فصلنامه مهندسی ترافیک، سال بیست و یکم، شماره ۸۷ زمستان ۱۴۰۰، ص. ۹۰-۷۷

تحلیل رفتار رانندگان در مواجه با شبکه ترافیکی مبتنی بر نظریه بازی‌ها با تأکید بر تعادل نش

محمدرضا نقدی‌زاده، کارشناس ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
مهدی شکرگزار (مسئول مکاتبات)، کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
بهروز توسلی کله‌بستی، کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
سامی نجم الدین، کارشناس ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
E-mail: Shokrgozar_mahdi90@yahoo.com

چکیده

نوع رفتار کاربران شبکه راه‌ها، می‌تواند بر ابعاد ترافیکی، ایمنی و آلودگی صوتی و هوایی شبکه اثرگذار باشد. کاربران راه در مواجه با شبکه راه و نیز دیگر رانندگان، قادر به انتخاب دو سبک رانندگی متفاوت می‌باشند: رانندگی تهاجمی و یا رانندگی تعاملی. آنچه در این مقاله به‌عنوان هدف موردبررسی قرارگرفته شده است، تحلیل سبک رانندگی بهینه از منظر راننده در تصمیم‌گیری مبتنی بر نظریه بازی‌ها و همچنین تحلیل شبکه و تشخیص بهترین سبک رانندگی از منظر شاخص‌های کلان شبکه است به‌گونه‌ای که بهترین وضعیت و عملکرد را برای شبکه در پی داشته باشد. در گام اول با بررسی نرم‌افزارهای شبیه‌ساز به‌عنوان ابزار تحلیل داده‌ها، نرم‌افزار Aimsun انتخاب گردیده و سپس سبک رانندگی تهاجمی و تعاملی بر اساس شاخص‌های مربوطه تعریف شده است. بر مبنای سناریوهای چهارگانه مطرح‌شده مبتنی بر نظریه بازی‌ها، شاخص‌های عملکردی از منظر راننده و شبکه بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که با اتخاذ تصمیمِ سبک رانندگی تهاجمی، صرف‌نظر از نوع رفتار دیگر رانندگان، راننده موردنظر می‌تواند با زمان کمتری خود را از مبدأ به مقصد برساند و تعادل نش آن در تصمیم‌گیری، انتخاب رانندگی تهاجمی است، حال‌آنکه با تعمیم این نوع تصمیم‌گیری به کل رانندگان، پارامترها شبکه تنزل پیداکرده و عملکرد آن مختل می‌گردد. ضمن آنکه میزان افزایش مصرف سوخت و درنتیجه آلودگی صوتی و هوای ناشی از آن قابل‌توجه است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل شبکه، نظریه بازی‌ها، رانندگی تهاجمی، تعادل نش، شبیه‌سازی ترافیکی

۱. مقدمه

وضعیت ترافیکی امروز شهرها را می‌توان ناشی از دو عامل دانست: قسمی از آن مربوط به سهم بالای وسایل نقلیه شخصی و تردد قابل‌توجه آنها و قسمی دیگر سبک رانندگی کاربران. تاکنون نیز مطالعات بسیاری در حوزه تأثیر رفتار کاربران بر روی عملکرد شبکه انجام گرفته است. مطالعات بر روی تقاطعات، میادین و خیابان‌ها تنها گوشه‌ای از آن است. انجام مانورهای تغییر خط و ایجاد گلوگاه‌های ترافیکی در حال حرکت منجر به تشکیل و انتشار موج آشفتگی در جریان ترافیک می‌شود.

سیستم ترافیک شهری شامل تسهیلاتی مختلف در سطوح متفاوتی است و رانندگان به‌صورت لحظه‌به‌لحظه در مواجه با شرایط متنوع موقعیت‌های تصمیم‌گیری مختلفی برایشان رقم می‌خورد. تصمیم‌گیری‌های نامناسب ممکن است برای شبکه پیامدهایی را به همراه داشته باشد؛ بنابراین برای بهبود وضعیت ترافیکی، فهم مکانیزم ازدحام ترافیکی بسیار مهم است و پس‌ازآن، با شناخت استراتژی بهینه کنترل می‌توان به آرام کردن ازدحام کمک کرد.

مطالعه نظریه جریان ترافیک با پیشگامی گرینشیلد در ۱۹۳۰ آغاز گردید؛ و او روابط شماتیکی را بین سرعت، چگالی و جریان ترافیک ارائه کرد. در دهه‌های بعد با افزایش تقاضای ترافیکی و توسعه کامپیوتر، بسیاری از مدل‌های ترافیکی مانند مدل‌های هیدرودینامیک، مدل‌های بر پایه کینماتیک – گاز، مدل‌های پیروی خودرو و مدل‌های ماشین سلولی جهت بررسی رفتار دینامیکی جریان ترافیکی پیشنهاد گردید. در میان این مدل‌ها، مدل‌های ماشین سلولی به‌صورت گسترده بکار گرفته شد چراکه به‌خوبی می‌توانست بسیاری از پدیده‌های واقعی را بازآفرینی کنند و سیستم‌های ترافیکی را شبیه‌سازی نمایند. مدل نگل – شرکنبرگ (نش) که بر اساس مدل ماشین سلولی است سیستم ترافیکی را توصیف می‌کند.

در ترافیک واقعی نیز رانندگان رفتارهای متفاوتی نسبت به یکدیگر دارند. خودروهای مختلف در تسهیلات ترافیکی نظیر راه‌ها، تقاطع‌ها، میادین، چهارراه‌ها ممکن است استراتژی‌های مختلفی را قبول کنند تا برخوردهای ترافیکی میان یکدیگر را حل نمایند. این فرآیند بسیار شبیه به نظریه بازی‌ها است. نظریه بازی‌ها در ارتباط با اینکه چه تصمیمی و رفتاری در قبال رفتار دیگر رانندگان اتخاذ شود، تعریف می‌شود. این روش می‌تواند به‌صورت واقع‌بینانه‌ای رفتار کاربران در شبکه را انعکاس دهد.

در یک شبکه ترافیکی، زمانی که رانندگان در نسبت با یکدیگر قرار می‌گیرند، دو نوع رفتار قابل‌طبقه‌بندی است: رفتار تهاجمی یا به‌اصطلاح سبک رانندگی تهاجمی، رفتار تعاملی یا سبک رانندگی تعاملی. این دو نوع رفتار در موقعیت‌های مختلف ممکن است بروز نماید. بااین‌حال اثر این رفتارها در شبکه از دیدگاه ترافیکی خیلی واضح نیست. به‌منظور بررسی این اثر، ابتدا سبک رانندگی تهاجمی و تعاملی تعریف گردید و به کمک نرم‌افزار شبیه‌ساز، شبکه ترافیکی و سناریوهای ترافیکی در چارچوب نظریه بازی‌ها ارائه گردید. به همین منظور، در بخش ۲ به مبانی نظری و مفاهیم نظریه بازی‌ها، سبک رانندگی تهاجمی و نرم‌افزار و پارامترهای شبیه‌سازی پرداخته شده است. در بخش ۳، به بیان مسئله و اهداف تحقیق و در بخش ٤ نیز زمین بازی (شبکه معابر ترافیکی) و رانندگان با سبک رانندگی مختلف در چارچوب نظریه بازی‌ها در نرم‌افزار شبیه‌ساز تعریف گردیده و شبیه‌سازی انجام شده است. در بخش ۵ به تحلیل نتایج و اطلاعات به‌دست‌آمده پرداخته‌شده و در ادامه مهم‌ترین نتایج و پیشنهادات ارائه گردیده است.

۲. مبانی نظری و تعاریف

۲-۱ نظریه بازی‌ها[1]

نظریه بازی‌ها زیرمجموعه‌ای از علم ریاضیات است که می کوشد با استفاده از طراحی و تحلیل سناریو، رفتارها و نتایج تصمیم‌گیری موجوداتی را که حق انتخاب دارند، در تعامل با

یکدیگر پیش‌بینی کند. با توجه به تعریفی که ارائه شد، هر جا که منابع محدود، گزینه‌های مختلف تصمیم‌گیری، دستاوردهای متفاوت در اثر انتخاب‌های متفاوت و امکان همکاری یا رقابت بین بازیگران وجود داشته باشد می‌توان از نظریه بازی‌ها برای درک و تحلیل بهتر شرایط موجود استفاده کرد. امروز این نظریه در علوم اجتماعی و به‌ویژه در اقتصاد، زیست‌شناسی، مهندسی، علوم سیاسی، روابط بین‌الملل، علوم رایانه، بازاریابی، فلسفه و پوکر مورداستفاده قرار می‌گیرد. در وصف این نظریه همین بس که یازده نفر از کسانی که تاکنون موفق به دریافت جایزه نوبل شده‌اند، در حوزه نظریه بازی‌ها فعالیت داشته‌اند. این تعداد بسیار زیاد و کاملاً جالب‌توجه به نظر می‌رسد و به نقشی که نظریه بازی‌ها در علوم مختلف ایفا می‌کند اشاره دارد. یکی از زمینه‌هایی که نظریه بازی‌ها می‌توان در آن کارگر باشد، مسائل حوزه ترافیک و مهندسی حمل‌ونقل است.

بنابراین به بیان ساده می‌توان گفت نظریه بازی در تلاش است تا به‌وسیله ریاضیات، رفتار را در شرایطِ راهبردی یا در یک بازی که در آنها موفقیتِ فرد در انتخاب کردن، وابسته به انتخاب دیگران است، برآورد کند.

اصل مهمِ نظریه بازی‌ها بر بخردانه بودن رفتار بازیکنان است. بخردانه بودن به این معنا است که هر بازیکن تنها در پی بیشینه کردنِ سودِ خود بوده و هر بازیکن می‌داند که چگونه می‌تواند سودِ خود را بیشتر کند؛ بنابراین حدس زدنِ رفتار ایشان که بر اساس نمودار هزینه–فایده است آسان خواهد بود؛ مانند بازی شطرنج که می‌توان حدس زد که حریف بازیِ باتجربه چه تصمیمی خواهد گرفت.

هر بازی از سه بخشِ اساسی تشکیل شده است:

- بازیکن‌ها
- کُنش‌ها
- ترجیحات.

برای مثال در موضوع موردبررسی در این مقاله (ترافیک)، بازیکن‌ها، رانندگان هستند، کنش‌ها، رانندگی خوب (تعاملی) و رانندگی بد (تهاجمی) است و ترجیحات[۲]، کمینه کردن زمان رسیدن به مقصد است.

۲-۱-۱ تعادل نش

بر اساس نظریه تعادل نش، اگر فرض کنیم در هر بازی با استراتژی مختلط، بازیکنان به طریق منطقی و معقول راهبردهای خود را انتخاب کنند و به دنبال حداکثر سود در بازی هستند، دست‌کم یک راهبرد برای به دست آوردن بهترین نتیجه برای هر بازیکن قابل انتخاب است و چنانچه بازیکن راه‌کار دیگری به‌غیراز آن را انتخاب کند، نتیجه بهتری به دست نخواهد آورد. به‌عبارت‌دیگر، تعادل نش به حالت پایداری در یک بازی اطلاق می‌گردد که با فرض ثابت بودن راهبرد سایر بازیکنان، یک بازیکن با تغییر بازی خود نتواند به شرایط بهتری دست یابد.

در این مقاله مبتنی بر نظریه بازی‌ها و با تأکید بر تعادل نش به تحلیل رفتار رانندگان در مواجه با سایر رانندگان و تأثیر رفتار آنان بر شبکه پرداخته می‌شود.

۲-۲ رانندگی تهاجمی[۳]

برای سبک‌های مختلف رانندگی می‌توان انواع مختلفی را متصور بود: رانندگی تهاجمی (پرخاشگرانه–پرخاشجویانه) و یا رانندگی تدافعی (تعاملی).

رانندگی تهاجمی گاهی با عبارت خشم جاده‌ای نیز عنوان می شود، بااین‌حال دو معنای متفاوت دارند. Tasca از رانندگی تهاجمی یک تعریف ارائه کرده است: "حرکتی عامدانه که منجر به افزایش ریسک تصادف می‌شود و با بی‌صبری، آزار، خصومت و یا تلاش برای ذخیره کردن زمان تحریک و تهییج می‌شود". بااین‌حال، خشم جاده‌ای کلمه‌ای خاص‌تر است و موقعی است که یک راننده تمایل دارد صدمه جسمانی به دیگر رانندگان وارد کند. تمرکز این مقاله عمدتاً بر روی رانندگی به سبک تهاجمی است. بر اساس مطالعات، رفتارهای ترافیکی تهاجمی را می‌توان در موارد زیر برشمرد:

- حرکت سپر به سپر نسبت به خودروی جلویی (Tailgating)

- حرکات مارپیچ و تداخلی به‌خصوص در ورود و خروج از ترافیک
- عبور نامناسب (مانند سبقت‌گیری مماس)
- تغییر خط نامناسب
- رانندگی با سرعت بیش از حد معمول
- عدم رعایت حق تقدم دیگر رانندگان
- عبور از شانه راه
- عبور از چراغ‌قرمز، علامت ایست

در این مقاله تعدادی از این رفتارهای تهاجمی برای مدل‌های شبیه‌سازی ترافیکی حاضر در نظر گرفته شده است. در حقیقت، پرتکرارترین رفتارها گزینش شده‌اند.

در بررسی رفتار تهاجمی در ترافیک، سه بخش اصلی مشارکت دارند:

- وضعیت زیست‌محیطی و موقعیتی
- فاکتورهای وضعیتی و شخصیتی
- متغیرهای دموگرافیک

تأخیر و ازدحام ترافیکی به‌عنوان فاکتورهای مهم برای رانندگی تهاجمی مطرح شده است. نکته مهم در شبیه‌سازی این است که در طراحی شبکه (زمین‌بازی) باید تا جای ممکن موقعیت‌های متنوعی که باعث بروز انواع رفتارهای تهاجمی توسط راننده می‌شود، در نظر گرفته شود. برای مثال Tailgating معمولاً در راه‌های آزادراهی به دلیل سرعت بالای وسایل نقلیه اتفاق می‌افتد تا راه‌ها شهری درحالی‌که عبور از چراغ در معابر شهری بروز می‌کند. عبور از تقاطع چراغ‌دار در حالت چراغ‌قرمز می تواند در دو حالت در نظر گرفته شود؛

۲-۳ شبیه‌سازی و انتخاب نرم‌افزار

رفتارهای ترافیکی و تصمیمات سفر رانندگان به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای وابسته به ویژگی‌های راننده و خودروی مورداستفاده است. یک خودروی تعریف‌شده، ترکیبی از مشخصات راننده و خودرو است.

ویژگی‌های خودرو می‌تواند به سه بخش نوع خودرو، خصوصیات فیزیکی و دینامیکی تقسیم شود. ویژگی‌های شخصیتی راننده نیز سه موضوع را تحت تأثیر قرار می‌دهد: درک، تصمیم‌گیری و کنترل.

پس‌ازاینکه مشخص شد کدام رفتارها به‌عنوان رفتار تهاجمی در رانندگی تلقی می‌شود، سؤال این است که چه رفتارهایی و کدام رفتارهای تهاجمی در نرم‌افزارهای شبیه‌ساز کنونی قابل‌اعمال است و یا می‌تواند مدل شود؟ و چگونه این کار انجام می‌گیرد؟

سه نوع رفتار ترافیکی وجود دارد که در نرم‌افزارهای شبیه‌ساز، بسیار موردتوجه قرار می‌گیرد و می‌تواند مدل شود.

۲-۳-۱ برش جریان ترافیکی[۴]

یکی از رفتارهای تهاجمی پرتکرار است. راننده دارای آستانه پایینی است. با یافتن فاصله مناسب نسبت به رانندگان خط‌های مجاور، تغییر خط می‌دهد و با خودروهای حاضر در خط موردنظر فاصله بسیار کمی را برقرار می‌کند که آنها را جهت جلوگیری از بروز تصادف مجبور به ترمز گیری (با حداکثر قدرت) می‌نماید. این حرکت می‌تواند با اصلاح رفتار تغییر خط اعمال گردد.

۲-۳-۲ حرکت سپر به سپر[۵]

به معنای حفظ فاصله بسیار کم نسبت به خودروی جلویی است. رانندگان تهاجمی‌تر دارای سرفاصله کمتری نسبت به خودروی جلویی دارند.

۲-۳-۳ عبور از چراغ‌قرمز[۶]

زمانی اتفاق می‌افتد که راننده به تقاطع دارای چراغ می‌رسد. در این وضعیت، دو حالت امکان‌پذیر است: یکی عبور از تقاطع بدون توجه به چراغ‌قرمز که این حالت زمانی که سطح تهاجمی راننده بسیار بالا باشد اتفاق می‌افتد و دیگری زمانی که سطح تهاجمی راننده بالا نباشد که چراغ‌قرمز را تا یک محدوده زمانی مشخص و قابل قبولی تحمل می‌کند و با طولانی شدن آن

راننده به سطوح بالای تهاجمی می‌رسد و از تقاطع عبور می کند.

قبل از مدل کردن رفتار تهاجمی ابتدا نیاز است تا رفتارهای موجود در شبیه‌سازهای ترافیکی بررسی گردد. رفتارهای تهاجمی باید بر اساس رفتارهای حال حاضر در نرم‌افزارهای شبیه‌ساز باشد. در حال حاضر شاید قریب به ۵۷ نرم‌افزار شبیه‌سازی ترافیکی وجود دارد که یکی از مهم‌ترین و دغدغه-آورترین مسائل مدل کردن راننده خودمختار و در نظر گرفتن اثرات متقابل رانندگان است.

سه نرم‌افزار شبیه‌ساز که هم در دسترس بوده و هم قابلیت شبیه‌سازی عناصر و پارامترهای مختلف را دارا باشند، انتخاب گردید. رفتار خودروها در نرم‌افزارهای انتخابی شبیه بوده است. آنها به‌وسیله مدل‌هایی تعیین می‌گردند. مدل‌های اساسی جریان ترافیک به رفتار حرکتی خودروها در جریان ترافیک می‌پردازد. این مدل‌های اساس کار نرم‌افزارهای شبیه‌ساز به‌حساب می‌آیند. به‌طورکلی سه نوع مدل‌های رفتار در نرم‌افزارهای شبیه‌ساز وجود دارند که عبارت است از:

- مدل پیروی خودرو[۷]
- مدل تغییر خط[۸]
- مدل قبول فرصت[۹]

در رابطه با مدل‌های پیروی خودرو می‌توان گفت، در جریان ترافیک، رانندگان وسایل نقلیه عقب‌تر، سعی در تطبیق خود نسبت به‌وسیله نقلیه جلویی دارند و درنتیجه حرکت مستقیم خودروها در مسیرشان بیش از هر چیز از خودروی جلویی در همان خط تأثیر می‌پذیرد. در مدل‌های پیروی خودرو دو فرض اساسی صورت می‌گیرد:

- راننده سعی می‌کند هماهنگ با خودروی جلویی حرکت کند.
- راننده سعی می‌کند از تصادف اجتناب کند.

تغییر خط به مفهوم حرکت خودرو از یک خط عبوری به خط عبوری دیگری است. این پدیده یا به علت وضعیت جریان ترافیک در خط مبدأ در مقایسه با خط مقصد رخ می‌دهد (تغییر خط احتیاطی) و یا اینکه مسیر حرکت راننده (تغییر خط ضروری) علت اصلی آن به شمار می‌رود. تغییر خط وابسته به امکان انحراف، فاصله تا گردش بعدی و وضعیت ترافیک پشت سر (سرعت و طول صف) دارد.

مدل‌های قبول فرصت را می‌توان زمانی که خودرویی قصد انجام مانور تغییر خط دارد را مشاهده کرد. نمونه‌های این حرکت را می‌توان در تقاطعات بدون چراغ، مقاطع همگرایی و حتی در خطوط حرکتی یک مسیر مشاهده کرد. جدول ۱ خلاصه‌ای از پارامترهای رفتاری قابل‌دسترس در سه نرم‌افزار شبیه‌سازی را نشان می‌دهد.

جدول ۱. پارامترهای رفتاری مورداستفاده در نرم‌افزارهای شبیه‌ساز

AIMSUN	Q-PARAMICS	VISSIM
Parameters related to **Acceleration**		
**	*	***
Max. acceleration Max. deceleration Normal deceleration	Max. acceleration Max. deceleration	Max. acceleration Desired acceleration Max. deceleration Desired deceleration
Parameters related to **Desired Speed**		
***	*	***
Desired speed Speed limit Speed acceptance	Max. speed Speed limit Speed control Aggressiveness Awareness	Desired speed Desired speed Decisions
Parameters related to **Car Following**		
*	**	**
Min. spacing Reaction time	Target Headway Reaction time Aggressiveness	Desired safety distance Wiedermann model (8 parameters)
Parameters related to **Gap Acceptance**		
*	*	*
Reaction time Max. give-way time Max. GW time var.	Reaction time Aggressiveness Patience	Min. gap time Dwell time
Parameters related to **Lane Changing**		
**	*	**
Distance Zone 1 Distance Zone 2 Max. give-way time Percent overtake Percent recover	Signposting Signrange Wrong Lane Diversion Time Awareness Aggressiveness	Lane change distance Emergency stop distance Min. headway Max. own deceleration Accepted own deceleration Max. trailing deceleration Accepted trailing deceleration
Parameters related to **Route Choice**		
**	**	*
Guidance acceptance Gen.Cost functions	Familiarity Gen.Cost functions Cost factor	Routing Decisions Gen.Cost functions

راهنما:

ارزیابی قابلیت مدل کردن رفتار رانندگان در شبیه‌سازها:

* نیاز به بهبود

** رضایت‌بخش

*** بسیار خوب

۳. تعریف مسئله و اهداف پژوهش

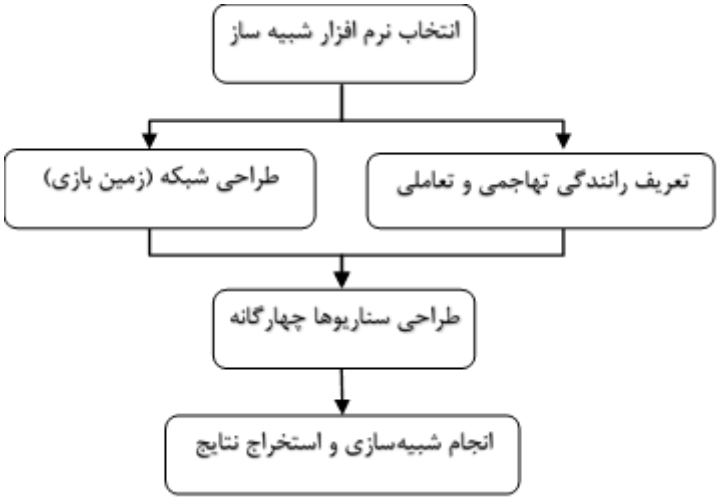
همان‌طور که در بخش پیشین مطرح گردیده است، رانندگان در مواجه با جریان ترافیک قادر به انتخاب سبک رانندگی خود می‌باشند که می‌تواند رانندگی تهاجمی و یا رانندگی تعاملی باشد که با توجه به تصمیم آن‌ها، پیامدها و نتایجی برای آن‌ها به همراه دارد و تعمیم این نوع تصمیم‌گیری به سایر کاربران تأثیراتی را بر شبکه حمل‌ونقلی در بر دارد. قابلیت انتخاب دوگانه راننده در قبال حالات دوگانه وضعیت سایر رانندگان (رانندگان دیگر خوب رانندگی می‌کنند یا بد)، وضعیت را برای تحلیل شرایط بر اساس نظریه بازی‌ها امکان‌پذیر می‌سازد. در همین راستا از نرم‌افزار شبیه‌ساز ترافیکی جهت ارزیابی سناریوهای مختلف استفاده گردید.

در این تحقیق دو نوع هدف اصلی و فرعی دنبال می‌شود. اهداف اصلی عبارت از بررسی نقطه تعادل نش در انتخاب نوع سبک رانندگی مناسب از دید بازیگر موردنظر و همچنین تعمیم سبک رانندگی برتر و اثر آن بر روی عملکرد شبکه از منظر ترافیکی. اهداف فرعی نیز عبارت است از:

- بررسی اثرات زیست‌محیطی در رانندگی تهاجمی به نسبت رانندگی تعاملی در شبکه
- بررسی تغییرات سایر پارامترهای ترافیکی در اثر تغییر سبک رانندگی

٤. روش پژوهش

نوع کار تحقیقاتی صورت گرفته، کاربردی بوده و روش تحقیق آن تحلیلی مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای است. روش تحلیل داده‌ها به‌صورت توصیفی و ابزار تحلیل داده‌ها، نرم‌افزار شبیه‌ساز ترافیکی است. روند انجام مطالعه در شکل شماره (۱) آمده است.



شکل ۱. روند انجام مطالعه حاضر

٤-۱ انتخاب نرم‌افزار

با توجه به اطلاعات ارائه‌شده در بخش مقدمه و با توجه به اینکه از میان نرم‌افزارهای شبیه‌سازی، نرم‌افزار Aimsun هم در دسترس و متداول بوده و هم پارامترهای رفتاری متنوعی را شامل می‌شود و قدرت و کیفیت شبیه‌سازی مناسبی نیز دارد، نسخه ۸ این نرم‌افزار جهت انجام این پژوهش انتخاب گردیده است.

٤-۲ تعریف نوع سبک رانندگی

مطابق آنچه در بخش قبلی مطرح گردید، پارامترهایی در نرم‌افزار ایمسان وجود دارد که در نوع رفتار راننده می‌تواند مؤثر باشد. در این مطالعه، این پارامترها در سه موردبررسی

قرار گرفت: سطح خودرو، مقطع و شبکه که تنظیمات هرکدام در بخش جداگانه‌ای از نرم‌افزار قابل انجام است. این پارامترها در جدول ۲ آمده است.

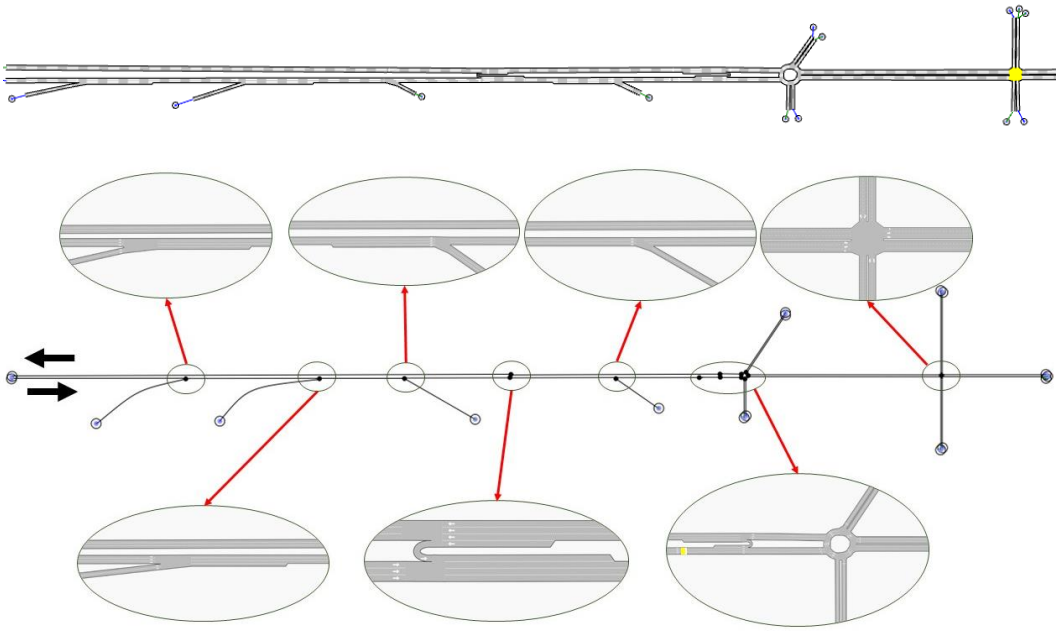
این پارامترها متناسب با نوع سبک رانندگی هدف، تغییر داده شد. برای مثال راننده پرخاشجو تمایل به تغییر خط خطرناک (Imprudent lane change) و یا سبقت (Percent overtake) بیشتری دارد و یا ممکن است در فاصله‌ای نزدیک‌تر از دیگران نسبت به خروجی، تغییر خط دهد (Distance on ramp–Distance zone 1,2). به‌عنوان نمونه‌ای دیگر، رانندگان پرخاشجو به نسبت دیگران فاصله کمتری را با سایر خودروها حفظ می‌کند و همچنین در تغییر خط‌ها فاصله قابل‌قبول کمتری را می‌پذیرند. همچنین این رانندگان آستانه پایین‌تری در تحمل زمان حق تقدم دارند.

جدول ۲. پارامترهای مؤثر و تغییر داده‌شده در نرم‌افزار برای شبیه‌سازی سبک‌های رانندگی موردنظر

Vehicle	Local (Section)	Global (Network)
Max desired speed (deviation)	Distance zone 1	Reaction time
Give way time	Distance zone 2	Two lane car following
Speed acceptance	Yellow box speed	Max number of turning
Min distance	Distance on ramp	Give way model
Sensitivity factor	Visibility distance	Queuing up/leaving speed
Min headway	Cooperation distance	Look ahead distance
Imprudent lane change	Merging distance	Max speed difference
Staying in overtaking lane	-	-
Reaction time	-	-

٤-٣ شبکه ترافیکی (زمین‌بازی)

شبکه مدنظر باید به‌گونه‌ای طراحی گردد که قابلیت رانندگی تهاجمی را به فعلیت تبدیل کند. به همین منظور جهت امکان بروز تغییر خط و سایر خصوصیات رانندگی تهاجمی، مسیر شریانی سه خطه با ناحیه تداخلی در بین ورودی و خروجی‌ها طراحی گردید. همچنین سرعت‌گیر جهت بروز شتاب کاهشی و افزایشی و نیز دوربرگردان، تقاطع و میدان در نظر گرفته‌شده است.



شکل ۲. شماتیکی از شبکه طراحی‌شده در ایمسان در این مطالعه

٤-٤ طراحی سناریوها

بر اساس آنچه از مفهوم نظریه بازی بیان گردید، زمانی که راننده در شبکه ترافیکی (زمین‌بازی) اقدام به رانندگی می‌کند، می‌تواند در رابطه با نوع سبک رانندگی خود تصمیم‌گیری کند. در شرایط عادی یک رانندگی تعاملی و در شرایطی که قصد دارد سریع‌تر به مقصد برسد، رانندگی تهاجمی را انتخاب می کند. در طرف دیگر ماجرا، سایر رانندگان وجود دارند که آنها می‌تواند رویکرد تهاجمی و یا تعاملی در رانندگی از خود بروز دهند؛ بنابراین در کل چهار حالت به وجود می‌آید که در جدول ۳ آورده شده است. پس از انجام شبیه‌سازی و پیاده‌سازی سناریوهای چهارگانه، به تحلیل جدول و نتایج حاصله پرداخته می‌شود.

جدول ۳. سناریوهای مختلف در نوع رفتار راننده موردنظر نسبت به رفتار دیگر کاربران شبکه

نوع رفتار رانندگان		سبک رانندگی سایر رانندگان (رانندگان شبکه)	
		تهاجمی	تعاملی
سبک رانندگی راننده تصمیم گیر (موردنظر)	تهاجمی	**حالت A**	**حالت C**
	تعاملی	**حالت B**	**حالت D**

٤-٥ شاخص‌های موردمطالعه در طی پژوهش

پارامترهای که به‌عنوان شاخص انتخاب گردیده و از خروجی نرم‌افزار به دست می‌آید و سناریوهای مختلف با آن ارزیابی می شوند، عبارت است از: زمان رسیدن[١٠] به مقصد راننده تصمیم گیر (موردنظر)، پارامترها شبکه نظیر زمان تأخیر[١١]، سرعت[١٢]، کل زمان سفر[١٣]، مصرف سوخت[١٤].

٤-٦ روند شبیه‌سازی

متناظر با آنچه در بخش قبل ارائه گردیده، شبیه‌سازی صورت گرفته است. در همین راستا، تقاضایی برای کل شبکه در نظر گرفته شد و به آن اعمال گردیده است. مطابق با پارامترهای اشاره‌شده در بالا و با تغییر در آن‌ها، دو حالت مختلف رانندگی شبیه‌سازی گردیده است.

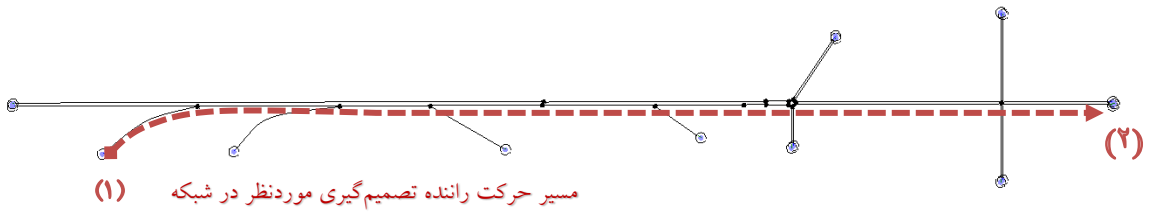
خودروی تصمیم گیر موردنظر نیز در این بازی از نقطه (۱) واقع در رمپ ورودی اول به‌عنوان مبدأ وارد شبکه شده و با حرکت در میان جریان ترافیک موجود، خود را به نقطه (۲) به‌عنوان مقصد، می‌رساند.

در استراتژی (حالت) A از سناریوهای چهارگانه، راننده تصمیم گیر و نیز سایر رانندگان در حالت تهاجمی رانندگی می‌کنند.

در استراتژی (حالت) B، راننده تصمیم گیر در حالت تعاملی رانندگی می‌کند و سایر رانندگان در حالت تهاجمی حرکت می‌کنند.

در استراتژی (حالت) C، راننده تصمیم گیر در حالت تهاجمی رانندگی می‌کند و سایر رانندگان در حالت تعاملی حرکت می‌کنند.

در استراتژی (حالت) D، راننده تصمیم گیر و سایر رانندگان نیز در حالت تعاملی حرکت می‌کنند.



شکل ۳. مسیر حرکت راننده تصمیم گیر برای انتخاب سبک رانندگی (راننده موردنظر)

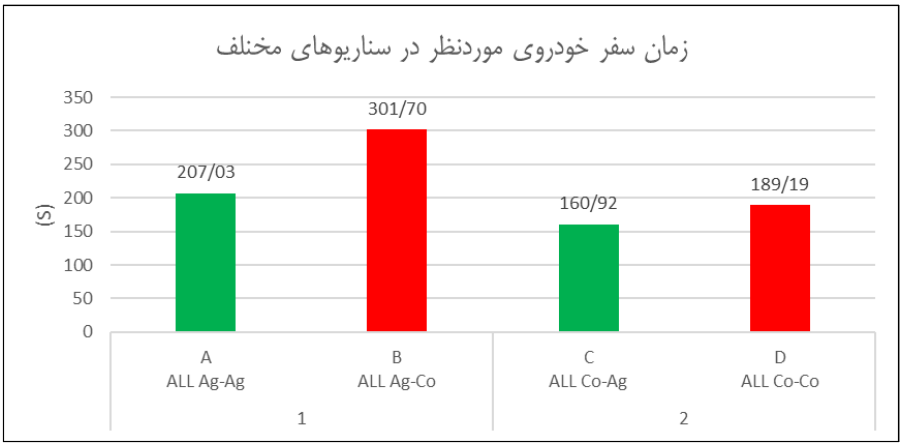
۵. تحلیل داده‌ها

شبیه‌سازی در سناریوهای فوق‌الذکر صورت گرفت و نتایج آن

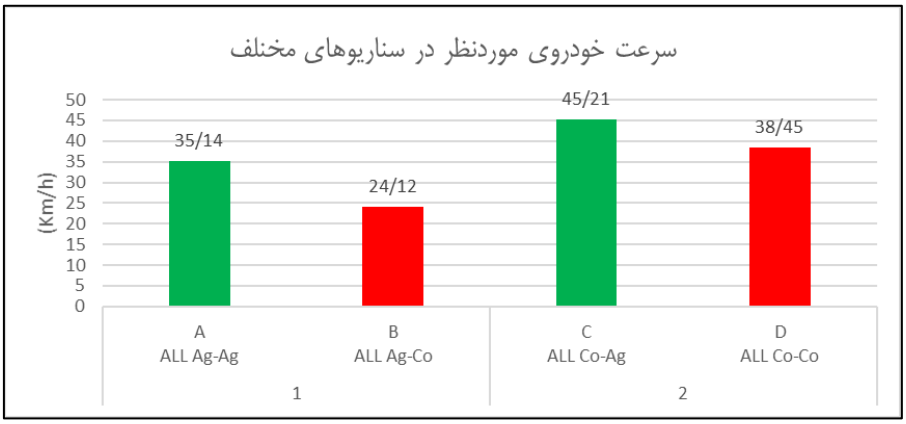
به شرح جدول و اشکال زیر به دست آمد:

جدول ٤. پارامترهای ترافیکی راننده موردنظر در ٤ سناریوی مطروحه

سناریو	توصیف	مسافت طی شده (متر)	متوسط سرعت	زمان سفر
A	راننده موردنظر تهاجمی – دیگر رانندگان تهاجمی	۲۰۲۱	۳۵/۱٤	۲۰۷/۰۳
B	راننده موردنظر تعاملی – دیگر رانندگان تهاجمی	۲۰۲۱	۲٤/۱۲	۳۰۱/۷۰
C	راننده موردنظر تهاجمی – دیگر رانندگان تعاملی	۲۰۲۱	٤٥/۲۱	۱٦۰/۹۲
D	راننده موردنظر تعاملی – دیگر رانندگان تعاملی	۲۰۲۱	۳۸/٤٥	۱۸۹/۱۹



شکل ٤. زمان سفر خودروی موردنظر در حالت‌های مختلف سبک رانندگی



شکل ۵. میانگین سرعت خودروی موردنظر در حالت‌های مختلف سبک رانندگی

داده‌های به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی را می‌توان مطابق با جدول

نظریه بازی‌ها بدین گونه طرح کرد:

جدول ۵. زمان سفر راننده موردنظر در سناریوهای مختلف

زمان سفر راننده موردنظر (ثانیه)			
نوع رفتار رانندگان		سبک رانندگی سایر رانندگان (رانندگان شبکه)	
		تهاجمی	تعاملی
سبک رانندگی راننده تصمیم گیر (موردنظر)	تهاجمی	۲۰۷	۱۶۰,۹
	تعاملی	۳۰۱,۷	۱۸۹,۱

بر اساس جدول شماره ۵ و منطبق بر تحلیل مبتنی بر نظریه بازی‌ها، راننده موردنظر (تصمیم گیر) با فرض اینکه دیگر رانندگان خوب رانندگی کنند، ترجیح می‌دهد به‌صورت تهاجمی رانندگی کند تا تعاملی چراکه در این حالت زمان حرکت آن کوتاه‌تر می‌شود و از ۱۸۹ ثانیه به ۱۶۰ ثانیه می‌رسد و حدود ۱۵ درصد کاهش می‌یابد. اگر راننده تصمیم گیر فرض کند رانندگی سایر رانندگان تهاجمی باشد، در این صورت با انتخاب رانندگی به شکل تهاجمی، زمان حرکت آن کوتاه‌تر می شود و از ۳۰۱ ثانیه به ۲۰۷ ثانیه می‌رسد و حدود ۳۰ درصد کاهش می‌یابد و بنابراین رانندگی تهاجمی را انتخاب می‌کند. درنهایت می‌توان گفت، راننده موردنظر چه دیگران تهاجمی رانندگی کنند و چه دیگران تعاملی رانندگی نمایند، در هر دو صورت انتخاب سبک رانندگی تهاجمی به‌صرفه‌تر خواهد بود.

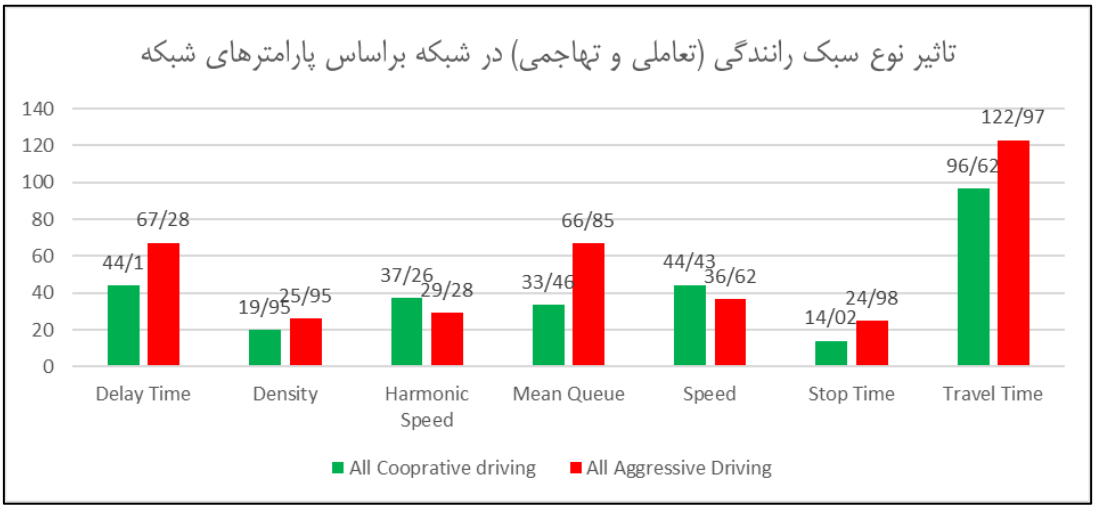
بنابراین با فرض اینکه هرکدام از رانندگان بر این اساس، به‌صورت تهاجمی رانندگی کنند، درنتیجه تعادل نش، در قسمت D و بد رانندگی کردن همه خواهد بود. حال سؤال این است که اگر همه رانندگان تهاجمی رانندگی نمایند، چه تغییری در پارامترهای شبکه اتفاق می‌افتد؟

آنچه باید به آن نیز توجه شود، تحلیل شبکه از دید کل شبکه (و نیز گردانندگان آن) است. به همین منظور دو حالت دیگر در نرم‌افزار شبیه‌سازی گردید: همه رانندگان تهاجمی رانندگی کنند و یا همه رانندگان تعاملی رانندگی کنند. در حالت رانندگی تهاجمی، پارامترهای مربوط به رانندگی تهاجمی به کل رانندگان شبکه اختصاص داده شده است. خروجی به‌دست‌آمده از تحلیل این دو حالت در جدول ٦ آمده است.

جدول ٦. نتایج شبیه‌سازی ترافیکی دو حالت همه رانندگان تعاملی یا تهاجمی باشند

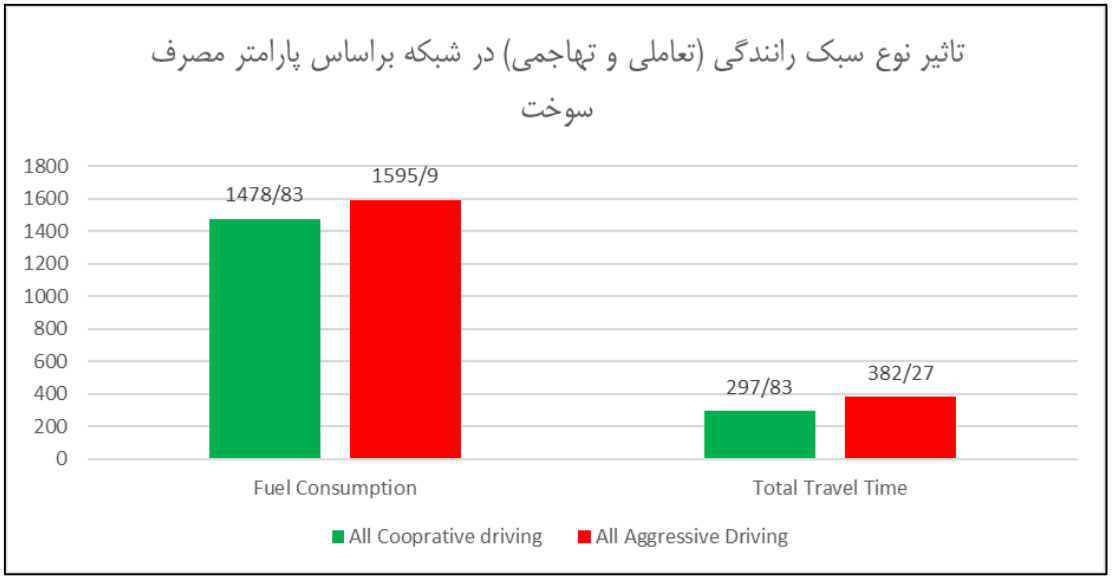
Time Series	Units	All Cooprative driving	All Aggressive Driving
Delay Time	sec/km	44.1	67.28
Density	veh/km	19.95	25.95
Flow	veh/h	10332	10241
Fuel Consumption	l	1478.83	1595.9
Harmonic Speed	km/h	37.26	29.28
Input Count	veh	10384	10383
Input Flow	veh/h	10384	10383
Mean Queue	veh	33.46	66.85
Number of Stops	#/veh/km	0.06	0.07
Speed	km/h	44.43	36.62
Stop Time	sec/km	14.02	24.98
Total Number of Stops		10120.21	11288.2
Total Travel Time	h	297.83	382.27
Travel Time	sec/km	96.62	122.97

نتایج جدول ٦ به‌صورت نمودار در زیر آمده است:



شکل ٦. پارامترهای شبکه در دو حالت همه رانندگان تهاجمی و همه رانندگان تعاملی

همان‌طور که مشاهده می‌شود، درصورتی‌که مطابق تعادل نش، همه رانندگان بخواهند تهاجمی رانندگی کنند، پارامترهای شبکه تنزل پیدا می‌کنند و به حالت بدتری تبدیل می‌شوند. تأخیر در شبکه بالا می‌رود و میانگین سرعت کاهش پیدا می‌کند. ضمن اینکه طول صف نیز افزایش می‌یابد. علاوه بر این تغییرات منفی در میزان مصرف سوخت و همچنین آلودگی‌های زیست‌محیطی ایجاد می‌شود. شکل ۷ وضعیت مصرف سوخت و کل زمان سفر شبکه را نشان می‌دهد.



شکل ۷. میزان مصرف سوخت در دو حالت همه رانندگان تهاجمی و همه رانندگان تعاملی

٦. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

آنچه در این مقاله به‌عنوان هدف دنبال گردید، بررسی انتخاب سبک رانندگی توسط رانندگان در شبکه ترافیکی و تأثیر آن بر پارامترهای ترافیکی مطابق با نظریه بازی‌ها بود. تحلیل‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که رانندگان برای سریع‌تر رسیدن به مقصد خود، سبک رانندگی تهاجمی را انتخاب می‌کنند چه دیگران تهاجمی رانندگی کنند و چه تعاملی. نتیجه آنکه دیگر رانندگان نیز برای سریع‌تر رسیدن به مقصد حالت تهاجمی را انتخاب می‌کنند. حال‌آنکه زمانی که کلیه رانندگان بخواهند تهاجمی رانندگی کنند، نسبت به زمانی که تعاملی رانندگی می

کنند و قوانین را رعایت می‌نمایند، پارامترهای شبکه افت پیدا می‌کند و عملکرد شبکه تنزل می‌یابد و نتیجه آنکه بهینه‌ترین حالت، رانندگی تعاملی و مطابق قانون و مقررات است که در این صورت همه رانندگان در یک‌زمان معقول به مقصد خود می‌رسند. ازنظر کیفی تحلیل صورت گرفته مطابق با جدول ۷ است:

جدول ۷. تحلیل کیفی زمان رسیدن به مقصد متناسب با سبک‌های مختلف رانندگی

نوع رفتار رانندگان		۲. سبک رانندگی سایر رانندگان (رانندگان شبکه)	
		تهاجمی	تعاملی
سبک رانندگی راننده تصمیم گیر (موردنظر)	تهاجمی	۱. خیلی دیر ۲. خیلی دیر	۱. زود ۲. خیلی خیلی دیر
	تعاملی	۱. خیلی خیلی دیر ۲. زود	۱. معقول ۲. معقول

البته اثرات رانندگی تهاجمی بر ایمنی خود مقوله قابل‌توجه دیگری است که می‌تواند موردبررسی واقع گردد.

۷. پی‌نوشت‌ها

1. Games Theory
2. Payoff Function
3. Aggressive Driving
4. Cutting
5. Tailgating
6. Running red lights
7. Car following
8. Lane changing
9. Gap acceptance
10. Travel Time
11. Delay Time
12. Speed
13. Total Travel Time
14. Fuel Consumption

۸. مراجع

- ناصر علوی، ص، شیرگیر، ب، علی پور، ص، محسنی، ح، بررسی و مقایسه مدل‌های تغییر خط در شبیه‌سازی خرد ترافیک. ۱۳۸۸، نهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران.

- آموزش کاربردی نرم‌افزار ایمسان، ۱۳۹٤، رحمانی، ا، رمضانی، م، اندیشه طلایی.

- کالیبره نمودن نرم‌افزارهای مهندسی ترافیک –جلد دوم: بررسی تحلیل و پارامترهای مدل‌های پایه در نرم‌افزار شبیه‌ساز AIMSUN – سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.

- Cases L, Dinesh R, Zubair M, Sharma N, Dixit V, Torday A, Brackstone M, 2015, Modelling and simulation of mixed traffic, Australasian Transport Research.

- Munigety R, Mathew T, 2016, Toward behavioral modelling of drivers in mixed traffic, Transp. In Dev. Econ. 6-26.

- Fredy B, Vortisch, Mathew T, 2014, modelling of motorcycle movement in mixed traffic condition, 94TH Transportation Research Board.

- B.D. Greenshields, 1935, A study of traffic capacity, in: Proceedings of the Highway Research Board, vol. 14, pp. 448–477

- R. Jiang, Q.S. Wu, Z.J. Zhu, 2002, A new continuum model for traffic flow and numerical tests, Transp. Res. B 36 (5)405–419.

- D. Helbing, A. Hennecke, V. Shvetsov, M. Treiber, 2001, MASTER: macroscopic traffic simulation based on a gas-kinetic, non-local traffic model, Transp. Res. B 35 (2) 183–211.

- M. Bando, K. Hasebe, K. Nakanishi, A. Nakayama, A. Shibata, Y. Sugiyama, 1995 Phenomenological study of dynamical model of traffic flow, J. Physique I 5 (11) 1389–1399.

- B.S. Kerner, S.L. Klenov, D.E. Wolf, 2002, Cellular automata approach to three-phase traffic theory, J. Phys. A: Math. Gen. 35 (47) 9971.
- K. Nagel, M. Schreckenberg, 1992, A cellular automaton model for freeway traffic, J. Physique I 2 (12) 2221–2229
- Hongqiang F, Bin J, Junfang T, Lifen Y, 2014, Characteristics of traffic flow at a non-signalized intersection in the framework of game theory, Physica A, 415, 172-180.
- Poznyak A, 2008, Urban Traffic Control problem: a Game Theory Approach, Proceeding of the 17th world congress, the international federation of automatic control, seoul korea.
- Tasca, L., 2000, A Review Of The Literature On Aggressive Driving Research. Aggressive Driving Issues Conference.
- Jasper Laagland, 2005, How to Model Aggressive Behavior in Traffic simulation, University of Twente.
- David Salgado, Dusan Jolovic, Peter T. Martin, Rafael M. Aldrete, 2016, Traffic Microsimulation Models Assessment – A Case Study of International Land Port of Entry, The 7th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2016), 441-448.
- Peter Hidas, 2005, Modelling Individual Behaviour In Microsimulation Models,transportation research board,
- Abseen R, Nagui M, Christopher F, Bastin S, 2014, Application of AIMSUN Micro Simulation Model in estimating emissions on signalized arterial coridors, TRB 2014 annual meeting, 1-25.
- Mathew, P, 2017, Lane Changing Models: Lecture Notes in Transportation Systems Engineering.
- Kazi Iftekhar Ahmed, 1999, Mo deling Drivers' Acceleration and Lane Changing Behavior, Doctor of Science in Transp ortation Systems and Decision Sciences at the MASSA CHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY
- Golbabaei F, Moghadas nejad F, Noory A, 2014, A microscopic analysis of speed deviation impacts on lane-changing behavior, transportation planning and technology, 37: 4,391-407.
- Aimsun User’s Manual v8-TSS.