

Proposing a Two-Level Architecture to increase Quality of Service in Vehicular Ad hoc Networks

Z. Momeni GHahfarokhi¹, M. Ghazvini², O. Abedi³

¹*Associate Professor, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received: 2024/10/30, Revised: 2025/02/17, Accepted: 2025/03/13, Published: 2025/04/21

DOR: <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23224347.1404.13.1.1.6>

ABSTRACT

Vehicular ad hoc networks is one of the examples of intelligentization is the development of transportation infrastructure, which has led to the creation of new architectures based on cloud and fog computing. Mobility and high speed of vehicles lead to instability in these types of networks and create obstacles in reliable information sharing. Clustering-based solutions are an optimal solution for network stability, achieving various features such as service quality and information dissemination. Among the issues that play an effective role in the stability of the cluster, we can mention how to build the cluster, how to choose the cluster head, and how to transfer data. In other words, one of most important challenges in these networks is how to cluster and select the cluster head. One of the main disadvantages of clustering algorithms is cluster instability and inappropriate cluster head selection. In this research, a two-level clustering method for case networks between vehicles is presented, whose lower level (the level close to the cars) is named as fog and its upper level (the level close to the infrastructure) is named as the cloud. Local data transmission and location management structures are performed at the fog level, and other operations related to data transfer to the infrastructure and sometimes distributed computing are performed through the cloud. The proposed method performs clustering with the criteria of speed, direction and location, and increases the stability of the cluster by selecting the appropriate cluster head. In addition, by providing a routing algorithm based on predicting the way cars move, the load is divided between the cluster head, the cloud, and the car. It can simultaneously improve the overhead and service quality of the inter-vehicle ad hoc network. Another disadvantage of the methods is the delay in sending information. The proposed method reduces the delay by making predictions and sending information correctly. The results of simulations show that compared to similar methods, the proposed method uses fewer steps to send information and improves the delay, delivery rate, and clustering overhead by 41, 18, and 29 percent respectively.

Keywords: VANET, Cloud computing, Fog computing, Prediction, Clustering.

*Corresponding Author Email: mghazvini@uk.ac.ir

ارائه یک ابر دوسطحی به منظور افزایش کیفیت سرویس در شبکه‌های سیار موردی بین خودرویی

زهرا مؤمنی قهفرخی^۱، مهدیه قزوینی^{۲*}، امید عابدی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، ۲- دانشیار، ۳- استادیار، دانشگاه شهید باهنر کرمان

DOR: <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23224347.1404.13.1.1.6>

(دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۹، بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۲۹، پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۳، انتشار: ۱۴۰۴/۰۲/۰۱)

چکیده

یکی از مصداق‌های هوشمند سازی، توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل با استفاده از شبکه‌های موردی بین خودرویی است که باعث ایجاد معماری‌های جدیدی بر پایه رایانش ابری و مه شده است. تحرک و سرعت بالای وسایل نقلیه، منجر به بی‌ثباتی در این نوع شبکه‌ها و ایجاد موانعی در اشتراک‌گذاری مطمئن اطلاعات می‌شود. راه‌حل‌های مبتنی بر خوشه‌بندی به‌عنوان یک راه حل بهینه برای پایداری شبکه، دستیابی به امکانات مختلف مانند کیفیت خدمات و انتشار اطلاعات هستند. از جمله مسائلی که در پایداری خوشه نقش مؤثری دارند می‌توان به نحوه ساخت خوشه، روش‌های انتخاب سرخوشه و نحوه انتقال داده‌ها اشاره کرد. به عبارتی چالش اصلی در این شبکه‌ها، نحوه خوشه‌بندی و انتخاب سرخوشه است. یکی از معایب اصلی الگوریتم‌های خوشه‌بندی ناپایداری خوشه و انتخاب نامناسب سرخوشه است. در این پژوهش، یک روش خوشه‌بندی دوسطحی برای شبکه‌های موردی بین خودرویی ارائه شده است که سطح پایین آن (سطح نزدیک به خودروها) به‌عنوان مه و سطح بالای آن (سطح نزدیک به زیرساخت) به‌عنوان ابر نام‌گذاری شده است. ارسال داده‌های محلی و ساختارهای مربوط به مدیریت موقعیت، در سطح مه انجام می‌پذیرند و سایر عملیات که مربوط به انتقال داده به زیرساخت و در برخی مواقع محاسبات توزیع شده می‌باشند از طریق ابر انجام می‌شوند. روش پیشنهادی خوشه‌بندی را با معیارهای سرعت، جهت و موقعیت مکانی انجام می‌دهد و با انتخاب سرخوشه مناسب پایداری خوشه را بیشتر می‌کند کار دیگری که روش پیشنهادی انجام می‌دهد جایگزینی به‌موقع سرخوشه برای جلوگیری از بین رفتن خوشه است. به‌علاوه، با ارائه یک الگوریتم مسیریابی مبتنی بر پیش‌بینی نحوه حرکت خودروها بار بین سرخوشه، ابر و خودرو تقسیم می‌شود که این تقسیم‌بندی وظایف بین مه و ابر ضمن کاهش بار روی زیرساخت شبکه، با متعادل سازی بار بین مه و ابر، می‌تواند باعث بهبود هم‌زمان سربار و کیفیت سرویس شبکه موردی بین خودرویی شود. یکی دیگر از معایب روش‌ها تأخیر در ارسال اطلاعات است که روش پیشنهادی با انجام پیش‌بینی و ارسال درست اطلاعات تأخیر را کاهش می‌دهد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در مقایسه با روش‌های مشابه، از تعداد گام کمتری برای ارسال اطلاعات استفاده می‌کند و تأخیر، نرخ تحویل و سربار خوشه بندی را به‌طور متوسط به ترتیب ۴۱، ۱۸ و ۲۹ درصد بهبود می‌بخشد.

کلیدواژه‌ها: VANET، رایانش ابری، رایانش مه، پیش‌بینی، خوشه‌بندی

۱. مقدمه

مسیر، خودروها توسط GPS^۴، مکان خود را به مرکز خاصی اعلام می‌کنند تا با استفاده از اطلاعات دریافتی، سعی در استخراج تصویر لحظه‌ای شبکه و خودروها انجام شود. همچنین در فواصل مشخصی، اطلاعات مربوط به پیام‌ها، توسط ایستگاه‌های کنار جاده‌ای^۵ به نام RSU اطلاع داده می‌شود تا پیش‌بینی کلی در مورد رویدادهای تمام مناطق به دست آید. این نکته حائز اهمیت است که ارتباط میان OBU و RSU، توسط کانال‌های فیزیکی صورت می‌گیرد. در نهایت ثبت اطلاعات خودرو مانند مکان،

شبکه‌های موردی بین خودرویی^۱ (VANET) با ارائه اطلاعات مهم در مورد جاده‌ها، وضعیت ترافیک، پیام‌های ایمنی، سرگرمی و... نقش مهمی در سیستم حمل‌ونقل هوشمند^۲ (ITS) ایفا می‌کنند. در VANET، در بازه‌های زمانی خاص، پیام‌های مربوط به سرعت، ترافیک، علائم جاده‌ای، وضعیت ترمز و... توسط واحد داخل خودرو^۳ (OBU)، به سایر خودروها پخش می‌شود؛ و در صورت وجود ترافیک، تصادفات و یا هر موقعیت اضطراری در

: رایانامه نویسنده مسئول mghazvini@uk.ac.ir*

^۱ Vehicular Ad hoc Networks^۲ Intelligent Transportation System^۳ On Board Unit^۴ Global Positioning System^۵ Road Side Unit

کیفیت خدمات و انتشار اطلاعات است [۵]. از جمله مسائلی که در پایداری خوشه نقش مؤثری دارند می‌توان به نحوه ساخت خوشه، روش‌های انتخاب CH و نحوه انتقال داده‌ها اشاره کرد. در این پژوهش، خوشه‌بندی باهدف ایجاد تعادل بار انجام می‌شود. درنهایت با استفاده از خوشه‌بندی، می‌توان به پایداری بیشتری دست‌یافت و توازن بار بین گره‌ها را برقرار کرد. ایجاد توازن بار بین گره‌ها از تحمیل بار، بر روی یک گره خاص جلوگیری می‌نماید. نوآوری‌های استفاده‌شده در این مقاله به شرح زیر است:

- ارائه یک روش خوشه‌بندی جدید
- انتخاب CH مناسب
- استفاده از تکنیک پیش‌بینی اطلاعات جهت بهبود دقت خوشه‌بندی و ازدست‌رفتن اطلاعات
- به‌روزرسانی اطلاعات
- الویت بندی ارسال اطلاعات
- توزیع داده‌ها در بین سطوح مختلف ابر و مه

در ادامه ساختار مقاله به این صورت است، بخش ۲ کارهای انجام‌شده قبلی را معرفی می‌کند. در بخش ۳ روش پیشنهادی و الگوریتم‌های پیشنهادی آمده است. بخش ۴ نتایج شبیه‌سازی و ارزیابی را نشان می‌دهد و درنهایت در بخش ۵ با جمع‌بندی و نتیجه‌گیری، مقاله به پایان می‌رسد.

۲. کارهای مرتبط

یکی از مهم‌ترین بخش‌های VANET خوشه‌بندی و ارسال اطلاعات است. مهم‌ترین الگوریتم‌های خوشه‌بندی و روش‌های ارسال اطلاعات در شبکه‌های خودرویی در ادامه آمده است.

۲-۱. مروری بر کارهای انجام‌شده در خوشه‌بندی

الگوریتم‌های خوشه‌بندی با توجه به نحوه ایجاد خوشه و همچنین معیار انتخاب CH به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. شکل (۱) دسته‌بندی روش‌های گوناگون خوشه‌بندی بر اساس معیارهای متفاوت نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال، در الگوریتم کمترین شناسه [۶]، هر گره با شناسه جداگانه تعیین می‌شود که به‌طور تصادفی بین گره‌ها توزیع می‌شود. CH در این الگوریتم بر اساس همان تعداد شناسه‌های اختصاص داده‌شده به گره‌ها انتخاب می‌شود. به این ترتیب گره‌ای با کمترین شماره شناسه به‌عنوان CH انتخاب می‌شود. در روش خوشه‌بندی بالاترین درجه [۷]، درجه هر گره با توجه به فاصله آن از سایر گره‌های شبکه اندازه‌گیری می‌شود. گره‌ایی که بیشترین همسایه را داشته باشد به‌عنوان CH انتخاب می‌شود. این الگوریتم به خاطر پایداری خوشه بسیار خوب است، اما بازده کمتری نسبت به بقیه

سرعت و زمان توسط TPD^۶ انجام می‌شود. واحد TPD، یک دستگاه سخت‌افزاری رمزنگاری است که عملیات رمزنگاری و احراز هویت را انجام می‌دهد به‌طوری‌که اطلاعات آن توسط پلیس استخراج می‌گردد تا در بررسی صحنه تصادفات مورد استفاده قرار گیرد [۸].

در سال‌های اخیر با توسعه شهری کاربردهای اینترنت اشیاء، تعداد دستگاه‌های متصل به شبکه اینترنت و به دنبال آن حجم داده تبادل شده بین آن‌ها رشد شگرفی داشته است. از یک‌سو تجزیه و تحلیل این حجم از داده نیازمند منابع محاسباتی و ذخیره‌سازی است و از سوی دیگر نیاز است که تبادلات بلادرنگ و همچنین بعضاً سیار باشند لذا رایانش مه^۷ برای غلبه بر این مشکل معرفی شده است [۹]. محاسبات مه الگویی است که محاسبات ابری را تا لبه‌ی شبکه گسترش می‌دهد و برخلاف ابر متمرکزتر است. محاسبات مه به‌عنوان یک معماری جدید کاندیدای مناسبی برای VANET است تا الزاماتی مانند واکنش سریع به دستگاه‌ها، کاهش باربر روی ابر، تجزیه و تحلیل جریان داده‌های بی‌درنگ و... را فراهم نماید.

یکی از چالش‌های مستمر دستگاه‌های نظارت، محدودیت در دسترسی به پهنای باند وسیع و کیفیت سرویس است. کیفیت سرویس توانایی ارائه اولویت‌های مختلف برای برنامه‌های کاربردی، کاربران و جریان داده‌های مختلف را است. پنج ویژگی کلیدی در کیفیت خدمات عبارتند از: قابلیت اطمینان، انعطاف‌پذیری، عملکرد، امنیت و قابلیت استفاده است [۱۰]. یک راه‌حل برای استفاده مؤثر از پهنای باند در VANET‌ها خوشه‌بندی و انتخاب سرخوشه^۸ (CH) مناسب به‌عنوان نقطه اتصال به خوشه است. از آنجاکه وسایل نقلیه دائماً به خوشه می‌پیوندند و از آن خارج می‌شوند انتخاب CH در چنین محیط پویایی یک چالش مهم است. خوشه‌بندی به‌عنوان یکی از روش‌های افزایش طول عمر این شبکه‌ها است. پروتکل‌های مسیریابی سلسله‌مراتبی، شبکه را به خوشه‌هایی با دو نوع گره، CH و عضو یا گره عادی تقسیم می‌کنند. گره‌های CH، اطلاعات را از گره‌های عادی جمع‌آوری و بعد از تجمیع داده‌ها، آن‌ها را به ایستگاه اصلی ارسال می‌کند. با توجه به محدود بودن منبع انرژی در این شبکه‌ها، صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای افزایش طول و تداوم مأموریت شبکه لازم و ضروری است [۱۱].

چالش اصلی در VANET نحوه خوشه‌بندی و انتخاب CH است. تغییرات مکرر به دلیل سرعت بالای وسایل نقلیه، منجر به بی‌ثباتی در یک شبکه و ایجاد موانع در اشتراک‌گذاری مطمئن اطلاعات می‌شود. راه‌حل مبتنی بر خوشه‌بندی به‌عنوان یک راه حل بهینه برای پایداری شبکه، دستیابی به امکانات مختلف مانند

^۶ Tamper-Proof Device

^۷ Fog Computing

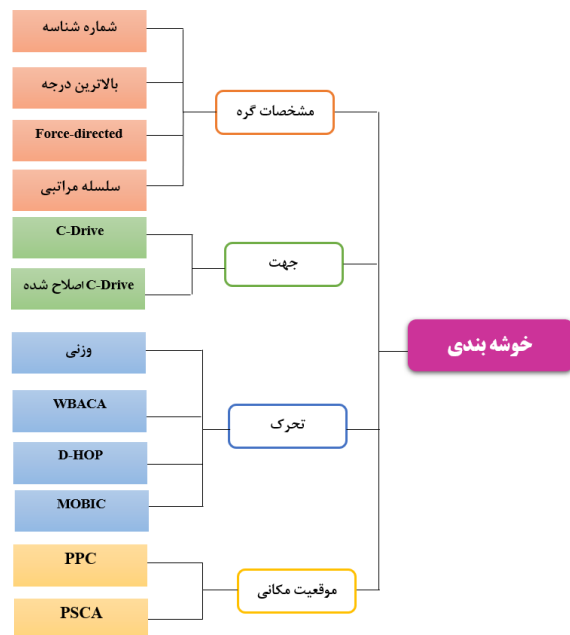
^۸ Cluster Head

خوشه‌بندی وزنی [۱۰]، اولین الگوریتمی است که سرعت و شتاب وسایل نقلیه را بررسی می‌کند. این الگوریتم، پارامترهای زیادی مانند قدرت فرستنده، حرکت گره، تغییرپذیری، درجه گره و همچنین توان گره را در نظر می‌گیرد. در این الگوریتم هر گره وظیفه اندازه‌گیری وزن خود را دارد و گره با کم‌ترین وزن به عنوان CH انتخاب می‌شود. در این روش برای ایجاد یک خوشه پایدارتر باید تمامی گره‌ها از وزن و سایر اطلاعات شبکه آگاه باشند.

در خوشه‌بندی تحرک^{۱۱} (MOBIC) [۱۱، ۱۲]، هر گره با ارسال و دریافت بسته HELLO از گره‌های مجاور خود، مطلع می‌شود. سپس هر گره با بررسی اطلاعات دریافتی، سطح توان دیگر گره‌ها را اندازه‌گیری می‌کند و جدول الگوی حرکتی را تکمیل می‌کند. در نهایت گره‌ایی که کمترین الگوی حرکتی را نسبت به بقیه گره‌های شبکه داشته باشد به عنوان CH انتخاب می‌شود. الگوریتم D-HOP [۱۳]، بر اساس الگوی حرکتی است. در این الگوریتم گره‌هایی که از نظر الگوی حرکتی مشابه هستند در یک خوشه قرار می‌گیرند. هر گره در شبکه به صورت دوره‌ای در فواصل زمانی معین بسته HELLO را به شبکه ارسال می‌کند. در این الگوریتم بسته شامل اطلاعاتی در مورد حرکت گره‌ها است که گره‌ها می‌توانند بر اساس الگوی حرکت در یک خوشه قرار بگیرند. سپس هر گره با توجه به اطلاعات دریافتی از گره‌های مجاور، جدولی از اطلاعات دریافتی ایجاد می‌کند و الگوی حرکت هر گره را بررسی و مقایسه می‌کند. در مرحله بعد گره با کمترین الگوی حرکتی به عنوان CH انتخاب می‌شود. الگوریتم خوشه‌بندی تطبیقی مبتنی بر وزن^{۱۲} (WBACA) [۱۴]، برای بهبود کاستی‌های الگوریتم خوشه‌بندی وزنی پیشنهاد شده است. در الگوریتم خوشه‌بندی وزنی به دنبال گره با کمترین وزن در بین تمام گره‌ها هستیم. گره با کم‌ترین وزن به عنوان CH انتخاب می‌شود. در این الگوریتم نرخ انتقال، توان فرستنده، الگوی حرکت و همچنین سطح باتری در تشکیل خوشه مؤثر است.

الگوریتم IC-Drive [15, 16]، بر اساس تغییر جهت ماشین در سه جهت مستقیم، راست و چپ کار می‌کند و برای هر یک از این جهت‌ها باید یک خوشه تشکیل شود. قبل از رسیدن به تقاطع، هر وسیله نقلیه یک بسته HELLO را ارسال می‌کند تا خوشه‌های احتمالی را پس از تقاطع بررسی کند. عیب این روش این است که انتخاب CH تنها با در نظر گرفتن جهت حرکت خودرو انجام می‌شود. برای بهبود معایب روش C-Drive، الگوریتم خوشه‌بندی C-Drive اصلاح شده [۱۷] پیشنهاد شده است. هدف این الگوریتم، تغییر خط‌مشی انتخاب CH در الگوریتم اصلی است. سه نقطه فرضی در طول مسیر در نظر گرفته

الگوریتم‌ها دارد. دلیل این امر عدم وجود تعداد مشخصی عضو در یک خوشه است. به عبارت دیگر، در این الگوریتم هیچ‌گونه محدودیتی برای اندازه خوشه وجود ندارد.



شکل (۱). دسته‌بندی الگوریتم‌های خوشه‌بندی

الگوریتم به‌زور هدایت شده^۹ [۸]، روش دیگری است که در آن هر گره بر اساس فاصله، سرعت خود و دیگر گره‌ها نیروی خاصی را به گره‌های دیگر تحمیل می‌کند. اگر اندازه‌ی کل نیروی وارد شده توسط وسیله نقلیه مثبت باشد به این معنی است که وسایل نقلیه در یک جهت حرکت می‌کنند. ولی اگر مجموع نیروی وارده به وسیله نقلیه منفی باشد به این معنی است که وسایل نقلیه در حال دور شدن از یکدیگر هستند. این اعمال نیرو به عنوان معیاری برای انتخاب CH در نظر گرفته می‌شود و CH با توجه به این که کدام گره همسایه‌های مثبت بیشتری دارد انتخاب می‌شود.

خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی [۹]، از روش ارسال زمان‌بندی، به منظور جلوگیری از تداخل و داشتن ارتباط معتبر استفاده می‌کند. در این روش ارسال فقط با اجازه CH و اختصاص یک‌زمان مشخص برای عضو صورت می‌گیرد. سلسله‌مراتب در نظر گرفتن این الگوریتم عبارت است از: گره CH، گره رله و گره برده^{۱۰}. گره‌های برده، گره معمولی در شبکه هستند. گره رله، گره‌ای است که وظیفه انتقال پیام‌های سر خوشه به گره‌های معمولی را بر عهده دارد. گره CH هم وظیفه مدیریت و هماهنگی در خوشه را بر عهده دارد. در انتخاب CH، گره رله با توجه به سرعت، شتاب و موقعیت جغرافیایی وسیله نقلیه، آن را به عنوان CH انتخاب می‌کند.

^{۱۱} Mobility Clustering

^{۱۲} Weight Based Adaptive Clustering Algorithm

^۹ Force-directed

^{۱۰} Slave

در جدول ۱ خلاصه‌ای از مزایا و معایب الگوریتم‌های خوشه‌بندی موردبررسی آورده شده است.

جدول (۱). مزایا و معایب الگوریتم‌های خوشه‌بندی

الگوریتم	معایب	مزایا	مرجع
مبتنی بر شماره شناسه	به دلیل تخصیص تصادفی شماره شناسه به گره‌ها و عدم توجه به ویژگی‌های بارز گره، یک تصمیم و قضاوت ضعیف است.	تعداد خوشه کم و بازده بالا	[۶]
سلسله‌مراتبی	عیب این روش این است که فرآیند انتخاب CH به طور کامل و به‌درستی انجام نمی‌شود.	زمان‌بندی برای ارسال که جلوگیری می‌کند از تداخل	[۹]
C-Drive	انتخاب CH تنها با در نظر گرفتن جهت حرکت خودرو انجام می‌شود.	خوشه‌بندی در تقاطع‌ها	[۱۶، ۱۵]
PSCA	نیاز به پیش بینی رفتار راننده	بهبود پایداری خوشه	[۱۸]

۲-۲. مروری بر کارهای انجام‌شده در ارسال اطلاعات

در الگوریتم ارسال پیام به‌صورت چند گامی^{۱۸} [۲۲]، پیامی که از گره فرستنده ارسال می‌شود، قبل از اینکه به گره گیرنده برسد، از چندین گره عبور می‌کند. نگرانی اصلی در این روش این است که در طول این گام‌ها یکپارچگی داده از بین برود و داده‌ها به‌صورت دست‌خورده دریافت شوند. رویکرد مسیریابی اعتماد اجتماعی جغرافیایی (GSTR)^{۱۹} پیام‌ها با استفاده از گام‌های متعدد و با در نظر گرفتن کاربران موجود در شبکه وسایل نقلیه منتشر می‌شوند. GSTR با این فرض پیشنهاد شده است که کاربران از نظر اجتماعی به هم متصل هستند. کاربران بر اساس قابلیت اعتماد انتخاب می‌شوند و مسیر ارسال پیام بر اساس بالاترین سطح اعتماد هر گره محاسبه می‌شود.

پخش خودروی چند گامی^{۲۰} (MHVB) پروتکل مسیریابی مبتنی بر فاصله است [۲۳]؛ مانند سایر پروتکل‌های مسیریابی موردبحث، گیرنده زمان انتظار خود را بر اساس فاصله تا وسیله نقلیه مبدأ محاسبه می‌کند؛ بنابراین، کمترین زمان انتظار در حداکثر فاصله تا وسیله نقلیه مبدأ به‌وسیله نقلیه اختصاص می‌یابد. پس از اتمام زمان انتظار، خودرو شروع به پخش مجدد

می‌شود نقطه شروع، نقطه پایان و نقطه آستانه. نقطه شروع لحظه شروع تشکیل خوشه و نقطه پایانی لحظه اتمام مراحل تشکیل خوشه است و فاصله آستانه نیز به‌عنوان فضای بهینه برای انتخاب خوشه در نظر گرفته می‌شود. وسایل نقلیه بدون در نظر گرفتن سرعتشان اجازه دارند قبل از رسیدن به تقاطع در یک خوشه قرار بگیرند. در این روش CH بر اساس فاصله با سایر ماشین‌ها و جهت حرکت انتخاب می‌شود.

لی و همکارانش [۱۸]، یک روش جدید خوشه‌بندی حساس به موقعیت^{۱۳} (PSCA) پیشنهاد کردند. الگوریتم خوشه‌بندی مبتنی بر موقعیت از معیارهای مکان و توپولوژی، مانند موقعیت جغرافیایی و تغییرات فضایی استفاده می‌کند. این الگوریتم یکی از مؤثرترین راه‌حل‌ها برای خوشه‌بندی است و عملکرد VANET را تا حد زیادی بهبود می‌بخشد. CH به‌صورت دوره‌ای پیام کنترلی را در یک‌زمان مشخص پخش می‌کند. هر عضو خوشه باید اطلاعات موقعیت خود را در زمان مشخص‌شده به CH ارسال کند و CH این اطلاعات را ذخیره و استفاده می‌کند. انتخاب CH بر اساس اصل رقابت انجام می‌گیرد. در [۱۹]، نویسندگان یک پروتکل خوشه‌بندی مبتنی بر چند عامل^{۱۴} (MDDC) را پیشنهاد کردند که این طرح پیشنهادی یک روش برای تعیین CH پایدار است. CH انتخاب‌شده باید دارای درجه اتصال بالاتر (تعداد همسایگان بیشتر)، سرعت متوسط کمتر و زمان سفر طولانی‌تر در بین همه‌ی خودروها باشد. عضو از خوشه^{۱۵} (CM) که دارای بالاترین معیار پایداری است به‌عنوان CH انتخاب می‌شود. فاکتورهای وزنی توسط وسیله نقلیه آغازگر تعیین می‌شود. باین حال، انتخاب فاکتورهای وزنی به‌طور مفصل توضیح داده نشده است. در [۲۰]، نویسندگان یک روش خوشه‌بندی چند گامی معروف به خوشه‌بندی مبتنی بر اولویت^{۱۶} (PPC) را پیشنهاد کردند که در آن ساختار خوشه با اطلاعات موقعیت جغرافیایی و اولویت‌های اختصاص داده‌شده به وسایل نقلیه تعیین می‌شود. در این رویکرد، فرآیند انتخاب CH شبیه به مجموعه‌های مورد استفاده در نظریه گراف است. معیار انتخاب CH سرعت نسبی، زمان سفر و سرعت شناسه است. روش خوشه‌بندی مبتنی بر آستانه^{۱۷} (TB) یک رویکرد خوشه‌بندی چند گامی است که در [۲۱] ارائه شده است. هدف این الگوریتم افزایش پایداری توپولوژی شبکه و به حداقل رساندن پویایی شبکه است. در طول فرآیند ایجاد خوشه تفاوت سرعت بین خودروها همراه با جهت و موقعیت آن‌ها در نظر گرفته شدند. معیار انتخاب CH سرعت نسبی و فاصله است.

¹³ Position Sensitive Clustering Algorithm

¹⁴ Multi-agent-based clustering

¹⁵ Cluster Member

¹⁶ Priority-based clustering

¹⁷ Threshold Based

¹⁸ Multi-hop

¹⁹ Geographic Social Trust Routing

²⁰ Multi-hop Vehicular Broadcast

دهند. در نظر گرفته شده است که هر گره مجهز به یک OBU است که هدف آن دستیابی به ارتباط $V2V^{22}$ با سایر گره‌ها در بخش‌های جاده و اتصال $V2R^{23}$ و $V2U^{24}$ با RSU و UAV در تقاطع‌های جاده است. OBU اطلاعات کلی یک گره مانند شناسه گره‌ها، موقعیت، سرعت زمان فعلی و غیره را ثبت می‌کند. جزئیات تقاطع جاده بعدی را از طریق ارتباطات V2R به دست می‌آورد. اگر هرگونه انسداد در یک تقاطع جاده‌ای خاص رخ دهد، مانند تصادفات رانندگی ناگهانی یا ازدحام، OBU یک پیام هشدار تولید می‌کند و آن را به RSU ارسال می‌کند و RSU این پیام هشدار را در کل شبکه ترافیک که حاوی شناسه تقاطع است، ارسال می‌کند.

در روش ترکیبی [۲۶]، هم از روش چند گامی و هم از RSU استفاده می‌شود. هنگامی که وسایل نقلیه با مناطق سایه‌دار در محیط‌های متراکم مواجه می‌شوند پیام‌ها حذف می‌شود که در چنین مواردی محاسبات مه نقش مهمی در انتشار پیام دارد. لایه مه در لبه یک شبکه قرار دارد که شامل دروازه، RSU و ایستگاه است. در این رویکرد RSU و ایستگاه نقش عمده‌ای در انتشار پیام دارند. لایه مه مسئول پردازش اطلاعات دریافتی از وسایل نقلیه و ذخیره موقت یا پخش آن از طریق شبکه است. از آن می‌توان برای برنامه‌های حساس به تأخیر استفاده کرد. از آنجایی که وسایل نقلیه مکان خود را به ایستگاه اطلاع می‌دهند سیستم پیام‌های مهم را هنگام برخورد با موانع به لایه مه می‌دهد و پیام‌ها به صورت یکپارچه منتشر می‌شوند. وسایل نقلیه‌ای که در مناطق بدون سایه قرار دارند و امکان برقراری ارتباط مستقیم بین وسایل نقلیه فراهم است از روش چند گامی برای برقراری ارتباط استفاده می‌کنند. مزیت این روش این است که وسایل نقلیه قادر به برقراری ارتباط مستقیم با یکدیگر بدون هیچ روش خارجی هستند. هنگامی که یک وسیله نقلیه جدید وارد منطقه می‌شود پیام‌های مهم از طریق روش چند گامی به آن منتقل می‌شود. در جدول ۲ به بررسی مزایا و معایب روش‌های گوناگون ارسال اطلاعات پرداخته شده است.

جدول (۲). مزایا و معایب الگوریتم‌های ارسال اطلاعات

الگوریتم	معایب	مزایا	مرجع
چند گامی	۱. تأخیر زیاد ۲. ممکن است داده‌ها به صورت دستکاری شده دریافت شوند.	نرخ تحویل بالا	[۲۲]
MHVB	۱. تأخیر زیاد ۲. ممکن است داده‌ها	نرخ تحویل بالا از روش چند گامی	[۲۳]

پیام می‌کند. خودروهایی که پیام بازپخش را می‌شنوند، زمان انتظار خود را خاتمه می‌دهند. علاوه بر این، MHVB فواصل بین پیام‌های HELLO دوره‌ای را بر اساس تراکم ترافیک اتخاذ می‌کند. اگر تراکم وسایل نقلیه زیاد بود، فاصله پیام‌های HELLO افزایش می‌یابد؛ بنابراین با استفاده از روش کنترل تراکم حاصل می‌شود. در این روش، زمانی که وسیله نقلیه مبدأ نیاز به پخش پیامی دارد، یکی از همسایگان خود را به عنوان گره رله بعدی انتخاب می‌کند. در مرحله اولیه، هر خودرو شروع به، به دست آوردن اطلاعات اولیه و ذخیره آن در پایگاه داده خود می‌کند. این اطلاعات شامل شناسه خودرو، موقعیت خودرو، سرعت و جهت است. سپس خودروی این اطلاعات را پخش می‌کند؛ بنابراین، هر وسیله نقلیه‌ای که در مجاورت گره منبع است این اطلاعات را دریافت کرده و در پایگاه داده ذخیره می‌کند؛ یعنی در طی این مرحله هر وسیله نقلیه اطلاعات کاملی در مورد همسایگان خود دارد. پس از یافتن شماره و اطلاعات مربوط به همسایه، هر وسیله نقلیه محاسبه یافتن همسایگان مربوطه خود را آغاز می‌کند. با این محاسبه هر وسیله نقلیه همسایه‌های خود را پیدا می‌کند.

برای استقرار بهتر RSU نای موجود و به حداکثر رساندن پوشش آن‌ها، می‌توان آن‌ها را به دودسته تقسیم کرد:

الف) RSU ثابت ب) RSU متحرک

الف) RSU ثابت: روش مبتنی بر ایستگاه کنار جاده‌ای (RSU) [۲۴]، VANET به وسایل نقلیه اجازه می‌دهد تا به RSU‌ها متصل شوند. RSU‌ها به اینترنت متصل هستند و زیرساخت ثابتی را تشکیل می‌دهند که به آن‌ها امکان برقراری ارتباط با یکدیگر و وسایل نقلیه را می‌دهد. وسایل نقلیه و RSU برای هماهنگ کردن اقدامات و به اشتراک گذاری و پردازش چندین نوع اطلاعات باهم کار می‌کنند. در این روش برای ارسال اطلاعات فقط از RSU‌ها استفاده می‌شود.

ب) RSU متحرک: یکی از چالش‌های مهمی که در پیاده‌سازی، VANET با آن مواجه است، طراحی پروتکل مسیریابی، ارائه اطلاعات کافی و منبع قابل اعتماد برای مقصد است. مکانیسم جدیدی که در مقاله [۲۵] برای اشتراک گذاری اطلاعات ترافیک در زمان فعلی در کل شبکه و کنترل ازدحام قبل از وقوع، پیشنهاد کرده است پروتکل مسیریابی وسیله نقلیه بدون سرنشین (UAVa)²¹ است که به محیط‌های شهری اختصاص داده شده است و هدف اصلی آن ارتقای عملکرد پروتکل‌های مسیریابی برای تقاطع‌ها است. در شرایط اضطراری، مانند ازدحام یا انسداد ناگهانی، پهنای RSU در تقاطع‌های جاده‌ای کمک می‌کند تا پوشش و ظرفیت RSU را برای تنظیم وضعیت افزایش

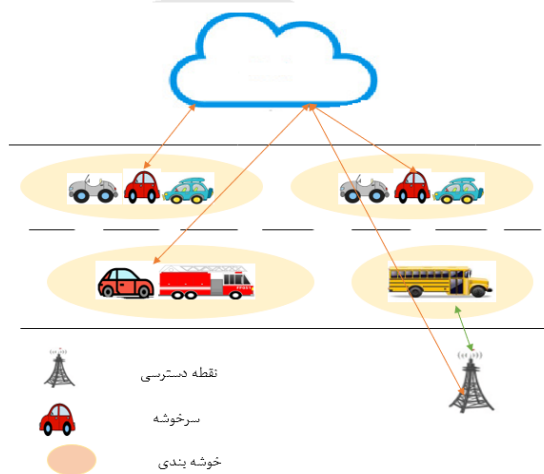
²² vehicle-to-vehicle

²³ vehicle to roadside

²⁴ Vehicle-to-Unmanned

²¹ unmanned aerial vehicle routing protocol

اطلاعاتی در مورد موقعیت مکانی خود و دیگر APها و فاصله‌ی APها از یکدیگر است. لایه سوم مربوط به یک ابر شهری یکپارچه است. در شکل ۲ معماری شبکه نشان داده شده است.



شکل (۲). مدل پیشنهادی

۳-۲. خوشه‌بندی و انتخاب سرخوشه

در روش پیشنهادی فقط وسایل نقلیه با الگوی حرکتی مشابه (سرعت، فاصله و جهت حرکت) باهم در یک خوشه قرار می‌گیرند. این کار باعث ایجاد خوشه‌های پایدارتر با طول عمر بیشتر می‌شود؛ یعنی این که اگر فاصله‌ی ماشین‌ها از هم کمتر از مقدار فاصله‌ی آستانه $(D_{THR})^{27}$ باشد و اختلاف سرعت آن‌ها برابر با سرعت آستانه $(V_{THR})^{28}$ باشد و در یک جهت حرکت کنند می‌توانند در یک خوشه قرار بگیرند. مقادیر D_{THR} و V_{THR} را با استفاده از آزمون و خطا برای ایجاد پایداری بیشتر به دست آمده.

$$(D \leq D_{THR}, V \leq V_{THR} \text{ و } dir_j = dir_i).$$

در روش پیشنهادی دو نوع سرخوشه وجود دارد: سرخوشه ثابت و سرخوشه متحرک که با توجه به شرایط یکی از آن‌ها انتخاب می‌شود.

سرخوشه ثابت: سرخوشه‌های ثابت APها هستند که در مکان‌هایی با موقعیت مشخص قرار دارند. اگر شرط $V \leq V_{THR}$ ، عضو خوشه نباشند آنگاه نزدیک به عنوان سرخوشه انتخاب می‌گردد.

سرخوشه متحرک: سرخوشه متحرک همان ماشین‌ها هستند. زمانی که خوشه‌بندی انجام شده باشد، یک ماشین از میان همان خوشه، به عنوان سرخوشه انتخاب می‌شود که باید دارای کمترین تحرک باشد. میزان تحرک هر گره را می‌توان با توجه به میانگین زمانی که گره به عنوان عضو از یک خوشه صرف می‌کند می‌توان حساب کرد. هر چه زمان اقامت در یک خوشه بیشتر باشد

	به صورت دستکاری شده دریافت شوند.	تاخیر کمتری دارد	
RSU	سربار زیاد در سرخوشه	تأخیر کم	[۲۴]
UAVa	سربار زیاد در سرخوشه هزینه بر بودن استفاده از پهپاد	نرخ تحویل بیشتر از RSU	[۲۵]

۳. روش پیشنهادی

از آنجایی که یکی از مشکلات اساسی VANET تحرک بالا، پویایی شبکه، وجود شبکه‌های ناهمگن و تأخیر در ارسال اطلاعات است، این مقاله قصد دارد که با ارائه یک روش خوشه‌بندی جدید و همچنین با انتخاب سرخوشه مناسب پایداری خوشه را افزایش دهد و همچنین با استفاده از روش‌های مبتنی بر پیش‌بینی اطلاعات و اولویت‌بندی داده‌ها هنگام ارسال، تأخیر را کاهش دهد. در روش پیشنهادی از جایگزینی سرخوشه برای پایداری بیشتر خوشه و به روزرسانی موقعیت برای کاهش برای کاهش خطا استفاده شده است.

۳-۱. مدل شبکه و معماری روش پیشنهادی

خودروها به صورت تصادفی در یک خیابان قرار دارند هر خودرو دارای یک موقعیت مکانی (X, Y) ، سرعت (v) و جهت (dir) است که اطلاعات را از GPS می‌گیرد و در خود گره ذخیره می‌کند. هر خودرو از اطلاعات دیگر خودروها مانند فاصله بین خودرو (D) ، اختلاف سرعت (V) و مکان دیگر گره‌ها آگاه است. خوشه‌بندی فرآیندی است که هدف آن گروه‌بندی گره‌های یک شبکه به گره‌های کوچک به نام خوشه است که هر خوشه شامل CM است و هر عضو دارای یک CH است؛ بنابراین یک ساختار سلسله‌مراتبی برای شبکه فراهم می‌کند. این ساختار الزامات خاصی همچون مقیاس‌پذیری، تعادل بار، پایداری شبکه و کیفیت خدمات را برآورده می‌کند.

مدل پیشنهادی یک معماری سه لایه شامل خودروها، سرخوشه و ابر است. معماری دوسطحی توزیع شده، ضمن ایجاد تعادل بار روی زیرساخت می‌تواند عملیات محلی (شامل انتقال داده محلی و به روزرسانی‌های موقعیتی و مدیریت موقعیت) و سراسری (انتقال داده به زیرساخت و محاسبات توزیع شده) را با کمترین تأخیر و به صورت هم‌پوشان انجام دهد.

لایه اول شامل خودروها است که با سرعت و جهت‌های مختلفی در حال حرکت هستند. هر خودرو شامل یک شماره شناسایی $(Id)^{25}$ ، موقعیت مکانی، سرعت، جهت و اختلاف فاصله ماشین‌ها از یکدیگر است. لایه دوم شامل سرخوشه‌ها است که می‌توانند ماشین و نقاط دسترسی $(AP)^{26}$ باشند. هر AP شامل

²⁷ Threshold Distance

²⁸ Threshold Speed

²⁵ Identification

²⁶ Access Point

شکل ۴ شبه کد خوشه‌بندی و انتخاب سرخوشه را می‌دهد.

- 1) Inputs: Speed and position and direction of vehicles
- 2) How to create a cluster and choose a cluster head
- 3) if vehicles are not in a cluster
- 4) Get the location of vehicles from GPS
- 5) $D_i = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$
- 6) $D \leftarrow |D_i - D_j|$
- 7) $V \leftarrow |v_i - v_j|$
- 8) Determine the direction of movement of cars
- 9) if $dir_j = dir_i$, $D \leq D_{THR}$ and $V \leq V_{THR}$
- 10) Put the cars in a cluster
- 11) for each vehicles $c_i: c_i \leq c_{An}$: do
- 12) $ID_{CH} = ID_i$
- 13) $VRL_{max}^{An} = VRL_{c_i}^{An}$
- 14) for each vehicles $c_i: c_i \leq c_{An}$: do
- 15) if $VRL_{max}^{An} < VRL_{c_i}^{An}$ then
- 16) $ID_{CH} = ID_i$
- 17) end if
- 18) else

شکل (۴). شبه کد خوشه‌بندی و انتخاب سرخوشه

۳-۳. جایگزینی سرخوشه

با توجه به تحرک بالای گره‌ها در شبکه ممکن است هر لحظه سرخوشه عوض شود بنابراین با توجه به پیش‌بینی موقعیت سرخوشه برای زمان بعدی، باید دقت شود که در زمان بعد هم سرخوشه گره فعلی است یا گره دیگری. هر زمان که سرخوشه از خوشه خارج شود سریعاً یک سرخوشه از همان خوشه با ویژگی‌های بیان شده انتخاب می‌گردد با توجه به این‌که در هر لحظه سرخوشه موجود در شبکه، دارای یک جدول موقعیت است که اطلاعات موقعیتی اعضای خود را در آن ذخیره می‌کند، پس باید در هنگام تغییر سرخوشه، اطلاعات خود را به سرخوشه جدید منتقل کند. جایگزینی سرخوشه فقط توسط سرخوشه فعلی انجام می‌شود. پس برای جلوگیری از، از بین رفتن سرخوشه فعلی قبل از ارسال اطلاعاتش به سرخوشه جدید، باید یک آستانه خاصی در نظر گرفته شود تا قبل از رسیدن به این آستانه، سرخوشه فعلی، سرخوشه جدید را انتخاب کند و پس از انتخاب، سرخوشه فعلی یک بسته را در خوشه پخش می‌کند تا اعضای خوشه متوجه وجود سرخوشه جدید شوند و تمام اعضای خوشه اطلاعات خود را از این به بعد برای سرخوشه جدید بفرستند.

نشان‌دهنده تغییرات کمتر خوشه است که منجر به خوشه‌های پایدارتر می‌شود. در هر منطقه A_n ، وسیله نقلیه‌ای که زمان اقامت کوتاهی دارد اگر به عنوان CH انتخاب شود سریعاً از خوشه خارج می‌شود و منجر به سربار اضافی برای پیکربندی مجدد خوشه می‌شود؛ بنابراین، وسیله نقلیه با طول عمر طولانی باعث افزایش پایداری خوشه می‌شود. از این رو بالاترین طول عمر باقی‌مانده^{۲۹} (VRL) معرفی می‌شود تا نشان دهد یک وسیله نقلیه تا چه زمانی با خوشه فعلی خود در ارتباط است.

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود وسیله نقلیه C با زاویه θ در محور x حرکت می‌کند. بردار سرعت این وسیله نقلیه را می‌توان با دو بردار سرعت با محور x و y نشان داد. یک وسیله نقلیه از نقطه‌ای P_A با مختصات $(x_i(t_0), y_i(t_0))$ به سمت نقطه‌ای خروجی P_B در حرکت است. بنابراین VRL را می‌توان به عنوان اختلاف زمانی بین زمان ورود و زمان خروج در نظر گرفت:

$$VRL = t_b - t_a \quad \text{رابطه (۱)}$$

از آنجایی که تغییر موقعیت نسبت به زمان نشان‌دهنده سرعت است مؤلفه‌ی سرعت را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$v_{ix} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_i(t_j) - x_i(t_{j-1})}{t_j - t_{j-1}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

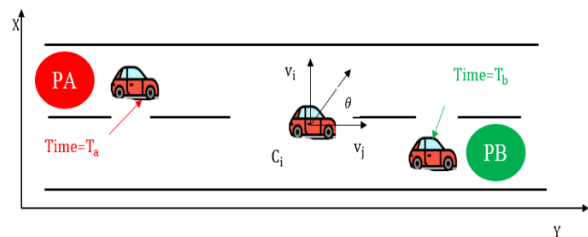
$$v_{ix} = v_i \cos \theta = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$v_i \cos \theta = \frac{x_i(t_j) - x_i(t_{j-1})}{t_j - t_{j-1}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$t_j - t_{j-1} = \frac{x_i(t_j) - x_i(t_{j-1})}{v_i \cos \theta} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در نتیجه VRL را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$VRL = \frac{x_i(t_j) - x_i(t_{j-1})}{v_i \cos \theta} \quad \text{رابطه (۶)}$$



شکل (۳). وسیله نقلیه‌ای با سرعت V و جهت θ

۳-۴. پیش‌بینی حرکت

روش دیگری که در الگوریتم پیشنهادی استفاده شده است، استفاده از روش پیش‌بینی برای کاهش سربار پیام است که الگوریتم را کارآمدتر می‌کند. با استفاده از این روش، دیگر نیازی نیست که وسیله نقلیه C اطلاعات خود را در هر بازه زمانی به CH ارسال کند، زیرا CH قادر به پیش‌بینی آن اطلاعات است. در طرح پیشنهادی هر وسیله نقلیه‌ای که وارد خوشه می‌شود باید موقعیت مکانی، سرعت و جهت خود را پیش‌بینی کند. به منظور پیش‌بینی مجموعه‌ی موردنیاز، از مدل تحرک GMM^{۳۰} استفاده شده است. در GMM از پارامتر $0 \leq \gamma \leq 1$ برای تغییرپذیری حرکت وسیله نقلیه استفاده می‌شود. در نتیجه، جهت و سرعت یک وسیله نقلیه به صورت زیر پیش‌بینی می‌شود:

رابطه ۷

$$\theta_i(t_j) = \gamma \theta_i(t_{j-1}) + (1 - \gamma) \bar{\theta}_i + \sqrt{(1 - \gamma)^2} \theta_{ix}(t_{j-1})$$

رابطه ۸

$$v_i(t_j) = \gamma v_i(t_{j-1}) + (1 - \gamma) \bar{v}_i + \sqrt{(1 - \gamma)^2} v_{ix}(t_{j-1})$$

$\theta_i(t_j)$ و $v_i(t_j)$ جهت و سرعت وسایل نقلیه در زمان t_j هستند. $\bar{\theta}_i$ و $\bar{v}_i$ میانگین جهت و سرعت را نشان می‌دهند. $\theta_{ix}(t_{j-1})$ و $v_{ix}(t_{j-1})$ متغیرهای تصادفی از توزیع Gaussian هستند.

برای پیش‌بینی مکان یک وسیله نقلیه می‌توان به صورت زیر عمل کرد:

$$x_i(t_j) = x_i(t_{j-1}) + v_i(t_j) \cos(\theta_i(t_{j-1})) \quad \text{رابطه ۹}$$

$$y_i(t_j) = y_i(t_{j-1}) + v_i(t_j) \sin(\theta_i(t_{j-1})) \quad \text{رابطه ۱۰}$$

$(x_i(t_j), y_i(t_j))$ و $(x_i(t_{j-1}), y_i(t_{j-1}))$ مختصات مکان‌های پیش‌بینی (x,y) برای زمان‌های t_j و t_{j-1} هستند.

اگر در بازه‌ی زمانی $\Delta T = 2^n$ باشیم دو اطلاعات پیش‌بینی شده برای هر عضو وجود دارد، اول در سمت عضو، ه توسط مکانیسم پیش‌بینی خود عضو انجام می‌شود و دوم در سمت CH که توسط توابع پیش‌بینی CH انجام می‌شود. توابع پیش‌بینی در هر دو طرف از مکانیسم یکسانی استفاده می‌کنند؛ بنابراین، اطلاعات پیش‌بینی شده برای یک وسیله نقلیه C در دو طرف (در خود خودرو C و در سمت CH) باید یکسان باشد، میزان خطای قابل قبول بین پیش‌بینی CM و CH باید کمتر یا مساوی $diff_{THR}$ باشد.

هر وسیله نقلیه‌ای که رفتار خود را برای بازه زمانی ΔT بعدی پیش‌بینی می‌کند و اطلاعات پیش‌بینی شده را با اطلاعات واقعی مقایسه می‌کند. وسیله نقلیه C که یک CM است مکان خود را تا زمان t_1 پیش‌بینی می‌کند. در زمان t_1 ، وسیله نقلیه C قرار است به مکان پیش‌بینی شده (x_1', y_1') برود. سپس وسیله نقلیه C در زمان t_1 در مکان واقعی (x_1, y_1) است حال این دو مکان را باهم مقایسه می‌کنند. اگر اطلاعات واقعی با اطلاعات پیش‌بینی شده مطابقت داشته باشد، وسیله نقلیه C هیچ پیامی را به CH ارسال نخواهد کرد. اگر پیام انکار پیش‌بینی توسط CH دریافت نشود، فرض می‌کند که پیش‌بینی آن در مورد وسیله نقلیه C با اطلاعات واقعی در سمت خودروی C مطابقت دارد.

برعکس، اگر پیام انکار پیش‌بینی توسط CH دریافت شود، انتظار می‌رود که فهرست اعضا را با جدیدترین اطلاعات به روز کند و تصمیمات بعدی مدیریت خوشه به اطلاعات جدید وابسته باشد. این ایده باعث جلوگیری از ارسال تعداد زیادی پیام بین گره‌ها و CH می‌شود و به فرآیند نگهداری و مدیریت خوشه کمک می‌کند.

اگر در بازه‌ی زمانی $\Delta T = 2^n$ باشیم پیش‌بینی فقط توسط CH انجام می‌شود. در شکل ۵ شبه کد پیش‌بینی آمده است.

```

1) Inputs: Previous and present speeds and positions of vehicles
2) Predict a vehicle next location using Gauss-Markov Mobility model
3) While (t<1000)
4)   For n=1 to 10
5)     Time=2^n
6)     if Time==t
7)       CM predicts the next place (x_1', y_1')
8)       CH predicts the next place (x_2', y_2')
9)     End for
10)    if (x_1', y_1') - (x_2', y_2') ≤ diff_thr
11)      Use CH prediction information
12)    End if
13)  else

```

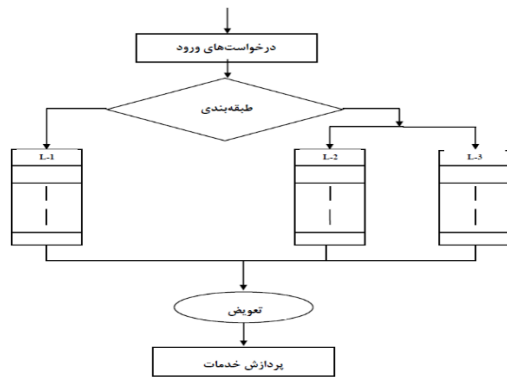
شکل (۵). شبه کد پیش‌بینی جهت، سرعت و موقعیت مکانی

۳-۵. به روزرسانی موقعیت

همچنین یک بازنشانی بازه زمانی یا ΔT_R را در نظر گرفته شده است که CH از گره‌ها می‌خواهد اطلاعات فعلی خود را برای به روزرسانی فهرست اعضا ارسال کنند. از آنجایی که پیش‌بینی در اکثر مواقع به CH بستگی دارد مگر اینکه رد پیش‌بینی را دریافت کند، در نظر گرفتن فاصله بازنشانی برای کاهش احتمال خطا ضروری است. این زمان بازنشانی به بازبایی اطلاعات دقیق‌تر در صورت بروز هرگونه خطا یا از دست دادن پیام کمک می‌کند و زمان تأخیر پیش‌بینی را کاهش می‌دهد. در این نقطه از زمان تمام اطلاعات بازنشانی می‌شوند و به نظر می‌رسد که پیش‌بینی

اختصاصی است؛ بنابراین، کارها زمانی که به صف خالی منتقل می‌شوند، خیلی زودتر اجرا می‌شوند تا زمانی که در صف خود باقی می‌مانند.

شکل ۶ صف‌ها را نشان می‌دهد و به‌طور جداگانه توسط طبقه‌بندی کننده بر اساس اولویت ذخیره می‌شود چرخش درخواست‌ها باعث می‌شود تا درخواست‌هایی که به احتمال زیاد به گرسنگی می‌رسند شناسایی و انتخاب شوند.



شکل (۶). اولویت‌بندی داده‌ها

۳-۷. ارسال اطلاعات

در ادامه، هر گره CM باید از موقعیت مکانی سایر اعضا اطلاع داشته باشند تا بتوانند نحوه‌ی ارتباط را تشخیص دهد. برای ارسال هر داده سه حالت پیش می‌آید:

- اگر گره مقصد بر اساس پیش‌بینی و موقعیت فعلی در یک خوشه باشند: در این صورت حداقل یک مسیر بین مبدأ و مقصد وجود دارد و داده ارسال می‌شود.
- اگر گره مقصد بر اساس موقعیت فعلی در خوشه باشد و بر اساس پیش‌بینی در خوشه کناری باشد: در این صورت اطلاعات را به سرخوشه می‌فرستیم و سرخوشه داده را ارسال می‌کند.
- اگر گره مقصد بر اساس موقعیت فعلی در خوشه باشد و بر اساس پیش‌بینی در خوشه کناری نباشد: داده را به ابر ارسال می‌کند.

این چنین ارسال اطلاعاتی باعث کاهش باربر روی سرخوشه می‌شود و جلوگیری می‌کند از این که همه‌ی بار وارد سرخوشه شود و تقسیم بار صورت می‌گیرد که منجر به بهبود کیفیت سرویس خصوصاً تأخیر می‌گردد. شکل ۷ فلوچارت ارسال اطلاعات را نشان می‌دهد.

تازه شروع شده است. علاوه بر این، بازه زمانی تنظیم مجدد کوچک‌تر از فاصله زمانی پیش‌بینی نمایی ($\Delta T=2^n$) است زیرا با توجه به این که ΔT به صورت نمایی افزایش می‌یابد و زمان چک کردن پیش‌بینی بین CH و CM رفته‌رفته بیشتر می‌شود.

۶-۳. اولویت‌بندی داده‌ها

اگر داده‌های ارسال شده به یک گره بیش از یک داده باشد باید داده‌ها اولویت‌بندی شوند تا داده‌های مهم‌تر زودتر پاسخ دریافت کنند. برای هر گره و سرخوشه صف در نظر گرفته شده است. هر درخواست اهمیت خاص خود را دارد که نیاز به اولویت‌بندی درخواست برای پردازش بهتر آن‌ها را ایجاد می‌کند به هر درخواست یک اولویت اختصاص داده می‌شود (به شکل یک مقدار عددی) که درخواست‌ها را از یکدیگر متمایز می‌کند. برای هر گره، سرخوشه و ابر یک صف در نظر گرفته شده است. سرورها از این مقادیر برای اولویت‌بندی و برنامه‌ریزی پردازش درخواست و قرار دادن آن‌ها در صف سرویس استفاده می‌کنند. این رویکرد برای تمایز بین درخواست‌هایی که ممکن است بسیار مهم باشند (مانند موارد که تصادف پیش‌آمده) و سایر درخواست‌هایی که ممکن است سطح اهمیت متفاوتی داشته باشند مفید است (مانند راننده‌ای که می‌خواهد مکان احتمالی پارک را بشناسد) و بنابراین مهم‌ترین آن‌ها اول پاسخ دریافت می‌کنند و بقیه بعداً.

خودروها درخواست‌های خود را به سرور ارسال می‌کنند سرور درخواست را دریافت می‌کند و مقادیر اولویت آن‌ها را می‌خواند. اکنون درخواست‌ها بر اساس اولویت‌های آن‌ها به صف‌های جداگانه تقسیم می‌شوند. انواع الویت‌ها عبارت‌اند از اضطراری و هشدار.

این طرح به این صورت است که سرور نه تنها درخواست را بر اساس اولویت تعیین شده ارائه می‌دهد بلکه اولویت را پویا می‌کند و سعی می‌کند تأخیر را به حداقل برساند و توان عملیاتی را افزایش دهد. اولویت پویا به این معنی است که اگر درخواستی با مقداری اولویت ارائه شود، لازم نیست تا زمانی که اجرا شود، در آن صف اولویت باقی بماند. یک درخواست ممکن است از یک صف به صف دیگر منتقل شود. به این ترتیب زمان انتظار یک درخواست به حداقل می‌رسد و سیستم می‌تواند درخواست‌های بسیار بیشتری را با استفاده از این طرح رسیدگی کند. عوامل مختلفی که تصمیم می‌گیرند اولویت درخواست‌ها تغییر کنند یا خیر مانند؛ زمان انتظار درخواست، صفی است که به آن تعلق دارد، در دسترس بودن صف‌های خالی و مهلت درخواست. اتفاقی که می‌افتد این است که وقتی صف قبلی خالی است سرور چند درخواست را از صف‌های غیر خالی به صف خالی منتقل می‌کند. تمام صف‌ها به‌طور هم‌زمان توسط سرور در یک محیط چند پردازشی اجرا می‌شوند، یعنی هر صف دارای یک پردازنده

زمانی معین را نرخ تغییر سرخوشه می‌گویند.

۶. سربار سرخوشه: نسبت بسته‌های کنترلی به بسته‌های داده را سربار سرخوشه می‌گویند.

درروش پیشنهادی تعداد AP ها ۴ در نظر گرفته شده است.

درروش [۲۴]، تعداد AP ها ۱۰ در نظر گرفته شده است.

درروش [۲۵]، تعداد AP ها ۱۰ در نظر گرفته شده است و ۲ پهپاد نیز وجود دارد.

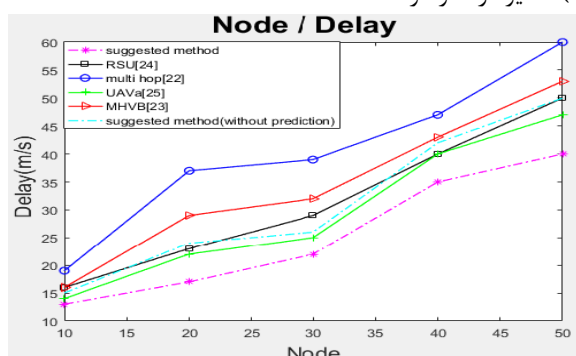
زمان لازم برای ارتباط روش پیشنهادی را به این صورت در نظر گرفته شده است: ارتباط درون خوشه‌ای ۱ms، ارتباط با سرخوشه ۳ms و ارتباط با ابر ۵ms است. (اعداد با آزمون و خطا برای ارسال سریع تر اطلاعات به دست آمده اند)

زمان لازم برای ارسال اطلاعات درروش [۲۳، ۲۲]، به این صورت است، اگر دو گره اطلاعات را به صورت مستقیم و بدون واسطه ارسال کنند زمان لازم برای ارتباط ۱ms است و بابت هر گره میانه‌ای زمان دو برابر می‌شود.

زمان لازم برای ارتباط درروش [۲۴، ۲۵]، به این صورت در نظر گرفته شده است: با سرخوشه ۳ms و ارتباط AP ها باهم را ۵ms است.

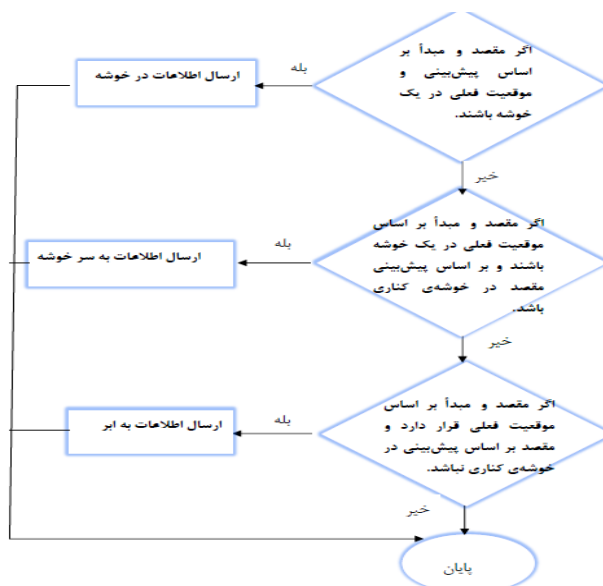
۴-۱. مقایسه تأخیر، سربار سرخوشه و نرخ تحویل با افزایش تعداد گره

از آنجایی که درروش پیشنهادی تأخیر، سربار سرخوشه و نرخ تحویل بسیار اهمیت دارد، به همین علت در این سناریو، طبق مفروضات بیان شده، با افزایش تعداد گره‌ها تأخیر و نرخ تحویل، موردبررسی قرار می‌گیرد؛ که در این حالت، تعداد گره‌ها از (۱۰-۵۰) متغیر در نظر گرفته شده است.



شکل (۸). نمودار گره/تأخیر

همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود درروش پیشنهادی به دلیل تقسیم بار ایجاد شده بین گره، سرخوشه و ابر تأخیر کاهش می‌یابد. درروش چند گامی با افزایش گره‌ها به دلیل دسترسی هر گره به تعداد زیادی گره دیگر در اطراف خود و زیاد بودن خوشه‌ها تأخیر در ارسال افزایش می‌یابد. تأخیر روش RSU از روش چند گامی کمتر است ولی از روش پیشنهادی بیشتر است



شکل (۷). فلوچارت ارسال اطلاعات

۴. شبیه‌سازی و ارزیابی

شبیه‌سازی به منظور ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی و مقایسه آن با سایر روش‌ها (روش RSU [۲۴]، روش چند گامی [۲۲]، UAVa [۲۵] و MHVB [۲۳]) انجام شده است. مقادیر اولیه پارامترهای شبیه‌سازی را در جدول ۳ مشاهده می‌کنید. برای شبیه‌سازی، از زبان برنامه‌نویسی C++ در محیط Visual Studio استفاده شده است.

جدول (۳). مقادیر اولیه شبیه‌سازی

پارامترها	مقادیر
اندازه محیط شبیه‌سازی	۱۰۰۰m*۳۰۰m
تعداد گره‌ها	۵۰-۱۰
سرعت	۲m/s-۳۰m/s
تعداد بسته‌ها	۵ بسته در هر S
زمان شبیه‌سازی	۱۰۰۰S

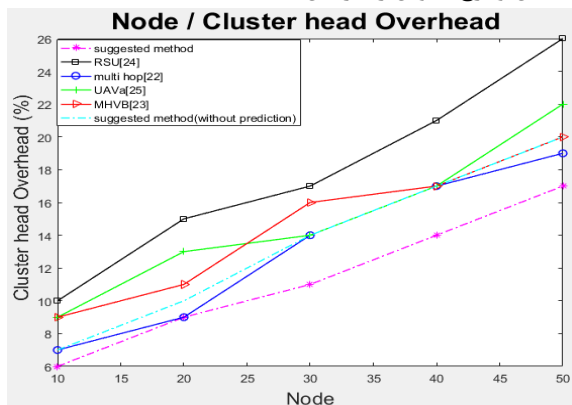
از معیارهای زیر برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی و مقایسه نتایج آن با روش RSU [۲۴]، روش چند گامی [۲۲]، UAVa و MHVB [۲۳] استفاده شده است.

۱. نرخ تحویل: نسبت تعداد بسته‌هایی که با موفقیت به مقصد می‌رسند به تعداد کل بسته‌های ارسال شده توسط فرستنده.
۲. تعداد گام: تعداد جهش‌هایی که یک پیام از فرستنده تا گیرنده طی می‌کند.
۳. تأخیر: تأخیر ایجاد شده در هنگام انتشار پیام از فرستنده به گیرنده.
۴. دقت پیش‌بینی: تفاضل مقدار پیش‌بینی از مقدار واقعی را دقت پیش‌بینی می‌گویند.
۵. نرخ تغییر سرخوشه: میانگین تغییرات سرخوشه در بازه

افزایش می‌دهد زیرا تعداد گام‌هایی که باید بین مبدأ تا مقصد پیمایش کند هم به دلیل زیاد بودن تعداد گره‌ها افزایش می‌یابد. همان‌طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود تا گره ۱۰ روش پیشنهادی و MHVB نزدیک به هم عمل می‌کنند ولی با افزایش تعداد گره‌ها، روش چند گامی بهتر عمل می‌کند زیرا گره‌های اطراف بیشتر می‌شوند و نرخ تحویل افزایش می‌یابد.

همان‌طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود روش MHVB از تعداد گام بیشتری برای ارسال اطلاعات استفاده می‌کند و این خود باعث ایجاد تأخیر در ارسال اطلاعات می‌شود.

پیش‌بینی منجر به افزایش نرخ تحویل می‌شود از آنجایی که خودروها سریع حرکت می‌کنند و دائماً موقعیت مکانی خود را تغییر می‌دهند با پیش‌بینی می‌توان سریع موقعیت مکانی بعدی را تشخیص و نرخ تحویل را افزایش داد.



شکل (۱۱). نمودار گره / سر بار سرخوشه

همان‌طور که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود سر بار سرخوشه در روش RSU از همه بیشتر است چون همه‌ی بار به سرخوشه یا همان RSU منتقل می‌شود ولی در روش UAVa به دلیل وجود پهنای بار بین سرخوشه و پهنای توزیع می‌شود. در روش چند گامی و MHVB تعداد سرخوشه‌ها از روش پیشنهادی و RSU بیشتر است و بار بین این سرخوشه‌ها تقسیم می‌شود. در روش پیشنهادی به دلیل تقسیم بار بین اعضای خوشه، سرخوشه و ابر، همه‌ی بار وارد سرخوشه نمی‌شود و تقسیم بار صورت می‌گیرد و سر بار کمتری از دیگر روش‌ها دارد. با پیش‌بینی می‌توان داده‌ها به مقصد مورد نظر هدایت کرد و از ایجاد سر بار اضافی جلوگیری کرد.

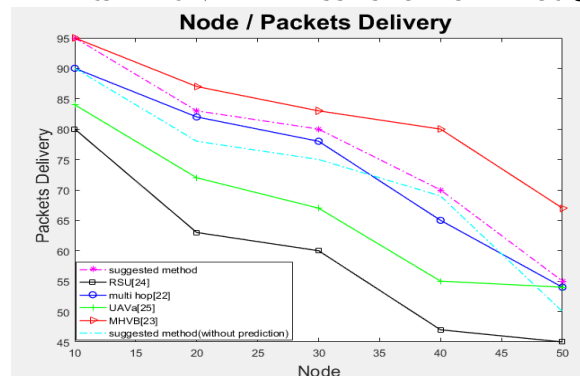
۴-۲. مقایسه تأخیر، سر بار سرخوشه و نرخ تحویل با افزایش سرعت

سناریوی دوم، نشان‌دهنده نرخ تحویل، سر بار سرخوشه و تأخیر با افزایش سرعت است. در این سناریو، تعداد گره‌ها را ۲۰ در نظر

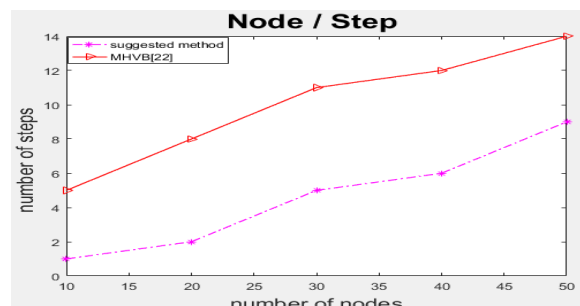
این به این دلیل است که وقتی تعداد گره‌ها در سیستم افزایش یابد، تعداد گام‌ها نیز افزایش می‌یابد و همچنین هنگامی که تعداد کاربران افزایش می‌یابد، تعداد گره‌های موجود نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه پیام‌های بیشتری در یک بازه زمانی خاص باید تحویل داده شود که این خود باعث ایجاد تأخیر می‌شود. زمانی که تعداد گره‌ها کم باشد روش چند گامی و RSU مانند هم عمل می‌کنند ولی از گره ۳۰ به بعد با افزایش تعداد گره‌ها، تعداد گام در روش چند گامی افزایش می‌یابد که باعث افزایش تأخیر نسبت به روش RSU می‌شود.

روش MHVB از روش چند گامی بهتر عمل می‌کند زیرا در این روش از کوتاه‌ترین مسیر برای ارسال بسته‌ها استفاده می‌شود و همچنین در روش UAVa از روش RSU به خاطر وجود پهنای بهتر عمل می‌کند.

همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود روش پیشنهادی یک بار با پیش‌بینی و یک بار بدون پیش‌بینی اجرا شده است. پیش‌بینی موجب کاهش تأخیر ارسال می‌شود زیرا با پیش‌بینی می‌توان تشخیص دادن گره قرار است به کدام موقعیت برود.



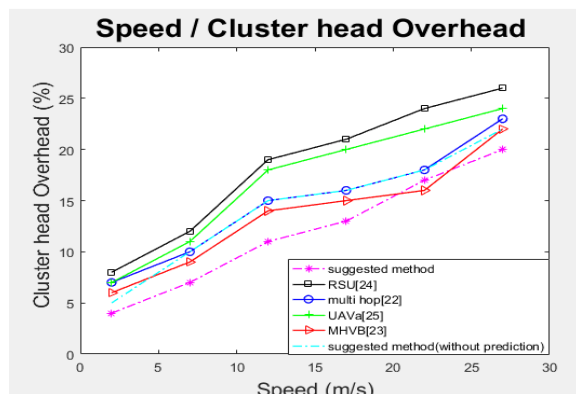
شکل (۹). تعداد گره/ نرخ تحویل



شکل (۱۰). تعداد گره/ گام

نرخ تحویل پیام عبارت است از نسبت تعداد بسته‌هایی که با موفقیت به مقصد می‌رسند به تعداد کل بسته‌هایی توسط فرستنده ارسال می‌شوند. نرخ تحویل موفقیت‌آمیز پیام در مورد روش MHVB بیشتر است زیرا گره‌هایی که در محدوده فرستنده موجود هستند بیشتر از سایر روش دیگر است (همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود) ولی همین امر تأخیر در تحویل پیام را

فرستنده و گیرنده در محدوده انتقال یکدیگر نیستند، افزایش می‌یابد. تعداد گام‌ها بر تأخیر انتشار پیام تأثیر می‌گذارد. هر چه تعداد گام‌ها کمتر باشد، انتشار پیام سریع‌تر است و تأخیر کمتر است.



شکل (۱۴). شکل سرعت / سر بار سرخوشه

همان‌طور که در شکل ۱۴ مشاهده می‌شود با افزایش سرعت سر بار خوشه نیز بیشتر می‌شود. در روش RSU به دلیل عدم تقسیم بار همه‌ی پارها به RSU منتقل می‌شود ولی در روش چند گامی و MHVB به دلیل وجود تعداد زیاد سرخوشه تقسیم بار بین سرخوشه‌ها صورت می‌پذیرد که باعث کاهش سر بار خوشه نسبت به روش RSU می‌شود. در روش پیشنهادی اطلاعات با توجه به پیش‌بینی انجام‌شده مسیر حرکت آن‌ها مشخص می‌شود و بر همان اساس بار بین لایه‌های شبکه تقسیم و توزیع می‌گردد که این کار باعث کاهش چشم‌گیر سر بار می‌شود.

۳-۴. مقایسه دقت پیش‌بینی

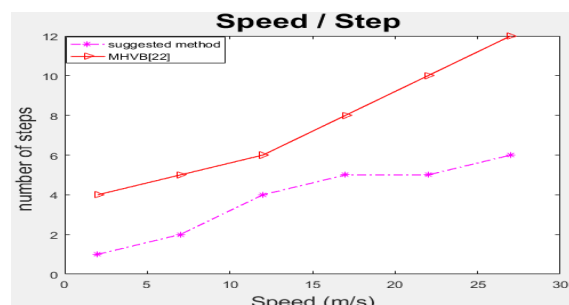
در سناریوی سوم، به بررسی دقت پیش‌بینی می‌پردازیم. از آنجایی که طرح پیشنهادی به شدت به اطلاعات پیش‌بینی‌شده‌ی خودروها وابسته است، لازم است دقت پیش‌بینی را بررسی کنیم. در شکل ۱۵ و ۱۶ دقت پیش‌بینی با سرعت و تعداد گره‌های مختلف نشان داده شده است. پیش‌بینی دقت به صورت زیر بیان می‌شود:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |p_n - a_n| \quad \text{رابطه ۱۱}$$

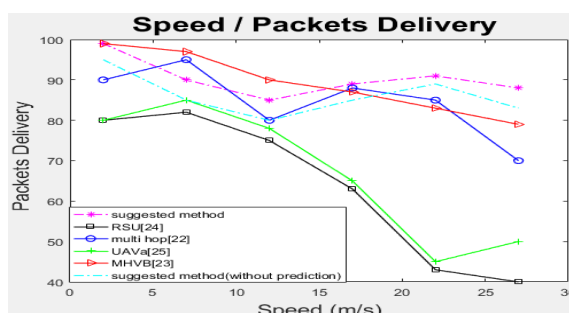
p_n و a_n به ترتیب تعداد پیش‌بینی، مقدار پیش‌بینی و مقدار واقعی را نشان می‌دهد. در روش پیشنهادی از مدل حرکتی Gauss-Markov استفاده شده است که اکنون به مقایسه این مدل با مدل‌های حرکتی دیگر می‌پردازیم. همان‌طور که در شکل ۱۵ مشاهده می‌کنید مدل حرکتی Gauss-Markov با مدل‌های حرکتی Gauss[۲۸] و Markov[۲۷] مقایسه شده است.

روش Gauss-Markov بر مبنای فرایند تصادفی Gauss-Markov حرکت خودروها استوار است. در این مدل، موقعیت و

می‌گیریم و تغییر سرعت در بازه حداکثری (۲-۲۷)، در نمودارهای متفاوت بررسی می‌شود. حال با توجه به این سناریو، در نمودارهای ۱۲ تا ۱۴، نتیجه مقایسه پروتکل پیشنهادی با روش RSU، روش چند گامی، UAVa و MHVB، نشان داده شده است.

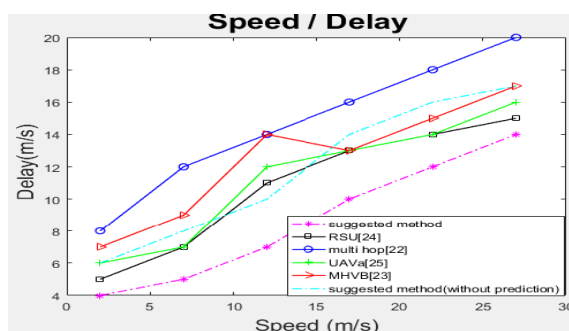


شکل (۱۲). نمودار سرعت / تعداد گام



شکل (۱۳). نمودار سرعت/ نرخ تحویل

همان‌طور که در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود نرخ تحویل در سرعت بالا، کمتر است. همان‌طور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود تعداد گام‌ها در روش MHVB بیشتر از سایر روش‌ها است زیرا تعداد گره‌هایی که در محدوده‌ی هر گره هستند بیشتر است در این حالت احتمال یافتن گیرنده نیز بیشتر خواهد شد به همین دلیل است که نرخ تحویل در روش MHVB بیشتر است.



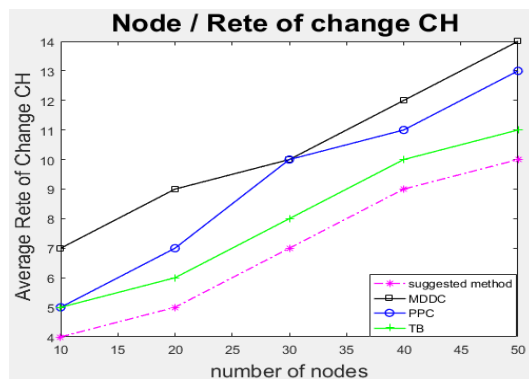
شکل (۱۴). نمودار سرعت/ تأخیر

در شکل ۱۴، با افزایش سرعت به دلیل تحرک بیشتر گره‌ها تأخیر افزایش می‌یابد. در سایر روش‌ها به دلیل وجود تعداد زیاد گام شاهد تأخیر بیشتری نسبت به روش پیشنهادی هستیم. میانگین تعداد گام‌های مورد نیاز برای انتقال پیام زمانی که

حرکتی Gauss-Markov به دلیل پیش‌بینی سرعت، جهت و موقعیت مکانی از دقت بالایی در پیش‌بینی برخوردار است. مدل Markov به دلیل نزدیکی به مدل حرکتی Gauss-Markov از روش Gauss دقت بیشتری در پیش‌بینی دارد.

۴-۴. مقایسه نرخ تغییر سرخوشه

در سناریوی چهارم به بررسی نرخ تغییر سرخوشه می‌پردازیم. از جمله مسائلی که در پایداری خوشه نقش مؤثری دارند می‌توان به نحوه ساخت خوشه و روش‌های انتخاب سرخوشه اشاره کرد. از آنجایی که وسایل نقلیه با سرعت بالایی حرکت می‌کنند دائماً سرخوشه عوض می‌شود. از این‌رو در نمودار ۱۷ و ۱۸ روش پیشنهادی را با روش‌های $PPC[20]$ ، $TB[21]$ و $MDDC[19]$ از نظر نرخ تغییر سرخوشه مقایسه می‌کنیم.



شکل (۱۷). نمودار گره / میانگین نرخ تغییر سرخوشه

همان‌طور که در شکل ۱۷ مشاهده می‌شود نرخ تغییر سرخوشه در روش پیشنهادی از چند روش دیگر کمتر است این به دلیل انتخاب سرخوشه مناسب است. در روش پیشنهادی گره‌ای به عنوان سرخوشه انتخاب می‌شود که دارای طول عمر باقی‌مانده بیشتری باشد که این کار باعث کاهش تغییر سرخوشه و پایداری بیشتر می‌شود. در روش $MDDC[19]$ هر گره به‌طور مستقل از سایر گره‌ها رفتار می‌کند و تصمیمات خود را در خصوص تغییر سرخوشه‌ها اتخاذ می‌کند؛ بنابراین، نرخ تغییر سرخوشه‌ها بستگی به تعداد و رفتار گره‌ها دارد. اگر تعداد گره‌ها زیاد باشد و اقدامات آن‌ها بسیار پویا و قابل تغییر باشد، نرخ تغییر سرخوشه‌ها در این روش بالا خواهد بود.

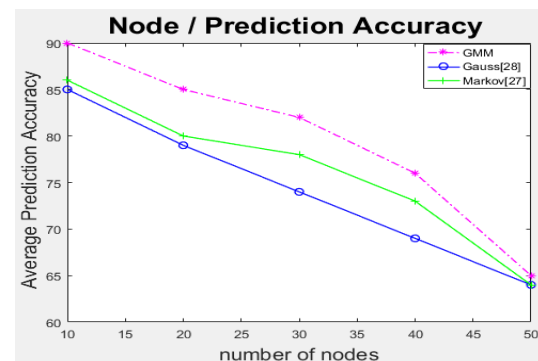
در روش $PPC[20]$ سرخوشه‌ها بر اساس اولویت‌های مشخص مرتب می‌شوند و تغییرات سرخوشه‌ها بر اساس اولویت‌ها اعمال می‌شود. اگر اولویت‌ها به نحوی تنظیم شده باشند که سرخوشه‌ها به سرعت تغییر کنند، نرخ تغییر سرخوشه‌ها در این روش بالا خواهد بود.

در روش $TB[21]$ تغییرات در سرخوشه‌ها بر اساس یک آستانه تعیین می‌شود. اگر فاصله بین نقاط به‌طور معمول کمتر از

سرعت خودروها با استفاده از ریاضیات و آمار، مقداردهی اولیه شده و بر اساس فرایند تصادفی به‌روزرسانی می‌شوند.

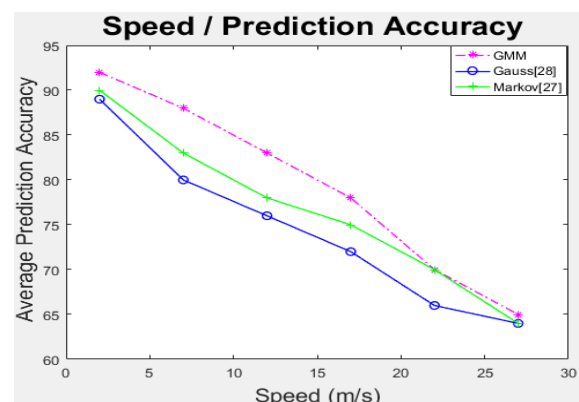
در مدل حرکتی Gauss، تغییرات مکان ذرات نیز به‌صورت پیوسته و با توزیع گاوس مدل می‌شوند. حرکت ذرات به شکل تصادفی کامل نیست و انحراف معیار تغییرات نیز ثابت است. مدل حرکتی Gauss معمولاً در مواردی استفاده می‌شود که تغییرات مکان پایدار و بدون نویز اضافی است. مدل حرکتی وسایل نقلیه در خیابان‌ها به‌صورت ناپایدار است ولی مدل حرکتی Gauss برای تغییرات مکان پایدار استفاده می‌شود.

مدل حرکتی Gauss-Markov به‌عنوان توسعه‌ای از مدل حرکتی مارکوف در نظر گرفته شود که برای توصیف حرکت ذرات با تغییرات پیوسته و با بررسی نویز در حرکت ذرات استفاده می‌شود.



شکل (۱۵). نمودار گره / میانگین دقت پیش‌بینی

در روش پیشنهادی از مدل حرکتی Gauss-Markov استفاده شده است که این به دلیل دقت بالایی است که در پیش‌بینی دارد و با توجه به توضیحات بالا هرکدام از مدل‌های حرکتی دارای ایراداتی هستند که برای VANET مناسب نیستند.



شکل (۱۶). نمودار سرعت / میانگین دقت پیش‌بینی

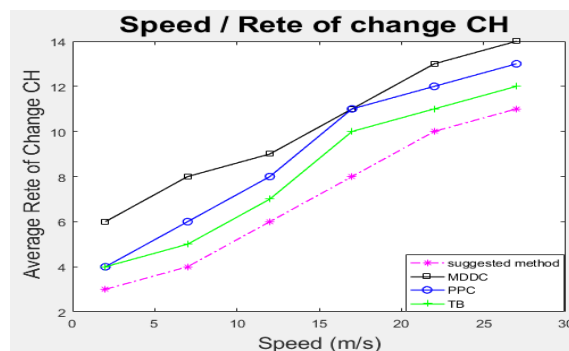
همان‌طور که در نمودار ۱۶ مشاهده می‌شود با افزایش تعداد سرعت دقت پیش‌بینی کاهش می‌یابد؛ زیرا با افزایش سرعت، حرکت گره‌ها سریع می‌شود و پیش‌بینی سخت‌تر می‌شود. مدل

مقاله مکان APها ثابت است که می‌توان آن‌ها را متحرک در نظر گرفت و عملکرد شبکه را مورد ارزیابی قرارداد.

۶. منابع

- [1] S. Pournaghi, M. Barmshoori, and M. Gardeshi, An Improved Authentication Scheme with Conditional Privacy Preserving in VANETs. 2015. (In Persian).
- [2] H. Mohamadi, H.H.S. Javadi, and A. Rezakhani, 'The IoT Resource Allocation Improvement in Fog Computing Using Non-Cooperative Game Theory' Journal of Electronical & Cyber Defence, (4)9.2020. (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23224347.1400.9.4.2.5>
- [3] M. Hassani, A cross layer approach for improving the TCP quality-of-service parameters over the IEEE 802.11. ac wireless networks. Journal of Electronical & Cyber Defence, 2022. 10(1).. (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23224347.1401.10.1.9.3>
- [4] A. Ghaffari, and R. Mahmoudi, Energy-aware routing in wireless sensor networks using MLP and simulated annealing algorithms. Electronic and Cyber Defense, 2021. 9(3): p. 133-142. (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23224347.1400.9.3.11.2>
- [5] J. Grover, et al. Real-time VANET applications using fog computing. in Proceedings of First International Conference on Smart System, Innovations and Computing: SSIC 2017, Jaipur, India. 2018. Springer.
- [6] M. Gerla, and J. Tzu-Chieh Tsai, Multiclustet, mobile, multimedia radio network. Wireless networks, 1995. 1(3): p. 255-265
- [7] G. Chen, , et al. Connectivity based k-hop clustering in wireless networks. in Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences. 2002. IEEE.
- [8] L.A. Maglaras, and D. Katsaras. Distributed clustering in vehicular networks. in 2012 IEEE 8th international conference on wireless and mobile computing, networking and communications (WiMob). 2012. IEEE.
- [9] E. Dror, C. Avin, and Z. Lotker. Fast randomized algorithm for hierarchical clustering in vehicular ad-hoc networks. in 2011 The 10th IFIP Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop. 2011. IEEE.
- [10] M. Chatterjee, S.K. Das, and D. Turgut. An on-demand weighted clustering algorithm (WCA) for ad hoc networks. in Globecom'00-IEEE. Global Telecommunications Conference. Conference Record (Cat. No. 00CH37137). 2000. IEEE.
- [11] P. Basu, N. Khan, and T.D. Little. A mobility based metric for clustering in mobile ad hoc networks. in Proceedings 21st international conference on distributed computing systems workshops. 2001. IEEE.
- [12] S. Vodopivec, J. Bešter, and A. Kos. A survey on clustering algorithms for vehicular ad-hoc networks. in 2012 35th international conference on telecommunications and signal processing (TSP). 2012. IEEE.

این آستانه باشد، نقاط در یک سرخوشه قرار می‌گیرند. در صورتی که این آستانه به‌طور مداوم تغییر کند، سرخوشه‌ها نیز با نرخ بالا تغییر خواهند کرد.



شکل (۱۸). نمودار سرعت / میانگین نرخ تغییر سرخوشه

همان‌طور که در شکل ۱۸ مشاهده می‌شود نرخ تغییر سرخوشه در روش پیشنهادی از سه روش دیگر کمتر است که این به علت انتخاب مناسب سرخوشه است. در روش TB به علت انتخاب سرخوشه با معیار مناسب‌تر (سرعت و فاصله) نسبت به دو روش دیگر بهتر عمل می‌کند. روش MDDC نرخ تغییر سرخوشه‌ی با بالا رفتن سرعت بیشتر می‌شود زیرا این روش به تعداد و رفتار گره‌ها بستگی دارد.

۵. نتیجه‌گیری

سیستم حمل‌ونقل هوشمند یکی از دغدغه‌های شهروندهای ساکن شهرهای بزرگ در سراسر جهان است. ترافیک، آلودگی هوا، مصرف بنزین و تصادفات که منجر به مشکلات اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی در کلان‌شهرها می‌شود. برای حل این مسئله روش ابر دوسطحی به‌منظور افزایش کیفیت سرویس در شبکه‌های سیار موردی بین خودروبی پیشنهاد شد که باعث کاهش بار بیش‌ازحد بر روی سرخوشه‌ها می‌شود. در این مقاله یک چهارچوب خوشه‌بندی پیشنهاد شده است که می‌تواند دو نوع سرخوشه داشته باشد و برای ارسال اطلاعات از پیش‌بینی استفاده کند. در یک شبکه ناهمگن با به‌کارگیری معماری دوسطحی کیفیت سرویس شبکه افزایش می‌یابد. در این روش وظایف بین مه و ابر تقسیم می‌شوند و همچنین ضمن کاهش بار روی زیرساخت شبکه با تعادل بار بین مه و ابر، می‌تواند باعث بهبود هم‌زمان سربار و کیفیت سرویس شبکه بین خودروبی شود. عملکرد روش پیشنهادی با توجه به تجزیه و تحلیل‌ها و شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که از روش RSU، روش چند گامی، UAVa و MHVB کارآمدتر است و بهتر عمل می‌کند. روش پیشنهادی بیان شده در این مقاله، منجر به انتشار سریع پیام‌ها با استفاده از حداقل تعداد گام می‌شود. به‌عنوان بخشی از کار آینده، می‌توان بر روی بهبود نرخ انتقال و بهبود تأخیر کارکرد. در این

- processes," Computers & Chemical Engineering, vol. 151, p. 107339, 2021.
- [13] I.I. Er, and W.K.G. Seah. Mobility-based d-hop clustering algorithm for mobile ad hoc networks. in 2004 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (IEEE Cat. No. 04TH8733). 2004. IEEE.
- [14] S.K. Dhurandher, and G. Singh. Weight based adaptive clustering in wireless ad hoc networks. in 2005 IEEE International Conference on Personal Wireless Communications, 2005. ICPWC 2005. 2005. IEEE.
- [15] N. Maslekar, et al. A stable clustering algorithm for efficiency applications in VANETs. in 2011 7th international wireless communications and mobile computing conference. 2011. IEEE.
- [16] N. Maslekar, et al. C-DRIVE: clustering based on direction in vehicular environment. in 2011 4th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security. 2011. IEEE.
- [17] N. Maslekar, et al. Modified C-DRIVE: Clustering based on direction in vehicular environment. in 2011 IEEE intelligent vehicles symposium (IV). 2011. IEEE.
- [18] T. Liu, S. Shi, and X. Gu, Naive Bayes classifier based driving habit prediction scheme for VANET stable clustering. Mobile Networks and Applications, 2020. 25: p. 1708-1714.
- [19] M.K. Jabbar, and H. Trabelsi. A review on clustering in VANET: algorithms, phases, and comparisons. in 2022 19th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD). 2022. IEEE.
- [20] M. Ren, et al., A review of clustering algorithms in VANETs. Annals of Telecommunications, 2021: p. 1-23.
- [21] M. Mukhtaruzzaman, and M. Atiquzzaman, Clustering in vehicular ad hoc network: Algorithms and challenges. Computers & Electrical Engineering, 2020. 88: p. 106851.
- [22] Y. Pekşen, and T. Acarman. Multihop safety message broadcasting in VANET: A distributed medium access mechanism with a relaying metric. in 2012 International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS). 2012. IEEE.
- [23] M. Fotros, et al. A timely VANET multi-hop routing method in IoT. in 2019 20th International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT). 2019. IEEE.
- [24] K. Mershad, H. Artail, and M. Gerla, ROAMER: Roadside Units as message routers in VANETs. Ad Hoc Networks, 2012. 10(3): p. 479-496.
- [25] S. Jobaer, et al., UAV-assisted hybrid scheme for urban road safety based on VANETs. Electronics, 2020. 9(9): p. 1499.
- [26] A. Paranjothi, et al., Hybrid- Vehfog: a robust approach for reliable dissemination of critical messages in connected vehicles. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 2019. 30(6): p. e3595.
- [27] M. Sarmis et al., "Stability constraints of markov state kinetic models based on routh-hurwitz criterion," Journal of Computer Science & Systems Biology, vol. 8, pp. 296-303, 2015.
- [28] P. Petsagkourakis and F. Galvanin, "Safe model-based design of experiments using Gaussian