مصنوعی ظرفیت خود را در ایجاد شبیه‌سازی‌های سناریوهای متعدد که پیش‌بینی‌های دقیقی از نیازهای آینده و مدیریت مؤثر منابع انرژی را ممکن می‌سازد، نشان میدهد. این مقاله، تست‌فیت را به عنوان ابزاری از هوش مصنوعی برای کاربردهای برنامه‌ریزی شهری و معماری بررسی می‌کند و در عین حال تأثیر آن را بر تصمیم‌گیری بهبود یافته همراه با زمان اجرای کوتاه‌تر پروژه ارزیابی می‌کند. روش تحقیق این مطالعه از طریق رویکردهای تحلیلی و توصیفی انجام می‌شود. منابع کتابخانه‌ای به همراه اسناد مرتبط، اساس جمع‌آوری داده‌ها را تشکیل می‌دهند.نتایج پژوهش نشان می‌دهد تست فیت، از بهترین ابزارهای هوش مصنوعی برای انجام مطالعات امکان سنجی و پروژه‌های برنامه‌ریزی شهری محسوب می‌شود. ابزاری برای تحلیل و بهینه‌سازی پروژه‌های توسعه املاک که به کاربران کمک می‌کند تا طرح‌های خود را از نظر اقتصادی و فنی بررسی کرده و بهبود دهند. از تست فیت برای تحلیل سریع سایت‌های توسعه، محاسبه هزینه‌ها و درآمدها، و بهینه‌سازی طرح‌های مسکونی، تجاری و اداری استفاده می‌شود. محدودیت‌های اصلی این فناوری شامل هزینه قابل توجه و نیاز آن به آموزش حرفه‌ای و ورود دقیق داده‌ها است.

واژگـان کلـیدی: Testfit، هوش‌مصنوعی، برنامه‌ریزی‌شهری، معماری

۱ - استادیار، مهندسی شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران
p.ghobadi@tabriziau.ac.ir
۲ - دانشجوی کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشگاه تبریز ، تبریز، ایران
۳ - دانشجوی کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشگاه تبریز ، تبریز، ایران

۱- مقدمه

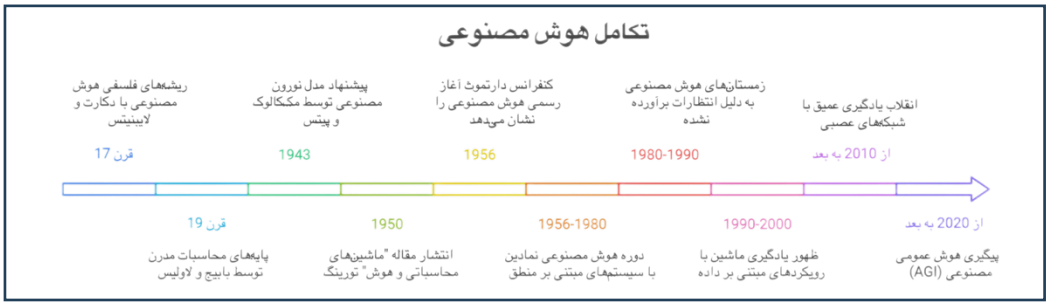
در صنعت توسعه املاک و مستغلات، تحلیل سریع و دقیق سایت‌های توسعه، بهینه‌سازی طرح‌ها و محاسبه هزینه‌ها و درآمدهای پروژه از جمله چالش‌های اصلی به شمار می‌روند. این فرآیندها نیازمند ابزارهایی هستند که بتوانند داده‌های پیچیده را به سرعت پردازش کرده و تصمیم‌گیری را تسهیل کنند. (Anil kumar & Reddy Avula -2024) نرم‌افزارهای تخصصی که از فناوری‌های پیشرفته از جمله هوش مصنوعی و یادگیری ماشین استفاده می‌کنند، قابلیت‌هایی برای مدل‌سازی سه‌بعدی و تحلیل پارامتریک همراه با بهینه‌سازی اقتصادی طرح‌ها فراهم می‌کنند. چنین ابزارهایی توسعه‌دهندگان و معماران را قادر می‌سازد تا سناریوهای متعددی را برای یافتن راه‌حل‌های بهینه در پروژه‌های مسکونی، تجاری و اداری ارزیابی کنند (Karthigeyan Kuppan & amp; Deepak Bhaskar Acharya & amp; Divya B-2024) .

قابلیت اتصال به نرم‌افزار طراحی و تحلیل جغرافیایی(GIS)، دقت و سرعت فرآیند برنامه‌ریزی را بهبود می‌بخشد. این ابزارها چالش‌های متعددی را ایجاد می‌کنند که شامل ماهیت پرهزینه آنها و نیاز به آموزش حرفه‌ای و داده‌های ورودی دقیق است که در صورت عدم دقت، نتایج نادرستی ایجاد می‌کنند.(Zakaria Yehia Ahmed-2024) طراحان شهری به تجزیه و تحلیل سریع و دقیق سایت توسعه همراه با قابلیت‌های بهینه‌سازی طراحی وابسته هستند، زیرا باید فضاهایی را توسعه دهند که در عین عملکرد خوب، زیبا به نظر برسند و از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشند. (Alessandra Ricciardelli & Paola amoruso & Felicia Di liddo-2025) طراحان شهری از نرم‌افزارهای خاصی برای بررسی داده‌های پیچیده تراکم جمعیت و الگوی ترافیک و همچنین نیازهای پارکینگ استفاده می‌کنند تا طرح‌هایی را تولید کنند که هم با اهداف توسعه و هم با نیازهای جامعه همسو باشند. این ابزارها طراحان شهری را قادر می‌سازند تا سناریوهای مختلف را شبیه‌سازی کنند و به آنها در پیش‌بینی و بهینه‌سازی اثرات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی طرح‌هایشان کمک می‌کنند. طراحان شهری از طریق ادغام داده‌های جغرافیایی و مالی به تصمیم‌گیری بهتری دست می‌یابند که منجر به پروژه‌هایی می‌شود که از نظر ظاهری و عملکرد خوب به نظر می‌رسند و در عین حال از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی پایدار باقی می‌مانند. پروژه‌های بزرگ شهری به این رویکرد نیاز دارند زیرا ذینفعان متعددی را همراه با اهداف پیچیده درگیر می‌کنند (Rachel Cooper -2010). بحث در مورد هوش مصنوعی در معماری و برنامه‌ریزی شهری به معرفی تست‌فیت به عنوان یک ابزار خاص هوش مصنوعی تبدیل شده است.

۲- هوش مصنوعی

هوش‌مصنوعی یا Artificial Intelligence به شبیه سازی هوش‌انسانی در ماشین‌ها گفته میشود. ماشین‌های هوشمند طوری طراحی شده اند که بتوانند فکر و رفتار انسان‌ها مانند (حل مسئله و یادگیری) را تقلید کنند (Hamet P, Tremblay J.). ایده هوش مصنوعی را در دهه ۹۵۰۱ میلادی آلن تورینگ پای‌گذاری کرد وی آزمونی را پیشنهاد داد که بتوان توانایی ماشین را برای تقلید اعمال انسان به طوری که قابل تمایز از رفتار خود انسان نباشد، اندازه گیری کرد. چندین سال بعد(۱۹۵۶) اصطلاح هوش‌مصنوعی را برای اولین بار John McCarthy در دانشکده Dartmouth مطرح کرد یک دهه بعد وزارت دفاع آمریکا به این حوزه علاقه‌مند شد و شروع به آموزش دادن به رایانه های خود به منظور تقلید از انسان کرد (Haenlein M, Kaplan A) با این که تعیین دقیق آن دشوار است اما ریشه های هوش‌مصنوعی را احتمالا میتوان به دهه ۱۹۴۰ میلادی به ویژه در سال ۱۹۴۲ میلادی جستجو کرد زمانی که نویسنده علمی تخیلی آمریکایی ایزاک آسیموف داستان کوتاه خود را به نام Runaround منتشر کرد. خلاصه داستان Runaround ۴ حول سه قانون رباتیک پیش میرود یک ربات ممکن است به انسان آسیب نرساند یا از طریق ترک فعل اجازه آسیب رساندن به انسان را بدهد یک ربات باید از دستوراتی که توسط انسان‌ها به او داده میشود اطاعت کند جز در مواردی که این دستورات با قانون اول در تعارض باشد یک ربات باید از وجود خود محافظت کند تا زمانی که چنین حفاظتی با قانون اول یا دوم در تضاد نباشد (هانلین و همکاران، ۱۴۰۲، ص ۷۶).

هوش‌مصنوعی با تحلیل داده‌های کلان ، طراحی پارامتریک و بهینه‌سازی پایدار ، تحولی عظیم در معماری و شهرسازی ایجاد کرده و شهرهای هوشمند و انسان‌محور را ممکن ساخته است. تاریخ هوش‌مصنوعی، ریشه در فلسفه و منطق صوری قرن هفدهم دارد. این مبحث با تلاش‌های پیشگامان این حوزه در دهه ۱۹۴۰ و کنفرانس معروف دارتموث در سال ۱۹۵۶، به رسمیت شناخته شد. دوران اولیه هوش‌مصنوعی، تحت سلطه رویکرد نمادین بود، اما محدودیت‌های آن در دهه ۱۹۸۰ منجر به رکود و زمستان هوش‌مصنوعی شد. این دوره، زمینه‌ساز ظهور یادگیری ماشینی در دهه ۱۹۹۰ بود و از سال ۲۰۱۰، انقلاب یادگیری عمیق آغاز شد امروزه، هوش‌مصنوعی در مسیر دستیابی به هوش‌مصنوعی عمومی (AGI) قرار دارد، در حالی که محققان با چالش‌های اخلاقی و اجتماعی آن دست و پنجه نرم می‌کنند. تکامل هوش‌مصنوعی، فرآیندی پویا و در حال رشد است که در شکل (۱) به تصویر کشیده شده است.



شکل ۱- تکامل هوش مصنوعی، مآخذ: نگارندگان به نقل از (copland و همکاران ۲۰۰۴، Mccarthy و همکاران ۱۹۵۵، newell.A و همکاران ۱۹۷۶ ، Mitchell.T.M 1976، Bostorm N2014)

۲-۱-کاربرد هوش مصنوعی در معماری و شهرسازی

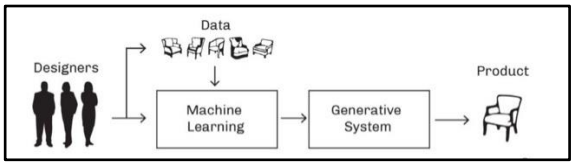
هوش‌مصنوعی (AI) در معماری و شهرسازی به‌عنوان یک فناوری تحول‌آفرین، کاربردهای گسترده‌ای دارد که فرآیندهای طراحی، ساخت، مدیریت‌پروژه، و بهینه‌سازی منابع را بهبود می‌بخشد. تصویر ارائه‌شده در شکل (۲) یک مدل ساده را نشان میدهد که فرآیند ساخت محصول با کمک هوش مصنوعی را توضیح میدهد. این مدل چهار بخش اصلی دارد:

۱ .ورودی‌ها (طراحان و داده‌ها): اینجا هم انسان‌ها نقش دارند هم اطلاعات خام. طراحان (Designers) ایده‌های خود را ارایه میدهند و داده‌های اولیه (Data) هم جمع‌آوری میشوند. این اطلاعات بعد به صورت منظم به مرحله بعد منتقل میشوند.

۲ یادگیری ماشین(Machine Learning): سیستم در این مرحله داده‌ها را پردازش می‌کند تا الگوهای پنهان را به همراه مدل‌های پیش‌بینی‌کننده پیدا کند که به عنوان موتور اصلی مدل برای آماده‌سازی آمادگی تولید عمل می‌کند.

۳ .سیستم تولیدکننده(Generative System): حالا نوبت خلق محصول است این بخش با الگوریتم‌های هوشمند، از مدل‌های ساخته‌شده استفاده می‌کند تا محتوا یا محصول نهایی را بسازد. ترکیب جالبی از فناوری و خلاقیت!

۴ .خروجی (محصول)(Product) : نتیجه نهایی همانی است که از سیستم تولیدکننده بیرون می‌آید وکاربرد عملی کل این فرآیند را نشان میدهد.



شکل ۲-دیاگرام نحوه طراحی به کمک هوش مصنوعی (مآخذ: Bidgoli, Veloso, Cloud, 2018)

نمودار زیر ارتباط بین طراحان، داده‌های خام و هوش مصنوعی را به خوبی نشان میدهد. با این روش میتوان فرضیه‌های طراحی را بررسی کرد و عملکرد محصول را سنجید.

۲-۱-۱- کاربرد هوش مصنوعی در معماری

ابزارهای موجود در عصر دیجیتال، زمینه‌ای گسترده از رویکردها و امکانات نوآورانه را برای معماران فراهم‌آورده است. این امر تحولات عمیقی را در فرآیند طراحی، برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌های معماری به همراه داشته‌است. از جمله ابزارهایی که محیط رشد معماری بیش از پیش کرده است، می‌توان به نرم‌افزارهای مدل سه‌بعدی BIM ، شبیه‌سازی‌های پیشرفته و توسعه واقعیت مجازی و افزوده (VR/AR) را نام برد. این ابزارها به معماران این امکان را می‌دهند تا ایده‌های خود را به‌صورت تعاملی آزمایش و تجربه کنند. از سوی دیگر، هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از برجسته‌ترین نوآوری‌ها در این حوزه ایفای نقش می‌نماید. از طریق استفاده از الگوریتم‌های یادگیری‌ماشین، هوش‌مصنوعی قادر است برای معماران داده‌های پیچیده معماری را تجزیه و تحلیل کرده و الگوهای طراحی بهینه را پیشنهاد دهد و حتی فرآیندهای تکراری مانند تولید منظر یا شبیه‌سازی‌های سازه‌ای را خودکار سازد.(که از جمله این موارد میتوان به موارد زیر اشاره کرد :(Mostafa Yazdani1 و همکاران(2023))

-طراحی مفهومی و تولید خودکار طرح‌ها: هوش‌مصنوعی با استفاده از الگوریتم‌های مولد (Generative AI) می‌تواند طرح‌های اولیه معماری را بر اساس داده‌های ورودی مانند نیازهای مشتری، شرایط اقلیمی، و محدودیت‌های بودجه تولید کند. ابزارهایی مانند Midjourney و DALL·E 3 با دریافت توضیحات متنی، تصاویر مفهومی با جزئیات دقیق از نما ، دکوراسیون‌داخلی، و چیدمان تولید می‌کنند. این ابزارها به معماران کمک می‌کنند تا ایده‌های خلاقانه را سریع‌تر تجسم کنند. (قلی‌پور، ابراهیم. (۱۴۰۱))

-مدل‌سازی و شبیه‌سازی سه‌بعدی: هوش‌مصنوعی با استفاده از یادگیری ماشینی و یادگیری عمیق، مدل‌های سه‌بعدی دقیق‌تری ایجاد می‌کند که امکان تجسم و ارزیابی طرح‌ها را فراهم می‌سازد. ابزارهایی مانند BricsCAD BIM با بهره‌گیری از

AI، طرح‌های دوبعدی را به مدل‌های سه‌بعدی تبدیل کرده و وظایف تکراری مانند ابعادگذاری را خودکار می‌کنند. (بن‌رو کالج. (۱۴۰۲))

–بهینه‌سازی انرژی و پایداری: ترکیب هوش مصنوعی با نرم‌افزارهایی مانند EnergyPlus وDesignBuilder ، با اتکا بر اطلاعاتی شامل محیطی گسترده تر (الگوهای آب و هوا، تابش خورشید، و رطوبت) و ویژگی‌های مصالح اجزای نهایی ، می‌تواند بر طراحی با -بهره وری انرژی بالا تأثیر بگذارد ، در این زمینه هوش مصنوعی می تواند نقش متعددی ایفا کند.این هوش مصنوعی مستقل از یادگیری انسان می‌تواند پیش‌بینی‌های دقیق‌تری از استفاده از انرژی در طول ارائه دهد و طراحی را بهتر اجرا کند با تجزیه و تحلیل داده‌های عملکرد مصالح, مانند عایق حرارتی یا مواد بازیافتی, هوش مصنوعی می تواند پیشنهادهایی برای انتخاب مصالح ارائه دهد. این پیشنهادها می توانند هزینه ها را کاهش دهند و همچنین سازگاری محیطی را افزایش بدهند هم چنین با ترکیب داده های محلی و نیازهای خاص پروژه, هوش مصنوعی می تواند هزینه های طراحی را کاهش بدهد . این ترکیب، ابزارهایی مانند EnergyPlus و DesignBuilder را به سیستم‌های هوشمندتری تبدیل می‌کند که نه‌تنها شبیه‌سازی‌های دقیق‌تری ارائه می‌دهند، بلکه راه‌حل‌های عملی و پایدارتر را برای معماران و مهندسان فراهم می‌کنند. (aisasmarthome.com)

–واقعیت مجازی و افزوده (VR/AR): هوش‌مصنوعی با ترکیب VR/AR، امکان تجربه مدل‌های سه‌بعدی در محیط‌های مجازی را فراهم می‌کند. این فناوری به معماران کمک می‌کند تا طرح‌ها را در مراحل اولیه ارزیابی کرده و تغییرات لازم را اعمال کنند. (بن‌رو کالج. (۱۴۰۲))

ما در این حوزه امکان نتایج غنی را میبینیم، که کارهای ما را تکمیل میکند و برخی از نقاط کور رشته ما را برطرف میکند. ورود فناوری های رایانشی به فرایند طراحی معماری از یک سو چالش آفرین (Mahdavine 2014)و از سویی دیگر امیدوارکننده بوده است.(رهبر و همکاران ۱۳۹۹ به نقل از Ghanavati, & Elmi, 2014 ,Zia Mahdavinejad, Larki).

هوش‌مصنوعی می‌تواند فعالیت‌هایی مانند تحلیل و کنترل برنامه‌ریزی زمانی، بودجه‌بندی، برآورد هزینه‌ها، ارزیابی عملکرد، چاپ سه‌بعدی، ساخت زیرساخت‌ها، معماری پارامتریک، و برنامه‌ریزی شهرهای هوشمند را با سرعت و دقت بالاتر و هزینه و زمان کمتر انجام دهد (نجاتی و همکاران، ۱۴۰۰). با این حال، این فناوری تهدیدی برای مشاغل مرتبط با معماری محسوب می‌شود و ممکن است جایگزین برخی از آن‌ها شود. فرانک‌گری، به‌عنوان پیشگام در استفاده از فناوری‌های کامپیوتری، با بهره‌گیری از نرم‌افزارهایی مانند کتیا، کم، و کد ۱۶، مسائل پیچیده هندسی را حل کرد و از فناوری‌های دیجیتال در تمام مراحل طراحی و ساخت ساختمان‌ها استفاده نمود (اریس و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج کار او پس از چند دهه نشان می‌دهد که فناوری‌های نوین نه‌تنها به خلق بناهایی خلاقانه و پیشرفته مانند موزه گوگنهایم بیلبائو منجر شده‌اند، بلکه زمینه‌ساز ایجاد مشاغل جدیدی نیز شده‌اند. هوش‌مصنوعی در بیشتر حوزه‌های معماری به صورت مستقل نفوذ کرده است و در برخی دستاوردهای قابل قبولی داشته است. از عمده ترین زیرشاخه های معماری که هوش‌مصنوعی در آنها پیشرفت داشته و پژوهش‌های بیشتری انجام شده است به موارد زیر میتوان اشاره کرد: طراحی پلان– ریخت شناسی– طراحی اکتشافی –طراحی نما –شکل ساختمان

به طور کلی تسریع فرآیند طراحی وبهبود عملکرد طراح از عمده کاربرد های هوش مصنوعی در معماری می باشند. (یزدانی و اکبریان، ۱۴۰۲، ص. ۵۸)

۲-۱-۲- کاربرد هوش مصنوعی در شهرسازی

–طراحی شهرهای هوشمند: هوش‌مصنوعی در طراحی شهرهای هوشمند با تحلیل داده‌های ترافیکی، الگوهای رفتاری شهروندان، و شرایط محیطی، راه‌حل‌هایی برای مدیریت بهینه منابع ارائه می‌دهد. برای مثال، ابزار Sidewalk Labs با تحلیل الگوهای ترافیکی و کیفیت هوا، طراحی‌های شهری کارآمدتری پیشنهاد می‌کند. (softinja.com)

–مدیریت ترافیک و حمل و نقل: هوش‌مصنوعی با استفاده از اینترنت اشیا (IoT) و تحلیل داده‌های بلادرنگ، ترافیک شهری را بهینه می‌کند. به‌عنوان مثال، در لس‌آنجلس، سیستم‌های هوشمند ترافیکی با AI جریان ترافیک را کنترل کرده و ازدحام را کاهش می‌دهند. (softinja.com)

–تحلیل داده‌های شهری و بازسازی: هوش‌مصنوعی با پردازش داده‌های عظیم، اطلاعاتی درباره الگوهای استفاده از فضاهای عمومی، نیازهای شهروندان، و پتانسیل‌های بازسازی شهری ارائه می‌دهد. این امر به برنامه‌ریزان شهری کمک می‌کند تا طرح‌هایی متناسب با نیازهای واقعی طراحی کنند. (fanology.ir)

–پایداری و حفاظت از محیط‌زیست: هوش‌مصنوعی با تحلیل داده‌های اقلیمی و مصرف منابع، طرح‌های شهری با حداقل تأثیرات زیست‌محیطی ارائه می‌دهد. این فناوری می‌تواند تا ۴۰ درصد زباله‌های ساختمانی را کاهش دهد و بهره‌وری انرژی را بهبود بخشد. (fanology.ir) طیف کاربردهای هوش‌مصنوعی در حوزه‌های معماری و شهرسازی در شکل (۳) به طور خلاصه تشریح شده است:

محققان خارجی کاربرد هوش‌مصنوعی را در حوزه های مختلف برنامه‌ریزی شهری مانند برنامه‌ریزی حمل ونقل، مدیریت انرژی، برنامه‌ریزی کاربری‌زمین، و ساختمان‌سازی جامعه بررسی کرده اند (آبادی پور و همکاران، ۱۴۰۳، ص. ۱۱۵).

از کاربردهای هوش‌مصنوعی در حوزه برنامه‌ریزی شهری بخش های گوناگونی مثل کاربری‌زمین، منطقه‌بندی، برنامه‌ریزی زیست‌محیطی، و حمل ونقل هستند. به طورکلی بخش‌های مورد توجه برنامه‌ریزان برای استفاده از این رویکرد جدید در سه بخش تقسیم میشود: (Sanchez, et al)

شکل ۳- طیف کاربرد هوش مصنوعی در معماری و شهرسازی، مأخذ: نگارندگان به نقل از (softinja.com) (fanology.ir)

۱- استفاده از قابلیت‌های حال حاضر و آینده هوش‌مصنوعی در جهت ایجاد تأثیرات قابل توجه بر محیط های اجتماعی و ساخته شده از شهرها.

۲- استفاده از قابلیت‌های فعلی و آینده هوش‌مصنوعی برای رفع نیازهای برنامه‌ریزان.

۳- ایجاد تمایل و ظرفیت در برنامه‌ریزان برای اتخاذ و استفاده از فناوری.(آبادی پور و همکاران، ۱۴۰۳، ص. ۱۲۲)

بخش هایی از کاربرد هوش‌مصنوعی در بخش‌های مختلف شهری در جدول (۱) آورده شده است .

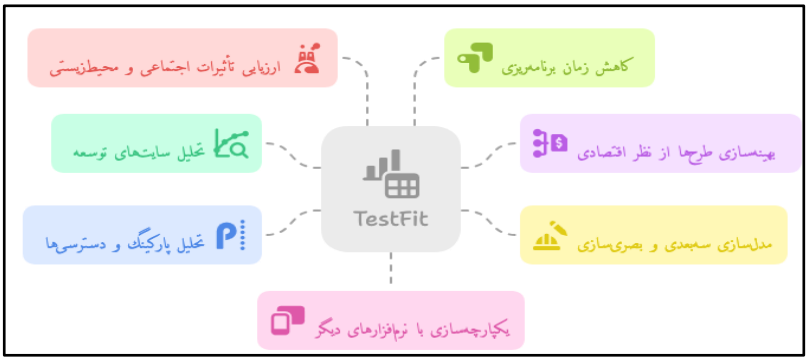
جدول۱- کاربردهای هوش مصنوعی در بخش های شهری، مأخذ: نگارندگان به نقل از آبادی پور و همکاران

حمل و نقل	حکمروایی	اقتصادی	اجتماعی	ویژگی
امکان ناوبری هوشمندتر در جاده ها را فراهم می کند	از تحول دولت و جامعه حمایت میکند	صرفه جویی در هزینه و انرژی	کاهش وظایف اداری	مزایا
پارکینگ هوشمند زمان های جست و جو را کاهش می دهد	ورودی شهروندان را از طریق کانال های دیجیتال پیش پدازش میکند	افزایش بهره وری یک عامل کلیدی است	هوش مصنوعی نیاز های را ارزیابی کرده و مزایا را مدیریت می کند	مثال ها

Testfit-۳

اصطلاح TestFit در زمینه‌های مختلف، از جمله معماری، طراحی شهری، و نرم‌افزارهای طراحی، به معنای آزمایش و تطبیق طرح‌ها با شرایط و نیازهای خاص یک پروژه است.Testfit یک ابزار مبتنی بر هوش مصنوعی است که برای کمک به معماران، توسعه‌دهندگان و متخصصان املاک طراحی شده تا به‌سرعت طرح‌ها و پیکربندی‌های ساختمانی را تجزیه و تحلیل کنند. این ابزار طراحی به کاربران این امکان را می‌دهد که طرح‌های ساختمان و نقشه‌های سایت را به سرعت آزمایش کنند و در عین حال با اعمال قوانین منطقه‌بندی و محدودیت‌های متراژ و بودجه، طرح‌های خود را بهینه کنند. این ابزار به طراحان این امکان را می‌دهد. که تصمیمات اولیه بهتری بگیرند و زمان لازم برای اصلاحات طراحی را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.

TestFit. از یک مسئله اساسی سرچشمه گرفته است که می‌گفت: «ما از شمارش متنفریم». TestFit از تیمی از توسعه‌دهندگان سرچشمه گرفت که از فرآیند خسته‌کننده‌ی برنامه‌ریزی واحدهای آپارتمانی و محاسبه‌ی نیازهای پارکینگ، نارضایتی عمیقی داشتند. این وظایف تکراری، زمان و انرژی زیادی را صرف می‌کردند و در عین حال هیچ ارزش معناداری ارائه نمی‌دادند TestFit. از دل این چالش‌ها بیرون آمد تا فرآیندها را ساده‌تر کند و در عین حال به طراحان زمان بیشتری برای دنبال کردن مفاهیم طراحی نوآورانه‌بدهد.(www.testfit.io/ www.siliconangle.com/www.architectmagazine.com)



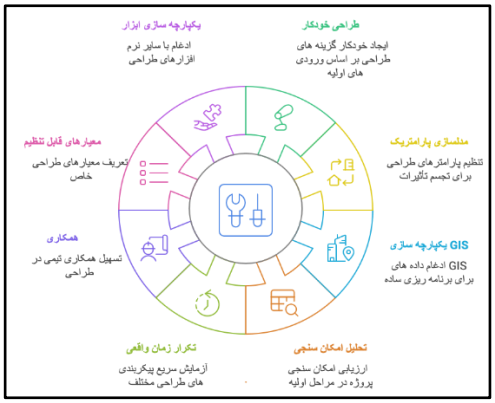
شکل ۴- تحلیل و بهینه سازی پروژه های شهری با Testfit، مآخذ: نگارندگان به نقل از وبسایت رسمی تست فیت

۳-۱- ویژگی های Testfit

TestFitیک نرم افزارمبتنی بر هوش مصنوعی و طراحی خودکار است که با بهره‌گیری از مدل‌سازی پارامتریک، به کاربران امکان می‌دهد چندین گزینه طراحی خودکار را بر اساس ورودی‌هایی نظیر ابعاد سایت، الزامات سایت، مقررات منطقه‌بندی ،پارامترهای مالی، ارتفاع طبقات و نیازهای پارکینگ به‌سرعت تولید و ارزیابی کنند. این ابزار با یکپارچه‌سازی با داده‌هایGIS ، اطلاعاتی مانند محدودیت‌های محیطی، نور خورشید و بافت شهری را مستقیماً وارد فرآیند طراحی کرده و برنامه‌ریزی را ساده می‌کند. تحلیل امکان‌سنجی درTestFit به کاربران کمک می‌کند تا با بررسی انطباق طرح‌ها با قوانین و ملاحظات مالی، ریسک خطاهای پرهزینه را کاهش دهند. قابلیت تکرار زمان واقعی، آزمایش پیکربندی‌های مختلف را در کسری از زمان روش‌های سنتی ممکن ساخته و تصمیم‌گیری سریع‌تر و دقیق‌تر را برای معماران و توسعه‌دهندگان فراهم می‌کند .تست فیت همچنین از همکاری و ارتباط با ذینفعان پشتیبانی می‌کند، به‌طوری‌که تیم‌ها می‌توانند گزینه‌های طراحی را به اشتراک بگذارند و با سرمایه‌گذاران، برنامه‌ریزان شهری و پیمانکاران تعامل مؤثری داشته باشند. با معیارهای قابل تنظیم ، کاربران می‌توانند نیازهای خاص پروژه مانند بهینه‌سازی پایداری یا رعایت بودجه را تعریف کنند. این ابزار به راحتی با Revit و Raino ارتباط برقرار می‌کند که به کاربران امکان می‌دهد از مفاهیم اولیه به نمایش‌های دقیق منتقل شوند. TestFit با طراحی فضایی بهتر و خطاهای کمتر، هنگام اعمال بر روی پروژه‌های مسکونی تجاری و پروژه‌های املاک و مستغلات با کاربری مختلط، کارایی پروژه را افزایش می‌دهد. در نهایت، با ارائه داده‌های بلادرنگ، امکان تصمیم‌گیری مبتنی بر داده را تقویت کرده و بینش دقیقی در مورد تأثیرات طراحی بر هزینه، امکان‌سنجی و جدول زمانی پروژه فراهم می‌کند .برخی از ویژگی های این نرمافزار مبتنی بر هوش مصنوعی در شکل (۵) نشان داده شده است . (وبسایت رسمی تست فیت)

۳-۲-پروژه‌های نمونه (کاربردهای نرم‌افزار TestFit)

اطلاعات موجود در منابع وب و جستجوهای انجام‌شده درباره پروژه‌های واقعی انجام‌شده با نرم‌افزار TestFit محدود است و هیچ‌کدام به‌صورت خاص پروژه‌های واقعی را با جزئیات کامل (مانند نام پروژه، مکان، تصاویر، و منابع دقیق) ارائه نکرده‌اند. با این حال، بر اساس اطلاعات کلی و منابع مرتبط از پروژه‌های نمونه یا کاربردهای نرم‌افزار TestFit در دنیا در جدول زیر خلاصه شده است :



شکل ۵- ویژگی های Testfit، مآخذ: نگارندگان

جدول ۲- پروژه‌های نمونه با استفاده از TestFit، مآخذ: نگارندگان به نقل از وبسایت رسمی تست فیت ،(AIA, 2021. (Deutsch, R. (2019). Data-Driven Design and Construction. Wiley) (The Business of Architecture

نام پروژه / کاربرد	مکان	توضیحات
طراحی سایت های مسکونی چند خانواری	ایالات متحده	TestFitبرای طراحی سریع سایت‌های مسکونی چندخانواری (Multifamily Housing)استفاده شده است. این نرم‌افزار به توسعه‌دهندگان امکان داده تا چندین گزینه طراحی را با توجه به محدودیت‌های زونینگ و نیازهای پارکینگ بررسی کنند.

توسعه‌های تجاری و چندمنظوره (Mixed-Use)	دالاس، تگزاس، ایالات متحده	TestFitدر پروژه‌های توسعه تجاری و چندمنظوره برای بهینه‌سازی چیدمان ساختمان‌ها و پارکینگ‌ها استفاده شده است. این پروژه‌ها شامل تحلیل‌های سریع برای حداکثر کردن تراکم و بازده اقتصادی بوده‌اند.
بازسازی سایت‌های صنعتی	کالیفرنیا، ایالات متحده	TestFitبرای تبدیل سایت‌های صنعتی به کاربری‌های مسکونی یا تجاری استفاده شده است. این نرم‌افزار به معماران کمک کرد تا طرح‌های اولیه را با توجه به محدودیت‌های زمین و مقررات محلی به‌سرعت تولید کنند.
پروژه‌های توسعه شهری در مقیاس بزرگ	تورنتو، کانادا	TestFitدر برنامه‌ریزی شهری برای تحلیل امکان‌سنجی سایت‌های بزرگ با کاربری‌های ترکیبی (مسکونی، تجاری، عمومی) به کار گرفته شده است. این پروژه‌ها از الگوریتم‌های پارامتریک برای تست سناریوهای مختلف استفاده کردند

۴- نتیجه گیری

این مقاله بررسی کاملی در مورد چگونگی تغییر سیستم‌های طراحی و مدیریت برنامه‌ریزی معماری و شهری توسط هوش مصنوعی ارائه می‌دهد. ابزارهای هوش مصنوعی همچنان با سرعت زیادی وارد حوزه طراحی می‌شوند، در حالی‌که ابزارهای جدید ظهور می‌کنند و برای پیاده‌سازی روزانه مفید می‌شوند.در کنار مزایا، معایب و نگرانی‌ها در این حوزه را نمی‌توان نادیده گرفت (جدول۳) و متخصصین حیطه معماری و شهرسازی بایستی به این نکته توجه کنند که محور اصلی پروژه و تصمیم گیرنده نهایی، خود متخصص است و این ابزارها نقش کمکی دارند و نبایستی ذهن خلاق طراح را محدود و تحت تاثیر قراردهند. به گونه‌ای که متخصص وابستگی بیش از حد به این ابزارها پیدا کند و بعد از گذشت مدت زمانی بدون آنها نتواند پروژه ای را به پیش ببرد. فناوری هوش مصنوعی مزایای بسیاری را ایجاد می‌کند، در حالی که به دلیل پیاده‌سازی پرهزینه و نیازهای داده‌ای و انرژی سختگیرانه AGI، چالش‌های اخلاقی نیز ایجاد می‌کند. مردم نگران این هستند که سیستم‌های هوش مصنوعی برخی از نقش‌های معماری را بر عهده بگیرند. این مقاله با بررسی نرم‌افزار TestFit به همراه کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه‌های معماری و برنامه‌ریزی شهری، به بررسی پیشرفت‌های تکنولوژیکی در توسعه املاک و مستغلات می‌پردازد. این تحلیل، روش‌هایی را که ابزارهای هوشمند در ساده‌سازی و بهبود عملیات پیچیده طراحی و برنامه‌ریزی شهری کمک می‌کنند، بررسی می‌کند. این مقاله نشان می‌دهد که این ابزارها با ارائه اطلاعات دقیق و سریع که از تصمیم‌گیری بهتر پشتیبانی می‌کند، راه‌حل‌های مبتنی بر داده را برای چالش‌های عمده در این زمینه ارائه می‌دهند. آموزش طراحان و برنامه‌ریزان از طریق کارگاه‌ها، درک بهتری از ابزارهای هوش مصنوعی را در هنگام کاربرد آنها در طراحی معماری و شیوه‌های برنامه‌ریزی شهری فراهم می‌کند.نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان یک راهنما برای متخصصین به کار گرفته شود. رشد سریع ابزارهای هوش مصنوعی در معماری و شهرسازی نیازمند تحقیقات بیشتری است تا به مردم در درک اثربخشی آنها کمک کند.

در معماری ، هوش‌مصنوعی می تواند با ابزار هایی مانند نرم افزار های Generative designبه معماران کمک میکند تا گزینه های متعددی را در زمان کوتاه بررسی کنند ، اما همچنان نیاز به نظارت انسانی برای اطمینان از جنبه های زیبایی شناختی و فرهنگی وجود دارد . در شهرسازی ، هوش مصنوعی در تحلیل داده های بزرگ مانند داده های ترافیکی یا مصرف انرژی بسیار موثر است. جمع‌بندی مقاله به وضوح نشان می‌دهد که ابزارهایی مانند TestFit با بهره‌گیری از قابلیت‌های هوش مصنوعی، نقش حیاتی در غلبه بر چالش‌های پیچیده صنعت توسعه املاک و مستغلات و برنامه‌ریزی شهری ایفا می‌کنند. این ابزارها از طریق تجزیه و تحلیل سریع، بهینه‌سازی طراحی را سرعت می‌بخشند که فرآیندهای تصمیم‌گیری را شفاف‌تر می‌کند و در عین حال پروژه‌هایی را تولید می‌کند که در همه جنبه‌ها از جمله ابعاد اقتصادی، عملکردی و زیبایی‌شناختی به اوج پایداری می‌رسند. که به برخی نمونه‌های آن در جدول (۳)اشاره شده است.

جدول ۳- مآخذ: نگارندگان به نقل از وبسایت رسمی تست‌فیت، (DALL.E)(midjourney)(BIM)(Design) (Sidewalk labs)(Energyplus)(Builde

حوزه	هوش مصنوعی	کاربرد	مزایا	معایب
معماری	midjourney	تولید طرح های اولیه و تصاویر مفهومی - تولید تصاویر دیجیتال براساس متن	صرفه جویی در زمان -بهبود کارایی طراحی -تنوع ایده ها -صرفه جویی در هزینه -تست سریع سبک ها و متریال های مختلف -الهام از نمونه های ایجاد شده	-کاهش خلاقیت -عدم مطابقت کامل تصویر ایجاد شده با پارامتر متنی درخواستی -عدم درک عمیق از شرایط محیطی، جغرافیایی و فرهنگی -نبود قابلیت تغییر دقیق بر

				اساس نیازهای پروژه -عدم درک کامل نیازهای انسانی و اجتماعی
	BricsCAD (BIM)	-طراحی خودکار وبهبود روند مدلسازی -مدلسازی اطلاعات ساختمان -تبدیل طرح های دوبعدی به مدل های سه بعدی -شناسایی و تصحیح خطاها -طراحی خودکار ابعاد و حاشیه نویسی	-صرفه جویی در زمان -امکان پردازش طی فرآیند طراحی -افزایش سرعت طراحی -افزایش دقت و کاهش خطاهای انسانی -توانایی کار با مدل های پیچیده - یکپارچگی بهتر با فرایند های BIM	-وابستگی به دقت داده های ورودی -عدم انعطاف پذیری کامل در طراحی -نیاز به یادگیری کاربر
	نرم افزار Design Builder	-مدل سازی دقیق ساختمان -شبیه سازی انرژی -آنالیز نور طبیعی -بهینه سازی طراحی -مدلسازی تهویه طبیعی و مکانیکی -استخراج نتایج و تحلیل آنها -مدلسازی سی اف دی -تحلیل اقتصادی پروژه انرژی	-صرفه جویی زمان -صرفه جویی هزینه- شبیه سازی دقیق -ارائه بهتر ایده ها -امکان تحلیل زیست محیطی -ادغام با نرم افزار های دیگر -کاهش انتشار گازهای گلخانه ای -افزایش آسایش ساکنان -کاهش مصرف انرژی	-پیچیدگی نرم افزار -یادگیری کاربر -هزینه نرم افزار -نیاز به داده های دقیق -وابستگی به ماشین حساب های اصلی
	Energyplus	-شبیه سازی مصرف انرژی -ارزیابی کارایی انرژی -طراحی بهینه -آنالیز نور طبیعی -مدلسازی تاثیرات اقلیمی -تحلیل داده ها	-کاهش مصرف انرژی -افزایش آسایش ساکنان -صرفه جویی هزینه -شبیه سازی دقیق -کاهش انتشار گازهای گلخانه ای -قابلیت انعطاف پذیری -تحلیل گسترده -پشتیبانی از استانداردها	-پیچیدگی -زمانبر بودن شبیه سازی -نیاز به منابع سخت افزاری -نیاز به یادگیری
شهرسازی	Sidewalk labs	-مدیریت ترافیک -بهره وری انرژی -تحلیل داده ها -بهینه سازی زیرساخت های ترافیک، انرژی و... -پیش بینی نیازهای شهری -تحلیل رفتار شهروندان -مدیریت بحران	-کارایی بالا -تصمیم گیری بهتر -پاسخ به نیاز های واقعی -جلوگیری از بحران -کاهش هزینه -کاهش مصرف انرژی	عدم مطابقت با شرایط اجتماعی و فرهنگی
معماری و شهرسازی	Testfit	-مدل سازی سه بعدی و پارامتریک -تحلیل و بهینه سازی -تحلیل پارکینگ و دسترسی ها -تست سریع آلترناتیوها -برآورد هزینه ها	-ادغام با سایر نرم افزارهای طراحی -همکاری تیمی در طراحی -تصمیم گیری مبتنی بر داده -کاهش زمان برنامه ریزی -بهینه سازی اقتصادی طرح ها -ارزیابی تاثیرات اجتماعی و محیط زیستی	عدم پشتیبانی مناطق ایرانی
	DALL.E	تولید طرح های اولیه و تصاویر مفهومی - تولید تصاویر دیجیتال براساس متن -طراحی داخلی	صرفه جویی در زمان -بهبود کارایی طراحی -تنوع ایده ها -صرفه جویی در هزینه -تست سریع سبک ها و	-کاهش خلاقیت -عدم دقت در جزییات فنی - عدم مطابقت کامل تصویر ایجاد شده با پارامتر متنی درخواستی

			متریال های مختلف -الهام از نمونه های ایجاد شده -بازسازی سبک های مختلف	- عدم درک عمیق از شرایط محیطی، جغرافیایی و فرهنگی -نبود قابلیت تغییر دقیق بر اساس نیازهای پروژه -عدم درک کامل نیازهای انسانی و اجتماعی

منابع

- اریس اناهیتا، مهدوی نژاد محمدجواد، دانشجو خسرو (۲۰۲۱) نقش رایانه‌ها در تفکر طراحی (نگاهی به جایگاه هوش مصنوعی در طراحی معماری، کنفرانس ملی معماری عمران ، شهرسازی و افق های اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب)
- بررسی دغدغه معماران مبنی بر جایگزینی هوش مصنوعی به جای طراحان در هزاره سوم – مصطفی یزدانی و محمدرضا اکبریان (بهار ۱۴۰۲)
- بن رو کالج (۱۴۰۲)– هوش مصنوعی در معماری مدلسازی با هوش مصنوعی

https://bonrocollege.com.(https://bonrocollege.com/ai-usage-in-architectural-3d modelling/)

- تبیین نقش هوش مصنوعی در برنامه ریزی شهری و توسعه شهر ها – زهرا زرآبادی و همکاران(شهریور ۱۴۰۲)
- قلی‌پور، ابراهیم. (۱۴۰۱). کاربرد هوش مصنوعی در معماری. همایش بین‌المللی فرصت‌های سرمایه‌گذاری شهر تهران.
- کاربرد هوش مصنوعی در معماری: هوش مصنوعی یا خلاقیت بشر.

https://fanology.ir. (https://fanology.ir/artificial-intelligence-in-architecture/)

- کاربرد هوش مصنوعی در معماری.

https://aisasmarthome.com. (https://aisasmarthome.com/artificial-intelligence-in-architecture/)

- کاربردهای هوش مصنوعی در شهرسازی.

https://softinja.com.(https://www.softinja.com/articles/scientific/applications-of-artificial intelligence-in-urban-planning)

- مایکل هانلین و همکاران، ۱۴۰۲، –تاریخچه مختصری از هوش مصنوعی : گذشته حال و اینده هوش مصنوعی
- مزایای کاربرد هوش مصنوعی در معماری برای طراحان و مهندسین.

https://fdpco.ir. (https://fdpco.ir/advantages-ai-in-architecture-for-designers-and-engineers/)

- نجاتی نریمان، کلانتری سعیده، بمانیان محمدرضا ،(۱۴۰۰)، آموزش طراحی معماری مبتنی بر هوش مصنوعی
- Anil Kumar Reddy Avula (2024) AI-Powered Location Intelligence: Revolutionizing Site Selection and Investment Decisions
- Bostrom, N. (2014). Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies. Oxford University Press.
- Copeland, J. (2004). The Essential Turing: The Ideas that Gave Birth to the Computer Age. Oxford University Press.
- Mostafa Yazdani1, Mohammadreza Akbarian)2023)Examining the Concern of Architects Towards ReplacingDesigners with Artificial Intelligencein the ThirdMillennium
- Foundational AI in Insurance and Real Estate:A Survey ofApplications, Challenges,and Future Directions
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
- Haenlein M, Kaplan A. A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. California Management Review
- Hamet P, Tremblay J. (2017) Artificial intelligence in medicine.Metabolism
- Rachel Cooper& Christopher Boyko How to design a city in five easy steps: exploring VivaCity2020's process and tools for urban design decision making
- https://aiahura.com/blog/ai/application-of-artificial-intelligence-in-architecture
- https://aisasmarthome.com/artificial-intelligence-in-architecture

- https://bimlearn.org/ai-tools-in-architect
- https://bimlearn.org/ai-tools-in-architect/
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1955). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence.
- Mitchell, T. M. (1997). Machine Learning. McGraw-Hill.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1976). Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search. Communications of the ACM, 19(3), 113-126.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson .
- Sanchez, et al., “TheProspects of ArtificialIntelligence inUrbanPlanning”, 182.Urban Regeneration: From Design to Social Innovation
- Zakaria Yehia Ahmed,) 2023) Artificial Intelligence Geographic Information Systems-AI GIS