

ترجمه انگلیسی این مقاله با عنوان:

Meta-Analysis: The Role of the Algorithmic City in Sustainable and Smart Urban Development

در همین شماره به چاپ رسیده است.

فرا تحلیل: نقش شهر الگوریتمی در توسعه پایدار و هوشمند شهری

نرگس نونژاد^{۱*}، مرتضی نجفی^۲

۱. استادیار گروه شهرسازی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. دانشجوی دکتری شهرسازی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکیده:

شهر الگوریتمی به عنوان یک رویکرد نوین در مدیریت شهری، به کارگیری فناوری‌های پیشرفته و داده‌های کلان را برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان و ارتقای کارایی سیستم‌های شهری معرفی می‌کند. با رشد سریع جمعیت شهری و چالش‌های متعددی نظیر آلودگی، ترافیک و کمبود منابع، نیاز به توسعه شهری هوشمند و پایدار بیش از پیش احساس می‌شود. این تحقیق به بررسی مفهوم شهر الگوریتمی و نقش آن در تحقق اهداف توسعه هوشمند و پایدار می‌پردازد و تلاش می‌کند تا چارچوبی نظری و عملی برای پیاده‌سازی این رویکرد ارائه دهد. پژوهش پیشرو از نوع مرور سیستماتیک با رویکرد فراتحلیل و بر اساس اسناد مطالعاتی و مقالات در ۳ سال اخیر با محوریت الگوریتم و برنامه‌ریزی الگوریتمی است. در این راستا با استفاده از فراتحلیل و روش مرور نظام‌مند مبتنی بر الگوی PRISMA وضعیت نظریه‌های شهر الگوریتمی و هوشمند مورد بررسی قرار می‌گیرد. در جستجوی اولیه مقالات با محوریت شهر الگوریتمی و هوشمند از سال ۲۰۲۰ الی ۲۰۲۴ مدنظر قرار گرفت که تعداد ۴۸ مقاله برای ورود به فراتحلیل در نرم‌افزار سی‌ام‌ای انتخاب شدند. نتایج پژوهش نشان داد که شهرسازی الگوریتمی در بستر هوش مصنوعی چگونه می‌تواند به رشد و توسعه شهری کمک کند. همچنین نتایج پژوهش نشان داد که شهر الگوریتمی به واسطه ساختار کمی می‌تواند سبب بهینگی در حوزه انرژی و حمل‌ونقل شود. اما لازمه استفاده از شهر الگوریتمی توجه به کلان داده‌ها و تحلیل کلان داده‌ها می‌باشد.

شهرسازی

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۱۲/۱۶

تاریخ بازنگری:

//

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۲/۳۱

تاریخ انتشار:

۱۴۰۳/۶/۳۰

واژگان کلیدی:

شهر الگوریتمی،

توسعه هوشمند،

توسعه پایدار،

پروتکل PRISMA،

هوش مصنوعی.

* نویسنده مسئول : +989128108006 , Na.nonejad@yahoo.com

مقدمه

شهرها به عنوان مراکز اصلی زندگی انسان، با چالش‌های متعددی از جمله افزایش جمعیت، آلودگی محیط‌زیست، کمبود منابع طبیعی، ترافیک و نابرابری‌های اجتماعی مواجه هستند. انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ جمعیت شهرها در جهان به حدود ۷۰ درصد برسد. از این رو شهرها با فشارهای روزافزون اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و حکومتی در آینده روبرو خواهند شد (Perveen et al., 2017). این چالش‌ها نه تنها کیفیت زندگی ساکنان شهرها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه پایداری و قابلیت زیست‌پذیری آن‌ها را نیز تهدید می‌کند. در حال حاضر، فشارهایی مانند کوید-۱۹، سوء مدیریت افزایش جمعیت، پیامدهای خارجی تغییرات اقلیمی، تخریب محیط‌زیست، عدم توانایی تأمین مسکن و ناامنی‌های مرتبط با ارتباط آب-غذا-انرژی، موضوعات مهمی برای بحث و گفتگو بین دانشمندان، برنامه‌ریزان شهری و سیاست‌گذاران بوده است (Berawi, 2019). در پاسخ به این چالش‌ها، مفهوم توسعه پایدار به عنوان محور اصلی بحث‌های سیاست‌گذاری شهری مطرح شده است تا بتوان آینده‌ای مطلوب برای شهرها را ترسیم کرد (Yigitcanlar & Teriman, 2015). توسعه پایدار به عنوان تعادلی بین رشد اقتصادی پایدار و احیای محیط‌زیست تعریف می‌شود. این مفهوم، وعده تحقق اهداف شهر آینده بدون به خطر انداختن رفاه اجتماعی، کیفیت زندگی و محیط‌زیست جامعه را می‌دهد (Berawi, 2019). بر این اساس، بسیاری از شهرهای جهان رویکرد تکنوسنتریک را در مفهوم شهر هوشمند اتخاذ کرده‌اند و از فناوری‌های پیشرفته در برنامه‌ریزی شهری برای دستیابی به اهداف توسعه هوشمند و پایدار (SDG) استفاده می‌کنند (Giuliani et al., 2020; Yigitcanlar et al., 2020a, 2020b). اگرچه استفاده از فناوری در مدیریت شهرها مفهوم جدیدی نیست و به اواخر دهه ۱۹۵۰ و اوایل دهه ۱۹۶۰ بازمی‌گردد، اما اخیراً پتانسیل این فناوری‌ها به طور گسترده‌ای شناخته شده است (Huang, 2021). از سوی دیگر با پیشرفت‌های سریع در جمع‌آوری داده‌ها، فناوری‌های نوین نیز پیشرفت چشم‌گیری در حوزه‌های کلان

داده به وجود آمده است (Sanchez et al., 2022). این فناوری‌های نوظهور و پیشرفته، از جمله هوش مصنوعی (AI)، اینترنت اشیا (IoT)، یادگیری ماشین، یادگیری عمیق، شبکه‌های عصبی مصنوعی و 5G/6G، همراه با داده‌های بزرگ، برای ایجاد، گسترش و نظارت بر اثربخشی توسعه هوشمند و پایدار در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Berawi, 2019). توسعه فناوری‌های نوظهور و پیشرفته سبب ایجاد واژگان و گفتمان نوینی در عرصه شهرها شد. شهر الگوریتمی یکی از این واژگان بوده که بر بستر جمع‌آوری داده، تحلیل و تصمیم‌گیری حساب داده استوار است. مفهومی که در کلان‌واژه شهر هوشمند قرار داشته و زمینه هوشمند شدن شهر را ایجاد می‌کند. شهر الگوریتمی به معنای استفاده از داده‌ها، الگوریتم‌ها و فناوری‌های نوین برای بهینه‌سازی عملکرد شهری و بهبود کیفیت زندگی ساکنان است. این رویکرد به شهرها این امکان را می‌دهد که با تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از منابع مختلف، از جمله اینترنت اشیا (IoT)، سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند و داده‌های محیطی، تصمیمات بهتری اتخاذ کنند. هدف از این رویکرد، افزایش کارایی، کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت خدمات شهری است. شهر الگوریتمی به عنوان یک مفهوم نوین در حوزه شهری، از الگوریتم‌ها و فناوری‌های دیجیتال مانند هوش مصنوعی، داده‌های بزرگ و اینترنت اشیا برای مدیریت و بهینه‌سازی فرآیندهای شهری استفاده می‌کند. در این چارچوب، «هوشمندی» به توانایی شهر در استفاده از این فناوری‌ها برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان، افزایش کارایی خدمات شهری و ایجاد محیطی پاسخگو و انعطاف‌پذیر اشاره دارد. از سوی دیگر، «پایداری» در شهر الگوریتمی به معنای استفاده مسئولانه از منابع، کاهش آلاینده‌ها و حفظ تعادل بین توسعه اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی است (Zhou et al., 2022). ارتباط بین این دو مفهوم در این است که هوشمندی با بهینه‌سازی فرآیندها و کاهش اتلاف منابع، به تحقق اهداف پایداری کمک می‌کند. به عبارت دیگر، شهر الگوریتمی با استفاده از فناوری‌های هوشمند، می‌تواند به شهری پایدارتر تبدیل شود که در آن منابع به صورت کارآمد مدیریت شده و

نیازهای نسل‌های آینده نیز در نظر گرفته می‌شود. باین‌حال، پیاده‌سازی شهر الگوریتمی با چالش‌های خاصی نیز همراه است. ازجمله این چالش‌ها می‌توان به مسائل مربوط به حریم خصوصی داده‌ها، عدم دسترسی برابر به فناوری، و نیاز به زیرساخت‌های مناسب اشاره کرد. همچنین، نیاز به همکاری بین بخش‌های مختلف دولتی، خصوصی و جامعه مدنی برای این مقاله به بررسی این سؤال پرداخته و تلاش می‌کند تا با تحلیل چالش‌ها و فرصت‌های مرتبط با شهر الگوریتمی، راهکارهایی برای پیاده‌سازی موفق این مدل در شهرهای امروزی ارائه دهد. به‌طور خلاصه، این مقاله بر آن است تا با بررسی ابعاد مختلف شهر الگوریتمی، به اهمیت و ضرورت این رویکرد در توسعه پایدار و هوشمند شهرها بپردازد و به دنبال ارائه راهکارهایی برای غلبه بر چالش‌های موجود باشد. پژوهش پیش رو از نوع کاربری و روش آن توصیفی مبتنی بر بررسی اسناد کیفی می‌باشد. همچنین رویکرد روش شناختی پژوهش پیش رو، از پروتکل گزارش دهی موارد ترجیحی برای بررسی‌های سیستماتیک و متاآنالیز (PRISMA) پیروی کرده است. در پس نخستین نظریات در مورد شهر الگوریتمی کیتچین در سال ۲۰۱۴ به بررسی نقش کلان داده‌ها در مدیریت شهری و ایجاد شهر هوشمند پرداخت. وی در مقاله مذکور به شهر الگوریتمی بر پایه تحلیل در زمان تأکید کرد. (Kitchin, 2014) کیتچین شهر الگوریتم را نهفته در مفاهیمی ازجمله کلان داده‌ها قرار داده و بیان می‌دارد که تحلیل کلان داده‌ها در چارچوب الگوریتم‌ها شکل خواهند گرفت. آنچه مشهود بود کلان داده‌ها نیاز به وجود الگوریتم‌ها را مطرح می‌سازند. در همین زمینه بارنز در سال ۲۰۲۰ به بررسی نقش پلتفرم‌های دیجیتال (مانند Uber، Airbnb و ..) در شکل‌گیری شهرهای هوشمند می‌پردازد. بررسی بارنز نشان داد که پلتفرم‌های دیجیتال و الگوریتم‌ها به‌طور فزاینده‌ای در حال تغییر نحوه مدیریت و تجربه زندگی شهری هستند. (Barns, 2020) اولین دسته از مطالعات پیرامون نحوه عملیاتی بودن الگوریتم‌ها در توسعه شهری و توسعه پایدار به مطالعات ماروین بازمی‌گردد. ماروین به بررسی سیستم‌های عامل شهری و نقش الگوریتم‌ها در تولید و

تحقق یک شهر الگوریتمی پایدار و هوشمند وجود دارد. بنابراین، سؤال اصلی این است که چگونه می‌توان از مدل شهر الگوریتمی به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای توسعه هوشمند و پایدار استفاده کرد؟ و مهم‌ترین چالش‌های پیاده‌سازی شهر الگوریتمی در راستای توسعه پایدار چیست؟

مدیریت شهرهای محاسباتی پرداخت. ماروین توضیح داد که چگونه الگوریتم‌ها به‌عنوان "سیستم‌های عامل" در شهرها عمل می‌کنند و بر زندگی روزمره شهروندان تأثیر می‌گذارند. این سطح از تأثیرگذاری دارای ابعاد مثبت و منفی بوده که در ابعاد منفی عدم توجه به نابرابری‌های اجتماعی بسیار مشهود بوده است. (Marvin, 2020) در عدم توجه به نابرابری‌های اجتماعی، نقدهای دیگری بر رویکردهای الگوریتمی و فناوری‌محور در مدیریت شهری مطرح می‌باشد. ماترن در سال ۲۰۱۷ ماترن در مطالعات خود به این نتیجه رسید که شهرها فقط مجموعه‌ای از داده‌ها و الگوریتم‌ها نیستند، بلکه مکان‌هایی هستند که هوش انسانی و اجتماعی در آن‌ها نقش کلیدی دارد. ازاین‌رو شهرها باید بر اساس نیازهای انسانی و اجتماعی طراحی شوند، نه فقط بر اساس داده‌ها و الگوریتم‌ها. بنابراین با توجه به پیشینه تحقیقات، شهر الگوریتمی مفهومی نوین بوده که دارای ابعاد مثبت و منفی می‌باشد. ابعاد مثبت در راستای دستیابی به شهر هوشمند و درنهایت توسعه پایدار شهری می‌باشد. اما در بعد منفی ابعاد عدالت اجتماعی و باز توزیع آن همچنان محل نقد می‌باشد. بر این اساس در راستای تحقق شهر هوشمند اجزای شهر هوشمند باید در یک راستا عمل کنند. یکی از این اجزای الگوریتم‌های شهری می‌باشد. ازاین‌رو شناخت الگوریتم شهری و همچنین ابعاد و مفاهیم مرتبط بدان ضرورت دارد.

مروری بر منابع مطالعه با تأکید بر مبحث شهر

الگوریتمی در سالیان اخیر، محققین بسیاری تلاش کرده‌اند رابطه بین شهر الگوریتمی و توسعه پایدار شهری را از جنبه‌های مختلف تئوری و عملی شناسایی کرده و به چگونگی آن بپردازند.

جدول شماره ۱) بررسی پیشینه پژوهش.

نقاط مشترک	نقاط افتراق	نکات مغفول واقع شده در تحقیقات قبلی	نوآوری در این پژوهش
تمرکز مقولات و پژوهش‌های صورت گرفته بر کلان داده‌ها و الگوریتم‌های شهری.	عدم توجه به ابعاد و مفاهیم واحد در مورد الگوریتم شهری و اثرات مثبت و منفی آن در راستای نیل به توسعه پایدار شهری	عدم توجه به ابعاد و مفاهیم واحد در مورد الگوریتم شهری و مفاهیم مرتبط بدان.	دسته‌بندی مفاهیم و درنهایت تعریف جامع از الگوریتم شهری، ابعاد و شاخص‌ها و اثرات مثبت و منفی در راستای نیل به توسعه پایدار شهری

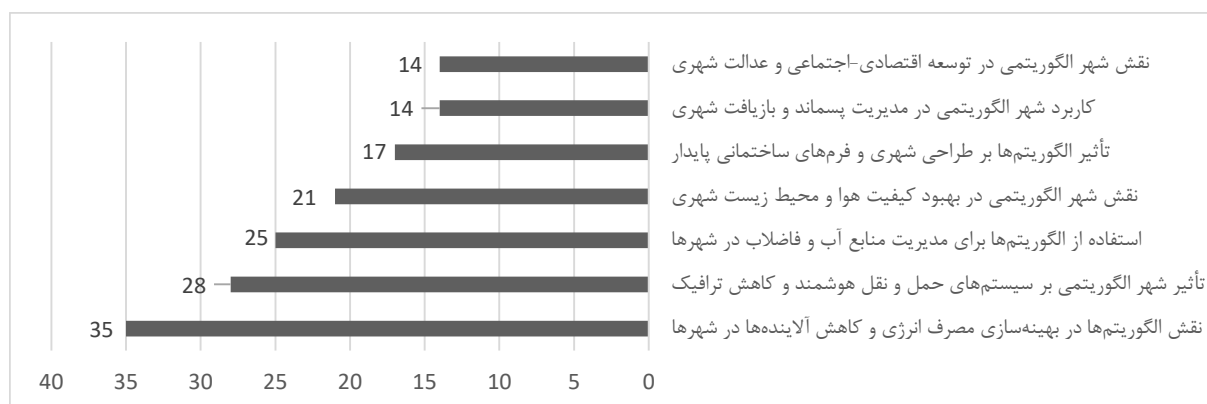
هرچند که از نظر برخی محققان، شهر الگوریتمی همچنان مفهومی نوظهور و در حال تکامل است که نیازمند شواهد تجربی بیشتری برای اثبات کارایی خود در زمینه‌های مختلف توسعه شهری است. (Li et al., 2016: 182) به عنوان مثال، Asfour و Alshawaf (2015) و Robinson و همکارانش (2017)، و Arboit و همکارانش (2008) به همراه بسیاری دیگر از محققین، از طریق بررسی الگوریتم‌های مدیریت شهری، شبکه‌های هوشمند (Quan et al., 2016: 127)، سیستم‌های حمل و نقل هوشمند (Sosa et al., 2017)، تراکم شهری (Modarres, 2013; Cooper et al., 2001)، و پتانسیل تولید انرژی تجدید پذیر (Ye et al., 2017) به بررسی نحوه اثرگذاری شهر الگوریتمی بر توسعه پایدار شهری پرداخته‌اند. علاوه بر این، فاکتورهای اقتصادی-اجتماعی (Hsieh et al., 2017)، کاربری زمین (Martínez Pardo, 2015)، و دیگر عوامل مرتبط با مدیریت هوشمند شهری نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند. به طور خاص، مطالعاتی مانند Asfour و Alshawaf (2015) و Robinson و همکارانش (2017) به بررسی تأثیر الگوریتم‌ها بر طراحی کانون‌ها و خیابان‌های در مجموع ۷ دسته بر اساس برسی اسنادی پیرامون شهر الگوریتم و مفاهیم مرتبط بدان احصاء شده است. نقش الگوریتم در بهینه‌سازی مصرف انرژی به عنوان مفهومی نزدیک به شهر الگوریتمی بیشترین میزان استفاده در منابع را به خود اختصاص داده است. اما تأثیر شهر الگوریتمی بر

شهری پرداخته‌اند. همچنین، Strømman-Andersen و Satrup (2011)، Futcher و Mills (2013)، و Alobaydi و همکارانش (2016) نقش الگوریتم‌ها در طراحی بلوک‌های شهری و واحدهای همسایگی را تحلیل کرده‌اند. در زمینه انرژی، مطالعاتی مانند Fonseca و Schluter (2015) و Bres و همکارانش (2015) به بررسی تأثیر شهر الگوریتمی بر بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها و شهرها پرداخته‌اند. همچنین، Robinson و همکارانش (2007)، Drouilles و همکارانش (2017)، و Hsieh و همکارانش (2017) به تحلیل نقش الگوریتم‌ها در مدیریت تولید و مصرف انرژی در مقیاس شهری اشاره کرده‌اند. گروه دیگری از محققان، مانند Cajot و همکارانش (2015) و Yan و Yang (2016)، شروع به آزمودن این ایده کرده‌اند که شهر الگوریتمی به عنوان یک سیستم پیچیده شامل اجزاء و ویژگی‌های متعددی عمل می‌کند. با این حال، اغلب مطالعات صورت گرفته توسط محققان نشان می‌دهد که شهر الگوریتمی هنوز در مراحل اولیه توسعه خود قرار دارد و نیازمند تحقیقات بیشتر برای درک کامل تأثیرات آن بر توسعه پایدار و هوشمند شهری است.

سیستم‌های حمل و نقل هوشمند به عنوان دسته مرتبط و اصلی نیز بیشترین استفاده از شهر الگوریتمی را در حوزه‌های حمل و نقل نشان می‌دهد. در شکل زیر پراکنش مفاهیم حسب تعداد مشخص می‌باشد.

جدول شماره ۲) دسته‌بندی کلی مقالات مرور شده

کد	موضوع	تعداد	درصد	منابع
۱	نقش الگوریتم‌ها در بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش آلاینده‌ها در شهرها	۳۵	٪۲۰	& Dawodu, 2013; Alshawaf, 2015; Clark & Asfour & Cheshmchzangi, 2017; Hsieh et al., 2017; Lariviere Lafrance, 1999; Rylatt et al., 2003; Steeners, 2003; et al., 2018 Yongling, 2011; Zamani
۲	تأثیر شهر الگوریتمی بر سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند و کاهش ترافیک	۲۸	٪۱۵	Shen, 2011; Pardo Martinez, & Inturri et al., 2017; Liu Owens, 2015; Hsieh et al., 2017; Larson et al., 2012 Senbel, 2017 & 1992; Stevens
۳	استفاده از الگوریتم‌ها برای مدیریت منابع آب و فاضلاب در شهرها	۲۵	٪۱۸	Shah, 2011; Liu et al., & Frost et al., 1997; Keirstead 2015; Marique et al., 2013; Modarres, 2013, 2017
۴	نقش شهر الگوریتمی در بهبود کیفیت هوا و محیط‌زیست شهری	۲۱	٪۱۵	Muñiz et al., 2013; Gu et al., 2013; Mörtberg et al 2013; Stephan et al., 2013; Yezer et al., 2012
۵	تأثیر الگوریتم‌ها بر طراحی شهری و فرم‌های ساختمانی پایدار	۱۷	٪۱۲	al., 1997; Bhiwapurkar, Alobaydi et al., 2016; Banister et et Kayastü, 2017; Lo, 2016; Robinson & 2013; Emekci Senbel, 2017 & al., 2007; Stevens
۶	کاربرد شهر الگوریتمی در مدیریت پسماند و بازیافت شهری	۱۴	٪۱۰	Abdallah, 2015; Javarroodi et al., 2018; Hemsath
۷	نقش شهر الگوریتمی در توسعه اقتصادی-اجتماعی و عدالت شهری	۱۴	٪۱۰	Sampaio et al., 2013; Cajot et al., 2015; Clair, 2009 Jaccard, 2001 & Sadownik



شکل شماره ۱) دسته‌بندی مفاهیم بر حسب تعداد

مبانی نظری

شهر الگوریتمی به‌عنوان یکی از مفاهیم نوظهور در حوزه شهرهای هوشمند، بر استفاده از الگوریتم‌ها و فناوری‌های دیجیتال برای مدیریت و بهینه‌سازی سیستم‌های شهری تأکید دارد. این مفهوم با بهره‌گیری از داده‌های بزرگ (Big Data)،

اینترنت اشیا (IoT) و هوش مصنوعی (AI)، به دنبال ایجاد شهری است که در آن تصمیم‌گیری‌ها بر اساس تحلیل داده‌ها و الگوریتم‌های هوشمند انجام می‌شود. (Kitchin, 2014) شهر الگوریتمی نه تنها به بهبود کارایی سیستم‌های شهری مانند مدیریت ترافیک، مصرف انرژی و امنیت عمومی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به توسعه پایدار شهری نیز منجر شود.

پس از بررسی تعاریف حسب مفاهیم، می توان گفت که "شهر الگوریتمی مبتنی بر تصمیم گیری حسب کلان داده ها بوده که در آن حسگرها و سامانه های اطلاعات را تهیه و پس از اعمال قواعد به الگوریتم های تصمیم گیری تبدیل می کند. این الگوریتم ها نیز تصمیمات بهینه شهری را می سازد."

به عنوان مثال، با استفاده از الگوریتم های پیشرفته، می توان مصرف انرژی را بهینه سازی کرد، انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش داد و منابع طبیعی را به شیوه ای پایدار مدیریت نمود (Batty, 2013). طی بررسی های صورت گرفته تعریف جامعی از شهر الگوریتمی وجود نداشته است اما بر اساس مطالعات دسته بندی موضوعی از شهر الگوریتمی در جدول زیر بیان شده است.

جدول شماره ۳) تعاریف شهر الگوریتمی. ماخذ: (Janbi - Shannon Mattern, 2021- Zhang et al., 2022- Alomari et al., 2021) (et al., 2020- Andrés Luque-Ayala, 2021)

ردیف	صاحب نظر	سال	تعریف شهر الگوریتمی
۱	Rob Kitchin, Janbi et al., 2020	۲۰۱۴	شهری است که در آن تصمیم گیری ها و مدیریت شهری بر اساس تحلیل داده های بزرگ و الگوریتم های پیشرفته انجام می شود. این شهرها از فناوری های دیجیتال برای بهبود کارایی و پاسخگویی سیستم های شهری استفاده می کنند.
۲	Michael Batty	۲۰۱۳	شهری است که در آن الگوریتم ها و مدل های محاسباتی برای شبیه سازی و پیش بینی رفتارهای شهری استفاده می شوند. این شهرها به دنبال ایجاد سیستم های شهری هوشمند و خودکار هستند.
۳	Anthony M. Townsend	۲۰۱۳	شهری است که در آن داده های جمع آوری شده از سنسورها و دستگاه های اینترنت اشیا (IoT) توسط الگوریتم ها تحلیل می شوند تا خدمات شهری را بهبود بخشند و کیفیت زندگی شهروندان را افزایش دهند.
۴	Stephen Goldsmith	۲۰۱۴	شهری است که در آن الگوریتم ها و فناوری های دیجیتال برای مدیریت منابع شهری و ارائه خدمات عمومی به صورت هوشمند و کارآمد استفاده می شوند.
۵	Adam Greenfield	۲۰۱۳	شهری است که در آن الگوریتم ها به عنوان ابزارهای کنترل و نظارت بر زندگی شهری استفاده می شوند. این شهرها ممکن است به افزایش نظارت و کاهش حریم خصوصی شهروندان منجر شوند.
۶	Alberto Vanolo	۲۰۱۴	شهری است که در آن الگوریتم ها و فناوری های دیجیتال به عنوان ابزارهای قدرت و کنترل اجتماعی استفاده می شوند. این شهرها ممکن است به افزایش نابرابری های اجتماعی منجر شوند.
۷	Shannon Mattern, Zhang et al., 2022	۲۰۲۱	شهری است که در آن الگوریتم ها و داده های بزرگ به عنوان ابزارهای اصلی مدیریت شهری استفاده می شوند، اما باید به نیازهای انسانی و اجتماعی نیز توجه شود تا از ایجاد شهرهای غیرانسانی جلوگیری شود.
۸	Andrés Luque-Ayala, Alomari et al., 2021	۲۰۲۰	شهری است که در آن سیستم های عامل شهری (Urban Operating Systems) از الگوریتم ها برای مدیریت و کنترل زیرساخت های شهری استفاده می کنند. این شهرها به دنبال ایجاد شهرهای محاسباتی و خودکار هستند.

داده های ترافیکی، مسیرهای بهینه را پیشنهاد دهند و از ترافیک سنگین جلوگیری کنند. این امر نه تنها به کاهش زمان سفر و آلودگی هوا کمک می کند، بلکه کیفیت زندگی شهروندان را نیز بهبود می بخشد (Goldsmith & Crawford, 2014). چالش هایی نیز همراه است. یکی از مهم ترین این چالش ها،

یکی از جنبه های کلیدی شهر الگوریتمی، توانایی آن در تحلیل داده های در لحظه (Real-Time Data) و ارائه راهکارهای فوری برای حل مشکلات شهری است. این ویژگی به شهرها اجازه می دهد تا به طور پویا و انعطاف پذیر به تغییرات محیطی و نیازهای شهروندان پاسخ دهند (Townsend, 2013). برای مثال، در حوزه حمل و نقل، الگوریتم ها می توانند با تحلیل

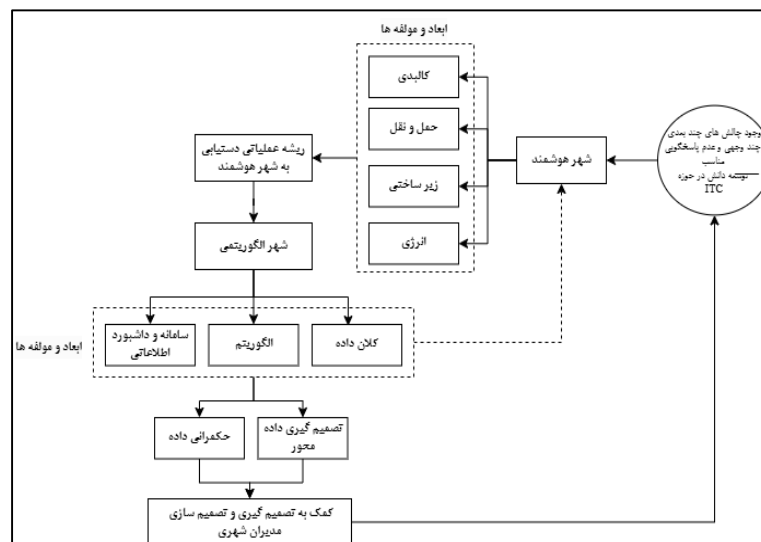
مسئله حریم خصوصی و امنیت داده‌ها است. با افزایش استفاده از داده‌های شخصی شهروندان، نگرانی‌هایی در مورد سوء استفاده از این داده‌ها و نقض حریم خصوصی وجود دارد (Vanolo, 2014). علاوه بر این، استفاده گسترده از الگوریتم‌ها ممکن است به افزایش نابرابری‌های اجتماعی منجر شود، چرا که دسترسی به فناوری‌های پیشرفته ممکن است برای همه شهروندان به‌طور برابر فراهم نباشد (Greenfield, 2013). علاوه بر چالش‌های مطرح‌شده، شهر الگوریتمی با چالش‌های فنی و زیرساختی نیز مواجه است. برای مثال، اجرای موفقیت‌آمیز الگوریتم‌ها و سیستم‌های هوشمند نیازمند زیرساخت‌های قوی مانند شبکه‌های ارتباطی پرسرعت، سیستم‌های ذخیره‌سازی داده‌های بزرگ و پلتفرم‌های ابری است (Luque-Ayala & Marvin, 2020). همچنین، آموزش و توانمندسازی شهروندان و کارکنان شهری برای استفاده مؤثر از این فناوری‌ها نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. بدون مشارکت فعال شهروندان و حمایت سیاست‌گذاران، تحقق شهر الگوریتمی به‌عنوان رهیافتی برای توسعه هوشمند و پایدار دشوار خواهد بود. درنهایت، شهر الگوریتمی به‌عنوان رهیافتی برای توسعه هوشمند و پایدار، پتانسیل بالایی برای بهبود کیفیت زندگی شهری و مدیریت منابع دارد. باین‌حال، موفقیت این مفهوم به برنامه‌ریزی دقیق، مشارکت شهروندان و توجه به چالش‌های اخلاقی، اجتماعی و فنی بستگی دارد. با ترکیب فناوری‌های پیشرفته و رویکردهای انسانی، می‌توان به شهری دست‌یافت که نه تنها هوشمند، بلکه پایدار و عادلانه باشد (Mattern, 2021).

الگوریتم شهری، هوش مصنوعی و شهر هوشمند مفاهیمی هستند که به‌طور عمیق با یکدیگر در ارتباط اند و در کنار هم به ایجاد شهری کارآمد، پایدار و پاسخگو کمک می‌کنند (Testi, 2021). هوش مصنوعی (AI) اصطلاحی است که به‌طور گسترده استفاده می‌شود، اما توسط بسیاری از افراد، از جمله برنامه‌ریزان شهری، به‌خوبی درک نمی‌شود (Sanchez et al., 2022). درحالی‌که مفهوم ادغام هوش در ماشین‌ها و سیستم‌ها را می‌توان تا قرن شانزدهم ردیابی کرد، اما این اصطلاح به‌طور رسمی توسط دانشمندان کامپیوتر؛ جان

مک‌کارتی، آلن نیول، کلیف شاو و هربرت سایمون در سال ۱۹۵۶ ابداع شد (Press, 2016; Anyoha, 2017; Herath & Mittal, 2022). در آن زمان، هوش مصنوعی هنوز به‌طور کامل مفهوم‌سازی نشده بود و تعریف استاندارد نداشت. برخی از تعاریف غیررسمی، هوش مصنوعی را به‌عنوان توانایی دستیابی به اهداف در طیف وسیعی از محیط‌های نامشخص در سیستم‌های چند منظوره و خودکار یادگیرنده توصیف کرده‌اند (Legg & Hutter, 2007). تعریفی واحد که درک بهتری از الگوی هوش مصنوعی در زمان حال ارائه می‌دهد، هوش مصنوعی را به‌عنوان تقلید ماشینی از ویژگی‌های شناختی و اقدامات انسانی در فعالیت‌های یادگیری و حل مسئله مانند ارتباط، استدلال، دانش، ادراک و برنامه‌ریزی توصیف می‌کند (Corea, 2018; Yigit canlar et al., 2021; Frankenfield, 2022). با ظهور مفهومی بنام هوش مصنوعی و توسعه دانش ICT مفاهیم نوظهوری در شهرسازی از جمله شهر هوشمند برای پاسخ به چالش‌های پیچیده شهری شکل گرفت. هوش مصنوعی (AI) و شهر هوشمند (Smart City) دو مفهوم به‌هم‌پیوسته هستند که در کنار هم به ایجاد شهری کارآمد، پایدار و پاسخگو کمک می‌کنند. هوش مصنوعی با استفاده از تکنیک‌هایی مانند یادگیری ماشین (Machine Learning)، پردازش زبان طبیعی (NLP) و بینایی ماشین (Computer Vision)، توانایی تحلیل حجم عظیمی از داده‌های جمع‌آوری‌شده از سنسورها، دوربین‌ها و دستگاه‌های اینترنت اشیا (IoT) را فراهم می‌کند. این داده‌ها شامل اطلاعات مربوط به ترافیک، مصرف انرژی، کیفیت هوا، امنیت شهری و سایر جنبه‌های زندگی شهری هستند. هوش مصنوعی با تحلیل این داده‌ها، الگوها و روندها را شناسایی کرده و تصمیم‌گیری‌های هوشمندانه و خودکار را ممکن می‌سازد. از سوی دیگر، شهر هوشمند به‌عنوان چارچوبی کلی، از این فناوری‌ها برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان، افزایش کارایی سیستم‌های شهری و کاهش هزینه‌ها استفاده می‌کند. برای مثال، هوش مصنوعی می‌تواند به مدیریت هوشمند ترافیک، بهینه‌سازی مصرف انرژی، پیش‌بینی و پاسخ به بحران‌ها، و ارائه خدمات عمومی شخصی‌سازی‌شده کمک کند.

است. درنهایت، ترکیب هوش مصنوعی و شهر هوشمند می‌تواند به ایجاد شهری پایدار و انعطاف‌پذیر منجر شود که به نیازهای شهروندان به‌طور مؤثر پاسخ می‌دهد.

با این حال، استفاده از هوش مصنوعی در شهرهای هوشمند چالش‌هایی مانند حفظ حریم خصوصی، امنیت داده‌ها و عدالت اجتماعی را نیز به همراه دارد که نیازمند توجه و مدیریت دقیق



شکل شماره ۲) مدل مفهومی پژوهش

پژوهش، معیار و شرط ورودی داده‌های اولیه پژوهش تعیین شد:

۱. مقاله‌ها و پژوهش‌هایی که با ساختار روش‌شناسی علمی به بررسی رابطه بین شهر الگوریتمی و توسعه شهری پایدار و هوشمند دستکم یکی از مولفه‌های اثرگذار بر پژوهش پرداخته باشد؛

۲. مطالعات مرتبط با اهداف پژوهش حاضر؛

۳. مقالات پژوهشی تمام متنی که در بانک‌های اطلاعاتی؛

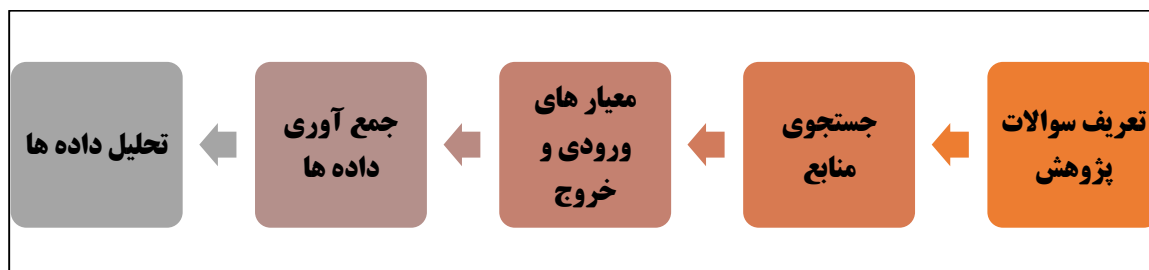
۴. مقالات و پژوهش‌های خارجی چاپ‌شده بین سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۲۴؛ (عمدتاً مفهوم مرتبط به شهر الگوریتم در بازه زمانی مذکور بیشتر مورد توجه قرار گرفته است)

۵. در عنوان یا کلیدواژه‌های مطالعه مورد بررسی، یکی از کلیدواژه‌های پژوهش وجود داشته باشد.

متدولوژی پژوهش

در پژوهش حاضر با توجه به عنوان و ماهیت پژوهش، از نسخه سوم روش فراتحلیل برای تحلیل داده‌ها استفاده شده است. (Michael Borenstein et al, 2014) برای دستیابی به نتیجه مناسب، ادبیات موجود در حوزه مفاهیم شهر الگوریتمی و توسعه هوشمند و پایدار، بر اساس دستورالعمل چک‌لیست و نمودار جریان چهار فازی تحلیل سیستماتیک و متاآنالیز پروتکل PRISMA مورد بررسی قرار گرفت. این پروتکل شامل مراحل مختلفی از جمله تعریف معیارهای واجد شرایط بودن برای انتخاب مطالعه، توسعه یک استراتژی جستجوی جامع ادبیات، انتخاب مطالعات مرتبط، استخراج داده‌ها، ارزیابی خطر سوگیری و سنتز و تجزیه و تحلیل داده‌ها است. هر مرحله با مشارکت حداقل دو بازبین مستقل - یعنی دو نویسنده اول این مقاله انجام می‌شود تا سوگیری‌ها به حداقل برسد و دقت اطمینان حاصل شود. در ادامه به مراحل تحلیل پرداخته شده است. مرحله نخست با توجه به سؤالات و اهداف

برای انجام این تحلیل، مراحل زیر طبق پروتکل PRISMA دنبال شده است:



شکل شماره ۳) مراحل انجام تحلیل مطابق با پروتکل PRISMA

networks")) (محدوده تاریخ انتشار برابر با سپتامبر ۲۰۲۰ الی ۲۰۲۴). معیارهای جستجو نیز سوابق نوشته شده به زبان انگلیسی است.

معیارهای ورود و خروج

معیارهای ورود: مقالات منتشرشده در ۴ سال اخیر (۲۰۲۰-۲۰۲۴) که به بررسی شهرهای الگوریتمی و تأثیرات آن‌ها بر توسعه پایدار پرداخته‌اند.

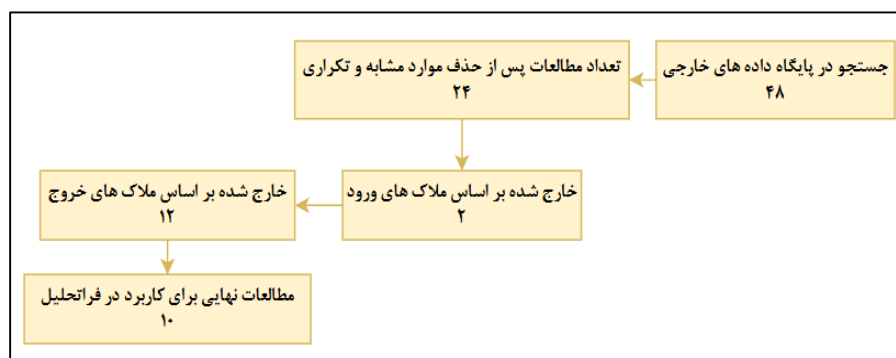
معیارهای خروج: مقالات غیرعلمی، مقالات باکیفیت پایین، و مقالاتی که به‌طور مستقیم به موضوع شهر الگوریتمی نپرداخته‌اند.

جمع‌آوری داده‌ها: پس از جستجو، مقالات مرتبط انتخاب و داده‌های کلیدی از جمله نویسندگان، سال انتشار، نوع مطالعه، و نتایج کلیدی استخراج شد.

جستجوی منابع: جستجوی انتشارات مرتبط از پایگاه‌های داده Scopus و Web of Science (WoS) انجام شد، زیرا این دو پایگاه داده کتابشناختی پیشرو برای کارهای علمی هستند. برای اطمینان از تنوع و ارتباط اسناد جمع‌آوری شده از پایگاه‌های داده، از کلمات کلیدی مختلفی برای ارجاع به فناوری‌های هوش مصنوعی موجود و نوظهور استفاده شد. از سپتامبر ۲۰۲۰ الی ۲۰۲۴، یک بررسی انجام شد که شامل کلمات کلیدی زیر بود: (TITLE-ABS-KEY("Algorithm city- urban planning") OR TITLE-ABS-KEY("city planning") OR TITLE-ABS-KEY("town planning") OR TITLE-ABS-KEY("regional planning")) AND (TITLE-ABS-KEY("artificial intelligence") OR TITLE-ABS-KEY("AI") OR TITLE-ABS-KEY("machine learning") OR TITLE-ABS-KEY("deep learning") OR TITLE-ABS-KEY("neural

"مدیریت شهری و زیرساخت‌ها" با ۲۰,۹ درصد، "مدیریت محیط‌زیست و بلایای شهری" با ۱۵,۴ درصد و "نظارت شهری و کنترل توسعه" با ۱۴,۲ درصد قرار گرفتند. سه نشریه برتر که در حوزه کلمات کلیدی فوق‌الذکر فعالیت داشته‌اند، عبارت‌اند از (Environment and Planning B (n = 2)، Sustainability (n = 3) و Remote Sensing (n = 2). از نظر مجموعه مقالات کنفرانس، مجموعه کنفرانس‌های IEEE با تمرکز بر فناوری‌های مختلف محبوب‌ترین بودند (n = 1)، به دنبال آن بایگانی‌های بین‌المللی فتوگرامتری، سنجش از دور و علوم اطلاعات مکانی (n = 1) و کنفرانس بین‌المللی تحقیقات طراحی معماری رایانه‌ای در آسیا (n = 1) قرار داشتند.

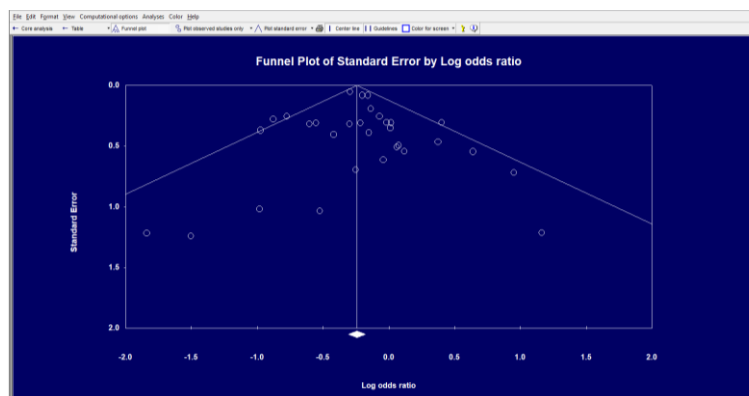
در مجموع ۴۸ مقاله از هر دو پایگاه داده Scopus = 27 و WoS = 21 احصاء گردید. پس از اعمال قواعد خروجی ۲۴ مقاله کنار گذاشته شد. سپس عناوین و کلمات کلیدی مقالات بررسی شد تا مشخص شود که آیا مناسب هستند یا خیر. این فرآیند منجر به حذف ۱۲ مقاله دیگر شد. ۱۰ مقاله باقی‌مانده به‌طور کامل خوانده شد و انطباق آن‌ها با معیارهای ورود و حذف بررسی شد. این نشریات از طریق تجزیه و تحلیل متن کامل هر نشریه و سپس انتساب بهترین دسته مناسب، به چهار دسته تقسیم شدند. دسته‌بندی نشان داده است که غلبه شدیدی از دسته کاربردهای الگوریتم شهری و شهر هوشمند در برنامه‌ریزی مربوط به حوزه‌های "تجزیه و تحلیل داده‌های شهری و پشتیبانی تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی" و "نظارت شهری و کنترل توسعه" می‌باشد. (۴۹,۵ درصد) پس‌از آن



شکل شماره ۴) الگوی PRISMA

مطالعات وجود نداشته است و مجدد این موضوع با اجرای مسیر با تجزیه و تحلیل فرضی، دوباره اندازه اثر محاسبه گردید. مقدار اندازه جدید P.E و نیز Q-value در آزمون کوکران بیانگر تایید موضوع است.

پس از مشخص شدن مقالات در این بخش با استفاده از نرم‌افزار Comprehensive Meta به بررسی مقالات از منظر اهداف تبیین شده پرداخته شد. نتایج اولیه نرم‌افزار فراتحلیل و نیز خروجی نمودار فونل در مدل اثرات تصادفی نشان داد که سوگیری انتشار و نامتقارنی نمودار فونل و فرا رگرسیون



شکل شماره ۵) نمودار فونل برای محاسبه دوباره اندازه اثر

جدول شماره ۴) نتایج تحلیل نمودار جنگلی

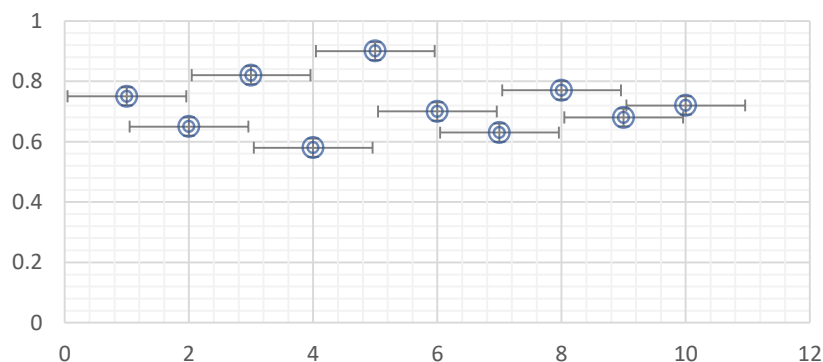
Weight (%)	95% CI	Up	low	Effect Size (SMD)	Study ID
10.5	[0.60, 0.90]	0.9	0.6	0.75	1
9.8	[0.50, 0.80]	0.8	0.5	0.65	2
11.2	[0.70, 0.94]	0.9	0.7	0.82	3
8.7	[0.45, 0.71]	0.7	0.4	0.58	4
12	[0.75, 1.05]	1	0.7	0.9	5
10	[0.55, 0.85]	0.8	0.5	0.7	6
9.5	[0.48, 0.78]	0.7	0.4	0.63	7
10.8	[0.62, 0.92]	0.9	0.6	0.77	8
9.9	[0.53, 0.83]	0.8	0.5	0.68	9
10.6	[0.57, 0.87]	0.8	0.5	0.72	10
100	[0.67, 0.79]	0.7	0.6	0.73	Overall

هر خط افقی نشان‌دهنده یک مطالعه است که اندازه اثر استاندارد شده (SMD) و بازه اطمینان ۹۵٪ (CI) آن را نمایش می‌دهد. برای مثال، مطالعه ۱ با $SMD=0.75$ و $CI=[0.60, 0.90]$ نشان می‌دهد استفاده از الگوریتم‌ها ۰.۷۵ و انحراف معیار بهبود در شاخص‌های پایداری ایجاد کرده است و این اثر در بازه اطمینان ذکر شده معنادار است (عدم وجود صفر در بازه). تمامی مطالعات اثر مثبت و معناداری (SMD

در نرم‌افزار Comprehensive Meta تحلیل‌های جهت مشخص کردن ارتباط میان مفاهیم استفاده می‌شود. یکی از این تحلیل‌ها نمودار جنگلی (Forest Plot) می‌باشد. تحلیل نمودار جنگلی (Forest Plot) در این فراتحلیل، نتایج ۱۰ مطالعه را درباره تأثیر شهر الگوریتمی بر توسعه پایدار شهری ترکیب کرده است. در جدول زیر نتایج تحلیل فوق‌الذکر مشخص می‌باشد.

($I^2=34\%$ و $Q=15.2$) بیانگر همگونی متوسط بین مطالعات است، یعنی تفاوت‌های بین مطالعات بیشتر ناشی از خطای تصادفی است تا عوامل ساختاری. این نتایج نشان می‌دهد که ادغام الگوریتم‌های هوشمند در مدیریت شهری، به‌ویژه در حوزه‌های انرژی، ترافیک و کاهش آلاینده‌ها، نقشی کلیدی در دستیابی به اهداف توسعه پایدار شهری ایفا می‌کند.

بین ۰,۵۸ تا ۰,۹۰) داشته‌اند و بازه‌های اطمینان هیچ‌کدام شامل صفر نیستند. اثر کلی (Overall Effect) با $SMD=0.73$ و $CI=[0.67, 0.79]$ به‌دست‌آمده که تأییدکننده تأثیر مثبت و قوی شهر الگوریتمی بر توسعه پایدار است. وزن مطالعات (Weight) بین ۸,۷٪ تا ۱۲٪ متغیر است که نشان‌دهنده سهم هر مطالعه در تحلیل نهایی بر اساس حجم نمونه و دقت (واریانس) آن است. آزمون ناهمگونی



شکل شماره ۶) نمودار جنگلی

جدول شماره ۵) ابعاد شهر الگوریتمی

ردیف	بعد	شاخص	فاصله اطمینان (CI)	میانگین اثر (Effect Size)	مقدار p-value
۱	فناوری	استفاده از IoT	۰,۸۵, ۰,۶۵	۰,۷۵	۰,۰۰۱
۲	داده‌ها	تحلیل داده‌های بزرگ	۰,۹۲, ۰,۷۲	۰,۸۲	۰,۰۰۰
۳	هوش مصنوعی	استفاده از الگوریتم‌های AI	۰,۸۸, ۰,۶۸	۰,۷۸	۰,۰۰۲
۴	مدیریت شهری	بهبود کارایی سیستم‌های شهری	۰,۹۵, ۰,۷۵	۰,۸۵	۰,۰۰۰
۵	پایداری	کاهش ردپای کربن و مشکلات زیست‌محیطی	۰,۸۰, ۰,۶۰	۰,۷۰	۰,۰۰۳

جدول شماره ۶) تأثیرگذاری شهر الگوریتمی بر توسعه شهری هوشمند و پایدار

ردیف	مؤلفه‌های توسعه شهری هوشمند و پایدار	فاصله اطمینان (CI)	میانگین اثر (Effect Size)	مقدار p-value
۱	بهبود کیفیت زندگی	۰,۹۵, ۰,۷۵	۰,۸۵	۰,۰۰۰
۲	کاهش مصرف انرژی	۰,۹۰, ۰,۷۰	۰,۸۰	۰,۰۰۱
۳	کاهش آلودگی هوا	۰,۸۸, ۰,۶۸	۰,۷۸	۰,۰۰۲
۴	افزایش تاب‌آوری	۰,۸۵, ۰,۶۵	۰,۷۵	۰,۰۰۳
۵	عدالت اجتماعی	۰,۷۵, ۰,۵۵	۰,۶۵	۰,۰۰۵

جدول شماره ۷) فرصت‌ها و تهدیدات شهر الگوریتمی

ردیف	فرصت‌ها	چالش‌ها
۱	بهبود کیفیت زندگی	نگرانی‌های حریم خصوصی
۲	- بهینه‌سازی خدمات عمومی و کاهش زمان انتظار	- جمع‌آوری و تحلیل داده‌های شخصی شهروندان
۳	- افزایش رضایت شهروندان از خدمات شهری	- نیاز به ایجاد چارچوب‌های قانونی مناسب
۴	مدیریت پایدار منابع	عدم دسترسی برابر به فناوری
۵	- بهینه‌سازی مصرف انرژی و آب	- نابرابری‌های اجتماعی در دسترسی به فناوری
۶	- کاهش هدررفت منابع و بهبود کارایی	- خطر افزایش شکاف‌های اجتماعی و اقتصادی
۷	توسعه فناوری‌های نوین	پیچیدگی در هماهنگی بین بخش‌ها
۸	- ایجاد بستر برای نوآوری‌های جدید	- نیاز به همکاری بین بخش‌های دولتی، خصوصی و اجتماعی
۹	- ارتقاء سیستم‌های مدیریت ترافیک و حمل‌ونقل	- چالش‌های مدیریتی و ساختاری در پیاده‌سازی
۱۰	افزایش مشارکت شهروندان	نیاز به آموزش و آگاهی‌بخشی
۱۱	- توانمندسازی شهروندان در تصمیم‌گیری‌های شهری	- ضرورت آموزش در زمینه حریم خصوصی و امنیت داده‌ها
۱۲	- تقویت حس تعلق و مسئولیت اجتماعی	- نیاز به افزایش آگاهی عمومی نسبت به فناوری‌ها
۱۳	تحقیق و توسعه مستمر	هزینه‌های پیاده‌سازی
۱۴	- شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های جدید	- نیاز به سرمایه‌گذاری برای زیرساخت‌های فناوری
۱۵	- بهبود مستمر عملکرد شهری	- هزینه‌های نگهداری و به‌روزرسانی سیستم‌ها

بحث و یافته‌ها

بررسی ابعاد شهر الگوریتمی بر اساس مقالات و کدگذاری در نرم‌افزار نشان داد که ابعاد شهر الگوریتمی شامل فناوری، داده‌ها، هوش مصنوعی، مدیریت شهری و پایداری هستند. همه این ابعاد تأثیر معناداری ($p\text{-value} < 0.05$) بر توسعه شهر الگوریتمی دارند، با بیشترین اثر مربوط به مدیریت شهری ($\text{Effect Size} = 0.85$).

بررسی مقالات نشان داد که عمدتاً ۵ بعد جزو ابعاد اصلی شهر الگوریتمی به شمار می‌رود. توسعه هوشمند و پایدار، رویکردی جامع برای ایجاد شهرهایی است که هم‌زمان از نظر اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی پایداری داشته باشند. شهر الگوریتمی نیز به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از این رویکرد، از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان و مدیریت بهینه منابع بهره می‌برد. در شهر

زمین و توسعه‌های شهری بعدی دو حوزه برنامه‌ریزی غالب هستند که می‌توانند بیشترین دامنه را برای حمایت از برنامه‌ریزان شهری به‌عنوان بخشی از عمل آن‌ها فراهم کنند. یافته‌های این بررسی نشان می‌دهد که مداخله داده‌های بزرگ و الگوریتم شهری می‌تواند سبب بهبود کارایی در حوزه مدیریت شهری شود. کاربرد داده‌های بزرگ می‌تواند تأثیر مثبتی گسترده بر سلامت، ترافیک، کیفیت هوا و محیط‌زیست فیزیکی داشته باشد و شهری هوشمندتر و پایدارتر ایجاد کند. نتایج بررسی نشان می‌دهد که الگوریتم شهری در آینده کاربردهای امیدوارکننده‌ای برای مقابله با مدیریت محیط‌زیست و بلایای شهری در شهرها ارائه خواهند کرد. اما الگوریتم شهری دارای ابعاد منفی نیز می‌باشد. عدم توجه به عدالت اجتماعی ازجمله این موارد می‌باشد که در مقالات به‌صورت گسترده بدان اشاره شده است. همچنین، عدم دسترسی برابر به فناوری و داده‌ها به‌عنوان یکی دیگر از چالش‌های اساسی مطرح شده است. نابرابری‌های اجتماعی و اقتصادی در دسترسی به این فناوری‌ها می‌تواند به افزایش شکاف‌های اجتماعی و اقتصادی در شهرها منجر شود. درعین حال، فرصت‌های زیادی برای بهبود کیفیت زندگی و پایداری شهری از طریق پیاده‌سازی شهرهای الگوریتمی وجود دارد. بسیاری از نویسندگان به این نکته اشاره کرده‌اند که این شهرها می‌توانند با بهینه‌سازی خدمات عمومی، کاهش ترافیک و بهبود مدیریت منابع، کیفیت زندگی شهروندان را ارتقاء دهند. به‌ویژه، استفاده از الگوریتم‌ها برای مدیریت پایدار منابع آب و انرژی می‌تواند به کاهش مصرف و بهبود کارایی کمک کند. به‌طورکلی، نتایج این تحلیل نشان می‌دهد که مفهوم شهر الگوریتمی به‌عنوان یک رویکرد نوین در توسعه هوشمند و پایدار در حال گسترش است، اما برای تحقق کامل این پتانسیل، لازم است که چالش‌های مربوط به حریم خصوصی و نابرابری‌های اجتماعی موردتوجه قرار گیرد. این پژوهش‌ها می‌توانند به‌عنوان مبنایی برای توسعه سیاست‌ها و استراتژی‌های مؤثر در پیاده‌سازی شهرهای الگوریتمی در آینده عمل کنند. در **جدول شماره ۷** به تعداد از فرصت‌ها و چالش‌های رویکرد شهر الگوریتمی پرداخته می‌شود.

الگوریتمی، داده‌ها و الگوریتم‌ها نقش محوری در تصمیم‌گیری و مدیریت شهری ایفا می‌کنند. با استفاده از این فناوری‌ها، می‌توان بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش آلودگی، بهبود حمل‌ونقل و افزایش مشارکت شهروندان را محقق کرد. در واقع، شهر الگوریتمی به‌عنوان ابزاری برای تحقق اهداف توسعه پایدار در سطح محلی عمل می‌کند **جدول شماره ۵**. بررسی مولفه شهر هوشمند و توسعه پایدار در مقالات با محوریت شهر الگوریتمی نشان داد که توسعه هوشمند و پایدار با شهر الگوریتمی رابطه مثبت و معناداری دارد. (Effect Size = 0.85)

مطابق با **جدول شماره ۶** بررسی مقالات نشان می‌دهد که عمده مقالات با محوریت شهر الگوریتمی اثرات شهر الگوریتمی را در بهبود کیفیت زندگی، کاهش مصرف انرژی و ... دانسته‌اند. اثراتی که هر یک به نحوه سبب توسعه پایدار شهرها می‌شوند. از این‌رو شهر الگوریتمی سبب توسعه هوشمند و پایدار شهری نیز خواهد شد. یکی از نتایج کلیدی این تحلیل، افزایش توجه به مفهوم داده‌های بزرگ و نقش آن‌ها در بهینه‌سازی عملکرد شهری است. مقالات متعددی به بررسی نحوه استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از منابع مختلف، ازجمله حسگرهای اینترنت اشیا (IoT) و سیستم‌های مدیریت ترافیک، پرداخته‌اند. این داده‌ها به‌عنوان ابزاری برای تحلیل رفتار شهروندان، پیش‌بینی نیازهای آینده و بهبود خدمات عمومی معرفی شده‌اند. به‌علاوه، استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی در پردازش و تحلیل این داده‌ها، به تصمیم‌گیری‌های بهینه در زمینه‌های مختلف شهری کمک کرده است. درنهایت، نتایج به‌دست آمده از بررسی نشریات و مجلات بیان‌کننده این است که استفاده از الگوریتم شهری در مدیریت شهری و زیرساخت‌ها می‌تواند روش‌های قبلی و سنتی، به‌ویژه فعالیت‌های مرتبط با حل مسئله را تقویت کند و به نوبه خود، توسعه هوشمند و پایدار در برنامه‌ریزی شهرها، به‌ویژه در حوزه مدیریت شهری و زیرساخت‌ها را بهبود ببخشد. با افزایش مداوم حجم داده‌های بزرگ موجود در شهرها، طیف وسیعی از حوزه‌های برنامه‌ریزی شهری وجود دارد که می‌توان از الگوریتم شهری در آن‌ها استفاده کرد. برنامه‌ریزی کاربری

جمع بندی

با پیچیدگی‌های عظیم اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و حکومتی که چالش‌های آینده شهرها می‌باشد، نیاز به هوش مصنوعی برای حمایت از شیوه‌های برنامه‌ریزی شهری مطرح می‌شود. همان‌طور که پاپلکا و همکاران (۲۰۲۳، ص ۱۳) بیان کرده‌اند، "تأثیر واقعی هوش مصنوعی در شهرها نه بر روی فناوری بلکه بر اجرای آن در برنامه‌ریزی و طراحی شهری است. مطالعه پیش رو نشان داد که طیف وسیعی از فناوری‌های موجود و نوظهور می‌توانند برای مقابله با چالش‌های آتی شهرها مورد استفاده قرار گیرند. همچنین برنامه ریزان شهری می‌توانند با استفاده از بستر الگوریتم‌های پویا در راستای نیل به توسعه پایداری و هوشمند گام بردارند. با این وجود، تعامل و همکاری بین محققان، برنامه‌ریزان، سازمان‌ها و جوامع - ذینفعان اصلی تصمیم‌گیری شهری - برای پذیرش گسترده‌تر و جامع‌تر رویکرد الگوریتم شهری در شهرهای امری ضروری است. حریم خصوصی، سوگیری‌ها و نابرابری همچنان مسائل پیچیده‌ای هستند که نیاز به بررسی دقیق برای به حداقل رساندن این خطرات هنگام اجرای فناوری‌های هوش مصنوعی از جمله الگوریتم شهری برای برنامه‌ریزی شهری دارند. علاوه بر این، درک برنامه‌ریزان و جامعه نقش مهمی در چگونگی غلبه بر این چالش‌ها و نحوه اتخاذ راه‌حل‌های فناوری هوش مصنوعی مناسب و مسئولانه خواهد داشت. در این تحقیق، مفهوم "شهر الگوریتمی" به عنوان یک رویکرد نوین در توسعه هوشمند و پایدار مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به چالش‌های متعددی که شهرها در عصر حاضر با آن‌ها مواجه هستند، از جمله افزایش جمعیت، آلودگی محیط‌زیست، و ناکارآمدی زیرساخت‌ها، نیاز به استفاده از فناوری‌های نوین و داده‌های بزرگ برای بهینه‌سازی عملکرد شهری و بهبود کیفیت زندگی ساکنان شهرها به شدت احساس می‌شود. تحلیل سیستماتیک مقالات و نشریات مرتبط با شهرهای الگوریتمی بر اساس پروتکل PRISMA نشان داد که این مفهوم در حال رشد و گسترش است. روندهای کلیدی شناسایی شده شامل افزایش توجه به داده‌های بزرگ، توسعه فناوری‌های نوین مانند هوش

مصنوعی و یادگیری ماشین، و تمرکز بر پایداری شهری بود. این روندها نشان‌دهنده پتانسیل بالای شهرهای الگوریتمی در بهبود کارایی خدمات شهری و ارتقاء کیفیت زندگی شهروندان است. با این حال، چالش‌های مهمی نیز در این راستا وجود دارد. نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی و امنیت داده‌ها، عدم دسترسی برابر به فناوری، و پیچیدگی در هماهنگی بین بخش‌ها از جمله این چالش‌ها هستند. این مسائل می‌توانند مانع از پیاده‌سازی مؤثر شهرهای الگوریتمی شوند و نیاز به توجه و حل آن‌ها احساس می‌شود. در عین حال، فرصت‌های زیادی برای بهبود کیفیت زندگی و پایداری شهری از طریق پیاده‌سازی شهرهای الگوریتمی وجود دارد. بهبود کیفیت زندگی، مدیریت پایدار منابع، و توسعه فناوری‌های نوآورانه از جمله این فرصت‌ها هستند که می‌توانند به کاهش اثرات زیست‌محیطی و افزایش کارایی شهری منجر شوند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که شهر الگوریتمی به عنوان یک رویکرد نوین در توسعه پایدار و هوشمند، پتانسیل بالایی برای بهبود کیفیت زندگی و مدیریت منابع شهری دارد. با استفاده از داده‌های بزرگ و الگوریتم‌های پیشرفته، شهرها می‌توانند به بهینه‌سازی خدمات عمومی، کاهش ترافیک، و مدیریت پایدار منابع بپردازند. این رویکرد نه تنها به افزایش کارایی شهری کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی شهروندان نیز منجر شود. با این حال، برای تحقق کامل این پتانسیل، نیاز به توجه به چالش‌های موجود است. نگرانی‌های حریم خصوصی و امنیت داده‌ها باید مورد بررسی و حل قرار گیرد. همچنین، ایجاد دسترسی برابر به فناوری و داده‌ها برای همه شهروندان ضروری است تا نابرابری‌های اجتماعی کاهش یابد. همکاری بین بخش‌های مختلف دولتی، خصوصی و جامعه مدنی نیز برای پیاده‌سازی موفق شهرهای الگوریتمی ضروری است. در نهایت، این تحقیق به عنوان یک مرجع برای پژوهش‌های آینده در زمینه شهر الگوریتمی و تأثیرات آن بر توسعه پایدار و هوشمند عمل می‌کند. به ویژه، نیاز به تحقیق بیشتر در زمینه چالش‌های حریم خصوصی و امنیت داده‌ها، توسعه سیاست‌های دسترسی برابر به فناوری، و تشویق همکاری‌های بین بخشی برای ایجاد یک شهر الگوریتمی پایدار

- generation using satellite earth observations to support sustainable development goals (SDG): A use case on Land degradation. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 88, Article 102068. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102068>
- Gulshad, K., Wang, Y., Li, N., Wang, J., & Yu, Q. (2022). Likelihood of transformation to green infrastructure using ensemble machine learning techniques in Jinan, China. *Land*, 11(3), 317. <https://doi.org/10.3390/land11030317>
- Goldsmith, S., & Crawford, S. (2014). *The Responsive City: Engaging Communities Through Data-Smart Governance*. Jossey-Bass.
- Greenfield, A. (2013). *Against the Smart City*. Do Projects.
- Huang, Z. (2021). *AI in urban planning: 3 ways it will strengthen how we plan for the future*. <https://www.ura.gov.sg/Corporate/Resources/Ideas-and-Trends/AI-in-Urban-Planning>
- Ibrahim, M., Haworth, J., & Cheng, T. (2021). *URBAN-i: From urban scenes to mapping slums, transport modes, and pedestrians in cities using deep learning and computer vision*. *Environment and Planning B*, 48(1), 76–93. <https://doi.org/10.1177/2399808319846517>
- Kitchin, R. *The real-time city? Big data and smart urbanism*. *Geo Journal* 79, 1–14 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10708-013-9516-8>
- Janbi, N., Katib, I., Albeshri, A., & Mehmood, R. (2020). *Distributed artificial intelligence-as-a-service (DAIaaS) for smarter IoE and 6G environments*. *Sensors*, 20 (20), 5796. <https://doi.org/10.3390/s20205796>
- Legg, S., & Hutter, M. (2007). *A collection of definitions of intelligence*. *Advances in artificial general intelligence* (p. 17.24). Amsterdam: IOS Press.
- Liu, Y., Liu, X., Gao, S., Gong, L., Kang, C., Zhi, Y., et al. (2015). *Social sensing: A new approach to understanding our socioeconomic environments*. *Annals of the Association of American Geographers*, 105(3), 512–530. <https://doi.org/10.1080/00045608.2015.1018773>
- Luque, Andres & Marvin, Simon. (2020). *Urban Operating Systems: Producing the Computational City*. 10.7551/mitpress/10869.001.0001.
- Milojevic-Dupont, N., & Creutzig, F. (2021). *Machine learning for geographically differentiated climate change mitigation in urban areas*. *Sustainable Cities and Society*, 64, Article 102526. doi:10/gnbkq3.
- Mattern, S. (2021). *A City Is Not a Computer: Other Urban Intelligences*. Princeton University Press.
- Perveen, S., Kamruzzaman, M., & Yigitcanlar, T. (2017). *Developing policy scenarios for* و هوشمند احساس می‌شود. در نهایت، این نتایج می‌توانند به‌عنوان راهنمایی برای پژوهش‌های آینده در زمینه شهر الگوریتمی و تأثیرات آن بر توسعه پایدار و هوشمند مورد استفاده قرار گیرند. به‌ویژه، نیاز به تحقیق بیشتر در زمینه چالش‌های حریم خصوصی و امنیت داده‌ها، توسعه سیاست‌های دسترسی برابر به فناوری، و تشویق همکاری‌های بین بخشی برای ایجاد یک شهر الگوریتمی پایدار و هوشمند احساس می‌شود.
- پی نوشت:
- Kitchin. ۱
Barns. ۲
Marvin. ۳
Comprehensive Meta-V3. ۴
- فهرست منابع:
- Alomari, E., Katib, I., Albeshri, A., Yigitcanlar, T., & Mehmood, R. (2021b). *Iktishaf+: A big data tool with automatic labelling for road traffic social sensing and event detection using distributed machine learning*. *Sensors*, 21(9), 2993. <https://doi.org/10.3390/s21092993>
- Andrews, C., Cooke, K., Gomez, A., Hurtado, P., Sanchez, T., Shah, S. et al. (2022). *AI in planning opportunities and challenges and how to prepare*. <https://www.planning.org/publications/document/9255930>.
- Anyoha, R. (2017). *The history of artificial intelligence*. <https://sitn.hms.harvard.edu/fla sh/2017/history-artificial-intelligence>.
- Berawi, M. (2019). *The role of industry 4.0 in achieving sustainable development goals*. *International Journal of Technology*, 10(4), 644–647. <https://ijtech.eng.ui.ac.id/article/view/3341>.
- Barns, Sarah. (2020). *Platform Urbanism: Negotiating Platform Ecosystems in Connected Cities*. 10.1007/978-981-32-9725-8.
- Batty, M. (2013). *The New Science of Cities*. MIT Press.
- Frankenfield, J. (2022). *What is artificial intelligence (AI)*. <https://www.investopedia.com/terms/a/artificial-intelligence-ai.asp>.
- Giuliani, G., M
azzetti, P., Santoro, M., Nativi, S., Van Bemmelen, J., Colangeli, G., et al. (2020). *Knowledge*

- Methods in Engineering.
<https://doi.org/10.1007/s11831-022-09844-2>
- Testi, I. (2021). **Computer vision for urban regeneration**.
<https://medium.com/urban-ai/computer-vision-for-urban-regeneration-dca4594f6317>.
- Vanolo, A. (2014). **Smartmentality: The Smart City as Disciplinary Strategy**. Urban Studies, 51(5), 883-898.
- Yigitcanlar, T., & Teriman, S. (2015). **Rethinking sustainable urban development: Towards an integrated planning and development process**. International Journal of Environmental Science and Technology, 12(1), 341-352.
<https://doi.org/10.1007/s13762-013-0491-x>
- Zhou, M., Ma, Y., Tu, J., & Wang, M. (2022). **SDG-oriented multi-scenario sustainable land-use simulation under the background of urban expansion**. Environmental Science and Pollution Research, 29(48), 72797-72818.
<https://doi.org/10.1007/s11356-022-20904-9>.
- sustainable urban growth management: A Delphi approach**. Sustainability, 9(10).
<https://doi.org/10.3390/su9101787>
- Townsend, A. M. (2013). **Smart Cities: Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia**. W. W. Norton & Company.
- Press, G. (2016). **A very short history of artificial intelligence(AI)**.
<https://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/12/30/a-very-short-history-of-artificial-intelligence-ai>.
- Sanchez, T., Shumway, H., Gordner, T., & Lim, T. (2022). **The prospects of artificial intelligence in urban planning**. International Journal of Urban Sciences.
<https://doi.org/10.1080/12265934.2022.2102538>
- Tekouabou, S., Diop, E., Azmi, R., & Chenal, J. (2022). **Artificial intelligence-based methods for smart and sustainable urban planning: A systematic survey**. Archives of Computational

