ارزیابی استراتژی رژیم جاده به عنوان یکی از روش‌های مدیریت تقاضا برای وسایل نقلیه غیرموتوری و عابران در مرکز شهرها

مقاله علمی – پژوهشی

شهریار افندی زاده *، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
شهریار اورمزدی خرمشاهی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
حمید بیگدلی‌راد، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: zargari@iust.ac.ir

دریافت: ۱٤۰۳/۰٤/۰۱– پذیرش: ۱٤۰۳/۱۱/۰۱
صفحه ۲۰-۱

چکیده

افزایش جمعیت در شهرهای بزرگ و به تبع آن افزایش تقاضای سفر، موجب نابرابری بین عرضه و تقاضا شده و این امر مشکلات ترافیکی زیادی را برای شیوه‌های مختلف سفر ایجاد می‌کند. به منظور بهبود این شرایط، دو راهکار متداول افزایش عرضه و مدیریت تقاضا وجود دارد. در افزایش عرضه تلاش می‌شود تا با افزایش ظرفیت معابر، تقاضای بیشتری پاسخ داده شود. بر خلاف این رویکرد، در مدیریت تقاضا تلاش می‌شود تا با کاهش حجم تقاضای سفر، حجم تردد در معابر کاهش یابد. یکی از روش‌های پرکاربرد مدیریت تقاضا، روش رژیم جاده است. این روش با کاهش تعداد و عرض خطوط سواره‌رو، به کم شدن مطلوبیت استفاده از خودروهای شخصی کمک کرده و شرایط را برای سایر شیوه‌های سفر بهبود می‌بخشد. در این پژوهش این دو رویکرد مقایسه شده تا اثربخشی هر یک در بهبود شرایط فعلی سنجیده شود. به همین منظور با مطالعه موردی بر روی خیابان امام خمینی شهر اردبیل، سه سناریوی وضع فعلی، افزایش عرضه و رژیم جاده با استفاده از نرم‌افزار Aimsun شبیه‌سازی شده است. نتایج نشان می‌دهد در بهبود شاخص‌های ترافیکی در کوتاه مدت افزایش عرضه و در بهبود ایمنی روش رژیم جاده مناسب‌تر است.

واژه‌های کلیدی: حمل‌ونقل غیرموتوری، ایمنی عابرین، رژیم جاده، مدیریت تقاضا

۱- مقدمه

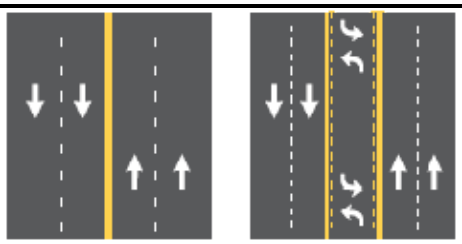
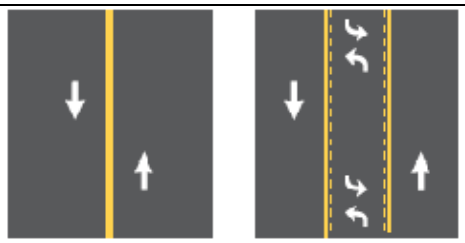
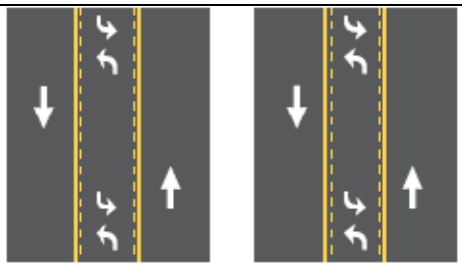
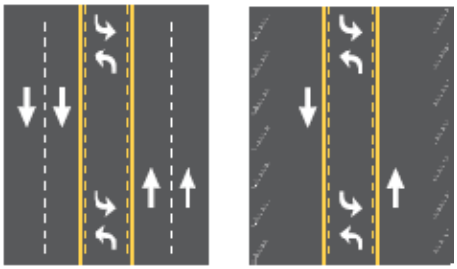
افزایش حجم ترافیک در راه‌های چند خطه جدا نشده موجب کاهش سطح سرویس و ایمنی در این راه‌ها شده است. یکی از مشکلات این راه‌ها، کمبود پیاده‌رو، یکی بودن مسیر دوچرخه با سایر وسایل نقلیه و عبور مشکل از عرض خیابان است. دراین راستا و به منظور افزایش رضایتمندی ساکنین، روشی به عنون رژیم جاده‌ای ابداع شد. رژیم جاده‌ای، حذف برخی خطوط حرکتی و ساماندهی فضای خیابان جهت استفاده سایر مدهای حمل‌ونقل است (Liu et al., 2021). در واقع می‌توان گفت رژیم جاده‌ای، یک روش فنی در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و ترافیک است که به موجب آن تعداد خطوط عبوری و عرض مؤثر مسیر جهت دستیابی به پیشرفت‌های سیستماتیک کاهش می‌یابد. این تغییرات مزایای بسیاری برای انواع مدهای حمل‌ونقل دارد که موتورسواران، عابرین‌پیاده و دوچرخه‌سوارن جزء این دسته هستند (Afandizadeh and Bigdeli Rad, 2021). یکی از معمول‌ترین کاربردهای رژیم جاده‌ای، افزایش ایمنی در خیابان‌های چهارخطه با مسیر رفت و برگشت مجزا است. دراین حالت به جای دو خط حرکتی در هر جهت و درنظر گرفتن چهارخط، با حذف یک خط حرکت در هر جهت، خیابان تبدیل

به یک مسیر دوخطه همراه با یک مسیر دو خطه دو طرفه جهت گردش به چپ می‌گردد (Huang et al., 2019; Abdi et al., 2020). اضافه عرض خیابان را می‌توان به عنوان مسیر دوچرخه، مسیر عابرپیاده، پارکینگ حاشیه‌ای و یا فضای سبز در نظر گرفت. افزایش تعداد تصادفات در معابر شهری و تبعات پس از آن، شامل هزینه‌های زیاد ناشی از تصادفات، مشکلات روحـی و روانی و موارد دیگری که در آینده قابل جبران نیست، لزوم ایمن‌سازی معابر و حفظ سلامت و ایمنی استفاده‌کننـده از آن را بسیار با اهمیت کرده است (Afandizadeh Zargari et al., 2019). یکی از راه‌های اصلی در جهت ایمن‌سازی و افزایش سطح ایمنی در معابر یا جاده‌ها، آرام‌سازی است که امروزه در بسیاری از کشورهای جهان، تلاش‌های گسترده‌ای در امر کنترل و کاهش سرعت و حجم وسایل نقلیه در حال انجام است (Rad et al., 2015). در این جا به روش باریک‌سازی سطح سواره‌رو به عنوان یکی از روش آرام‌سازی ترافیک و همچنین چگونگی روش‌های اجرای آن در فضای شهری در جهت مدیریت ترافیک شهری پرداخته می‌شود. بهبود ایمنی، یک اولویت اصلی برای وزارت حمل‌ونقل ایالات متحده است و اداره راه و ترافیک، همچنان متعهد به کاهش تلفات بزرگراه‌ها و آسیب‌های جدی در جاده‌های کشورشان است. یکی از اقدامات ایمنی انجام شده استفاده از رژیم جاده است. تجربه نشان می‌دهد که بزرگراه‌های چهار خطی داخل شهر، آمار بیش‌ترین برخوردها و تصادفات را دارند. علاوه براین، با افزایش حمل‌ونقل فعال، جوامع تمایل به فضاهای شسته‌ورفته، امکانات عابرپیاده و دوچرخه و گزینه‌های حمل‌ونقل عمومی مناسب دارند. یکی از راهکارهایی که برای همه حالت‌ها سودمند است، یک رژیم جاده‌ای است (Wanjala, 2020). بنابر مطالعه رتینگ، رژیم جاده شامل حذف خطوط سواره‌رو از راه و استفاده از فضا برای استفاده‌های دیگر و حالت‌های دیگر سفر می‌شود. این مطالعه بر روی رایج‌ترین راهکار رژیم جاده یعنی تبدیل یک راه چهارخطه تقسیم نشده به یک مسیر سه‌گانه‌ی متشکل از یک خط عبوری در هر طرف جاده و یک خط وسط مبتنی است. کاهش خطوط اجازه می‌دهد که مقطع جاده‌ای برای استفاده‌های دیگر مانند خطوط دوچرخه، جزایر پناهگاه‌های پیاده، استفاده از حمل‌ونقل همگانی یا پارکینگ اختصاص یابد (Retting, 2017).

سایر روش‌های طراحی رژیم جاده

علاوه بر تغییر یک خیابان چهارخطه به یک خیابان سه‌خطه، مدل‌های دیگری نیز برای رژیم جاده وجود دارد که در جدول (۱) بیان شده است. در بعضی موارد ممکن است نیاز به تخصیص مقطع متقاطع به وسیله تقسیم‌بندی خط ناپایدار (به عنوان مثال دو در یک جهت، و یکی در جهت دیگر)، مسیرهای گردش به چپ، یا ارائه شانه برای استفاده‌های دیگر (مانند پارکینگ، خطوط دوچرخه، پیاده‌رو) اعمال شود. مفاهیم اساسی رژیم‌های جاده هنوز هم اعمال می‌شوند، گرچه در بعضی موارد ممکن است اثرات ایمنی و عملیاتی مختلفی نسبت به رژیم جاده کلاسیک وجود داشته باشد (Stamatiadis and Kirk, 2014). شپرد و می در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که تمرکز پروژه‌های جاده در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹٦۰ بر گسترش سیستم و ظرفیت بود نه کاهش تعداد خطوط. هر زمان و هر کجا که حجم ترافیکی در یک بخش از جاده‌ها بیش‌تر می‌شد و جاده‌های دوخطه کارآمدی خود را از دست می‌دادند، گام بعدی در طراحی جاده در بیش‌تر موارد، افزایش مقطع به چهار خط بود. دراین دوره، هیچ راهنمایی فنی و مهندسی، درنظر گرفتن روش‌هایی مانند رژیم جاده و کاهش تقاضا برای کاهش عرضه را تشویق نمی‌کرد. در نتیجه، جاده‌های چهارخطه در سراسر کشور به هنجار تبدیل شد. برخی ازاین جاده‌ها دارای حجم بالای ترافیکی بوده و نیاز به تقاطع‌های چهار خطه داشتند.

جدول ۱. انواع طرح‌های رژیم جاده (Stamatiadis and Kirk, 2014)

توضیحات	تصویر
تبدیل چهار خط به پنج خط: در برخی موارد لازم است که برای رسیدن به ظرفیت دو خط در هر جهت نگهداری شود. پهنای باریک برای ارائه یک روش مطلوب است و مزایای جداسازی وسایل نقلیه چرخشی و کاهش سرعت عملیات را نشان می‌دهد.	
تبدیل دو خط به سه خط: در صورت افزایش ظرفیت دو مسیر جاده‌ای مورد نظر، در برخی موارد یک مقطع سه خطه می‌تواند منافع عملیاتی مشابهی را برای یک بخش چهار خطه فراهم کند در حالی که مزایای ایمنی راه سه خطه بیش‌تر می‌شود.	
تبدیل سه خط به سه خط: در برخی موارد طراحان می توانند به جای کاهش تعداد خطوط، عرض هر خط را کاهش دهند. تبدیل یک مسیر سه‌خطه موجود به یک قطعه سه‌خطه باخطوط باریک می‌تواند خطوط دوچرخه یا پارکینگ را جایگزین کند و مزایای آرامش بخش ترافیک را فراهم کند.	
تبدل پنج خط به سه خط: در برخی از موارد طراحان با پیکربندی مجدد یک راه پنج‌خطه را به یک راه سه‌خطه کاهش می‌دهند ولی در عوض ویژگی‌هایی مانند پارکینگ مورب و مسیر مخصوص دوچرخه با عرض مناسب فراهم می‌آورند.	

پروژه‌های کاهش خطوط برای سال‌ها به طول انجامید و به سادگی ثبت نشده و مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند. یکی از اولین به کارگیری‌های شناخته شده رژیم جاده‌ای در سال ۱۹۷۹ در بیلینگز، مونتانا رخ داد. در اینجا یک بزرگراه چهارخطه به سه‌خطه تبدیل شده است. عرض راه ٤۰ فوت بود و میانگین ترافیک روزانه تقریباً ۱۰۰۰۰ وسیله نقلیه بود. در یک گزارش منتشر شده که در تعدادی از مطالعات قبلی هم به آن اشاره شده است، نشان دهنده کاهش تصادفات بدون تغییر قابل توجه تأخیر خودرو است. رژیم‌های جاده‌ای در دهه ۱۹۹۰ با محبوبیت زیادی همراه بوده‌اند که در ایالت آیووا، مینه‌سوتا و مونتانا و بسیاری از ایالت‌های دیگر نیز اتفاق می‌افتد. در بعضی موارد، رژیم‌های جاده‌ای در مناطق شهری، مانند سیاتل، واشنگتن و پورتلند برای طراحی اولیه شهری در نظر گرفته شده است (Gates et al., 2007). اوهلم و همکاران مطالعات زیادی در مورد ایمنی رژیم جاده انجام داده‌اند. روش‌های تحلیل ایمنی و قابلیت اطمینان یافته‌ها به طور گسترده‌ای متفاوت است. در برخی از مطالعات، مکان‌های مختلف برای آمار وجود دارد و از روشهای آماری پیشرفته مانند روش بیزی تجربی استفاده شده است تا برآورد

تغییرات در مجموع برخوردها و نرخ تصادفات به طور دقیق محاسبه شود(Ohlms et al., 2020). پاولویچ و همکاران، تجزیه و تحلیل داده‌ها از ۱۵ محل مورد مطالعه جاده آیووا و ۱۵ سایت کنترل در طول ۲۳ سال انجام داده‌اند. حجم ترافیک حدود ۲۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ وسیله نقلیه در روز است. این مطالعه به این نتیجه رسید که یک رژیم جاده‌ای با کاهش ۲/۲۵ درصدی در هر کیلومتر جاده و کاهش ۸/۱۸ درصدی در میزان تصادف، همراه است. در سال ۲۰۱۰، وزارت حمل‌ونقل ایالت متحده آمریکا یک بررسی تجربی از کل برخوردها قبل و بعد از پیاده سازی رژیم جاده را انجام داد. نتایج نشان داد که کاهش قابل توجهی در تصادفات با توجه به درمان رژیم جاده در دو مجموعه داده‌های جداگانه (یک مجموعه داده برای ۱۵ سایت در آیووا و یک مجموعه برای ۳۰ سایت در کالیفرنیا و واشنگتن) رخ داده است. داده‌های آیووا ٤۷ درصد کاهش در کل تصادفات را نشان می‌دهد در حالی که طبق اطلاعات کالیفرنیا و واشنگتن این مقدار تنها ۱۹ درصد کاهش یافته است. ترکیب هر دو مجموعه داده‌ها موجب کاهش ۲۹ درصدی در کل تصادفات می‌شود(Noland et al., 2014). گزارش وزارت حمل‌ونقل ایالت متحده نشان داد که بین سایت‌های آیووا و سایت‌های کالیفرنیا و واشنگتن تفاوت‌هایی وجود دارد. این تفاوت‌ها ممکن است به دلیل ویژگی‌های محیط شهری که در آن رژیم‌های جاده‌ای اجرا شده و همچنین حجم ترافیک مسیرها به وجود آمده باشد. طراحان پیشنهاد دادند اگر محل پروژه پیشنهادشده بیش‌تر شبیه سایت‌های کوچک شهر آیووا باشد، باید ٤۷ درصد کاهش در آیووا مورد استفاده قرار گیرد. اگر محل درمان بخشی از یک جاده در یک حومه شهر بزرگ‌تر باشد، باید از این مقدار ۱۹ درصد استفاده شود. اگر سایت پیشنهادی از هیچ یک تبعیت نکند، انتظار می‌رود تصادفات ۲۹ درصد کاهش یابد. براساس تاریخچه مطالعات ایمنی ارائه شده دراین بخش، نصب یک رژیم جاده می‌تواند منجر به کاهش تصادف مورد انتظار از ۱۹ تا ٤۷ درصد شود. متغیرهایی که اثربخشی ایمنی را تحت تأثیر قرار می‌دهند شامل تاریخچه برخوردهای پیشین، جزئیات قبل و بعد جاده، حجم ترافیک و طبیعت شهری یا روستایی جاده است (Harkey, 2008). اولین خاستگاه ایده رژیم جاده‌ای به سال‌های قبل از ۱۹۸۳ میلادی در ایالات متحده باز می‌گردد. در این سال‌ها تعریض راه‌های دو خطه شهری به چهارخطه تفکیک نشده، باحجم ترافیک بیش از ۹۳۳۳ خودرو در روز راهکاری رایج بود. علاوه بر این، اگر یک جاده چهارخطه جدانشده شاهد یک نرخ غیرقابل قبول تصادفات می‌بود، به عنوان راهکار بهبود ایمنی، یک چهارخطه تفکیک‌شده و یا پنج‌خطه‌ای با قابلیت گردش به چپ برای مسیر پیشنهاد می‌شد. هرکدام از این طرح‌ها با معضلی به نام آزادسازی و تملک زمین‌های حاشیه راه مواجه بوده و توسط بسیاری از صاحبان املاک مجاور به جاده به دلیل اثرات حاشیه‌ای یا تغییر در کنترل دسترسی با مخالفت روبرو می‌شد (Noyce et al., 2006).

جدول۲. نتایج پروژه‌های رژیم جاده

نتایج	افراد و موسسات	سال
عدم تأثیر افزایش باند بر ظرفیت آن، عدم مشاهده افزایش ازدحام	ولچ	۱۹۹۹
مورد استفاده قرار گرفتن رژیم جاده‌ای برای خیابان‌هایی با متوسط ترافیک روزانه ۱۰۰۰۰ مورد	لیو و همکاران	۲۰۲۱
تعریف راهوردهای رژیم جاده‌ای برای اولین بار	نویس و همکاران	۲۰۰٦
کاهش سرعت و فراهم شدن زمان بیش‌تر برای واکنش پیاده و سواره و در نهایت کاهش شدت تصادفات	هرکی	۲۰۰۸
کاهش ۲۰ درصدی در کل تصادفات در خیابان‌های رژیم یافته، کاهش سرعت غیر مجاز	FHWA	۲۰۰٤
اجرای رژیم جاده‌ای با رویکرد زیست‌پذیری	هوانگ و همکاران	۲۰۱۹
برداشت اطلاعات تصادفات در ۲۰ محل در طول یک دوره ۱۰ ساله و درنتیجه کاهش نرخ و تکرار تصادفات	پاولویچ	۲۰۰٦
توسعه پروژه‌های رژیم جاده‌ای	FHWA	۲۰۱۰

وزارت حمل‌ونقل ایالات متحده یک کمپین هجده ماهه برای بهبود ایمنی جاده در سراسر کشور اعلام کرد. یکی از مواردی که در نظر داشت به انجام برساند، تهیه یک راهنمای رژیم‌های جاده بود که آن را بین جوامع و دولت‌های محلی توزیع کند. این وزارت خانه می‌گوید که رژیم‌های جاده می‌توانند تصادفات را به طور متوسط ۲٦ درصد کاهش دهند، و در برخی شهرهای کوچک با روش طراحی مناسب می‌تواند میزان تصادفات را تا نزدیک به نصف کاهش دهد (Trump, 2021). در سال ۱۹٦۹ برنامه حمل‌ونقل شهر ملبورن بر پایه ساخت و توسعه معابر و ایجاد حمل‌ونقل ریلی به طور هم زمان طراحی شده بود. در این برنامه ساخت ۵۱۰ کیلومتر (۳۱۷ مایل) بزرگراه برای کلان شهر ملبورن پیش‌بینی شده بوده، که البته قسمت اعظم آن نیز ساخته شد. در این سال‌ها ۸٦ درصد از بودجه حمل‌ونقل به ساخت معابر و پارکینگ اختصاص یافت و تنها ۱٤ درصد به شیوه‌های دیگر حمل‌ونقل رسید. اما امروزه مسولان حمل‌ونقل شهر ملبورن به این نتیجه رسیده‌اند که افزایش ظرفیت معابر، نه تنها باعث کاهش ترافیک نشده، بلکه منجر به افزایش ترافیک گردیده و اقدامات گذشته خود را بی‌فایده قلمداد کرده‌اند. در نتیجه در برنامه‌های ۵ ساله و ۱۰ ساله و ۲۰ ساله حمل‌ونقلی شهر ملبورن اثری از پروژه‌های ساخت و توسعه معابر دیده نمی‌شود و به جای آن به گسترش و ایجاد زیر ساخت برای حمل‌ونقل عمومی و سایر مدها به خصوص پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری پرداخته شده است. در جولای سال ۲۰۰۸ در ملبورن، جمعی از کارشناسان امور حمل‌ونقل بر اساس مطالعات و تحقیقات، لایحه‌ای به نام آینده حمل‌ونقل ملبورن به دولت ارائه کردند که در ابتدای این لایحه آمده است. مهم‌ترین چالشی که در قرن ۲۱ با آن مواجه هستیم، چالش تغییرات شرایط جوی و آب و هوایی است.

به هرحال اگر قصد بر توسعه زیرساخت های حمل و نقلی می باشد اولویت به ایجاد زیرساخت های حمل و نقل عمومی بالاخص حمل و نقل ریلی می باشد. در بسیاری از موارد توسعه شبکه معابر بزرگراهی در گذشته، مدنظر بوده است که باعث افزایش مطلوبیت وسایل نقلیه شخصی و به تبع ان افزایش ترافیک شده است (Quirk et al., 2013). کارشناسان بر این باور هستند که نه تنها ساخت معابر بیش‌تر کمکی به حل مشکل ترافیک نمی‌کند، بلکه مشکل ترافیک را افزایش می‌دهد و معضل آلودگی هوا را هم حل نمی‌کند (Ameri et al., 2021). آن‌ها خواستار راه‌حل‌های دیگری برای حل مشکل ترافیک هستند. در شهر ملبورن بزرگراهی وجود دارد با نام سیتی لینک که این بزرگراه ۲۲ کیلومتر طول دارد و ما بین سال‌های ۱۹۹٦ تا ۲۰۰۰ ساخته شده است. این بزرگراه طولانی چندین بزرگراه را به هم وصل می‌کند. قبل از افتتاح آن، همه فکر می‌کردند که این بزرگراه مشکل ترافیک شهر ملبورن را حل خواهد کرد اما عده‌ای از کارشناسان قبل از ساخت این بزرگراه بیش‌تر شدن حجم ترافیک را پیش‌بینی کرده بودند، به هر حال ساخت بزرگراههای بیشتر باعث افزایش جذابیت برای استفاده از وسایل نقلیه شخصی می‌شود و می‌توان روز بروز شاهد افزایش حجم ترافیک در معابر شهری شد و این امر مشکلات ترافیکی شهر را افزایش خواهد داد.

جدول ۳. خلاصه‌ای از مطالعات پیشین

ردیف	محقق	سال	مدل	هدف تحقیق	نتیجه‌گیری
۱	سو و همکاران	۲۰۲۱	مدل دو سطحی و هم‌پوشانی	بررسی تأثیر آرام‌سازی بر شدت و تعداد برخوردها در مسیرهای درون شهری	استفاده از روش‌های رژیم جاده به عنوان یک روش آرام‌سازی ترافیک باعث کاهش نرخ تصادفات می‌شود
۲	دی استفانو و همکاران	۲۰۱۹	الگوریتم ژنتیک	تأثیر آرام‌سازی بر کاهش سرعت و مانور خودروها	کاهش شدت تصادفات به دلیل کاهش سرعت

۳	ونگ و همکاران	۲۰۲۲	مدل برنامه‌ریزی خطی	تأثیر آرام‌سازی بر کاهش حرکات نمایشی و برخوردهای ناشی از آن	نبود امکان حرکات نمایشی وسایل نقلیه باعث کاهش تصادفات می‌شود
٤	چیمبا و همکاران	۲۰۱۹	مدل برنامه‌ریزی خطی	بررسی ارتباط بین آرام‌سازی و شدت تصادفات	تصادفات منجر به فوت کاهش می‌یابد
٥	اسدوکوپولوس و همکاران	۲۰۲۰	بهینه سازی	مقایسه شدت برخوردها در قبل و بعد از اجرای اقدامات آرام‌سازی	با توجه به این که شدت تصادفات کم‌تر شده است تعداد تصادفات نیز ٤۳ درصد کاهش یافته
٦	لی و همکاران	۲۰۱۳	مدل دو سطحی	تأثیر آرام‌سازی بر مدیریت تقاضا	باعث کاهش تقاضای سفر می‌شود
۷	اوردن و همکاران	۲۰۱۸	مدل هم‌پوشانی	بررسی ارتباط بین اقدامات آرام‌سازی و مدیریت سفرهای درون‌شهری	استفاده از روش‌های آرام‌سازی در کنار حذف پارکینگ حاشیه‌ای باعث کاهش سفر و کاهش استفاده از خودروی شخصی می‌شود
۸	بیگزی و همکاران	۲۰۱۷	بهینه‌سازی	بررسی رژیم جاده و تأثیر آن بر عملکرد حمل‌ونقل همگانی	خطوط ویژه حمل‌ونقل همگانی باعث افزایش استفاده از این سیستم به دلیل افزایش کارایی می‌شود
۹	بلفلوور	۲۰۱۱	روش AHP	بررسی تأثیر سرعت کاه‌ها بر کاهش تصادفات	ایجاد سرعت‌گیرها و سرعت‌کاه‌ها در مسیرهای درون شهری شدت تصادفات را کاهش می‌دهد
۱۰	لیو و همکاران	۲۰۲۲	روش‌های برنامه‌ریزی خطی	ارتباط رژیم جاده و مسیرهای دوچرخه‌سواری	خطوط ویژه دوچرخه‌سواری و حذف پارکینگ حاشیه‌ای استفاده از وسایل نقلیه را در شهرهای توریستی بیش‌تر می‌کند.
۱۱	ونجالا	۲۰۲۰	لوجیت	بررسی تأثیر استفاده از کاهش خطوط حرکت بر کاهش استفاده از خودروی شخصی	استفاده از حمل‌ونقل همگانی و کاهش استفاده از خودروی شخصی
۱۲	فلامرزی و همکاران	۲۰۱٤	لوجیت	کاهش شدت تصادفات با آرام‌سازی	می‌تواند مرگ و میر ناشی از تصادفات را تا ۹۰ درصد کاهش دهد.

۳- روش پژوهش

در این بخش متدولوژی روش رژیم جاده به صورت گام‌به‌گام آورده شده است. این متدولوژی دارای شش مرحله به شرح زیر است.

مرحله اول: جمع‌آوری اطلاعات

در مرحله اول از متدولوژی، اطلاعات موردنیاز برای بررسی طرح رژیم جاده بر روی مسیر مورد نظر جمع‌آوری می‌شود. لازم به ذکر است که این اطلاعات باید به صورت طبقه‌بندی شده و از منابع معتبر تهیه شود.

مرحله دوم: بررسی شرایط لازم برای اجرای طرح رژیم جاده

در مرحله دوم برای انجام طرح به چندین فاکتور نیاز است تا مشخص شود که مسیر مورد نظر باید چه ویژگی‌هایی داشته باشد که طرح رژیم جاده بر روی آن انجام شود. با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده در مرحله قبل، می‌توان این فاکتورها را مورد بررسی قرار داد.

مرحله سوم: طراحی سناریوها برای رژیم جاده

ابتدا باید مشخص شود که جاده به چه مسیرها و ویژگی‌هایی نیاز دارد. در این قسمت سعی بر آن است که بتوان برای همه مشکلات پیش‌رو یک راه حل ارائه داد.

مرحله چهارم: شبیه‌سازی سناریوهای پیشنهادی

پس از تعریف سناریوهای پیشنهادی در مرحله قبل، لازم است این سناریوها با یکدیگر مقایسه شوند. برای مقایسه سناریوها، ابتدا باید پارامترهای بهره‌برداری هر سناریو بدست آید. بدین منظور می‌توان با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی ترافیک، وضعیت موجود و سناریوهای پیشنهادی برای مسیر را شبیه‌سازی کرده تا پارامترهای مورد نیاز بدست آید. یکی از نرم‌افزارهای پر کاربرد برای شبیه‌سازی ترافیک، نرم‌افزار Aimsun است.

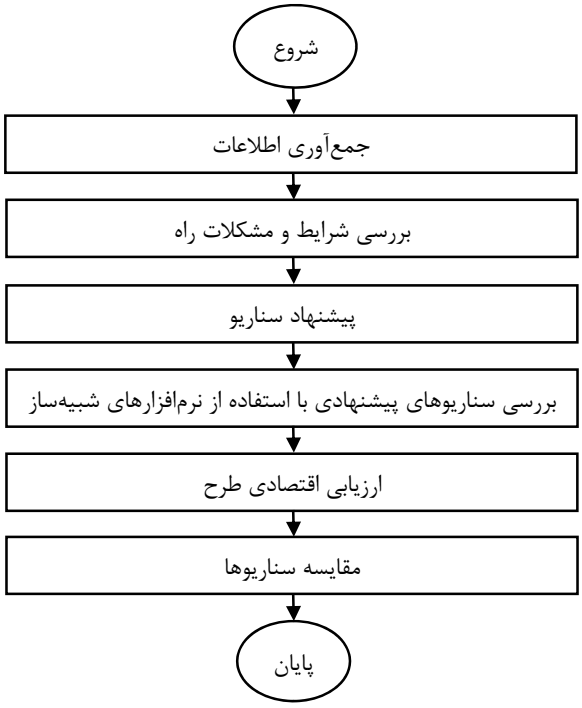
مرحله پنجم: ارزیابی اقتصادی طرح

اجرای طرح رژیم جاده مانند همه طرح‌های عمرانی موجود در دنیا دارای هزینه است. برای این طرح چند نوع هزینه بررسی می‌شود. اولین هزینه‌ای که باید برای این طرح محاسبه شود هزینه عمرانی طرح است. از آنجایی که رژیم جاده بر روی مسیر قبلی انجام می‌گیرد به هزینه زیرساخت زیادی نیاز ندارد. غالب هزینه‌های مربوط به آن شامل هزینه‌های برداشت خطوط قدیمی، ترسیم خطوط جدید، رسم شابلون‌های راهنمای مسیر و هزینه بازسازی آسفالت و حذف موانع فیزیکی است.

مرحله ششم: مقایسه سناریوها

لازم است سناریوهای طرح شده بر روی مسیر با یکدیگر مقایسه شوند. سناریوها می‌توانند افزایش خط عبور دوچرخه، جداسازی خطوط حمل‌ونقل همگانی و یا کاهش یا افزایش پارکینگ حاشیه‌ای باشد. با توجه به پارامترهای بدست آمده از نرم‌افزار و همچنین معیارهای مدیریتی سازمان مربوطه، می‌توان سناریوی برتر را شناسایی و اجرا کرد.

نمودار شکل ۱ مراحل متدولوژی روش رژیم جاده را نمایش می‌دهد. در بخش آینده از این متدولوژی برای بررسی یک نمونه موردی استفاده شده است.

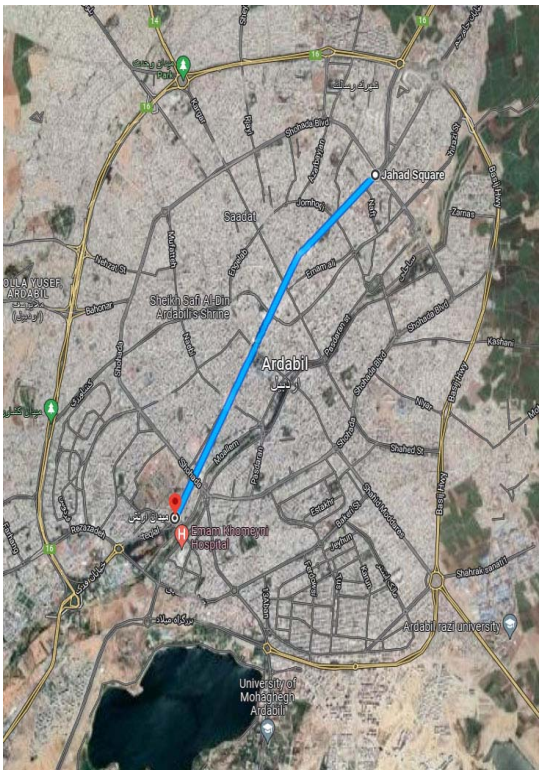


شکل ۱. متدولوژی روش رژیم جاده

٤- منطقه مورد مطالعه

خیابان امام‌خمینی یکی از خیابان‌های اصلی و پر ترافیک شهر اردبیل بوده که از میدان ارتش در جنوب غربی شهر تا میدان جهاد در شمال شرقی آن کشیده شده است. این خیابان به طول ٤/۳ کیلومتر با چندین خیابان اصلی شهر از جمله خیابان شهید مدرس، خیابان طالقانی، خیابان بهشتی، خیابان خرمشهر، خیابان جمهوری و خیابان خامنه‌ای دارای تقاطع است. خیابان امام‌خمینی از بین مناطق ۱، ۲ و ۳ شهرداری اردبیل عبور کرده و بسیاری از مراکز اداری، تجاری، درمانی و آموزشی در این خیابان قرار دارند. این مسیر در ساعات اوج صبح و عصر دارای ترافیک سنگین خودروهای شخصی است. حجم جابه‌جایی انسان در ساعات اوج در این خیابان در ساعات اوج صبح در حدود ۲۰۰۰۰ نفر و در ساعات اوج عصر در حدود ۲۵۰۰۰ نفر است. طول هر یک از این دو بازه در حدود ۲ ساعت است. کاربری‌ها در امتداد این خیابان شامل ترکیبی از کاربری‌های مسکونی، خرده‌فروشی‌ها، بانک‌ها، کاربری‌های آموزشی، ادارات دولتی و مراکز درمانی می‌شود. لازم به ذکر است که بیمارستان فاطمی که یکی از مراکز اصلی بهداشت، درمان و فوریت‌های پزشکی این شهر است در این خیابان واقع شده. همچنین این خیابان در مسیر دسترسی به بیمارستان‌های بوعلی، قائم، علوی، آرتا، امام رضا و

امام خمینی قرار دارد. به همین دلیل این خیابان شاهد حجم بالای تردد خودروهای امدادی است. طبق داده‌های دریافتی از سازمان حمل‌ونقل شهر اردبیل تعداد تصادفات رانندگی در این خیابان بالا بوده ولی شدت بیش‌تر تصادفات پایین است. این تصادفات شامل برخورد خودروهای عبوری با عابرین پیاده و برخورد خودروها به یکدیگر به صورت جلو به عقب یا جلو به پهلو می‌شود. یکی از راهکارهای پلیس راهنمایی و رانندگی برای کاهش میزان تصادفات، محدودسازی حرکات گردشی با استفاده از موانع فیزیکی است.



شکل۲. نقشه معابر شهر اردبیل

٤- نتایج پژوهش

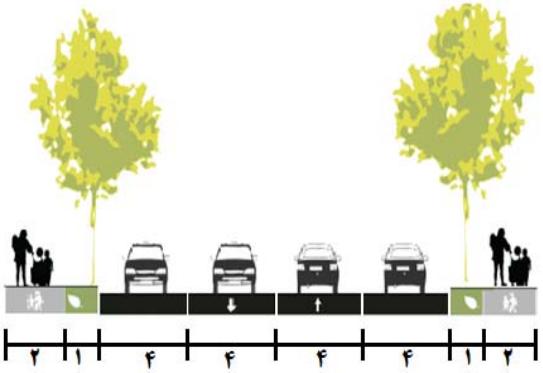
مرحله اول: جمع‌آوری اطلاعات

اطلاعات هندسی

خیابان امام خمینی دوطرفه (شکل ٤) و دارای دو خط در هر مسیر (دو خط رفت و دو خط برگشت) است. در هر مسیر، از خط سمت راست به منظور پاک حاشیه‌ای استفاده می‌شود. در هر دو سمت خیابان نیز مسیر پیاده‌رو وجود دارد. این اطلاعات در جدول (٤) و شکل (۳) آمده است.

جدول٤. اطلاعات خطوط خیابان امام خمینی

عرض هر پیاده‌رو	تعداد پیاده‌رو	عرض هر پارکینگ	تعداد پارکینگ حاشیه‌ای	عرض هر خط	تعدا خطوط
۳ متر	۲	٤ متر	۲	٤ متر	۲



شکل ۳. طرح نمادین و برش عمودی خیابان امام خمینی

شکل٤. تصویری از خیابان امام‌خمینی

آمار تصادفات چند سال اخیر و نوع تصادفات

این خیابان شاهد تصادفات عابران پیاده و تصادفات خسارت‌ساز نوع برخوردهای جلو به عقب یا جلو به پهلوی وسایل نقلیه است. به همین دلیل غالباً امکان حرکات گردشی با موانع فیزیکی مسدود شده است. بر طبق گزارش پلیس راهور در سال ۱۳۹۸، تعداد ۱۳۵ مورد تصادف گزارش شده که در میان آن‌ها ۱۷ درصد مربوط به عابرین پیاده و ۲/۲ درصد مربوط به دوچرخه‌سواران بود. با توجه به بررسی‌های انجام شده ۲۵ مورد از تصادفات از نوع جرحی بوده (۱۹درصد) که در اثر این

تصادفات ٦٨ نفر مجروح شده‌اند. طبق گزارش پلیس راهنمایی و رانندگی، علت بیش‌تر تصادفات منجر به جرح، توقف ناگهانی خودروها هنگام عبور عابران پیاده از عرض خیابان است. آمار تصادفات با جزییات آن در جدول (۵) آورده شده است.

جدول ۵. آمار برخوردها در مسیر مورد مطالعه

نوع تصادف	تعداد	درصد از کل
خسارتی	۱۱۰	۸۱ درصد
جرحی	۲۵	۱۹ درصد
فوتی	۰	۰ درصد
جمع	۱۳۵	۱۰۰ درصد

کاربری ساختمان‌های اطراف

کاربری‌ها در امتداد این خیابان شامل ترکیبی از کاربری‌های مسکونی، خرده‌فروشی‌ها، بانک‌ها، کاربری‌های آموزشی، ادارات دولتی و مراکز درمانی می‌شود. لازم به ذکر است که بیمارستان فاطمی که یکی از مراکز اصلی بهداشت، درمان و فوریت‌های پزشکی این شهر است در این خیابان واقع شده. همچنین این خیابان در مسیر دسترسی به بیمارستان‌های بوعلی، قائم، علوی، آرتا، امام رضا و امام خمینی قرار دارد. به همین دلیل این خیابان شاهد حجم بالای تردد خودروهای امدادی است. همچنین وجود مغازه‌ها و خرده‌فروشی‌ها در اطراف مسیر موجب شده که از خط سمت راست در هر دو جهت به منظور پارک وسایل نقلیه استفاده شود.

زمان‌بندی چراغ‌ها

با توجه به تحقیقات میدانی انجام شده، زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی مسیر، به صورت دستی توسط پلیس راهنمایی و رانندگی تنظیم شده و نمی‌توان برای آن زمان‌بندی مشخصی تعیین نمود. به همین دلیل از طرح زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی مسیر صرف نظر شده است.

جمع‌آوری داده‌های ترافیکی

داده‌های ترافیکی این مسیر از تقاطع خیابان امام خمینی با خیابان مدرس (چهارراه امام خمینی) بدست آمده است. آمار ترافیک عبوری در مسیر رفت و برگشت در این تقاطع شمارش و گردآوری شده است. این داده‌ها برابر میانگین تردد در یک روز کاری در خرداد سال ۱۳۹٦ است. ساعات اوج صبح از ۸ تا ۱۰ و ساعات اوج عصر از ۱۲ تا ۲ بعد از ظهر در نظر گرفته شده است. به دلیل ممنوعیت تردد کامیون در این مسیر نیازی به شمارش و بررسی تأثیر آن‌ها در ترافیک مسیر وجود ندارد.

جدول ٦. اطلاعات ترافیکی خیابان امام خمینی

نوع کاربر	ترافیک عبوری مسیر در دو جهت (وسیله نقلیه بر ساعت)		
	ساعت اوج صبح	ساعت اوج عصر	ساعت غیر اوج
سواری	۳۲۰۰	۳٦۰۰	۱۰۰۰
کامیون	۰	۰	۰
عابر پیاده	۳٤۵۰	۵۱۵۰	۸۵۰
دوچرخه	۱۵	۲۷	۷

مرحله دوم: بررسی شرایط لازم برای اجرای طرح رژیم جاده

در مرحله دوم فاکتورهای ذکر شده در بخش گذشته برای مسیر بررسی می‌شود تا مسیر برای انجام مطالعات طرح رژیم جاده امکان‌سنجی شود. در ادامه این فاکتورها برای خیابان امام خمینی بررسی شده است.

فاکتور اول: حجم ترافیک

اولین فاکتور نشان‌دهنده لزوم اجرای طرح رژیم جاده، بررسی حجم ترافیک ساعتی در آن محدوده است. اگر ترافیک ساعتی از ۱۰۰۰۰ وسیله نقلیه بر خط در روز کم‌تر باشد نیاز به اجرای طرح نیست و اگر از ۲۵ هزار وسیله نقلیه بر خط در روز بیش‌تر باشد آن محدوده باید یک طرفه گردد. اگر حجم ترافیک ساعتی بین ۱۰هزار تا ۲۵ هزار وسیله نقلیه بر خط در روز باشد می‌توان طرح رژیم جاده را برای آن خیابان اجرا کرد. به منظور بررسی فاکتور اول حجم تردد ترافیک روزانه محاسبه شده است. با توجه به اطلاعات بدست آمده میزان ترافیک روزانه برابر ۱٦۸۰۰ وسیله

نقلیه بر خط در روز است. در نتیجه با توجه به فاکتور اول مسیر برای انجام طرح رژیم جاده مناسب است.

فاکتور دوم: تعداد برخوردها و شدت آن‌ها

تعداد برخوردها در همه حالات (وسیله نقلیه موتوری، عابرپیاده، وسیله نقلیه غیرموتوری) دومین عامل تغییر ساختار خیابان است. اگر تعداد برخوردها زیاد باشد و خسارات جانی و مالی جدی به همراه داشته باشد، می‌توان از طرح رژیم جاده به منظور راهکاری برای کاهش تعداد تصادفات بهره برد. اطلاعات بدست آمده در مرحله قبل حاکی از آن است که در سال ۱۳۹۸ تعداد ۱۳۵ تصادف در خیابان امام خمینی صورت گرفته است. در این میان در حدود ۱۷ درصد از تصادفات در اثر برخورد خودروها با عابرین پیاده به وقوع پیوسته است. علیرغم حجم پایین تردد دوچرخه‌سواران در این خیابان، ۲/۲ درصد از تصادفات نیز به این گروه تعلق دارد. این آمارها نشان می‌دهد که شرایط ایمنی در این خیابان به منظور تردد عابران پیاده و دوچرخه‌سواران دارای ایمنی کافی نیست و در نتیجه می‌توان با استفاده از طرح رژیم جاده و ایجاد شرایط مساعد برای این دو شیوه سفر، موجب کاهش برخوردها در این مسیر شد.

فاکتور سوم: سرعت غیرمجاز و امکان انجام رانندگی خطرناک

اگر در یک محدوده داخل شهر سرعت مجاز رعایت نشود، می‌توان از طرح رژیم جاده استفاده کرد تا با کاهش امکان مانوردهی، باعث کاهش سرعت شود. با توجه به مشاهدات میدانی صورت گرفته، طرح هندسی خیابان امام‌خمینی به گونه‌ای است که فواصل تصمیم‌گیری رانندگان کوتاه بوده و همچنین به دلیل وجود سرعت‌گیرها در این خیابان، سرعت خودروهای سواری حتی در ساعات غیر اوج نیز غالباً از حد مجاز فراتر نمی‌رود. این مسئله در آمار تصادفات نیز قابل مشاهده است. علیرغم تردد بالای این خیابان و تعداد نسبتاً بالای تصادفات، شدت این برخوردها کم است. در نتیجه فاکتور سرعت در این خیابان به عنوان یک عامل بحرانی برای طراحی سناریوهای طرح رژیم جاده به حساب نمی‌آید و در سناریوهای طرح شده نیازی به کاهش سرعت تردد وسایل نقلیه نیست و در صورتی که بتوان با طراحی مسیرهای مخصوص برای عابران پیاده و دوچرخه‌سواران و نصب علائم هشدار دهنده به منظور روان‌سازی ترافیک خودروهای عبوری، ایمنی مورد نظر برای این شیوه‌های سفر را تأمین کرد، می‌توان از فاکتور سرعت چشم پوشید.

فاکتور چهارم: عدم سرویس‌دهی مناسب و به موقع خودروهای امدادی

با توجه به اینکه بیمارستان فاطمی که یکی از مراکز اصلی بهداشت، درمان و فوریت‌های پزشکی شهر اردبیل است در خیابان امام‌خمینی واقع شده و همچنین این خیابان در مسیر دسترسی به شش بیمارستان دیگر نیز قرار دارد، خیابان امام‌خمینی همواره شاهد حجم بالای تردد خودروهای امدادی است. در وضعیت فعلی خیابان که مسیر مخصوصی برای تردد وسایل نقلیه امدادی در نظر گرفته نشده، این خودروها باید همراه با جریان ترافیک خودروهای عبوری حرکت کنند. همچنین به دلیل اینکه این معبر در هر جهت تنها یک خط عبوری دارد، خودروهای دیگر قادر به تغییر خط و باز کردن مسیر برای خودروی امدادی نیستند. با توجه به توضیحات ارائه شده، شرایط فعلی خیابان امام‌خمینی اردبیل در فاکتور چهارم مساعد نبوده و می‌توان با اجرای طرح رژیم جاده، وضعیت مطلوب‌تری برای عبور وسایل نقلیه امدادی مهیا کرد.

فاکتور پنجم: تعیین خطوط عابرپیاده و خط ویژه دوچرخه‌سواری

استفاده از خودروهای شخصی در شهرهای بزرگی مانند اردبیل روز به روز در حال افزایش است. این امر موجب افزایش ترافیک عبوری در خیابان‌ها شده و به سبب آن مشکلات دیگری نیز مانند افزایش زمان سفر مسافران، افزایش آلودگی‌های زیست محیطی، هدر رفتن سرمایه‌های ملی و ... گریبان‌گیر شهروندان می‌شود. در این راستا، همواره یکی از سیاست‌های مهم مدیریتی در برنامه‌ریزی شهری و حمل‌ونقل، تلاش برای افزایش سهم شیوه‌های غیرموتوری مانند پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری است. به همین منظور نیاز به اقداماتی است که موجب افزایش مطلوبیت این شیوه‌ها در بین کاربران مسیر می‌شود. رژیم جاده با افزایش ایمنی و تسهیل تردد، این دو شیوه کمک شایانی به تحقق این امر می‌کند. به همین منظور هدف فاکتور پنجم یعنی تأمین ایمنی و ایجاد مسیر مناسب برای عابران پیاده و دوچرخه‌سواران یکی از مهم‌ترین اهداف این پژوهش است.

وجود مقدار قابل توجه برخوردها میان وسایل نقلیه با عابران پیاده و دوچرخه‌سواران در خیابان امام خمینی، نشان‌دهنده سطح پایین ایمنی برای تردد این دو شیوه سفر است. همچنین این خیابان دارای مسیر اختصاصی برای تردد دوچرخه‌سواران و همچنین طراحی هندسی مناسب برای عبور ایمن آن‌ها از تقاطع‌ها نیست. عبور از عرض خیابان برای عابران پیاده نیز با مشکلاتی روبرو است. به همین منظور می‌توان گفت که وضعیت خیابان امام‌خمینی در فاکتور پنجم نیز مناسب نبوده و با استفاده از روش رژیم جاده می‌توان برای بهبود این شرایط اقدام کرد.

جدول۷. نقص‌های موجود در جاده و راه کارهای حل آن

شرایط نامناسب مسیر	راهکار پیشنهادی
بی نظمی و ترافیک	کاهش خطوط
برخوردهای شدید	کاهش سرعت مجاز
برخورد با عابر پیاده	کاهش سرعت و خط کشی عابرپیاده
تصادفات دوچرخه	مسیر اختصاصی برای دوچرخه
عدم وجود پارکینگ در کاربری‌ها	ایجاد پارکینگ حاشیه‌ای یا گسترش حمل‌ونقل همگانی
برخورد هنگام دورزدن	جلوگیری از دور زدن با مانع فیزیکی یا طراحی خطوط وسط دورزدن
نبود مسیر مناسب برای خودروهای امداد و نجات	ایجاد مسیر مناسب و جدا از ترافیک برای خودروهای امداد و نجات
نبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل همگانی	ایجاد خطوط مستقل حمل‌ونقل همگانی

حال باید بررسی شود که برای خیابان مورد مطالعه چه امکاناتی لازم است و با چه مشکلاتی روبه‌رو است.

– با توجه به ترافیک شدید در ساعات اوج در این خیابان لازم است اقداماتی جهت روان‌سازی ترافیک صورت بگیرد. از جمله این اقدامات می‌توان به افزایش ظرفیت معبر اشاره کرد.

– به دلیل وجود پارک حاشیه‌ای در خیابان، تردد وسایل نقلیه با بی‌نظمی مواجه شده است. به همین منظور می‌توان با حذف پارک حاشیه‌ای به منظم‌تر شدن ترافیک عبوری و کاهش تصادفات کمک کرد.

– به دلیل وجود تعداد قابل توجه تصادفات در این خیابان، می‌توان با کاهش عرض خطوط عبوری موجب کاهش سرعت وسایل نقلیه و کاهش امکان مانوردهی آن‌ها شد. همچنین در صورت حذف پارک حاشیه‌ای در مسیر، می‌توان از برخوردهای صورت گرفته به دلیل توقف ناگهانی خودروها به منظور پارک کردن و برخوردهای ناشی از ورود و خروج نامناسب خودروها از پارک جلوگیری کرد.

– به دلیل وجود برخوردهای مکرر میان عابران پیاده و وسایل نقلیه عبوری، لازم است علائم هشدار دهنده و مسیر مناسب برای عبور عابران پیاده از عرض خیابان در نظر گرفته شود.

– به دلیل اینکه علیرغم تردد کم دوچرخه‌سواران در خیابان، برخوردهایی میان آن‌ها و وسایل نقلیه عبوری صورت گرفته است، لازم است تا با ایجاد مسیر اختصاصی برای دوچرخه موجب افزایش ایمنی و مطلوبیت این شیوه سفر شد.

– با توجه به حجم بالای تردد خودروهای امدادی در این خیابان و عدم وجود مسیر اختصاصی برای آن‌ها، لازم است اقداماتی در این راستا صورت بگیرد. با در نظر گرفتن شرایط هندسی خیابان و محدودیت ایجاد مسیر اختصاصی برای خودروهای امدادی، می‌توان با اضافه کردن خط گردش به چپ، امکان تردد این وسایل نقلیه را بهبود بخشید. این خط می‌تواند جهت تردد خودروهای امدادی در شرایط خاص استفاده شود.

– خیابان امام‌خمینی دارای گزارشات مختلفی از تصادف هنگام دور زدن است. برای جلوگیری از آن می‌توان یک خط برای توقف و سپس دور زدن در نظر گرفت که از این قبیل برخوردها جلوگیری شود. این خطوط می‌تواند با خطوط مخصوص عبور خودروهای امدادی به صورت مشترک استفاده شود.

– با توجه به عدم وجود سامانه اتوبوس‌های تندرو (بی‌آرتی) در سطح شهر، نیاز به تخصیص خطوط مجزا برای عبور وسایل نقلیه همگانی وجود ندارد. در صورتی که در مطالعات آینده طرح جامع حمل‌ونقل شهر اردبیل، اجرای این خطوط در دستور کار قرار گیرد، لازم است با توجه به شرایط هندسی و عرض خیابان امام خمینی تخصیص خطوط حمل‌ونقل همگانی در این خیابان مجددا امکان‌سنجی شود.

–با توجه به وجود کاربری‌های تجاری و خرده‌فروشی‌ها در اطراف این خیابان، لازم است در صورت حذف پارک حاشیه‌ای اقدامات لازم جهت احداث پارکینگ‌های همگانی انجام شود.

با توجه به موارد ذکر شده مشخص است که در مورد برخی از معیارها تصمیم ثابتی وجود نداشته و در نتیجه تهاتری میان دو رویکرد متضاد وجود دارد. در این موارد می‌توان با در نظر گرفتن هر دو رویکرد در سناریوهای جداگانه، و بررسی نتایج آن‌ها در مرحله شبیه‌سازی، به تصمیم مناسب دست یافت.

برای طراحی رژیم جاده، نیاز به الزامات طراحی وجود دارد که عرض خطوط مختلف، اعم از خطوط دوچرخه، خطوط وسیله نقلیه، خطوط مخصوص تردد خودروهای امداد و نجات و ... در آن ذکر شود. به همین منظور جدول (۸) با توجه آیین‌نامه‌های بررسی شده ارائه شده است.

جدول ۸ اندازه عرض خطوط مختلف مسیر

نوع خط عبوری	حداقل عرض هر خط (متر)
عرض خطوط خودروهای سواری	۳
عرض خطوط امداد و نجات و دورزدن	۳/۲
عرض خطوط اختصاصی دوچرخه	۱/٤
عرض پارکینگ حاشیه‌ای	۲/۲
عرض گل‌کاری یا درخت‌کاری	۰/۸
عرض پیاده‌رو	۲

با توجه به موارد ذکر شده، دو سناریو علاوه بر وضع موجود جهت دستیابی به اهداف مورد نظر طرح شده است.

سناریوی اول

سناریوی اول گویای وضع موجود است. در این سناریو مسیر دارای چهار خط (دو خط در هر جهت) بوده که در هر جهت یک خط به منظور پارک حاشیه‌ای و خط دیگر برای تردد وسایل نقلیه استفاده می‌شود. همچنین در اطراف مسیر پیاده‌رو وجود دارد. عرض این خطوط با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده لحاظ شده است (شکل‌های (۵) تا (۷)).

سناریوی دوم

در سناریوی دوم تلاش می‌شود تا با حذف پارک حاشیه‌ای به روان‌سازی و نظم‌دهی به ترافیک خودروهای عبوری کمک شود. همچنین از فضای حاصل جهت تخصیص خط جدید عبوری برای تردد وسایل نقلیه و تخصیص خط اختصاصی برای تردد دوچرخه‌سواران استفاده می‌شود. با توجه به اینکه فاکتور سرعت در این خیابان بحرانی نبوده و نیاز به روان‌سازی ترافیک و افزایش قدرت مانوردهی وسایل نقلیه وجود دارد، احداث خط عبوری جدید می‌تواند در دست بررسی قرار گیرد. این خط ظرفیت خیابان را نیز افزایش می‌دهد. همچنین خط مخصوص دوچرخه به افزایش ایمنی دوچرخه‌سواران کمک می‌کند. به منظور افزایش ایمنی عابران پیاده، با توجه به طرح خط عبوری جدید، لازم است علاوه بر نصب علائم هشدار دهنده و خط کشی عابر پیاده، سرعت وسایل نقلیه کنترل شود. به همین منظور عرض خطوط عبوری خودروهای سواری کاهش یافته و برابر حداقل مقدار مجاز مبتنی بر جدول ارائه شده لحاظ می‌شود.
با توجه به توضیحات ارائه شده، سناریوی دوم شامل چهار خط عبوری برای خودروهای سواری (دو خط در هر جهت)، مسیر ویژه دوچرخه در هر جهت و پیاده‌رو می‌شود. مشخصات هندسی این خطوط طبق جداول ارائه شده در این بخش طراحی شده است و در شکل‌های۸ تا۱۱ نشان داده شده است.

سناریوی سوم

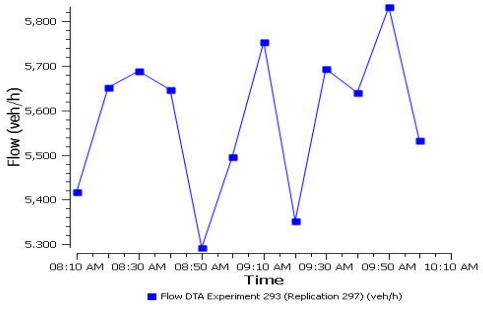
در سناریوی سوم نیز تلاش می‌شود تا با حذف پارک حاشیه‌ای به روان‌سازی و نظم‌دهی به ترافیک خودروهای عبوری کمک شود. با توجه به حجم بالای تردد خودروهای امدادی در این مسیر، و همچنین تقاضا برای دور زدن و با توجه به برخوردهای صورت‌گرفته و ایجاد هرج و مرج در ترافیک عبوری به دلیل دور زدن وسایل نقلیه، در این سناریو از فضای اضافی ایجاد شده به منظور طرح خط مخصوص دور زدن استفاده شده است. از این خط به منظور تردد خودروهای امدادی نیز می‌توان بهره برد. همچنین طرح مسیر ویژه دوچرخه نیز در نظر گرفته شده است. این خط به افزایش ایمنی دوچرخه‌سواران کمک می‌کند. با توجه به حذف پارک حاشیه‌ای و اضافه شدن خط مخصوص دور زدن، ترافیک عبوری منظم‌تر شده و دید رانندگان نسبت به حاشیه مسیر بهتر شده است. به همین دلیل تردد عابران پیاده از عرض راه نیز با ایمنی بیش‌تری صورت می‌گیرد. با توجه به نکات ذکر شده طرح هندسی مسیر در سناریوی سوم شامل دو خط عبوری برای خودروهای سواری (یک خط در هر جهت)، یک خط مخصوص دورزدن و تردد خودروهای امدادی در وسط، مسیر ویژه دوچرخه و پیاده‌رو می‌شود. مشخصات هندسی این خطوط طبق جداول ارائه شده در این بخش طراحی شده است.

مرحله چهارم: شبیه‌سازی سناریوهای پیشنهادی

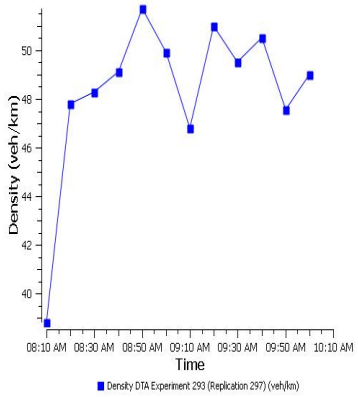
در این مرحله سناریوهای طرح شده با استفاده از نرم‌فزار Aimsun شبیه‌سازی شده تا پارامترهای ترافیکی مسیر بدست آید. در ادامه نتایج شبیه‌سازی وضع موجود و دو سناریوی طرح شده آورده شده است.

سناریوی اول: وضع موجود

در سناریو وضع موجود، مسیرهای مورد مطالعه با اطلاعات خود و بدون ایجاد تغییراتی در نرم‌افزار Aimsun شبیه‌سازی شده است. در ادامه به بررسی چند پارامتر ترافیکی به صورت نمودار پرداخته شده است.

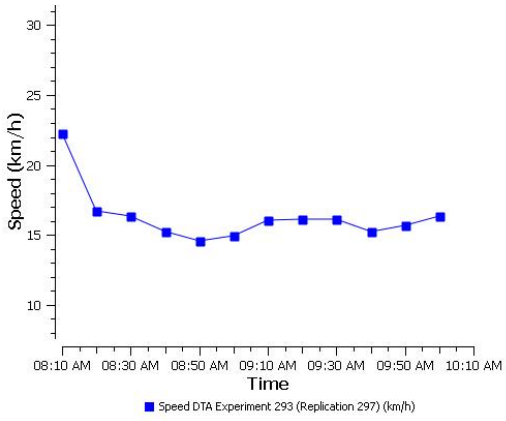


شکل ۵. تغییرات جریان ترافیک در سناریوی وضع موجود



شکل٦. تغییرات چگالی در سناریوی وضع موجود

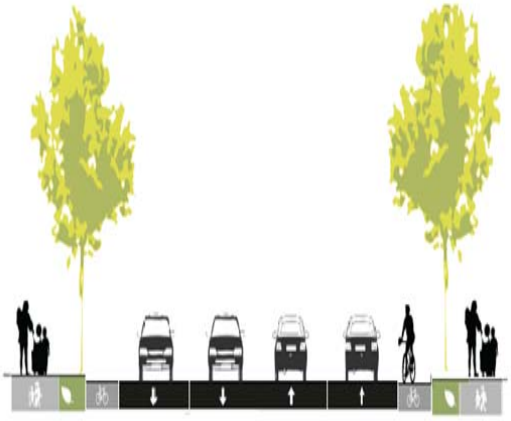
این مسیر در سناریوی وضع موجود دارای چگالی بین ٤۰ تا ۵۰ وسیله نقلیه بر کیلومتر بوده که مقدار میانگین آن حدود ٤۷ وسیله نقلیه بر کیلومتر است. نرخ جریان یکی از ویژگی ترافیکی است که شرایط ترافیکی، حجم ترافیک و نحوه عبور و مرور در مسیر را مشخص می‌کند. میانگین این پارامتر ترافیکی برای مسیر مورد مطالعه حدود ۵۵۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت محاسبه شده است.



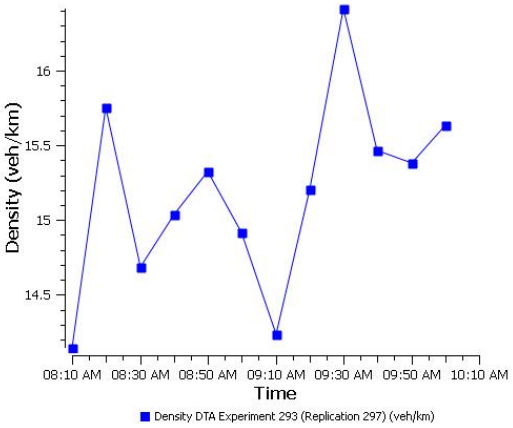
شکل ۷. تغییرات سرعت مسیر در سناریوی وضع موجود

سناریوی دوم

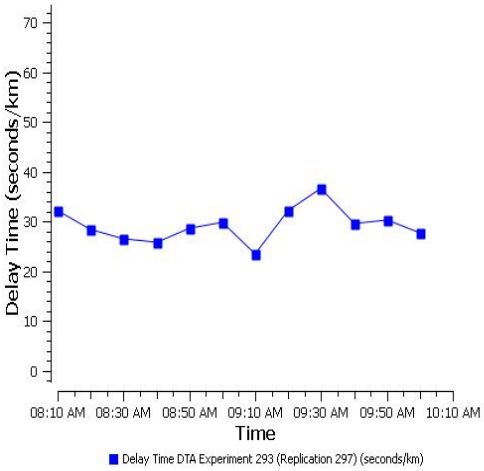
در این سناریو خیابان نسبت به سناریوی وضع موجود، دچار تغییراتی شده است. از جمله این تغییرات حذف پارکینگ حاشیه‌ای و افزایش یک خط به خط عبوری در هر جهت و اضافه کردن مسیر مخصوص عبور دوچرخه است. همچنین عرض خطوط اصلاح شده است. شکل (۸) مقطع هندسی خیابان امام‌خمینی را با توجه به طرح اصلاحی رژیم جاده در سناریوی دوم نشان می‌دهد.



شکل ۸. مقطع هندسی خیابان امام خمینی در سناریوی دوم

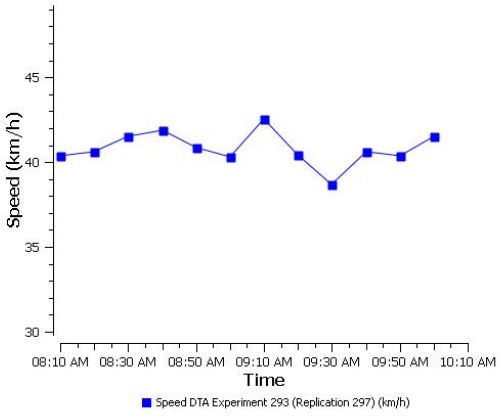


شکل ۹. تغییرات چگالی مسیر در سناریوی دوم



شکل ۱۰. تغییرات زمان تأخیر درسناریوی دوم

با توجه به نتایج بدست آمده، سرعت حرکت وسایل نقلیه در این خیابان در ساعات اوج صبح کم است. با توجه به شرایط خیابان امام‌خمینی که پیش‌تر بررسی شد، ترافیک شدید خیابان به دلیل نامنظم بودن جریان حرکت خودروهای عبوری و تداخل عابران پیاده و خودروهای پارک شده در مسیر با جریان اصلی ترافیک، دلیل اصلی این پدیده است. با توجه به اینکه در این سناریو، در هر جهت یک خط عبوری به مسیر اضافه شده و پارکینگ حاشیه‌ای نیز حذف شده است، نتایج شبیه‌سازی نشان‌دهنده کاهش زمان سفر و زمان تأخیر و تلف شده است. زیرا تمام فعالیت‌ها برای پیدا کردن جای پارک، ورود به پارک و خروج از آن باعث ایجاد راه‌بندان و صف‌های طولانی می‌شود. نتایج شبیه‌سازی سناریوی دوم نشان می‌دهد که این سناریو باعث کاهش ۸۵ درصدی زمان تأخیر شده است.

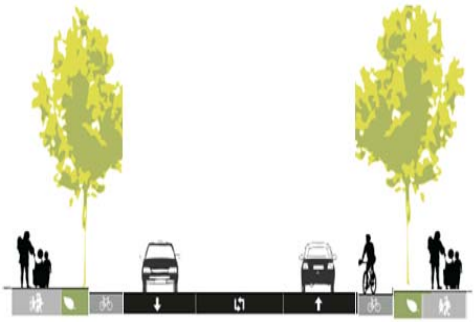


شکل ۱۱. تغییرات سرعت در سناریوی دوم

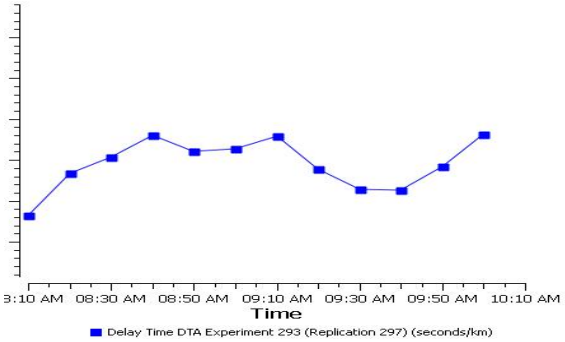
با توجه به اینکه چگالی یک مسیر نشان‌دهنده وسایل نقلیه موجود در واحد کیلومتر مسیر است، هر چه ترافیک سنگین باشد مقدار این پارامتر نیز افزایش می‌یابد. اما این سناریو نسبت به سناریوی وضع موجود میزان چگالی را به نصف کاهش داده و این امر نشان‌دهنده روان‌شدن حرکت خودروهای عبوری در مسیر و کاهش ترافیک در این خیابان است. با توجه به نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی سناریوی دوم، سرعت حرکت وسایل نقلیه در ساعات اوج صبحگاهی به طور متوسط برابر ۳۸ کیلومتر بر ساعت است. این مقدار به طور قابل توجهی در مقایسه با شرایط وضع موجود (سناریوی اول) بهبود یافته است. این نتایج نشان می‌دهد که ترافیک خودروهای عبوری نسبت به وضع موجود روان‌تر شده و حرکت خودروها با سرعت بیش‌تری صورت می‌پذیرد.

سناریوی سوم

در این سناریو خیابان بدون پارکینگ حاشیه‌ای، دارای یک خط رفت و برگشت به اضافه یک خط ویژه به منظور دور زدن و تردد خودروهای امدادی در وسط خیابان است. همچنین دو خط مخصوص عبور دوچرخه در دو طرف مسیر در نظر گرفته شده است. خط طرح شده در وسط خیابان در هنگام دورزدن خودروهای عبوری مورد استفاده قرار می‌گیرد. وسایل نقلیه در هنگام دورزدن می‌توانند در این خط توقف کنند تا جریان ترافیک خودروها در مسیر اصلی دچار مشکل نشود. همچنین از این خط می‌توان به منظور تردد خودروهای امدادی نیز بهره برد. در هنگام تصادفات نیز خودروهای آسیب دیده می‌توانند به این خط منتقل شوند تا مسیر حرکت خودروهای دیگر بسته نشود. همچنین وجود این خط عبور عابران پیاده از عرض خیابان را با سهولت و ایمنی بیش‌تری همراه می‌کند. شکل (۱۲) مقطع هندسی خیابان امام‌خمینی را با توجه به طرح اصلاحی رژیم جاده در سناریوی سوم نشان می‌دهد.

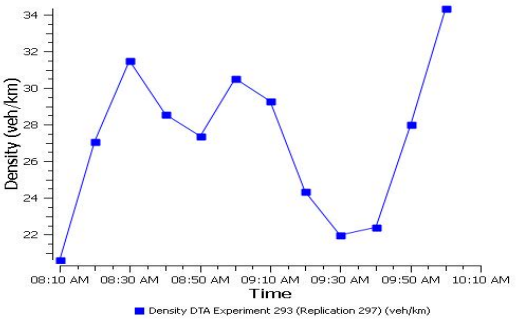


شکل ۱۲. مقطع هندسی خیابان امام خمینی در سناریوی سوم



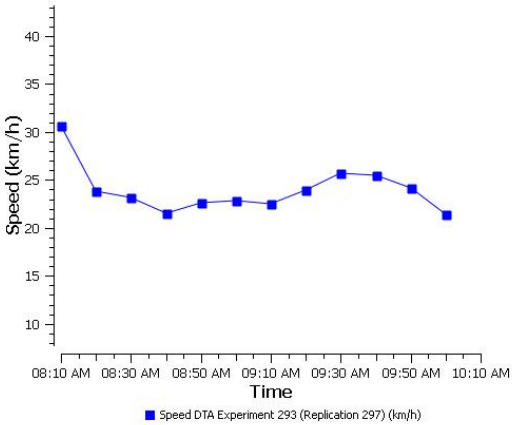
شکل ۱۳. تغییرات زمان تأخیر در سناریوی سوم

در این سناریو با توجه به اینکه عرض خطوط کاهش یافته و پارکینگ حاشیه‌ای حذف شده و مسیر ویژه دوچرخه اضافه شده است، تردد وسایل نقلیه و سایر شیوه‌های سفر بهبود می‌یابد. کاهش عرض خطوط عبوری موجب کاهش سرعت می‌شود ولی به دلیل حذف خطوط پارک حاشیه‌ای و ایجاد خط مخصوص دور زدن، تردد وسایل نقلیه با نظم بیش‌تری صورت گرفته و در نتیجه تأخیر و زمان سفر خودروهای عبوری نسبت به وضع موجود (سناریوی اول) بهبود یافته است.



شکل ۱٤. تغییرات چگالی مسیر در سناریوی سوم

همچنین به دلیل وجود خط ویژه دور زدن و امکان تردد خودروهای امدادی از این خط، نگرانی جهت ایجاد تأخیر برای این دسته از وسایل نقلیه وجود ندارد. با توجه به نتایج شبیه‌سازی سناریوی سوم، چگالی مسیر در ساعات اوج صبحگاهی در شکل (۱٤) نشان داده شده است. چگالی مسیر در این ساعات بین ۲۰ تا ۳۵ وسیله نقلیه بر کیلومتر است که نسبت به وضع موجود (سناریوی اول) بهبود یافته.



شکل ۱۵. تغییرات سرعت در سناریوی سوم

بهبود چگالی به دلیل روان‌تر شدن ترافیک عبوری وسایل نقلیه به سبب حذف خطوط پارک حاشیه‌ای و ایجاد خط دورزدن است. همچنین به دلیل حذف امکان پارک حاشیه‌ای انتظار می‌رود که در طولانی مدت، تقاضا برای تردد خودروهای سواری از این خیابان کاهش یابد و این امر خود منجر به کاهش ترافیک می‌شود. با توجه به نتایج شبیه‌سازی انجام شده، سرعت حرکت خودروهای عبوری در سناریوی سوم در ساعات اوج صبحگاهی به طور متوسط برابر ۲٤ کیلومتر در ساعت است. این مقدار در مقایسه با مقدار مشابه در وضع موجود (سناریوی اول) بیش‌تر شده است. این امر نشان‌دهنده بهبود شرایط ترافیکی مسیر و افزایش سرعت و روانی ترافیک خودروهای عبوری است. در سناریوی سوم، کاهش عرض خطوط عبوری وسایل نقلیه موجب کاهش سرعت خودروهای عبوری می‌شود. با این حال حذف خطوط پارک حاشیه‌ای و ایجاد خط مخصوص دور زدن موجب روانی و نظم بیش‌تر ترافیک عبوری شده و بر هم کنش این عوامل در نهایت منجر به افزایش سرعت خودروهای عبوری و بهبود شرایط موجود شده است.

گام پنجم: ارزیابی اقتصادی طرح

هزینه‌های مربوط به اجرای طرح رژیم جاده شامل هزینه‌های برداشت خطوط قدیمی، ترسیم خطوط جدید، رسم شابلون‌های راهنمای مسیر، هزینه نصب تابلوهای اطلاع‌رسانی و هزینه بازسازی آسفالت و حذف موانع فیزیکی می‌شود. طبق اطلاعات بدست آمده از سازمان حمل‌ونقل وزارت راه و شهرسازی این هزینه‌ها به شرح زیر است:

برداشت خط‌کشی برای هر متر (T_E) = ۵۰۰۰۰ ریال

ترسیم خط‌کشی برای هر متر (T_D) = ٤۵۰۰۰ ریال

هزینه رسم شابلون‌های راهنمای مسیر برای هر واحد (T_S) = ۲۵۰۰۰۰۰ ریال

هزینه بازسازی آسفالت و حذف موانع فیزیکی وسط راه برای هر متر (T_M) = ۱۵۰۰۰۰۰ ریال

هزینه اطلاع‌رسانی و نصب تابلو (T_I) تقریبا ٤۰۰۰۰۰۰ ریال برای هر تابلو که به طور میانگین در طول مسیر محاسبه می‌شود.

هزینه اجرای طرح رژیم جاده در سناریوی دوم

در سناریوی دوم، خط ممتد کنار مسیر و خط‌کشی میان خط پارک حاشیه‌ای و خط عبور وسایل‌نقلیه در هر جهت حذف شده است. به همین جهت به ازای هر متر از مقطع راه، چهار خط باید حذف شود. همچنین دوخط برای مسیر ویژه عبور دوچرخه، یک خط ممتد برای حاشیه کنار خطوط عبوری وسایل نقلیه و یک خط‌کشی وسط دو خط عبوری وسایل نقلیه در هر جهت باید اضافه شود که در مجموع برای هر متر از مقطع راه، ۸ خط باید ترسیم شود. به طور متوسط در هر جهت برای هر ۲۰۰ متر یک شابلون راهنمای مسیر دوچرخه در نظر گرفته شده که برای هر دو جهت و برای کل در مجموع ٤۰ شابلون راهنما باید ترسیم شود. همچنین برای هر دو جهت در طول مسیر در مجموع ۱۰۰ تابلوی هشداردهنده در نظر گرفته شده است.

با توجه به طول مسیر (٤/۳ کیلومتر) این محاسبات به شرح زیر است.

$$T_E = 4 \times 50{,}000 \times 4300 = 860{,}000{,}000$$
$$T_D = 8 \times 45{,}000 \times 4300 = 1{,}548{,}000{,}000$$
$$T_S = 40 \times 2{,}500{,}000 = 100{,}000{,}000$$
$$T_M = 0$$
$$T_I = 100 \times 4{,}000{,}000 = 400{,}000{,}000$$

به دلیل عدم نیاز به اصلاح روسازی مسیر و حذف موانع وسط راه، هزینه آن صفر در نظر گرفته شده است. جدول (۹) هزینه تمام هر بخش و هزینه تمام شده برای اجرای طرح رژیم جاده در سناریوی دوم را نشان می‌دهد.

جدول۹. هزینه تمام شده اجرای طرح رژیم جاده در سناریوی دوم

کاربری	هزینه (ریال)
هزینه برداشت خطوط	۸٦۰،۰۰۰،۰۰۰
هزینه ترسیم خطوط	۱،٥٤۸،۰۰۰،۰۰۰
هزینه رسم شابلون‌های راهنمای مسیر	۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰
هزینه بازسازی آسفالت و حذف موانع فیزیکی وسط راه	۰
هزینه اطلاع رسانی و نصب تابلو	٤۰۰،۰۰۰،۰۰۰
مجموع کل هزینه‌ها	۲،۹۰۸،۰۰۰،۰۰۰

هزینه اجرای طرح رژیم جاده در سناریوی سوم

در سناریوی سوم خط ممتد کنار مسیر در هر دو جهت، خط‌کشی میان خط پارک حاشیه‌ای و خط عبور وسایل نقلیه در هر دو جهت و همچنین خطوط ممتد بین دو جهت حذف شده است. به همین دلیل به ازای هر متر از مقطع راه، هشت خط باید حذف شود. همچنین دوخط برای مسیر ویژه عبور دوچرخه، یک خط ممتد برای حاشیه کنار خطوط عبوری وسایل نقلیه و یک خط‌کشی میان خط عبوری وسایل نقلیه و خط مخصوص دور زدن در هر جهت باید اضافه شود که در مجموع برای هر متر از مقطع راه، ۸ خط باید ترسیم شود. به طور متوسط در هر جهت برای هر ۲۰۰ متر یک شابلون راهنمای مسیر دوچرخه و یک شابلون راهنمای خط ویژه دورزدن در نظر گرفته شده که برای هر دو جهت و برای کل در مجموع ٦۰ شابلون راهنما باید ترسیم شود. همچنین برای هر دو جهت در طول مسیر در مجموع ۱۰۰ تابلوی هشداردهنده در نظر گرفته شده است. باتوجه به طول مسیر (٤/۳ کیلومتر) این محاسبات به شرح زیر است.

$$T_E = 6 \times 50{,}000 \times 4300 = 1{,}290{,}000{,}000$$
$$T_D = 8 \times 45{,}000 \times 4300 = 1{,}548{,}000{,}000$$
$$T_S = 60 \times 2{,}500{,}000 = 150{,}000{,}000$$
$$T_M = 0$$
$$T_I = 100 \times 4{,}000{,}000 = 400{,}000{,}000$$

به دلیل عدم نیاز به اصلاح روسازی مسیر و حذف موانع وسط راه، هزینه آن صفر در نظر گرفته شده است. جدول (۱۰) هزینه تمام هر بخش و هزینه تمام شده برای اجرای طرح رژیم جاده در سناریوی دوم را نشان می‌دهد.

جدول۱۰. هزینه تمام شده اجرای طرح رژیم جاده در سناریوی سوم

کاربری	هزینه (ریال)
هزینه برداشت خطوط	۱،۲۹۰،۰۰۰،۰۰۰
هزینه ترسیم خطوط	۱،٥٤۸،۰۰۰،۰۰۰
هزینه رسم شابلون‌های راهنمای مسیر	۱٥۰،۰۰۰،۰۰۰
هزینه بازسازی آسفالت و حذف موانع فیزیکی وسط راه	۰
هزینه اطلاع رسانی و نصب تابلو	٤۰۰،۰۰۰،۰۰۰
مجموع کل هزینه‌ها	۳،۳۸۸،۰۰۰،۰۰۰

گام ششم: مقایسه سناریوها

در جدول (۱۱) هر سه سناریو با هم مقایسه شده است.

جدول ۱۱. جدول مقایسه سناریوها

شاخص	سناریوی اول	سناریوی دوم	سناریوی سوم
زمان تأخیر (ثانیه بر کیلومتر)	۱۸٦	۲۹	۱٤٥
جریان سفر (وسیله نقلیه بر ساعت)	٥۷٦۱	٦٦۳٤	٥۱۷۹
چگالی (وسیله نقلیه بر کیلومتر)	٤٦	۱٥	۲۷
سرعت (کیلومتر بر ساعت)	۱٦	٤۰	۲٤
هزینه تمام شده (ریال)	۰	۲،۹۰۸،۰۰۰،۰۰۰	۳،۳۸۸،۰۰۰،۰۰۰

با توجه به جدول (۱۱) زمان تأخیر خیابان امام خمینی در وضع موجود برابر ۱۸٦ ثانیه بر کیلومتر است. در سناریوی دوم این مقدار به طور قابل توجهی کاهش یافته و برابر ۲۹ ثانیه بر کیلومتر شده است. سناریوی سوم زمان تاخیری برابر ۱٤٥ ثانیه بر کیلومتر دارد. این مقدار کمی بهتر از وضع موجود (سناریوی اول) است. با توجه به این شاخص در هر دو سناریو نسبت به وضع موجود بهبود حاصل شده است ولی سناریوی دوم تأثیر بسزایی در بهبود زمان تأخیر از خود نشان می‌دهد. جریان سفر در وضع موجود برابر ٥۷٦۱ وسیله نقلیه بر ساعت است. در سناریوی دوم این مقدار به ٦٦۳٤ وسیله نقلیه بر ساعت افزایش یافته و در سناریوی سوم به ٥۱۷۹ وسیله نقلیه کاهش می‌یابد. چگالی مسیر در وضع موجود برابر ٤٦ وسیله نقلیه بر کیلومتر است. این مقدار در سناریوی دوم به ۱٥ وسیله نقلیه بر کیلومتر و در سناریوی سوم به ۲۷ وسیله نقلیه بر کیلومتر کاهش یافته است. با توجه به این نتایج می‌توان گفت که در هر دو سناریو وضعیت ترافیک معبر نسبت به وضع موجود بهبود یافته است ولی سناریوی دوم تأثیر بیش‌تری در کاهش چگالی مسیر ایفا می‌کند. سرعت جریان ترافیک در وضع موجود (سناریوی اول) برابر ۱٦ کیلومتر بر ساعت است. این مقدار در سناریوی دوم به ٤۰ و در سناریوی سوم به ۲٤ کیلومتر بر ساعت افزایش می‌یابد. در نتیجه در هر دو سناریو سرعت وسایل نقلیه عبوری در خیابان نسبت به وضع موجود بهبود یافته است. با این حال افزایش سرعت در سناریوی دوم بیش‌تر است. هزینه تمام شده اجرای طرح رژیم جاده در سناریوی دوم برابر ۲۹۱ میلیون تومان و در سناریوی سوم برابر ۳۳۹ میلیون تومان است. با توجه به اینکه در هر دو سناریو مسیر ویژه دوچرخه در نظر گرفته شده است، می‌توان انتظار داشت که ایمنی دوچرخه‌سواران در هر دو سناریو تأمین شود. با توجه به نصب علائم هشدار دهنده در مسیر، انتظار می‌رود که ایمنی عابران پیاده در هر دو سناریو تعریف شده نسبت به وضع موجود بهبود یابد. با این حال در سناریوی سوم به دلیل وجود خط مخصوص دور زدن، و کمتر بودن تعداد خطوط تخصیص یافته به وسایل نقلیه عبوری، انتظار می‌رود که ایمنی و شرایط مساعدتری برای عبور عابران پیاده از عرض خیابان مهیا شده باشد. با توجه به بهبود شرایط ترافیکی در سناریوی دوم و سوم نسبت به وضع موجود، تردد خودروهای امداد در هر دو سناریو نسبت به وضع موجود با سهولت بیش‌تری صورت می‌گیرد. در سناریوی سوم با توجه به تخصیص خط مخصوص دورزدن

به تردد خودروهای امدادی، شرایط عبور این دسته از وسایل‌نقلیه به شدت بهبود می‌یابد.

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش ابتدا به انواع مختلف مشکلات پدید آمده در خیابان‌های شهری اشاره شده و سپس راهکارهای پیشنهادی طرح رژیم جاده برای حل این مشکلات عنوان شده است. سپس چند مثال برای بررسی چگونگی تأثیر این روش بر روی مسیرها از روی پروژه‌های انجام شده در سایر نقاط جهان ارائه شده است. در ادامه متدولوژی این روش در غالب شش مرحله عنوان شده و سپس خیابان امام خمینی شهر اردبیل با استفاده از این روش بررسی شده است. در بررسی این خیابان، مشکلاتی از جمله نبود خطوط دوچرخه، نبود ایمنی کافی برای عابران پیاده در هنگام عبور از عرض خیابان، حجم بالای ترافیک عبوری و تعداد بالای تصادفات شناسایی شده است. به منظور رفع این مشکلات از طریق طرح رژیم جاده، راهکارهایی بررسی و پیشنهاد شده است. سپس در غالب این راهکارها دو سناریو برای طراحی جدید خیابان ارائه شده است. سپس وضع موجود در غالب سناریوی اول و دو سناریوی پیشنهادی توسط نرم‌افزار Aimsun شبیه‌سازی شده و نتایج این شبیه‌سازی بررسی شده است. با توجه به بررسی و مقایسه دو سناریوی پیشنهادی نسبت به یکدیگر و وضع موجود، مشخص است که در هر دو سناریو شرایط مسیر نسبت به وضع موجود بهبود می‌یابد. با این حال هر سناریو دارای نقاط قوت خود است و با توجه به نتایج شبیه‌سازی مشخص ایست که جریان ترافیک و شرایط عبور خودروهای سواری در سناریوی دوم نسبت به سناریوی سوم بهتر است. از طرف دیگر ایمنی شیوه‌های دیگر سفر و امکان تردد خودروهای امدادی در سناریوی سوم بهتر از سناریوی دوم است. در این شرایط انتخاب سناریوی برتر بستگی به معیارهای مدیریتی سازمان‌های مربوطه و اهداف بلند مدت و چشم‌اندازهای سندهای بالادستی دارد. در صورتی که هدف بهبود شرایط ترافیکی معبر باشد، سناریوی دوم گزینه مناسب‌تری است و در صورتی که هدف بهبود ایمنی عابران پیاده و دوچرخه‌سواران و تسهیل تردد خودروهای امدادی باشد، سناریوی سوم گزینه مطلوب‌تری است. لازم به ذکر است که سناریوی دوم در طولانی مدت موجب افزایش تقاضای سفر با استفاده از خودروهای شخصی و سناریوی سوم در طولانی مدت موجب کاهش تقاضای سفر با استفاده از خودروهای شخصی در خیابان امام خمینی می‌شود. با توجه به هزینه‌های بدست آمده برای اجرای این دو سناریو، می‌توان گفت که با وجود اختلاف جزئی میان هزینه‌ها، اجرای هر دو سناریو در مقیاس شهری از هزینه کمی برخوردار است. توصیه می‌شود که به منظور اجرای طرح رژیم جاده بر روی خیابان امام خمینی، نسبت به اطلاع‌رسانی مناسب به منظور توجیه شهروندان و کاربران این خیابان در مورد منافع اجرای این طرح اقدام شود تا اجرای طرح با همراهی عمومی موجب افزایش کارایی راهکارهای پیشنهادی شود. در انتها مشخص است که استفاده از طرح رژیم جاده در هر دو سناریو توانسته مشکلات معبر مورد مطالعه را تا حد مناسبی برطرف سازد و موجب بهبود شرایط ترافیکی و ایمنی این خیابان شود.

٦- مراجع

-Abdi, A., Mosadeq, Z., & Bigdeli Rad, H. (2020). Prioritizing Factors Affecting Road Safety Using Fuzzy Hierarchical Analysis. *Journal of Transportation Research*, 17(3), 33-44.

-Afandizadeh Zargari, S., Bigdeli Rad, H., & Shaker, H. (2019). Using Optimization and Metaheuristic Method to Reduce the Bus Headway (Case Study: Qazvin Bus Routes). *Quarterly Journal of Transportation Engineering*, 10(4), 833-849.

-Afandizadeh, S., & Bigdeli Rad, H. (2021). Developing A Model to Determine the Number of Vehicles Lane Changing on Freeways by Brownian Motion Method. *Nonlinear Engineering*, 10(1), 450-460.

-Ameri, A., Bigdeli Rad, H., Shaker, H., & Ameri, M. (2021). Cellular Transmission and Optimization Model Development to Determine the Distances Between Variable Message Signs. *Journal of Transportation Infrastructure Engineering*, 7(1), 1-16.

-Bellefleur, O. (2011). Urban Traffic Calming and Health: Apaisement De La Circulation Urbaine Et Santé: Une Revue De Littérature.

-Bigazzi, A. Y., & Rouleau, M. (2017). Can Traffic Management Strategies Improve Urban Air Quality? A Review of the Evidence. *Journal of Transport & Health*, 7, 111-124.

-Chimba, D., & Mbuya, C. (2019). Simulating the Impact of Traffic Calming Strategies (No. TRCLC 17-10). Western Michigan University.

-Ohlms, P. B., Dougald, L. E., & Macknight, H. E. (2020). How's That Diet Working: Performance of Virginia Road Diets.

-Pawlovich, M., W. Li, A. Carriquiry, & Welch. (2005). Iowa's Experience With "Road Diet" Measures: Impacts on Crash Frequencies and Crash Rates Assessed Following a Bayesian Approach.

-Quirk, S. E., Williams, L. J., O'Neil, A., Pasco, J. A., Jacka, F. N., Housden, S., ... & Brennan, S. L. (2013). The Association between Diet Quality, Dietary Patterns and Depression in Adults: A Systematic Review. BMC Psychiatry, 13(1), 1-22.

-Rad, V. B., Najafpour, H., Ngah, I., Shieh, E., Rashvand, P., & Rad, H. B. (2015). What Are the Safety Factors Associating with Physical Activity in Urban Neighborhoods? (A Systematic Review). *J. Appl. Environ. Biol. Sci*, 5(3), 259-266.

Retting, R. (2017). Pedestrian Traffic Fatalities by State. Governors Highway Safety Association: Washington, DC, USA. Stamatiadis, N., & Kirk, A. (2014). *Guidelines for Road Diet Conversions.*

Sdoukopoulos, A., Verani, E., Nikolaidou, A., Politis, I., & Mikiki, F. (2020). Traffic Calming Measures as a Tool to Revitalise the Urban Environment: the Case of Serres, Greece. In Advances in Mobility-As-A-Service Systems: Proceedings of 5th Conference on Sustainable Urban Mobility, Virtual CSUM2020, June 17-19. Greece, *Springer International Publishing.* Cham. 770-779.

Su, Z. C., Chow, A. H., & Zhong, R. X. (2021). Adaptive Network Traffic Control with an Integrated Model-Based and Data-Driven Approach and a Decentralised Solution Method. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 128, 103154.

-Trump, J. J. (2021). Road Diets and Greenways: Barriers and Strategies for More Innovative Infrastructure (Doctoral Dissertation, Virginia Tech).

-Wang, J., Ying, J., & Jiang, S. (2022). An Adaptive Traffic-Calming Measure and Effectiveness Evaluation in a Large Urban Complex of Shanghai, China. *Sustainability*, 14(20), 13023.

-Wanjala, G. N. (2020). Level of Provision and Usability of Non-Motorized Transport Infrastructure along Tom Mboya Street, Nairobi City County (Doctoral Dissertation, University of Nairobi).

-Welch, T. M. (1999). The Conversion of Four Lane Undivided Urban Roadways to Three Lane Facilities (Pp. 28-30). Office of Transportation Safety, *Iowa Department of Transportation.*

Transportation Research Center for Livable Communities.

-Distefano, N., & Leonardi, S. (2019). Evaluation of the Benefits of Traffic Calming on Vehicle Speed Reduction. *Civil Engineering and Architecture*, 7(4), 200-214.

-Falamarzi, A., Borhan, M. N., & Rahmat, R. A. O. (2014). Developing A Web-Based Advisory Expert System for Implementing Traffic Calming Strategies. *The Scientific World Journal*.

-FHWA (2010). Evaluation of Lane Reduction Road Diet. (2010). Measures on Crashes. *FHWA Report No. FHWA-HRT-10-053*.
(Washington, DC).
-FHWA, Access Management in The Vicinity of Intersections. (2004) "Technical Summary, FHWA-SA-10-002 (Washington, DC).

-Gates, T. J., Noyce, D. A., Talada, V., & Hill, L. (2007). The Safety and Operational Effects of Road Diet. Conversions in Minnesota (No. 07-1918).

-Gonzalo-Orden, H., Pérez-Acebo, H., Unamunzaga, A. L., & Arce, M. R. (2018). Effects of Traffic Calming Measures in Different Urban Areas. *Transportation Research Procedia*, 33, 83-90.

-Harkey, D. L. (2008). Accident Modification Factors for Traffic Engineering and ITS Improvements,Vol. 617. *Transportation Research Board*.

-Huang, J., Ma, J., Chen, D., Zhao, Y., & Gao, C. (2019, November). Evaluation of Lane Reduction "Road Diet" Measures in China. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 688, No. 4, P. 044024). *IOP Publishing.*

-Lee, G., Joo, S., Oh, C., & Choi, K. (2013). An Evaluation Framework for Traffic Calming Measures in Residential Areas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 25, 68-76.

-Liu, B., Mehrara Molan, A., Pande, A., Howard, J., Alexander, S., & Luo, Z. (2021). Microscopic Traffic Simulation as a Decision Support System for Road Diet and Tactical Urbanism Strategies. *Sustainability*, 13(14), 8076.

-Noland, R. B., Gao, D., Gonzales, E. J., Brown, C., Patterson, G., & Center, A. M. V. T. (2014). Costs and Benefits of a Road Diet for Livingston Avenue in New Brunswick, *New Jersey*.

-Noyce, D. A., Talada, V., & Gates, T. J. (2006). Safety and Operational Characteristics of Two-Way Left-Turn Lanes.

Evaluation of Road Diet Strategy as One of the Methods of Demand Management for Non-Motorized Vehicles and Pedestrians in the Cities Center

Shahriar Afandizadeh, Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Shahriar Ormazdi Khorramshahi, M.Sc., Student, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.
Hamid Bigdeli Rad, Ph.D., Candidate, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

E-mail: zargari@iust.ac.ir

Received: November 2024- Accepted: February 2025

ABSTRACT

The Increase in Population in Big Cities and the Consequent Increase in Travel Demand Causes an Imbalance Between Supply and Demand, Creating Traffic Problems for Different Modes. Supply Development and Demand Management are Two Main Methods for Improving These Conditions. Supply Developments Attempt to Respond to Extra Demand by Increasing the Capacity of the Roads. Demand Management Reduces the Traffic Volume by Decreasing the Travel Demand. A Road Diet is one of the Most Used Methods of Demand Management. In This Research, the Effectiveness of These Two Approaches in Improving the Current Conditions is compared. In This Case, Three Scenarios of the Current Situation, Supply Development and Road Diet Have Been Simulated Using Aimsun Software in Imam Khomeini Street in Ardabil City. The Results Show that Supply Development is More Appropriate to Improve Traffic Parameters in A Short Time, And Road Diets Can Potentially Improve Safety.

Keywords: Non-Motorized Transportation, Passenger Safety, Road Diet, Demand Management