Journal of Soft Computing and Information Technology (JSCIT)
Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran
Journal Homepage: jscit.nit.ac.ir
Volume 9, Number 3, Fall 2020, pp. 206-213
Received: 03/02/2019, Revised: 06/26/2020, Accepted: 07/06/2020

A routing algorithm based on movement direction and position of vehicles for vehicular Ad hoc networks

Rana Arabnezhad[1] and Shahram Babaie[2*]
1- Department of Computer Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2*- Department of Computer Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
[1]rana.arabnezhad@gmail.com and [2*]sh.babaie@iaut.ac.ir

Corresponding author address: Shahram Babaie, Department of Computer Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran, Post Code: 51579-44533.

Abstract- The special features of Vehicular Ad hoc Networks (VANET) such as dynamic topology and limited vehicle radius, as well as the wireless transmissions and presence of various obstacles such as buildings and trees, highlight the need for Road Side Unit (RSU) equipment. Due to the lack of sustainable communication between the vehicles, the position-based routing algorithms are an appropriate option for these networks. In this paper, a geographic routing algorithm is proposed that considers various parameters such as distance, packet priority, vehicle movement direction, and vehicle density to decrease the end-to-end delay and reduce the packet loss in VANET networks. The conducted simulations in the THE ONE tool have validated the effectiveness of the proposed approach in terms of packet delivery rate, average end-to-end delay, and hop count in comparison to RAGR, CMGR, and SDR algorithms. According to the simulation results, the packet delivery ratio of the proposed approach has improved by 26% and 23% with 200 and 300 vehicles, respectively. Moreover, the proposed approach provides an enhancement of 82% and 65% in end-to-end delay, as well as 14% and 20% in hop count with 200 and 300 vehicles, respectively.

Keywords- Vehicular Ad hoc networks, Geographic Routing, Quality of Service (QoS).

مجله علمی پژوهشی رایانش نرم و فناوری اطلاعات
دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
صفحه مجله: jscit.nit.ac.ir
جلد ۹، شماره ۳، پائیز ۱۳۹۹ ، صفحه ۲۰۶-۲۱۳
دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۱، بازنگری: ۱۳۹۹/۰۴/۰۶، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۶

ارائه یک الگوریتم مسیریابی مبتنی بر جهت حرکت و موقعیت خودروها برای شبکه‌های موردی بین‌خودرویی

رعنا عرب‌نژاد[۱] و شهرام بابائی*[۲]
۱- گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران.
*۲- گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران.
[1]rana.arabnezhad@gmail.com and [2*]sh.babaie@iaut.ac.ir

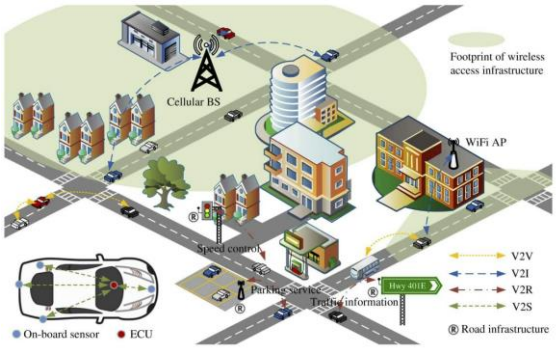
* نشانی نویسنده مسئول: شهرام بابائی، تبریز، دروازه تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، گروه مهندسی کامپیوتر، کد پستی: ۴۴۵۳۳-۵۱۵۷۹

چکیده- ویژگی‌های خاص شبکه‌های موردی بین‌خودرویی مانند توپولوژی پویا و محدود بودن برد رادیویی خودروها همچنین بی‌سیم بودن محیط انتقال بین خودروها و وجود موانع مختلف مانند ساختمان‌ها و درختان نیاز به تجهیزات کنار جاده‌ایی را در مسیریابی شبکه‌های موردی بین‌خودرویی مطرح کرده است. با توجه به عدم وجود ارتباط‌های پایدار در شبکه‌های موردی بین‌خودرویی، الگوریتم-های مسیریابی مبتنی بر موقعیت گزینه مناسبی برای این شبکه‌ها می‌باشند. لذا در این مقاله یک رویکرد مسیریابی مبتنی بر موقعیت برای شبکه‌های موردی بین‌خودرویی ارائه می‌شود که برای مسیریابی، پارامترهای متعددی مانند فاصله، اولویت‌بندی بسته‌ها، جهت حرکت خودروها و تراکم خودروهای شبکه را در نظر می‌گیرد تا قادر باشد تأخیر انتها به انتها و تا حد امکان گم شدن بسته‌ها را کاهش دهد. برای ارزیابی کارایی رویکرد پیشنهادی از شبیه‌ساز THE ONE استفاده شده است و عملکرد رویکرد پیشنهادی با الگوریتم‌های RAGR، CMGR، SDR مورد مقایسه قرارگرفته است. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهند که بطور متوسط نرخ تحویل بسته رویکرد پیشنهادی ۲۶٪ با حضور ۲۰۰ خودرو و ۲۳٪ با حضور ۳۰۰ خودرو، تأخیر انتها به انتها ۸۲ ٪ با حضور ۲۰۰ خودرو و ۶۵ ٪ با حضور ۳۰۰ خودرو و تعداد گام‌ها ۱۴ ٪ با حضور ۲۰۰ خودرو و ۲۰ ٪ با حضور ۳۰۰ خودرو نسبت به پروتکل‌های مورد مقایسه بهبود داشته است.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های موردی بین‌خودرویی، مسیریابی مکانی، کیفیت سرویس خدمات.

۱- مقدمه

ایده اولیه شبکه‌های موردی بین‌خودرویی برای نخستین بار در سال ۱۹۹۸ توسط یک گروه مهندسی به‌نام Delphi Delco Electronics Systems با همکاری شرکت آی‌بی‌ام مطرح شده است. هدف از ایجاد این شبکه، ایجاد ارتباط خودکار بین خودروها و انتقال اطلاعات ترافیکی بین آنها می‌باشد. برای تسهیل ارتباط بین خودروها از تجهیزات کنار جاده‌ای[۱] استفاده می‌شود که زیر ساخت این شبکه نامیده می‌شود. شبکه‌های موردی بین خودرویی[۲] مطابق شکل ۱ با استفاده از امواج رادیویی، انواع ارتباط‌های خودرو به خودرو[۳] و خودرو به زیرساخت[۴] را ایجاد می‌کنند. خودروها به‌صورت کاملاً خودمختار با یکدیگر ارتباط برقرار کرده و یک شبکه بدون ساختار بی‌سیم ایجاد می‌کنند. در واقع شبکه‌های موردی بین‌خودرویی یک نمونه از شبکه سیار می‌باشند که برای برقراری ارتباط بین خودروها از وسایل نقلیه دیگر و یا تجهیزات کنار جاده‌ای استفاده می‌کنند [۴].



شکل ۱: شمای کلی یک شبکه موردی بین‌خودرویی[۱۶].

از اهداف اصلی شبکه‌های موردی بین‌خودرویی می‌توان به کنترل ترافیک هوشمند، سهولت رانندگی و کاهش تصادفات جاده‌ای اشاره کرد. برای راه‌اندازی چنین شبکه‌ای یک دستگاه الکترونیکی در هر وسیله نقلیه قرار داده می‌شود که امکان برقراری ارتباط موردی بین خودروها را فراهم می‌کند. از چالش‌های شبکه‌های موردی بین‌خودرویی می‌توان به چالش‌های فنی، مکان‌یابی، امنیت، همچنین چالش‌های اجتماعی و اقتصادی آن اشاره کرد[۵و۶].

با توجه به محدودیت‌های سخت‌افزاری و هزینه‌ای، برد رادیویی تجهیزات الکترونیکی کار گذاشته شده در هر خودرو محدود خواهد بود و به ناچار برای انتقال اطلاعات بین خودروهای غیر همسایه باید از دیگر خودروها استفاده شود که لزوم مسیریابی را برای این شبکه‌ها مطرح می‌کند. هدف از مسیریابی، انتخاب بهترین مسیر، افزایش قابلیت اطمینان، کاهش تأخیر، استفاده بهینه از پهنای‌باند، تعادل بار و کاهش هزینه ارتباطی می‌باشد[۳]. الگوریتم‌های مسیر-یابی مختلفی برای این شبکه‌ها ارائه شده است که در پنج گروه، مسیریابی مبتنی بر توپولوژی، مبتنی بر خوشه‌بندی، مبتنی برموقعیت مکانی، مبتنی بر داده پراکن و ترکیبی قابل بررسی می‌باشند. الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر توپولوژی از اطلاعات وضعیتی خطوط ارتباطی استفاده می‌کنند و این اطلاعات از گره منبع تا گره مقصد، در حافظه گره‌ها ذخیره می‌شوند و به سه گروه، پروتکل مسیریابی پیشگیرانه، واکنشی و ترکیبی تقسیم می‌شوند. پروتکل‌های مبتنی بر موقعیت بجای اطلاعات توپولوژی شبکه از اطلاعات مکانی خودروها برای مسیریابی استفاده می‌کنند. در پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی، ناحیه جغرافیایی و یا خودروها به تعدادی خوشه مجزا از هم تقسیم‌بندی می‌شوند که برای هر خوشه یک سرخوشه انتخاب می‌شود و اطلاعات هر خودرو به سرخوشه ارسال می‌شود. در پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر داده پراکن، داده‌های ارسالی به همه وسایل نقلیه موجود در یک منطقه جغرافیایی از پیش تعیین شده ارسال می‌شوند. در نهایت در مسیریابی ترکیبی به‌نوعی سعی می‌شود ترکیبی از رویکردهای مذکور مد نظر قرار گیرد[۷].

با توجه به‌اینکه در سال‌های اخیر اغلب خودروها مجهز به سیستم تعیین موقعیت جهانی[5] می‌باشند، الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر موقعیت مکانی جایگاه ویژه‌ای در شبکه‌های موردی بین‌خودرویی پیدا کرده‌اند. در این الگوریتم‌ها یک فرآیند مسیریابی اعم از شناسایی خودروی واسط مناسب، نحوه انتقال اطلاعات و کشف مسیر بر اساس موقعیت مکانی خودروها انجام می‌شوند. لذا در بعضی مراجع از این الگوریتم‌ها به‌عنوان روش‌های آگاه از موقعیت یاد می‌شود. از الگوریتم‌های مختلفی مانند دایجسترا [۱] و A* برای یافتن کوتاهترین مسیر بین خودروها استفاده می‌شود[۲]. با توجه به پویایی بالای توپولوژی شبکه که ممکن است بسیاری از الگوریتم‌های مبتنی بر توپولوژی ناکارآمد باشند، رویکردهای مبتنی بر موقعیت خودروها، گزینه مناسبی خواهند بود. البته باید توجه داشت در این الگوریتم‌ها هر خودرو باید از موقعیت مکانی خود، موقعیت و جهت حرکت خودروهای همسایه و موقعیت خودروی مقصد آگاهی داشته باشد. الگوریتم‌های مسیریابی متعددی مبتنی بر موقعیت مکانی ارائه شده است که به سه گروه الگوریتم‌های تحمل‌پذیر تأخیر، غیر تحمل‌پذیر تأخیر و ترکیبی تقسیم می‌شوند. در الگوریتم‌های غیرتحمل‌پذیر تأخیر، فرض بر این است که چگالی خودروها زیاد بوده و هیچ قطعی در ارتباطات بین خودروها ایجاد نمی‌شود. در این الگوریتم‌ها از استراتژی حریصانه برای هدایت بسته‌ها استفاده می‌شود. البته باید توجه داشت که رویکردهای حریصانه اگر یک خودروی واسط که نزدیکتر به خودروی مقصد پیدا نشود با شکست مواجه می‌شود. الگوریتم‌هایی مانند GPSR[6]، GSR[7] و GPCR[8] جزء الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر مکانی غیر تحمل‌پذیر تأخیر می‌باشند. در الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر مکانی تحمل‌پذیر تأخیر بدین صورت عمل می‌شودکه داده‌ها قابلیت تحمل تأخیر را دارند و انتقالات می‌توانند بصورت غیر همزمان انجام شوند. در این الگوریتم‌ها برای هدایت بسته‌ها از استراتژی فرصت-طلبانه استفاده می‌شود و در صورت یافتن یک خودروی مناسب فرصت را غنیمت شمرده و داده‌ها را به آن ارسال می‌کنند. الگوریتم-هایی مانند VADD[9]، RRP[10] و GeoSpray جزء این گروه از الگوریتم‌ها می‌باشند. در الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر مکانی ترکیبی نیز سعی می‌شود در مواقعیکه چگالی خودروها بالا باشد برای هدایت بسته‌ها از استراتژی حریصانه استفاده می‌شود و زمانیکه شکست در ارتباطات ایجاد شود از استراتژی ذخیره و حمل استفاده می‌کند تا اینکه به خودروی مقصد برسد یا یک خودروی واسط

مناسب پیدا کند. الگوریتم‌هایی مانند CMGR[11] و ROAMER[12] جزء این گروه از الگوریتم‌ها می‌باشند[۸].

در الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر اطلاعات موقعیتی خودروها بسیار مهم می‌باشند بطوریکه وجود تضعیف در ارتباطات و مشکلات ارتباط با سیستم تعیین موقعیت جهانی ممکن است باعث اختلال مسیریابی و افزایش نرخ گم شدن بسته‌ها شود. بنابراین برای فائق شدن به مشکلات فوق توجه به جهت حرکت و موقعیت خودروها می‌تواند تأثیر عوامل مخرب در مسیریابی را کاهش دهند. لذا در این مقاله یک رویکرد جدید پیشنهاد می‌شود که سعی می‌کند در انتخاب خودروی واسط مناسب از پارامترهای متعددی مانند فاصله، تراکم خودروها و اولویت بسته‌ها استفاده کند تا به ملزومات کاهش تأخیر انتها به انتها در تبادل بسته‌ها و پایین آوردن نرخ گم شدن بسته‌ها در شبکه‌های موردی بین‌خودرویی مخصوصاً برای مناطق شهری پاسخگو باشد. لذا می‌توان نوآوری‌ها و ادعاهای رویکرد پیشنهادی را در دو مورد زیر خلاصه کرد:

- رویکرد پیشنهادی برای انتخاب خودروی واسط مناسب در محدوده انتقال خود از فاصله، جهت حرکت خودروها و موقعیت خودروها بهره می‌گیرد.
- مسیر حرکت در تقاطع با ارزیابی تراکم خودروها و فاصله تا خوروی مقصد انتخاب می‌شود.

ادامه این مقاله به‌صورت زیر سازماندهی شده است. در بخش ۲ سوابق مربوط به موضوع تحقیق آورده شده است. در بخش ۳ یک رویکرد مسیریابی جدید مبتنی بر موقعیت مکانی پیشنهاد شده است. سپس پارامترهای شبیه‌سازی و نتایج ارزیابی کارایی رویکرد پیشنهادی در بخش ۴ آورده شده است و در نهایت در بخش ۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای کارهای آتی نیز ارائه گردیده است.

۲- کارهای انجام شده

در سال‌های اخیر پیشرفت‌های جدید در حوزه اطلاعات و ارتباطات یکپارچه شده است تا مزیت‌های ویژه برای کاربردهای حمل و نقل ایجاد کنند و تسهیلات ویژه‌ای مانند ایمنی و راحتی بیشتر را برای مسافران و رانندگان فراهم آورند. شبکه‌های موردی بین‌خودرویی نیز حاصل این یکپارچه‌سازی می‌باشد که برای ایجاد ارتباط هوشمند و خودکار بین خودروها ارائه شده است. با توجه به محدود بودن برد رادیویی تجهیزات بکار رفته در خودروها، ارتباط بین خودروها و همکاری آن‌ها در انتقال اطلاعات از یک خودرو به خودروی مقصد الزامی به‌نظر می‌رسد که در این میان الگوریتم‌های مسیریابی وظیفه هدایت بسته‌ها را بر عهده دارند[۹]. در حالت کلی یک الگوریتم مسیریابی باید دارای ویژگی‌های متعددی مانند سربار کم، صحت، سرعت، بهینگی، همگرایی سریع و تحمل‌پذیرخرابی باشد. الگوریتم‌های مسیریابی متعددی برای ارتباط بین خودروها و انتقال اطلاعات بین آن‌ها ارائه شده است. الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر موقعیت مکانی نوع خاصی از این الگوریتم‌ها می‌باشند که در سال‌های اخیر مورد توجه محققان زیادی قرار گرفته است[۱۰]. در این نوع از الگوریتم‌های مسیریابی، اطلاعات موقعیتی خودروها برای تصمیم‌گیری در مورد نحوه انتقال بسته‌ها مد نظر قرار می‌گیرد[۱۱]. با این حال در محیط‌های شهری وجود نویزهای صنعتی، موانع دست‌ساز بشر و ترافیک داده بالا چالش‌های جدیدی را در این حوزه ایجاد می‌کنند[۱۲]. در این قسمت از مقاله چند روش مسیریابی مبتنی بر موقعیت مکانی خودروها بررسی می‌شوند که به نوعی سعی در کاهش اثر عوامل مخرب مذکور داشته‌اند و در ادامه برای ارزیابی رویکرد پیشنهادی مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

Shafiee و leung یک الگوریتم مسیریابی مبتنی بر موقعیت مکانی آگاه از اتصالات برای کاهش تأخیر به‌نام CMGR[13] برای شبکه‌های موردی بین‌خودرویی ارائه کرده‌اند. نکته قابل توجه اینست که این الگوریتم برای شبکه‌هایی که تعداد خودروهای آن کم است نیز مناسب است. به‌طوری که در شبکه‌های متراکم نیز مسیری را که کمترین تأخیر دارد را به‌عنوان بهترین مسیر انتخاب می‌کند. همچنین در این الگوریتم لازم است که تعدادی گره دروازه مجهز به IPV_6 تحت عنوان تجهیزات کنار جاده‌ای در دسترس باشند. در این الگوریتم گره‌های دروازه مسئول انتخاب بهترین مسیر می‌باشند. برای این منظور خودروهایی که قصد ارسال داده داشته باشند یک پیغام کشف مسیر به گره دروازه موجود در برد رادیویی‌شان ارسال می‌کنند. در این حالت یک گره دروازه ممکن است همزمان چندین پیغام کشف مسیر دریافت کند. حال یک گره دروازه با آگاهی از خودروهایی که در برد آن قرار دارند قادر خواهد بود بهترین مسیر را انتخاب و آن را به خودروهایی که منتظر کشف مسیر هستند اعلام کند[۱۳].

یکی‌دیگر از پروتکل‌های مسیریابی، الگوریتم SDR[14] می‌باشد که براساس جهت حرکت خودروها و مکانیزم پیش‌بینی طول مسیر پیشنهاد شده است. بطوریکه در این الگوریتم گره‌های واسط براساس این دو پارامتر انتخاب می‌شوند. نویسندگان این مقاله ادعا کرده‌اند که در این پروتکل استفاده از جهت حرکت خودروها برای انتخاب گره واسط منجر به کاهش تعداد پیام‌های سیل‌آسا شده است و سپس مسیر نهایی بر اساس پیش‌بینی طول مسیر انتخاب می‌شود. این الگوریتم از یک روش کشف مسیر برای کاهش تأخیر انتها به

انتها و مدیریت کانال‌های انقضاء شده استفاده می‌کند. در مجموع لازم به‌ذکر است که به‌دلیل تخمین‌ها و مکانیزم‌های نگهداری مسیر این الگوریتم پیچیدگی محاسباتی بالایی دارد[۱۴].

یکی دیگر از الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر موقعیت مکانی خودروها توسط Qureshi و همکارانش به‌نام RAGR[15] ارائه شده است که یک الگوریتم آگاه از جاده می‌باشد. در این الگوریتم سه پارامتر فاصله، جهت حرکت و چگالی ترافیک برای نحوه هدایت بسته‌ها به خودروی مقصد مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این الگوریتم دو نوع رویکرد مختلف در شرایط مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. بطوریکه برای خودروهایی که در بین دو تقاطع یا به‌عبارتی در داخل خیابان‌ها قرار دارند و برای خودروهایی که در تقاطع قرار دارند، سیاست‌های متفاوتی تعریف شده است. مولفان این مقاله ادعا کرده‌اند که الگوریتم RAGR از نظر نرخ دریافت صحیح بسته‌ها و تأخیر انتها به انتها بهتر از رویکردهای مشابه عمل می‌کند[۱۵].

۳- ارائه الگوریتم مسیریابی پیشنهادی برای شبکه‌های موردی بین‌خورویی

در سال‌های اخیر تلاش شده است تا پروتکل‌های مسیریابی شبکه‌های موردی سیار برای شبکه‌های بین‌خودرویی نیز بکار گرفته شوند. ولی باید توجه داشت که اغلب این پروتکل‌ها برای توپولوژی-های پویا و با تحرک بالا که ویژگی‌های اصلی شبکه‌های بین‌خود-رویی هستند مناسب نیستند. لذا لازم است که الگوریتم مسیریابی مناسب برای این شبکه‌ها با توجه به ویژگی‌های آن‌ها طراحی شود. لذا در این بخش از مقاله، یک پروتکل مسیریابی برای انتقال بسته‌ها در شبکه‌های موردی بین‌خودرویی در مناطق شهری پیشنهاد می‌شود. پروتکل پیشنهادی از معیارهای مناسب مسیریابی از جمله فاصله، جهت، تراکم خودروها و اولویت‌بندی بسته‌ها استفاده می‌کند تا به تأخیر در شبکه و مسائل از دست رفتن بسته در محیط شهری وسایل نقلیه پاسخ دهد. در رویکرد پیشنهادی فرض شده است که همه وسایل نقلیه مجهز به سیستم تعیین موقعیت جهانی برای شناسایی موقعیت خودروی فرستنده و موقعیت خودروی گیرنده می‌باشند که قادر هستند تقاطعات خیابان‌ها را نیز تعیین کنند. لازم به‌ذکر است در الگوریتم پیشنهادی پیام‌های راهنما[۱۶] برای به‌روزرسانی اطلاعات موقعیتی وسایل نقلیه موجود در شبکه استفاده می‌شود.

در حالت کلی در الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر موقعیت مکانی هر وسیله نقلیه بسته‌های اطلاعاتی را در محدوده جغرافیایی خود ارسال می‌کند تا گره واسط مناسب را در شبکه انتخاب کند. البته باید توجه داشت که در الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر موقعیت مکانی، اگر موقعیت خودروها دقیق نباشد، این پروتکل‌ها با تأخیر یا اختلال در مسیریابی شبکه مواجه می‌شوند. با توجه به‌اینکه خود-روها به‌صورت تصادفی حرکت می‌کنند و موقعیت خود را تغییر می-دهند. اطلاعات همسایگان با پیام‌های راهنما به‌روز شده و زمانیکه خودرویی از برد رادیویی یک خودرو خارج می‌شود مطلع می‌شوند.

در رویکرد پیشنهادی برای خودروی مبدأ دو حالت فرض شده است حالتیکه خودروی مبدأ ممکن است در تقاطع باشد یا اینکه در داخل یک خیابان در حرکت باشد. در حالتیکه خودرو در تقاطع قرار داشته باشد مکان بعدی خودش را تخمین می‌زند. برای تخمین مکان بعدی خودرو از معادله (۱) استفاده می‌شود.

$$P_E(t+1) = P(t) + V\Delta t \qquad (۱)$$

البته باید توجه داشت که امکان دارد مکان تخمین زده شده با مکان واقعی خود اختلاف داشته باشد که تحت عنوان خطای تخمین شناخته می‌شود و به‌صورت $E = P_E(t+1) - P_t$ محاسبه می‌شود. در این رابطه $P_E(t+1)$ و P_t به‌ترتیب نشان دهنده موقعیت تخمین زده شده و موقعیت واقعی خودرو می‌باشند.

لذا رویکرد پیشنهادی برای دو حالت فوق، دو سیاست مختلف در نظر می‌گیرد. برای این منظور وقتی خودرویی به تقاطع می‌رسد بایستی چگالی ترافیک، فاصله تا گره مقصد و فاصله تا تقاطع بعدی را محاسبه کرده و سپس بر اساس آن‌ها مسیر حرکت خود را تعیین می‌کند. برای محاسبه چگالی ترافیک، تعداد خودروهای موجود در برد رادیویی خوروی فرستنده مورد نظر قرار می‌گیرد. بدین صورت که مسیری که تعداد خودروی (V_{num}) بیشتری داشته باشد، مسیر بهتری به‌نظر می‌رسد. همچنین لازم است که فاصله بین تقاطع‌های مختلف مد نظر قرار گیرد. با توجه به مشخص بودن نقشه جاده‌ها و تقاطع‌های موجود، بدست آوردن فاصله بین تقاطع‌ها[17](ID) به‌راحتی امکان‌پذیر است. در ضمن ممکن است با تغییر مسیر حرکت خودرو در تقاطع، باعث شود که خودروی مبدأ از خودروی مقصد دورتر شود که مناسب بنظر نمی‌رسد. لذا لازم است که قبل از تعیین مسیر، فاصله بین موقعیت تقریب زده شده از رابطه (۱) و خودروی مقصد با رابطه (۲) محاسبه شود.

$$\text{Distance} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \qquad (۲)$$

لذا در مجموع در تقاطع‌ها مسیری بهتر خواهد بود که چگالی خودروی آن بالا، فاصله تا تقاطع بعدی کم و در صورت حرکت در یک مسیر خاص فاصله خودروی مبدأ با خودروی مقصد کمتر شود. لذا لازم است که مطابق رابطه (۳) برای کلیه مسیرهای اطراف تقاطع میزان شایستگی محاسبه شود.

$$\text{شایستگی میزان} = \propto \left(\frac{V_{nm}}{V_{max}}\right) + \beta\left(\frac{Distance}{Distance_{max}}\right)^{-1} + \gamma\left(\frac{ID}{ID_{max}}\right)^{-1} \quad (۳)$$

سپس مسیری که دارای بیشترین شایستگی باشد به‌عنوان مسیر حرکت بعدی انتخاب خواهد شد. در رابطه (۳) مقدار $\left(\frac{V_{nm}}{V_{max}}\right)$ باید بیشتر باشد تا تأثیر مستقیم بر میزان شایستگی یک مسیر داشته باشد. در حالیکه دو مقدار دیگر یعنی $\left(\frac{Distance}{Distance_{max}}\right)$ و $\left(\frac{ID}{ID_{max}}\right)$ باید کوچک باشند که تأثیر مثبت بر میزان شایستگی مسیر داشته باشند. لذا این دو مقدار به‌صورت معکوس در رابطه (۳) آورده شده‌اند. در رابطه فوق α، β و γ ضرایب تأثیر سه پارامتر می‌باشند که بایستی رابطه $\alpha + \beta + \gamma = 1$ برقرار باشد.

پس از انتخاب مسیر حرکت لازم است که خودروی واسط مناسب برای انتقال پیغام انتخاب شود. برای این منظور فاصله و جهت حرکت خودروها مد نظر قرار می‌گیرد. بدین صورت گرهی به‌عنوان واسط انتخاب می‌شود که مجموع فاصله گره مبدأ تا گره واسط و گره واسط تا گره مقصد کمینه باشد. به‌عبارتی مطابق رابطه (۴) اگر خودروی j واسط انتخاب شود باید خروجی این رابطه مینیمم باشد.

$$Min\left(d_{s,j} + d_{j,D}\right) \qquad \forall j = 1,2,\ldots\ldots,n \quad (۴)$$

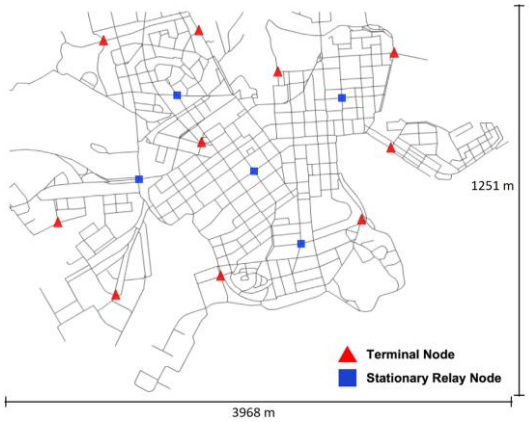
که n تعداد کل گره‌هایی می‌باشد که می‌توانند واسط شوند. در ضمن باید توجه داشت که مسیر حرکت خودروی واسط باید هم جهت با خودروی مقصد باشد. لذا گرهی که هم جهت با خودروی مقصد باشد و رابطه (۴) کمترین مقدار باشد به‌عنوان خودروی واسط انتخاب می‌شود. در نهایت پس از انتخاب خودروی واسط برای انتقال بسته‌ها از استراتژی نزدیک‌ترین استراتژی[۱۸] استفاده شده است. بطوریکه بسته‌هایی که به مقصدشان نزدیکتر هستند از اولویت بیشتری برخوردار هستند.

۴- شبیه‌سازی و ارزیابی کارایی رویکرد پیشنهادی

در این بخش از مقاله، عملکرد رویکرد پیشنهادی بواسطه شبیه‌سازی انجام شده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و با سه پروتکل مسیریابی مبتنی بر موقعیت مکانی با عناوین RAGR، CMGR و SDR مقایسه می‌شود. این شبیه‌سازی در نرم‌افزار THE ONE در محیطی به ابعاد ۱۲۵۱ × ۳۹۶۸ مترمربع با توزیع ۵۰ تا ۳۰۰ خودرو با سرعت حرکت متوسط ۲۵ تا ۵۰ کیلومتر بر ساعت انجام شده است. جدول ۱ پارامترهای این شبیه‌سازی را نشان می‌دهد و در ضمن تقشه شهری انتخاب شده در نرم‌افزار THE ONE در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱: پارامترهای شبیه‌سازی.

پارامترها	مقدار
ابعاد منطقه شبیه‌سازی شده	۱۲۵۱در ۳۹۶۸ مترمربع
زمان شبیه‌سازی	۵۰۰ ثانیه
تعداد وسیله نقلیه	۵۰-۳۰۰ خودرو
سرعت حرکت خودروها	۲۵-۵۰ کیلومتر بر ساعت
برد رادیویی خودروها	۳۰۰ متر
پروتکل MAC	IEEE 802.11b DCF
اندازه بسته‌های داده	۵۱۲ بایت
پهنای باند کانال	۳ مگابیت در هر ثانیه
حداکثر نرخ تولید بسته‌ها	۶ بسته در هر ثانیه
ضرایب تأثیر	$\gamma=\beta=\alpha=0.33$



شکل ۲: نقشه شهر بکار رفته در شبیه‌سازی.

رویکرد پیشنهادی با سه پروتکل مورد مقایسه از نظر سه معیار نرخ دریافت صحیح بسته‌ها[۱۹]، میانگین تأخیر انتها به انتها[۲۰] و تعداد گام‌ها[۲۱] مورد مقایسه قرار گرفته است. نرخ دریافت صحیح بسته‌ها با نسبت تعداد بسته‌های داده صحیح دریافت شده به کل بسته‌های ارسال‌شده محاسبه می‌شود. به واسطه معیار نرخ دریافت صحیح بسته‌ها، میزان انتقال موفق داده‌ها از منبع به مقصد در شبکه مشخص می‌شود. دومین پارامتر ارزیابی، میانگین تأخیر انتها به انتها می‌باشد که مشخص‌کننده کل زمان لازم برای انتقال اطلاعات از خودروی منبع به خودروی مقصد می‌باشد. این تأخیر از مجموع زمان صرف شده در بافرها، تأخیر دسترسی به رسانه، تأخیر انتشار و تأخیر برای انتخاب گره واسط حاصل می‌شود. آخرین پارامتر ارزیابی، میانگین تعداد گام یا میانگین تعداد گره‌های لازم برای انتقال داده از خودروی فرستنده به خودروی گیرنده می‌باشد.

۴-۱- بحث و بررسی نتایج شبیه‌سازی

در این قسمت، نتایج حاصل از شبیه‌سازی بررسی و عملکرد رویکرد پیشنهادی با رویکردهای مشابه مقایسه می‌شود. برای ارزیابی،

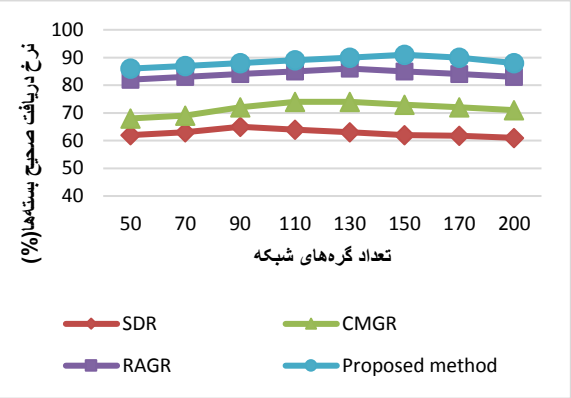
آزمایش‌های مختلفی برای بررسی تأثیرتعداد خودروهای شبکه بر روی پارامترهای کیفیت سرویس انجام شده است.

۴-۱-۱- ارزیابی نرخ دریافت صحیح بسته‌ها

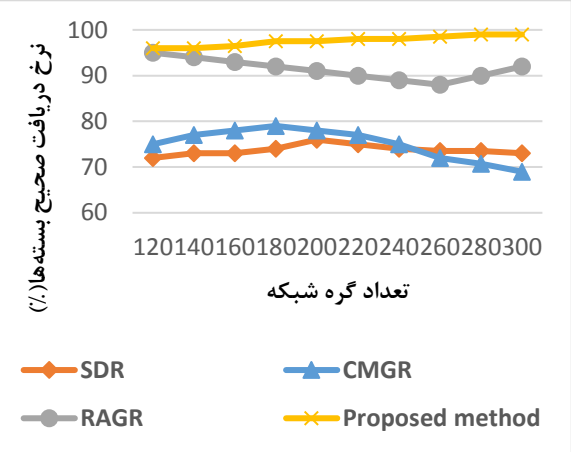
در ارزیابی عملکرد رویکرد پیشنهادی، تعداد خودروها حداکثر ۲۰۰ و ۳۰۰ خودرو در نظر گرفته شده است. در شکل ۳ نرخ دریافت صحیح بسته‌های روش پیشنهادی با رویکردهای مشابه مقایسه شده است. در این ارزیابی تعداد خودروها بین ۵۰ تا ۲۰۰ خودرو در نظر گرفته شده است. در این ارزیابی سعی شده است تأثیر تعداد خودروهای موجود در شبکه بر نرخ دریافت صحیح بسته‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد. مطابق نتایج حاصل افزایش تعداد خودروها می‌تواند موجب بهبود نرخ دریافت صحیح بسته‌ها شود. البته باید در نظر داشت که این بهبود تا یک حد مشخص ایجاد خواهد شد، بطوریکه با افزایش تعداد خودروها و افزایش حجم ترافیک، نرخ برخورد بسته‌ها با یکدیگر افزایش یافته و به‌موجب آن نرخ دریافت صحیح بسته‌ها کاهش می‌یابد.

مطابق شکل فوق الگوریتم SDR دارای کمترین نرخ دریافت صحیح بسته می‌باشد. دلیل اصلی این عامل این است که در این الگوریتم پیغام‌های کشف مسیر به‌صورت داده پراکن منتقل می‌شوند و این عامل باعث برخورد بین بسته‌های اطلاعاتی می‌شود. همچنین در مورد الگوریتم CMGR نیز لازم به‌ذکر است که این الگوریتم برای شبکه‌های چگالی پایین مناسب می‌باشد و با تعداد خودروی بیشتر، نرخ دریافت صحیح بسته‌های مناسبی ندارد. البته در الگوریتم RAGR به دلیل توجه کردن آن به نقشه تقاطع‌ها عملکرد بهتری ایجاد شده است. ولی با این حال نرخ دریافت صحیح بسته‌ها در رویکرد پیشنهادی بهتر از رویکردهای مشابه می‌باشد که دلیل آن نیز توجه به موقعیت و جهت خودروها می‌باشد.

در شکل ۴ نرخ دریافت صحیح بسته‌ها با تعداد خودروی ۱۲۰ تا ۳۰۰ خودرو ارزیابی شده است. نتایج حاصل نشان از عملکرد خوب این روش حتی با تعداد خودروی بیشتر دارد. بطوریکه اغلب روش‌ها با افزایش تعداد خودروها و افزایش ترافیک داده شبکه، کارایی خود را از دست می‌دهند که این عیب در روش پیشنهادی پوشش داده شده است و نتایج نشان می‌دهد که پارامتر نرخ دریافت صحیح بسته‌های روش پیشنهادی کاملاً مقیاس‌پذیر می‌باشد.



شکل ۳: مقایسه نرخ دریافت صحیح بسته روش پیشنهادی با روش‌های مورد مقایسه با ۲۰۰ خودرو.

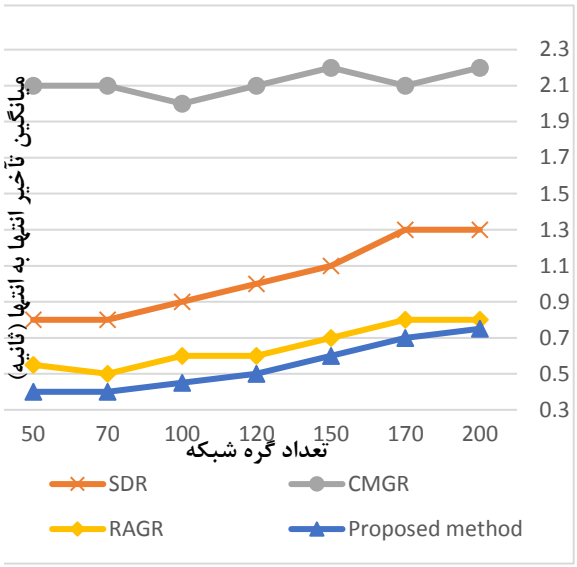


شکل ۴: مقایسه نرخ دریافت صحیح بسته روش پیشنهادی با روش‌های مورد مقایسه با ۳۰۰ خودرو.

۴-۱-۲- ارزیابی متوسط تأخیر انتها به انتها

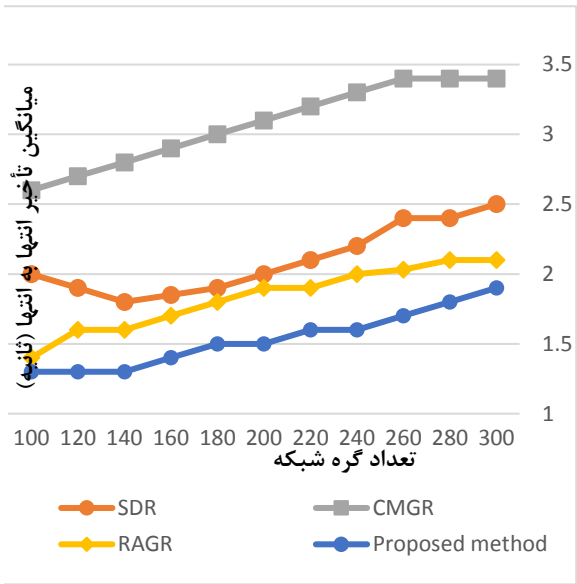
در هر رویکرد مسیریابی علاوه بر نرخ دریافت صحیح بسته‌ها، میانگین تأخیر انتها به انتها نیز پارامتر مهمی برای ارزیابی کیفیت سرویس یک شبکه می‌باشد. در شکل ۵ میانگین تأخیر انتها به انتهای روش پیشنهادی با سه رویکرد SDR، CMGR و RAGR با حضور ۲۰۰ خودرو مقایسه شده است.

نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد با اینکه الگوریتم CMGR دارای نرخ دریافت صحیح بسته‌های بهتری نسبت به SDR می‌باشد، ولی میانگین تأخیر انتها به انتهای آن بیشتر از الگوریتم SDR می‌باشد. باتوجه به‌اینکه مکانیزم کشف مسیر در الگوریتم CMGR دارای تأخیر بیشتری می‌باشد، منجر به بالا بودن تأخیر انتها به انتهای این روش نیز می‌شود. در حالیکه در روش پیشنهادی سادگی عملکرد در تقاطع و خیابان‌ها و اولویت‌بندی بسته‌های ارسالی باعث کاهش تأخیر انتها به انتها شده است.



شکل ۵: مقایسه تأخیر انتها به انتها روش پیشنهادی با روش‌های مورد مقایسه با ۲۰۰ خودرو.

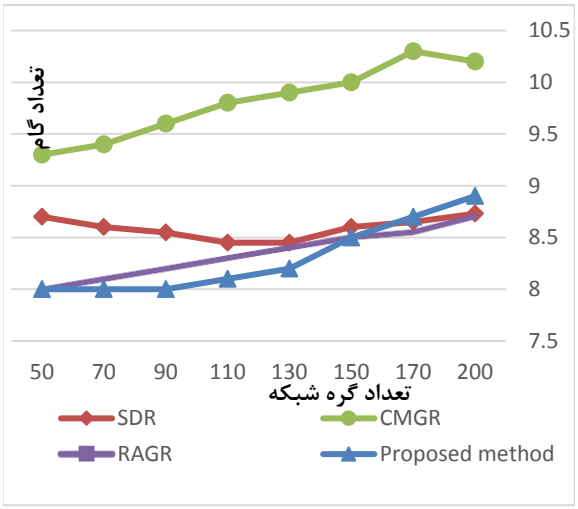
در ارزیابی دیگر سعی شده است با تعداد خودروی بیشتر میانگین تأخیر انتها به انتها بین روش‌های مختلف ارزیابی شود. در شکل ۶ این ارزیابی با ۱۰۰ تا ۳۰۰ خودرو انجام شده است. مطابق شکل ۶ افزایش تعداد خودروها موجب افزایش میانگین تأخیر انتها به انتها می‌شود. درحالیکه در روش پیشنهادی افزایش با شیب کندتری صورت گرفته است که نشان از عملکرد بهتر روش پیشنهادی دارد.



شکل ۶: مقایسه تأخیر انتها به انتها روش پیشنهادی با روش‌های مورد مقایسه با ۳۰۰ خودرو.

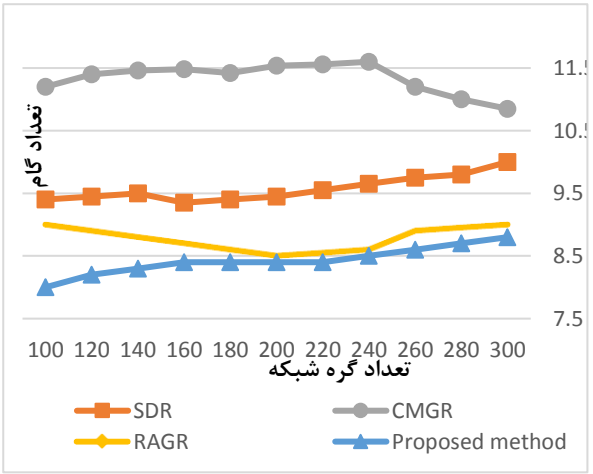
۴-۱-۳- ارزیابی میانگین تعداد گام‌ها

در آخرین ارزیابی سعی شده است تعداد گام لازم برای انتقال بسته‌ها از خودروی مبدأ تا خودروی مقصد با در نظر گرفتن تعداد خودروی مختلف ارزیابی شود. به‌ترتیب در شکل ۷ و شکل ۸ تعداد خودروها بین ۵۰ تا ۲۰۰ خودرو و ۱۰۰ تا ۳۰۰ خودرو در نظر گرفته شده است. یکی از معیارهای ارزیابی برای الگوریتم‌های مسیریابی تعداد گام می‌باشد. بطوریکه الگوریتم مسیریابی بهینه سعی دارد ضمن کاهش تأخیر انتها به انتها و افزایش نرخ دریافت صحیح بسته‌ها، بسته‌ها را با کمترین پرش یا کمترین گام به گره مقصد برساند.



شکل ۷: مقایسه تعداد گام روش پیشنهادی با روش‌های مورد مقایسه با ۲۰۰ خودرو.

مطابق شکل فوق الگوریتم CMGR بدیل انتقال پیغام‌های کشف مسیر بصورت سیل‌آسا بیشترین تعداد گام را برای رسیدن به مقصد طی می‌کند.



شکل۸: مقایسه تعداد گام روش پیشنهادی با روش‌های مورد مقایسه با ۳۰۰ خودرو.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک الگوریتم مسیریابی مبتنی بر موقعیت مکانی برای انتخاب خودروی واسط مناسب در محیط شهری برای شبکه‌های موردی

بین‌خودرویی پیشنهاد گردید. الگوریتم پیشنهادی معیارهای متعددی مانند فاصله، جهت، تراکم خودروها و اولویت‌بندی بسته‌ها را برای انتخاب خودروی واسط و مسیر مناسب در شبکه استفاده می‌کند. الگوریتم پیشنهادی در دو حالت بطوریکه خودروها در داخل خیابان‌ها و یا اینکه در تقاطع‌ها باشند از استراتژی‌های مختلفی برای انتخاب خودروی واسط و مسیر بعدی استفاده می‌کند. پروتکل در مناطقی که تحرک بالا و توپولوژی پویا باشد بهتر عمل خواهد کرد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که پروتکل پیشنهادی از نظر نرخ دریافت صحیح بسته‌ها تأخیر و تعداد گام‌ها در مقایسه با پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر موقعیت SDR، CMGR و RAGR دارای عملکرد بهتری می‌باشد. برای کارهای آتی پیشنهاد می‌گردد که خطای محاسبات نیز برای تخمین خودروی مناسب مد نظر قرار گیرد.

مراجع

[۱] افسانه ابراهیمی و سیدعبید پوردانش "استفاده از مسیریابی شبکه‌های رادیو شناختی جهت کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به کمک الگوریتم دایجکسترا"، مجله دو فصلنامه مباحث برگزیده در انرژی، جلد۲، شماره ۲، ۱۳۹۵.

[۲] آسیه شادنیا و مرتضی رموزی "ارایه بهبود استراتژی ارسال و مسیریابی در الگوی محتوا محور شبکه‌های خودرویی مبتنی بر نقشه جغرافیایی"، مجله فصلنامه جاده، جلد۴۹، شماره ۹۳، ۱۳۹۶.

[۳] امیرمسعود رحیمی و احسان رمضانی خوانساری "توسعه الگوریتم غذایابی کندوی زنبور عسل برای حل مسئله مسیریابی خودرو"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، جلد۶، شماره ۱، ۱۳۹۳

[4] A. Rasheed, S. Gillani, S. Ajmal, and A. Qayyum, "Vehicular Ad Hoc Network (VANET): A Survey, Challenges, and Applications," in *Vehicular Ad-Hoc Networks for Smart Cities*, A. Laouiti, A. Qayyum, and M. Mohamad Saad, Eds. Springer, Singapore, 2017, pp. 39–51.

[5] H. Hartenstein and K. P. Laberteaux, "A tutorial survey on vehicular ad hoc networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 46, no. 6, pp. 164–171, Jun. 2008.

[6] C. Campolo, A. Molinaro, and R. Scopigno, Eds., *Vehicular ad hoc Networks standards, solutions, and research*. Cham: Springer International Publishing, 2015.

[7] B. Marzak, H. Toumi, E. Benlahmar, and M. Talea, "Performance Analysis of Routing Protocols in Vehicular Ad Hoc Network," in *Advances in Ubiquitous Networking*, R. Ei-Azouzi, D. S. Menasche, E. Sabir, F. De Pellegrini, and M. Benjillali, Eds. Springer, Singapore, 2017, pp. 31–42.

[8] X. Zhang and C. Gu, "A micro-artificial bee colony based multicast routing in vehicular ad hoc networks," *Ad Hoc Networks*, vol. 58, pp. 213–221, Apr. 2017.

[9] F. Li, Y. Wang, and N. Carolina, "Routing in vehicular ad hoc networks: A survey," *IEEE Veh. Technol. Mag.*, vol. 2, no. 2, pp. 12–22, 2007.

[10] O. A. Wahab, A. Mourad, H. Otrok, and J. Bentahar, "CEAP: SVM-based intelligent detection model for clustered vehicular ad hoc networks," *Expert Syst. Appl.*, vol. 50, pp. 40–54, 2016.

[11] A. Dua, N. Kumar, and S. Bawa, "A systematic review on routing protocols for Vehicular Ad Hoc Networks," *Veh. Commun.*, vol. 1, no. 1, pp. 33–52, 2014.

[12] A. A. F. Loureiro, L. B. Ruiz, A. Boukerche, T. R. M. Braga Silva, and F. A. Silva, "Geo-localized content availability in VANETs," *Ad Hoc Networks*, vol. 36, pp. 425–434, 2015.

[13] K. Shafiee and V. C. M. Leung, "Connectivity-aware minimum-delay geographic routing with vehicle tracking in VANETs," *Ad Hoc Networks*, vol. 9, no. 2, pp. 131–141, Mar. 2011.

[14] C. Liu, Y. Shu, O. Yang, Z. Xia, and R. Xia, "SDR: A Stable Direction-Based Routing for Vehicular Ad Hoc Networks," *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 73, no. 3, pp. 1289–1308, Dec. 2013.

[15] K. N. Qureshi, A. H. Abdullah, and A. Altameem, "Road Aware Geographical Routing Protocol Coupled with Distance, Direction and Traffic Density Metrics for Urban Vehicular Ad Hoc Networks," *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 92, no. 3, pp. 1251–1270, 2017.

[16] "VANET Security and Privacy @ BBCR Lab" [Online]. Available: https://ece.uwaterloo.ca/~kan.yang/security_bbcr/vanet.html. [Accessed: 20-Jun-2020].

زیرنویس‌ها:

[1] Road Side Unit (RSU)
[2] Vehicular Ad Hoc Network (VANETs)
[3] Vehicle to Vehicle (V2V)
[4] Vehicle to Infrastructure (V2I)
[5] Global Positioning Systems (GPS)
[6] Greedy Perimeter Stateless Routing
[7] Geographic Source Routing
[8] Greedy perimeter Coordinator Routing
[9] Vehicle- Assisted Data Delivery
[10] Reliable Routing Protocol
[11] Connectivity-aware Minimum–delay Geographic Routing
[12] Roadside Units as message Routers
[13] Connectivity aware Minimum delay Geographic Routing
[14] Stable Direction based Routing
[15] Road Aware Geographic Routing Protocol
[16] Beacon
[17] Intersection Distance
[18] Nearest First Strategy
[19] Packet Delivery Ratio (PDR)
[20] Average End-to-End Delay
[21] Hop Count