

مرور نظام‌مند شاخص‌های حمل‌ونقل هوشمند در پژوهش‌های شهری ایران (۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱)

فرهنگ باقری^{۱*}، سروش فتحی^۲

۱ دانشجوی دکتری مدیریت کارآفرینی، مرکز آموزش بین‌المللی قشم، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(نویسنده مسئول: Farhang.bagheri@gmail.com)

۲ دانشیار گروه جامعه‌شناسی، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مقاله مروری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵-۰۶-۱۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵-۰۷-۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵-۰۷-۲۴

چکیده

رشد شتابان شهرنشینی و پیچیده‌تر شدن مسائل ترافیکی، زیست‌محیطی و خدماتی ضرورت بهره‌گیری از حمل‌ونقل هوشمند را در مدیریت شهری افزایش داده است. این پژوهش با هدف شناسایی، طبقه‌بندی و تفسیر شاخص‌های حمل‌ونقل هوشمند در مطالعات فارسی‌زبان طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱ و ارائه‌ی چارچوبی پیشنهادی انجام شد. روش پژوهش، کاربردی، توصیفی - تحلیلی و مرور نظام‌مند مبتنی بر پریزما در چهار پایگاه داخلی (جهاد دانشگاهی، نورمگز، مگیران و سیویلیکا) بود. از ۳۰۴ رکورد اولیه، پس از حذف ۶۱ تکراری و ۱۴۳ نامرتبط ۱۰۰ مقاله وارد پیکره‌ی عمومی شهر هوشمند شد و ۱۸ مطالعه برای تحلیل نهایی انتخاب گردید. داده‌ها با فرم استخراج و تحلیل محتوای قیاسی - استقرایی بررسی و کیفیت مطالعات با MMAT ارزیابی شد. یافته‌ها نشان داد مطالعات عمدتاً توصیفی - تحلیلی و تک‌شهری بوده و در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ افزایش یافته‌اند. بر اساس شمارش دوگانه‌ی ۴۱ شاخص و مطالعات پوشش‌دهنده، برنامه‌ریزی راهبردی و عوامل نهادی (۸ مطالعه)، حمل‌ونقل عمومی و پایدار (۵ مطالعه) و زیرساخت فناوریانه و مدیریت و پایش ترافیک (هر یک ۳ مطالعه) پرتوجه‌ترین محورها بودند؛ درحالی‌که حمل‌ونقل غیرموتوری و پارکینگ هوشمند، عدالت حمل‌ونقلی، تاب‌آوری، امنیت داده و ارزیابی پیامدهای واقعی کمتر بررسی شده‌اند. درنتیجه، چارچوبی شش‌محوری (زیرساخت و فناوری، مدیریت و پایش ترافیک، حمل‌ونقل عمومی و پایدار، حمل‌ونقل غیرموتوری و پیاده‌مداری، پارکینگ هوشمند، برنامه‌ریزی راهبردی و عوامل نهادی) با تفکیک سه خاستگاه مؤلفه‌ها (استخراج مستقیم، سنتز نظری و پیشنهاد نویسندگان) پیشنهاد شد. نتایج نشان می‌دهد سنجش حمل‌ونقل هوشمند باید از فناوری‌محوری صرف فراتر رود و شاخص‌های عملکردی، اجتماعی و زیست‌محیطی را نیز دربرگیرد.

کلیدواژه‌ها: تحرک هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند، سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند، شاخص‌های شهری، شهر هوشمند، مرور نظام‌مند.

۱. مقدمه

رشد شتابان شهرنشینی و تمرکز جمعیت، فعالیت‌های اقتصادی و خدمات در شهرها، ضرورت بازنگری در شیوه‌های مدیریت و برنامه‌ریزی شهری را افزایش داده است. اگرچه شهرنشینی می‌تواند به رشد اقتصادی، گسترش فرصت‌های شغلی و بهبود دسترسی به خدمات منجر شود، در صورت نبود برنامه‌ریزی مناسب، پیامدهایی مانند تراکم ترافیک، آلودگی هوا و صوتی، افزایش مصرف انرژی،

فشار بر زیرساخت‌ها و کاهش کیفیت زندگی را به همراه دارد. از این رو، شهرهای معاصر به رویکردهایی نیاز دارند که ضمن بهره‌گیری از فناوری، بر مدیریت یکپارچه، مشارکت شهروندان، کارایی اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست تأکید کنند. در این میان، شهر هوشمند به عنوان یکی از رویکردهای نوین برنامه‌ریزی و مدیریت شهری مطرح شده است.

شهر هوشمند صرفاً به معنای برخورداری از تجهیزات دیجیتال و شبکه‌های ارتباطی نیست، بلکه رویکردی جامع برای ارتقای عملکرد شهر و کیفیت زندگی شهروندان است. در این رویکرد، فناوری اطلاعات و ارتباطات، داده‌های شهری، زیرساخت‌های ارتباطی، نهادهای مدیریتی و ظرفیت‌های انسانی با یکدیگر تعامل دارند تا تصمیم‌گیری، ارائه خدمات و مدیریت منابع کارآمدتر شود. به بیان دیگر، هوشمندی شهر زمانی تحقق می‌یابد که فناوری در خدمت حل مسائل واقعی، افزایش رفاه عمومی، تقویت مشارکت اجتماعی، رشد اقتصادی و دستیابی به توسعه پایدار قرار گیرد. (Nam & Pardo, ۲۰۱۱) از این رو، شهر هوشمند مفهومی چندبعدی است که ابعاد کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی، مدیریتی و فناورانه را به یکدیگر پیوند می‌دهد.

یکی از چارچوب‌های شناخته‌شده برای تبیین و ارزیابی شهر هوشمند، الگوی گیفینگر و همکاران است. این الگو شهر هوشمند را در شش بعد اقتصاد هوشمند، مردم هوشمند، حکمروایی هوشمند، تحرک هوشمند، محیط‌زیست هوشمند و زندگی هوشمند بررسی می‌کند. این ابعاد در قالب ۳۱ عامل و ۷۴ شاخص، عملکردهای مختلف شهر را تبیین می‌کنند. (Giffinger et al., ۲۰۰۷) اهمیت این چارچوب در آن است که شهر هوشمند را به فناوری محدود نمی‌کند و موضوعاتی مانند سرمایه‌ی انسانی، عدالت، مشارکت، دسترسی، پایداری، کیفیت محیط‌زیست و کارآمدی حمل‌ونقل را نیز دربرمی‌گیرد. در این میان، تحرک هوشمند از مؤلفه‌های بنیادین شهر هوشمند است؛ زیرا جابه‌جایی افراد، کالا و اطلاعات با بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و خدماتی شهر ارتباط مستقیم دارد.

حمل‌ونقل هوشمند به استفاده‌ی هماهنگ و بهینه از فناوری‌های اطلاعاتی، ارتباطی، الکترونیکی، مخابراتی و کنترلی در نظام حمل‌ونقل گفته می‌شود. هدف آن افزایش کارایی و ایمنی، کاهش زمان و هزینه‌ی سفر، بهبود دسترسی، مدیریت تقاضای سفر، کاهش تراکم ترافیک و کنترل پیامدهای زیست‌محیطی حمل‌ونقل است. سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند مجموعه‌ای از ابزارها، زیرساخت‌ها و فرایندهای مرتبط با جمع‌آوری، انتقال، پردازش و استفاده از داده‌های حمل‌ونقل هستند که تصمیم‌گیری مدیران، بهره‌برداران و کاربران را بهبود می‌دهند. دوربین‌های نظارتی، سامانه‌های موقعیت‌یابی، تابلوهای پیام متغیر، چراغ‌های راهنمایی هوشمند، مدیریت ناوگان، پرداخت الکترونیکی، مدیریت هوشمند پارکینگ، اطلاع‌رسانی سفر و ابزارهای مسیریابی از مهم‌ترین کاربردهای این نظام به شمار می‌روند. در این پژوهش، سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند به عنوان لایه‌ی فناورانه بهره‌برداری درون مفهوم گسترده‌تر حمل‌ونقل هوشمند در نظر گرفته شده‌اند و دو اصطلاح مترادف تلقی نمی‌شوند.

برخلاف نظام‌های سنتی که عمدتاً بر توسعه‌ی معابر و افزایش ظرفیت راه‌ها تأکید دارند، حمل‌ونقل هوشمند بر استفاده‌ی مؤثر از اطلاعات و ارتباطات برای بهینه‌سازی عملکرد شبکه استوار است. در این نظام، اطلاعات مربوط به موقعیت وسایل نقلیه، حجم ترافیک، شرایط جوی، حوادث، وضعیت معابر و الگوهای رفت‌وآمد به صورت مستمر گردآوری و تحلیل می‌شود. این فرایند امکان مدیریت بلادرنگ ترافیک، اطلاع‌رسانی دقیق، واکنش سریع به سوانح، کاهش زمان انتظار و افزایش ایمنی سفر را فراهم می‌کند. (Mangiaracina et al., ۲۰۱۷) همچنین، ارتباط میان خودروها، وسایل نقلیه و زیرساخت‌ها، با کاهش خطاهای انسانی و بهبود جریان تردد، عملکرد کلی شبکه‌ی حمل‌ونقل را ارتقا می‌دهد. (Ricardo et al., ۲۰۲۴)

در چارچوب گیفینگر، تحرک هوشمند دسترسی، زیرساخت فناوری اطلاعات و سامانه‌های حمل‌ونقل پایدار و ایمن را دربرمی‌گیرد. تفصیل این بعد در مبانی نظری آمده است. (Giffinger et al., ۲۰۰۷) با این حال، ادبیات جدید نشان می‌دهد که سنجش حمل‌ونقل هوشمند نباید تنها به زیرساخت‌های فناورانه و سامانه‌های مدیریت ترافیک محدود شود. کیفیت و پوشش حمل‌ونقل عمومی، حمل‌ونقل فعال، دسترسی گروه‌های آسیب‌پذیر، عدالت فضایی و اجتماعی، کاهش مصرف انرژی و آلاینده‌ها، تاب‌آوری، امنیت داده‌ها و رضایت کاربران نیز باید مورد توجه قرار گیرد. (Snyder, ۲۰۱۹; Xiao & Watson, ۲۰۱۹) بنابراین، حمل‌ونقل هوشمند زمانی

می‌تواند به تحقق اهداف شهر هوشمند و توسعه‌ی پایدار کمک کند که علاوه بر کارایی فناوریانه، پیامدهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی آن نیز ارزیابی شود.

نظام حمل‌ونقل شهری از یک‌سو نقش مهمی در دسترسی شهروندان به فرصت‌های شغلی، آموزشی، درمانی و خدماتی دارد و از سوی دیگر، یکی از منابع اصلی مصرف انرژی، آلودگی هوا و صوتی و انتشار گازهای گلخانه‌ای است. ضعف عملکرد این نظام می‌تواند وابستگی به خودروی شخصی، اتلاف زمان، کاهش ایمنی و نابرابری فضایی را افزایش دهد. در مقابل، حمل‌ونقل هوشمند از طریق مدیریت تقاضای سفر، تسهیل استفاده از حمل‌ونقل عمومی، بهبود مسیریابی، ارتقای ایمنی و کاهش مصرف سوخت می‌تواند به ایجاد شهری سالم‌تر و پایدارتر کمک کند.

کلان‌شهرهای ایران نیز با مشکلاتی مانند تراکم ترافیک، رشد سریع سهم خودروی شخصی در سفرهای درون‌شهری، پوشش ناکافی حمل‌ونقل عمومی، کمبود زیرساخت‌های پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری، آلودگی هوا، ضعف مدیریت پارکینگ و آسیب‌پذیری شبکه در برابر حوادث مواجه‌اند، واقعیتی که در گزارش‌های رسمی سنجش آلودگی هوای کلان‌شهرها سازمان حفاظت محیط‌زیست در سال ۱۴۰۰، گزارش‌های طرح جامع ترافیک تهران و مطالعات داخلی حمل‌ونقل شهری ارائه داده است. (Goudarzi, ۲۰۱۹; Lotfi, ۲۰۱۷) از این‌رو، استفاده از فناوری‌های نوین و سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل اهمیت یافته است، باین‌حال، موفقیت آن‌ها به شناخت دقیق ابعاد، مؤلفه‌ها، شاخص‌ها و معیارهای قابل سنجش وابسته است. اجرای فناوری بدون توجه به شرایط اجتماعی، اقتصادی، فضایی و مدیریتی شهر می‌تواند به ایجاد سامانه‌هایی پراکنده، پرهزینه و کم‌اثر منجر شود.

بررسی مطالعات داخلی نشان می‌دهد که پژوهش‌های متعددی به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم به حمل‌ونقل هوشمند پرداخته‌اند، اما بیشتر آن‌ها بر موضوع یا نمونه‌ی موردی خاصی تمرکز داشته‌اند. این مطالعات موضوعاتی مانند مدیریت ترافیک، کنترل جریان وسایل نقلیه، پارکینگ هوشمند، اطلاع‌رسانی و مسیریابی، ارتباطات خودرویی، ایمنی، حمل‌ونقل عمومی، محیط‌زیست و پدافند غیرعامل را بررسی کرده‌اند. با وجود این تنوع موضوعی، پراکندگی مفهومی و تفاوت در شاخص‌ها و روش‌های سنجش، ضرورت مرور نظام‌مند مطالعات و ارائه‌ی چارچوبی منسجم برای ارزیابی حمل‌ونقل هوشمند در شهرهای ایران را آشکار می‌سازد.

در نتیجه، مسئله‌ی اصلی پژوهش حاضر از وجود نوعی پراکندگی و ناهمگونی در مطالعات داخلی حوزه‌ی حمل‌ونقل هوشمند ناشی می‌شود. با وجود افزایش تعداد پژوهش‌ها، هنوز مشخص نیست که مطالعات انجام‌شده در بازه‌ی زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱ دقیقاً چه شاخص‌ها و معیارهایی را برای سنجش حمل‌ونقل هوشمند به کار برده‌اند، کدام ابعاد در پژوهش‌های داخلی بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند، چه تفاوتی میان رویکردهای روش‌شناختی و مقیاس‌های مطالعه وجود دارد و کدام حوزه‌ها همچنان مغفول مانده‌اند. نبود چنین تصویر یکپارچه‌ای، از یک‌سو امکان ارزیابی دقیق وضعیت دانش موجود را محدود می‌کند و از سوی دیگر، زمینه‌ی تکرار مطالعات مشابه و غفلت از موضوعات کم‌بررسی‌شده را فراهم می‌آورد. همچنین، فقدان یک طبقه‌بندی منسجم از شاخص‌ها می‌تواند فرایند طراحی ابزارهای سنجش، تدوین سیاست‌های شهری و اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری‌های حمل‌ونقلی را با ابهام مواجه کند.

بر این اساس، هدف اصلی پژوهش حاضر، مرور نظام‌مند مطالعات داخلی حوزه‌ی شهر هوشمند با تمرکز بر بعد حمل‌ونقل هوشمند در بازه‌ی زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱ است. این پژوهش می‌کوشد با شناسایی و بررسی مطالعات انجام‌شده، شاخص‌ها و معیارهای به‌کاررفته را استخراج، طبقه‌بندی و مقایسه کند و از طریق تحلیل روند زمانی و موضوعی، تصویری منسجم از وضعیت پژوهش‌های داخلی ارائه دهد. همچنین، رویکردهای روش‌شناختی و مقیاس فضایی مطالعات، از سطح شهری تا منطقه‌ای و محله‌ای بررسی خواهد شد تا میزان توجه پژوهشگران به سطوح مختلف تحلیل مشخص شود. در نهایت، پژوهش با تکیه بر شاخص‌های شناسایی‌شده و با توجه به کاستی‌های موجود در مطالعات پیشین، در پی ارائه‌ی دسته‌بندی پیشنهادی و الگوی جدیدی از موضوعات مرتبط با حمل‌ونقل هوشمند متناسب با شرایط شهرهای ایران است. مهم‌ترین وجه تمایز الگوی پیشنهادی این پژوهش با چارچوب‌های موجود، ازجمله بعد تجمیعی تحرک هوشمند در الگوی گیفینگر، تفکیک شاخص‌ها به شش محور قابل سنجش در مقیاس شهری و محله‌ای ایران و پیشنهاد سنجش آن‌ها در سه سطح نهاده‌ای، فرایندی و پیامدی است؛ توضیح تفصیلی این تمایزها و سهم نوآورانه‌ی پژوهش در نتیجه‌گیری ارائه شده است.

در راستای هدف اصلی، سؤال اصلی پژوهش چنین صورت‌بندی می‌شود: شاخص‌ها و معیارهای حمل‌ونقل هوشمند در مطالعات داخلی شهرهای ایران طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱ چگونه شناسایی، طبقه‌بندی و ارزیابی شده‌اند و بر مبنای آن‌ها چه الگوی پیشنهادی‌ای برای سنجش حمل‌ونقل هوشمند در شهرهای ایران می‌توان ارائه کرد؟ برای پاسخ‌گویی به این سؤال، سؤال‌های فرعی پژوهش عبارت‌اند از: نخست، روند موضوعی و زمانی پژوهش‌های حوزه حمل‌ونقل هوشمند در شهرهای ایران طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱ چگونه بوده است؟ دوم، پژوهش‌های داخلی حمل‌ونقل هوشمند را با چه رویکردهای روش‌شناختی و در چه مقیاس‌هایی، شامل مقیاس شهری، منطقه‌ای و محله‌ای بررسی کرده‌اند؟ سوم، کدام شاخص‌ها و معیارهای حمل‌ونقل هوشمند در پژوهش‌های داخلی برجسته‌تر بوده و کدام شاخص‌ها و حوزه‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند؟ و چهارم، بر مبنای شاخص‌های شناسایی‌شده، چه دسته‌بندی جدید و جامعی از شاخص‌های حمل‌ونقل هوشمند را می‌توان برای پژوهش‌های آینده و سیاست‌گذاری شهری پیشنهاد کرد؟

۲. مبانی نظری پژوهش

مفهوم شهر هوشمند در ادبیات علمی، حاصل پیوند میان نظریه‌های شهرنشینی، توسعه‌ی پایدار، فناوری اطلاعات و حکمروایی شهری است و نمی‌توان آن را صرفاً به استفاده از ابزارهای دیجیتال در اداره‌ی شهر تقلیل داد. در رویکردهای نخستین، هوشمندی شهر بیشتر با توسعه‌ی زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، شبکه‌های ارتباطی و سامانه‌های داده‌محور سنجیده می‌شد، اما نظریه‌های جدیدتر، بر نقش سرمایه‌ی انسانی، نهادهای مدیریتی، مشارکت شهروندان و پیامدهای اجتماعی و زیست‌محیطی فناوری تأکید دارند. از این منظر، شهر هوشمند یک نظام اجتماعی - فنی است که در آن فناوری، کنشگران انسانی، نهادها و زیرساخت‌های کالبدی در تعامل با یکدیگر، ظرفیت شهر را برای حل مسئله و سازگاری با تغییرات افزایش می‌دهند.

از آنجا که سه اصطلاح «حمل‌ونقل هوشمند»، «تحرك هوشمند» و «سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند» (ITS) در ادبیات و در این مقاله به‌طور مکرر به کار می‌روند، تبیین رابطه‌ی مفهومی آن‌ها ضروری است. در این پژوهش، حمل‌ونقل هوشمند مفهومی کلان‌تر و سیستمی است که به کل زنجیره‌ی جابه‌جایی در شهر، از جمله زیرساخت‌های فناورانه، شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل، خدمات، کاربران و پیامدهای اجتماعی و زیست‌محیطی آن، اشاره دارد. سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS) در این رابطه، یکی از اجزای فناورانه و مدیریتی حمل‌ونقل هوشمند شمرده می‌شود؛ یعنی مجموعه‌ی مشخصی از فناوری‌های اطلاعاتی، ارتباطی، الکترونیکی و کنترلی (مانند دوربین‌ها، سامانه‌های موقعیت‌یابی، مدیریت ناوگان و کنترل هوشمند چراغ‌ها) که برای بهبود عملکرد شبکه به کار می‌روند. به بیان دیگر، هر نظام حمل‌ونقل هوشمند بر لایه‌ای از سامانه‌های ITS استوار است، اما به آن محدود نمی‌شود. تحرك هوشمند نیز مفهومی کاربردی‌تر و انسان‌محورتر است که در چارچوب گیفینگر به‌عنوان یکی از ابعاد شش‌گانه‌ی شهر هوشمند مطرح شده و نتیجه‌ی تعامل حمل‌ونقل هوشمند با نیازها و رفتارهای کاربران را می‌سنجد، تمرکز آن نه بر فناوری، بلکه بر کیفیت، دسترسی، پایداری و تجربه‌ی جابه‌جایی شهروندان است. بنابراین می‌توان رابطه‌ی سه مفهوم را چنین صورت‌بندی کرد ITS ابزار فناورانه است، حمل‌ونقل هوشمند نظام برخاسته از به‌کارگیری آن ابزار در کل زنجیره‌ی جابه‌جایی و تحرك هوشمند، پیامد و تجربه‌ی کاربرمحور آن نظام در بستر شهر هوشمند است. بر همین اساس، در این مقاله هرگاه به فناوری‌ها و سامانه‌های مشخص اشاره می‌شود، از اصطلاح ITS یا سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند، هرگاه به نظام کلی جابه‌جایی اشاره می‌شود، از حمل‌ونقل هوشمند و هرگاه به کیفیت دسترسی و تجربه‌ی کاربران اشاره می‌شود، از تحرك هوشمند استفاده شده است.

یکی از چارچوب‌های نظری مهم در این زمینه، مدل مفهومی نام و پارโด است. آنان شهر هوشمند را بر پایه‌ی سه بعد فناوری، مردم و نهادها تبیین می‌کنند. در این دیدگاه، فناوری شامل زیرساخت‌های سخت و نرم، شبکه‌های ارتباطی و سامانه‌های اطلاعاتی است، مردم به سرمایه‌ی انسانی، دانش، خلاقیت و مشارکت شهروندان اشاره دارد و نهادها نیز دربرگیرنده‌ی سیاست‌ها، ساختارهای مدیریتی، قوانین و سازوکارهای حکمروایی هستند. (Nam & Pardo, ۲۰۱۱) اهمیت این نظریه برای پژوهش حاضر در آن است که حمل‌ونقل هوشمند را نمی‌توان تنها با تعداد دوربین‌ها، سامانه‌های کنترل ترافیک یا تجهیزات دیجیتال ارزیابی کرد. کارآمدی این سامانه‌ها به

میزان هماهنگی میان فناوری، سازمان‌های مسئول، کاربران، شیوه‌های تصمیم‌گیری و ظرفیت‌های اجتماعی شهر وابسته است. بنابراین، شاخص‌های حمل‌ونقل هوشمند باید هم مؤلفه‌های فناورانه و هم ابعاد نهادی و انسانی را شامل شوند.

چورابی و همکاران نیز با ارائه‌ی چارچوبی یکپارچه، شهر هوشمند را پدیده‌ای چندعاملی معرفی می‌کنند. در این چارچوب، فناوری، سازمان و مدیریت، حکمروایی، سیاست‌گذاری، مردم و جوامع، اقتصاد، زیرساخت کالبدی و محیط‌زیست طبیعی، عوامل اصلی شکل‌دهنده‌ی شهر هوشمند هستند. (Chourabi et al., ۲۰۱۲) بر مبنای این نظریه، موفقیت یک طرح هوشمندسازی به وجود فناوری به‌تنهایی وابسته نیست، بلکه باید میان زیرساخت‌های فناورانه، ساختارهای سازمانی، منابع مالی، فرهنگ استفاده، اعتماد عمومی و الزامات محیط‌زیستی هماهنگی وجود داشته باشد. این رویکرد، برای تحلیل مطالعات حمل‌ونقل هوشمند اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا بسیاری از پژوهش‌ها ممکن است بر یک فناوری یا کاربرد خاص تمرکز کرده باشند، اما موضوعاتی مانند حکمرانی داده، تعامل میان سازمان‌های حمل‌ونقل، دسترسی گروه‌های کم‌توان و مشارکت کاربران را نادیده گرفته باشند. (Lam et al., ۲۰۲۴)

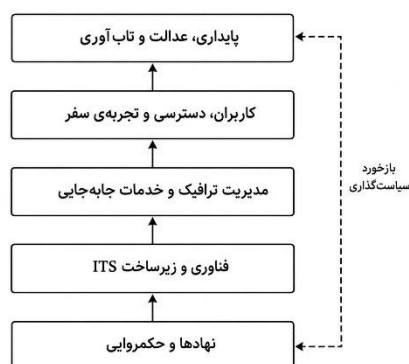
در میان چارچوب‌های سنجش شهر هوشمند، الگوی گیفینگر و همکاران جایگاه مهمی دارد. این الگو بر شش بعد اقتصاد هوشمند، مردم هوشمند، حکمروایی هوشمند، تحرک هوشمند، محیط‌زیست هوشمند و زندگی هوشمند استوار است. (Giffinger et al., ۲۰۰۷) در این چارچوب، تحرک هوشمند نه‌تنها به جابه‌جایی سریع وسایل نقلیه، بلکه به دسترسی مناسب، وجود زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، پایداری نظام حمل‌ونقل و ایمنی سفر مربوط می‌شود. بر این اساس، حمل‌ونقل هوشمند را باید یکی از سازوکارهای پیونددهنده‌ی ابعاد مختلف شهر هوشمند دانست؛ زیرا بر اقتصاد، محیط‌زیست، کیفیت زندگی، عدالت فضایی و مشارکت اجتماعی اثر می‌گذارد. از منظر این مدل، ارزیابی حمل‌ونقل هوشمند نیازمند بررسی هم‌زمان عملکرد شبکه، کیفیت زیرساخت‌ها، دسترسی کاربران و میزان پایداری شیوه‌های جابه‌جایی است.

مبنای نظری دیگر پژوهش حاضر، نظریه‌ی سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند است. در ادبیات حمل‌ونقل، سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند به‌عنوان مجموعه‌ای از فناوری‌های اطلاعاتی، ارتباطی، کنترلی و الکترونیکی تعریف می‌شود که برای بهبود ایمنی، کارایی، قابلیت اطمینان و عملکرد نظام حمل‌ونقل به کار می‌روند. (Deng et al., ۲۰۲۴) این نظریه بر سه فرایند اصلی اطلاعات، ارتباطات و یکپارچگی استوار است. اطلاعات از طریق حسگرها، دوربین‌ها، سامانه موقعیت‌یابی جهانی و سایر تجهیزات گردآوری می‌شود؛ ارتباطات امکان تبادل داده میان وسایل نقلیه، زیرساخت‌ها، مدیران و کاربران را فراهم می‌کند و یکپارچگی موجب می‌شود اجزای مختلف شبکه به‌صورت هماهنگ عمل کنند. در نتیجه، سامانه‌هایی مانند کنترل هوشمند چراغ‌های راهنمایی، مدیریت ناوگان، اطلاع‌رسانی سفر، مدیریت پارکینگ، پرداخت الکترونیکی، هشدارهای ایمنی و واکنش به شرایط اضطراری، اجزای یک نظام یکپارچه‌ی حمل‌ونقل هوشمند محسوب می‌شوند، نه فناوری‌هایی منفرد و جدا از یکدیگر. (Zhang & Hong, ۲۰۲۴)

از سوی دیگر، نظریه‌ی توسعه‌ی پایدار، چارچوب هنجاری مهمی برای ارزیابی پیامدهای حمل‌ونقل هوشمند فراهم می‌کند. بر اساس گزارش برانتلند، توسعه‌ی پایدار توسعه‌ای است که نیازهای نسل حاضر را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای تأمین نیازهای خود برآورده کند. (Hatami et al., ۲۰۲۵) در حوزه‌ی حمل‌ونقل، این مفهوم به معنای ایجاد نظامی است که از نظر اقتصادی کارآمد، از نظر اجتماعی عادلانه و از نظر زیست‌محیطی سازگار باشد. بنابراین، حمل‌ونقل هوشمند زمانی در مسیر توسعه‌ی پایدار قرار می‌گیرد که علاوه بر کاهش زمان سفر و افزایش سرعت جابه‌جایی، به کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها، ارتقای ایمنی، کاهش هزینه‌ها و بهبود دسترسی گروه‌های مختلف اجتماعی نیز کمک کند. (Banister, ۲۰۰۸) نظریه‌ی "پارادایم جدید حمل‌ونقل" بانستر بر این نکته تأکید دارد که حل مسائل حمل‌ونقل نباید صرفاً از طریق ساخت راه‌های بیشتر و افزایش ظرفیت خودرو محور دنبال شود، بلکه باید با مدیریت تقاضای سفر، تقویت حمل‌ونقل عمومی، توسعه‌ی پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری و کاهش وابستگی به خودروی شخصی همراه باشد.

در تکمیل این دیدگاه، نظریه‌ی دسترسی هانسن، دسترسی را حاصل تعامل میان مکان‌ها، فرصت‌های فعالیت، شبکه‌ی حمل‌ونقل و هزینه‌ی جابه‌جایی می‌داند. (Kumar, ۲۰۲۰) بر اساس این نظریه، کارآمدی حمل‌ونقل تنها با سرعت حرکت یا حجم ترافیک سنجیده نمی‌شود، بلکه میزان امکان دسترسی افراد به فرصت‌ها و خدمات شهری نیز اهمیت دارد. همچنین، رویکرد عدالت حمل‌ونقلی

و نظریه‌ی عدالت تحرکی بر توزیع نابرابر فرصت‌های جابه‌جایی و پیامدهای حمل‌ونقل میان گروه‌های اجتماعی تأکید می‌کنند. (Sheller, ۲۰۱۸) از این منظر، شاخص‌هایی مانند پوشش حمل‌ونقل عمومی، دسترسی افراد کم‌توان، عدالت فضایی، هزینه‌ی سفر، ایمنی عابران پیاده و امکان استفاده‌ی برابر از خدمات هوشمند، باید در ارزیابی حمل‌ونقل هوشمند لحاظ شوند. برآیند این نظریه‌ها نشان می‌دهد که حمل‌ونقل هوشمند مفهومی چندبعدی و میان‌رشته‌ای است که در تقاطع فناوری، مدیریت، پایداری، دسترسی و عدالت اجتماعی قرار دارد. از این‌رو، در پژوهش حاضر شاخص‌های حمل‌ونقل هوشمند صرفاً بر اساس تجهیزات و کاربردهای فناوریانه بررسی نمی‌شوند، بلکه مؤلفه‌هایی مانند مدیریت ترافیک، اطلاعات سفر و مسیریابی، حمل‌ونقل عمومی، ایمنی، محیط‌زیست، اقتصاد و هزینه، حمل‌ونقل کالا، شرایط اضطراری، دسترسی و عدالت حمل‌ونقلی نیز مورد توجه قرار می‌گیرند. این مبانی نظری، چارچوبی برای استخراج و طبقه‌بندی شاخص‌های مطالعات داخلی در بازه‌ی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱ فراهم می‌کند و امکان می‌دهد کاستی‌های پژوهش‌های پیشین از منظر توجه به فناوری، پایداری، انسان‌محوری و یکپارچگی نظام حمل‌ونقل شناسایی شود. در جمع‌بندی می‌توان گفت هر نظریه در ساخت چارچوب نهایی پژوهش نقشی مشخص دارد: الگوی گیفینگر، چارچوب اصلی طبقه‌بندی شاخص‌ها و مبنای کدگذاری اولیه است. الگوی نام و پاردو و چارچوب چورابی، اهمیت نهادها و انسان‌ها را تبیین می‌کنند و پایه‌ی محور ششم (عوامل راهبردی و نهادی) شده‌اند. نظریه‌ی سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند، محتوای دو محور نخست (زیرساخت فناوریانه و مدیریت ترافیک) را فراهم می‌کند. پارادایم پایداری بانستر و نظریه‌ی دسترسی هانسن، پایه‌ی محورهای حمل‌ونقل عمومی و غیرموتوری و شاخص‌های پیامدی هستند و نظریه‌ی عدالت تحرکی نیز مبنای سنجش دسترسی گروه‌های آسیب‌پذیر است. به بیان دیگر، هیچ‌یک از این نظریه‌ها صرفاً برای مرور ادبیات نیامده‌اند، هر یک بخشی از چارچوب شش‌محوری نهایی را پشتیبانی می‌کنند و همین پیوند، در روش‌شناسی (کدگذاری) و یافته‌ها (تدوین چارچوب) به کار رفته است. روابط میان این مؤلفه‌ها فناوری، انسان، نهاد، عملکرد، پایداری، دسترسی و عدالت در شکل ۱ نمایش داده شده است



شکل ۱: چارچوب نظری پژوهش

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش، توصیفی - تحلیلی است که با استفاده از مطالعات ثانویه و روش مرور نظام‌مند انجام شده است. در این پژوهش، به‌جای گردآوری داده‌های میدانی از شهروندان یا مدیران شهری، مقالات علمی منتشرشده در حوزه‌ی شهر هوشمند و حمل‌ونقل هوشمند بررسی شده و اطلاعات موردنیاز از محتوای آن‌ها استخراج شده است. هدف اصلی پژوهش شناسایی، استخراج، طبقه‌بندی و مقایسه‌ی شاخص‌ها و معیارهایی است که در مطالعات داخلی برای سنجش حمل‌ونقل یا تحرک هوشمند به کار رفته‌اند. از آنجا که مرور نظام‌مند برخلاف مرور روایتی یا مفهومی بر مبنای فرایند جست‌وجوی مشخص، معیارهای ورود و خروج ازپیش‌تعیین‌شده و مراحل شفاف غربالگری انجام می‌شود، در پژوهش حاضر از چارچوب گزارش‌دهی پریزما استفاده شده است. این چارچوب، مراحل شناسایی منابع، حذف موارد تکراری، بررسی عنوان و چکیده، ارزیابی متن کامل و انتخاب

مطالعات نهایی را به صورت منظم و قابل گزارش تنظیم می کند. (Page et al., ۲۰۲۱) همچنین، تحلیل محتوای مطالعات منتخب به منظور شناسایی مضامین، مؤلفه ها، شاخص ها و معیارهای حمل و نقل هوشمند انجام گرفته است.

جامعه ی پژوهش شامل مقالات علمی - پژوهشی و مروری منتشر شده در ایران طی سال های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱ است که موضوع آن ها شهر هوشمند، حمل و نقل هوشمند، تحرک هوشمند، جابه جایی هوشمند یا یکی از مؤلفه های مرتبط با این حوزه بوده است. این بازه با هدف بررسی روند شکل گیری و تحول مطالعات داخلی حمل و نقل هوشمند در یک دوره ی دوازده ساله انتخاب شده است؛ نقطه ی شروع سال ۱۳۹۰ بر اساس پیشینه ی پژوهش و نقطه ی پایان سال ۱۴۰۱ تعیین شد. برای شناسایی منابع، پایگاه های مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)، پایگاه مجلات تخصصی نور (Noormags)، بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran) و پایگاه مقالات علمی سیویلیکا (Civilica) بررسی شدند، پایگاه هایی که به دلیل پوشش گسترده ی مطالعات فارسی در حوزه های شهرسازی، برنامه ریزی شهری، مدیریت شهری، حمل و نقل و فناوری اطلاعات انتخاب شده اند. جست و جو با کلیدواژه های «شهر هوشمند»، «حمل و نقل هوشمند»، «تحرک هوشمند»، «جابه جایی هوشمند»، «سامانه های حمل و نقل هوشمند»، «سیستم های حمل و نقل هوشمند»، «مدیریت هوشمند ترافیک» و «پارکینگ هوشمند» در فیلدهای عنوان، چکیده و کلیدواژه انجام گرفت. مترادف ها و هم خانواده های واژگانی با عملگر یا (OR) به یکدیگر متصل شدند تا مقالاتی که دست کم یکی از این عبارات را دربرمی گرفتند بازایی گردند و سپس این مجموعه با عبارت «شهر هوشمند» با عملگر و (AND) ترکیب شد تا جست و جو به انطباق هم زمان دو مفهوم محدود شود. ترکیب های دو گانه ی دیگر کلیدواژه ها (مانند «حمل و نقل هوشمند» و «مدیریت ترافیک») نیز برای افزایش جامعیت جست و جو به کار رفت در پایگاه هایی که از جست و جوی ترکیبی پشتیبانی نمی کردند، عبارات به صورت مستقل و یک به یک جست و جو و نتایج در مرحله ی تکراری ها، حذف صورت گرفت.

به منظور ایجاد همگونی میان مطالعات و جلوگیری از ورود منابع نامرتبط، معیارهای ورود و خروج پیش از آغاز فرایند غربالگری تعیین شدند. مقالاتی وارد مطالعه شدند که در بازه ی زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱ منتشر شده بودند، در یکی از نشریات علمی یا دانشگاهی داخل کشور به چاپ رسیده بودند، با موضوع شهر هوشمند یا حمل و نقل هوشمند ارتباط داشتند، یکی از ابعاد، مؤلفه ها، شاخص ها یا معیارهای حمل و نقل هوشمند را بررسی می کردند، تخصص حداقل یکی از نویسندگان در حوزه ی علوم انسانی (مطالعات با روش صرفاً فنی - مهندسی وارد سنتز نشدند) و متن کامل آن ها در دسترس بود. همچنین، مقاله باید دارای روش پژوهشی مشخص، چارچوب تحلیلی، مدل، شاخص، معیار، راهبرد یا یافته ی قابل استخراج می بود. مطالعاتی که در مقیاس شهری، منطقه ای، ناحیه ای یا محله ای در ایران انجام شده بودند نیز واجد شرایط ورود به پژوهش محسوب شدند. در مقابل، مقالات منتشر شده خارج از بازه ی زمانی تعیین شده، رکوردهای تکراری، گزارش های اجرایی، نامه های علمی، نقد کتاب، یادداشت های غیرپژوهشی و مطالعاتی که متن کامل آن ها در دسترس نبود، حذف شدند. همچنین، مقالاتی که صرفاً به صورت کلی به شهر هوشمند پرداخته و هیچ شاخص یا معیار مشخصی برای حمل و نقل، تحرک یا جابه جایی ارائه نکرده بودند، در تحلیل نهایی وارد نشدند. مقالاتی نیز که فقط عبارت کلی «شش شاخص شهر هوشمند» را ذکر کرده بودند، اما بعد حمل و نقل هوشمند را به صورت مستقل و قابل تشخیص بررسی نکرده بودند، کنار گذاشته شدند تا داده های مربوط به حمل و نقل با سایر ابعاد شهر هوشمند، از جمله اقتصاد، مردم، حکمروایی، محیط زیست و زندگی، آمیخته نشود.

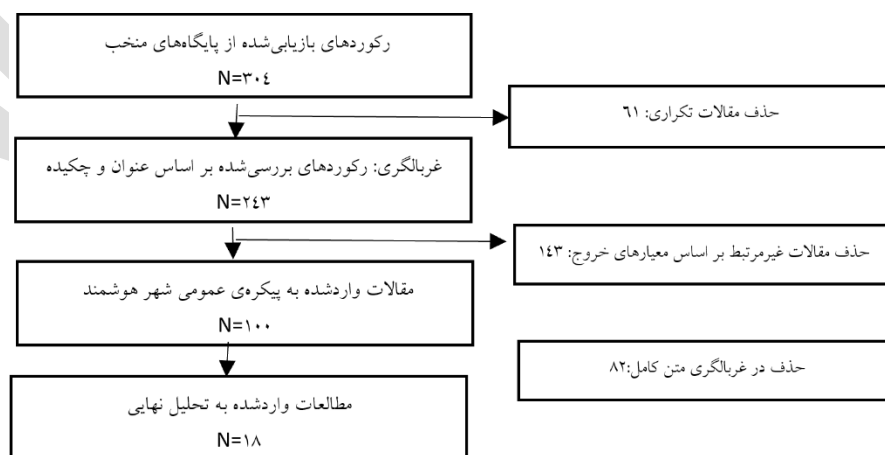
جدول ۱: معیار ورود و خروج

معیار خروج	معیار ورود
مقالات منتشر شده خارج از بازه ی زمانی تعیین شده	انتشار مقاله در بازه ی زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱
مقالات تکراری در پایگاه های مختلف	انتشار مقاله در یکی از نشریات علمی، دانشگاهی یا علمی - پژوهشی داخل کشور
مقالاتی که صرفاً به شهر هوشمند پرداخته و هیچ شاخص یا معیار مشخصی برای حمل و نقل، تحرک یا جابه جایی ارائه نکرده بودند	ارتباط موضوعی مقاله با شهر هوشمند، حمل و نقل هوشمند، تحرک هوشمند یا جابه جایی هوشمند

تمرکز مقاله بر یکی از ابعاد، مؤلفه‌ها، شاخص‌ها یا معیارهای حمل‌ونقل هوشمند	گزارش‌های اجرایی، نامه‌های علمی، نقد کتاب و یادداشت‌های غیرپژوهشی
دسترس‌پذیر بودن متن کامل مقاله	مقالات همایشی، در صورتی که نسخه‌ی علمی - پژوهشی یا متن کامل معتبر آن‌ها در دسترس نبود
برخورداری مقاله از روش پژوهشی مشخص یا ارائه‌ی چارچوب، مدل، شاخص، معیار، راهبرد یا یافته‌ی قابل استخراج	مقالات نظری صرف که فاقد شواهد تجربی، چارچوب تحلیلی یا شاخص‌های قابل استخراج بودند
ارتباط مطالعه با مقیاس‌های شهری، منطقه‌ای، ناحیه‌ای یا محله‌ای در ایران	مقالاتی که متن کامل آن‌ها در دسترس نبود
تخصص حداقل یکی از نویسندگان در حوزه‌ی علوم انسانی یا مطالعات میان‌رشته‌ای (تناسب روش مطالعه با علوم انسانی)	مقالاتی که در آن‌ها فقط عبارت کلی «شش شاخص شهر هوشمند» ذکر شده بود، اما بعد حمل‌ونقل یا تحرک هوشمند به صورت جداگانه و قابل تشخیص بررسی نشده بود

فرایند شناسایی و انتخاب مقالات در دو مرحله انجام گرفت (شکل ۲). در مرحله‌ی نخست، پیکره‌ی عمومی مطالعات مرتبط با شش بعد اصلی شهر هوشمند شناسایی شد. جست‌وجوی اولیه در پایگاه‌های اطلاعاتی موردنظر، ۳۰۴ رکورد علمی را به دست داد. پس از بررسی مشخصات کتاب‌شناختی، عنوان، نویسندگان و اطلاعات انتشار، ۶۱ مورد تکراری حذف شد و ۲۴۳ مقاله برای بررسی عنوان و چکیده باقی ماند. در ادامه، عنوان و چکیده‌ی این مقالات بر اساس معیارهای ورود و خروج بررسی شد و ۱۴۳ مقاله به دلیل نداشتن ارتباط مستقیم با شهر هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند یا شاخص‌های موردنظر کنار گذاشته شد. در نتیجه، ۱۰۰ مقاله وارد پیکره‌ی عمومی مطالعات شهر هوشمند شدند.

در مرحله‌ی دوم، متن کامل ۱۰۰ مقاله به صورت تخصصی بررسی شد. در این مرحله، مقالاتی انتخاب شدند که در آن‌ها یکی از موضوعات حمل‌ونقل هوشمند، تحرک هوشمند، جابه‌جایی هوشمند، مدیریت ترافیک، حمل‌ونقل عمومی، پارکینگ هوشمند، پایش وسایل نقلیه، حمل‌ونقل غیرموتوری یا سامانه‌های حمل و نقل هوشمند به صورت مشخص بررسی شده بود. از میان ۱۰۰ مقاله‌ی موجود، ۸۲ مقاله به دلیل نداشتن تمرکز مشخص بر شاخص‌ها و معیارهای حمل‌ونقل هوشمند از تحلیل تخصصی کنار گذاشته شدند و در نهایت ۱۸ مقاله برای استخراج و تحلیل نهایی انتخاب شدند. بنابراین، پیکره‌ی ۱۰۰ مقاله‌ای، پیکره‌ی عمومی مطالعات شهر هوشمند و پیکره‌ی ۱۸ مقاله‌ای، مجموعه‌ی نهایی مطالعات مرتبط با شاخص‌های حمل‌ونقل هوشمند را تشکیل می‌دهد.



شکل ۲: نمودار جریان شناسایی و غربالگری مطالعات بر اساس چارچوب پریزما

برای استخراج داده‌ها، فرمی استاندارد با چهارده مؤلفه طراحی شد (جدول ۳) که برای تمامی مقالات منتخب به‌صورت یکسان تکمیل گردید. فرایند کدگذاری داده‌ها در دو سطح انجام گرفت. در سطح نخست، کدگذاری قیاسی بر اساس چارچوب نظری شهر هوشمند گیفینگر و طبقه‌بندی حوزه‌های عملکردی حمل‌ونقل هوشمند صورت گرفت. در این مرحله، مؤلفه‌هایی مانند مدیریت حمل‌ونقل و ترافیک، اطلاعات سفر و مسیریابی، حمل‌ونقل عمومی، وسایل نقلیه، ایمنی، اقتصاد و هزینه، محیط‌زیست، شرایط اضطراری، حمل‌ونقل کالا، پدافند غیرعامل و امنیت به‌عنوان کدهای اولیه در نظر گرفته شدند. طبقه‌بندی احمدیان نیز که مطالعات حمل‌ونقل هوشمند در ایران را در یازده مؤلفه دسته‌بندی کرده است، در تنظیم کدهای اولیه مورد استفاده قرار گرفت (Ahmadian, 2022). در سطح دوم، کدگذاری استقرایی انجام شد. به این معنا که هر شاخص یا معیار جدیدی که در متن مقالات شناسایی شد و در طبقه‌بندی اولیه جای مشخصی نداشت، به‌صورت جداگانه ثبت و سپس بر اساس شباهت مفهومی و کارکردی در طبقه‌ای مناسب قرار گرفت. از این طریق، مؤلفه‌هایی مانند حمل‌ونقل فعال و غیرموتوری، پیاده‌مداری، دوچرخه‌سواری، عدالت و دسترسی حمل‌ونقلی، آمادگی سازمانی، همکاری صنعت و دانشگاه، اینترنت اشیا، رایانش ابری و بلوغ هوش کسب‌وکار نیز در فرایند تحلیل مورد توجه قرار گرفتند. برای نمونه، معیارهایی مانند کنترل هوشمند چراغ‌های راهنمایی، پایش ترافیک، مدیریت تراکم، مدیریت سوانح و کنترل جریان تردد در طبقه‌ی مدیریت حمل‌ونقل و ترافیک قرار گرفتند. همچنین، پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری، مسیرهای پیاده و مبلمان شهری در طبقه‌ی حمل‌ونقل فعال و غیرموتوری دسته‌بندی شدند.

فرایند استخراج چارچوب شش‌محوری در پنج گام انجام شد که در گام نخست، متن کامل هر ۱۸ مقاله به‌دقت مطالعه و تمامی عبارت‌هایی که به سنجش، ارزیابی یا توصیف ابعاد حمل‌ونقل هوشمند اشاره داشتند، به‌صورت جمله‌محور در فرم استخراج داده ثبت شد. به این ترتیب، واحد اولیه‌ی تحلیل، «شاخص یا معیار ذکرشده در مقاله» بود و نه خود مقاله. در نتیجه‌ی این گام، مجموعاً ۴۶ کد اولیه استخراج شد. در گام دوم، کدهای اولیه بر اساس شباهت مفهومی و کارکردی بازبینی و ادغام شدند. شاخص‌هایی که به یک مفهوم واحد اشاره داشتند، اما با واژگان متفاوت بیان شده بودند، در یک کد ترکیبی قرار گرفتند؛ برای نمونه، «کنترل هوشمند چراغ‌های راهنمایی»، «مدیریت تراکم» و «پایش ترافیک» در کد واحد «مدیریت جریان ترافیک» ادغام شدند. برآیند این گام، ۲۳ کد متمرکز بود. در گام سوم، کدهای متمرکز با دو مرجع مقایسه و تطبیق داده شدند: چارچوب شش‌بعدی گیفینگر، به‌ویژه عوامل چهارگانه‌ی بعد تحرک هوشمند و طبقه‌بندی یازده‌مؤلفه‌ای احمدیان (Ahmadi, ۲۰۱۹). مقایسه نشان داد کدهای موجود در قالب چهار طبقه‌ی گیفینگر به‌طور کامل قابل‌جای‌گذاری نیستند؛ زیرا دسته‌ای از کدها (مانند عوامل نهادی، پذیرش فناوری و همکاری صنعت و دانشگاه) به هیچ‌یک از عوامل چهارگانه‌ی گیفینگر تعلق نداشتند و دسته‌ی دیگری (مانند پارکینگ هوشمند و حمل‌ونقل غیرموتوری) در طبقه‌بندی احمدیان زیرمجموعه‌های پراکنده‌تری بودند. در گام چهارم، بر مبنای این تطبیق، معیارهای طبقه‌بندی نهایی به‌صورت استقرایی تعریف شد: محورها باید به‌طور مستقل و بدون هم‌پوشانی قابل تشخیص باشند، دست‌کم در یک مقاله به‌صورت مشخص و قابل‌استخراج بررسی شده باشند، از نظر کارکردی در نظام حمل‌ونقل هوشمند جایگاه مستقل داشته باشند و پشتیبانی شواهد صریح در مقالات داشته باشند، نه استنباط نظری صرف. با اعمال این معیارها، ۲۳ کد متمرکز در شش محور نهایی سازمان‌دهی شدند و هیچ کدی خارج از این محورها باقی نماند. همچنین در تدوین جدول ۵، کدهای متمرکز برای عملیاتی‌شدن به شاخص‌های قابل‌سنجش تفکیک شدند و برآیند آن، ۴۱ شاخص در شش محور است که ستون شاخص‌های جدول ۵ نشان دهنده آن می‌باشد. در گام پنجم، اعتبار طبقه‌بندی از دو طریق بررسی شد. نخست، تطبیق مجدد محتوا بدین شکل که یک ماه پس از کدگذاری اولیه، متن کامل مقالات و کدهای نهایی مجدداً مقایسه شد و هیچ مغایرت جدیدی یافت نشد. دوم بررسی مبنایی برای هر محور، تعداد مقالاتی که آن محور را بررسی کرده بودند شمرده شد و همین شمارش، جدول ۵ را تشکیل داد.

غربالگری عنوان و چکیده و سپس بررسی متن کامل توسط دو پژوهشگر به‌صورت مستقل انجام شد و اختلاف‌نظرها در جلسات مشترک بر اساس معیارهای ورود و خروج حل و فصل گردید. استخراج و کدگذاری شاخص‌ها نیز توسط همین دو پژوهشگر به‌صورت مستقل انجام و موارد مغایر با نظر یک داور سوم یکسان‌سازی شد. در پایان، توافق کامل میان دو غربالگر بر اساس نسخه‌ی نهایی معیارها حاصل شد.

برای شفاف‌سازی خاستگاه هر مؤلفه، در تدوین چارچوب شش‌محوری، سه خاستگاه متفاوت از یکدیگر تفکیک شدند: نخست، مؤلفه‌های مستخرج از مطالعات، یعنی محورها و شاخص‌هایی که مستقیماً و با بررسی صریح در متن حداقل یک مقاله‌ی منتخب حضور دارند دوم، مؤلفه‌های سنتز نظری، یعنی مفاهیمی که از پیوند یافته‌های مطالعات با مبانی نظری پژوهش الگوی گیفینگر، الگوی نام و پاردو، نظریه‌ی سامانه‌های اجتماعی - فنی و پارادایم بانستر استخراج شده‌اند و به‌صورت مستقل در هیچ مقاله‌ای سنجیده نشده‌اند و سوم، مؤلفه‌های پیشنهادی نویسندگان، یعنی پیشنهادهایی برای توسعه‌ی چارچوب که مبتنی بر تحلیل شکاف در مطالعه هستند، اما هنوز آزمون تجربی نشده‌اند. بر این اساس، مؤلفه‌های محورها یک تا پنج (زیرساخت فناوریانه، مدیریت ترافیک، حمل‌ونقل عمومی، حمل‌ونقل غیرموتوری و پارکینگ هوشمند) در گروه نخست قرار می‌گیرند، زیرا در مجموع در ۱۳ مقاله به‌طور صریح بررسی شده‌اند. مؤلفه‌ی عدالت و دسترسی گروه‌های آسیب‌پذیر و مفاهیم اجتماعی و زیست‌محیطی پیامدی، در گروه دوم قرار می‌گیرند، زیرا اگرچه به‌صورت ضمنی در دو مطالعه (Kaveh, ۲۰۲۱; Kavoosi, ۲۰۲۱) ظاهر شده‌اند، شکل مستقل و شاخص محور آن‌ها از سنتز با نظریه‌ی عدالت تحرکی و پارادایم بانستر حاصل شده است. مؤلفه‌های تاب‌آوری شبکه، امنیت و حکمرانی داده و ارزیابی پیامدهای واقعی سامانه‌های مستقر، در گروه سوم قرار می‌گیرند؛ زیرا این مفاهیم در هیچ‌یک از ۱۸ مطالعه به‌صورت مستقل بررسی نشده‌اند و حضور آن‌ها در چارچوب، پیشنهادی برای پوشش شکاف‌های شناسایی شده در مرور است، نه نتیجه‌ی استخراج مستقیم از داده‌ها.

در «توضیح سطح تحلیل محورها» چنان‌که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، محورهای پیشنهادی از نظر ماهیت هم‌تراز نیستند؛ برخی بیانگر حوزه‌های موضوعی (مانند حمل‌ونقل عمومی و پارکینگ)، برخی بیانگر کارکردهای مدیریتی (مانند مدیریت و پایش ترافیک) و برخی بیانگر عوامل زمینه‌ای و حکمرانی (مانند برنامه‌ریزی راهبردی و عوامل نهادی) هستند. این ناهم‌ترازی عمدی و مبتنی بر مبانی نظری پژوهش است. چارچوب پیشنهادی بر الگوی «نظام اجتماعی - فنی» (Nam & Pardo, ۲۰۱۱) و چارچوب یکپارچه‌ی چورابی و همکاران (Chourabi et al., 2012) استوار است که شهر هوشمند را نه فهرستی از عناصر هم‌عرض، بلکه سیستمی چندلایه متشکل از «نهادهای فناوریانه»، «کارکردها و خدمات» و «زمینه‌ی نهادی و حکمرانی» می‌داند. از این‌رو، محورهای شش‌گانه به‌جای طبقاتی هم‌سطح، لایه‌های مختلف یک نظام واحد را نمایندگی می‌کنند.

با توجه به تفاوت مقالات منتخب از نظر هدف، روش، مقیاس، جامعه‌ی آماری و متغیرهای مورد بررسی، تحلیل داده‌ها به‌صورت ترکیب توصیفی و تحلیل محتوای نظام‌مند انجام شد و از فراتحلیل آماری استفاده نشد. ابتدا ویژگی‌های عمومی مقالات، از جمله سال انتشار، محدوده‌ی جغرافیایی، مقیاس مطالعه و موضوع اصلی بررسی شد. سپس شاخص‌ها و معیارهای حمل‌ونقل هوشمند از متن مقالات استخراج و در طبقات مفهومی قرار گرفتند. در ادامه، فراوانی تکرار هر شاخص، گستره‌ی کاربرد آن و ارتباطش با ابعاد شهر هوشمند بررسی شد. درنهایت، شاخص‌های پرتکرار، شاخص‌های کم‌کاربرد و حوزه‌های مغفول شناسایی شدند و بر اساس ترکیب چارچوب نظری گیفینگر، طبقه‌بندی احمدیان و یافته‌های مقالات منتخب، دسته‌بندی پیشنهادی پژوهش ارائه شد. این دسته‌بندی علاوه بر ابعاد فناوریانه و مدیریتی، مؤلفه‌هایی مانند پایداری، حمل‌ونقل عمومی، حمل‌ونقل فعال، دسترسی، عدالت، ایمنی، تاب‌آوری و هماهنگی نهادی را نیز دربر می‌گیرد.

در فرایند تحلیل، داده‌های استخراج‌شده با متن کامل مقالات تطبیق داده شدند تا از برداشت نادرست یا ثبت شاخص‌های مبهم جلوگیری شود. همچنین، میان شاخص‌های مستقیم حمل‌ونقل هوشمند و شاخص‌های عمومی شهر هوشمند تمایز برقرار شد. شاخص‌های عمومی، تنها در صورتی در تحلیل حمل‌ونقل وارد شدند که مقاله رابطه‌ی مستقیم آن‌ها را با حمل‌ونقل هوشمند، تحرک، دسترسی، ایمنی، پایداری یا عملکرد شبکه‌ی حمل‌ونقل بررسی کرده باشد. به این ترتیب، تلاش شد تحلیل نهایی تنها بر شاخص‌هایی متمرکز باشد که ارتباط روشن و قابل‌دفاعی با موضوع پژوهش دارند.

جدول ۲: خلاصه‌ی فرایند شناسایی و غربالگری مقالات-تفصیل شکل ۲

مرحله	شرح فرایند	تعداد
شناسایی اولیه	مقالات مرتبط با شش بعد شهر هوشمند در پایگاه‌های علمی	۳۰۴

۶۱	حذف رکوردهای تکراری میان پایگاه‌های اطلاعاتی	حذف موارد تکراری
۲۴۳	بررسی ارتباط موضوعی مقالات با شهر هوشمند و حمل‌ونقل هوشمند	بررسی عنوان و چکیده
۱۴۳	حذف مقالات فاقد ارتباط با موضوع پژوهش	حذف مقالات غیرمرتبط
۱۰۰	مقالات واجد شرایط برای بررسی متن کامل	پیکره‌ی عمومی شهر هوشمند
۸۲	حذف مقالات فاقد شاخص یا معیار مشخص حمل‌ونقل هوشمند	غربالگری تخصصی حمل‌ونقل هوشمند
۱۸	مقالات وارد شده به تحلیل تفصیلی	مطالعات منتخب نهایی

از آنجا که مطالعات وارد شده به مرور از نظر روش بسیار ناهمگون‌اند (از پیمایش و تحلیل مضمون تا مدل‌سازی و تحلیل سناریو)، ارزیابی کیفیت با فهرست روش‌شناختی MMAT انجام شد که برای ارزیابی هم‌زمان مطالعات کمی، کیفی و ترکیبی طراحی شده است. (Hong et al., ۲۰۱۸) هر مطالعه بر اساس پنج معیار این فهرست (تناسب با هدف روش‌شناختی، روش گردآوری داده‌ها، نمونه‌گیری، تحلیل و نتیجه‌گیری) ارزیابی و در سه سطح کیفیت بالا، متوسط و پایین طبقه‌بندی شد. ملاک تبدیل امتیاز ارزیابی به این سه سطح چنین بود: برای هر مطالعه، نسبت معیارهای تأیید شده (پاسخ «بله») از پنج معیار متناسب با نوع مطالعه محاسبه شد. مطالعات با تأیید دست‌کم چهار معیار (۴ از ۵ و ۵ از ۵) در سطح کیفیت بالا، مطالعات با تأیید سه معیار (۳ از ۵) در سطح متوسط و مطالعات با تأیید دو معیار یا کمتر در سطح پایین قرار گرفتند. در این شمارش، پاسخ «نمی‌دانم» به‌صورت محافظه‌کارانه معادل عدم تأیید لحاظ شد تا طبقه‌بندی کیفیت مطلوب‌تر از شواهد واقعی به نظر نرسد. تأکید می‌شود که این ارزیابی صرفاً با هدف توصیف ویژگی‌های روش‌شناختی مطالعات انجام شده و در حذف مطالعات، وزندهی به یافته‌ها یا اولویت‌بندی نتایج در سنتز نقشی نداشته است؛ هیچ مطالعه‌ای بر اساس امتیاز کیفیت حذف یا کم‌اهمیت نشده و نتایج ارزیابی تنها به‌عنوان پیشینه‌ی تفسیری سنتز گزارش می‌شود. بر این اساس، از ۱۸ مطالعه‌ی منتخب، هفت مطالعه (فرجی و همکاران؛ بزرگ‌خو و هاشم‌زاده؛ اسکندری‌ثانی و همکاران؛ گودرزی و همکاران؛ لطفی و همکاران؛ اسماعیل‌زاده و همکاران؛ کاووسی و محمدی، ۱۳۹۹) در سطح کیفیت بالا، شش مطالعه (کاووسی و محمدی، ۱۴۰۰؛ عباس‌شهر و همکاران؛ شفیعی‌نیک‌آبادی و شامبیاتی؛ طهماسبی و قربانی؛ احمدی و همکاران؛ کاوه و همکاران) در سطح متوسط و پنج مطالعه (نصرتی و همکاران؛ پوراحمد و همکاران؛ برادران و همکاران؛ حدادی و همکاران؛ پرهیزگار و همکاران) در سطح پایین قرار گرفتند.

برای استخراج داده‌ها، فرم استاندارد طراحی شد. این فرم برای تمامی مقالات منتخب به‌صورت یکسان تکمیل شد و شامل بخش‌های زیر بود:

جدول ۳: ابزار و فرم استخراج داده‌ها

ردیف	زیر عناوین	ردیف	زیر عناوین
۱	نام نویسنده یا نویسندگان	۸	نوع مطالعه و رویکرد روش‌شناختی
۲	سال انتشار	۹	جامعه و نمونه‌ی آماری، در صورت وجود
۳	عنوان مقاله	۱۰	شاخص یا مؤلفه‌ی حمل‌ونقل هوشمند
۴	نام نشریه و مشخصات کتاب‌شناختی	۱۱	معیارها و زیرشاخص‌های مورد استفاده
۵	شهر یا محدوده‌ی جغرافیایی مطالعه	۱۲	فناوری یا سامانه‌ی مورد بررسی
۶	مقیاس مطالعه، شامل شهری، منطقه‌ای، ناحیه‌ای یا محله‌ای	۱۳	نتیجه‌ی کلیدی پژوهش
۷	هدف اصلی پژوهش	۱۴	جایگاه مقاله در طبقه‌بندی نهایی پژوهش

پس از تکمیل فرم، اطلاعات مقالات از نظر مفهومی مقایسه شد. در مواردی که یک مقاله بیش از یک شاخص یا مؤلفه را بررسی کرده بود، همه‌ی مؤلفه‌های قابل تشخیص در فرم استخراج ثبت شد. بنابراین، هر مقاله می‌توانست هم‌زمان در چند طبقه‌ی موضوعی قرار گیرد. به همین دلیل، مجموع فراوانی مؤلفه‌ها الزاماً برابر با تعداد مقالات منتخب نیست.

جدول زیر ۱۸ مقاله‌ی منتخب را نشان می‌دهد. ستون «کد اولیه» به شماره‌ی مقاله در فهرست بازیابی اولیه اشاره دارد و ستون «ردیف تحلیل» ترتیب مقالات را در پیکره‌ی نهایی پژوهش نشان می‌دهد.

جدول ۴: مشخصات مقالات منتخب مرتبط با حمل‌ونقل هوشمند

ردیف تحلیل	کد اولیه	نویسنده (سال)	عنوان	معیار مورد مطالعه	روش پژوهش و نمونه	نتیجه‌ی کلیدی
1	۱	فرجی و همکاران (۱۳۹۹) (Farzaldin,) (۲۰۲۰)	ارائه استراتژی‌های ضروری جهت راه‌اندازی پارکینگ هوشمند دوربین محور	مدیریت هوشمند پارکینگ‌های عمومی	پژوهش کیفی؛ مصاحبه با ۱۵ نفر از خبرگان دانشگاهی و اجرایی؛ تحلیل مضمون، تحلیل SWOT و اولویت‌بندی با ماتریس QSPM	شناسایی زیرساخت‌های اولیه و تحلیل نقاط قوت/ضعف به‌عنوان دو گام کلیدی راه‌اندازی پارکینگ هوشمند دوربین محور
2	۸	اسکندری ثانی و همکاران (۱۳۹۷) (Eskandari Sani et al.,) (۲۰۱۹)	ارزیابی پتانسیل‌های پیاده‌سازی شهر هوشمند با تأکید بر حمل‌ونقل (بیرجند)	سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS) و مدیریت ترافیک	کاربردی، توصیفی - تحلیلی؛ گردآوری داده‌ها با مطالعات اسنادی و پیمایش؛ ۳۸۳ شهروند و ۴۰ نفر از کارشناسان	رابطه‌ی معنادار میان مدیریت ترافیک و رضایت‌مندی شهروندان؛ ضرورت مراکز مدیریت ترافیک هدفمند
3	۹	کاوسی و محمدی (۱۳۹۹) (Kavoosi,) (۲۰۲۰)	ارزیابی تحرک و جابه‌جایی هوشمند از دیدگاه شهروندان (شیراز)	زیرساخت حمل‌ونقل، حمل‌ونقل عمومی، حمل‌ونقل پایدار	توصیفی - تحلیلی؛ مطالعات اسنادی و میدانی؛ پرسش‌نامه با طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت؛ بررسی ۱۱ منطقه‌ی شهر شیراز	نابرابری فضایی در تحرک هوشمند میان مناطق شهر شیراز؛ برخی مناطق در وضعیت مطلوب‌تری قرار دارند
4	۲۷	گودرزی و همکاران (۱۳۹۸) (Goudarzi,) (۲۰۱۹)	بررسی و تحلیل موانع هوشمندسازی حمل‌ونقل درون‌شهری اهواز	موانع مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی-فرهنگی و کالبدی	کاربردی، توصیفی - تحلیلی و پیمایشی؛ استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، مشاهده و پرسش‌نامه؛ تحلیل با روش‌های DEMATEL و ANP	شناسایی ۶۵ مانع؛ ضعف دانش فنی مدیران و کمبود اعتبارات مهم‌ترین موانع هوشمندسازی حمل‌ونقل
5	۴۹	پوراحمد و همکاران (۱۳۹۷) (Pourahmad,) (۲۰۱۸)	شهر هوشمند: تبیین ضرورت‌ها و الزامات شهر تهران برای هوشمندی	حمل‌ونقل هوشمند در کنار سایر ابعاد شهر هوشمند	هدف پژوهش، تبیین ضرورت‌ها و الزامات هوشمندسازی تهران و ارائه‌ی راهبردهای اجرایی است.	اثرات زیست‌محیطی و انگیزه‌های اقتصادی، در کنار حمل‌ونقل، از الزامات پراهمیت هوشمندسازی تهران‌اند
6	۵۳	کاوسی و محمدی (۱۴۰۰) (Kavoosi,) (۲۰۲۱)	تحرک و جابه‌جایی هوشمند و پایداری اجتماعی: ارزیابی روابط متقابل	دسترسی، حمل‌ونقل پایدار، فناوری اطلاعات و ارتباطات	توصیفی - تحلیلی؛ مطالعات اسنادی و میدانی؛ پرسش‌نامه و ارزیابی دیدگاه شهروندان	وضعیت نامطلوب متغیرهای تحرک و جابه‌جایی هوشمند از

حیث پایداری اجتماعی در شهر شیراز						
ارتباط مستقیم میان سطح هوشمندی محلها (از جمله دسترسی به حمل و نقل عمومی) و میزان پایداری آنها	روش همبستگی؛ استفاده از پرسش نامه، مشاهده و مصاحبه؛ جامعه شامل ۱۸ محلۀ منطقه‌ی ۶ تهران؛ پایایی با آلفای کرونباخ و روایی به صورت صوری	حمل و نقل عمومی به عنوان یکی از مؤلفه های زندگی هوشمند	تحلیل ارتباط هوشمندسازی و پایداری در فضای شهری (منطقه ۶ تهران)	اسماعیل زاده (۱۳۹۶) Esmaeilzadeh) (۲۰۱۹et al.,	۵۸	7
طراحی و پیاده سازی ۶ سناریوی پایش سرعت، تردد در طرح ترافیک و زوج و فرد، و اطلاع رسانی اضطراری	طراحی و پیاده سازی سناریوهای کاربردی؛ جامعه و نمونه‌ی آماری در مطالعه‌ی اصلی گزارش نشده است	پایش و کنترل هوشمند خودرو با اینترنت اشیا	سناریوهایی برای کنترل و پایش هوشمند وسایل نقلیه با استفاده از اینترنت اشیا	برادران و همکاران (۱۳۹۹) Baradaran et) (۲۰۲۱al.,	۱۱۰	8
تفاوت معنادار مناطق شهری ساری در برخوردار از شاخص های شهر هوشمند و حمل و نقل عمومی	کاربردی، توصیفی - تحلیلی؛ مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی؛ پرسش نامه و مصاحبه؛ حجم نمونه ۳۸۴ نفر؛ استفاده از آزمون های کروسکال - والیس، فریدمن، همبستگی اتا و رگرسیون لجستیک	حمل و نقل عمومی	ارزیابی رابطه‌ی میان شهر هوشمند و کاهش مشکلات حمل و نقل عمومی (ساری)	لطفی و همکاران (۱۳۹۶) (۲۰۱۷Lotfi,)	۱۳۱	9
تنوع وسایل حمل و نقل غیر موتوری، زیرساخت پیاده و دوچرخه و مبلمان شهری از عوامل کلیدی پیاده‌مداری هوشمند	کاربردی، توصیفی - تحلیلی؛ استخراج شاخص ها با روش گولر؛ استفاده از روش دلفی با ۱۰ پرسش نامه‌ی کارشناسی؛ تحلیل اثرات مقاطع با نرم افزار MICMAC؛ شناسایی ۲۴ عامل	استفاده از وسایل حمل و نقل غیر موتوری، مسیر پیاده و دوچرخه	تحلیل اثرات ایجاد مسیر پیاده‌مدار در شهر هوشمند با رویکرد آینده نگاری	پرهیزگار و همکاران (۱۴۰۱) Parhizgar,) (۲۰۲۲	۱۵۲	10
پس از منابع طبیعی، توسعه‌ی دولت الکترونیک، زیرساخت ICT و حمل و نقل هوشمند بیشترین اهمیت را در رشد تبریز داشته‌اند	روش همبستگی؛ استفاده از پرسش نامه، مشاهده و مصاحبه حجم نمونه در مطالعه‌ی اصلی گزارش نشده است	توسعه‌ی زیرساخت ICT و حمل و نقل هوشمند در کنار سایر ابعاد	تحلیل روند توسعه شهر تبریز با رویکرد شهر هوشمند به روش معادلات ساختاری	عباس شهیر و همکاران (۱۴۰۱) Abbas-)) (۲۰۲۲Shahir,	۲۰۳	11

دیدگاه کارشناسان و آمادگی سازمانی مهم‌ترین عوامل پذیرش اینترنت اشیا در حمل‌ونقل هوشمند شهری‌اند	پیمایش ابزار و حجم نمونه در مطالعه‌ی اصلی گزارش نشده است	پذیرش فناوری اینترنت اشیا در حمل‌ونقل	شناسایی عوامل مؤثر بر پذیرش اینترنت اشیا در حمل‌ونقل هوشمند شهری (سمنان)	شفیعی‌نیک‌آبادی و شامبیاتی (۱۴۰۰) Shafiei- Nikabadi, (۲۰۲۱)	۲۵۱	12
بعد دانش‌مداری، یکپارچگی و پایداری، بیشترین اهمیت را در شکل‌دهی حمل‌ونقل هوشمند همدان داشته‌اند	گزارش نشده در مطالعه اصلی	دانش‌مداری، یکپارچگی و پایداری در حمل‌ونقل هوشمند	طراحی سناریوهای توسعه‌ی حمل‌ونقل هوشمند شهری (همدان)	نصرتی و همکاران (۱۳۹۹) (۲۰۲۰Nosrati,)	۲۵۲	13
هماهنگی سازمان‌های دولتی برای بهبود زیرساخت‌های عمومی، مهم‌ترین راهبرد توسعه‌ی حمل‌ونقل هوشمند تبریز است	استفاده از مدل ترکیبی؛ تصمیم‌گیری؛	اولویت‌بندی راهبردهای توسعه‌ی حمل‌ونقل هوشمند	مدل ترکیبی اولویت‌بندی استراتژی‌های حمل‌ونقل هوشمند (تبریز)	احمدی و همکاران (۱۳۹۸) (۲۰۱۹Ahmadi,)	۲۵۳	14
فقدان زیرساخت‌های لازم در صنعت ITS و کاربردی‌نبودن تولید علم، اصلی‌ترین موانع همکاری صنعت-دانشگاه‌اند	پیمایش ابزار و حجم نمونه در مطالعه‌ی اصلی گزارش نشده است	موانع انتقال دانش صنعت-دانشگاه در حوزه‌ی ITS	بررسی موانع همکاری صنعت و دانشگاه در توسعه‌ی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند	طهماسبی و قربانی (۱۴۰۱) Amin- Tahmasebi, (۲۰۲۱)	۲۶۵	15
پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری به‌عنوان برترین شیوه‌های حمل‌ونقل هوشمند غیرموتوری شناسایی شدند	استفاده از مدل ترکیبی تصمیم‌گیری	شیوه‌های حمل‌ونقل غیرموتوری و عمومی/نیمه‌عمومی	نقش مدیریت یکپارچه در تحقق حمل و نقل هوشمند (مطالعه موردی: شهر زاهدان)	کاوه و همکاران (۱۴۰۱) (۲۰۲۱Kaveh,)	۲۷۴	16
سازمان‌های مورد مطالعه از سطح بلوغ مناسبی برای پیاده‌سازی سیستم هوشمند کسب‌وکار در حمل‌ونقل برخوردارند	کاربردی، توصیفی - تحلیلی؛ مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی؛ پرسش‌نامه و مصاحبه	بلوغ هوشمندی کسب‌وکار و اثر آن بر سیستم حمل‌ونقل هوشمند	کنش بلوغ هوش کسب‌وکار بر حمل‌ونقل هوشمند	حدادی و همکاران (۱۳۹۹) Harandi,) (۲۰۲۰)	۲۹۲	17
چالش‌های خدماتی و زیرساختی بیشترین اهمیت را در	پژوهش کیفی؛ مصاحبه با خبرگان دانشگاهی و اجرایی	رایانش ابری در خدمات حمل‌ونقل ریلی هوشمند	مؤلفه‌های تأثیرگذار بر فناوری رایانش ابری در ارائه‌ی خدمات	بزرگ‌خو و هاشم‌زاده (۱۴۰۰)	۲۹۳	18

به کارگیری رایانش ابری در حمل و نقل ریلی هوشمند دارند		هوشمند سیستم حمل و نقل ریلی	Bozorgkhoo,) (۲۰۲۱		
---	--	--------------------------------	------------------------	--	--

۴. یافته‌ها

بررسی ۱۸ مقاله‌ی منتخب نشان داد که مطالعات داخلی حمل و نقل هوشمند از نظر روش‌شناختی، جغرافیایی و موضوعی از تنوع قابل توجهی برخوردارند، با این حال، این مطالعات در برخی زمینه‌ها تمرکز بیشتری داشته و در برخی حوزه‌های مهم، شکاف پژوهشی آشکاری مشاهده می‌شود. از نظر روش پژوهش، ۱۳ مقاله با رویکرد توصیفی - تحلیلی انجام شده‌اند. این مطالعات عموماً با استفاده از مطالعات اسنادی، پیمایش میدانی، پرسش‌نامه، مصاحبه با کارشناسان و تحلیل شاخص‌ها، وضعیت حمل و نقل هوشمند را در شهر یا منطقه‌ی مورد مطالعه ارزیابی کرده‌اند. سایر مطالعات نیز در قالب پژوهش‌های پیمایشی، همبستگی، تحلیلی، آینده‌پژوهی، طراحی سناریو و مطالعات فناوریانه انجام شده‌اند. غلبه‌ی روش‌های توصیفی - تحلیلی نشان می‌دهد که بخش مهمی از پژوهش‌های داخلی عمدتاً بر شناخت وضعیت موجود، ارزیابی میزان برخورداری شهرها از مؤلفه‌های حمل و نقل هوشمند و شناسایی موانع و عوامل مؤثر تمرکز داشته‌اند. در مقابل، مطالعاتی که به ارزیابی عملکرد واقعی سامانه‌ها، سنجش پیامدهای اجرای فناوری‌ها، تحلیل داده‌های بزرگ، شبیه‌سازی، ارزیابی پیش و پس از اجرای پروژه‌ها یا بررسی رفتار واقعی کاربران پرداخته باشند، سهم کمتری در مجموعه‌ی مطالعات منتخب دارند.

از نظر پراکندگی جغرافیایی، مطالعات بررسی‌شده در شهرها و استان‌هایی مانند تهران، تبریز، شیراز هر کدام دو مطالعه، اهواز، بیرجند، سمنان، همدان و زاهدان، ساری هر کدام یک مطالعه و شش مطالعه فاقد محدوده جغرافیایی مشخص انجام شده‌اند. این پراکندگی در نگاه نخست نشان‌دهنده‌ی توجه پژوهشگران به بخش‌های مختلف کشور است؛ اما بررسی دقیق‌تر نشان می‌دهد که تمرکز اصلی مطالعات بر کلان‌شهرها، مراکز استان و شهرهای برخوردار از ظرفیت دانشگاهی و مدیریتی بیشتر بوده است. شهر تهران، شیراز و تبریز در میان مطالعات منتخب جایگاه برجسته‌تری دارند و بخش قابل توجهی از پژوهش‌ها به مسائل حمل و نقل، مدیریت ترافیک، زیرساخت‌های فناوری و راهبردهای توسعه‌ی هوشمند در این شهرها اختصاص یافته است. در مقابل، شهرهای کوچک‌تر، شهرهای پیرامونی و مناطق کم‌برخوردار از نظر زیرساخت‌های ارتباطی و حمل و نقلی کمتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. این تمرکز جغرافیایی می‌تواند موجب شود الگوهای پیشنهادی حاصل از پژوهش‌های داخلی بیشتر با ویژگی‌های کلان‌شهرها سازگار باشند و قابلیت تعمیم آن‌ها به شهرهای کوچک و متوسط با احتیاط انجام گیرد.

از نظر روند زمانی، بیشترین تعداد مطالعات منتخب به سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ مربوط است. افزایش تعداد پژوهش‌ها در سال‌های پایانی دوره نشان می‌دهد که حمل و نقل هوشمند به تدریج به یکی از محورهای برنامه‌ریزی شهری و توسعه‌ی پایدار تبدیل شده است. این روند محتمل است با عواملی مانند تشدید مشکلات ترافیکی، گسترش فناوری‌های نوین و توجه سیاست‌گذاران مرتبط باشد، هرچند داده‌های این مرور برای اثبات علی این رابطه کافی نیست و این تفسیر صرفاً فرضیه‌ای تفسیری است که آزمون آن نیازمند مطالعات روندنگار آینده است. از منظر کیفیت روش‌شناختی نیز، بر اساس ارزیابی MMAT، هفت مطالعه کیفیت بالا، شش مطالعه کیفیت متوسط و پنج مطالعه کیفیت پایین داشتند این ارزیابی توصیفی بود و در حذف یا وزن‌دهی مطالعات نقشی نداشت.

تحلیل محتوای مقالات منتخب نشان داد که شاخص‌ها و معیارهای به کاررفته را می‌توان در شش دسته‌ی اصلی طبقه‌بندی کرد. این دسته‌بندی بر اساس شباهت مفهومی شاخص‌ها و کارکرد آن‌ها در نظام حمل و نقل هوشمند انجام شده است. نکته‌ی مهم درباره‌ی خوانش جدول ۵ آن است که واحد شمارش در این پژوهش «ذکر یا بررسی شاخص» است، نه «تعداد مقاله». به عبارت دیگر، هر مقاله بر اساس محتوای واقعی متن کامل خود، در هر محوری که به‌طور مشخص و قابل استخراج به آن پرداخته باشد، شمارش شده است. بنابراین، در جدول ۵ دو واحد شمارش مکمل به کار رفته است: واحد اصلی، تعداد ۴۱ شاخص و مؤلفه‌ی استخراج‌شده است که گستره‌ی محتوایی توجه به هر محور را نشان می‌دهد و واحد مکمل، تعداد مطالعات پوشش‌دهنده است که نشان می‌دهد چند پژوهش

به‌طور مشخص به آن محور پرداخته‌اند. معیار پوشش، وجود دست‌کم یک شاخص مشخص و مستدل در متن مطالعه است و صرف اشاره‌ی کلی ملاک نبوده است. در ستون تعداد مطالعات پوشش دهنده یک مقاله می‌تواند هم‌زمان در دو یا چند محور قرار گیرد و به همین دلیل، مجموع فراوانی‌های جدول (۲۲ مورد) از تعداد کل مقالات منتخب (۱۸ مقاله) بیشتر است. برای نمونه، مطالعه‌ی اسکندری‌ثانی و همکاران (۲۰۱۸) هم مدیریت ترافیک و سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند را بررسی کرده و هم به حمل‌ونقل عمومی اشاره دارد، از این‌رو در هر دو محور دوم و سوم شمارش شده است. معیار قرارگرفتن یک مقاله در چند دسته، وجود حداقل یک شاخص یا معیار مشخص و مستدل در متن مقاله برای هر دسته است؛ صرف اشاره‌ی کلی یا ضمنی ملاک شمارش نبوده است. در جدول ۵، ستون خاستگاه نشان می‌دهد شاخص‌های هر محور تا چه حد مستقیماً از متون مطالعات مرور شده برآمده‌اند: مؤلفه‌های «استخراج مستقیم» در متن دست‌کم یک مطالعه‌ی منتخب صریحاً بررسی شده‌اند، مؤلفه‌های «سنتر نظری» اگرچه خاستگاهشان متون مطالعات است، شکل شاخص‌محور آن‌ها از پیوند با مبانی نظری پژوهش حاصل شده و مفاهیم تاب‌آوری شبکه، امنیت و حکمرانی داده و ارزیابی پیامدهای واقعی، پیشنهاد نویسندگان برای پوشش شکاف‌های شناسایی‌شده‌اند و به‌همین دلیل در ستون شاخص‌های جدول درج نشده‌اند اما در روش شناسی بدان پرداخته شده است.

جدول ۵: طبقه‌بندی موضوعی مطالعات مرور شده و محورها و مؤلفه‌های استخراج شده

محور موضوعی	شاخص‌ها و مؤلفه‌های استخراج شده از مطالعات	خاستگاه	تعداد مطالعات پوشش دهنده	درصد تعداد مطالعات پوشش دهنده	تعداد شاخص‌ها	درصد تعداد شاخص‌ها
زیرساخت و فناوری حمل‌ونقل هوشمند	تعداد و پوشش حسگرها و دوربین‌ها؛ زیرساخت اینترنت اشیا و ضریب نفوذ آن؛ رایانش ابری و ظرفیت پردازش داده؛ زیرساخت فناوری اطلاعات و ارتباطات و پوشش شبکه‌ی ارتباطی؛ سامانه‌های اطلاعات مکانی و پایگاه‌های داده‌ی مکانی؛ زیرساخت داده و تبادل اطلاعات میان سامانه‌ها؛ قابلیت اتصال و هم‌کنش‌پذیری سامانه‌ها؛ سامانه‌های ارتباطی و شبکه‌های مخابراتی	استخراج مستقیم	۳	۱۳.۷	۸	۱۹.۵
مدیریت و پایش هوشمند ترافیک و وسایل نقلیه	پوشش و عملکرد مدیریت هوشمند ترافیک؛ سامانه‌های پایش خودرو و ناوگان؛ سامانه‌های کنترل و تخفیف سرعت؛ دوربین‌های هوشمند ترافیکی و نرخ ثبت تخلف؛ مدیریت طرح‌های ترافیکی (طرح ترافیک)؛ کنترل هوشمند جریان تردد و زمان واکنش سامانه‌ها؛ سامانه‌های اطلاع‌رسانی و هشدار اضطراری	استخراج مستقیم	۳	۱۳.۷	۷	۱۷.۱
حمل‌ونقل عمومی و پایدار	دسترسی و پوشش شبکه‌ی حمل‌ونقل عمومی؛ کیفیت و قابلیت اطمینان خدمات؛ زمان انتظار و حداکثر زمان سفر؛ سهم حمل‌ونقل عمومی از سفرهای شهری؛ حمل‌ونقل پایدار و ارتقای سهم آن؛ رضایت	استخراج مستقیم / سنتر نظری	۵	۲۲.۷	۷	۱۷.۱

				(پیامدهای پایداری)	شهروندان از خدمات؛ پیوند خدمات با پایداری اجتماعی و کاهش آلودگی زیست‌محیطی	
۱۴.۵	۶	۹.۱	۲	استخراج مستقیم/ سنتر نظری (دسترسی کم‌توان‌ها)	طول و پیوستگی شبکه‌ی پیاده‌روی؛ توسعه‌ی دوچرخه‌سواری و ظرفیت و ضریب نفوذ آن؛ طراحی مسیرهای پیاده‌مدار و اولویت‌دار؛ مسیرهای ویژه‌ی دوچرخه و پیوستگی شبکه؛ تنوع شیوه‌های جابه‌جایی و سهم سفرهای فعال (پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری)؛ مبلمان شهری و کیفیت فضای پیاده	حمل‌ونقل غیرموتوری و پیاده‌مداری
۹.۸	۴	۴.۵	۱	استخراج مستقیم	سامانه‌های مدیریت هوشمند پارکینگ؛ دوربین‌های ثبت خودکار و ثبت تخلف پارکینگ؛ سامانه‌های شناسایی ظرفیت و راهنمایی به جای پارک؛ کنترل هوشمند ورود و خروج	مدیریت پارکینگ هوشمند
۲۲.۰	۹	۳۶.۳	۸	استخراج مستقیم/ پیشنهاد نویسندگان	اولویت‌بندی راهبردهای توسعه؛ به‌کارگیری آینده‌پژوهی و سناریونویسی؛ آمادگی سازمانی؛ سطح پذیرش فناوری؛ موانع مدیریتی و کمبود دانش فنی مدیران؛ سطح هماهنگی نهادی؛ عمق همکاری صنعت و دانشگاه؛ کفایت منابع مالی و اعتبارات و ساختار مدیریت یکپارچه و سازوکارهای حکمروایی	برنامه‌ریزی راهبردی، سناریونویسی و عوامل نهادی
۱۰۰	۴۱	۱۰۰	۲۲		جمع کل	

مقایسه‌ی دسته‌های شناسایی‌شده نشان می‌دهد که «برنامه‌ریزی راهبردی، سناریونویسی و عوامل نهادی» با حضور در ۸ مقاله، گسترده‌ترین حوزه‌ی مورد توجه بوده است. با این حال، چنان‌که در بخش بحث تبیین می‌شود، فراوانی بیشتر مطالعات یک محور، به‌تنهایی معیاری برای داوری درباره‌ی اهمیت یا اثرگذاری آن محور نیست اما به طور کلی این یافته بیانگر آن است که بخش مهمی از مطالعات داخلی، حمل‌ونقل هوشمند را از منظر شناسایی راهبردها، موانع، الزامات، سناریوهای آینده و ظرفیت‌های سازمانی بررسی کرده‌اند. در این مطالعات، عواملی مانند هماهنگی سازمان‌های دولتی، آمادگی سازمانی، دانش فنی مدیران، همکاری صنعت و دانشگاه، پذیرش اینترنت اشیا و ظرفیت‌های مدیریتی، نقش تعیین‌کننده‌ای در تحقق حمل‌ونقل هوشمند داشته‌اند. از این منظر، هوشمندسازی حمل‌ونقل در ایران صرفاً مسئله‌ای فنی نیست، بلکه به ساختار تصمیم‌گیری، هماهنگی نهادی، منابع مالی، انتقال دانش و ظرفیت سازمانی نیز وابسته است.

دسته‌ی «حمل‌ونقل عمومی و پایدار» با حضور در ۵ مقاله، دومین محور پرتوجه در مطالعات منتخب بوده است. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که حمل‌ونقل عمومی در ارزیابی هوشمندی شهرها جایگاه مهمی دارد و عواملی همچون میزان دسترسی، کیفیت خدمات، رضایت شهروندان، پوشش فضایی و ارتباط آن با پایداری اجتماعی و محیط‌زیستی، از معیارهای مهم این حوزه هستند. برخی مطالعات نیز نشان داده‌اند که وضعیت حمل‌ونقل عمومی در مناطق مختلف یک شهر یکسان نیست و میان مناطق شهری از نظر دسترسی و برخورداری از خدمات هوشمند تفاوت وجود دارد. این یافته، بر اهمیت توجه به توزیع فضایی خدمات حمل‌ونقل و پرهیز از ارزیابی میانگین‌محور تأکید می‌کند، زیرا ممکن است یک شهر در مجموع از وضعیت مناسبی برخوردار باشد، اما برخی محله‌ها یا گروه‌های اجتماعی از خدمات حمل‌ونقل عمومی و زیرساخت‌های هوشمند بهره‌ی کمتری داشته باشند.

«زیرساخت و فناوری حمل و نقل هوشمند» و «مدیریت و پایش هوشمند ترافیک و وسایل نقلیه» هر کدام در ۳ مقاله مورد توجه قرار گرفته‌اند. در حوزه‌ی زیرساخت و فناوری، اینترنت اشیا، رایانش ابری، فناوری اطلاعات و ارتباطات و زیرساخت‌های داده‌ای به عنوان بسترهای اصلی حمل و نقل هوشمند مطرح شده‌اند. این مطالعات نشان می‌دهند که ایجاد سامانه‌های هوشمند بدون زیرساخت ارتباطی، امکان تبادل داده و ظرفیت پردازش اطلاعات، اثربخشی محدودی خواهد داشت. در حوزه‌ی مدیریت و پایش نیز موضوعاتی مانند کنترل ترافیک، پایش سرعت، کنترل ورود و خروج وسایل نقلیه، مدیریت طرح‌های ترافیکی، استفاده از دوربین‌های هوشمند و اطلاع‌رسانی اضطراری مورد توجه قرار گرفته‌اند. با وجود اهمیت این موضوعات، در بسیاری از مطالعات تمرکز بیشتر بر معرفی فناوری یا ارائه‌ی سناریوهای کاربردی بوده و ارزیابی آثار واقعی آن‌ها بر کاهش زمان سفر، کاهش تصادفات، کاهش مصرف سوخت و کاهش آلودگی کمتر انجام شده است.

«حمل و نقل غیرموتوری و پیاده‌مداری» تنها در ۲ مقاله به طور مستقل بررسی شده است. این مطالعات بر اهمیت پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری، طراحی مسیرهای فعال، ایجاد مسیرهای مجزای پیاده و دوچرخه، مبلمان شهری، فرهنگ‌سازی و افزایش تنوع شیوه‌های جابه‌جایی تأکید کرده‌اند. کم‌توجهی به این حوزه در مطالعات داخلی، در حالی است که ادبیات جدید شهر هوشمند و حمل و نقل پایدار، حمل و نقل فعال را یکی از ارکان اصلی تحرک هوشمند می‌داند. حمل و نقل هوشمند نباید فقط به خودرو، کنترل ترافیک و زیرساخت‌های دیجیتال محدود شود؛ بلکه باید امکان حرکت ایمن، راحت و برابر برای عابران پیاده، دوچرخه‌سواران، سالمندان، کودکان و افراد دارای معلولیت را نیز فراهم کند. همچنین، ارتباط میان حمل و نقل غیرموتوری و عدالت فضایی و اجتماعی در مطالعات داخلی کمتر به صورت مستقل بررسی شده است.

«مدیریت پارکینگ هوشمند» نیز تنها در یک مقاله به عنوان موضوع اصلی مطالعه ظاهر شده است. این موضوع نشان می‌دهد که اگرچه کمبود پارکینگ و مدیریت نامناسب فضاهای توقف از مسائل مهم کلان‌شهرهای ایران است، هنوز پژوهش‌های محدودی به ارزیابی شاخص‌های پارکینگ هوشمند، مدیریت ظرفیت، اطلاع‌رسانی لحظه‌ای، رزرو الکترونیکی، قیمت‌گذاری هوشمند و ارتباط پارکینگ با مدیریت تقاضای سفر پرداخته‌اند. بنابراین، پارکینگ هوشمند یکی از حوزه‌هایی است که نیازمند مطالعات عمیق‌تر و کاربردی‌تر است.

در ادامه می‌توان گفت چند حوزه در مطالعات منتخب کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند، نخست، عدالت حمل و نقلی و دسترسی گروه‌های آسیب‌پذیر تنها در دو مطالعه و آن هم به صورت ضمنی و در قالب مفاهیم مجاور، نه به عنوان محور مستقل سنجش، بررسی شده است، کاووسی و محمدی (Kavoosi, ۲۰۲۰) پایداری اجتماعی و دسترسی به خدمات را ارزیابی کردند و کاوه و همکاران (Kaveh, ۲۰۲۱) در چارچوب مدیریت یکپارچه به دیدگاه سیستمی و عدالت اشاره داشتند؛ در ۱۶ مطالعه‌ی دیگر هیچ اشاره‌ای به این حوزه نیست. دوم، حمل و نقل فعال و غیرموتوری نیز فقط در دو مطالعه به صورت مستقل بررسی شده است (Kaveh, ۲۰۲۱)؛ Parhizgar, ۲۰۲۲) و در سایر ۱۶ مطالعه غایب است. سوم، تاب‌آوری شبکه‌ی حمل و نقل در برابر بحران‌ها، حوادث طبیعی و اختلالات فناورانه در هیچ‌یک از ۱۸ مطالعه موضوع بررسی قرار نگرفته است. چهارم، امنیت، حریم خصوصی و حکمرانی داده تنها در یک مطالعه (Baradaran et al., ۲۰۲۱) و آن هم به صورت جزئی و صرفاً فنی در سناریوهای اینترنت اشیا مطرح شده، نه به عنوان شاخص حکمرانی داده؛ در ۱۷ مطالعه‌ی دیگر این موضوع غایب است. پنجم، مشارکت شهروندی در برنامه‌ریزی حمل و نقل نیز تنها در یک مطالعه (Kavoosi, ۲۰۲۱) و آن هم به صورت جزئی، به عنوان یکی از مؤلفه‌های تحرک هوشمند، ظاهر شده است. ششم و نهایتاً، ارزیابی پیامدهای واقعی سامانه‌های مستقر، اعم از ارزیابی پیش و پس از اجرای پروژه‌ها در هیچ‌یک از مطالعات منتخب انجام نشده است.

بر مبنای تحلیل انجام‌شده، چارچوب پیشنهادی نویسندگان این پژوهش برای سنجش حمل و نقل هوشمند در شهرهای ایران شامل شش محور اصلی است. محور نخست، زیرساخت و فناوری‌های نوین حمل و نقل است که اینترنت اشیا، رایانش ابری، فناوری اطلاعات و ارتباطات، سامانه‌های اطلاعات مکانی، حسگرها، دوربین‌ها و زیرساخت‌های تبادل داده را دربرمی‌گیرد. محور دوم، مدیریت و پایش هوشمند ترافیک و وسایل نقلیه است و معیارهایی مانند کنترل بلادرنگ ترافیک، مدیریت سوانح، پایش سرعت، کنترل ورود و خروج،

مدیریت تقاضای سفر و اطلاع‌رسانی هوشمند را شامل می‌شود. محور سوم، حمل‌ونقل عمومی و نیمه‌عمومی هوشمند است که کیفیت، پوشش، دسترسی، قابلیت اطمینان، رضایت کاربران، مدیریت ناوگان و پیوند آن با پایداری اجتماعی و زیست‌محیطی را مورد توجه قرار می‌دهد. محور چهارم، حمل‌ونقل غیرموتوری و پیاده‌مداری است که شامل پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری، مسیرهای ایمن و پیوسته، دسترسی افراد کم‌توان، مبلمان شهری و ارتباط حمل‌ونقل فعال با سلامت و کیفیت زندگی است. محور پنجم، پارکینگ هوشمند است که مدیریت ظرفیت، اطلاع‌رسانی، رزرو، پرداخت الکترونیکی، کنترل ورود و خروج و ارتباط با مدیریت ترافیک را دربرمی‌گیرد. محور ششم، برنامه‌ریزی راهبردی، سناریونویسی و عوامل نهادی است که شامل هماهنگی سازمانی، آمادگی مدیریتی، منابع مالی، پذیرش فناوری، همکاری صنعت و دانشگاه، کفایت منابع مالی و اعتبارات، ساختار مدیریت یکپارچه و سازوکارهای حکمروایی می‌شود. افزون بر این، مؤلفه‌های تاب‌آوری شبکه، امنیت و حکمرانی داده و ارزیابی پیامدهای واقعی سامانه‌ها، به‌عنوان پیشنهاد نویسندگان برای پوشش شکاف‌های شناسایی شده (نه مؤلفه‌های استخراج‌شده از مطالعات) به چارچوب افزوده شده‌اند. گفتنی است این چارچوب از یکسو ویژگی توصیفی دارد و از سوی دیگر ویژگی پیشنهادی؛ به این معنا که محورهای یک تا پنج عمده‌تاً مستقیماً از تحلیل محتوای مطالعات مرور شده استخراج شده‌اند، محورهای جمعیتی و پیامدهای اجتماعی و زیست‌محیطی حاصل سنتز نظری مطالعات با مبانی پژوهش‌اند و مؤلفه‌های تاب‌آوری شبکه، امنیت و حکمرانی داده و ارزیابی پیامدهای واقعی، پیشنهاد نویسندگان برای پوشش شکاف‌های شناسایی شده در مرور هستند و در هیچ‌یک از ۱۸ مطالعه به‌صورت مستقل بررسی نشده‌اند. تفکیک کامل این سه خاستگاه در بخش روش‌شناسی ارائه شده است. مقایسه‌ی نظام‌مند این چارچوب با الگوی گیفینگر و منطق سنجش سه‌سطحی آن (نهادی، فرایندی و پیامدی)، در بخش‌های بحث و نتیجه‌گیری تبیین شده است. در نهایت، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که مطالعات داخلی حمل‌ونقل هوشمند، اگرچه در سال‌های اخیر از نظر تعداد و تنوع موضوعی گسترش یافته‌اند، همچنان با پراکندگی مفهومی و روش‌شناختی مواجه‌اند. تمرکز بر مدیریت ترافیک، حمل‌ونقل عمومی، فناوری اطلاعات و عوامل نهادی، بخش مهمی از ادبیات داخلی را شکل داده است؛ اما حمل‌ونقل فعال، عدالت حمل‌ونقلی، تاب‌آوری، امنیت داده، ارزیابی پیامدهای واقعی و سنجش تجربه‌ی کاربران کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. از این رو، چارچوب شش‌محوری تدوین شده می‌تواند مبنایی برای مطالعات آینده فراهم کند؛ مشروط بر آن‌که در اجرای آن، محورهای فناورانه در کنار محور عملکردی، اجتماعی، زیست‌محیطی و فضایی سنجیده شوند.

۵. بحث و تفسیر یافته‌ها

یافته‌های این مرور نظام‌مند نشان می‌دهد که ادبیات منتشرشده در پایگاه‌های فارسی‌زبان تا سال ۱۴۰۱ درباره حمل‌ونقل هوشمند، برخلاف تصور رایج فناوری‌محور بودن این حوزه، در مجموع بیش از همه بر محور برنامه‌ریزی راهبردی، سناریونویسی و عوامل نهادی (۸ مقاله) متمرکز بوده‌اند و پس از آن، حمل‌ونقل عمومی و پایدار (۵ مقاله)، زیرساخت فناورانه و مدیریت و پایش ترافیک (هر یک ۳ مقاله)، حمل‌ونقل غیرموتوری (۲ مقاله) و پارکینگ هوشمند (۱ مقاله) قرار دارند. این فراوانی‌ها در کنار شمارش ۴۱ شاخص استخراج‌شده گزارش شده‌اند (جدول ۵)؛ همچنین در تفسیر یافته‌های جدول ۵ باید میان دو مفهوم متفاوت تمایز قائل شد: «فراوانی مطالعات» و «اهمیت یا اثرگذاری موضوع». تعداد مقالات یک محور، صرفاً نشان‌دهنده‌ی میزان توجه پژوهشگران داخلی به آن موضوع است و لزوماً به معنای اهمیت بیشتر، اولویت بالاتر یا اثرگذاری آن در عملکرد واقعی نظام حمل‌ونقل نیست. برای نمونه، بیشتر بودن مطالعات عوامل راهبردی و نهادی نسبت به سایر محورها، می‌تواند ناشی از سه عامل غیرمرتبط با اهمیت ذاتی این عوامل باشد: نخست، سهولت نسبی سنجش این عوامل با روش‌های مصاحبه و پرسش‌نامه در مقایسه با داده‌های عملکردی سخت؛ دوم، در دسترس بودن خبرگان سازمانی به‌عنوان جامعه‌ی پژوهش در مقایسه با داده‌های میدانی و فناورانه و سوم، مرحله‌ی توسعه‌ی این حوزه در ایران که در آن شناسایی الزامات و موانع، بر ارزیابی عملکرد سامانه‌های مستقر مقدم است. به همین ترتیب، کم‌بودن مطالعات حمل‌ونقل غیرموتوری یا پارکینگ هوشمند، به‌تنهایی دلیلی بر کم‌اهمیت بودن این حوزه‌ها نیست بلکه همان‌گونه که در ادامه تبیین می‌شود، می‌تواند بازتاب نگاه خودرومحور، دشواری سنجش یا محدودیت داده باشد. بنابراین، فراوانی مقالات در این

پژوهش به عنوان «نمایه‌ی توجه پژوهشی» گزارش شده است، نه «معیار اهمیت موضوعی» و داوری درباره‌ی اهمیت واقعی هر محور، نیازمند مطالعات ارزیابی محور و مقایسه‌ی اثرات واقعی هر مؤلفه بر پیامدهای حمل‌ونقلی است.

باین‌حال، ماهیت همین مطالعات نهادی و راهبردی حاکی از آن است که می‌توان احتمال داد فناوری، محور اصلی دغدغه‌ی پژوهشگران بوده است؛ زیرا این مطالعات عمدتاً موانع فناوریانه، زیرساخت‌های موردنیاز و راهبردهای توسعه‌ی فناوری را بررسی کرده‌اند، نه حکمرانی داده یا پیامدهای اجتماعی را. برای نمونه، گودرزی و همکاران (Goudarzi, 2019) کمبود اعتبارات و دانش فنی، شفیع‌نیک‌آبادی و شامبیاتی (Shafiei-Nikabadi, 2021) آمادگی سازمانی برای استقرار اینترنت اشیا، طهماسبی و قربانی (Amin-Tahmasebi, 2021) کاربردی نبودن تولیدات علمی برای صنعت و احمدی و همکاران (Ahmadi, 2019) هماهنگی سازمان‌های دولتی را موضوع اصلی خود کرده‌اند. یعنی نهادها در همه‌ی این مطالعات به عنوان ابزار تسهیل استقرار فناوری دیده شده‌اند، نه به عنوان موضوع حکمرانی و پیامدهای اجتماعی. به بیان دیگر، فراوانی بالای محور نهادی، به معنای اولویت دادن پژوهش‌ها به ابعاد اجتماعی و حکمرانی نیست، بلکه از منظر نظری می‌توان آن را بازتاب نگاهی ابزاری به نهادها به مثابه پیش‌شرط استقرار فناوری تفسیر کرد. این جهت‌گیری با تعریف کلاسیک گیفینگر از تحرک هوشمند، یعنی تأکید بر دسترسی، زیرساخت فناوری اطلاعات و ارتباطات و سامانه‌های حمل‌ونقل نوین و ایمن، هم‌راستا است. این تمرکز بر اجزای فناوریانه ITS و اینترنت اشیا، درحالی‌که ابعاد نظام‌مندتر حمل‌ونقل هوشمند و بُعد کاربرمحور تحرک هوشمند کمتر دیده شده‌اند، بازتاب همان شکاف میان هوشمندسازی زیرساخت و هوشمندسازی تجربه‌ی جابه‌جایی است که در ادامه تبیین می‌شود (Giffinger et al., 2007). با این حال، در ادبیات جدید، حمل‌ونقل هوشمند صرفاً با میزان برخورداری از تجهیزات دیجیتال سنجیده نمی‌شود، بلکه پاسخ‌گویی به نیازهای اجتماعی، کاهش نابرابری، افزایش تاب‌آوری، حفاظت از محیط‌زیست و ارتقای کیفیت تجربه‌ی سفر نیز اهمیت دارد. (Xiao & Watson, 2019; Snyder, 2019).

تمرکز مطالعات داخلی بر فناوری و مدیریت را می‌توان از منظر نظریه‌ی نظام اجتماعی - فنی تبیین کرد. بر اساس این نظریه، فناوری زمانی به نتایج مطلوب منجر می‌شود که با ساختارهای سازمانی، قواعد نهادی، رفتار کاربران و نیازهای شهروندان هماهنگ باشد. بنابراین نصب دوربین، ایجاد سامانه‌ی موقعیت‌یابی یا استفاده از اینترنت اشیا، به‌تنهایی تحقق حمل‌ونقل هوشمند را تضمین نمی‌کند، بلکه این فناوری‌ها باید به تصمیم‌گیری بهتر، بهبود خدمات، کاهش هزینه، افزایش ایمنی و جلب اعتماد شهروندان منجر شوند. از این رو، تمرکز فناوریانه‌ی پژوهش‌های داخلی را نمی‌توان ضعف مطلق دانست زیرا زیرساخت‌های اطلاعاتی پیش‌شرط هوشمندسازی هستند، اما مشکل زمانی ایجاد می‌شود که این زیرساخت‌ها به عنوان هدف نهایی، نه وسیله‌ای برای تحقق اهداف اجتماعی و زیست‌محیطی، در نظر گرفته شوند. چند عامل ممکن است این الگو را تقویت کرده باشند: نخست تا حدودی می‌توان گفت این حوزه در ایران هنوز در مرحله‌ی نخست خود است و پژوهش‌ها طبیعتاً ابتدا به شناسایی ضرورت‌ها و موانع پرداخته‌اند دوم می‌توان احتمال داد دشواری دسترسی به داده‌های بهره‌برداری نیز در غلبه‌ی شاخص‌های نهاده‌ای و نهادی نقش داشته باشد و سوم از منظر نظری می‌توان فرض کرد ملموس بودن مسائل ترافیکی روزمره برای پژوهشگران و سیاست‌گذاران، توجه به مفاهیمی مانند عدالت حمل‌ونقلی را کمرنگ‌تر کرده است. (Chourabi et al., 2012). البته این قضاوت تنها بر پایه‌ی مطالعات فارسی‌زبان صورت گرفته و احتمال وجود پژوهش‌های فارسی‌زبان منتشرنشده در پایگاه‌های مورد جست‌وجو یا پژوهش‌های ایرانی در نشریات بین‌المللی، که در پژوهش حاضر نیامده‌اند، باید در تفسیر لحاظ شود.

کمرنگ بودن ابعاد اجتماعی و رفتاری احتمالاً با دشواری سنجش آن‌ها مرتبط است؛ هرچند هیچ‌یک از ۱۸ مطالعه به‌طور صریح دشواری سنجش را به عنوان علت بیان نکرده‌اند، اما دو شاهد غیرمستقیم از دو مقاله این فرضیه را پشتیبانی می‌کند که نخست، مطالعاتی که به این ابعاد نزدیک شده‌اند، عموماً از پرسش‌نامه‌ی شهروندان استفاده کرده‌اند (Eskandari Sani et al., 2019)؛ و دوم، همین نشان می‌دهد مسیر متعارف سنجش این شاخص‌ها، پیمایش‌های هزینه‌بر میدانی است؛ دوم، مطالعات فناوریانه‌ی مقاله برداران و همکاران و بزرگ‌خو و همکاران (Bozorgkhoo, 2021; Baradaran et al., 2021) کاملاً از شاخص‌های اجتماعی دور مانده‌اند. این الگو می‌تواند ناشی از محدودیت داده نیز باشد، نه صرفاً انتخاب نظری پژوهشگران. همچنین

یافته‌های حاضر با مرور احمدیان (Ahmadian, ۲۰۲۲) از مطالعات حمل‌ونقل هوشمند ایران نیز قابل‌مقایسه است. همگرایی در آن است که هر دو، مدیریت ترافیک، سامانه‌های فناورانه و حمل‌ونقل عمومی را محورهای اصلی شناسایی کرده‌اند؛ تفاوت در آن است که مرور حاضر با غربالگری مبتنی بر چارچوب پریزما و تمرکز مشخص بر شاخص‌ها انجام شده، درحالی‌که آن مرور عمدتاً موضوع محور بود و طبقه‌بندی یازده مؤلفه‌ای‌اش از شناخت موضوعات حاصل شده است، نه شمارش فراوانی شاخص‌ها. اندازه‌گیری تعداد سامانه‌ها یا تجهیزات هوشمند آسان‌تر از سنجش اعتماد عمومی، احساس امنیت، رضایت کاربران، عدالت فضایی و اثرگذاری خدمات بر گروه‌های کم‌برخوردار است. این محورها به داده‌های خرد، پیمایش‌های گسترده و تحلیل‌های مکانی نیاز دارند؛ درحالی‌که چنین داده‌هایی در بسیاری از شهرهای ایران به‌صورت منظم و قابل‌دسترسی تولید نمی‌شوند. پیامد این وضعیت، احتمال اشتباه گرفتن «تجهیز شهر به فناوری» با «تحقق هوشمندی» است.

الگوی شناسایی‌شده در این مرور با سیر تحول ادبیات بین‌المللی نیز قابل‌مقایسه است. در مرورهای نظام‌مند خارجی، حرکت از شاخص‌های فناورانه به شاخص‌های پیامدی و کاربرمحور، مرحله‌ی بلوغ این حوزه تلقی شده است (Xiao & Watson, ۲۰۱۹) برای نمونه، مطالعات بین‌المللی اخیر از شمارش تجهیزات به سنجش اثر سامانه‌های هوشمند بر زمان سفر، ایمنی و انتشار کربن گذاشته‌اند، و عدالت و دسترسی گروه‌های آسیب‌پذیر به موضوع مستقل پژوهشی تبدیل شده است. مقایسه‌ی این الگو با مطالعات داخلی نشان می‌دهد ادبیات فارسی‌زبان هنوز به این چرخش پارادایمی نرسیده است، وضعیتی که با مرحله‌ی نخست توسعه‌ی شهر هوشمند در ادبیات بین‌المللی یعنی تأکید بر ضرورت‌ها و زیرساخت‌ها پیش از ارزیابی پیامدها هم‌ارز است (Chourabi et al., ۲۰۱۲) البته این قضاوت تنها بر پایه‌ی مطالعات فارسی‌زبان صورت گرفته و باید با احتیاط تفسیر شود.

یکی از مهم‌ترین برداشت‌های تحلیلی پژوهش، فاصله‌ی میان هوشمندسازی زیرساخت و هوشمندسازی تجربه‌ی جابه‌جایی است. هوشمندسازی زیرساخت به ایجاد حسگرها، دوربین‌ها، شبکه‌های ارتباطی و سامانه‌های مدیریت داده مربوط می‌شود؛ اما هوشمندسازی تجربه‌ی سفر باید به سریع‌تر، ایمن‌تر، ارزان‌تر، قابل‌اعتمادتر، عادلانه‌تر و پایدارتر شدن جابه‌جایی برای شهروندان بینجامد. بر این اساس، ارزیابی‌های آینده باید میان سطوح نهاده‌ای، فرایندی و پیامدی تفاوت بگذارند؛ منطق این تفکیک در ادامه تبیین می‌شود.

تمرکز جغرافیایی مطالعات بر کلان‌شهرها و مراکز استان‌ها نیز می‌تواند موجب ایجاد سوگیری در ادبیات پژوهش شود. اگرچه این شهرها به دلیل تراکم جمعیتی، پیچیدگی ترافیکی، منابع مالی و ظرفیت دانشگاهی بیشتر کانون طبیعی مطالعات هوشمندسازی هستند، اما مسائل شهرهای کوچک و متوسط الزاماً مشابه کلان‌شهرها نیست. در شهرهای کوچک، ضعف دسترسی، نبود حمل‌ونقل عمومی منظم، محدودیت منابع و آسیب‌پذیری شبکه ممکن است اهمیت بیشتری از تراکم شدید ترافیک داشته باشد. بنابراین، حمل‌ونقل هوشمند باید زمینه‌مند باشد و انتخاب فناوری، شاخص‌ها و اولویت‌های سیاستی بر اساس ویژگی‌های جمعیتی، اقتصادی، فضایی، نهادی و محیط‌زیستی هر شهر انجام گیرد.

کمبود مطالعات تطبیقی میان‌شهری نیز امکان تشخیص شاخص‌های عمومی و عوامل وابسته به شرایط محلی را محدود کرده است. مطالعات تک‌شهری برای شناخت مسائل بومی ضروری‌اند، اما نمی‌توانند به‌تنهایی میزان قابلیت تعمیم راهکارها را مشخص کنند. ممکن است یک سامانه در شهری با زیرساخت ارتباطی و ساختار مدیریتی منسجم موفق باشد، اما در شهری دیگر به دلیل کمبود منابع یا ضعف هماهنگی نهادی نتیجه‌ی مطلوبی نداشته باشد. از این رو، پژوهش‌های آینده باید تفاوت میان شهرها، مناطق و گروه‌های اجتماعی را در قالب مطالعات تطبیقی بررسی کنند.

با احتیاط می‌توان این غلبه را نشانه‌ی آن دانست که دانش حمل‌ونقل هوشمند در ایران هنوز بیشتر در مرحله‌ی شناخت وضعیت موجود، شناسایی موانع و تدوین شاخص‌ها قرار دارد. این مطالعات ضروری‌اند، اما برای پاسخ‌گویی به نیازهای سیاستی کافی نیستند. در گام بعد، انجام مطالعات طولی، ارزیابی پیش‌وپس از اجرای پروژه‌ها، شبیه‌سازی، تحلیل شبکه و استفاده از داده‌های GPS، کارت بلیت، دوربین‌های ترافیکی و داده‌های زمان واقعی ضرورت دارد. چنین رویکردی مشخص می‌کند که سامانه‌های هوشمند در عمل چه تأثیری بر زمان سفر، سرعت، تصادفات، مصرف سوخت، آلودگی و رضایت شهروندان داشته‌اند. از منظر روش‌شناختی نیز همین

ناهمگونی شدید مطالعات (در تعریف عملیاتی، مقیاس و شاخص‌ها) امکان فراتحلیل آماری را منتفی کرده و نشان می‌دهد در مرحله‌ی فعلی دانش، مرور توصیفی - تحلیلی مانند مرور حاضر، جایگزین کارآمدتری برای فراتحلیل است. (Snyder, ۲۰۱۹)

چهار مطالعه به‌طور مشخص موانع و ظرفیت‌های نهادی را بررسی کرده‌اند: گودرزی و همکاران (Goudarzi, ۲۰۱۹) ضعف دانش فنی مدیران و کمبود اعتبارات را مهم‌ترین موانع هوشمندسازی اهواز شناسایی کردند؛ طهماسبی و قربانی (Amin-Tahmasebi, ۲۰۲۱) فقدان زیرساخت‌های صنعتی و کاربردی نبودن تولیدات علمی را موانع اصلی همکاری صنعت و دانشگاه معرفی کردند، شفیع‌نیک‌آبادی و شامبیاتی (Shafiei-Nikabadi, ۲۰۲۱) آمادگی سازمانی را عامل کلیدی پذیرش اینترنت اشیا دانستند و احمدی و همکاران (Ahmadi, ۲۰۱۹) هماهنگی سازمان‌های دولتی را مهم‌ترین راهبرد توسعه‌ی حمل‌ونقل هوشمند تبریز معرفی کردند. بر این اساس می‌توان استدلال کرد که جزیره‌ای بودن سامانه‌ها و تعدد نهادهای مسئول احتمالاً کارایی فناوری را کاهش می‌دهد؛ هرچند اثر مستقیم و تجربی این عوامل بر موفقیت یا شکست پروژه‌ها در مقاله‌ها آزموده نشده و نیازمند مطالعات علی است. بنابراین، هوشمندسازی بیش از خرید تجهیزات به معماری نهادی، استانداردهای مشترک، تقسیم وظایف روشن و سازوکارهای پایدار همکاری نیاز دارد. این نتیجه با دیدگاه نام و پارو همخوان است که نهادها را در کنار فناوری و مردم، یکی از ارکان اصلی شهر هوشمند می‌دانند. (Nam & Pardo, ۲۰۱۱)

از منظر عدالت اجتماعی، حمل‌ونقل هوشمند پیامدهای دوگانه دارد. این خدمات می‌توانند دسترسی به اطلاعات سفر و مسیرهای ایمن را افزایش دهند؛ اما در صورت نادیده گرفتن شکاف دیجیتال، گروه‌های فاقد دسترسی کافی به اینترنت، تلفن هوشمند یا ابزارهای پرداخت الکترونیکی ممکن است از مزایای آن محروم شوند. همچنین، تمرکز پروژه‌ها در مناطق برخوردار می‌تواند نابرابری فضایی را تشدید کند. بنابراین، شاخص‌هایی مانند پوشش خدمات در محله‌های کم‌برخوردار، دسترسی افراد دارای معلولیت، استطاعت مالی سفر، دسترسی دیجیتال و رضایت گروه‌های آسیب‌پذیر باید در ارزیابی‌ها لحاظ شوند.

کم‌توجهی به حمل‌ونقل فعال می‌تواند نشان‌دهنده‌ی نوعی نگاه خودرومحور در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل باشد؛ هرچند این تفسیر مستقیماً از ۱۸ مطالعه استخراج نشده، اما با شواهد غیرمستقیم پژوهش‌ها سازگار است: تنها دو مطالعه (Kaveh, ۲۰۲۱؛ Parhizgar, ۲۰۲۲) به این حوزه پرداخته‌اند، درحالی‌که در پارادایم حمل‌ونقل پایدار، پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری از ارکان تحرک هوشمند شمرده می‌شوند. (Banister, ۲۰۰۸) بر این اساس، عابر پیاده، دوچرخه‌سوار و سایر کاربران آسیب‌پذیر باید در کنار خودرو و زیرساخت‌های دیجیتال، کاربران اصلی شبکه‌ی حمل‌ونقل در نظر گرفته شوند.

باین‌حال، برای تقویت کاربرد چارچوب شش‌محوری پیشنهادی، سه سطح سنجش پیشنهاد می‌شود. سطح نخست، سطح نهادهای (فناوری و زیرساخت) است که به منابع و امکاناتی اشاره دارد که پیش از بهره‌برداری از سامانه وجود دارند و با پرسش «چه چیزی در اختیار است؟» سنجیده می‌شوند، مانند تعداد دوربین‌ها، میزان پوشش شبکه‌ی ارتباطی، تعداد ناوگان یا ظرفیت پردازش داده. ویژگی متمایز این سطح، قابل‌شمارش بودن مستقل از عملکرد است یعنی محور بدون نیاز به داده‌های بهره‌برداری قابل‌اندازه‌گیری است. وجود یک سامانه به‌تنهایی نشان‌دهنده‌ی عملکرد مناسب یا اثرگذاری آن نیست و به همین دلیل، توقف در این سطح کافی نیست. سطح دوم، سطح فرایندی (عملکرد و مدیریت) است که به کیفیت کارکرد سامانه‌ها در حین بهره‌برداری اشاره دارد و با پرسش «سامانه چقدر خوب کار می‌کند؟» سنجیده می‌شود مانند سرعت پردازش و زمان واکنش سامانه، دقت داده‌های گردآوری‌شده و هماهنگی سازمانی در بهره‌برداری. ویژگی متمایز این سطح، وابستگی آن به داده‌های بهره‌برداری مستمر است شاخص‌های این سطح تنها در حین کارکرد سامانه قابل‌سنجش‌اند. سطح سوم، سطح پیامدی است که به آثار و نتایج عملکرد سامانه بر شهر، محیط‌زیست و شهروندان اشاره دارد و با پرسش «چه تغییری در واقعیت ایجاد شده است؟» سنجیده می‌شود مانند کاهش زمان سفر، کاهش مصرف انرژی، کاهش انتشار آلاینده‌ها، کاهش تصادفات، افزایش رضایت کاربران و کاهش هزینه‌ی سفر. ویژگی متمایز این سطح، سنجش تغییر نسبت به وضعیت پیش از استقرار سامانه است. منطق تخصیص هر محور نیز بر مبنای همین سه پرسش است: هر محور به سطحی تعلق دارد که پرسش متمایز آن را پاسخ می‌دهد. برای نمونه، «پوشش دوربین‌ها» به پرسش «چه چیزی در اختیار است؟» پاسخ می‌دهد و نهادهای است؛ «دقت تشخیص و زمان ارسال هشدار» پرسش کارکردی را پاسخ می‌دهد و فرایندی

است و «کاهش تصادفات در محل استقرار دوربین» تغییر واقعی را می‌سجد و پیامدی است. ممکن است درباره‌ی یک فناوری واحد، محورهایی در هر سه سطح تعریف شود و این هم‌پوشانی موضوعی، نافی تفکیک سطحی نیست؛ زیرا سه سطح، جنبه‌های متفاوت امکان، کارکرد و اثر از همان پدیده را می‌سجند. سرانجام، فارغ از سطح سنجش، پیشنهاد می‌شود ارزیابی محور ها در مقیاس‌های مختلف، از سطح شهر تا منطقه و محله، انجام گیرد تا نابرابری‌های فضایی و تفاوت میان گروه‌های اجتماعی آشکار شود زیرا ممکن است یک شهر در مجموع از وضعیت مطلوبی برخوردار باشد، اما برخی محله‌ها یا گروه‌ها از خدمات هوشمند بهره‌ی کمتری داشته باشند. برای نمونه، اینترنت اشیا باید از نظر قابلیت اتصال به سامانه‌های دیگر، کیفیت و امنیت داده، هزینه‌ی نگهداری و تأثیر بر تصمیم‌گیری ارزیابی شود. حمل‌ونقل عمومی نیز باید علاوه بر پوشش و تعداد ناوگان، از نظر قابلیت اطمینان، زمان انتظار، هزینه، دسترسی افراد کم‌توان و رضایت کاربران سنجیده شود.

در مجموع، بحث حاضر نشان داد که الگوی توجه پژوهشی داخلی به حمل‌ونقل هوشمند ممکن است بیش از آنکه انتخاب نظری آگاهانه باشد، بازتاب مرحله‌ی توسعه، محدودیت داده‌ها و نگاهی ابزاری به نهادها باشد؛ این تفسیر، استنباط نظری نویسندگان از الگوی فراوانی‌های مرور است، نه یافته‌ی مستقیم آن.

۶. نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با مرور نظام‌مند مبتنی بر چارچوب پریزما، محورهای شاخص‌های حمل‌ونقل هوشمند را در مطالعات فارسی‌زبان منتشرشده در پایگاه‌های داخلی طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱ شناسایی، طبقه‌بندی و تفسیر کرد.

در پاسخ به سؤال اصلی پژوهش، نتایج نشان داد که مطالعات داخلی از الگوی واحد و استاندارد برای شناسایی و سنجش حمل‌ونقل هوشمند پیروی نکرده‌اند و هر پژوهش متناسب با هدف، شهر و مسئله‌ی مورد بررسی، بخشی از این مفهوم را تحلیل کرده است. با وجود تنوع موضوعی، محورهای اصلی مطالعات شامل زیرساخت‌های فناورانه، سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند، مدیریت ترافیک، حمل‌ونقل عمومی، پیاده‌مداری، پارکینگ هوشمند، پذیرش فناوری، موانع نهادی و راهبردهای توسعه بوده است. بنابراین، حمل‌ونقل هوشمند در ادبیات داخلی مفهومی چندبعدی است؛ اما نبود تعریف عملیاتی مشترک، مقایسه‌ی نتایج پژوهش‌ها را دشوار کرده است. در پاسخ به سؤال نخست، توجه به حمل‌ونقل هوشمند به‌ویژه در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ افزایش یافته و دامنه‌ی موضوعی مطالعات از ضرورت‌ها و مدیریت ترافیک به فناوری‌های نوین، پذیرش فناوری و پیاده‌مداری گسترش یافته است؛ هرچند این گسترش هنوز به چارچوبی منسجم و استاندارد نینجامیده است.

در پاسخ به سؤال دوم، غلبه با روش‌های توصیفی - تحلیلی (۱۳ مقاله از ۱۸) و مطالعات تک‌شهری کلان‌شهرها و مراکز استان است و پژوهش‌های طولی، داده‌محور و ارزیابی محور سهم محدودی دارند؛ شهرهای کوچک و متوسط کمتر بررسی شده‌اند.

در پاسخ به سؤال سوم، برنامه‌ریزی راهبردی، سناریونویسی و عوامل نهادی با حضور در ۸ مقاله، حمل‌ونقل عمومی و پایدار با ۵ مقاله و زیرساخت فناورانه و مدیریت و پایش هوشمند ترافیک با هر یک ۳ مقاله، پرتکرارترین محورهای پژوهشی بودند؛ درحالی‌که حمل‌ونقل غیرموتوری (۲ مقاله)، پارکینگ هوشمند (۱ مقاله)، عدالت حمل‌ونقلی و دسترسی گروه‌های آسیب‌پذیر (بررسی ضمنی در ۲ مطالعه)، مشارکت شهروندی و امنیت داده (هر یک اشاره‌ی جزئی در ۱ مطالعه) و تاب‌آوری شبکه و ارزیابی پیامدهای واقعی (فاقد هرگونه بررسی) کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. این تصویر البته صرفاً وضعیت مطالعات منتشرشده در پایگاه‌های فارسی‌زبان تا سال ۱۴۰۱ را بازتاب می‌دهد و تعمیم آن به کل دانش تولیدشده در این حوزه، نیازمند احتیاط است. درحالی‌که حمل‌ونقل غیرموتوری و پارکینگ هوشمند کمتر و عدالت، تاب‌آوری، امنیت داده و ارزیابی پیامدهای واقعی تقریباً غایب بوده‌اند، آمار تفصیلی این شکاف‌ها در یافته‌ها گزارش شده است.

در پاسخ به سؤال چهارم، چارچوبی شش‌محوری شامل زیرساخت و فناوری، مدیریت و پایش ترافیک، حمل‌ونقل عمومی و پایدار، حمل‌ونقل غیرموتوری، پارکینگ هوشمند و برنامه‌ریزی راهبردی و عوامل نهادی پیشنهاد شد که تفکیکی عملیاتی‌تر از بعد جمعیتی تحرک هوشمند در الگوی گیفینگر ارائه می‌دهد. چارچوب پیشنهادی حاضر را می‌توان بر پایه‌ی سه معیار روشن با الگوی گیفینگر و همکاران (Giffinger et al., 2007) مقایسه کرد، ابعاد مشترک، ابعاد تکمیلی و منطبق افزوده‌شدن هر بعد. ابعاد مشترک شامل

سه عنصر از عوامل چهارگانه‌ی بعد تحرک هوشمند در الگوی گیفینگر، یعنی دسترسی محلی، دسترسی به زیرساخت فناوری اطلاعات و ارتباطات و وجود سامانه‌های حمل‌ونقل نوین و ایمن در چارچوب حاضر نیز حفظ شده‌اند. همچنین دسترسی در محور سوم (حمل‌ونقل عمومی و پایدار)، زیرساخت فناوری اطلاعات در محور نخست (زیرساخت و فناوری‌های نوین) و ایمنی در محور دوم (مدیریت و پایش ترافیک) جای گرفته‌اند. این هم‌پوشانی نشان می‌دهد چارچوب پیشنهادی حذف‌کننده‌ی الگوی کلاسیک نیست، بلکه بر همان بنیادها استوار است. ابعاد تکمیلی سه محور از شش محور پیشنهادی در عوامل چهارگانه‌ی گیفینگر جای مشخصی ندارند و بر اساس شواهد ۱۸ مقاله‌ای افزوده شده‌اند که شامل محور پنجم (مدیریت پارکینگ هوشمند) که در یک مطالعه به‌طور مستقل بررسی شده و مسائل ملموس کلان‌شهرهای ایران را بازتاب می‌دهد، محور چهارم (حمل‌ونقل غیرموتوری و پیاده‌مداری) که ادبیات حمل‌ونقل پایدار آن را رکن تحرک هوشمند می‌داند (Banister, 2008) اما در عوامل گیفینگر صراحتاً تفکیک نشده است و محور ششم (برنامه‌ریزی راهبردی، سناریونویسی و عوامل نهادی) که پشتیبانی آن، چهار مطالعه‌ی متمرکز بر موانع نهادی، پذیرش فناوری و همکاری صنعت و دانشگاه در مقاله است و با رکن «نهاده‌ها» در الگوی نام و پارودو هم‌خوان است. چارچوب پیشنهادی نسبت به الگوی گیفینگر در سه معیار مشخص است. نخست، گیفینگر تحرک هوشمند را در قالب عوامل کلی و در سطح مقایسه‌ی میان‌شهری اروپا تدوین کرده، درحالی‌که چارچوب حاضر برای سنجش در مقیاس شهری و محله‌ای ایران طراحی شده و اجزای هر محور به زیرشاخص‌های قابل‌عملیاتی شکسته شده‌اند. دوم، در چارچوب حاضر، پیشنهاد شده محور موضوعات در سه سطح نهاده‌ای، فرایندی و پیامدی سنجیده شوند، ساختاری که در الگوی گیفینگر وجود ندارد و تمایز میان «داشتن فناوری» و «اثربخشی آن» را ممکن می‌سازد. سوم درحالی‌که، گیفینگر بر مقایسه‌ی تطبیقی شهرهای اروپایی استوار است، محورهای چارچوب حاضر مستقیماً از تحلیل محتوای مطالعات ایرانی استخراج شده‌اند و از این رو با مسائل، موانع و اولویت‌های واقعی شهرهای ایران هم‌خوان‌ترند. باین‌حال، باید تصریح شود که چارچوب حاضر جایگزین الگوی گیفینگر نیست و برای مقایسه‌های بین‌المللی کلان، همان الگو کاربرد خود را حفظ می‌کند، چارچوب پیشنهادی در واقع «بسط تفصیلی بومی‌شده» بعد تحرک هوشمند برای سنجش در سطح شهرهای ایران است.

در جمع‌بندی می‌توان گفت نوآوری اصلی این پژوهش، ترکیبی از سه مؤلفه است که هیچ‌یک به‌تنهایی در مطالعات پیشین داخلی یافت نمی‌شود: بر اساس جست‌وجوی انجام‌شده در این پژوهش، تاکنون مرور نظام‌مند مبتنی بر پریزما با تمرکز بر شاخص‌های حمل‌ونقل هوشمند در مطالعات فارسی‌زبان گزارش نشده است و این پژوهش با شمارش دوگانه‌ی شاخص‌های استخراج‌شده (۴۱ شاخص) و مطالعات پوشش‌دهنده‌ی هر محور، به‌جای طبقه‌بندی‌های موضوعی رایج، تصویری کمی از وضعیت این ادبیات ارائه داده و چارچوب شش‌محوری را به‌عنوان خروجی علمی اصلی تدوین کرده است. این چارچوب با تفکیک صریح سه خاستگاه مؤلفه‌ها استخراج مستقیم از مطالعات، سنتز نظری و پیشنهاد نویسندگان ارائه شده است تا مرز میان شواهد مرور و آورده‌های نظری پژوهش برای خواننده شفاف بماند. وجه تمایز این چارچوب با الگوی گیفینگر تفکیک شش‌محوری، افزودن محورهای شواهد‌محور و سنجش سه‌سطحی پاسخی به همان شکاف‌هایی است که مرور حاضر آشکار ساخت. این چارچوب جایگزین الگوهای پیشین نیست، بلکه بسط تفصیلی بومی‌شده‌ی آن‌ها برای سنجش حمل‌ونقل هوشمند در شهرهای ایران است.

برای افزایش دقت ارزیابی نیز پیشنهاد می‌شود شاخص‌های چارچوب در سه سطح نهاده‌ای، فرایندی و پیامدی سنجیده شوند تا وجود یک سامانه‌ی هوشمند با اثربخشی واقعی آن یکسان تلقی نشود؛ منطق این تفکیک در بحث تبیین شده است.

۱.۶. پیشنهادهای پژوهشی

پیشنهادهای پژوهشی زیر نیز مستقیماً از شکاف‌های شش‌گانه‌ی شناسایی‌شده در یافته‌ها و محدودیت‌های روش‌شناختی مرور برمی‌خیزند.

- انجام مطالعات تطبیقی میان کلان‌شهرها، شهرهای متوسط و کوچک بر اساس چارچوب شش‌محوری
- بررسی رابطه‌ی حمل‌ونقل هوشمند با عدالت حمل‌ونقلی و دسترسی گروه‌های آسیب‌پذیر
- تدوین و آزمون شاخص‌های تاب‌آوری شبکه‌ی حمل‌ونقل در برابر بحران و اختلال

- سنجش امنیت، حریم خصوصی و حکمرانی داده به عنوان شاخص مستقل
- انجام مطالعات ارزیابی پیش و پس از اجرای پروژه‌های هوشمند
- استفاده از داده‌های مکانی، GPS، کارت بلیت و داده‌های زمان واقعی در سنجش شاخص‌های پیامدی
- تکمیل مرور حاضر با بررسی مقالات لاتین و پژوهش‌های بین‌المللی
- انجام فراتحلیل در صورت همگونی روش‌شناختی مطالعات آینده
- اعتبارسنجی میدانی چارچوب شش‌محوری پیشنهادی از طریق نظرخواهی از خبرگان و آزمون در شهرهای مختلف
- بررسی تجربه‌ی کاربران و رضایت شهروندان از خدمات حمل‌ونقل هوشمند با رویکردهای کیفی
- مطالعه‌ی اثر هوشمندسازی بر گروه‌های سنی و درآمدی مختلف برای آشکارسازی نابرابری‌های فضایی و اجتماعی

۲.۶. پیشنهادهای کاربردی و سیاستی

پیشنهادهای کاربردی زیر، هر یک بر اساس موانع و شکاف‌های شناسایی شده در مطالعات تنظیم شده‌اند: پیشنهادهای همکاری میان‌نهادی و استاندارد تبادل داده از شناسایی تعدد نهادهای مسئول و جزیره‌ای بودن سامانه‌ها در چهار مطالعه‌ی نهادی (Ahmadi, ۲۰۱۹; Amin-Tahmasebi, ۲۰۲۱; Goudarzi, ۲۰۲۱; Shafiei-Nikabadi, ۲۰۱۹) برمی‌خیزد پیشنهاد نیازسنجی و پرهیز از سامانه‌های جزیره‌ای از گزارش موانع دانش فنی مدیران و کمبود اعتبارات در مطالعه‌ی اهواز (Goudarzi, ۲۰۱۹) نشأت می‌گیرد و پیشنهاد نظام داده‌ی باز از غیبت داده‌های بهره‌برداری منظم، که در بحث به عنوان عامل غلبه‌ی شاخص‌های نهادهای تبیین شد. مناسب‌سازی برای گروه‌های آسیب‌پذیر نیز پاسخ به غیبت شاخص دسترسی این گروه‌ها در ارزیابی‌های داخلی است.

- توسعه‌ی متوازن هر شش محور، به‌ویژه حمل‌ونقل فعال و پیاده‌مداری
- مناسب‌سازی مسیرها و خدمات برای افراد دارای معلولیت و گروه‌های آسیب‌پذیر
- تقویت همکاری میان شهرداری، پلیس راهور، دانشگاه و بخش خصوصی و تدوین استانداردهای مشترک تبادل داده
- پایش دوره‌ای شاخص‌های شش‌گانه و انتشار نتایج آن با تفکیک شاخص‌های نهادهای، فرایندی و پیامدی
- انجام نیازسنجی و امکان‌سنجی پیش از اجرای پروژه‌ها و پرهیز از سامانه‌های جزیره‌ای
- تدوین نظام داده‌ی باز حمل‌ونقلی با رعایت حریم خصوصی شهروندان، برای امکان‌پذیرکردن سنجش شاخص‌های پیامدی
- گنجاندن شاخص‌های حمل‌ونقل هوشمند در طرح‌های جامع و تفصیلی شهری و سازوکارهای نظارت بر اجرای آن‌ها
- برگزاری برنامه‌های آموزشی و توانمندسازی مدیران و کارشناسان شهری در حوزه‌ی فناوری‌های حمل‌ونقل هوشمند
- در تفسیر یافته‌های این پژوهش باید توجه داشت که دامنه‌ی نتیجه‌گیری‌ها به همان اندازه‌ی دامنه‌ی جست‌وجو و مطالعات وارد شده به فرآیند پژوهش است؛ از این رو، یافته‌ها وضعیت مطالعات منتشرشده‌ی فارسی‌زبان تا سال ۱۴۰۱ را توصیف می‌کنند، نه کل دانش موجود درباره‌ی حمل‌ونقل هوشمند در ایران. در نتیجه محدودیت‌های اصلی پژوهش حاضر عبارت‌اند از:

- محدودشدن منابع به مقالات فارسی‌زبان منتشرشده در پایگاه‌های علمی داخلی
- حذف مطالعات با رویکرد صرفاً فنی - مهندسی از دامنه‌ی جست‌وجو به سبب تفاوت بنیادین روش‌های رشته فنی - مهندسی با روش‌های رایج علوم انسانی
- احتمال شناسایی‌نشدن برخی مطالعات به دلیل تفاوت در کلیدواژه‌ها و اصطلاحات تخصصی
- ناهمگونی مطالعات از نظر روش، جامعه‌ی آماری، مقیاس فضایی، شاخص‌ها و شیوه‌ی تحلیل
- امکان‌پذیرنبودن مقایسه‌ی آماری مستقیم و انجام فراتحلیل میان مطالعات منتخب
- ناقص‌بودن اطلاعات کتاب‌شناختی و روش‌شناختی برخی مقالات، از جمله حجم نمونه، شماره‌ی جلد و صفحات
- واردنشدن برخی گزارش‌های سازمانی، طرح‌های مطالعاتی و تجربیات اجرایی منتشرنشده در قالب مقاله
- عدم امکان تعمیم مستقیم نتایج مقالات به وضعیت واقعی همه‌ی شهرهای ایران

- نیاز چارچوب پیشنهادی به اعتبارسنجی میدانی و آزمون در شهرهای مختلف کشور

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول ۵۰ درصد و نویسنده دوم ۵۰ درصد.

تشکر و قدردانی

مقاله حامی مادی و معنوی ندارد.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارند

منابع

- Abbas-Shahir, e. a. (۲۰۲۲). Analysis of the development trend of Tabriz city with a smart city approach using structural equation modeling. *Geography and Regional Planning*, ۱۳(۵۲), ۵۲۶-۵۱۱. <https://doi.org/10.22034/jgeoq.2022.319754.3466> [In Persian]
- Ahmadi, T., Fani, Z., Rezvaniyan, M. T., & Tavakoli-Nia, J. (۲۰۱۹). A combined model for prioritizing smart transportation strategies: A case study of Tabriz metropolis. *Geography and Planning*, ۲۳(۶۷), ۴۴-۲۵. <https://doi.org/https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article.۸۷۹۶.htm> [In Persian]
- Ahmadian, P. (۲۰۲۲). Investigating the Thematic Course of Smart Transportation Studies. *Interdisciplinary Studies of Iranian Architecture*, ۱(۲), ۱۴۶-۱۲۱. <https://doi.org/۱۰.۲۲۱۳۳/isia.۲۰۲۳.۳۶۲۰.۶۶.۱۰۲۴> [In Persian]
- Amin-Tahmasebi, H., & Qorbani, A. (۲۰۲۱). Identifying the barriers to university-industry collaboration in the development of intelligent transportation systems. <https://www.sid.ir/paper/۱۰۳۸۲۹۲/fa> [In Persian]
- Banister, D. (۲۰۰۸). The sustainable mobility paradigm. *Transport policy*, ۱۵(۲), ۸۰-۷۳. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.11.008>
- Baradaran, M., Tolouei Ashlaghi, A., Afshar Kazemi, M. A., & Motadel, M. R. (۲۰۲۱). Scenarios for Intelligent Control and Monitoring of Vehicles Using the Internet of Things. *Business Intelligence Management Studies*, ۹(۳۴), ۳۴۴-۳۰۳. <https://doi.org/https://doi.org/۱۰.۲۹۲۵۲/jueam.۲۰۲۳.۱۴۱> [In Persian]
- Bozorgkhoo, N. K., & Hashemzadeh-Kh., G. R. (۲۰۲۱). Influential components of cloud computing technology in providing smart services in transportation systems. *Law Enforcement Information and Communications Technology Publications*. <https://www.sid.ir/paper/۹۶۱۲۲۰/fa> [In Persian]
- Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J. R., Mellouli, S., Nahon, K., Pardo, T. A., & Scholl, H. J. (۲۰۱۲). Understanding smart cities: An integrative framework. ۴۵th Hawaii international conference on system sciences. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2012.615> [In Persian]
- Deng, J., Yao, D., Deng, Y., Liu, Z., Yang, J., & Gong, D. (۲۰۲۴). Study on the impact of smart city construction on the health of the elderly population--A quasi-natural experiment in China. *PLoS One*, ۱۹(۶), e۰۳۰۵۸۹۷. <https://doi.org/۱۰.۱۳۷۱/journal.pone.۰۳۰۵۸۹۷>
- Eskandari Sani, M., Moradi, M., & Gadei Moghadam, P. (۲۰۱۹). Assessing the Potentials of Smart Cities with an Emphasis on Urban Transportation: A Case Study of the City of Birjand. *The Journal of Geographical Research on Desert Areas*, ۶(۲), ۱۸۵-۱۵۹. <https://doi.org/۱۰.۲۹۲۵۲/grd.۲۰۱۸.۱۴۷۷> [In Persian]
- Esmailzadeh, H., Fanni, Z., & Abdoli, S. F. (۲۰۱۹). Making Smart; An approach for attaining sustainable urban development (case study: District ۱ Tehran). *Human Geography Research*, ۵۱(۱), ۱۵۷-۱۴۵. <https://doi.org/https://doi.org/۱۰.۲۲۰۵۹/jhgr.۲۰۱۸.۲۵۴۵۵۳.۱۰.۷۶۳۲> [In Persian]
- Farzaldin, F. S., Mohammad, A., Marjan, J. N., & Seyed Mohsen, T. M. (۲۰۲۰). Providing essential strategies for launching a camera-based smart parking system. <https://doi.org/https://doi.org/۱۰.۳۲۳۳/AIS-۲۱۰۶۱۵> [In Persian]
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., & Meijers, E. (۲۰۰۷). City-ranking of European medium-sized cities. *Cent. Reg. Sci. Vienna UT*, ۹(۱), ۱۲-۱. https://www.smart-cities.com/download/city_ranking_final.pdf
- Goudarzi, M., Firouzi, M. A., & Saeidi, O. (۲۰۱۹). Investigating and analyzing the barriers to smartening intra-urban transportation in Ahvaz. *Geography and Urban-Regional Planning*, ۹(۳۳), ۸۲-۵۷. <https://doi.org/https://doi.org/۱۰.۲۲۱۱۱/gaij.۲۰۱۹.۵۰۸۵> [In Persian]

- [BjyAoCG&sig=̣mṭBFụwhssṾRḍ^̣Ṿ KPMọQ#v=onepage&q=Shelleṛ%̣C̣,̣%̣Ṃ.̣,̣%\(̣,̣^̣\).̣,̣%](#)

[Mobility%justice%A%The%politics%of%movement%in%an%age%of%extremes.%Verso%Books.&f=false](#)

- Snyder, H. (۲۰۱۹). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of business research*, ۱۰۴, ۳۳۹-۳۳۳ [10.1016/j.jbusres.2019.07.039](https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039)
- Xiao, Y & , Watson, M. (۲۰۱۹). Guidance on conducting a systematic literature review. *Journal of planning education and research*, ۳۹(۱), ۱۱۲-۹۳ <https://doi.org/10.1177/0739456X1772397>
- Zhang, Y., & Hong, W. (۲۰۲۴). A significance of smart city pilot policies in China for enhancing carbon emission efficiency in construction. *Environ Sci Pollut Res Int*, ۳۱(۲۶), ۳۸۱۷۹-۳۸۱۵۳. <https://doi.org/10.1007/s۳۳۸۰۲-۰۲۴-۱۱۳۵۶-z>