ارایه مدلی برای انتخاب سرعت بر اساس مشخصه‌های طرح هندسی و ویژگی‌های حاشیه مسیر در راه‌های برون شهری (مطالعه موردی: راه‌های استان زنجان)

مقاله پژوهشی

رضوان باباگلی*، استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه علم و فناوری مازندران، بهشهر، ایران
امیررضا جلوه زیده سرایی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی علوم و فناوری آریان، امیرکلا، بابل، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: rezvan_babagoli@yahoo.com

دریافت: ١٤٠٠/٠٢/٢٠- پذیرش: ١٤٠٠/٠٦/٢٠
صفحه ١١٢-٩١

چکیده

معمولاً تخطی از سرعت مجاز یکی از عوامل اصلی حوادث رانندگی در راه‌های برون شهری است. در این مطالعه سعی شده با ثبت سرعت و تکمیل پرسشنامه از خودروهای در حال تردد در محورهای دوخطه-دوطرفه برونشهری استان زنجان به بررسی عوامل موثر بر انتخاب سرعت توسط رانندگان پرداخته شود. به این منظور متغیرهای متعددی در ۵ گروه، متغیرهای مربوط به راننده، وسیله نقلیه، راه و محیط اطراف، سفر و سرنشینان تعریف شده و داده‌های مربوط به آن‌ها جمع آوری شده است. به منظور تحلیل داده‌ها از مدل رگرسیون لجستیک استفاده شده که احتمال انتخاب سرعت غیرمجاز از سوی رانندگان را محاسبه می‌کند. نتایج انجام این مطالعه نشان داد که با افزایش سن رانندگان، احتمال انتخاب سرعت غیرمجاز از سوی آن ها کاسته میشود و بر عکس با کاهش سن رانندگان، احتمال انتخاب سرعت غیرمجاز افزایش می‌یابد. همچنین نتایج حاصل از مدل ساخته شده بیان می‌کند که با افزایش حجم موتور خودروها بر احتمال انتخاب سرعت غیرمجاز توسط رانندگان افزوده شده است. نتایج مدل نشان می‌دهد، احتمال ارتکاب تخلف سرعت در راههایی با سرعت مجاز ۶۰ و ۸۰ کیلومتر بر ساعت بیشتر از راه‌هایی با سرعت مجاز ۹۵ کیلومتر بر ساعت است.

واژه‌های کلیدی: پرسشنامه، انتخاب سرعت مجاز و غیرمجاز، مدل رگرسیون لجستیک، محورهای برون شهری

١-مقدمه

امروزه با ارتقاء سطح تکنولوژی در صنعت خودروسازی و عرصه راه‌سازی، شاهد تحول در سطح کیفی خودروها و جاده‌ها هستیم که موجب افزایش سرعت رانندگی در جاده‌ها شده است. علاوه بر تأثیر سرعت رانندگان بر شدت و تعداد تصادفات ترافیکی به‌عنوان یکی از عوامل عمده مرگ‌ومیر انسانی، سرعت‌های بالا موجب وارد آمدن خساراتی به محیط‌زیست مانند افزایش آلودگی هوا شده و همچنین آلودگی صوتی ناشی از آن موجب سلب آسایش ساکنان حواشی جاده‌ها می‌شود. عوامل متعددی بر انتخاب سرعت توسط رانندگان مؤثر هستند و مقالاتی که در این زمینه منتشرشده‌اند هرکدام طبقه‌بندی خاصی را برای این عوامل در نظر گرفته‌اند. در یک نگاه کلی می‌توان عوامل مؤثر بر انتخاب سرعت را به پنج دسته تقسیم نمود: ١- متغیرهای مربوط به راننده ٢- متغیرهای مربوط به‌وسیله نقلیه ٣- متغیرهای مربوط به راه و محیط اطراف ٤- متغیرهای مربوط به سفر ٥- متغیرهای مربوط به سرنشینان. علیرغم بررسی عوامل مؤثر بر انتخاب سرعت در مطالعات سایر کشورها، در ایران بیشتر تأثیر متغیرهای روانشناسی بر روی

انتخاب سرعت رانندگان موردبررسی قرارگرفته است (صلاحیان، حسنی و ربیعی ۱۳۹۲)(مروتی، مؤمنی، برخورداری و فلاح زاده ۱۳۹۰). با توجه به مطالب فوق، در این پایان‌نامه از طریق جمع‌آوری میدانی داده‌ها، برای انتخاب سرعت (سرعت مجاز و غیرمجاز) از سوی رانندگان، مدلی ساخته، اعتبارسنجی و ارائه‌شده است. یکی دیگر از تحقیقات، توسط محققان تویوتا، در زمینه استفاده از نانورس و نانو ذرات سیلیکاتی لایه‌ای به عنوان فیلر انجام شد. سرعتی که راننده انتخاب میکند قسمت مهمی از رفتارش در جاده است و نقش اساسی در تعداد و شدت تصادفات دارد. کاهش میانگین سرعت رانندگان به میزان ۱۰٪ موجب کاهش ۳۷/۸٪ در تعداد تلفات جاده‌ای شده و علیرغم آگاهی رانندگان از عواقب سرعت زیاد، بازهم تخطی از سرعت مجاز جزء رایجترین تخلفات رانندگی است Elvik et al .((2004 در کشور ایران بر طبق آمار پزشکی قانونی تعداد فوتیهای حوادث رانندگی برون شهری در نوروز ۹۵ برابر ۳۸۹ نفر و در نوروز ٩٤/ ٤٠٥ نفر بوده است که کاهش ٤٪ را نشان می‌دهد. این آمارها نشان می‌دهد، تخطی از سرعت مجاز یکی از عوامل اصلی حوادث رانندگی به‌ویژه در ایام نوروز بوده و باید بررسیهای بیشتری در مورد عوامل مؤثر بر انتخاب سرعت از سوی رانندگان به هنگام تردد درراه های برون شهری صورت گیرد. بررسی متغیر جنسیت در مطالعات مختلف نشان میدهد، میانگین سرعت مردها نسبت به زنها بیشتر است. دینار بیان میکند خانمها به هنگام رانندگی محتاط‌ترند دو به موارد مختلف ایمنی از قبیل بستن کمربند ایمنی، رعایت سرعت مجاز و اجتناب از نوشیدن مشروبات الکلی قبل از رانندگی، بیشتر از مردان توجه مینمایند. همچنین ٤٥٪ از زنان در مقابل ٣٦٪ از مردان همیشه سرعت مجاز را رعایت میکنند. از دیگر نتایج پژوهش وی این است که زنان با سرعت‌های کمتری نسبت به مردان رانندگی کرده و میزان تخطی آنها از سرعت مجاز نیز از مردان کمتر است. (Quimby 1999). مطالعه دیگری بر روی رانندگان انگلیسی نشان میدهد میانگین سرعت مردان در حدود ۱ مایل بر ساعت بیشتر از زنان است Haglund&Aberg 2000)). اغلب مطالعات دیگر نیز به نتایج مشابه اشاره می‌کنند (Peer &Rosenbloom2013) (Bolderdijk 1984 Wasielewski) (2006). نتایج اغلب مطالعات نشان میدهد سن و سرعت رابطه معکوس با یکدیگر داشته و با افزایش سن، سرعت انتخابی رانندگان کاهش می‌یابد. از مطالعات قدیمی در این زمینه میتوان به پژوهش اسمید در سال ۱۹۷۳ بر روی رانندگان و سرعت آن ها در چهار کشور اروپایی اشاره کرد. او به این نتیجه رسید که سن رانندگان در انتخاب سرعت مؤثر بوده و رانندگان جوان، از مسنترها سریع‌تر رانندگی میکنند. شینار در مطالعه خود بیان میکند؛ ۵۲٪ از افراد بالای ۵۱ سال، ٤٢٪ از افراد بین ٢٦ تا ٥٠ سال و در مقابل تنها ۲۸٪ از افراد ۱۸ تا ۲۵ سال همیشه سرعت مجاز را رعایت میکنند .(Quimby 1999). در مطالعه کیومبی و همکارانش بر روی رانندگان انگلیسی، مایلاژ پیموده شده در طول سال به عنوان شاخص سنجش مهارت رانندگان بکار رفته است. آنها بیان می‌کنند رابطهای خطی میان مایلاژ پیموده شده در سال با سرعت وجود دارد و با افزایش این شاخص، میانگین سرعت رانندگان نیز افزایش پیدا میکند. شینار در مطالعه خود نشان داد که ٤٥٪ افراد با تحصیلات دبیرستانی همیشه سرعت مجاز را رعایت می‌کنند درصورتی‌که تنها ٣٦٪ از افراد با تحصیلات بالاتر از دبیرستان اینچنین هستند.(Quimby 1999)

نتایج مطالعه واسیلوسکی بر روی ٢٦٣٢ راننده آمریکایی نشان میدهد آن دسته از رانندگانی که در ۷ سال گذشته تعداد تصادفات بیشتری داشتهاند، میانگین سرعت بالاتری نیز دارند .(Tay 2000) همچنین فیلدز در گزارش مرکز تحقیق تصادف دانشگاه موناش بیان میکند؛ میان سرعت رانندگان و نرخ تصادفات آنها ارتباط آماری وجود داشته و رانندگانی که سرعت بالاتری دارند نوعاً تعداد تصادفات آنها درگذشته نیز بیشتر است2004 Elvik Et al)). یکی از پارامترهایی که واسیلوسکی در مطالعه خود به بررسی آن پرداخت، ارتباط میان استفاده راننده از کمربند ایمنی و سرعت بود. از دیدگاه او ارتباط معنیداری میان این دو پارامتر در بین رانندگان آمریکایی در آن زمان وجود نداشته است (Tay 2009). این مطالعه نشان می‌دهد هنگامی‌که خودرویی بسیار نزدیک در پشت سر آنها حرکت می‌کند؛ ۲۰٪ رانندگان بر سرعت خود افزوده و در مقابل ۲۳٪ از سرعت خود می‌کاهند(Wasielewski& Evans۱۹۸۳)رین در مطالعه خود بر روی رانندگان نروژی که از طریق پرسشنامه با سؤالات فرضی صورت گرفت، به این نتیجه رسید که انتخاب سرعت با میزان حضور پلیس در جاده به‌صورت معنی‌داری در ارتباط است. وی بیان میکند؛ رابطهای معکوس میان دو پارامتر وجود داشته و با افزایش

میزان حضـور پلـیس در جـاده از سـرعت رانـنـدگان کاسـته می‌شود (Fildes et al 1991). مطالعه آبـرگ Fleiter et al 2010)) نیز به همین نتیجه اشاره می‌کند.

۲-روش تحقیق

برای رسیدن به یکی از اهداف این تحقیق که همان شناسایی عوامل مؤثر بر انتخاب سرعت مجاز و غیرمجاز از سوی رانندگان است، لازم بود تا دادههای مربوط به‌سرعت خودروها و سایر متغیرهای مؤثر بر انتخاب سرعت برداشت شود. برای این منظور تعداد ۳۰ متغیر مستقل از ۵ گروه از عوامل مؤثر بر انتخاب سرعت توسط رانندگان، شامل عوامل مرتبط با راننده، وسیله نقلیه، راه و محیط اطراف، سفر و سرنشینان، انتخاب‌شده که تعدادی از آنها متغیرهای مهم و پرکاربرد در مطالعات پیشین بوده و مابقی نیز در مطالعات پیشین استفاده‌نشده و یا ارتباط میان آنها با انتخاب سرعت، کمتر موردتوجه قرارگرفته است. ازجمله این متغیرها، مدت‌زمان سپری‌شده از آخرین جریمه سرعت غیرمجاز، نوع بیمه خودرو، تعداد خطوط عبوری و کیلومتراژ پیموده شده از آخرین توقفگاه است. جمع‌آوری داده‌ها از طریق ثبت سرعت خودروها با دوربین، متوقف‌نمودن آنها و جمع‌آوری اطلاعات از طریق تکمیل پرسشنامه، با همکاری اکیپ‌های کنترل سرعت پلیس راه‌های استان زنجان صورت گرفته است. عملیات میدانی در دوران تعطیلات نوروز و در بخش وسیعی از راه‌های دوخطه-دوطرفه استان در دو بازه صبح و بعدازظهر انجام‌شده است. به علت انتخاب زمان آماربرداری در دوران تعطیلات نوروز و موقعیت جغرافیایی استان زنجان، شاهد عبور خودروهایی از سراسر کشور از این جاده‌ها هستیم. لذا علیرغم اینکه مطالعه حاضر به‌صورت موردی و برای راه‌های برون‌شهری استان زنجان صورت گرفته است ولی رانندگانی از سراسر کشور در آن دیده میشود. بعد از جمع آوری پرسشنامه ها، تعداد ۲۱۸ پرسشنامه به‌دست‌آمده که با استخراج اطلاعات آنها، پایگاه اطلاعاتی این تحقیق شکل‌گرفته است. ازآنجاکه متغیر وابسته در این مطالعه، گسسته و دوسطحی بوده، همچنین برخی از متغیرهای مستقل دارای توزیع نرمال نیستند، استفاده از مدل رگرسیون لجستیک در دستور کار قرارگرفته است. همچنین به‌منظور بررسی بهتر متغیرهای مستقل پیوسته و به دست آوردن نقاط برش آنها، از روش کارت باهدف گسسته سازی متغیرهای پیوسته استفاده‌شده است. نتایج نشان می‌دهد، با گسسته سازی صورت گرفته، مدل ساخته‌شده ارتقاءیافته است.

۲-۱- متغیرهای مستقل

برای بررسی ارتباط متغیر وابسته سرعت انتخابی رانـنـدگان با متغیرهای مربـوط بـه رانـنـده، وسـیله نقلیـه، راه و محـیط اطراف، سفر و سرنشینان، متغیرهای مستقل متعددی تعریـف و جمع‌آوری‌شده‌اند. درایـن‌بـین، تعـدادی از آن‌هـا نیـاز بـه توضیحات بیشتری داشته که در ادامه در زیر بنـدی جداگانـه ارائه می‌شود.

۲-۱-۱-متغیرهای مربوط به راننده

راننده خودرو، عامل هدایت‌کننـده و فرمـان دهنـده وسـیله نقلیه هست. لذا متغیرهای مربوط به راننده نقـش اساسـی در انتخاب سرعت از سوی وی دارند. همان‌طـور کـه در فصـل دوم اشاره شد، طیف وسیعی از متغیرهای مربـوط بـه عامـل راننده ازجملـه متغیرهـای روان‌شناسـی، دمـوگرافی[1]، سـابقه جرائم رانندگی و ... بر انتخاب سرعت راننده مـؤثر هسـتند. تعداد ۸ متغیر (به‌غیراز متغیرهای روانشناسی) که مهم‌تر بوده و امکان جمع‌آوری اطلاعات مربوط بـه آن‌هـا وجـود داشـته اسـت در پرسشـنامه گنجانـده شـد کـه عبـارت‌انـد از : ۱- جنسیت ۲- سن ۳- تجربه رانندگی ٤- تحصیلات ٥- تعداد جریمه سرعت غیرمجاز در یک سال گذشته ٦- تعداد جریمه سـایر تخلفـات رانـنـدگی در یـک سـال گذشـته ۷- زمـان سپری‌شـده از آخـرین جریمـه سـرعت غیرمجـاز ۸- زمـان سپری‌شده از آخرین جریمه سایر تخلفات رانندگی.

۲-۱-۲-تجربه رانندگی

سنوات گذشته از اخذ گواهینامه، کیلومتراژ پیموده شـده در سال گذشته، ساعات رانندگی در هفته گذشـته و ... ازجملـه معیارهایی هستند کـه مـی‌تـوان بـا اسـتفاده از آن‌هـا تجربـه رانندگی افراد را موردبررسی قـرارداد. در ایـن پایـان‌نامـه بـا توجه بـه امکانـات و روش جمـع‌آوری اطلاعـات بـه‌وسـیله پرسشنامه، از سنوات گذشته از اخذ گواهینامـه اسـتفاده‌شـده است.

۲-۱-۳-تحصیلات

به سبب افزایش سرعت و دقت در تکمیل پرسشـنامه، متغیـر تحصیلات در ٦ سطح شامل: بی‌سـواد، دیـپلم و زیـر دیـپلم، کاردانی، کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتـرا در پرسشـنامه

تعریف‌شده است ولی در مرحله تحلیل و مدل‌سازی، این متغیر در سه سطح بی‌سواد، متوسط (دیپلم و زیر دیپلم و کاردانی) و عالیه (کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا) طبقه‌بندی‌شده است. جدول ۱ نحوه طبقه‌بندی متغیرهای مستقل مربوط به راننده، درصد داده‌های موجود از کل داده‌ها در هر طبقه از متغیرهای گسسته و میانگین متغیرهای پیوسته را نمایش می‌دهد.

شکل ۱. دسته‌بندی متغیرهای مستقل و وابسته

شکل ۲. توزیع / درصد فراوانی سرعت‌های مجاز و غیرمجاز

جدول ۱. طبقه‌بندی متغیرهای مربوط به راننده

ردیف	نام متغیر	نوع متغیر	سطوح	درصد داده‌ها در هر طبقه	میانگین متغیر
۱	جنسیت	گسسته	مرد	٪۹۸	
			زن	٪۲	
۲	سن	پیوسته			۲۶-۳۹ سال
۳	تجربه رانندگی	پیوسته			۱۳-۱٤ سال
٤	تحصیلات	گسسته	بی‌سواد	٪۱۰	
			متوسط	٪٥٦	
			عالیه	٪۳٤	
٥	تعداد جریمه سرعت غیرمجاز در یک سال گذشته	پیوسته			۰/٤۷ جریمه
٦	تعداد جریمه سایر تخلفات رانندگی در یک سال گذشته	پیوسته			۰/۹۱ جریمه
۷	زمان سپری‌شده از آخرین جریمه سرعت غیرمجاز	پیوسته			٤۲۸/٤٦ دقیقه
۸	زمان سپری‌شده از آخرین جریمه سایر تخلفات رانندگی	پیوسته			۸۲۸/۸۱ دقیقه

۲-۲-متغیرهای مربوط به‌وسیله نقلیه

حجم موتور، عمر، نوع بیمه، نوع وسیله نقلیه و معاینه فنی، ٥ متغیر مربوط به خودرو هستند که موردبررسی قرارگرفته‌اند. البته در قسمت متغیرهای مربوط به‌وسیله نقلیه در پرسشنامه، علاوه بر اطلاعات لازم برای متغیرهای ذکرشده، اطلاعات دیگری نیز از وسیله نقلیه متوقف‌شده مانند نام وسیله یا پلاک خودرو ثبت گردیده که از آن‌ها برای تکمیل پرسشنامه‌های ناقص و غیره استفاده‌شده است.

- **عمر**

منظور از عمر خودرو، اختلاف سال مندرج در کارت خودرو با سال ثبت پرسشنامه است. به این دلیل برای خودروهای صفرکیلومتر که عمر آن‌ها کمتر از یک سال بوده و سال مندرج در کارت خودرو بازمان ثبت پرسشنامه یکسان است عمر خودرو، برابر صفر در نظر گرفته‌شده است.

- **نوع بیمه**

مجدداً به دلیل افزایش سرعت و دقت در تکمیل پرسشنامه، متغیر نوع بیمه در ٥ سطح به‌صورت زیر تعریف‌شده است:

۱- فاقد بیمه ۲- دارای بیمه شخص ثالث ۳- دارای بیمه بدنه ٤- سایر ٥- دارای بیمه شخص ثالث و بدنه. با اتمام عملیات آماده‌سازی داده‌ها این نتیجه حاصل شد که تمام خودروها دارای بیمه شخص ثالث بوده، لذا برای مرحله تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی، متغیر بیمه در ۲ سطح دارای بیمه شخص ثالث و دارای بیمه شخص ثالث و بدنه تعریف گردیده است.

- **نوع وسیله نقلیه**

این تحقیق، تنها به بررسی خودروهای سواری و وانت‌بارها پرداخته است، لذا متغیر نوع وسیله نقلیه در سه دسته سواری (غیر از کرایه)، سواری (کرایه و مسافرکش) و

وانت تعریف‌شده است. طبقه‌بندی متغیرهای مستقل مربوط به‌وسیله نقلیه، درصد داده‌های موجود از کل داده‌ها در هر طبقه از متغیرهای گسسته و میانگین متغیرهای پیوسته در جدول ۲ نمایش داده‌شده است.

جدول۲. طبقه‌بندی متغیرهای مربوط به‌وسیله نقلیه

ردیف	نام متغیر	نوع متغیر	سطوح	درصد داده‌ها در هر طبقه	میانگین متغیر
۱	حجم موتور	پیوسته			۱٦۷۳/٤۰ سی سی
۲	عمر	پیوسته			۱٤-۵ سال
۳	نوع بیمه	گسسته	دارای بیمه شخص ثالث	٪٦۰	
			دارای بیمه شخص ثالث و بدنه	٪٤۰	
۵	نوع وسیله نقلیه	گسسته	سواری (غیر از کرایه)	٪۹۵	
			سواری (کرایه و مسافرکش)	٪۳	
			وانت	٪۲	
٦	معاینه فنی	گسسته	دارد	٪۹۲	
			ندارد	٪۸	

۳-۲-متغیرهای مربوط به راه و محیط اطراف

ازنظر نوع راه و شرایط محیطی، راه‌های استان زنجان دارای تنوع مناسبی بوده که امکان بررسی تأثیر این شرایط بر انتخاب سرعت رانندگان را فراهم می‌سازد. به همین دلیل متغیرهای کاربری زمین‌های اطراف، تعداد خطوط عبوری، وضعیت شانه راه، سرعت مجاز، کنترل غیرحضوری سرعت و آب‌وهوا در سطوح مختلف تعریف‌شده و اطلاعات مربوط به آن‌ها جمع‌آوری گردیده است.

- **تعداد خطوط عبوری**

تفاوت در عرض مسیر (عرض شانه راه را شامل نمی‌شود) درراه‌های نمونه‌برداری شده آن‌قدر محسوس نبوده که بتوان آن‌ها را ازلحاظ عرض مسیر به چندطبقه تقسیم نمود. به همین دلیل به‌منظور بررسی تأثیر عرض مسیر بر سرعت انتخابی رانندگان، از متغیر تعداد خطوط عبوری استفاده‌شده است. به این منظور راه‌هایی که عرض مسیر آن‌ها کمتر از ۸ متر بوده در طبقه راه‌های دوخطه و راه‌هایی که عرض مسیرشان کمتر از ۱۲ متر (بیشتر از ۸ متر) بوده، در طبقه راه‌های سهمیه قرار داده‌شده‌اند.

- **کنترل غیرحضوری سرعت**

منظور از کنترل غیرحضوری سرعت، دوربین‌های ثبت سرعت است که در طول مسیر نصب‌شده و در صورت ارتکاب تخلف سرعت از سوی رانندگان، قبض جریمه برای آن‌ها صادر می‌کنند. همچنین این دوربین‌ها اقدام به ارسال تصاویر به‌صورت آنلاین به اپراتورهای مستقر در پلیس‌راه‌ها می‌نمایند تا در صورت مشاهده سرعت‌های غیرمجاز بالا، خودرو در پلیس‌راه بعدی متوقف گشته و به پارکینگ منتقل شود. جدول ۳ نحوه طبقه‌بندی متغیرهای مستقل مربوط به راه و محیط اطراف، درصد داده‌های موجود از کل داده‌ها در هر طبقه از متغیرهای گسسته را نمایش می‌دهد.

جدول۳. طبقه‌بندی متغیرهای مربوط به راه و محیط اطراف

ردیف	نام متغیر	نوع متغیر	سطوح	درصد داده‌ها در هر طبقه
١	کاربری زمین‌های اطراف	گسسته	صنعتی	٪١٨
			کشاورزی	٪٨
			بدون کاربری(بیابان)	٪٧٤
٢	تعداد خطوط عبوری	گسسته	دوخطه	٪٧٨
			سه خطه	٪٢٢
٣	شانه راه	گسسته	شانه آسفالته	٪٨٢
			شانه غیر آسفالته	٪١٨
٤	سرعت مجاز	گسسته	٦٠ کیلومتر بر ساعت	٪٨
			٨٠ کیلومتر بر ساعت	٪٣١
			٩٥ کیلومتر بر ساعت	٪٦١
٥	کنترل غیرحضوری سرعت	گسسته	دارد	٪٤٠
			ندارد	٪٦٠
٦	آب‌وهوا	گسسته	عادی	٪٧١
			غیرعادی	٪٢٩

٤-٢-متغیرهای مربوط به سفر

به‌منظور بررسی تأثیر عوامل مربوط به سفر بر انتخاب سرعت رانندگان، ٥ متغیر هدف سفر، کیلومتراژ پیموده شده از آخرین توقفگاه، مدت‌زمان رانندگی ناپیوسته از مبدأ، میزان تردد از مسیر، زمان ثبت سرعت (زمان تردد از مسیر) تعریف‌شده است.

- **کیلومتراژ پیموده شده از آخرین توقفگاه**

منظور از این متغیر، فاصله‌ای است که راننده از آخرین توقفگاه خود بدون هیچ‌گونه توقف دیگری تا محل استقرار پلیس پیموده است. در پرسشنامه، توقفگاه قبلی رانندگان ثبت‌شده و با توجه به محل استقرار پلیس، کیلومتراژ پیموده شده از آخرین توقفگاه رانندگان به‌دست‌آمده است.

- **مدت‌زمان رانندگی ناپیوسته از مبدأ**

منظور از این متغیر، مدت‌زمان سپری‌شده از لحظه خروج از مبدأ (آخرین مکانی که راننده در آن اقامت داشته)، تا لحظه تکمیل پرسشنامه است. جدول ٤ نحوه طبقه‌بندی متغیرهای مستقل مربوط به سفر، درصد داده‌های موجود از کل داده‌ها در هر طبقه از متغیرهای گسسته و میانگین متغیرهای پیوسته نمایش داده‌شده است.

جدول٤. طبقه‌بندی متغیرهای مربوط به سفر

ردیف	نام متغیر	نوع متغیر	سطوح	درصد داده‌ها در هر طبقه	میانگین متغیر
١	هدف سفر	گسسته	تفریحی	٪٨٨	
			کاری	٪١١	
			مأموریت اداری	٪١	
٢	کیلومتراژ پیموده شده از آخرین توقفگاه	پیوسته			١١٦/٤٦ کیلومتر
٣	مدت‌زمان رانندگی ناپیوسته از مبدأ	پیوسته			٣٤١/٣٦ دقیقه
٤	میزان تردد از مسیر	گسسته	به‌صورت مرتب	٪٤٦	
			گاهی اوقات	٪٣٢	
			برای اولین بار	٪٢٢	
٥	زمان ثبت سرعت	پیوسته			

٥-٢-متغیرهای مربوط به سرنشینان

منظور از سرنشین، فردی است که به‌غیراز راننده در خودرو حضور دارد. در حدود ١١٪ از خودروها بدون سرنشین بوده و به‌منظور تحلیل داده‌ها، برای تمام متغیرهای گسسته مربوط به سرنشینان، سطحی به نام بدون سرنشین تعریف‌شده است. همچنین ١٪ از خودروها دارای سرنشین بوده ولی سرنشین در صندلی عقب خودرو قرار داشته است. جدول ٥ حوزه طبقه‌بندی متغیرهای مستقل مربوط به سرنشینان، درصد داده‌های موجود از کل داده‌ها در هر طبقه از متغیرهای گسسته و میانگین متغیرهای پیوسته را نمایش می‌دهد.

جدول ٥. طبقه‌بندی متغیرهای مربوط به سرنشینان

ردیف	نام متغیر	نوع متغیر	سطوح	درصد داده‌ها در هر طبقه	میانگین متغیر
١	تعداد سرنشینان	پیوسته			٢/٨٠ نفر
٢	نسبت کلی سرنشینان	گسسته	بدون سرنشین	٪١١	
			خانواده	٪٨٣	
			غیر خانواده	٪٦	
٣	جنسیت سرنشین جلو	گسسته	بدون سرنشین جلو	٪١٢	
			مرد	٪٣٥	
			زن	٪٥٣	
٤	سن سرنشین جلو	پیوسته			٣٦/٩٢ سال
٥	اختلاف سن سرنشین جلو با راننده	پیوسته			٢/٠٢ سال
٦	تحصیلات سرنشین جلو	گسسته	بدون سرنشین جلو	٪١٢	
			بی‌سواد	٪١٤	
			متوسط	٪٥١	
			عالیه	٪٢٣	

٥-٢-مدل‌سازی آماری

ارائه مدلی در قالب رابطه‌ای ریاضی که بتواند بیانگر ارتباط بین متغیر وابسته با متغیرهای مستقل باشد، یکی از اهداف این تحقیق است. مدل آماری، اثر هر متغیر بر دیگر متغیرها را نشان می‌دهد. در مجموع مدل‌های آماری می‌توانند مزیت‌های ویژه‌ای بخصوص زمانی که تعداد بالایی از متغیرهای مهم موردبررسی قرار می‌گیرند، داشته باشند.

ازآنجاکه متغیر وابسته، گسسته و دوسطحی بوده، همچنین برخی از متغیرهای مستقل دارای توزیع نرمال نیستند، لذا استفاده از مدل رگرسیون لجستیک در دستور کار قرارگرفته است (Kleinbaum Et al 2010).

حجم نمونه

اگرچه در ادبیات مربوط به رگرسیون لجستیک، قواعد خاصی برای حجم نمونه و نیز حداقل نسبت تعداد نمونه به تعداد متغیر مستقل پیشنهاد نشده است، اما برخی نویسندگان در حوزه آمار چند متغیره، حداقل حجم نمونه برای یک تحلیل رگرسیون لجستیک خوب را ۱۰۰ مورد و برخی نیز ۵۰ مورد عنوان کرده‌اند (Kleinbaum Et al 2010). در خصوص حداقل نسبت تعداد نمونه به تعداد متغیر مستقل نیز، به‌عنوان یک قاعده کلی، حداقل نسبت ۱۰ نمونه به ۱ متغیر مستقل لازم است؛ اما آنچه مسلم است، این است هر چه تعداد متغیرهای مستقل بیشتر باشد، حجم نمونه باید بیشتر باشد. ضمن آنکه در رگرسیون لجستیک، به حجم نمونه بیشتری از حجم نمونه در رگرسیون خطی نیاز داریم (Kleinbaum Et al 2010).

پرداخت و ارزیابی مدل

ضرایب تعیین پزودو

در رگرسیون لجستیک، چون محاسبه دقیق مقدار ضریب تعیین دشوار است، بنابراین از ضرایب تعیین پزودو جهت نشان دادن این‌که متغیرهای مستقل تا چه میزان توانسته‌اند واریانس متغیر وابسته را تبیین کنند، استفاده می‌شود. تعداد ضرایب تعیین پزودو بسیار زیاد است اما دو ضریب شناخته‌شده‌تر از بین آن‌ها ضریب تعیین کاکس و نل و ضریب تعیین نیجل کرک هستند.

ضریب تعیین کاکس و نل مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R^2_{C\&C} = 1 - EXP(-\frac{2}{n}(LL(B) - LL(0))) \quad (1)$$

که در این رابطه n برابر حجم نمونه، LL(B) برابر لگاریتم حداکثر درستنمایی برای مدل و LL(0) برابر لگاریتم درستنمایی در حالت فرض صفر (همه ضرایب مدل برابر صفر) است. حداکثر مقدار این ضریب کوچک‌تر از یک است و قضاوت قطعی با توجه به این ضریب نمی‌توان انجام داد. به این جهت ضریب تعیین نیجل کرک معرفی شد، که درواقع اصلاح‌شده این ضریب بوده و مقدار آن بین صفر و یک تغییر می‌کند(Kleinbaum Et al 2010).

ضریب تعیین نیجل کرک مطابقه رابطه زیر است؛

$$R^2_N = \frac{R^2_{C\&S}}{1 - EXP(2(N^{-1})LL(0))} \quad (2)$$

پارامترهای این رابطه مطابق رابطه (۳-٦) هستند. مقادیر ضریب تعیین نیجل کرک بین صفر و یک تغییر کرده و مقادیر بالاتر از ۰/۱۵ برای این ضریب، نشان از برازش قابل‌قبول مدل است.

دقت طبقه‌بندی و منحنی ROC[1]

جهت ارزیابی مدل رگرسیون لجستیک در این مطالعه از مفاهیم دقت طبقه‌بندی و منحنی‌های ROC استفاده‌شده است، که هر دو مفهوم از نتایج بررسی جدول طبقه‌بندی استخراج می‌شوند. درصورتی‌که هدف مدل مانند این مطالعه تقسیم‌بندی متغیر وابسته در دو سطح به‌طور مثال مثبت و منفی باشد، مدل بر اساس احتمال پیش‌بینی‌شده برای هر نمونه و نقطه برش تعیین‌شده، نمونه‌ها را در این دو گروه طبقه‌بندی می‌کند. در این حالت ممکن است چهار وضعیت پیش آید که در جدول ٦ نشان داده‌شده‌اند.

در جدول TP برابر تعداد نمونه‌های مثبت و TN برابر تعداد نمونه‌های منفی است که توسط مدل به‌درستی پیش‌بینی‌شده‌اند، FP برابر تعداد نمونه‌های مثبت و FN برابر تعداد نمونه‌های منفی است که به‌اشتباه طبقه‌بندی‌شده‌اند. جهت ارزیابی مدل با استفاده از جدول طبقه‌بندی ابتدا باید معیارهای زیر را محاسبه کرد(Arboretti & Salmaso 2007).

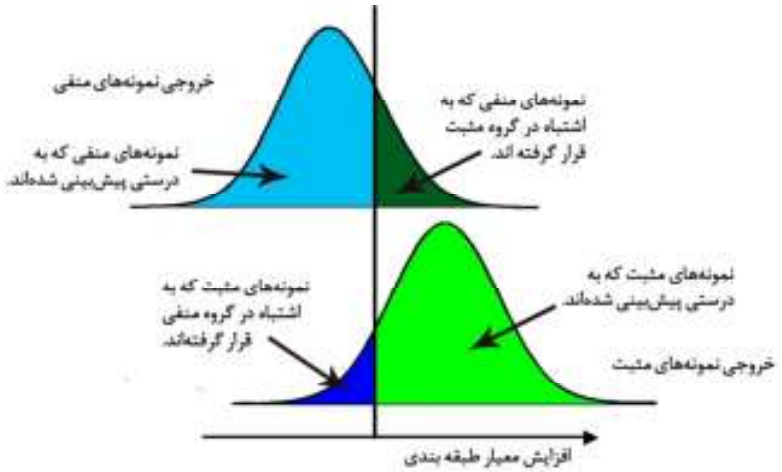
$$Sensitivity = TPR = \frac{TP}{P} \quad (3)$$

$$Specificity = FPR = \frac{FP}{N} \quad (٤)$$

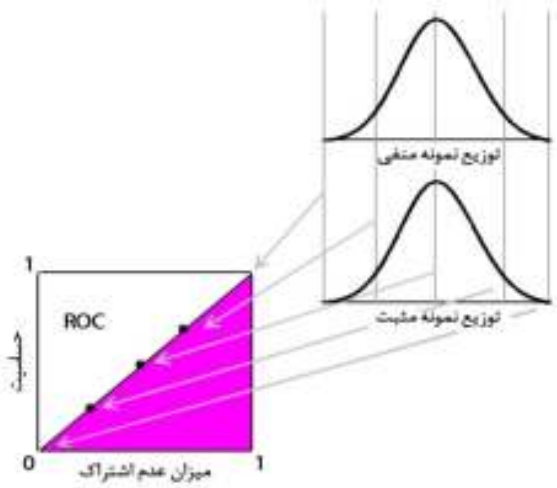
$$accuracy = \frac{TP + TN}{P + N} \quad (٥)$$

جدول ٦. طبقه‌بندی نمونه‌ها بر اساس پیش‌بینی مدل

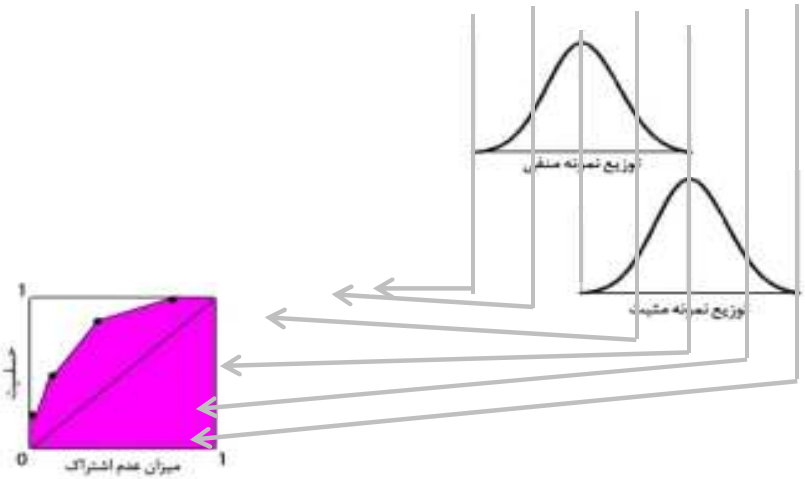
Observed	Predicted	
	Positive	Negative
positive	TP	FP
Negative	FN	TN
Total	P	N



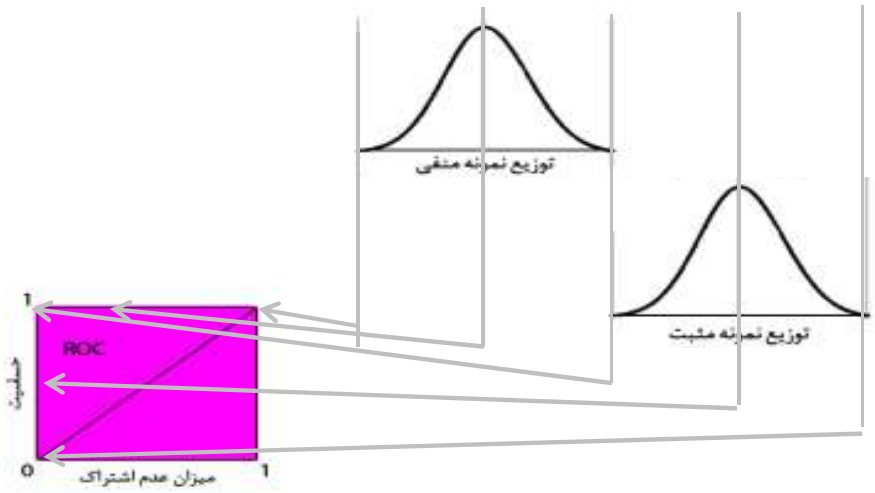
شکل ٣. طبقه‌بندی نمونه‌ها بر اساس احتمال پیش‌بینی‌شده توسط مدل و نقطه برش مشخص



شکل٤. فرض صفر در منحنی ROC



شکل ٥. منحنی ROC برای پیش‌بینی‌های مدل



شکل ٦. نمودار ROC در حالت ایده‌ال

دقت اندازه‌گیری برابر مقدار رابطه (٦) است و هر چه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد، نشان از توان بالاتر مدل در طبقه‌بندی نمونه‌ها دارد. نکته قابل‌توجه در محاسبه دقت اندازه‌گیری، تغییر مقدار آن با تغییر مقدار نقطه برش است. در این صورت با تغییر نقطه برش مقادیر TP و TN در جهت عکس هم‌تغییر می‌کنند و با افزایش یکی، دیگری کاهش می‌یابد. نقطه برش بهینه، نقطه‌ای است که هر دو مقدار TP و TN را در حد بیشینه پیش‌بینی کند. جهت به دست آوردن نقطه برش بهینه به کمک نمودار ROC، از دو روش می‌توان استفاده کرد.

١) نقطه برش بهینه در منحنی ROC نقطه‌ای است که در آن مجموع مقادیر شفافیت و حساسیت ماکزیمم شود.

٢) نقطه برش بهینه در منحنی ROC نقطه‌ای است که کمترین فاصله با نقطه ایده‌ال را داشته باشد. نقطه ایدئال، نقطه‌ای است که در آن کلیه نمونه‌ها به‌درستی در طبقه خود قرارگرفته باشند. در این حالت مقدار TPR برابر ١ و مقدار FPR برابر صفر خواهد بود. فاصله نقاط مختلف منحنی با نقطه ایدئال از رابطه ٣-١٠ قابل‌محاسبه است (Arboretti & Salmaso 2007).

$$d = \sqrt{(1 - TPR)^2 + FPR^2} \qquad (٦)$$

اعتبارسنجی مدل

جهت اعتبارسنجی مدل در این مطالعه قبل از شروع مدل‌سازی ۳۰ درصد داده‌ها به‌صورت تصادفی جداشده و برای ۷۰ درصد باقیمانده مدل ساخته می‌شود. در ادامه مدل نهایی (برازش شده به ۷۰ درصد داده‌ها) به ۳۰ درصد داده‌ها برازش داده می‌شود. در این صورت اگر دقت طبقه‌بندی و میزان برازش مدل برای ۳۰ و ۷۰ درصد داده‌ها تفاوت چندانی با یکدیگر نداشته باشند نشان از اعتبار مدل جهت پیش‌بینی‌های انجام‌شده دارد.

عملیات آماربرداری و آماده‌سازی داده‌ها

انتخاب روش آماربرداری

در این مطالعه نیز جمع‌آوری اطلاعات با کمک اکیپ‌های کنترل سرعت پلیس‌راه استان زنجان صورت گرفته است. علیرغم وجود مشکلات و مخاطرات ایمنی در استفاده از روش نخست، ولی به دلیل فقدان و یا نواقص پایگاه‌های اطلاعاتی در ایران امکان استفاده از سایر روش‌های نمونه‌برداری وجود نداشته و لذا به نظر می‌رسد آماربرداری کنار جاده‌ای بهترین و معتبرترین روش برای جمع‌آوری داده‌های موردنیاز در مطالعه پیش‌رو است.

مکان‌های جمع‌آوری داده‌ها

تعطیلات نوروزی یکی از بازه‌های زمانی در طول سال است که میزان سفرها افزایش چشمگیری داشته و به همین دلیل تعداد تصادفات و خسارات ناشی از آن‌ها نیز در این مدت افزایش پیدا می‌کند. این افزایش به‌ویژه در استان‌هایی مانند زنجان که یکی از مسیرهای عبوری برای شهرهای مقصدهای مهم سفرهای نوروزی بوده و همچنین به‌عنوان راه ارتباطی در مسیر بسیاری از سفرها قراردادند، بیشتر مشاهده می‌شود. بنا بر آمارهای رسمی منتشرشده از سوی پلیس، سرعت غیرمجاز یکی از عوامل عمده وقوع تصادفات در این بازه زمانی است. لذا نوروز ۹۶، از یکم تا پانزدهم فروردین به‌عنوان زمان آماربرداری و استان زنجان نیز به‌عنوان مکان آماربرداری برای این مطالعه انتخاب شدند.مکان‌های جمع‌آوری داده‌ها، درراه‌های دوخطه دوطرفه برون‌شهری استان زنجان و قرار داشتند که ۳ محور اصلی در استان زنجان را شامل می‌شوند و درمجموع، ۸ سایت (تعداد محورهایی که در استان زنجان به‌عنوان معابر برون‌شهری اصلی درجه‌یک شناخته می‌شوند). در این ۳ محور موردمطالعه قرار گرفتند که در جدول۷، نام محور و محل این سایت‌ها آورده شده است. همچنین به‌منظور بررسی نحوه اثرگذاری متغیرهای مربوط به راه و محیط اطراف مانند نوع منطقه، خصوصیات جاده و نوع شانه راه، سایت‌های مطالعه طوری انتخاب شدند که هرکدام از طبقه‌بندی‌های انجام‌شده را شامل شوند. در جدول ۸، مشخصات نوع منطقه، خصوصیات جاده و نوع شانه راه برای هرکدام از سراچه‌های موردمطالعه نمایش داده‌شده است.

روش جمع‌آوری داده‌ها

با توجه به مطالب بیان‌شده در قسمت ۱۰، روش تکمیل پرسشنامه‌ها به‌صورت حضوری و در کنار جاده، برای انجام مطالعه انتخاب‌شده است. با استفاده از متغیرهای موردبررسی در سایر مطالعات همچنین با توجه به خلأهای موجود در آن‌ها و در نظر گرفتن متغیرهایی که امکان ثبت آن‌ها وجود داشته باشد، اقدام به طراحی پرسشنامه شده است. تصویر پرسشنامه در پیوست موجود است.

با ارائه آموزش‌های لازم به آمارگیران و ذکر نکات ایمنی و اخلاقی به آن‌ها و همچنین توجیه نیروهای پلیس، عملیات آماربرداری بدون هیچ‌گونه سانحه رانندگی و یا مشاجره میان رانندگان، نیروهای پلیس و آمارگیران مطابق برنامه‌ریزی به پایان رسید.

جدول ۷. مکان‌های جمع‌آوری داده‌ها

شماره سایت	نام محور	محل سایت
١	زنجان به میانه-استان زنجان	١٥ کیلومتر تا شهر زنجان
٢	زنجان به میانه-استان زنجان	٤٨ کیلومتر تا شهر زنجان
٣	زنجان به بیجار-استان زنجان	٨ کیلومتر تا شهر زنجان
٤	زنجان به بیجار-استان زنجان	٢٢ کیلومتر تا شهر زنجان
٥	زنجان به بیجار-استان زنجان	٧٦ کیلومتر تا شهر زنجان
٦	زنجان به خرمدره-استان زنجان	٣٢ کیلومتر تا شهر زنجان
٧	زنجان به خرمدره-استان زنجان	٥٧ کیلومتر تا شهر زنجان
٨	زنجان به خرمدره-استان زنجان	٩٦ کیلومتر تا شهر زنجان

جدول ۸. مشخصات هندسی سایت‌های موردمطالعه

شماره سایت	نوع منطقه	خصوصیات جاده	نوع شانه راه
١	هموار	دارای قوس	شانه آسفالته با اختلاف سطح مناسب از رویه
٢	هموار	مستقیم و صاف	شانه آسفالته با اختلاف سطح مناسب از رویه
٣	کوهستانی	دارای قوس و شیب	شانه آسفالته بدون اختلاف سطح از رویه
٤	کوهستانی	دارای قوس	شانه آسفالته بدون اختلاف سطح از رویه
٥	کوهستانی	دارای شیب	شانه غیر آسفالته
٦	هموار	مستقیم و صاف	شانه آسفالته بدون اختلاف سطح از رویه
٧	هموار	دارای شیب	شانه آسفالته بدون اختلاف سطح از رویه
٨	هموار	دارای قوس	شانه آسفالته با اختلاف سطح مناسب از رویه

۳- تحلیل نتایج آزمایشات

۳-۱-متغیرهای مربوط به راننده متغیرهای مربوط به راننده

جدول۹. اطلاعات آماری مربوط به متغیر سن

نام متغیر	مینیمم	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار	واریانس
سن راننده	١٩	٧٩	٣٢/١٤	١١/٢١	٧٤/١٣٢
تعداد جریمه سرعت غیرمجاز در سال گذشته	٠	٨	٠/٤٢	٤/٣٢	١٨/٦٢

۳-۲-متغیرهای مربوط به‌وسیله نقلیه

اطلاعات آماری مربوط به این دو متغیر در۰ ۱۰ آورده شده است.

جدول١٠. اطلاعات آماری مربوط به حجم موتور و عمر خودرو

نام متغیر	مینیمم	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار	واریانس
حجم موتور خودرو	١٣٢٣	٣٩٥٦	١٦١٦/٢٣	٣٨٦/١٤	١٢١/٦٩
عمر خودرو	٠	٢٩	٤/٩٦	٦/٦٨	١٨/٦٣

٣-٣-متغیرهای مربوط به راه و محیط اطراف

تاکنون تأثیر عوامل مختلفی از راه و محیط اطراف بر سرعت رانندگان بررسی‌شده است که سرعت مجاز راه نیز یکی از این عوامل است، ولی در این میان وضعیت شانه راه کمتر موردتوجه قرارگرفته است.

٤-٣-متغیر مربوط به سفر

بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهد، هدف سفر بر انتخاب سرعت از سوی راننده تأثیر بسزایی داشته و در اغلب مطالعات صورت گرفته در این زمینه موردبررسی قرارگرفته است (Fildes Et al 1991)(Quimby Et al 1999).

٥-٣-ساخت مدل اول

جهت مدل‌سازی ٧٠٪ از داده‌ها به‌صورت تصادفی انتخاب‌شده و ٣٠٪ باقیمانده برای اعتبارسنجی مدل کنار گذاشته می‌شوند. برای ساخت مدل، باید یک طبقه از طبقات متغیر مستقل گسسته به‌عنوان مرجع انتخاب شود که به این منظور جنسیت مرد (DG_1)، راه با شانه آسفالته (RS_1)، سرعت مجاز ٩٥ کیلومتر (SL_3) و هدف سفر تفریحی (TP_1) به‌عنوان طبقات مرجع در نظر گرفته‌شده‌اند. مدل‌سازی با استفاده از روش پیش رو نسبت درست‌نمایی صورت گرفته است. مدل ساخته‌شده جهت پیش‌بینی احتمال انتخاب سرعت غیرمجاز از سوی رانندگان مطابق رابطه زیر است:

$$LN\ (P) = -2.397\ 1.812DG_2 - 0.32DA + 0.02EP - 0.87CA + [2.16SL_1 \text{ or } 3.57SL_2]$$

که در رابطه بالا p احتمال انتخاب سرعت غیرمجاز توسط راننده است و سطوح متغیرها در داخل کروشه‌ها نشان داده‌شده است. درجدول ١١ ضرایب و سطح معنی‌داری آن‌ها برای متغیرها و تعاملات معنی‌دار آن‌ها نشان داده‌شده است. همچنین در این جدول مقدار آماره والد، درجه آزادی متغیرها و سطوح آن‌ها (df)، معنی‌داری متغیرها و سطوح آن‌ها (.Sig)، نسبت بخت‌ها (Exp(B)) و حدود اطمینان آن برای ٩٥ درصد سطح اطمینان (95% CI) نشان داده‌شده است.

٦-٣-نتایج ارزیابی و اعتبارسنجی مدل

همان‌طور که در ١١ مشاهده می‌شود، مقادیر معنی‌داری آماره والد نشان می‌دهد، تمامی متغیرها به همراه سطوحشان، بر متغیر وابسته تأثیر آماری معنی‌داری دارند (Sig.<٠/٠٥) یا به‌عبارت‌دیگر، تمامی متغیرهای مستقل واردشده در مدل، قادر به پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته (انتخاب سرعت غیرمجاز یا مجاز) هستند و توانایی پیش‌بینی آن‌ها در سطح کوچک‌تر از ٠/٠٥ معنی‌دار است.

جدول ١٢ نتایج مربوط به دو آماره لگاریتم درست نمائی و ضرایب تعیین پزودو (شامل ضریب تعیین کاکس و نل و ضریب تعیین نیجل کرک) را نشان می‌دهد. مقدار آماره لگاریتم درست نمائی هرچقدر کمتر باشد نشان‌دهنده توانایی مدل در پیش‌بینی واریانس متغیر وابسته است. مقادیر ضرایب تعیین پزودو بین صفر و یک تغییر کرده و مقادیر بالاتر از ٠/١٥ برای این ضرایب، نشان از برازش قابل‌قبول مدل است.

جدول ١١. ضرایب مدل و سطح معنی‌داری آن‌ها برای سطوح مختلف متغیرها

متغیر	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% CI	
							Lower	Upper
جنسیت زن (DG_2)	١/٨١٢	٠/٩٧	٥/٥١٦	١	٠/٠٣	٨/٨٦	٢/٨٤٧	٣٧/٥٦٢
سن (DA)	-٠/٣٢	٠/٤٢	٥/٥١٨	١	٠/٠٢	٠/٦٩٧	٠/٣٢٤	١
حجم موتور (EP)	٠/٠٢	٠/٠٢١	٨/٨٦٤	١	٠/٠٥	١/٠٢	١	١/٠٠٢
عمر (CA)	-٠/٨٧	٠/٥	٧/٠٣	١	٠/٠٠	٠/٠٨١٨	٠/٦٣٠	١/٩٦٣
سرعت مجاز (SL)			١٢/٥٠٢	٢	٠			
٦٠ km/h (SL_1)	٢/١٦	٠/٥٠	٦/٦٣٢	١	٠,٠١	٣/٦٧٨	١/٢	٧/٢١٤
٨٠ km/h (SL_2)	٣/٥٧	٠/٣٢٧	٢٥/٢٣٤	١	٠	٦/٥١٥	٢/٧٦٣	١٢/٤٧٨
ثابت مدل	-٢/٣٩٧	٠/٧١٧	٦/١٥٢	١	٠/٠٠٢	٠/٥٢		

جدول ١٢. نتایج مربوط به دو آماره لگاریتم درست نمائی و ضریب تعیین پزودو

-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
٣٤٧/٧٦٦	٠/٢٠٤	٠/٢٧٨

نتایج اعتبارسنجی مدل در جدول ١٣ آورده شده است. مطابق این جدول، مساحت زیر نمودار ROC برای مدل نهایی با ٠/٥ تفاوت معنی‌داری دارد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت طبقه‌بندی رانندگان با استفاده از مدل با شانس تفاوت معنی‌داری دارد.

جدول١٣. مساحت زیر نمودار و انحراف استاندارد آن برای مدل نهایی

	Area	Std. Error	Asymptotic Sig.	95% Confidence Interval	
				Lower	Upper
٧٠ درصد داده‌ها	٠/٧٦٨	٠/٠٢٨	٠/٠٠٠	٠/٧١٣	٠/٨٢٣

٨-٣-ساخت مدل دوم

در این تحقیق به منظور بررسی بیشتر متغیرهای مستقل پیوسته و تأثیر آن‌ها بر متغیر وابسته، از حداقل کردن آنتروپی استفاده شده که برای این منظور، روش کارت مورد استفاده قرار گرفته است. کارت مدلی ناپارامتری و بدون هرگونه پیش فرض در خصوص رابطه بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته یا *هدف* است. کارت، ابزاری مفید در تعیین مهم‌ترین متغیرهای مستقل و حل مسائل دسته‌بندی است. نتایج حاصل از روش کارت در قالب مدل‌های درختی یا درخت تصمیم ارائه می‌شود. در ادامه توضیحاتی مربوط به درخت تصمیم و نحوه طبقه‌بندی متغیرها توسط مدل کارت بیان می‌شود.

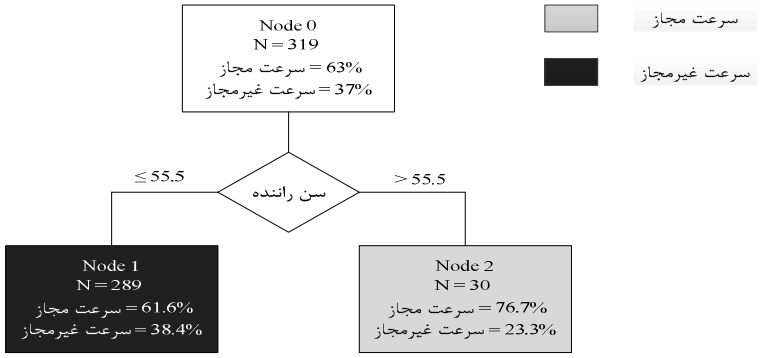
١-٨-٣-گسسته‌سازی متغیرهای پیوسته

در این بخش از انجام مطالعه، به منظور گسسته‌سازی متغیرهای پیوسته از روش کارت که یکی از ابزارهای دسته‌بندی می‌باشد، استفاده می‌شود. از آنجا که با تغییر در تعداد حداقل داده‌های موجود در هر یک از زیرگروه‌ها، رشد درخت‌های تصمیم و به تبع آن گسسته‌سازی متغیرها متفاوت خواهد بود. یک فرض برای ادامه تحلیل در نظر گرفته شده است.

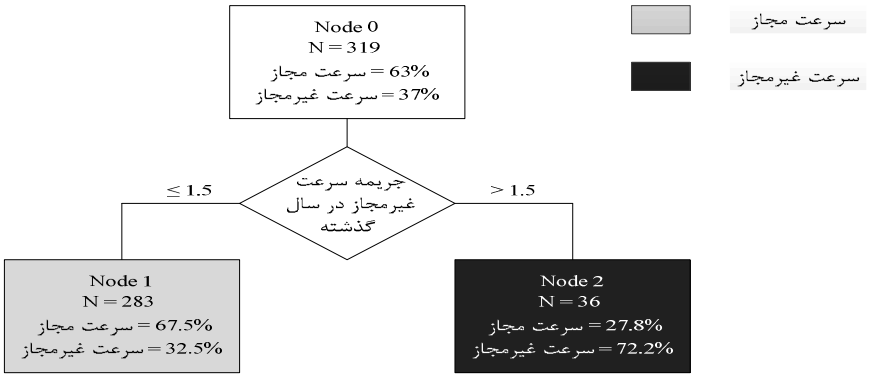
- از آنجایی که هدف، ساخت مدلی است که بتوان آنرا با مدل قبلی مقایسه نمود، گسسته‌سازی‌هایی برای متغیرهای پیوسته قابل قبول می‌باشند، که به هنگام ساخت مدل با روش پیش‌رو نسبت درست‌نمایی، هیچ‌کدام از ٧ متغیری که در مدل قبل حضور داشته‌اند، از مدل جدید حذف نشوند. با توجه به فرض در نظرگرفته شده برای گسسته‌سازی و تعداد داده‌های آموزشی مدل (٧٠٪ انتخابی از داده‌ها)، مقدار ٣٪ به عنوان حد آستانه برای پارامتر ساپورت درخت تصمیم در نظر گرفته شده است. لذا بایستی حداقل ١٠ داده در هر یک از گره‌های نهایی درخت تصمیم مربوط به هر متغیر پیوسته وجود داشته باشد. با در نظر گرفتن مقدار ٣٪ برای پارامتر ساپورت، درخت تصمیمی برای متغیر عمر خودرو تشکیل نشد، لذا این متغیر بصورت پیوسته و بدون گسسته‌سازی در مدل دوم مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

•درخت مربوط به متغیر سن راننده را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، ٥٥/٥ سال به عنوان نقطه برش متغیر سن راننده انتخاب شده است. برای سنین کمتر از ٥٥ سال به علت اینکه درصد سرعت غیرمجاز رانندگان (٣٨/٤٪)

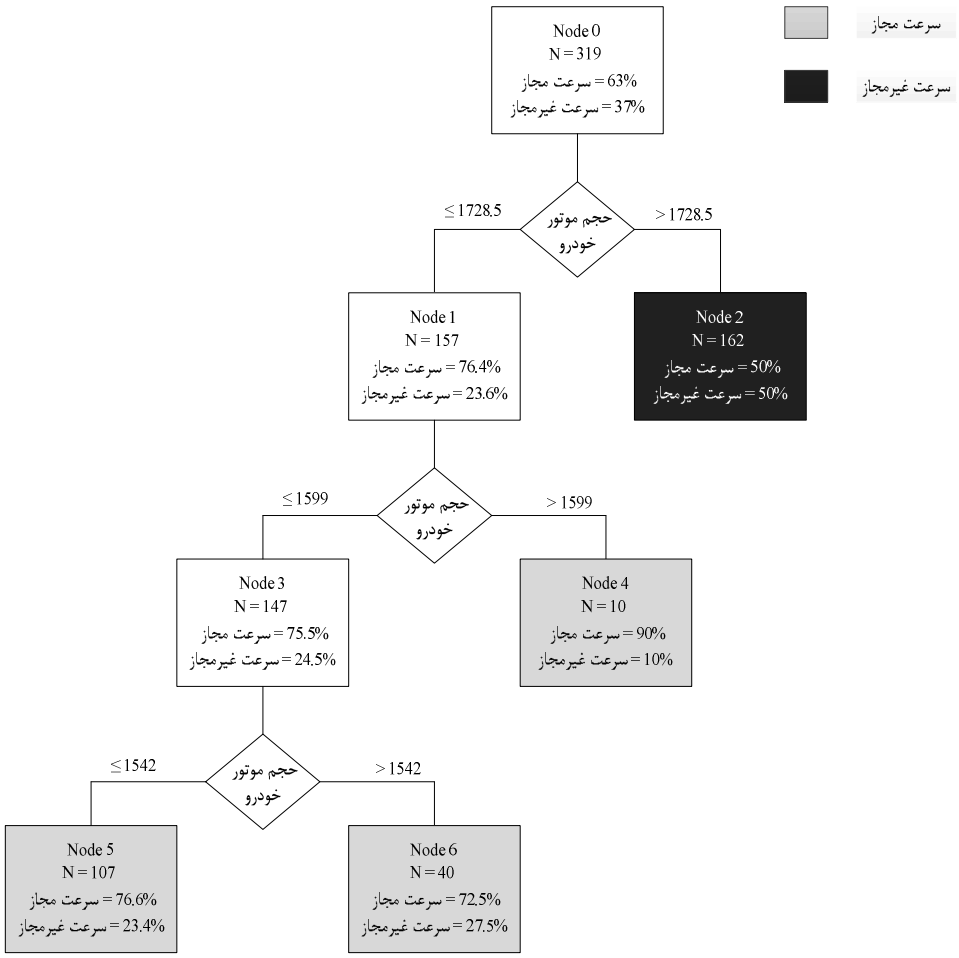
در گره ۱ بیشتر از درصد سرعت غیرمجاز در گره ریشه (۳۷٪) می‌باشد، گره ۱ برچسب سرعت غیرمجاز خورده است. برای سنین بالای ۵۵/۵ سال، درصد سرعت مجاز رانندگان (۷٦/۷٪) در گره ۲، بیشتر از درصد سرعت مجاز در گره ریشه (٦۳٪) بوده و به همین دلیل این گره، سرعت مجاز برچسب گذاری شده است. با توجه به درخت تشکیل شده برای سن راننده، این متغیر در دو سطح رانندگان ۵۵/۵ ساله و کمتر و رانندگان مسن‌تر از ۵۵/۵ سال تعریف شده و برای ساخت مدل دوم مورد استفاده قرار می‌گیرد. درخت مربوط به متغیر تعداد جریمه در سال گذشته را نشان می‌دهد. با توجه به این درخت، تعداد ۱/۵جریمه به عنوان نقطه برش متغیر در نظر گرفته شده است. گره ۱ که مربوط به تعداد کمتر و مساوی ۱/۵جریمه می‌باشد، برچسب سرعت مجاز خورده و گره ۲ که مربوط به بیشتر از ۱/۵ جریمه می‌باشد، سرعت غیرمجاز برچسب گذاری شده است. با توجه به درخت شکل ۸، متغیر تعداد جریمه سرعت غیرمجاز نیز در دو سطح رانندگانی دارای ۱/۵ جریمه و کمتر و رانندگان دارای بیشتر از۱/۵ جریمه سرعت غیرمجاز تعریف شده و در مدل دوم اعمال می‌شود. درخت مربوط به متغیر حجم موتور خودرو در 0شکل ۸ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، این متغیر در سه مرحله گسسته‌سازی شده که اولین نقطه برش آن، حجم موتور ۱۷۲۸/۵ سی‌سی می‌باشد. گره ۲ که مربوط به حجم موتور بیشتر از ۱۷۲۸/۵ سی‌سی می‌باشد، برچسب سرعت غیرمجاز خورده و گره ۱ برای حجم موتور کمتر و مساوی ۱۷۲۸/۵ سی‌سی، مجدداً در حجم موتور ۱۵۹۹ سی‌سی به دو زیر گروه یا گره میانی تقسیم می‌شود. گره ٤ که مربوط به حجم موتور بیشتر از ۱۵۹۹ سی‌سی بوده، با توجه به درصد داده‌های سرعت مجاز و غیرمجاز موجود در این گره، برچسب سرعت مجاز خورده و گره ۳، مجدداً در حجم موتور ۱۵٤۲ سی‌سی گسسته شده است. دو گره نهایی ۵ و ٦ نیز به علت اینکه درصد سرعت مجاز در آن‌ها بیشتر از گره ریشه می‌باشد، برچسب سرعت مجاز خورده‌اند.



شکل۷. درخت تصمیم برای متغیر سن راننده



شکل ۸. درخت تصمیم برای متغیر جریمه سرعت غیرمجاز در سال گذشته



شکل۹. درخت تصمیم برای متغیر حجم موتور خودرو

با توجه به درخت، متغیر حجم موتور خودرو در ٤ سطح، [١٥٤٢ – ١٣٢٣]، [١٥٩٩ – ١٥٤٢) ، [١٧٢٨/٥ – ١٥٩٩) و [٣٩٥٦ – ١٧٢٨/٥) سی‌سی تعریف شده و وارد مدل دوم می‌شود.

۹-۳-ساخت مدل

$$LN\,(P) = -1.46 + 2.83DG_2 - 1.14DA + 0.32EP - 1.01CA + 6.22SL_2$$

که در رابطه بالا p احتمال انتخاب سرعت غیرمجاز توسط راننده می‌باشد و سطوح متغیرها در داخل کروشه‌ها نشان داده شده است.

۱-۹-۳-نتایج ارزیابی و اعتبارسنجی مدل

همانطور که مشاهده می‌شود، سطوح EP2، EP3 از متغیر حجم موتور خودرو و سطح TP3 از متغیر هدف سفر بر متغیر وابسته تأثیر آماری معنی‌داری ندارند (Sig.>۰/۰۵).

نتایج مربوط به دو آماره لگاریتم درست‌نمائی و ضرایب تعیین پزودو (شامل ضریب تعیین کاکس و نل و ضریب تعیین نیجل کرک) درجدول ۱۵ نشان می‌دهد، مدل دارای برازش قابل قبولی می‌باشد.

جدول ١٤. متغیرهای مدل دوم به همراه نماد و نحوه تعریف هر یک از آن‌ها

ردیف	نام متغیر	نماد	نحوه تعریف (واحد)	گروه متغیر
١	جنسیت	DG		
		DG_1	١- مرد	
		DG_2	٢- زن	
٢	سن	DA		متغیرهای مربوط به انسان
		DA_1	[١٩ – ٥٥/٥] سال	
		DA_2	(٥٥,٥ – ٨١] سال	
٣	تعداد جریمه سرعت غیرمجاز در سال گذشته	NOTFSLY		
		$NOTFSLY_1$	[٠ - ١/٥]	
		$NOTFSLY_2$	(١/٥ – ١٠]	
٤	حجم موتور	EP	سی‌سی	
		EP_1	[١٣٢٣ – ١٥٤٢]سی‌سی	
		EP_2	(١٥٤٢ – ١٥٩٩] سی‌سی	متغیرهای مربوط به وسیله نقلیه
		EP_3	(١٥٩٩ – ١٧٢٨,٥] سی‌سی	
		EP_4	(١٧٢٨/٥ – ٣٩٥٦] سی‌سی	
٥	عمر	CA	سال	
٦	شانه راه	RS		
		RS_1	١- شانه آسفالته	
		RS_2	٢- شانه غیرآسفالته	متغیرهای مربوط به راه و محیط اطراف
٧	سرعت مجاز	SL		
		SL_1	km/h٦٠ -١	
		SL_2	km/h٨٠ -٢	
		SL_3	km/h٩٥ -٣	
٨	هدف سفر	TP		
		TP_1	١- تفریحی	متغیر مربوط به سفر
		TP_2	٢- کاری	
		TP_3	٣- مأموریت اداری	

جدول١٥. نتایج مربوط به دو آماره لگاریتم درست‌نمائی و ضریب تعیین پزودو

-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
١٤/٥٥٢	٠/١٥	٠/٢١٧

مطابق ١٦٠ مساحت زیر نمودار ROC برای مدل نهایی با ٠/٥ تفاوت معنی‌داری دارد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت طبقه‌بندی رانندگان با استفاده از مدل با شانس تفاوت معنی‌داری دارد.

جدول ١٦. مساحت زیر نمودار و انحراف استاندارد آن برای مدل دوم

	Area	Std. Error	Asymptotic Sig.	95% Confidence Interval	
				Lower	Upper
٧٠ درصد داده‌ها	٠/٦٢٥	٠/٠٢	٠/٠٠٣	٠/٧٤٢	٠/٨٤٤

١٠-٣-مقایسه دو مدل

هدف از ساخت مدل دوم، ارتقای مدل با استفاده از گسسته‌سازی متغیرهای پیوسته توسط روش کارت بوده است. جدول ١٧ نتایج مربوط به دو آماره لگاریتم درست‌نمائی و ضریب تعیین پزودو را در دو مدل با یکدیگر مقایسه می‌کند. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، هرچقدر مقدار آماره لگاریتم درست‌نمائی کمتر و در مقابل ضریب تعیین پزودو بیشتر باشد، مدل از قابلیت برازش بیشتری برخوردار است. با توجه به مدل اول که با متغیرهای گسسته‌سازی نشده توسط روش کارت ساخته شده است، قدرت برازش بیشتری دارد.

همچنین مطابق جدول ١٨ مساحت زیر نمودار ROC برای هر دو مدل با ٠/٥ تفاوت معنی‌داری دارد ولی برای مدل اول، سطح زیر این نمودار بیشتر است که نشان می‌دهد دقت این مدل در طبقه‌بندی، بیشتر از مدل دوم می‌باشد.

جدول١٧. نتایج مربوط به دو آماره لگاریتم درست‌نمائی و ضریب تعیین پزودو

	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
مدل اول	٣٤٧/٧٦٦	٠/٢٠٤	٠/٢٧٨
مدل دوم	٥٥٢/١٤	٠/١٥	٠/٢١٧

جدول ١٨. مساحت زیر نمودار و انحراف استاندارد آن برای دو مدل

	Area	Std. Error	Asymptotic Sig.	95% Confidence Interval	
				Lower	Upper
مدل اول	٠/٧٦٨	٠/٠٢٨	٠/٠٠٠	٠/٧١٣	٠/٨٢٣
مدل دوم	٠/٦٢٥	٠/٠٢	٠/٠٠٣	٠/٧٤٢	٠/٨٤٤

این نتایج نشان داد، گسسته‌سازی صورت گرفته در متغیرهای پیوسته به روش کارت، نتوانسته است به بهبود مدل کمک کند.

٤- جمع‌بندی

معمولاً تخطی از سرعت مجاز یکی از عوامل اصلی حوادث رانندگی در راه‌های برون‌شهری است و باید در مورد عوامل مؤثر بر انتخاب سرعت از سوی رانندگان، مطالعاتی در داخل کشور انجام می‌شد. لذا با توجه به اهمیت موضوع، این پایان‌نامه در این حوزه تعریف شده است. برای رسیدن به اهداف این تحقیق، بایستی داده‌های مربوط به انتخاب سرعت از سوی رانندگان با روشی مناسب جمع‌آوری می‌شد. به این منظور جمع‌آوری اطلاعات با استفاده از پرسشنامه و با کمک اکیپ‌های کنترل سرعت پلیس‌راه‌های استان زنجان صورت گرفت. مکان‌های جمع‌آوری داده‌ها، در راه‌های اصلی برون‌شهری استان زنجان قرار داشتند که تمامی محورهای اصلی و ارتباطی میان استان زنجان و استان‌های مجاور، شامل استان های آذربایجان شرقی، کردستان و قزوین را در بر می‌گرفتند. سرعت هر خودرو توسط دوربین پلیس ثبت و بعد از متوقف نمودن خودرو توسط پلیس، اقدام به تکمیل پرسشنامه‌ها به صورت حضوری می‌شد. البته موقعیت حضور

پلیس به نحوی بود که در دید رانندگان قرار نداشته و لذا سرعت آن‌ها تحت تأثیر قرار نمی‌گرفت. همچنین ثبت سرعت و تکمیل پرسشنامه از هر دو گروه از خودروها با سرعت مجاز و غیرمجاز صورت گرفته و منحصر به رانندگان متخلف نمی‌شد. اطلاعات مربوط به راننده از گواهینامه، اطلاعات مربوط به خودروها از پلاک و کارت خودرو، بیمه‌نامه و سایت کارخانه‌های سازنده خودرو، اطلاعات سفر و سرنشین‌ها از طریق مصاحبه حضوری با راننده و سایر اطلاعات مربوط به شرایط جوی، راه و محیط اطراف توسط آمارگیر ثبت شد. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها و حذف موارد نادرست و غیرقابل استناد تعداد ٢١٨ پرسشنامه آماده و اطلاعات آن‌ها استخراج گردید. به منظور ساخت مدل نیز ابتدا با استفاده از تمامی داده‌ها اقدام به انتخاب متغیرهای مهم شده، و بعد از آن با انتخاب ٧٠ از داده‌ها به صورت تصادفی، اقدام به ساخت مدل رگرسیون لجستیکی شد که احتمال انتخاب سرعت غیرمجاز از سوی رانندگان را برآورد کند. در ادامه مدل ارزیابی و با ٣٠٪ باقی‌مانده از داده‌ها، اعتبارسنجی گشته و بعد از آن به تحلیل نتایج آن پرداخته شد.

٥- نتیجه‌گیری

- به‌کاررفته شده توسط آن‌ها به‌منظور کاهش تخطی رانندگان از سرعت مجاز در ایران نیز قابل الگوبرداری و مفید است، وجود نداشت. بررسی کلی نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان می‌دهد الگوی انتخاب سرعت و متغیرهای مؤثر بر آن توسط رانندگان ایرانی و رانندگان سایر کشورها تا حدود بسیاری به یکدیگر نزدیک بوده و متغیرهای مؤثر و نحوه تأثیرگذاری آن‌ها بر انتخاب سرعت، میان هر دودسته از رانندگان شباهت زیادی دارد.
- عوامل متعددی بر انتخاب سرعت توسط رانندگان مؤثر بوده که نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، برخلاف نتایج سایر مطالعات، میانگین سرعت زنان در جاده‌های برون‌شهری از مردان بیشتر است. همچنین میزان تخطی از سرعت مجاز نیز توسط زنان نسبت به مردان بیشتر است. احتمال تخطی از سرعت مجاز توسط رانندگان جوان بیشتر از مسن‌ترها بوده و با افزایش سن رانندگان، از میزان این احتمال کاسته می‌شود. از میان متغیرهای مربوط به راه و محیط اطراف نیز سرعت مجاز و حاشیه راه بیشترین تأثیر بر انتخاب سرعت توسط رانندگان را داشته است؛ و رانندگان درراه‌هایی با شانه آسفالته بیشتر از راه‌هایی با شانه غیر آسفالته از سرعت مجاز تخطی می‌کنند. همچنین میزان تخطی از سرعت مجاز درراه‌هایی با سرعت مجاز پایین‌تر، بیشتر است.
- ازآنجایی‌که به مطالعات در این حوزه در داخل کشور توجه مناسبی نشده و خلأ این دسته از مطالعات به‌وضوح احساس می‌شد، امکان اظهارنظر قطعی در مورد اینکه آیا نتایج مطالعات صورت گرفته در این زمینه در سایر کشورها و اقدامات.

٦- پی‌نوشت‌ها

1-Receiver Operating Characteristics
2- False positive rate
3- True positive rate

٧- مراجع

- صلاحیان، م. حسنی، الف. و ربیعی، د.، (١٣٩٢)، "بررسی رابطه بین سلامت روان و رغبت‌ها با سبک رانندگی"، فصلنامه علمی تخصصی طب کار، ٥، ص.٦٥-٥٧.
- مروتی شریف‌آباد، مؤمنی سروستانی، برخورداری فیروزآبادی و فلاح‌زاده (١٣٩٠)، "پاداش درک شده رانندگی غیرایمن و هزینه درک شده رانندگی ایمن به عنوان تعیین کننده‌های وضعیت رانندگی مردم شهر یزد - کاربردی از تئوری انگیزش محافظت"، مجله تحقیقات نظام سلامت، ١٤، ص. ١١-١.

-Arboretti, G.R. and L. Salmaso, (2007), "Model performance analysis and model validation in logistic regression", Statistica, 63(2), pp.375-396.
- Bolderdijk, J. W., Knockaert, J., Steg, E. M. and Verhoef, E. T., (2011), "Effects of pay-as-you-drive vehicle insurance on young drivers" speed choice, results of a Dutch field experiment, Accident Analysis & Prevention, 43(3), pp.1181-1186.
- Elvik, R., Christensen, P. and Amundsen, A., (2004), "Speed and road accidents, an evaluation of the Power Model", TOI report, 740.
- Fildes, B., Rumbold, G. and Leening, A., (1991), "Speed behavior and drivers' attitude to speeding,

Monash University Accident Research Centre Report No. 16.

- Fleiter, J.J., Lennon, A. and Watson, B., (2010), "How do other people influence your driving speed? Exploring the 'who' and the 'how' of social influences on speeding from a qualitative perspective", Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior, 13(1), pp.49-62.

- Haglund, M. and Aberg, L., (2000), "Speed choice in relation to speed limit and influences from other drivers", Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 3(1), pp.39-51.

- Kleinbaum, D. G., Klein, M. and Pryor, E. R., (2010), "Logistic regression: a self-learning text: Springer".

- Peer, E. and Rosenbloom, T., (2013), "When two motivations race: The effects of time-saving bias and sensation-seeking on driving speed choices", Accident Analysis & Prevention, 50(0), pp.1135-1139.

-Quimby, A., Maycock, G., Palmer, C. and Buttress, S., (1999), "The factors that influence a driver's choice of speed - a questionnaire study", TRL Report 325 (Crowthorne: Transport Research Laboratory).

-Tay, R., (2009), "The effectiveness of automated and manned traffic enforcement. International journal of sustainable transportation", 3(3), pp.178-186.

- Wasielewski, P., (1984), "Speed as a measure of driver risk: observed speeds versus driver and vehicle characteristics", Accident Analysis & Prevention, 16(2), pp.89-103.

-Wasielewski, P., Evans, L., (1985), "Do drivers of small cars take less risk in everyday driving? Risk Analysis, 5(1), pp.25-32.

Introduce a Model for Speed Choice on Rural Roads According To Geometric Design and Roadside Characteristics (Case Study: Zanjan Province Rural Roads)

Rezvan Babagoli, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, University of Science and Technology of Mazandaran, Behshahr, Iran.
Amirreza Jelve Zide Sarayi, M.Sc. Grad., Student, Faculty of Civil Engineering, Aryan Institute of Science and Technology, Amirkola, Iran.

E-mail: rezvan_babagoli@yahoo.com

Received: July 2021-Accepted: August 2021

ABSTRACT
Typically, speeding is one of the main drivers of road accidents in the out-of-town way. In this study, we tried to investigate the factors affecting speed selection by drivers by recording speed and completing a questionnaire on two-way vehicles in two-way axis of Zanjan province. For this purpose, various variables have been defined in five groups, variables related to driver, vehicle, road and environment, travel and occupants, and their data have been gathered. In order to analyze the data, a logistic regression model has been used that calculates the probability of the driver's choice of speed. The results of this study showed that with the increase in the age of drivers, the probability of choosing their unauthorized speed is reduced, and, in spite of decreasing the age of drivers, the probability of choosing an unauthorized speed increases. The results of the model also show that by increasing the engine volume, the drivers have been added the possibility of unauthorized speed selection. The results of the model show that the probability of committing a violation of speed in roads with speeds of 60 and 80 km / h is more than speeds of 95 km / h.

Keywords: Questionnaire, Selection of Authorized and Unsolicited Speed, Logistic Regression Model, External Axes