یادداشت فنی

مدل‌سازی رفتار طبیعی رانندگان در زمان سبقت‌گیری در جاده‌های برون‌شهری جدا نشده (مطالعه‌ی موردی: استان مازندران)

مصطفی الیاسی گرجی (کارشناس ارشد)
دانشکده‌ی مهندسی عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران
محمدرضا احدی * (دانشیار)
پژوهشکده‌ی حمل‌ونقل مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی، تهران
علی نادران (استادیار)
دانشکده‌ی مهندسی عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

مهندسی عمران شریف، بهار (۱۴۰۰)
دوره‌ی ۲ - ۳۷، شماره‌ی ۱/۱، ص. ۱۴۳-۱۵۲، (یادداشت فنی)

تصادف‌های رانندگی بین خودرو - خودرو به هنگام سبقت‌گیری در جاده‌های جدا نشده، به عنوان یکی از رویدادهای غیرقابل‌پیش‌بینی محسوب می‌شود. در پژوهش حاضر سعی بر آن شده است که عوامل مؤثر به خصوص رفتار طبیعی رانندگان در فرایند سبقت‌گیری شناسایی شود. از ۳۰ شرکت‌کننده، برای انجام رانندگی استفاده شده است. همچنین با نصب ۳ دوربین درون خودرو، به بررسی شرایط از دیدگاه راننده از زاویه‌های متعدد و کلیه‌ی عوامل مربوط به عملکرد راننده با دقت بالا پرداخته شده است. نتایج نهایی مدل با دقت ۸۹٪ در پژوهش حاضر نشان داد که متغیرهای: جنسیت مرد، فاصله‌ی زمانی با خودروی روبه‌رویی و گوش کردن به موزیک باعث افزایش احتمال سبقت‌گیری رانندگان شده‌اند. همچنین متغیرهای: فاصله با خودروی جلویی، صحبت کردن راننده در زمان رانندگی، سرعت خودروی جلویی، روسازی نامناسب جاده و کاربری از نوع آموزشی در محل سبقت‌گیری باعث کاهش احتمال سبقت‌گیری رانندگان شده‌اند.

واژگان کلیدی: سبقت‌گیری، اندرکنش خودرو - خودرو، مدل لاجیت دوگانه، جاده‌های جدا نشده، رفتار طبیعی رانندگان.

gorjimostafa71@gmail.com
m.ahadi@bhrc.ac.ir
naderan@srbiau.ac.ir

۱. مقدمه

همه ساله، ایده‌ها و روش‌های زیادی در جهان در جهت کاهش تصادف‌ها و تلفات صورت می‌گیرد و قطعاً روش‌های مذکور بدون در نظرگرفتن پارامترهای تأثیرگذار در رفتار طبیعی رانندگان و اندرکنش بین خودرو، کاری بیهوده خواهد بود و مدل‌سازی آنها نیاز به عوامل طراحی دارد. با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی استان مازندران، بخش عمده‌یی از جاده‌های برون‌شهری از نوع جدا نشده هستند و همواره تعداد قابل توجهی از تصادف‌ها به دلیل سبقت غیرمجاز، در محورهای مذکور به وجود می‌آید. هدف از پژوهش حاضر این است که مدل‌سازی رفتار طبیعی رانندگانی که در راه‌های جدا نشده سبقت‌گیری می‌کنند، منجر به شناسایی عواملی شود که در به وجود آوردن اندرکنش بین خودرو - خودرو تأثیرگذار بوده‌اند. در مطالعه‌ی حاضر سعی بر آن بوده است مجموعه‌ی عواملی که منجر به سبقت غیرمجاز و در نتیجه وقوع تصادف‌ها می‌شوند، از طریق مطالعات رفتار طبیعی ۳۰ راننده، که به صورت فیلمبرداری از درون و بیرون کابین خودرو انجام شده است؛ پس از تصویربرداری کامل از فرایند سبقت‌گیری رانندگان، داده‌های مربوط به ۳۳ متغیر تعیین شده جهت بررسی را استخراج کرد. سپس با استخراج داده‌ها، عوامل تأثیرگذار درکاهش و افزایش عملکرد راننده و در نتیجه تأثیر آن در اندرکنش بین خودروها در هنگام سبقت مدل‌سازی شده است. با توجه به پژوهش حاضر می‌توان با ایجاد طرح‌های مناسب درکاهش ایجاد اندرکنش بین خودرو - خودرو و کاهش تصادف‌ها و تلفات رانندگان برای انجام عمل سبقت‌گیری مؤثر بود. لذا سعی بر این است که با مدل‌سازی رفتار عملکردی رانندگان، به هر یک از پارامترهای مذکور پاسخ داد:

- پارامترهای اساسی تأثیرگذار در رفتار طبیعی رانندگان و عوامل ایجاد اندرکنش بین خودرو - خودرو کدام‌اند؟
- الگوهای علیتی انتخاب نوع تصمیم رانندگان در زمان انجام مانور سبقت براساس داده‌های مستخرج شده از فیلم‌برداری‌های چگونه‌اند؟
- آیا ارائه‌ی مدلی مناسب در رفتار راننده در هنگام سبقت‌گیری امکان‌پذیر است؟

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۸/۱۰/۱۵، اصلاحیه ۱۳۹۹/۴/۶، پذیرش ۱۳۹۹/۵/۱۹.
DOI:10.24200/J30.2020.55039.2696

۲. پیشینه‌ی پژوهش

در سال ۲۰۱۳ در کشور اسپانیا، کارلوس ال لورکا[1] و همکاران با استفاده از مدل رگرسیون، تأثیر سن و جنسیت در مانورهای سبقت در راه‌های جدا نشده را ارزیابی کردند. روش مطالعه به این صورت بوده است که با استفاده از خودروی آزمایشی مجهز به دوربین، جی پی اِس (GPS) و لیزر، در جاده تردد و مانورهای سبقت را برداشت می‌کردند، که در نهایت ۲۱۴ مانور سبقت ثبت شد. پس از تحلیل داده‌ها و نتایج مدل رگرسیون مشخص شد که تفاوت معناداری بین سن و جنسیت رانندگان در انجام مانور سبقت وجود دارد. بدین صورت که رانندگان مرد نسبت به سایر گروه‌ها، رانندگی پرخاشگرانه و خطرناکی داشته و احتمال سبقت‌گیری را افزایش داده و زمان مانور آنها کمتر بوده است.[۱] همچنین، هانن فاره[2] (۲۰۱۱) در واشنگتن، تأثیر جنسیت در رفتار رانندگان را به هنگام سبقت‌گیری در جاده‌های جدا نشده بررسی کردند و دریافتند که بین رانندگان مرد و زن، تفاوت‌های بسیار زیادی در احتمال مانور، رعایت زمان‌ها و فواصل مختلف، که در عمل سبقت‌گیری مؤثرند، وجود دارد.[۲] از طرف دیگر، رادوان[3] و همکاران (۲۰۰۷) در آمریکا، در مطالعه‌ی خود به تأثیر جنسیت و سن در رفتار رانندگان هنگام سبقت‌گیری با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز رانندگی پرداختند و دریافتند که تفاوت‌های آشکاری در حفظ فاصله از خودروی جلویی، سرعت خودرو، فاصله تا خودروی سمت مقابل در دو گروه جنسی در سنین مختلف وجود دارد. همچنین نتایج تحلیل آماری ایشان نشان داد که رانندگان زن برخلاف مردان بیش از حد محتاط عمل می‌کنند و این باعث کاهش مانور سبقت‌گیری می‌شود.[۳] همچنین آسیتامبی و شراوانی (۲۰۱۷) [4] در هند، رفتار وسایل نقلیه در انجام سبقت‌گیری در جاده‌های جدا نشده را بررسی کردند و ضمن مشاهده‌ی ویژگی‌های سبقت ۳۵۰ وسیله‌ی نقلیه در شرایط ترافیک مختلف، با استفاده از روابط ریاضی به مدل‌سازی پرداختند. داده‌های مستخرج و تحلیل‌شده شامل متغیرهای: سرعت سبقت‌گیری وسایل نقلیه، زمان سبقت گرفتن، انواع خودروهای سبقت‌گیرنده و نوع خودروی مقابل و غیره بودند و فاصله‌ی زمانی، مدت زمان سبقت‌گیری و میانگین مقدار فاصله و موارد دیگر را از نتایج پژوهش دریافتند.[۴] فاره و تولیدو[5] (۲۰۱۰)، نیز رفتار رانندگان در جاده‌های جدا نشده در کشور سوئد را با استفاده از تحلیل آماری مطالعه کردند و پارامترهای: سرعت خودرو، نوع کاربری جاده، مشخصات راننده، رفتار راننده و موارد دیگر را به عنوان پارامترهای تأثیرگذار شناختند.[۵] سیتی[6] (۲۰۰۵) در کشور مالزی، در پژوهشی به منظور بررسی رفتار رانندگان به هنگام سبقت‌گیری با استفاده از ویدیوگرافی در جاده‌ها دریافت که سرعت خودروی جلویی، سرعت اتمام، سرعت حین سبقت‌گیری خودروی سبقت‌گیرنده، زمان تصمیم‌گیری و شتاب از عوامل تأثیرگذار در رفتار راننده هستند.[۶] همچنین شبیب و هامامده[7] در پژوهشی درکشور اردن (۲۰۰۵)، اطلاعات مربوط به مانورهای سبقت در جاده‌های جدا نشده را از طریق مشاهدات میدانی و پرسش‌نامه‌یی برداشت کردند و نتایج پژوهش حاصل از مدل رگرسیون لجستیک نشان داد که مانورهای سبقت خطرناک و ناقص در مسیرهای مستقیم و صاف، بیشتر از مسیر قوس‌ها رخ می‌دهند و سرعت خودرو پیش از اتمام سبقت، تابع سرعت خودرو است. همچنین فاصله و سرعت پایین خودرو، موجب موقعیت خطرناک و کاهش احتمال سبقت‌گیری می‌شوند.[۷] در مطالعه‌ی دیگری، هانن فاره و همکاران در ژاپن (۲۰۱۹)، با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک دوگانه به مدل‌سازی رفتار سبقت‌گیرنده و فاصله‌ی جانبی در سبقت‌گیری خودرو از دوچرخه‌سوار در جاده‌های روستایی با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز رانندگی پرداختند و رفتار ۳۷ شرکت‌کننده را بررسی کردند؛ که در نهایت ۲۵۹ اندرکنش ثبت شد و دریافتند که فاصله‌ی جانبی بیشتر، مسافت طولی بین وسیله‌ی نقلیه‌ی سبقت‌گیرنده و رو به رو، فاصله‌ی طولی بین وسیله‌ی نقلیه‌ی سواری و دوچرخه‌سوار و وسیله‌ی نقلیه‌ی جهت مخالف، از عوامل تأثیرگذار هستند.[۸] همچنین کاشانی[8] و همکاران (۲۰۱۵) در ایران به ارزیابی مانورهای سبقت در جاده‌های دو خطه‌ی روستایی با استفاده از شبیه‌سازی خودرو و مدل رگرسیونی به پژوهش پرداختند و دریافتند که فاصله‌ی زمانی و مکانی بین دو خودرو، سرعت خودرو، مدت زمان گذر و موارد دیگر از متغیرهای تأثیرگذار هستند.[۹] در کشور بنگلادش، لوئیس فریرا[9] و همکاران (۲۰۱۸) نیز در بررسی رفتار رانندگان در حال سبقت‌گیری در جاده‌ی روستایی تحت یک محیط ترافیک ناهمگن، داده‌های مربوط به بخشی از جاده‌ی اصلی بنگلادش را با استفاده از دوربین‌های فیلم‌برداری ثابت و ناظران میدانی جمع‌آوری کردند و با تحلیل آنها دریافتند که ویژگی‌های مختلف مربوط به رفتار سبقت، از جمله: درگیری وسایل نقلیه، فاصله‌ی زمانی، فاصله‌ی سبقت، مسافت سبقت با خودروهای جهت‌های مقابل و مخالف از عوامل تأثیرگذار هستند.[۱۰] در مطالعه‌ی هانگ[10] و همکاران (۲۰۱۱) درکشورویتنام، نقش تحصیلات و آموزش را در بیشترین و مؤثرترین عوامل تصادف از جمله رفتار طبیعی راننده به هنگام سبقت‌گیری بررسی کردند و به وضوح مشخص شد که پارامترهای نقش تحصیلات در رفتار راننده، در نگرش راننده به قوانین رانندگی و میزان تخلفات رانندگی از جمله سبقت غیرمجاز بسیار مؤثر و بازدارنده هستند.[۱۱] فاره و همکاران (۲۰۱۱) در ارائه‌ی مدلی برای پیش‌بینی خطرپذیری رفتار سبقت در راه‌های دوخطه‌ی برون‌شهری با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز رانندگی دریافتند که به طور کلی، رانندگان مرد در مقایسه با رانندگان زن، در انجام مانور سبقت، سریع‌تر به خط رانندگی بر می‌گردند و لذا زمان سبقت بیشتری برای آنها ثبت می‌شود. همچنین نتیجه گرفتند که در حجم‌های ترافیک کمتر، فرصت بیشتری برای انجام مانور سبقت فراهم می‌شود و رانندگان، سبقت‌های خطرناک کمتری را انجام می‌دهند. ضمن این‌که مشخص شد در راه‌های با هندسه‌ی مناسب، رانندگان فاصله‌ی بیشتری را در هنگام انجام مانور سبقت با وسیله‌ی نقلیه‌ی مقابل حفظ می‌کنند و مانورهای سبقت خطرناک کمتر می‌شوند.[۱۲] همچنین سانیر و مورجی[11] (۲۰۱۱)، در ارزیابی عوامل تأثیرگذار در تصادف‌های درون‌شهری و برون‌شهری در مسیرهای اصلی برخی ایالت‌های کانادا (۲۰۱۱)، به بررسی پارامترهای حرکت‌های گردش به چپ و راست، تغییر خط مسیر حرکت در مسیرهای مشترک در جاده‌های جدا نشده با خودروهای جهت مخالف، وضعیت جوی، وضعیت روشنایی مسیر، جنسیت و مشخصات محیطی پرداختند. آنها تحلیل آماری ۲۹۵ مورد از تصادف‌ها و تعارض‌هایی که به وسیله‌ی فیلم‌برداری از مسیرهای اصلی جمع‌آوری شده بودند، را ثبت کردند و دریافتند که حرکت‌های ناگهانی و بدون احتیاط به سمت چپ و راست رانندگان جهت سبقت‌گیری، گوش کردن به موزیک و عوامل دیگر جزء عوامل اصلی بروز این‌گونه از رخدادها هستند.[۱۳] رانگرا[12] و همکاران (۲۰۱۱)، با استفاده از آمار تصادف‌های مربوط به راه‌های برون‌شهری در تایلند و یک مدل شبکه‌ی عصبی، مطالعاتی به منظور شناسایی عوامل به وجودآورنده‌ی تصادف‌ها انجام دادند و با بررسی داده‌های تصادف‌ها از ۸ بیمارستان و ۲۸ مرکز نگه‌دارنده‌ی داده‌ها در استان و مناطق مختلف ثبت شده، ۲۴۴۳۵ مورد از تصادف‌های ثبت شده و گزارش‌های مربوط به علل بروز آنها را تجزیه‌وتحلیل آماری کردند و دریافتند که در بسیاری از موارد، رفتارهای نابه‌هنجار رانندگان در ایجاد تصادف‌ها، اثر زیادی داشته‌اند و داده‌های بیش ۱۵۰ متغیر، شامل: تاریخ و زمان تصادف، جنسیت راننده، شغل راننده، میزان تحصیلات، استفاده از مواد و مشروبات، سایر داروهایی که منجر به کم شدن حواس می‌شوند، استفاده از کمربند ایمنی، استفاده از وسایلی نظیر تلفن

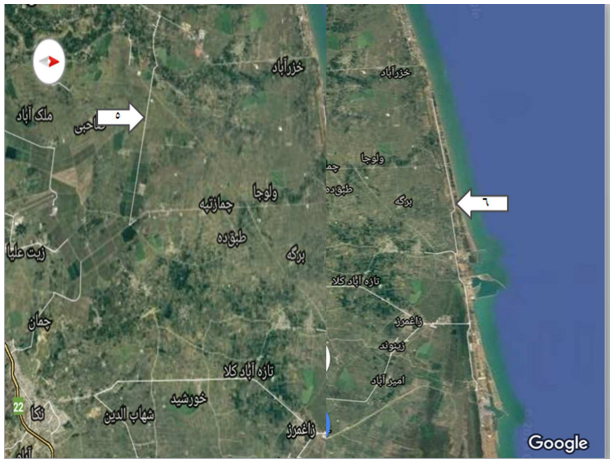
همراه و صحبت کردن، موزیک و غیره از جمله موارد تأثیرگذار هستند.[۱۴] هامدار[۱۳] (۲۰۱۲) به منظور مدل‌سازی رفتار طبیعی رانندگان وسایل نقلیه در مسیرهای اصلی درون‌شهری و برون‌شهری در آمریکا، اطلاعات مربوط به تصادف‌ها و اندرکنش خودرو با سایر خودروها و رفتار رانندگان در محل‌های مورد مطالعه را با استفاده از گزارش‌های جمع‌آوری شده در پایگاه اطلاعات پلیس تحلیل کرد و نتایج آن نشان‌گر تأثیر تغییرات کاهش شتاب ناگهانی، فاصله‌ی زمانی با خودروی مقابل، تغییر خط پی‌درپی مسیر حرکت خودرو در بیشتر تصادف‌ها و اندرکنش‌های به وجود آمده در مسیرهای مذکور بود.[۱۵] محمد عبدل‌اتی و هانی حسن (۲۰۱۳) نیز در پژوهشی در آمریکا، تأثیر مشخصه‌های رفتاری طبیعی و عملکردهای رانندگان نوجوان و جوان را در بروز تصادف‌ها از طریق طرح پرسش‌نامه بررسی کردند و نتایج تحلیل ۶۸۰ نمونه نشان داد که میزان تغییرات سرعت و همچنین تمایل به رانندگی با سرعت غیرمجاز در سنین مختلف متفاوت است. همچنین عامل دیرکردن برای حضور در مدرسه و یا محل کار، از مهم‌ترین عواملی است که منجر به افزایش تمایل رانندگی با سرعت غیرمجاز می‌شود.[۱۶] همچنین محمد عبدل‌اتی و هانی حسن[۱۴] (۲۰۱۱) به منظور مدل‌سازی رفتار طبیعی رانندگان در آمریکا، تحت شرایط کاهش روشنایی مسیر، اقدام به مطالعات واکنش رانندگان در مواقع ذکر شده کردند. هدف ایشان بررسی تأثیر عواملی، نظیر: میزان رضایت و عملکرد رانندگان و ارتباط آنها با شرایط هندسی و ترافیکی مسیر حین کاهش روشنایی مسیرها بود. سرعت مجاز متغیر، تابلوهای نشان‌دهنده‌ی پیام و همچنین حجم ترافیک و نوع مسیرها (آزادراه، بزرگراه، جاده‌های دوخطه) از جمله متغیرهای مورد نظر آنها بود. اطلاعات آماری از طریق توزیع پرسش‌نامه بین ۵۶۶ راننده در ایالت فلوریدا ثبت شد و برای دست‌یابی بهتر از تجزیه‌وتحلیل و مدل‌سازی معادلات ساختاری استفاده کردند و دریافتند که در شرایط روشنایی مختلف، میزان عملکرد و رضایت رانندگان نسبت به رعایت میزان سرعت مجاز مسیر و تابلوهای نشان دهنده‌ی پیام متفاوت بوده است. همچنین رانندگانی که تجربه‌ی رانندگی در جاده‌های ذکر شده در شرایط سخت نظیر رانندگی در مه شدید را داشته‌اند، به نسبت دیگران توانستند تعامل بیشتری را در خصوص انجام عملکرد مناسب با کاهش روشنایی مسیر داشته باشند.[۱۷] عبدالعزیز و الطیب[۱۵] (۲۰۱۳) در دبی، جهت بهبود ایمنی و کاهش تصادف‌ها به کمک مدل شبکه‌ی فازی، تصادف‌های صورت گرفته را با در نظرگرفتن پارامترهایی مثل سن و جنسیت رانندگان، مهارت راننده، نوع وسیله‌ی نقلیه، مصرف مشروبات الکلی و مواد مخدر، شرایط جوی و روشنایی مسیر و وضعیت روسازی مسیر بررسی کردند. اطلاعات مربوط به تصادف‌ها از طریق گزارش پایگاه تصادف‌ها جمع‌آوری شد و نتایج پژوهش بیان‌گر عدم کنترل کافی خودرو توسط راننده و وضعیت روسازی و تغییر خط پیاپی مسیر حرکت، عدم توجه راننده به وضعیت ترافیک حین حرکت خودرو و عدم حفظ فاصله‌ی کافی خودرو با وسایل نقلیه‌ی دیگر به عنوان عوامل اصلی به وجودآورنده‌ی تصادف‌ها بودند.[۱۸] حبیبوویچ[۱۶] و همکاران (۲۰۱۳) در کشور ژاپن با استفاده از روش دریم[۱۷] سعی کردند رفتار رانندگان در اندرکنش‌های خودرو - عابر را، که بر اساس عوامل مؤثر در بروز این رویدادها بودند، مطالعه کنند. ایشان با فیلم‌برداری از مسیر، اقدام به جمع‌آوری اطلاعاتی کردند که در بروز رویدادهای خودرو - عابر دخالت داشتند و با استفاده از فیلم‌های ضبط شده توسط ۵ دوربین با کیفیت بالا، که در درون کابین خودرو کار گذاشته بودند، پارامترهای موقعیت، شتاب، سرعت خودرو، رفتار راننده و موارد دیگر را بررسی کردند و ۹۰ رویداد خودرو - عابر را شناسایی کردند و دریافتند که در تقاطع‌ها، بیشتر رویدادها به دلیل عدم درک صحیح راننده از وضعیت موجود اتفاق افتاده است و عواملی مانند محدودیت دید و صحبت کردن و پرت بودن حواس راننده به مسائلی به غیر از عابران، از عمده‌ی پارامترهای مربوط به عدم درک صحیح وضعیت از سوی راننده می‌شد، در مسیرهایی غیر از تقاطع‌ها معمولاً رویدادها به دلیل رفتارهای غیرقابل پیش‌بینی عابران پیاده، مثل حرکت در عرض خیابان بدون توجه به حضور خودروها رخ می‌دادند.[۱۹] در پژوهشی دیگر، سعد[۱۸] و همکاران (۲۰۱۹) اقدام به بررسی رفتار طبیعی رانندگان در محل‌های اخذ عوارض آزادراهی در شهر فلوریدا کردند. عدم تصمیم‌گیری سریع در مکان‌های عوارضی، که می‌تواند منجر به گیج شدن راننده، تغییرات سرعت و مانورهای تغییر خط ناگهانی در مسیر شود، هر یک از عوامل مذکور در صورت عدم تعامل با جریان ترافیک مسیر می‌توانند پتانسیل وقوع تصادف‌ها را افزایش دهند.[۲۰ و ۲۱] لین[۱۹] و همکاران (۲۰۱۴)، با مطالعه‌ی اثر مشخص‌های مربوط به فیزیولوژی رفتار طبیعی راننده برای کنترل خودرو به هنگام بروز تصادف‌ها و به منظور توسعه با استفاده از سیستم‌های هوشمند، همانند: سیستم هشداردهنده، سیستم هشدار ایمنی راننده و سیستم کنترل خودرو در چین، به بررسی عملکرد رانندگان بر مبنای رفتارهای ناشی از خستگی، استرس و عجله، خواب‌آلودگی و عدم کنترل مناسب خودرو به کمک مدل شبکه‌ی عصبی پرداختند و پارامترهای خستگی و خواب‌آلودگی و عوامل به وجودآورنده‌ی رفتار و عملکرد نامناسب در زمان‌های پیش از تصادف‌ها، نوع کاربری جاده، شرایط ترافیکی و شرایط آب و هوایی به عنوان عوامل تأثیرگذار در رفتار راننده بودند.[۲۲]

۳. جمع‌آوری اطلاعات و روش پژوهش

۱.۳. حوزه‌ی مورد مطالعه

به دلیل این‌که جاده‌های برون‌شهری جدا نشده‌ی استان مازندران از لحاظ منظره و کاربری راه و عوامل دیگر با هم مشابه هستند، به همین دلیل حوزه‌ی مورد مطالعه جاده‌های برون‌شهری بهشهر، زاغمرز، نکا و ساری انتخاب شده است، که جاده‌های مذکور از لحاظ تصادف‌ها، آمار بالایی در بین شهرها دارند. در پژوهش حاضر، آمارگیری در جاده‌ها به طول ۲ تا ۵ کیلومتر و عرض کل خط ۶ تا ۷ متر در نظر گرفته شده است. در شکل‌های ۱ و ۲، پلان عکس هوایی مسیرهای انتخابی نشان داده شده است. مسیرهای انتخاب شده شامل: مسیر ۱ (جاده‌ی بهشهر منتهی به دانشگاه علم و صنعت و تالاب میانکاله)؛ مسیر ۲ (جاده‌ی بین حسین‌آباد منتهی به شهاب‌الدین نکا)؛ مسیر ۳ (جاده‌ی بین حسین‌آباد تا زاغمرز)؛ مسیر ۴ (جاده‌ی بین قره‌تپه منتهی به جاده‌ی سراسری بین بهشهر و رستمکلا)؛ مسیر ۵ (جاده‌ی بین

شکل ۱. موقعیت جاده‌های مورد مطالعه.



شکل ۲. موقعیت جاده‌های مورد مطالعه.

(ب) (الف)

شکل ۳. محل نصب دوربین‌ها در وسیله‌ی نقلیه.

الف) شرایط آب و هوایی آفتابی؛

ب) شرایط آب و هوایی غروب یا شب؛

ج) شرایط آب و هوایی بارانی.

شکل ۴. شرایط آب و هوایی.

گوهر باران نکا منتهی به فرح‌آباد ساری (پمپه چوله))؛ و مسیر ۶ (جاده‌ی بندر امیرآباد زاغمرز به خزرآباد ساری) بوده است.

۲.۳. جمع‌آوری داده‌ها

با توجه به موضوع پژوهش برای جمع‌آوری داده‌ها و بررسی رفتار طبیعی رانندگان در زمان سبقت‌گیری، نیاز به ضبط تصاویر مسیر جلوی وسیله‌ی نقلیه‌ی سبقت‌گیرنده، صورت راننده‌ی سبقت‌گیرنده و کیلومترشمار وسیله‌ی نقلیه‌ی سبقت‌گیرنده در هنگام رانندگی در لحظه‌ی سبقت‌گیری وجود داشته است. بر این اساس همان طوری که در شکل ۳ـالف مشاهده می‌شود، از یک دوربین سه لنز به نحوی دو دوربین در جلوی خودرو با کیفیت واقعی FULL HD۱۰۸۰P، لنز ۵ مگاپیکسلی و زاویه‌ی دید ۱۷۰ درجه‌ی سطح وسیعی از مقابل اتومبیل را پوشش می‌دهد، به طوری که تصاویر مربوط به جلوی وسیله‌ی نقلیه و صورت راننده را ضبط می‌کنند، استفاده شده است.

دوربین دیگر در شکل ۳ـب با کیفیت Full HD ۷۲۰P، لنز ۳ مگاپیکسل بوده است، که برای ثبت سرعت وسیله‌ی نقلیه‌ی سبقت‌گیرنده، در بالای کیلومترشمار وسیله‌ی نقلیه‌ی سبقت‌گیرنده نصب شده است. برای جمع‌آوری داده‌ها، علاوه بر دوربین‌های ذکر شده از یک نفر جهت ثبت مشخصات راننده و متغیرهایی مانند خرابی جاده و . . .، که با استفاده از دوربین قابل مشاهده نبود، استفاده شده است.

در پژوهش حاضر، ۳۰ راننده (۲۶ مرد و ۴ زن با محدوده‌ی سنی ۱۶ تا ۴۵ سال) با مدارک تحصیلی و شغل‌های مختلف جهت سبقت‌گیری شرکت کرده‌اند. بدین صورت که ابتدا به راننده‌ی مورد نظر آموزش لازم داده شده و سپس عمل سبقت‌گیری صورت گرفته است. همچنین در پژوهش حاضر، ضبط تصاویر مربوط به سبقت‌گیری، در ساعت‌های متفاوت از روزهای مختلف هفته در اسفند ماه سال ۱۳۹۷ انجام شده و لازم به ذکر است که با توجه به شکل ۴ الف، ب و ج، شرایط آب و هوایی نیز در مدت زمان ثبت داده‌های مربوط به سبقت‌گیری متفاوت بوده است.

۳.۳. استخراج داده‌ها

بعد از ضبط تصاویر مربوط به سبقت‌گیری‌ها، استخراج داده‌های مربوط به متغیرهای پژوهش انجام شد. استخراج داده‌ها به این صورت بود که در ابتدا تصاویر مربوط به هر سه دوربین نصب شده در وسیله‌ی نقلیه‌ی سبقت‌گیرنده با نرم‌افزار Ulead Studio Video به یک فیلم تبدیل شد، به طوری که هر ۳ تصویر گرفته شده از جلوی وسیله‌ی نقلیه، داخل وسیله‌ی نقلیه و کیلومترشمار به صورت هم‌زمان نمایش داده می‌شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار اخیر و با فریم به فریم کردن تصاویر مرتبط، داده‌های مورد نظر با دقت بالایی استخراج شدند. با بررسی رانندگی شرکت‌کنندگان و استخراج داده‌ها از فیلم‌های دوربین، ۳۲۷ اندرکنش بین خودرو - خودرو ثبت شده است. داده‌های استخراج شده به صورت کدهای عددی در نظر گرفته شده برای هر متغیر به صورت کمّی پیوسته در نرم‌افزار اکسل گردآوری شده است. در شکل ۵، یک نمونه تصاویر هم‌زمان مربوط به سبقت‌گیری در نرم‌افزار Ulead Studio Video مشاهده می‌شود.

جدول ۱. فهرست متغیرهای مورد بررسی.

متغیر اسمی	کدگذاری		متغیر اسمی	کدگذاری
	بله	خیر		
دید کافی	۱	۰	وضعیت آب و هوا	آفتابی (۲)، ابری (۱)، بارانی (۰)
مشکل بینایی راننده	۱	۰	نوع کاربری	کشاورزی (۰)، مسکونی (۱)، آموزشی (۲)
گوش کردن به موزیک	۱	۰	زمان رانندگی	غروب یا شب (۰)، ظهر یا بعدازظهر (۱)، صبح (۲)
صحبت کردن راننده	۱	۰	وضعیت روسازی جاده	بد (۰)، خوب (۱)
وجود عابر در مسیر	۱	۰	نوع مسیر	وجود جاده‌ی دسترسی (۰)، عدم وجود دسترسی (۱)
وجود شانه	۱	۰	جنسیت	مرد (۱)، زن (۰)
وجود خودروی جلویی	۱	۰	شغل راننده	آزاد (۱)، کارمند (۰)
آشنا بودن به مسیر	۱	۰	وضعیت تأهل راننده	مجرد (۱)، متأهل (۰)
نوع خودروی رو به رویی	۱	۰	نوع خودروی جلویی	پژو (۱)، پراید (۲)، نیسان ـ مزدا (۳)، کامیون (۴)
			نوع خودروی سبقت‌گیرنده	خودروی وارداتی (۵)، موتورسیکلت (۶)

متغیر کمی	کدگذاری	متغیر ترتیبی	کدگذاری
فاصله از خودروی جلویی	پیوسته	نوع گواهینامه	پایه سه (۰) پایه دو (۱) پایه‌ی یک (۲)
سرعت خودروی جلویی		تحصیلات راننده	فوق دیپلم و دیپلم (۰) لیسانس (۱) فوق لیسانس (۲)
سرعت قبل از سبقت			
سرعت حین سبقت			
سرعت بعد از سبقت			
مدت زمان سبقت			
فاصله‌ی زمانی تا خودروی روبه‌رویی			
فاصله‌ی زمانی بین دو خودروی روبه‌رویی			
حجم ترافیک			
طول خط سبقت			
سن راننده			
سابقه‌ی رانندگی			

شکل ۵. تصاویر هم‌زمان شده‌ی دوربین‌های نصب شده در نرم‌افزار Ulead Studio Video.

۴.۳. متغیرهای مورد بررسی

در پژوهش حاضر، طبق مطالعات پیشین صورت گرفته، پارامترهای اساسی تأثیرگذار در رفتار رانندگان وسایل نقلیه و اتخاذ تصمیم‌گیری برای انجام عمل سبقت‌گیری در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به متغیرهای تعریف شده برای ثبت پارامترهایی، مانند سرعت خودروی جلویی، ابتدا وسیله‌ی نقلیه‌ی سبقت‌گیرنده به مدت چند ثانیه در عقب وسیله‌ی نقلیه‌ی سبقت گرفته شده به فاصله‌ی معینی حرکت کرده و بعد از ثابت شدن سرعت و فاصله‌ی بین دو خودرو، سرعت ثابت شده به عنوان سرعت وسیله‌ی نقلیه‌ی جلویی در نظر گرفته شده است. همچنین برای به دست آوردن فاصله‌ی مکانی خودروی سبقت‌گیرنده از خودروی جلویی، که در مسیر حرکت موافق بود، ابتدا به روشی که در قبل ذکر شده است، سرعت ثابت وسیله‌ی نقلیه‌ی جلویی به دست آمد، سپس یک نقطه از جاده در فیلم ضبط شده تعیین شد؛ و در انتها، اختلاف زمانی عبور بین دو خودرو از آن مشخص و با استفاده از روابط ریاضی، فاصله‌ی مکانی به دست آورده شد.

۵.۳. مدل پژوهش

در پژوهش حاضر، با توجه به مطالعات پیشین سعی بر آن بوده است که با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک در نرم‌افزار آماری SPSS، رفتار طبیعی رانندگان وسایل نقلیه به هنگام سبقت‌گیری در جاده‌های جدا نشده مدل‌سازی شود.

۱.۵.۳. رگرسیون لجستیک دو وجهی

رگرسیون لجستیک دو وجهی، یک مدل آماری برای متغیرهای هدف دوسویی است. در تحلیل رگرسیون، روش لجستیک اسمی دو وجهی موقعی استفاده می‌شود که

جدول ۲. مقایسه‌ی بین مدل‌های به دست آمده از روش‌های مختلف.

نوع روش	سطح معنی‌داری	تعداد متغیر	مربع آر ناگلکرک	مربع آر کاکس ـ اسنل	درصد پیش‌بینی صحیح
هم‌زمان	۰/۰۰۰	۸	۰/۷۲۹	۰/۵۱۶	۸۹/۸
پیشرو	۰/۰۰۰	۷	۰/۶۵۲	۰/۴۶۲	۸۶/۸
پس‌رو	۰/۰۰۰	۶	۰/۷	۰/۴۹۳	۸۸/۶

متغیر وابسته در سطح اسمی دو وجهی (دو شقّی) باشد، یعنی زمانی که متغیر از نوع وابسته‌ی اسمی دو وجهی بوده و قرار است که وجود یا عدم وجود یک صفت بر اساس مجموعه‌یی از متغیرهای مستقل پیش‌بینی شود. در مطالعه‌ی حاضر، بعد از جمع‌آوری داده‌های مرتبط، که از ویدیوگرافی به دست آمده‌اند، به بررسی تحلیل آماری رفتار رانندگان در هنگام سبقت‌گیری در جاده‌های دو طرفه به صورت تحلیل توصیفی پرداخته شد. بدین منظور، با استفاده از مدل لاجیت دوگانه، تأثیر متغیرهای در نظرگرفته شده در سبقت گرفتن یا سبقت نگرفتن رانندگان بررسی شده است.

۲.۵.۳. تحلیل توصیفی

در پژوهش حاضر، با توجه انجام رفتار طبیعی و تصمیم‌گیری راننده، ۳۲۷ نمونه اندرکنش ثبت شد، که در ۱۰۰ نمونه‌ی آن با توجه به سرعت وسایل نقلیه‌ی جلویی و روبه‌رویی رانندگان، فاصله‌ی مکانی و زمانی مناسب نبوده و عمل سبقت‌گیری انجام نشده است. همچنین در ۲۲۷ نمونه‌ی دیگر اندرکنش، رانندگان با توجه به شرایط موجود در محیط، به انجام عمل سبقت‌گیری پرداختند. همچنین لازم به ذکر است که برای تحلیل توصیفی متغیرهای محیطی، نظیر: کیفیت روسازی جاده، گوش کردن به موزیک، صحبت یا صحبت نکردن راننده، نوع خودروی جلویی سبقت‌گیرنده و سبقت گرفته شده و ...، اطلاعات مربوط به متغیرهای مذکور با ثبت آنها توسط نفر دیگری که همراه با راننده در وسیله‌ی نقلیه در زمان رانندگی حضور دارد و همچنین با استفاده از نرم‌افزار ویرایش فیلم Ulead Studio Video، برای هر سبقت‌گیری به دست آمده است. به عنوان مثال، برای پارامتر گوش کردن به موزیک، که به عنوان متغیر محیطی در نظرگرفته شده است، با توجه به بررسی توصیفی نشان داده شده است که در ۲۱۸ مورد، رانندگان در زمان رانندگی به موزیک گوش نداده‌اند، ولی در ۱۰۹ مورد گوش داده‌اند.

۳.۵.۳. آزمون‌های همبستگی

برای تعیین آزمون مورد استفاده جهت تعیین شدت رابطه بین دو متغیر مستقل، ابتدا نوع متغیر مستقل از لحاظ اسمی، کمّی و رتبه‌یی تعیین شد. سپس با استفاده از آزمون‌های: وی کرامر (برای تعیین شدت رابطه بین دو متغیر مستقل از نوع اسمی - ترتیبی و اسمی - اسمی)، پیرسون (برای تعیین شدت رابطه بین دو متغیر از نوع کمّی - کمّی)، اسپیرمن (برای تعیین شدت رابطه بین دو متغیر از نوع ترتیبی - ترتیبی و کمّی - ترتیبی) و اِتا (بین دو متغیر مستقل از نوع اسمی - کمّی)، متغیرهایی که وابستگی کمتر با متغیر هدف داشتند و سطح معناداری آنها $sig > ۰/۰۵$ بود، از مدل حذف شدند. به عنوان مثال، متغیر وضعیت آب و هوا به دلیل وابستگی کمتر با متغیر هدف و داشتن سطح معناداری $sig > ۰/۰۵$، از مدل حذف شد.

۴.۵.۳. روند مدل‌سازی لاجیت دوگانه

بعد از تعیین جفت متغیرهای دارای رابطه و حذف متغیرهای دارای رابطه‌ی کمتر با متغیر وابسته، به مدل‌سازی با متغیر باقی‌مانده پرداخته شده است. برای مدل‌سازی از سه روش هم‌زمان، پیشرو[20] و پسرو[21] استفاده شده و سپس توسط آزمون اُمنیبوس[22]، که به ارزیابی کل مدل لاجیت می‌پردازد، بررسی صورت گرفته و در آخر از روش‌های مربع آر ناگلکرک[23] و مربع آرکاکس - اسنل[24]، که معیار خوبی برازش مدل هستند، استفاده شده است.

۴. تحلیل نتایج

۱.۴. مقایسه‌ی مدل‌ها

بعد از آماده‌سازی داده‌ها، با استفاده از سه روش هم‌زمان، پیشرو، و پسرو مدل‌سازی صورت گرفته است. بعد از انجام مدل‌سازی، به بررسی و مقایسه مدل‌های به دست آمده پرداخته و مدل مناسب‌تر انتخاب شده است. در این راستا، ابتدا به مقایسه‌ی مقدار اُمنیبوس، که مناسب بودن کلی مدل لجستیک را بررسی می‌کند، پرداخته شده است. این مقدار با توجه به جدول ۲ برای هر سه روش صفر بوده است، که مناسب بودن مدل برای داده‌ها در پژوهش حاضر با سه روش ذکر شده را نشان می‌دهد. مربع ناگلکرک، دومین معیار برای ارزیابی مدل است که مطابق با جدول ۲، مدل به روش هم‌زمان، بیشترین مقدار را دارد، که می‌تواند تغییرات متغیر وابسته را بهتر توضیح می‌دهد. مقدار ناگلکرک در روش هم‌زمان ۰/۷۲۹ بوده است، که هر چه به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، قدرت مدل نیز بیشتر است. بررسی تعداد متغیرهای به دست آمده نیز نشان داد که مدل به روش هم‌زمان، تعداد متغیرهای بیشتری نسبت به دو روش پیشرو و پسرو در متغیر وابسته تأثیرگذار است. همچنین در روش هم‌زمان، دقت پیش‌بینی مدل نسبت به روش‌های پیشرو و پسرو بیشتر بوده و پیش‌بینی به دست آمده، دقت بیشتری داشته است. با بررسی سه روش ذکر شده مشخص شد که مدل به دست آمده با روش هم‌زمان نسبت به دو مدل دیگر مناسب‌تر است، که بر این اساس، نتایج مدل هم‌زمان به عنوان نتایج مدل نهایی انتخاب شده است. بعد از مشخص شدن مدل مناسب بین سه روش ذکر شده، در جدول ۳، متغیرهای مؤثر در اقدام به سبقت گرفتن توسط راننده و ضرایب به دست آمده از مدل نهایی ارائه شده است.

در رابطه‌ی ۱، مدل نهایی در پژوهش حاضر نشان داده شده است:

$$P_۱ = \frac{۱}{۱ + e^{P_۲ - P_۱}} = \frac{۱}{۱ + e^{-\Delta u}} \quad (۱)$$

که در آن، $P_۱$ احتمال سبقت‌گرفتن راننده و $P_۲$ احتمال عدم اقدام به سبقت‌گیری است؛ که احتمال $P_۲$ را از رابطه‌ی ۲ به دست می‌آید و Δu تابع مطلوبیت است:

$$P_۲ = ۱ - P_۱ \quad (۲)$$

رابطه‌ی نهایی با توجه به جدول ۴ در رابطه‌ی ۳ ارائه شده است:

$$\begin{aligned}\Delta u = & -۵/۳۹۹ + ۱/۰۷۸X_۱ \\ & -۰/۰۹X_۲ - ۰/۰۷۱X_۳ \\ & -۱/۰۲۵X_۴ - ۲/۵۴۶X_۵ \\ & -۱/۹۱۷X_۶ + ۱/۷۸۴X_۷ + ۲/۴۶۵X_۸ \end{aligned} \quad (۳)$$

جدول ۳. متغیرهای مؤثر و ضرایب به دست آمده از مدل نهایی.

	متغیرهای معنی‌دار	ضریب برآورد β	انحراف معیار استاندارد $S.E$	آزمون آماره wald	ضریب معناداری sig.	نسبت احتمال $EXP(B)$
x۱	فاصله‌ی زمانی با خودروی روبه‌رویی	۱٫۰۷۸	۰٫۱۶۱	۴۴٫۸۹۶	۰	۲٫۹۳
x۲	فاصله‌ی مکانی از خودروی جلویی	-۰٫۰۹	۰٫۰۴۷	۳٫۶۶۹	۰٫۰۵	۰٫۹۱۴
x۳	سرعت خودروی جلویی	-۰٫۰۷۱	۰٫۰۲۱	۱۱٫۴۴۷	۰٫۰۰۱	۰٫۹۳۲
x۴	وضعیت روسازی جاده	-۱٫۰۲۵	۰٫۵۱۴	۳٫۹۷۶	۰٫۰۴۶	۰٫۳۵۹
x۵	کاربری زمین از نوع آموزشی	-۲٫۵۴۶	۱٫۰۴۳	۵٫۹۶	۰٫۰۱۵	۰٫۰۷۸
x۶	صحبت کردن راننده	-۱٫۹۱۷	۰٫۶۱۳	۷٫۷۹۸	۰٫۰۰۲	۰٫۱۴۷
x۷	گوش کردن به موزیک	۱٫۷۸۴	۰٫۷۳۳	۵٫۹۳۸	۰٫۰۱۵	۵٫۹۴۵
x۸	جنسیت راننده	۲٫۴۶۵	۱٫۳۱۳	۳٫۵۲۸	۰٫۰۵	۱۱٫۷۶۹
	ثابت	-۵٫۳۹۹	۲٫۴۳۵	۴٫۹۱۵	۰٫۰۲۷	۰٫۰۰۵

جدول ۴. متغیرهای مؤثر و ضرایب به دست آمده از مدل نهایی.

	متغیرهای معنی‌دار	ضریب برآورد β	انحراف معیار استاندارد $S.E$	آزمون آماره wald	ضریب معناداری sig.	نسبت احتمال $EXP(B)$
x۱	فاصله‌ی زمانی با خودروی روبه‌رویی	۱٫۰۷۸	۰٫۱۶۱	۴۴٫۸۹۶	۰	۲٫۹۳
x۲	فاصله‌ی مکانی از خودروی جلویی	-۰٫۰۹	۰٫۰۴۷	۳٫۶۶۹	۰٫۰۵	۰٫۹۱۴
x۳	سرعت خودروی جلویی	-۰٫۰۷۱	۰٫۰۲۱	۱۱٫۴۴۷	۰٫۰۰۱	۰٫۹۳۲
x۴	وضعیت روسازی جاده	-۱٫۰۲۵	۰٫۵۱۴	۳٫۹۷۶	۰٫۰۴۶	۰٫۳۵۹
x۵	کاربری زمین از نوع آموزشی	-۲٫۵۴۶	۱٫۰۴۳	۵٫۹۶	۰٫۰۱۵	۰٫۰۷۸
x۶	صحبت کردن راننده	-۱٫۹۱۷	۰٫۶۱۳	۷٫۷۹۸	۰٫۰۰۲	۰٫۱۴۷
x۷	گوش کردن به موزیک	۱٫۷۸۴	۰٫۷۳۳	۵٫۹۳۸	۰٫۰۱۵	۵٫۹۴۵
x۸	جنسیت راننده	۲٫۴۶۵	۱٫۳۱۳	۳٫۵۲۸	۰٫۰۵	۱۱٫۷۶۹
	ثابت	-۵٫۳۹۹	۲٫۴۳۵	۴٫۹۱۵	۰٫۰۲۷	۰٫۰۰۵

۲.۴. تحلیل نتایج از مدل نهایی

نتایج حاصل از مدل نهایی نشان می‌دهند که متغیرهای فاصله‌ی زمانی با خودروی روبه‌رویی، فاصله‌ی مکانی از خودروی جلویی، سرعت خودروی جلویی، وضعیت روسازی جاده، کاربری زمین از نوع آموزشی، صحبت کردن با راننده، گوش کردن موزیک در هنگام رانندگی و جنسیت راننده مطابق با جدول ۴، سطح معناداری کوچک‌تر از ۵٪ داشته و ۹۵٪ در احتمال اقدام به سبقت‌گیری، تأثیرگذار هستند. با توجه به این‌که نسبت احتمال از به توان رساندن e به ضرایب هر یک از متغیرهای مستقل (B) به دست می‌آید، می‌توان میزان تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل معنی‌دار را در متغیر وابسته محاسبه کرد. بر این اساس، در ادامه میزان تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل در احتمال سبقت گرفتن توضیح داده شده است:

- **متغیر جنسیت**، یکی از متغیرهای تأثیرگذار در متغیر وابسته است، که بیشترین تأثیر را در افزایش احتمال سبقت گرفتن راننده نسبت به عدم سبقت‌گیری از سوی راننده را داشته است. رانندگان مرد نسبت به زنان، احتمال سبقت گرفتن را نسبت به عدم سبقت‌گیری از سوی راننده، ۱۱٫۷۶۹ برابر افزایش داده‌اند. این آمار نشان از ریسک بالای مردان نسبت به زنان دارد، به طوری که در بررسی‌های انجام گرفته در شرایط یکسان برای سبقت‌گیری، رانندگان زن کمتر اقدام به سبقت‌گیری کرده‌اند. همچنین می‌توان علت چنین رفتار رانندگان مرد را قدرت تجزیه‌وتحلیل ترافیکی بهتر آنها نسبت به زنان دانست.
- **گوش کردن به موزیک در زمان رانندگی**، یکی دیگر از متغیر تأثیرگذار در سبقت‌گیری رانندگان بوده است. این متغیر، احتمال سبقت‌گیری رانندگان نسبت به عدم سبقت‌گیری را ۵٫۹۵۴ برابر افزایش می‌دهد. لذا دلیل افزایش احتمال سبقت گرفتن رانندگان در چنین شرایطی را می‌توان افزایش هیجان رانندگان، که منجر به افزایش تمایل آنها به انجام کارها با ریسک بیشتر می‌شود، دانست.
- **فاصله‌ی زمانی با خودروی روبه‌رویی** عامل دیگری است که بیشترین تأثیر را در سبقت‌گیری رانندگان داشته است. با افزایش مقدار متغیر ذکر شده، احتمال سبقت‌گیری رانندگان نسبت به عدم سبقت‌گیری ۲٫۹۳۸ برابر افزایش پیدا کرده است. این نتیجه را می‌توان یک امر بدیهی دانست، به دلیل این‌که راننده با افزایش فاصله‌ی زمانی با خودروی روبه‌رویی، زمان، فاصله‌ی مکانی و طول خط سبقت بیشتری برای سبقت‌گیری در اختیار دارد.
- **سرعت خودروی جلویی** یکی دیگر از متغیرهای مؤثر در سبقت‌گیری رانندگان است. به طوری که با افزایش سرعت، احتمال سبقت‌گیری رانندگان به ۰٫۹۲۸ برابر نسبت به عدم سبقت‌گیری کاهش یافته است. به عبارتی دیگر، با افزایش سرعت خودروی جلویی، احتمال سبقت نگرفتن رانندگان نسبت به سبقت گرفتن آنها، ۱٫۰۸۴ برابر افزایش یافته است. از کاهش احتمال سبقت‌گیری رانندگان می‌توان دریافت که با افزایش سرعت خودروی جلویی، راننده نیاز به طول خط سبقت بیشتری دارد و با افزایش طول خط سبقت، راننده به مدت زمان و سرعت بیشتری

نیاز دارد تا از خودروی جلویی سبقت گیرد، که با وجود خودروی روبه‌رویی در خط مخالف و افزایش مدت زمان سبقت‌گیری و طول خط سبقت، رانندگان تمایل به سبقت‌گیری در چنین شرایطی را ندارند

- **فاصله‌ی مکانی با خودروی جلویی**، از عوامل دیگری است که در سبقت‌گیری رانندگان مؤثر شناخته شده است. این عامل احتمال سبقت گرفتن رانندگان را ۰٫۹۱۴ برابر نسبت به عدم سبقت‌گیری کاهش داده است. به عبارتی دیگر، با افزایش فاصله‌ی مکانی با خودروی جلویی، احتمال سبقت نگرفتن رانندگان نسبت به سبقت گرفتن ۱٫۰۹۴ برابر افزایش یافته است. با افزایش متغیر مذکور نیز طول خط سبقت افزایش یافته و راننده نیاز به زمان بیشتری برای سبقت‌گیری داشته است، که این امر احتمال سبقت‌گیری را کاهش می‌دهد.
- **وضعیت روسازی جاده**، متغیر دیگری است که احتمال سبقت گرفتن رانندگان را کاهش می‌دهد. به عبارتی دیگر، روسازی جاده در وضعیت نامناسب و خراب، احتمال سبقت نگرفتن رانندگان را ۳٫۸۶۱ برابر افزایش داده است. به علت این که راننده در وضعیت نامناسب جاده، سرعت خودرو را کاهش داده و با کاهش سرعت، مقدار مدت زمان سبقت از فاصله‌ی زمانی با خودروی روبه‌رویی کمتر شده و راننده کمتر تمایل به سبقت‌گیری در این شرایط داشته است.
- **صحبت کردن راننده در زمان تصمیم‌گیری به سبقت گرفتن از خودروی جلویی** یکی دیگر از متغیرهای تأثیرگذار در متغیر وابسته در پژوهش حاضر است. عامل ذکر شده، احتمال سبقت نگرفتن رانندگان را نسبت به سبقت گرفتن، ۶٫۸۰۲ برابر افزایش داده است. افزایش احتمال سبقت نگرفتن رانندگان در این شرایط را می‌توان در این امر دانست که صحبت کردن راننده با فرد دیگر در زمانی که تصمیم به سبقت‌گیری دارد، منجر به کاهش تمرکز راننده و قدرت تجزیه‌وتحلیل ترافیکی آنان می‌شود. این امر باعث می‌شود که راننده، فاصله‌ی زمانی و مکانی خودروی خود را با خودروی جلویی و روبه‌رویی به خوبی تشخیص ندهد و با نامناسب دانستن شرایط، اقدام به سبقت‌گیری نکند؛ ولی بررسی‌های آماری در پژوهش حاضر نشان داده است که در شرایط برابر، رانندگانی که هنگام سبقت‌گیری مشغول صحبت نبوده‌اند، فاصله‌ی زمانی و مکانی را مناسب دانسته و عمل سبقت‌گیری را انجام داده‌اند.
- **کاربری جاده از نوع آموزشی**، مهم‌ترین عامل در عدم سبقت‌گیری رانندگان در پژوهش حاضر است. کاربری جاده از نوع آموزشی در محلی که سبقت‌گیری انجام شده است، میزان سبقت‌گیری رانندگان را در زمان تصمیم به سبقت‌گیری به میزان ۰٫۰۷۸ برابر کاهش داده است. به عبارتی دیگر، احتمال سبقت نگرفتن راننده در این مناطق ۱۲٫۸۲ برابر نسبت به سبقت گرفتن افزایش یافته است. دلیل این امر را می‌توان در افزایش عبور عابران از عرض جاده و افزایش ترافیکی و همچنین کاهش سرعت مجاز در مناطق مذکور دانست.

۳.۴. مقایسه‌ی نتایج به دست آمده با نتایج مطالعات پیشین

مدل‌سازی رفتار طبیعی رانندگی به هنگام سبقت‌گیری در جاده‌های برون‌شهری جدا نشده با توجه به متغیرهای صورت گرفته از مدل لاجیت دوگانه استفاده شده است. در بخش کنونی، به تحلیل نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های پیشین پرداخته شده است:

- رانندگان مرد باعث افزایش احتمال سبقت‌گیری می‌شوند، مطابق مطالعات کارلوس ال لورکا و همکاران (۲۰۱۳)[۱] و هانن فاره (۲۰۱۱)،[۲] همچنین پژوهش‌های فاره و همکاران (۲۰۱۰)،[۵] رادوان و همکاران (۲۰۰۷)،[۳] رانندگان مرد با ایجاد عملکردهای خطرناک، احتمال سبقت‌گیری را افزایش می‌دهند.
- با افزایش فاصله‌ی زمانی با خودروی روبه‌رویی، با توجه به پژوهش‌های آسیتامبی و شعراوانی (۲۰۱۷)،[۴] کاشانی و همکاران (۲۰۱۵)[۹] و هامدار (۲۰۱۲)،[۱۵] احتمال سبقت‌گیری افزایش یافته است.
- پارامتر گوش کردن به موزیک در زمان رانندگی، مطابق با مطالعه‌ی سانیر و مورجی(۲۰۱۱)،[۱۱] یکی از عوامل باعث افزایش احتمال سبقت گرفتن رانندگان در زمان تصمیم به فرایند سبقت‌گیری است.
- مطابق با مطالعات سیتی (۲۰۰۵)،[۶] با افزایش سرعت خودروی جلویی، احتمال سبقت رانندگان نیز در زمان اقدام به رانندگی کاهش می‌یابد.
- همچنین در پژوهش‌های شبیب و هامامده(۲۰۰۵)،[۷] فاره و همکاران (۲۰۱۹)[۸] و فریرا و همکاران (۲۰۱۸)،[۱۰] افزایش فاصله‌ی مکانی با خودروی جلویی، احتمال سبقت‌گیری رانندگان را کاهش می‌دهد و باعث بروز تصادفات می‌شود.
- مشابه پژوهش رانگرا و همکاران(۲۰۱۱)[۱۴] و حبیویچ و همکاران (۲۰۱۳)،[۱۹] صحبت کردن راننده در زمان رانندگی منجر به کاهش احتمال سبقت گرفتن می‌شود.
- با توجه به مطالعه‌ی عبدالعزیز و الطیب (۲۰۱۳)،[۱۸] وضعیت روسازی جاده باعث کاهش احتمال سبقت گرفتن راننده و همچنین کاهش ایمنی جاده و باعث بروز تصادفات می‌شود.
- کاربری جاده در محل احتمال سبقت گرفتن راننده را کاهش می‌دهد، که این عامل در راستای مطالعات هانن فاره و تولید و (۲۰۱۰)[۵] و لین و همکاران (۲۰۱۴)،[۲۲] قرار دارد.

۵. نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین عوامل در ایمنی جاده‌های جدا نشده، فرایند سبقت‌گیری است، که اگر این فرایند به درستی صورت نگیرد، منجر به تصادف‌های با شدت بالا یا منحرف شدن خودروها از مسیر می‌شوند. بر همین اساس، در پژوهش حاضر به آنالیز و بررسی عوامل مؤثر در سبقت‌گیری رانندگان در جاده‌های جدا نشده پرداخته شده است.

در پژوهش حاضر، ابتدا محل‌های مورد مطالعه با توجه به عنوان پژوهش انتخاب شد و سپس بعد از مشخص شدن جاده‌ی مورد نظر به عنوان محل مورد مطالعه، به جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز پرداخته شده است. برای جمع‌آوری اطلاعات از دو دوربین با کیفیت بالا، که از یک دوربین دو جهته برای تصویربرداری از جلو و داخل خودرو و از دوربین دیگر برای ثبت سرعت خودروی سبقت گیرنده و خودروی جلویی استفاده شده است. در مرحله‌ی بعد، ۳۰ شرکت‌کننده با جنسیت مختلف برای انجام فرایند سبقت‌گیری به کار گرفته شدند که در پژوهش حاضر، ۳۲۷ مورد اقدام به سبقت‌گیری توسط رانندگان در ساعت‌های مختلف از روز و شرایط آب‌وهوایی متفاوت انجام شده است (همچنین لازم به ذکر است که با توجه به مرور ادبیات و مطالعه‌ی میدانی صورت گرفته، تعداد نمونه‌ی شرکت‌کننده برای انجام مدل‌سازی، نتیجه درست بوده و کفایت کرده است) و پس از انجام کامل تصویربرداری از فرایند سبقت‌گیری رانندگان، داده‌های مربوط به ۳۳ متغیر تعیین شده برای بررسی استخراج شده‌اند. برای انجام این کار، از نرم‌افزار ویرایش فیلم Ulead Studio Video

جهت فریم کردن تصاویر و هم‌زمان کردن سه تصویر گرفته شده (از خارج، داخل و کیلومترشمار خودرو) و به دست آوردن داده‌ها با دقت بالا استفاده شده است. در مرحله‌ی بعد، داده‌ها برای متغیرهای مورد نظر در هر نمونه از اقدام به سبقت‌گیری در نرم‌افزار اکسل با کدهای عددی برای مدل‌سازی در نرم‌افزار SPSS ثبت شده است، که نهایتاً در پژوهش حاضر با توجه به دو وجهی بودن متغیر وابسته که سبقت گرفتن یا سبقت نگرفتن راننده است، از مدل لاجیت دوگانه استفاده شده است. با توجه به مدل مورد نظر، قبل از انجام مدل‌سازی داده‌ها، آزمون‌های همبستگی بین متغیرهای مستقل انجام شده و بعد از بررسی وابستگی بین متغیرها، مدل‌سازی با سه روش هم‌زمان، پیشرو و پسرو صورت گرفت، سپس هر سه مدل ارزیابی شدند و مدل با روش هم‌زمان به عنوان مدل بهینه انتخاب شد. ارزیابی مدل انتخاب شده، مناسب بودن مدل برای داده‌های جمع‌آوری شده را نشان داد. نتایج مدل به دست آمده نشان می‌دهد که رانندگان مرد، فاصله‌ی زمانی با خودروی روبه‌رویی و گوش کردن موزیک در هنگام رانندگی باعث افزایش احتمال سبقت گرفتن رانندگان نسبت به عدم سبقت‌گیری آنها در زمان تصمیم‌گیری برای سبقت گرفتن می‌شود. همچنین نتایج نشان داده است که متغیرهای سرعت خودروی جلویی، فاصله‌ی مکانی با خودروی جلویی، وضعیت بد روسازی جاده، صحبت کردن راننده و کاربری زمین کنار جاده از نوع آموزشی باعث کاهش احتمال سبقت گرفتن می‌شوند. با توجه به پژوهش حاضر می‌توان با استفاده از دوربین‌های کنترل سرعت و سرعت‌گیرها و علائم نوشتاری هشداری بر روی سطح جاده و تابلوهای هشداردهنده، باعث اجرای طرح پیشنهادی و ارتقاء ایمنی جاده‌های جداشونده شد.

پانوشت‌ها

1. Carlos Llorca
2. Haneen Farah
3. Radwan
4. Asaithambi & Shravani
5. Farah & Toledo
6. Sitti
7. Shbeeb & Hamamdeh
8. Kashani
9. Ferreira
10. Hung
11. Saunier & Mourji
12. Rungra
13. Hamdar
14. Muhammad Abdel-Aty and Hani Hassan
15. Abdel Aziz & A.el-Tayeb
16. Habibovich
17. DREAM
18. Saad
19. Lin
20. forward
21. backward
22. Omnibus
23. Nagelkerke R- Square
24. Cox - Snell R-Square

منابع (References)

1. Llorca, C., Garcia, A., Tsui Moreno, A. and et al. "Influence of age gender and delay on overtaking dynamics", *IET Intell. Transp. Syst.*, **7**(2), pp. 174-181 (2013).
2. Farah, H. "Age and gender differences in overtaking maneuvers on two-lane rural highways", *Transportation Research Record*, **2011**(1), pp. 30-36 (2011).
3. Radwan, E., Yan, X. and Guo, D. "Effects of major- road vehicle speed and driver age and gender on left-turn gap acceptance", *Accident Analysis and Prevention*, **39**(4), pp. 843-852 (2007).
4. Asaithambi, G. and Shravani, G. "Overtaking behaviour of vehicles on undivided roads in non-lane based mixed traffic conditions", *J. Traffic Transp. Eng. (Engl. Ed.)*, **4**(3), pp. 252-261 (2017).
5. Farah, H. and Toledo, T. "Passing behavior on two-lane highways", *Transportation Research: Part F*, **13**(6), pp. 355-364 (2010).
6. Sitti, A.B.H. "Driver's overtaking behavior on single carriageway road", *University Technology of Malaysia*, MSC Thesis (2005).
7. Shbeeb, L. and Hamamdeh, S. "Are overtaking manoeuvres involving high driver risk in Jordan", *ICTCT extra workshop, Campo Grande* (2005).
8. Farah, H., Piccinini, G.B., Itoh, M. and et al. "Modelling overtaking strategy and lateral distance in car-to-cyclist overtaking on rural roads: A driving simulator experiment", *Transportation Research: Part F*, **63**, pp. 226-239 (2019).
9. Tavakoli Kashani, A., Shariat Mohaymany, A. and Shahri, M. "Evaluation of overtaking manoeuvres on two-lane rural roads", *Transport*, **168** *(TRB)*, pp. 523-531 (Dec. 2015).
10. Ferreira, L., Mahmud, S.M., Hoque, M.S. and et al. "Overtaking behaviour on rural Highways under an heterogeneous traffic environment: evidence from a developing country", *Australasian Transport Research Forum (ATRF), 40^{th}, Darwin, Northern Territory*, Australia (2018).
11. Hung, K.V. "Education influence in traffic safety: A case study in vietnam", *IATSS Research*, **34**(2), pp. 87-93 (2011).
12. Farah, H. "Age and gender differences in overtaking maneuvers on two-lane rural highways", *Transportation Research Record*, **2248**(2248), pp. 30-36 (2011).
13. Saunier, N. and Mourji, Na. "Investigating collision factors by mining microscopic data of vehicle conflicts and collisions", *90^{th} Transportation Research Board, Washington, D.C.*, USA (Jan. 23-27 2011).
14. Rungrattanaubol, J., Na-udom, A. and Harfield, A. "An exploratory neural network model for predicting disability severity from road traffic accidents in thailand", *In Proceedings of the 3^{ed} International Conference on Knowledge and Smart Technologies* (2011).
15. Hamdar, S. "Driver behavior modeling", *Handbook of Intelligent Vehicles*, **33**, pp. 537-558 (2012).

16. Hassan, H.M. and Abdel-Aty, M.A. "Exploring the safety implications of young drivers' behavior, attitudes and perceptions", *Accident Analysis & Prevention*, **50**, pp. 361-370 (2013).

17. Hassan, H.M. and Abdel-Aty, M.A. "Analysis of drivers' behavior under reduced visibility conditions using a structural equation modeling approach", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, **14**(6), pp. 614-625 (2011).

18. Araar, A. and El Tayeb, A.A. "Mining road traffic accident data to improve safety in dubai", *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, **47**(3), pp. 911-925 (2013).

19. Habibovic, A., Tivesten, E., Uchida, N. and et al. "Driver behavior in car-to-pedestrian incidents: an application of the driving reliability and error analysis method (DREAM)", *Accident Analysis & Prevention*, **50**, pp. 554-565 (2013).

20. Saad, M., Abdel-Aty, M. and Lee, J. "Analysis of driving behavior at expressway toll plazas", *Transportation Research: Part F), Traffic Psychology and Behaviour*, **61**, pp. 163-177 (2019).

21. Saad, M., Abde Aty, M., Lee, J. and et al. "Integrated safety and operational analysis of the access design of managed toll lanes", *Transportation Research Record*, **2673**(2), pp. 127-136 (2019).

22. Lin, N., Zong, Ch., Tomizuka, M. and et al. "An overview on study of identification of driver behavior characteristics for automotive control", *Mathematical Problems in Engineering*, **2014**(10), pp. 1-15 (2014).