

کاربرد هوش مصنوعی در بهینه‌سازی برنامه‌ریزی شهری و شهرسازی نوین با رویکرد پایداری، ایمنی و مدیریت هوشمند

حامد دهامی^{۱*}، حسین مهران پور^۲

۱- کارشناسی ارشد مدیریت آموزشی، دانشگاه خلیج فارس. (کارشناس واحد پیشگیری سازمان آتش نشانی)

۲- کارشناسی مهندسی فناوری عمران - ساختمان سازی، دانشگاه علمی کاربردی همیاری شهرداری‌ها. (محل خدمت - شهرداری منطقه ۲)

چکیده

در دهه‌های اخیر، پیچیدگی فزاینده نظام‌های شهری و محدودیت منابع موجب شده است که رویکردهای سنتی برنامه‌ریزی و مدیریت شهری پاسخگوی نیازهای شهرهای نوین نباشند. رشد سریع جمعیت، گسترش کالبدی نامتوازن، فشار بر زیرساخت‌ها، آلودگی محیطی و نایمنی، ضرورت بهره‌گیری از فناوری‌های تحول‌آفرین را بیش از پیش آشکار ساخته است. در این میان، هوش مصنوعی به‌عنوان ابزاری نیرومند برای تحلیل داده‌های کلان و شبیه‌سازی نظام‌های پیچیده شهری مطرح گردیده و توانسته است فرآیند تصمیم‌سازی و سیاست‌گذاری را از تجربه‌محوری به داده‌محوری ارتقا دهد. هدف این پژوهش، بررسی جامع نقش و کارکردهای هوش مصنوعی در بهینه‌سازی برنامه‌ریزی شهری با تأکید بر ابعاد پایداری، ایمنی و مدیریت هوشمند است. روش تحقیق به‌صورت مروری - تحلیلی و بر مبنای مطالعات اسنادی و مرور منظم منابع علمی انجام گرفت تا روندها، کاربردها و چالش‌های ادغام هوش مصنوعی در شهرسازی نوین شناسایی گردد. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که هوش مصنوعی می‌تواند از طریق مدل‌سازی شبکه‌های شهری، تحلیل مکانی داده‌های جمعیتی و محیطی، طراحی الگوریتم‌های پیش‌بینی‌گر، و بهینه‌سازی توزیع خدمات شهری، کارایی و پایداری سیستم‌های شهری را به‌شکل معناداری افزایش دهد. همچنین به‌کارگیری آن در مدیریت کاربری اراضی، سامانه‌های حمل‌ونقل، ایمنی شهری و تصمیم‌سازی هوشمند، موجب کاهش هزینه‌ها، ارتقای ایمنی محیطی، کاهش زمان سفر، و افزایش کیفیت زندگی شهروندان می‌شود. تحلیل نتایج نشان داد که شهرهای هوشمند با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیرنده می‌توانند رفتار خود را بر اساس داده‌های واقعی تنظیم کرده و از حالت ایستا به سامانه‌ای تطبیقی و خودیادگیر تبدیل شوند. در جمع‌بندی می‌توان گفت، ادغام هوش مصنوعی در ساختار برنامه‌ریزی و شهرسازی نه صرفاً یک تحول فناورانه بلکه تغییری پارادایمی در نگاه به شهر است؛ تحولی که آینده شهرسازی را به سمت تصمیم‌سازی علمی، حکمرانی شفاف، و توسعه‌ای انسان‌محور، ایمن و پایدار سوق می‌دهد.

واژگان کلیدی: هوش مصنوعی، برنامه‌ریزی شهری، شهرسازی پایدار، مدیریت هوشمند شهری، ایمنی شهری

مقدمه

مقدمه :

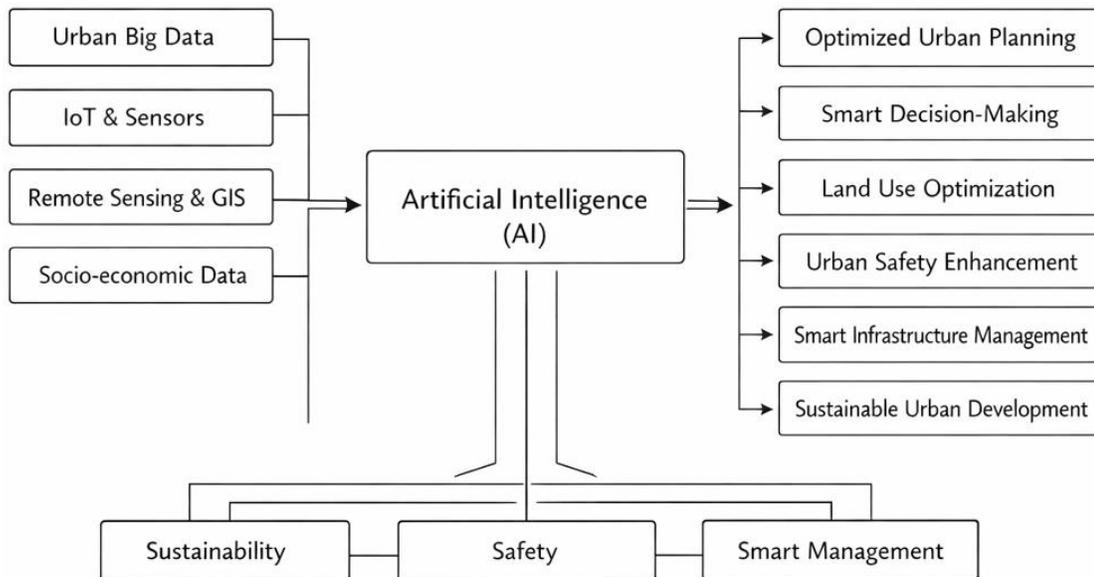
شهرها به‌عنوان پیچیده‌ترین و پویاترین نظام‌های انسانی، همواره در معرض مجموعه‌ای از چالش‌های چندبعدی قرار داشته‌اند که از رشد شتابان جمعیت و گسترش کالبدی بی‌رویه گرفته تا افزایش ترافیک، آلودگی‌های زیست‌محیطی، نایمنی، نابرابری فضایی و فشار فزاینده بر زیرساخت‌های شهری را در بر می‌گیرد. این پیچیدگی‌ها موجب شده است که مدیریت و برنامه‌ریزی شهری دیگر نتواند صرفاً بر رویکردهای سنتی، تجربه‌محور و ایستا متکی باشد. برنامه‌ریزی شهری به‌عنوان ابزاری بنیادین برای سامان‌دهی فضا، توزیع بهینه منابع و هدایت توسعه، نقشی اساسی در تحقق توسعه پایدار و ارتقای کیفیت زندگی شهروندان ایفا می‌کند. با این حال، تغییرات سریع اجتماعی، اقتصادی و فناورانه در دهه‌های اخیر نشان داده است که الگوهای کلاسیک شهرسازی توان پاسخگویی به مسائل نوظهور شهری را ندارند و نیازمند بازاندیشی عمیق هستند.

در چنین بستری، فناوری‌های نوین به‌ویژه هوش مصنوعی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محرک‌های تحول در نظام‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی شهری مطرح شده‌اند. هوش مصنوعی با قابلیت تحلیل حجم عظیمی از داده‌های شهری، استخراج الگوهای پنهان و پیش‌بینی روندهای آتی، افق تازه‌ای را پیش روی مدیران و برنامه‌ریزان شهری گشوده است. این فناوری می‌تواند فرآیند تصمیم‌گیری را از اتکا به قضاوت‌های فردی و داده‌های محدود، به تصمیم‌سازی مبتنی بر تحلیل‌های دقیق، شبیه‌سازی سناریوها و ارزیابی پیامدهای بلندمدت سیاست‌ها سوق دهد (منوچهری، ذبیحی، زرآبادی، و زهراسادات سعیده، ۲۰۲۵). بدین ترتیب، شهر نه صرفاً به‌عنوان یک کالبد فیزیکی، بلکه به‌مثابه یک نظام داده‌محور و یادگیرنده مورد توجه قرار می‌گیرد.

یکی از ویژگی‌های اصلی شهرهای معاصر، تولید مداوم داده در مقیاس‌های مختلف است؛ داده‌هایی که از منابع متنوعی مانند سامانه‌های حمل‌ونقل، شبکه‌های زیرساختی، حسگرهای محیطی، تصاویر ماهواره‌ای و حتی رفتارهای روزمره شهروندان به دست می‌آیند. مدیریت مؤثر این داده‌ها بدون بهره‌گیری از ابزارهای هوشمند عملاً امکان‌پذیر نیست. هوش مصنوعی با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی و تحلیل داده‌های کلان، این امکان را فراهم می‌کند که اطلاعات خام به دانش کاربردی تبدیل شود و از آن در جهت بهبود عملکرد شهر استفاده گردد. در این چارچوب، نظارت بر ترافیک، پایش ایمنی شهری، مدیریت مصرف انرژی و حتی پیش‌بینی بحران‌ها می‌تواند به‌صورت بلادرنگ انجام شود (جمشیدی، زارع، و عبدالله‌زاده طرف، ۲۰۲۳).

افزایش پیچیدگی و مقیاس مسائل شهری، ضرورت اتخاذ رویکردهای جامع‌تر و یکپارچه‌تر را برجسته می‌سازد. برنامه‌ریزی شهری مبتنی بر هوش مصنوعی این قابلیت را دارد که روابط پیچیده میان متغیرهای کالبدی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را به‌صورت هم‌زمان تحلیل کند. این امر موجب می‌شود تصمیمات اتخاذشده نه‌تنها کارآمدتر، بلکه منطبق‌تر با اصول پایداری باشند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که استفاده از ابزارهای هوشمند در فرآیند برنامه‌ریزی می‌تواند به کاهش هزینه‌های شهری، افزایش بهره‌وری منابع و ارتقای کیفیت زیست‌پذیری فضاهای شهری منجر شود (بقالی اقدم، صادقی، سیدکمال، و نوبهار، ۲۰۲۵). از سوی دیگر، شهرسازی هوشمند صرفاً به معنای استفاده از فناوری‌های پیشرفته نیست، بلکه مستلزم همسوسازی این فناوری‌ها با ارزش‌های انسانی، اجتماعی و فرهنگی است. اگرچه هوش مصنوعی قادر است تصمیم‌های دقیق و سریع ارائه دهد، اما بدون در نظر گرفتن ملاحظات عدالت فضایی، مشارکت اجتماعی و نیازهای واقعی شهروندان، نمی‌تواند به توسعه پایدار منجر شود. بنابراین، رویکردی که هوش مصنوعی را در خدمت انسان و کیفیت زندگی قرار دهد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چنین نگاهی، شهر را به موجودی پویا تبدیل می‌کند که از داده‌ها می‌آموزد، از تجربیات گذشته

درس می‌گیرد و خود را با شرایط جدید تطبیق می‌دهد. در نهایت، می‌توان گفت که آینده شهرها نه در گسترش بی‌رویه کالبدی، بلکه در هوشمندسازی فرآیندهای برنامه‌ریزی، مدیریت و تصمیم‌سازی نهفته است. درک نقش هوش مصنوعی در شهرسازی نوین مستلزم تبیین ارتباط آن با مفاهیمی چون پایداری، ایمنی و مدیریت هوشمند شهری است. این مقاله با چنین رویکردی تلاش می‌کند جایگاه هوش مصنوعی را در تحول برنامه‌ریزی شهری تبیین کرده و ظرفیت‌های آن را در پاسخ به چالش‌های پیچیده شهرهای معاصر مورد بررسی قرار دهد.



شکل ۱. مدل مفهومی کاربرد هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری با رویکرد پایداری، ایمنی و مدیریت هوشمند

در شکل ۱، یک مدل مفهومی از نحوه به‌کارگیری هوش مصنوعی در فرآیند برنامه‌ریزی و مدیریت شهری ارائه شده است. این مدل نشان می‌دهد که داده‌های متنوع شهری شامل داده‌های کلان شهری، اطلاعات حاصل از اینترنت اشیا و حسگرها، داده‌های سنجش‌ازدور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، و داده‌های اجتماعی-اقتصادی به‌عنوان ورودی‌های اصلی وارد سامانه هوش مصنوعی می‌شوند. هوش مصنوعی با تحلیل و پردازش این داده‌های چندمنبعی، امکان استخراج الگوهای پنهان، شبیه‌سازی سناریوهای مختلف و پیش‌بینی پیامدهای تصمیمات شهری را فراهم می‌سازد و به‌عنوان هسته مرکزی مدل، نقش پیونددهنده میان داده‌ها و تصمیم‌سازی شهری را ایفا می‌کند. در بخش خروجی مدل، نتایج حاصل از تحلیل‌های هوشمند در قالب بهینه‌سازی برنامه‌ریزی شهری، تصمیم‌سازی هوشمند، بهینه‌سازی کاربری اراضی، ارتقای ایمنی شهری، مدیریت هوشمند زیرساخت‌ها و تحقق توسعه پایدار شهری نمایش داده شده است. در عین حال، سه مؤلفه کلیدی پایداری، ایمنی و مدیریت هوشمند به‌عنوان اهداف راهبردی این فرآیند در نظر گرفته شده‌اند که تمامی خروجی‌های سیستم در راستای تحقق آن‌ها جهت‌دهی می‌شوند. این مدل مفهومی نشان می‌دهد که هوش مصنوعی نه تنها ابزاری فناورانه، بلکه چارچوبی یکپارچه برای گذار از برنامه‌ریزی سنتی به شهرسازی نوین، داده‌محور و انسان‌محور است که می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی شهری و افزایش تاب‌آوری شهرها در برابر چالش‌های پیچیده معاصر منجر شود.

۲. مفهوم هوش مصنوعی و جایگاه آن در شهرسازی معاصر

هوش مصنوعی شاخه‌ای میان‌رشته‌ای از علوم رایانه است که هدف آن طراحی و توسعه سیستم‌هایی است که توانایی یادگیری، تحلیل، استدلال و تصمیم‌گیری مشابه انسان را داشته باشند. این فناوری با بهره‌گیری از الگوریتم‌هایی نظیر یادگیری ماشین، یادگیری عمیق، شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های تکاملی، قادر است از داده‌ها الگو استخراج کرده و رفتار سیستم‌های پیچیده را پیش‌بینی نماید. در شهرسازی معاصر، هوش مصنوعی به تدریج از یک ابزار کمکی به یک مؤلفه راهبردی در فرآیند تحلیل، برنامه‌ریزی و مدیریت شهری تبدیل شده است (منوچهری، ذبیحی، و زهراسادات سعیده، ۲۰۲۵). تحول اساسی که هوش مصنوعی در شهرسازی ایجاد کرده، گذار از برنامه‌ریزی ایستا به برنامه‌ریزی پویا و تطبیقی است. در گذشته، طرح‌های شهری اغلب بر پایه داده‌های محدود و پیش‌بینی‌های خطی تدوین می‌شدند، در حالی که شهرها ماهیتی غیرخطی و پیچیده دارند. هوش مصنوعی این امکان را فراهم می‌کند که شهر به صورت یک سیستم زنده و در حال تغییر مدل‌سازی شود؛ سیستمی که می‌تواند به تغییرات جمعیتی، اقتصادی و زیست‌محیطی واکنش نشان دهد. این رویکرد، مبنای شکل‌گیری «شهرهای داده‌محور» و «شهرهای یادگیرنده» در ادبیات شهرسازی معاصر است (آهنگری و نوید، ۲۰۲۵).

کاربرد داده‌های کلان در شهرسازی، یکی از مهم‌ترین زمینه‌هایی است که هوش مصنوعی در آن نقش کلیدی ایفا می‌کند. داده‌های حاصل از سامانه‌های حمل‌ونقل، کاربری اراضی، مصرف انرژی و تعاملات اجتماعی، در صورت تحلیل هوشمند، می‌توانند تصویر دقیقی از عملکرد شهر ارائه دهند. هوش مصنوعی با تحلیل همزمان این داده‌ها، روابط پنهان میان متغیرهای مختلف شهری را آشکار می‌سازد و امکان تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد را فراهم می‌کند. این رویکرد، نگاه سیستماتیک به شهر را تقویت کرده و از تصمیم‌گیری‌های جزیره‌ای جلوگیری می‌نماید.

از منظر نظری، تلفیق هوش مصنوعی با شهرسازی به معنای تغییر پارادایم از «مدیریت فضا» به «مدیریت شبکه‌های شهری» است. در این چارچوب، شهر نه مجموعه‌ای از اجزای منفصل، بلکه شبکه‌ای به هم پیوسته از زیرساخت‌ها، فعالیت‌ها و کنشگران اجتماعی تلقی می‌شود. هوش مصنوعی با تحلیل این شبکه‌ها، امکان بهینه‌سازی تعاملات میان آن‌ها را فراهم می‌سازد. چنین رویکردی به‌ویژه در مواجهه با بحران‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی، انعطاف‌پذیری و تاب‌آوری شهر را افزایش می‌دهد. پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهند که کاربرد هوش مصنوعی در تحلیل سیستم‌های اقتصادی و فضایی شهرها می‌تواند به بهینه‌سازی توزیع منابع و سرمایه‌گذاری منجر شود. رضوانیان و تکتتم (۲۰۲۵) بیان می‌کنند که الگوریتم‌های هوشمند با تحلیل الگوهای اقتصادی شهری، قادر به شناسایی نواحی مستعد توسعه و کاهش نابرابری‌های فضایی هستند. این امر نه تنها به پایداری اقتصادی کمک می‌کند، بلکه زمینه‌ساز ارتقای عدالت اجتماعی در شهرها نیز می‌شود.

در حوزه طراحی شهری، هوش مصنوعی نقش مهمی در توسعه شهرسازی پارامتریک و طراحی پاسخگو ایفا کرده است. در این رویکرد، فرم و ساختار فضاهای شهری بر اساس داده‌های واقعی و متغیرهای محیطی شکل می‌گیرد. به بیان دیگر، طراحی شهری از یک فرآیند ثابت به فرآیندی پویا و قابل تطبیق تبدیل می‌شود (منوچهری و همکاران، ۲۰۲۵). این تحول، امکان خلق فضاهایی را فراهم می‌کند که با نیازهای متغیر شهروندان و شرایط محیطی هماهنگ هستند. در مجموع، هوش مصنوعی در شهرسازی معاصر تنها یک ابزار فناورانه نیست، بلکه رویکردی نوین برای فهم، تحلیل و مدیریت شهرها محسوب می‌شود. این فناوری با تبدیل داده به دانش و دانش به تصمیم، به‌عنوان «مغز تصمیم‌ساز شهر» عمل می‌کند و می‌تواند کیفیت زندگی شهری را به‌طور معناداری ارتقا دهد. بنابراین، شهرسازی مبتنی بر هوش مصنوعی را باید تلفیقی از فناوری، انسان‌محوری و پایداری دانست.

۳. برنامه‌ریزی شهری بهینه و ضرورت استفاده از هوش مصنوعی

برنامه‌ریزی شهری بهینه به معنای دستیابی به حداکثر کارایی در استفاده از منابع محدود شهری و ایجاد تعادل میان ابعاد کالبدی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی توسعه است. در شرایطی که شهرها با رشد سریع جمعیت و افزایش تقاضا برای خدمات مواجه‌اند، استفاده از رویکردهای سنتی برنامه‌ریزی که عمدتاً مبتنی بر داده‌های گذشته و تحلیل‌های خطی هستند، کارآمدی خود را از دست داده است. هوش مصنوعی با اتکا به تحلیل همزمان داده‌های عظیم و متنوع، افق جدیدی برای برنامه‌ریزی شهری بهینه فراهم می‌کند (منوچهری و همکاران، ۲۰۲۵). یکی از مهم‌ترین مزایای هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری، توانایی درک و تحلیل روابط پیچیده میان متغیرهای مختلف است. شهرها سیستم‌هایی چندبعدی هستند که در آن‌ها تغییر در یک متغیر می‌تواند پیامدهای گسترده‌ای در سایر بخش‌ها داشته باشد. الگوریتم‌های یادگیری عمیق می‌توانند این همبستگی‌های پیچیده را شناسایی کرده و الگوهای بهینه توسعه را پیشنهاد دهند. برای نمونه، تحلیل همزمان تراکم ساختمانی، دمای شهری و مصرف انرژی می‌تواند به ارائه راهکارهایی برای کاهش اثر جزیره حرارتی و بهینه‌سازی مصرف انرژی منجر شود (کریمی و زرکش، ۲۰۲۶).

در شهرهای بزرگ و کلان‌شهرها، حجم بالای داده‌ها و تنوع مسائل شهری، فرآیند تصمیم‌گیری را برای مدیران دشوار می‌سازد. هوش مصنوعی با پردازش سریع و دقیق این داده‌ها، امکان تصمیم‌سازی آگاهانه و مبتنی بر شواهد را فراهم می‌کند. این امر نه تنها موجب کاهش خطای انسانی می‌شود، بلکه سرعت واکنش به مسائل شهری را نیز افزایش می‌دهد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که استفاده از سیستم‌های هوشمند در مدیریت شهری می‌تواند کارایی سیاست‌ها را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشد (بقالی اقدم و همکاران، ۲۰۲۵). یکی دیگر از قابلیت‌های مهم هوش مصنوعی، امکان شبیه‌سازی سناریوهای مختلف توسعه شهری است. برنامه‌ریزان می‌توانند پیش از اجرای یک سیاست یا پروژه، پیامدهای احتمالی آن را بر ترافیک، محیط زیست، توزیع جمعیت و زیرساخت‌ها ارزیابی کنند. این رویکرد، جایگزین مناسبی برای روش‌های آزمون و خطا محسوب می‌شود و ریسک تصمیم‌گیری را کاهش می‌دهد (شیرویه‌پور و همکاران، ۲۰۲۴). در نتیجه، سیاست‌گذاری شهری از حالت واکنشی به رویکردی پیش‌نگرانه تبدیل می‌شود.

مطالعات موردی انجام‌شده در شهرهای ایران نیز مؤید نقش مؤثر هوش مصنوعی در بهینه‌سازی برنامه‌ریزی شهری هستند. نتایج پژوهش‌های صورت‌گرفته در تهران و تبریز نشان می‌دهد که استفاده از مدل‌های هوشمند در مدیریت منابع زیست‌محیطی و توزیع خدمات عمومی، به کاهش نابرابری‌های فضایی و بهبود کیفیت زندگی شهروندان منجر شده است (زینالی عظیم و همکاران، ۲۰۲۴؛ غلامی نورآباد و همکاران، ۲۰۲۵). این یافته‌ها نشان می‌دهد که هوش مصنوعی می‌تواند به‌عنوان ابزاری عملی و کارآمد در بستر شهرهای در حال توسعه مورد استفاده قرار گیرد. از منظر راهبردی، ترکیب هوش مصنوعی با فناوری‌های ژئوماتیکی و سامانه‌های اطلاعات مکانی، ظرفیت‌های جدیدی برای برنامه‌ریزی فضایی ایجاد می‌کند. این ترکیب امکان تحلیل دقیق الگوهای مکانی، شناسایی مناطق محروم و توزیع عادلانه‌تر منابع را فراهم می‌سازد. در نتیجه، برنامه‌ریزی شهری بهینه نه تنها به افزایش کارایی اقتصادی منجر می‌شود، بلکه عدالت فضایی و اجتماعی را نیز تقویت می‌کند. در جمع‌بندی می‌توان گفت که ضرورت استفاده از هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری، ناشی از پیچیدگی فزاینده شهرها و محدودیت منابع است. این فناوری با ارتقای دقت، سرعت و جامعیت تصمیم‌گیری، می‌تواند مسیر دستیابی به شهرهایی پایدار، ایمن و انسان‌محور را هموار سازد. برنامه‌ریزی شهری مبتنی بر هوش مصنوعی، در نهایت ابزاری برای تحقق توسعه متوازن و آینده‌نگر در شهرهای معاصر محسوب می‌شود.

۴. نقش هوش مصنوعی در تصمیم‌سازی و سیاست‌گذاری شهری

در دهه‌های اخیر، تصمیم‌سازی شهری از یک فرایند صرفاً مبتنی بر تجربه و داده‌های محدود، به سیستمی پویا و چندلایه تبدیل شده است. هوش مصنوعی در این تحول نقشی بنیادی دارد؛ این فناوری با پردازش حجم انبوهی از داده‌های مکانی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی، می‌تواند الگوهای پنهان در ساختار شهری را آشکار سازد و تصمیم‌گیری‌های مدیران شهری را از سطح حدس و تجربه به سطح تحلیل و پیش‌بینی ارتقا دهد (منوچهری، ذبیحی و زرابادی، ۲۰۲۵). در بستر سیاست‌گذاری هوشمند، سیستم‌های AI قادرند سناریوهای توسعه شهری را بر اساس رفتار جمعیتی، منابع مالی و تغییرات محیطی شبیه‌سازی کنند تا سیاست‌گذاران پیش از اجرای هر تصمیم، اثرات آن را در مقیاس‌های زمانی مختلف ارزیابی نمایند.

یکی از مهم‌ترین قابلیت‌های هوش مصنوعی در این زمینه، توانایی «سازگاری پویا» با شرایط متغیر شهری است. برخلاف مدل‌های سنتی که اغلب بر داده‌های ایستا متکی‌اند، الگوریتم‌های یادگیری ماشین قادرند خود را با واقعیت‌های جدید همچون نوسانات جمعیتی، تغییر اقلیم یا بحران‌های انرژی وفق دهند (غلامی نورآباد و همکاران، ۲۰۲۵). چنین رویکردی امکان می‌دهد شهرها نه تنها در برابر چالش‌ها واکنش نشان دهند بلکه به صورت پیش‌دستانه، راهکارهایی مبتنی بر پیش‌بینی طراحی کنند. هوش مصنوعی همچنین به افزایش شفافیت و کارآمدی در فرایند حکمرانی شهری کمک می‌کند. ایجاد سامانه‌های تحلیل داده باز، که به مشارکت شهروندان در تصمیم‌سازی منتهی می‌شود، یکی از جلوه‌های حکمرانی مشارکتی هوشمند است. این شفافیت نه تنها اعتماد عمومی به سیاست‌گذاران را افزایش می‌دهد بلکه موجب شکل‌گیری جمع‌سپاری تصمیم‌ها می‌شود؛ یعنی تبادلی دوطرفه بین مردم و نهادهای شهری در تولید سیاست‌های پایدار (آهنگری و نوید، ۲۰۲۵).

در بخش عملیاتی، مدل‌های یادگیری عمیق مانند شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) و یادگیری تقویتی (RL) در پیش‌بینی رفتار سیستم‌های شهری عملکرد درخشانی نشان داده‌اند. این مدل‌ها قادرند حتی اثرات اقدام‌های کوچک مدیریتی، مانند تغییر در خطوط حمل‌ونقل یا بازتخصیص فضاهای سبز، را بر تعاملات گسترده شهری پیش‌بینی کنند. این توانایی موجب می‌شود سیاست‌گذاری شهری از وضع قوانین کلی به سمت تنظیم جزئیات دقیق و بهینه حرکت کند. کاربرد AI در سناریوهای بحران محور نیز بسیار حیاتی است. در زمان رخدادهای غیرمترقبه مانند زلزله یا سیل، سامانه‌های هوشمند می‌توانند مسیرهای تخلیه، ظرفیت پناهگاه‌ها و تخصیص منابع امدادرسانی را به صورت لحظه‌ای تنظیم کنند. این ویژگی باعث می‌شود هوش مصنوعی نه تنها ابزاری برای توسعه شهری بلکه شاخصی برای ایمنی و تاب‌آوری شهری نیز قلمداد شود. در نهایت، نقش هوش مصنوعی در سیاست‌گذاری آینده‌ی شهرها را باید فراتر از تأثیر مستقیم بر تصمیم‌ها دانست؛ این فناوری ذهنیت مدیران شهری را نسبت به مفهوم «پایداری» تغییر داده است. اکنون پایداری نه صرفاً یک هدف آرمانی بلکه یک معیار قابل اندازه‌گیری و مدل‌سازی شده است که از طریق داده‌ها و الگوریتم‌ها ارزیابی می‌شود. این تغییر پارادایم، آینده برنامه‌ریزی شهری را به سوی عقلانیت تحلیلی، شفافیت تصمیم‌گیری و تعامل هوشمندانه‌تر با جامعه هدایت می‌کند.

۵. کاربرد هوش مصنوعی در بهینه‌سازی کاربری اراضی و ساختار فضایی شهر

در حوزه برنامه‌ریزی کالبدی، هوش مصنوعی نقش چشمگیری در ارتقای کارایی و پایداری فضایی ایفا می‌کند. تحلیل‌های مبتنی بر شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های خوشه‌بندی داده‌ها می‌تواند توزیع بهینه کاربری زمین را در سطح شهر تعیین کند تا تعادل میان مسکونی، تجاری، خدماتی و فضای سبز برقرار گردد (رضوانیان و تکتیم، ۲۰۲۵). این روش‌ها مبتنی بر داده‌های GIS و مدل‌سازی مکانی، ضمن تحلیل تراکم جمعیت و دسترسی خدمات، ساختاری فضایی منطبق با نیاز واقعی شهروندان طراحی می‌کنند. یکی از مؤلفه‌های مهم در این فرآیند، کاهش سفرهای درون‌شهری و بهینه‌سازی الگوی جریان ترافیک است.

هوش مصنوعی با بررسی روابط مکانی بین نواحی شهری و الگوهای تردد، پیشنهادهایی برای ساماندهی کاربری‌های شهری به‌گونه‌ای ارائه می‌دهد که مقاصد روزمره شهروندان در فاصله‌های کوتاه‌تری قرار گیرند (بقالی اقدم و همکاران، ۲۰۲۵). این امر نه تنها باعث کاهش مصرف انرژی و آلودگی هوا می‌شود بلکه در جهت پایداری محیطی و کاهش هزینه‌های زیست‌اجتماعی نقش اساسی دارد.

به‌علاوه، کاربرد هوش مصنوعی در تحلیل سرمایه‌گذاری‌های شهری سبب می‌شود تا مدیران بتوانند اندازه‌گیری دقیقی از بازده و اثرات اقتصادی تخصیص زمین‌ها داشته باشند. مدل‌های هوشمند با استفاده از داده‌های املاک، تراکم ساختمانی، هزینه حمل‌ونقل و دسترسی‌ها، الگوی تخصیص زمین را بهینه می‌کنند تا توسعه شهری بیشترین منفعت را نسبت به هزینه‌های اجرا داشته باشد. از منظر طراحی فضایی، AI می‌تواند الگوهای زیباشناسی و انسانی محیط شهری را نیز بهبود بخشد. ترکیب تحلیل تصویری با داده‌های احساسی (Emotion AI) باعث می‌شود طراحی فضاهای عمومی و پیاده‌راه‌ها بر پایه واکنش‌های روانی شهروندان به رنگ، نور و تراکم انسانی صورت گیرد. به این ترتیب، شهر نه فقط از نظر کالبدی بلکه از نظر عاطفی نیز بهینه‌تر طراحی می‌شود. رویکرد هوشمند به کاربری زمین همچنین می‌تواند ابزار نظارتی قدرتمندی در برابر گسترش بی‌رویه شهرها ارائه دهد. با استفاده از یادگیری ماشین، مدل‌هایی ایجاد می‌شوند که روند توسعه غیرمجاز یا تغییرات کاربری را شناسایی کرده و هشدارهای لازم را برای مدیریت اراضی فراهم می‌سازند. این امر از نابسامانی کالبدی جلوگیری می‌کند و به تحقق عدالت فضایی کمک می‌رساند. در نهایت، اهمیت هوش مصنوعی در ساختار فضایی شهر را باید در پیوند بین داده، انسان و محیط دانست. شهر هوشمند امروزی تلاشی است برای هماهنگی میان نیاز انسان، ظرفیت محیط و فناوری تحلیلگر. استفاده از مدل‌های AI به تصمیم‌سازی دقیق‌تر در خصوص نحوه توسعه عمودی و افقی شهر منجر می‌شود و این هماهنگی قلب پایداری شهری را تشکیل می‌دهد.

۶. هوش مصنوعی و ارتقای ایمنی شهری

ایمنی شهری یکی از ارکان اساسی پایداری محسوب می‌شود و نقش هوش مصنوعی در تقویت این مؤلفه روزبه‌روز برجسته‌تر می‌گردد. سیستم‌های هوشمند از طریق پردازش داده‌های شهری و بررسی الگوهای مخاطره‌آمیز، توانایی شناسایی نقاط حادثه‌خیز و مناطق مستعد بحران را دارند (موسوی و همکاران، ۲۰۲۵). با الگوریتم‌های یادگیری ماشین، داده‌های مربوط به تصادفات، بلایای طبیعی، وضعیت زیرساخت‌ها و تراکم جمعیت تحلیل می‌شود و نقشه‌های ریسک شهری تولید می‌گردد.

در حوزه امدادرسانی و واکنش سریع، هوش مصنوعی بهترین ابزار برای مدیریت مسیرهای امداد است. مدل‌های مبتنی بر خودروهای هوشمند و اینترنت اشیا (IoT) قادرند مسیرهای امن و سریع را در شرایط بحرانی تعیین کنند و هماهنگی میان نیروهای امدادی را افزایش دهند. بهینه‌سازی مسیر و تخصیص تجهیزات بر اساس دسترسی لحظه‌ای داده‌ها، زمان واکنش را به حداقل می‌رساند و نجات جان افراد را تسریع می‌کند. از منظر HSE، به‌ویژه در پروژه‌های عمرانی، کاربرد هوش مصنوعی در پایش ایمنی کارگاه‌ها نقش چشمگیری دارد. سنسورهای هوشمند و الگوریتم‌های تحلیل تصویر رفتار کارکنان، وضعیت تجهیزات و احتمال خطر را بررسی می‌کنند (زندى دولابى و امیرکاردوست، ۲۰۲۲). این فناوری نه تنها ایمنی فیزیکی را افزایش می‌دهد بلکه موجب کاهش خطای انسانی و هزینه‌های ناشی از حوادث کاری می‌شود.

در سطح کلان‌تر، شهرهای هوشمند با استفاده از پایگاه‌های داده‌ای مرتبط با هواشناسی، زلزله و آلودگی می‌توانند پیش‌بینی‌هایی درباره بحران‌های محیطی ارائه دهند. مدل‌های پیش‌نگری مبتنی بر شبکه عصبی، داده‌های گذشته را تحلیل

کرده و احتمال وقوع مخاطرات را در آینده برآورد می‌کنند. چنین تصمیم‌سازی پیشگیرانه‌ای پایه‌ی تاب‌آوری شهری در مقابل حوادث غیرمترقبه است. هوش مصنوعی همچنین در سیستم‌های نظارت شهری، امنیت اجتماعی و انتظامی نقش مؤثری دارد. تحلیل ویدئویی هوشمند برای شناسایی رفتارهای خطرناک، کنترل ترافیک و مدیریت جمعیت در اماکن پررفت‌وآمد، ساختارهای امنیتی را شدیداً کارآمدتر کرده است. این فناوری‌ها، ضمن کاهش دخالت مستقیم نیروی انسانی، امکان نظارت لحظه‌ای و تصمیم‌گیری دقیق‌تر را فراهم می‌آورند. در نهایت، ایمنی شهری با هوش مصنوعی دیگر صرفاً به معنای حفاظت فیزیکی نیست؛ بلکه مفهومی گسترده‌تر شامل امنیت اجتماعی، روانی و زیست‌محیطی است که با داده، تحلیل و واکنش هوشمند شکل می‌گیرد.

۷. مدیریت هوشمند زیرساخت‌ها و حمل‌ونقل شهری

مدیریت زیرساخت‌ها و حمل‌ونقل شهری امروز با چالش‌های پیچیده‌ای مانند ازدحام، مصرف بالای انرژی و فرسایش تجهیزات مواجه است. هوش مصنوعی از طریق تحلیل داده‌های شبکه‌های انرژی و حمل‌ونقل، قادر است بهینه‌سازی عملکرد این سیستم‌ها را تضمین کند (شیرویه‌پور و همکاران، ۲۰۲۴). در سازوکار انرژی، سیستم‌های مبتنی بر AI قادرند مصرف را پیش‌بینی کرده و الگوی بهینه توزیع برق در سطح شبکه را طراحی کنند. این امر به کاهش فشار بر زیرساخت‌ها و افزایش دوام تجهیزات منجر می‌شود. همچنین مدل‌های هوشمند، انرژی‌های تجدیدپذیر همچون خورشیدی و بادی را در جامعه شهری با بهره‌وری بهتر ادغام می‌کنند و گامی به سوی شهرهای کربن‌پایین برمی‌دارند. در حمل‌ونقل شهری، هوش مصنوعی با تحلیل داده‌های تردد لحظه‌ای از طریق سیستم‌های GIS و حسگرهای شهری می‌تواند الگوی جریان ترافیک را اصلاح کند. آزمایش‌های میدانی نشان داده‌اند که استفاده از مدل‌های هوشمند مبتنی بر یادگیری تقویتی می‌تواند تا ۲۰ درصد زمان سفرهای درون‌شهری را کاهش دهد (بقالی اقدم و همکاران، ۲۰۲۵). این دستاورد علاوه بر صرفه‌جویی انرژی، موجب افزایش کیفیت زندگی شهری و کاهش تنش‌های روانی ناشی از سفرهای طولانی می‌شود.

ادغام هوش مصنوعی با فناوری‌های حمل‌ونقل خودران نیز چشم‌انداز تحول‌ساز دیگری است. خودروهای خودران با پردازش لحظه‌ای داده‌های محیطی، نه تنها ایمنی تردد را بالا می‌برند بلکه می‌توانند الگوی حرکت وسایل نقلیه عمومی در سطح شهر را هماهنگ کنند تا ازدحام به حداقل برسد. در مدیریت زیرساخت‌های آب و فاضلاب، هوش مصنوعی قادر است میزان مصرف روزانه را برآورد کرده و الگوی بهینه ذخیره‌سازی و تصفیه را تنظیم کند. این کار بهترین راه برای جلوگیری از بحران کمبود منابع حیاتی در آینده است. در تصویر کلان، مدیریت هوشمند زیرساخت‌ها قلب تپنده شهر پایدار است. اتصال داده‌ها، تحلیل پیوسته و تصمیم‌گیری لحظه‌ای، شهر را از یک سیستم ایستا به سامانه‌ای زنده و خودسازگار تبدیل کرده است.

نتیجه‌گیری

با نگاهی جامع به نقش هوش مصنوعی در ابعاد گوناگون شهرسازی نوین، می‌توان گفت این فناوری نه تنها ابزار تکنیکی بلکه بنیانی فکری برای بازتعریف مفهوم شهر است. ادغام هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری موجب می‌شود شهرها از ساختارهای سنتی خطی به سامانه‌های یادگیرنده، انطباق‌پذیر و انسان‌محور تغییر یابند. پایداری شهری در پرتو AI معنایی تازه می‌یابد؛ پایداری دیگر فقط کاهش مصرف نیست، بلکه توانایی شهر در شناخت خود، تنظیم رفتار و تعامل هوشمند با شهروندان است. هوش مصنوعی این شناخت را فراهم کرده و امکان تصمیم‌گیری دقیق، پیش‌بینی بحران‌ها و طراحی ساختارهای انعطاف‌پذیر

را ایجاد کرده است. علاوه بر مزایا، نباید چالش‌های اخلاقی و اجتماعی ناشی از کاربرد گسترده هوش مصنوعی را نادیده گرفت. مباحثی همچون حریم داده‌ها، عدالت الگوریتمی، و خطر وابستگی بیش از حد به ماشین‌ها نیازمند توجه جدی سیاست‌گذاران است. با این همه، آینده شهرسازی بدون هوش مصنوعی تصورپذیر نیست. این فناوری، پیوند عمیق‌تری بین انسان و شهر برقرار می‌کند و زمینه‌ساز معماری اجتماعی-تکنولوژیکی نوینی می‌شود که بر پایه داده، مشارکت و پایداری بنا شده است.

منابع

- علیرضا منوچهری، حسین ذبیحی، و زهر اصادات سعیده. (۲۰۲۵). نقش هوش مصنوعی در بهینه‌سازی و ارتقای برنامه ریزی دقیق و طراحی شهری. تحقیقات جغرافیایی، ۴۰(۱).
- منوچهری، ذبیحی، زرابادی، زهراسادات سعیده. (۲۰۲۵). نقش هوش مصنوعی در بهینه‌سازی و ارتقای دقت فرآیند برنامه‌ریزی و طراحی شهری پارامتریک. تحقیقات جغرافیایی، ۴۰(۱)، ۴۱-۵۲.
- آهنگری، نوید. (۲۰۲۵). فراتحلیل کاربرد هوش مصنوعی در توسعه کاربری‌های ترکیبی اراضی شهر تهران. اقتصاد و برنامه ریزی شهری، ۶(۴)، ۱۷۶-۱۹۱.
- متقی دستنایی، افشین، کرمی. (۲۰۲۵). هوش مصنوعی و مدیریت برنامه ریزی گردشگری شهری در اتحادیه اروپا: مطالعه موردی شهر تورین ایتالیا. برنامه ریزی و توسعه گردشگری، ۱۴(۵۵)، ۷-۴۷.
- رضوانیان، سیده الهه، حنایی، تکتتم. (۲۰۲۵). تحلیل فراروش برنامه‌ریزی کاربری زمین و پایداری اقتصادی: راهکارهای نوین برای بهینه‌سازی شهری. اقتصاد شهری، ۱۰(۲)، ۶۷-۷۸.
- بقالی اقدم، صادقی، سیدکمال، نوبهار. (۲۰۲۵). مدل‌سازی شهر هوشمند تبریز در چشم‌انداز ۲۰۳۰: بررسی جامع شاخص‌های محیطی، اقتصادی و حکمرانی. اقتصاد و برنامه ریزی شهری، ۱۶(۱)، ۵۸-۷۵.
- جمشیدی، زارع، عبدالله زاده طرف. (۲۰۲۳). ارزیابی تحقق‌پذیری شاخص‌های شهر هوشمند (نمونه موردی شهر تبریز). پژوهش‌های معماری نوین، ۳(۱)، e۷۲۵۷۱۵.
- برادران خانیان، پناهی، اصغرپور. (۲۰۲۰). بررسی وضعیت کنونی تحول هوشمند در کلان‌شهر تبریز. اقتصاد شهری، ۵(۲)، ۸۵-۱۱۲.
- غلامی نورآباد، هادی، میره‌ای، جاوید. (۲۰۲۵). تبیین الگوی حکمروایی هوشمند با رویکرد مشارکت مردمی در تصمیم‌گیری شهری (نمونه موردی: شهر تهران). آمایش فضا و ژئوماتیک، ۲۶(۱)، ۱۱۹-۱۳۹.
- شیرویه‌پور، شهریار، مرتضوی، بیات، روح‌الله. (۲۰۲۴). ارائه مدل عوامل مؤثر بر توسعه آینده شهرهای هوشمند پایدار با تأکید بر مدیریت بهینه انرژی. اقتصاد و برنامه ریزی شهری، ۴(۴)، ۱۱۶-۱۳۰.
- زینالی عظیم، فدائی حقی، مهری، علیزاده، امین، جدیری عباسی، ... شریفی. (۲۰۲۴). سنجش عوامل مؤثر در عدم توسعه شهر هوشمند پایدار تبریز. فصلنامه علوم محیطی، ۲۲(۳)، ۴۲۷-۴۴۶.
- چوبینه، دانش، غزاله، منصوری، نجفی مجره، شهبازی، ... سید سعید. (۲۰۲۰). بررسی وضعیت شاخص‌های بهداشت، ایمنی و محیط زیست در برخی از مجموعه‌های سازمانی شهرداری تهران: چالش‌ها، نقاط ضعف و قوت و راهبردهای اصلاحی. مجله اپیدمیولوژی ایران، ۱۶(۲)، ۱۴۴-۱۵۲.
- موسوی، سید سجاده، ابراهیمیان، مبین، نجفی، دلفان، ... میرزاهاشمی. (۲۰۲۵). طراحی و اعتبارسنجی ابزار ارزیابی عملکرد HSE در تجمعات شهری: مطالعه موردی تهران. فصلنامه علمی دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۱۵(۳)، ۳۲۰-۳۴۳.

- زندی دولابی, امیرکاردوست. (۲۰۲۲). شناسایی و اولویت بندی عوامل تاثیر گذار در ایمنی، سلامت و محیط زیست در پروژه‌های عمرانی با استفاده از تکنیک تصمیم گیری چند معیاره. | نشریه عمران و پروژه |, ۴(۳), ۲۶-۴۲.
- فرخی‌زاده, شکوهی. (۲۰۲۰). یکپارچه‌سازی تفکر ناب و توسعه پایدار در زمینه مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست (HSE) در صنعت ساخت و ساز. دوفصلنامه علمی پژوهش در مهندسی نگهداشت دفاعی, ۲(۱), ۷۴-۵۸.
- قربانی سا, هانا سادات, رضایی فر, امید, ربیع زاده, انسیه. (۲۰۲۳). مروری بر حقوق مهندسی و مدیریت پروژه‌های عمرانی براساس معیارهای ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE). | نشریه عمران و پروژه |, ۵(۶), ۵۸-۶۸.
- کریمی, زرکش. (۲۰۲۶). کاهش بار سرمایشی با بهینه سازی پوسته خارجی ساختمان مسکونی بلند مرتبه قزوین مبتنی بر آنالیز حساسیت. نقش جهان-مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی, ۱۶(۱), ۲۷-۵۶.
- عمران زاده, عابدینی. (۲۰۲۵). رهیافتی بر جایگاه طراحی معماری و شهرسازی در فرایند سیاست‌گذاری شهری در ایران؛ ارائه مدلی نظری. مطالعات میان رشته‌ای تمدنی انقلاب اسلامی, ۳(۱۲), ۵۳-۸۸.