دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی کامپیوتر

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی فناوری اطلاعات (شبکه‌های کامپیوتری)

عنوان:

ارائه مکانیزمی سراسری جهت زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی محدوده شهری با بهره گیری از ارتباطات بین خودرویی

اساتید راهنما:

دکتر جمشید باقرزاده

نگارش:

سید وریا حسینی

بهمن ۱۳۹۱

تقدیم به

روان پاک پدرم و

مادر عزیز و مهربانم

که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی، همواره یاوری دلسوز و فداکار

و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده‌اند.

با سپاس فراوان از استاد راهنمای فرهیخته‌ام جناب آقای دکتر جمشید باقرزاده که در طول مدت انجام این پایان نامه از رهنمودهای علمی و اخلاقی ایشان بهره مند گشتم و درگاه خداوند بزرگ را شاکرم که افتخار شاگردی ایشان را نصیبم نمود.

خدایا مرا به علم توانگر ساز و به حلم زینت بخش و به تقوا عزیز کن و به عافیت زیبایی ده .

خدایا! از زوال نعمت و تغییر عافیت و غضب ناگهانی و همه چیزهایی که مایه ناخشنودی توست به تو پناه می برم .

خدایا! تو را به غیب دانی و قدرتی که بر آفرینش داری سوگند می دهم تا موقعی که زندگی را برای من بهتر می دانی مرا زنده نگهدار و موقعی که مرگ را برای من بهتر می دانی مرا بمیران .

خدایا! از تو می خواهم که ترس خود را در آشکار و نهان نصیب من کنی و در حال خشنودی و خشم کلمه اخلاص را به زبان من جاری نمایی و در حال فقر و توانگری میانه روی را شعار من سازی.

خدایا! چنان که خلقت مرا نیک کردی سیرتم را نیز نیک کن .

خداوندا! یک لحظه مرا به خودم واگذار مکن و چیزهای خوبی که به من بخشیده ای، از من باز مگیر .

چکیده

آنچه که به صورت روزمره شاهد آن هستیم افزایش تعداد خودروها و حجم ترافیک شهری است. در چنین شرایطی ترافیک سنگین و ازدحام و به تبع آن اتلاف وقت و انرژی در مراکز پر رفت و آمد بر کیفیت زندگی شهری تأثیر نامطلوب دارد. از این رو نیاز به روی آوردن به تکنولوژی‌ها و ابزار نوین مدیریت و کنترل در حوزه مهندسی حمل و نقل و ترافیک امری انکار ناپذیر می‌باشد. تحقیقات و مطالعات اخیر در زمینه VANET نوید از این دارد که در آینده نزدیک سیستم‌های مدیریت ترافیک مبتنی بر ارتباطات بین خودروریی جایگاه و مقبولیت ویژه‌ای در صنعت خودروسازی و حمل و نقل خواهند داشت. کنترل بهینه چراغ‌های راهنمایی در شبکه‌ای از تقاطع‌های چراغ دار شهری یک مشکل بسیار پیچیده است. هدف اصلی در این پایان‌نامه طراحی و توسعه یک رویکرد توزیع شده و چند عاملی جهت کنترل ترافیک می‌باشد. دو عامل حیاتی در کنترل بهینه چراغ‌های راهنمایی حساس به وضعیت ترافیک، نحوه جمع‌آوری اطلاعات و مکانیزم زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی می‌باشند. بسیاری از کاربردهای حوزه مهندسی ترافیک مانند کنترل جریان ترافیک، نظارت بر وضعیت جاده و مسیریابی بهینه سفرهای شهری با شبکه‌های بین خودرویی قابل پشتیبانی هستند. در چنین کاربردهایی نحوه جمع‌آوری و انتشار اطلاعات ترافیکی نقش حیاتی در موفقیت کاربرد دارد. ما در این تحقیق یک مدل برای انتشار و جمع‌آوری اطلاعات ترافیکی ارائه نموده‌ایم در این روش اطلاعات ترافیکی گروه های خودرویی به صورت دوره ای با استفاده از تجهیزات رادیویی خودروها به صورت ارسال چندگامی به سمت چهارراه‌ها ارسال می‌گردند. چهارراه ها نیز به آنتن هایی برای جمع‌آوری بسته های داده مجهز هستند، به علاوه کنترل کننده های مستقر در هر چهارراه‌ها از طریق شبکه سیمی باهم در ارتباط هستند. شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد، مکانیزم پیشنهادی موجب اثر بخشی هر چه بیشتر فرایند جمع‌آوری اطلاعات با بهره‌گیری از شبکه‌های بین خودرویی می‌شود. همچنین در این تحقیق دو چهارچوب برای زمان‌بندی چراغ‌های کنترلی بر اساس ایده چند عاملی، جهت ایجاد موج سبز در چهارراه پیشنهاد کرده‌ایم. روش نخست مبتنی بر ایده عامل‌های واکنشی و با استفاده از منطق فازی است. راهکار دوم با وام گیری از ایده کنترل سلسله مراتبی و استفاده از عامل‌های اندیشمند بنا نهاده شده است. نتایج شبیه سازی حاکی از عملکرد بهینه تر مکانیزم دوم در جهت ایجاد بهینگی سراسری است.

کلمات کلیدی: خودرو هوشمند، چراغ کنترلی، ارتباطات بین خودرویی، VANET، کنترل ترافیک.

فهرست مطالب

فصل ۱ مفاهیم و مقدمات ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ چراغ‌های کنترلی ۳

۱-۲-۱ دسته هم‌روندی ۳

۱-۲-۲ فاز ۳

۱-۲-۳ سیکل ۴

۱-۲-۴ آفست ۶

۱-۲-۵ ایمنی ۷

۱-۲-۶ معماری چراغ کنترلی ۷

۱-۳ مکانیزم‌های جمع آوری داده‌های ترافیکی ۸

۱-۴ سیستم‌های حمل نقل هوشمند(ITS) ۹

۱-۵ شبکه‌های موردی بین خودرویی ۹

۱-۵-۱ ویژگی‌های شبکه موردی بین خودرویی ۱۰

۱-۵-۲ کاربردهای شبکه موردی بین خودرویی ۱۱

۱-۶ رویکردها و تقسیم‌بندی‌های کنترل بهینه چراغ راهنمایی ۱۳

۱-۶-۱ محدوده تحت پوشش ۱۳

۱-۶-۲ گام‌های اتخاذ تصمیم ۱۵

۱-۷ پیش‌بینی مسیر خودرو ۱۶
۱-۸ تئوری جریان ترافیک ۱۶
۱-۹اهداف تحقیق ۱۷
۱-۱۰ بیان مسئله ۱۷
۱-۱ساختار پایاننامه ۱۸
فصل ۲ مروری بر روش‌های کنترل ترافیک ۱۹
۲-۱ مقدمه ۱۹
۲-۲ روش‌های مبتنی بر مدل‌های ریاضی ۱۹
۲-۳ منطق فازی ۲۰
۲-۴ یادگیری تقویتی ۲۳
۲-۵ الگوریتم ژنتیک ۲۵
۲-۶ رویکرد کنترل ترافیک عامل گرا ۲۶
۲-۶-۱ ساختار عامل ۲۷
۲-۶-۲ عامل‌های واکنشی در مقابل عامل‌های اندیشمند ۲۸
۲-۶-۳ بررسی اجمالی عامل‌های موجود برای کنترل ترافیک ۲۹
۲-۷ نتایج و بحث ۳۲
فصل ۳ مکانیزم پیشنهادی برای انتشار و جمع آوری اطلاعات ۳۴
۳-۱مقدمه ۳۴

۳-۲انتشار داده ۳۴

۳-۲-۱ارتباطات V2I وI2V ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۲-۲ارتباطات V2V..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۳ مکانیزم‌های جمع آوری اطلاعات ترافیکی جهت زمان‌بندی چراغ‌کنترلی..... ۳۵

۳-۳-۱ کارهای مرتبط و چالش‌ها ۳۶

۳-۳-۲ ایده اصلی ۳۷

۳-۳-۳ خوشه‌بندی ۳۸

۳-۳-۴ پیام‌های درون خوشه‌ای ۴۳

۳-۳-۵ پیام‌های بین خوشه ای ۴۴

۳-۳-۶ محاسبه و تحلیل تأخیر بسته ۴۵

۳-۳-۷ نحوه انتشار داده ۴۹

فصل ۴ الگوریتم‌های پیشنهادی برای زمان‌بندی چراغ‌های کنترلی..... ۵۱

۴-۱ مقدمه..... ۵۱

۴-۲ سیستم چند عاملی هم یار مبتنی بر منطق فازی جهت ایجاد موج سبز ۵۲

۴-۲-۱ طراحی سیستم ۵۲

۴-۲-۲ فرضیات ۵۲

۴-۲-۳ ارتباطات و تبادل اطلاعات ۵۲

۴-۲-۴ مکانیزم کنترلی ۵۳

۴-۳سیستم سلسله مراتبی با ساختار عامل‌گرا با قابلیت تحصیل بهینگی سراسری ۶۰

۴-۳-۱ مکانیزم کنترلی ۶۲
۴-۴ نتایج ۷۵
فصل ۵ شبیه‌سازی ۷۶
۵-۱ ابزار شبیه‌سازی ۷۶
۵-۱-۱ زیرساخت ۷۸
۵-۱-۲ ترافیک ۷۸
۵-۱-۳ کنترل ۷۹
۵-۱-۴ شبکه ۸۰
۵-۲ نتایج شبیه‌سازی ۸۱
۵-۲-۱ ارزیابی الگوریتم پیشنهادی(بخش۳-۳-۶) ۸۱
۵-۲-۲ ارزیابی مکانیرم انتشار داده (بخش۳-۳-۷) ۸۳
۵-۲-۳ مقایسه کارایی مکانیزم جمع آوری اطلاعات با کارهای قبلی ۸۵
۵-۲-۴ مقایسه الگوریتم‌های زمان‌بندی پیشنهادی با حالت بهینه (سناریو اول) ۸۷
۵-۲-۵ بررسی کارایی مکانیزم‌های پیشنهادی (سناریو دوم) ۸۸
فصل ۶ نتایج ۹۵
۶-۱ نتایج کلی ۹۵
۶-۲ نتایج هرفصل ۹۵
۶-۳ کارهای آتی ۹۷

فهرست جداول

جدول ۴-۱ قوانین پایگاه دانش ۵۹
جدول ۵-۱ توزیع ورود سناریوهای مختلف ۸۲
جدول ۵-۲ مقادیر کلیدی تابع عضویت ۸۹

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ چهارراه ۴ فازی با هشت خط ورودی ۳
شکل ۱-۲ فازبندی چهارراه شکل(۱-۱) ۴
شکل ۱-۳ نمایی از جزئیات فازبندی چهارراه شکل(۱-۱) ۴
شکل ۱-۴ منطقه تلاقی دو جریان نا هم‌روند پی‌درپی ۶
شکل ۱-۵ ساختار چراغ کنترلی پویا ۸
شکل ۱-۶ آشکارساز مبتنی بر پردازش عکس و تصویر ۹
شکل ۱-۷ شناسایی خودرو با استفاده از حلقه آشکار ساز ۹
شکل ۱-۸ انواع ارتباطات شبکه های بین خودرویی جهت انتقال اطلاعات ۱۰
شکل ۱-۹ هشدار وقوع سانحه یا ترمز ناگهانی در مسیر پیشرو برای جلوگیری از تصادف زنجیره‌ای ۱۲
شکل ۱-۱۰ تنظیم سرعت خودرو با توجه به وجود ازدحام در مسیر پیش‌رو ۱۳
شکل ۱-۱۱ کاربردهای راحتی VANET ۱۳
شکل ۱-۱۲ کاربردهای مرتبط با نگهداری خودرو ۱۳
شکل ۲-۱ دیاگرام کنترل کننده فازی ۲۱
شکل ۲-۲ نمونه ای از تابع عضویت ۲۰
شکل ۲-۳ دیاگرام تعامل محیط و عامل ۲۴
شکل ۲-۴ نمایی کلی از عامل ۲۸
شکل ۲-۵ شمای کلی سیستم[۴۶] ۳۱
شکل ۲-۶ عامل [۴۷] ۳۰
شکل ۲-۷ توسعه عامل [۴۸] ۳۲
شکل ۲-۸ سیستم مبتنی بر [۴۹] ۳۳
شکل ۲-۹ سیستم مبتنی بر [۵۰] ۳۲
شکل ۳-۱ چالش روش‌های پیشنهاد شده در مراجع قبلی ۳۷
شکل ۳-۲ ارسال اطلاعات در جهت حرکت به سمت چهارراه پایین دست ۳۹
شکل ۳-۳ انتشار اطلاعات در جهت عکس حرکت ۴۰
شکل ۳-۴ نحوه خوشه بندی و خصوصیات خوشه‌ها در مکانیزم پیشنهادی ۳۹
شکل ۳-۵ فرمت پیغام درخواست اطلاعات خوشه ۴۱
شکل ۳-۶ پیغام اطلاعات خوشه ۴۱
شکل ۳-۷ الگوریتم پیشنهادی برای حالت آغازین ۴۲
شکل ۳-۸ نمودار حالت مربوط به ایجاد و ماندگاری خوشه ۴۲
شکل ۳-۹ الگوریتم پیشنهادی برای پردازش پیوستن به خوشه ۴۲
شکل ۳-۱۰ الگوریتم پیشنهادی برای خروج از حالت میانی ۴۲
شکل ۳-۱۱ فرمت بسته بررسی ۴۳
شکل ۳-۱۲ الگوریتم پیشنهادی برای بررسی وضعیت ۴۴

شکل ۳-۱۳ ارسال پیغام‌های درون خوشه ای در دو جهت ۴۴
شکل ۳-۱۴ ارتباطات بین خوشه ای ۴۵
شکل ۳-۱۵ تحلیل تأخیر ارسال بین خوشه ای یک آیتم داده ۴۷
شکل ۳-۱۶موقعیت خوشه ها در زمان Δt، T_{Y_1} عقب‌تر از H_{X_2} می‌باشد. ۴۸
شکل ۳-۱۷ موقعیت خوشه ها در زمان Δt، T_{Y_1} جلوتر از H_{X_2} می‌باشد. ۴۸
شکل ۳-۱۸ تحلیل ارسال یک ایتم داده در طول زنجیره ای از خوشه‌ها ۴۹
شکل ۳-۱۹ گام‌هایی که بسته دادهA با توجه به سناریو شکل(۳-۱۸) طی می‌کند ۴۹
شکل ۳-۲۰ الگوریتم پیشنهادی جهت محاسبه تأخیر انتشار با توجه به وضعیت و چینش خوشه‌ها ۵۰
شکل ۳-۲۱ نمونه ای از جدول آگاهی ۵۱
شکل ۴-۱ شبکه‌ای با ۹ چهارراه چراغ دار ۵۵
شکل ۴-۲ نمایی از ارتباط چند کلاسی مدیران چهارراه‌های شبکه شکل(۴-۱) ۵۵
شکل ۴-۳ فرمت پیغام گزارشی ۵۵
شکل ۴-۴ تابع عضویت برای متغییرهای A، B و C ۵۸
شکل ۴-۵ آفست مناسب برای گذر ترافیک از چهارراه پایین دست ۵۸
شکل ۴-۶ مثالی از نحوه استنتاج قانون ۶۰
شکل ۴-۷ مدیریت ترافیک توسط عامل‌ها در سه سطح ۶۲
شکل ۴-۸ معماری پیشنهاد ۶۲
شکل ۴-۹ مثالی از نحوه سرویس‌گیری و زمان انتظار خودرو در یک چهارراه ۶۶
شکل ۴-۱۰ الگوریتم یافتن طول سیکل بهینه در بازه زمانی $[\tau, \tau + T)$ ۶۸
شکل ۴-۱۱الگوریتم هماهنگی سمت عامل موج سبز ۶۹
شکل ۴-۱۲ الگوریتم هماهنگی سمت عامل کنترلی ۶۹
شکل ۴-۱۳ نمای از یک عامل کنترلی که تحت سرپرستی دو عامل موج سبز یا عامل‌های سطح دو است ۶۹
شکل ۴-۱۴ نمایش زنجیره جاده‌های تحت پوشش عامل ۷۰
شکل ۴-۱۵ مفهوم آفست و تأثیر مقدار آن در ایجاد موج سبز در زنجیره از چهارراه ۷۳
شکل ۴-۱۶ شبه کد پیشنهادی برمبنای الگوریتم ژنتیک ۷۴
شکل ۵-۱ تقسیم بندی حجم کاری انجام شده در هر قسمت از نرم افزار ۷۶
شکل ۵-۲ چرخه برهم کنش اجزا ۷۷
شکل ۵-۳ نمودار UML اجزا مختلف به کار رفته در نم افزار ۷۸
شکل ۵-۴ توپولوژی و نحوه قرار گیری چهارراه‌ها ۷۸
شکل ۵-۵ نمایش رابط گرافیکی نرم‌افزار برای خودروهای اورژانسی ۷۹
شکل ۵-۶ لایه های شبکه استفاده شده در نرم افزار و وظایف هریک ۸۰
شکل ۵-۷ نمودار UML کلاس‌های شبکه استفاده شده در نرم‌افزار شبیه سازی ۸۰
شکل ۵-۸ نمایش رابط گرافیک کاربری نرم افزار هنگام فعال بودن بخش شبکه ۸۱
شکل ۵-۹ سناریو شبیه سازی شده برای بررسی کارایی الگوریتم(۳-۲۱) ۸۲

شکل ۵-۱۰ تأخیر انتشار بسته بر حسب میکروثانیه ۸۳
شکل ۵-۱۱ افزایش احتمال انتخاب جهت مناسب برای انتشار بسته با چگال‌تر شدن ترافیک جاده ۸۴
شکل ۵-۱۲ میانگین تاخیر انتشار بسته با بهره گیری از مکانیزم انتشار داده بخش(۳-۳-۷) ۸۴
شکل ۵-۱۳ چهاراهی شامل چهار ورودی با وجود راه‌های خروجی فرعی در هر رویکرد ۸۵
شکل ۵-۱۴ نرخ ورود برای هر یک از جریان‌های ترافیکی ۸۶
شکل ۵-۱۵ متوسط زمان انتظار در هر ۳ دقیقه ۸۶
شکل ۵-۱۶ شبکه مورد تحقیق برای ارزیابی میزان بهینگی مکانیزم‌های پیشنهادی ۸۷
شکل ۵-۱۷ میانگین زمان تاخیر خودروها در بازه‌های ۱ دقیقه‌ای ۸۸
شکل ۵-۱۸ قسمتی از نقشه تهران ۹۰
شکل ۵-۱۹ نرخ‌های ورود شبکه ۹۱
شکل ۵-۲۰ تعداد کل توقف ها در بازه‌های ۵ دقیقه‌ای ۹۱
شکل ۵-۲۱ میانگین زمان توقف خودروها در بازه‌های ۵ دقیقه‌ای ۹۲

فصل ۱ مفاهیم و مقدمات

۱–۱ مقدمه

با توسعه اقتصادی و افزایش فعالیت‌های شهری جریان ترافیک در این مناطق به سرعت رو به فزونی می‌باشد. تراکم و ازدحام ترافیک از مهم‌ترین نامطلوبی‌های پیش رو در چنین محیطی است که موجب آلودگی هوا و از دست رفتن منابع انرژی و اتلاف زمان شهروندان می‌شود. به طوری که طی تحقیقات سالانه موسسه حمل و نقل تگزاس میانگین زمان از دست رفته خودروها در ترافیک سفرهای شهری واشنگتن، در سال ۲۰۱۰ برابر ۷۴ ساعت در کل سال به ازای هر خودرو بوده است، که نتیجه آن اتلاف ۳۷ گالن سوخت به طور متوسط برای هر خودرو در ترافیک شهری واشنگتن می‌باشد[۱]. یکی از راه‌های موثر برای بهبود جریان ترافیک شهری احداث و ایجاد بزرگراه‌ها و توسعه و افزودن باندهای جدید به مسیرها و جاده‌های پر رفت و آمد شهری است. اما واضح است که این راهکار مستلزم صرف هزینه و زمان زیادی می‌باشد. راه دیگر استفاده از روش‌ها و تکنولوژی‌های نوین برای افزایش بهره‌وری شبکه های ترافیکی و مدیریت مناسب جریان ترافیک است.

یکی از مهم‌ترین ابزارها که تأثیر شایانی در بهینه سازی جریان ترافیک دارد چراغ راهنمایی می‌باشد. اولین چراغ راهنمایی در سال ۱۸۶۸ در شهر لندن جهت افزایش ایمنی در تقاطع‌ها نصب شد. چراغ‌های راهنمایی همگام با پیشرفت تکنولوژی تغییر کرده‌اند و به سمت هوشمندتر شدن تکامل یافته‌اند. در راستای افزایش بهره‌وری جریان ترافیک شهری آنچه که می‌تواند تأثیر بسزایی داشته باشد زمان‌بندی مناسب چراغ‌های راهنمایی در تقاطع‌ها می‌باشد. در حالت کلی می‌توان سیستم‌های زمان‌بندی ترافیک را در دو شاخه ایستا یا زمان-ثابت[1] و پویا[2] یا متغیر بر اساس وضعیت ترافیک دسته‌بندی نمود[۲].

دسته اول با مجموعه اطلاعات از پیش داشته و تخمین نرخ جریان ترافیک سعی در اتخاذ بهینه‌ترین تصمیم برای به حداقل رساندن میزان برخی از پارامترها همچون میانگین زمان انتظار خودروها را دارند. یکی از ضعف‌های

[1] Fixed-time
[2] dyanamic

روش ایستا عدم خود-تنظیمی می‌باشد. این مسئله در مواقعی حاد می‌شود که حجم ترافیک خودروهای ورودی به چهارراه، دچار نوسان‌های ناگهانی گردد در حالی که کنترل‌کننده با همان الگوی ثابت و پیش‌فرض، تقاطع را مدیریت می‌کند. در سیستم‌های پویا با توجه به بهره‌گیری از تکنیک‌های جمع‌آوری و استفاده از اطلاعات بلادرنگ[1] ترافیکی این ضعف برطرف گشته است[۳].

دست‌یابی به اطلاعات بلادرنگ با تکنیک‌های مخابراتی بین خودرویی و همچنین بهره‌گیری از سامانه موقعیت‌یاب جهانی(GPS) و ... می‌تواند میسر شود. تخمین سریع و دقیق حجم ترافیک اهمیت ویژه‌ای در طراحی چراغ‌های هوشمند دارد. دست یابی به این مهم مستلزم روش‌های کارآمد جمع آوری اطلاعات و به موازات آن الگوریتم‌های مناسب جهت تعیین استراتژی کنترلی چراغ راهنمایی است[۵].

چراغ‌های هوشمند را نیز می‌توان از منظر راهکار کنترلی و نحوه جمع آوری اطلاعات ترافیکی دسته‌بندی نمود که به طور مفصل در بخش مربوطه به بررسی آن خواهیم پرداخت. در این پایان نامه تمرکز ما بر روی زمان‌بندی مجموعه‌ای از چهارراه‌های راهنمایی شهری است که، شریان‌های اصلی آن‌ها باهم در ارتباط و ترافیک یکدیگر را تغذیه می‌نمایند. بدین ترتیب که بر پایه اطلاعات بلادرنگ ترافیکی گردآوری شده از محیط، الگوریتمی هوشمند و توزیع شده با هدف تقلید زمان‌بندی بهینه ارائه می‌نماییم. در این پژوهش از شبکه‌های بین خودرویی جهت جمع‌آوری داده‌های ترافیکی استفاده می‌نماییم

شبکه‌های بین خودرویی[2] (VANET) یکی از اقسام شبکه‌های MANET هستند، امروزه این شبکه‌ها مبنای سیستم‌های نقلیه هوشمند به شمار می‌روند که برای جلوگیری از تصادف و کنترل ترافیک و کاربردهای مشابه دیگر، در حوزه ترافیک توسعه یافته‌اند. تحقیقات اخیر در زمینه شبکه‌های بین خودرویی نوید از این دارد آینده مدیریت و کنترل ترافیک شهری با این نوع خاص از شبکه‌های ارتباطی گره خورده است. در این تحقیق علاوه بر پیشنهاد زمان‌بندی توزیع شده، در نظر داریم مکانیزمی با کارایی و سرعت بیشتر برای جمع‌آوری داده‌های ترافیکی ارائه نماییم.

در اغلب تحقیقات گذشته تمرکز عمده بر روی تخمین و اندازه گیری نرخ و وضعیت ترافیک با ابزار بعضاً نادقیق جمع آوری اطلاعات بوده است، و یا به ارائه الگوریتم‌های زمان‌بندی بر اساس جریان‌های ترافیکی تئوریکال و اغلب ثابت پرداخته‌اند. در این تحقیق با بهره‌گیری از ارتباطات بین خودروی ابزاری قدرتمند برای بدست آوردن اطلاعات ترافیکی بلادرنگ در اختیار داریم.

در ادامه این فصل مختصری از مفاهیم اولیه برای درک هرچه بهتر آنچه که در این پایان نامه به آن اشاره خواهد شد آورده شده است.

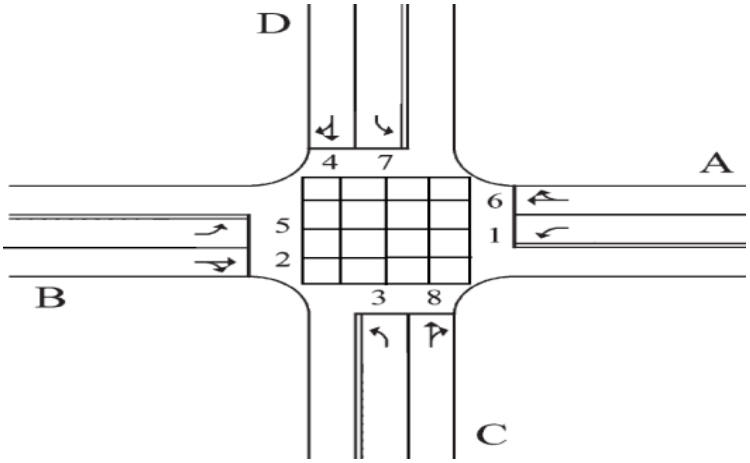
[1] Real-time
[2] Vehicular ad hoc networks

۱-۲ چراغ‌های کنترلی

بهینه سازی رفتار چراغ‌های کنترلی یکی از موثر ترین راه‌ها جهت روان سازی ترافیک است. برای عبور امن جریان‌های ترافیکی از تقاطع‌ها ما نیازمند سیستم کنترلی و زمان‌بندی مناسب هستیم. علاوه بر تحصیل ایمنی، فراهم آوردن راهکاری برای دست یافتن به راندمان و گذردهی مناسب هنگام عبور جریان‌های ترافیکی از تقاطع‌ها چالشی قابل بحث است. سه پارامتر مهم برای کنترل رفتار چراغ راهنمایی عبارت هستند از سیکل[۱]، فاز[۲] و آفست[۳] که در این پایان‌نامه نیز پارامترهای هدف ما برای تعیین مکانیزم کنترلی به شمار می‌روند.

۱-۲-۱ دسته هم‌روندی

به هر چهارراه چندین خط ترافیک وارد می‌شود هر کدام از این خطوط نسبت به هم دو وضعیت *هم‌روند* و یا *ناهم‌روند* دارند. هنگامی خودروهای مربوط به دو خط متمایز بتوانند همزمان وارد چهارراه شوند به چنین دو خطی *هم‌روند* می‌گوییم در غیر این صورت دو خط نام برده را نا هم‌روند می‌خوانیم. به عنوان مثال در شکل(۱-۱) دو خط ۲ و ۶ هم‌روند هستند. در این مثال می‌توان چهار دسته هم‌روندی (۱و۵)، (۲و۶)، (۳و۷) و (۴و۸) را تعریف نمود[۴].



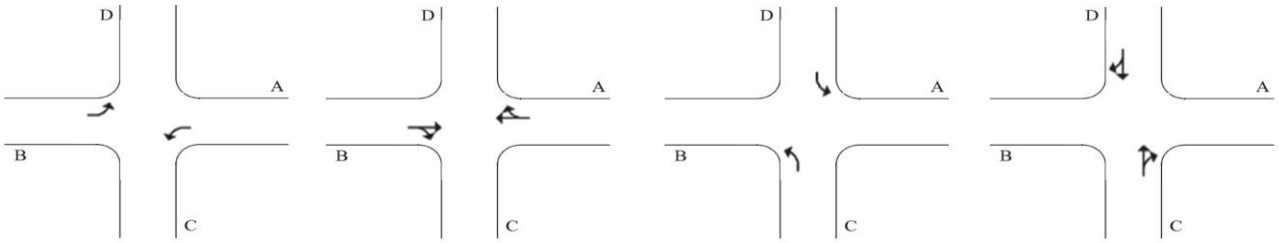
شکل ۱-۱ چهارراه ۴ فازی با هشت خط ورودی

۱-۲-۲ فاز

هر فاز برابر با دوره زمانی است که یک و تنها یک دسته هم‌روندی از تقاطع تحت کنترل یک چراغ راهنمایی عبور می‌نمایند. در واقع مدت زمانی که چراغ راهنمایی برای عبور یک گروه هم‌روند سبز است بعلاوه زمان‌های تلف شده(چراغ زرد و تمام قرمز) را *فاز* می‌نامیم . هر فاز در هر سیکل چهارراه طول به خصوص و بعضاً متفاوتی دارد[۵]. تعیین طول بهینه فاز تأثیر ویژه‌ای در روان‌سازی ترافیک محلی چهارراه و همچنین بر وضعیت جریان

[1] cycle
[2] phase
[3] ofsset

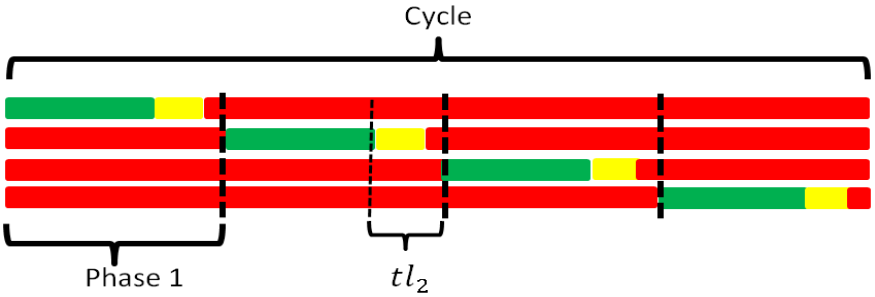
ترافیک در چهارراه پایین[1] دست دارد. شکل(۱-۲) مجموعه فازهای مرتبط با چهارراه تصویر(۱-۱) را به صورت مجزا نمایش می‌دهد. همان گونه که مشاهده می‌نمایید در هر فاز تنها یک دسته هم‌روندی قادر است از چهارراه عبور نماید.



شکل ۱-۲ فازبندی چهارراه شکل(۱-۱)

۱-۲-۳ سیکل

هر سیکل چهارراه متشکل از چند فاز می‌باشد، مدت زمانی که تمام گروه‌های هم‌روند چهارراه یک و تنها یک فاز را سپری کنند یک *سیکل* چهارراه می‌نامیم[۵]. استراتژی‌های مختلفی برای تعیین طول سیکل وجود دارد. یک روش معمول به این صورت است که طول سیکل بهینه را برای هر چهارراه محاسبه نمود و سپس، سیکل را به فازهای مختلف اختصاص داد و یا بلعکس طول زمان چراغ سبز مناسب را برای هر فاز مشخص کرد و سپس از مجموع آن‌ها به طول سیکل دست‌یافت. در حالت کلی طول سیکل با توجه به حجم ترافیک چهارراه افزایش یا کاهش می‌یابد. به طور معمول طول سیکل کوتاه برای مواقعی که ترافیک دارای حجم کمی است مطلوب می‌باشد. همچنین در مواقعی که حجم ترافیک بالا است طول سیکل بیشتر بهینگی بیشتری را حاصل می‌نماید زیرا به موجب آن طول فازها بیشتر است و درصد کمتری از خودروها در حین عبور از تقاطع ملزم به توقف می‌شوند[۶]. شکل(۱-۳) ساختار فازها و سیکل یک چهارراه چهار فازی با چهار گروه هم‌روندی را نمایش می‌دهد.



شکل ۱-۳ نمایی از جزئیات فازبندی چهارراه شکل(۱-۱)

۱-۲-۳-۱ زمان سبز

مدت زمانی که خودروهای هم‌روند یک فاز می‌توانند از تقاطع گذر نمایند زمان سبز می‌باشد. غالباً مجوز زمان سبز با سیگنال سبز چراغ کنترلی مستقر در چهارراه برای خودروها صادر می‌گردد. اساساً قسمت کوتاهی از زمان ابتدایی چراغ سبز جز زمان‌های مفید این بازه به حساب نمی‌آید چون در این زمان خودروها در حال جدا شدن از

[1] downstream intersection

صف و ورود به چهارراه هستند و عملاً در این بازه خودرویی در حال عبور از تقاطع نیست. مابقی زمان سبز بعلاوه قسمتی از زمان زرد که ترافیک همچنان در حال خروج از چهارراه می‌باشد به عنوان زمان موثر سبز محسوب می‌گردد. زمان ابتدایی غیر موثر چراغ سبز را با λ_s^{start} و زمان موثر انتهایی قسمت زرد را با λ_s^{end} نمایش می‌دهند همچنین اگر زمان کل چراغ سبز را با g_s نمایش دهیم، زمان موثر چراغ سبز (g_s^{eff}) برابر است با:

$$g_s^{eff} = g_s - \lambda_s^{start} + \lambda_s^{end} \quad (۱-۱)$$

مقادیر λ_s^{end} و λ_s^{start} غالباً جزء پارامترهای ثابت و از پیش تعیین شده، در مسئله ما محسوب می‌شوند و با توجه به میانگین سرعت اولیه خودروها هنگام گذر از تقاطع و البته شاخصه‌های فرهنگی حاکم بر محیط عمل مشخص می‌گردند[۵].

۱-۲-۳-۲ زمان زرد

رانندگان موظف هستند که بعد از ملاحظه چراغ قرمز از ورود به چهارراه خودداری نمایند و پشت خط توقف منتظر چراغ سبز سیکل بعدی بمانند. با این وجود باید زمان کافی برای تخلیه چهارراه از خودروهایی که قبل از چراغ زرد وارد چهارراه شده‌اند در نظر گرفته شود. راننده با ملاحظه چراغ زرد باید فرصت این را داشته باشد تا پشت چراغ توقف نماید. در حالت کلی راننده‌ی خودرو، باید قبل از فاصله d_0 تصمیم به توقف بگیرد تا وارد چهارراه نشود. مقدار d_0 وابسته به سرعت، زمان عکس‌العمل راننده و شتاب کاهنده خودرو می‌باشد که با توجه به رابطه (۱-۲) قابل محاسبه است[۵].

$$d_0 = v\partial + \frac{v^2}{2a} \quad (۲-۱)$$

- a : حداکثر شتاب کاهنده خودرو.
- v: سرعت خودرو هنگام ورود به چهارراه.
- ∂: زمان عکس‌العمل راننده.

حداقل طول چراغ زرد نیز از رابطه (۲-۳) قابل محاسبه است. مقدار Δd برای اطمینان بیشتر به معادله افزوده شده است.

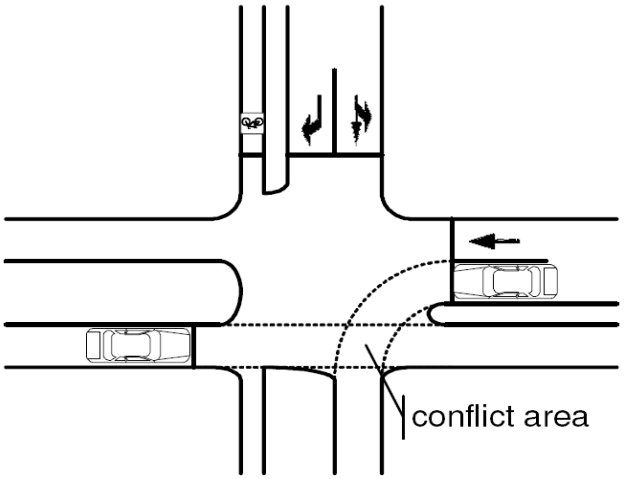
$$d_c = vy_s - (w + l^{veh}) \quad (۳-۱)$$

$$d_c = d_0 + \Delta d \quad (۴-۱)$$

- l^{veh}: طول خودرو
- y_s: طول بازه چراغ زرد
- W : عرض چهارراه

۱-۲-۳-۳ زمان تمام قرمز

مابین دو فاز سبز اختصاصی به دو گروه نا هم‌روندی باید به اندازه کافی فاصله برای حفظ امنیت وجود داشته باشد، ممکن است در پایان بازه زمانی چراغ زرد نیز خودروهایی هنوز چهارراه را تخلیه ننموده باشند از این رو برای اطمینان کامل از تخلیه چهارراه نیاز داریم بازه زمانی تمام قرمز را به حد فاصل دو فاز متوالی بیافزاییم. با این توضیح بازه زمانی تمام قرمز مابین انتهای بازه زمانی زرد فاز اول و شروع بازه سبز فاز دوم قرار می‌گیرد.



شکل ۱-۴ منطقه تلاقی دو جریان نا هم‌روند پی‌درپی

مدت زمان بازه تمام قرمز فاز i ، برابر r است که به ترتیب زیر محاسبه می‌گردد.

$$r = \max\{0, t_i^{exit} - t_{i+1}^{entry}\} \qquad (۵-۱)$$

در رابطه بالا t_i^{exit} مدت زمانی است که طول می‌کشد خودرویی مربوط به فاز iام از خط توقف تا منطقه تلاقی(شکل ۱-۴) حرکت نماید. t_{i+1}^{entry} نیز زمانی است که طول خواهد کشید، خودرویی مربوط به فاز $i+1$ ام از خط توقف تا منطقه تلاقی ترافیک دو فاز i و i+1 را بپیماید.

۱-۲-۴ آفست

به زبان ساده می‌توان گفت آفست اختلاف زمان شروع اولین فاز هر سیکل دو چهارراه همسایه می‌باشد. این پارامتر در کسب بهینگی سراسری جایگاه مهمی دارد. تعیین مقدار مناسب آفست مابین دو چهارراه بالادست و پایین دست موجب ایجاد موج سبز[1] مابین دو چهارراه می‌شود. موج سبز به این معنی است که خودروها پس از حرکت از چهارراه بالادست به سمت چهارراه پایین‌دست، در چهارراه پایین‌دست نیز با چراغ سبز روبرو شوند بسط این قضیه در زنجیره ای از چهارراه‌ها با نام موج سبز مطرح است[۷].

[1] Green Wave