نشریه علمی مطالعات مدیریت کسب و کار هوشمند- سال نهم ـ شماره ۳۴ـ زمستان ۱۳۹۹
مقاله پژوهشی/ صفحات ۳۴۴-۳۰۳
10.22054/IMS.2021.47274.1610

سناریوهایی برای کنترل و پایش هوشمند وسایل نقلیه با استفاده از اینترنت اشیاء

محمد برادران *
عباس طلوعی اشلقی **
محمدعلی افشار کاظمی ***
محمدرضا معتدل ****

چکیده

حمل‌ونقل هوشمند به‌عنوان یک ضرورت و راه‌حل انکارناپذیر در شهرهای پرترافیک امروزی مطرح است. در این پژوهش، شش سناریو مبتنی بر حمل‌ونقل هوشمند طراحی و پیاده‌سازی گردید. در سناریو اول؛ فرآیند پایش و کنترل سرعت خودرو تحلیل و پیاده‌سازی گردید. در سناریو دوم و سوم؛ فرآیندهای پایش خودروها در ورود و تردد در محدوده‌های طرح ترافیک و زوج و فرد تحلیل و پیاده‌سازی گردید. در سناریو چهارم؛ فرآیند پایش خودروها در هنگام نقص فنی خودرو و اطلاع‌رسانی هوشمند سیستم امداد خودرو طراحی و پیاده‌سازی شد. در سناریو پنجم؛ سیستم امدادرسانی در حوادث و تصادفات و اطلاع‌رسانی هوشمند به مرکز اورژانس طراحی و پیاده‌سازی گردید و در سناریو ششم؛ سیستم هوشمند پایش خودرو و اطلاع‌رسانی و ارسال پیام به مالک و نیروی انتظامی، در حین و پس از سرقت خودرو در جهت پیشگیری و مکان‌یابی خودرو مسروقه طراحی و پیاده‌سازی شد. فرآیند ارسال پیام به‌صورت پوشش کامل در محدوده شهر هوشمند به نحوی پیاده‌سازی گردیده که در صورت لزوم علاوه بر مرکز، کلیه خودروهای موجود در فرآیند حمل‌ونقل هوشمند پیام را دریافت نمایند. جهت انجام فرآیند پیاده‌سازی از یک نقطه دسترسی که وظیفه‌اش ارسال پیام است استفاده شد. اولین چالش این پژوهش، انتخاب گره‌های ثابت هدف بود که با استفاده از الگوریتم برنامه‌ریزی آرمانی رتبه‌بندی شده فازی، طراحی و پیاده‌سازی گردید. پس از حل چالش اول، با توجه به مشکل برد ارتباطی در شبکه خودرویی چالش مسیریابی پیام از نقطه دسترسی به گره ثابت هدف مطرح شد که با استفاده از روش الگوریتم Dijkstra برطرف شد. پس از شبیه‌سازی، نتایج به‌دست‌آمده با الگوریتم eTGMD ازنظر پارامترهای نرخ تحویل پیام، تأخیر تحویل، تعداد مخابره‌های بسته مصرفی و تعداد گره‌های هدف ثابت مقایسه شد. نتایج الگوریتم پیشنهادی، بهبود مناسب و بهینه‌ای را نسبت به الگوریتم eTGMD نشان داد.

کلیدواژگان: حمل‌ونقل هوشمند، شبکه خودرویی، ارسال پیام، اینترنت، الگوریتم برنامه‌ریزی آرمانی، شبکه عصبی.

---

* دانشجوی دکتری (دانشگاه آزاد اسلامی)، کارشناس فناوری اطلاعات وزارت ورزش و جوانان.(نویسنده مسئول)، تهران، ایران.info.baradaran@gmail.com

** عضو هیئت‌علمی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران.

*** عضو هیئت‌علمی، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد الکترونیک، تهران، ایران.

**** عضو هیئت علمی، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۶ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۱۲/۱۹**

مقدمه

شبکه‌های بین خودرویی زیرمجموعه‌ای از شبکه‌های سیار موردی[1] هستند که در آن گره‌ها، عمدتاً خودروها می‌باشند. به‌این‌ترتیب، این نوع از شبکه‌ها با گره‌های بسیار زیادی که دائماً در حال حرکت هستند و در جاده‌ها و مناطق شهری مختلف پراکنده شده‌اند سروکار دارند. شبکه‌های موردی بین خودرویی با استفاده از امواج رادیویی انواع ارتباط‌های خودرو به خودرو و خودرو به زیرساخت را ایجاد می‌کند. خودروها به‌صورت کاملاً خودمختار با یکدیگر ارتباط برقرار کرده و یک شبکه غیر ساختارمند بی سیم ایجاد می‌کنند. با توجه به اینکه سیستم اطلاعات ترافیکی[2] از بخش‌های کلیدی و مهم شبکه خودرویی است، یکی از چالش‌های قابل‌حل در شهر هوشمند مدیریت ترافیک است. قطعاً بدون اینکه از سیستم اطلاعات ترافیکی شهر باخبر باشیم نمی‌توانیم این چالش را حل کنیم. همچنین ارائه سیستم‌های امدادی از جمله امداد خودرو و اورژانس نیز می‌تواند مؤثر واقع گردد. یکی دیگر از موارد مهم ردیابی و پیدا کردن خودرو به سرقت رفته است که این چالش نیز در این پژوهش پیاده‌سازی می‌گردد. هرساله بر تعداد خودروها در جاده‌های کشور و بخصوص شهرهای بزرگ

1. Mobile Ad-hoc Network
2. Traffic Information System

افزوده می‌شود و با توجه به تولید روزافزون و افسارگسیخته خودرو، انتظار می‌رود این افزونگی در آینده نیز ادامه یافته و حتی بیشتر شود.

افزایش تعداد وسائط نقلیه در شهرها که بستگی به عوامل متعددی نظیر رشد جمعیت، اوضاع اجتماعی و اقتصادی، تحولات فرهنگی و چگونگی بهره‌وری از زمین، مهاجرت‌ها از شهرهای کوچک به شهرهای بزرگ و توسعه شهرنشینی دارد، مسائل و چالش‌هایی را به وجود می‌آورد که هم‌اکنون بسیاری از کلان‌شهرهای ایران با آن روبرو هستند. با وجود آنکه هرساله میلیاردها ریال صرف ایجاد راه‌ها و تأسیسات جدید می‌شود، تراکـــم ترافیک در خیابان‌ها، روزبه‌روز افزایش می‌یابد و امروزه در بیشتر شهرهای بزرگ و حتی متوسط، میزان تراکم ترافیک، بخصوص در ساعات اوج به حد اشباع و غیر مطلوبی رسیده است.

حل مسائل و مشکلات حمل‌ونقل شهری، مانند بیشتر مسائل و مشکلات اجتماعی، مستلزم مطالعه، برنامه‌ریزی اصولی و مداوم و بهره‌گیری از فناوری‌های به‌روز است. در بسیاری از مطالعات گذشته در زمینه پایش و کنترل حمل‌ونقل شهری که در کشور خودمان و کشورهای دیگر صورت گرفته است، تنها مسئله عمده کمبود ظرفیت خیابان‌ها و جاده‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

راه، وسیله نقلیه و انسان سه عامل مهم و اساسی هستند که سیستم حمل‌ونقل شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهند و بالطبع تغییر و دگرگونی در هرکدام موجب تأثیر شدیدی بر سیستم جاری خواهد شد. لزوماً کنترل هر یک از سه عامل بالا می‌تواند موجب کنتـــرل بهتر و برنامه‌ریزی صحیح‌تر در سیستم حمل‌ونقل شهری گردد. بر همین اساس با توجه به افزایش تعداد خودروها در راه‌ها و نیاز شدید به سیستم حمل‌ونقل جهت انتقال افراد، کالا و... و در نتیجه بروز ترافیک متراکم در راه‌ها، نیاز شدیدی به طراحی و پیاده‌سازی مدل‌ها، الگوریتم‌ها و سیستم‌های کنترلی پیشرفته جهت پایش و هدایت ترافیک در مسیرها و سیستم حمل‌ونقل احساس می‌گردد. در راستای رفع این نیاز، تاکنون سامانه‌های نرم‌افزاری و سیستم‌های کنترل و نظارتی (از قبیل دوربین‌های کنترل سرعت و کنترل محدوده طرح) بسیاری توسط مرکز حمل‌ونقل و ترافیک کشور توسعه یافته‌اند که تا حدی پاسخگوی نیازها بوده‌اند؛ اما بدیهی است با توجه به توسعه

دانش و فناوری‌های روز در حوزه فناوری اطلاعات و همچنین از دیدگاه مدیریت منابع و هزینه‌ها و همچنین مدیریت عملکرد، این سیستم‌ها در ازای پیچیدگی بالای ساختاری (شامل بخش‌های: کنترل فیزیکی، زیرساخت ارتباطی و فناوری) و همچنین حجم بالای هزینه‌های پیاده‌سازی (به علت حجم بالای تجهیزات بکار رفته) و در مقایسه میزان خروجی و عملکرد قابل‌قبول و هزینه‌های تحمیل‌شده به سازمان، (نظیر تأمین و نگهداری، تعمیرات و...) مقرون‌به‌صرفه نمی‌باشند. عمده مشکلات و نواقص مطرح در مورد روش‌های جاری پایش خودروها و کنترل ترافیک عبارت‌اند از: برخورداری از سطح نسبتاً پایین هوشمندی در سیستم‌های موجود (در راستای برخورد با شرایط و وضعیت‌های پیچیده مانند پیشگویی و تخمین بهتر و بالاخره تصمیم‌گیری هوشمندانه‌تر)، عدم مدل‌سازی مناسب و واقع‌بینانه‌تر از ابهامات متعدد موجود در پدیده ترافیک (ابهامات موجود در تعریف و یا تعیین پارامترهای ترافیکی، ابهامات موجود در مدل‌سازی رفتار خودرو، رانندگان و عابران پیاده و غیره) و عدم وجـــود ویژگی‌هایی نظیر خود یادگیری[1]، خودسازمان‌دهی[2] و... در طرح استراتژی‌های موجود کنترل

1. Self-Learning
2. self-organizing

ترافیک، با توجه به قابلیت‌های متنوع روش‌های هوشمند (شامل: هوش مصنوعی، منطق فازی و شبکه عصبی) و به‌ویژه در پوشش دهی و پاسخگویی مناسب به موارد فوق.

با توجه به کاستی‌های موجود و همچنین قابلیت‌های متنوع روش‌های هوشمند، انتظار می‌رود که مدل هوشمند پیشنهادی در این پژوهش در حوزه‌های پایش و کنترل ترافیک (شامل: تحلیل، تعبیر و پردازش داده‌های مختلف جمع‌آوری‌شده از خودروها و المان‌های ترافیکی، برخورد و مدل‌سازی مناسب پارامترها و شرایط مبهم موجود در پروسه پایش، پیش‌بینی، ایجاد سیستم‌های یادگیرنده و بالاخره هوشمند سازی سیستم) راهگشا بوده (همچنان که مطالعات پژوهشگر گواه بر این حقیقت هستند) و نتایج قابل قبولی را به دنبال داشته باشد.

مبانی نظری پژوهش

اینترنت اشیاء

اینترنت اشیاء مفهومی رایانشی است جهت توصیف آینده‌ای که در آن اشیاء فیزیکی با ساختارهای متفاوت یکی پس از دیگری به اینترنت متصل می‌شوند و با اشیاء دیگر در ارتباط هستند. اینترنت اشیاء به زبان ساده، ارتباط حس‌گرها و دستگاه‌ها با شبکه‌ای است که از طریق آن می‌توانند با یکدیگر و با کاربرانشان در تعامل باشند. فرآیند تبادل اطلاعات نیازی به تعامل کاربران با یکدیگر یا کاربر با کامپیوتر ندارد و داده‌ها به‌صورت خودکار و بر اساس تنظیمات انجام‌شده و در زمان‌های مشخص به‌صورت دائم و لحظه‌ای ارسال می‌شوند. زمانی که اشیاء با یکدیگر مرتبط هستند می‌توان از یک محیط هوشمند صحبت کرد.

اینترنت اشیا یک چارچوب برای دستگاه‌های محرک و حسگر برای ارتباط بدون نشت در محیط شهر هوشمند فراهم می‌کند و به اشتراک‌گذاری اطلاعات در سرتاسر چارچوب را به‌طوری‌که مرتب در حال راحت‌تر شدن است ممکن می‌سازد. توافقات اخیر فناوری‌های بی سیم مختلف، اینترنت اشیا را به‌عنوان فناوری انقلابی بعدی با استفاده از فرصت‌های ارائه‌شده توسط اینترنت قرار می‌دهد. اینترنت اشیا شاهد پیاده‌سازی‌های اخیر در شهر هوشمند برای توسعه سیستم‌های هوشمند مانند شبکه‌های هوشمند، خورده فروشی‌های هوشمند، خانه‌های

هوشمند، آب هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند[1]، بهداشت و درمان هوشمند و انرژی هوشمند بوده است.

معماری لایه‌ای اینترنت اشیاء

اتحادیه بین‌المللی ارتباطات یکی از مراجع جهانی در حوزه ارتباطات، به طراحی معماری اینترنت اشیاء در شکل ۱ اقدام کرده است. این معماری با لایه‌های کاربردها، پشتیبانی، شبکه‌ها و وسیله‌ها به کمک قابلیت‌های مدیریتی و امنیتی و با استفاده از کاربردهای اینترنت اشیاء به توسعه شهر هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند، ساختمان هوشمند، انرژی هوشمند کمک می‌کنند.

شکل ۱: مدل لایه‌های معماری اینترنت اشیاء

1. Intelligent Transportation Systems (ITS)

همین‌طور که در این شکل نمایان است یکی از کاربـردهای اینترنت اشـیاء حمل‌ونقل هوشمند است.

شهر هوشمند

شهر هوشمند می‌تواند به‌عنوان ابداع مناطق شهری جدید در نظر گرفته شود و تغییراتی که سبب کنترل زیرساخت‌های فیزیکی، فناوری اطلاعات، منابع اطلاعاتی و زیرساخت‌های اجتماعی برای احیای اقتصادی، همبستگی، اداره بهتر شهر و مدیریت زیرساخت‌ها شود. مفهوم و ویژگی‌های برجسته شهر هوشمند مرکزیت مردم و یا رفاه شهروندان است، همچنین در شهرهای هوشمند نگرانی‌هایی در مورد تغییرات زندگی و شغل شهروندان وجود دارد. ازنظر مفهومی شهر هوشمند اثرات متقابل بین فنّاوری‌های نو، سازمان‌دهی‌های جدید و سیاست‌های نوین سازنده شهرهای هوشمند به‌صورت سیستم اجتماعی و فنی مجتمع هستند.

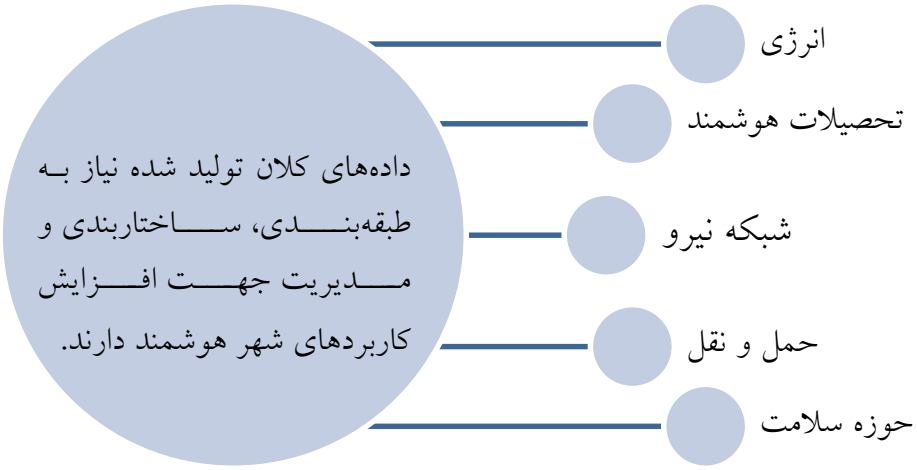
معماری شهر هوشمند

می‌توان معماری شهر هوشمند را از ابعاد مختلف بررسی نمود که در قسمت‌های زیر به بررسی در حوزه‌های محاسبات ابر[1] و اینترنت اشیاء می‌پردازیم.

معماری شهر هوشمند مبتنی بر کلان داده‌ها

ابر یک بستر مناسب برای کاربردهایی است که باید همکاری متوالی با کاربردهای مختلف داشته باشند. این دقیقه برای نیازمندی‌های کاربردهای شهر هوشمند بسیار مناسب است و می‌تواند به حل برخی از چالش‌ها کمک کند. در راستای استفاده‌های فنّاورانه، شهرهای هوشمند، امکانات زیادی برای هوشمندتر بودن از قبل دارند و به اهدافشان به‌صورت کارآمدتر و مؤثرتر دست خواهند یافت. شکل ۲ ارتباط بین شهر هوشمند و کلان داده‌ها را نمایش می‌دهد.

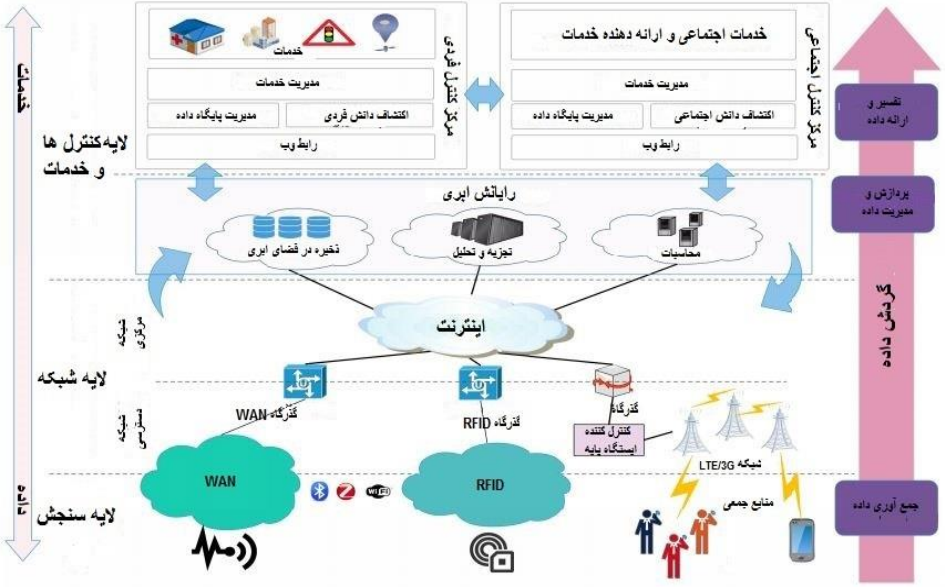
1. Cloud



شکل ۲: ارتباط شهر هوشمند و کلان داده

معماری شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء

با توجه به تعاریف متعددی که برای شهر هوشمند ارائه شده، نمی‌توان معماری واحدی نیز برای آن در نظر گرفت. با توجه به یافته‌های معماری شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در شکل ۳ نشان داده شده است. این ساختار از سه لایه شامل سنجش، شبکه و لایه کنترل و خدمات تشکیل شده است.



شکل ۳: معماری شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء

لایه سنجش

پایین‌ترین لایه، مربوط به لایه سنجش بوده و یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های آن ناهمگونی است و اغلب نیز شامل زیر شبکه‌های مختلف است. به‌منظور غلبه بر مشکل جمع‌آوری داده‌ها در شبکه‌های ناهمگن، به یک چارچوب کلی برای جمع‌آوری داده‌ها نیاز داریم. در این چارچوب باید داده به‌طور مداوم و یا در فواصل زمانی تصادفی بازیابی شود. اشیا در IOT بسیار کوچک

هستند و بسیاری از آن‌ها محدودیت انرژی و محاسباتی دارند بنابراین الگوریتمی‌هایی باید طراحی شود که بحث استفاده از انرژی در آن در نظر گرفته شده باشد. به‌طورکلی سه منبع سنجش در این معماری در نظر گرفته شده که شامل شبکه حسگر بی سیم، RFID و منابع جمعی است. شبکه‌های حسگر بی‌سیم نقش حیاتی در این لایه دارند به‌طوری‌که به آن اجازه پردازش، تجزیه‌وتحلیل و جمع‌آوری داده را می‌دهند. RFID قابلیت نصب بر روی هر شیئی را دارد و می‌توان از راه دور بر آن شی نظارت داشت. همچنین تگ‌های غیرفعال RFID به ما کمک می‌کند که هر شیئی را به قابلیت سنجش مجهز کنیم و آن‌ها را بدون هیچ‌گونه نگرانی در مصرف انرژی به شبکه متصل کنیم. بر اساس گسترش شبکه‌های اجتماعی و افزایش تعداد دستگاه‌های تلفن همراه، شهروندان فعالیت‌های اجتماعی و مشاهدات خود را در یک محیط تعاملی به اشتراک می‌گذارند که مربوط به بحث منابع جمعی در لایه سنجش است.

لایه شبکه

در این لایه زیرساخت‌های ارتباطی لازم برای تبادل اطلاعات از لایه سنجش به لایه کنترل و خدمات و بالعکس فراهم می‌شود. بخش عظیمی از ارتباطات در این لایه به کمک اینترنت شکل می‌گیرد. این ساختار بر نحوه اتصال اشیا با یکدیگر برای تبادل اطلاعات متمرکز شده است پس گذرگاه‌هایی به‌عنوان رابط بین لایه سنجش و لایه شبکه مرکزی برای تفسیر پروتکل‌های استفاده‌شده در لایه سنجش به IP در نظر گرفته شده است. بسیاری از کاربران از تلفن همراه و شبکه‌های مخابراتی مانند 3G,4G استفاده می‌کنند؛ بنابراین به گذرگاه‌های دیگری برای اتصال این شبکه‌ها به اینترنت نیز نیاز است.

لایه کنترل و خدمات

به‌منظور استفاده از هزاران برنامه کاربردی در شهر هوشمند و همچنین کار با ارائه‌دهندگان سرویس‌های مختلف یک معماری مبتنی بر فضای ابر نیاز است. این معماری به توسعه‌دهندگان، ارائه‌دهندگان خدمات و اجازه می‌دهد تا به شبکه متصل شده و خدمات خود را ارائه دهند. در

این معماری بین خدمات اجتماعی و خدمات فردی تفاوت قائل شده و بنابراین وظایف به دو مرکز کنترل جدا از هم تقسیم شده است.

به‌منظور ارتباط با سایر موارد مثل کاربران دور یا نظارت بر یک بخش، رابط وب ممکن است به‌عنوان یک رابط عمومی برای مراکز کنترل در نظر گرفته شود. هر مرکز کنترل به سه بخش مدیریت پایگاه داده، کشف دانش و مدیریت خدمات تقسیم می‌شود. این بخش‌ها مسئول بازیابی اطلاعات از پایگاه‌های داده هستند و اعمال برخی از الگوریتم‌های داده‌کاوی برای پیدا کردن برخی الگوهای جالب در داده‌ها، همچنین ثبت و ضبط خدماتی که توسط ارائه‌دهندگان خدمات آماده شده است. دستیابی به این اهداف به یک منبع محاسباتی قدرتمند نیاز دارد، به همین جهت فضای ابری بر اساس ماژول‌های تحلیلی و محاسباتی در نظر گرفته شده است.

حمل‌ونقل هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء

وجود حمل‌ونقل روان و ایمن از اساسی‌ترین زیرساخت‌های لازم برای توسعه صنایع و افزایش سطح رفاه اجتماعی هر کشور است. امروزه مسائل و مشکلات حمل‌ونقل از قبیل آلودگی‌های زیست‌محیطی، کاهش منابع انرژی، افزایش خسارت‌های مادی و معنوی ناشی از سوانح و تصادفات، مشکلات نظارت و مدیریت در حمل‌ونقل برون‌شهری، افزایش زمان‌های تلف‌شده و روند رشد سریع تقاضای حمل‌ونقل به‌ویژه در ساعات اوج درکلان شهرهای دنیا به یک مشکل جدی تبدیل شده است.

سیستم حمل‌ونقل هوشمند مبتنی برIOT به مجموعه‌ای از ابزارها، امکانات و تخصص‌ها از قبیل مفاهیم مهندسی ترافیک، فنّاوری‌های نرم‌افزاری، سخت‌افزاری و مخابراتی اطلاق می‌شود که به‌صورت هماهنگ و یکپارچه به‌منظور بهبود کارایی و ایمنی در سیستم حمل‌ونقل به کار گرفته می‌شود. سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، سیستم‌هایی متشکل از فناوری‌های نوین الکترونیک، کامپیوتر و فناوری اطلاعات هستند که در برنامه‌ریزی سیستم‌های حمل‌ونقل زمینی، امروزه نقش بسیار مهمی ایفا می‌نمایند. قدمت کاربرد و برنامه‌ریزی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند به اوایل دهه ۹۰ میلادی می‌رسد که در کشورهای توسعه‌یافته، از همان

زمان شروع به مطالعـــه طراحی و گسترش این سیستم‌ها نموده‌اند. با توجه به توسعه سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل زمینی و افزایش تقاضای سفر به‌صورت تصاعدی و مشکلات عرضه، شاخه‌های مختلف حمل‌ونقل هوشمند توانسته‌اند، تأثیرات بسیار مطلوبی در حل چالش‌های حمل‌ونقل برای دولت‌ها فراهم می‌آورد. سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند می‌توانند نقش مؤثری در دستیابی به‌تمامی اهداف طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک داشته باشند. لذا برای بهره‌گیری از این پتانسیل، لازم است که با ارائه یک متدولوژی مناسب برنامه‌ریزی استراتژیک و اولویت‌بندی این سیستم‌ها، نسبت به افزایش کارایی و بهره‌وری آن‌ها اقدام نمود. این سیستم‌ها بر اساس فناوری‌های کنترل و اطلاعات کار می‌کنند که درواقع هسته اصلی وظایف و عملکرد چنین سیستم‌هایی است. از یک دیدگاه کلی می‌توان گفت سیستم حمل‌ونقل هوشمند از سه جزء اصلی تشکیل شده است که عبارت‌اند از: راه هوشمند، وسایل نقلیه هوشمند و زیرساخت‌های ارتباطی. راه هوشمند، جاده یا بزرگراهی است که در بخش تأسیسات زیر بنایی قرارمی گیرد و شامل انواع تجهیزات لازم نصب‌شده در جاده و همچنین رعایت چارچوبی مناسب و استاندارد جهت یکپارچه کردن عملکرد اجزاء مختلف سیستم در محدوده وسیعی از خدمات حمل‌ونقل هوشمند به‌منظور تبادل محدوده وسیعی از اطلاعات مابین کاربران شامل رانندگان، وسایل نقلیه و عابران پیاده است. وسایل نقلیه هوشمند عبارت‌اند از وسایل نقلیه‌ای که جهت ارائه بخشی از خدمات تعریف‌شده درITS مجهز به تجهیزات خاصی می‌باشند. زیرساخت‌های ارتباطی به‌عنوان فناوری‌ای که جریان اطلاعات را بین وسایل نقلیه هوشمند و راه هوشمند برقرار می‌سازد محسوب می‌شود. جریان اطلاعات در فناوری مذکور شامل مراحلی از قبیل جمع‌آوری و دریافت داده‌ها، انتقال داده‌ها و پردازش داده‌ها و همچنین توزیع و بهره‌برداری از اطلاعات پردازش شده است که جهت عملکرد صحیح و مناسب سیستم لازم است، زنجیره ارتباطی مناسبی بین آن‌ها تعریف و ایجاد گردد. در یک سیستم حمل‌ونقل هوشمند با به‌کارگیری فناوری‌های اطلاعات و کنترل زنجیره

اطلاعاتی لازم، ارائه خدمات بین سیستم حمل‌ونقل و کاربران سیستم حمل‌ونقل هوشمند فراهم می‌گردد.

زیرساخت اینترنت اشیاء در حمل‌ونقل هوشمند

همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، بر اساس چارچوب اینترنت اشیا، سیستم حمل‌ونقل هوشمند از چهار بخش عمده تشکیل شده است: سرور شبکه، ماژول پایگاه داده، ماژول انتقال داده و حرکت ترمینال.

بخش سرور شبکه بر روی گروهی از ذینفعان متمرکز می‌شود، این بخش برای جمع‌آوری داده‌های جدید استفاده و در قالب وب‌سرویس نشان داده می‌شود. ماژول پایگاه داده برای طبقه‌بندی و صرفه‌جویی اطلاعات مختلف در پایگاه داده استفاده می‌شود. ماژول پایگاه داده می‌تواند پلی محکم و امن بین سرور و ترمینال وسیله نقلیه باشد.

ازیک‌طرف، ماژول انتقال داده را می‌توان برای ارسال اطلاعات جدید به بانک اطلاعاتی (پایگاه داده) استفاده کرد، نظیر اطلاعات جدیدی که از ترمینال وسیله نقلیه رسیده است. از جنبه دیگر ماژول انتقال داده می‌تواند برخی از داده‌ها را از پایگاه داده انتخاب و آن‌ها را به ترمینال ایستگاه که می‌تواند این داده را به افراد نشان دهد ارسال نماید. بخش حرکت ترمینال شامل دستگاه جاسازی‌شده مرکزی در PAX 310 ، ماژول GPRS[1] و ماژول GPS[2] است. دستگاه جاسازی‌شده به‌طور عمده برای جمع‌آوری اطلاعات وسیله نقلیه استفاده می‌شود و ارسال داده‌ها به پایگاه داده توسط ماژول GPRS و ماژول GPS و فیلد زمان بلادرنگ، اتصال به پایگاه داده و استخراج برخی از داده‌ها از پایگاه داده‌ها به‌وسیله شبکه صورت می‌پذیرد؛ بنابراین حرکت ترمینال شامل دو بخش ترمینال وسیله نقلیه و ترمینال ایستگاه است. ماژول GPRS، به‌طور عمده بر روی اتصال سرور، آپلود داده‌ها در پایگاه داده برای انتظار تماس و یا داده‌های انتزاعی از پایگاه داده ارائه شده برای حرکت ترمینال، اثر می‌گذارد. ماژول GPS

1. General Packet Radio Service
2. Global Positioning System

اطلاعات جاری مانند طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، زمان و سرعت را جمع‌آوری می‌کند. دستگاه جاسازی‌شده PXA 310 ، در حرکت ترمینال، نقش مدیر اطلاعات و مدیریت توالی

را بازی می‌کند. به‌منظور کاهش هزینه و توسعه زمان، به‌طور عمده سرور، مدیریت و محاسبه اطلاعات را انجام می‌دهد.

کاربرد اینترنت اشیاء در حمل‌ونقل هوشمند

دستیابی به اطلاعات بیشتر از وسیله نقلیه، نظارت برخط و لحظه‌ای بر خودرو، اجرای رانندگی خودکار و غیره، روند رو به رشدی است که در زمینه حمل‌ونقل استراتژیک، در بستر اینترنت اشیا ایجاد خواهد گردید. در زندگی واقعی ما می‌توانیم کاربردهای خاصی را از اینترنت اشیا در حمل‌ونقل ببینیم، مانند پرداخت عوارض الکترونیکی بدون توقف در بزرگراه‌ها، سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، زمان‌بندی و فرمان‌های اضطراری از طریق تلفن همراه، سیستم ضد سرقت وسیله نقلیه و ...؛ اما این‌ها فقط آغاز کارند و هنوز یک شبکه بزرگ نیستند. در آینده، ما می‌توانیم ارتباط بین وسایل نقلیه با یکدیگر، بین اشخاص و وسایل نقلیه و بین وسایل نقلیه و جاده‌ها را به‌عنوان یک سیستم بزرگ حمل‌ونقل هوشمند تصور کنیم تا اینکه به حل بسیاری از مسائلی مانند ازدحام حمل‌ونقل، آلودگی محیط‌زیست و امنیت ترافیک بیانجامد. با توسعه فناوری اینترنت اشیاء، کاربردهای بیشتر و بهتری از حمل‌ونقل هوشمند بر اساس این فناوری وجود خواهد داشت که این اهمیت زیادی در بهبود کیفیت مدیریت حمل‌ونقل به‌جا می‌گذارد.

نخست؛ درک دقیق‌تر دستگاه‌های حسگر و دریافت‌کننده اطلاعات از وسیله نقلیه برای نظارت بر جریان حمل‌ونقل با احتساب وضعیت حال آن وسیله و اطلاعاتی که به مرکز مدیریت حمل‌ونقل ارسال می‌شود.

دوم؛ با قابلیت همکاری جامع‌تر، وضعیت زیست‌محیطی جاده را به افراد در سفر ارائه می‌دهد به‌طوری‌که باعث بهینه‌سازی مسافرت اشخاص می‌گردد.

سوم؛ بیشتر در هوشمند سازی زیرساخت‌های جاده‌ای که تا حد زیادی از طریق مکانیسم‌های مدیریت و برنامه‌ریزی که باعث به حداکثر رساندن ایمنی شبکه حمل‌ونقل خواهد شد، کاربرد دارد.

کاربرد فناوری اینترنت اشیاء برای رسیدن به اهداف استراتژیک حمل‌ونقل باعث استفاده بهینه از منابع حمل‌ونقل خواهد شد؛ یعنی در جلوگیری از ترافیک جاده‌ای، ارتقا ضریب ایمنی وسایل نقلیه و جاده‌ها به سبب ارتباط درون‌شبکه‌ای وسایل هوشمند با هم صرفه‌جویی در زمان سفرها به دلیل انتخاب هوشمندانه سریع‌ترین مسیر برای رسیدن به مقصد از طریق تعامل وسایل نقلیه، پلاک‌های هوشمند، کاهش مصرف سوخت، دی‌اکسید کربن و گازهای گلخانه‌ای و خیلی از موارد دیگر، از این طریق فناوری اینترنت اشیاء می‌تواند چشم‌انداز روشنی از آینده حمل‌ونقل هوشمند را به تصویر بکشد. درعین‌حال مسافران می‌توانند در سفرهای خود با این وسایل هوشمند به‌صورت آنلاین از اطلاعات، سرگرمی‌ها و خدمات این وسایل و ابزارهای موجود در آن‌ها همچون صندلی‌های هوشمند برای کاهش خستگی سفر و ایجاد حس آرامش بخشی فضای درونی این وسایل نقلیه بهره‌مند شوند. در ضمن کلیه ابزارها و وسایل هوشمند شده، بر اساس اینترنت اشیا به‌صورت پیوسته سیستم را مدیریت خواهند نمود.

پیشینه تحقیق

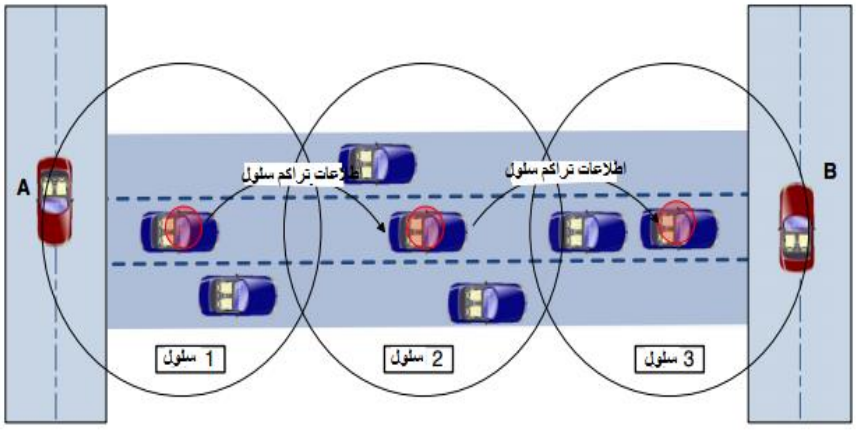
با توجه به اهمیت اطلاعات تراکم ترافیک جاده‌ای، محققان روش‌های مختلفی را پیشنهاد می‌کنند. در روش ارتباطات وسیله نقلیه با جریان مخالف[1]، هر وسیله نقلیه جدولی دارد که شامل میانگین زمان ورود و خروج از جاده است و زمان سفر نیز نامیده می‌شود. اطلاعات زمان ورود و خروج با وسایل نقلیه همسایه که در حال حرکت در جهت مخالف هستند، مبادله می‌شود. در این فرآیند، وسایل نقلیه‌ای که در جهت یکسان حرکت می‌کنند، نادیده گرفته می‌شوند، زیرا آن‌ها از قبل این اطلاعات را دارند. معایب این روش عبارت‌اند از: عدم دقت و مقیاس‌پذیری

1. Opposite Stream Vehicle Communication

کمتر. علاوه بر این، در شبکه‌های پراکنده (کوچک)، روش ارتباطات وسیله نقلیه با جریان مخالف نیز تأخیر زیادی در انتشار اطلاعات به‌روز شده بین وسایل نقلیه دارد.

سیستم اطلاعات ترافیکی خودسازمان‌ده[1] یکی دیگر از مکانیسم‌های غیرمتمرکز برای تخمین تراکم ترافیک وسایل نقلیه است. این سیستم حاوی جدولی با موقعیت فعلی وسیله نقلیه و سرعت متوسط آن است. جدول به‌صورت دوره‌ای به‌روز شده و با وسایل نقلیه همسایه مبادله می‌شود. در نتیجه، هر وسیله نقلیه با موقعیت و سرعت متوسط وسایل نقلیه همسایه، آشنا می‌شود. اطلاعات موقعیتی برای تولید پیام‌های هشداردهنده در شرایط بحرانی (حوادث) از طریق صفحه‌نمایش خودرو به دست می‌آید. نقص این رویکرد عدم توجه به تلاش مشارکتی برای پردازش اطلاعات است. علاوه بر این، این سیستم فقط برای سناریوهای بزرگراه طراحی شده و به مسیر ترافیک برای تبادل جداول بین گره‌های وسیله نقلیه بستگی دارد.

نمای ترافیک[2] یکی دیگر از تکنیک‌هایی است که از جمع‌آوری داده‌ها برای گردآوری و انتشار اطلاعات ترافیکی بلادرنگ به رانندگان استفاده می‌کند. این طرح از نظر عملکرد شبیه به سیستم اطلاعات ترافیکی خودسازمان‌ده است. بااین‌حال، نمای ترافیک به‌صورت دوره‌ای موقعیت و سرعت گره وسایل نقلیه فردی را به‌جای سرعت متوسط در بخش‌ها منتشر می‌کند.



2. SOTIS
3. Traffic View

شکل ٤: تشکیل سلول‌ها و انتخاب رهبر گروه

نمای ترافیک بخشی از پروژه جاده الکترونیک[1] است که کمک می‌کند مسیرهای مناسب و اطلاعات مهمی در مورد شرایط جاده‌ای پیدا کنید. نمای ترافیک تنها برای سناریوهای بزرگراه مناسب است و جهت حرکت وسایل نقلیه را در هنگام تبادل اطلاعات ترافیکی میان وسایل نقلیه در نظر نمی‌گیرد.

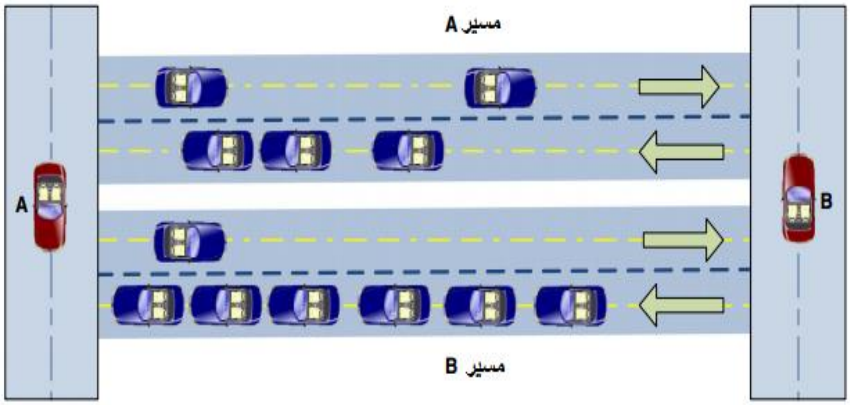
تیاجی و همکاران[2] در پژوهش خود، یک روش تخمین تراکم ترافیک را پیشنهاد می‌کنند که مبتنی بر سیگنال صوتی است که توسط یک میکروفون نصب‌شده در کنار جاده ضبط می‌شود. سیگنال صوتی متشکل از سیگنال‌های نویز[3] متعدد است که شامل نویز موتور، نویز تایر و نویز آشفتگی هوای وسایل نقلیه است اما به آن‌ها محدود نمی‌شود. سیگنال‌ها برای تعیین تراکم ترافیک وسیله نقلیه بخش‌های جاده با استفاده از طبقه‌بندی سیگنال‌های صوتی تحلیل می‌شوند. اشکال اصلی این تکنیک این است که بر اساس زیرساخت‌های جاده‌ای است و نتایج امیدوارکننده‌ای را در مناطق پر سروصدا ارائه نمی‌دهد.

در تحقیقی دیگر سَن و همکاران تکنیک تخمین ترافیکی را پیشنهاد می‌کنند که بر اساس پردازش تصویر است. برای محاسبه تراکم بخش‌های جاده، فید ویدیویی زنده از دوربین‌های ویدیویی متعددی که در جاده‌ها مستقر هستند، گرفته شده است. بعدها، فیلم ضبط‌شده با استفاده از ابزار پردازش تصویر پردازش می‌شود تا تعداد وسایل نقلیه که به یک بخش جاده‌ای خاص وارد می‌شوند یا از آن خارج می‌شوند محاسبه شود که در آن تفاوت در تعداد، نشان‌دهنده تراکم ترافیکی برآورد شده است. مشابه طرح قبلی، این تکنیک نیز بر زیرساخت‌های جاده‌ای استوار است و متوسط خطای ۱۱ درصدی دارد.

سیستم اطلاعات ترافیکی بدون زیرساخت (IFTIS) یک روش تخمین تراکم غیرمتمرکز وسایل نقلیه است که هر جاده را به تعدادی از سلول‌های دارای اندازه ثابت و بر اساس محدوده

1. e-Road
2. Tyagi et al.
3. Noise

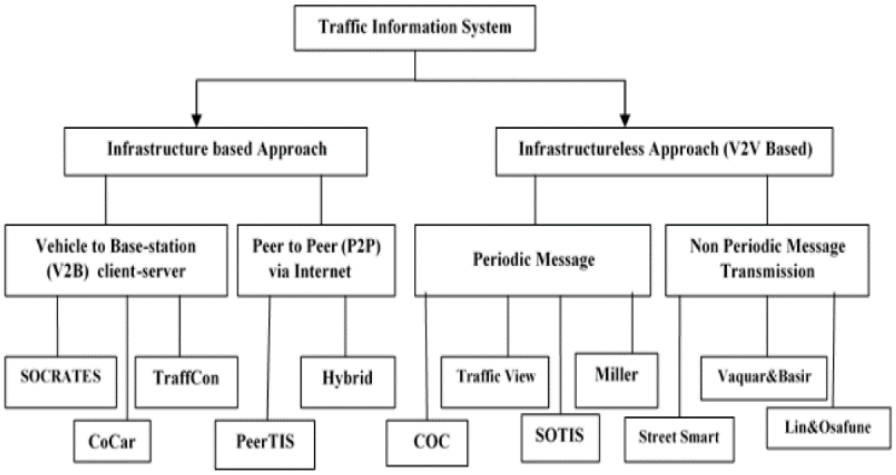
انتقال وسایل نقلیه تقسیم می‌کند، همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است. یک وسیله نقلیه نزدیک به مرکز سلول به‌عنوان رهبر گروه انتخاب می‌شود که مسئول برآورد تراکم سلول و انتقال اطلاعات تراکم سلول به شکل بسته تراکم سلول[1] به سلول‌های دیگر است. رهبران گروه، تراکم سلول خود را به CDP دریافت شده اضافه می‌کنند و CDP را در مسیر پیش می‌برند تا آنکه به تقاطع برسد. به‌این‌ترتیب، تراکم وسیله نقلیه هر سلول تخمین زده می‌شود و با هم ترکیب می‌شود تا تراکم وسیله نقلیه کل را در یک قسمت خاص جاده به دست دهد. اطلاعات محاسبه‌شده CDP در تقاطع جاده موجود است که نقش مهمی را در برنامه‌های VANET و پروتکل‌های مسیریابی ایفا می‌کند. نقص IFTIS شکل‌گیری سلول‌هایی با اندازه‌های ثابت ۲۶۶ متر است. علاوه بر این، جهت وسایل نقلیه که می‌تواند تا حد زیادی بر تصمیم‌گیری مسیریابی با توجه به روش انتقال به جلو استفاده‌شده توسط VANETها، تأثیر بگذارد، در نظر نمی‌گیرد. در تحقیقی دیگر Bilal و همکاران، نویسندگان نسخه پیشرفته IFTIS را پیشنهاد دادند که مفهوم مشابهی را برای شکل‌گیری و محاسبه تراکم گروه همان‌طور که در IFTIS اســـتفاده می‌شود، در نظر می‌گیرد. بااین‌حال، در نسخه بهبودیافته، تعداد وسایل نقلیه که در جهت مقصد حرکت می‌کنند نیز در نظر گرفته شده است.



شکل ۵: اهمیت مسیر وسایل نقلیه در محاسبه تراکم

1. CDP

این پیشرفت، نقش حیاتی در پروتکل‌های مسیریابی VANET دارد. به‌عنوان‌مثال، اگر وسیله نقلیه A بخواهد بعضی از داده‌ها را به‌وسیله نقلیه B بفرستد و مسیر B تراکم بیشتری نسبت به مسیر A داشته باشد، احتمالاً مسیر B از مسیر A مطلوب‌تر است، اما ممکن است لزوماً نباشد. همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، در پایان مسیر B هیچ وسیله نقلیه‌ای وجود ندارد؛ بنابراین بسته‌ها به‌وسیله نقلیه B نمی‌رسند و آخرین وسیله نقلیه در مسیر B بسته را به سمت وسیله نقلیه A حمل می‌کند. در عوض، مسیر A دارای تراکم کمتری است، اما دارای وسایل نقلیه‌ای است که در جهت مقصد حرکت می‌کنند (وسیله نقلیه B). اگرچه در انتهای مسیر A هیچ وسیله نقلیه‌ای وجود ندارد، آخرین وسیله نقلیه داده‌ها را ذخیره می‌کند و آن را به سمت تقاطع بعدی می‌برد (با استفاده از مکانیسم‌های انتقال به جلو). سیستم‌های اطلاعات ترافیکی یکی از زمینه‌های مهم VANET است. به‌طورکلی، TIS را می‌توان در دو دسته بدون زیرساخت و یا مبتنی بر زیرساخت طبقه‌بندی کرد، همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ٦: دسته‌بندی TIS

سیستم‌های اطلاعات ترافیکی[1] سیستم‌هایی هستند که برای کاربران، اطلاعاتی در مورد وضعیت ترافیکی جاری شامل اطلاعات مسیریابی، ترافیک معابر و رخدادهای داخل آن‌ها فراهم می‌نمایند. این سیستم‌ها به دو دسته می‌شوند :سیستم‌های اطلاعات ترافیکی مرکزی[2]، عموماً دارای یک سرور مرکزی هستند که داده مورد نیاز را از شبکه خیابانی جمع‌آوری می‌نماید، داده جمع‌آوری‌شده در مراکز مدیریت ترافیک پردازش می‌گردد و نتایج آنالیزهای ترافیکی به رانندگان در صورت درخواست مخابره می‌گردد. جمع‌آوری، به اشتراک‌گذاری و جستجوی اطلاعات ترافیکی در سطح شهر معمولاً مبتنی بر واحدهای کنار جاده‌ای است. سیستم‌های اطلاعات ترافیکی غیرمتمرکز یا مشارکتی[3]، در واقع مفهوم سیستم اطلاعات ترافیکی مبتنی بر خودرو بدون زیرساخت عمومی را تداعی می‌کنند. تجمیع اطلاعات و تأخیر در انتشار اطلاعات از پارامترهای مهم در این سیستم‌ها می‌باشند. نمونه توسعه‌یافته از این سیستم‌ها به همه مشترکین اجازه به اشتراک گذاشتن و جستجو نمونه‌های به‌دست‌آمده از وضعیت ترافیکی را می‌دهد. چنین سیستم‌هایی را سیستم اطلاعات ترافیکی مشارکتی می‌نامند.

بدیهی ست که در یک شهر هوشمند از بسیاری از فن‌آوری‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، سیستم‌عامل‌های توسعه، راه‌حل‌های نگهداری و پایداری، برنامه‌هایی برای تحول شهروندان و شاخص‌های عملکرد فنی، اجتماعی و اقتصادی استفاده می‌شود.

به‌عنوان یک نتیجه، طرح‌های IOT یک وظیفه اساسی در استقرار زیرساخت‌های ناهمگن در مقیاس وسیع خواهد بود. برنامه‌های هوشمند شهر مبتنی بر IoT می‌تواند بر اساس نوع شبکه، انعطاف‌پذیری، پوشش، مقیاس‌پذیری، ناهمگنی، تکرارپذیری و دخالت کاربر نهایی طبقه‌بندی شود.

در تحقیقی دیگر یک روش تشخیص وسایل نقلیه پویا و یک الگوریتم کنترل سیگنال برای کنترل وضعیت چراغ راهنمایی در تقاطع جاده با استفاده از فنّاوری WSN پیشنهاد شد.

1. Traffic Information System(TIS)
2. Central
3. Cooperative

گذرگاه‌های پیاده‌روی یکی از مکان‌های خطرناک در زمینه حمل‌ونقل هستند. در واقع، اغلب حوادث ترافیکی وجود دارد. با توجه به مؤثر بودن عابران پیاده بر جریان ترافیک شهری به همین دلیل چندین روش برای تشخیص جریان‌های ترافیکی و عابر پیاده در چراغ‌های راهنمایی ترسیم شده است.

در تحقیقی دیگر، پروتکل‌های انرژی کارآمد که می‌توانند برای بهبود ایمنی ترافیک با استفاده از WSN مورد استفاده قرار گیرند، برای اجرای یک سیستم مدیریت ترافیک هوشمند مورد استفاده قرار می‌گیرند. در تحقیقی دیگر، طرح ارتباطی میان وسایل نقلیه بین وسایل نقلیه همسایه و در صورت نبود یک ایستگاه پایه مرکزی[1] پیشنهاد شد. شهرهای مدرن به دنبال ارائه خدمات مناسب ترافیک از انواع مختلف هستند. (مانند شهرنشینی، برنامه‌ریزی شهر یا علوم رایانه‌ای). این ایده نه‌تنها برای افزایش بهره‌وری شهری مؤثر است بلکه برای رسیدن به یک محیط راحت، امن و سالم برای همه شهروندان نیز بسیار مؤثر واقـــع می‌گردد. علاوه بر این، Qi و همکاران، در تحقیقی دیگر PN های قطعی و تصادفی برای طراحی یک سیستم کنترل ترافیک اضطراری پیشنهاد می‌کنند. شایان‌ذکر است که شبکه‌های رنگی پتری (TCPNs) به‌صورت یک نمای گرافیکی برای طراحی سیستم‌های پیچیده نیز استفاده می‌شود. اخیراً، TPN ها در کار سیستم‌های کنترل راه‌آهن مدل‌سازی شده است. همچنین در سیستم‌های کنترل ترافیکی شبکه به‌طور موفقیت‌آمیزی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

روش‌شناسی پژوهش

سامانه هوشمند کنترل و پایش وسایل نقلیه یکی از روش‌های ردیابی مدرن با امنیت بالاست که با بهره‌گیری از یک سامانه نرم‌افزاری، مودم GSM و گیرنده‌ی GPS جهت تعیین موقعیت بر روی نقشه و ابزارهای پوششی دیگر نظیر SMS و ... که در قالب یک ماژول سخت‌افزاری و به‌صورت درون خودرویی بکار گرفته می‌شود، می‌تواند مکان‌یابی بر خط و نظارت مستمر را برای ناظران ناوگان حمل‌ونقل به وجود آورد. این سامانه از سه جزء اصلی تشکیل گردیده

1. Base Station

است:

ماژول میکروکنترولر درون خودرویی شامل:

الف) تک هوشمند دارای امکانات نظیر مودم GSM و گیرنده ـ فرستنده GPS با قابلیت نصب سیم‌کارت بوده که عموماً به‌صورت غیرقابل تشخیص در درون خودرو نصب می‌گردد. وظیفه اصلی آن دریافت اطلاعات حرکتی و جغرافیایی خودرو از طریق سیستم GPS موجود در آن و همچنین دریافت اطلاعات فنی خودرو از کامپیوتر خودرو (ECU) نظیر سرعت، وضعیت سلامتی اجزا خودرو، امنیت و ... است.

ب) رابطه کاربری برای راننده خودرو که می‌تواند هم در قالب نرم‌افزار موبایل و هم در قالب رابط کاربری (صفحه‌نمایش) در اختیار راننده قرار گیرد.

تجهیزات دریافت و ارسال داده از خودرو به مرکز کنترل که عموماً از دکل‌های BTS مخابرات و تلفن‌های همراه استفاده می‌نماید و در حالت عادی که بستر اینترنت فراهم باشد از طریق مودم GSM از اینترنت و در صورت فقدان اینترنت از سامانه‌ی USSD برای ارسال موقعیت و سایر اطلاعات در قالب Coding بهره می‌برد.

سامانه‌ی نرم‌افزاری هوشمند که وظیفه‌ی تحلیل داده‌های ارسالی از خودرو و در نهایت اخذ تصمیم را بر عهده دارد. این سامانه با بهره‌گیری از هوش مصنوعی و با توجه به پیش‌فرض‌های اولیه، داده‌های ارسالی را تحلیل نموده و علاوه بر تعیین موقعیت جغرافیایی خودرو، اطلاعاتی نظیر وضعیت فنی خودرو و ... را در سامانه مشخص نموده و در صورت لزوم علائم هشداردهنده و یا بازدارنده را برای راننده ارسال می‌نماید.

با توجه به اینکه در دو بخش اول و دوم یعنی ماژول سخت‌افزاری درون خودرویی (تگ هوشمند) و نیز تجهیزات ارسال و دریافت داده‌ها نمونه‌های زیادی ساخته و بکارگرفته شده است، تمرکز این پژوهش بر روی سامانه‌ی نرم‌افزاری هوشمند است.

سامانه نرم‌افزاری شامل بخش‌های: کدینگ، بانک اطلاعاتی و پردازشگر است.

داده‌ها از ماژول نصب‌شده در خودرو از طریق بستر GSM و دکل‌های BTS به مرکز پردازش داده‌ها منتقل شده و در فرمت ۱۳ رقمی کدگذاری می‌شوند که این کد به‌عنوان کد یکتا و

شناسه‌ی هر خودرو در سیستم ثبت و تمامی فرآیندهای پایش، کنترل، اطلاع‌رسانی و ثبت جرائم رانندگی بر اساس آن اعمال می‌گردد.

این سامانه‌ی هوشمند از یک الگوریتم شبکه عصبی بهره می‌گیرد که در آن تصمیمات بر اساس اولویت‌های تعیین‌شده و ضرورت‌های موجود اخذ می‌شوند. به‌عنوان‌مثال با توجه به اینکه سامانه از نقشه‌ی گوگل[1] از طریق یک دسترسی API بهره می‌گیرد و نیز تمامی مناطق تردد طرح دائمی زوج و فرد، محدودیت‌های ترافیکی و... از پیش در این سامانه برنامه‌نویسی شده و در نقشه گوگل پیاده‌سازی گردیده‌اند. راننده با نزدیک شدن به محدوده طرح ترافیکی یا طرح زوج و فرد یا هر نوع محدودیت تردد با علائم اخطاردهنده (چه از طریق برنامه موبایل و چه از طریق رابطه کاری نصب‌شده در خودرو) مواجه خواهد گردید. چنانچه به هشدارها توجه ننماید و موارد محدودیت قانونی را رعایت ننماید به‌طور خودکار اعمال قانون شده و نتیجه به آگاهی راننده می‌رسد.

نحوه‌ی انجام این فرآیند در سامانه به شرح زیر است:

داده‌های جغرافیایی (مختصات) خودرو دائماً از طریق ماژول و رابط انتقال در قالب کد یکتا در حال ارسال به سامانه بوده و این مختصات به‌طور خودکار با نقشه‌ی موجود در سامانه می‌گردد. با توجه به اینکه تمامی محدودیت‌ها و ضوابط قانونی ترافیکی در نقشه مشخص و پیاده‌سازی شده‌اند با ورود خودرو به مناطق مشخص‌شده و یا انجام هر نوع نقض قوانین نظیر سرعت غیرمجاز، سبقت غیرمجاز، حرکت دنده‌عقب در بزرگراه‌ها، ورودممنوع، توقف ممنوع و ... به‌صورت بر خط داده‌ها در بانک داده‌ی مرکز ثبت و به راننده اطلاع داده می‌شود که چنانچه در کوتاه‌ترین زمان از محدوده تخلف خارج نشود یا مصداق تخلف را (نظیر سرعت غیرمجاز) رعایت نکند جریمه خواهد شد. (البته برخی تخلفات به‌محض ثبت شدن اعمال قانون می‌شوند و نیاز به اخطار ندارند).

1. Google Map

مدل پژوهش

مدل شبکه: برای شبیه‌سازی شرایط ترافیک واقعی در سناریوهای شهری، ما از یک نقشه به ابعاد ۲۰۰۰۰ در ۲۰۰۰۰ مترمربع بوده، ۱۲ تقاطع پیاده‌سازی شده و شامل ۳۲ مسیر است. پارامتر MAC از ویژگی IEEE 802.11p پیروی کرده و برد ارتباطی هر خودرو ۲۰۰ متر است. هر دور سناریو برای ۳۶۰ ثانیه شبیه‌سازی ادامه داشته و نتایج ۱۵ دور به‌صورت متوسط دارند.

مدل تحرک خودرو: در این مدل، هر خودرو به‌صورت تصادفی در ابتدا درون شبکه مسیر توزیع می‌گردد. هر خودرو آنگاه به شکل تصادفی یک تقاطع را به‌عنوان مقصد برگزیده و به سمت این تقاطع با متوسط سرعت ۳۰ تا ۸۰ کیلومتر بر ساعت حرکت می‌کند. دقت کنید که سرعت حرکت هر خودرو را در زمان‌های مختلف به کمک در نظر گرفتن چندین عامل ترافیکی مانند توپولوژی مسیر، علائم ترافیکی و تقاطع تنظیم می‌کند. در حین شبیه‌سازی، خودروها می‌توانند خط سیرهای خودشان را در طول حرکت اخذ کنند و هر RSU می‌تواند خط سیر هرکدام از اعضای گروه را بگیرد.

چند پیش‌فرض در سناریو ششم در اینجا داریم که شامل موارد زیر است:

- یک گره ثابت (SN[1]) (همان واحد کنار جاده‌ای (RSU)) با عنوان SN_j در هر تقاطع با عنوان I_j نصب می‌گردد، که می‌تواند بسته‌ها را بازپخش و میانگیری کند. دقت داشته باشید که این پیش‌فرض تنها برای سهولت تشریح مسئله است. تحقیق ما احتیاجی به راه‌اندازی SN در هر تقاطع مسیر ندارد و قادر است حتی وقتی‌که SNها به شکل پراکنده پخش شده‌اند، به‌طور عادی به کار خود ادامه دهد. اگرچه، جاگذاری SN تأثیر به سزایی روی عملکرد شبکه‌سازی دارد که مسئله بسیار مهمی است. در اینجا، روشی پیشنهادی از قبل برای جاگذاری SN می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد تا چینش راه‌اندازی مناسب SN برای قرارداد ما حاصل گردد.
- یک خودرو که مجهز به یک واحد مجتمع (OBU) است قادر است با SN ها یا دیگر

1. Station Node

خودروها ارتباط برقرار کند.

- VANET مفروض با یک نقطه دسترسی (AP) راه‌اندازی شده که در واقع یک SN است که به اتصال اضافی اینترنت مجهز شده است. با دریافت پیامی برای ارسال، سرور آن را از طریق ستون فقرات به AP می‌فرستند، سپس AP پیام را به کمک ارتباطات خود، داخل VANET تزریق می‌نماید.
- سامانه مسیریابی GPS در هر خودرو که متشکل است از یک دریافت‌کننده GPS، نقشه دیجیتال و اطلاعات آماری تاریخچه‌ای در رابطه با شبکه مسیر، به راننده مسیر پیشنهادی به‌سوی مقصد را ارائه می‌دهد.

به‌منظور بررسی سناریو اول تا پنجم، پارامترهای مربوط به مدل شبکه مطابق با جدول ۱ است.

جدول ۱: پارامترهای شبیه‌سازی

	زمان شبیه‌سازی	۳۶۰، ۳۶۰۰ ثانیه
مدل شبکه	منطقه شبیه‌سازی	۲۰۰۰۰ x۲۰۰۰۰ **مترمربع**
	تعداد تقاطع‌ها	۱۲
	تعداد مسیرها (RSU ها)	۴۰
	برد ارتباطی	۲۰۰ **متر**
مدل تحرک	تعداد خودروها	۵۰-۲۰۰ **با پیش‌فرض ۱۰۰**
	تعداد اعضا هر RSU	۱۰-۵۰ **با پیش‌فرض ۲۵**
	متوسط سرعت خودرو	۲۰-۶۰ **کیلومتر بر ساعت با پیش‌فرض ۳۰ کیلومتر بر ساعت**

جدول ۱، محیط و پارامترهای شبیه‌سازی اخذشده را نشان می‌دهد. تمامی آزمایش‌ها در این پژوهش با استفاده از OMNET++ با شماره نسخه ۴,۳ تنظیم شده‌اند که محیط را در زمینه‌های مدل شبکه، مدل تحرک و مدل ترافیک، مدل‌سازی می کند.

نتایج شبیه‌سازی

نتایج شبیه‌سازی شش سناریو به شرح زیر است:

نتایج شبیه‌سازی سناریو اول

جدول ۲ نتایج شبیه‌سازی سناریو اول بر اساس پارامترهای جدول ۱ را نمایش می‌دهد.

جدول ۲: نتایج سناریو اول

۳۶۰۰ ثانیه	۳۶۰ ثانیه	زمان شبیه‌سازی
۱۰۰ عدد	۱۰۰ عدد	تعداد خودروها
۱۸	۲	میانگین تعداد تخلف در ۲۴ مرتبه اجرا
۰,۱۸	۰/۰۲	متوسط تخلف در زمان اجرا

پس از اعمال شبیه‌سازی بر روی سناریو اول، به علت کنترل سرعت در هر منطقه از شهر، میزان تخلف سرعت نسبت به میانگین راهنمایی و رانندگی که در سال‌های ۹۷ و ۹۸ محاسبه شده و در جدول ۳ نشان داده می‌شود کاهش دارد.

جدول ۳: نتایج پلیس راهور تخلف سرعت در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در شهر تهران

سال ۹۶	متوسط تخلف روزانه به ازای	سال ۹۸	متوسط تخلف روزانه به ازای یک خودرو در سال ۹۸

	یک خودرو در سال ۹۶			
تخلف سرعت غیرمجاز	۹,۲۷۶,۶۴۱	۲,۴۱	۱۰,۰۴۹,۱۷۷	۲,۴۵
تعداد خودروهای تهران	۳,۸۵۰,۰۰۰		۴,۱۰۰,۰۰۰	

طبق نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۲ و مقایسه آن با آمار راهنمایی و رانندگی در اثر اجرای سناریو اول کاهش حاصل شده است و دلیل این برتری اطلاع از وضعیت و موقعیت جغرافیایی لحظه‌به‌لحظه خودروها و معابر است که نقش بازدارنده در تخلفات را ایفا می‌نماید.

نتایج شبیه‌سازی سناریو دوم

جدول ۴ نتایج شبیه‌سازی سناریو دوم بر اساس پارامترهای جدول ۱ را نمایش می‌دهد.

جدول ٤: نتایج سناریو دوم

۳٦۰ ۰ ثانیه	۳٦۰ ثانیه	زمان شبیه‌سازی
۱۰۰ عدد	۱۰۰ عدد	تعداد خودروها
٤٥	۵	میانگین تعداد تخلف طرح ترافیک در ۲۴ مرتبه اجرا
۰/٤٥	۰/۰۵	متوسط تخلف در زمان اجرا

پس از اعمال شبیه‌سازی بر روی سناریو دوم در هر منطقه از شهر میزان تخلف سرعت نسبت به میانگین راهنمایی و رانندگی که در سال‌های ۹۷ و ۹۸ محاسبه شده و در جدول ۵ نشـان داده می‌شود کاهش دارد.

جدول ۵: نتایج پلیس راهور ورود به طرح ترافیک در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در شهر تهران

	سال ۹۶	متوسط تخلف روزانه به ازای یک خودرو در سال ۹۶	سال ۹۸	متوسط تخلف روزانه به ازای یک خودرو در سال ۹۸
تخلف ورود به طرح	۵,۸۳۹,۴۷۹	۱,۵۲	۳,۶۷۲,۷۸۷	۰,۹۰
تعداد خودروهای تهران	۳,۸۵۰,۰۰۰		۴,۱۰۰,۰۰۰	

طبق نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۴ و مقایسه آن با آمار راهنمایی و رانندگی در اثر اجرای سناریو دوم کاهش حاصل شده است؛ که دلیل این برتری اطلاع از وضعیت و موقعیت جغرافیایی لحظه‌به‌لحظه خودروها و معابر است که نقش بازدارنده در تخلفات را ایفا می‌نماید.

نتایج شبیه‌سازی سناریو سوم

جدول ۶ نتایج شبیه‌سازی سناریو سوم بر اساس پارامترهای جدول ۱ را نمایش می‌دهد.

جدول ٦: نتایج سناریو سوم

۳٦۰۰ ثانیه	۳٦۰ ثانیه	زمان شبیه‌سازی
۱۰۰ عدد	۱۰۰ عدد	تعداد خودروها
۷۰	۱۲	میانگین تعداد تخلف طرح زوج و فرد در ۲۴ مرتبه اجرا
۰,۷	۰,۱۲	متوسط تخلف در زمان اجرا

پس از اعمال شبیه‌سازی بر روی سناریو سوم در هر منطقه از شهر میزان تخلف سرعت نسبت به

میانگین راهنمایی و رانندگی که در سال‌های ۹۷ و ۹۸ محاسبه شده و در جدول ۷ نشـان داده می‌شود کاهش دارد.

جدول ۷: نتایج پلیس راهور ورود به طرح زوج و فرد در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در شهر تهران

	سال ۹۶	متوسط تخلف روزانه به ازای یک خودرو در سال ۹۶	سال ۹۸	متوسط تخلف روزانه به ازای یک خودرو در سال ۹۸
تخلف ورود به زوج و فرد	۱۳,۹۹۶,۸۴۲	۳,٦٤	۷,۳۱۱,۳۰۱	۱,۷۸
تعداد خودروهای تهران	۳,۸۵۰,۰۰۰		٤,۱۰۰,۰۰۰	

طبق نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۶ و مقایسه آن با آمار راهنمایی و رانندگی در اثر اجرای سناریو سوم کاهش حاصل شده است؛ که دلیل این برتری، اطلاع از وضعیت و موقعیت جغرافیایی لحظه‌به‌لحظه خودروها و معابر است که نقش بازدارنده در تخلفات را ایفا می‌نماید.

نتایج شبیه‌سازی سناریو چهارم

جدول ۸ متوسط استفاده از سناریو چهارم را نشان می‌دهد.

جدول ۸: متوسط استفاده از سناریو چهارم

۳٦۰۰ ثانیه	۳٦۰ ثانیه	زمان شبیه‌سازی
۱۰۰ عدد	۱۰۰ عدد	تعداد خودروها
۱٦	۳	استفاده از امداد خودرو
۰/۱٦	۰/۳	متوسط استفاده در زمان اجرا

جدول ۹: متوسط استفاده از سناریو چهارم

	درصد استفاده از امداد خودرو در سال ۹۶	درصد استفاده از امداد خودرو در سال ۹۸	درصد استفاده از امداد خودرو
متوسط استفاده از امداد خودرو	۱۲	۱۱	۱۶

همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌گردد متوسط استفاده از امداد خودرو با استفاده از سامانه تشخیص خودرو آسیب‌دیده افزایش یافته است.

نتایج شبیه‌سازی سناریو پنجم

جدول ۱۰ متوسط استفاده از سناریو پنجم را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰: متوسط استفاده از سناریو پنجم

۳۶۰۰ ثانیه	۳۶۰ ثانیه	زمان شبیه‌سازی
۱۲ دقیقه	۱۳ دقیقه	متوسط زمان رسیدن اورژانس به صحنه حادثه

همچنین در جدول ۱۱ متوسط استفاده از سناریو پنجم نمایش داده شده است.

جدول ۱۱: متوسط استفاده از سناریو پنجم

متوسط زمان رسیدن به اورژانس در سال ۹۶	متوسط زمان رسیدن به اورژانس در سال ۹۸	متوسط زمان رسیدن به اورژانس در سناریو پنجم
۱۵ دقیقه	**۱۶ دقیقه**	**۱۲ دقیقه**

برحسب نتایج جداول ۱۱ و ۱۰ زمان رسیدن اورژانس به صحنه حادثه با کمک مسیریابی جغرافیایی کاهش می‌یابد.

نتایج شبیه‌سازی سناریو ششم

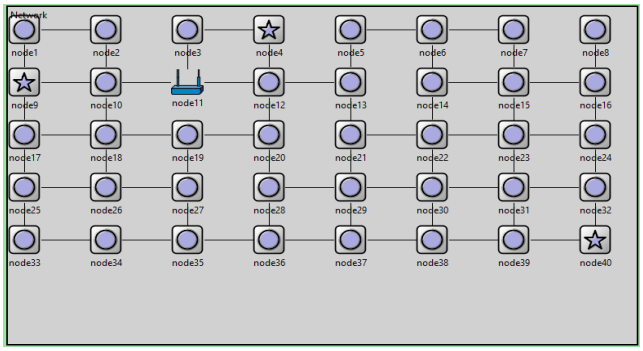
الگوریتم پیشنهادی ازنظر پارامترهای زیر مقایسه می گردد.

- ✓ نرخ تحویل پیام
- ✓ تأخیر تحویل
- ✓ تعداد مخابره‌های بسته مصرفی

پارامترهای موردنظر را بر اساس معیارهای بالا بررسی می‌شود:

- ✓ تعداد اعضا هر RSU: تعداد خودروهای عضو هر RSU (در گروه‌های تحت مشاهده) بین ۱۰ تا ۵۰ عدد است (مقدار پیش‌فرض ۲۵ است).
- ✓ تعداد خودروها: تعداد خودروها در شبکه بین ۵۰ تا ۲۰۰ عدد است (مقدار پیش‌فرض ۱۰۰ است).

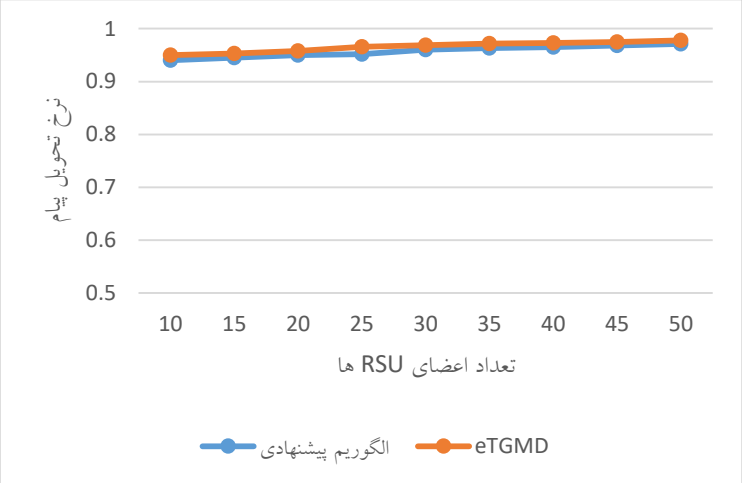
در شکل ۱، RSU های شماره ۴ و ۹ و ۴۰ به‌عنوان نقاط ثابت هدف و سایر RSU ها به‌عنوان نقاط ثابت انتخاب شده‌اند.



شکل ۷: اجرای سناریو ششم و انتخاب گره‌های ٤ و ۹ و ٤۰ به‌عنوان گره ثابت هدف

نرخ تحویل پیام نسبت به تعداد اعضا RSU ها

در شکل ۸ نرخ تحویل پیام نسبت به تعداد اعضای RSU با مقادیر ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ را نمایش می‌دهد. در این شکل الگوریتم پیشنهادی با eTGMD مقایسه می‌شود. همان‌طور که در این شکل مشخص است با افزایش تعداد اعضای RSU نرخ تحویل پیام نیز افزایش می‌یابد.



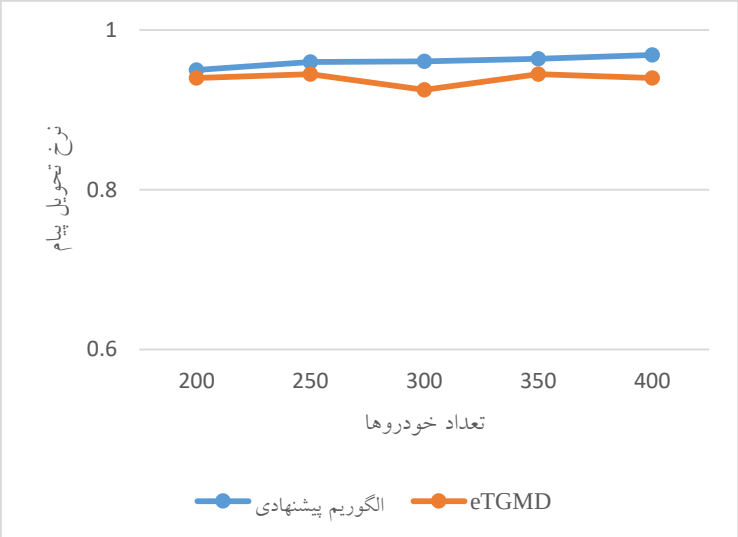
شکل ۸: نرخ تحویل پیام نسبت به تعداد اعضای RSU

در شکل ۸، با افزایش تعداد اعضای RSU ها نرخ تحویل بسته با افزایش تعداد خودروهای عضو، به‌اندازه ناچیزی افزایش می‌یابد. از علائم کارایی الگوریتم پیشنهادی میزان بالای نرخ تحویل بسته نسبت به تعداد اعضای RSU ها است. در واقع الگوریتم پیشنهادی با تعداد اعضای کم RSU نیز به‌خوبی عمل می‌نماید.

نرخ تحویل پیام نسبت به تعداد خودروها

در شکل ۹ نرخ تحویل پیام نسبت به تعداد خودروها با تعداد ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰ و ۴۰۰ خودرو را نمایش می‌دهد. در این شکل الگوریتم پیشنهادی با eTGMD مقایسه می‌شود. الگوریتم پیشنهادی ازنظر نرخ تحویل پیام با افزایش تعداد خودرو تغییر زیادی نمی‌کند. در واقع

مسیریابی بهینه و مناسب پیام با استفاده از الگوریتم Dijkstra مبتنی بر ارتباط V2I به همراه وزن دهی مناسب در زمان شبیه‌سازی عامل این ثبات در نتایج نرخ تحویل پیام شده است.

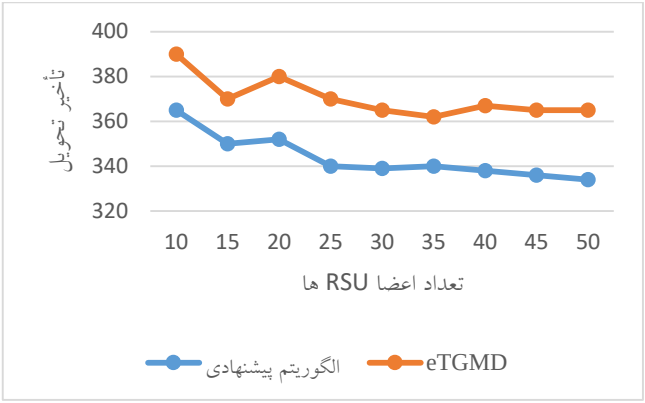


شکل ۹: نرخ تحویل پیام نسبت به تعداد خودروها

در شکل ۹ با افزایش تعداد اعضای خودرو نرخ تحویل بسته به‌اندازه ناچیزی افزایش می‌یابد. از علائم کارایی الگوریتم پیشنهادی میزان بالای نرخ تحویل بسته نسبت به تعداد خودروها است. در واقع الگوریتم پیشنهادی با تعداد خودرو کم نیز به‌خوبی عمل می‌نماید.

تأخیر تحویل نسبت به تعداد اعضا RSU ها

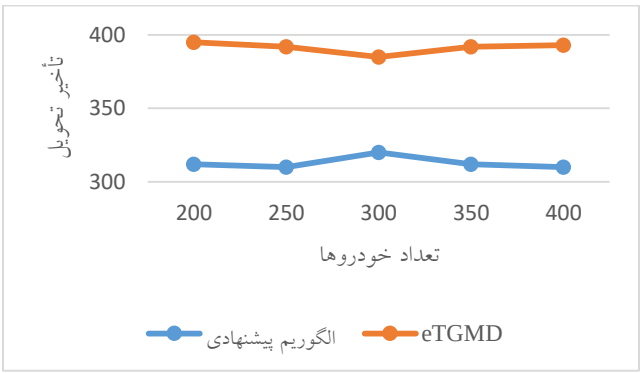
در شکل ۱۰ تأخیر تحویل نسبت به تعداد اعضای RSU با مقادیر ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ را بررسی نموده است. هراندازه تعداد اعضای هر RSU بیشتر شود به ازای یک پیام همه پخشی ارسال‌شده تعداد بیشتری خودرو آن را دریافت می‌کنند. لذا به همین دلیل تأخیر کمتری با افزایش تعداد اعضای RSU ها کاهش می‌یابد.



شکل ۱۰: تأخیر تحویل نسبت به تعداد اعضای RSU

تأخیر تحویل نسبت به تعداد خودروها

در شکل ۱۱ تأخیر تحویل نسبت به تعداد خودروها با تعداد ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰ و ۴۰۰ خودرو را نمایش می‌دهد. الگوریتم پیشنهادی نسبت به الگوریتم eTGMD مقایسه می‌شود.

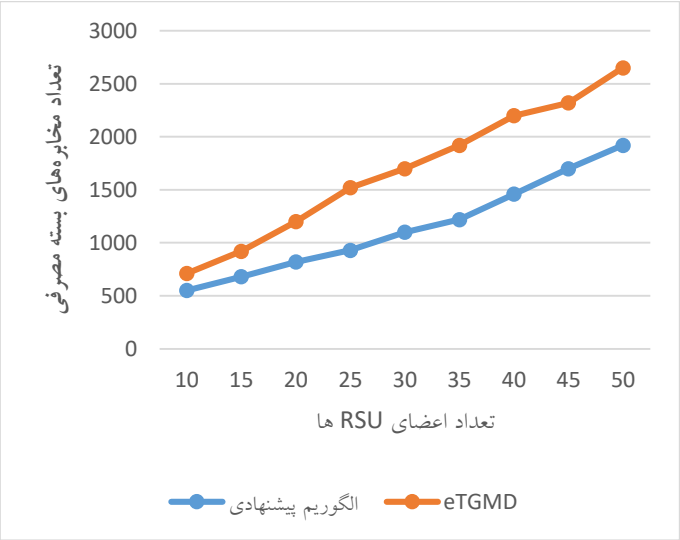


شکل ۱۱: تأخیر تحویل نسبت به تعداد خودروها

الگوریتم پیشنهادی ازنظر تأخیر تحویل نسبت به تعداد خودروها نسبت به الگوریتم eTGMD شرایط بهتری را داراست. دلیل برتری الگوریتم پیشنهادی استفاده بهینه از الگوریتم Dijkstra و وزن دهی مناسب است.

تعداد مخابره‌های بسته مصرفی نسبت به تعداد اعضا RSU ها

در شکل ۱۲ تعداد مخابره‌های بسته مصرفی را نسبت به تعداد اعضا نمایش می‌دهد. در این شکل الگوریتم پیشنهادی با eTGMD مقایسه می‌شود. همان‌طور که در شکل ۶ مشخص است با افزایش تعداد اعضای RSU تعداد مخابره‌های بسته مصرفی نیز افزایش می‌یابد. قطعاً افزایش تعداد اعضای RSU بستر تبادل پیام را شلوغ‌تر و تعداد مخابره‌ها را افزایش می‌دهد.



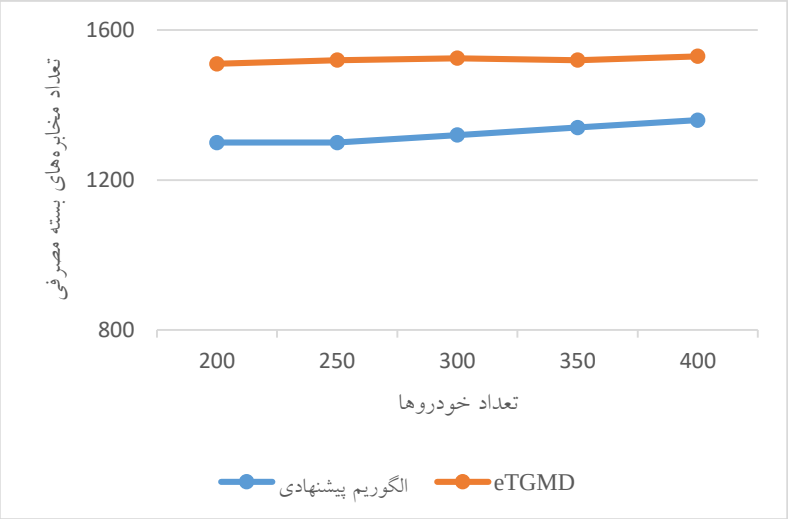
شکل ۱۲: تعداد مخابره‌های بسته مصرفی را نسبت به تعداد اعضاRSU

تعداد مخابره‌های بسته مصرفی نسبت به تعداد خودروها

در شکل ۱۳ تعداد مخابره‌های بسته مصرفی را نسبت به تعداد خودروها را نمایش می‌دهد. در این شکل الگوریتم پیشنهادی با eTGMD مقایسه می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱۳ مشخص است با افزایش تعداد گره‌های تعداد مخابره‌های بسته مصرفی نیز افزایش می‌یابد.

به‌صورت نظری، با افزایش تراکم خودروها، یافتن یک «ارسال‌کننده بی‌سیم» یا «حمل‌کننده خودرویی» هنگام فرایند تحویل پیام آسان‌تر خواهد شد. درنتیجه، شکل ۷ تعداد پیام‌های ارسالی

را نشان می‌دهد.

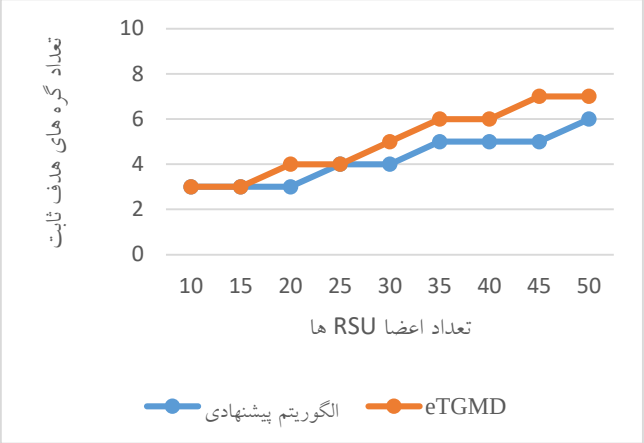


شکل ۱۳: تعداد مخابره‌های بسته مصرفی را نسبت به تعداد خودروها

تعداد گره‌های هدف ثابت نسبت به تعداد RSU ها

در زمان ارسال پیام در الگوریتم پیشنهادی همه پخشی پیام تعدادی از RSU ها وظیفه ارسال پیام را بر عهده دارند. لذا به شکل میانگین و بعد از ۱۰۰ بار اجرای الگوریتم پیشنهادی تعداد گره‌های هدف ثابت را بر اساس تعداد ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ عضو در هر RSU محاسبه و در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

در واقع هدف از الگوریتم پیشنهادی نیز کاهش همین تعداد گره‌های هدف ثابت نسبت به سایر الگوریتم‌ها ازجمله eTGMD است.



شکل ١٤: تعداد گره‌های هدف ثابت نسبت به تعداد RSU ها

تعیین نقاط ثابت هدف

در مناطق شهری نقاطی هستند که معمولاً تعداد زیادی خودرو از آن‌ها عبور می‌کنند. در یک سیستم پوشش کامل، باید نقاط ثابت هدف را به‌گونه‌ای انتخاب کنیم که کلیه خودروها حداقل از یکی از این نقاط عبور کنند. جهت تعیین این نقاط گام‌های زیر را پیاده‌سازی می‌شوند.

گام اول: دنبال خودروهایی می‌گردیم که فقط از یک گره عبور کرده باشند. این گره‌ها به‌عنوان گره ثابت هدف انتخاب می‌شوند.

گام دوم: تعداد خودروهای عبور شده از همه گره‌های ثابت باقی‌مانده را محاسبه می‌کنیم.

گام سوم: فاصله کلیه گره‌های ثابت را با AP محاسبه می‌کنیم.

گام چهارم: میزان نرخ تعداد خودرو بر فاصله را برای هر گره ثابت باقیمانده را از فرمول (۱) محاسبه می‌شود.

$$\propto [\mathbf{i}] = \frac{\boldsymbol{NumberCar[i]}}{\boldsymbol{Distance[i]}} \qquad (۱)$$

گام پنجم: میزان نرخ سرعت انتقال داده بر پهنای باند را برای هر گره ثابت باقی‌مانده به‌عنوان ضریب $\boldsymbol{\beta}$ طبق فرمول ۲ محاسبه می‌شود.

$$\boldsymbol{\beta[i]} = \frac{\boldsymbol{Bitrate[i]}}{\boldsymbol{BandWidth[i]}} \quad (۲)$$

کلیه گره‌ها را بر اساس ضریب $\propto$ و ضریب β رتبه‌بندی می‌نماییم. به این شکل که گره‌ای که ضریب $\propto$ و ضریب β بیشتری دارد رتبه ۱ فرآیند رتبه‌بندی بر اساس الگوریتم برنامه‌ریزی آرمانی فازی انجام می‌شود. فرآیند رتبه‌بندی بر اساس الگوریتم برنامه‌ریزی آرمانی فازی با فرمول (۳) است.

$$\begin{aligned}
&\mathrm{Max}(\propto) = \max(\propto [\mathrm{i}])\\
&\mathrm{Max}(\beta) = \max(\beta[\mathrm{i}])\\
&\\
&\mathrm{if}\big(\mathrm{Current}(\propto) == \mathrm{Max}(\propto)\big)\ \mathrm{Weight}(\propto) = 1\\
&\mathrm{else\ Weight}(\propto) = \frac{\mathrm{Current}(\propto)}{\mathrm{Max}(\propto)}\\
&\mathrm{if}\big(\mathrm{Current}(\beta) == \mathrm{Max}(\beta)\big)\ \mathrm{Weight}(\beta) = 1\\
&\mathrm{else\ Weight}(\beta) = \frac{\mathrm{Current}(\beta)}{\mathrm{Max}(\beta)}\\
&\mathrm{Weight} = \mathrm{Weight}(\propto) + \mathrm{Weight}(\beta)\\
&\mathrm{Max\ Z} = \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{Number}} \propto [\mathrm{i}]\\
&\mathrm{Max\ Z} = \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{Number}} \beta[\mathrm{i}]
\end{aligned} \quad (۳)$$

گام ششم: گره‌هایی که رتبه بالاتری به گره‌های ثابت هدف انتخاب می‌شوند.

گام هفتم: میزان نرخ تعداد خودروهایی که عضو یکی از گرهای ثابت هدف هستند را نسبت به‌کل خودروها به‌عنوان ضریب ∂ محاسبه طبق فرمول (۴) محاسبه می‌شود.

$$\partial = \frac{Number_car_Join}{Number_car} \quad (۴)$$

اگر ضریب ∂ کوچک‌تر از ۰/۹ بود گام اول تا هفتم مجدداً تکرار می‌شود. اگر ضریب ∂

بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۹ و کوچک‌تر از ۱ بود، گام هشتم اجرا می‌شود.
گام هشتم: خودروهایی که عضو هیچ‌کدام از گره‌های ثابت هدف انتخابی نیستند را در یک لیست قرار می‌دهیم. سپس برای هر خودرو بررسی می‌کنیم که از کدام گره ثابت عبور می‌کند. آن گره را به‌عنوان گره ثابت هدف انتخاب می‌نماییم. این کار را آن‌قدر ادامه می‌دهیم که ضریب ∂ برابر ۱ شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه در این پژوهش ۶ سناریو زیر پیاده‌سازی گردید:
در سناریو اول که مربوط به اعلام تجاوز از سرعت مطمئن خودرو است، اطلاعات خودرو متجاوز از سرعت مجاز به مراکز اعمال قانون راهنمایی رانندگی ارسال می‌گردد؛ اما مزیت این سناریو نسبت به سیستم پیشین در این است که در سیستم پیشنهادی در هرلحظه، حرکت رفتارهای راننده و خودرو پایش گردیده و تخلفات انجام‌شده ثبت می‌گردد، اما در سیستم‌های جاری رفتار ترافیکی راننده فقط در محدوده دوربین‌های کنترل سرعت فرآیند کنترل و ثبت می‌گردد. در این سناریو کلیه تخلفات به سرور مرکزی ارسال و ذخیره می‌شود.
در سناریو دوم که مربوط به اعلام ورود به محدوده طرح ترافیک است اطلاعات خودرو متخلف به مراکز اعمال قانون راهنمایی رانندگی ارسال می‌گردد. در این سناریو هنگام ورود خودرو به محدوده طرح ترافیک تا لحظه خروجش اطلاعات خودرو به همراه زمان آن ذخیره می‌گردد؛ اما در سیستم‌های فعلی، اطلاعات فقط از زمان و مکان ورود خودرو در سیستم ثبت می‌گردد. در واقع مزیت این سناریو در ردیابی و پایش کامل خودروهای واردشده به محدوده طرح است.
در سناریو سوم که مربوط به اعلام ورود به محدوده طرح زوج و فرد است، اطلاعات خودرو متخلف به مراکز اعمال قانون راهنمایی رانندگی ارسال می‌گردد. در سناریو سوم در زمان ورود خودرو به طرح زوج و فرد تا لحظه خروجش اطلاعات خودرو به همراه زمان آن ذخیره می‌گردد؛ اما در سیستم‌های فعلی، اطلاعات فقط از زمان و مکان ورود خودرو در سیستم ثبت می‌گردد. در واقع مزیت این سناریو در ردیابی کامل خودروهای واردشده به محدوده طرح

است.

در سناریو چهارم اعلام خرابی و نقص فنی خودرو است، بر اساس این سناریو اطلاعات خودروهای دارای نقص فنی به مراکز امداد خودرو ارسال می‌گردد. مزیت سیستم پیشنهادی ردیابی لحظه‌به‌لحظه خودرو دارای نقص فنی و همچنین اطلاع سیستم مرکزی از کلیه خودروهای امداد دهنده و امداد گیرنده است؛ اما در سیستم‌های فعلی، فقط درخواست و موقعیت جغرافیایی مشتری به شکل تلفنی اطلاع داده می‌شود. در واقع ارائه یک سیستم جامع برای مراکز امداد خودرو، عامل افزایش کیفیت خدمات ارائه شده می‌گردد.

در سناریو پنجم اعلام حادثه برای خودرو است که طی آن اطلاعات خودرو حادثه‌دیده به نزدیک‌ترین مرکز اورژانس ارسال می‌گردد. مزیت سیستم پیشنهادی، ردیابی لحظه‌به‌لحظه صدمه دیدگان خودرو تصادف کرده و همچنین اطلاع سیستم مرکزی از کلیه خودروهای امداد گیرنده و امداد دهنده نظیر اورژانس است؛ اما در سیستم‌های فعلی، فقط درخواست و موقعیت جغرافیایی صدمه‌دیده به شکل تلفنی اطلاع داده می‌شود.

در سناریو ششم، سیستم اعلام سرقت خودرو و ارسال پیام همه پخشی با حداقل هزینه از طریق RSU پیاده‌سازی گردید. مزیت این سناریو در این است که در هرلحظه اطلاعات و موقعیت جغرافیایی خودرو مسروقه رصد می‌گردد؛ اما در سیستم‌های فعلی از موقعیت جغرافیایی خودرو مسروقه اطلاعاتی وجود ندارد.

در سناریو ششم، مسئله تحویل پیام گروهی I2V مبتنی بر خط سیر مورد تحقیق قرار گرفت. این مسئله فرمول سازی گردید و بر همین مبنا اثبات شد که مسئله از نوع NP-Hard است. یکی از روش‌های بسیار مناسب جهت حل مسئله NP-Hard استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی پویا است. استفاده از روش الگوریتم برنامه‌ریزی آرمانی جهت کاهش تعداد گره‌های ثابت هدف می‌شود که کاهش این عامل باعث کاهش تعداد پیام‌های ارسالی می‌گردد.

منابع

Chen, C. (2001). Freeway Performance Measurement system: Mining loop detector data, 96-102.

Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S. & Palaniswami, M.(2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660.

Curry, E., Dustdar, S., Sheng, Q.Z. & Sheth, A. (2016). Smart cities–enabling services and applications.

Al Nuaimi, E., Al Neyadi, H., Mohamed, N. and Al-Jaroodi, J., 2015. Applications of big data to smart cities. *Journal of Internet Services and Applications*, *6*(1), p.25.

Jalali, R., El-khatib, K., & Mc Gregor, C. (2015).Smart city architecture for community level services through the internet of things, *2015 18th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks*, Paris,108-113.

Crainic, T.G., Gendreau, M. & Potvin, J.Y. (2009). Intelligent freight-transportation systems: Assessment and the contribution of operations research. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17(6): 541-557.

Al-Sultan, S., Al-Doori, M. M., Al-Bayatti, A. H. & Zedan, H. (2014). A comprehensive survey on vehicular ad hoc network. *Journal of network and computer applications*, *37*, 380-392.

Faezipour, M., Nourani, M., Saeed, A. & Addepalli, S. (2012). Progress and challenges in intelligent vehicle area networks. *Communications of the ACM*, *55*(2),90-100.

Anwer, M.S. & Guy, C. (2014). A survey of VANET technologies. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, *5*(9), 661-671.