فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱۶، شماره ۲، زمستان ۱۴۰۳، ص. ۴۳۷۸-۴۳۶۳

مقاله علمی-پژوهشی

چرخه موج سبز چراغ‌های راهنمایی و رانندگی و تأثیر آن بر آلودگی هوا و صدا

محمدحسین بیگلرمزلقانی، کارشناس ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، دماوند، ایران

مهدی یزدان‌پناه (مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی گرمسار، دانشگاه گرمسار، گرمسار، ایران

E-mail: m.yazdanpanah@fmgarmsar.ac.ir, mahdyazdanpanah@gmail.com

علی دهقان بنادکی، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، دماوند، ایران

دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۲ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۸

چکیده

امروزه یکی از عوامل تأثیرگذار در آلودگی هوا و آلودگی صوتی کلان‌شهرها، تردد وسایل نقلیه است. با مدیریت صحیح و درست ترافیک می‌توان آلاینده‌های زیست‌محیطی و آلودگی صوتی را تا حد مطلوبی کاهش داد. در این پژوهش، قسمتی از شبکه ترافیکی خیابان‌های فرجام، سمیه و طالقانی واقع در شهر تهران برای دو حالت چرخه ثابت و چرخه موج سبز چراغ راهنمایی به روش شبیه‌سازی مورد ارزیابی قرار گرفته است. از نرم‌افزار Synchro برای شبیه‌سازی ترافیک و محاسبه میزان آلاینده‌های هوا و از نرم‌افزار LowVolumeTool برای محاسبه آلودگی صوتی استفاده گردید. نتایج نشان می‌دهد، با تغییر چراغ راهنمایی از حالت ثابت به حالت چرخه موج سبز میانگین تولید آلاینده‌های CO، NOx و VOC در خیابان فرجام به ترتیب ۱۵، ۱۴و ۱۱ درصد، در خیابان سمیه برای آلاینده‌های فوق ۲ درصد و در خیابان طالقانی به ترتیب ۶، ۱۰ و ۶ درصد کاهش می‌یابند. همچنین مصرف سوخت، میانگین تأخیر و تعداد توقف‌ها در خیابان فرجام به ترتیب ۱۵، ۳ و ۲۳ درصد کاهش، در خیابان سمیه به ترتیب ۲، ۵ و ۱۲ درصد کاهش و در خیابان طالقانی به ترتیب ۶ درصد کاهش ، ۱ درصد افزایش و ۱۶ درصد کاهش داشته است. آلودگی صوتی در حالت چرخه سبز نسبت به چرخه ثابت در خیابان فرجام افزایش یافته و در خیابان سمیه و طالقانی تغییر محسوسی نداشته است. علاوه بر این، توجیه پذیری استفاده از موج سبز در مقایسه با زمانبندی ثابت چراغ های ترافیکی و اثر آن بر آلودگی های هوا و صوتی مورد تحلیل قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی صوتی، آلودگی هوا، چراغ راهنمایی، چرخه موج سبز، شهر تهران

۱. مقدمه

آلودگی هوای کلان‌شهرهایی همانند تهران یک بحران زیست‌محیطی جدی است که حمل‌ونقل درون‌شهری عامل اصلی آن است [Atash, 2007]. ارائه راهکارهایی برای کاهش آلودگی هوای ناشی از وسایل نقلیه توجه محققان بسیاری را در سراسر دنیا به خود معطوف داشته است. این بررسی‌ها نشان داده‌اند که مدیریت ترافیک می‌تواند نقش بسزایی در بهبود کیفیت هوا ایفا کند [Panis, Broekx and Liu, 2006]. آلودگی صوتی و ازدحام از دیگر اثرات نامطلوب ترافیک است که سلامت مردم را تهدید می‌کند. وسایل نقلیه منبع اصلی آلودگی صوتی شهرها محسوب می‌شوند و مدیریت ترافیک می‌تواند نقش بسزایی را در کاهش آلودگی صوتی نیز ایفا کند [Stephenson and Vulkan, 1968]. درنتیجه برای کاهش اثرات نامطلوب ترافیک و ارائه یک سیستم حمل‌ونقل ایمن و قابل‌اعتماد بایستی عوامل ترافیکی مؤثر بر آلودگی هوا و آلودگی صوتی را مورد بررسی قرار داد تا بتوان راهکارهای مناسب برای تعدیل این عوامل پیشنهاد نمود.

هدف از پژوهش حاضر بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و رانندگی (تحلیل چرخه موج سبز) در محل‌های دارای شرایط ایجاد چرخه موج سبز است تا بتوان به مدل مناسب برای کاهش تأخیر، کاهش آلودگی هوا، کاهش مصرف سوخت و کاهش آلودگی صوتی دست‌یافت. در این پژوهش تأثیر اقدامات مدیریتی ترافیک بر آلودگی هوا و آلودگی صوتی شبکه‌های ترافیکی درون‌شهری با استفاده از شبیه‌سازی ترافیکی پرداخته شده است. سعی شده است تا حد امکان شرایط ترافیکی و رانندگی در تقاطع‌های چراغ‌دار و بدون چراغ کلان‌شهر تهران در نرم‌افزارهای Synchro و LowVolumeTool شبیه‌سازی شود و با استفاده از آیین‌نامه‌های طراحی چراغ که در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرند، مناسب‌ترین روش شناسایی شود.

۲. ادبیات پژوهش

تکیه خواه و کاتورانی [تکیه خواه و کاتورانی، ۱۳۹۸] آلودگی صوتی در شهر سنندج و ارتباط آن با اضطراب افراد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که افزایش آلودگی صوتی رابطه مستقیمی با افزایش اضطراب در افراد دارد. ایشان ضرورت برنامه‌ریزی برای کاهش آلودگی صوتی را برای حفظ سلامتی شهروندان ضروری دانستند. اسکندری و همکاران [اسکندری، رصافی و بهنود، ۱۳۹۹] به بررسی آلودگی صوتی در یکی از تقاطع‌های شهر قزوین پرداختند. آن‌ها رابطه متغیرهای ترافیکی مانند حجم، سرعت، فاصله و زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی را با آلودگی صوتی با استفاده از روش مدل‌سازی رگرسیون خطی چندگانه مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج ایشان حجم وسایل نقلیه، زمان سبز رویکرد نزدیک‌تر به تقاطع و تعداد بوق‌هایی که در این زمان زده می‌شوند، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر آلودگی صوتی بودند. فروهید و ایلکاه [فروهید و ایلکاه، ۱۴۰۰] آلودگی صوتی حمل‌ونقل در متروی شهر تهران را با استفاده از مدل خطی رگرسیونی مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که آلودگی صوتی در اکثر ایستگاه‌های مترو بیش‌ازحد مجاز (۶۵ دسی‌بل) است.

خاکی و همکاران [خاکی، ذوقی و جعفری حقیقت‌پور، ۱۳۹۳] تأثیر هماهنگ‌سازی چراغ‌های ترافیکی بر انتشار آلاینده‌های هوا شامل PM10، CO_2، NOx را با استفاده از مدل شبیه‌ساز ترافیکی و مدل انتشار آلاینده‌های VERSIT مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که با تنظیم زمان‌بندی چراغ‌های ترافیک توسط موج سبز میزان انتشار آلودگی هوا می‌تواند به میزان ۱۰ تا ۴۰ درصد در مطلوب‌ترین شرایط کاهش یابد. رحیمی و طاهری [رحیمی و طاهری، ۱۳۹۷] اثرات هماهنگ‌سازی زمان‌بندی تقاطعات چراغ‌دار را به روش عرض باند عبوری با در نظر گرفتن دو شبکه از تقاطع‌های تحت کنترل هوشمند مرکزی شهر قزوین و با استفاده از نرم‌افزار سینکرو مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که بهینه‌سازی از

طریق کنترل هماهنگ تقاطع‌ها در شرایط فوق اشباع ساعت اوج، شاخص‌های کارآیی شامل تأخیر کل را۱۰ درصد، توقف کل ۶ درصد، سرعت متوسط ۱۲ درصد، زمان ۸ درصد، سوخت مصرفی ۷ درصد و طول ۲۵ درصد بهبود می‌بخشد.

حاجی حسینلو و قائمی [حاجی حسینلو و قائمی، ۱۳۹۳] آلودگی هوای یک شبکه ترافیکی تحت تأثیر وسایل نقلیه سنگین را با استفاده از نرم‌افزار AIMSUN شبیه‌سازی و بررسی نمودند. ایشان نشان دادند که در صورت حضور وسایل نقلیه سنگین در شبکه ترافیکی، نرخ زمان توقف ۲۱ درصد و آلاینده‌های CO_2، NOx و PM به ترتیب ۱۱ ، ۱۲۱ و ۱۲ افزایش می‌یابد. بولتر [Boulter, 2001] تأثیر آرام‌سازی جریان ترافیک (با استفاده از سرعت‌گیر، دست‌انداز و غیره) را بر مصرف سوخت و انتشار آلاینده‌های CO، HC، NOx و CO_2 مورد بررسی قرار داد. نتایج او نشان داد که آرام‌سازی جریان ترافیک منجر به افزایش آلاینده‌های منتشرشده از اگزوز خودروها می‌شود.

دی کوئنسل و همکاران [De Coensel et al., 2012] تأثیر هماهنگی سیگنال‌های ترافیکی بر صدای خودرو و انتشار آلاینده‌های هوای CO_2، NOx و PM_{10} را مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور آن‌ها از یک مدل شبیه‌سازی ترافیک میکروسکوپی (Paramics) در ترکیب با مدل‌های فرعی برای انتشار صدا (Imagine) و آلاینده‌های هوا (VERSIT+) استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که ایجاد موج سبز می‌تواند انتشار آلاینده‌های هوا را ۱۰ تا ۴۰ درصد بسته به جریان ترافیک و تنظیمات زمان سیگنال کاهش بدهد. همچنین آن‌ها دریافتند که سطوح فشار صدا تا ۱ دسی‌بل در نزدیکی علائم راهنمایی و رانندگی کاهش می‌یابد، اما در بین تقاطع‌ها تا ۱/۵ دسی‌بل افزایش پیدا می‌کند.

گاردزیجچیک و موتیلویچ [Gardziejczyk and Motylewicz, 2016] تأثیر نوع تقاطع و ویژگی‌های ترافیکی را بر ترازهای صوتی در مجاورت تقاطعات چراغ‌دار، میدان‌ها و میدان‌های چراغ‌دار مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که در میدان‌های چراغ‌دار تراز صوت بین ۲/۵–۱۰/۸ دسی‌بل بیشتر از تقاطع چراغ‌دار کلاسیک و بین ۳/۳–۶/۷ دسی‌بل بیشتر از میدان‌ها است. لو و ژانگ [Lv and Zhang, 2012] اثر استفاده از هماهنگی بین سیگنال‌های ترافیکی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای، میزان تأخیر و تعداد توقف‌ها در یک تقاطع را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که در شرایط ترافیکی غیراشباع تأثیر مدت طول چرخه بر میزان تأخیر در مقایسه با انتشار آلاینده‌ها و تعداد توقف قابل‌ملاحظه است. همچنین در یک طول چرخه ثابت، افزایش نسبت موج سبز (Platoon ratio) می‌تواند باعث کاهش تأخیر، تعداد توقف‌ها و آلودگی شود. نسبت موج سبز به‌صورت نسبت نرخ جریان عبوری در موج سبز به متوسط نرخ جریان در کل چرخه تعریف می‌شود. جی و چنگ [Ji and Cheng, 2022] روش کنترل هماهنگ موج سبز دوطرفه برای شریان‌ها تحت حالت آزادسازی نامتقارن را ارائه کردند. آن‌ها طرح‌های موج سبز دوطرفه در هر دو حالت انتشار متقارن و نامتقارن را برای تقاطع‌های جاده زیوو در شهر گوجینگ با استفاده از نرم‌افزار VISSIM شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان می‌دهد که روش دوم نه‌تنها پهنای باند موج سبز دوطرفه را به‌طور مؤثر بهبود می‌بخشد، بلکه میانگین تأخیر و میانگین تعداد توقف‌ها در جاده اصلی را کاهش می‌دهد.

از سوی دیگر، یو و همکاران (Yue et al., 2022) تأثیر هماهنگی سیگنال‌های راهنمایی و رانندگی بر عملکرد ایمنی شریان‌های شهری را با استفاده از نرم‌افزارهای VISSIM و SSAM مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که هماهنگی سیگنال‌های ترافیکی پتانسیل کاهش خطر تصادف در شریان‌های شهری را در شرایط غیراشباع دارد. گوریایف و همکاران [Goryaev, Myachkov and Larin, 2018] ترافیک خیابان لنین در شهر چلیابینسک روسیه مورد بررسی قراردادند. در این مسیر یک حالت موج سبز برای سرعت ترافیک ۵۰ کیلومتر در ساعت از دانشگاه دولتی اورال جنوبی به مرکز شهر و حالت به‌اصطلاح موج قرمز از مرکز به دانشگاه دولتی

اورال جنوبی وجود دارد؛ زیرا ۵ چراغ راهنمایی از ۶ چراغ راهنمایی برای جریان اصلی ترافیک قرمز است. نتایج آن‌ها نشان داد که تنظیم حالت موج سبز برای حمل‌ونقل عمومی در شرایط ترافیکی غیر ازدحام باعث می‌شود که سرعت حمل‌ونقل عمومی تا حد امکان به‌سرعت حمل‌ونقل خودرو نزدیک شود. این نتیجه به ترک عادت استفاده از حمل‌ونقل شخصی به نفع حمل‌ونقل عمومی برای سفرهای روزمره کمک می‌کند.

علاوه بر این، وو و همکاران [Wu et al., 2014] شرایط کاربردی نظریه ترافیک موج سبز را مطالعه کردند و از مفهوم کنترل سیگنال دوفازی برای بهینه‌سازی نظریه ترافیک موج سبز استفاده نمودند. تجزیه‌وتحلیل آن‌ها نشان داد که نظریه ترافیک موج سبز بهینه‌شده به روش کنترل سیگنال دوفازی برای بهبود ایمنی، کاهش مصرف سوخت خودرو و کاهش آلاینده‌های خودرو در تقاطع‌های جاده‌ای در مقایسه با طراحی سیگنال فازی متداول مطلوب‌تر است. همچنین، لو و همکاران [Lu, Xu, and Ye, 2010] روش جبری کلاسیک زمان‌بندی سیگنال برای کنترل مختصات جاده شریانی را بهبود دارند. بررسی آن‌ها نشان داد که روش جبری کلاسیک بهبودیافته می‌تواند چرخه سیگنال بهینه را برای دستیابی به پهنای باند موج سبز گسترده‌تر پیدا کند و وسایل نقلیه جاده‌ای شریانی بیشتری را به‌طور مداوم از تقاطع‌ها در سریع‌ترین زمان ممکن عبور دهد. با استفاده از این روش کنترل بهتری در سیستم کنترل مختصات جاده شریانی واقعی به دست می‌آید. از سوی دیگر، ون و همکاران (Wen et al., 2022) یک طرح کنترل هماهنگی سیگنال برای راه‌های شریانی شهری پیشنهاد دادند که عملکرد ترافیک را بهبود می‌بخشد و شاخص‌های عملیات ترافیکی هر تقاطع را بهینه می‌کند. بررسی آن‌ها نشان داد که پس از اجرای طرح کنترل هماهنگی سیگنال، کل زمان سفر و تأخیر پارک شبکه جاده‌ای کاهش زیادی پیدا می‌کند و ظرفیت ترافیک بهبود می‌یابد.

بلودر و جاگر [Bloder and Jäger, 2021] با استفاده از یک مدل‌سازی مبتنی بر عامل، اثر موج سبز را بر کاهش انتشار آلاینده‌ها و زمان سفر مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که اگرچه موج سبز پتانسیل کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را دارد، ولی بسته به ویژگی‌های سیستم ترافیک، خطر افزایش خالص انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز وجود دارد زیرا موج سبز می‌تواند جذابیت استفاده از خودرو را نیز افزایش دهد. لیو و همکاران [Liu et al., 2018] پتانسیل شبکه‌های کیو عمیق (DQN) را برای بهینه‌سازی سیاست‌های کنترل چراغ راهنمایی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که الگوریتم‌های DQN رفتار هوشمندانه‌ای مانند ظهور الگوهای موج سبز ایجاد می‌کنند، که منعکس‌کننده توانایی آنها در یادگیری ویژگی‌های ساختاری مطلوب است.

ژانگ و همکاران [Zhang, Zheng and Li, 2022] یک مدل تصمیم‌گیری رفتار رانندگی خودمختار بر اساس فناوری زیرساخت خودروی تعاونی در مناطق شهری طراحی کردند. این مدل متشکل از یک ماژول ارزیابی موقعیت و یک ماژول تصمیم‌گیری رفتار برای تصمیم‌گیری در مورد انتخاب خط و کنترل سرعت بود. آن‌ها در این مدل موانع اطراف و عناصر ترافیکی رایج در شبکه‌های ترافیک شهری مانند چراغ‌های راهنمایی، خطوط جاده و محدودیت‌های سرعت جاده را در نظر گرفتند. آن‌ها همچنین یک استراتژی عبور موج سبز نیز پیشنهاد دادند تا به وسایل نقلیه اجازه دهد از تقاطع‌های ترافیکی با سرعت نرم‌تر عبور کنند و کارایی رانندگی را بهبود بخشد. نتایج آن‌ها نشان داد که این مدل در مقایسه با مدل تصمیم‌گیری رفتار بدون استراتژی عبور موج سبز، به‌طور مؤثری نوسانات سرعت و اتلاف انرژی را کاهش می‌دهد و راندمان رانندگی را بهبود می‌بخشد.

پنگ و وانگ [Peng and Wang, 2022] یک مدل کنترل هماهنگ برای شریان‌ها با تقاضای ترافیک نامتقارن در هر دو جهت اشباع و غیراشباع پیشنهاد کردند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که این مدل می‌تواند تقاضای ترافیک نامتقارن را از طریق بهینه‌سازی توان شریانی، کاهش تأخیر در جهت فوق اشباع و به

حداکثر رساندن پهنای باند موج سبز در جهت غیراشباع برآورده می‌کند.

اوزگور و همکاران [Özgür, Genç and Başçiftçi, 2021] یک سیستم موج سبز را با تبدیل سیستم موج سبز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در یک کریدور با مدت‌زمان فاز متفاوت محقق کردند. آن‌ها یک جاده با ۱۰۰۰۰ وسیله نقلیه را با استفاده از نرم‌افزار ترافیک SUMO شبیه‌سازی کردند. آن‌ها دریافتند که با به‌کارگیری موج سبز انطباقی به‌جای موج سبز سنتی، زمان انتظار برای وسایل نقلیه در حال حرکت در جاده کاهش می‌یابد و باعث مصرف سوخت کمتر، اتلاف زمان کمتر و کاهش آلودگی محیط‌زیست می‌شود.

پیشینه مطالعات انجام شده در حوزه چرخه موج سبز تاکید بر مزایای این رویکرد جهت مصرف سوخت کمتر، کاهش آلودگی‌های محیط زیست و بهبود زمان سفر دارد. از سوی دیگر، تصمیم به ایجاد سیستم موج سبز در کلان‌شهرها بایستی با دقت کامل صورت گیرد تا تمایل به استفاده از خودروی شخصی را افزایش ندهد.

۳. روش پژوهش

در ابتدا با بازدید میدانی و راهنمایی‌های سازمان حمل‌ونقل و ترافیک استان تهران و با توجه به شرایط پژوهش که طبق آن برای ایجاد و شبیه‌سازی موج سبز تمامی تقاطعات باید دارای چراغ راهنمایی و رانندگی باشد، موقعیت منطقه مناسب برای مطالعه انتخاب شد. سپس داده‌های ترافیکی بر اساس ضریب همسنگ سواری و بر اساس ساعت اوج ترافیک برای محدوده مورد مطالعه از سازمان حمل‌ونقل ترافیک استان تهران دریافت شد. برای شبیه‌سازی آلودگی هوا از نرم‌افزار Synchro و برای آلودگی صوتی با توجه به سرعت متوسط وسایل نقلیه از نرم‌افزار LowVolumeTool استفاده شد و سپس خروجی‌ها مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

پس از ملاحظات موردنیاز، خیابان‌های فرجام، سمیه و طالقانی جهت بررسی در این پژوهش انتخاب شدند. احجام این تقاطعات از سازمان حمل‌ونقل و ترافیک استان تهران بر اساس ساعت اوج ترافیک (بر حسب veh/h) و برای اسفندماه سال ۱۳۹۹گرفته شد. همچنین با وجود حرکات مستقیم و احجام موجود آن‌ها احجام گردش به چپ و راست به دست آمد. احجام تقاطعات فرجام، سمیه و طالقانی به ترتیب در جداول ۱ تا ۳ ارائه شده‌اند. تصویر طرح‌واره (شماتیک) خیابان فرجام، سمیه و طالقانی نیز بر اساس وضع موجود در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. احجام وارد شده به خیابان فرجام در نرم‌افزار بر اساس وضع موجود

تقاطع آیت – فرجام					تقاطع هنگام – فرجام					تقاطع نیروی دریایی – فرجام				
	W	E	S	N*		W	E	S	N		W*	E	S	N*
N	–	–	–	–	N	–	–	–	–	N	–	–	–	–
S	۱۹۲	۱۳۸		۳۰	S*	–	۳۴۲	–	۱۹۱۷	S	–	–	–	۱۶۹۳
E	۱۵۵۵	–	–	۲۰	E*	۲۹۷	–	–	۳۵۵	E	–	–	–	۲۷۲
W	–	۳۳۴	۱۹۸	–	W*	–	۳۴۲	–	۳۷	W*	–	–	–	–

جدول ۲. احجام وارد شده به خیابان سمیه در نرم‌افزار بر اساس وضع موجود

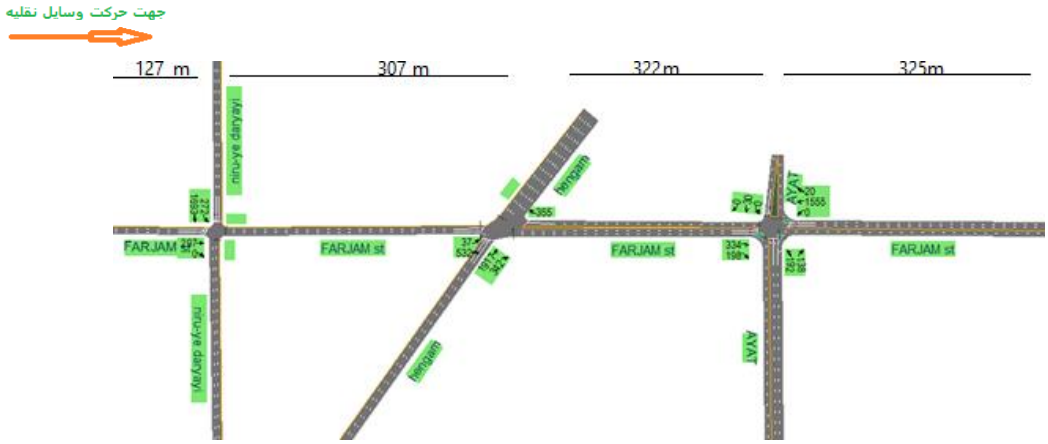
	تقاطع ایرانشهر – سمیه					تقاطع موسوی – سمیه					تقاطع مفتح – سمیه			
	W	E	S	N*		W	E	S	N		W	E	S	N*
N	–	–	–	–	N	–	–		–	N	–	–	–	–
S	–	–	–	۱۴۶۸	S	۶۲۶	–	–	۶۹۲	S*	–	–	–	۴۱۵۲
E*	۱۳۶۵	–	–	–	E*	۱۲۳۹	–	۲۱۴۶	–	E*	۳۳۸۵	–	۸۲۵	–
W	–	–	–	۸۳۴	W	–	-	–	–	W	–	-	–	–

	تقاطع نجات الهی – سمیه					تقاطع قرنی – سمیه				
	W	E	S*	N		W	E	S	N	
N	–	–	۱۹۹	–	N	–	–	–	–	N
S	–	–	–	–	S	–	–	–	۱۹۲۵	S*
E*	۲۵۰۰	–	–	–	E*	۲۵۰۰	–	–	۱۹۹	E*
W	–	–	۴۵۳	–	W	–	–	–	–	W

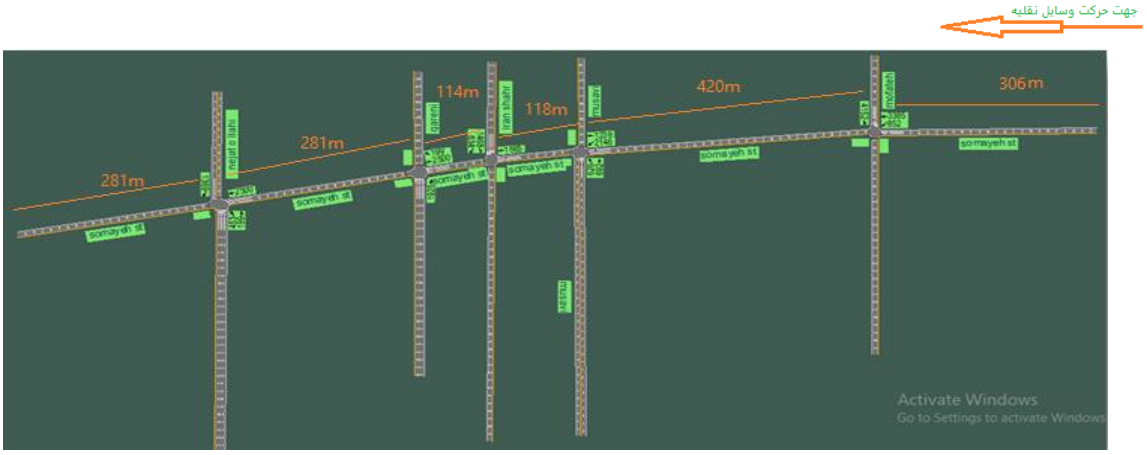
جدول ۳. احجام وارد شده به خیابان طالقانی در نرم‌افزار بر اساس وضع موجود

	تقاطع ایرانشهر– طالقانی					تقاطع قرنی – طالقانی					تقاطع نجات الهی – طالقانی			
	W	E	S	N*		W	E	S	N		W	E	S	N*
N	–	–	–	–	N	–	–	–	–	N	-	–	–	–
S	–	–	–	۲۳۰۲	S	–	۵۰۱	–	۱۶۲۲	S*	–	–	–	۱۲۶۹
E	–	–	–	۳۱۶	E	–	–	–	–	E	–	–	–	۲۹۳
W*	–	۲۸۴۸	–	–	W*	–	۲۳۴۷	–	–	W*	–	۲۰۵۴	–	۵۶

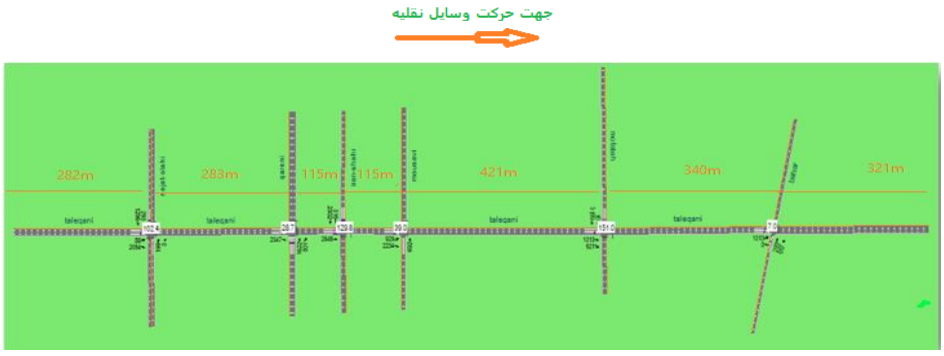
	تقاطع بهار – طالقانی					تقاطع مفتح – طالقانی					تقاطع موسوی – طالقانی			
	W	E	S	N		W	E	S	N*		W	E	S	N
N	–	–	–	–	N	–	–	–	–	N	-	-	-	-
S*	–	۶۶۷	–	۲۸۹	S*	–	–	–	۳۱۹۹	S	-	-	-	۶۲۹
E	–	–	–	–	E	–	–	–	۱۶	E	-	-	-	-
W*	–	۱۳۱۳	–	–	W*	–	۱۳۱۳	۹۲۱	–	W*	-	۲۲۳۴	-	۹۲۹



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۱. تصویر طرح‌واره (شماتیک) (الف) خیابان فرجام، (ب) خیابان سمیه و (ج) خیابان طالقانی بر اساس وضع موجود

شبکه درون‌شهری فرجام در محدوده‌ی خیابان نیروی دریایی تا تقاطع آیت مورد مطالعه قرار گرفته است که دارای دو تقاطع با چراغ راهنمایی و رانندگی (تقاطعات آیت – فرجام و نیروی دریایی فرجام) و یک تقاطع پررفت‌وآمد با حجم ترافیک بالا (تقاطع فرجام – هنگام) اما فاقد چراغ راهنمایی و رانندگی می‌باشد. موقعیت ارتباطی این شبکه به لحاظ فراهم نمودن دسترسی به مناطق مختلف شهر از ویژگی‌های این محدوده مطالعاتی می‌باشد. لازم به ذکر است که سهم خیابان‌های فرعی و کوچه‌ها در تولید آلاینده‌های هوا و تأثیرگذاری در جریان ترافیک در مقایسه با خیابان‌های اصلی چندان قابل‌توجه

نمی‌باشد. شبکه درون‌شهری سمیه در محدوده‌ی خیابان مفتح تا خیابان نجات الهی بررسی شده است و دارای پنج تقاطع هم‌سطح می‌باشد. در این محدوده همه‌ی تقاطعات دارای چراغ راهنمایی و رانندگی می‌باشند. شایان‌ذکر است که خیابان سمیه یک خیابان کاملاً یک‌طرفه است شبکه درون‌شهری طالقانی در محدوده‌ی خیابان نجات الهی تا خیابان بهار مورد مطالعه قرار گرفته است که دارای شش تقاطع هم‌سطح بوده و همه‌ی تقاطعات دارای چراغ راهنمایی و رانندگی می‌باشند.

۴. تحلیل داده‌ها

۴-۱ بررسی آلودگی هوا

میزان تأخیر، تعداد توقف، مصرف سوخت و طول صف برای سه تقاطع خیابان فرجام شامل تقاطع نیروی دریایی – فرجام، هنگام –فرجام و آیت – فرجام در حالات مختلف چراغ در جدول ۴ ارائه شده است. جدول ۵ میزان انتشار آلاینده‌های CO، NOx و VOC را برای سه تقاطع خیابان فرجام در حالات مختلف چراغ نشان می‌دهد. برای تقاطعات خیابان‌های سمیه و طالقانی نیز جداولی مشابه با جداول ۴ و ۵ به دست آمده است که برای رعایت اختصار از آوردن آن‌ها در اینجا خودداری شده است.

از طرفی می‌توان تعداد توقف، مصرف سوخت و میزان آلاینده‌های رویکردهای مختلف یک تقاطع در هر حالت چراغ راهنمایی جمع کرد تا تعداد کل توقف، میزان کل سوخت مصرفی و میزان کل آلاینده‌های آن تقاطع را برای هر حالت چراغ راهنمایی به دست آورد. همچنین با میانگین‌گیری از تأخیر در رویکردهای مختلف برای هر تقاطع، میانگین تأخیر برای هر تقاطع در هر حالت چراغ راهنمایی به دست می‌آید. به همین ترتیب با در نظر گرفتن تمام تقاطعات یک خیابان می‌توان تعداد کل توقف، کل سوخت مصرفی، میزان کل آلاینده‌ها و میانگین تأخیر در کل شبکه یک خیابان را برای هر حالت چراغ راهنمایی به دست آورد. بر این اساس تعداد کل توقف در خیابان‌های فرجام، سمیه و طالقانی برای دو حالت چرخه ثابت و چرخه موج سبز چراغ راهنمایی در شکل ۲، کل سوخت مصرفی در شکل ۳، میانگین تأخیر در شکل ۴ و میزان کل آلاینده‌ها در شکل ۵ ترسیم شده‌اند تا بتوان به شکل بهتری تأثیر حالات مختلف چراغ راهنمایی را ارزیابی نمود.

با توجه به شکل ۲، تغییر حالت چراغ راهنمایی از چرخه ثابت به چرخه موج سبز منجر به کاهش تعداد توقف‌ها در هر سه شبکه خیابانی فرجام، سمیه و طالقانی می‌شود. میزان کاهش در خیابان فرجام ۲۳ درصد، در خیابان سمیه ۱۳ درصد و در خیابان طالقانی ۱۶ درصد است. میانگین تأخیر (شکل ۳) با تغییر حالت چراغ راهنمایی به چرخه موج سبز در خیابان فرجام ۳ درصد کاهش و در خیابان سمیه ۵ درصد کاهش می‌یابد، اما در خیابان طالقانی منجر به افزایش حدود ۱ درصدی میانگین تأخیر می‌شود. همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است میزان مصرف سوخت در هر سه شبکه خیابان در حالت چرخه سبز کمتر از حالت چرخه ثابت چراغ است. این میزان کاهش برای خیابان‌های فرجام، سمیه و طالقانی به ترتیب ۱۵، ۲ و ۶ درصد می‌باشد.

به‌علاوه با استفاده از چرخه موج سبز کاهش قابل‌توجهی در میزان آلاینده‌های CO، NOx و VOC در هر سه خیابان فرجام، سمیه و طالقانی مشاهده می‌شود. با توجه به شکل ۵، میزان کل آلاینده‌های CO، NOx و VOC در خیابان فرجام به ترتیب ۱۵، ۱۴ و ۱۱ درصد کاهش می‌یابد، در خیابان سمیه هر سه آلاینده حدود ۲ درصد کاهش پیدا می‌کند و در خیابان طالقانی به ترتیب ۶، ۱۰ و ۶ درصد کاهش می‌یابد.

جدول ۴. میزان تأخیر، توقف و مصرف سوخت برای تقاطعات خیابان فرجام در حالات مختلف چراغ راهنمایی

تقاطع	حالت چراغ	رویکرد	تأخیر (s)	تعداد توقف (vph)	مصرف سوخت (L)	طول صف (m)
نیروی دریایی–فرجام	چرخه ثابت	شرقی–غربی	۲۰/۶	۲۲۱	۱۳	۱۹

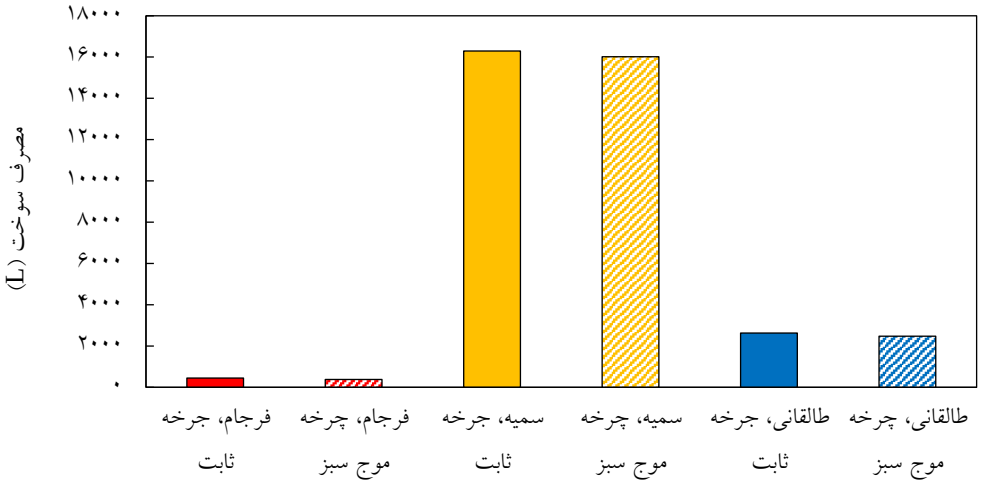
تقاطع	حالت چراغ	رویکرد	تأخیر (s)	تعداد توقف (vph)	مصرف سوخت (L)	طول صف (m)
	چرخه ثابت	شمالی جنوبی	۱۷/۶	۱۳۳۳	۸۵	۱۷۸
	چرخه موج سبز	شرقی-غربی	۳۲/۲	۲۶۳	۱۷	۲۴
	چرخه موج سبز	شمالی جنوبی	۶/۸	۸۸۸	۶۳	۱۰۷
هنگام-فرجام	بدون چراغ	غربی-شرقی	۰	۰	۱۷	۰
	بدون چراغ	جنوبی-شمالی	۰	۰	۶۳	۰
	بدون چراغ	شرقی-شمالی	۰	۰	۱۱	۰
	چرخه ثابت	غربی-شرقی	۴۳	۵۲۴	۴۰	۶۹
	چرخه ثابت	جنوبی-شمالی	۲۶	۱۶۳۲	۱۴۸	۲۲۸
	چرخه ثابت	شرقی-شمالی	۲۴	۲۷۹	۲۴	۳۸
	چرخه موج سبز	غربی-شرقی	۲۹	۲۹۸	۳۳	۳۳/۵
	چرخه موج سبز	جنوبی-شمالی	۲۰	۱۴۷۹	۱۳۴	۱۹۵
	چرخه موج سبز	شرقی-شمالی	۲۶	۴۰۰	۲۷	۴۲/۵
فرجام-آیت	چرخه ثابت	شرقی-غربی	۲۱/۶	۱۲۲۷	۱۰۱	۱۳۸
	چرخه ثابت	غربی-شرقی	۹/۱	۱۷۱	۲۳	۲۳
	چرخه ثابت	شمالی-جنوبی	۱۴/۳	۲۲	۱	۴
	چرخه ثابت	جنوبی-شمالی	۲۰	۱۵۶	۱۴	۲۶
	چرخه موج سبز	شرقی-غربی	۱/۵	۳۶	۱۷	۴
	چرخه موج سبز	غربی-شرقی	۶/۴	۶۹۴	۷۱	۸۰
	چرخه موج سبز	شمالی-جنوبی	۲۷/۳	۲۷	۱	۶
	چرخه موج سبز	جنوبی-شمالی	۴۱/۴	۱۹۴	۱۸	۳۸

جدول ۵. میزان انتشار آلاینده‌های هوا برای تقاطعات خیابان فرجام در حالات مختلف چراغ راهنمایی

تقاطع	حالت چراغ	رویکرد	انتشار CO (g/hr)	انتشار NOx (g/hr)	انتشار VOC (g/hr)
نیروی دریایی-فرجام	چرخه ثابت	شرقی-غربی	۲۴۶	۴۷	۵۷
	چرخه ثابت	شمالی جنوبی	۱۵۸۸	۳۰۶	۳۶۷
	چرخه موج سبز	شرقی-غربی	۳۱۳	۶۰	۷۲
	چرخه موج سبز	شمالی جنوبی	۱۱۶۷	۲۲۵	۲۷۰
هنگام-فرجام	بدون چراغ	غربی-شرقی	۳۱۰	۶۰	۷۰
	بدون چراغ	جنوبی-شمالی	۱۱۷۰	۲۲۰	۲۷۰
	بدون چراغ	شرقی-شمالی	۲۰۰	۴۰	۵۰
	چرخه ثابت	غربی-شرقی	۷۵۰	۱۵۰	۱۷۰
	چرخه ثابت	جنوبی-شمالی	۲۷۴۰	۵۳۰	۶۳۰
	چرخه ثابت	شرقی-شمالی	۴۴۰	۸۰	۱۰

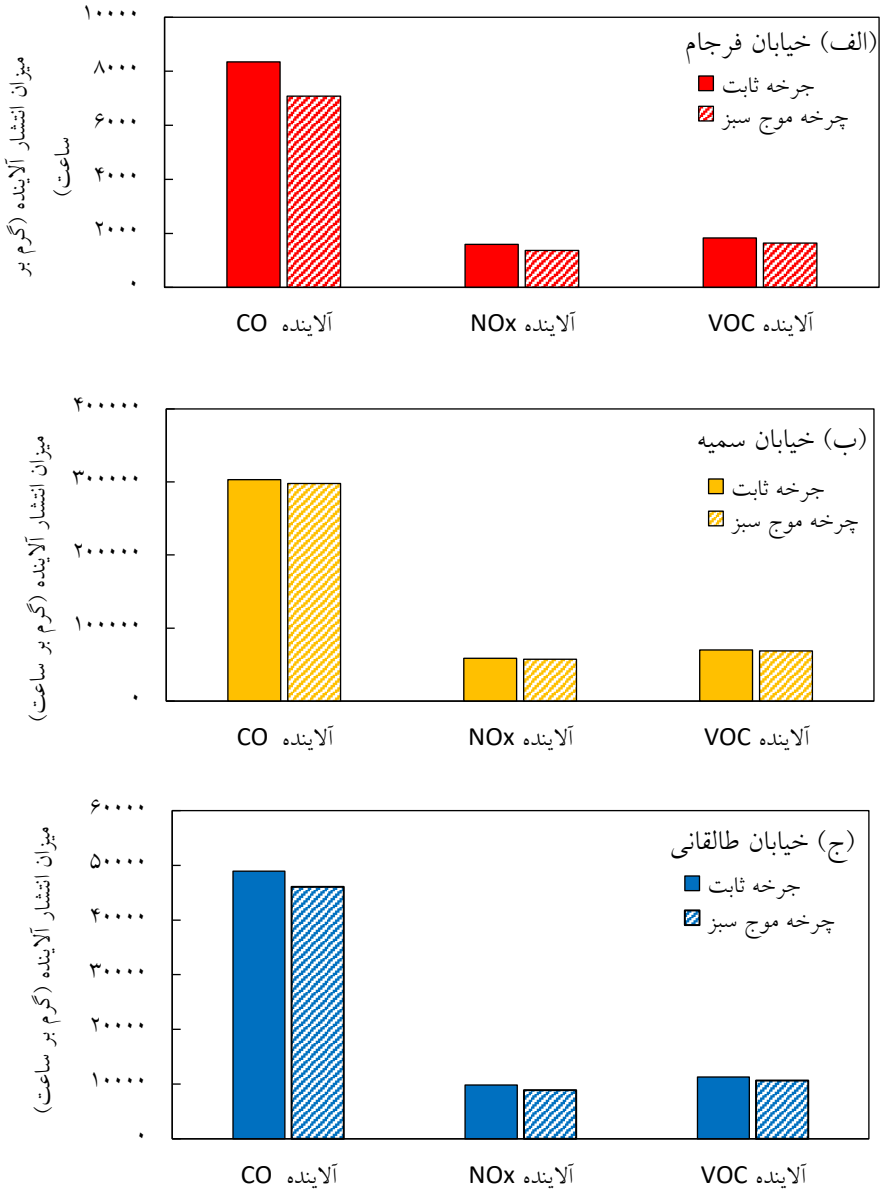
تقاطع	حالت چراغ	رویکرد	انتشار CO (g/hr)	انتشار NOx (g/hr)	انتشار VOC (g/hr)
	چرخه موج سبز	غربی–شرقی	۶۰۰	۱۱۵	۱۳۸
	چرخه موج سبز	جنوبی–شمالی	۲۴۹۲	۴۸۱	۵۷۵
	چرخه موج سبز	شرقی–شمالی	۵۰۰	۹۷	۱۱۵
فرجام–آیت	چرخه ثابت	شرقی–غربی	۱۸۸۵	۳۶۴	۴۳۵
	چرخه ثابت	غربی–شرقی	۴۱۴	۶۲	۹۶
	چرخه ثابت	شمالی–جنوبی	۱۵	۳	۳
	چرخه ثابت	جنوبی–شمالی	۲۶۹	۵۲	۶۲
	چرخه موج سبز	شرقی–غربی	۳۲۵	۶۳	۷۴
	چرخه موج سبز	غربی–شرقی	۱۳۲۵	۲۵۶	۳۰۶
	چرخه موج سبز	شمالی–جنوبی	۲۱	۴	۵
	چرخه موج سبز	جنوبی–شمالی	۳۴۰	۶۵	۷۹

شکل ۲. تعداد کل توقف در خیابان‌های فرجام، سمیه و طالقانی برای حالت چرخه ثابت و حالت چرخه موج سبز چراغ راهنمایی



شکل ۳. میزان سوخت مصرفی کل در خیابان‌های فرجام، سمیه و طالقانی برای حالت چرخه ثابت و حالت چرخه موج سبز چراغ راهنمایی

شکل ۴. میانگین تأخیر در خیابان‌های فرجام، سمیه و طالقانی برای حالت چرخه ثابت و حالت چرخه موج سبز چراغ راهنمایی



شکل ۵. میزان کل آلاینده‌های CO، NOx و VOC در خیابان‌های (الف) فرجام، (ب) سمیه و (ج) طالقانی برای حالت چرخه ثابت و حالت چرخه موج سبز چراغ راهنمایی

۴-۲ بررسی آلودگی صوتی

آلودگی صوتی با استفاده از نرم‌افزار LowVolumeTool در حالت چرخه ثابت و در حالت چرخه موج سبز و بر اساس پارامترهای سرعت و احجام ساعتی به دست آمده است. همچنین برای به دست آوردن آلودگی صوتی از سرعت متوسط وسایل نقلیه استفاده شده است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی آلودگی صوتی در دو حالت چراغ چرخه ثابت و چرخه موج سبز برای خیابان فرجام، سمیه و طالقانی در جدول (۶) تا (۸)، ارائه شده‌اند. با توجه به این جداول، آلودگی صوتی خیابان فرجام در حالت چرخه سبز نسبت به چرخه ثابت افزایش یافته است. با توجه به حدود مجاز صدا در هوای آزاد ایران، در تقاطع نیروی دریایی – فرجام در رویکرد شمالی – جنوبی در هر دو حالت چرخه چراغ راهنمایی ثابت و موج سبز دارای آلودگی صوتی می‌باشد. در تقاطع فرجام – هنگام در رویکردهای شرقی- غربی و جنوبی – شمالی نیز دارای آلودگی صوتی می‌باشد. این رخداد در تقاطع فرجام – آیت در رویکردهای شرقی – غربی و غربی – شرقی نیز قابل مشاهده است. آلودگی صوتی در خیابان سمیه در تغییر رفتار چراغ از حالت ثابت به حالت چرخه سبز تغییر محسوسی نداشته است، اما با توجه به استانداردهای موجود می‌توان دریافت که تمام تقاطعات آن در ساعت اوج ترافیک دارای آلودگی صوتی می‌باشند. در خیابان طالقانی هم با تغییر حالت چراغ از حالت چرخه ثابت به حالت چرخه سبز تغییر چشمگیری در آلودگی صوتی مشاهده نمی‌شود و به‌جز در رویکرد جنوبی- شمالی در تمامی رویکردها آلودگی صوتی وجود دارد. باید توجه داشت که در حال حاضر به دلیل این‌که تقاطعی در حالت چرخه سبز موجود نمی‌باشد امکان اعتبارسنجی نتایج وجود ندارد.

۵. نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

در این پژوهش تأثیر تغییر حالت چراغ راهنمایی از حالت چرخه ثابت به حالت چرخه موج سبز بر آلودگی صوتی و آلودگی هوای در محدوده خیابان‌های فرجام، سمیه و طالقانی با استفاده از نرم‌افزارهای LowVolumeTool و Synhcro شبیه‌سازی شد. نتایج پژوهش حاضر را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه نمود:

- در خیابان فرجام و تقاطعات آن با تغییر زمان‌بندی ثابت چراغ‌های راهنمایی و رانندگی به زمان‌بندی چرخه موج سبز، جریان ترافیک روان‌تر شده و میانگین تأخیر در کل شبکه ۳ درصد کاهش و تعداد توقف‌ها در کل شبکه ۲۳ درصد کاهش و مصرف سوخت کل شبکه ۱۵درصد کاهش داشته است. همچنین، میانگین انتشار آلاینده‌ی CO، NOx و VOC در کل شبکه به ترتیب ۱۵، ۱۴ و ۱۱ درصد کاهش یافته است. درنتیجه استفاده از چرخه موج سبز در محدوده خیابان فرجام توجیه‌پذیر است.

جدول ۶. خروجی آلودگی صوتی خیابان فرجام در حالت چرخه چراغ ثابت و چرخه چراغ موج سبز (دسی‌بل)

حالت	تقاطع	رویکرد شرقی- غربی	رویکرد جنوبی- شمالی	رویکرد شمالی-جنوبی	رویکرد غربی- شمالی	رویکرد غربی- شرقی
چرخه ثابت	فرجام – نیروی دریایی	۵۷/۲	–	۶۵/۴	–	–
	فرجام – هنگام	۶۰	۶۶	–	۵۸	–
	فرجام – آیت	۶۵/۷	۵۷/۷	۴۷/۳	–	۶۴/۴
چرخه موج سبز	فرجام – نیروی دریایی	۵۷/۲	–	۶۵/۴	–	–
	فرجام – هنگام	۶۰	۷۰/۲	–	۵۸	–
	فرجام – آیت	۶۸/۸	۵۷/۷	۴۷/۳	–	۷۰/۴

جدول ۷. خروجی آلودگی صوتی خیابان سمیه در دو حالت چرخه چراغ ثابت و چرخه چراغ موج سبز (دسی‌بل)

حالت	تقاطع	رویکرد شرقی-غربی	رویکرد جنوبی-شمالی	رویکرد شمالی-جنوبی	رویکرد شمالی-غربی
چرخه ثابت و موج سبز	سمیه – مفتح	۶۸/۸	–	۶۸/۷	–
	سمیه – موسوی	۶۷/۸	۶۳/۷	–	–
	سمیه – ایرانشهر	۶۵/۲	–	۶۶/۱	–
	سمیه – قرنی	۶۶/۸	۶۵/۳	–	–
	سمیه – نجات الهی	۶۶/۵	۶۰/۶	–	۶۳/۹

جدول ۸. خروجی آلودگی صوتی خیابان طالقانی در حالت چرخه چراغ ثابت و چرخه چراغ موج سبز (دسی‌بل)

حالت	تقاطع	رویکرد غربی- شرقی	رویکرد جنوبی- شمالی	رویکرد شمالی-جنوبی
چرخه ثابت	طالقانی – نجات الهی	۶۵/۷	۵۵/۵	۶۴/۵
	طالقانی – قرنی	۶۶/۲	۶۵/۸	–
	طالقانی – ایرانشهر	۶۷	–	۶۶/۷
	طالقانی – موسوی	۶۷/۵	۶۰/۹	–
	طالقانی – مفتح	۶۶	–	۶۷/۶
	طالقانی – بهار	۶۹/۷	۶۹/۷	–
چرخه موج سبز	طالقانی – نجات الهی	۶۵/۷	۵۵/۵	۶۴/۵
	طالقانی – قرنی	۶۶/۲	۶۵/۸	–
	طالقانی – ایرانشهر	۶۷	–	۶۶/۷
	طالقانی – موسوی	۶۷/۵	۶۰/۹	–
	طالقانی – مفتح	۶۶	–	۶۷/۶
	طالقانی – بهار	۷۱/۲	۶۳/۷	–

- در خیابان سمیه و تقاطعات آن با تغییر زمان‌بندی ثابت چراغ‌های راهنمایی و رانندگی به زمان‌بندی چرخه موج سبز، جریان ترافیک روان‌تر شده و میانگین تأخیر در کل شبکه تقریباً ۵ درصد کاهش و تعداد توقف‌ها در کل شبکه ۱۲ درصد کاهش و مصرف سوخت کل شبکه ۲درصد کاهش داشته است. به‌علاوه، میانگین انتشار آلاینده‌ی CO، NOx و VOC در کل شبکه حدود ۲ درصد کاهش یافته است. درنتیجه استفاده از چرخه موج سبز در محدوده خیابان سمیه نیز توجیه‌پذیر است.
- در خیابان طالقانی با تغییر زمان‌بندی ثابت چراغ‌های راهنمایی و رانندگی به زمان‌بندی چرخه موج سبز جریان میانگین تأخیر در کل شبکه تقریباً ۲ درصد افزایش یافته است. تعداد توقف‌ها در کل شبکه ۱۶ درصد کاهش و مصرف سوخت کل شبکه ۶ درصد کاهش داشته است. به‌علاوه، میانگین انتشار آلاینده‌ی CO، NOx و VOC در کل شبکه به ترتیب ۶، ۱۰ و ۶ درصد کاهش یافته است. پس استفاده از چرخه موج سبز در محدوده خیابان طالقانی نیز توجیه‌پذیر است.
- آلودگی صوتی در حالت موج سبز چراغ بیشتر از حالت چرخه ثابت است. علت این امر می‌تواند به دلیل بیشتر بودن متوسط سرعت در حالت موج سبز نسبت به حالت چرخه ثابت چراغ راهنمایی باشد. این پژوهش نشان می دهد که

صرفا با تغییر از چرخه ثابت به چرخه موج سبز اثر مثبتی بر آلودگی صوتی تقاطع‌ها ایجاد نمی گردد و طراحان و برنامه ریزان حمل و نقل شهری بایستی عوامل مهم دیگر مانند احداث روسازی‌های بدون صدا را در معابر شهری مورد توجه ویژه قرار دهند.

۶. مراجع

– اسکندری، ر.، رصافی، ا. ع. و بهنود، ح. ر. (۱۳۹۹) "مدلسازی آلودگی صوتی در یک تقاطع شهری (نمونه موردی: شهر قزوین)"، مجله مهندسی عمران مدرس، دوره ۲۰، شماره ۳، ص. ۶۹-۷۸.

– تکیه خواه، ج. و کاتورانی، ش. (۱۳۹۸) "ارزیابی آلودگی صوتی ناشی از ترافیک شهری و تأثیر آن برسطح اضطراب شهروندان شهر سنندج"، فصلنامه مطالعات شهری، ، دوره ۸ شماره ۳۲، ص. ۱۱۷-۱۲۷.

– حاجی حسینلو، م. و قائمی، س. ع. (۱۳۹۳) "ارزیابی تاثیر وسایل نقلیه سنگین بر جریان ترافیک و میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از آن در شبکه‌های درون شهری با استفاده از شبیه‌سازی ترافیکی"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۵، شماره ۴، ص. ۴۷۱-۴۸۴.

– خاکی، ع. م.، ذوقی، ح. و جعفری حقیقت پور، پ. (۱۳۹۳) "بررسی تاثیر هماهنگ سازی چراغ های ترافیکی در کاهش انتشار آلاینده ها تحت سناریو های مختلف"، هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران.

– رحیمی، ا. م. و طاهری، س. (۱۳۹۷) "بررسی اثرات هماهنگ سازی زمانبندی تقاطع‌های چراغدار به روش عرض باند عبوری (مطالعه موردی: شهر قزوین)"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱۰ ، شماره ۲، ص. ۲۱۳-۲۳۱.

– فروهید، ا. ا. و ایلکاه، م. (۱۴۰۰) "آلودگی صوتی و تحلیل رگرسیونی تراز صدا در حمل و نقل ریلی (مطالعه موردی: شهر تهران)"، فصلنامه جاده، دوره ۲۹، شماره ۱۰۹، ص. ۶۹-۸۰.

– Atash, F. (2007) “The deterioration of urban environments in developing countries: Mitigating the air pollution crisis in Tehran, Iran”, Cities, Vol. 24, No. 6, pp. 399-409.

– Bloder, E. and Jäger, G. (2021) “Is the green wave really green? The risks of rebound effects when implementing green policies”, Sustainability, Vol. 13, No. 10, p. 5411.

– Boulter, P. G. (2001) “The impacts of traffic calming measures on vehicle exhaust emmissions”, Doctoral dissertation, Middlesex University.

– De Coensel, B., Can, A., Degraeuwe, B., De Vlieger, I. and Botteldooren, D. (2012) “Effects of traffic signal coordination on noise and air pollutant emissions”, Environmental Modelling & Software, Vol. 35, pp. 74-83.

– Gardziejczyk, W. and Motylewicz, M. (2016) “Noise level in the vicinity of signalized roundabouts”, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 46, pp. 128-144.

– Goryaev, N., Myachkov, K. and Larin, O. (2018) “Optimization of green wave mode to ensure priority of fixed-route public transport”, Transportation research procedia, Vol. 36, pp. 231-236.

– Ji, L. and Cheng, W. (2022) “Method of Bidirectional Green Wave Coordinated Control for Arterials under Asymmetric Release Mode”, Electronics, Vol. 11, No. 18, p. 2846.

– Liu, X. Y., Ding, Z., Borst, S. and Walid, A. (2018) “Deep reinforcement learning for

intelligent transportation systems", arXiv preprint arXiv:1812.00979.

– Lu, K., Xu, J. and Ye, R. (2010) "Improvement of classical algebraic method of signal timing for arterial road coordinate control", Journal of Highway and Transportation Research and Development (English Edition), Vol. 4, No. 2, pp. 80-85.

– Lv, J. and Zhang, Y. (2012) "Effect of signal coordination on traffic emission", Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 17, No. 2, pp. 149-153.

– Özgür, K., Genç, O. Ç. and Başçiftçi, F. (2021) "Speed Compatible Green Wave Corridor with The Internet of Things", Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Vol. 28, pp. 411-416.

– Panis, L. I., Broekx, S. and Liu, R. (2006) "Modelling instantaneous traffic emission and the influence of traffic speed limits", Science of the total environment, Vol. 371, No 1-3, pp. 270-285.

– Peng, X. and Wang, H. (2022) "Coordinated control model for arterials with asymmetric traffic", Journal of Intelligent Transportation Systems, pp. 1-17.

– Stephenson, R. and Vulkan, G. (1968) "Traffic noise", Journal of sound and vibration, Vol. 7, No. 2, pp. 247-262.

– Wen, S., Li, X., Xu, X. and Wang, L. (2022) "The scheme design of coordination control for urban arterial road", the Sixth International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation, Vol. 12081, pp. 420-426.

– Wu, X., Deng, S., Du, X. and Ma, J. (2014) "Green-wave traffic theory optimization and analysis", World Journal of Engineering and Technology, Vol. 2, No. 3, pp. 14-19.

– Yue, R., Yang, G., Zheng, Y., Tian, Y. and Tian, Z. (2022) "Effects of traffic signal coordination on the safety performance of urban arterials", Computational Urban Science, Vol. 2, No. 1, pp. 1-13.

– Zhang, R., Zheng, S. and Li, W. (2022) "Behavior decision model with situation assessment for intelligent vehicles based on vehicle-to-everything information", Transportation research record, Vol. 2676, No. 11, pp. 508-519.

محمدحسین بیگلرمزلقانی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران-عمران را در سال ۱۳۹۶ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن و پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران-راه و ترابری را در سال ۱۴۰۰ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند دفاع نمود. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان سیستم‌های حمل‌ونقل، بهینه سازی ترافیک، شبیه سازی ترافیک و همچنین تحلیل آلودگی هوا در اثر ترافیک است.

مهدی یزدان‌پناه، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران در سال ۱۳۸۸ از دانشگاه ولیعصر (عج) رفسنجان و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران گرایش راه و ترابری در سال ۱۳۹۰ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب اخذ نمود. در سال ۱۳۹۵ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران گرایش راه و ترابری از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان مدل‌سازی رفتاری در حمل و نقل، تحلیل تقاضای حمل و نقل، مدل‌سازی تصادفات ترافیکی و شبیه‌سازی در حمل و نقل بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه دولتی گرمسار است.

علی دهقان بنادکی، درجه کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی عمران از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز در سال های ۱۳۸۰ و۱۳۸۲ اخذ نمود. در سال ۱۳۹۱ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران گرایش ژئوتکنیک از دانشگاه صنعتی مالزی گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان کاربرد هوش مصنوعی و بهینه سازی در مهندسی ژئوتکنیک بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند است.