کاهش زمان سفرهای شهری با مسیردهی مجدد خودروها به کمک شبکه بی سیم بین خودرویی

سمیرا عیسی زاده [۱]، نیک‌محمد بلوچزهی[۲]، مهری مهرجو[۳]

[۱]مرکزرشد دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
پست الکترونیکی:s.isazade@gmail.com

[۲]استادیار، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
پست الکترونیکی:Balouchzahi@ece.usb.ac.ir

[۳]دانشیار، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
پست الکترونیکی:mehrimehrjoo@gmail.com

چکیده

در این مقاله سامانه‌ای جهت مسیردهی مجدد خودروها در تکه مسیر های ورودی به ناحیه های دارای ازدحام براساس پارامترهای ترافیکی به منظور کاهش زمان سفر پیشنهاد شده است. در روش پیشنهادی، خودروها با به‌کارگیری سامانه اطلاعات ترافیکی بی‌سیم بین خودرویی و بدون نیاز به زیرساخت، مرکز کنترل و صرف هزینه‌های کلان، می‌توانند اطلاعات مورد نیاز برای انتخاب مناسب‌ترین مسیر را بدست آورند. در ابتدا با بررسی فایل‌های ترافیکی، ناحیه‌های دارای ازدحام تعیین می‌شود و سپس زیر مجموعه‌ای از تکه مسیرهای ورودی به ناحیه‌های دارای ازدحام انتخاب می‌شوند و خودروهای درون این تکه مسیرها، براساس زمان سفر و همچنین چگالی تکه مسیرها مسیردهی مجدد می‌شوند. هدف ما این است که خودروها به گونه‌ای مسیردهی شوند که از انتقال ازدحام از مسیری به مسیری دیگر و همچنین مشکل عدم پیوستگی رادیویی جلوگیری شود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی حاکی از کاهش زمان سفرهای شهری و همچنین کاهش تعداد تکه مسیرهایی که مشکل عدم پیوستگی رادیویی دارند، می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

حمل و نقل هوشمند ، شبکه بی‌سیم بین خودرویی ، کاهش زمان سفر، مسیردهی مجدد خودروها

۱- مقدمه

امروزه در بیشتر شهرهای بزرگ جهان، زندگی شهری با چالشی بزرگ به نام ازدحام خودروها در خیابان‌ها مواجه شده و تلاش‌های بسیاری در نقاط مختلف دنیا در حال انجام است تا راهکارهای مناسبی برای غلبه بر این مشکل پیدا گردد. این تلاش‌ها دامنه وسیعی، از اعمال برخی محدودیت‌های عبور و مرور در مسیرهای پرتردد، تا استفاده از سیستم‌های ناوبری مختلف و هدایت راننده را شامل می‌گردند. در این سامانه‌ها، اطلاعات ترافیکی مسیرها به روش‌های مختلف جمع‌آوری شده و در اختیار رانندگان قرار می‌گیرد. در سیستم‌های سنتی، این داده‌ها توسط دوربین‌ها و حسگرهای دیگری که در طول مسیر قرار داده می‌شوند جمع‌آوری شده و پس از ارسال توسط سیستم‌های ارتباطی به یک مرکز کنترل و هدایت مرکزی، این داده‌ها مورد ارزیابی و سنجش قرار می‌گیرند و سپس نتایج ارزیابی با تاخیر برروی تابلوهای مختلف نصب شده در طول راه‌ها نمایش داده می‌شود و یا توسط اینترنت برای رانندگان متقاضی ارسال می‌گردد تا مورد استفاده رانندگان قرار گیرد. بدیهی است که بالا بودن هزینه‌های نصب و نگهداری این تجهیزات و همچنین نیاز به یک مرکز کنترل و مدیریت، عوامل بازدارنده تشویق دولت‌ها و مدیران شهری در به کارگیری آن‌ها هستند.

امروزه تحقیقات مختلفی در حال انجام است تا بتوان با استفاده از سامانه های اطلاعات ترافیک مشارکتی، اطلاعات ترافیکی را با مشارکت خودروهای در حال حرکت جمع‌آوری نمود و این اطلاعات را داخل هر خودرو به صورتی مستقل پردازش کرده و نتایج را با روش‌های مختلف توزیع اطلاعات، به دیگر خودروها انتقال داد. [1]

سامانه های اطلاعات ترافیکی مشارکتی، از نظر مکان ذخیره اطلاعات ترافیکی به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱) سیستم‌های متمرکز[1] (مشتری/سرویس دهنده[2])، ۲) سیستم‌های غیر متمرکز[3] (نظیر به نظیر) [2].

در سیستم‌های اطلاعات ترافیک مشارکتی متمرکز، اطلاعات ترافیکی در یک سرور ذخیره می‌شود و این اطلاعات از راه‌های مختلف در اختیار خودروها قرار می‌گیرند. چالش بزرگ این سیستم، حجم بالای به‌روزرسانی و درخواست اطلاعات است که باید در کمترین زمان بین سرور و خودروهایی که به سرعت در حال حرکت هستند جابجا شوند. به علاوه، در چنین سیستم‌هایی یک هسته مرکزی که همان سرور می‌باشد در مورد اینکه کدام خودروها و به چه نوع اطلاعاتی دسترسی داشته و یا نداشته باشند تصمیم‌گیری خواهد کرد. اگر چه این عمل فوایدی مانند امنیت بیشتر داده‌ها، انجام محاسبات پیچیده مسیریابی در سرور به جای خودرو و کاستن از مشکلات لایه شبکه در ارتباطات مستقیم بین خودرویی را به همراه دارد، این روش تا حد زیادی با اهداف استفاده از سامانه‌های مشارکتی در تناقض است. نمونه این سیستم‌ها SOCRATES [3]، CoCar [4]، TraffCon [5]، [6]و [7] می‌باشند.

سیستم‌های اطلاعات ترافیک مشارکتی غیر متمرکز از اطلاعات ترافیکی جمع‌آوری و به اشتراک گذارده شده توسط خودروهای در حال حرکت استفاده می‌نمایند. با توجه به استفاده از فناوری‌های بی‌سیم و طراحی سیستم، ما سیستم‌های اطلاعات ترافیکی مشارکتی غیر متمرکز را به چهار ساختار مختلف طبقه‌بندی می‌کنیم:

۱) سامانه اطلاعات ترافیک بی‌سیم بین خودرویی تک رده‌ای [4]،
۲) سامانه اطلاعات ترافیک نظیر به نظیر تک رده‌ای روی شبکه بی‌سیم بین خودرویی [5]،
۳) سامانه اطلاعات ترافیک نظیر به نظیر تک رده‌ای مبتنی بر زیرساخت[6]،
۴) سامانه اطلاعات ترافیک شبکه بی‌سیم بین خودرویی /نظیر به نظیر دو رده‌ای [7]

۱-۱- سامانه اطلاعات ترافیک بی‌سیم بین خودرویی تک رده‌ای

در سامانه اطلاعات ترافیک بی‌سیم بین خودرویی تک رده‌ای، خودروها با یکدیگر از طریق ارتباطات بین خودرویی ارتباط برقرار می‌کنند و به صورت دوره‌ای سرعت و موقعیت فعلی خود را به خودروهای همسایه به صورت همه-پخشی ارسال می‌کنند. یکی از مشکلات اساسی این سامانه، قطع متناوب اتصالات بین خودروها و ایجاد عدم پیوستگی در شبکه است که از دلایل اصلی آن می‌توان به چگالی کم خودروها در یک محدوده و تحرک بالای خودروها اشاره نمود. مسئله مهم دیگر برای سیستم شبکه بی‌سیم بین خودرویی تک‌رده‌ای مشکل طوفان همه‌پخشی[8] در یک محیط با تراکم خودرو بالا است چون هر گره هر پیامی که دریافت می کند را به صورت همه پخشی ارسال می‌کند. به عنوان نمونه سامانه هایی که از این ساختار بهره می‌گیرند می توان به [8]، TrafficView [9] و TrafficRep [10] اشاره کرد.

۱-۲- سامانه اطلاعات ترافیک نظیر به نظیر تک رده‌ای روی شبکه بی‌سیم بین خودرویی:

در این سامانه خودروها اطلاعات ترافیکی خود را به صورت همه پخشی برای خودروهایی که در محدوده خودشان هستند ارسال می‌کنند اما درخواست‌های جستجو را از طریق نظیر به نظیر پوششی ارسال می‌کنند. تفاوت اصلی این سامانه با سامانه‌ی اول در روش جستجو می‌باشد. در دسته اول یک گره پیام را به همه‌ی گره‌های موجود در محدوده خود به صورت سیل‌آسا ارسال می‌نماید. اما در این حالت پیام با توجه به ساختار نظیر به نظیر موجود در لایه کاربرد ارسال می‌گردد. به عنوان نمونه چنانچه شبکه پوششی از نوع بدون ساختار[9] مانند Gnutella [11]باشد، ارسال پیام با توجه به روش سیل‌آسای[10] با محدودیت طول عمر صورت می‌پذیرد و چنانچه شبکه پوششی ساخت یافته[11] وجود داشته باشد با توجه به روش پوششی ساخت یافته به عنوان نمونه چنانچه از Chord[12] استفاده شود، پیام با توجه به جدول فینگر(Finger Table) به گره‌ای که پیام را به مقصد نزدیک‌تر می‌نماید ارسال می‌گردد. این دسته از روش‌ها نیز با توجه به تحرک بالای گره‌ها دارای هزینه بالایی در نگهداری شبکه پوششی خواهند بود و تعداد پیام‌های رد و بدل شده جهت نگهداری شبکه پوششی از کارایی آن می‌کاهد. علاوه بر این، به دلیل اینکه نظیر به نظیر پوششی در بالای شبکه بی‌سیم بین خودرویی ساخته شده است، این سامانه نیز از مشکل عدم همبندی تحت تراکم کم خودرو مانند سیستم شبکه بی‌سیم بین خودرویی تک رده‌ای قبلی رنج می برد. به عنوان مثال از چنین سیستمی می توان به IFTIS [13] و TrafficInfo [14] اشاره کرد.

۱-۳- سامانه اطلاعات ترافیک نظیر به نظیر تک رده‌ای مبتنی بر زیرساخت

سامانه دیگری که جهت ساخت شبکه پوششی استفاده شده است، عبارت است از اینکه گره‌هایی به عنوان نظیر در شبکه پوششی انتخاب گردند که دارای ارتباط با زیرساخت می‌باشد (از قبیل WiMAX و 3G). در این حالت گره‌های نظیر در شبکه پوششی از طریق ارتباط با زیرساخت همواره با هم در

---

[1] Centralize
[2] Client/Server
[3] Decentralize
[4] Single-Tier VANET
[5] Single-Tier Peer To Peer VANET
[6] Single-Tier Infrastructure-based Peer To Peer VANET
[7] Two-Tier Peer To Peer VANET
[8] Broadcast Storm
[9] Unstructured
[10] Flooding
[11] Structured

ارتباط هستند و شبکه همبند باقی می‌ماند اما تاخیر ارتباطی در شبکه‌های زیرساخت بالا است. این شبکه پوششی می‌تواند ساخت یافته یا بدون ساختار باشد. نمونه این سامانه، سامانه PeerTIS [15]است که یک سیستم نظیر به نظیر بر روی اینترنت است.

۱-۴- سامانه اطلاعات ترافیک شبکه بی‌سیم بین خودرویی خودرویی/نظیر به نظیر دو رده‌ای

در این حالت خودروها در شبکه بی‌سیم بین خودرویی گروه‌بندی می‌شوند. در هر گروه گره‌ای به عنوان ابرنظیر انتخاب می‌شود. مجموعه ابرنظیرها یک شبکه پوششی تشکیل می‌دهند. گره‌های ابر نظیر به عنوان یک پل بین لایه بالا و لایه پایین شبکه برای رسیدگی به تبادل پیام و جستجوها خدمت می‌کنند. خودروها مانند سامانه شبکه بی‌سیم بین خودرویی تک رده-ای، اطلاعات ترافیک خود از طریق ارتباطات بین خودرویی به صورت همه پخشی ارسال می‌کنند. همچنین درخواست‌های جستجو را نیز به صورت همه‌پخشی ارسال می‌کنند تا به دست گره ابر نظیر برسد. گره ابر نظیر این درخواست را بسته به نوع شبکه پوششی (ساخت یافته یا بدون ساختار) با توجه به مکانیزم مسیریابی اتخاذ شده ارسال می‌کند. با کمک نظیر به نظیر پوششی لایه بالا، سیستم دو رده‌ای مشکل عدم همبندی سیستم‌های مبتنی بر شبکه بی‌سیم بین خودرویی را حل می‌کند. درخواست‌های جستجو از طریق نظیر به نظیر پوششی می‌تواند با موفقیت به مقصد برسند در حالی که از طریق شبکه بی‌سیم بین خودرویی ممکن است شکست بخورند. علاوه بر این، سیستم دو رده‌ای تاخیر جستجو را در مقایسه با سیستم‌های نظیر به نظیر مبتنی بر زیر ساخت تک رده‌ای کاهش می‌دهد. با این حال، سربار غیر ضروری ممکن است در سیستم دو رده‌ای ایجاد شود زیرا جستجو در دو شبکه انجام می‌شود [1].

۲- راهکار پیشنهادی

این سامانه براساس یک سامانه اطلاعات ترافیکی مشارکتی، که از ساختار شبکه‌های بی‌سیم بین خودرویی استفاده می‌کند پیشنهاد شده است. هر خودرو باید به یک GPS، یک نقشه دیجیتال،تجهیزات رادیویی ارسال و دریافت بر پایه استانداردهای سری 802.11 و به ویژه 802.11p و یک رایانه برای انجام محاسبات و ذخیره اطلاعات مجهز باشد. نقشه دیجیتال به قسمت‌هایی شامل تکه مسیرها و تقاطع‌ها تقسیم می‌شود.

هر خودرو دارای دو جدول اطلاعات ترافیکی شامل: ۱) جدول اطلاعات ازدحام تکه مسیرها و ۲) جدول اطلاعات خودروهای همسایه می‌باشد. جدول۱ و جدول ۲ ساختار کلی دو جدول مورد اشاره را نشان می دهد.

جدول ۱ : جدول اطلاعات ازدحام تکه مسیرها

زمان تهیه آخرین گزارش	زمان پیمودن تکه مسیر	چگالی تکه مسیر	شناسه تکه مسیر

جدول ۲: جدول اطلاعات همسایگان

زمان تهیه آخرین گزارش	موقعیت	شناسه خودرو همسایه

هر خودرو هنگامی که به انتهای تکه مسیر می‌رسد زمان پیمودن و همچنین چگالی آن تکه مسیر را محاسبه می‌کند و جدول اطلاعات ازدحام خود را با مقادیر به دست آمده به روز رسانی می‌کند. همچنین هر خودرو به صورت دوره‌ای یک بسته برای همسایگان خود ارسال می‌کند. این بسته شامل شناسه منحصر به فرد خودرو، شناسه تکه مسیری که خودرو در آن در حال حرکت است، جدول اطلاعات ازدحام تکه مسیرها و جدول اطلاعات همسایگان است.

خودروها اطلاعات جدید هر تکه مسیر را با اطلاعات قبلی آن تکه مسیر تجمیع می‌کنند و با یک مهر زمانی ذخیره می‌کنند. این مهر زمانی سبب می شود که بتوان اطلاعاتی را که از نظر زمانی معتبر نیستند از جداول حذف نمود. هرخودروپس از دریافت پیام‌هایی که حامل اطلاعات ترافیکی هستند، صرف نظر از اینکه مقصد پیام باشد یا خیر، در صورتی که زمان تولید اطلاعات دریافتی از زمان تولید اطلاعات ذخیره شده در جداول خود جدیدتر باشند، اطلاعات موجود در جداول خود را با اطلاعات جدید به روز رسانی و تجمیع می‌نماید و با مهر زمانی مربوط به زمان تولید اطلاعات جدید ذخیره می‌نماید. چنانچه اطلاعات تکه مسیر قبلا در جداول موجود نباشد، آن‌ها را با مهر زمانی دریافتی که نشان‌دهنده زمان تولید اطلاعات است در جداول مربوط به خود ذخیره می‌نماید. همچنین در صورتی که اطلاعات دریافتی از اطلاعات موجود تازه‌تر نباشند، آن‌ها را بدون استفاده حذف می‌نمایند.

شبکه جاده به عنوان یک گراف وزن‌دار نمایش داده می‌شود که در آن نودها همان تقاطع‌ها، یال‌ها تکه مسیرها و وزن‌ها زمان سفر برآورد شده است. در ابتدا وزن هر یال را برآورد زمان سفر آن تکه مسیر در نظر می‌گیریم.

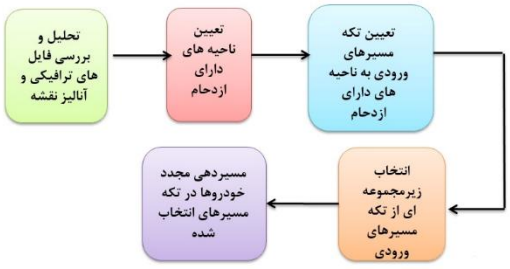
برای برآورد زمان سفر از رابطه‌ی (۱) استفاده می کنیم.

$$T_i = \frac{L_i}{V_f} \qquad (۱)$$

L_i طول تکه مسیر i و V_f سرعت جریان آزاد است. سرعت جریان آزاد (V_f) به عنوان سرعت متوسط که راننده در آن می‌تواند بدون هیچ ترافیک و شرایط نامطلوبی رانندگی کند تعریف شده است. ما برای راحتی کار آن را همان حداکثر سرعت در نظر گرفته‌ایم. سپس این وزن‌ها هنگامی که خودرو به انتهای تکه مسیر می‌رسد و زمان سفر را محاسبه می‌کند تغییر می‌کنند.

۲-۱- فعالیت سامانه

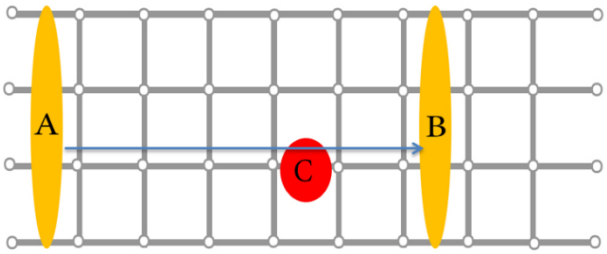
ساختار کلی سامانه پیشنهادی در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱: ساختار کلی سامانه پیشنهادی

۲-۱-۱- گام اول : تحلیل فایل‌های ترافیکی و تعیین ناحیه‌های دارای ازدحام

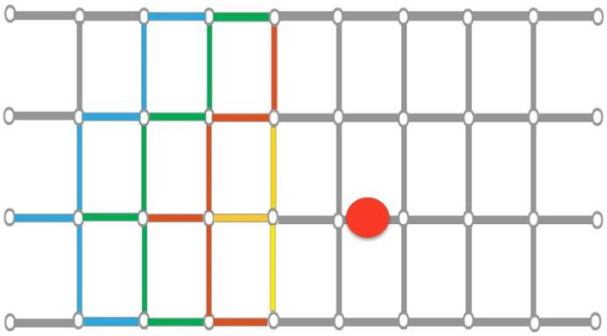
در این سیستم در ابتدا فایل‌های ترافیکی مورد بررسی قرار می‌گیرند و با توجه به نقشه داده شده ناحیه‌های دارای ازدحام تعیین می‌شوند، جهت تعیین ناحیه‌های دارای ازدحام با توجه به فایل‌های ترافیکی تعداد خودروهای هر تکه مسیر در بازه‌های زمانی مشخص اندازه‌گیری می‌شود و میانگین تعداد خودروها محاسبه می‌گردد. اگر تعداد خودروهای هر تکه مسیر از آستانه‌ی مشخصی که همان ۷۰ درصد ظرفیت خودرویی تکه مسیر است بیشتر باشد به عنوان ناحیه دارای ازدحام تعیین می‌شود. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است فرض می‌کنیم که جریانی از خودروها می‌خواهند از قسمت A به قسمت B بروند و قسمت C به عنوان ناحیه دارای ازدحام تعیین شده است.



شکل ۲: نقشه جاده‌ها و ناحیه دارای ازدحام

۲-۱-۲- گام دوم:تعیین تکه مسیرهای ورودی به ناحیه‌های دارای ازدحام و انتخاب زیرمجموعه‌ای از آن‌ها

معمولا ترافیک هدایت شده به سمت ناحیه‌های دارای ازدحام از مسیر-های معینی وارد می‌شوند، لذا تکه مسیرهایی که در مسیرهای ورودی به ناحیه‌های دارای ازدحام قرار دارند، به عنوان نقاط کلیدی در توزیع مجدد و مسیردهی مجدد خودروها مد نظر قرار می‌گیرند. این تکه مسیرها را با توجه به تعداد تقاطعی که از ناحیه‌های دارای ازدحام فاصله دارند اولویت‌بندی می-کنیم. ما تکه مسیرهای ورودی به تکه مسیر دارای ازدحام را به این صورت اولویت بندی می‌کنیم که تکه مسیرهایی که یک تقاطع با تکه مسیر دارای ازدحام فاصله دارند اولویت ۴، تکه مسیرهایی که دو تقاطع فاصله دارند اولویت ۲، تکه مسیرهایی که سه تقاطع فاصله دارند اولویت ۱، تکه مسیرهایی که چهار تقاطع فاصله دارند اولویت ۳ می‌گیرند. شکل ۳ اولویت‌بندی تکه مسیرها را نشان می‌دهد.



شکل ۳: اولویت بندی تکه مسیرهای ورودی به ناحیه دارای ازدحام

۲-۱-۳- گام سوم: مسیر دهی مجدد خودروها در تکه مسیرهای انتخاب شده

برای مسیردهی مجدد خودروها در تکه مسیرهای انتخاب شده علاوه بر زمان سفر چگالی مسیرها را در نظر می‌گیریم. برای این استراتژی فرآیند مسیردهی به سه گام تقسیم می شود.

گام اول: خودروهای موجود در تکه مسیرهای انتخاب شده k کوتاه‌ترین مسیررا براساس زمان سفر محاسبه می‌کنند که k یک پارامتر از پیش تعریف شده است.

گام دوم: هر خودرو به ازای هر مسیر، نسبت تعداد خودروهای موجود در آن مسیر را به ظرفیت خودرویی آن مسیر را طبق رابطه (۲) محاسبه می‌کند. تعداد خودروهای موجود در مسیر را از جدول اطلاعات ازدحام تکه مسیرها می‌توان بدست آورد.

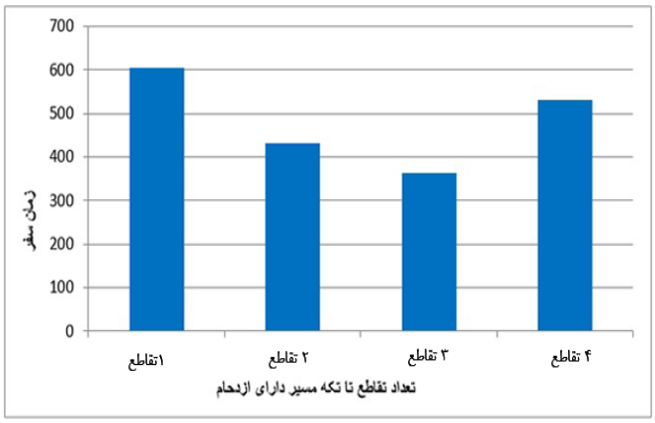
$$D=\frac{\text{تعداد خودرو های موجود در مسیر}}{\text{ظرفیت خودرویی مسیر}} \qquad (۲)$$

گام سوم: هر خودرو یکی از k کوتاه‌ترین مسیر را با توجه به نسبت تعداد خودروهای موجود در مسیر به ظرفیت خودرویی(D) آن مسیر انتخاب می-کند. هدف این است که این نسبت در یک محدوده ی از پیش تعریف شده ($\alpha<D<\beta$) بماند. در نتیجه انتخاب مسیر به این صورت انجام می شود که اگر یکی از k کوتاه‌ترین مسیر مقدار D آن در محدوده‌ی از پیش تعریف شده ($\alpha<D<\beta$) باشد آن مسیرانتخاب می شود. در غیر اینطورت خودرو به ازای هر مسیر چک می‌کند اگر مسیری دارای مقدار D بیشتر از β بود آن مسیر را در نظر نگرفته و از بین مسیرهای دارای D کمتر از α آن مسیری که بیشترین مقدار D را دارا است انتخاب می‌شود. اما اگر تمامی k کوتاهترین مسیرها دارای مقدار D، بیشتر از β بودند اولین کوتاه‌ترین مسیر انتخاب می‌شود.

۳- شبیه‌سازی و ارزیابی کارایی راه‌کار پیشنهادی

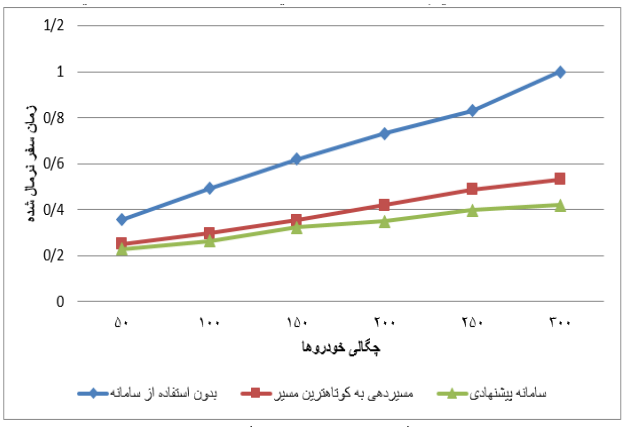
برای شبیه‌سازی ترافیک از نرم‌افزار SUMO ورژن 0.15.0 و برای شبیه‌سازی شبکه داده‌ها از نرم افزار OMNET++ ورژن 4.2.2 استفاده گردیده است. برای ارتباط دو نرم افزار ذکر شده از نرم افزار VEINS مدل 2.0 استفاده گردیده است. منطقه مورد آزمایش یک محدوده با ابعاد ۳۰۰*۱۸۰۰ است و تست‌ها با تعداد خودروهای متفاوت از ۵۰ تا ۳۰۰ خودرو انجام شده‌اند.

شکل ۴ به بررسی تاثیر انتخاب تکه مسیرها برای مسیردهی مجدد بر زمان سفر می‌پردازد. همانطور که در نمودار مشخص است اگر تکه مسیرهایی که سه تقاطع با تکه مسیر دارای ازدحام فاصله دارند را برای مسیردهی مجدد انتخاب کنیم زمان سفر بیشتر کاهش خواهد یافت.



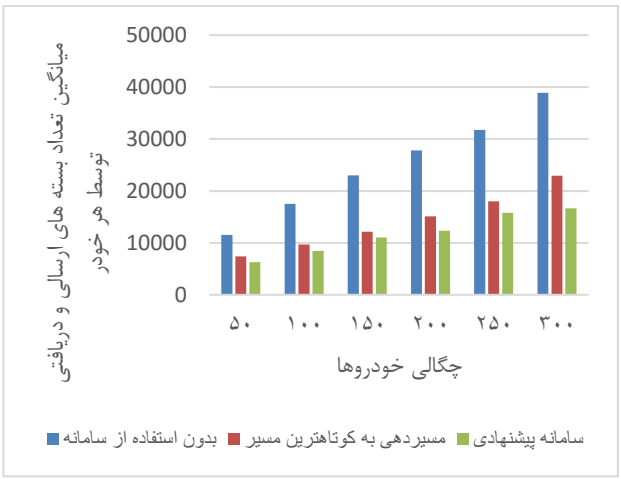
شکل ۴: تاثیر انتخاب تکه مسیرهای ورودی در زمان سفر

شکل ۵ به بررسی کارایی سامانه پیشنهادی در کاهش زمان سفر خودروها می‌پردازد. براساس این نمودار، با چگالی‌های مختلف خودروهای موجود در مسیر، همواره استفاده از این سامانه، زمان سفر خودروها را در مقایسه با زمانی که از این الگوریتم استفاده نمی‌شود و همچنین زمانی که خودروها به کوتاه‌ترین مسیر، مسیردهی مجدد می‌شوند کاهش داده است. این نمودار نشان می‌دهد که هر چه چگالی خودروها افزایش می‌یابد، این سامانه کارایی خود را بیشتر نشان می‌دهد. دلیل این مسئله این است که در چگالی کم خودروها ، ازدحام کمتری وجود خواهد داشت و این سامانه به گونه‌ای طراحی شده است که بتواند در شرایط وجود ازدحام، کارایی بالاتری ارائه نماید.



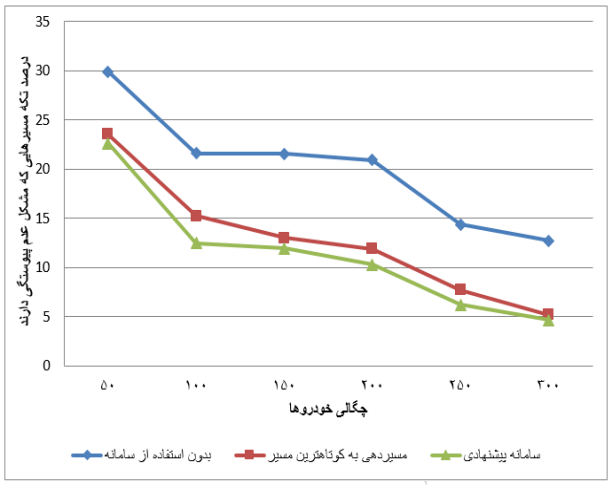
شکل ۵: میانگین زمان سفر با توجه به چگالی خودرویی

شکل ۶ نشان دهنده کاهش قابل توجه تعداد کل بسته های ارسالی و دریافتی هر خودرو در مقایسه با زمانی که از سامانه استفاده نمی شود و هنگامی که خودروها به کوتاهترین مسیر هدایت می‌شوند، است. در نتیجه سامانه پیشنهادی موجب کاهش مصرف پهنای باند شبکه بی‌سیم بین خودرویی می‌شود.



شکل ۶ : میانگین تعداد کل بسته‌های دریافتی هر خودرو

شکل ۷ به بررسی کارایی سامانه پیشنهادی در کاهش تعداد تکه مسیرهایی که مشکل عدم پیوستگی دارند می پردازد. براساس این نمودار، با چگالی های مختلف همواره استفاده از این سامانه، درصد تعداد تکه مسیرهایی که مشکل عدم پیوستگی دارند را در مقایسه با زمانی که از این الگوریتم استفاده نمی شود و همچنین زمانی که خودروها به کوتاه ترین مسیر، مسیر دهی مجدد می شوند کاهش داده است. این نمودار نشان می دهد که هر چه چگالی خودروها افزایش می یابد، این سامانه کارایی خود را بیشتر نشان می دهد و تعداد این گونه تکه مسیرها کاهش می یابد.



شکل ۷ : درصد تکه مسیرهایی که مشکل عدم پیوستگی دارند.

۴- نتیجه گیری

در روش پیشنهادی از سامانه اطلاعات ترافیک مشارکتی غیر متمرکز و شبکه بی سیم بین خودرویی استفاده کرده‌ایم و در نتیجه نیازی به وجود زیرساخت، واحدهای کنار جاده‌ای، مرکز مدیریت و کنترل نیست که این باعث کاهش چشمگیر هزینه‌ها می‌شود. از بررسی نتایج شبیه‌سازی می توان دریافت که این سامانه قادر به کاهش قابل توجه زمان سفرهای شهری می-باشد. موفقیت این سامانه به خصوص در ترافیک های بالاتر بیشتر بوده و هر چه به میزان خودروهای مجهز به این سامانه افزوده می‌شود، بهره‌وری آن بالاتر می‌رود. همچنین این سامانه موجب کاهش پهنای باند مصرفی می‌شود زیرا تعداد کل بسته‌های دریافتی و ارسالی خودروها را کاهش می‌دهد. از طرفی سامانه پیشنهادی علاوه بر در نظر گرفتن زمان سفر برای انتخاب مسیر، چگالی مسیر انتخابی را نیز در نظر می گیرد تا از انتقال ازدحام به منطقه ای دیگر جلوگیری کند.

۵-مراجع

[۱] An Adaptive Routing " ،C.-M. C. S.-L. T. Kowen Lu "،Algorithm for Two-Tier Traffic Information System *Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2012 IEEE*، pp. 311 - 315، ۲۰۱۲.

[۲] Supporting Cooperative " ،B. P. M. M. B. S. Jedrzej Rybicki Traffic Information Systems through Street-Graph-based "،Peer-to-Peer Networks *in Proc. 17th GI/ITG Conference on Communication in Distributed Systems (KiVS 2011)*، p. 1 –۱۲، ۲۰۱۱.

[۳] SOCRATES: System of cellular radio " ،I. ,. d.-B. F. Catling "،for traffic efficiency and safety *Vehicle Navigation and Information Systems Conference*، pp. 147 - 150، ۱۹۹۱.

[٤] On the " ،A. S. Y. C. R. G. W. K. F. D. Christoph Sommer "،Feasibility of UMTS-based Traffc Information Systems *Elsevier Ad Hoc Networks*، pp. 506-517، ۲۰۱۰.

[٥] Route-based Vehicular Traffic " ،G.-M. M. Kevin Collins Management for Wireless Access in Vehicular "،Environments *IEEE 68th Vehicular Technology Conference*، pp. 1-5، ۲۰۰۵.

[6] I. S. P. K. Z. a. C. B. Juan (Susan) Pan, "Proactive Vehicular Traffic Re-routing for Lower Travel Time," *Vehicular Technology, IEEE Transactions*, pp. 3551 - 3568, 2013.

[7] S. I. T. D. K. Mitsuhisa Kimura, "A Novel Method Based on VANET for Alleviating Traffic Congestion in Urban Transportations," *Autonomous Decentralized Systems (ISADS), 2013 IEEE Eleventh International Symposium on*, pp. 1-7, 2013.

[8] T. S. N. S. K. Y. M. I. a. T. H. Tomoya Kitani, "Efficient VANET-based Traffic Information Sharing using Buses on Regular Routes," *Vehicular Technology Conference, 2008. VTC Spring 2008. IEEE*, pp. 3031 - 3036, 2008.

[9] S. D. L. L. I. Tamer Nadeem, "TrafficView: traffic data dissemination using car-to-car communication," *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, pp. 6-19, 2004.

[10] A. J. Sandor Dornbush, "StreetSmart Traffic: Discovering and Disseminating Automobile Congestion Using VANET's," *Vehicular Technology Conference, 2007. VTC2007-Spring. IEEE 65th*, pp. 11 - 15, 2007.

[۱۱] Making Gnutella-like P2P " ،S. R. B. L. S. Yatin Chawathe "،Systems Scalable *ACM SIGCOMM*، ۲۰۰۳.

[۱۲] Cross-Layer Mobile Chord " ،C.-Y. W.-Y. W. Che-Liang Liu "،P2P Protocol Design for VANET *l. J.Ad Hoc and Int Ubiquitous Comp*.، ۲۰۰۹.

[۱۳] An Infrastructure-" ،S.-M. S. T. R. a. Y. G.-D. Moez Jerbi "،Free Traffic Information System for Vehicular Networks *Vehicular Technology Conference, 2007. VTC-2007 Fall. 2007 IEEE 66th*، pp. 2086 - 2090، ۲۰۰۷.

[۱٤] Trafficinfo: An algorithm for " ،B. X. P. S. O. W. Ting Zhong "،vanet dissemination of real-time traffic information *th ۱۵ World Congress on Intelligent Transport Systems and ITS s 2008 Annual Meeting America*، ۲۰۰۸.

[۱٥] Peer-to-peer data structures " ،B. S. M. M. Jedrzej Rybicki "،for cooperative traffic information systems *Pervasive and Mobile Computing 8*، ۲۰۱۲، ۲۰۹–p. 194.