



معرفی کاربرد هوش مصنوعی در سیستم حمل و نقل شهری

مهسا فتاحیان

دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

Email: Fatahian.m74@gmail.com

چکیده

جابه‌جایی بهینه افراد و کالاها در مناطق شهری برای رشد اقتصادی، اتصال اجتماعی و پایداری محیطی ضروری است. با این حال، در اثر شهرنشینی سریع و افزایش جمعیت در شهرها، سیستم‌های حمل و نقل شهری سنتی با انواع چالش‌ها مانند ترافیک، آلودگی و زیرساخت‌های ناکافی مواجه هستند. پژوهش حاضر با هدف مطالعه کاربرد هوش مصنوعی در سیستم حمل و نقل شهری، به دنبال کشف فرصت‌ها و نگرانی‌های آتی مرتبط با پذیرش هوش مصنوعی در مقیاس بزرگ حمل و نقل شهری برای هدایت فناوری و تصمیم‌گیری‌های سیاستی است. بنابراین از فرآیند شناسایی، انتخاب، بررسی تحلیلی و خلاصه‌سازی ادبیات نظری موجود پیروی می‌کند تا نمای کلی و جامعی را در این حوزه ارائه نماید. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، کاربرد هوش مصنوعی دارای مزایای کلیدی مانند بهبود مدیریت ترافیک، افزایش ایمنی، کارایی و پایداری و تجربه کاربری بهبود یافته است و برای دستیابی به این مزایا، توجه به رفع چالش‌های عمده آن در زمینه دسترسی و کیفیت داده‌ها و تامین مالی زیرساخت‌های مورد نیاز ضروری است.

کلیدواژه‌ها: سیستم حمل و نقل شهری، هوش مصنوعی، بهینه‌سازی جابه‌جایی



۱- مقدمه

جایجایی کارآمد افراد و کالاها در مناطق شهری برای رشد اقتصادی، اتصال اجتماعی و پایداری محیطی ضروری است. با این وجود، در اثر شهرنشینی سریع و افزایش جمعیت در شهرها، سیستم‌های حمل و نقل سنتی با چالش‌های متعددی از جمله افزایش ترافیک، آلودگی و زیرساخت‌های ناکافی مواجه هستند (Parent 2006). برای مقابله با این چالش‌ها، شهرها به هوش مصنوعی به عنوان راه حلی متحول کننده برای حمل و نقل شهری روی آورده اند. هوش مصنوعی به شبیه سازی هوش انسانی در ماشین‌هایی اشاره دارد که طوری برنامه ریزی شده اند تا مانند انسان‌ها فکر کنند و یاد بگیرند. با استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی، شهرها می‌توانند سیستم‌های حمل و نقل را بهینه کنند تا هوشمندتر، سازگارتر و پاسخگوتر نسبت به نیازهای مسافران و کل شهر باشند (Kong et al 2019).

هوش مصنوعی در حمل و نقل شهری شامل ادغام الگوریتم‌های پیشرفته، یادگیری ماشین، تجزیه و تحلیل داده‌ها و نظارت بر زمان واقعی برای تصمیم‌گیری آگاهانه و خودکارسازی فرآیندهای مختلف است. کاربرد هوش مصنوعی در حمل و نقل شهری گسترده است و جنبه‌های مختلفی از سیستم حمل و نقل، از مدیریت ترافیک گرفته تا وسایل نقلیه خودران، بهینه‌سازی حمل و نقل عمومی و زیرساخت‌های هوشمند را در بر می‌گیرد. در ادامه این مقاله، کاربردهای مختلف هوش مصنوعی در حمل و نقل شهری و چالش‌ها و فرصت‌های مرتبط با اجرای آن، بررسی می‌گردد (Kreutzer et al 2020).

۲- مواد و روش‌ها

هدف این مقاله، مطالعه کاربرد هوش مصنوعی در سیستم حمل و نقل شهری برای کشف فرصت‌ها و نگرانی‌های آتی

مرتبط با پذیرش هوش مصنوعی در مقیاس بزرگ حمل و نقل شهری برای هدایت فناوری و تصمیم‌گیری‌های سیاستی است. پژوهش حاضر از فرآیند شناسایی، انتخاب، بررسی تحلیلی و خلاصه سازی ادبیات تبعیت می‌کند تا نمای کلی و جامع در این حوزه ایجاد نماید.

برای دستیابی به این هدف، مقالات مرتبط در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر مانند IEEE، Google Scholar، ACM Digital Library، Xplore شدند. برای جستجو از عبارات کلیدی مرتبط مانند «هوش مصنوعی»، «یادگیری ماشین»، «حمل و نقل شهری»، «تحرک هوشمند» و غیره استفاده شد. این جستجو با هدف شناسایی منابعی صورت گرفت که درباره پیامدها و تأثیرات استفاده از هوش مصنوعی در سیستم‌های حمل و نقل شهری بحث می‌کردند.

سپس محتوای منابع منتخب به صورت جامع مورد بررسی قرار گرفت تا متونی که در مورد پیامدها و تأثیرات کاربرد هوش مصنوعی در حمل و نقل شهری بحث می‌کردند، شناسایی شوند. در این مرحله، مقالات به طور دقیق مطالعه شدند و مقالات مرتبط انتخاب گردید.

در نهایت، مقالات منتخب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و برجسته‌ترین بینش‌ها و نتایج متضاد و یا مورد اجماع ذکر شده در منابع منتخب بررسی گردید. این فرآیند، ترکیبی از تحلیل محتوا و خلاصه‌سازی ادبیات نظری است که هدف آن ارائه یک نمای کلی و جامع درباره فرصت‌ها و چالش‌ها و مسیرهای آینده برای پذیرش هوش مصنوعی در سیستم‌های حمل و نقل شهری می‌باشد.



است (Sze and Christensen 2017).

۳- مرور ادبیات نظری

۳-۱- سیستم حمل و نقل شهری

سیستم حمل و نقل شهری به ترکیبی از شیوه های حمل و نقل و زیرساخت ها اشاره دارد که امکان جابجایی افراد و کالاها را در یک منطقه شهری فراهم می کند. این سیستم شامل گزینه های حمل و نقل عمومی و خصوصی است که ساکنان را به مقاصدی مانند محل سکونت و کار، مدارس، مغازه ها، پارک ها، امکانات مراقبت های بهداشتی و مکان های تفریحی متصل می کند (Buzási and Csete 2015).

به طور کلی یک سیستم حمل و نقل شهری شامل مسیرهای پیاده روی و دوچرخه سواری، خیابان ها، پل ها، مسیرهای حمل و نقل عمومی مانند خطوط اتوبوس و ریلی، خدمات تاکسی، وسایل نقلیه، حمل و نقل آبی برای شهرهای ساحلی و پیوندهایی است که شهرها را به فرودگاه ها و ایستگاه های راه آهن متصل می کند. سیستم های حمل و نقل پیشرفته ممکن است از فناوری های جدیدتری مانند برنامه های اشتراک دوچرخه و اسکوتر نیز استفاده کنند. پیچیدگی و گستردگی سیستم حمل و نقل به اندازه و تراکم مناطق شهری بستگی دارد. به عنوان مثال، زیرساخت های حمل و نقل یک شهر کوچک ممکن است فقط از چند جاده و پیاده رو تشکیل شود در حالی که یک کلانشهر دارای شبکه های بزرگراهی چند لایه، سیستم های حمل و نقل عمومی پیچیده با مسیرها و وسایل نقلیه متعدد، سیستم های مدیریت ترافیک پیچیده و غیره است (Buzási and Csete 2015).

یک سیستم حمل و نقل شهری که به خوبی طراحی شده باشد، گزینه های حمل و نقل کافی و ظرفیت زیرساختی برای پشتیبانی از نیازهای سفر ساکنان محلی و مشاغل به طور کارآمد و مؤثر را دارد. نشانگرهای کلیدی یک سیستم مؤثر، دسترسی عادلانه در بین گروه های جمعیتی، مقرون به صرفه بودن، پایداری و ادغام شیوه های مختلف حمل و نقل

۳-۲- هوش مصنوعی

هوش مصنوعی به توسعه سیستم های کامپیوتری اشاره دارد که قادر به انجام وظایفی هستند که به طور معمول نیاز به هوش انسانی دارند. این وظایف شامل یادگیری، استدلال، حل مسئله، درک و تصمیم گیری می شوند. سیستم های هوش مصنوعی برای تجزیه و تحلیل حجم عظیمی از داده ها، شناسایی الگوها و اتخاذ تصمیمات آگاهانه بر اساس اطلاعات موجود طراحی شده اند (Ertel 2018).

دو نوع اصلی هوش مصنوعی وجود دارد: هوش مصنوعی محدود و هوش مصنوعی کلی. هوش مصنوعی محدود، برای انجام وظایف خاص در حوزه محدودی طراحی شده است. این نوع هوش مصنوعی در انجام یک وظیفه ی خاص مانند تشخیص تصویر یا پردازش زبان طبیعی بسیار مهارت دارد. از سوی دیگر، هوش مصنوعی کلی، نیز به عنوان هوش مصنوعی قوی شناخته می شود و هدف آن از دستیابی به هوش مشابه انسان و توانایی انجام هر وظیفه ی ذهنی است که یک انسان می تواند انجام دهد (Haenlein and Kaplan 2019).

۳-۳- کاربرد هوش مصنوعی در سیستم حمل و

نقل شهری

هوش مصنوعی به عنوان یک فناوری تحولی در زمینه های مختلف ظاهر شده و حمل و نقل شهری نیز از این قاعده مستثنی نیست. با پیچیدگی و چالش هایی که شهرها در مدیریت حمل و نقل خود روبه رو می شوند، هوش مصنوعی راهکارهای نوآورانه ای را برای بهبود کارایی، ایمنی و پایداری ارائه می دهد (Bazzan and Klügl 2022). در این بخش، به بررسی اصول هوش مصنوعی و کاربردهای آن در حمل و نقل شهری پرداخته می شود.



جریان ترافیک می انجامد (Sebastian and Nüßer)
(2000).

۳-۱-۲- بهینه سازی سیگنال ترافیک

بهینه سازی سیگنال های ترافیکی، جنبه ی حیاتی از مدیریت هوشمند ترافیک است. با افزایش تعداد خودروها در خیابان ها، مدیریت بهینه ی جریان ترافیک برای کاهش تراکم، بهبود ایمنی و افزایش کارایی کلی سیستم حمل و نقل ضروری است. سیستم های سیگنال ترافیک سنتی بر اساس برنامه های زمان بندی ثابت عمل می کنند که ممکن است نتوانند به شکل پویا متناسب با شرایط ترافیکی، تغییر کنند. در اینجا هوش مصنوعی مداخله می کند و سیگنال های ترافیکی را مرتب و بهینه سازی می نماید (Boukerche and Wang 2020).

تکنیک های یادگیری ماشین به طرز موثری در بهینه سازی زمان بندی سیگنال های ترافیکی بکار می روند. این الگوریتم ها، داده های ترافیکی شامل تعداد خودروها، سرعت و سطح تراکم را به طور لحظه ای، تحلیل کرده و بر اساس شرایط ترافیکی فعلی، به صورت پویا، زمان بندی سیگنال را تنظیم می کنند (Boukerche and Wang 2020).

۳-۲- هوش مصنوعی در برنامه ریزی حمل و نقل عمومی

با پیچیدگی و چالش های روزافزونی که سیستم های حمل و نقل عمومی روبرو هستند، هوش مصنوعی راهکارهای نوآورانه ای را برای برنامه ریزی و افزایش کارایی حمل و نقل عمومی ارائه می کند (Bazzan and Klügl 2022). نقش هوش مصنوعی در برنامه ریزی حمل و نقل عمومی شامل پنج بخش برنامه ریزی هوشمند مسیر، پیش بینی تقاضا و ظرفیت، سامانه های اطلاعات مسافران، بهینه سازی قیمت و

۳-۱-۳- سیستم های حمل و نقل هوشمند (ITS)

سیستم های حمل و نقل هوشمند، روش مدیریت و عملکرد حمل و نقل شهری را به طور چشمگیری تغییر داده اند. با بکارگیری هوش مصنوعی، این سیستم ها کارا، قابل اعتماد و پایدار شده اند (Auer et al 2016). در این مقاله، به بررسی کاربردهای مختلف هوش مصنوعی در سیستم های حمل و نقل هوشمند و نحوه تحول ترافیک شهری به ترتیب زیر پرداخته می شود.

۳-۱-۳-۱- تجزیه و تحلیل جریان ترافیک

تجزیه و تحلیل جریان ترافیک جزء حیاتی مدیریت حمل و نقل شهری است. این فرآیند از حرکت وسایل نقلیه، عابران پیاده و انواع حمل و نقل درون یک شهر گرفته تا الگوها، نقاط ترافیکی و کلیت کارایی سیستم حمل و نقل را مورد بررسی قرار می دهد. قبل از ورود به نقش هوش مصنوعی در تجزیه و تحلیل جریان ترافیک، درک مفهوم جریان ترافیک ضروری است؛ جریان ترافیک به حرکت وسایل نقلیه در شبکه معابر اشاره دارد و شامل عواملی مانند سرعت، تراکم و نرخ جریان است. این جریان تحت تاثیر عوامل مختلف از جمله زیرساخت خیابان ها، چراغ های راهنما، رفتار رانندگان و شرایط خارجی مانند آب و هوا قرار می گیرد (Hui et al 2016).

با ظهور هوش مصنوعی، تحلیل جریان ترافیک بهبود یافته و امکان تصمیم گیری مبتنی بر داده و بهینه سازی شبکه های حمل و نقل در شهرها را فراهم کرده است. قبلاً، تحلیل جریان ترافیک بر روش های جمع آوری دستی داده ها مانند استفاده از نیروی انسانی برای مشاهده و ثبت الگوهای ترافیکی متکی بود. این روش ها زمان بر، گران قیمت و اغلب محدود در دامنه خود بودند. با پیشرفت های حاصل در حوزه هوش مصنوعی، شهرها اکنون به داده های دقیق تر و به صورت زمان بندی شده دسترسی دارند که به تحلیل موثر



برنامه‌های تلفن همراه جمع‌آوری و تحلیل نمایند. سپس این اطلاعات دقیق و به‌روز در مورد زمان‌های ورود و خروج، تاخیرها و مسیرهای جایگزین وسایل نقلیه عمومی در اختیار مسافران قرار می‌گیرد (Curry et al 2006).

۳-۲-۴- بهینه‌سازی قیمت و مدیریت درآمد
با تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به رفتار مسافران، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند قیمت موثری تعیین کنند که تعادلی بین درآمدزایی حمل و نقل عمومی و توانایی پرداخت مسافران به وجود آورد. علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند به قیمت‌گذاری پویا کمک کند، به‌طوری که قیمت بلیط‌ها بر اساس شرایط تقاضا و عرضه تنظیم شود. این امر باعث می‌شود تا سیستم‌های حمل و نقل عمومی در ساعات پیک ترافیک، درآمد خود را بیشینه نمایند و در عوض مسافران به سفر در ساعات با حجم ترافیک کمتر تشویق شوند (Daganzo 2010).

۳-۲-۵- یکپارچگی مدهای حمل و نقل
در بسیاری از مناطق شهری، حمل و نقل عمومی تنها یک جزء از یک شبکه حمل و نقل چندحالتی بزرگتر است. هوش مصنوعی می‌تواند یکپارچگی انواع مختلف مدهای حمل و نقل مانند اتوبوس، قطار و تاکسی را فراهم نماید. این یکپارچگی نه تنها دسترسی را بهبود می‌بخشد، بلکه با ارائه گزینه‌های مناسب و قابل اعتماد، استفاده از حمل و نقل عمومی را تشویق می‌کند (Daganzo 2010).

۳-۳-۳- پارکینگ هوشمند
راهکارهای پارکینگ هوشمند یکی از کاربردهای کلیدی هوش مصنوعی در حمل و نقل شهری است. همانطور که شهرها گسترش می‌یابند و تعداد خودروها افزایش می‌یابد،

مدیریت درآمد و یکپارچگی مدهای حمل و نقل به شرح زیر است:

۳-۲-۱- برنامه‌ریزی هوشمند مسیر

یکی از چالش‌های اساسی حمل و نقل عمومی، طراحی مسیرهای کارآمد است که به نیازهای قشرهای متنوع جمعیتی پاسخ بدهد. الگوریتم‌های هوش مصنوعی قادرند با تحلیل داده‌های بزرگ مانند الگوهای سفر، تراکم جمعیت و شرایط ترافیک، مسیرهای حمل و نقل عمومی بهینه‌ای تولید کنند که از ترافیک غیر ضروری کاسته و رضایت مسافران را افزایش دهد (Vlahogianni 2015).

۳-۲-۲- پیش‌بینی تقاضا و ظرفیت

پیش‌بینی دقیق تقاضای حمل و نقل عمومی برای تخصیص منابع حائز اهمیت است. تکنیک‌های هوش مصنوعی، مانند یادگیری ماشین، تحلیل و پیش‌بینی، می‌توانند با تجزیه و تحلیل داده‌ها و عوامل خارجی مانند شرایط آب و هوا، رویدادها و تعطیلات و... تقاضای مسافران را پیش‌بینی کنند. با درک الگوها و روندها، سازمان‌های حمل و نقل می‌توانند میزان خدمات دهی را تنظیم، وسایل حمل و نقل عمومی اضافی را در ساعات پیک ترافیک مستقر و بدین ترتیب ظرفیت وسایل حمل و نقل عمومی را برنامه‌ریزی کنند (Curry et al 2006).

۳-۲-۳- سامانه‌های اطلاعات مسافران به صورت

زمان واقعی

هوش مصنوعی نقش مهمی در ارائه اطلاعات واقعی به مسافران و بهبود تجربه سفر آنها به وسیله حمل و نقل عمومی ایفا می‌کند. سامانه‌های اطلاعاتی مسافران از الگوریتم‌های هوش مصنوعی استفاده می‌کنند تا اطلاعات را از منابع مختلفی مانند ردیاب‌های GPS، سنسورها و



۳-۳-۱- یکپارچگی با زیرساخت‌های شهر هوشمند

راهکارهای پارکینگ هوشمند می‌توانند به صورت سازگار با زیرساخت‌های دیگر شهر هوشمند مانند سیستم‌های حمل و نقل هوشمند و سیستم‌های مدیریت ترافیک یکپارچه شوند. با به اشتراک گذاری داده با این سیستم‌ها، به بهبود کلی مدیریت ترافیک کمک کنند (Biyik et al 2021).

۳-۳-۴- وسایل نقلیه خودران

خودروهای خودران یکی از پیشرفت‌های مهم در حمل و نقل شهری هستند. این خودروها به سنسورها، دوربین‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی مجهز شده‌اند که به آنها امکان می‌دهد بدون مداخله انسانی حرکت کنند و عملکرد داشته باشند. توسعه استفاده از خودروهای خودران، مزایای فراوانی مانند افزایش ایمنی، کاهش ترافیک، بهبود کارایی و افزایش قابلیت حرکت برای همه به ارمغان می‌آورد (Bimbrow 2015).

اتحادیه مهندسان خودرو (SAE) شش سطح خودرانی را برای اتوموبیل‌ها، از سطح صفر (بدون خودرانی) تا سطح ۵ (خودرانی کامل) تعریف کرده است. هر سطح درجه‌ای متفاوت از خودرانی و مشارکت انسان در فرآیند رانندگی را نشان می‌دهد. این سطوح عبارتند از (SAE International 2021):

- سطح صفر (بدون خودرانی): راننده کاملاً مسئول تمام جنبه‌های رانندگی است و خودرو هیچ کمک خودکاری ارائه نمی‌دهد.

- سطح ۱ (کمک راننده): خودرو می‌تواند با عملکردهای خاصی مانند کنترل سرعت به راننده کمک کند. با این حال، راننده همچنان کنترل رانندگی را بر عهده دارد.

- سطح ۲ (خودرانی جزئی): خودرو تحت شرایط خاصی قادر است همزمان کنترل فرمان و شتاب را در دست بگیرد.

پیدا کردن مکان برای پارک خودرو، چالش عمده‌ای برای رانندگان و برنامه‌ریزان شهری محسوب می‌گردد. سیستم‌های پارکینگ سنتی معمولاً منجر به افزایش ترافیک و آلودگی می‌شوند. با ادغام فناوری‌های هوش مصنوعی، راهکارهای پارکینگ هوشمند روشی کارآمد و راحت‌تری برای مدیریت پارکینگ در مناطق شهری ارائه می‌دهند (Vera-Gómez et al 2016).

سیستم‌های پارکینگ هوشمند، الگوریتم‌ها و حسگرهای هوش مصنوعی را برای بهینه‌سازی استفاده از پارکینگ بکار می‌برند. این سیستم‌ها با استفاده از داده‌های زمانی، اطلاعاتی درباره جایگاه‌های پارکینگ در دسترس به رانندگان ارائه می‌دهند و بدین ترتیب زمان صرف شده برای جستجوی پارکینگ و ترافیک را کاهش می‌دهند. با تحلیل داده‌ها از منابع مختلف مانند حسگرهای پارکینگ، دوربین‌ها و برنامه‌های تلفن همراه، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند به طور دقیق دسترسی به جایگاه پارکینگ را پیش‌بینی و رانندگان را به نزدیک‌ترین جای خالی موجود هدایت کنند (Vera-Gómez et al 2016).

همچنین فناوری‌های هوش مصنوعی می‌توانند برای پیش‌بینی تقاضای پارکینگ و تخصیص فضای پارکینگ استفاده شوند. با تحلیل داده‌هایی مانند نرخ اشغال پارکینگ‌ها، رویدادها و شرایط آب و هوایی، الگوریتم‌های هوش مصنوعی، تقاضای آینده را پیش‌بینی می‌کنند. این اطلاعات می‌تواند توسط برنامه‌ریزان شهری برای تخصیص بهتر فضاهای پارکینگ استفاده شود تا اطمینان حاصل شود که در مناطق با تقاضای بالا، تعداد کافی پارکینگ در دسترس باشد و ترافیک ناشی از کمبود ظرفیت پارکینگ کاهش یابد (Biyik et al 2021).



برای رانندگان جهت سوار و پیاده کردن مسافران بهینه‌تر هستند را تعیین کند. این عملکرد نه تنها باعث صرفه جویی در زمان رانندگان و مسافران می‌شود، بلکه مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای را نیز کاهش می‌دهد (Widdows et al 2017).

۴- نتایج و بحث

۴-۱- فرصت‌های کاربرد هوش مصنوعی در

سیستم حمل و نقل شهری

هوش مصنوعی با تجزیه و تحلیل پیشرفته داده‌ها، مدل‌سازی پیش‌بینی و تصمیم‌گیری، انقلابی در سیستم گسترده حمل و نقل شهری به وجود آورده است. یکی از مهم‌ترین مزایای کاربرد هوش مصنوعی در این سیستم توانایی تحول روش‌های مدیریت حمل و نقل شهری است. برخی از مزایای کلیدی این کاربرد عبارت است از (Sussman 2004, Hou et al 2016, Impedovo and Pirl 2020):

- بهبود مدیریت ترافیک: سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی قادرند با تنظیم پویای زمان سیگنال‌ها بر اساس شرایط ترافیکی، ترافیک را کاهش داده، زمان سفر را کمینه کرده و مدیریت کلی ترافیک را بهبود بخشند.

- افزایش ایمنی: فناوری‌های هوش مصنوعی می‌توانند خطرات را تشخیص داده و به آنها پاسخ دهند که باعث کاهش تصادفات و بهبود ایمنی رانندگان می‌گردد.

- افزایش کارایی و پایداری: هوش مصنوعی می‌تواند مسیرها، برنامه‌ریزی و ظرفیت حمل و نقل عمومی را بر اساس الگوهای تقاضا بهینه کند که منجر به کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش کارایی می‌شود.

- تجربه کاربری بهبود یافته: سیستم‌های قدرت گرفته از هوش مصنوعی قادر به ارائه اطلاعات بر اساس زمان واقعی به مسافران مانند زمان ورود دقیق وسایل نقلیه عمومی، پیشنهاد مسیرهای جایگزین و دیگر توصیه‌های

با این حال، راننده باید همچنان درگیر باقی بماند و آماده برای کنترل در هر لحظه باشد.

- سطح ۳ (خودرانی شرطی): خودرو می‌تواند تمام وظایف رانندگی را در شرایط خاصی انجام دهد، اما راننده باید آماده باشد که در صورت درخواست سیستم، کنترل را به دست بگیرد. راننده می‌تواند به فعالیت‌های غیر از رانندگی مشغول شود در حالی که خودرو در کنترل است.

- سطح ۴ (خودرانی بالا): خودرو می‌تواند تمام وظایف رانندگی را در شرایط خاصی بدون نیاز به مداخله راننده انجام دهد. با این حال، راننده هنوز هم می‌تواند در صورت تمایل کنترل را به دست بگیرد.

- سطح ۵ (خودرانی کامل): خودرو می‌تواند تمام وظایف رانندگی را در همه شرایط بدون نیاز به هیچ مداخله انسانی انجام دهد و در این سطح، هیچ نیازی به راننده انسانی وجود ندارد.

۳-۳-۵- حمل و نقل اشتراکی و کارپولینگ

در سال‌های اخیر، خدمات سواری اشتراکی و کارپولینگ به طور قابل توجهی در حال رشد و تحول بوده و روشی نوین برای سفر افراد در مناطق شهری محسوب می‌شود. این خدمات از قدرت هوش مصنوعی برای تطبیق سفر مسافران با رانندگان، بهینه‌سازی مسیرها و افزایش کارایی کلی سیستم‌های حمل و نقل استفاده می‌کنند. الگوریتم‌های هوش مصنوعی، عوامل مختلفی مانند موقعیت مسافر، مقصد و در دسترس بودن راننده را بررسی کرده و بهترین تطبیق را پیدا می‌کنند. این الگوریتم‌ها به متغیرهای متعددی از جمله زمان سفر، فاصله و ترجیحات مسافران توجه می‌کنند تا تطبیق بهینه‌ای برای هر دو نفر مسافر و راننده فراهم شود (Widdows et al 2017).

همچنین این الگوریتم‌ها با تحلیل الگوهای ترافیکی، وضعیت خیابان‌ها و داده‌های زمانی، قادرند مسیرهایی را که



تحليل و پيش‌بيني دقيق نياز دارند. با اين وجود در بسياري از شهرها، داده‌هاي جمع‌آوري شده توسط سازمان‌هاي حمل و نقل، اغلب ناقص، ناسازگار و قديمي هستند (Sharma et al. 2021).

پياده‌سازي هوش مصنوعي در حمل و نقل شهري ممكن است هزينه‌بر باشد. توسعه و استقرار الگوريتم‌هاي هوش مصنوعي، ارتقاء زيرساخت‌ها و نگهداري از آنها نياز به منابع مالي قابل توجهي دارد. تأمين منابع مالي براي چنين پروژه‌هايي به خصوص براي شهرهايي با بودجه‌هاي محدود از ديگر چالش‌هاي عمده کاربرد هوش مصنوعي در حمل و نقل شهري محسوب مي‌گردد (Nambiar et al 2018). چالش‌هاي کاربرد هوش مصنوعي به تفكيك فناوري‌هاي نويني كه شرح آنها در بالا رفت، به ترتيب جدول (۱) است:

شخصي‌سازي شده هستند. اين موضوع باعث تشويق به استفاده از حمل و نقل عمومي مي‌شود.

۴-۲- چالش‌هاي کاربرد هوش مصنوعي در سيستم حمل و نقل شهري

مانند هر فناوري نوپهور ديگري، استفاده از هوش مصنوعي در حمل و نقل شهري، چالش‌هايي به همراه دارد. يكي از چالش‌هاي اصلي، در دسترس بودن و كيفيت داده‌ها است. الگوريتم‌هاي هوش مصنوعي به حجم زيادي از داده‌ها براي

جدول ۱: چالش‌هاي کاربرد هوش مصنوعي به تفكيك فناوري‌هاي نوين سيستم حمل و نقل

مشكلات و چالش‌ها	کاربردهای هوش مصنوعي در حمل و نقل شهري
- نگراني‌هاي مربوط به حریم خصوصي داده‌ها	
- نياز به زيرساخت‌هاي قوي	مدیریت ترافیک
- يکپارچه‌سازي سامانه‌هاي هوش مصنوعي با شبکه حمل و نقل موجود	
- پياده‌سازي راه‌حل‌هاي پارکينگ هوشمند نيازمند نصب حسگرها، دوربین‌ها و شبکه‌هاي ارتباطي است كه هزينه‌بر و زمان‌بر مي‌باشد.	
- جمع‌آوري و ذخيره داده‌هاي پارکينگ نگراني‌هايي درباره حریم خصوصي و امنيت اطلاعات به وجود مي‌آورد.	
- ادغام راه‌حل‌هاي پارکينگ هوشمند با زيرساخت‌هاي حمل و نقل و شهري موجود مي‌تواند پيچيده و نيازمند هماهنگي بين نهادهاي مختلف باشد.	پارکينگ هوشمند
- راه‌حل‌هاي پارکينگ هوشمند بايد طراحي شوند تا دسترسي عادلانه‌اي براي تمام کاربران، از جمله افراد معلول و افرادي كه از جوامع محروم هستند، فراهم کنند.	



- رانندگان باید از مزایا و قابلیت‌های راه‌حل‌های پارکینگ هوشمند آگاه شوند و در آموزش آن‌ها مشارکت کنند تا

به پذیرش و استفاده آن‌ها تشویق شوند.

پارکینگ هوشمند

- راه‌حل‌های پارکینگ هوشمند باید قابلیت مقیاس‌پذیری را داشته باشند تا به رشد و گسترش مناطق شهری در آینده پاسخ دهند و تاثیر بلندمدتی داشته باشند.

- تقسیم عادلانه و برابر سفرها، به خصوص در مناطق دارای خدمات کم یا در ساعات پربار یکی از چالش‌های اصلی است.

خودروهای خودران و اشتراکی - سختی ترکیب خدمات سواری اشتراکی و هم‌سواری با سامانه‌های حمل و نقل عمومی موجود

- هزینه بر و زمان بر بودن ترکیب هوش مصنوعی با زیرساخت‌های شهری هوشمند مانند چراغ‌های راهنمایی ترافیک و حسگرهای خیابان‌ها

ماخذ: دسته‌بندی نویسنده بر اساس منابع مورد مطالعه

۶- نتیجه‌گیری

بر اساس نیاز کاربران حمل و نقل خود سفرهای کردند برای کشف پیچیدگی‌های مقیاس‌پذیری این فناوری پیشنهاد می‌گردد. همچنین انجام تحقیقاتی در این حوزه جهت ایجاد تعادل بین بکارگیری هوش مصنوعی برای تسهیل زندگی، نکات اخلاقی و نظارت انسانی از نیازهای اصلی این شاخه علمی محسوب می‌گردد.

۷- منابع

Auer, A., Feese, S., Lockwood, S., & Hamilton, B. A. (2016). *History of intelligent transportation systems* (No. FHWA-JPO-16-329). United States. Department of Transportation. Intelligent Transportation Systems Joint Program Office.

Bazzan, A. L., & Klügl, F. (2022). *Introduction to intelligent systems in traffic and transportation*. Springer Nature.

Bimbrow, K. (2015, July). *Autonomous cars: Past, present and future a review of the developments in the last century, the present scenario and the expected future of autonomous*

حمل و نقل هوشمند بر پایه هوش مصنوعی مزایای بالقوه‌ای مانند کاهش ترافیک از طریق مسیریابی بهینه، افزایش ایمنی و مدیریت ترافیک را نشان داده است. با این حال، وابستگی‌های قابل توجه داده‌ها به سنجش، شبکه‌سازی، پردازش؛ نیاز به زیرساخت‌ها و مجموعه مهارت‌های پیشرفته و پیچیدگی همکاری انسان و هوش مصنوعی، کاربرد این فناوری نوین در مقیاس بزرگ را به چالش می‌کشد.

بیشتر ادبیات فعلی به جای پرداختن به ملاحظات اجرایی و دیدگاه‌های عمومی در رابطه با اخلاق داده‌ها، پاسخگویی الگوریتمی و... بر مفهوم سازی هوش مصنوعی تمرکز دارند. همچنین نگرانی‌های اجتماعی از جمله جایگزین شدن هوش مصنوعی به جای نیروی کار انسانی، نیاز به توجه بیشتری دارد. بنابراین برای تحقیقات آتی، بررسی نمونه‌های خاص از شهرهایی که هوش مصنوعی را



Kong, S. H., Lv, Y., Vu, H. L., Cano, J. C., Choi, J. W., Kum, D., & Morris, B. T. (2019). Guest editorial introduction to the special issue on intelligent transportation systems empowered by AI technologies. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(10), 3765-3770.

Kreutzer, R. T., Sirrenberg, M., Kreutzer, R. T., & Sirrenberg, M. (2020). Fields of application of artificial intelligence—Energy sector, smart home, mobility and transport. *Understanding Artificial Intelligence: Fundamentals, Use Cases and Methods for a Corporate AI Journey*, 195-210.

Nambiar, R., Shroff, R., & Handy, S. (2018, January). Smart cities: Challenges and opportunities. In *2018 10th international conference on communication systems & networks (COMSNETS)* (pp. 243-250). IEEE.

Parent, M. (2006). New technologies for sustainable urban transportation in Europe. *Transportation research record*, 1986(1), 78-80.

SAE International. (2021). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles.

Sebastian, H. J., & Nüßer, H. G. (2000, January). Introduction to the minitrack intelligent systems in traffic and transportation. In *Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences* (Vol. 3, pp. 2023-2023). IEEE Computer Society.

Sharma, V., Kumar, L., & Sergeyev, S. (2021). Recent Developments and Challenges in Intelligent Transportation Systems (ITS)—A Survey. *Intelligent Computing and Communication Systems*, 37-44.

Sussman, J. M. (2004). What we know now that we wish we knew then about intelligent transportation systems: A retrospective on the 1992 strategic plan. *Transportation research record*, 1886(1), 18-23.

vehicle technology. In 2015 12th international conference on informatics in control, automation and robotics (ICINCO) (Vol. 1, pp. 191-198). IEEE.

Biyik, C., Allam, Z., Pieri, G., Moroni, D., O'fraifer, M., O'connell, E., ... & Khalid, M. (2021). Smart parking systems: Reviewing the literature, architecture and ways forward. *Smart Cities*, 4(2), 623-642.

Boukerche, A., & Wang, J. (2020). Machine learning-based traffic prediction models for intelligent transportation systems. *Computer Networks*, 181, 107530.

Buzási, A., & Csete, M. (2015). Sustainability indicators in assessing urban transport systems. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 43(3), 138-145.

Curry, A., Hodgson, T., Kelnar, R., & Wilson, A. (2006). *Intelligent Infrastructure Futures: The Scenarios--Towards 2055*. Foresight Directorate, Office of Science and Technology.

Daganzo, C. F. (2010). Public Transportation Systems: Basic Principles of System Design, Operations Planning and Real-Time Control.

Ertel, W. (2018). Introduction to artificial intelligence. Springer.

Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *California management review*, 61(4), 5-14.

Hou, Z., Zhou, Y., & Du, R. (2016). Special issue on intelligent transportation systems, big data and intelligent technology. *Transportation Planning and Technology*, 39(8), 747-750.

Hui, F. U., Naiqi, W. U., & Gang, H. U. (2016). An Overview of Management and Optimization of Urban Transportation System. *Industrial Engineering Journal*, 19(1), 10.

Impedovo, D., & Pirlo, G. (2020). Artificial intelligence applications to smart city and smart enterprise. *Applied Sciences*, 10(8), 2944.



management system for urban areas. *Sensors*, 16(6), 931.

Vlahogianni, E. I. (2015). Computational intelligence and optimization for transportation big data: challenges and opportunities. *Engineering and Applied Sciences Optimization: Dedicated to the Memory of Professor MG Karlaftis*, 107-128.

Widdows, D., Lucas, J., Tang, M., & Wu, W. (2017, September). Grabshare: The construction of a realtime ridesharing service. In *2017 2nd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE)* (pp. 138-143). IEEE.

Sze, N. N., & Christensen, K. M. (2017). Access to urban transportation system for individuals with disabilities. *IATSS research*, 41(2), 66-73.

Vera-Gómez, J. A., Quesada-Arencia, A., García, C. R., Suárez Moreno, R., & Guerra Hernández, F. (2016). An intelligent parking



Abstract

Urban transportation systems are pivotal for economic growth, social connectivity, and environmental sustainability. However, rapid urbanization strains these systems with challenges like traffic, pollution, and insufficient infrastructure. This research examines the application of artificial intelligence (AI) in urban transportation systems. It identifies and reviews relevant literature to assess the opportunities and concerns related to large-scale adoption of AI in urban mobility. The goal is to inform technology and policy decisions to optimize AI integration for efficient, equitable, and sustainable transportation. Specifically, this review systematically selects and critically analyzes prior theoretical work in this nexus field. It synthesizes key findings into a comprehensive overview regarding the potential benefits and limitations of AI adoption in the urban context towards facilitating evidence-based planning and decision-making. With thoughtful governance, AI holds promise to transform legacy transportation systems into intelligent, responsive networks for thriving, connected cities. This research clarifies the state of knowledge to guide optimal realization of that vision.

Keywords: Urban Transportation System, Artificial Intelligence