شناسایی و اولویت‌بندی طرح‌های حمل‌ونقل هوشمند در حوزه اینترنت نسل پنجم

مقاله علمی – پژوهشی

مهدی فسنقری*، استادیار، مهدی فسنقری*، استادیار، مرکز مطالعات راهبردی و اقتصاد دیجیتال، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات) ایران، تهران، ایران
محمد عصاریان، دانشجوی دکتری، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: fasanghari@itrc.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۸– پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۸
صفحه ۳۵۸-۳۴۳

چکیده

نسل پنجم اینترنت در حال ظهوراست و هنوز به طور کامل پیاده سازی نشده‌است. اما، می‌توان انتظار داشت که اجرای برنامه‌های نسل پنجم مختلف، خدمات موجود را بهبود بخشد و خدمات جدید و نوآورانه‌تری را در سال‌های آینده ارایه دهد. یکی از اصلی‌ترین کاربردهای آن، استفاده در حمل‌ونقل هوشمند به منظور ایجاد ارتباط و انتقال اطلاعات میان خودرو به خودرو، خودرو به عابر پیاده، خودرو به زیرساخت (جاده) و خودرو به شبکه است که مزایای بسیاری از جمله بهبود ایمنی و همچنین کاهش تراکم ترافیک، کاهش مصرف سوخت و اثرات زیست محیطی را ارایه می‌دهد. لذا اتصال خودرو به همه‌چیز با رویکرد نسل پنجم به عنوان یک حوزه ارتباطی جدید نیاز به توجه و تمرکز بیشتری دارد، چرا که برای دستیابی به ایمنی جاده‌ای مطمئن و فعال کردن خدمات ارتباطی حیاتی، موارد استفاده‌ی متنوعی وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرد. بنابراین، این مقاله با تاکید بر نسل پنجم اینترنت و با هدف شناسایی پروژه‌های حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر نسل پنجم به دنبال اولویت‌بندی این پروژه‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی می‌باشد. لذا پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌های مربوطه و تحلیل داده‌ها سه پروژه اتصال داده‌های وسایل نقلیه عمومی به نرم افزارهای کاربران، اتصال پلیس، اورژانس و ... به اطلاعات خوردوها و اتصال وضعیت خودروها به چراغ راهنمایی و رانندگی در اولویت قرار گرفتند که لازم است مدیران در تصمیم‌گیری درمورد پروژه‌های حمل‌ونقل هوشمند به آنها توجه کنند.

واژه‌های کلیدی: حمل‌ونقل هوشمند، فناوری، نسل پنجم ارتباطات سیار بی‌سیم

۱- مقدمه

نسل پنجم اینترنت، در حال ظهور در شبکه است که توانایی پشتیبانی از نرخ‌های عظیم داده و تعداد زیادی از برنامه‌ها و خدمات کاربر را خواهد داشت. علاوه بر این، تأخیر را کاهش می‌دهد و بهره‌وری انرژی را بهبود می‌بخشد. هدف نسل پنجم اینترنت ایجاد یک جامعه شبکه‌ای است که در آن هر کسی می‌تواند اطلاعات را در هر زمان از هر مکانی مشاهده و به اشتراک بگذارد و اتصال بی‌سیم را برای هر چیزی که متصل است به ارمغان می‌آورد (مانالی و مازری، ۲۰۲۰). با توجه به پیشرفت‌های اخیر در ارتباطات، کنترل بلادرنگ و فناوری‌ها، صنایع خودروسازی و حمل‌ونقل به سمت سیستم حمل‌ونقل هوشمند در حال تکامل هستند. مزایای بسیاری از جمله بهبود ایمنی و همچنین کاهش تراکم ترافیک، مصرف سوخت و

اثرات زیست محیطی را ارایه می‌دهد. یک عامل کلیدی برنامه‌های نوظهور حمل‌ونقل هوشمند، ارتباط وسیله نقلیه به همه چیز است که به وسایل نقلیه اجازه می‌دهد با وسایل نقلیه دیگر، عابران پیاده، زیرساخت‌های جاده‌ای و اینترنت ارتباط برقرار کنند. با استفاده از ارتباطات وسیله نقلیه به همه چیز، داده‌های بلادرنگ مربوط به وضعیت کلی ترافیک را می‌توان جمع‌آوری و بین کاربران رد و بدل کرد و آنها را قادر می‌سازد تا از شبکه‌های حمل‌و نقل ایمن‌تر، هماهنگ‌تر و هوشمندتر استفاده کنند (اشرف و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین تلاش برای تسهیل یک شبکه فوق‌العاده قابل اعتماد نسل پنجم با قابلیت‌های تأخیر کم برای تحقق خدمات ارتباطی خودرو به همه چیز که برای ایمنی راننده بسیار مهم است، حیاتی است (حسین و همکاران، ۲۰۱۹).

تعداد وسایل نقلیه در جاده‌ها به طور مداوم در حال افزایش است. پیش بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰ آنها از دو میلیارد عبور کنند. این تا حدودی به دلیل شهرنشینی جهانی است. مورد بعدی نشان دهنده مشکلات جدی است که باید با آن مواجه شد، مانند افزایش تعداد تلفات ناشی از تصادفات رانندگی، و محیط طبیعی بدتر در سراسر جهان. به همین دلیل، مفهوم سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند برای حل مشکلات حمل‌ونقل با استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات، به منظور اولویت‌بندی برنامه‌ها و پروژه‌هایی که پتانسیل بهبود ایمنی، صرفه‌جویی در مصرف سوخت، کارایی ترافیک و راحتی سواری بالقوه را دارند، اساسی است (گوارا و آئوت، ۲۰۲۰).

ارتباط وسیله نقلیه به همه چیز شامل اتصال خودرو به خودرو، خودرو به عابرپیاده، خودرو به زیرساخت (جاده) و خودرو به شبکه است. ارتباطات برای اتصال خودرو به خودرو، فناوری‌های ارتباط رادیویی کوتاه برد و یا پیوند جانبی در لایه فیزیکی می‌توانند استفاده شوند. برای خودرو به عابرپیاده، رابط PC5 را می‌توان استفاده کرد، در حالی که خودرو به زیرساخت (جاده) و خودرو به شبکه به شبکه سلولی یعنی C-V2X، برای برقراری ارتباط خودرو با تجهیزات کنار جاده (واحدهای کنار جاده، چراغ‌های راهنمایی و غیره) متکی هستند. شبکه سلولی همچنین می‌تواند اتصال وسایل نقلیه را با یک سرور برنامه از راه دور تسهیل کند (حسین و همکاران، ۲۰۱۸).

بر همین اساس، در آینده نزدیک وسایل نقلیه برای همکاری با یکدیگر و با محیط اطراف خود، از جمله زیرساخت‌های جاده‌ای، عابران پیاده و غیره، خودکارتر و به صورت بی‌سیم متصل خواهند شد. ارتباط بین وسایل نقلیه می‌تواند با افزایش دامنه تشخیص حتی زمانی که خط دید بصری در دسترس نباشد، حسگرهای داخل خودرو را تکمیل کند. ارتباط بی سیم با استفاده از نسل پنج اینترنت همچنین به رانندگی ایمن و کارآمد کمک کنند، به خصوص برای سطوح بالاتر اتوماسیون رانندگی، که در آن هیچ تعامل انسانی یا محدودی لازم نیست (کوساریداس و همکاران، ۲۰۲۱).

نسل پنجم به عنوان منبع جدیدی از فناوری زیرساخت‌های مخابراتی، بسیاری از صنایع را برای ارتقای پیشرفت استانداردهای خود و توسعه صنعت فناوری خود جذب کرده است. نسل پنجم فناوری‌های جدید را تقویت می‌کند و وسایل نقلیه برای همه خدمات (V2X) را به رانندگان و مسافران ارایه می‌دهد و کاربردهای متنوعی را برای نسل جدید حمل‌ونقل با رویکرد نسل پنجم ارایه خواهد داد که بر عملکرد کلی 5G-V2X تأثیرگذار خواهد بود. این مقاله یک بررسی جامع را ارائه می‌دهد و مروری بر سیستم ارتباطات سیار و معرفی نسل پنجم شبکه خواهد داشت و بر موارد استفاده از آن در حمل‌ونقل هوشمند تمرکز دارد. 5G-V2X به عنوان یک حوزه ارتباطی جدید نیاز به توجه و تمرکز بیشتری دارد، چرا که برای دستیابی به ایمنی جاده‌ای مطمئن و فعال کردن خدمات ارتباطی حیاتی در استفاده از شبکه‌های تلفن همراه نسل پنجم برای ارتباطات وسیله نقلیه به همه چیز، موارد استفاده‌ی متنوعی وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرد. هدف ما ارایه یک بررسی دقیق است که در آن پیشرفت‌های ارایه شده به 5G-V2X را نشان می‌دهیم و برخی موارد استفاده و کاربرد نسل پنجم را در قالب پروژه‌های کاربردی برای حمل‌ونقل هوشمند ارایه می‌دهیم.

۲- پیشینه تحقیق

در این بخش ابتدا ادبیات نظری شبکه نسل پنجم اینترنت و سیستم حمل‌ونقل هوشمند بررسی می‌شود و سپس کاربردهای شبکه نسل پنجم اینترنت در سیستم حمل‌ونقل هوشمند شناسایی می‌گردد.

۲-۱- شبکه نسل پنجم اینترنت

شبکه نسل پنجم اینترنت برای ارایه یک محیط متصل طراحی شده است، جایی که اطلاعات می‌تواند در هر مکان و

هر زمان، توسط هر کسی قابل دسترسی و اشتراک گذاری باشد و برای هر چیزی یک اتصال بیسیم ارایه کند. نسل‌های گذشته سیستم‌های تلفن همراه زیر فرکانس‌های ٦ گیگاهرتز کار می‌کردند، اما با پیاده‌سازی فرکانس‌های امواج میلی‌متری، طیف بسیار بیشتری در دسترس است و می‌توان با استفاده از آن با حجم زیادی از دستگاه‌های متصل روبرو شد. (مانالی و مازری، ۲۰۲۰). نسل پنجم باید راه‌حل‌هایی را برای تجهیزات مختلفی که در یک محیط کاملاً ناهمگن کار می‌کنند ارایه دهد که به سرعت جریان بسیار بالاتر و کاهش تأخیر نیاز دارد. می‌توان چند بخش را برای اتصالات اشیا و اینترنت نام برد (پارک و همکاران، ۲۰۲۱).

• اینترنت عظیم اشیاء(MIoT): که با تعداد زیادی اتصال دستگاه ارزان قیمت طبقه‌بندی می‌شود، در این مورد، مقدار کمی از داده‌ها توسط هر دستگاه با طول عمر باتری طولانی و طیف وسیعی از پوشش پشتیبانی می‌شود. این نوع بیشتر در زمینه ساختمان هوشمند، لجستیک حمل و نقل و کشاورزی کاربرد دارد.

• اینترنت حیاتی اشیا (CIOT): با اتصال بسیار قابل اعتماد و بسیار کم تأخیر شکل گرفته است. به عنوان مثال، می‌تواند از وسایل نقلیه خودران، جراحی رباتیک و ایمنی جاده پشتیبانی کند. ارتباط ماشین به ماشین در مقیاس بزرگ (mMTC): با تأخیر کم و پایداری بالا. این نوع استفاده عمدتاً ارتباط ماشین با ماشین را مرتبط می‌کند. ارتباط سیار با وسایل نقلیه را امکان پذیر می‌کند، این نوع به پهنای باند هم‌زمان و ظرفیت تحرک بالا نیاز دارد و نیازمند افزایش قابلیت اطمینان و کاهش تأخیر است. نسل پنجم دارای سه ویژگی تعیین‌کننده اصلی است که عبارت‌اند از: سرعت بالا، پهنای باند گسترده و تأخیر کم. توسعه نسل پنجم پشتیبانی بهبودیافته‌ای از ارتباطات را با هدف قیمت‌های پایین‌تر، مصرف باتری کمتر و تأخیر کمتر با وسعت باند بالاتر در سطوح انرژی کم فراهم می‌کند. شبکه‌های ارتباطی نسل پنجم همچنین می‌توانند صدها میلیارد اتصال، ارتباطات ماشینی عظیم و پهنای باند تلفن همراه را فراهم کنند. علاوه بر این، نسل پنجم با تأخیر بسیار کم ۱ میلی ثانیه، ۹۰ درصد بازده انرژی بیشتر، ۹۹/۹ درصد قابلیت اطمینان فوق العاده، سرعت انتقال حداکثر سرعت ۱۰ گیگابیت بر ثانیه و حجم داده تلفن همراه ۱۰ ترابایت را ارایه می‌دهد (گوارا و آئوت، ۲۰۲۰). سیستم ارتباطات سیار نسل پنجم به ظهور خود ادامه خواهد داد تا نیازهای بی‌سابقه‌ای را فراتر از توانایی‌های نسل‌های گذشته برآورده کند. نسل پنجم باید از موارد زیر پشتیبانی کند (گوهر و ننسیونی، ۲۰۲۱).

• تراکم اتصال: برای رسیدگی به میلیون‌ها درخواست و پیوند در طول کیلومتر مربع.

• تأخیر مداوم از انتها به انتها.

• تراکم حجم ترافیک جاده‌ای: چندین ده ترابایت در هر ثانیه در هر کیلومتر مربع ایجاد می‌شود.

• تحرک و حداکثر سرعت داده.

• کارایی شبکه و ظرفیت بالای شبکه.

بهبود مستمر و افزایش تعداد برنامه‌ها منجر به توسعه کاربردهای جدید، به‌ویژه استفاده از اشیاء متصل شده است. یکی از مهم‌ترین کاربردهای آن اتصالات خودرو به همه‌چیز یا حمل‌ونقل هوشمند است. ارتباطات خودرویی یا ارتباطات V2X به وسایل نقلیه اجازه می‌دهد تا در زمان واقعی با محیط خود ارتباط برقرار کنند تا کنترل جاده، عملکرد ترافیک و صرفه‌جویی در انرژی را افزایش دهند (چن و همکاران، ۲۰۱۷).

۲-۲- حمل‌ونقل هوشمند

توسعه نسل پنجم در حوزه اینترنت اشیاء باعث ایجاد تغییرات زیادی در شبکه‌های حمل‌ونقل و خودرو هوشمند شده است که اکنون با نام‌های اینترنت وسایل نقلیه اتصال خودرو به همه‌چیز و سیستم حمل و نقل هوشمند شناخته می‌شوند (اشرف و همکاران، ۲۰۲۰). مفهوم وسیله نقلیه متصل مبتنی بر حسگرهایی است که در خط دید مانند رادارها، دوربین‌ها یا سنجش از دور لیزری عمل می‌کنند. نسل پنجم نقشی کلیدی در کارآمدتر و ایمن‌تر کردن حمل و نقل جاده‌ای خواهد داشت چرا که صنعت خودرو به شبکه‌ای قوی‌تر، پایدارتر و کم تأخیرتر نیاز دارد، بسیار کمتر از آنچه در حال حاضر توسط شبکه‌های ارتباطی موجود ارایه می‌شود. بازار وسایل نقلیه متصل از نظر تعداد نقاط پایانی متصل و داده‌های مبادله شده بسیار بزرگ خواهد بود و با گذشت زمان، به هر وسیله نقلیه‌ای این امکان داده می‌شود که در هر زمان به هر چیزی متصل شود، از افراد گرفته تا چیزهای فیزیکی، فرایندها، محتویات، دانش کاری، اطلاعات و انواع کالاها به روش‌های کاملاً انعطاف پذیر، قابل اعتماد و ایمن. لذا ارتباطات نسل پنجم امکاناتی را که شبکه‌های تلفن همراه می‌توانند انجام دهند و خدماتی را که می‌توانند ارایه کنند را گسترش می‌دهد و

زیرساخت‌های اساسی را برای ایجاد محیط هوشمند IOV فراهم می‌کند، که عملکرد شبکه وسایل نقلیه و قابلیت‌های آن را به حداکثر می‌رساند (حسین و همکاران، ۲۰۱۹).

ارتباطات وسیله نقلیه یا ارتباطات V2X (اتصال خودرو به همه‌چیز) به وسایل نقلیه اجازه می‌دهد تا در هر زمان با محیط خود ارتباط برقرار کنند تا کنترل جاده، عملکرد ترافیک و صرفه جویی در انرژی را افزایش دهند. این ارتباطات چهار نوع سناریو تعامل مختلف را در نظر می‌گیرد: اتصال وسیله نقلیه به وسیله نقلیه (V2V) که امکان ارتباط بین خودرو را فراهم می‌کند. اتصال وسیله نقلیه به زیرساخت (V2I) که امکان ارتباط خودرو با محیط اطراف مانند جاده‌ها و چراغ راهنمایی و یا دوربین‌های جاده‌ای را می‌دهد. اتصال وسیله نقلیه به عابر پیاده (V2P) که امکان تبادل اطلاعات بین وسایل نقلیه و عابر پیاده را در جاده‌ها فراهم می‌کند. اتصال وسیله نقلیه به شبکه (V2N) که از پیوندهای سلولی سنتی استفاده می‌کند تا خدمات ابری را توانمند سازد تا با استفاده از معماری برش شبکه نسل پنجم بخشی از فرایندهای انتهابه‌انتها باشند (کوساریداس و همکاران، ۲۰۲۱). ساختار نسل پنجم و معماری ارتباطات وسیله نقلیه یا ارتباطات V2X (اتصال خودرو به همه‌چیز) بر چهار سطح شبکه استوار است: شبکه دسترسی نسل پنجم – لبه شبکه – شبکه اصلی نسل پنجم – شبکه داده (مانالی و مازری، ۲۰۲۰).

به طور خاص، شش سطح از اتوماسیون رانندگی توسط انجمن مهندسین خودرو از بدون اتوماسیون به اتوماسیون کامل شناسایی شده است:

- بدون اتوماسیون (سطح ۰): راننده به طور مداوم در کنترل است.
- کمک راننده (سطح ۱): وظیفه رانندگی جزئی که توسط سیستم انجام می شود.
- اتوماسیون جزئی (سطح ۲): راننده باید وظایف رانندگی پویا را کنترل کند.
- اتوماسیون مشروط (سطح ۳): راننده نیازی به نظارت بر وظایف رانندگی ندارد، اما باید بتواند کنترل را از سر بگیرد.
- اتوماسیون بالا (سطح ٤): راننده در موارد استفاده تعریف شده مورد نیاز نیست.
- اتوماسیون کامل (سطح ۵): بالاترین سطح به یک سیستم کاملاً مستقل و بدون نیاز به راننده اشاره دارد (اسکیت، ۲۰۱۸).

خودروسازان در حال رقابت برای بهبود فناوری هستند که به خودروهای خودران کمک می کند. خودروهای هوشمند پهنای باند زیادی مصرف می‌کنند، نیاز به پاسخ‌های سریع‌تر از شبکه دارند و نیاز به اتصال مداوم به شبکه دارند. نسل پنجم از پهنای باند بالاتر و تأخیر کمتری پشتیبانی می‌کند، که به خودروهای هوشمند امکان می‌دهد کارآمدی داشته باشند. نسل پنجم ظرفیت شبکه‌های بی‌سیم و سرعت داده را بهبود می‌بخشد. به این ترتیب، نقش مهمی در تکثیر خودروهای خودران ایفا خواهد کرد که حجم زیادی از داده را تولید خواهد کرد. این فناوری رانندگی هوشمند را ایمن‌تر و کارآمدتر می‌کند. علاوه بر این، شبکه‌های نسل پنجم می‌توانند خدمات زیادی را به خودروسازان ارایه دهند، از جمله اطلاعات ناوبری، اطلاعات ترافیک، عوارض الکترونیکی، هشدار خطر، هشدار برخورد، به‌روزرسانی‌های آب‌وهوا و خدمات امنیت سایبری برای نظارت بر خودروها (عطاران، ۲۰۲۱).

۳-۲- کاربرد نسل پنجم در حمل‌ونقل هوشمند

امروزه یک وسیله نقلیه مدرن یک پلتفرم حسگر است که اطلاعات محیط را جذب می‌کند. این اطلاعات توسط یک رایانه داخلی پردازش می‌شود و سپس برای کمک به ناوبری، کنترل آلودگی و مدیریت ترافیک و سایر موارد استفاده می‌شود. با این حال، برای دستیابی به پردازش سریع داده‌ها، به یک کامپیوتر داخلی بسیار قدرتمند نیاز است. دلیل هزینه بالای خودروهای لوکس با سیستم‌های کمک راننده نیز همین است. برای جلوگیری از استفاده از تجهیزات گران قیمت، از طریق اینترنت باید امکان آپلود اطلاعات روی ابر برای انجام بار پردازشی سنگین وجود داشته باشد. بنابراین، اینترنت اشیا می‌تواند به جمع‌آوری اطلاعات اضافی از مراکز مدیریت ترافیک کمک کند و اطلاعاتی را که قبلاً توسط وسایل نقلیه جمع‌آوری شده است، تکمیل کند. با این فرض، الگوی محاسبات ابری خودرویی یک سناریوی چالش برانگیز برای آزمایش قابلیت‌های نسل پنجم آینده است (گوارا و آئوت، ۲۰۲۰).

خودروهای هوشمند با پشتیبانی از سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم نسل پنجم مبتنی بر پردازش روی برد و سیستم های حسگرهستند. چرا که عدم اطمینان باید در نظر گرفته شود زیرا نمی‌توان مطمئن بود که وسیله نقلیه دیگر یا عابر پیاده در ثانیه‌های بعدی چه کاری انجام می‌دهد. اگر وسایل نقلیه

اطلاعات موجود خود را به اشتراک بگذارند، سایر وسایل نقلیه می‌توانند از آنها برای کاهش عدم قطعیت استفاده کنند. بنابراین، رانندگی مستقل می‌تواند از ارتباطات بهره‌مند شود و سریع‌تر واکنش نشان دهد و از برخورد جلوگیری کند (پنماتسا و همکاران، ۲۰۱۹). یکی از موارد استفاده برجسته از رانندگی خودران، پیشگیری از برخورد است. براساس پایگاه داده تصادفات جاده ای اتحادیه اروپا تلفات ناشی از تقاطع در طول دهه گذشته بیش از ۲۰ درصد را به خود اختصاص داده است. پس از شکست سایر مکانیسم‌های کنترل ترافیک، ارتباط بین وسایل نقلیه خودران برای انجام اقدامات و جلوگیری از برخورد الزامی است (گوارا و آئوت، ۲۰۲۰). در چنین محیط پویا و پیچیده‌ای، پس از شناسایی خطر برخورد، وسایل نقلیه نمی‌توانند به صورت جداگانه تصمیم بگیرند، زیرا اقدامات فردی مختلف که بدون هماهنگی قبلی اعمال می‌شوند ممکن است باعث برخوردهای اضافی یا موقعیت‌های کنترل نشده شود. بنابراین، تمام وسایل نقلیه درگیر باید برای محاسبه اقدامات بهینه اجتناب از برخورد به روشی مشارکتی کار کنند (گوهر و ننسیونی، ۲۰۲۱).

انتظار می‌رود که وسایل نقلیه خودران علاوه بر داشتن حالت‌های رانندگی خودران و کمکی، قابلیت کنترل توسط اپراتور خارجی در حالت کنترل از راه دور را نیز داشته باشند. این زمانی مفید است که حالت خودران از کار بیفتد، یا در یک سناریوی پیچیده و ناامن به کمک انسانی نیاز باشد (گوارا و آئوت، ۲۰۲۰). از آنجایی که وظیفه رانندگی از راه دور انجام می‌شود، ایمنی راننده در محیط‌های خطرناک افزایش می‌یابد. نیاز اصلی در راه دور وسایل نقلیه، دریافت ویدئوی زنده از دوربین داخل خودرو به اپراتور انسانی از راه دور است تا به راحتی خطرات احتمالی وسیله نقلیه را درک کند. سپس بر اساس ویدئوی زنده، اپراتور دستورات حرکتی را برای خودرو ارسال می‌کند. نقش کلیدی توسط شبکه‌های ارتباطی ایفا می‌شود. ارتباطات کوتاه برد اختصاصی و ارتباطات نور مرئی، فناوری‌های ارتباطی بی‌سیمی هستند که در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند (ژانگ و ژی، ۲۰۱۶) اما برای ارتباطات راه دور مناسب نیستند، شبکه نسل پنجم برای کار از راه دور وسیله نقلیه مناسب‌ترین است زیرا امکان پوشش مسافت‌های طولانی‌تر با توان عملیاتی بالا و تأخیر کم برای پخش مداوم ویدیو را فراهم می‌کند (چن و همکاران، ۲۰۱۷).

از طرفی انتظار می‌رود وسایل نقلیه از ارتباطات محلی V2V و V2X جهانی استفاده کنند تا رانندگی ایمن، کارآمدتر و راحت‌تر را امکان‌پذیر کنند، زیرا خودرو می‌تواند پیشگیرانه موقعیت‌های خطرناک را تشخیص دهد، حتی اگر این موقعیت‌ها خارج از محدوده بصری به دلیل پیچ یا وسایل نقلیه دیگر در جلو باشند. این امر با به اشتراک‌گذاری اطلاعات با وسایل نقلیه مجاور با استفاده از ارتباط V2V امکان پذیر خواهد بود. به عبارت دیگر، دانش راننده را در مورد آنچه در اطراف وسیله نقلیه، در جاده اتفاق می‌افتد، افزایش می‌دهد (گوهر و ننسیونی، ۲۰۲۱). این مورد استفاده به قابلیت اطمینان، در دسترس بودن، تاخیر کم و سرعت داده بالا نیاز دارد. برخی از موارد استفاده از ایمنی جاده و کارایی ترافیک عبارت‌اند از: هشدار خطر برخورد تقاطع، نزدیک شدن خودرو اضطراری، هشدار تغییر خط، هشدار نقاط کور، هشدارهای مربوط به جاده، هشدارهای خطر جاده، طیف گسترده‌ای از کاربران جاده مانند عابران پیاده، دوچرخه سواران و موتورهای دو چرخ است. تحقیقات اخیر در مورد ایمنی جاده‌ای عمدتاً بر روی شناسایی عابران پیاده و اجتناب از تصادفات با استفاده از محاسبات ابری خودرو به عنوان شاخه‌ای از محاسبات ابری سیار متمرکز شده است (سلوانسان و همکاران، ۲۰۱۸).

وسایل نقلیه هوشمند از نقشه‌های دیجیتال و موقعیت جغرافیایی برای ارایه راهنمایی رانندگان استفاده می‌کنند. این خدمات راهنمایی با انتخاب مسیرهای مناسب با توجه به اطلاعات ترافیک آنلاین، کارایی رانندگی را بهبود می‌بخشد. این اطلاعات از داده‌های ارایه شده توسط وسایل نقلیه در مجاورت، زیرساخت جاده یا مراکز مدیریت ترافیک محاسبه می‌شود. داده‌های مفید بیشتری با نسل پنجم به لطف اینترنت اشیا و داده‌های بزرگ جمع‌آوری می‌شود، که امکان ارایه خدمات ارزش افزوده بیشتری را فراهم می‌کند (هاندت و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین از اینترنت نسل پنجم می‌توان در جهت افزایش کارایی طیفی، استفاده کرد. داده‌ها مستقیماً بین وسیله نقلیه بدون مسیریابی از طریق شبکه سلولی منتقل می‌شوند و در نتیجه منجر به افزایش پرش می‌شود. علاوه بر این، منابع بین کاربران وسیله نقلیه و بین شبکه های وسایل نقلیه و شبکه‌های سلولی می‌توانند مجدداً استفاده شوند و این منجر به افزایش استفاده مجدد از منابع می‌شود. با بهره پرش و بهره استفاده مجدد از منابع، راندمان طیفی بی‌سیم و توان عملیاتی شبکه را می‌توان افزایش داد (کمبات، ۲۰۱۶).

قطار پرسرعت نیز به عنوان یکی از کاربردهای ضروری در برنامه‌های حمل‌ونقل نسل پنجم در نظر گرفته می‌شود. به لطف انعطاف‌پذیری ارایه شده توسط فناوری‌های پیشنهادی، برش شبکه انتها به انتها که هم به شبکه اصلی و هم در شبکه دسترسی رادیویی نفوذ می‌کند، می‌تواند الزامات عملکرد مختلفی را برای موارد استفاده از 5G-HST برآورده کند (هاسوگوا و همکاران،۲۰۱۸). همچنین می‌توان یک ساختار فرستنده-گیرنده جدید برای انتقال و تشخیص داده قطار پرسرعت در سیستم‌های ارتباطی نسل پنجم ایجاد کرد (وحیدی، ۲۰۲۱). همچنین می‌توان از فناوری‌های ارتباطی نوری در HST استفاده کرد که موانع ارتباطی در HST را بهینه می‌کنند. علاوه بر این، سیستم‌های ارتباطی فیبر نوری رای تقویت ظرفیت ارتباط HST استفاده می‌شود (چن و همکاران، ۲۰۱۹). به این ترتیب از بررسی مقالات، کاربردها و پروژه‌های حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر اینترنت نسل پنجم شناسایی گردید. بررسی مبانی نظری و پیشینه پژوهش نشان داد که مقالات متعددی در زمینه کاربرد نسل پنجم در حمل‌ونقل هوشمند صورت گرفته است. اما، این مطالعات تنها به جنبه‌های خاصی از مقوله مورد نظر توجه داشته‌اند و اغلب مقالات به صورت کیفی موضوع مورد نظر را بررسی کرده‌اند. اما، پژوهشی که کاربردهای مورد نظر را به صورت پروژه‌هایی مبتنی بر کاربرد نسل پنجم در حمل‌ونقل هوشمند در قالب یک چارچوب منسجم نظام‌مند دسته‌بندی و آنها را اولویت‌بندی کرده باشد، صورت نگرفته است. لذا، این پژوهش برای پرکردن خلا پژوهشی مورد نظر با هدف ایجاد چارچوب مربوطه و کمک به مدیران پروژه‌های مربوطه جهت اولویت‌بندی انواع پروژه‌های حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر نسل پنجم صورت گرفته است. پروژه‌های شناسایی شده از پیشینه پژوهش و مقالات مورد بررسی و همچنین پیشینه پژوهش در قالب جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشد.

۳- روش پژهش

هدف پژوهش حاضر توصیفی و فلسفه پژوهش از نوع پراگماتیسم است و این پژوهش از نوع پژوهش‌های کاربردی است زیرا به دنبال شناسایی پروژه‌ها و کاربردهای شبکه نسل پنجم اینترنت در حمل‌ونقل هوشمند می‌باشد. این پژوهش از نوع پژوهش‌های آمیخته است زیرا از دو مرحله کیفی و کمی تشکیل شده است. در مرحله اول با بررسی ادبیات و مصاحبه با خبرگان پروژه‌های حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر شبکه نسل پنجم اینترنت شناسایی شده و در مرحله دوم با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی داده‌ها وزن‌دهی و تجزیه‌وتحلیل شده‌اند. همچنین در دسته پژوهش‌های مقطعی از جهت زمان قرار می‌گیرد. این پژوهش از چهار مرحله اصلی تشکیل شده است که عبارتند از:

۱. در مرحله اول، ادبیات مربوط به کاربرد نسل پنجم اینترنت در پروژه‌های مربوط به حمل‌ونقل هوشمند در مقالات متعدد مورد بررسی قرار گرفتند. با استفاده از کلیدواژه‌های "5G" و "Application" و "Intelligent Transport System " جست‌وجوی مقالات آغاز شد. محدوده جغرافیایی مورد نظر تمام نواحی، زمان از ابتدا تا سال ۲۰۲۱، روش‌های مطالعه تمامی روش‌ها، جامعه مورد مطالعه پایگاه علمی اسکوپوس در سه حوزه تجارت، تصمیم، اجتماعی و نوع مقاله‌ها، مقاله‌های مجله‌های علمی و کنفرانس‌ها در نظر گرفته شد و پس از تحلیل و مطالعه مقالات، کاربردهای نسل پنجم اینترنت (نسل پنجم) در پروژه‌های حمل‌ونقل هوشمند شناسایی گردیدند و دسته‌بندی شدند.

۲. در مرحله دوم، با ۱۷ نفر از خبرگان مرتبط با موضوع پروژه در زمینه پروژه‌های حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر شبکه نسل پنجم اینترنت مصاحبه‌ای صورت گرفت. نظرات آنها در مورد پروژه‌های شناسایی شده درمورد حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر نسل پنجم پرسیده شد و با پروژه‌های یافته شده از بررسی مقالات تطبیق داده شد و با یکدیگر ادغام شدند و یا تعدادی از آنها جایگزین گردید و پروژه‌های نهایی در قالب یک چارچوب تنظیم گردیدند.

۳. در مرحله سوم، تعداد ۵ معیار جهت بررسی و وزن‌دهی به پروژه‌ها با استفاده از آنها از مقالات انتخاب گردید و با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی این معیارها وزن‌دهی شدند که برای این‌کار پرسش‌نامه‌ای در اختیار ۱۷ نفر از خبرگان مربوطه قرار گرفت تا به هر یک از معیارها وزنی با توجه به میزان اهمیت هر یک از آنها تخصیص دهند.

٤. در مرحله چهارم، پس از وزن‌دهی و اولویت‌بندی معیارها، هر یک از پروژه‌های حمل‌ونقل هوشمند نسبت به ۵ معیار تعیین شده امتیازدهی شدند به این صورت که پرسش‌نامه‌ای طراحی و در اختیار ۱۷ نفر از خبرگان قرار گرفت به این صورت که هر یک از پروژه‌های شناسایی شده در زمینه کاربرد اینترنت نسل پنجم در حمل‌ونقل هوشمند را براساس ۵ معیار ارزیابی کردند و به هریک عددی در بازه ۱ تا ۱۰ بر اساس ۵ معیار تخصیص دادند.

جدول ۱. پروژه‌های شهر هوشمند مبتنی بر نسل پنجم

	پروژه‌ها	منابع
برقراری اتصالات V2X (اتصال‌خودرو به همه چیز)	به‌کارگیری سلول‌های مجازی جهت مجازی سازی شبکه ارتباطی کاربران و سیستم‌های خودرو	(ساحین و همکاران، ۲۰۱۸)
	تقویت ارتباطات بی‌درنگ وسیله نقلیه به همه چیز (V2X) به وسیله نسل پنجم برای اطمینان از ظرفیت، توان عملیاتی و تأخیر کم و همچنین انعطاف‌پذیری، قابلیت اطمینان بالا و امنیت در ارایه و دریافت اطلاعات در بین وسایل نقلیه	(شی و همکاران، ۲۰۱۸)، (حسین و همکاران، ۲۰۱۹)
	به کارگیری فناوری 5G-V2X برای تحقق خدمات سرویس‌های‌جابجایی‌متصل، مشارکتی و خودکار (CCAM)	(کوساریدوس و همکاران، ۲۰۲۱)
	به کارگیری فناوری 5G-V2X برای ارتباطات وسایل نقلیه با حداکثر سرعت داده، تراکم اتصال، تأخیر مداوم از انتها به انتها	(مانالی و مازری، ۲۰۲۰)
	اتصالات V2I، V2P، V2N،V2V توسط نسل پنجم برای یکپارچه شدن کامل با امکان اتصال همزمان گسترده و فراگیر شدن شبکه، حتی در شرایط تحرک بالا یا مناطق پرجمعیت	(چن و همکاران، ۲۰۱۷)، (گووارا و آئورت، ۲۰۲۰)، (گوهر و نانسی، ۲۰۲۱)، (کومبات، ۲۰۱۶)، (کائو و همکاران، ۲۰۱۶)، (پاندی و همکاران، ۲۰۱۶)، (گای و همکاران، ۲۰۲۱)
	فعال‌کردن‌حسگرهای گسترده	(اشرف و همکاران، ۲۰۲۰)
ایمنی و پوشش شبکه جاده‌ها و ایمنی راننده برای جلوگیری از ترافیک و تصادفات	فناوری 5G-V2X برای هشدار ترافیک با ایجاد ارتباط و همکاری متقابل بین وسایل نقلیه با ایجاد سیگنال‌های ترافیکی هوشمند و موقعیت‌یابی خودکار	(چن و همکاران، ۲۰۱۷)، (شی و همکاران، ۲۰۱۸)، (گووارا و آئورت، ۲۰۲۰)، (گوهر و نانسی، ۲۰۲۱)
	نسل پنجم به عنوان اینترنت وسایل نقلیه برای هشدار عبور عابر پیاده، هشدار تصادف	(گووارا و آئورت، ۲۰۲۰)، (گوهر و نانسی، ۲۰۲۱)، (سلوانسان و همکاران، ۲۰۱۸)
	فناوری 5G-V2X برای اطمینان از تاخیر کم و ارتباطات بسیار قابل اعتماد برای عبور ایمن از تقاطع‌ها	(شی و همکاران، ۲۰۱۸)
	فناوری 5G-V2X برای تشخیص خلق و خوی راننده با حسگرهای داخلی خودرو	(گووارا و آئورت، ۲۰۲۰)، (اشرف و همکاران، ۲۰۲۰)
رانندگی خودکار و رانندگی از راه دور	فناوری 5G-V2X برای تبادل داده و اطلاعات خودرو با خودرو	(گووارا و آئورت، ۲۰۲۰)، (گوهر و نانسی، ۲۰۲۱)، شی و همکاران، ۲۰۱۸)، (کومبات، ۲۰۱۶)، (کائو و همکاران، ۲۰۱۶)، (پاندی و همکاران، ۲۰۱۶)
	فناوری 5G-V2X برای اتصال خودرو به چراغ راهنمایی	(گووارا و آئورت، ۲۰۲۰)، (گوهر و نانسی، ۲۰۲۱)
	فناوری 5G-V2X برای دریافت ویدئوی زنده از دوربین داخل خودرو	(گووارا و آئورت، ۲۰۲۰)، (گوهر و نانسی، ۲۰۲۱)
حمل و نقل عمومی (قطار پرسرعت)	استفاده از برش شبکه انتها به انتها برای بهبود کیفیت ارتباطات قطار پرسرعت (HST) با به‌کارگیری نسل پنجم	(هاسگاوا و همکاران، ۲۰۱۸)
	ایجاد ساختار فرستنده–گیرنده برای انتقال و تشخیص داده قطار پرسرعت (HST) در سیستم‌های ارتباطی نسل پنجم	(وحیدی و همکاران، ۲۰۲۱)
	استفاده از فناوری‌های ارتباطی نوری برای افزایش عملکرد ارتباط HST با تمرکز بر موج نوری به عنوان حامل انتقال در ارتباطات HST	(چن و همکاران، ۲۰۱۹)
	به‌کارگیری نسل پنجم برای اتصال یکپارچه قطار با کاربران	(البانا و همکاران، ۲۰۲۰)

٤-١-فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی توسط ساعتی (۱۹۷۰) توسعه یافته است. این روش که روشی برای کمک به تصمیم‌گیری است، به تحلیل مسائل می‌پردازد و تصمیم‌گیرندگان را قادر می‌سازد اثرات متقابل و همزمان بسیاری از وضعیت‌های پیچیده و نامعین را تعیین کنند. هدف آن تعیین کمیت اولویت‌های نسبی برای مجموعه معینی از گزینه‌ها در مقیاس نسبت است که بر اساس قضاوت تصمیم‌گیرنده، تعیین می‌شود (ساعتی، ۲۰۰۸). این روش امکان تصمیم‌گیری گروهی را فراهم می‌کند، جایی که اعضای گروه می‌توانند از تجربیات، ارزش‌ها و دانش خود برای تجزیه یک مشکل به سلسله مراتب و حل آن با مراحل سلسله‌مراتبی استفاده کنند. این روش عوامل کلی و جزئی را با استفاده از درخت سلسله‌مراتبی سازماندهی می‌کند و راه‌حلی برای مشکلات تصمیم‌گیری و یا انتخاب بین چندین گزینه ارایه می‌دهد، و با تجزیه یک مسئله کلی به چندین مسئله جزئی‌تر، باعث درک بهتر روابط و مفاهیم مسئله‌ی موردنظر می‌شود (الهاربی، ۲۰۰۱). مراحل این روش عبارتند از:

٤-١-١- مرحله اول

تجزیه‌ی یک مسئله کلی به چندین مسئله‌ی جزئی‌تر در شناسایی مسئله بسیار کارساز است و بیانگر وجود روابط موجود بین عناصر کوچک‌تر است. با این‌کار درخت سلسله‌مراتبی ایجاد می‌شود. مطابق شکل ۱ سلسله مراتب از بالا (اهداف از دیدگاه تصمیم‌گیرندگان) تا سطوح میانی (معیارهایی که سطوح بعدی به آن بستگی دارد) تا پایین‌ترین سطح که شامل لیست پروژه‌ها است، تشکیل می‌شود. در این پژوهش، اولین سطح یعنی هدف مورد بررسی"انتخاب بهترین پروژه حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر نسل پنجم اینترنت" است. دومین سطح شامل معیارهایی است که براساس آنها گزینه‌های پروژه‌ها با یکدیگر مقایسه می‌شوند، این معیارها عبارتند از: "درآمد پروژه"، "منافع اجتماعی پروژه"، "سودمندی پروژه"، "سطح ریسک پروژه"، "کل هزینه پروژه". این معیارها از پژوهش بولات و همکاران (۲۰۱٤) برای انتخاب بهترین پروژه مورد استفاده قرار گرفته‌اند که هر یک در زیر توضیح داده شده است، سومین سطح نیز شامل پروژه‌های انتخابی در زمینه حمل‌ونقل هوشمند است.

درآمد پروژه: هدف از انتخاب این معیار به حداکثر رساندن درآمد از طریق انتخاب بهترین پروژه‌ی شهر هوشمند مبتنی بر نسل پنجم، در نظر گرفته شده است. با این مفهوم که کدام یک از پروژه‌ها بیشترین درآمد را خواهند داشت.

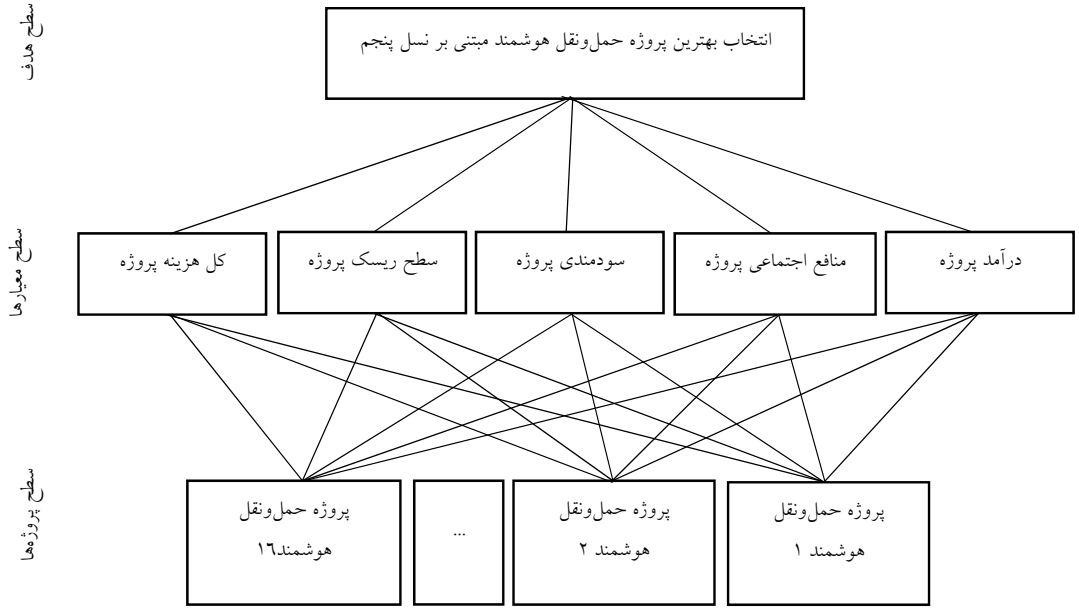
منافع اجتماعی پروژه: هدف از انتخاب این معیار به حداکثر رساندن منفعت اجتماعی در توسعه اهداف پایدار از طریق انتخاب بهترین پروژه‌ی حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر نسل پنجم اینترنت، در نظر گرفته شده است. با این مفهوم که کدام پروژه بیشترین منفعت اجتماعی (کاهش آلودگی هوا، کاهش مصرف انرژی و ...) را دارد.

سودمندی پروژه: هدف از انتخاب این معیار به حداکثر رساندن سودمندی پروژه‌ها از طریق انتخاب بهترین پروژه حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر نسل پنجم اینترنت، در نظر گرفته شده است. با این مفهوم که کدام پروژه بیشترین فایده و کاربردپذیری را خواهد داشت.

سطح ریسک پروژه: هدف از انتخاب این معیار به حداقل رساندن ریسک کل پروژه‌ها از طریق انتخاب بهترین پروژه حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر نسل پنجم اینترنت، در نظر گرفته شده است. با این مفهوم که انتخاب کدام پروژه کمترین ریسک را خواهد داشت.

کل هزینه پروژه: هدف از انتخاب این معیار به حداقل رساندن هزینه کل پروژه از طریق انتخاب بهترین پروژه حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر نسل پنجم اینترنت، در نظر گرفته شده است. با این مفهوم که انتخاب کدام پروژه کمترین هزینه را خواهد داشت.

مقایسات زوجی را تشکیل داده که از n ستون و n سط تشکیل شده است. برای این منظور پرسش‌نامه‌ای در مقیاس ۱ تا ۹ طراحی گردیده است که در روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی به پرسش‌نامه خبره مشهور است، و در اختیار ۱۷ نفر از خبرگان قرار گرفت به این صورت که یک مقایسه دوبه‌دو بین هر دو عنصر از معیارها در مقیاس ۱ تا ۹ انجام دادند و برتری هر یک نسبت به دیگری را نشان دادند. جدول ۱ مقیاس ۱ تا ۹ مقایسات زوجی و شرح هر یک از آنها را نشان می‌دهد. در واقع برای پر کردن ماتریس مقایسات زوجی مقیاس ۱ تا ۹ به کار برده شده است تا اهمیت نسبی هر معیار نسبت به معیارهای دیگر مشخص شود. به این ترتیب ماتریس را تشکیل داده به این صورت که قطر اصلی عدد ۱ و در سلول متناظر با هر عدد، معکوس آن عدد قرار می‌گیرد.



شکل ۲. سلسله مراتب تصمیم انتخاب پروژه حمل‌ونقل هوشمند

٤-١-١- مرحله دوم

در مرحله دوم، لازم است یک مقایسه زوجی میان معیارهای مشخص شده در پژوهش صورت گیرد.

جدول ۲. مقیاس تحلیل سلسله مراتبی

درجه اهمیت	شرح
۹	کاملا مهم‌تر و مطلوب‌تر
۷	اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مهم‌تر یا مطلوب‌تر
۱	اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۸-٦-٤-۲	ترجیحات بین فواصل بالا

٤-١-٣- مرحله سوم

در مرحله سوم پس از ساخت ماتریس مقایسات زوجی، مقادیر ماتریس به‌هنجار می‌شود یعنی هر مقدار ماتریس بر جمع ستون مربوطه تقسیم می‌شود و میانگین هر ردیف محاسبه می‌گردد و به این ترتیب وزن نسبی هر یک از معیارها تعیین می‌گردد و براساس این وزن می‌توان اولویت هر یک از معیارها را مشخص کرد.

٤-١-٤- مرحله چهارم

در مرحله آخر لازم است تا نرخ ناسازگاری محاسبه شود تا مشخص گردد که آیا بین مقایسات زوجی سازگاری وجود دارد یا خیر و اگر این مقدار کوچکتر از ۰/۱ باشد نشان‌دهنده وجود سازگاری لازم بین مقایسات است که نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی این پژوهش ۰/۰۷٦ محاسبه گردید، بنابراین سازگاری لازم وجود دارد.

۵- تجزیه‌وتحلیل داده‌های پژوهش

طبق مراحل پژوهش مطابق با اولین و دومین مرحله که به بررسی ادبیات کاربرد نسل پنجم اینترنت در حمل‌ونقل هوشمند پرداخته شد، پروژه‌های متعددی از مقالات شناسایی گردید و سپس نظر ۱۷ نفر از خبرگان در مورد این پروژه‌ها پرسیده شد و پس از مصاحبه و بررسی نظرات آنها در نهایت ١٦ پروژه مطابق جدول ۵ شناسایی گردید.

پس از شناسایی پروژه‌های حمل‌ونقل هوشمند، طبق مراحل روش پژوهش، ۵ معیار "درآمد پروژه"، "منافع اجتماعی پروژه"، "سودمندی پروژه"، "سطح ریسک پروژه"، "کل هزینه پروژه" انتخاب شدند و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی وزن‌دهی آنها صورت گرفت. به این صورت که ابتدا مقایسات زوجی با استفاده از پرسش‌نامه خبره صورت گرفت و خبرگان با مقایسه برتری دو به دو معیارها به هر یک در مقیاس ۱ تا ۹ امتیاز دادند و سپس بر اساس امتیازات داده شده ماتریس مقایسات زوجی معیارها مطابق جدول ۳ تشکیل شد.

جدول ۳. ماتریس مقایسات زوجی معیارها

معیارها	درآمد	منافع اجتماعی	سودمندی	سطح ریسک	هزینه
درآمد	۱	۳	۳	۱	$\frac{۱}{۲}$
منافع اجتماعی	$\frac{۱}{۳}$	۱	۲	۲	$\frac{۱}{۲}$
سودمندی	$\frac{۱}{۳}$	۲	۱	۲	$\frac{۱}{۲}$
سطح ریسک	۱	۲	$\frac{۱}{۲}$	۱	$\frac{۱}{۲}$
هزینه	۲	۲	۲	۲	۱
جمع	٤/٦٦	۱۰	۸/۵	۸	۳

پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی، وزن هر یک از معیارها به دست آمد و با توجه به وزن‌ها، معیارها رتبه‌بندی شدند که در جدول٤ وزن و رتبه هر معیار مشخص شده است. طبق جدول ۵ کل هزینه پروژه بیشترین وزن و اهمیت را از نظر خبرگان دارد و بنابراین به دنبال پروژه‌ای خواهند بود که کمترین هزینه را داشته باشد، پس از آن درآمد پروژه در رتبه دوم قرار دارد که به معنی با اهمیت بودن میزان درآمد هر پروژه حمل‌ونقل هوشمند است. سودمندی به معنی کاربردپذیر بودن هر پروژه و میزان مفید بودن آن رتبه سوم و سطح ریسک رتبه چهارم را به خود اختصاص دادند و در نهایت منفعت اجتماعی پروژه کمترین وزن و در رتبه آخر از نظر خبرگان قرار دارد. جدول ۵ معیارها نشان می‌دهد. همچنین مقدار نرخ ناسازگاری ۰/۰۷٦ را نشان می‌دهد و از آنجایی که از ۰/۱ کمتر است. بنابراین در مقایسات زوجی سازگاری وجود دارد.

جدول ٤. وزن‌دهی معیارها

معیارها	وزن	رتبه
درآمد پروژه	۲۵/۸ درصد	۲
منافع اجتماعی پروژه	۹/٤درصد	۵
سودمندی پروژه	۱۷/۳درصد	۳
سطح ریسک پروژه	۱۵/۹درصد	٤
هزینه پروژه	۳۱/۵درصد	۱

در مرحله بعد، پس از وزن‌دهی و رتبه‌بندی معیارها، پرسش‌نامه‌ای در مقیاس ۱ تا ۱۰ در اختیار ۱۷ نفر از خبرگان قرار گرفت تا به هر یک از ۱۹ پروژه شهر هوشمند بر اساس ۵ معیار ذکر شده امتیاز دهند و به هر یک عددی اختصاص دهند. امتیازدهی نیز بدین گونه بوده است که به‌عنوان مثال پروژه‌ای که از نظر خبرگان بیشترین هزینه را دارا بوده کمترین امتیاز را در بازه ۱ تا ۱۰ گرفته و همچنین پروژه‌ای که بیشترین منفعت اجتماعی را شامل بوده است، بیشترین امتیاز را در بازه ۱ تا ۱۰ گرفته است. پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها، امتیازدهی ۱۹ پروژه حمل‌ونقل هوشمند بر اساس ۵ معیار وزن‌دهی شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند، به این صورت که میانگین پروژه‌ها بر اساس ۵ معیار تعیین گردید و با توجه به میزان وزن هر یک از ۵ معیار که در مرحله قبل محاسبه شد، از مجموع ضرب میانگین هر پروژه و وزن معیارها، میانگین وزنی هر پروژه به دست آمد و بر این اساس وزن نهایی هر پروژه محاسبه شده و پروژه‌ها اولویت‌بندی شدند.

جدول ۵ میانگین وزنی و رتبه پروژه‌های حمل‌ونقل هوشمند را نشان می‌دهد، از نظر خبرگان معیار منافع اجتماعی پروژه مهم‌ترین معیار شناخته شده است و پس از آن هزینه پروژه‌ها قرار دارد، اما سطح ریسک پروژه‌ها کمترین امتیاز را در میان معیارها دارد. از طرفی دیگر بیشترین میانگین وزنی (٦/۷۷۷) برای پروژه اتصال داده‌های وسایل نقلیه عمومی به نرم افزارهای کاربران می‌باشد و در نتیجه می‌تواند به عنوان اولویت پروژه‌های حمل‌ونقل مبتنی بر نسل پنجم در نظر گرفته شود. همچنین اتصال پلیس، اورژانس و ... به اطلاعات خودروها در رتبه دوم اولویت‌های پروژه‌های حمل‌ونقل هوشمند با میانگین وزنی ٦/۷٤۲ قرار دارد. سومین پروژه‌ای که از نظر خبرگان لازم است مورد توجه قرار گیرد پروژه‌ی مربوط به اتصال خودروها به چراغ راهنمایی و رانندگی با میانگین وزنی ٤/٤۹۷ است. پروژه ایجاد پایگاه داده برای وسایل نقلیه عمومی نیز با میانگین وزنی٦/۲٦۷ در رتبه چهارم اهمیت قرار دارد.

جدول ۵. میانگین وزنی و رتبه پروژه‌های حمل‌ونقل هوشمند

		درآمد	منافع اجتماعی	سودمندی	ریسک	هزینه	میانگین وزنی	رتبه
۱	مجازی سازی شبکه ارتباطی کاربران و سیستم‌های خودرو	۷	٤	٥	٤	٦	٥/٥٧٣	۹
۲	تقویت ارتباط فوری خودرو به مجموعه اطلاعات خودرو	٤	۳	٦	۷	۷	٥/٦۷	۷
۳	ایجاد سرویس‌های جابجایی متصل، مشارکتی و خودکار	٥	۲	٥	٥	٦	٥/۰۲۸	۱۲
٤	یکپارچه کردن اطلاعات خودروها در لحظه	٤	۳	٥	٦	۸	٥/٦٥۳	۸
٥	ایجاد حسگرهای گسترده	۳	۲	٤	۲	٤	۳/۲۳۲	۱٥
٦	ایجاد سیستم هشدار ترافیک با استفاده از موقعیت‌یابی خودکار	٦	٦	٦	٥	٥	٥/٥۲	۱۰
۷	ایجاد سرویس هشدار تصادف و عبور عابر پیاده	۳	۸	٥	۲	٤	۳/۹٦۹	۱٤
۸	ایجاد سرویس هوشمند عبور ایمن	٦	۷	٦	۳	٤	٤/۹۸۱	۱۳
۹	ایجاد فناوری تشخیص خلق و خوی راننده با حسگرهای داخلی	۳	٦	۳	۲	۲	۲/۸۰٥	۱٦
۱۰	رانندگی خودکار و از راه دور	۸	٥	۷	۲	٤	٥/۳۲۳	۱۱
۱۱	اتصال خودروها به چراغ راهنمایی و رانندگی	٦	۸	٦	٦	۷	٤/٤۹۷	۳
۱۲	اتصال پلیس، اورژانس و ... به اطلاعات خوردوها	٥	۱۰	٦	٦	۸	٦/۷٤۲	۲
۱۳	توسعه فناوری تشخیص و انتقال داده برای وسایل نقلیه عمومی	٦	۸	٦	٦	٦	٦/۱۸۲	٥
۱٤	اتصال یکپارچه وسایل نقلیه عمومی با یکدیگر	٥	۷	٦	٥	۷	٥/۹۸٦	٦
۱٥	ایجاد پایگاه داده برای وسایل نقلیه عمومی	۷	۸	٥	٦	٦	٦/۲٦۷	٤
۱٦	اتصال داده‌های وسایل نقلیه عمومی به نرم افزارهای کاربران	۸	۷	۷	٦	٦	٦/۷۷۷	۱
	میانگین	٥/۳۷٥	٥/۸۷٥	٥/٥	٤/٥٦۲	٥/٦۲٥	٥/۳۸۸	
	رتبه	٤	۱	۳	٥	۲		

٦-نتیجه‌گیری

نسل پنجم ارتباطات سیار بی‌سیم، سناریوی فعلی در ارتباطات را با غلبه بر معایب نسل چهارم به چالش کشیده است. چنین فناوری جدیدی به حمل‌ونقل هوشمند راه جدیدی را برای یکپارچه شدن کامل با اجازه دادن به اتصالات همزمان گسترده و فراگیر شدن شبکه، حتی در شرایط تحرک بالا با ایمنی بیشتر ارایه می‌دهد. به این ترتیب، نسل پنجم ارتباطات سیار بی‌سیم، به یک عامل کلیدی برای توسعه و مدیریت حمل‌ونقل هوشمند با ارایه پروژه‌های مبتنی بر اتصالات و شبکه مربوط به آن در سراسر جهان تبدیل خواهد شد. گسترش این فناوری و لزوم به‌کارگیری آن باعث شد تا این پژوهش به بررسی کاربردهای اتصالات نسل پنجم در حمل‌ونقل هوشمند بپردازد تا در شناسایی پروژه‌های مبتنی بر این فناوری جدید کمک کند. در این پژوهش ابتدا مقالات گذشته در زمینه کاربرد نسل پنجم ارتباطات سیار بی‌سیم نسل پنجم در حمل‌ونقل هوشمند مورد بررسی قرار گرفت و پس از شناسایی پروژه‌هایی که می‌توان در حمل‌ونقل هوشمند اجرا کرد، با مصاحبه با خبرگان فناوری اطلاعات و حمل‌ونقل شهری در نهایت تعداد ١٦ پروژه قابل اجرا استخراج گردید. برای اولویت‌بندی این پروژه‌ها در درجه اول نیاز به شناسایی تعدادی معیار بود بنابراین پس از شناسایی ۵ معیار اصلی شامل "درآمد پروژه"، "منافع اجتماعی پروژه"، "سودمندی پروژه"، "سطح ریسک پروژه"، "کل هزینه پروژه" همانطور که پژوهش بولات و همکاران (٢٠١٤) از این معیارها در جهت اولویت‌بندی پروژه‌ها در مقاله خود استفاده کرده است، با روش سلسله مراتبی این معیارها وزن‌دهی شدند که این کار با استفاده از پرسش‌نامه خبره که توسط ۱۷ نفر از خبرگان فناوری و مدیریت تکمیل گردید، صورت گرفت و سپس با استفاده از پرسش‌نامه دیگری که خبرگان با توجه به ۵ معیار اصلی، ١٦ پروژه شناسایی شده را در مقیاس ۱ تا ۱۰ امتیازدهی کردند، وزن پروژه‌ها بر اساس ۵ معیار به دست آمد. سپس با استفاده از مجموع ضرب وزن‌های معیارها و میانگین هر یک از پروژه‌ها وزن نهایی هر پروژه تعیین شد به این ترتیب با توجه به میزان وزن هر پروژه، پروژه‌ها رتبه‌بندی شدند. با توجه به اینکه رتبه‌بندی پروژه‌ها با اعمال وزن‌های ۵ معیار ذکر شده انجام شده است. و با توجه به اینکه رتبه‌بندی این معیارها از دید خبرگان به این شکل بوده است: ۱- منفعت اجتماعی، ۲- هزینه پروژه، ۳- سود پروژه ٤-درآمد پروژه و ٥- سطح ریسک پروژه لذا ترتیب پروژه‌ها به این شکل است که بیشترین منفعت اجتماعی و کمترین هزینه را داشته باشند، اما میزان حداقل ریسک و درآمد پروژه در درجه آخر قرار دارد.

با توجه به نتایج پژوهش و میانگین وزنی هر یک از پروژه‌ها، اولین پروژه‌ای که بهتر است به آن توجه شود، اتصال داده‌های وسایل نقلیه عمومی به کاربران است. رویکرد V2P (اتصال وسایل نقلیه به افراد) مجموعه وسیعی از کاربران جاده‌ای را در بر می‌گیرد، از جمله افرادی که راه می‌روند، کودکانی که در کالسکه‌ها رانده می‌شوند، افرادی که از ویلچر یا سایر وسایل حرکتی استفاده می‌کنند، مسافران در حال سوار و پیاده‌شده از اتوبوس و قطار و افرادی که دوچرخه‌سواری می‌کنند. نرخ شتابان شهرنشینی باعث افزایش روزافزون وسایل نقلیه شده است که به نوبه خود باعث تأخیر جدی در سفرهای روزانه مردم می‌شود. استفاده کنندگان از وسایل حمل‌ونقل عمومی، به ویژه مسافران اتوبوس، بیشترین آسیب را به دلیل عدم اطلاع از وسایل حمل و نقل و شرایط ترافیکی متحمل شده‌اند. این باعث ایجاد اضطراب و عدم اطمینان در مورد سفر، به ویژه در مناطق شهری می‌شود. در این راستا، سیستم‌های اطلاعات کاربر با در نظر گرفتن زمینه مسافر و ترافیک، هدفشان ارایه اطلاعات دقیق است. از این رو، پشتیبانی بهتر از تصمیمات کاربران و افزایش اعتماد کاربران به قابلیت اطمینان وسیله حمل و نقل امکان پذیر است. اطلاعات ترافیک و مسافران نقش فزاینده‌ای در مدیریت ترافیک دارند و مسافران را توانمند می‌کنند. اگر رانندگان خودرو بتوانند رفت‌وآمدهای خود را از طریق برنامه‌های گوشی‌های هوشمند با اطلاعات بی‌درنگ درباره زمان‌بندی‌ها و تأخیرها مدیریت کنند، می‌توانند باعث کنترل تصادفات و راحتی عابران و کاربران شوند. بنابراین فناوری تلفن همراه و رسانه‌های اجتماعی می‌توانند تجربه مسافران را بهبود بخشند و به اپراتور حمل‌ونقل کمک کنند. درواقع می‌توان از تلفن‌های هوشمند رانندگان به عنوان حسگرهای ترافیکی و برای ارائه اطلاعات شخصی ترافیک در زمان واقعی استفاده کرد. در نتیجه اثرات هم افزایی اعمال می‌شود و کارایی حمل و نقل را بهبود می‌بخشد.

دومین پروژه‌ی حمل‌ونقل مبتنی بر اینترنت نسل پنجم شناخته شده در این پژوهش اتصال پلیس، اورژانس و ... به خوردوها است. با تلاش برای کارایی بیشتر، ایمنی و تحرک، سیستم‌های مخابراتی بلادرنگ در حال توسعه هستند که می‌توانند در خودروهای پلیس و وسایل نقلیه اضطراری نصب شوند. با استفاده از فناوری جدید نسل پنجم امکان برقراری ارتباط ثابت و مطمئن با استفاده از فناوری‌های ارتباطی خودروهای کنار جاده‌ای (مانند LTE، ماهواره، وای فای، وای مکس و ...) با سرعت و پهنای باند مناسب برقرار می‌شود به این ترتیب امکان پوشش تمامی خودروها توسط پلیس و اورژانس حتی در سراسر جنگل، کوه، مناطق روستایی، دریا و ... امکان‌پذیر خواهد شد. همچنین در حین تصادفات جاده‌ای

امکان دسترسی هم‌زمان به داده‌ها، مانند دسترسی به سوابق پزشکی بیماران، سوابق پلیس یا هر نوع گزارش مرتبط دیگری را از هر مکانی فراهم می‌کند. امکان هماهنگی مشاوره آنلاین با سایر متخصصان و همچنین امکان برقراری تماس تصویری نیز برقرار خواهد شد. همچنین به دفاتر مختلف امکان می‌دهد مکان دقیق وسایل نقلیه، وضعیت ترافیک در زمان واقعی و بهترین مسیرها را برای رسیدن به محل حادثه بیابند که به بیمارستان زمان کافی بدهد تا برای ورود بیمار آماده شود یا تصمیم بگیرد که کدام وسیله نقلیه در بهترین موقعیت برای پاسخگویی قرار دارد. سومین پروژه‌ی حمل‌ونقل مبتنی بر اینترنت نسل پنجم شناخته شده در این پژوهش اتصال خودروها به چراغ راهنمایی و رانندگی است. همانطور که گوارا و آئوت (۲۰۲۰) بیان کرده است درصد بالایی از تراکم ترافیک توسط تقاطع‌ها ایجاد می‌شود. در واقع چراغ‌های راهنمایی و رانندگی به دلیل ماهیت ایستا ناکارآمد هستند. چراغ‌ها از قبل برنامه‌ریزی شده‌اند تا برای فواصل ثابت سبز یا قرمز باقی بمانند، صرف نظر از اینکه چه مقدار جریان ترافیک از هر جهت می‌آید. با استفاده از باید سیگنال‌های ترافیکی هوشمندی وجود داشته باشد که شامل عملکردهای پویا باشد که ترافیک را در زمان واقعی اندازه‌گیری می‌کنند و به طور مداوم در طول روز بر اساس حجم خودرو تنظیم می‌شوند. علاوه بر این، به رانندگان کمک می‌کند تا با سرعت بیشتری به مقصد برسند و زمان خود را در ترافیک هدر ندهند و آلودگی را در این فرایند کاهش دهند.

پروژه‌های بعدی که نیاز است به آنها توجه شود پروژه‌های مربوط به جمع‌آوری و انتقال و یکپارچه‌سازی داده‌های وسایل نقلیه عمومی است. با ادامه رشد جمعیت شهری، دیجیتالی شدن و فناوری‌های جدید نقش بسیار مهمی در کارآمدتر و پایدارتر کردن آن‌ها خواهند داشت. وسایل نقلیه متصل به نسل پنجم و خودکار از انرژی‌های تجدید پذیر تغذیه می‌شوند و از راه دور مدیریت می‌شوند تا برنامه‌ریزی مسیر و جریان ترافیک را بهبود بخشند، هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهند، سطح آلودگی را کاهش دهند و به ساکنان شهری خدمات قابل اعتمادی ارایه دهند. جریان ترافیک را می‌توان در مراکز شلوغ شهر با شبکه نسل پنجم قوی و قابل اعتماد به میزان قابل توجهی کاهش داد. سیگنال‌های ترافیکی بر اساس الگوهای بلادرنگ و وضعیت فعلی که توسط دوربین‌ها و حسگرها نظارت می‌شوند، تغییر می‌کنند. این تفاوت در ساعات شلوغی بیشتر احساس می‌شود که به نوبه خود حمل و نقل عمومی را به انتخاب جذاب‌تری برای شهروندان تبدیل می‌کند. با برجسته‌تر شدن نسل پنجم فناوری برنامه‌ریزی مسیر، به‌ویژه برای اتوبوس‌ها و قطارها می‌تواند تا حد زیادی افزایش یابد و به مسافران اعتماد بیشتری به قابلیت اطمینان حمل‌ونقل انتخابی‌شان بدهد. برای مثال، کاهش زمان انتظار گسترده‌تر و به‌روزرسانی‌های بی‌درنگ، سیستم‌های حمل‌ونقل شهری را کارآمدتر و برای مسافران روزمره آسان‌تر می‌کند. وقتی ویژگی‌های نسل پنجم با هم ترکیب شوند، جریان‌های اطلاعاتی در زمان واقعی خدمات حمل‌ونقل عمومی «بر اساس تقاضا» را فعال می‌کنند. مسافران از طریق اپلیکیشن موبایل خود اطلاع می‌دهند که می‌خواهند از کجا و به کجا بروند. سپس شبکه‌ای از وسایل نقلیه خودران در مسیرهای ایجاد شده به صورت پویا دنبال می‌کند تا مسافران را در مؤثرترین مسیر به مقصد برساند. یکی دیگر از مهم‌ترین پروژه‌های شناسایی شده اتصال و انتقال داده‌های خودرو با خودرو است. وسایل نقلیه را قادر می‌سازد تا به صورت بی سیم اطلاعات مربوط به سرعت، موقعیت و مسیر خود را مبادله کنند. فناوری پشت ارتباط V2V به وسایل نقلیه اجازه می‌دهد تا پیام‌های همه جهته را پخش و دریافت کنند و یک آگاهی ۳۶۰ درجه از سایر وسایل نقلیه در مجاورت خود ایجاد کنند. وسایل نقلیه مجهز به نرم افزار یا برنامه‌های کاربردی ایمنی مناسب می‌توانند از پیام‌های وسایل نقلیه اطراف برای تعیین خطرات احتمالی تصادف هنگام توسعه استفاده کنند. سپس این فناوری می‌تواند از هشدارهای دیداری، لمسی و شنیداری برای هشدار به رانندگان استفاده کند. این هشدارها به رانندگان این امکان را می‌دهد که برای جلوگیری از تصادف اقدام کنند.

رانندگی از راه دور و یا خودکار خودروها نیز از پروژه‌های شناسایی شده در این پروژه است که به اپراتور انسانی یا راننده راه دور اجازه می‌دهد تا از راه دور یک وسیله نقلیه را از طریق ارتباطات با استفاده از یک برنامه کاربردی مبتنی بر ابر کنترل کند. برخی افراد که گواهینامه یا توانایی رانندگی ندارند می‌توانند از رانندگی از راه دور بهره‌مند شوند. علاوه بر این، جابه‌جایی کامیون‌ها از یک مکان به مکان دیگر، تحویل خودروهای کرایه‌ای به مشتریان، و ارایه خدمات تاکسی از راه دور نمونه‌هایی از موقعیت‌هایی هستند که ممکن است نیاز به کنترل وسایل نقلیه خود از راه دور داشته باشند. حمل و نقل عمومی مبتنی بر ابر نیز برای خدماتی با مسیرها و توقف‌های از پیش تعریف شده مناسب است. رانندگی از راه دور به دلیل نیازهای فنی کمتر (مانند سنسورهای داخل خودرو و نیازهای محاسباتی کمتر برای الگوریتم‌های پیچیده) پتانسیل کاهش هزینه رانندگی کاملاً مستقل را برای موارد استفاده خاص دارد.

به این ترتیب در عصر نسل پنجم فناوری شبکه خودرو می‌تواند کمبودهای فناوری سنتی را تکمیل کند، عملکرد خودروها را بهبود بخشد، توسعه صنعت خودرو و صنعت حمل‌ونقل را ارتقا بخشد و به هدف نهایی عصرنسل پنجم

دست یابد که از طریق کاربرد جامع فناوری اطلاعات، سنجش الکترونیکی، ناوبری و موقعیت‌یابی ماهواره‌ای، کنترل الکترونیکی، پردازش کامپیوتری و مهندسی ترافیک، سیستم اینترنت وسایل نقلیه می‌تواند تحقق بخشد. یک پروژه سیستمی که به طور گسترده مردم، اتومبیل‌ها و جاده‌ها را به هم متصل می‌کند، در نتیجه اثرات هم افزایی اعمال می‌شود و کارایی حمل و نقل را بهبود می‌بخشد. تضمین ایمنی ترافیک و بهبود بهره‌وری انرژی را نیز به همراه خواهد داشت. نسل پنجم با پشتیبانی قوی از اتصال شبکه و ضمانت تأخیر کم، در حوزه خودروی متصل ارتفاعات جدیدی را باز خواهد کرد. در مرحله اولیه توسعه نسل پنجم، فناوری‌ها می‌توانند عملکردهای هشدار اولیه ایمنی، کارایی مدیریت خودرو به خودرو و رانندگی مستقل جزئی را اعمال کنند. پس از پوشش نسل پنجم در مقیاس بزرگ، تحقق عملکردهایی مانند کنترل مشارکتی وسیله نقلیه-جاده، رانندگی پیشرفته یا کاملاً اتوماتیک را ارتقاء می‌دهد. همچنین با بهینه سازی مسیرها، کاهش ازدحام، بهبود عملکرد خودرو و راننده و ارتقای مدیریت بهتر سیستم حمل و نقل به کاهش اتلاف وقت و انرژی کمک می‌کند. از نظر پایداری، بهینه سازی سیستم حمل و نقل منجر به صرفه جویی در انرژی، کاهش سطح آلودگی و کاهش اثرات زیست محیطی می شود.

محدودیت‌ها و پیشنهادات

با توجه به ظهور نسل پنجم الزامات رانندگی هوشمند در تأخیر شبکه و ترافیک داده بسیار افزایش یافته است. اما زیرساخت سلولی کنونی برای تضمین نرخ دسترسی وسایل نقلیه در شبکه‌های متراکم خودرو به دلیل پهنای باند محدود دشوار است. لذا لزوم به‌کارگیری فناوری‌های جدید در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند بیش از پیش مورد توجه خواهد بود. حمل و نقل هوشمند که در آن وسایل نقلیه قادر به اتصال به شبکه برای به اشتراک‌گذاری اطلاعات محیط خود هستند، موضوعی است که تأثیر زیادی در برنامه‌ریزی هوشمند دارد. در واقع، برای توسعه اقتصادی مدرن برای بهبود سیستم مدیریت حمل و نقل و ارتقای پایداری حیاتی است. بهینه سازی سیستم حمل و نقل منجر به کاهش اثرات زیست محیطی و صرفه‌جویی در انرژی و همچنین کاهش زمان و هزینه خواهد شد. علی‌رغم تمام مزایای بزرگی که نشان‌دهنده ظهور عصر نسل پنجم و اینترنت اشیا است، هنوز مشکلاتی در زمینه فناوری مانند حل مشکلات پهنای باند مورد و یا عدم تأمین هزینه مورد نیاز برای دسترسی به این فناوری وجود دارد. با این حال، مشکلات اجتماعی و اخلاقی نیز در ارتباط با گنجاندن خدمات جدید وجود دارد که جذب آن برای مردم آسان نخواهد بود، زیرا در مورد وسایل نقلیه خودران در داخل شهر و امکان دسترسی کامل به اطلاعات شخصی کاربران وجود دارد. با توجه به این واقعیت که تمام داده‌های ما در فضای ابری به اشتراک گذاشته می‌شود. از طرفی مدیران برای استقرار این فناوری نوظهور در جهت ایجاد بستر لازم برای حمل‌ونقل هوشمند نیاز به تحلیل داده گسترده و ایجاد کلان‌داده‌های مرتبط با سیستم‌های حمل‌ونقل شهری دارند. لذا نیاز به تعریف و انجام پروژه‌ها و پژوهش‌های گسترده‌ای گسترده‌ای دارد. با این وجود این پژوهش با توجه به اینکه توانسته است برخی از مهم‌ترین پروژه‌های حمل‌ونقل هوشمند را شناسایی و اولویت‌بندی کند، می‌تواند گامی در جهت استقرار فناوری نسل پنجم در جهت حمل‌ونقل هوشمند بردارد چرا که مدیران در جهت تصمیم‌گیری در محیط‌های پیچیده با مشکلاتی مواجه هستند.

۷-مراجع

-Al-Harbi, K. M. A. S., (2001), "Application of the AHP in project management", International Journal of project management, 19(1), pp.19-27.

-Ashraf, S. A., Blasco, R., Do, H., Fodor, G., Zhang, C., & Sun, W., (2020), "Supporting vehicle-to-everything services by 5G new radio release-16 systems", IEEE Communications Standards Magazine, 4(1), pp.26-32.

-Attaran, M., (2021), "The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization", Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, pp.1-17.

-Bolat, B., Çebi, F., Temur, G. T., & Otay, I. (2014), "A fuzzy integrated approach for project selection. Journal of enterprise information management".

-Cao, H., Gangakhedkar, S., Ali, A. R., Gharba, M., & Eichinger, J., (2016), "A 5G V2X testbed for cooperative automated driving", In 2016 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC) IEEE, pp. 1-4.

-Chen, S., Hu, J., Shi, Y., Peng, Y., Fang, J., Zhao, R., & Zhao, L., (2017), "Vehicle-to-everything (V2X) services supported by LTE-based systems and 5G", IEEE Communications Standards Magazine, 1(2), pp.70-76.

-Chen, X., Ding, J., & Lai, H., (2019), "5G Oriented Optical Communications in Highspeed Trains: A Review", In 2019 28th Wireless and Optical Communications Conference (WOCC), IEEE, pp. 1-5.

Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData), IEEE, pp. 445-448.
-Kousaridas, A., Fallgren, M., Fischer, E., Moscatelli, F., Vilalta, R., Mühleisen, M., & Alonso-Zarate, J., (2021), "5G Vehicle-to-Everything Services in Cross-Border Environments: Standardization and Challenges. IEEE Communications Standards Magazine", 5(1), pp.22-30.
-Manale, B., & Mazri, T., (2020), "5G, Vehicle to Everything Communication: Opportunities, Constraints and Future Directions", Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal .5(6), pp.1089-1095.
-Park, A., Jabagi, N., & Kietzmann, J., (2021), "The truth about 5G: It's not (only) about downloading movies faster!", Business Horizons, 64(1), pp.19-28.
-Penmetsa, P., Adanu, E. K., Wood, D., Wang, T., & Jones, S. L., (2019), "Perceptions and expectations of autonomous vehicles–A snapshot of vulnerable road user opinion", Technological Forecasting and Social Change, 143, pp.9-13.
-Saaty, T. L., (2008), "Decision making with the analytic hierarchy process", International journal of services sciences, 1(1), pp.83-98
-Sahin, T., Klugel, M., Zhou, C., & Kellerer, W., (2018), "Virtual cells for 5G V2X communications", IEEE Communications Standards Magazine, 2(1), pp.22-28.
-Selvanesan, S., Thomas, R. R., Fehrenbach, T., Wirth, T., & Hellge, C., (2018), "Towards advanced V2X multimedia services for 5G networks", In 2018 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), pp. 1-6.
Skeete, J. P. (2018). Level 5 autonomy: The new face of disruption in road transport. Technological Forecasting and Social Change, 134, IEEE, pp.22-34.
-Vahidi, V., (2021), "High speed trains communication systems in 5G cellular networks", Digital Signal Processing, 115, 103075.
-Zhang, W., & Xi, X., (2016), "The innovation and development of Internet of Vehicles", China communications, 13(5), pp.122-127.
-El Banna, R., ELAttar, H. M., & Aboul-Dahab, M., (2020), "Handover scheme for 5G communications on high speed trains", In 2020 Fifth International Conference on Fog and Mobile Edge Computing (FMEC), pp. 143-149.
-Gai, R., Du, X., Ma, S., Chen, N., & Gao, S., (2021), "A Summary of 5G applications and prosprcts of 5G in the Internet of Things", In 2021 IEEE 2nd International Conference on Big Data, Artificial Intelligence and Internet of Things Engineering (ICBAIE), IEEE, pp. 858-863.
-Gohar, A., & Nencioni, G., (2021), "The role of 5G technologies in a smart city: The case for intelligent transportation system", Sustainability, 13(9), 5188.
-Guevara, L., & Auat Cheein, F., (2020), "The role of 5G technologies: Challenges in smart cities and intelligent transportation systems", Sustainability, 12(16), 6469.
-Handte, M., Foell, S., Wagner, S., Kortuem, G., & Marrón, P. J., (2016), "An internet-of-things enabled connected navigation system for urban bus riders", IEEE internet of things journal, 3(5), pp.735-744.
-Hasegawa, F., Taira, A., Noh, G., Hui, B., Nishimoto, H., Okazaki, A. & Kim, I., (2018), "High-speed train communications standardization in 3GPP 5G NR. IEEE Communications Standards Magazine", 2(1), pp.44-52.
-Husain, S. S., Kunz, A., Prasad, A., Pateromichelakis, E., & Samdanis, K., (2019), "Ultra-high reliable 5G V2X communications", IEEE Communications Standards Magazine, 3(2), pp.46-52.
-Husain, S., Kunz, A., Prasad, A., Pateromichelakis, E., Samdanis, K., & Song, J., (2018), "The road to 5G V2X: Ultra-high reliable communications", In 2018 IEEE conference on standards for communications and networking (CSCN), IEEE, pp. 1-6.
-Kombate, D., (2016), "The Internet of vehicles based on 5G communications", In 2016 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social

Identifying and Prioritizing Intelligent Transportation Projects in the Field of Fifth-Generation Wireless Mobile Communications (5G)

Mehdi Fasanghari, Assistant Professor, Strategic Studies and Digital Economics Center, ICT Research Institute (Iran Telecommunication Research Center (ITRC)), Tehran, Iran.

Mohammad Asarian, Ph.D., Student, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran.

E-mail: fasanghari@itrc.ac.ir

Received: March 2023- Accepted: August 2023

ABSTRACT

The fifth-generation wireless mobile communications (5G) is emerging and has not yet been fully implemented. However, the implementation of various 5G applications can be expected to improve existing services and provide new and more innovative services in the coming years. One of its primary uses is in intelligent transportation to establish communication and information transfer between Vehicle-to-Vehicle (V2V), Vehicle-to-Infrastructure (V2I), Vehicle-to-Pedestrian (V2P), and Vehicle-to-Network (V2N), which has many benefits such as improving safety and reducing traffic congestion. It also provides fuel consumption and environmental impact. Therefore, connecting the Vehicle to everything (V2X) with the 5G approach as a new communication field needs more attention and focus. To achieve safe road safety and activate vital communication services, it has a variety of uses that should be considered. Therefore, this article, emphasizing the 5G and identifying 5G-based intelligent transportation projects, aims to prioritize these projects using the analysis hierarchical process (AHP). Therefore, after collecting the relevant questionnaires and analyzing the data, the three projects of connecting public vehicle data to user software, connecting police, emergency, etc., to vehicle information, and connecting vehicle status to traffic lights were prioritized. Managers need to pay attention to them when deciding on intelligent transportation projects.

Keywords: Fifth Generation Wireless Mobile Communications (5G), Intelligent Transportation System (ITS), Technology