

## بررسی عوامل مؤثر در مدت‌زمان سبقت‌گیری در راه‌های دوخطه برون‌شهری

### رضا برونی

دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[Reza.borooni.97@gmail.com](mailto:Reza.borooni.97@gmail.com)

### امین برونی

دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت ساخت دانشگاه آزاد اهواز، اهواز، ایران

[aminboroni@gmail.com](mailto:aminboroni@gmail.com)

### امین میرزا بروجردیان

دانشیار راه و ترابری دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[boroujerdian@modares.ac.ir](mailto:boroujerdian@modares.ac.ir)

1

### چکیده

مانور سبقت شامل خطر برخورد روبه‌رو با ترافیک مخالف است و بنابراین تأثیر مستقیمی بر ایمنی دارد. از طرفی با توجه به آمار بالای تصادفات در سبقت در راه‌های دوخطه، این موضوع همواره موردبررسی کارشناسان قرار گرفته است. جمع‌آوری داده‌ها در این موضوع با استفاده از روش‌های گوناگونی انجام می‌پذیرد که از جمله آن‌ها می‌توان به فیلم‌برداری ثابت از میدان، خودروی تجهیز شده و همچنین شبیه‌ساز رانندگی اشاره کرد. در این مطالعه عوامل مؤثر بر مدت‌زمان سبقت‌گیری که شامل عوامل انسانی، هندسی و ترافیکی است موردبررسی قرار گرفته شده و مشخص شد که عوامل ترافیکی به نسبت سایر عوامل اهمیت بیشتری دارند، هرچند هنوز عواملی چون نوع وسیله نقلیه درگیر سبقت هنوز آن‌طور که باید موردبررسی قرار گرفته نشده است. همچنین مشخص شد که بیشتر گپ‌های مطالعاتی در بخش عوامل هندسی است، جایی که فقط به دودسته عوامل هندسی مناسب و ضعیف طبقه‌بندی شده‌اند. بنابراین به نظر می‌رسد که با در نظرگیری عوامل هندسی نظیر عرض خط، طول منطقه سبقت آزاد، عرض شانه، شیب‌راه و ... در کنار عوامل ترافیکی و انسانی بتوان نتایج موجود را بهبود بخشید.

**واژگان کلیدی:** سبقت‌گیری، مدت‌زمان سبقت‌گیری، راه‌های دوخطه

### مقدمه

طراحی بسیاری از راه‌های سراسر دنیا بر اساس قوانین و دستورالعمل‌های طراحی راه‌های خود کشور یا استفاده از دستورالعمل‌های آشتوآمی باشد. یک معیار مهم برای طراحی در این دستورالعمل‌ها، فواصل دید مناسب برای سبقت‌گیری است (PSD). محاسبه و اجرای این فواصل دید نیازمند بررسی دقیق مدت‌زمان برای یک سبقت ایمن است. بنابراین محاسبه مدت‌زمان سبقت‌گیری با توجه به در نظر گرفتن متغیرهای تأثیرگذار مختلف یک امر مهم و ضروری در ایمنی سبقت‌گیری به نظر می‌رسد. بخشی از راه که

<sup>1</sup>AASHTO

<sup>2</sup>Passing Sight Distance

فرصت‌های کمی برای سبقت فراهم می‌کند، می‌تواند منجر به ایجاد صف‌ها، کاهش ظرفیت راه و سطح سرویس آن شود. این موضوع بر مصرف سوخت نیز تأثیر دارد. بنابراین طراحی فواصل دید سبقت از عناصر بسیار مهم بزرگراه‌های دوخطه است. علاوه بر این، زمانی که بزرگراه نتواند فرصت‌های سبقت را ارائه دهد، وسایل نقلیه شروع به تشکیل دسته‌هایی می‌کنند که متعاقباً بر ظرفیت و سطح خدمات بزرگراه تأثیر می‌گذارد (Farah, 2013). مانور سبقت را می‌توان به‌عنوان یکی از پیچیده‌ترین کارها با تأثیر قابل توجه بر عملکرد و ایمنی بزرگراه‌های دوخطه دانست (Asaithambi & Shrivani, 2017; Farah, 2016).

### اهمیت و اهداف تحقیق

بزرگراه‌های دوخطه دوطرفه تقریباً ۹۷ درصد از شبکه راه در ایالات متحده آمریکا (Farah, 2016)، و حدود ۹۰ درصد از راه‌ها در کشورهای اروپایی مانند اسپانیا و آلمان را تشکیل می‌دهند (Farah, 2016; Perez et al., 2011). حدود ۲۰ درصد از تصادفات مرگباری در بزرگراه‌های برون‌شهری دوخطه در ایالات متحده، تصادفات روبه‌رو هستند که در آن سبقت، یکی از دلایل اصلی این نوع تصادفات است (Persaud et al., 2004). در کشورهای اروپایی عضو OECD (سازمان توسعه و همکاری اقتصادی) این درصد حتی بالاتر است و به ۲۵٪ می‌رسد (Hegeman, 2004). در ایران، تصادفات ناشی از انحراف به چپ و سبقت، حدود ۳۰ درصد از تصادفات راه‌های کشور را به خود اختصاص داده است (شفابخش و همکاران، ۱۳۹۵). شریعت مهمیانی و همکاران (Shariat-Mohaymany et al., 2013) دریافتند که مانورهای سبقت تنها ۲۰ درصد از کل تصادفات در بزرگراه‌های برون‌شهری دوخطه را تشکیل می‌دهند. اما این نوع تصادفات ۳۰ درصد جراحات و ۵۰ درصد تلفات جانی را به همراه دارند. همچنین حدود ۱۳/۹ درصد از تصادفات مربوط به سبقت منجر به جراحت جدی یا مرگ می‌شود (Harwood & Sun, 2008). سالانه بیش از ۱۱۰۰۰ فوتی به علت تصادفات ترافیکی در راه‌های برون‌شهری در ایران ثبت می‌شود. قسمت عمده‌ای از این تصادفات را راه‌های دوخطه تشکیل می‌دهند (دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۱۳۹۸). مطالعه‌ای انجام‌شده توسط خسروی و همکاران (خسروی و همکاران، ۱۳۹۱) به بررسی سهم منتسب جمعیتی مرگومیر و مصدومیت ناشی از سرعت و سبقت غیرمجاز پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که درصد سهم جمعیتی سبقت غیرمجاز برای مرگ‌های اتفاق افتاده صحنه تصادف ۱۳/۵ درصد و برای مصدومیت ۱۳/۴ درصد است. این آمار نشان‌دهنده این است که تصادفات منجر به مرگ و جرحی، موضوعی است که می‌تواند بیشتر بررسی شود. بنابراین، در این تحقیق سعی شده است که عوامل مختلفی که در پذیرش فاصله سبقت‌گیری تأثیر دارد و در مطالعات مختلف بررسی شده‌اند، بیان شوند.

### اثر متغیرهای تأثیرگذار بر مدت زمان سبقت‌گیری

عوامل مختلفی می‌تواند بر مدت زمان سبقت‌گیری تأثیر معنی‌داری داشته باشند که محققان و نویسندگان سعی کردند که این عوامل را در به دست آوردن نتایجشان تأثیر بدهند. از جمله این متغیرهای تأثیرگذار می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: (۱) متغیرهای ترافیکی شامل سرعت وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده، سرعت نسبی وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت، سرعت نسبی وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مقابل، نرخ جریان ترافیک، نوع وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده، نوع وسیله نقلیه مورد سبقت، نوع وسیله نقلیه مقابل (۲) متغیرهای هندسی شامل عرض خط، عرض شانه، وجود یا عدم وجود شیب طولی، اندازه شعاع قوس موجود وجود یا عدم وجود موانع در کنار راه و (۳) عوامل انسانی و ویژگی‌های راننده شامل سن راننده، جنسیت راننده، روحیات راننده، میزان تجربه راننده در رانندگی، میزان تحصیلات راننده، فرهنگ رانندگی و... بنابراین همان‌گونه که به نظر می‌رسد عوامل متعدد و گوناگونی می‌تواند بر مدت زمان سبقت‌گیری تأثیرگذار باشد که باید همه آن‌ها معنی‌داری یا عدم معنی‌داری و همچنین میزان تأثیرگذاری آن‌ها در متغیرهای وابسته مشخص شود.

<sup>3</sup> platoon

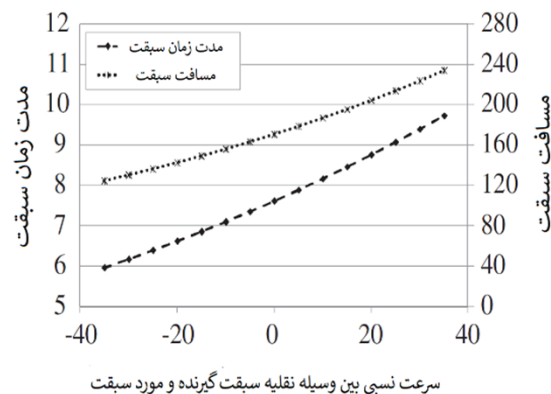
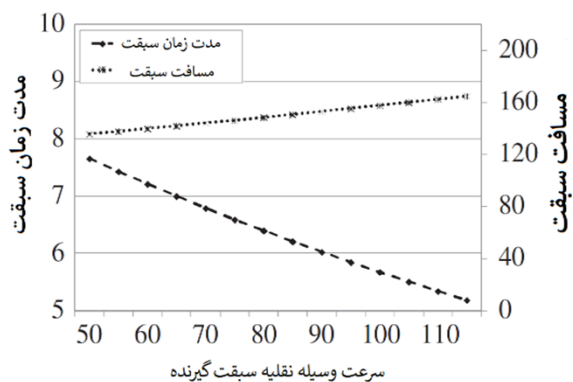
### متغیرهای ترافیکی در تخمین مدت‌زمان سبقت‌گیری

متغیرهای ترافیکی از متغیرهای تأثیرگذار در زمان سبقت‌گیری هستند که صورت گسترده‌ای مورد مطالعه و استفاده قرار گرفته‌اند که از جمله می‌توان به متغیرهایی چون سرعت وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده، مورد سبقت و مقابل، اختلاف سرعت وسایل نقلیه مورد سبقت و سبقت‌گیرنده، نوع وسایل نقلیه و نرخ جریان ترافیک درگیر در سبقت اشاره کرد که در ادامه به بررسی اثر آن‌ها پرداخته می‌شود.

### اثر سرعت وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت بر مدت‌زمان سبقت‌گیری

هگمن و همکاران (Hegeman et al., 2005) در مطالعه‌ای که از یک وسیله نقلیه تجهیز شده کرده بودند مشاهده کردند که با افزایش سرعت وسیله نقلیه مورد سبقت از ۷۰ تا ۹۰ کیلومتر بر ساعت، میانگین مدت‌زمان سبقت‌گیری از ۷/۷ به ۸/۱ ثانیه افزایش یافت هرچند اثر این متغیر بر مدت‌زمان سبقت‌گیری در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار نشد. در سایر مطالعات اثر سرعت وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده بر مدت‌زمان سبقت‌گیری به صورت مجزا بررسی نشده است بلکه در قالب اختلاف سرعت با وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده مورد مطالعه قرار گرفته است. در مطالعه‌ای که لورکا و گارسیا (Llorca & García, 2011) انجام دادند دریافتند که اختلاف سرعت بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت اثر معنی‌داری بر مدت‌زمان سبقت‌گیری دارد به گونه‌ای که با افزایش ۱۰ km/h اختلاف سرعت، زمان سبقت‌گیری به میزان ۱/۲۱ ثانیه کاهش می‌یابد. در مطالعه دیگری که توسط لورکا و همکاران (C. Llorca et al., 2013) انجام شد این متغیر مجدداً به عنوان یک متغیر تأثیرگذار شناخته شد اما میزان اثر حاشیه‌ای اختلاف سرعت بر مدت‌زمان سبقت‌گیری به ازای هر ۱۰ km/h افزایش، ۲/۱ ثانیه کاهش بود که نسبت مطالعه لورکا و گارسیا (Llorca & García, 2011) مقادیر به نسبت بزرگ‌تری را نشان می‌دهد.

در مطالعه‌ای با شبیه‌ساز رانندگی، فرح (Farah, 2013) علاوه بر اختلاف سرعت بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت، سرعت وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده را نیز به طور هم‌زمان به عنوان یکی از متغیرهای تأثیرگذار بر مدت‌زمان سبقت‌گیری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که اعداد تخمین‌زده شده برای متغیرهای سرعت وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و اختلاف سرعت وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت به ترتیب برابر ۰/۰۰۶- و ۰/۰۰۷- است. پس از برآورد نتایج و تخمین متغیرهای ترافیکی مشخص شد که سرعت وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و اختلاف سرعت بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت در پایان سبقت در سطح اطمینان ۹۵ درصد از نظر آماری معنی‌دار هستند. به صورتی که با افزایش سرعت وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده، افزایش اختلاف سرعت بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت، زمان سبقت کاهش یافته و از طرفی با افزایش سرعت نسبی بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و وسیله نقلیه مورد سبقت زمان سبقت‌گیری نیز افزایش می‌یابد. این اثر را می‌توان در شکل شماره ۱ مشاهده کرد.



شکل شماره ۱- تأثیر سرعت و وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و اختلاف سرعت بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت بر مدت زمان سبقت‌گیری در مطالعه فرح (Farah, 2013)

4

ولاهگیانی (Vlahogianni, 2013) نیز برای مشخص کردن عوامل مؤثر بر مدت زمان سبقت، سبقت‌گیری را به دو مرحله تقسیم کرد و کل مدت مانور سبقت را به‌عنوان مجموع مدت مرحله فاز شتاب‌گیری (زمان رسیدن به وسیله نقلیه اصلی) و فاز برگشت به خط (زمان بازگشت به خط اصلی) در نظر گرفت. او از متغیر سرعت و وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده به‌عنوان یک متغیر مستقل استفاده نمی‌کند بلکه از متغیرهای مختلف دیگر از جمله اختلاف سرعت و وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت را در نظر گرفت. نتایج نشان می‌دهد که هرچه اختلاف سرعت در وسایل نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت افزایش پیدا کند مدت زمان سبقت کاهش پیدا می‌کند. این نتایج با نتایج مطالعه فرح (Farah, 2013) مطابقت دارد.

ولاهگیانی (Vlahogianni, 2013) برای متغیر تفاوت سرعت، برای تخمین مدت زمان فاز شتاب‌گیری و فاز برگشت به خط، به ترتیب به اعداد  $0/31$  و  $-0/15$  رسید. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده آن است که در هر دو فاز شتاب‌گیری و برگشت به خط همانند کل زمان سبقت‌گیری با افزایش تفاوت سرعت، مدت زمان سبقت‌گیری کاهش می‌یابد با این تفاوت که در مقایسه با مجموع مدت زمان سبقت‌گیری، به نظر می‌رسد که اثر اختلاف سرعت در فاز شتاب‌گیری بیشتر است.

توشار و همکاران (Choudhari et al., 2022) نیز برای به دست آوردن زمان و مسافت سبقت‌گیری مدل‌سازی را انجام داده‌اند که از جمله متغیرهای ترافیکی آن می‌توان به سرعت و وسیله نقلیه مورد سبقت و اختلاف سرعت بین وسایل نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت اشاره کرد. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سرعت و وسیله نقلیه مورد سبقت و از طرفی با افزایش اختلاف سرعت بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و وسیله نقلیه مورد سبقت، این زمان کاهش می‌یابد. این یافته‌ها با یافته‌های مطالعات قبلی هم‌راستا است.

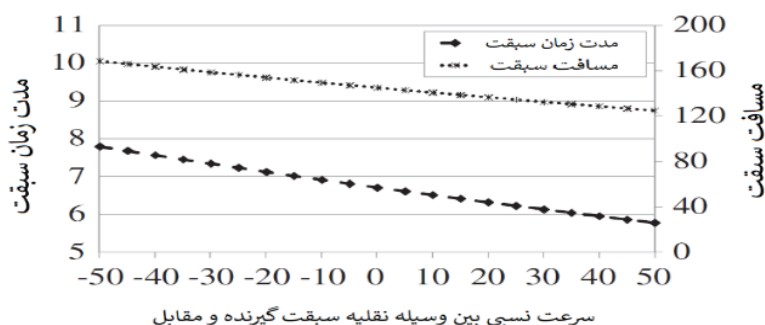
#### اثر وسیله نقلیه مقابل بر مدت زمان سبقت‌گیری

یکی دیگر از متغیرهای ترافیکی اثر وسیله نقلیه مقابل بر مدت زمان سبقت است. ولاهگیانی (Vlahogianni, 2013) در مطالعه خود به این نتیجه دست‌یافت که متغیر سرعت و وسیله نقلیه مقابل بر کل مدت زمان سبقت‌گیری و مدت زمان سبقت‌گیری در فاز برگشت



به خط معنی‌دار است اما در فاز شتاب‌گیری این متغیر معنی‌دار نیست. همچنین اثر حاشیه‌ای آیین متغیر در فاز برگشت به خط نیز بیشتر از کل زمان سبقت‌گیری است.

در مطالعه دیگر فرح (Farah, 2013) به‌جای استفاده از سرعت وسیله نقلیه مقابل به‌عنوان یک متغیر توضیحی از اثر اختلاف سرعت بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و وسیله نقلیه مقابل را به‌عنوان یک متغیر مستقل در نظر می‌گیرد. او نیز پس از برازش داده‌ها، مقدار تخمین‌زده شده برای این متغیر را  $0.03$  - به دست آورد بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که طبق مطالعه فرح (Farah, 2013) با افزایش اختلاف سرعت بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مقابل، مدت‌زمان سبقت‌گیری کاهش می‌یابد. این نتیجه در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.



شکل شماره ۱- تأثیر سرعت نسبی بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و وسیله نقلیه مقابل بر مدت و مسافت سبقت در مطالعه فرح (Farah, 2013)

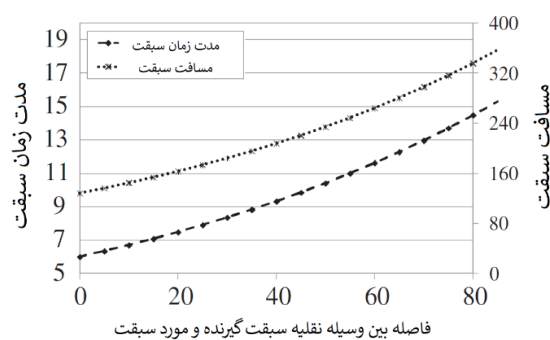
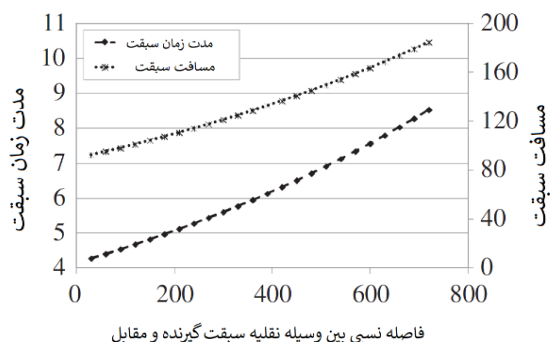
سرعت نسبی بالاتر از وسایل نقلیه مقابل (سرعت وسیله نقلیه مقابل منهای سرعت وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده) باعث کاهش مدت‌زمان سبقت می‌شود، احتمالاً به این دلیل که رانندگان در حال سبقت سعی می‌کنند سبقت را سریع‌تر کامل کنند تا از درگیری با وسیله نقلیه مقابل جلوگیری کنند.

#### اثر فواصل بین وسایل نقلیه درگیر سبقت بر مدت‌زمان سبقت‌گیری

از دیگر متغیرهای تأثیرگذاری که بعضی از نویسندگان آن را در مطالعات خود دیده‌اند می‌توان به فاصله بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت و همچنین فاصله بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و وسیله نقلیه مقابل اشاره کرد. فرح (Farah, 2013) در مطالعه خود اثر فاصله بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت و همچنین فاصله بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و وسیله نقلیه مقابل را مدنظر قرارداد و پس از برازش مدل برای متغیر فاصله‌ی وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت و همچنین فاصله نسبی وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مقابل به این نتیجه رسید که هر دوی این متغیرها معنی‌دار هستند به‌گونه‌ای که این نتایج نشان‌دهنده‌ی آن است که با افزایش فواصل نسبی بین وسیله نقلیه‌های درگیر سبقت، مدت‌زمان سبقت نیز افزایش می‌یابد اما اثر حاشیه‌ای فاصله‌ی وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت به نسبت بیشتر از اثر حاشیه‌ای فاصله نسبی وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مقابل است. شکل

<sup>4</sup> Marginal effect

شماره ۳ تأثیر این متغیرها را نشان می‌دهند. این نتایج در حالی است که ولاهگیانی (Vlahogianni, 2013) در مطالعه خود به این نتیجه رسید که فاصله وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مقابل اثر معنی‌داری بر مدت‌زمان سبقت ندارد اما فاصله‌ی وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت معنی‌دار است. او پس از برازش مدل با استفاده از مدل‌سازی مبتنی بر خطر برای متغیر فاصله‌ی وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت در سه بخش کل مدت‌زمان سبقت‌گیری، فازشتاب‌گیری و فاز برگشت به خط به این نتیجه رسید که با افزایش فاصله بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت، مدت‌زمان سبقت‌گیری نیز افزایش می‌یابد این در حالی است که اثر حاشیه‌ایی این متغیر در فاز سبقت‌گیری بیشتر از فاز برگشت به خط و حتی کل مدت سبقت‌گیری است. نتایج این مطالعه همسو با نتایج مطالعه فرح (Farah, 2013) است و آن را تأیید می‌کند. اختلاف ضرایب مشاهده‌شده در مطالعات گوناگون احتمالاً به دلیل در نظر گرفتن متغیرهای متفاوت در یک مطالعه نسبت به مطالعات دیگر است.



شکل شماره ۲- تأثیر فاصله بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و وسیله نقلیه مقابل و مورد سبقت در مطالعه فرح (Farah, 2013)

اما توشار و همکاران (Choudhari et al., 2022) در مطالعه خود اثر این فاصله‌ها را به‌صورت تجمیع شده یعنی مجموع فاصله وسایل نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت در ابتدا و انتهای سبقت در نظر گرفت و به این نتیجه رسید که هرچه این فاصله بیشتر باشد، مدت‌زمان سبقت‌گیری نیز افزایش می‌یابد که این نتیجه مطابق با مطالعات قبلی است.

#### i. اثر نوع وسیله نقلیه درگیر سبقت بر مدت‌زمان سبقت‌گیری

از دیگر متغیرهایی که به نظر می‌رسد می‌تواند بر مدت‌زمان سبقت‌گیری اثرگذار باشد نوع وسایل نقلیه درگیر در سبقت است. فرح (Farah, 2013) در مطالعه خود که برای مدل‌سازی مدت‌زمان سبقت انجام داده بود به این نتیجه رسید که انواع وسیله نقلیه‌های مورد سبقت و مقابل تأثیر آماری معنی‌داری بر طول مدت و مسافت سبقت ندارند. همچنین توشار و همکاران (Choudhari et al., 2022) در مطالعه خود وسیله نقلیه‌های سواری، موتورهای سه‌چرخ، وسایل نقلیه تجاری سبک و وسایل نقلیه سنگین (اتوبوس و کامیون) را به‌عنوان انواع وسایل نقلیه مورد سبقت و یک وسیله نقلیه سواری را به‌عنوان وسیله نقلیه سبقت‌گیر در نظر گرفتند. در این مطالعه هم مانند مطالعه فرح (Farah, 2013) نوع وسیله نقلیه مورد سبقت بر مدت‌زمان سبقت معنی‌دار نبود. شاید یکی از دلایل عدم معنی‌داری این متغیر، پراکندگی پایین آن‌ها در مطالعات ذکرشده باشد.

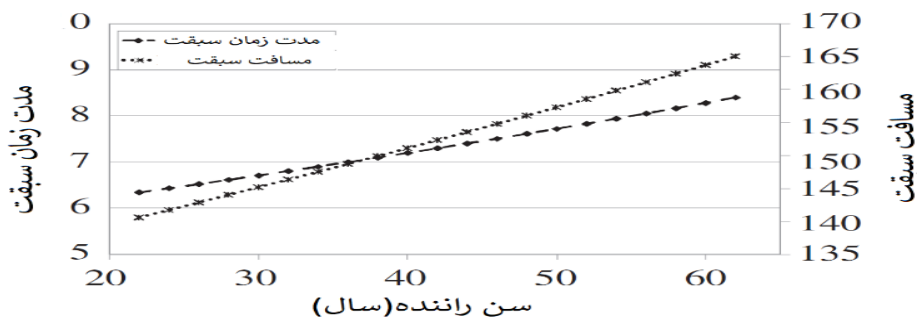
#### ii. اثر متغیرهای هندسی در تخمین مدت‌زمان سبقت‌گیری

از دیگر پارامترهای مهم تأثیرگذار بر سبقت می‌توان به پارامترهای هندسی راه اشاره کرد. هگمن و همکاران (Hegeman et al., 2005) در مطالعه خود که برای به دست آوردن مدت‌زمان سبقت انجام گرفت و از یک وسیله نقلیه تجهیز شده برای جمع‌آوری داده‌ها استفاده کرد، مسافت یک راه برون‌شهری به طول پنج کیلومتر را در نظر گرفت اما سایر ویژگی‌های راه مانند عرض خط، شعاع قوس و یا وجود یا عدم وجود شانه را اشاره نکرد بنابراین به نظر می‌رسد که نتایج این مطالعه قابلیت بهبود حداقل به لحاظ پارامترهای هندسی را دارد. فرح (Farah, 2013) در مطالعه خود چون از شبیه‌ساز رانندگی در جمع‌آوری داده‌های این مطالعه استفاده شد شرایط مختلف هندسی نیز برای آن لحاظ شد. فرح در این مطالعه به این نتیجه رسید که انحنای راه تأثیر آماری معنی‌داری بر مدت سبقت ندارد (Farah, 2013). از نقاط ضعف این مطالعه می‌توان به این مطلب اشاره کرد که باید تأثیر سایر ویژگی‌های هندسی را بر طول مدت مانورهای سبقت، مانند شیب طولی، قوس قائم، کیفیت روسازی، فواصل دید، ویژگی‌های کنار راه و وجود تقاطع در راه را بررسی کند. فرح در مطالعه دیگر خود مربوط به تفاوت در رفتار سبقت‌گیری رانندگان بسته به سن و جنسیت آن‌ها (Farah, 2011) نیز دقیقاً همانند مطالعه قبل خود شرایط هندسی را مدنظر قرارداد (Farah, 2013). از طرفی ولاهگیانی (Vlahogianni, 2013) تلاش کرد تا مشخص کند چه عواملی ممکن است بر مدت‌زمان سبقت در بزرگراه‌های دوخطه تأثیر بگذارد. ولاهگیانی (Vlahogianni, 2013) در مطالعه‌ی خود از یک سناریو ثابت هندسی با استفاده از شبیه‌ساز برای جمع‌آوری داده‌ها استفاده کرد و عوامل هندسی را به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر نگرفت.

### iii. عوامل انسانی و ویژگی‌های راننده در تخمین مدت‌زمان سبقت‌گیری

یکی از متغیرهای تأثیرگذار بر مدت‌زمان سبقت عواملی است که به راننده وسیله‌ی نقلیه مربوط می‌شود. از جمله مهم‌ترین این متغیرها سن راننده است که نتایج نشان می‌دهد یکی از عوامل معنی‌داری است که بر مدت‌زمان سبقت تأثیرگذار است. بعضی از نویسندگان از این متغیر چشم‌پوشی کرده و بعضی از محققان هم تأثیر آن را در مدل‌های خود موردبررسی قرار داده‌اند.

برخلاف مطالعات هگمن، ولاهگیانی و توشار (Choudhari et al., 2022; Hegeman et al., 2005; Vlahogianni, 2013) که سن را به‌عنوان یک متغیر در مدل خود ندیده‌اند، فرح (Farah, 2013) در مطالعه خود متغیرهای گوناگونی را در نظر گرفت که یکی از آن‌ها سن راننده بود. او پس از پرداخت کردن مدل رگرسیون چندگانه با تبدیل لگاریتمی، مقدار تخمین برای متغیر سن را ۰/۰۰۷ به دست آورد. این نتیجه نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد متغیر سن معنی‌دار است به صورتی که با افزایش سن، مدت‌زمان سبقت نیز افزایش می‌یابد. شکل شماره ۴ بیانگر این نتیجه است.



شکل شماره ۳- تغییرات مدت‌زمان و مسافت سبقت با افزایش سن در مطالعه فرح (Farah, 2013)

نتایج نشان داده‌شده در شکل شماره ۴ نشان می‌دهد که با افزایش سن راننده، مدت‌زمان و مسافت سبقت افزایش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر، رانندگان مسن نسبت به رانندگان جوان به زمان بیشتری برای تکمیل یک مانور سبقت نیاز دارند. این ممکن است به این دلیل باشد که رانندگان جوان‌تر سریع‌تر شتاب می‌گیرند و سریع‌تر به خط خود بازمی‌گردند، و فاصله‌های کوتاه‌تری را با وسیله نقلیه سبقت‌گرفته‌شده حفظ می‌کنند. فرح (Farah, 2011) در مطالعه دیگر خود مربوط به رفتار سبقت‌گیری رانندگان بسته به سن و جنسیت آن‌ها، از طریق جمع‌آوری داده با استفاده از شبیه‌ساز این متغیر را بررسی کرد. نتایج نشان داد که سن راننده تأثیر قابل‌توجهی بر میانگین مدت‌زمان سبقت‌گیری دارد یعنی رانندگان مسن به زمان بیشتری نسبت به رانندگان جوان برای اتمام مانور سبقت نیاز دارند. مشخص شد رانندگان زن و مسن‌تر برای تکمیل سبقت نیاز به زمان بیشتری دارند علاوه بر این، رانندگان مسن‌تر مانورهای سبقت‌گیری خود را بافاصله بیشتری از وسیله نقلیه مورد سبقت شروع می‌کنند و این نیز مدت‌زمان مانور سبقت‌گیری را افزایش می‌دهد. این مطالعه بااینکه مدت‌زمان سبقت برای رانندگان پیر و جوان را به دست آورده اما نقطه‌ضعف آن می‌تواند این باشد که مشخص نکرده که این تفاوت‌ها در فاز شتاب‌گیری محسوس‌تر است یا در فاز برگشت به خط همچنین از نقاط ضعف دیگر می‌توان به در نظر نگرفتن انواع وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت در مانور انجام سبقت اشاره کرد.

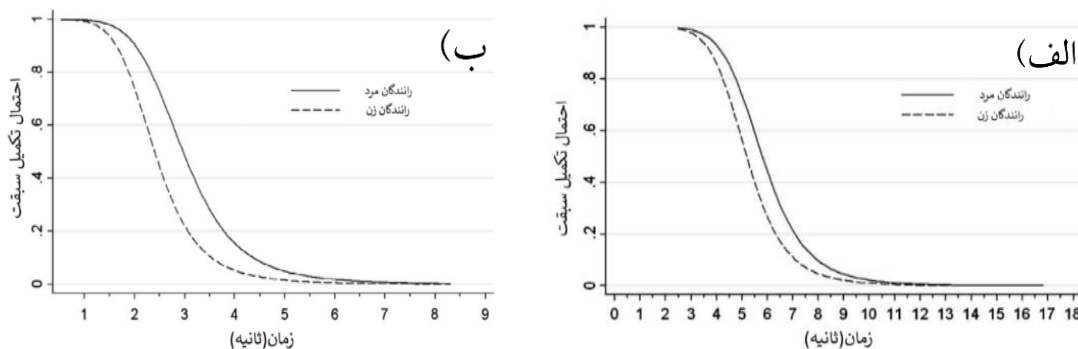
لورکا و همکاران (Carlos Llorca et al., 2013) نیز به این نتیجه رسیدند که رانندگان مرد پیر و جوان رفتار متفاوتی از خود نشان دادند که مشخصه آن مدت‌زمان سبقت‌گیری و اختلاف سرعت آن‌ها بود. به‌گونه‌ای که مدت‌زمان سبقت رانندگان جوان نسبت به رانندگان پیر یک ثانیه کوتاه‌تر و اختلاف سرعت آن‌ها ۴ کیلومتر در ساعت بیشتر از رانندگان پیر بود. یکی دیگر از متغیرهای مهمی که به ویژگی‌های راننده مربوط می‌شود، متغیر جنسیت است. جنسیت هم مانند سن راننده از متغیرهای معنی‌داری است که بعضی از مطالعات آن را در نظر گرفته و بعضی نیز از آن صرف‌نظر کردند.

هگمن و همکاران (Hegeman et al., 2005)، لورکا و همکاران (Carlos Llorca et al., 2013) و توشار و همکاران (Choudhari et al., 2022) در مطالعات خود که مربوط به مدت‌زمان سبقت‌گیری بود، این متغیر را مدنظر قرار ندادند. همچنین فرح (Farah, 2013) باهدف مطالعه مدل‌سازی مدت‌زمان سبقت و مسافت سبقت در بزرگراه‌های دوخطه به‌عنوان تابعی از ویژگی‌های راننده، هندسی و ترافیکی از یک شبیه‌ساز رانندگی برای جمع‌آوری داده‌های دقیق در مورد رفتار سبقت رانندگان استفاده کرد که در این مطالعه به این نتیجه رسید که جنسیت تأثیر معنی‌داری بر مدت‌زمان سبقت ندارد. شاید از علت‌های عدم معنی‌داری آن بتوان به پراکندگی پایین رانندگان زن و مرد اشاره کرد. اما فرح (Farah, 2011) تفاوت‌های جالب و قابل‌توجهی در رفتار سبقت‌گیری رانندگان بسته به سن و جنسیت آن‌ها به دست آورد. رانندگان بر اساس جنسیت و سن (زیر و بالای ۳۰ سال) به چهار گروه تقسیم شدند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، رانندگان زن به‌طور متوسط زمان بیشتری برای اتمام مانور سبقت‌گیری نسبت به رانندگان مرد نیاز دارند. لئونگ و استارمر (Leung & Starmer, 2005) به نتایج مشابهی دست یافتند که رانندگان زن در هنگام سبقت‌گیری نسبت به رانندگان مرد زمان بیشتری را در خط مقابل سپری کردند.

همچنین برای بررسی تأثیر این متغیر و لاهگیانی (Vlahogianni, 2013) تلاش کرد تا مشخص کند چه عواملی ممکن است بر مدت‌زمان سبقت در بزرگراه‌های دوخطه تأثیر بگذارد. بر این اساس، کل مدت مانور سبقت به دو مرحله تقسیم شد، مجموع مدت مرحله فاز شتاب‌گیری (زمان رسیدن به وسیله نقلیه اصلی) و فاز برگشت به خط (زمان بازگشت به خط اصلی). نتایج نشان می‌دهد



که توزیع زمان شتاب‌گیری مردها در سبقت کوتاه‌تر، و زمان برگشت به خط اصلی نسبت به زنان طولانی‌تر است این در حالی است که در یک سبقت به صورت کلی، این توزیع برای مردان دارای میانگین زمان کمتری نسبت به زنان است. داده‌های موجود با مدل‌های رگرسیون مبتنی بر خطر برای سه شرایط متمایز مدل‌سازی شدند: (i) کل مدت مانور سبقت، (ii) مدت زمان مانور شتاب تا زمانی که وسیله نقلیه اصلی را بگیرد، (iii) مدت مانوری که راننده برای بازگشت به خط اصلی خود انجام می‌دهد (مانور برگشت به خط). (i) کل مدت مانور سبقت: برای رانندگان مرد، ۲۰ درصد احتمال دارد که سبقت پس از ۷/۵ ثانیه به پایان نرسد، در حالی که برای رانندگان زن، همین احتمال در ۶/۵ ثانیه است. این اگر به‌طور مشترک با ویژگی‌های آماری عمومی رانندگان زن و مرد در نظر گرفته شود (مثلاً رانندگان مرد محدوده سرعت بیشتری نسبت به رانندگان زن مرتبط با مدت زمان سبقت بیشتر از خود نشان می‌دهند)، ممکن است به تمایل رانندگان مرد به پذیرش ریسک بیشتر در هنگام سبقت‌گیری و تلاش برای انجام سبقت‌های متعدد اشاره کند. پس از برازش داده‌ها توسط ولاهگیانی مشخص شد که این متغیر در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأثیر معنی‌داری بر مدت زمان سبقت دارد.



شکل شماره ۴- احتمال تکمیل سبقت برای رانندگان مرد و زن (الف) برای کل مدت سبقت (ب) برای فاز برگشت به خط (Vlahogianni, ) (2013)

بنابراین مشخص شد که مدت زمان سبقت‌ها به جنسیت بستگی دارد یعنی برای رانندگان مرد، زمانی که اختلاف سرعت نسبت به وسیله نقلیه مورد سبقت کم است و برای مقادیر فاصله بیشتر از وسیله نقلیه‌های مورد سبقت، مدت زمان طولانی‌تری سبقت‌گیری پیش‌بینی می‌شود. (ii) مدت زمان مانور شتاب تا زمانی که وسیله نقلیه اصلی را بگیرد (فاز شتاب‌گیری): نتایج تخمین نشان می‌دهد که تنها دو متغیر برای تعیین احتمال تکمیل سبقت برای فاز شتاب‌گیری اهمیت دارند که عبارت است از اختلاف سرعت و فاصله از وسیله نقلیه مورد سبقت. جالب‌توجه است که جنسیت در طول مدت مرحله شتاب‌گیری معنی‌دار نیست. (iii) مدت مانوری که راننده برای بازگشت به خط اصلی خود انجام می‌دهد (فاز برگشت به خط): همچنین نتایج نشان‌دهنده آن است که متغیر جنسیت در تعیین مدت زمان مانور برگشت به خط مهم است به صورتی که رانندگان مرد نسبت به زنان برای برگشت به خط نیازمند مدت زمان بیشتری می‌باشند. تأثیر جنسیت در مانور برگشت به خط قوی‌تر از تأثیر جنسیت بر کل مدت سبقت‌گیری و همچنین تأثیر آن در فاز شتاب‌گیری بود. همان‌طور که در شکل شماره ۶ مشاهده می‌شود، مدت زمان طولانی‌تری برای رانندگان مرد برای احتمال تکمیل سبقت انتظار می‌رود که این نشان‌دهنده نگرش بسیار پرخطر رانندگان مرد در حین سبقت‌گیری است. همچنین با توجه به نتایج

مطالعه ولاهگیانی (Vlahogianni, 2013) جنسیت، در مدت‌زمان سبقت‌گیری در فاز برگشت تفاوت چندانی ندارد اما در فاز شتاب‌گیری، مردان زمان بیشتری را صرف می‌کنند که این نشان‌دهنده‌ی آن است که خطرپذیری مردها بیشتر از زنان می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر مدت‌زمان سبقت‌گیری، متغیرهای ترافیکی می‌باشند. محققان به این نتیجه دست یافتند که هرچه سرعت وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و اختلاف سرعت آن با وسیله نقلیه مورد سبقت بیشتر شود به ترتیب در اولی مدت‌زمان سبقت کاهش و در دومی مدت‌زمان سبقت افزایش می‌یابد. نتایج همچنین بیانگر آن است که هرچه سرعت وسیله نقلیه مقابل و اختلاف سرعت وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده با مقابل نیز افزایش یابد مدت‌زمان سبقت کاهش پیدا می‌کند. یکی دیگر از متغیرهای مهم ترافیکی فواصل بین وسایل نقلیه درگیر در سبقت است به‌گونه‌ای که محققان دریافتند که هرچه فاصله بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مورد سبقت و همچنین فاصله بین وسیله نقلیه سبقت‌گیرنده و مقابل بیشتر باشد، مدت‌زمان سبقت‌گیری افزایش پیدا می‌کند. یکی دیگر از متغیرهای ترافیکی نیز نوع وسیله نقلیه درگیر در سبقت است که مطالعات نشان می‌دهد که نوع وسیله نقلیه مورد سبقت بر مدت‌زمان و مسافت سبقت‌گیری اثر معنی‌داری ندارد. از دیگر متغیرهای مهم تأثیرگذار بر مدت‌زمان سبقت‌گیری می‌توان به متغیرهای هندسی اشاره کرد. به‌صورت کلی می‌توان گفت که هندسه راه در بعضی از مطالعات به‌صورت دقیق بیان‌نشده و در بعضی هم فقط به‌عنوان یک سناریو ثابت در نظر گرفته‌شده و نه به‌عنوان یک متغیر مستقل، در بعضی از مطالعات دیگر هم فقط معنی‌داری یا عدم معنی‌داری شعاع قوس‌ها مورد بررسی قرار گرفته و سایر عوامل هندسی مانند عرض خط متنوع، وجود یا عدم وجود شانه و از این دست متغیرها مدنظر نبوده. بنابراین به نظر می‌رسد که هندسه راه از عوامل مهمی است که آن‌چنان که باید مورد توجه قرار نگرفته و هنوز جای بحث و بررسی بیشتر را دارد. از عوامل مهم دیگر تأثیرگذار بر مدت‌زمان و مسافت سبقت‌گیری می‌توان به عوامل انسانی و ویژگی‌های راننده اشاره کرد، از جمله این متغیرها می‌توان به سن راننده اشاره کرد و محققان به این نتیجه رسیدند که هرچه سن راننده بالاتر برود مدت‌زمان سبقت‌گیری نیز افزایش می‌یابد. از متغیرهای دیگر مربوط به ویژگی‌های راننده می‌توان به جنسیت آن اشاره کرد. مطالعات انجام‌شده در این زمینه به‌وضوح نشان می‌دهد که جنسیت یک متغیر کاملاً معنی‌دار در مدت‌زمان سبقت‌گیری می‌باشد بگونه‌ای که مشخص شد مدت‌زمان سبقت‌گیری برای مردها بیشتر از زن‌ها است هرچند این تفاوت در فاز شتاب‌گیری معنی‌دار نیست اما در فاز برگشت به خط زمان موردنیاز برای مردها بیشتر از زن‌ها است که این خود نشان‌دهنده‌ی نگرش پرخطر مردان نسبت به زنان در سبقت‌گیری است.

### منابع

- شفابخش، غ.، تراپی، ر.، ساجد، ی.، باقری، م. (۱۳۹۵). شناسایی عوامل موثر در رفتار رانندگان به هنگام سبقت در جاده های دوخطه دوطرفه برون شهری شانزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، <https://civilica.com/doc/717588>
- دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات (۱۳۹۸)، "سالنامه آماری سازمان راهداری و حمل‌ونقل جادهای در سال ۱۳۹۸" سازمان راهداری و حمل‌ونقل جادهای
- خسروی، فاطمه؛ سوری، حمید؛ کرمی، منوچهر؛ زایری، فرید؛ مهماندار، محمدرضا (۱۳۹۱)، "برآورد سهم منتسب جمعیتی سرعت و سبقت غیرمجاز در محورهای برونشهری ایران"، مجله تخصصی اپیدمیولوژی ایران؛ دوره ۸، شماره ۴: صفحات ۹-۱

- Asaithambi, G., & Shrivani, G. (2017). **Overtaking behaviour of vehicles on undivided roads in non-lane based mixed traffic conditions.** *Journal of traffic and transportation engineering* (English edition), 4(3), 252-261 .
- Choudhari, T., Budhkar, A., & Maji ,A. (2022). **Modeling overtaking distance and time along two-lane undivided rural highways in mixed traffic condition.** *Transportation letters*, 14(2), 75-83 .
- Farah, H. (2011). **Age and gender differences in overtaking maneuvers on two-lane rural highways.** *Transportation research record*, 2248(1), 30-36 .
- Farah, H. (2013). **Modeling drivers' passing duration and distance in a virtual environment.** *IATSS research*, 37(1), 61-67 .
- Farah, H. (2016). **When do drivers abort an overtaking maneuver on two-lane rural roads?** *Transportation research record*, 2602(1), 16-25 .
- Harwood, D. W., & Sun, C. (2008). **Passing sight distance criteria** (Vol. 605). *Transportation Research Board* .
- Hegeman, G. (2004). **Overtaking frequency and advanced driver assistance systems.** *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, 2004 ,
- Hegeman, G., Hoogendoorn, S., & Brookhuis, K. (2005). **Observations overtaking manoeuvres on bi-directional roads.** *Advanced OR and AI Methods in Transportation*, 1, 505-510 .
- Leung, S., & Starmer, G. (2005). **Gap acceptance and risk-taking by young and mature drivers, both sober and alcohol-intoxicated, in a simulated driving task.** *Accident Analysis & Prevention*, 37(6), 1056-1065 .
- Llorca, C., & García, A. (2011). **Evaluation of Passing Process on Two-Lane Rural Highways in Spain with New Methodology Based on Video Data.** *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2262, 42-51. <https://doi.org/10.3141/2262-05>
- Llorca, C., Garcia, A., Moreno, A. T., & Perez-Zuriaga, A. M. (2013). **Influence of age, gender and delay on overtaking dynamics.** *IET Intelligent Transport Systems*, 7(2), 174-183. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2012.0147>
- Llorca, C., García, A., Moreno, A. T., & Pérez-Zuriaga, A. M. (2013). **Influence of age, gender and delay on overtaking dynamics.** *IET Intelligent Transport Systems*, 7(2), 174-181 .
- Perez, J., Milanes, V., Onieva, E., Godoy, J., & Alonso, J. (2011). **Longitudinal fuzzy control for autonomous overtaking.** *2011 IEEE International Conference on Mechatronics* ,
- Persaud, B. N., Retting, R. A., & Lyon, C. A. (2004). **Crash reduction following installation of centerline rumble strips on rural two-lane roads.** *Accident Analysis & Prevention*, 36(6), 1073-1079 .
- Shariat-Mohaymany, A., Kashani, A. T., Nosrati, H., & Kazemzadehazad, S. (20<sup>۱۳</sup>). **Development of head-on conflict model for overtaking maneuvers on two-lane rural roads using inductive loop detectors.** *Journal of Transportation Safety & Security*, 5(4), 273-284 .
- Vlahogianni, E. I. (2013). **Modeling duration of overtaking in two lane highways.** *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 20, 135-146.

هشتمین کنفرانس بین المللی مطالعات بین رشته‌ای در مدیریت و مهندسی



Archive of SID  
8<sup>th</sup> International Conference on Interdisciplinary Studies in  
Management & Engineering (ICISME-2023)

December 20<sup>th</sup> & 21<sup>th</sup>, 2023 | University of Tehran

۲۹ و ۳۰ آذر ۱۴۰۲  
دانشگاه تهران



OxfordCert  
Universal