فصلنامه مهندسی ترافیک، سال بیست و یکم، شماره ۸٤، بهار ۱٤۰۰، ص. ٤٤-۳۳

مقایسه عملکرد تقاطع‌های چراغ‌دار متعارف با تقاطع‌های با دوربرگردان میانه‌ای از منظر شاخص‌های آلودگی هوا و مصرف سوخت

(مطالعه موردی: شهر یزد)

حسین وکیلی، کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه یزد، یزد، ایران

مهدی فلاح تفتی (مسئول مکاتبات)، دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه یزد، یزد، ایران

E-mail: Fallah.Tafti@yazd.ac.ir

چکیده

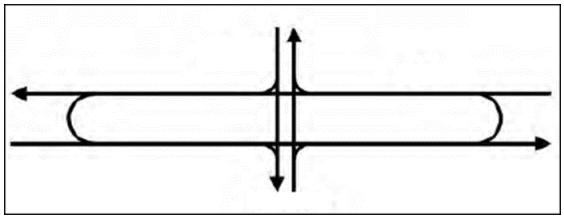
مدیریت و کنترل ترافیک با هدف کاهش میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از تردد می‌تواند نقش بسزایی در راستای رسیدن به اهداف توسعه پایدار شهرها ایفا نماید. با توجه به سهم زیاد وسایل نقلیه در انتشار آلاینده‌ها، مدیریت و کنترل ترافیک خصوصاً در محل تقاطع‌ها می‌تواند در کاهش آلودگی هوا تأثیرگذار باشد. هدف این مقاله بررسی امکان بهبود عملکرد زیست‌محیطی تقاطع‌های چراغ‌دار با استفاده از طرح غیرمتعارف از نوع دوربرگردان میانه‌ای است؛ بنابراین، این مقاله بر آلودگی هوا و مصرف سوخت متمرکزشده و عملکرد دوربرگردان میانه‌ای ناقص و کامل کنترل نشده، کنترل‌شده با چراغ راهنمایی و تقاطع چراغ‌دار چهارفازه را موردبررسی و مقایسه قرار داده است. برای این منظور ابتدا با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده از دو تقاطع شهر یزد، طرح‌های موردنظر توسط نرم‌افزار شبیه‌ساز ویزیم مدلسازی شد. برای هماهنگی چراغ‌های راهنمایی در محل دوربرگردان میانه‌ای و تقاطع اصلی از روش ایجاد فاصله زمانی بین چراغ‌ها استفاده شد و برای ارزیابی آلودگی هوا، میزان آلاینده‌های کربن مونواکسید، نیتروژن اکسید و ترکیبات آلی فرار اندازه‌گیری شد. مطالعات انجام‌شده نشان داد که استفاده از دوربرگردان میانه‌ای از نوع چراغ‌دار باعث کاهش آلودگی هوا و مصرف سوخت بین ٤٤ تا ۵۵ درصد نسبت به حالت تقاطع چراغ‌دار چهارفازه بکار رفته در دو تقاطع موردبررسی می‌شود که این خود می‌تواند باعث بهبود شرایط زیست‌محیطی در محدوده اطراف تقاطع شود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، مصرف سوخت، دوربرگردان میانه‌ای چراغ‌دار، شبیه‌سازی ترافیک، نرم‌افزار ویزیم

۱. مقدمه

یکی از چالش‌ها و دغدغه‌های بشر امروز، مسئله آلودگی محیط‌زیست است. رشد سریع و بدون برنامه‌ریزی جمعیت شهرها، افزایش سفرها و تغییر الگوی مصرف، افزایش تعداد وسایل نقلیه شخصی ناشی از خلأ و کمبود حمل‌ونقل عمومی در سطح شهرها و تردد خودروهای با سن بالا و فرسوده مقدمات افزایش آلودگی هوا و مصرف سوخت را در سطح شهرها فراهم می‌آورند. یکی از مناطقی که باعث افزایش آلودگی هوا و مصرف سوخت در معابر شهری می‌شوند تقاطع‌ها هستند. برای رفع مشکل تقاطع‌ها تحقیقات بسیاری صورت گرفته است که نتایج آن دستاوردهایی از قبیل اختصاص فاز گردش‌به‌چپ، ایجاد خطوط گردشی و بهینه نمودن فازبندی چراغ راهنمایی در تقاطع‌ها بوده است؛ اما همه این اقدامات در کنار هوشمند سازی تقاطع‌های چراغ‌دار منجر به ارائه راهکارهایی می‌گردند که تنها در یک افق زمانی کوتاه‌مدت جوابگو می‌باشند. ازاین‌رو با در نظر گرفتن کوتاهی دوران بهبود راه‌حل‌های متعارف، نیاز به ارائه راهکارهای نوین و غیرمتعارف[۱] برای دستیابی به بهبود طولانی‌تر امری محسوس است.

یکی از این طرح‌های غیرمتعارف، تقاطع با دوربرگردان میانه‌ای[۲] است. در این تقاطع با ایجاد دوربرگردان‌هایی در دو یا چند رویکرد تقاطع، حرکت گردش‌به‌چپ برخی رویکردها در محل تقاطع اصلی حذف‌شده و این حرکت‌ها به محل دوربرگردان‌ها هدایت می‌شوند. نمونه‌ای از تقاطع با دوربرگردان میانه‌ای در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. نمونه‌ای از تقاطع با دوربرگردان میانه‌ای

به دلیل اینکه این تقاطع‌ها تاکنون تنها به شکل محدود در بعضی کشورها اجرا شده‌اند، آنها را می‌توان با روش شبیه‌سازی تحت سناریوهای مختلف ترافیکی مورد ارزیابی قرار داد. نرم‌افزارهایی از قبیل ویزیم[۳]، ایمسان[۴] و پارامیکس[۵] ازجمله نرم‌افزارهای قابل‌استفاده جهت شبیه‌سازی ترافیک هستند. در این تحقیق از نرم‌افزار شبیه‌ساز ویزیم که نرم‌افزاری با ماهیت رفتاری است، برای مدلسازی و مقایسه طرح‌ها استفاده شده است.

در تحقیقات گذشته محققان بیشتر از شاخص‌های زمان سفر و تأخیر وسایل نقلیه برای ارزیابی عملکرد تقاطع‌های متعارف و دوربرگردان میانه‌ای استفاده کرده‌اند و کمتر بحث آلودگی هوا و مصرف سوخت موردتوجه قرار گرفته است. لذا در این تحقیق به مقایسه عملکرد طرح‌های یادشده ازنقطه‌نظر آلودگی هوا و مصرف سوخت پرداخته‌شده و برای این منظور از سه آلاینده کربن مونواکسید (CO[۶])، نیتروژن اکسید (NOx[۷]) و ترکیبات آلی فرار (VOC[۸]) با واحد گرم که از نرم‌افزار ویزیم قابل‌استخراج است استفاده شده است. همچنین مصرف سوخت در هر مدل برحسب گالن نیز محاسبه شده است.

۲. ادبیات پژوهش

آلاینده‌های شیمیایی خطرناک توسط تعدادی از فعالیت‌های طبیعی و مصنوعی تولیدشده و وارد محیط‌زیست می‌شوند و درنهایت موجب بروز اثرات نامطلوب بر سلامتی افراد و محیط‌زیست می‌گردند. امروزه بسیاری از شهرهای مهم دنیا با مشکلات زیست‌محیطی مواجه هستند که در رأس آنها وضعیت نامطلوب کیفیت هوا است. مهم‌ترین آلاینده‌های شاخص کیفیت هوا عبارت‌اند از اکسیدهای گوگرد، ازن، اکسیدهای نیتروژن، مونواکسید کربن و ذرات معلق. بر اساس نتایج تحقیقات، کلیه آلاینده‌های هوا (جامد، مایع و گاز) ازجمله آلاینده‌های یادشده از خطرات جدی سلامتی انسانی به‌حساب می‌آیند. طبق گزارش‌های سازمان جهانی بهداشت، سالیانه حدود ۵۰۰ هزار نفر در اثر ذرات منتقله توسط هوا دچار مرگ زودرس می‌شوند.

بر اساس نتایج لیم و همکارانش[9] تحت عنوان ارزیابی ریسک مقایسه‌ای برای بیماری و صدمات ناشی از ٦١ فاکتور تأثیرگذار بر سلامتی افراد محاسبه گردید که تقریباً ۲,۳ میلیون مرگ‌ومیر ناشی از مواجهه با آلودگی هوا در سال ۲۰۱۰ به وقوع پیوسته که نسبت به سال ۱۹۹۰، حدود ۱,۱ میلیون نفر افزایش داشته است. بر اساس ترازنامه انرژی ایران نیز در سال ١٣٩٤، بخش حمل‌ونقل با تولید ۹٤,۳ درصد از کل انتشار CO ، ٦٨,٠٧ درصد NOx و ۸٥,۷ درصد ذرات معلق، دارای بیشترین مقدار آلایندگی در میان سایر بخش‌های کشور است.

مصطفی و همکاران[10] در سال ۱۹۹۳ رابطه بین میزان انتشار خودرو و حجم ترافیک در تقاطع‌های شهری را بررسی کردند. نتایج شبیه‌سازی آنها نشان داد کاهش سیکل چراغ راهنمایی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. لیائو و همکاران[11] نیز در سال ۱۹۹۵ مدل بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ راهنمایی مبتنی بر مصرف سوخت وسایل نقلیه به‌عنوان مصرف سوخت تحلیلی (AFCM)[12] را ارائه کردند. آنها در این مدل برای به حداقل رساندن مصرف سوخت، طول چرخه بهینه را برای تقاضای ترافیک کم، متوسط و زیاد (٤۰۰، ٦۰۰، ۷٥۰ وسیله نقلیه در هر خط) ۵۰، ۸۰ و ۱۰۰ ثانیه در نظر گرفتند و به این نتیجه رسیدند طول چرخه کوتاه در موارد کم‌حجم و طول چرخه طولانی در موارد با حجم بالاتر ترجیح داده می‌شود. در همین راستا دکتر حسینلو و قائمی در سال ۱۳۹۲ در مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی اثر زمان‌بندی هوشمند تقاطع‌ها بر جریان ترافیک و آلودگی هوای شبکه‌های ترافیکی درون‌شهری به بررسی تأثیر هوشمند سازی زمان‌بندی چراغ راهنمایی تقاطع‌ها بر آلودگی هوا با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز ایمسان پرداختند. مطالعات آنها نشان داد با تغییرات زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی از ثابت به هوشمند، میزان انتشار آلاینده‌های CO_2 و NOx به ترتیب ٦ و ۸ درصد کاهش پیدا کرده است. همچنین از میزان مجموع مصرف سوخت در شبکه ٤ درصد کاسته شد. یانینگ و همکاران[13] در سال ۲۰۰۹ در مقاله‌ای نشان دادند از دیدگاه انرژی، اگر در یک مسیر شریانی یا در یک شبکه ترافیکی چراغ های راهنمایی با هم هماهنگ عمل نمایند، میزان مصرف انرژی کاهش قابل‌توجهی خواهد داشت.

مصطفی و همکاران در سال ۱۹۹۸ در پژوهشی عملکرد تقاطع چراغ‌دار چهارفازه و دوربرگردان میانه‌ای کنترل نشده را ازنظر شاخص مصرف سوخت به‌صورت اقتصادی موردبررسی قرار دادند. به‌منظور دستیابی به اهداف تحقیق سه تقاطع شهر قاهره که به حالت دوربرگردان میانه‌ای کنترل نشده درآمده‌اند، به‌عنوان گزینه‌های موردمطالعه انتخاب شدند. برای انجام پژوهش و آماربرداری ترافیکی از سه دوره اوج ۸ تا ۱۰، ١٤ تا ١٦ و ۲۱ تا ۲۳ استفاده شد. نتایج مطالعات آنها نشان داد استفاده از دوربرگردان میانه‌ای باعث کاهش مصرف سوخت می‌شود که دلیل آن کاهش تعداد توقف‌های وسایل نقلیه در تقاطع شمرده شد. ابراهیم هاشم و همکاران[14] در سال ۲۰۱۷ در مطالعه‌ای به ارزیابی مصرف سوخت و آلودگی هوا بین طرح‌های دوربرگردان میانه‌ای کنترل نشده و تقاطع چراغ‌دار پرداختند. آنها برای شبیه‌سازی از نرم‌افزار شبیه‌ساز ویزیم و برای ارزیابی آلودگی از گازهای NOx، HC و CO استفاده کردند. آنها در این پژوهش به این نتیجه رسیدند به‌طورکلی استفاده از دوربرگردان میانه‌ای نسبت به تقاطع چراغ‌دار باعث کاهش آلودگی هوا و مصرف سوخت می‌شود. در دوربرگردان میانه‌ای نیز افزایش درصد وسایل نقلیه‌ای که قصد گردش‌به‌چپ دارند و همچنین افزایش حجم رویکردها باعث افزایش مصرف سوخت و آلودگی هوا می‌شوند.

تحقیقات گذشته نشان می‌دهد مطالعات انجام‌شده در زمینه طرح‌های غیرمتعارف مانند دوربرگردان میانه‌ای به‌ویژه نوع چراغ‌دار شده محدود بوده و لزوم انجام تحقیقات منسجم بیشتر به‌منظور بررسی تأثیر این نوع تقاطع‌ها بر کاهش آلودگی هوا و مصرف سوخت در مقایسه با تقاطع متعارف احساس می‌شود که این امر عمدتاً از طریق استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی قابل انجام است. همچنین چراغ‌دار کردن دوربرگردان و هماهنگی آن با

تقاطع اصلی که در تحقیقات گذشته کمتر موردتوجه و بررسی قرارگرفته شده، در این تحقیق موردبررسی قرار گرفته است.

۳. روش پژوهش

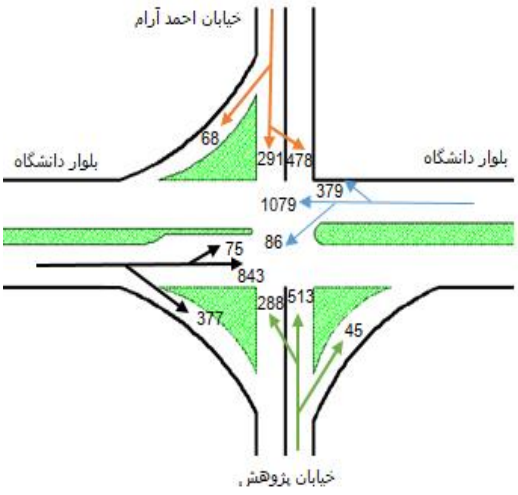
۳-۱ جمع‌آوری داده‌های موردنیاز

محدوده موردمطالعه در این مقاله، دو تقاطع پژوهش و فاطمیه شهر یزد است. فرم هندسی تقاطع پژوهش به‌صورت چهارراهی ساده بوده و در محل اتصال بلوار دانشگاه با خیابان‌های احمد آرام و پژوهش واقع شده است. کلیه حرکات گردش‌به‌راست در این تقاطع به‌جز حرکت گردش‌به‌راست یکی از رویکردهای بلوار دانشگاه توسط خطوط گردش‌به‌راست مجزا انجام می‌شود و توسط چراغ راهنمایی با زمان سیکل ۱۰۳ ثانیه و به‌صورت چهارفازه کنترل می‌گردد. شکل ۲ نمایی از این تقاطع را نشان می‌دهد. فرم هندسی تقاطع فاطمیه نیز به‌صورت چهارراه با دوربرگردان میانه‌ای کنترل نشده بوده و در محل اتصال بلوار بسیج، بلوار منتظر قائم، خیابان کاشانی و خیابان دهم فروردین واقع شده است. انجام حرکت گردش‌به‌راست در تمامی رویکردها به‌صورت آزاد و کانالیزه شده صورت می‌گیرد. حرکت گردش‌به‌چپ این تقاطع به‌صورت غیرمستقیم و با استفاده از دوربرگردان واقع‌شده در بلوارهای بسیج، منتظر قائم و میدان مارکار در خیابان دهم فروردین انجام می‌شود. چراغ راهنمایی نیز به‌صورت دو فازه با زمان سیکل ٦٨ ثانیه جهت کنترل تقاطع استفاده می‌شود. شکل ۳ نمایی از این تقاطع را نشان می‌دهد. در گذشته در این تقاطع فقط حرکت گردش‌به‌چپ دو رویکرد بلوار بسیج و منتظر قائم ممنوع بود. کلیه حرکات گردش‌به‌راست به‌غیراز رویکرد منتظر قائم توسط خطوط گردش‌به‌راست مجزا انجام می‌شد و توسط چراغ راهنمایی در ۳ فاز با زمان سیکل ۱۰۷ ثانیه کنترل می‌گردید. این تقاطع، در سال ۱۳۸۹ به وضع فعلی تغییر پیدا کرده است.

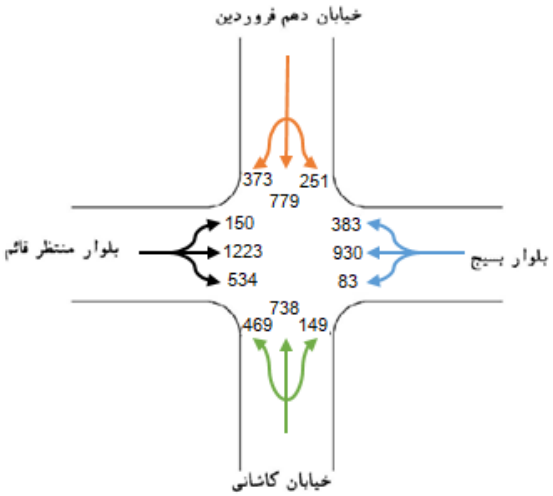
شکل ۲. تقاطع پژوهش یزد

شکل ۳. تقاطع فاطمیه یزد

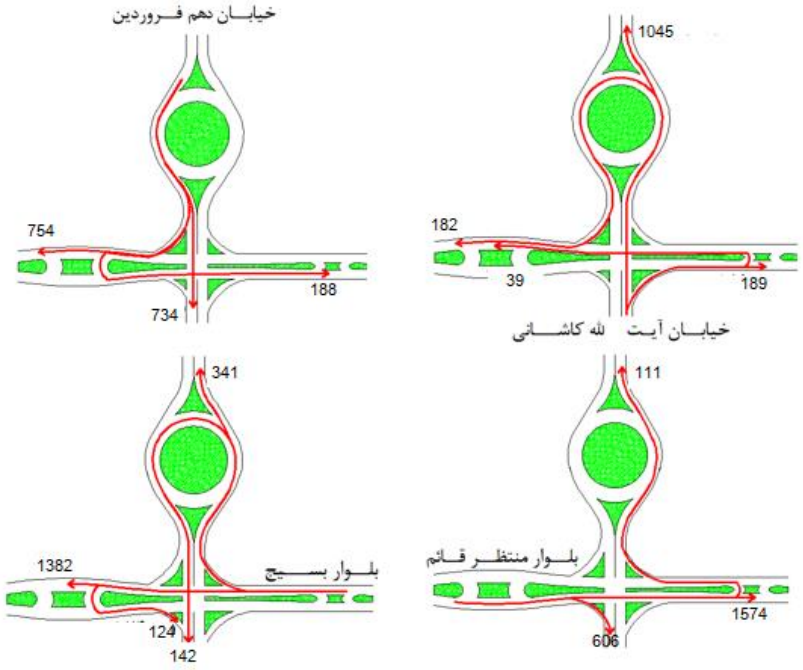
اطلاعات آماری تقاطع‌ها شـــامل احجام ترافیک ســـاعت اوج، ترکیب ترافیک رویکردها، جریان‌های گردشـــی، طول صـــف و توزیع سـرعت در بازه‌های زمانی ۵ دقیقه‌ای به تفکیک سواری، موتورسـیکلت و وسـیله نقلیه سنگین به‌دست‌آمده است. حجم ترافیـک در ســـاعـت اوج برای تقـاطع پژوهش ٤٥٢١، تقاطع فاطمیه وضـع موجود ۸۱۹۵ و وضع قدیم ٦٠٦٢ معادل سواری برآورد گردید. جزئیات حجم ترافیکی این دو تقاطع در شکل ٤ نشان داده شده است.



الف. تقاطع پژوهش



ب. تقاطع فاطمیه وضع قدیم



ج. تقاطع فاطمیه وضع موجود

شکل ٤. احجام معادل سواری ساعت اوج جریان‌های مختلف تقاطع‌های پژوهش و فاطمیه

۳-۲ مدلسازی

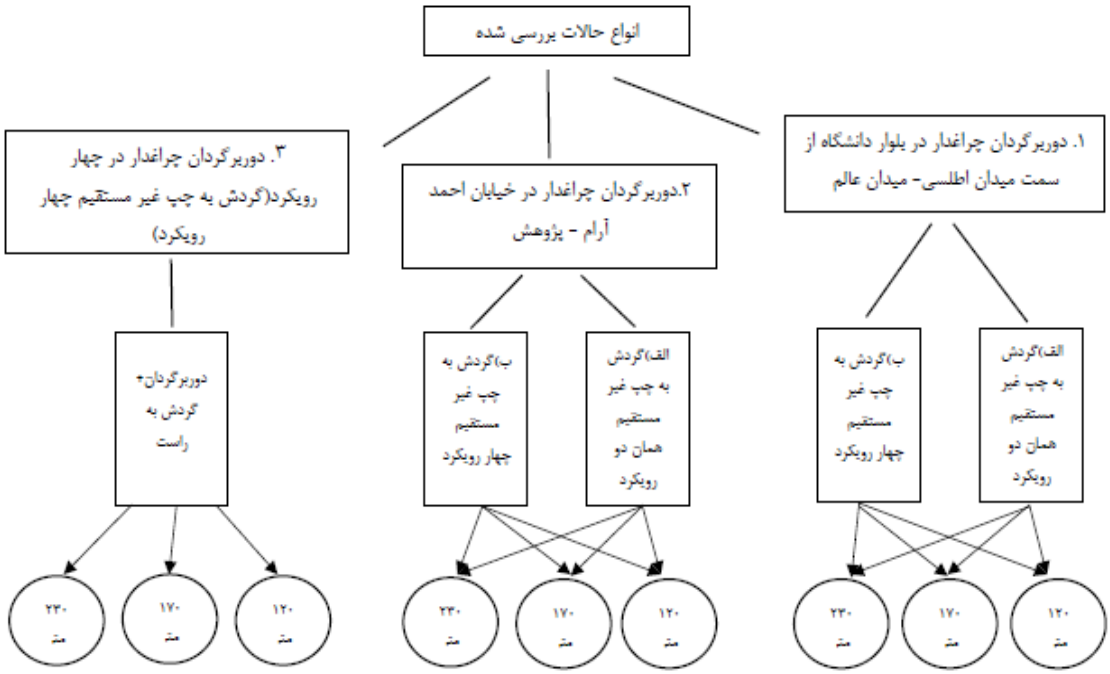
در این پژوهش ابتدا تقاطع‌ها با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز ویزیم شبیه‌سازی شدند. برای کالیبراسیون تقاطع‌های پژوهش و فاطمیه در وضع موجود از شاخص میانگین طول صف و تقاطع فاطمیه در وضع قدیم از شاخص حداکثر طول صف برای هر رویکرد در طول ساعت اوج استفاده شد. شاخص‌های کالیبراسیون مدل‌ها و مقادیر نهایی حاصله برای آنها در پایان فرآیند کالیبراسیون در جدول ۱ ارائه شده است. برای اعتبارسنجی تقاطع‌ها نیز از شاخص طول صف برای تقاطع‌های پژوهش و فاطمیه در وضع موجود و شاخص تأخیر کل رویکردهای مختلف در طول دوره اوج برای تقاطع فاطمیه وضع قدیم استفاده گردیده است.

جدول ۱. مقادیر نهایی پارامترها در کالیبراسیون تقاطع‌ها

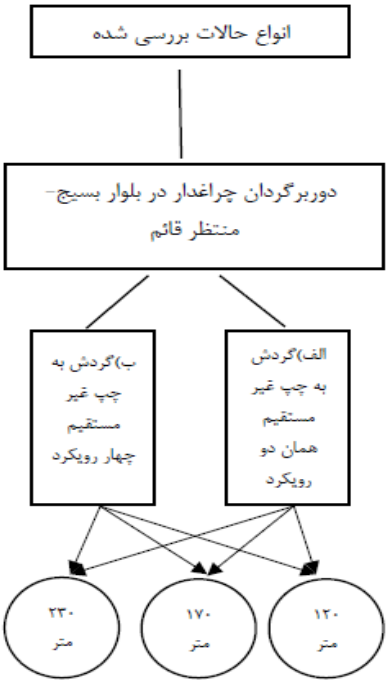
پارامتر	پژوهش	فاطمیه (وضع فعلی)	فاطمیه (وضع قدیم)	محدوده یا مقادیر در نظر گرفته‌شده
متوسط فاصله فرضی بین خودروهای متوقف (متر)	۰,۵	۰,۵	۰,۵	[۰,۵,۳]
ضریب افزاینده در فرمول فاصله ایمن	۱	۰	۱	[۰,٤]
ضریب تشدیدکننده در فرمول فاصله ایمن	٤	۲	۲	[۱,۵]
سرفاصله کمینه (متر)	۰,۵	۰,۵	۱	[۰,۳,۱]
ضریب کاهش فاصله ایمن (متر)	۰,٦	۰,٦	۰,٦	[۰,۱]
محل آغاز تغییر خط (متر)	متغیر	۱۵۰	متغیر	[۱۵۰,۳۰۰]
محل توقف اضطراری (متر)	٦	۵	۵	[۵,۷]

پس از کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل‌ها، انواع حالت‌های به‌کارگیری دوربرگردان میانه‌ای کنترل‌شده با چراغ راهنمایی و کنترل نشده در این تقاطع‌ها موردبررسی قرار گرفت. در رابطه با فاصله قرارگیری دوربرگردان، دپارتمان حمل‌ونقل میشیگان آمریکا فاصله ۱۷۰ تا ۲۳۰ متر و موسسه اشتو فاصله ۱۲۰ تا ۱۸۰ متر را توصیه کرده‌اند. در این پژوهش با استفاده از مطالعات پیشین در این زمینه برای هر یک از فرم‌های قرارگیری دوربرگردان سه فاصله ۱۲۰، ۱۷۰ و ۲۳۰ متر تا تقاطع اصلی در نظر گرفته شده است. همچنین بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ راهنمایی تقاطع‌ها با استفاده از نرم‌افزار سینکرو[۱۵] و هماهنگی بین چراغ‌های تقاطع و دوربرگردان‌ها توسط ایجاد فاصله زمانی بین تقاطع و دوربرگردان انجام شد.

انواع سناریوهای شبیه‌سازی‌شده از نحوه قرارگیری دوربرگردان میانه‌ای تقاطع پژوهش در شکل ۵ و تقاطع فاطمیه در شکل ٦ آورده شده است (در تقاطع فاطمیه به دلیل شرایط هندسی و عملکردی خیابان‌های کاشانی و دهم فروردین، دوربرگردان فقط در رویکردهای بلوار بسیج و منتظر قائم شبیه‌سازی شد).



شکل ۵. انواع حالت‌های قرارگیری دوربرگردان بررسی‌شده برای تقاطع پژوهش



شکل ٦. انواع حالت‌های قرارگیری دوربرگردان بررسی‌شده برای تقاطع فاطمیه

سپس این حالت‌ها با شاخص زمان سفر به‌صورت متوسط زمان سفر کلی شبکه و متوسط زمان سفر حرکت‌های گردش‌به‌چپ در تقاطع اصلی با یکدیگر مقایسه و بهینه‌ترین وضعیت قرارگیری دوربرگردان میانه‌ای در این تقاطع‌ها شناسایی شد. برای تقاطع پژوهش قرارگیری دوربرگردان در فاصله ۱۷۰ متری در مسیر با حجم گردش‌به‌چپ کمتر (بلوار دانشگاه از سمت میدان اطلسی- بلوار دانشگاه از سمت میدان عالم) در حالتی که گردش‌به‌چپ همان دو رویکرد به‌صورت غیرمستقیم انجام شود (دوربرگردان میانه‌ای ناقص) و همچنین قرارگیری دوربرگردان در فاصله ۱۲۰ متری در چهار رویکرد، در حالتی که وسایل نقلیه ابتدا در دوربرگردان حرکت گردش‌به‌چپ خود را انجام دهند سپس در تقاطع گردش‌به‌راست کنند (دوربرگردان میانه‌ای کامل) در مقایسه با سایر سناریوهای شبیه‌سازی‌شده دارای بهترین عملکرد می‌باشند.

برای تقاطع فاطمیه نیز بهینه‌ترین فاصله قرارگیری دوربرگردان در حالت کامل و ناقص ۱۲۰ متر تا تقاطع اصلی به دست آمد.

٤. تحلیل داده‌ها

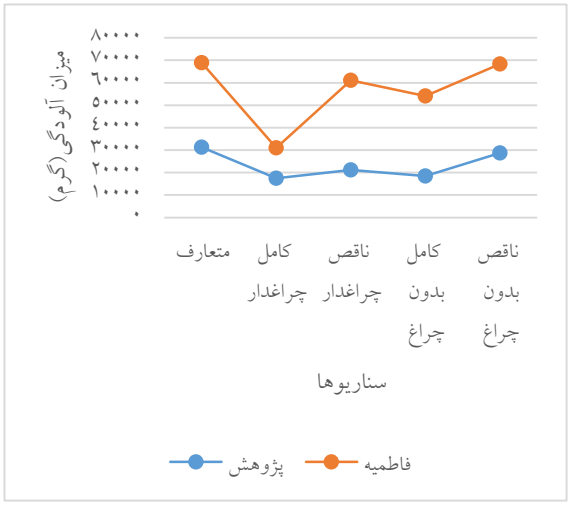
در این پژوهش، مقایسه میزان آلایندگی تولیدشده توسط خودروها بین حالت‌های مختلف هر تقاطع، در محدوده‌ای به وسعت ۳۰۰×۳۰۰ مترمربع برحسب سه آلاینده CO، NOx و VOC با واحد گرم که از نرم‌افزار ویزیم قابل‌استخراج است، صورت گرفته است. همچنین مصرف سوخت خودرو در هر مدل برحسب گالن نیز آورده شده است. میزان آلودگی و مصرف سوخت برای پنج حالت تقاطع‌های پژوهش و فاطمیه به تفکیک آلاینده‌ها و مصرف سوخت در جداول ۲ و ۳ و شکل ۷ و مقایسه سناریوهای درنظرگرفته شده با حالت متعارف در جداول ٤ و ٥ آورده شده است.

جدول ۲. میزان آلاینده‌ها و مصرف سوخت برای تقاطع پژوهش

آلاینده‌ها / سناریوها	CO	NOx	VOC	مصرف سوخت
متعارف	۳۱۳۱۶	۶۰۹۳	۷۲۵۸	۴۴۸
کامل چراغدار	۱۷۴۷۶	۳۴۰۰	۴۰۵۰	۲۵۰
ناقص چراغدار	۲۱۱۲۱	۴۱۰۹	۴۸۹۵	۳۰۲
کامل بدون چراغ	۱۸۴۰۷	۳۵۸۱	۴۲۶۶	۲۶۳
ناقص بدون چراغ	۲۸۷۶۴	۵۵۹۶	۶۶۶۶	۴۱۲

جدول ۳. میزان آلاینده‌ها و مصرف سوخت برای تقاطع فاطمیه

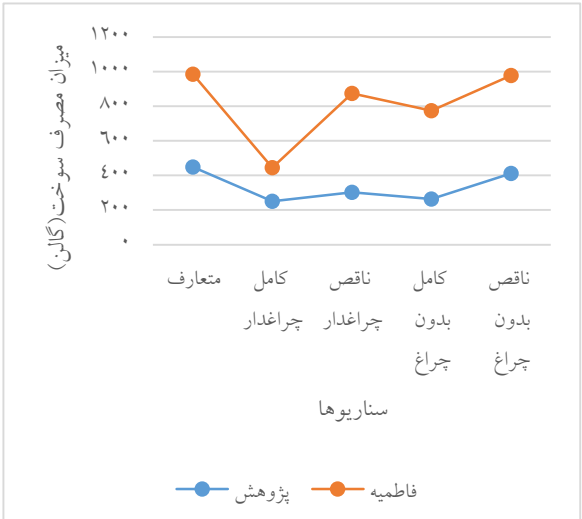
آلاینده‌ها / سناریوها	CO	NOx	VOC	مصرف سوخت
متعارف	۶۸۸۷۲	۱۳۴۰۰	۱۵۹۶۲	۹۸۵
کامل چراغدار	۳۱۰۴۵	۶۰۴۰	۷۱۹۵	۴۴۴
ناقص چراغدار	۶۱۰۲۴	۱۱۸۳۷	۱۴۱۴۳	۸۷۳
کامل بدون چراغ	۵۴۱۱۴	۱۰۵۲۹	۱۲۵۴۱	۷۷۴
ناقص بدون چراغ	۶۸۲۸۱	۱۳۲۸۵	۱۵۸۲۵	۹۷۷



الف. میزان آلودگی ایجادشده CO در سناریوها

ب. میزان آلودگی ایجادشده NOx در سناریوها

ج. میزان آلودگی ایجادشده VOC در سناریوها



د. میزان مصرف سوخت در سناریوها

شکل ۷. مقایسه آلاینده‌های ایجادشده و مصرف سوخت در سناریوهای تقاطع‌ها

جدول ٤. مقایسه میانگین آلودگی انواع حالت‌های مدلسازی شده با حالت چراغدار متعارف

سناریوها / تقاطع‌ها	دوربرگردان کامل چراغدار	دوربرگردان ناقص چراغدار	دوربرگردان کامل بدون چراغ	دوربرگردان ناقص بدون چراغ
پژوهش	٤٤,١٩٪ کاهش آلودگی	٣٢,٥٥٪ کاهش آلودگی	٤١,٢٢٪ کاهش آلودگی	٨,١٥٪ کاهش آلودگی
فاطمیه	٥٤,٩٢٪ کاهش آلودگی	١١,٣٩٪ کاهش آلودگی	٢١,٤٣٪ کاهش آلودگی	٠,٨٦٪ کاهش آلودگی

جدول ٥. مقایسه میانگین مصرف سوخت انواع حالت‌های مدلسازی شده با حالت چراغدار متعارف

سناریوها / تقاطع‌ها	دوربرگردان کامل چراغدار	دوربرگردان ناقص چراغدار	دوربرگردان کامل بدون چراغ	دوربرگردان ناقص بدون چراغ
پژوهش	٤٤,٢٪ کاهش آلودگی	٣٢,٥٥٪ کاهش آلودگی	٤١,٢٪ کاهش آلودگی	٨,١٦٪ کاهش آلودگی
فاطمیه	٥٤,٩٪ کاهش آلودگی	١١,٤٪ کاهش آلودگی	٢١,٤٢٪ کاهش آلودگی	٠,٨٥٪ کاهش آلودگی

با توجه به نمودارهای بالا مشاهده می‌شود در تقاطع‌های پژوهش و فاطمیه همه طرح‌های دوربرگردان میانه‌ای (کامل و ناقص، چراغدار و بدون چراغ) نسبت به حالت چراغدار متعارف منجر به کاهش آلودگی هوا و مصرف سوخت شدند. بهترین طرح ازنظر کاهش آلودگی و مصرف سوخت در میان همه سناریوها، طرح دوربرگردان میانه‌ای کامل کنترل‌شده با چراغ راهنمایی است. با در نظر گرفتن جزئیات و حجم ترافیک کلی بیشتر تقاطع فاطمیه نسبت به تقاطع پژوهش (شکل ٤) و نتایج ارائه‌شده در جداول ٤ و ٥ ملاحظه می‌شود که با افزایش نرخ جریان در تقاطع فاطمیه نسبت به تقاطع پژوهش برتری طرح دوربرگردان میانه‌ای کامل چراغدار ازنظر کاهش آلودگی و مصرف سوخت کاملاً افزایش یافته است. در مواقعی هم که با توجه به شرایط هندسی تقاطع مجبور به استفاده از دوربرگردان میانه‌ای ناقص هستیم، دوربرگردان میانه‌ای ناقص چراغدار توصیه می‌شود. میزان آلودگی در محدوده تقاطع برای حالت دوربرگردان میانه‌ای کامل چراغدار در مقایسه با حالت چراغدار متعارف در تقاطع پژوهش حدود ٤٤ درصد و در تقاطع فاطمیه حدود ٥٥ درصد کاهش پیدا کرده است که این خود می‌تواند باعث بهبود قابل‌توجه شرایط زیست‌محیطی اطراف تقاطع شود. همچنین نتایج ارائه‌شده در جداول ٤ و ٥ و نمودارهای شکل ٧ نشان می‌دهد که عملکرد تقاطع دوربرگردان میانه‌ای کامل غیر چراغدار نسبت به دوربرگردان ناقص چراغدار به ازای تمامی شاخص‌های آلودگی و مصرف سوخت مورداستفاده در این تحقیق بهتر بوده است. این نتایج می‌تواند دلالت بر این داشته باشد که ارتقای دوربرگردان‌های میانه‌ای ناقص به دوربرگردان کامل نسبت به چراغدار کردن آنها مؤثرتر بوده و در شرایطی که مقدور است بایستی ابتدا یک دوربرگردان میانه‌ای ناقص غیر چراغدار به دوربرگردان میانه‌ای کامل ارتقا داده شود و سپس چراغدار کردن آن مدنظر قرار گیرد.

٥. نتیجه‌گیری

در این مقاله تقاطع‌های پژوهش و فاطمیه شهر یزد در حالت‌های متعارف (چهارراه چراغدار چهارفازه) و دوربرگردان میانه‌ای کنترل نشده و کنترل‌شده با چراغ راهنمایی در دو حالت کامل (گردش‌به‌چپ تمامی رویکردها در تقاطع حذف‌شده و وسایل نقلیه برای گردش‌به‌چپ از دوربرگردان استفاده می‌کنند) و ناقص (گردش‌به‌چپ دو رویکرد در تقاطع حذف‌شده و فقط وسایل نقلیه در این دو رویکرد برای گردش‌به‌چپ از دوربرگردان استفاده می‌کنند) توسط نرم‌افزار شبیه‌ساز ویزیم شبیه‌سازی شد. تحلیل‌های انجام‌شده با استفاده از آلاینده‌های کربن مونواکسید، نیتروژن اکسید و ترکیبات آلی فرار نشان می‌دهد ازنظر آلودگی ایجادشده و مصرف سوخت در محدوده تقاطع، طرح

دوربرگردان میانه‌ای کامل چراغ‌دار در مقایسه با سایر سناریوها ازجمله تقاطع چراغ‌دار چهارفازه دارای عملکرد بهتری است که علت این موضوع را می‌توان به روانی بیشتر ترافیک و کاهش زمان توقف خودروها در محدوده تقاطع نسبت داد. درمجموع بر اساس نتایج حاصله از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که به‌منظور بهره‌گیری از کیفیت خدمت‌دهی و ظرفیت بالاتر طرح دوربرگردان میانه‌ای کامل چراغ‌دار که در تحقیقی جامع‌تر بر روی عملکرد این تقاطع‌ها مورد تأیید قرار گرفته است، می‌توان استفاده از این طرح را به‌عنوان یک گزینه جدی در تقاطع‌های شهری مدنظر قرار داد.

٦. پی‌نوشت‌ها

1. Unconventional
2. Median U-Turn
3. Vissim
4. Aimsun
5. Paramix
6. Carbon monoxide
7. Nitrogen oxide
8. Volatile organic compound
9. Lim et al.
10. Moustafa et al.
11. Liao et al.
12. Analytical Fuel Consumption Model
13. Yingying et al.
14. Ibrahim Hashem et al.
15. SYNCHRO

٧. مراجع

- فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، ١٣٩٢، "ارزیابی اثر زمان‌بندی هوشمند تقاطع‌ها بر جریان ترافیک و آلودگی هوای شبکه‌های ترافیکی درون‌شهری"، شماره ٢٩، ١٤ صفحه.

- ترازنامه هیدروکربوری کشور سال ١٣٩٤، ١٣٩٦، معاونت برنامه‌ریزی وزارت نفت، ٥٨٥-٦٥٣.

- مرکز تحقیقات مهندسی دانشگاه یزد، ١٣٨٩، "گزارش فاز یکم مطالعات ترافیکی و اصلاح هندسی تقاطع چهارراه فاطمیه، مشاور: مرکز تحقیقات مهندسی دانشگاه یزد، گروه مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک، کارفرما: شهرداری یزد.

- حسین وکیلی، ١٣٩٧، "تأثیر چراغ‌دار کردن دوربرگردان‌های میانه‌ای بر عملکرد ترافیکی آنها"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشکده عمران، دانشگاه یزد.

- P. Group, 2018, "PTV Vissim 10 User Manual," PTV AG, Karlsruhe, German.

- Piraino F, Aina R, Palin L, Prato N, Sgorbati S, Santagostino A, et al. "Air quality biomonitoring: assessment of air pollution genotoxicity in the Province of Novara (North Italy) by using Trifolium repens L. and molecular markers", 2006, Science of The Total Environment, 372(1):350-59.

- WHO. Health aspect of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Bonn, Germany, 2006, World Health Organization.

- Journal of Toxicology and Environmental Health, 2005, The global burden of disease due to outdoor air pollution, 68(13-14):1301-307.

- Lim S, Vos T, Flaxman A, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani H. "A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: A systematic analysis for the global burden of disease study 2010". Lancet 2012; 380(9859); 2224-2260.

- Mustafa. S, Mohammed. A, Vougias. S, "Analysis of Pollutant Emissions and Concentrations at Urban Intersections", 1993, Institute of Transportation Engineers, Compendium of Technical Papers.

- Liao. Y, Machemehl. B, "Fuel Consumption Based Optimal Traffic Signal Timing," 1995, TRF Annual Meeting Proceedings, (37), 527-544.

- Journal of transportation systems engineering and information technology, 2009, "Assessing Effect of Traffic Signal Control Strategies on Vehicle Emissions",Vol. 9.

- Moustafa S,Aly Hatem M, Abdel-Latif, Abd El-Zhaher E, Mostafa, 1998, "Criteria for

Transforming Signalized Intersection to U-Turn Movement".
- International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2017, "Evaluation Of Operational And Environmental Performance Of Median U-Turn Design Using Microsimulation", 7(1): 37-51.
- Michigan Department of Transportation, 1993، "Geometric Design Guide 670,".
- American Association of State Highway and Transportation Officials, 2013, "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 6th Edition, 2011, November 2013 Errata", AASHTO.