

## امکان سنجی مدیریت پویای مقطع عرضی در معابر درون شهری

علمی - پژوهشی

سید محمد سادات حسینی\*، استادیار، دانشکده راهور، دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران  
سهیل توکلی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه آزاد تهران مرکز، تهران، ایران

\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: sadathoseini1@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۷ - پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۵

صفحه ۱۱۸-۱۰۹

### چکیده

تقاضای سفر در شهر تهران، هماهنگ با حرکت مردم به سمت محل کار، در هنگام صبح از مناطق مختلف به سمت مرکز شهر و در هنگام عصر از مرکز به مناطق دیگر زیاد می‌شود. به همین جهت در شبکه معابر شهری می‌توان بزرگراه‌هایی را پیدا کرد که در هنگام صبح در یک جهت و در هنگام عصر در جهت دیگر شلوغ هستند. با اختصاص یک باند از جهت خلوت به جهت شلوغ در ساعات مختلف روز می‌توان ترتیبی داد که از حجم و شلوغی بزرگراه‌ها کاسته شود. در این تحقیق با پیاده‌سازی قسمتی از بزرگراه همت در نرم‌افزار شبیه‌ساز ایماسان بررسی شده است که این روش تا چه حد باعث بهبود وضع ترافیک می‌شود. اطلاعات ورودی به نرم‌افزار نظیر احجام عبوری، ابعاد وسایل، سرعت وسایل، تعداد خطوط عبوری و عرض خطوط به صورت میدانی از محل به دست آمد و پارامترهای خروجی شامل تاخیر، سرعت، زمان سفر، مسافت پیموده شده و میزان مصرف سوخت از خروجی نرم‌افزار استخراج گردید. برای این کار وضع فعلی محدوده مورد تحقیق و سناریوی پیشنهادی یعنی اختصاص یک باند از جهت خلوت به جهت شلوغ در نرم‌افزار شبیه‌ساز پیاده‌سازی گردید و نتایج حاصل از اجرای شبیه‌سازی آنها مقایسه شده است. بر این اساس مشخص گردید که در اوج صبح تبدیل مسیر رفت به ۵ خط از ۴ خط و تبدیل مسیر برگشت از ۴ خط به ۳ خط و عکس این کار در هنگام عصر سبب بهبود شاخص‌های عملکردی شامل تاخیر، سرعت، زمان سفر، چگالی و مصرف سوخت می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی ترافیکی، مصرف سوخت، زمان سفر، مدیریت پویای مقطع عرضی

### ۱- مقدمه

توزیع ترافیک معابر در ساعات شروع و پایان فعالیت روزانه معمولاً در جهت سفرهاست و این امر در اکثر معابر شهری منجر به تقسیم نامساوی ترافیک در دو جهت می‌شود آیین‌نامه‌های معتبر طراحی، ضریبی بنام ضریب توزیع جهتی را معرفی می‌کند. این ضریب بیانگر رفتار ترافیک در دو جهت حرکت در ساعت اوج است. شرایط مذکور در معابر چندین بار در طول روز و در پایان فعالیت‌های روزانه در جهت عکس تکرار می‌شود و در این ساعت‌ها باعث ایجاد مشکلات ترافیکی معبر و کمبود ظرفیت می‌شود. به همین دلیل یعنی تغییر رفتار ترافیک در ساعت‌های اوج، تعداد خطوط رفت و برگشت را در طراحی یک خیابان برابر در نظر می‌گیرند. این مسئله باعث می‌شود که در ساعت پیک

(شلوغی) مشکلات ترافیکی در یک جهت بطور محسوسی از جهت دیگر بیشتر باشد. به منظور کاهش مشکلات ترافیکی ناشی از این امر، تخصیص نامساوی خطوط حرکت در یک معبر یکی از روش‌هایی است که کارایی معابر را بنحو چشمگیر افزایش می‌دهد، به این معنی که در ساعات شلوغ تعداد خط بیشتری به آن جهت اختصاص یابد و در ساعات دیگر روز تعداد خطوط دو جهت مساوی باشد. در واقع طرح پیشنهادی، امکان سنجی چنین مدیریتی در معابر را بررسی می‌کند. با توجه به عدم تقسیم برابر بار ترافیکی مسیر رفت و برگشت برخی معابر در طول شبانه روز، لازم است تعداد خطوط این مسیرها، مطابق با حجم ترافیکی تغییر پیدا کرده تا از حداکثر ظرفیت معابر استفاده گردد و ترافیکی

سنگینی هستند که از آنها برای جابجایی موانع جداکننده خطوط در اتوبان‌ها و بزرگراه‌ها برای کاهش حجم ترافیک در ساعات شلوغی استفاده می‌شود. شکل ۱ یک نمونه از این ماشین‌ها در هنگام جابجایی بلوک‌ها برای تغییر تعداد باندهای هر جهت را نشان می‌دهد.



شکل ۱. ماشین انتقال دهنده موانع (BTM)

در هنگام کارکرد این ماشین‌ها نیازی به بستن مسیر وجود ندارد و همزمان با عبور ترافیک امکان جابجایی بلوک‌ها وجود دارد. شکل ۲ تغییر تعداد باندهای حرکتی همزمان با عبور ترافیک را نشان می‌دهد.



شکل ۲. تغییر تعداد باندهای حرکتی همزمان با عبور ترافیک

سیستم کار این گونه است که چرخ‌هایی از ماشین به صورت قلاب زیر قسمت فوقانی T شکل موانع قرار گرفته، آن را بلند کرده و به صورت جانبی زیر ماشین جابجا می‌کند. از این طریق با افزایش یک خط به خطوط بزرگراه در سمتی که میزان ترافیک در مقدار اوج است، از حجم ترافیک کاسته می‌شود. این بلوک‌ها به وسیله زنجیرهای فولادی به هم متصل شده‌اند تا در عین انعطاف‌پذیری، یک مانع محکم را ایجاد کنند. ماشین‌های انتقال دهنده موانع در هنگام انتقال موانع به طور استاندارد سرعتی برابر با ۸ کیلومتر بر ساعت دارند. جاده‌های زیبی اولین بار در سال ۱۹۸۵ معرفی شد و اکنون در چندین پل مهم دیگر از جمله سال ۱۹۹۰ میلادی بروی پل اوکلند هاربر در نیوزیلند، سال ۲۰۰۰

روان در هر دو سمت رفت و برگشت جایگزین ترافیک سنگین در یک سمت و تردد سبک در سمت متقابل آن گردد. تغییر خطوط و به عبارتی خطوط ویژه برگشت پذیر خطوط عبور ویژه‌ای هستند که جهت آن‌ها با توجه به تقاضای جهتی وسایل نقلیه در طول روز تغییر می‌یابد و به این ترتیب کارایی استفاده از عرض موجود معبر و در نتیجه ظرفیت ترافیک عبوری معبر را افزایش می‌دهد که به صورت‌های مختلف اجرا می‌گردد. این خطوط در اجرا می‌توانند به صورت موانع ثابت، موانع متحرک و یا تلفیقی از این‌ها و نیز بصورت همسو با جریان ترافیک و غیرهمسو با جریان ترافیک اجرا شوند و در ساعات اوج ترافیک در جهت بهبود تراکم جریان ترافیک نقش مؤثری داشته باشند. از آنجائیکه عملیات ترافیک اجرای خطوط برگشت پذیر به عنوان یکی از کم هزینه‌ترین روش‌ها به منظور افزایش ظرفیت یک معبر موجود به طور وسیعی مورد توجه است، لذا به منظور کاربردی کردن این روش، امکان سنجی پیاده سازی روش‌های مدیریت زمانی مکانی مقطع عرضی در معابر درون شهری به عنوان موضوع تحقیق انتخاب شده است. در این تحقیق شیوه‌های مدیریت مقطع عرضی از منظر اجرایی و اثرپذیری مورد بررسی قرار می‌گیرد تا بتوان مشکلات موجود در این زمینه شناسایی شود و مدیریت مقطع عرضی و تاثیر آن بر روی عملکرد شبکه مطالعه مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا پس از مقدمه، تعریف مساله و اهداف تحقیق بیان شده است و مبانی نظری مورد استفاده در مطالعه و نمونه‌هایی از تجارب سایر کشورها در زمینه مدیریت مقطع عرضی مورد بررسی قرار گرفته و آسیب شناسی می‌شود. برای این منظور ضمن شبیه سازی سناریوهای پیشنهادی، عملکرد شبکه برای راهکارهای پیشنهادی بررسی می‌شود. هدف اصلی این تحقیق تعیین میزان تاثیر پیاده سازی روش‌های مدیریت زمانی مکانی مقطع عرضی بر کیفیت جریان ترافیک عبوری در معابر درون شهری می‌باشد.

### تکنولوژی مقطع عرضی متغیر

ایده‌ی این تکنولوژی سال‌ها پیش توسط آقای مارتین لیک ارایه شد. این راه حل دو مؤلفه موانع متحرک و ماشین انتقال دهنده‌ی موانع دارد. (ناصری و جلیلی، ۱۴۰۰)

موانع متحرک شامل یکسری بلوک‌های پیش ساخته از جنس بتن مسلح با فولاد هستند که قابلیت اتصال به یکدیگر را دارند. نحوه‌ی اتصال به گونه‌ای است که به بلوک اجازه ی دوران در جهات مختلف داده می‌شود. در بعضی اوقات جهت ایجاد ایمنی بیشتر ابتدا و انتهای موانع را به ضربه گیرهای پلاستیکی که با آب پر شده‌اند، مجهز می‌کنند. ماشین‌های انتقال موانع (بی‌تی‌ام) که به آنها ماشین زیب یا زیب جاده هم گفته می‌شود، ماشین‌آلات

در راستا بررسی تاثیر کم کردن یک خط عبوری از مسیر برگشت و اضافه نمودن آن به مسیر رفت بر روی زمان سفر کل مسافران، روابط زیر تعریف شده است. در مرحله اول فرض می شود که تقاضای مسیر برگشت از مسیر رفت کمتر است یعنی  $Q_R < Q_G$  در این شرایط در نظر است که یک خط عبوری از جهت برگشت کم شده و به مسیر رفت اضافه گردد. فرض می شود ظرفیت مسیر از رابطه زیر به دست می آید.

$$Q_C = n k C_0 \quad (1)$$

که در آن:

$n$ : تعداد باندهای عبوری،

$C_0$ : ظرفیت یک باند حرکتی،

$k$ : ضریب مربوط به ویژگی باند حرکتی.

لذا زمان سفر در در مسیر رفت قبل و بعد از اضافه کردن یک خط عبوری به صورت زیر تخمین زده شده است.

$$t_G = t_0 \left( 1 + 0.15 \left( \frac{Q_G}{nkC_0} \right)^4 \right) \quad (2)$$

$$t'_G = t_0 \left( 1 + 0.15 \left( \frac{Q_G}{(n+1)kC_0} \right)^4 \right) \quad (3)$$

که در آن:

$t_0$ : زمان سفر آزاد،

$Q_G$ : حجم ترافیک در مسیر رفت و

$t_G$  و  $t'_G$  به ترتیب زمان سفر قبل و بعد از اضافه کردن یک باند حرکتی است.

زمان سفر در مسیر برگشت نیز قبل و بعد از کاهش تعداد خط عبوری به صورت زیر است.

$$t_R = t_0 \left( 1 + 0.15 \left( \frac{Q_R}{nkC_0} \right)^4 \right) \quad (4)$$

$$t'_R = t_0 \left( 1 + 0.15 \left( \frac{Q_R}{(n-1)kC_0} \right)^4 \right) \quad (5)$$

که در آن:

$t_0$ : زمان سفر آزاد،

$Q_R$ : حجم ترافیک در مسیر رفت و

$t_R$  و  $t'_R$  به ترتیب زمان سفر قبل و بعد از کم کردن یک باند حرکتی است. زمانی که رانندگان برای عبور از بزرگراه مورد بررسی صرف می کنند برابر حاصلضرب تعداد وسایل نقلیه در زمان سفر طی مسیر است، بنابراین قبل از تغییر تعداد باندها زمان سفر از روابط ۶ به دست می آید.

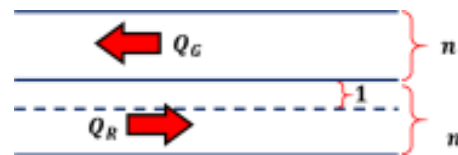
در پل بنیامین فرانکلین در دلاور و سال ۲۰۱۲ در شهر سیدنی استرالیا پیاده سازی و در حال استفاده است. در جدول ۱ برخی از راه ها که به صورت دائمی از این روش استفاده می کنند آمده است.

جدول ۱. راه هایی که به صورت دائمی از روش مقطع عرضی متغیر استفاده می کنند (Wikipedia, 2022)

شهر	کشور	راه
Philadelphia	آمریکا	and Benjamin Walt Whitman Franklin Bridges
Sydney	استرالیا	Victoria Road
Washington	آمریکا	Theodore Roosevelt Bridge
Boston	آمریکا	HOV lanes Southeast Expressway
San Diego	آمریکا	San Diego-Coronado and I-15 Express Lanes Bridge
Réunion	فرانسه	Route du littoral
Montreal	کانادا	Quebec Autoroute 13
Caguas	پورتوریکو	Puerto Rico Highway 52
San Juan	پورتوریکو	Puerto Rico Highway and Puerto Rico Highway 1822
New York	آمریکا	and original Tappan Zee Bridge the western portion of the Long Island Expressway <sup>[8]</sup>
Dallas	آمریکا	I-30
Honolulu	آمریکا	H-1
San Francisco	آمریکا	Golden Gate Bridge
Auckland	نیوزیلند	Auckland Harbour Bridge
Vancouver	کانادا	Alex Fraser Bridge

## ۲- پیشینه تحقیق

در شکل ۳ یک بزرگراه با  $n$  خط عملکردی در هر رویکرد، تقاضا مسیر رفت  $Q_G$  و تقاضا مسیر برگشت  $Q_R$  فرض می گردد.



شکل ۳. یک بزرگراه با  $n$  خط عبوری در هر جهت

آنها نیز نشان دادند که استفاده از روش مدیریت مقطع عرضی سرعت متوسط وسایل نقلیه را در ساعات شلوغی در آن معبر افزایش می‌دهد. در تحقیقات مصباح‌الدین و همکاران (۲۰۱۵)، شهر مقدس مکه مورد توجه قرار گرفته و با توجه به تقاضای متغیر سفر در این شهر در ساعات مختلف، با استفاده از اینترنت اشیا یک سیستم مدیریت پویای سفر پیشنهاد شده که تأثیر زیادی بر کاهش شلوغی در معابر شلوغ این شهر داشته است.

شورونک و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیقات خود یک بزرگراه که عملاً روش مدیریت پویای مقطع عرضی در خطوط پرسرنشینان اجرا می‌شد، یعنی خط پرسرنشین منطقه دالاس را مورد ارزیابی قرار دادند. تحقیقات آنها نشان داد که مدیریت پویای این خط و تغییر جهت دادن آن در ساعات مختلف عملاً باعث افزایش سرعت متوسط وسایل نقلیه در ساعات اوج ترافیک شده است. پاپاکوستاسا (۲۰۰۸) در گزارش کاری خود در مورد کارایی تغییر مقطع عرضی بزرگراه هونولولو نشان داد که استفاده از روش‌های پویای مدیریت مقطع عرضی باعث افزایش سرعت در ساعات اوج ترافیک می‌شود. در جدول ۲ مطالعات قبلی در زمینه مدیریت پویای مقطع عرضی ذکر شده تا جایگاه تحقیق حاضر بین آنها مشخص گردد.

جدول ۲. مقایسه مطالعات قبلی در زمینه مدیریت پویای مقطع عرضی

نام تحقیق	روش ارزیابی	نتیجه
وانگ (۲۰۱۶)	شبیه سازی	کاهش معنی دار سرعت متوسط در ساعت اوج
ژانگ (۲۰۱۶)	شبیه سازی	کاهش ۳۰٪ سرعت متوسط در ساعت اوج
هاسنج (۲۰۱۱)	شبیه سازی	کاهش معنی دار سرعت متوسط در ساعت اوج
مصباح‌الدین (۲۰۱۵)	شبیه سازی	کاهش معنی دار سرعت متوسط
شورونک (۲۰۰۱)	ارزیابی راه موجود	کاهش معنی دار سرعت متوسط در ساعت اوج
پاپاکوستاسا (۲۰۰۸)	ارزیابی راه موجود	کاهش معنی دار سرعت متوسط در ساعت اوج

با توجه به این که تاکنون این روش در کشور استفاده نشده است، امکان ارزیابی آن به صورت عملی وجود نداشت. بنابراین در تحقیق حاضر از روش شبیه‌سازی برای بررسی تأثیر استفاده از مدیریت پویای مقطع عرضی استفاده شده است. نتایج به دست آمده نیز نشان دهنده بهبود وضعیت ترافیک و کاهش سرعت متوسط وسایل نقلیه می‌باشد.

$$T_G = t_G \times Q_G \quad (6)$$

$$T_R = t_R \times Q_R \quad (7)$$

و کل زمان صرف شده برابر است با:

$$T = T_G + T_R \quad (8)$$

زمان صرف شده بعد از تغییر تعداد خطوط عملکردی نیز از روابط زیر بدست می‌آید:

$$T'_G = t'_G \times Q_G \quad (9)$$

$$T'_R = t'_R \times Q_R \quad (10)$$

و کل زمان صرف شده بعد از تغییر تعداد خطوط برابر است با:

$$T' = T'_G + T'_R \quad (11)$$

برای اینکه تغییر تعداد خطوط عملکردی باعث بهبود وضعیت ترافیک شود، باید رابطه زیر برقرار باشد:

$$T' < T \quad (12)$$

بنابراین با جایگذاری تقاضا مسیر رفت و مسیر برگشت در روابط بالا می‌توان مشخص کرد در چه شرایطی تغییر تعداد خطوط عملکردی به صلاح است.

## مطالعات پیشین

تحقیقات قبلی در زمینه مدیریت پویای مقطع عرضی را به دو گروه می‌توان تقسیم کرد. اول تحقیقاتی که با استفاده از شبیه‌سازی و روش‌های مشابه، کارایی این روش را بررسی کرده‌اند، ولی آن را در عمل به کار نبرده‌اند. دوم تحقیقاتی که کارایی مدیریت پویای مقطع عرضی را در محل‌هایی ارزیابی کرده‌اند که از این روش‌ها عملاً استفاده می‌شود. وانگ و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقات خود با استفاده از ایده مدیریت پویای باندهای حرکتی، مسیری‌هایی که در بعضی ساعات در یک جهت و در بعضی ساعات دیگر در جهت دیگر شلوغ بودند را شناسایی کردند و با شبیه‌سازی مدیریت پویای مقطع عرضی نشان دادند که استفاده از این روش شلوغی این معابر و سرعت متوسط وسایل نقلیه در ساعات شلوغی را کاهش می‌دهد.

در تحقیقات ژانگ (۲۰۱۶) یکی از بزرگراه‌های مریلند بررسی گردید. با شبیه‌سازی سناریوهای مختلف برای مدیریت پویای مقطع عرضی مثل تغییر جهت باندهای پرسرنشین، نشان دادند که استفاده از این روش‌ها از شلوغی مسیر می‌کاهد و سرعت متوسط وسایل نقلیه در ساعات اوج را افزایش می‌دهد.

هاسنج و همکاران (۲۰۱۱) یک مسیر که کاندید مناسبی برای مدیریت مقطع عرضی بود را انتخاب و آن را شبیه‌سازی نمودند.

## روش تحقیق

پیاده‌سازی گردید. شکل ۵ نحوه پیاده‌سازی شبکه معابر در نرم افزار Aimsun با استفاده از تصویر ماهواره‌ای معبر را نشان می‌دهد.

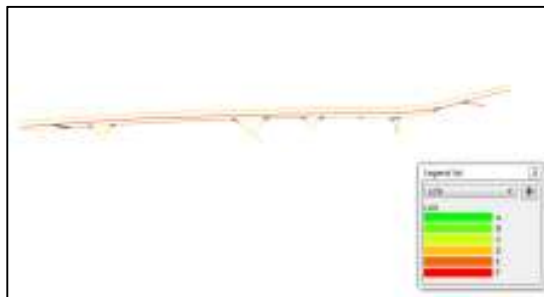
جدول ۳. وضعیت خطوط در شرایط فعلی و سناریوی پیشنهادی

ردیف	تعداد خطوط عبوری مسیر رفت غرب به شرق	تعداد خطوط عبوری مسیر برگشت شرق به غرب
وضعیت موجود	۴ خط	۴ خط
صبح	۵ خط	۳ خط
عصر	۳ خط	۵ خط



شکل ۵. نحوه پیاده‌سازی شبکه معابر در نرم افزار Aimsun

پس از پیاده‌سازی شبکه معابر، حجم ترافیک برداشت شده از بزرگراه به شبکه اختصاص داده شد و وضعیت ترافیک در شرایط فعلی شبیه‌سازی گردید. شکل ۶ وضعیت ترافیک در شرایط فعلی در هنگام صبح را نشان می‌دهد.



شکل ۶. وضعیت معابر در نرم افزار Aimsun

در شکل ۶ وضعیت معابر مورد مطالعه در شرایط فعلی نشان داده شده و شلوغی و خلوتی آنها با استفاده از رنگ مناسب مشخص شده است. نتیجه شبیه‌سازی با شرایط واقعی مقایسه شد و انطباق آنها تأیید گردید. پس از اطمینان از این که شبیه‌سازی بزرگراه همت با شرایط واقعی کسان است، سناریوی پیشنهادی در

با توجه به ماهیت موضوع و اهداف پژوهش، نوع تحقیق کاربردی و رویکرد حاکم بر فضای تحقیق توصیفی-تحلیلی است. پس از بررسی و شناخت وضعیت موجود محدوده مورد مطالعه به تجزیه و تحلیل آن پرداخته شده است، بدین صورت که داده های حجم خودروهای عبوری در یک بازه زمانی خاص با آماربرداری احجام وسایل بدست آمده و به عنوان ورودی برای نرم افزار ایمنسان مورد استفاده قرار گرفته است. سپس با استفاده از نرم‌افزار ایمنسان شبیه‌سازی شده و به مقایسه آن با وضع موجود پرداخته شده است. در این تحقیق، بزرگراه شهید همت حدفاصل شیخ بهایی تا گاندی به جهت وجود تراکم بالای ترافیکی و مشکلات موجود مورد بررسی قرار گرفته است. آماربرداری احجام وسایل نقلیه عبوری در محدوده مورد تحقیق در تاریخ ۱۴۰۰/۰۵/۰۴ در بازه زمانی ۶:۳۰ الی ۸:۳۰ و ۱۷:۳۰ الی ۱۹:۳۰ با استفاده از ۱۳ آماربردار انجام شده است.

با توجه به برداشت‌های انجام شده، ساعت ۷:۳۰ تا ۸:۳۰ ساعت اوج صبح و ساعت ۱۸:۰۰ تا ۱۹:۰۰ به عنوان ساعت اوج عصر در بررسی‌ها منظور شده است. در این تحقیق نرم افزار شبیه ساز ترافیک Aimsun مورد استفاده قرار گرفت. برخی پارامترهای مورد استفاده در این نرم‌افزار با توجه به شرایط رانندگان ایرانی تنظیم گردید. سناریوهای پیشنهادی شامل افزایش تعداد باندهای حرکتی در زمان اوج ترافیک و کم کردن آن در ساعات خلوتی در نرم افزار پیاده‌سازی گردید و نتایج شبیه‌سازی با شرایط فعلی مقایسه شده است. فرآیند تحقیق در شکل ۴ آمده است.



شکل ۴. فرآیند انجام تحقیق

در شرایط فعلی مسیر غرب به شرق و شرق به غرب همیشه دارای ۴ باند حرکتی هستند. با توجه به این که تقاضای سفر در این قسمت از بزرگراه همت، صبح‌ها از غرب به شرق و عصرها از شرق به غرب بیشتر است، در سناریوی پیشنهادی، در هنگام صبح مسیر غرب به شرق ۵ باند و مسیر شرق به غرب ۳ باند و در هنگام عصر مسیر غرب به شرق ۳ باند و مسیر شرق به غرب ۵ باند خواهد داشت. سناریوی پیشنهادی در جدول ۳ آمده است. وضعیت فعلی و سناریوی پیشنهادی در نرم افزار Aimsun با استفاده از عکس ماهواره‌ای منطقه مورد بررسی

لازم به یادآوری است که مطابق سناریو صبح، تعداد خطوط عبوری مسیر غرب به شرق ۵ خط و مسیر شرق به غرب ۳ خط در نظر گرفته شده است. علت افزودن یک خط به مسیر غرب به شرق در اوج صبح بیشتر بودن حجم عبوری مسیر غرب به شرق در مقایسه با مسیر مخالف است. در جدول ۴ نتایج سناریو صبح به تفکیک شاخص‌های عملکردی آورده شده است. سناریوی عصر یعنی شرق به غرب ۵ خط و غرب به شرق ۳ خط نیز شبیه‌سازی شده و با وضع فعلی مقایسه گردید که نتایج حاصل از آن در جدول ۵ آمده است.

هنگام صبح و عصر نیز در نرم‌افزار پیاده‌سازی گردید و نتایج مربوطه برداشت گردید که در بخش بعدی نتایج به دست آمده بیان خواهند شد.

### یافته‌های تحقیق

سناریو پیشنهادی شامل یک وضعیت صبح و یک وضعیت عصر می‌باشد که نتایج و خروجی‌های نرم افزار در مقایسه با وضعیت فعلی آورده شده است. سناریو مربوط به شبیه‌سازی محدوده مورد مطالعه بزرگراه شهید همت حدفاصل خیابان شیخ بهایی تا خیابان گاندی برای اوج صبح (ساعت ۷:۳۰ تا ۸:۳۰) می‌باشد.

جدول ۴. مقایسه وضع فعلی با سناریوی صبح

سناریو صبح غرب به شرق ۵ خط و شرق به غرب ۳ خط	وضعیت فعلی	نتایج	
۲۰۶,۴	۲۶۴,۲	تاخیر	کیلومتر بر ثانیه
۳۲,۵۲	۳۰,۴۰	سرعت	کیلومتر بر ساعت
۱۶۵۳۱	۱۶۸۰۰	مسافت پیموده شده	کیلومتر
۷۹۱	۹۶۵	مجموع زمان سفر	ساعت
۳۱۲,۴	۳۷۰,۲	زمان سفر	ثانیه بر ساعت
۱۲۱۸۵	۱۲۲۳۲	حجم شبکه	وسیله نقلیه بر ساعت
۴۳,۶	۵۴,۶	چگالی	وسیله نقلیه بر کیلومتر
۱۲۶۲	۱۵۸۵	مصرف سوخت	لیتر

جدول ۵. مقایسه وضع فعلی با سناریوی عصر

سناریو عصر شرق به غرب ۵ خط و غرب به شرق ۳ خط	وضعیت فعلی	نتایج	
۵۷,۲	۷۰,۰	تاخیر	کیلومتر بر ثانیه
۳۷,۲۰	۳۵,۳۸	سرعت	کیلومتر بر ساعت
۱۶۱۲۵	۱۶۴۹۳	مسافت پیموده شده	کیلومتر
۴۶۱	۵۳۰	مجموع زمان سفر	ساعت
۱۵۴,۲	۱۷۳,۸	زمان سفر	کیلومتر بر ثانیه
۱۱۹۰۷	۱۱۸۸۴	حجم شبکه	وسیله نقلیه بر ساعت
۲۴,۲	۲۸,۳	چگالی	وسیله نقلیه بر کیلومتر
۸۰۴	۹۳۵	مصرف سوخت	لیتر

میزان تغییر در شاخص‌های عملکردی نسبت به وضع موجود در جدول ۶ به تفکیک سناریوی صبح و عصر آمده است.

جدول ۶. مقایسه میزان تغییر در شاخص‌های عملکردی نسبت به وضع موجود

سناریو عصر	سناریو صبح	نتایج	
غرب به شرق ۳ خط و شرق به غرب ۵ خط	غرب به شرق ۵ خط و شرق به غرب ۳ خط		
-۱۸,۳٪	-۲۱,۹٪	تاخیر	کیلومتر بر ثانیه
۵,۱٪	۷,۰٪	سرعت	کیلومتر بر ساعت
-۲,۲٪	-۱,۶٪	مسافت پیموده شده	کیلومتر
-۱۳,۱٪	-۱۸,۱٪	مجموع زمان سفر	ساعت
-۱۱,۳٪	-۱۵,۶٪	زمان سفر	ثانیه بر کیلومتر
۰,۲٪	-۰,۴٪	حجم شبکه	وسیله نقلیه بر ساعت
-۱۴,۴٪	-۲۰,۲٪	چگالی	وسیله نقلیه بر کیلومتر
-۱۴,۰٪	-۲۰,۴٪	مصرف سوخت	لیتر

### توجیه اقتصادی مدیریت پویای مقطع عرضی

استفاده از این روش سالیانه حدود ۲,۹ میلیارد تومان صرفه جویی به همراه خواهد داشت که سرمایه‌گذاری حدود ۱۷,۷ میلیارد تومانی را توجیه می‌نماید. با تبدیل مقادیر دلاری به ریالی به قیمت روز یعنی هر دلار ۳۸ هزار تومان (شبکه اطلاع رسانی طلا، سکه و ارز، ۱۴۰۱) و جمع مقادیر ریالی و دلاری صرفه جویی‌های به دست آمده در یک روز مشخص می‌شود. ۴۵۴ لیتر بنزین صرفه جویی روزانه بنزین حدود ۱۷ میلیون و دویست هزار تومان و ۲۴۰ ساعت وقت مردم روزانه حدود ۹ میلیون و ششصد هزار تومان و در مجموع استفاده از روش مدیریت مقطع عرضی حدوداً ۲۶ میلیون و هشتصد هزار تومان در هر روز صرفه جویی ایجاد می‌کند.

بنابراین، اگر برای جابجایی موانع بین مسیر رفت و برگشت، حدود ۲۶ میلیون تومان هزینه در هر روز صرف شود، باز هم استفاده از این روش مقرون به صرفه خواهد بود.

منافع استفاده از روش مدیریت پویای مقطع عرضی شامل صرفه جویی در مصرف سوخت و کاهش زمان سفر می‌باشد. طبق جدول ۴ استفاده از این روش تنها در یک ساعت اوج ترافیک صبح باعث حدود ۳۲۳ لیتر کاهش مصرف سوخت می‌شود. طبق جدول ۵ نیز تنها در یک ساعت اوج ترافیک عصر ۱۳۱ لیتر کاهش مصرف سوخت به وجود می‌آید. در مجموع تنها در این دو ساعت ۴۵۴ لیتر صرفه جویی در مصرف بنزین به وجود می‌آید. با فرض سالیانه ۳۰۰ روز کاری، حدود ۱۳۶ هزار لیتر بنزین در طول سال صرفه جویی به وجود می‌آید. با فرض این که قیمت بنزین در سطح جهانی در حدود یک دلار باشد (شبکه اطلاع رسانی طلا، سکه و ارز، ۱۴۰۱)، سرمایه‌گذاری برای مدیریت عرضی این قسمت از بزرگراه شهید همت سالیانه حدود ۱۳۶ هزار دلار صرفه‌جویی به همراه خواهد داشت که این موضوع با نرخ بازگشت ۱۰٪ و دوره زمانی ۱۰ سال با استفاده از رابطه زیر یک سرمایه‌گذاری ۸۳۷ هزار دلاری را توجیه خواهد کرد.

$$P = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] = 136 \left[ \frac{(1+0.1)^{10} - 1}{0.1(1+0.1)^{10}} \right] = 837 \quad (۱۳)$$

این رقم هزینه‌ای که برای خرید ماشین آلات و تجهیزات مورد نیاز است را توجیه می‌نماید. برای محاسبه ارزش وقت صرفه جویی شده، به همین ترتیب اقدام می‌شود. یعنی طبق جدول ۴ در ساعت اوج صبح حدود ۱۷۰ ساعت و در ساعت اوج عصر طبق جدول ۵ حدود ۷۰ ساعت و روزانه ۲۴۰ ساعت و سالیانه ۷۲ هزار ساعت در وقت مردم صرفه‌جویی می‌شود. اگر وقت مردم به طور متوسط ساعتی ۴۰ هزار تومان ارزش داشته باشد،

### ۵- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از روش مدیریت پویای مقطع عرضی می‌توان شلوغی معابر را کاهش و شاخص‌های ترافیکی مثل سرعت متوسط وسایل نقلیه را بهبود بخشید. با شناسایی معابری که در برخی ساعات در یک جهت و برخی ساعات در جهت دیگر دچار مشکل شلوغی می‌شوند و اختصاص تعداد باندها از جهت خلوت معبر به جهت شلوغی، می‌توان موجبات

- شبکه اطلاع رسانی سکه و ارز، (۱۴۰۱)، [www.tgju.org](http://www.tgju.org).
- Hausknecht, M., Au, T. C., Stone, P., Fajardo, D., & Waller, T., (2011), "Dynamic lane reversal in traffic management, in 2011 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), pp. 1929-1934, IEEE.
- Misbahuddin, S., Zubairi, J. A., Saggaf, A., Basuni, J., Sulaiman, A., & Al-Sofi, A., (2015), "IoT based dynamic road traffic management for smart cities", In 2015 12th International conference on high-capacity optical networks and enabling/emerging technologies (HONET), IEEE. pp. 1-5.
- Papacostasa, C. S., (2008), "Honolulu's zipper lane: a moveable barrier HOV application".
- Skowronek, D. A., Ranft, S. E., & Cothron, A. S., (2002), "An evaluation of Dallas area HOV lanes, year 2002 (Vol. 4961, No. 2)", "Texas Transportation Institute", Texas a & M University System.
- Wang, C., David, B., Chalon, R., & Yin, C., (2016), "Dynamic road lane management study: A Smart City application", Transportation research part E: logistics and transportation review, 89, pp.272-287.
- Wikipedia, (2022), Barrier transfer machine, [https://en.wikipedia.org/wiki/Barrier\\_transfer\\_machine](https://en.wikipedia.org/wiki/Barrier_transfer_machine).
- Zhang, K., (2016), "Traffic impact analysis of several dynamic lane management strategies for congestion mitigation based on DTA model", University of Maryland, (Doctoral dissertation).
- بهبود شاخص‌های ترافیکی را فراهم آورد. به عنوان یک مطالعه مورد بزرگراه شهید همت حدفاصل شیخ بهایی تا گاندی بررسی گردید. این قسمت از بزرگراه در مسیر حرکت رانندگانی است که در صبح‌ها از منزل به محل کار خود در مرکز شهر و بعدازظهرها از محل کار به منزل سفر می‌کنند. بنابراین بزرگراه صبح‌ها از غرب به شرق به سمت مرکز شهر و بعد از ظهرها از شرق به غرب به سمت حومه شلوغ می‌شود.
- با کاهش یک باند از مسیر شرق به غرب و اختصاص آن به مسیر غرب به شرق در هنگام صبح و کاهش یک باند از مسیر غرب به شرق و اختصاص آن به مسیر شرق به غرب در هنگام عصر می‌توان شلوغی در این مسیر را کاهش داد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که با این کار ۵ تا ۷ درصد سرعت متوسط وسایل نقلیه در این مسیر کاهش پیدا می‌کند. میزان صرفه جویی در مصرف سوخت و وقت مردم نیز با استفاده از شبیه‌سازی محاسبه گردید و معادل ریالی آنها به دست آمد. برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود که استفاده از روش‌های ارزان برای مدیریت مقطع عرضی با استفاده از تجهیزات موجود در کشور و بررسی توجیه اقتصادی این روشها مورد توجه قرار گیرد.

## ۶-مراجع

- ناصری پوریزدی، ا.، جلیلی قاضی زاده، م.، (۱۴۰۰)، "متدولوژی بکارگیری انواع روش‌های مدیریت زمانی مکانی مقطع عرضی در معابر درون شهری"، گزارش طرح تحقیقاتی، مرکز پژوهش‌های شورای اسلامی شهر مشهد.



# Feasibility Study of Dynamic Lane Management in Urban Roads

*Mohammad Sadat Hoseini, Assistant Professor, Faculty of Traffic Police Department,  
Tehran, Iran.*

*Soheil Tavakoli, M.Sc., Grad., Civil Department of Islamic Azad University,  
Tehran, Iran.*

*E-mail: sadathoseini1@yahoo.com*

Received: September 2022- Accepted: February 2023

## **ABSTRACT**

Demand for travel in Tehran, in line with the movement of people to work, increases in the morning from different areas to the city center and in the evening from the center to other areas. Therefore, in the network of urban thoroughfares, one can find highways that are crowded in one direction in the morning and in the other direction in the evening. By allocating a lane from a not crowded to a crowded time at different times of the day, arrangements can be made to reduce the volume and congestion of highways. In this research, by implementing a part of Hemmat highway in Aimsun simulation software, it has been investigated to what extent this method improves the traffic situation. Input information to the software such as traffic volumes, vehicle dimensions, vehicle speed, number of lanes and lane width were obtained from the field study and output parameters including delay, speed, travel time, distance traveled and fuel consumption from the software output. To do this, the current state of the study area and the proposed scenario, i.e. assigning a band from not crowded to crowded, were implemented in the simulator software, and the results of their simulation were compared. Based on this, at the peak of the morning, the route changed to 5 lanes from 4 lanes and the return route changed from 4 lanes to 3 lanes and vice versa.

**Keywords:** Traffic Simulation, Fuel Consumption, Travel Time, Dynamic Lane Management