

ارزیابی عملکرد ترافیکی تبدیل تقاطع همسطح چهارراهی چراغ‌دار به توربو میدان

(مطالعه موردی: بررسی چهارراهی چراغ‌دار مسجد جامع شهر نور)

زاهده معلمی (مسئول مکاتبات)، کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران - حمل و نقل، دانشگاه شمال، آمل، ایران

فرشیدرضا حقیقی، عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران

امیر ایزدی، عضو هیئت علمی دانشگاه شمال، آمل، ایران

E-mail: Zahede_moallemi@yahoo.com

چکیده

هر تقاطع محل تلاقی دو یا چند معبر است که بر اساس ایجاد تسهیلات مناسب تردد و گاه تجهیزات کنترل، مدیریت می‌شود. مدیریت کنترل حمل و نقل و ترافیک در تقاطع‌ها بسیار مهم و حساس است و باعث عملکرد صحیح کل شبکه می‌گردد. در این تحقیق به بررسی و ارزیابی عوامل تحلیل جریان ترافیک در تبدیل تقاطع همسطح چهارراهی چراغ‌دار به توربو میدان در شهر نور استان مازندران پرداخته شده است. در تجزیه و تحلیل اطلاعات به وسیله شبیه‌سازی ترافیکی در نرم‌افزار AIMSUN دو سناریو شامل ۱- سناریو وضع موجود و ۲- سناریو توربو میدان مورد بررسی قرار گرفت و بررسی طرح هندسی مطابق با شرایط هر تقاطع ارائه شد. شاخص‌های تحلیل جریان ترافیک و ارزیابی عملکرد و کارایی تقاطع‌های مورد بررسی شامل (۱- زمان تأخیر، ۲- تراکم، ۳- سرعت، ۴- زمان توقف و ۵- زمان سفر) بودند. نتایج تحقیق نشان داد که در تبدیل این تقاطع به توربو میدان، افزایش کارایی و عملکرد در تقاطع مشاهده شده است. تبدیل تقاطع چراغ‌دار چهارراهی مسجد جامع نور با تبدیل شدن به توربو میدان تغییرات قابل توجهی در کاهش زمان تأخیر (۹۱،۹٪) و تراکم (۶۵،۸۳٪)، زمان توقف (۹۸،۷۵٪)، زمان سفر (۶۳،۳۴٪) و افزایش سرعت (۸۸،۲۴٪) داشته است. این تغییرات با توجه به حذف چراغ راهنمایی قابل انتظار بوده است. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از توربو میدان می‌تواند موجب افزایش عملکرد و کارایی تقاطع در محیط‌های شهری شود.

واژه‌های کلیدی: توربو میدان، عملکرد تقاطع، تقاطع همسطح چهارراهی، شبیه‌سازی ترافیکی

۱. مقدمه

میدانی جدید با توجه به شرایط ترافیکی شهر نور در استان مازندران و مقایسه با نتایج مطالعات مشابه است.

۲. مفاهیم پژوهش

۲-۱ میدان توربو

میدان توربو یک میدان چند خط با خطوط عبور جدا از هم و ماریجی است که در آن کاربران راه باید قبل از ورود به میدان خط عبور درست را به منظور ترک آن در مسیر مورد نظر انتخاب کنند. ویژگی‌های اصلی میدان توربو عبارت‌اند از:

۱. در مقابل حداقل یک ورودی، دو خط عبور قرار داده شود؛
۲. ترافیک نزدیک شونده به میدان، حداقل در یک شاخه باید حق تقدم را برای ترافیک دو خط عبور و نه بیش از آن رعایت کند؛
۳. عدم وجود برخورد‌های تداخلی و برشی و جریان روان در میدان به واسطه کاربرد صحیح مسیر ماریجی؛
۴. جداکننده‌های برآمده قابل عبور خطوط، رانندگان ناشکیبا را از برش خطوط در میدان بازمی‌دارد؛
۵. هر قسمت از میدان شامل یک دور انتخاب است که در آن ترافیک می‌تواند انتخاب کند که به دور زدن ادامه دهد یا خارج شود؛
۶. حداقل دو شاخه خروجی دارای دو خط عبور است؛
۷. قطر میدان کوچک باقی مانده است؛
۸. شاخه‌های تقاطع با زاویه قائم به میدان متصل شده‌اند؛
۹. حفاظ‌های میدان، دید در افق را قطع می‌کنند؛
۱۰. پیش‌بند قابل عبور، عرض کافی برای استفاده وسایل نقلیه طولی را فراهم می‌کند.

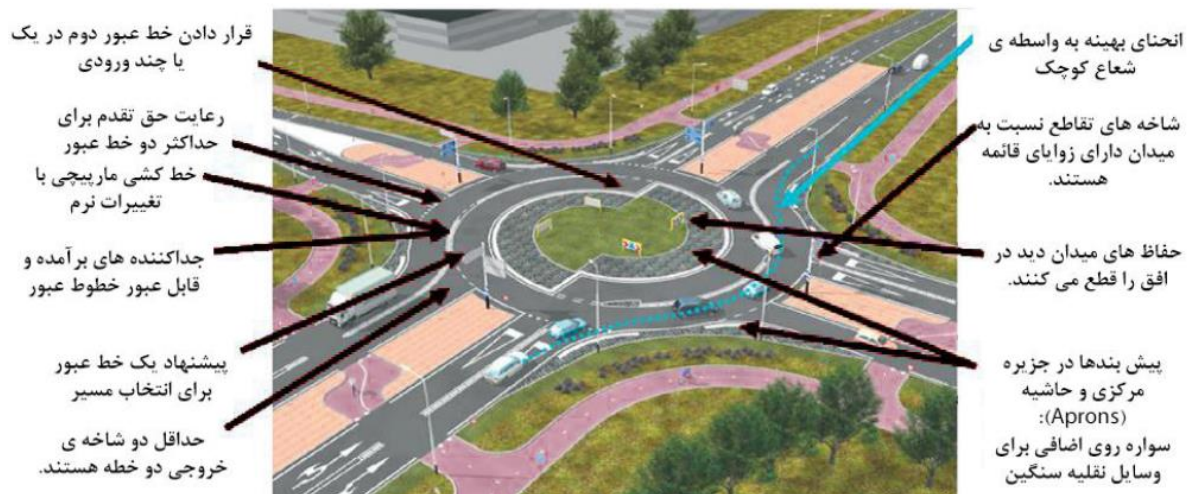
شکل ۱، خصوصیات میدان توربو را نشان داده است.

تقاطع محل تلاقی دو یا چند معبر است که بر اساس ایجاد تسهیلات مناسب تردد و گاه تجهیزات کنترل، مدیریت می‌شود. تقاطع‌های همسطح به علت مشکلاتی مانند وجود تداخل‌های ترافیکی قابل توجه، وجود الزام به انواع روش‌های کنترل، کاهش سرعت در محدوده آن، افزایش تراکم‌های ترافیکی و راهبندان و ... به‌عنوان گره‌های ترافیکی شناخته می‌شوند. مدیریت کنترل حمل‌ونقل و ترافیک در تقاطع‌ها بسیار مهم و حساس است که باعث عملکرد صحیح کل شبکه می‌گردد. انتخاب نامناسب نوع تقاطع می‌تواند موجب افزایش مشکلات ترافیکی بسیاری در کل شبکه معابر شود، بنابراین انتخاب تقاطعی با عملکرد ترافیکی مناسب حائز اهمیت است. برای یک تقاطع معمولاً گزینه‌های متعددی از نظر شکل و فرم هندسی و نحوه کنترل نظیر تقاطع چراغ‌دار، تقاطع کانالیزه بدون چراغ، میدان، میدان چراغ‌دار و تقاطع غیرهمسطح مطرح می‌شود.

یکی از انواع تقاطع‌های شهری، میدان است. در این تحقیق بررسی نوعی جدید از تقاطع‌های میدانی به نام توربومیدان مورد بررسی است. این میدان با نوع طرح هندسی به‌خصوص و کنترل‌های انتخاب مسیر پیش از ورود به میدان و داخل آن موجب کاهش قابل توجه تداخل‌ها شده که موجب بهبود عملکرد از نظر ظرفیت را نشان داده است. هدف از انجام تحقیق نیز ارزیابی اثر تبدیل انواع تقاطع‌های شهری به توربومیدان‌ها و بررسی میزان بهبود عملکرد تقاطع بر اساس شبیه‌سازی است. در این راستا بررسی طرح هندسی توربو میدان بر اساس شرایط وضع موجود تقاطع، مورد مطالعه و نیز تجزیه و تحلیل جریان ترافیک در محدوده تقاطع مورد نظر است. هدف اصلی تحقیق بررسی میزان تغییرات عملکرد ترافیکی تقاطع همسطح چهارراهی ناشی از تبدیل شدن به توربو میدان به‌عنوان یک تقاطع

ارزیابی عملکرد ترافیکی تبدیل تقاطع همسطح چهارراهی چراغ‌دار به توربو میدان (مطالعه موردی: بررسی چهارراهی چراغ‌دار

مسجد جامع شهر نور)



شکل ۱. خصوصیات طرح یک توربو میدان

۳. ادبیات پژوهش

در ادامه به برخی از مطالعات و تحقیقات علمی در رابطه با توربو میدان و اثرات تبدیل تقاطع‌ها به توربو میدان پرداخته شده است.

جدول ۱. جمع‌بندی نتایج مطالعات گذشته

ردیف	نویسنده	سال	موضوع	روش	نتایج
مطالعات داخلی					
۱	رحیم اف	۱۳۹۶	تحلیل و ارزیابی فنی تبدیل میدان‌های دوخطه متداول به توربو میدان‌ها در میدان گمرک بندر انزلی	شبیه‌سازی ترافیکی در AIMSUN	توربو میدان پیشنهادی سطح سرویس را در وضع موجود از F ارتقا داده است. همچنین تداخل‌ها را به حداقل ممکن کاهش داده و معیارهای متوسط زمان تأخیر به میزان ۳٪، حجم عبوری به میزان ۱۴٪، چگالی به میزان ۳۵٪، متوسط زمان سفر به میزان ۸٪، کل زمان سفر به میزان ۳۳٪ و کل سفر به میزان ۳۴٪ کاهش داشته است. سبب افزایش شعاع گردش‌ها است.
۲	شهبخش و ذوقی	۱۳۹۵	مقایسه با تقاطع‌های همسطح	مقایسه عملکردی تقاطع‌ها و آنالیز عملکردی میدان‌ها در میدان‌ها به لحاظ ایمنی از طریق انجام فرآیند مقایسه‌ای زوجی به روش تصمیم‌گیری چند معیاره AHP	عوامل اصلی رخداد تصادف در تقاطع‌های همسطح شهری شناسایی و میزان اثر هر یک از این عوامل در رخداد تصادف وزن دهی شده است. همچنین، ارائه یک مدل ریاضی با در نظر گرفتن معیارهای هندسی و ترافیکی طراحی پرداخته شده و پارامترهای اصلی و اثرگذار بر عملکرد ایمنی میداندین در قالب این مدل ارائه شده است.

ردیف	نویسنده	سال	موضوع	روش	نتایج
۳	شیرمحمدی و مظاهری	۱۳۹۳	تجزیه و تحلیل ظرفیت و ایمنی میدان‌های توربو	استفاده از منابع HCM 2010 و FHWA 2000	تحلیل ظرفیت و عملکرد میدان‌های مختلف و توربو میدان و در نهایت به نحوه طراحی این میداين پرداخته شده است.
۴	سهام	۱۳۹۳	تحلیل ظرفیت و تأخیر در میدان‌های شهری و مقایسه آن با تقاطع‌های همسطح	برای تحلیل میدان از نرم‌افزار سیدرا و برای تحلیل تقاطع از نرم‌افزار HCS بر اساس مبانی نظری HCM استفاده شد.	مشخصات هندسی تقاطع‌ها هرکدام در نرم‌افزار مدل شده و ظرفیت و تأخیر در آن‌ها به دست آمد. پس‌از آن با طرح میدان فرضی بر روی هر تقاطع ظرفیت و تأخیر در حالت میدان نیز به دست آمدند.
۵	عبدی	۱۳۹۲	مقایسه عملکرد توربو میدان‌ها نسبت به میدان‌های معمولی	شبیه‌سازی در نرم‌افزار AIMSUN	نتایج تحقیق نشان داده است که ۷٫۵٪ جریان ترافیک افزایش و ۳۵٪ زمان سفر کاهش در توربو میدان نسبت به میدان‌های دوخطه متداول رخ داده است.
مطالعات خارجی					
۶	گاللی	۲۰۱۹	بهبود ایمنی تبدیل میدان‌های استاندارد به توربو میدان‌ها از طریق شبیه‌سازی	ارزیابی تداخل‌های ترافیکی SAAM و شبیه‌سازی VISSIM	سناریوهای میدان و میدان توربو شبیه‌سازی و با مدل SAAM مقایسه ایمنی شدند. نتایج و روند تحقیق معیاری برای ارزیابی عملکرد و ایمنی دو میدان مورد مطالعه شده است.
۷	الصالح	۲۰۱۸	بررسی سه نوع میدان توربو، فلاور و میدان معمولی سستی در جردن	ارزیابی ایمنی SAAM و شبیه‌سازی میکرو در VISSIM	میدان‌های توربو دارای بالاترین ظرفیت، کمترین تأخیر و بهترین سطح سرویس در مقایسه با میدان فلاور و میدان معمولی سستی را دارا هستند، علاوه بر این، میدان فلاور ممکن است سطوح ایمنی بالاتر از توربو میدان و میدان معمولی سستی را ارائه دهد.
۸	گردوسکا	۲۰۱۶	ارزیابی عملکرد توربو میدان	بررسی عملکرد توربو میدان با نرم‌افزار SIDRA تجزیه و تحلیل با شبیه‌سازی در VISSIM و مدل تحلیلی Brilon & Wu	با پارامترهای ورودی، میدان توربو نتایج بهتر در مقایسه با تقاطع‌های موجود ارائه داده است و بنابراین، بازسازی تقاطعات مورد نظر در تحقیق توجیه یافته است.
۹	تولازی	۲۰۱۶	مقایسه چهار نوع میدان شامل فلاور، تارگت، فور-فلای اور و توربو	تجزیه و تحلیل ظرفیت و عملکرد	میدان‌های جایگزین مورد مطالعه بر اساس مدل تأخیر مورد بررسی قرار گرفتند همگی توانستند نسبت به میدان‌های استاندارد با دو خط عبوری ظرفیت عملکردی بیشتری را نشان دهند.
۱۰	گاللی	۲۰۱۶	بررسی تبدیل میدان‌های دوخطه به میدان‌های توربو	شبیه‌سازی در VISSIM	معیارهای مورد بررسی شامل جریان ترافیک، سرعت و طول صف بوده است. نتایج تبدیل میدان‌های دوخطه به توربو میدان موجب افزایش ظرفیت و کاهش توأم طول صف بوده است.

ارزیابی عملکرد ترافیکی تبدیل تقاطع همسطح چهارراهی چراغ‌دار به توربو میدان (مطالعه موردی: بررسی چهارراهی چراغ‌دار

مسجد جامع شهر نور)

ردیف	نویسنده	سال	موضوع	روش	نتایج
۱۱	مارائو	۲۰۰۹	تحلیل مقایسه‌ای میدان‌های روش آلمانی به منظور تحلیل در چند خطه با توربو میدان‌ها	نرم‌افزار (Kreisel)	ظرفیت‌های کل توربو میدان، در شرایط اشباع و غیراشباع، در اغلب موارد، بالاتر از ظرفیت کلی تقاطعات است. در بسیاری از شرایط تحلیل عملی مهم، تأخیرها برای میدان توربو نسبت به میدان‌های معمولی، به ویژه برای جریان‌های ترافیکی بالا در خطوط دایره مرکزی، کمی کمتر بود.

۴. روش پژوهش

در این تحقیق ابتدا به بررسی ادبیات تحقیق شامل مبانی نظری و مطالعات گذشته پرداخته شده است. سپس انتخاب تقاطع‌های مختلف در برخی از شهرهای استان مازندران، شناخت محدوده مورد مطالعه و گردآوری اطلاعات ترافیکی مدنظر است. در ادامه طرح هندسی توربو میدان‌ها در تقاطع‌ها بر اساس آیین‌نامه طراحی هندسی راه نشریه ۴۱۵ و همچنین بهره‌گیری از آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری و نیز استاندارد تقاطع‌های همسطح نشریه ۱۴۵-۱ تا ۳ صورت پذیرفته است. تجزیه و تحلیل اطلاعات در نتیجه شبیه‌سازی ترافیکی در نرم‌افزار AIMSUN مورد بررسی است.

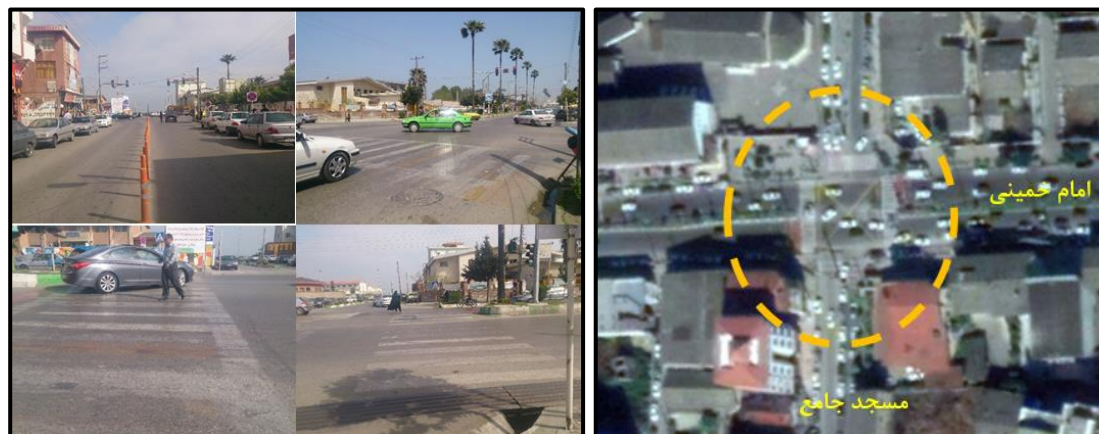
محدوده مورد مطالعه در این تحقیق یک تقاطع که به صورت چهارراه چراغ‌دار است، انتخاب گردید و تبدیل یک چهارراه چراغ‌دار به توربو میدان و بررسی اثرات آن انجام پذیرفته است. تقاطع چهارراهی چراغ‌دار در شهر نور انتخاب شده است.

۵. تحلیل داده‌ها

۵-۱ شناخت محدوده مورد مطالعه (چهارراه چراغ‌دار

مسجد جامع در شهر نور)

تقاطع امام خمینی- مسجد جامع در شهر نور یک تقاطع چهارراهی با چراغ راهنمایی است. این تقاطع از برخورد بلوار امام خمینی، خیابان مسجد جامع و خیابان تأمین اجتماعی به وجود آمده است. شکل ۲ نمایی از این تقاطع را نشان داده است.



شکل ۲. چهارراه چراغ‌دار مسجد جامع شهر نور

۲-۵ گردآوری اطلاعات

۱-۲-۵ نقشه برداری از محدوده‌های مورد مطالعه

به منظور طرح هندسی توربو میدان و ارزیابی تحلیلی‌های آتی آن نسبت به وضع موجود، نقشه برداری از محدوده تقاطع‌های مورد مطالعه انجام شده و نقشه خام محیط تقاطع‌ها برای ارائه طرح هندسی میدان توربو گردآوری شد.

۲-۲-۵ گردآوری اطلاعات حجم تردد وسایل نقلیه در

تقاطع‌ها

از بین فاکتورهای ترافیکی آنچه می‌توان از برداشت میدانی به دست آورد که نیاز اصلی در شبیه‌سازی ترافیکی است، آمار حجم تردد وسایل نقلیه موتوری است. سایر پارامترهای ترافیکی از کالیبراسیون شبیه‌سازی در نرم‌افزار AIMSUN قابل محاسبه و از نتایج خروجی شبیه‌سازی قابل ارائه است. بدین منظور آمار تردد وسایل نقلیه برای تقاطع مورد مطالعه (چهارراه چراغ‌دار مسجد جامع در شهر نور) برای انواع وسایل نقلیه شمارش شد.

جریان آمدو شد شهری در شبکه ارتباطی شهر در طول شبانه‌روز دارای نوسانات زیادی است. حجم این نوسانات از شهری به شهر دیگر متغیر است و چگونگی تغییرات آن در طول ۲۴ ساعت شبانه‌روز معمولاً به اندازه شهر، نوع ترافیک، محل شمارش ترافیک، گنجایش شبکه، ناهمزمانی ساعت کار ادارات و مدارس، عوامل اجتماعی، روزهای مختلف هفته، ماه‌های مختلف سال و کیفیت هوا بستگی دارد. برای بررسی میزان حجم ترافیک تقاطع‌های مورد بررسی از روش آمار برداری دستی استفاده شده است. این آمارگیری برای در آبان ماه ۱۳۹۷ از ساعت ۶ صبح الی ۲۱ شب به صورت پیوسته توسط افراد آگاه به آمارگیری انجام شده است. در این آمارگیری علاوه بر شمارش تعداد وسایل نقلیه، نوع آن‌ها و جهت حرکت هر یک از وسایل نقلیه نیز مشخص گردیده است. آمارهای خام در هر حرکت با استفاده از ضرایب تبدیل به واحد خودروهای مسافری (جدول ۲) به معادل سواری تبدیل شده است. همچنین جدول ۳، نتایج حجم تردد معادل سواری را برای هر تقاطع نشان داده است.

جدول ۲. ضریب معادل سواری برای جاده‌های درون‌شهری

ردیف	نوع وسیله نقلیه	راه‌های درون‌شهری	
		دو خطه	چهار خطه
۱	تاکسی	۱/۴	۱/۱
۲	سواری	۱	۱
۳	وانت - نیسان	۱/۳	۱/۱
۴	دوچرخه	۰/۳	۰/۷
۵	موتورسیکلت	۰/۵	۰/۷
۶	مینی‌بوس	۲/۵	۱/۵
۷	اتوبوس	۴	۲/۵
۸	خاور	۲	۱/۳
۹	کامیون	۴	۳
۱۰	تریلی	۷	۵
۱۱	ون	۲	۱,۵

مأخذ: حاجی حسینلو، ۱۳۹۱

ارزیابی عملکرد ترافیکی تبدیل تقاطع همسطح چهارراهی چراغ‌دار به توربو میدان (مطالعه موردی: بررسی چهارراهی چراغ‌دار مسجد جامع شهر نور)

جدول ۳. حجم تردد معادل سواری در ساعت اوج ترافیک تقاطع چراغ‌دار چهارراهی مسجد جامع نور

ردیف	جهت جریان	حجم وسیله نقلیه معادل	درصد
۱	شرق به غرب	۱۵۸۳	۳۸,۶
۲	غرب به شرق	۱۸۰۶	۴۴,۰۲
۳	شمال به جنوب	۱۶۲	۳,۹۵
۴	جنوب به شمال	۵۵۱	۱۳,۴۳
	جمع	۴۱۰۲	۱۰۰

شماره جریان	جریان ۱	جریان ۲	جریان ۳	جریان ۴	جریان ۵	جریان ۶
حجم	۹۷	۱۳۵۰	۵۰	۸۶	۶۶	۸۷
شماره جریان	جریان ۷	جریان ۸	جریان ۹	جریان ۱۰	جریان ۱۱	جریان ۱۲
حجم	۳۸۳	۱۵	۱۸۹	۱۵۵۵	۱۰	۵۲
شماره جریان	جریان ۱۳	جریان ۱۴	جریان ۱۵	جریان ۱۶		
حجم	۱۸	۶۵	۷۷	۲		

مأخذ: نگارنده

۳-۵ تجزیه و تحلیل اطلاعات (سناریوهای شبیه‌سازی تقاطع)

در این بخش به تجزیه و تحلیل تحقیق به روش شبیه‌سازی ترافیکی AIMSUN برای محدوده تقاطع چهارراهی چراغ‌دار در شهر پرتدد نور در استان مازندران و به شرح ذیل پرداخته شده است:

- ارائه طرح هندسی توربو میدان برای هر یک از تقاطع‌های مورد بررسی.
- ارزیابی و تجزیه و تحلیل جریان ترافیک در شرایط وضع موجود هر یک از تقاطع‌های مورد بررسی با شبیه‌سازی میکرو (سناریو ۱).
- ارزیابی و تجزیه و تحلیل جریان ترافیک در شرایط توربو میدان در هر یک از تقاطع‌های مورد بررسی با شبیه‌سازی میکرو (سناریو ۲).

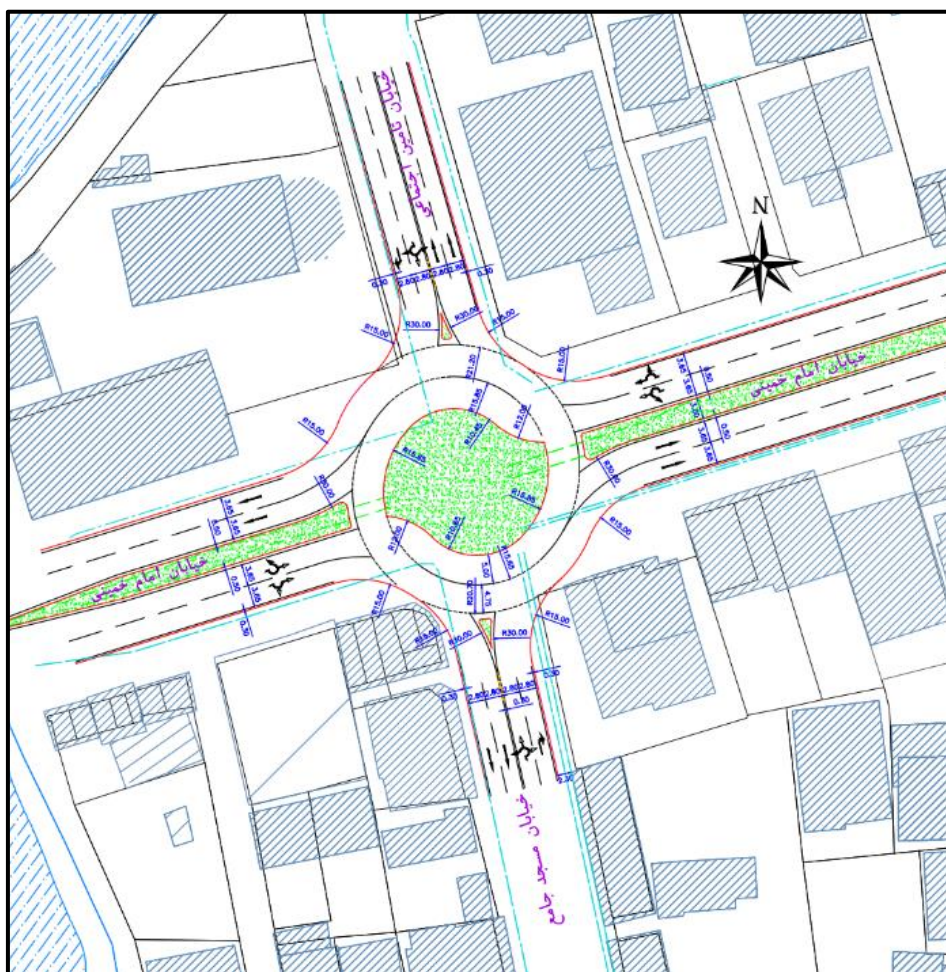
به منظور بررسی برتری طرح‌ها و سناریوهای مختلف نسبت به یکدیگر، فاکتورهای تحلیل جریان ترافیک که به عنوان معیارهای سنجش می‌توان از آن‌ها استفاده نمود. فاکتورهای شبیه‌سازی به منظور مقایسه سناریوهای مختلف شامل:

۱- تراکم متوسط، ۲- سرعت میانگین، ۳- زمان سفر، ۴- زمان تأخیر و ۵- زمان توقف هستند.

۳-۵-۱ طرح هندسی توربو میدان در تقاطع چراغ‌دار

(مسجد جامع نور) - مسجد جامع نور

با بررسی وضع موجود و عوارض طبیعی و کاربری‌ها در منطقه مورد مطالعه گزینه طرح هندسی توربو میدان برای چهارراهی چراغ‌دار مسجد جامع نور بر اساس ضوابط مبانی نظری مطرح شده در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۳. طرح هندسی توربو میدان برای تقاطع چهارراهی چراغدار مسجد جامع شهر نور

وضع موجود شده است که نتیجه آن زمان تأخیر و تراکم بالا و در نتیجه افت سطح سرویس به حالت F در این سناریو است. با توجه به این موضوع، طرح هندسی جدیدی برای شبیه‌سازی سناریو میدان توربو در تقاطع مورد بررسی ارائه شد که در آن تعداد باندهای شاخه‌های ورودی اصلی به میدان توربو به ۳ باند و نیز تعداد باندهای گردشی مربوط به عبور مستقیم به دو باند افزایش یافته است.

۵-۳-۲ شبیه‌سازی تقاطع چراغدار چهارراهی (مسجد

جامع نور) - سناریو ۱- وضع موجود

این سناریو به تجزیه و تحلیل وضع موجود ترافیک در تقاطع میدان چهارراهی پرداخته است. پس از مرحله ترسیم شبکه معابر، بر اساس برداشت احجام تردد وسایل نقلیه برحسب معادل

طرح هندسی توربو میدان بر اساس پیشنهادهای مطالعات گذشته برای میدان‌های دوخطه ارائه شده است؛ اما بر اساس شرایط هندسی موجود در محدوده تقاطع مورد بررسی و وجود تعداد خطوط بالا (۳ یا ۴ باند در شاخه‌های اصلی تقاطع‌ها در وضع موجود) و نیز حجم بالای تردد عبور کننده در تقاطع‌ها و حجم کم حرکت‌های گردشی به دور میدان نسبت به احجام عبور کننده، ارائه دو خط گردشی به دور میدان توربو و نیز دو خط در شاخه‌های ورودی به تقاطع‌های میدان توربو نتوانسته پاسخگوی حجم بالای ورودی به تقاطع‌ها در ساعات اوج باشد.

نتایج شبیه‌سازی در حالت میانگین حاکی از آن است که با توجه به طرح دو خطه بودن میدان و شاخه‌های ورودی آن و اختلاف حداقل یک باند حرکتی به خصوص در رابطه با جریان‌های عبوری موجب کاهش ظرفیت قابل توجه تقاطع نسبت به شرایط

ارزیابی عملکرد ترافیکی تبدیل تقاطع همسطح چهارراهی چراغ‌دار به توربو میدان (مطالعه موردی: بررسی چهارراهی چراغ‌دار

مسجد جامع شهر نور)

نتایج شبیه‌سازی در حالت میانگین برای سناریو میدان توربو در تقاطع چراغ‌دار چهارراهی نشان می‌دهد.

جدول ۵. نتایج شبیه‌سازی توربو میدان تقاطع چراغ‌دار چهارراهی

(مسجد جامع نور) در حالت میانگین

مقدار	واحد	معیار تحلیل جریان ترافیک
۱۳	(seconds/km)	زمان تأخیر
۱۲/۴۲	(veh/km)	تراکم
۴۰/۸۳	(km/h)	سرعت
۱/۷۲	(seconds/km)	زمان توقف
۹۰/۳۰	(seconds/km)	زمان سفر

۶. نتیجه‌گیری

در این تحقیق علاوه بر طرح هندسی میدان‌های توربو برای تقاطع مورد بررسی، آمار تردد ترافیکی برای ساعت اوج به صورت معادل سواری در نرم‌افزار شبیه‌سازی برای سناریوهای مختلف وضع موجود و میدان توربو برای محدوده مورد مطالعه بارگذاری و تجزیه و تحلیل شد. شاخص‌های تحلیل جریان ترافیک (شامل: زمان تأخیر، تراکم، سرعت، زمان توقف و زمان سفر) نیز برای هر سناریو مورد بررسی قرار گرفته شد و به بررسی و ارزیابی عوامل تحلیل جریان ترافیک در تبدیل تقاطع‌های همسطح چراغ‌دار به توربو میدان در شهر نور واقع در استان مازندران پرداخته شده است. بدین منظور بر اساس مطالعات گذشته به شناسایی شاخص‌های اثرگذار بر جریان ترافیک پرداخته شده و اطلاعات حاصل از نقشه‌برداری و تردد شماری احجام وسایل نقلیه گردآوری و در نرم‌افزار شبیه‌ساز AIMSUN شبیه‌سازی شده است و نتایج شبیه‌سازی برای سناریوهای وضع موجود و سناریو توربو میدان برای تقاطع مورد بررسی در جدول ۶ ارائه شده است.

سواری، بارگذاری حجم تردد در شبکه معابر تقاطع مورد نظر اقدام پذیرفته است.

لازم به ذکر است که به منظور کالیبراسیون دقیق با محیط وضع موجود، علاوه بر کالیبره سازی رفتار رانندگی، محدودیت حداکثر سرعت متوسط در شبکه معابر محیط شبیه‌سازی نیز تنظیم شده است. به طوری که در نرم‌افزار AIMSUN به طور پیش فرض بر اساس نوع شبکه معابری که طرح می‌شود، سرعت‌های تردد در این شبکه معابر انتخاب می‌شوند، برای مثال برای معابر شهری سرعت ۵۰ کیلومتر بر ساعت به طور پیش فرض تنظیم شده است. این در حالی است که برای معابر تقاطع‌های مورد بررسی، سرعت تردد پایین‌تر از این مقدار مشاهده شده است. به منظور ارزیابی و تعیین سرعت متوسط در معابر مختلف شاخه‌های تقاطع و نیز در داخل محیط تداخلی تقاطع‌ها از روش خودرو متوسط^۱ استفاده شده است. در جدول ۴ نتایج شبیه‌سازی وضع موجود تقاطع چراغ‌دار چهارراهی (مسجد جامع نور) در حالت میانگین، ارائه شده است.

جدول ۴. نتایج شبیه‌سازی وضع موجود تقاطع چراغ‌دار چهارراهی

(مسجد جامع نور) در حالت میانگین

مقدار	واحد	معیار تحلیل جریان ترافیک
۱۶۰/۶۸	(seconds/km)	زمان تأخیر
۳۶/۳۵	(veh/km)	تراکم
۲۱/۶۹	(km/h)	سرعت
۱۳۸/۵۹	(seconds/km)	زمان توقف
۲۴۶/۳۵	(seconds/km)	زمان سفر

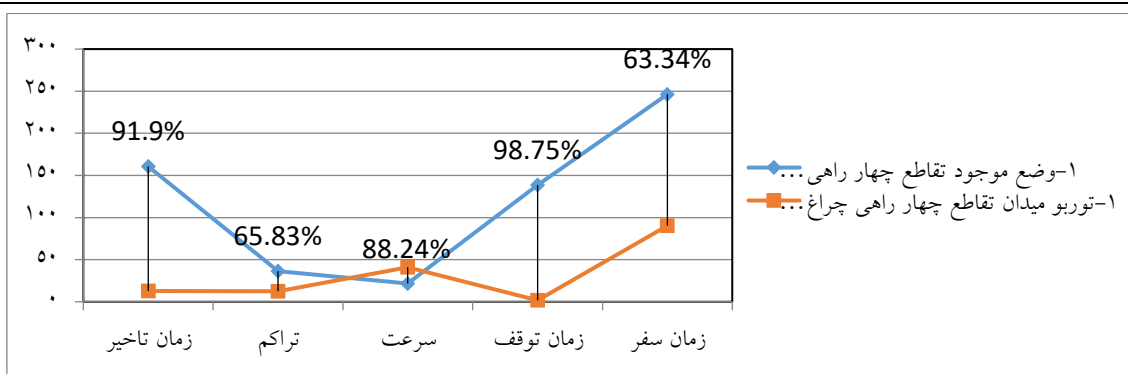
۳-۳-۵ شبیه‌سازی تقاطع چراغ‌دار چهارراهی (مسجد

جامع نور) - سناریو ۲- توربو میدان

این سناریو به تجزیه و تحلیل ترافیک در تقاطع چراغ‌دار چهارراهی، پس از احداث توربو میدان پرداخته است. جدول ۵

جدول ۶. مقادیر شاخص‌های عملکردی سناریوهای مختلف

ردیف	سناریو	زمان تأخیر (ثانیه در کیلومتر)	تراکم (وسيله در کیلومتر)	سرعت (کیلومتر در ساعت)	زمان توقف (وسيله نقلیه) (ثانیه در کیلومتر)	زمان سفر
۱	۱- وضع موجود تقاطع چهارراهی چراغ‌دار (مسجد جامع نور)	۱۶۰/۶۸	۳۶/۳۵	۲۱/۶۹	۱۳۸/۵۹	۲۴۶/۳۵
	۱-توربو میدان تقاطع چهارراهی چراغ‌دار (مسجد جامع نور)	۱۳	۱۲/۴۲	۴۰/۸۳	۱/۷۲	۹۰/۳۰
	نتایج	%۹۱/۹	%۶۵/۸۳	%۸۸/۲۴	%۹۸/۷۵	%۶۳/۳۴
		کاهش	کاهش	افزایش	کاهش	کاهش



شکل ۴. نمودار تغییرات درصد شاخص‌های عملکردی تبدیل تقاطع چهارراهی میدانی به توربو میدان

گردوسکا؛ ۲۰۱۶، گاللی؛ ۲۰۱۹، گیوفری؛ ۲۰۱۲، بولا؛ ۲۰۱۱ و ماراتو ۲۰۰۹ است).

درنهایت می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از توربو میدان می‌تواند موجب افزایش عملکرد و کارایی تقاطع در محیط‌های شهری شود.

۷. پی‌نوشت‌ها

1. Average-Speed Technique

۸. مراجع

- رحیم اف، ک، آفتابی، سعید و محمدرضا، ملک. (۱۳۹۵). تحلیل و ارزیابی فنی تبدیل میدان‌های دوخطه متداول به توربومیدان‌ها مطالعه موردی: میدان گمرک بندرانزلی، شانزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک، تهران، معاونت و سازمان حمل‌ونقل ترافیک.

همان‌طور که از جدول ۶ و شکل ۴ مشاهده می‌شود تقاطع چراغ‌دار چهارراهی مسجد جامع نور با تبدیل شدن به توربو میدان تغییرات قابل‌توجهی در کاهش زمان تأخیر (%۹۱٫۹) و تراکم (%۶۵٫۸۳)، زمان توقف (%۹۸٫۷۵)، زمان سفر (%۶۳٫۳۴) و افزایش سرعت (%۸۸٫۲۴) داشته است. این تغییرات با توجه به حذف چراغ راهنمایی قابل‌انتظار بوده است.

نتایج این تحقیق نشان داده است که تبدیل تقاطع‌های چراغ‌دار به توربو میدان موجب افزایش قابل‌توجه عملکرد افزایش کارایی در تقاطع می‌شود (نتایج این بحث همسو با نتایج مطالعات صفارزاده و همکاران ۱۳۹۲ و هوک؛ ۲۰۱۳ است).

همچنین نتایج تحقیق نشان داد که تبدیل تقاطع چهارراهی چراغ‌دار به توربو میدان می‌تواند موجب کاهش تراکم، بهبود در زمان سفر و زمان توقف شود (نتایج این بحث همسو با نتایج مطالعات گروه رحیم اف؛ ۱۳۹۶، عبدی؛ ۱۳۹۲، گاللی؛ ۲۰۱۶،

مسجد جامع شهر نور)

- Tollazzi, T., Mauro, R., Guerrieri, M. & Rençelj, M. (2016). Comparative Analysis of Four New Alternative Types of Roundabouts: "Turbo", "Flower", "Target" and "Four-Flyover" Roundabout. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 60(1), 51-60.
- Gallelli, V., Iuele, T. & Vaiana, R. (2016). Conversion of a semi-two lanes roundabout into a turbo-roundabout: a performance comparison. *Procedia computer science*, 83, 393-400.
- Mauro, R. & Branco, F. (2009). Comparative analysis of compact multilane roundabouts and turbo-roundabouts. *Journal of Transportation Engineering*, 136(4), 316-322.
- شه بخش، آ و ذوقی، حسن. (۱۳۹۵). آنالیز عملکردی میدان‌ها در مقایسه با تقاطع‌های همسطح در شبکه معابر شهری با ارائه مدل، دومین کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری، تهران، مؤسسه معماری و شهرسازی سفیران راه مهرازی.
- شیرمحمدی، حمید و مظاهری، مهدی. (۱۳۹۳). تجزیه و تحلیل ظرفیت و ایمنی میدان‌های توربو، دومین کنگره بین‌المللی سازه، معماری و توسعه شهری، تبریز، دبیرخانه دائمی کنگره بین‌المللی سازه، معماری و توسعه شهری.
- سهام، ر. رادکیا، س. و حجازی، ج. (۱۳۹۳). تحلیل ظرفیت و تأخیر در میدان‌های شهری و مقایسه آن با تقاطع‌های همسطح، پایان‌نامه. دولتی - وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - دانشگاه شهید چمران اهواز - دانشکده مهندسی.
- عبدی، ع، منجم، س. و مولانایی، ص. (۱۳۹۲). مقایسه عملکرد توربو میدان‌ها نسبت به میدان‌های متداول، کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، سندج.
- Fortuijn, L. (2009). Turbo roundabouts: estimation of capacity. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2130), 83-92.
- Fortuijn, Lambertus G.H. (2013), *Turboronde en turboplein: ontwerp, capaciteit en veiligheid*, TRAIL Thesis Series T2013/1, the Netherlands TRAIL Research School.
- Gallelli, V. & Vaiana, R. (2019). Safety Improvements by Converting a Standard Roundabout with Unbalanced Flow Distribution into an Egg Turbo Roundabout: Simulation Approach to a Case Study. *Sustainability*, 11(2), 466.
- Alsaleh, N. M. & Shbeeb, L. I. (2018). Turbo, Flower and Conventional Roundabouts in Jordan.
- Gredoska, N., Bombol, K. & Nechoska, D. K. (2016). An evaluation of turbo roundabouts performances: case study of the city of Ohrid. *Int J Traffic Transp Eng*, 6(2).