فصلنامه مهندسی ترافیک، سال بیستم، شماره ۸۳، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۱۵-۱

بررسی تأثیر هوشمندسازی و هماهنگی تقاطع های چراغدار برشاخص های ترافیکی (مطالعه موردی: شهر رشت)

حسن هادیزاده، کارشناس ارشد IT، مدیر ایمنی و مهندسی ترافیک شهرداری رشت

علی خرم سلیماندارابی، کارشناس ارشد عمران گرایش راه و ترابری، کارشناس مطالعات مدیریت ایمنی و مهندسی ترافیک شهرداری رشت

بابک میربها، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

علیرضا عبدالرزاقی، دانشجوی دکتری حمل و نقل و ترافیک دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران

چکیده

در سال های اخیر، استفاده از سیستم های هوشمند ترافیکی به منظور کاهش تأخیر وسایل نقلیه، مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق با استفاده از نرم افزار سینکرو و ایمسان میزان تاخیر ناشی از تردد وسایل نقلیه قبل و بعد از استفاده از چراغ های راهنمایی هوشمند مورد بررسی قرار گرفت. همچنین چراغ های راهنمایی هوشمند در شبکه های ترافیکی معمولاً برحسب حداقل کردن تأخیر در خود تقاطع عملکرد دارند و در محاسبه و اعمال زمان هر چراغ، تأثیر آن بر روی کل شبکه در نظر گرفته نمی شود، در نتیجه ممکن است تراکم ترافیک در مسیرهایی از شبکه رخ دهد. در این تحقیق سعی بر رفع این مشکل شده است تا با ایجاد هماهنگی بین تمام چراغ های راهنمایی موجود در شبکه بتوان جریان ترافیکی را کنترل کرد و در کل شبکه تعادل برقرار نمود. براساس نتایج بدست آمده طراحی بهینه و هماهنگ چراغ ها در کریدور ۱میزان تأخیر کل شبکه در بازه صبح میزان ۱۳ درصد، در بازه ظهر میزان ۳ درصد و در بازه بعدازظهر ۸ درصد کاهش خواهد یافت. در کریدور ۲ در بازه زمانی بعد از ظهر با عمل هوشمندسازی تقاطعات میزان تاخیر شبکه ٤٧ درصد و با هوشمند و هماهنگ سازی تقاطعات ٤٩ درصد کاهش می یابد و وضع ترافیکی شبکه بسیار مطلوب تر خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: هوشمند، چراغ راهنمایی، تأخیر، هماهنگ سازی

۱. مقدمه

چراغ‌های کنترل ترافیک از وسایل مهم برقراری نظم، ایمنی و کنترل جریان ترافیک می‌باشند. در صورت استفاده صحیح از چراغ کنترل ترافیک و مناسب بودن عملکرد و حتی محل نصب آن مزایایی از قبیل برقراری نظم در جریان ترافیک، افزایش ظرفیت تقاطع‌ها، جلوگیری و کاهش تعداد وقوع تصادف‌ها، کاهش تعداد توقف در تقاطع‌ها مخصوصاً با هماهنگ‌سازی چراغ‌های یک مسیر و ایجاد فرصت برای عبور ایمن عابران از عرض مسیر حاصل خواهد شد. در صورتی‌که از چراغ کنترل ترافیک به‌طور صحیح استفاده نشود، یعنی طرح کنترل آن مناسب نباشد و یا لزومی به نصب چراغ نباشد، منجر به عواقبی هم‌چون ایجاد تأخیرهای طولانی، عدم رعایت فرامین چراغ راهنمایی توسط رانندگان، افزایش احتمال وقوع تصادف‌ها، طولانی شدن زمان سفر حتی به سبب تغییر مسیر وسایل نقلیه به مسیرهای فاقد چراغ خواهد شد. هر چند که نصب یک چراغ کنترل ترافیک کار بسیار پرهزینه‌ای می‌باشد، اما اگر به‌طور صحیح و منطقی انجام شود، صرفه‌جویی چند برابری به‌همراه خواهد داشت. تحقیقات نشان می‌دهد که به‌ازای هر ۱ دلار هزینه کردن یک سازمان حمل‌ونقل برای بهبود و توسعه‌ی زمان‌بندی‌های چراغ راهنمایی، حدوداً ٤٠ دلار به کاربران راه سود می‌رساند. توسعه و بهبود زمان‌بندی‌های قدیمی در مناطق گسترده‌ی شهری، شلوغی‌ها و تراکم‌های نامناسب را اصلاح می‌کند و شرایط ترافیکی روان و آرامی را ایجاد می‌نماید. بهترین کار برای ارزیابی چراغ راهنمایی و به‌منظور بهینه‌سازی شرایط ترافیکی، استفاده از برنامه‌های نرم‌افزاری زمان‌بندی چراغ است که تولید و توسعه داده شده‌اند. ازآنجایی که در طول یک شبانه روز تقاضای ترافیک در تقاطع ها متفاوت می باشد، استفاده از یک زمانبندی ثابت و از پیش تعریف شده برای یک چراغ راهنمایی، نه تنها باعث کنترل ترافیکی مناسبی نمی شود، بلکه به نوعی عامل افزایش آن نیز خواهد بود. امروزه با پیشرفت فناوری در علوم کامپیوتر و مهندسی برق و کنترل، با نصب چند سنسور در تقاطع ها و به کارگیری کنترلرهای هوشمند، به راحتی می توان مدیریت چراغ های راهنمایی را به یک سیستم هوشمند سپرد و از به هدررفتن زمان افراد و سوخت خودروها در پشت چراغ قرمزها و همچنین افزایش آلودگی هوا جلوگیری کرد. چراغ راهنمایی هوشمند، سیستمی است که با توجه به حجم خودروهای ورودی به یک تقاطع همسطح، زمان فازهای مختلف چراغ راهنمایی را به صورت عادلانه مدیریت می کند. همچنین با ایجاد هماهنگی بین تقاطع ها می‌توان به کاهش مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای، حفظ سرعت سفر مناسب، حرکت دسته‌ی خودروها از میان تقاطعات متوالی اشاره نمود.

۲. تعریف مسأله و اهداف تحقیق

در شبکه های شهری، چراغ های راهنمایی با کنترل حرکت وسایل نقلیه در جهت کم کردن ازدحام ترافیکی، بالا بردن امنیت و قابلیت پیاده سازی استراتژی های خاص همچون کم کردن تاخیر، بهبود آلودگی محیطی و .. استفاده می شوند. در سال های اخیر بهینه سازی چراغ های راهنمایی با پیش بینی جریان ترافیکی از جنبه های مختلفی همچون بهینه سازی وضعیت چراغ ها، زمانبندی و حتی تغییر ساختار مورد توجه بسیاری از پژوهشگران ترافیک شهری قرار گرفته است که در این میان به نظر کم هزینه ترین و شاید موثر ترین عامل در جهت بالا بردن عملکرد چراغ ها، بهینه سازی زمان بندی هر چراغ در تقاطع است. تحقیق پیش روی تمرکز محقق بر روی تقاطع های چراغ دار می باشد، تا بتوان با روش های نوین کنترل چراغ ها در مهندسی ترافیک معیارهای کارایی این تقاطع ها را بهبود بخشید . در سرتاسر دنیا انواع و اقسام تقاطع ها و تبادل ها و سایر معابر ترافیکی در حال بکار گیری و خدمت رسانی می باشند. تقاطع می تواند به حالت های مختلفی کنترل و اداره شود . نحوه ی کنترل سیستم تقاطع های چراغ دار به حالات زیر تقسیم می شود:۱- کنترل تقاطع منفرد که شامل هوشمند و نیمه هوشمند و بازمان بندی ثابت بوده۲- کنترل چراغ های موجود در امتداد یک راه شریانی بصورت هماهنگ شده۳- کنترل تمامی چراغ

های موجود در شبکه حمل و نقل و یا ناحیه ای از کل شبکه به صورت هماهنگ شده. وقتی ناحیه تحت بررسی شامل یک یا چند راه شریانی با حجم ترافیک بالا نسبت به معابر فرعی خود باشد و در سطح این شریانی ها چندین تقاطع نزدیک به هم که توصیه آیین نامه ظرفیت بزرگ راه های آمریکا فاصله ی کمتر از ۲۶۰۰ فوت می باشد راداشته باشند، بهترین نحوه ی کنترل این تقاطع ها به صورت هماهنگ شده می باشد . هرچند این هماهنگ کردن بستگی به عوامل متعددی از جمله فرهنگ ترافیکی و وضعیت راه ها و رانندگان محلی نیز دارد، که سعی شده در چارچوب این تحقیق در شهر رشت از کشور ایران به آن پرداخته شود. لازم به ذکر است که خود نحوه کنترل هماهنگ باتوجه به نحوه ی پیاده سازی و کنترل و همچنین الگوریتم های محاسباتی روش های مختلفی دارد، اما عمومی و جامع ترین روش همان روش عرض عبوری می باشد که توسط محققان مهندسان عرصه ترافیک بسیار به کار گرفته می شود .در پایان این بخش باید بیان شود که تمامی این اجزای و مشاهده و بررسی طرح های زمان بندی و فاز بندی و هماهنگ سازی امروزه به کمک نرم افزارهای شبیه ساز مختلفی از جمله سینکرو و ایمسان انجام گرفته است.

۳. سابقه تحقیق

استفاده از چراغ های راهنمایی در شهرهای بزرگ که به منظور بهبود عملکرد ترافیک و کاهش تاخیر زمان سفرهای شهری مورد استفاده قرار می گیرند، زمانی بازدهی بهینه را دارد که از زمان بندی مناسبی برخوردار باشد که این زمان بندی به دو گروه سنتی با زمان بندی ثابت و هوشمند با زمان بندی متغیر دسته بندی می شود.

نیانتاکی و همکارانش (۲۰۱۳) با انجام یک مطالعه میدانی در منطقه کوماسی کشور غنا به بررسی اثرات هماهنگ‌سازی تقاطع‌های چراغ‌دار بر روی معیارهای ارزیابی کیفیت به کمک نرم‌افزار سینکرو پرداختند. آن‌ها با انجام برداشت‌های میدانی گسترده برای داده‌های ضروری از جمله طرح هندسی و کنترل چراغ و انجام شبیه‌سازی به این نتیجه رسیدند که اجرای این طرح هماهنگ شده اکثر معیارهای کیفیت مثل تأخیر و توقف را بهبود می‌بخشد. آن‌ها هم‌چنین نشان دادند که ترکیب این طرح هماهنگ با اصلاح توالی فازها و طرح هندسی نیز بهبود قابل‌توجهی خواهد داشت.

اداره‌ی حمل‌ونقل و مهندسی ترافیک ایالت کلرادو (۲۰۰۵) در گزارشی در مورد هماهنگ‌سازی چراغ‌های ترافیک به موارد زیر اشاره کرده است:

هماهنگ‌سازی چراغ‌ها اثرات مهمی بر رفتار رانندگان می‌گذارد، به‌طوری‌که کاهش تأخیر و توقف‌ها و اثرات روانی منفی آن، باعث کاهش تصادفات می‌شود. از مزایای هماهنگ‌سازی رسیدن به هدف سرعت‌های سفر بهینه، کاهش تأخیرها و حداقل کردن توقف‌ها است. مطالعات ملی آن‌ها نشان می‌دهد که زمان سفر حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. محدود کردن و یا به تأخیر انداختن نیاز به اصلاحات هندسی راه، ایجاد شرایط برای واکنش‌های اورژانسی به حوادث در منطقه‌ی شریانی، کاهش آلودگی و مصرف سوخت از دیگر مزایای هماهنگ‌سازی می‌باشد. این گزارش در مورد شرایط سخت هماهنگ‌سازی به موارد هم‌چون سرعت متغیر خودروها، حجم بالای عابران پیاده، طول چرخه چراغ، ملاحظات ایمنی، رفتار متغیر رانندگان و فرهنگ ترافیکی منطقه اشاره نموده است. سیستم های سنتی می توانند در تقاطعهایی که حجم ترافیک کمتر از ظرفیت شبکه است و دستخوش تغییرات محسوسی در طول شبانه روز می گردد، استفاده شوند. اما در تقاطع هایی که تغییرات در حجم ترافیک در طول شبانه روز زیاد است، استفاده از سیستم های سنتی کنترل ترافیک مانند سیستم زمان بندی ثابت، می تواند تاخیر وسایل نقلیه و عابرین را تا حد زیادی افزایش دهد. لذا در این شرایط استفاده از سیستم های مدرن کنترل ترافیک مانند سیستم های نیمه هوشمند و یا تمام هوشمند که به تغییرات حجم ترافیک حساس هستند، می تواند تا حد زیادی در کاهش متوسط تاخیر به ازای هر وسیله نقلیه موثر باشد.

همچنین یکی از ویژگی های تقاطع های هوشمند هماهنگ سازی تقاطع ها با یکدیگر می باشد. دیوید شینار و همکارانش (۲۰۰٤) که مطالعات بسیاری را در زمینه‌ی ایمنی تقاطعات چراغ‌دار در کشور فلسطین انجام داده اند، در یکی از مقالات خود به اثرات هماهنگ‌سازی بر روی کاهش تخلفات مربوط به چراغ قرمز پرداختند. آن‌ها برای رسیدن به پاسخ، مطالعات میدانی وسیعی در حدود ۳٦۰۰ طول چرخه از ۱۲ تقاطع چراغ‌دار در امتداد دو راه شریانی را انجام دادند. مطالعات آن‌ها نشان داد که هماهنگ‌سازی چراغ‌ها تخلفات عبور از چراغ، نسبت به حالت غیرهماهنگ چیزی حدود ۰/۱٤۳ برابر است. هدف از هماهنگ‌سازی زمان‌بندی چراغ راهنمایی این است که تعداد خودروهای که بدون توقف و تأخیر خاصی می‌توانند از تقاطع‌های متوالی عبور نمایند را بیشینه کند. برای شرایطی که نرخ جریان در حالت زیراشباع می‌باشد، این هدف با بیشینه کردن ظرفیت تقاطع‌هایی که هماهنگ شده نیستند، تحقق می‌یابد. در شرایط فوق اشباع هدف اصلی از هماهنگ‌سازی به حداقل رساندن اثرات منفی طول صف است. این اهداف با کاهش طول چرخه، زمان‌بندی مجدد فازها و یا کاهش اختلاف زمانی بین دو تقاطع مجاور هم می‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد که روابط نسبتاً خوبی بین هماهنگ‌سازی و ایمنی و کارایی وجود دارد. ارزیابی عملکرد زمان‌بندی هماهنگ شده به‌منظور کمی‌سازی میزان کیفیت ایمنی و کارایی تقاطع‌ها انجام می‌شود. در این تحقیق به بررسی تأثیر هوشمند سازی و هماهنگ سازی تقاطع ها بر روی شاخص های ترافیکی پرداخته می شود.

٤. هماهنگ سازی

یک سؤال اساسی در بحث هماهنگ‌سازی تقاطعات این است که کدام تقاطع‌ها با چه ویژگی‌هایی می‌توانند هماهنگ شوند؟ پاسخ این سؤال به ملاحظات مختلفی مثل حجم ترافیک، طول شاخه‌ها، سرعت، نقاط دسترسی و ... بستگی دارد. بدین منظور با ترکیب کردن حجم ترافیک و طول قطعه راه شاخص همراهی را ایجاد نموده‌اند (رابطه (۱)). تحقیقات نشان می‌دهد که برای قطعه‌هایی با شاخص ۰/۵ یا بیشتر، مخصوصاً آن دسته از تقاطع‌ها که مجاور هم هستند، باید در یک گروه دسته‌بندی و هماهنگ شوند. البته برای شاخص ۰/۳ تا ۰/۵ هم هماهنگ‌سازی می‌تواند مفید باشد.

$$CI = \frac{V}{L} \qquad (۱)$$

که در آن CI شاخص زوجیت، V حجم ترافیک دوطرفه بر حسب خودرو بر ساعت و L طول قطعه بر حسب فوت می‌باشد.

تنظیمات فاز: این بخش تنظیمات کنترل‌گر را که بر طول مدت هر فاز تأثیر می‌گذارد، توصیف می‌کند.

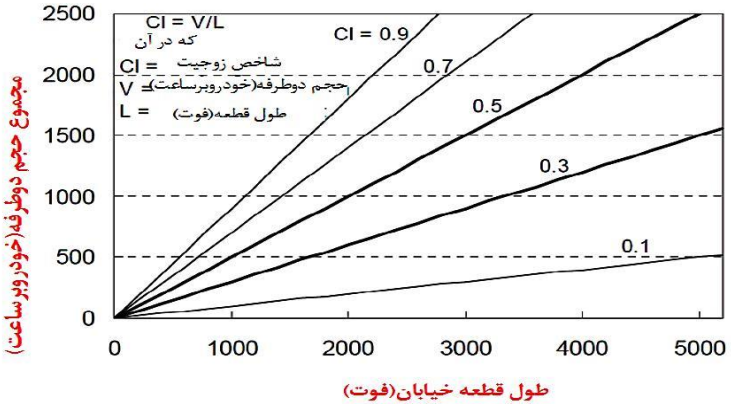
تقسیم‌بندی زمانی فازها: عبارت از اختصاص زمان سبز و زرد و قرمز برای هر فاز است.

ویژگی تقسیم‌بندی پویا: این ویژگی به کنترل‌گر اجازه می‌دهد که تنظیمات تقسیم‌بندی فازها را به روش چرخه به چرخه انجام دهد. به این‌صورت که در طول هر چرخه ممکن است تقسیم‌بندی تغییر کند. این تغییرات بستگی به این‌که مثلاً زمانی اضافی برای فازهای غیرهماهنگ باقی بماند و در این‌صورت کنترل‌گر بنا به تشخیص آن را به دیگر فازها اختصاص دهد، دارد.

محاسبه‌ی شاخص زوجیت: همان‌طور که اشاره گردید، شاخص زوجیت برای هر کدام از قطعه‌های شبکه در طول بازه‌ی زمانی مورد نظر با استفاده از رابطه (۱) باید محاسبه شود. به این منظور، ایالت تگزاس شکل (۱) را ارائه داده است که برای تفسیر مقادیر شاخص زوجیت به‌کار می‌رود.

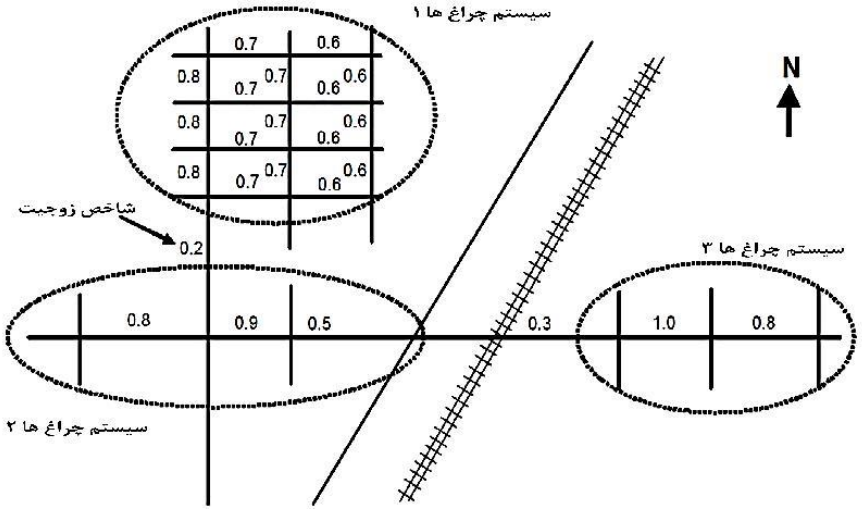
- برای مقادیر ۰/۳ یا کمتر: این‌که هماهنگ‌سازی مؤثر باشد، بعید است.
- ۰/۳ تا ۰/۵: در این حالت هماهنگ‌سازی برای قطعات میانی خیابان‌ها که نقاط دسترسی در آن‌ها مسیرهای گردش مجزا برای خیابان اصلی تعبیه شده مفید می‌باشد.
- ۰/۵ یا بیشتر: به احتمال فراوان هماهنگ سازی مفید خواهد بود.

نتایج نشان می‌دهد که قطعات با طول کمتر از ۷۹۳ متر به‌طور متداول هماهنگ خواهند شد ولی، قطعات بزرگتر از ۱۶۱۵ متر به‌طور معمول هماهنگ نمی‌شوند.



شکل ۱. محدوده‌ی شاخص زوجیت برای قطعات چراغدار

روند ارزیابی شاخص زوجیت: برای این منظور نیاز به ترسیم نقشه‌ای از شبکه تقاطع‌ها و خیابانها می‌باشد و گروه‌بندی تقاطع‌ها و قطعات، به کمک عدد شاخص‌ها انجام می‌شود. شکل (۲) یک نمونه از این نقشه را نمایش می‌دهد. در این نقشه خیابان‌های اصلی و شرقی- غربی به وسیله‌ی راه‌آهن از هم جدا شده‌اند.



شکل ۲. کاربرد شاخص زوجیت برای تعیین سیستم چراغها

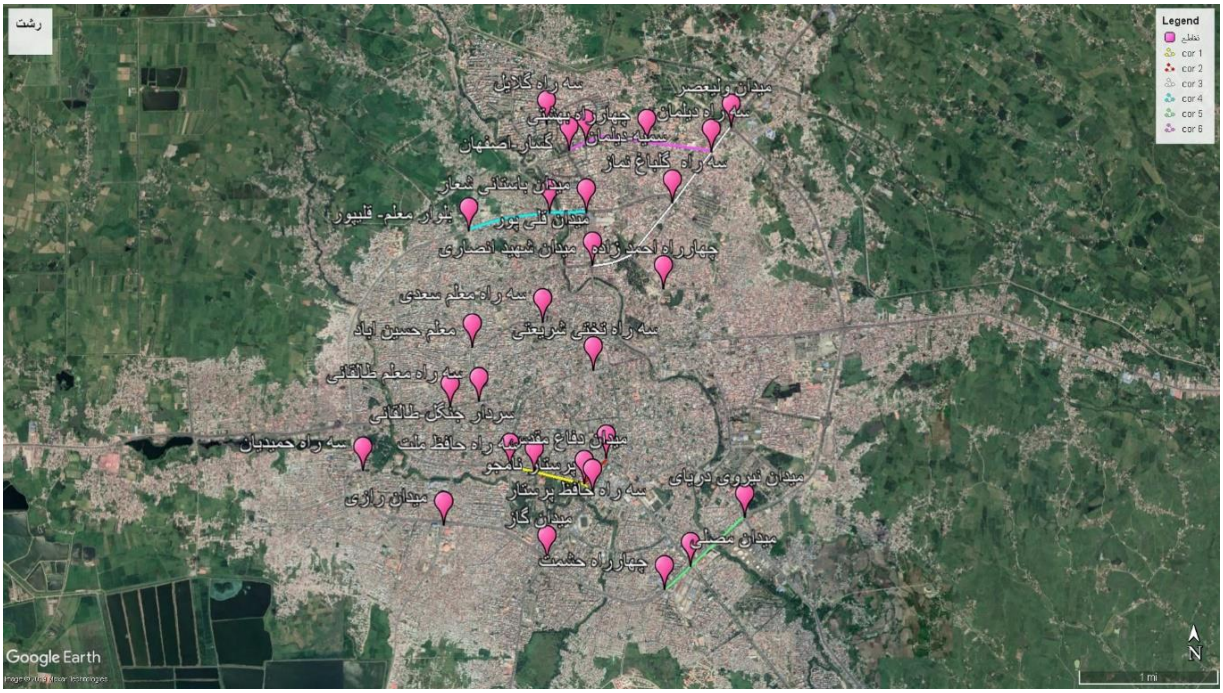
اعداد نشان‌دهنده‌ی شاخص زوجیت می‌باشند و با توجه به این اعداد، ۳ عدد سیستم تعریف می‌شود. سیستم چراغ‌های با شاخص ۰/۵ یا بیشتر که خط راه‌آهن نیز به‌عنوان مرز سیستم ۲ و ۳ می‌باشد. دو عامل مهم دیگر در تعیین سیستم چراغ‌ها که باید مورد توجه قرارگیرد عبارتند از:

۱. قطعات مجاور دارای حجم ترافیک جهتی مشابه باید هم گروه شوند.

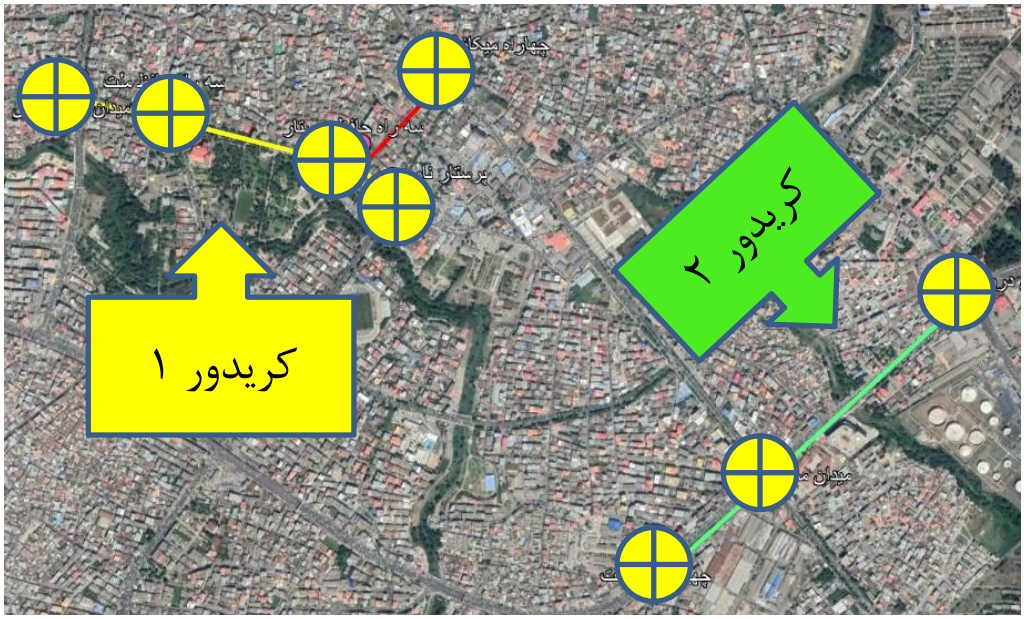
۲. عبور از خیابان اصلی دارای حجم ترافیک بالا به‌عنوان مرز سیستم‌ها باشد.

یکی از مهم ترین ویژگی های مورد بررسی جهت اجرای تقاطعات هوشمند هماهنگ شده طراحی هندسی تقاطعات می باشد. با توجه به بررسی های به عمل آماده میادین به جهت زمان سفر بالا و متغیر عملکرد مناسبی در برقراری موج سبز ندارند. کریدورهای پیشنهادی همگی به جز میدان دفاع مقدس، تقاطع

می باشند. همچنین فاصله بین تقاطع ها برای ایجاد یک جریان پیوسته با افست مناسب زمانی از اهمیت بالایی برخوردار است به همین جهت تمامی تقاطع های پیشنهادی فاصله ای کمتر از ۷۹۳ متر دارا می باشند. یکی دیگر از متغیرهای پراهمیت در ایجاد یک جریان پیوسته وجود دسترسی در بین دو تقاطع هماهنگ شده می باشد، درصورت وجود دسترسی های فراوان و با حجم بالای ترافیک ایجاد موج سبز در تقاطع ها با مشکل روبه رو خواهد شد، دربین کریدورهای موجود، کریدورهای پیشنهادی دارای دسترسی های مناسب در بین دو تقاطع جهت برقراری ایجاد موج سبز می باشند. همچنین تمامی کریدوهای پیشنهادی در یک مسیر اصلی قرار گرفته اند، که باعث برقراری موج سبز می شود. شکل ۳ تمامی تقاطع های پیشنهادی می باشد. پس از بررسی های انجام گرفته برروی تمامی تقاطع های مذکور براساس شکل ٤ فواصل بین تمامی تقاطع های این محور کمتر ۷۹۳ متر می باشد و همچنین یکی از محور های اصلی و پرتردد شهر می باشد که میزان دسترسی های قابل توجهی در این محور وجود ندارد. یکی از مهم ترین خیابان های شهر رشت خیابان پرستار– ضیابری می باشد به همجین کاهش تأخیر در این محور اهمیت بالایی پیدا می کند به جهت فواصل کم بین تقاطع های مذکور و همچنین امکان هدایت جریان پیوسته این کریدور برقراری موج سبز مناسب تشخیص داده شد. کریدور خیابان حافظ به جهت نزدیکی به کریدور پرستار قابلیت ایجاد هماهنگی بین دو زیر سیستم را دارد که باعث هدایت جریان ترافیک از مرکز شهر به نواحی حاشیه ای می شود. طراحی هندسی تقاطع های موجود در این کریدور کاملا قابلیت ایجاد یک جریان هماهنگ را دارند و همچنین فاصله نزدیک دو تقاطع باعث برقراری موج سبز با افست زمانی مناسب خواهد شد. کریدور مصلی، نیروی دریایی و تقاطع حشمت نیز مناسب است.



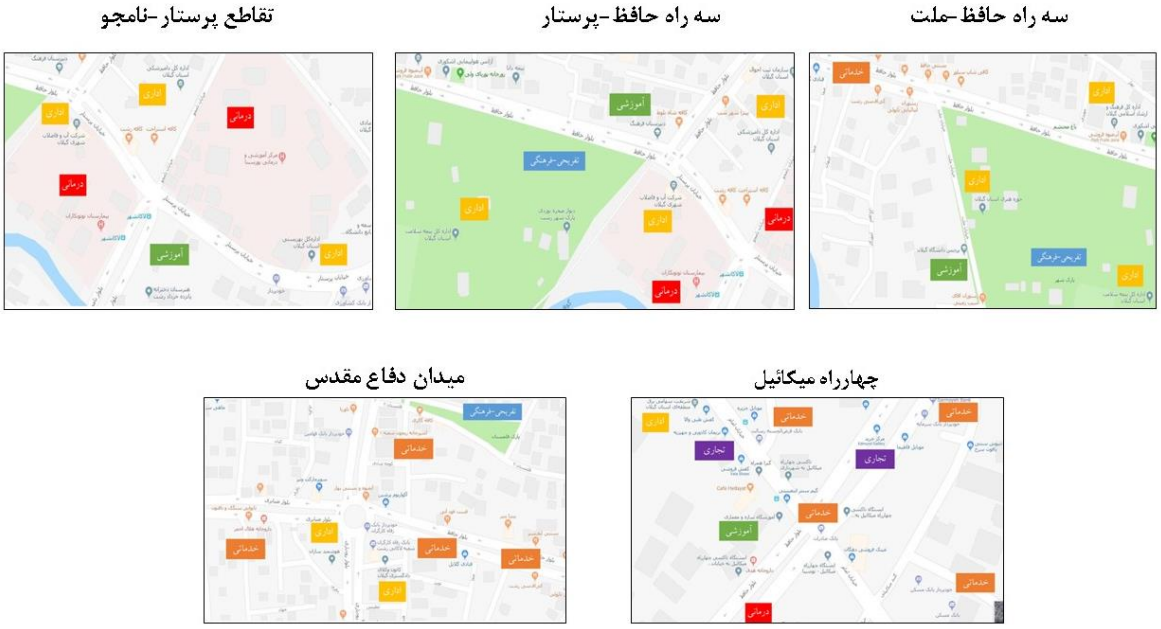
شکل ۳. نمای کلی از شهر رشت با تقاطع های پیشنهادی



شکل ٤. کریدورهای مورد مطالعه

۵. وضعیت موجود تقاطع‌های مورد مطالعه

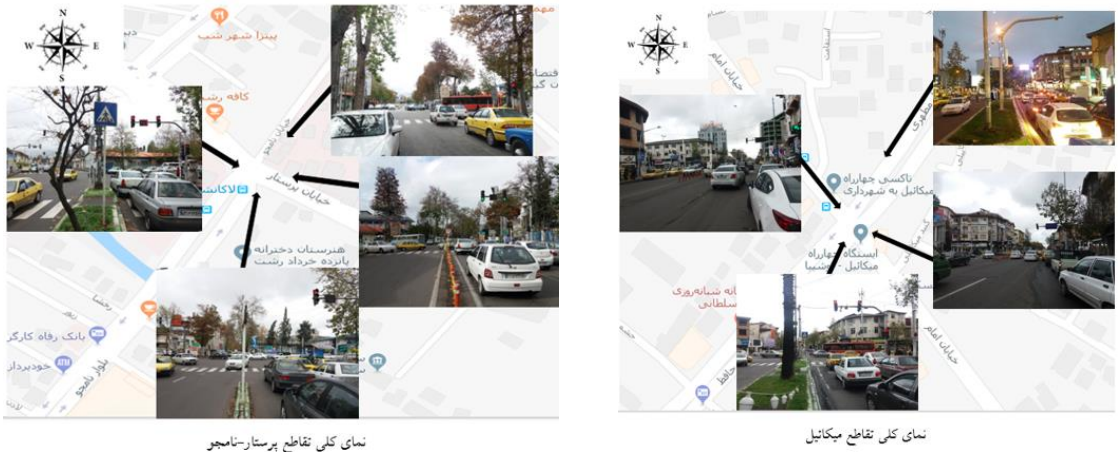
در ابتدا مطالعه موقعیت و شرایط کاربری های موجود و مراکز عمده جذب سفر در مجاورت معبر یا تقاطع و توزیع آن ها براساس شکل شماره ۵ مشخص گردید. در محدوده مورد مطالعه کاربری های مختلفی وجود دارند، این کاربری ها عمدتاً از نوع اداری، درمانی، تجاری، آموزشی و تفریحی فرهنگی هستند. با توجه به محدوده وسیع حوزه نفوذ مطالعه تعیین مقاطع تردد شماری به نحوی که بتوان با تعیین تعداد بهینه نیروهای آماربردار، برداشت جامعی از حجم تردد در تمامی معابر و مقاصد سفر داشت، گامی مهم و اساسی به شمار می رود؛ بدین منظور در گام اول با پیمایش میدانی در طول مسیر، تمامی مسیرهای ورودی و خروجی و مقاصد احتمالی تردد وسایل نقلیه و مسیرهای منتهی به آنها شناسایی شده و در گام دوم، تعداد آماربرداران با توجه به تعداد رویکردها و دید کلی که از حجم هر رویکرد براساس پیمایش میدانی به دست آمده، مشخص شده است. در نهایت، مجموعاً ۱۲۱ نفر آمار بردار برای شمارش حجم تردد وسایل نقلیه در محدوده طرح نیاز خواهد بود. با توجه به احجام حرکتی در طول روزهای عادی هفته، یک روز میان هفته برای آماربرداری انتخاب و آماربرداری به صورت دستی انجام می گیرد، در این راستا آماربرداری در تقاطعات در سه نوبت صبح، ظهر وعصر در دو روز متوالی انجام شده است. در این آماربرداری مشخصات فیزیکی و هندسی شامل عرض معابر، تعداد خطوط، تجهیزات ترافیکی موجود، مشخصات ترافیکی شامل اطلاعات حجم های ورودی به تقاطعات و اطلاعات مبدا–مقصد، مشخصات زمان بندی و فاز بندی چراغ ها و سایر پارامترهای مورد نیاز برای تحلیل تقاطعات، برداشت شدند.



الف) کریدور ۱

ب) کریدور ۲

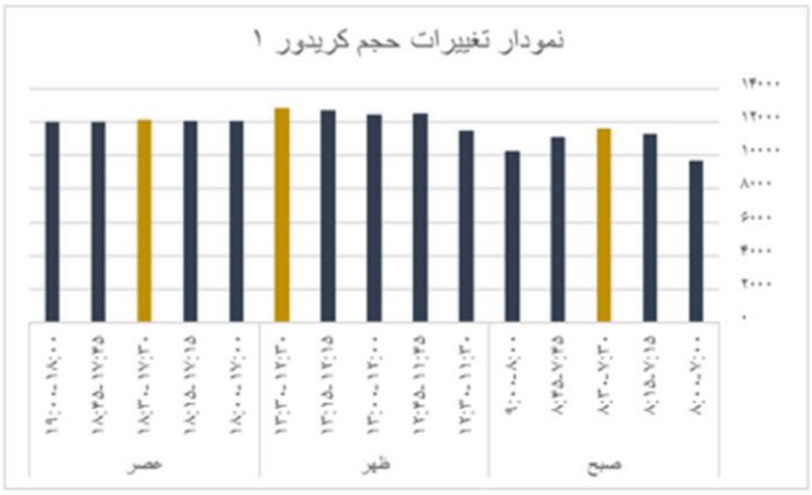
شکل ۵. موقعیت و شرایط کاربری های موجود و مراکز عمده جذب سفر در مجاورت تقاطع های مورد مطالعه



نمای کلی تقاطع میکائیل

نمای کلی تقاطع پرستار-نامجو

شکل ٦. نمایی از برداشت های صورت گرفته از تقاطع های مورد مطالعه



نمودار تغییرات حجم کریدور شماره ۱

نرخ ساعت اوج کریدور شماره ۱

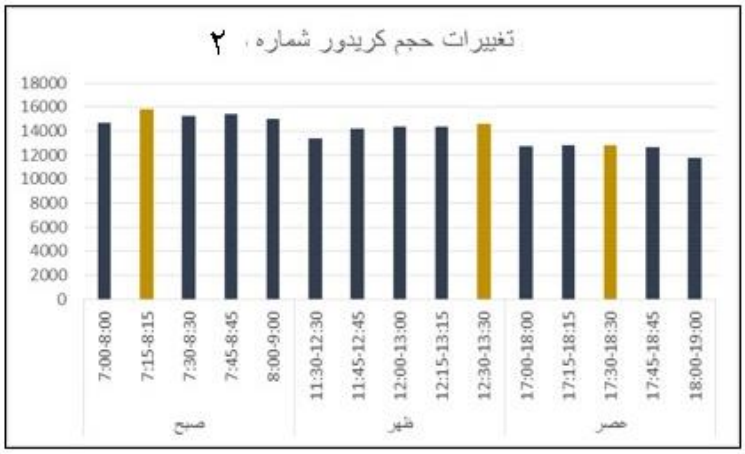
ساعت اوج صبح	۷:۳۰-۸:۳۰
حجم ساعت اوج صبح	۱۱۶۳۸
PHF	۰.۹۲

ساعت اوج ظهر	۱۲:۳۰-۱۳:۳۰
حجم ساعت اوج ظهر	۱۲۸۴۳
PHF	۰.۹۶

ساعت اوج عصر	۱۷:۳۰-۱۸:۳۰
حجم ساعت اوج عصر	۱۲۱۵۷
PHF	۰.۹۴

شکل ۷. نمودار تغییرات حجم تردد کریدور شماره یک

بیشترین حجم ورودی به کریدور شماره ۱ در بازه های زمانی صبح مقدار ۱۱۶۳۸ وسیله نقلیه در ساعت مربوط به ساعت ۷:۳۰ تا ۸:۳۰ می باشد. بر این اساس ضریب ساعت اوج شبکه در این بازه ۰,۹۲ محاسبه شده است. به همین ترتیب در بازه های زمانی ظهر، بیشترین حجم ورودی به این کریدور مقدار ۱۲۸۴۳ وسیله نقلیه در ساعت مربوط به ساعت ۱۲:۳۰ تا ۱۳:۳۰ می باشد و نرخ ساعت اوج در این بازه، ۰,۹۶ محاسبه شده است. این مقدار در بازه های زمانی عصر با حجم ورودی ۱۲۱۵۷ وسیله نقلیه در ساعت مربوط به ساعت ۱۷:۳۰ تا ۱۸:۳۰ ، ۰,۹۴ می باشد.



نمودار تغییرات حجم کریدور شماره ۲

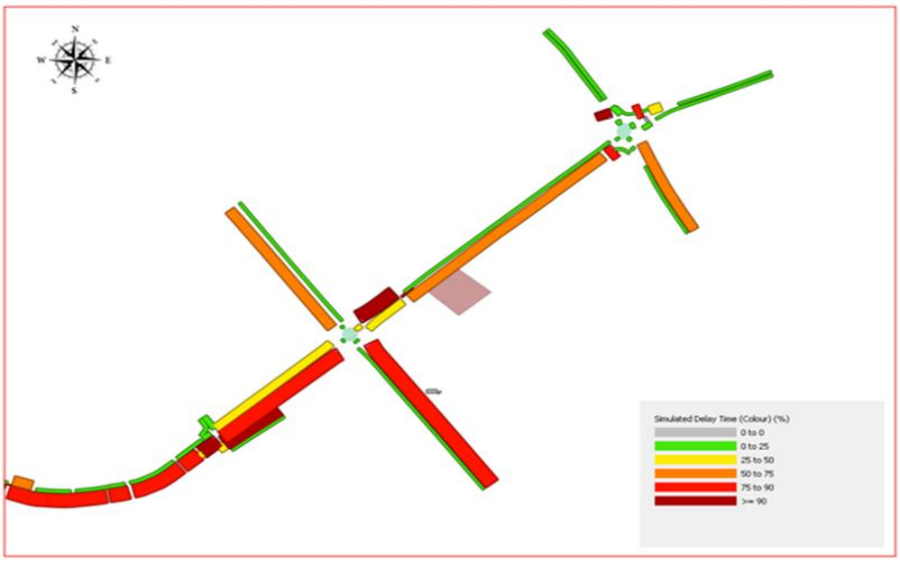
نرخ ساعت اوج کریدور شماره ۲

ساعت اوج صبح	۷:۱۵-۸:۱۵	ساعت اوج ظهر	۱۲:۳۰-۱۳:۳۰	ساعت اوج عصر	۱۷:۳۰-۱۸:۳۰
حجم ساعت اوج صبح	۱۵۸۴۸	حجم ساعت اوج ظهر	۱۴۶۲۵	حجم ساعت اوج عصر	۱۲۸۴۹
PHF	۰.۹۱	PHF	۰.۹۶	PHF	۰.۹۶

شکل ۸. نمودار تغییرات حجم تردد کریدور شماره دو

بیشترین حجم ورودی به این کریدور در بازه زمانی صبح مقدار ۱۵۸٤۸ وسیله نقلیه در ساعت مربوط به ساعت ۷:۱۵ تا ۸:۱۵ می باشد. بر این اساس ضریب ساعت اوج شبکه در این بازه ۰,۹۱ محاسبه شده است. به همین ترتیب در بازه زمانی ظهر، بیشترین حجم ورودی به این کریدور مقدار ۱٤٦۲۵ وسیله نقلیه در ساعت مربوط به ساعت ۱۲:۳۰ تا ۱۳:۳۰ می باشد و نرخ ساعت اوج در این بازه، ۰,۹٦ محاسبه شده است. این مقدار در بازه زمانی عصر با حجم ورودی ۱۲۸٤۹ وسیله نقلیه در ساعت مربوط به ساعت ۱۷:۳۰ تا ۱۸:۳۰ ، ۰,۹٦ می باشد. به نظر می رسد که به دلیل تقاضای زیاد این شبکه و کنترل نامناسب چراغ تقاطعات، میزان تاخیر وسائل نقلیه در این کریدور زیاد بوده و وضعیت ترافیکی نامناسبی دارد. در بازه زمانی بعد از ظهر با افزایش تقاضای شبکه و عدم کنترل مناسب چراغ ها میزان تاخیر حدودا ۲۰ درصد بیشتر از صبح و ظهر می باشد. همچنین با توجه به خروجی های نرم افزار Aimsun مشاهده می شود که بازه بعداز ظهر در ورودی بیشتر تقاطعات طول صف ۱۰ خودرو و بیشتر بوده و وضعیت نامناسبی وجود دارد.

الف) کریدور شماره ۱



(ب) کریدور شماره ۲

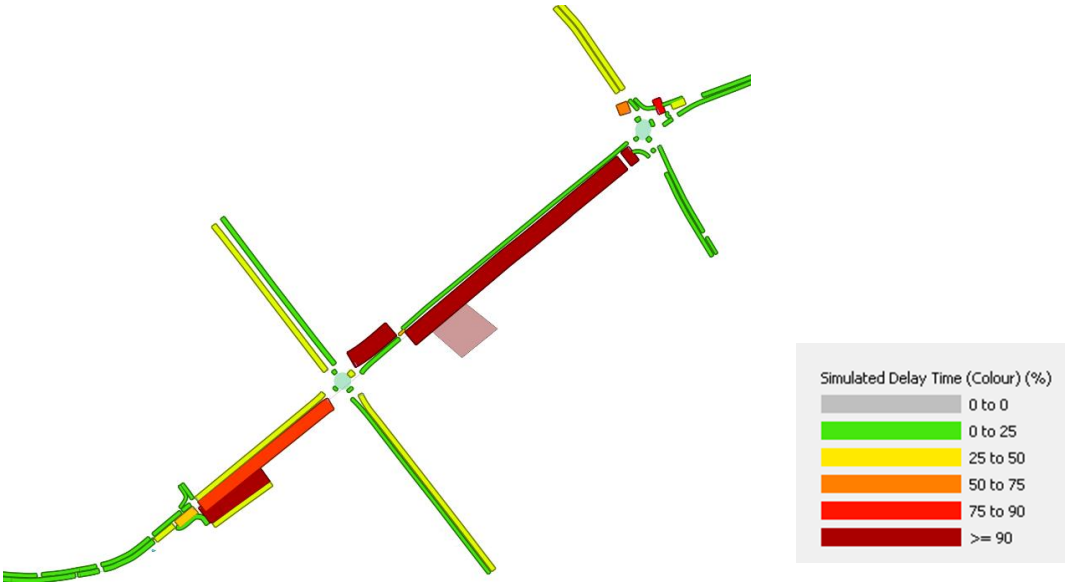
شکل ۹. طول صف بازه بعدازظهر وضع موجود بر اساس خروجی گرافیکی نرم افزار شبیه ساز Aimsun

٦. هوشمندسازی و هماهنگ سازی تقاطع-ها

کریدورهای مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار Synchro و Aimsun و فرض هوشمند بودن تقاطعات و بهینه کردن آن ها، طراحی صورت گرفته و شاخص های ترافیکی لازم جهت تحلیل وضعیت آن ها به دست آمده و تقاطعات مورد نظر مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که در این طراحی فرض عملکرد ایزوله (غیرهماهنگ تقاطعات) نسبت به یکدیگر است(شکل ۱۰). شکل شماره ۱۱ طراحی فرض بر عملکرد هماهنگ بین تقاطع ها می باشد. همانطور که مشاهده می شود عملکرد شبکه ها در شرایط بهینه و هماهنگ بهبود پیدا کرده است. برای کریدور شماره ۱ باتوجه به محاسبات صورت گرفته و مطابق شکل های ذیل امکان هماهنگ سازی تقاطعات پرستار- نامجو، چهارراه میکائیل و میدان دفاع مقدس با تقاطع حافظ- پرستار(مستر) وجود داشته و به نظر هماهنگی این تقاطعات مناسب می رسد. برای کریدور شماره ۲ باتوجه به محاسبات صورت گرفته و امکان هماهنگ سازی تقاطعات میدان نیروی

دریایی و چهارراه حشمت با تقاطع میدان مصلی(مستر) وجود
داشته و به نظر هماهنگی این تقاطعات مناسب می رسد.

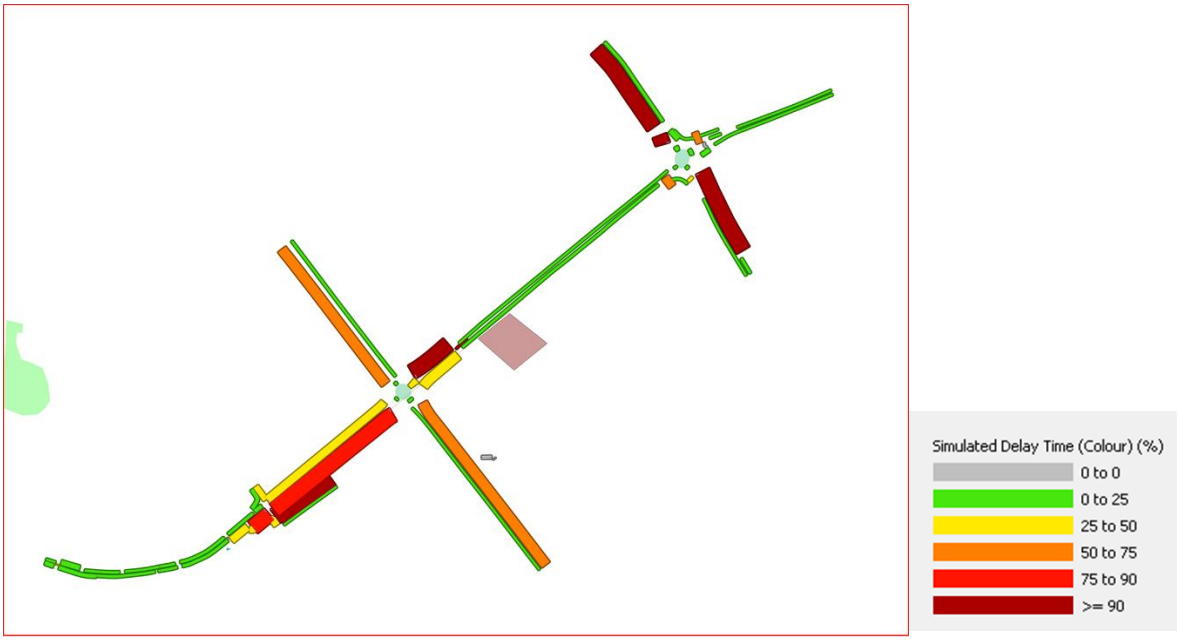
الف) کریدور شماره ۱



ب) کریدور شماره دو

شکل ۱۰. طول صف بازه بعدازظهر وضع بهینه بر اساس خروجی گرافیکی نرم افزار شبیه ساز Aimsun

الف) کریدور شماره ۱



ب) کریدور شماره دو

شکل ۱۱. طول صف بازه بعدازظهر وضع هماهنگ بر اساس خروجی گرافیکی نرم افزار شبیه ساز Aimsun

مطابق نتایج به دست آمده به نظر می رسد دو فرآیند هوشمند سازی و هماهنگ سازی چراغ تقاطعات این شبکه، باعث کاهش میزان تاخیر کل شبکه و بهبود وضعیت سرویس دهی آن خواهد شد. همانگونه که در جدول زیر مشاهده می شود در کریدور یک در بازه زمانی صبح با عمل هوشمندسازی تقاطعات میزان تاخیر شبکه از ۱۰۱ ثانیه به ۸۸ ثانیه و با هماهنگ سازی به ۸۹ ثانیه کاهش می یابد و بهبود چشمگیری در وضعیت سرویس دهی تقاطع ایجاد خواهد شد. در ظهر، میزان تاخیر اولیه ۹۹ ثانیه، با استفاده از هوشمندسازی تقاطعات به ۹۵ ثانیه و با استفاده از هماهنگ سازی به ۹۶ ثانیه کاهش خواهد یافت. در بازه زمانی عصر هم میزان تاخیر اولیه ۱۲۸ ثانیه تقاطع به مقدار ۱۱۷ ثانیه با هوشمندسازی تقاطعات و ۱۱۸ ثانیه با هماهنگ سازی تقاطعات، کاهش خواهد یافت. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می شود، انتظار می رود در بازه زمانی صبح با عمل هوشمندسازی

تقاطعات در کریدور ۲ میزان تاخیر شبکه از ۱۴۳ ثانیه به ۱۰۸ ثانیه و با هماهنگ سازی به ۱۰۹ ثانیه کاهش می یابد و در وضعیت سرویس دهی کریدور بهبود ایجاد شود. در ظهر، میزان تاخیر اولیه ۳۹ ثانیه می باشد که با استفاده از هوشمندسازی تقاطعات به ۲۶ ثانیه و با استفاده از هماهنگ سازی به ۲۴ ثانیه کاهش خواهد یافت و وضعیت سرویس دهی کریدور مناسب تر خواهد شد. در بازه زمانی عصر هم میزان تاخیر اولیه ۳۱ ثانیه می باشد که با هوشمند سازی تقاطعات به ۲۱ ثانیه و با هماهنگ سازی تقاطعات به ۲۰ ثانیه کاهش خواهد یافت و وضع ترافیکی شبکه مطلوب تر خواهد شد.

جدول ۱. مقایسه مشخصات ترافیکی وضع موجود، بهینه و هماهنگ شده کریدور شماره ۱

Network Totals	هماهنگ شده	بهینه	موجود	هماهنگ شده	بهینه	موجود	هماهنگ شده	بهینه	موجود
	ساعت بعد از ظهر			ساعت صبح			ساعت ظهر		
Number of Intersections	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
Most Popular Cycle (s)	۱۳۲	۱۴۱	۱۵۲.۵	۸۹	۸۹	۱۵۲.۵	۸۵	۸۵	۱۵۲.۵
Control Delay / Veh (s/v)	۱۱۸	۱۱۷	۱۲۸	۸۹	۸۸	۱۰۱	۹۶	۹۵	۹۹
Total Delay / Veh (s/v)	۱۱۸	۱۱۷	۱۲۸	۸۹	۸۸	۱۰۱	۹۶	۹۵	۹۹
Total Delay (hr)	۷۰۰	۶۹۴	۷۶۱	۵۴۱	۵۲۵	۶۱۶	۵۸۸	۵۷۸	۶۰۵
Stops / Veh	۰.۷۳	۰.۷۳	۰.۷۶	۰.۷۹	۰.۷۹	۰.۷۹	۰.۷۷	۰.۷۷	۰.۷۸
Stops (#)	۱۵۵۲۵	۱۵۵۲۹	۱۶۲۴۲	۱۷۱۸۵	۱۷۲۲۷	۱۷۱۹۱	۱۶۹۴۳	۱۶۹۷۵	۱۷۲۰۱
Average Speed (km/hr	۹	۹	۸	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۱۱	۱۰
Total Travel Time (hr)	۸۶۰	۸۵۴	۹۲۱	۷۰۸	۷۰۲	۷۸۳	۷۵۲	۷۴۲	۷۶۹
Distance Traveled (km)	۷۶۹۱	۷۶۹۱	۷۶۹۱	۸۰۰۰	۸۰۰۰	۸۰۰۰	۷۸۵۰	۷۸۵۰	۷۸۵۰
Fuel Consumed (l)	۳۰۰۶	۲۹۹۰	۳۱۹۰	۲۶۳۰	۲۶۱۵	۲۸۳۷	۲۷۴۱	۲۷۱۴	۲۷۹۳
Fuel Economy (km/l)	۲.۶	۲.۶	۲.۴	۳	۳.۱	۲.۸	۲.۹	۲.۹	۲.۸
CO Emissions (kg)	۵۵.۹۱	۵۵.۶۱	۵۹.۳۴	۴۸.۹۲	۴۸.۶۴	۵۲.۷۷	۵۰.۹۹	۵۰.۴۹	۵۱.۹۵
NOx Emissions (kg)	۱۰.۷۹	۱۰.۷۳	۱۱.۴۵	۹.۴۴	۹.۳۹	۱۰.۱۹	۹.۸۴	۹.۷۴	۱۰.۰۳
VOC Emissions (kg)	۱۲.۹	۱۲.۸۳	۱۳.۶۹	۱۱.۲۸	۱۱.۲۲	۱۲.۱۷	۱۱.۷۶	۱۱.۶۴	۱۱.۹۸
Unserved Vehicles (#)	۲۳۵۱	۲۳۵۱	۲۳۱۵	۹۷۵	۹۱۰	۱۰۸۰	۱۴۵۱	۱۳۹۹	۱۱۶۳
Performance Index	۷۴۳.۳	۷۳۷.۳	۸۰۶.۴	۵۸۹	۵۸۳.۳	۶۶۳.۷	۶۳۵.۵	۶۳۵.۶	۶۵۳

جدول۲. مقایسه مشخصات ترافیکی وضع موجود، بهینه و هماهنگ شده کریدور شماره ۲

Network Totals	صبح گاهی			ظهرگاهی			عصرگاهی		
Scenario #	موجود	بهینه	هماهنگ	موجود	بهینه	هماهنگ	موجود	بهینه	هماهنگ
Control Delay / Veh (s/v)	۱۴۳	۱۰۸	۱۰۹	۳۹	۲۶	۲۴	۳۱	۲۱	۲۰
Total Delay (hr)	۵۹۴	۴۵۱	۴۵۴	۱۲۶	۸۵	۷۹	۱۰۵	۷۲	۶۹
Stops (#)	۱۰۶۸۲	۱۰۳۱۶	۱۰۰۷۸	۸۰۶۷	۸۰۹۸	۷۶۹۲	۸۹۱۱	۸۶۲۷	۸۳۸۶
Average Speed (km/hr	۱۰	۱۲	۱۲	۲۳	۲۸	۲۹	۲۷	۳۱	۳۱
Total Travel Time (hr)	۷۴۶	۶۰۲	۶۰۵	۲۴۲	۲۰۰	۱۹۵	۲۳۷	۲۰۴	۲۰۱
Fuel Consumed (l)	۲۵۷۲	۲۱۶۶	۲۱۶۹	۱۰۵۵	۹۴۱	۹۱۷	۱۰۹۰	۹۹۲	۹۸۰
CO Emissions (kg)	۴۷.۸۴	۴۰.۲۹	۴۰.۳۵	۱۹.۶۲	۱۷.۵	۱۷.۰۵	۲۰.۲۷	۱۸.۴۵	۱۸.۲۳
NOx Emissions (kg)	۹.۲۳	۷.۷۸	۷.۷۹	۳.۷۹	۳.۳۸	۳.۲۹	۳.۹۱	۳.۵۶	۳.۵۲
VOC Emissions (kg)	۱۱.۰۳	۹.۲۹	۹.۳۱	۴.۵۲	۴.۰۴	۳.۹۳	۴.۶۸	۴.۲۵	۴.۲
Performance Index	۶۲۴.۱	۴۷۹.۴	۴۸۱.۶	۱۴۸.۲	۱۰۷	۱۰۰.۲	۱۲۹.۷	۹۵.۶	۹۲.۵

۷. نتیجه گیری

در این پژوهش به بررسی تأثیر هوشمندسازی و هماهنگ کردن تقاطع ها بر شاخص های ترافیکی پرداخته می شود. بر همین اساس ۸ تقاطع در دو کریدور در شهر رشت در نرم افزار سینکرو و ایمسان شبیه سازی شد.جهت برداشت داده بیش از ۱۰۰ نفر اماربردار استفاده شد. براساس نتایج بدست آمده با طراحی بهینه و هماهنگ چراغ ها در کریدور شماره یک میزان تأخیر کل شبکه در بازه صبح میزان ۱۳ درصد، در بازه ظهر میزان ۳ درصد و در بازه بعدازظهر ۸ درصد کاهش خواهد یافت. در کریدور شماره دو در بازه زمانی بعد از ظهر با عمل هوشمندسازی تقاطعات میزان تاخیر شبکه ۴۷ درصد و با هوشمند و هماهنگ سازی تقاطعات ۴۹ درصد کاهش می یابد و وضع ترافیکی شبکه بسیار مطلوب تر خواهد شد.

۸. مراجع

- Nyantakyi, E., et al., Synchronization of Signalised Intersections: A Case Study of Three Major Intersections on the 24th February Road, Kumasi, Ghana.

- Bonneson, J., et al., Traffic signal operations handbook. 2011, Texas. Dept. of Transportation. Research and Technology Implementation Office.

- Teklu, F., A. Sumalee, and D. Watling, 2007, A genetic algorithm approach for optimizing traffic control signals considering routing. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering,22(1): p. 31-43.

- Hong, W.-C, 2011, Forecasting urban traffic flow by SVR with continuous ACO. Applied Mathematical Modelling. 35(3): p. 1282-1291.

- Roess, R., E. Prassas, and W. McShane, 2011, Traffic Engineering–Fourth Edition. International Edition, Pearson: p. 31-32.

- Koonce, P. and L. Rodegerdts, Traffic signal timing manual. 2008, United States. Federal Highway Administration.

- Sims, A.G. and K.W. Dobinson, 1980, The Sydney coordinated adaptive traffic (SCAT) system philosophy and benefits. IEEE Transactions on vehicular technology. 29(2): p. 130-137.

- Shinar, D., M. Bourla, and L. Kaufman, 2004, Synchronization of traffic signals as a means of reducing red-light running. Human factors. 46(2): p. 367-372.