

# ارایه روشی جهت اولویت‌بندی و دسته‌بندی تقاطعات غیرهمسطح از دو نقطه نظر طراحی هندسی و کاربردی ترافیکی (مطالعه موردی: شهر تهران)

فرهاد شاکری شمس<sup>\*</sup>، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

محمد سعید منجم، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

حمید دهقان بناذکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

علی محمدباغ‌علیشاهی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Farhad0017.shakeri@gmail.com

دریافت: ۹۸/۰۴/۰۸ - پذیرش: ۹۸/۱۱/۰۵

صفحه ۱۴۰-۱۲۹

چکیده

امروزه با افزایش روزافزون وسایل نقلیه به معابر شهری تداخل‌های زیادی در محل تقاطعات رخ می‌دهد. از این رو توجه به احداث و یا اصلاح تقاطعات به ویژه تقاطعات غیرهمسطح که در سال‌های اخیر رونق زیادی یافته است ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی با توجه به هزینه‌های بالای پروژه‌های عمرانی انتخاب تقاطعی که اصلاح آن مشکل ترافیکی کل شبکه را حل کند از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این مقاله سعی شده است تا با ایجاد روشی جهت دسته‌بندی و اولویت‌بندی تقاطعات غیرهمسطح، دید جامع‌تری برای طراحان و مسوولین فراهم گردد تا بتوانند تخصیص بودجه و اولویت زمانی مناسبی جهت احداث و یا اصلاح آن‌ها فراهم کنند؛ چراکه بهبود و توسعه تقاطع غیرهمسطحی که از لحاظ هندسی و ترافیکی ضعف دارد نه تنها کارایی آن تقاطع را بالا می‌برد بلکه منجر به بهبود کارایی بالای کل شبکه بزرگراهی می‌شود. پس از بررسی تقاطعات مورد نظر، روشی تحت عنوان TOPSIS با وزن دهی آنتروپی شانون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در ادامه شاخص‌های هندسی و ترافیکی تعریف شدند. سپس به‌عنوان مطالعه موردی تقاطعات غیرهمسطح سیستمی بزرگراه شهید همت تهران که ۱۴ مورد می‌باشند دسته‌بندی و اولویت‌بندی گردیدند. از نتایج مشاهده می‌شود از بین تقاطعات موجود در هر دسته، تقاطعی که چپگرد جهتی و یا راستگرد محافظت شده با طول باند کاهش و افزایش سرعت بالا را داشته باشد از اولویت بالاتری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: بزرگراه، تقاطع غیرهمسطح، شاخص ترافیکی، شاخص هندسی، TOPSIS

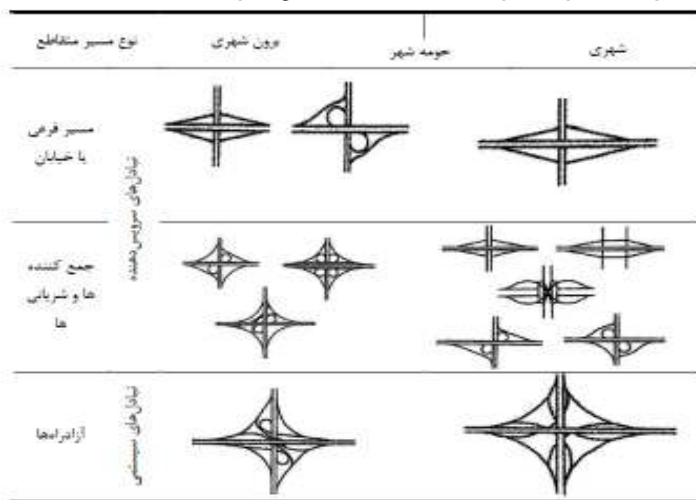
## ۱- مقدمه

بخش عمده‌ای از تصادفات شهری در تقاطع‌ها صورت می‌گیرد. برای مثال بر اساس آمار ملی ایالات متحده آمریکا که در سال ۱۹۹۹ منتشر شده است، حدود نیمی از کل تصادفات مربوط به تقاطع‌ها بوده است که دلیل این امر همگرا شدن مسیرهای مختلف در یک نقطه، تعداد قابل توجه نقاط برخورد، خصوصیات فیزیکی و ضعف تحلیل و تصمیم‌گیری کاربران است. از آنجایی که سرعت عبور وسایل نقلیه در بزرگراه‌ها زیاد است، تقاطعات هم‌سطح جای خود

در دنیای امروز نیاز به حرکت، جابجایی و سرعت هرروز بیش‌ازپیش احساس می‌شود. همچنین در کشور ما و در شهرهای بزرگی مثل تهران افزایش روزافزون وسایل نقلیه میزان ترافیک را بیشتر، تأخیر را بیشتر و سرعت جابجایی این وسایل را کمتر می‌کند. این مشکل بخصوص در تقاطعات و گره‌ها بیشتر دیده می‌شود. در نتیجه افزایش زمان تلف‌شده وسایل نقلیه در تقاطعات، نیاز به مطالعه و تحقیق در مورد تقاطعات را بیش‌ازپیش آشکار می‌کند. همچنین

نمی‌باشد. روزانه بخش قابل توجهی از وقت مردم در تراکم‌های ناخواسته و خسته‌کننده ترافیکی تلف می‌شود. در شهر تهران به‌طور خاص، با توجه به مهاجرت‌های بی‌رویه و گسترش محدوده شهری که نتیجه آن افزایش تقاضای سفرهای درون شهری است، دست‌اندرکاران امر ترافیک تهران با گسترش و بهبود شبکه بزرگراهی سعی در تخفیف تراکم‌های ترافیکی نموده‌اند. در این بین، آنچه جلب توجه می‌نماید کاهش سریع کارایی تسهیلات جدید است. به نظر می‌رسد این امر نتیجه عدم تطابق طرح‌ها و برنامه‌های ارائه شده با مشکلات موجود می‌باشد. با توجه به اینکه سرمایه‌های هنگفتی در پروژه‌های حمل و نقلی به کار گرفته می‌شود، وجود یک برنامه‌ریزی صحیح برای طراحی و بهره‌برداری بهینه از تسهیلات ایجاد شده در طول افق زمانی قابل قبولی در آینده ضروری است.

را به تقاطعات غیر هم‌سطح می‌دهند. در کلان‌شهرهای بزرگی مثل تهران به‌ندرت تقاطع غیر هم‌سطح جدیدی احداث می‌شود، در نتیجه بیشتر طراحان تمرکز خود را بر روی بهینه کردن تقاطعات غیر هم‌سطح موجود معطوف کرده‌اند. احداث تقاطع با ترازهای مختلف بهترین و در عین حال گران‌ترین راه‌حل برای عبور ترافیک در جهات متقاطع می‌باشد. تبادل‌ها برای اولین بار در محل تلاقی راه و راه‌آهن ایجاد گردید و دلیل ایجاد آن صرفاً عدم امکان کاهش سرعت قطار در یک فاصله کوتاه بوده است. بعدها به علت افزایش ترافیک در محل تلاقی راه‌ها و به وجود آمدن سوانح رانندگی و همچنین تلف شدن وقت رانندگان در این محل‌ها، ناچار از احداث تقاطع‌های غیر هم‌سطح در محل تلاقی راه‌ها و خیابان‌ها نیز گردیدند. در کشور ما سال‌هاست که شبکه ترافیکی و سیستم حمل و نقلی، از کارایی مناسبی برخوردار



شکل ۱. انواع تقاطعات غیر هم‌سطح از نظر شکل هندسی و کاربرد [HDM, 2006]

## ۲- پیشینه تحقیق

### ۲-۱- کلیات تقاطعات غیر هم‌سطح [AASHTO, 2004]

تقاطع غیر هم‌سطح سیستمی: محل تلاقی دو یا چند آزادراه یا بزرگراه به یکدیگر است، مانند تبادل‌های سه‌راهی، شبدری کامل یا تبادل‌های جهتی.

تقاطع غیر هم‌سطح سرویس‌دهنده: محل تلاقی یک آزادراه یا بزرگراه به راه‌های با رده عملکردی پایین تر است. مانند تبادل‌های لوزی، شبدری یا نیمه‌شبدری هستند.

### ۲-۲- شرایط لازم برای تبدیل تقاطعات هم‌سطح به غیر هم‌سطح

- ✓ پیش بینی های طراحی
- ✓ حجم و ظرفیت بالای ترافیک
- ✓ افزایش سرعت جابجایی
- ✓ حفظ ایمنی
- ✓ کاهش زمان تأخیر

### ۲-۳- انواع تقاطعات غیر همسطح

در شکل (۱) انواع تقاطعات غیر همسطح سیستمی و سرویس دهنده برای مسیرهای مختلف آمده است. در جدول (۱) تاریخچه تحقیق در خصوص تقاطعات غیر همسطح در ایران و در جدول (۲) تاریخچه تحقیق در خصوص تقاطعات غیر همسطح در سایر نقاط دنیا آورده شده است.

جدول ۱. تاریخچه تحقیق در خصوص تقاطعات غیر همسطح در ایران

منبع	زمینه تحقیقات گذشته	مدل ارائه شده در تحقیق	نواقص و کمبودها
[Shakeri, 1388, in Persian]	- استفاده از معیارهای فنی و اقتصادی در ارزیابی - پیاده سازی روش پیشنهادی بر روی چند مطالعه موردی - تمرکز بر انواع مختلف تبادل	- استفاده از مدل AHP برای ارزیابی - مقایسه انواع مختلف تقاطعات غیر همسطح	- مطالعه نکردن روی مسئله چپگردها - استفاده نکردن از یافته‌های علمی در مقایسه و انجام مقایسه‌های کیفی
[Hadian, 1387, in Persian]	- معرفی معیارهای مهم برای ارزیابی نوع سیستم چپگرد - بررسی چند تقاطع به عنوان مطالعه موردی - تمرکز بر پارامترهای فنی	- استفاده از روش‌های آماری برای تحلیل نتایج - از مدل خاصی برای مقایسه استفاده نشده است.	- تنها معیارهای مورد نظر به صورت کمی و کیفی با هم مقایسه شده است. - تاثیر همه عوامل مؤثر مطالعه نشده است.
[Shahi & Akhbari, 1388, in Persian]	- استفاده از معیارهای کمی برای سنجش و انتخاب شکل بهینه تقاطعات - تمرکز بر پارامترهای ترافیکی - معیارهای اصلی مقایسه: حجم ترافیک، کل زمان سفر، زمان تأخیر و میزان مصرف سوخت	- استفاده از نرم افزار Getram برای تحلیل پارامترهای ترافیکی و ارزیابی تقاطعات - آنالیز ترافیکی تقاطعات - مدل‌ها اغلب به صورت تئوری هستند.	- عدم مطالعه معیارهای اقتصادی - عدم تمرکز بر مسئله چپگرد - توجه ویژه به معیارهای ترافیکی و نحوه مدلسازی ترافیک رابط‌های موجود در تقاطع

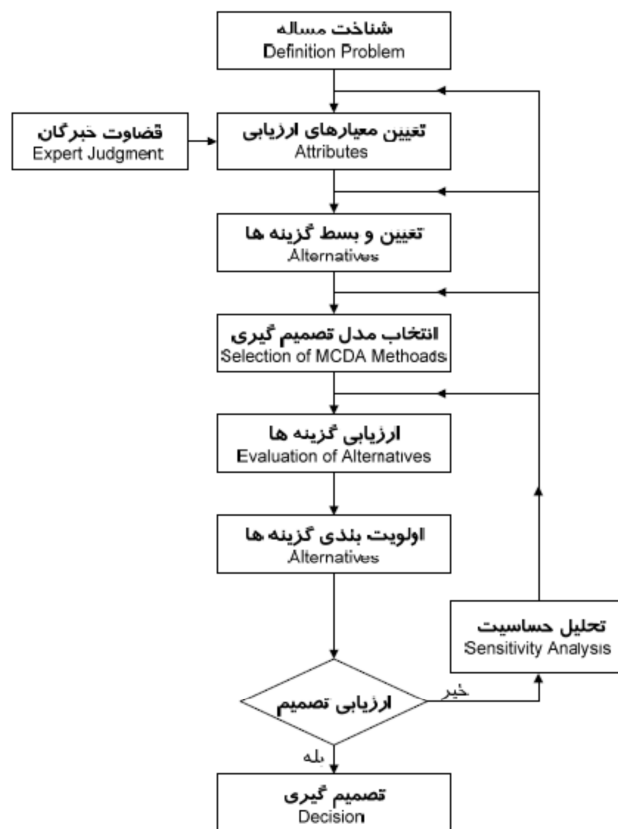
جدول ۲. تاریخچه تحقیق در خصوص تقاطعات غیر همسطح در سایر نقاط دنیا

منبع	زمینه تحقیقات گذشته	مدل ارائه شده در تحقیق	نواقص و کمبودها
[Leisch & Stout, 2007-8]	- ذکر مسائل آیین‌نامه‌ای و جنبه‌های طراحی اجزای تقاطعات - استناد با آیین‌نامه‌های طراحی موجود	- عدم ارایه مدل خاص برای مقایسه تقاطعات غیر همسطح - بررسی کیفی موضوعات	- بررسی موضوع تبادل‌ها به صورت کلی - عدم مطالعه روی چپگردها - مطالعه روی یک تقاطع موردی خاص
[Stanek, 2009]	- معرفی مدل‌های ترافیکی پیچیده به صورت تئوری - بررسی روش‌های افزایش ظرفیت و میزان تأثیر	- استفاده از مدل‌های تئوری ابتکاری - مدل‌های مبتنی بر بهینه‌سازی غیرخطی	- عدم جامعیت در مورد معیارهای تأثیرگذار بر طراحی تقاطع‌ها - انجام آنالیزهای صرفاً ترافیکی
[Fletcher & et al, 2008]	- نمونه‌هایی از طرح‌های مختلف تبادل‌ها معرفی شده است و با توجه به اطلاعات آماری تصادفات، تأخیرها و ... طرح‌ها با هم مقایسه شده‌اند.	- عدم استفاده از مدل تحلیلی خاص - جمع‌آوری و مقایسه کمی و کیفی	- عدم تمرکز بر چپگردها - لحاظ نکردن همه معیارها
[H & A, 2012, Xiaotian & Horowitz, 2005, Gettman, Head & Mirchandani, 1999]	- ارزیابی تأثیر خصوصیات هندسی بزرگراه بر ظرفیت در تانژانت‌ها و قوس‌های افقی - از دست دادن ظرفیت در تغییر از تانژانت به منحنی	- مدل رگرسیون	- مطالعه روی یک منطقه خاص - تنها پارامتر مستقل جهت ارائه بهترین مدل، شعاع قوس می‌باشد.
[Banks & James, Chang, Wu & Cohen, 2004, FHA, 1999, IOTE, 2005, TRI, 2008, TIH, 2002]	- بررسی پدیده ظرفیت دوگانه در گلوگاه‌ها - بررسی ویژگی‌های جریان ترافیک در زمان تشکیل صف وسایل نقلیه	- تئوری موج شوک - مدل وسایل نقلیه زنجیری	- غیر قابل استفاده بودن مدل وسایل نقلیه زنجیری به دلیل خطی بودن آن و پیچیدگی رفتار رانندگان
[Garber & Fontaine, 1999]	- بررسی و تحلیل تصادفات و ایمنی در تقاطع‌های غیر همسطح	- عدم ارائه مدل خاص	- ارائه نتایج به صورت آماری

### ۳- فرآیند تصمیم‌گیری

آمدن بر آن به ۱۰ مرحله مطابق با شکل (۲) تقسیم کرد  
[Moradi & Akhtarkavan, 1388, in Persian]

در تعریفی بسیار ساده، تصمیم‌گیری عبارت است از انتخاب یک راه از میان راه‌های مختلف. فرآیند تصمیم‌گیری یا حل مشکل را می‌توان از مرحله احساس مشکل تا فائق



شکل ۲. مدل کلی فرآیند تصمیم‌گیری

شکل فوق را می‌توان به سه بخش عمده نسبتاً مشخص طبقه‌بندی کرد:

- ✓ مراحل ۱ تا ۵ که اجزای تصمیم ساخته می‌شود و به هم پیوند می‌یابند.
  - ✓ مرحله ۶ که در حقیقت مرحله اتخاذ تصمیم است.
  - ✓ مراحل ۷ به بعد که بخش اجرا، نظارت و کنترل را شامل می‌شود.
- از یک نگاه دیگر فرآیند تصمیم‌گیری را می‌توان به دو بخش کلی طبقه‌بندی نمود:
- ✓ بخش اول شامل مراحل ۱ تا ۷ که وظیفه برنامه‌ریزی مدیریت را تشکیل می‌دهد.
  - ✓ بخش دوم از مرحله ۷ به بعد که مراحل اجرا، نظارت و کنترل را در بر می‌گیرد.

فرآیند تصمیم‌گیری عقلایی تنها بخشی از وظایف مدیریت محسوب می‌شود که شامل شش مرحله اول است و مراحل بعدی، فرآیند اجرا و نظارت را تشکیل می‌دهند که بحث پیرامون آن‌ها از محدوده این بحث خارج است [ Moradi & Akhtarkavan, 1388, in Persian].

با توجه به طبقه‌بندی بالا می‌توان چنین نتیجه گرفت که این مراحل دهگانه بخش اعظم و شاید هم از جهتی تمام وظایف مدیریت را شامل می‌شود و این خود مؤید نظریه هربرت سایمون است که اظهار می‌دارد «مدیریت مترادف است با تصمیم‌گیری»، اما به اعتقاد بعضی از صاحب نظران،

### ۳-۱- روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)

معیار سنجش بهینگی از چند معیار سنجش استفاده می‌شود. مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به دو دسته عمده مدل‌های چندهدفه (MODM) و مدل‌های چندشاخصه (MADM) تقسیم می‌شوند [Asgharpoor, 1390, in Persian]. که مدل انتخاب شده در این تحقیق (Topsis)، از نوع چند شاخصه (MADM) می‌باشد:

در این تحقیق برای به دست آوردن شاخص‌های هندسی و ترافیکی تبادل‌ها از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) استفاده شده است. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از روش‌های تصمیم‌گیری در شرایط اطمینان کامل می‌باشند. شاخص‌ها در این تحقیق ثابت می‌باشند. در روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره که در دهه‌های اخیر مورد توجه محققین قرار گرفته است، به جای استفاده از یک

جدول ۳. ماتریس تصمیم

شاخص گزینه	$X_1$	$X_2$	...	$X_n$
$A_1$	$r_{11}$	$r_{12}$	.	$r_{1n}$
$A_2$	$r_{21}$	$r_{22}$	.	$r_{2n}$
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
$A_m$	$r_{m1}$	$r_{m2}$	.	$r_{mn}$

### ۳-۲- روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM)

بین گزینه‌های ممکن به کار می‌روند. این مدل‌ها معمولاً توسط یک ماتریس تصمیم به صورت جدول ۳ فرموله می‌گردند [Asgharpoor, 1390, in Persian]. در این ماتریس،  $A_i$  بیانگر گزینه  $i$  ام،  $X_j$  بیانگر شاخص  $j$  ام،  $r_{ij}$  نشان‌دهنده ارزش شاخص  $j$  ام برای گزینه  $i$  ام می‌باشد.

Hwang & Yoon تصمیم‌گیری چندشاخصه را چنین تعریف کرده‌اند: "تصمیم‌گیری چندشاخصه به تصمیماتی ترجیحی (همچون ارزشیابی، اولویت‌بندی و انتخاب) از بین گزینه‌های موجود دسته‌بندی شده توسط شاخص‌های چندگانه (و معمولاً متضاد) اطلاق می‌شود." همان‌طور که ذکر شد مدل‌های MADM برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه از

### ۳-۳- وجه اشتراک تمامی مسائل MADM

- ✓ گزینه‌ها
- ✓ شاخص‌های چندگانه
- ✓ واحدهای بی‌مقیاس
- ✓ وزن شاخص‌ها

### ۳-۴- مزایای استفاده از روش TOPSIS

- ✓ معیارهای کمی و کیفی در ارزیابی به صورت همزمان دخالت دارند.
- ✓ تعداد قابل توجهی معیار در نظر گرفته می‌شود.
- ✓ این روش به سادگی و با سرعت مناسب اعمال می‌گردد.

- ✓ دقت بالا و قابلیت کاربرد در بسیاری از موضوعات را دارد.
- ✓ با داشتن معیارهای مثبت و منفی با واحدهای سنجش متفاوت قابل انجام است.
- ✓ عملکرد سیستم به صورت مطلوب و قابل قبول است.
- ✓ مطلوبیت شاخص‌های موردنظر در حل مسأله، به‌طور یکنواخت افزایشی یا کاهشی می‌باشد (یعنی هرچه مقدار شاخص بیشتر شود بهتر است و بالعکس).
- ✓ اطلاعات ورودی را می‌توان تغییر داد و نحوه پاسخگویی سیستم را بر اساس این تغییرات بررسی کرد.
- ✓ روابط مورد استفاده برای نرمالیزه کردن اطلاعات، محاسبه فواصل و روش تعیین اوزان شاخص‌ها به‌صورت اختیاری بوده و قابل تطبیق با نوع اطلاعات موجود در مسأله است.
- ✓ اولویت‌بندی در این روش با منطق شباهت به جواب ایده‌آل انجام می‌شود. براین‌اساس که گزینه انتخابی کوتاه‌ترین فاصله را از جواب ایده‌آل و دورترین فاصله را از بدترین جواب داشته باشد.
- ✓ اگر بعضی از معیارها از انواع هزینه‌ای باشند و هدف کاهش آن‌ها و برخی دیگر از نوع سود بوده و هدف افزایش آن‌ها باشد، روش TOPSIS به آسانی جواب ایده‌آل را که ترکیبی از بهترین مقادیر قابل دستیابی همه معیارها می‌باشد، می‌یابد.
- ✓ روش TOPSIS فاصله بهترین جواب و بدترین جواب را با در نظر گرفتن نزدیکی مبنی بر جواب بهینه، به‌طور همزمان در نظر می‌گیرد [Asgharpoor, 1390, in Persian].

#### ۴-۴- مدل‌های تعیین وزن

شاخص را نسبت به بقیه برای تصمیم‌گیری موردنظر بسنجد. چهار روش موجود برای یک تصمیم‌گیری به شرح ذیل می‌باشد:

در اکثر مسائل MCDM و به‌خصوص بخش MADM از آن نیاز به داشتن و دانستن اهمیت نسبی از شاخص‌های موجود داریم، به‌طوری‌که مجموع آن‌ها برابر با واحد (نرمالیزه) شده و این اهمیت نسبی درجه ارجحیت هر

✓ روش LINMAP

✓ روش کمترین مجذورات وزین

✓ روش آنتروپی شانون

✓ روش بردار ویژه

کم‌ترین مجذورات موزون و بردار ویژه نیز برای ارزیابی با ماتریس مقایسات زوجی استفاده می‌شوند. در این تحقیق از روش آنتروپی که مراحل ساده‌تری دارد برای تعیین وزن استفاده شده است [Ghodsipoor, in Persian].

که از بین آن‌ها دو روش آنتروپی شانون و LINMAP برای ارزیابی با ماتریس تصمیم‌گیری استفاده می‌شود که روش LINMAP علاوه بر آن به‌عنوان یک روش تصمیم‌گیری چندشاخصه نیز مطرح می‌باشد. روش‌های



شکل ۳. تقاطعات غیرهمسطح سیستمی بزرگراه شهید همت تهران

#### ۴- مطالعه موردی

می‌کند به طوری که از شرق به بزرگراه شهید زین‌الدین و از غرب به بزرگراه شهید خرازی ادامه می‌یابد. تعداد تقاطعات غیرهمسطح بزرگراه شهید همت تهران بالغ بر ۲۰ مورد می‌باشد که در این تحقیق به صورت موردی، به مطالعه و بررسی مشخصات هندسی و ترافیکی تقاطعات غیرهمسطح سیستمی آن بزرگراه که ۱۴ مورد هستند و در شکل (۳) نشان داده شده‌اند، پرداخته می‌شود.

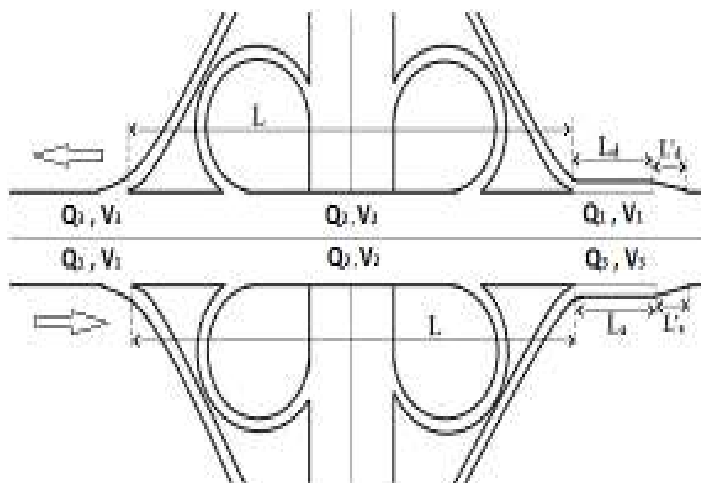
در این تحقیق، شهر تهران که بیشترین تعداد تقاطعات غیرهمسطح در کل ایران را به خود اختصاص داده است، مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین به صورت موردی، بزرگراه شهید همت که یکی از بزرگ‌ترین و اصلی‌ترین راه‌های ارتباطی ایران و تهران می‌باشد بررسی گردید. این بزرگراه با طول تقریبی ۵۴ کیلومتر، شرقی‌ترین نقطه‌ی تهران (جاجرود) را به غربی‌ترین نقطه‌ی تهران (وردآورد) وصل

#### ۴-۱- دلایل انتخاب تقاطعات غیرهمسطح سیستمی

- ✓ رده عملکردی یکسان مسیرهای متقاطع (هر دو مسیر متقاطع بزرگراه هستند)
- ✓ سرعت و حجم ترافیک بالای مسیرهای متقاطع
- ✓ وجود پارامترهای هندسی بیشتر از قبیل طول باند افزایش و کاهش سرعت و طول لچکی
- ✓ چون تقاطعات غیرهمسطح سرویس‌دهنده معمولاً بصورت روگذر یا زیرگذر مجزا هستند، ترافیک مسیر فرعی تاثیر ناچیزی بر روی ترافیک مسیر اصلی دارد.
- ✓ فاصله قابل قبول بین تقاطعات غیرهمسطح و عدم تداخل خروجی یکی بر روی ورودی دیگری.

#### ۴-۲- نحوه انتخاب شاخص‌های هندسی و ترافیکی

شکل (۴) شاخص‌های هندسی و ترافیکی را به صورت شماتیک نشان می‌دهد. شاخص‌های هندسی و ترافیکی تقاطعات غیرهمسطح سیستمی بزرگراه شهید همت تهران نیز در جدول (۴) آورده شده است.



شکل ۴. شاخص‌های هندسی و ترافیکی

۴-۲-۱- شاخص‌های هندسی

$L_a$ : طول باند شتابگیری، راست‌گرد ورودی (m)

$L'_a$ : طول لچکی شتابگیری، راست‌گرد ورودی (m)

$L_d$ : طول باند کاهش سرعت، راست‌گرد خروجی (m)

$L'_d$ : طول لچکی کاهش سرعت، راست‌گرد خروجی (m)

$L$ : فاصله اولین خروجی (ورودی) تا آخرین ورودی (خروجی) (m)

$L'$ : متوسط فاصله بین ورودی‌ها و خروجی‌ها (ورودی-ورودی، ورودی-خروجی، خروجی-ورودی، خروجی-خروجی) (m)

$$L' = \frac{L}{N-1}$$

$N$ : تعداد کل ورودی‌ها و خروجی‌ها

۴-۲-۲- شاخص‌های ترافیکی

$Q$ : حجم عبور وسایل نقلیه قبل، وسط و بعد از تقاطع (veh/h)

$V$ : سرعت متوسط وسایل نقلیه (km/h)

جدول ۴:  $R_{ij}$  شاخص‌های هندسی و ترافیکی تقاطعات غیرهمسطح سیستمی بزرگراه شهید همت تهران (ماتریس تصمیم‌گیری)

ردیف	راه‌گرد	$L_a$ (m)		$L'_a$ (m)		$L_b$ (m)		$L'_b$ (m)		$L$ (m)		$V$ (km/h)		$ Q_1-Q_2 $ (veh/h)		$ Q_2-Q_3 $ (veh/h)	
		شرق	غرب	شرق	غرب	شرق	غرب	شرق	غرب	شرق	غرب	شرق	غرب	شرق	غرب	شرق	غرب
۱	باقری	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	امام علی (ع)	۱۰۰	۱۵۰	۹۰	۹۰	۱۳۰	۹۵	۱۸۰	۵۶	۲۲۳	۲۵۷	۶۷	۲۲۳۸	۱۶۴۹	۱۸۳۵	۶۴۴	۸۰۸
۳	صیاد شیرازی	۱۸۰	۱۰۵	۱۰۰	۷۵	۱۶۰	۱۰۵	۱۰۰	۵۰	۲۳۶	۲۴۷	۶۰	۲۱۹۸	۱۱۷۸	۳۱۴۶	۳۱۱۰	۸۰۸
۴	حقانی	۱۶۰	۰	۵۰	۰	۱۲۰	۰	۵۰	۳۰	۱۷۵	۴۱۰	۶۷	۴۰۸۰	۵۷۰	۱۸۰	۴۵۰	۸۰۸
۵	مدرس	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷۳۰	۸۰۵	۴۲	۱۴۱۸	۱۸۶	۲۳۷۶	۷۰۶	۸۰۸
۶	آفریقا	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۸	۱۸۵۰	۰	۰	۹۴	۸۰۸
۷	کردستان	۱۷۰	۰	۲۵	۰	۹۰	۰	۲۸	۰	۴۵	۵۰۰	۷۲	۶۱۰	۲۲۰	۵۱۰	۷۰	۸۰۸
۸	چمران	۷۵	۰	۳۵	۰	۲۵	۰	۳۵	۳۰	۲۴۰	۲۴۰	۷۲	۳۶۰	۸۸۰	۴۴۴	۱۳۴۸	۸۰۸
۹	شیخ فضل‌الله نوری	۱۶۵	۱۸۰	۶۰	۶۰	۹۵	۶۰	۶۰	۶۰	۲۸۰	۲۲۰	۷۰	۱۲۷۲	۳۹۵	۵۷۲	۱۹۶۹	۸۰۸
۱۰	یادگار امام	۱۱۰	۷۰	۶۰	۶۰	۹۰	۶۰	۸۵	۷۰	۲۵۷	۲۲۰	۷۰	۹۲۲	۸۸۳	۷۱۰	۱۲۰۵	۸۰۸
۱۱	اشرفی اصفهانی	۱۸۰	۱۲۰	۵۵	۷۵	۷۰	۷۵	۸۰	۲۵	۲۸۳	۳۱۷	۵۷	۹۷	۴۴۲	۸۰۷	۴۲۶	۸۰۸
۱۲	ستاری	۱۲۰	۲۴۰	۲۵	۷۰	۲۵۰	۷۰	۲۵	۳۰	۴۷۲	۲۴۵	۶۰	۳۱۲	۲۲۶۸	۲۳۶	۱۲۵۱	۸۰۸
۱۳	باکری	۸۵	۸۵	۳۵	۴۰	۱۳۰	۴۰	۸۵	۴۰	۱۰۴۰	۱۱۱۵	۷۵	۲۶۱۰	۳۶۶۶	۲۷۵۸	۱۷۰۶	۸۰۸
۱۴	آزادگان	۲۷۰	۲۴۰	۷۰	۷۰	۱۲۰	۷۰	۷۵	۵۵	۱۳۲۵	۱۲۲۰	۷۳	۳۱۴۰	۵۶۸۸	۳۷۲۰	۳۷۷۴	۸۰۸

بر اساس مبنای نظری و تکنیک Topsis، گزینه‌هایی که فاصله‌ی کمتری از نقطه‌ی ایده‌آل مثبت و فاصله‌ی بیشتری از نقطه‌ی ایده‌آل منفی دارند، دارای ارجحیت بیشتری خواهند بود. جدول (۶) نیز به تحلیل نتایج حاصل از جدول (۵) بر اساس دسته‌بندی‌های انجام گرفته می‌پردازد.

جدول (۵) اولویت بندی تقاطعات غیرهمسطح را بر اساس فاصله اقلیدسی هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی ( $d_i^+$  و  $d_i^-$ ) و نزدیکی نسبی یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل ( $CI_i$ ) نشان می‌دهد.



جدول ۵. اولویت بندی تقاطعات غیرهمسطح

ردیف	راهگرد	$d_i^+$	$d_i^-$	$CI_i$	$CI_i$ نزولی	اولویت بندی تقاطعات غیرهمسطح
۱	باقری	۰/۱۱۲۸	۰/۱۰۷۵	۰/۴۸۷۹	۰/۷۱۰۸	شیخ فضل الله نوری
۲	امام علی (ع)	۰/۰۷۴۰	۰/۱۱۸۶	۰/۶۱۵۹	۰/۶۵۶۸	اشرفی اصفهانی
۳	صیاد شیرازی	۰/۰۹۵۲	۰/۱۰۵۹	۰/۵۲۶۶	۰/۶۵۵۵	ستاری
۴	حقانی	۰/۱۱۱۴	۰/۱۲۲۵	۰/۵۲۳۸	۰/۶۱۵۹	امام علی
۵	مدرس	۰/۱۲۴۱	۰/۱۱۴۳	۰/۴۷۹۵	۰/۶۰۸۲	یادگار امام
۶	آفریقا	۰/۱۱۸۹	۰/۱۳۲۲	۰/۵۲۶۵	۰/۵۴۶۲	کردستان
۷	کردستان	۰/۱۰۹۱	۰/۱۳۱۳	۰/۵۴۶۲	۰/۵۲۶۶	صیاد شیرازی
۸	چمران	۰/۱۰۹۲	۰/۱۱۵۰	۰/۵۱۳۰	۰/۵۲۶۵	آفریقا
۹	شیخ فضل الله نوری	۰/۰۵۵۹	۰/۱۳۷۵	۰/۷۱۰۸	۰/۵۲۳۸	حقانی
۱۰	یادگار امام	۰/۰۷۷۹	۰/۱۲۰۸	۰/۶۰۸۲	۰/۵۱۳۰	چمران
۱۱	اشرفی اصفهانی	۰/۰۷۱۳	۰/۱۳۶۵	۰/۶۵۶۸	۰/۴۸۷۹	باقری
۱۲	ستاری	۰/۰۷۰۷	۰/۱۳۴۶	۰/۶۵۵۵	۰/۴۷۹۵	مدرس
۱۳	باکری	۰/۱۱۲۹	۰/۰۷۰۰	۰/۳۸۲۷	۰/۴۲۹۰	آزادگان
۱۴	آزادگان	۰/۱۳۶۹	۰/۱۰۲۸	۰/۴۲۹۰	۰/۳۸۲۷	باکری

جدول ۶. تحلیل نتایج

دسته	اولویت	نام تقاطع	دلایل رتبه بندی
۱	۱	شیخ فضل الله نوری	- سرعت متوسط عبوری بالا - پایین بودن اختلاف حجم عبوری در مقاطع قبل، وسط و بعد از تقاطع - ضریب اصلاح وزن بالای شاخص های ترافیکی - بالابودن شاخص های هندسی نظیر طول باند شتابگیری و کاهش سرعت - وجود چپ گرد جهتی (همت غرب به سمت شیخ فضل الله نوری جنوب)
۲	۲	شهید اشرفی اصفهانی	- سرعت متوسط عبوری پایین - پایین بودن اختلاف حجم عبوری قبل، وسط و بعد از تقاطع - ضریب اصلاح وزن بالای شاخص های ترافیکی - بالابودن شاخص های هندسی نظیر طول باند شتابگیری و کاهش سرعت - وجود راست گرد همت شرق-شهید اشرفی اصفهانی جنوب در فاصله ی طولانی از تقاطع
۳	۳	شهید سرلشکر ستاری	- سرعت متوسط عبوری بالا - پایین بودن نسبی اختلاف حجم عبوری در مقاطع قبل، وسط و بعد از تقاطع - بالابودن شاخص های هندسی
	۴	امام علی (ع)	- وجود چپ گرد جهتی در تقاطع ستاری
	۵	یادگار امام	
۴	۶	کردستان	- داشتن شاخص های هندسی و ترافیکی معکوس:
	۷	صیاد شیرازی	- تقاطع کردستان و آفریقا: اختلاف حجم عبور پایین، شاخص های هندسی بسیار پایین
	۸	آفریقا	- تقاطع صیاد شیرازی و حقانی: شاخص های هندسی نسبتاً بالا، اختلاف حجم عبور بالا
	۹	حقانی	

۵	۱۰	چمران	- پایین بودن و حتی صفر بودن شاخص‌های هندسی (چمران)
	۱۱	باقری	- بالا بودن نسبی اختلاف حجم عبوری در مقاطع قبل، وسط و بعد از تقاطع (باقری)
۶	۱۲	مدرس	- عدم وجود باندهای افزایش و کاهش سرعت
			- عدم وجود لچکی
۷	۱۳	آزادگان	- اختلاف حجم عبور زیاد در مقاطع قبل، وسط و بعد از تقاطع
	۱۴	باکری	- ضریب اصلاح وزن بالای شاخص‌های ترافیکی

### ۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق سعی شده است برای اولین بار و به‌طور اختصاصی به تعیین روشی جهت دسته‌بندی و اولویت بندی تقاطعات غیر هم‌سطح از نقطه‌نظر طراحی هندسی و کاربردی ترافیکی پردازد.

بهینه‌سازی تقاطعات غیر هم‌سطح موجود توسط مسئولین و طراحان با توجه به احداث کم تقاطعات غیر هم‌سطح در کلان شهرها

- ایجاد ترافیک روان تر با حل کردن و رفع نواقص تقاطعات غیر هم‌سطحی که نیاز به بررسی بیشتری دارند.

- تعیین اولویت بودجه بندی برای احداث یا ترمیم پروژه‌های بزرگ عمرانی مثل تقاطعات غیر هم‌سطح با توجه به محدودیت بودجه در بخش عمرانی

- طراحی و احداث تقاطعات غیر هم‌سطح با بیشترین کارایی با در نظر گرفتن تأثیر هر یک از شاخص‌ها و بررسی آن‌ها -تعمیم این روش دسته بندی به تقاطعات غیر هم‌سطح دیگر شهر تهران و سایر شهرستان‌ها جهت حصول نتایج گسترده تر و بهبود وضع ترافیکی.

- اضافه کردن شاخص‌های هندسی دیگری از قبیل فاصله‌ی تبادل‌ها، شعاع شیب‌راه‌های حلقوی، تعداد باندهای اصلی، عرض رفیوژ میانی، عرض شانه‌ی راه و ...

- اضافه کردن شاخص‌های ترافیکی دیگری نظیر سرعت متوسط و اختلاف حجم عبوری در سایر سطح سرویس‌ها مانند  $D$  و  $F$  سرعت و حجم عبوری از شیب‌راه‌ها و همچنین سرعت و حجم عبوری از بزرگراه مقابل و ...

- استفاده از روش‌های آماری در تعیین اهمیت نسبی شاخص‌ها (ضرایب اصلاح وزن) جهت حصول تأثیر هرکدام از شاخص‌ها بر روی یکدیگر به صورت عملی و تجربی

- استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز ترافیکی جهت تعیین شاخص‌های ترافیکی و یا دستگاه‌های هوشمند جهت شمارش وسایل نقلیه و تعیین سرعت عبوری

### ۶- مراجع

- منجم، س.، (۱۳۹۱)، "راهسازی"، انتشارات انگیزه، چاپ ششم.
- شاکری، م.، (۱۳۸۸)، "ارزیابی فنی و اقتصادی ضرورت ساخت انواع تقاطعات غیر هم‌سطح در بزرگراه‌ها".
- هادیان، م.، (۱۳۸۷)، "گسترش متدولوژی ارزیابی تقاطعات غیر هم‌سطح (لوپ‌ها و جهت دهنده‌ها)".
- شاهی و اخباری، (۱۳۸۸)، "انتخاب طرح هندسی بهینه تقاطع با مدل کامپیوتری".
- مرادی، م. و اخترکاو، م. (۱۳۸۸)، "روش‌شناسی مدل‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره"، مقاله SID.
- اصغرپور، م. (۱۳۹۰)، "تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)"، چاپ نهم، انتشارات دانشگاه تهران.
- قدسی پور، ح.، "مباحثی در تصمیم‌گیری چندمعیاره"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ اول.

- of Transportation Research Board Annual Meeting.
- Banks, James. H., "The Two-Capacity Phenomenon: Some Theoretical Issues", T.R.B. No. 1320, 1991, 234-240.
- Banks, James. H., "Two-Capacity Phenomenon at Freeway Bottlenecks: A Basis for Ramp metering?", T.R.B. No. 1320, 1991, pp.83-90.
- Chang, G. L., Wu, J. and Cohen, S., (2004), "Integrated Real-Time Ramp Metering Model for Nonrecurrent Congestion: Framework and Preliminary Results", Transportation Chaudhary, N. A., Z. Tian, C. J. Messer, and C. Chu, "Ramp Metering Algorithms and Approaches for Texas", FHWA/TX-05/0-4629-1, Technical Report 0-4629-1.
- (1999), "Traffic Flow Theory", Federal Highway Administration, Public Record, Vol. 62- No. 4. Systems, 3(4), pp.271–281.
- (2005) Freeway and Interchange Geometric Design Handbook. Washington, D.C. Institute of Transportation Engineers.
- (2008), "Transportation Research Institute, Polytechnic University and Kittelson & Associates, Inc. Analysis of Freeway Weaving Sections". Final Report, NCHRP Project 3-75. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.
- (2002), "The Interchange Handbook. Tallahassee, FL. Florida Department of Transportation".
- Garber, N.J. and Fontaine, M.D., (1999), "Guidelines for Preliminary Selection of the Optimum Interchange Type For A Specific Location", Virginia, In Cooperation with the U.S Department of Transportation Federal Highway Administration Charlottesville.
- (2004), "American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)", Washington DC, A Policy on Geometric Design of Highway and Streets, Fifth Edition.
- Bonneson, J., Zimmerman, K. and Jacobson, M., (2002), "Review And Evaluation Of Interchange Ramp Design Considerations For Facilities Without Frontage Roads", Texas Transportation Institute.
- (2006), "Highway Design Manual", Massachusetts, Massachusetts Highway Department, MassHighway, Department of Highways.
- Horman, C.B. and Turnbull, H.H., (1974), "Design and analysis of roundabouts." In Australian Road Research Board (ARRB) Conference, 7th, Adelaide, Vol. 7, No. 4.
- Leisch, J-P. Stout, T., (2007-2008), "Requirements and standards of regulations and comparisons of alternatives".
- Stanek, D. (2009), "Methods of increasing the capacity of intersections".
- Fletcher, Kelly, Praveen, K., Edara, (et al), (2008), "Collection of experiments using different interchange designs".
- Hasan, H.E. and Ali, A.T., (2012), "Effects of Geometric Characteristics on Capacity Reduction".
- Xiaotian, S. and Horowitz, R., (2005), "A localized switching ramp metering controller with a queue length regulator for congested freeways". Portland, OR, USA. American control conference.
- Gettman, D.M., Head, K. L. and Mirchandani, P. B., (1999), "A Multi-Objective Integrated Large-Scale Optimized Ramp Metering Control System (MILOS) for Freeway Traffic Management", Proceedings

# **Providing a Method for Categorizing and Prioritizing Interchange from Two Points of View of Geometric Design and Traffic Application (Case Study: Tehran)**

*Farhad Shakeri Shamsi, Department of Civil Engineering, Khaje Nasir Toosi University of Technology, Tehran, Iran.*

*Mohammad Saeid Monajjem, Department of Civil Engineering, Khaje Nasir Toosi University of Technology, Tehran, Iran.*

*Hamid Dehghan Banadaki, Science and Research Unit, Azad University, Tehran, Iran.*

*Ali Mohammad Baghalishahi, Department of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*

*E-mail:Farhad0017.shakeri@gmail.com*

Received: September 2019-Accepted: February 2020

## **ABSTRACT**

Nowadays, with the increase in the number of vehicles on urban roads, a lot of interferences happen in the intersections. Therefore, it seems necessary to pay more attention to the construction or modification of the intersections, especially the interchanges, which have flourished in recent years. On the other hand, given the high costs of construction projects, it is essential to select an intersection in which its modification could address the whole network traffic problem adequately. The development and improvement of non-interconnected intersections with poor geometries and traffics not only improves the efficiency of the intersection but also improves the efficiency of the entire highway network. Therefore, in this paper, a method for classification and prioritization of the intersections is proposed to provide a more comprehensive vision for the planners and governments. This method helps them in the budget allocations and time priorities definitions of the construction or modification project efficiently. Herein, after reviewing the intersections, the TOPSIS method called is employed to analyze the Shannon entropy weights. Next, the geometric and traffic indicators are defined. Then, as a case study, the non-level intersections of Shahid Hemmat highway in Tehran (14 cases) are categorized and prioritized. The results show that a left-handed or right-handed protected intersection with the bandwidth of decrease and increase of the high speeds has a higher priority.

**Keywords:** Highway, Interchange, Geometric Index, Traffic Index, TOPSIS