فصلنامه مهندسی ترافیک، سال بیست و چهارم، شماره ۹۸، پاییز ۱۴۰۳، ص. ۵۴-۴۷

بررسی و مقایسه پارامترهای آلودگی در تقاطع چراغ‌دار و تقاطع نامتعارف پاپیونی هم‌سطح

احمد حوت، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه یزد، یزد، ایران

مهدی فلاح تفتی، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه یزد، یزد، ایران

E-mail: fallah.tafti@yazd.ac.ir

چکیده

تقاطعات چراغ‌دار در شهرها نقش مهمی در آلودگی هوای محیط اطراف خود دارند وقتی خودروها در تقاطعات چراغ‌دار متوقف می شوند و موتورهای آن‌ها بدون حرکت کار می‌کنند، این امر می‌تواند منجر به تجمع آلودگی هوای بالا شود. یکی از عوامل مؤثر در میزان این آلودگی، الگوی طرح هندسی و سیستم کنترل ترافیک در محدوده تقاطع است. در این مقاله، اطلاعات ترافیکی یکی از تقاطع‌های چراغ‌دار چهار فازه شهر زاهدان در ساعات شلوغ جمع‌آوری‌شده و سپس پارامتر آلودگی با مدل‌سازی در نرم‌افزار ایمسان، با سناریوهای مختلفی از کارکرد تقاطع نامتعارف پاپیونی هم‌سطح مورد مقایسه قرار گرفت. سناریوهای موردبررسی شامل تعداد میدان‌های در نظر گرفته‌شده در شاخه‌های مختلف تقاطع در دو فاصله ۱۲۰ و ۱۸۰ متری از تقاطع اصلی بودند. برای کالیبراسیون و اعتبارسنجی این تقاطع در وضع موجود، از شاخص میانگین طول صف استفاده شد و از آزمون‌های میانگین خطای مطلق، ریشه میانگین مربعات خطا، نابرابری تایل و جفری‌ای هورز جهت برآورد میزان درصد خطای مدل‌های وضع موجود استفاده شد. نتایج حاصله نشان داد که میزان آلودگی‌های ناشی از گازهای دی‌اکسید کربن (CO_2)، اکسید ازت (NO_x)، ذرات معلق (PM) و ترکیبات آلی فرار (VOC) برای طرح تقاطع نامتعارف پاپیونی هم‌سطح پیشنهادی در تقاطع چراغ‌دار جانبازان- بهداشت تحت شرایط ترافیکی محدوده ظرفیت آن در همه موارد نتایج مناسبی را حاصل نموده و باعث کاهش این آلودگی‌ها به میزان ۵/۴ تا ۳۹/۸ درصد نسبت به حالت تقاطع متعارف چراغ‌دار وضع موجود جانبازان- بهداشت شده است. این نتایج، اهمیت در نظر گرفتن شاخص آلودگی هوا در تعیین الگوی مناسب برای تقاطع‌های شهری و به‌ویژه عملکرد مناسب تقاطع نامتعارف پاپیونی هم‌سطح در این رابطه را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، تقاطع‌های چراغ‌دار، تقاطع‌های نامتعارف، تقاطع نامتعارف پاپیونی هم‌سطح، نرم‌افزار ایمسان

۱. مقدمه

آلودگی هوا یک چالش جهانی است که سالانه باعث مرگ زودرس میلیون‌ها نفر می‌شود. این نه‌تنها به کشورهای درحال‌توسعه، بلکه به کشورهای توسعه‌یافته نیز محدود می‌شود و شهرها به‌ویژه در تلاش برای برآورده کردن مقادیر حدی کیفیت هوا برای محافظت از سلامت انسان هستند. درمجموع قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا اغلب به‌طور نامتناسبی تحت تأثیر زمان نسبتاً کوتاهی است که برای رفت‌وآمد یا در مجاورت ترافیک صرف می‌شود. آلودگی در تقاطعات چراغ‌دار یک مسئله مهم و پیچیده‌ای است که در حوزه مهندسی ترافیک و حمل‌ونقل موردبررسی قرار می‌گیرد. آلودگی هوا ناشی از ترافیک، به دلیل تولید گازهای آلاینده مانند اکسیدهای نیتروژن (NOx)، ذرات معلق (PM^1)و دی‌اکسید کربن (CO_2) است. واقعیت این است که در تقاطعاتی که خیابان‌ها و جاده‌ها به یکدیگر متصل می‌شوند و تردد خیلی زیادی دارند، آلودگی هوا می‌تواند به‌شدت افزایش یابد. به‌عنوان یک فاکتور اساسی، خودروها به تولید آلودگی هوا می‌افزایند. وقتی خودروها در تقاطعات چراغ‌دار متوقف می‌شوند و موتورهای آن‌ها بدون حرکت کار می‌کنند، این امر می‌تواند منجر به تجمع آلودگی هوای بالا شود. عوامل دیگری از قبیل ازدحام ترافیک و تولید گرما و ذرات حاصله از ترمز خودروها نیز به افزایش آلودگی هوا در این مناطق کمک می‌کنند. راهکارهایی که معمولاً برای کاهش آلودگی هوا در تقاطعات چراغ‌دار پیشنهادشده‌اند به شرح ذیل می‌باشند:

– افزایش استفاده از حمل‌ونقل همگانی و دوچرخه‌سواری

– استفاده از خودروهای الکتریکی یا هیبرید

– بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و رانندگی

– نصب فیلترهای ذرات جامد در خودروها

– تشویق به کاربرد فناوری‌های کم آلاینده در خودروها

همچنین، سیستم‌های ترافیک هوشمند و استفاده از فناوری‌های مدرن می‌تواند به بهبود شرایط ترافیک و کاهش آلودگی هوا در تقاطعات چراغ‌دار کمک کند. راهکاری که در این مقاله برای کاهش آلودگی در نظر گرفته شده است، استفاده از تقاطعات نامتعارف از نوع تقاطع نامتعارف پاپیونی هم‌سطح است. در این نوع تقاطع نامتعارف از دو تا چهار میدان در فاصله‌ای از مسیرهای منتهی به تقاطع استفاده می‌شود و در آن گردش‌به‌چپ مستقیم در محل تقاطع حذف می‌شود و وسایل نقلیه گردش‌به‌چپ کننده بسته به موقعیت میدان‌های تعبیه‌شده در نزدیکی تقاطع حرکت گردشی موردنظر خود را انجام می‌دهند. هدف از این مقاله بررسی و مقایسه پارامتر آلودگی هوا در تقاطع چراغ‌دار پیش زمان‌بندی‌شده ٤ فازه جانبازان– بهداشت واقع در شهر زاهدان با تقاطع نامتعارف پاپیونی هم‌سطح پیشنهادی است که هر دو در نرم‌افزار ایمسان شبیه‌سازی‌شده و مورد مقایسه قرارگرفته‌اند.

۲. ادبیات پژوهش

الوبیدی و همکاران (۲۰۲۰)[۲] به بررسی ارزیابی تأثیر منفی تراکم ترافیک بر آلودگی هوا در تقاطع‌های چراغ‌دار در شهر بغداد پرداختند. آن‌ها اظهار داشتند که در حال حاضر تراکم ترافیک به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین عوامل ایجاد مشکل آلودگی هوا است. بخش عمده‌ای از این آلودگی ناشی از انتشار گازهای ناشی از وسایل نقلیه است. تقاطع‌ها با توجه به آلودگی بالای هوا که ناشی از کندی و توقف وسایل نقلیه در آن است، بخش‌های اصلی ایجاد آلودگی در شبکه معابر را تشکیل می‌دهند؛ بنابراین، احتراق سوخت در تقاطع در مقایسه با سایر بخش‌های شبکه معابر افزایش می‌یابد. آن‌ها داده‌های جریان ترافیک را با فیلم‌برداری از منطقه موردمطالعه به دست آوردند. داده‌های حاصل از این ویدئوها با استفاده از نرم‌افزار سیدرا (SIDRA 8.0)تجزیه‌وتحلیل شد. گازهای ناشی از آلودگی هوا HC، CO، NOXو CO_2 (کیلوگرم در ساعت) بر اساس تأخیر و محاسبهLOS در تقاطع چراغ‌دار برآورد شدند. نتایج این مطالعه، پیشنهاداتی را به مسئولان حمل‌ونقل و بهداشت عمومی ارائه می کند تا با استفاده از روش‌های مختلف مانند مسیریابی

زیست‌محیطی[۳] و زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی زیست‌محیطی[٤]، خطر آلودگی هوا را کاهش دهند.

شرما و همکاران (۲۰۱۹)[۵] مطالعه‌ای در رابطه با انتشار آلاینده‌های هوا و مصرف سوخت در شهر دهلی انجام دادند. در این مطالعه از یازده تقاطع ترافیکی پیش زمان‌بندی‌شده در دهلی (هند) برای تخمین اتلاف سوخت در حالت سکون و انتشار گازهای آلاینده هوا استفاده کردند. آن‌ها پی بردند که اتلاف سوخت در حالت سکون و انتشار گازهای آلاینده هوای مربوطه در ۹۵۰ تقاطع چراغدار که در حال حاضر در شهر دهلی فعال هستند، در حال افزایش هستند. آن‌ها در این مطالعه، آزمایش‌های مصرف سوخت در حالت آهسته با استفاده از تنظیم‌کننده جریان سنج سوخت[٦] بر روی ۳٤۱ وسیله نقلیه آزمایشی از دسته‌های مختلف که ترکیب ترافیک دهلی را نشان می‌دهند، انجام دادند. گازهای ناشی از آلودگی هوا به‌صورت مستقیم (یعنی CO2، CH4 و N2O) و گازهای ناشی از آلودگی هوا به‌صورت غیرمستقیم (یعنی CO، NOx و NMVOC) با استفاده از فاکتورهای انتشار IPCC [۷] که به سوخت مرتبط هستند، برآورد شدند. نتایج حاکی از آن است که روزانه ۹۰۳٦ لیتر بنزین، گازوئیل،LPG [۸] و ٥٤٦۱ کیلوگرمCNG [۹] به دلیل عدم تحرک وسایل نقلیه موتوری در این تقاطع‌ها تلف می‌شود که معادل نزدیک به ٤,٥ میلیون دلار در سال است. انتشار گازهای ناشی از آلودگی هوا (CO2، CH4 و N2O) حدود ۳۷ تن معادل CO2در روز برآورد شد. این مطالعه روشی را نشان می‌دهد که می‌توان از آن برای تخمین تلفات سوخت و گازهای ناشی از آلودگی هوا در تقاطع‌های چراغدار استفاده کرد. درنهایت، با مداخله مسئولان ذی‌ربط، اقدامات کاهشی برای کاهش انتشار گازهای ناشی از آلودگی هوا و انتشار گازهای ناشی از آلودگی هوا مرتبط با این گازها، در این تقاطع‌های چراغدار پیشنهاد شده‌اند.

ژاهو و جیا[۱۰] (۲۰۱۹) در مطالعه‌شان به تخمین و تجزیه‌وتحلیل انتشار گازهای خروجی خودرو در تقاطع‌های چراغدار با استفاده از مدل تعقیب خودرو[۱۱] پرداختند آن‌ها بیان داشتند که یک تقاطع چراغدار، دارای مصرف سوخت و انتشار آلودگی هوای بالا در یک شبکه ترافیکی است؛ بنابراین، بررسی ویژگی‌های آلایندگی خودروها در تقاطع‌های چراغدار به‌منظور کاهش آلایندگی خودروها، ضروری است. در این مطالعه، ترکیبی از یک مدل تعقیب خودرو و مدل انتشار قدرت ویژه خودرو برای تخمین انتشار گازهای آلودگی هوا ناشی از خودروها، ازجمله گازهای CO2، CO، HC و اکسید نیتریک (NOX) در تقاطع‌های چراغدار غیراشباع استفاده کردند. نتایج شبیه‌سازی آن‌ها نشان داد که تحت تأثیر فازبندی چراغ راهنمایی، تغییرات اساسی در مسیر حرکت خودرو باعث افزایش گازهای ناشی از آلودگی CO2، CO، HC و NOX می‌شود. آن‌ها گازهای ناشی از آلودگی CO2، CO، HC و NOX از وسایل نقلیه در تقاطع‌های چراغدار را با در نظر گرفتن زمان‌بندی چراغ، نرخ رسیدن خودرو، تداخل ترافیک و سرعت مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد که افزایش در طول سیکل چراغ، نرخ رسیدن خودرو و دامنه تداخل ترافیک منجر به افزایش آلودگی ناشی از گازهای CO2، CO، HC و NOX به ازای هر خودرو در ورودی‌های تقاطع می‌شود. نتایج نشان داد که سرعت ترافیک در محدوده تقاطع، تأثیر مثبتی بر کاهش گازهای CO2، CO، HC و NOX ناشی از آلودگی وسایل نقلیه در محدوده موردمطالعه داشت. روش پیشنهادی‌ای می‌تواند به‌طور انعطاف‌پذیری برای تجزیه‌وتحلیل انتشار گازهای ناشی از آلودگی وسایل نقلیه در تقاطع‌های چراغدار غیراشباع اعمال شود. نتایج به‌دست‌آمده مرجعی برای کنترل و مدیریت تقاطع‌های چراغدار ارائه می‌کند.

رهوداتی و همکاران[۱۲] (۲۰۱۹) در مقاله‌ای تحت عنوان (تجزیه‌وتحلیل کیفیت هوا بر اساس عملکرد ترافیکی تقاطع‌های چراغدار) به بررسی کیفیت هوا ناشی از آلودگی هوا در دو تقاطع در کشور اندونزی پرداختند. آن‌ها بیان داشتند که بدتر شدن کیفیت اطراف تقاطع، می‌تواند ناشی از آلودگی هوا به دلیل ترافیک در تقاطع باشد؛ بنابراین، عملکرد ترافیک در تقاطع باید

تجزیه‌وتحلیل شود تا سطح آلودگی هوا در آن منطقه قابل‌شناسایی باشد. این تحقیق در دو تقاطع ژلتونگ[۱۳] و تقاطع تالانگ بانجار[۱۴] در شهر اندونزی انجام شد. این تحقیق با هدف تجزیه‌وتحلیل عملکرد تقاطع‌ها در شرایط موجود و گزینه‌های ساماندهی ترافیکی تقاطع با استفاده از نرم‌افزار Vissim انجام شد. تجزیه‌وتحلیل میزان انتشار گاز CO2، کنترل و بهبود کیفیت هوا با استفاده از برنامه EnViVer انجام شد. گزینه‌های ساماندهی ترافیکی تقاطع شامل تغییر در طرح هندسی تقاطع، تنظیم مجدد چراغ‌های راهنمایی و ساخت پل هوایی است. شاخص‌های عملکرد ترافیکی مورداستفاده شامل حجم وسایل نقلیه، طول صف و تأخیر است. نتیجه تحقیق نشان داد که با ساخت پل هوایی، هم عملکرد شبکه‌های تقاطع بهبود می‌یابد و هم بهترین حالت کاهش آلودگی را به همراه دارد که در آن طول صف هر دو تقاطع به‌طور متوسط به میزان ۲۵٫۶۹٪ و تأخیر به میزان ۳۰٫۶۷٪ کاهش می‌یابد. علاوه بر این، مجموع انتشار گاز CO2 از ۳۹۱۶۲۱ گرم در کیلومتر به ۳۰۳٫۹ گرم در کیلومتر کاهش می‌یابد.

از تحقیقات گذشته ملاحظه می‌شود که محققان در گذشته مطالعاتی را برای کاهش آلودگی هوا در تقاطع‌های چراغ‌دار انجام داده‌اند. لکن عملکرد تقاطع نامتعارف چراغ‌دار پاپیونی هم‌سطح در رابطه با آلودگی هوا موردبررسی قرار نگرفته است. نوآوری دیگر تحقیق انجام‌شده این است که علاوه بر بررسی آلاینده‌های PM، NOx، CO2 بر جریان ترافیک از آلاینده VOC[۱۵] که ترکیبات آلی فرار می‌باشند به مقایسه این آلاینده‌ها در تقاطع چراغ‌دار و تقاطع پیشنهادی نامتعارف چراغ‌دار پاپیونی هم‌سطح پرداخته شده است.

۳. روش پژوهش

در این پژوهش، ابتدا داده‌های هندسی، کنترلی و ترافیکی موردنیاز از تقاطع موردبررسی (تقاطع چراغ‌دار جانبازان- بهداشت زاهدان) جمع‌آوری‌شده و سپس این تقاطع در نرم‌افزار ایمسان با طی نمودن فرآیند کالیبراسیون و اعتبار سنجی شبیه‌سازی شده است. سپس از خروجی‌های نرم‌افزار ایمسان، خروجی‌های حاصل از مدلسازی طرح پیشنهادی تقاطع چراغ‌دار پاپیونی هم‌سطح در رابطه با پارامترهای آلودگی هوا در مقایسه با تقاطع چراغ‌دار موجود موردبررسی و مقایسه قرار گرفته است.

۳-۱ جمع‌آوری داده‌های ترافیکی

آمارگیری تردد وسایل نقلیه در روز چهارشنبه ۱۲ / ۳/ ۱۴۰۰ از ساعت ۱۸:۱۵ تا ساعت ۲۰:۱۵ که ترافیک در اوج خود قرار داشت به دست آمده‌اند برای فیلم‌برداری از این تقاطع از ٤ نفر نیروی کمکی و با نصب ۵ تا دوربین بر روی ساختمان کنار تقاطع استفاده شده است که از این بازه ساعتی به‌دست‌آمده یک ساعت آن برای کالیبراسیون مدل تقاطع و داده‌های ساعت دوم برای اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی تقاطع استفاده گردید. در شکل۱ نمایی از این تقاطع مشاهده می‌شود. طول چرخه این تقاطع ۱۲۵ ثانیه و ٤ فازه است.

شکل ۱. تقاطع جانبازان- بهداشت

٤. مدلسازی

وضع موجود تقاطع مدل‌سازی شده در نرم‌افزار ایمسان در شکل ۲ نمایش داده شده است. برای کالیبراسیون و اعتبارسنجی این تقاطع، از شاخص میانگین طول صف استفاده شده است. خلاصه نتایج اعتبار سنجی در جدول ۱ ارائه شده است. لازم به ذکر است که پارامترهای MAE[۱۶]، RMSE[۱۷]، U[۱۸] و GEH[۱۹] به ترتیب آزمون میانگین خطای مطلق، آزمون ریشه میانگین مربعات خطا، آزمون نابرابری تایل و آزمون جفری‌ای هورز جهت میزان درصد خطای مدل‌های وضع موجود در نظر گرفته شده‌اند.

همچنین تقاطع نامتعارف پاپیونی نیز در قالب سناریوهای:

۱- تقاطع نامتعارف پاپیونی هم‌سطح در محور شمال- جنوب در فواصل ۱۲۰ و ۱۸۰ متری از تقاطع اصلی؛

۲- تقاطع نامتعارف پاپیونی هم‌سطح در محور غرب- شرق در فواصل ۱۲۰ و ۱۸۰ متری از تقاطع اصلی؛ و

۳- تقاطع نامتعارف پاپیونی هم‌سطح در هر دو محور غرب- شرق و شمال- جنوب در فواصل ۱۲۰ و ۱۸۰ متری از تقاطع اصلی در نرم ایمسان مدل‌سازی شدند.

برای زمان‌بندی بهینه چراغ تقاطع اصلی در هر سناریوی غیرمتعارف، از نرم‌افزار سینکرو[۲۰] استفاده شد. به‌عنوان نمونه، مدل‌سازی تقاطع در وضعیت اخیر (تقاطع نامتعارف پاپیونی هم‌سطح در هر دو محور غرب- شرق و شمال- جنوب در فاصله ۱۸۰ متری از تقاطع اصلی) در نرم‌افزار در شکل ۳ نشان داده شده است.

شکل ۲. تقاطع جانبازان- بهداشت مدل‌سازی شده در نرم‌افزار ایمسان

شکل ۳. مدل‌سازی تقاطع پیشنهادی جانبازان- بهداشت در هر دو محور غرب- شرق و شمال- جنوب در فاصله ۱۸۰ متری از تقاطع اصلی در نرم‌افزار ایمسان

جدول ۱. نتایج اعتبار سنجی تقاطع جانبازان- بهداشت بر مبنای شاخص میانگین طول صف

رویکرد / شماره بازه اندازه‌گیری	غرب		شرق		جنوب		شمال	
	میدانی	شبیه‌سازی	میدانی	شبیه‌سازی	میدانی	شبیه‌سازی	میدانی	شبیه‌سازی
۱	٤٠/٣٣	٣١/٤٨	٣١/٥	٣٦/٢	٣٠	٢٥/٥١	٢٤/٥	٣٠/٥٨
۲	٣٤/٥	٣٣/٣٨	٤٠/٦٧	٣٧/١٨	١٦	٢٥/٥١	٢٩/٣٣	٣١/٦٤
۳	٣٩	٣٣/٨٥	٤٣	٣٧/٠١	٢٤	٢٥/٩٤	٣٦	٣١/٧٦
٤	٣٦/٣٣	٣٢/٦١	٤٥	٣٧/٦٩	١٦	٢٦/٣١	٤٠/٥	٣٢/٠٥
٥	٢٩/٥	٣٢/٥٩	٤٧/٥	٣٧/٥٨	٢٩/٥	٢٦/٩٥	٣٨	٣١/٨٩
٦	٣٢	٣٢/٤٨	٤٣/٣٣	٣٦/٩	٢٤/٥	٢٧/٢٤	٤٤	٣٢/٢٨
٧	٣٨	٣١/٨٢	٣٦	٣٧/٦٢	٢٤/٣٣	٢٦/٦٤	٣٦	٣١/٩٦
٨	٤٦/٣٣	٣٢/٣٦	٣٧/٥	٣٧/٣٣	٢٢/٥	٢٧/٨٢	٣٧/٥	٣١/٩٨
٩	٣٨/٥	٣١/٢٦	٤٢	٣٧/٢٢	٢٧	٢٧/٢٤	٣٦/٣٣	٣٢/١١
١٠	٥٠	٣١/٨١	٤٤	٣٧/٢٢	٢٦/٣٣	٢٦/٢٢	٤١	٣١/٦٧
١١	٣٢/٦٧	٣٢/٣٣	٤٨/٥	٣٧/٥٢	٢٤/٥	٢٧/٦٤	٣٤/٥	٣٢/٠٧
١٢	٢٨/٥	٣٢/١٢	٤١/٣٣	٣٧/٦٩	٢٨/٢	٢٦/٩٢	٣٩/٣٣	٣١/٩٧
MAE	٥/٩٩		٥/٤٨		٣/٦٩		٥/٩٨	
RMSE	٧/٩٦		٦/٢٥		٤/٨٤		٦/٥٧	
U	٠/١١		٠/٠٧		٠/٠٩		٠/٠٩	
GEH	١		٠/٩		٠/٨		١	
میانگین MAE کل تقاطع	٥/٢٨							
میانگین RMSE کل تقاطع	٦/٤							
میانگین U کل تقاطع	٠/٠٩							
میانگین GEH کل تقاطع	٠/٩٣							

۵. تحلیل داده‌ها

خروجی‌های حاصل از آلودگی ناشی از انتشار گازهای CO2، Nox، PM و VOC تحت شرایط ترافیکی در نقطه ظرفیت برای حالت وضع موجود و پیشنهادی حاصله از شبیه‌سازی سناریوهای موردبررسی در نرم‌افزار ایمسان تحت شرایط ترافیکی اشاره‌شده در قالب جدول ۲ آورده شده است. نتایج حاصل از خروجی آلودگی ناشی از انتشار گازهایCO ، Nox، PM و VOC نشان می‌دهد که تمامی سناریوهای پیشنهادی باعث کاهش آلودگی ناشی از انتشار گازهای CO2، Nox، PM و VOC در دامنه ٥/٤ تا ٣٩/٨ درصد را نشان داده‌اند. در بین سناریوهای نامتعارف، سناریوی تقاطع نامتعارف پاپیونی در محور غرب- شرق در فاصله ۱۲۰ متری از تقاطع، دارای آلودگی کمتری ناشی از انتشار گازهای CO2، Nox، PM و VOC نسبت به تقاطع متعارف چراغ‌دار موجود را نشان داده است، چراکه میزان تأخیر و تعداد توقف خودروها در این سناریو نسبت به سایر سناریوها و نیز تقاطع متعارف کمتر بوده است.

جدول ۲. خلاصه نتایج آلودگی‌های ناشی از انتشار گازهای CO2، NOx، PM و VOC برای تقاطع جانبازان- بهداشت و طرح‌های پیشنهادی

تقاطع	آلودگی			
	CO2(%)	NOx(%)	PM(%)	VOC(%)
تقاطع متعارف چراغ‌دار	-	-	-	-
محور شمال جنوب-۱۲۰ متری	-۱٤/۸	-۱٤/٦	-۸/۹	-۳۰/٤
محور شمال جنوب- ۱۸۰ متری	-۱۰/٤	-۱۰/٥	-٥/٤	-۲٥/۳
محور غرب شرق- ۱۲۰ متری	-۲۷/٤	-۲٦/٦	-۱۲/۸	-۳۹/۸
محور غرب شرق- ۱۸۰ متری	-۱۸/۳	-۱۹/٥	-۹/٦	-۳٦/۱
محور غرب شرق و شمال جنوب- ۱۲۰ متری	-۱٦/۷	-۱۸/٥	-۸/٤	-۲۹/۲
محور غرب- شرق و شمال- جنوب- ۱۸۰ متری	-۸/٥	-۱۱/٥	-۷/۰	-۲۳/۳

٦. نتیجه‌گیری

در این مقاله به بررسی تأثیر به‌کارگیری طرح تقاطع نامتعارف پاپیونی هم‌سطح در مقایسه با تقاطع‌های متعارف چراغ‌دار موجود در رابطه با میزان آلودگی هوای ناشی از ترافیک در محدوده تقاطع پرداخته شد. جهت این بررسی، پس از مدلسازی طرح موجود و طرح پیشنهادی در نرم‌افزار ایمسان، خروجی‌های حاصل‌شده از نرم‌افزار ایمسان را برای مقایسه و بررسی این تقاطعات استفاده شد. نتایج حاصل‌شده نشان داد که طرح پیشنهادی می‌تواند راهکاری مؤثر برای کاهش آلودگی در تقاطعات چراغ‌دار باشد چراکه میزان گازهای آلاینده در طرح پیشنهادی در دامنه ٥/٤ تا ۳۹/۸ درصد کاهش را نشان داده است. از بین طرح‌های پیشنهادی، طرح تقاطع نامتعارف پاپیونی در محور غرب- شرق در فاصله ۱۲۰ متری از تقاطع، آلودگی کمتری از انتشار گازهای CO2، Nox، PM و VOC نسبت به تقاطع متعارف چراغ‌دار وضع موجود را نشان داده است، چراکه میزان تأخیر و تعداد توقف خودروها در این سناریو نسبت به سایر سناریوها و نیز تقاطع متعارف کمتر بوده است.

۷. پی‌نوشت‌ها

1. Particulate matter
2. Alobaidi et al
3. Eco-routing
4. Eco-signal timing
5. Sharma et al
6. Fuel flow meter set-up
7. Intergovernmental Panel on Climate Change
8. Liquefied petroleum gas
9. Compressed natural gas
10. Jia & Zhao
11. Car-following model
12. Raudhati et al
13. Jelutung
14. Talang Banjar
15. Volatile organic compounds
16. Mean absolute error
17. Root mean squared error
18. Theil's inequality coefficient
19. GEH statistic
20. Synchro

۸. مراجع

– حوت، ا.، فلاح تفتی، م. ۱٤۰۱. " مقایسه ظرفیت تقاطع چراغ‌دار و تقاطع نامتعارف پاپیونی هم‌سطح با حجم ترافیک گردش‌به‌چپ بالا"، دومین کنفرانس ملی مهندسی عمران، توسعه هوشمند و سیستم‌های پایدار، http://civilica.com/doc/1567178.

– حوت، ا.، فلاح تفتی، م. ۱۴۰۱. " مقایسه ظرفیت تقاطع چراغ‌دار و تقاطع نامتعارف پاپیونی هم‌سطح با حجم ترافیک گردش‌به‌چپ بالا"، نوزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک.

– حوت، ا.، فلاح تفتی، م.۱۴۰۱ " مقایسه عملکرد تقاطع‌های نامتعارف پاپیونی هم‌سطح با تقاطع‌های متعارف چراغ‌دار با حجم ترافیک گردش‌به‌چپ بالا"پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه یزد.

– Von Schneidemesser, E., Steinmar, K., Weatherhead, E.C., Bonn, B., Gerwig, H. and Quedenau, J., 2019. Air pollution at human scales in an urban environment: Impact of local environment and vehicles on particle number concentrations. Science of the Total Environment, 688, pp.691-700.

– Boubaker, S., Rehimi, F. and Kalboussi, A., 2016. Impact of intersection type and a vehicular fleet's hybridization level on energy consumption and emissions. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 3(3), pp.253-261.

– k Alobaidi, M., Badri, R.M. and Salman, M.M., 2020, February. Evaluating the negative impact of traffic congestion on air pollution at signalized intersection. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 737, No. 1, p. 012146). IOP Publishing.

– Sharma, N., Kumar, P.P., Dhyani, R., Ravisekhar, C. and Ravinder, K., 2019. Idling fuel consumption and emissions of air pollutants at selected signalized intersections in Delhi. Journal of cleaner production, 212, pp.8-21.

– Zhao, H., He, R. and Jia, X., 2019. Estimation and analysis of vehicle exhaust emissions at signalized intersections using a car-following model. Sustainability, 11(14), p.3992.

– Raudhati, E., Arliansyah, J. and Buchari, E., 2019, April. An Analysis of Air Quality through the Basis of Traffic Performance of Signaled Intersections. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1198, No. 8, p. 082004). IOP Publishing.