

ارزیابی و مدل‌سازی تغییر خط رانندگان در جاده‌ها با توجه به عوامل ایمنی راه‌ها

مقاله علمی - پژوهشی

شهریار افندی زاده*، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
حمید بیگدلی راد، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: zargari@iust.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۰۹ - پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۰

صفحه ۲۸-۱۵

چکیده

مدل‌های تغییر خط به عنوان یکی از اجزای مهم در شبیه‌سازی‌های ترافیک میکروسکوپی محسوب می‌شوند که به طور فزاینده ابزار انتخابی برای طیف گسترده‌ای از کاربردهای ترافیکی در سطح عملیاتی هستند. در این مطالعه تلاش است تا با روشی نوین داده‌های مناسب جمع‌آوری و مدل برتر ارائه شود. حدفاصل زیباشهر قزوین تا گلشهر کرج به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. از طریق نصب دوربین و شناسایی تصویر با استفاده از نرم افزارهای آماری به ساخت مدل پرداخته شد. مدل براونی به منظور ساخت مدل تغییر خط انتخاب شد. نتایج بیانگر آن هستند که مدل لگاریتمی نسبت به بقیه مدل‌ها ضریب تعیین بهتری دارد و مدل قدرتمندتری است. همچنین مدل "آراس ام" با مقدار ضریب "خوبی برازش" بالاتر مدل بهتری را ارائه می‌دهد. متغیر پاسخ به طور سه بعدی در برابر تغییرات فاصله از جلو و فاصله از عقب بدست آمد. مقادیر فاصله از جلو و فاصله از عقب دارای اثرگذاری بیشتری نسبت به مقادیر فواصل از چپ و راست دارد. خروجی داده‌های آزمایشی از محل مورد مطالعه و مدل براونی دارای اختلاف میانگین کمی بوده و انحراف معیار نیز بسیار کم گزارش شده است. میزان همبستگی نیز مقدار معقول و مطلوبی بدست آمد که نشانگر اختلاف کم بین مشاهدات میدانی و مدل حرکت براونی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تغییر خط رانندگان، مدل‌سازی آماری، مدل براونی، ایمنی آزادراه‌ها

۱- مقدمه

خودکار، درک و دقت مدل‌های رفتار تغییر خط و تعقیب خودرو، شامل واکنش تصمیمات راننده جهت عملکرد ایمن این خودروها و ترافیک اطراف حیاتی است. همچنین تعقیب خودرو بالغ بر پنجاه سال است که توسط محققان مورد پژوهش قرار گرفته است؛ در حالیکه آزمایشات کمتری بر رفتار تغییر خط انجام گرفته است. این موضوع ممکن است بدین دلیل باشد که: (۱) تغییر خط شامل حرکت در دو بعد است و (۲) نسبتاً

تعقیب خودرو و تغییر خط دو عمل اجتناب‌ناپذیر در حین رانندگی هستند. مدل‌های تعقیب خودروی بسیاری به کار گرفته می‌شوند؛ در صورتی که نسبتاً مدل‌های تغییر خط کمتری ایجاد شده است. مدل‌های کلاسیک تغییر خط عمدتاً بر رفتار و پذیرش گپ انتخاب خط تمرکز دارند (An et al., 2020). می‌توان گفت که مدل‌های تغییر خط و تعقیب خودرو آجرهای بنیادی ساختمان نظریه جریان ترافیک هستند. با ظهور خودروهای خودکار و نیمه

خط هدف به کاهش سرعت اتفاق می‌افتد و یا در تقاطعات با بار سنگین ترافیکی جهت همگرا شدن به جریان ترافیکی رخ می‌دهد. تغییر خط مشارکتی؛ این نوع تغییر خط نیز همانند تغییر خط تحمیلی تحت شرایط سنگین ترافیکی رخ می‌دهد اما با این تفاوت که همگرا شدن خودروی هدف با مشارکت دوستانه خودروی عقب در خط هدف همراه خواهد بود (Afandi Zade (Zargari et al., 2019).

اولین مدل غیرخطی به منظور تعیین تعداد تغییر خط توسط الیور و لام (۱۹۶۵) معرفی شد. این مدل بر این فرض استوار بود که تعداد مانورهای تغییر مسیر از خط i به خط $i+1$ متناسب با توان دوم تراکم در خط i ضرب در اختلاف بین تراکم و تراکم بحرانی در خط $i+1$. در این مدل تعداد مانور تغییر مسیر از خط i به $i+1$ و از $i+1$ به i دو متغیر متفاوت فرض می‌شوند، بنابراین تعداد و سایل نقلیه ورودی با تعداد خروجی متفاوت است. سپس مدل **Gipps** است که جهت تشریح رفتار خودروها و کامیون‌های در حال ورود، در حال گذر و در حال خروج از یک قطعه جاده طراحی شد؛ تا در کنار یک مدل تعقیب خودرو (Gipps, ۱۹۸۶) که محدودیت‌هایی بر ترمزگیری یک راننده اعمال می‌کرد استفاده شود، به گونه‌ای که سرعت ایمن مربوط به یک خودروی عقبی را محاسبه کند. درخت تصمیمی که برای این مدل پیشنهاد شد، پارامترهای متنوعی را در نظر می‌گیرد که شامل: انتخاب خط، امکان سنجی تغییر خط، رفتار راننده، اضطراب تغییر خط، نوع خطوط تردد، نوع خودروها و ایمنی هستند. مدل **Gipps** در واقع یک ساختار مرتبط با تصمیماتی است که قبل از تغییر خط گرفته می‌شوند. تصمیم به تغییر خط بسته به ترکیبی از معیارهایی است که با آن مواجه می‌شوند. برخی از این معیارها تابع معیارهای دیگر هستند و تنها تحت شرایط خاصی لحاظ می‌شوند. همانند هر مدل پیچیده‌ای امکان اثبات این مدل وجود ندارد و تنها می‌توان آن را بی اعتبار کرد. احمد و همکاران تغییر خط را نتیجه چهار عمل متوالی زیر فرض می‌کنند؛ تصمیم به تغییر خط، انتخاب خط راست یا چپ، پذیرش یک گپ در خط هدف و انجام مانور تغییر خط. سپس این چهار عمل توسط دو زیرمدل دیگر مدلسازی می‌شوند؛ تصمیم به تغییر خط و انتخاب خط راست یا چپ، و مدل پذیرش گپ. این مدل همچنین اعمال

خودروهای بی‌شتری (نزدیک به پنج خودرو) در یک رویداد تغییر خط دخیل هستند. در مقابل، معمولاً تعقیب خودرو شامل دو خودرو است که یکی دیگری را در خط یکسان دنبال می‌کند. بنابراین پژوهش، تغییر خط پیچیده‌تر و چالش برانگیزتر از تعقیب خودرو است (Balal et al., 2016). تغییر خط یک زیر شاخه است که بسیاری از جنبه‌های حیاتی رانندگی همانند: کنترل سطح پایین (یعنی فرمان و شتاب)، نظارت (یعنی حفظ آگاهی از وضعیت) و تصمیم‌گیری (یعنی چه زمانی باید تغییر خط داد) را شامل می‌شود (Afandizadeh et al., 2023). تغییر خط تأثیر چشمگیری بر جریان ترافیک دارد. بنابراین مدل‌های تغییر خط به عنوان یکی از اجزای مهم در شبیه‌سازی‌های ترافیک میکروسکوپی محسوب می‌شوند که به طور فزاینده ابرار انتخابی برای طیف گسترده‌ای از کاربردهای ترافیکی در سطح عملیاتی هستند (Afandizadeh et al., 2021). در سالیان اخیر تعدادی از مدل‌های تغییر خط در شبیه‌سازی‌های ترافیکی پیشنهاد و به کار گرفته شده‌اند. مدل‌های رفتار تغییر خط موجود، بر جنبه تصمیم به تغییر خط تأکید دارند (Hajisoleimani et al., 2021).

تغییر خط اجباری؛ به عنوان تغییر خط از سر اجبار و یا ضروری تلقی می‌شود. این نوع تغییر خط معمولاً زمانی اتفاق می‌افتد که یک خودرو سعی می‌کند از خط سمت چپ و یا میانی به راست ترین خط حرکت کند تا از آزادراه خارج شود. همچنین تغییر خط اجباری ممکن است در حالتی رخ دهد که یک خودرو از یک رمپ ورودی به تازگی وارد آزادراه شده است و سعی می‌کند به خط چپ یا میانی برود تا از خروجی پایین دست دوری کند. تغییر خط اجباری تجسمی میکروسکوپی از رفتار انتخاب مسیر ماکروسکوپی است (Zheng et al., 2019). تغییر خط اختیاری؛ تغییر خط اختیاری به عنوان تغییر خط آزاد یا دلخواه شناخته می‌شود. معمولاً زمانی اتفاق می‌افتد که یک راننده، خودروی دیگری با سرعت کمتر از سرعت مطلوب را تعقیب می‌کند که در این حین راننده جهت افزایش سرعت خود به خط مجاور می‌رود. پروسه تغییر خط اختیاری هنگامی آغاز می‌شود که سرعت کنونی راننده در شرایط غالب رانندگی از سرعت مطلوب او کمتر باشد (Abdi et al., 2020). تغییر خط تحمیلی؛ معمولاً تحت شرایط ترافیکی سنگین و با مجبورکردن راننده عقب در

اقدامات احتمالی آینده آنها را استنباط می‌کند. در این پژوهش، یک الگوریتم تصمیم‌گیری معرفی شده است.

هیداس یک مدل تغییر خط در شبیه‌ساز سیستم حمل و نقل هوشمند ارائه کرد. این مدل تحت شرایط ترافیکی سنگین و برای تغییر خط تحمیلی و مشارکتی ایجاد شد. هر جزء این مدل به تنهایی یک فرآیند پیچیده است (Hidas et al., 2002). گپ‌های زمانی نمایانگر بهتر رفتار راننده در مقایسه با گپ‌های فاصله‌ای هستند. همچنین گپ‌های زمانی تابعی از گپ‌های فاصله‌ای و سرعت خودروی عقب هستند. در این راستا "باهام" در سال ۲۰۰۹ یک مدل تغییر خط اجباری با مدل پذیرش گپ زمانی توسعه داد. گپ‌های پذیرفته یا رد شده بین خودروی هدف و خودروی فرضی جلو، و خودروی هدف و خودروی فرضی عقب در خط هدف، هنگامی که جفت خودروی جلو-عقب در حال تعقیب یکدیگر بودند آنالیز شدند (Bham, 2009). بالال و همکاران در سال ۲۰۱۶ یک سیستم استنباط فازی (ANFIS) ایجاد کردند که تصمیم‌باینری یک راننده مبنی بر اینکه تغییر خط اختیاری در آزادراه انجام دهد یا خیر را مدلسازی می‌کند. این مدل ANFIS ایجاد شده قابل به کارگیری در سیستم توصیه به تغییر خط در خودروهای هوشمند می‌باشد.

رودریگز و همکاران از ناظرانی استفاده کردند که همراه راننده در خودرو بودند. ناظران دستورالعمل‌های رانندگی را ارائه می‌دهند و اقدامات راننده را ثبت می‌کنند. مدت زمان تغییر خط در خیابان‌های شهری بین ۳/۵ تا ۶/۵ با میانگین ۵ ثانیه و در بزرگراه‌ها بین ۳/۵ تا ۵/۸ با میانگین ۵/۸ ثانیه بود (Rodríguez et al., 2021). کیمو و همکاران نیز از ناظران برای گردآوری داده در خودروها استفاده کردند. مدت زمان تغییر خط بین ۴/۳ تا ۱۳/۶ ثانیه بود. رانندگان جوان مدت زمان تغییر خط کوتاه‌تری داشتند، در حالی که مدت زمان تغییر خط برای افراد مسن طولانی‌تر بود. میانگین مدت زمان تغییر خط ۶ ثانیه بود (Kim et al., 2020). جین و همکاران اشاره کردند که وجود ناظر در این تحقیقات می‌تواند بر رفتار راننده تأثیرگذار باشد و منجر به عدم وجود رفتار طبیعی در رانندگی شود (Jeon et al., 2019). یک روش متفاوت که توسط یوان و همکاران در سال ۲۰۱۹ به کار گرفته شده است، از شبیه‌ساز رانندگی برای ارزیابی رفتار تغییر

پیچیده فوق را با فرض این که رانندگان در هر نقطه گسسته از زمان تصمیم‌گیری می‌کنند، ساده‌سازی می‌کند. هر چه از زمان تصمیم به تغییر خط قبلی بگذرد و یا به خروجی پایین دست نزدیکتر شود راننده تهاجمی‌تر شده و میل به تغییر خط افزایش می‌یابد (Ahmed et al., 1996).

به منظور شناسایی هدف رانندگان برای تغییر خط، بسیاری از محققان روش‌های از روش‌های مختلفی مانند طبقه‌بندی یادگیری ماشین، مانند مدل پنهان مارکوف (Sharma et al., 2022; Zheng and Hansen, 2017)، ماشین بردار پشتیبان (Cervantes et al., 2020; Pisner et al., 2020)، شبکه بیزین (Scanagatta et al., 2019)، شبکه عصبی مصنوعی (Abiodun et al., 2019) و شبکه عصبی عمیق (Samek et al., 2021) استفاده نموده‌اند. یانگ و همکاران (Zheng and Hansen, 2017) با استفاده از سیگنال‌های دینامیکی خودرو، مدل تشخیص تغییر خط مبتنی بر HMM را ایجاد کردند. آنها گزارش کردند که طبقه‌بندی مدل را می‌توان با ۸۰٫۳۶٪ برای تغییر خط به سمت چپ و ۸۳٫۲۲٪ برای تغییر خط به سمت راست در یک مجموعه داده واقعی پوشش داد. لیو و همکاران (Liu et al., 2019) یک مدل $ANN + SVM$ برای پیش‌بینی تصمیم رانندگان برای تغییر خط پیشنهاد داده است. اطلاعات مربوط به وضعیت و سیله نقلیه و وضعیت سطح جاده با استفاده از مدل‌های ANN افزایش می‌یابد و اطلاعات افزوده شده به SVM منتقل می‌شود تا تصمیم رانندگان را با دقت بالا تشخیص دهد. رن و همکاران برای مدلسازی تغییرات خط، از روش بیزین و درخت تصمیم استفاده نمودند. این مدل تصمیمات راننده در مورد ادغام خط یا عدم اتصال به خط را پیش‌بینی می‌کند. بهترین نتایج زمانی بدست آمد که هر دو طبقه‌بندی‌کننده درخت بیز و درخت تصمیم در یک اثر واحد ترکیب شوند (Ren et al., 2019). چن و همکاران (۲۰۲۰) از یک شبکه سلسله مراتبی بیزین برای پیش‌بینی الگوهای رفتاری استفاده کرده است. همچنین از رگرسیون‌های گاوسی برای طبقه‌بندی الگوی مسیر و پیش‌بینی رانندگی مستقل نیز استفاده شده است (تراوتمن و کراوز، ۲۰۱۰). رویکرد دیگر پیش‌بینی رفتاری است که با استفاده از تشخیص نقطه عطف بیزین انجام می‌شود. این هدف با بهره‌گیری از داده‌های تاریخی انجام شده، احتمال

۲-۱- تحلیل آماری و مدل رگرسیون

مدل نمادی از واقعیت است و در شرایطی که به دلیل محدودیت های اقتصادی، فنی و غیره امکان تجربه عملی موضوعات وجود ندارد، امکان درک چگونگی رفتار سیستم را فراهم می سازد. در این پژوهش پس از بررسی تحقیقات گذشته در زمینه مدل ها و متغیرهای موثر بر تصادفات، منطقه مطالعاتی تعیین و اطلاعات مورد نیاز جمع آوری شد. حال با استفاده از تکنیک رگرسیون و برازش توابع مختلف خطی و غیرخطی بر داده های جمع آوری شده و کالیبراسیون آن ها، مدل های مختلفی بدست آمد. در انتها با کنترل صحت و اعتبار مدل های برازش شده از طریق آزمون های آماری، مدل مناسب معرفی شده است. سعی و خطای بسیاری برای یافتن بهترین تابع انتقال برای متغیر وابسته و ترکیب متغیرهای مستقل به نحوی که بتواند بیشترین ارتباط ممکن بین آنها را ایجاد کند، به کمک نرم افزار SPSS و RSM انجام گرفت.

در این راستا توابع خطی و غیرخطی مورد بررسی قرار گرفتند. در نهایت پس از برازش مدل های متعدد بر داده های مورد نظر و انجام بررسی های اولیه با کمک آزمون های آماری، مناسب ترین مدل ها از بین ده ها مدل مختلف انتخاب شد و نتایج حاصل از آن ها مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در بخش مرور ادبیات عوامل موثر بر تغییر خط مورد بررسی قرار گرفتند و در این پژوهش تصمیم بر آن است که پارامترهای مکانی و فاصله ای مورد بررسی قرار گیرند به این ترتیب خواهیم داشت.

D_f : فاصله از خودرو جلویی

D_b : فاصله از خودرو عقبی

D_r : فاصله از خودرو سمت راست

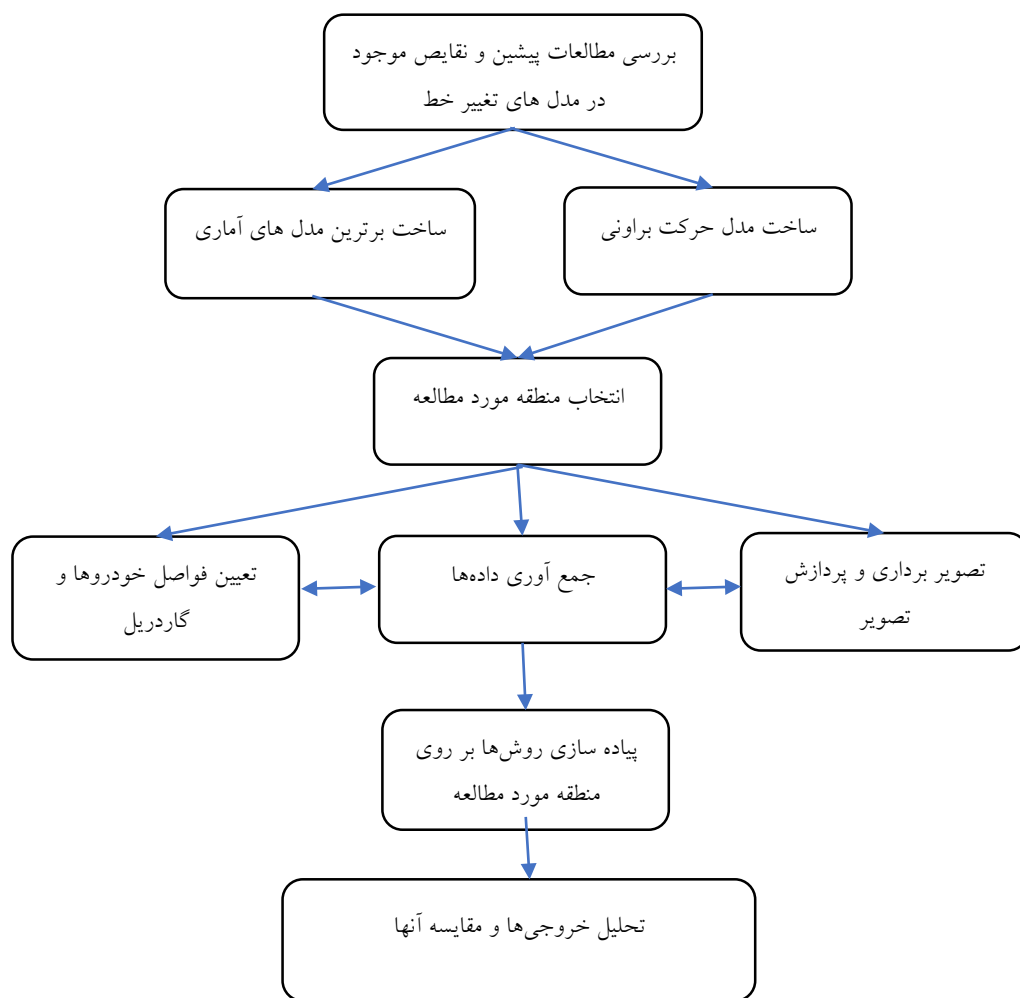
D_l : فاصله از خودرو سمت چپ

N_{Ch} : تعداد تغییر خط

خط استفاده می کند. از ۱۱ شرکت کننده در این آزمایش درخواست شد تا در یک بزرگراه چند خطه مجهز به شیبه ساز، رانندگی کنند. سپس از افراد خواسته می شود تا تمایل خود برای تغییر خط و تکمیل تغییر خط را گزارش دهند. بر اساس این مشاهدات، میانگین مدت زمان تغییر خط ۵/۱۴ با انحراف معیار ۰/۸۶ ثانیه تخمین زده شد. واقع گرایی محدود شیبه ساز رانندگی ممکن است نتایج همراه با انحراف را به همراه داشته باشد. به علاوه، تجهیزات مزاحمی که در این پژوهش استفاده شد ممکن است بر رفتار راننده تأثیر بگذارد. اگرچه روش های مورد استفاده در این تحقیقات با هم متفاوت می باشند، اما تمام این روش ها بیان می کنند که تغییر خط ها رویدادهای آنی نیستند. توسعه یک مدل تغییر خط برای شیبه ساز ترافیک با چند خط عبور، کار چالش برانگیزی است؛ به این دلیل که قاعده شفاف و مناسبی که به وسیله اکثریت رانندگان در تصمیم به تغییر خط مورد استفاده قرار بگیرد، وجود ندارد. معمولاً رفتار رانندگان در خودروهای تعقیب کننده و پیشتاز و همینطور طرح هندسی جاده، روی فرایند تغییر خط، تأثیر می گذارد. به طور مثال رانندگان تندرو بیش از رانندگان کندرو تغییر خط انجام می دهند. مدل های بسیاری به منظور بررسی رفتار تغییر خط مورد پژوهش قرار گرفته اند. اما در این پژوهش سعی شده است تا بر روی تعداد تغییر خط ها و اثر فواصل خودروها از یکدیگر بر روی آن تحقیق و مدلسازی شود (Yuan et al., 2019).

۲- روش شناسی تحقیق

مطابق شکل (۱) پس از بررسی مطالعات پیشین و پی بردن به نواقص موجود، مدل های آماری و مدل حرکت براونی به منظور تعیین تعداد تغییر خط رانندگان تعیین شدند. با انتخاب منطقه مورد مطالعه، جمع آوری داده ها از طریق تصویربرداری و پردازش آنها انجام شد و در نهایت مدل های مدنظر پیاده سازی شده و خروجی ها مورد تحلیل و مقایسه قرار گرفتند.



شکل ۱. فلوچارت روش پژوهش

۲-۱-۱- کنترل صحت مدل پیش‌بینی

در این بخش، مدل‌های ارائه شده با استفاده از آماره F و معنی داری این آماره مورد کنترل قرار می‌گیرند. همچنین معیارهای R^2 و R^2 اصلاح شده و آزمون معنی داری ضرایب رگرسیون و تفسیر مقادیر ضرایب، مورد بررسی قرار گرفته و براساس آن مدل مناسب انتخاب شده است. برای برآورد پارامترهای مدل از روش حداقل مربعات به دلیل خواص مفید آماری آن استفاده شده است. (۱)

$$F = \frac{(SSY - SSE) / K}{MSE} = \frac{R^2 / K}{(1 - R^2) / [n - (k + 1)]}$$

SSY مجموع مربعات خطا، SSE مجموع مربعات خطای کل و MSE میانگین مربعات خطا)

۲-۲- مدل حرکت براونی

حرکت براونی علاوه بر کاربرد در مکانیک سیالات و گازها، در سایر زمینه‌ها به کار رفته است. برای اولین بار لوئیس باچلیبر (۱۹۰۰) نشان داد که بازارهای مالی از فرآیندهای گام تصادفی تبعیت می‌کنند. بنابراین می‌توان برای الگوسازی بازارهای مالی از حساب احتمالات استاندارد استفاده کرد. فرآیندهای گام تصادفی اساساً یک حرکت براونی می‌باشند که تغییرات گذشته مستقل از تغییرات مقدار متغیر در آینده و گذشته می‌باشند. از دیگر کاربردهای حرکت براونی در بازار سهام و همچنین معاملات دینامیکی می‌باشد. اولین هدف در بخش حاضر شبیه سازی یک حرکت براونی یک بعدی $(X_t)_{t \geq 0}$ با مقدار اولیه مشخص $W_0 = \omega_0 \epsilon R$ می‌باشد. با فرض $t_0 = 0, t_1 > t_0, \dots > t_k$ گام

و برای انحراف α و واریانس σ^2 وابسته به زمان به صورت رابطه (۴) نوشته می‌شود.

(۴)

$$\begin{cases} x_0 & i=0 \\ x_i = x_{i-1} + \int_{t_{i-1}}^{t_i} \alpha(u) du + z_i \sqrt{\int_{t_{i-1}}^{t_i} \sigma^2(u) du} & i=1, 2, \dots, k \end{cases}$$

در ادامه اگر Z_1, Z_2, \dots متغیرهای تصادفی یکسان مستقل با توزیع $N(0,1)$ باشند بنابراین می‌توان نتیجه گرفت.

(۵)

$$\begin{cases} X_0 \equiv x_0 & i=0 \\ X_i = X_{i-1} + \int_{t_{i-1}}^{t_i} \alpha(u) du + Z_i \sqrt{\int_{t_{i-1}}^{t_i} \sigma^2(u) du} & i=1, 2, \dots, k \end{cases}$$

که در رابطه (۵) به طور مشخص $X_i - X_{i-1}$ دارای توزیع نرمال $N\left(\int_{t_{i-1}}^{t_i} \alpha(u) du, \int_{t_{i-1}}^{t_i} \sigma^2(u) du\right)$ می‌باشد که به طور مشخص یک گام تصادفی است.

با توجه به وابستگی α و σ به زمان، انتگرال رابطه (۴) ممکن است به آسانی قابل محاسبه نباشد. می‌توان با فرمول‌های مربع‌سازی آنها را جایگزین کرد، در ساده‌ترین حالت α و σ به صورت $\alpha(t_{i-1})$ و $\sigma(t_{i-1})$ روی بازه $[t_{i-1}, t_i]$ تقریب زده می‌شوند. در این صورت معادله (۴) را به صورت رابطه ذیل جایگزین می‌شود.

(۶)

$$x_i = x_{i-1} + \alpha(t_{i-1})(t_i - t_{i-1}) + z_i \sigma(t_{i-1}) \sqrt{t_i - t_{i-1}} \quad i=1, \dots, k$$

می‌شود. با Z_i و w_i که بردارهای R^d بعدی می‌باشد. (هر Z_i با ارقام تصادفی d ساخته می‌شود که متغیرهای تصادفی توزیع $i.i.d$ $N(0, 1)$ را نشان می‌دهد) این با استقلال شبیه‌سازی هر جزء از حرکت براونی d بعدی با استفاده از یک بعدی با رابطه (۳) معادل

تصادفی با شروع از ω_0 ساخته می‌شود و گام تصادفی از ω_0 تا ω_1 نشان دهنده مقدار W_{t_1} و همین‌طور تا رسیدن به ω_k نشان دهنده مقدار W_{t_k} است. این گام تصادفی باید طوری ساخته شود که نتایج دقیقاً در برگیرنده تعریف شماره ۱ باشد. در حالی که شبیه‌سازی یک فرایند پیچیده ممکن است مشکل و یا غیرممکن باشد، با بکارگیری حرکت براونی به آسانی یک شبیه‌سازی دقیق با استفاده از ویژگی‌های بازه‌ای به دست می‌آید. در ادامه به بررسی چگونگی شبیه‌سازی پرداخته شده است. دنباله (Z_1, Z_2, \dots) را از مقادیر مستقل، یکسان توزیع شده متغیر تصادفی توزیع $N(0,1)$ در نظر گرفته می‌شود. پس از آن مقادیر $(\omega_0, \dots, \omega_k)$ را از رابطه (۲) به صورت بازگشتی تعریف می‌شود. در این رابطه مقدار ω_0 یک مقدار اولیه معین است.

(۲)

$$\begin{cases} \omega_0 & i=0 \\ \omega_i = \omega_{i-1} + z_i \sqrt{t_i - t_{i-1}} & i=1, 2, \dots, k \end{cases}$$

ساختاری مشابه با رابطه (۳) برای یک حرکت براونی $(X_t)_{t \geq 0}$ با انحراف α و واریانس σ^2 به صورت رابطه (۴) نوشته می‌شود. بنابراین رابطه بازگشتی حرکت براونی به صورت زیر نوشته می‌شود که در این رابطه مقدار اولیه X_0 مفروض در نظر گرفته می‌شود.

(۳)

$$\begin{cases} x_0 & i=0 \\ x_i = x_{i-1} + \alpha(t_i - t_{i-1}) + z_i \sigma \sqrt{t_i - t_{i-1}} & i=1, 2, \dots, k \end{cases}$$

شبیه‌سازی حرکت براونی چند بعدی

اگر حرکت براونی d بعدی ماتریس کواریانس $\sum AX_t$ را داشته باشد، آنگاه یک تجزیه $\sum AX_t = AA^t$ لازم است. در ساده‌ترین حالت یعنی $\alpha = 0$ (نبود انحراف) و $\sum AX_t = Id$ ساختار گام تصادفی روابط (۲) و (۳) مستقیماً به حالت d بعدی تبدیل

۲-۳- جمع آوری داده

به منظور جمع‌آوری داده‌ها، چهار دوربین در جهات مختلف خودرو قرار داده می‌شود. از طریق برنامه نویسی ارتباط دوربین‌ها با مرکز پردازش برقرار شده و بوسیله پردازش تصویر، خودروها و گاردریل‌های اطراف آزادراه شناسایی می‌شود (شکل ۱). در هر لحظه که شناسایی انجام می‌شود، فاصله از مانع (خودروهای دیگر و گاردریل) ثبت می‌شود. به این ترتیب فواصل خودرو موردنظر در هر لحظه از حرکت از سمت چپ، راست، جلو و عقب ثبت می‌شود. این امر بر روی ۴۰ خودرو و هر یک به مدت ۳۰ دقیقه انجام شده است. بنابراین در مجموع ۷۲۰۰۰ ردیف داده خام جمع‌آوری شد.



شکل ۲. تصویری از نوع ثبت و شناسایی فواصل توسط دوربین

۳- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد پژوهش آزادراهی است به طول ۹۶ کیلومتر دارای ۳ خط در هر جهت، میان دو استان البرز و قزوین می‌باشد. این آزادراه، پرتصادف‌ترین آزادراه کشور بوده و از راه‌های مهم مواصلاتی کشور می‌باشد.

۴- بحث و نتایج

۴-۱- مدل‌های رگرسیونی

مدل‌های متنوعی در نرم افزار SPSS پیاده سازی شد و یازده مورد از مدل‌هایی که معناداری آنها مورد تایید قرار گرفت، در جدول (۱) گزارش می‌شود. مدل‌های بدست آمده نتوانستند R^2 مناسب ارائه دهند. هرچند مدل شماره ۲ که بصورت لگاریتمی می‌باشد نسبت به بقیه مدل‌ها با مقدار ۰,۴۸۱، ضریب تعیین بهتری را گزارش کرد.

است. تعمیم رابطه (۳) برای حالت d بعدی با بردار اولیه x_0 به صورت فرمول ۷ می‌باشد.

$$\begin{cases} x_0 & i=0 \\ x_i = x_{i-1} + \alpha(t_i - t_{i-1}) + \sqrt{t_i - t_{i-1}} Az_i & i=1, 2, \dots, k \end{cases}$$

با توجه به اینکه $x_i, z_i \in R^d$ می‌باشد، محاسبه ماتریس ضرایب در هر مرحله از نظر محاسباتی مشکل است. اگر α یا بخصوص $\sum AX_t$ به t (زمان) وابسته باشند، هزینه‌های محاسباتی بیشتر می‌شود. در اینجا رابطه (۴) تعمیم داده می‌شود. با توجه به بردار اولیه مفروض x_0 رابطه (۸) را خواهیم داشت.

(۸)

$$\begin{cases} X_0 \equiv x_0 & i=0 \\ x_i = x_{i-1} + \int_{t_{i-1}}^{t_i} \alpha(u) du + A(t_{i-1}, t_i) Z_i & i=1, 2, \dots, k \end{cases}$$

که در این رابطه

(۹)

$$A(t_{i-1}, t_i) A(t_{i-1}, t_i)^t = \int_{t_{i-1}}^{t_i} \Sigma(u) du$$

به عبارت دیگر ماتریس ضرایب (A) در رابطه (۸) به عنوان ماتریس فاکتورگیری براساس رابطه (۹) در هر مرحله نیاز به محاسبه دارد. برای یک حرکت براونی d بعدی استاندارد $(X_t)_{t \geq 0}$ با فرض عدم وجود انحراف و $\sum AX_t = Id$ ساختار پل براونی می‌تواند به آسانی برای هر جزء به طور مستقل بکار گرفته شود (به همان صورت که برای ساختار گام تصادفی در بالا توضیح داده شد). همچنین برای حرکت براونی d بعدی $(X_t)_{t \geq 0}$ با انحراف α و ماتریس کواریانس $\sum AX_t$ با توجه به ساختار پل براونی هنوز ساختار $(X_t)_{t \geq 0}$ اعمال می‌شود و X_t بوسیله $X_t = at + AW_t$ با فرض $\sum AX_t = AA^t$ به دست می‌آید.

جدول ۱. خروجی مدل های ساخته شده توسط SPSS

ردیف	N_{ch} (تعداد تغییر خط ها)	r	R2	R2 اصلاح	Sig.
۱	$88.12 + (-55.45 * \log D_f^{0.6})$	۰/۴۹۶	۰,۲۴۶	۰,۲۳۹	<0.0001
۲	$64.82 + (-22.65 \log D_f) * (-23.71 \log D_b^{0.7})$	۰/۶۸۷	۰,۴۸۱	۰,۴۶۳	0.004
۳	$176.2 - 64.71 \log D_f^{0.5} - 66.32 \log D_b^{0.6}$	۰/۶۷۲	۰,۴۶۱	۰,۴۴۳	0.002
۴	$31.29 - 0.347 D_f$	۰/۳۴۶	۰,۱۲	۰,۱	<0.0001
۵	$32.36 - 0.303 D_f - 0.399 D_b$	۰/۴۸۱	۰,۲۳۱	۰,۲۲۵	0.0012
۶	$39.25 - 0.301 D_f - 0.423 D_b - .636 D_l$	۰/۴۹۰	۰,۲۴	۰,۲۲۱	<0.0001
۷	$31.5 - 1.389 D_f^{0.7} - 5.892 D_b^{0.5} + 4.673 D_l + 3.378 D_r$	۰/۵۵۰	۰,۳۰۲	۰,۲۹۴	<0.0001
۸	$39.25 - 1.823 D_f^{0.65}$	۰/۵۷۴	۰,۳۲۹	۰,۳۲۱	<0.0001
۹	$40.21 - 1.92 (D_f D_b)^{0.4}$	۰,۵۶۶	۰,۴۵۱	۰,۳۶۴	0.0009
۱۰	$63.52 - 1.428 D_f^{0.8} - 5.722 D_b^{0.6} + 1.268 D_l$	۰,۵۴۹	۰,۳۰۱	۰,۲۹۳	0.007
۱۱	$31.5 - 1.389 D_f^{0.7} - 5.892 D_b^{0.5} + 4.673 D_l + 3.378 D_r$	۰,۵۹۶	۰,۳۵۵	۰,۳۵	<0.0001

جدول ۲. خروجی مدل مطلوب توسط RSM

Sig	R2 اصلاح	R2	r	RSM_{Model}
<0.0001	۰,۷۹	۰,۷۹۸	۰,۸۹۳	$(N_{ch} + 0.52)^{0.74}$

پس از آن مدل های شماره ۳ و ۹ به ترتیب با ضرایب تعیین ۰,۴۶۱ و ۰,۴۵۱ قرار گرفتند. از این میان، مدل شماره ۹ با توجه به سادگی در استفاده از آن و اختلاف کم در مقدار ضریب تعیین می تواند مدل بهتری باشد.

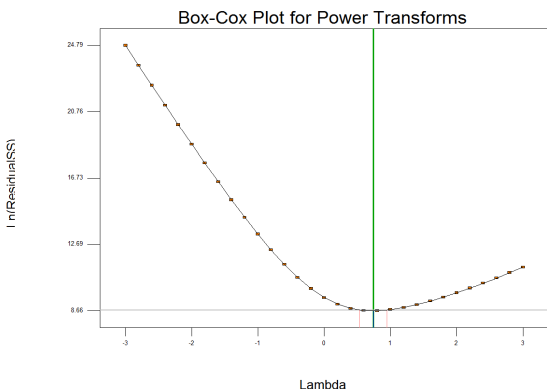
۲-۴- مدل های رگرسیونی (RSM)

بسیار زیادی از مدل های مختلف استخراج و مقایسه شدند و در نهایت مناسب ترین مدل در رابطه (۱۰) حاصل شد.

با توجه به پایین بودن مقادیر R^2 مدل های بخش قبل به کمک نرم افزار RSM (Expert Design) سعی بر آن شد که با توجه به قابلیت های مناسب این نرم افزار مدل های بسیار بیشتری مورد بررسی قرار بگیرند. با ورود داده ها به نرم افزار مفروض تعداد

$$\begin{aligned}
 & (N_{ch} + 0.52)^{0.74} \\
 & = 0.884 + 0.34D_f - 0.2D_b + 4.26D_1 + 2.71D_r - 0.054D_fD_b - 0.085D_fD_1 - 0.057D_fD_r \\
 & - 0.59D_1D_r + 0.013D_f^2 + 0.021D_b^2 + 0.014D_fD_1 * D_r + 0.00062D_f^2D_b - 0.000178D_f^3 \\
 & - 0.000091D_b^3
 \end{aligned}$$

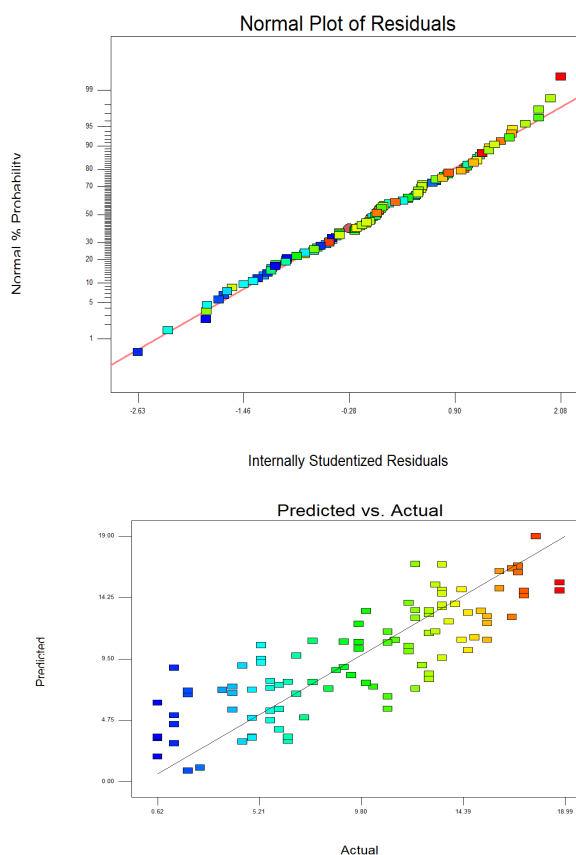
شکل ۳. گزارش نرمال بودن و برازش مدل RSM

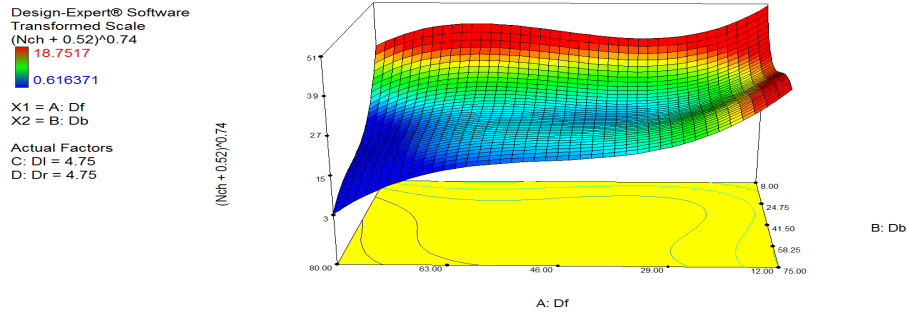


شکل ۴. تعیین مقدار بهینه Lambda (λ)

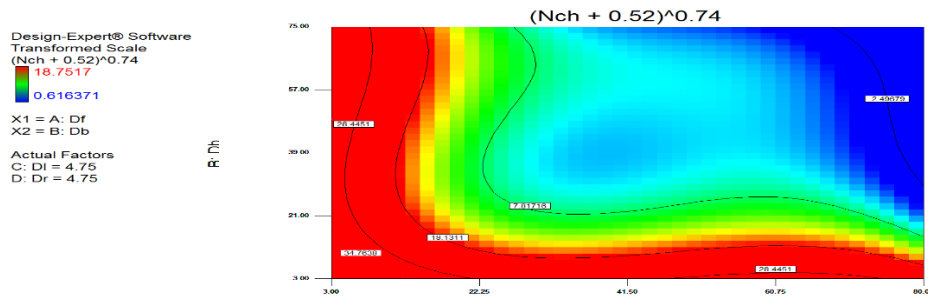
همانطور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، مقدار متغیر پاسخ $(N_{ch} + 0.52)^{0.74}$ به طور سه بعدی در برابر تاثیر توام تغییرات فاصله از جلو (D_f) و فاصله از عقب (D_b) به تصویر کشیده شده است. مقادیر متغیر فاصله از جلو و فاصله از عقب دارای مقادیر موثرتری نسبت به مقادیر فاصله از چپ و راست بر روی تعداد تغییر خط‌ها دارد. همچنین این نمودار بصورت کانتوری در شکل (۶) به نمایش درآمده است که می‌تواند اثرات را با وضوح بیشتری بیان نماید. اما در ادامه سعی بر آن شد تا هم مدل ساده‌تری از نظر اجرا و استفاده ارائه شود و همچنین مقدار ضریب تعیین بالاتری حاصل شود. با افزایش مقدار پارامتر D_f و D_b متغیر پاسخ کاهش یافته و به کمترین مقدار خود می‌رسد. در سه گوشه دیگر نمودار که مقادیر متغیر پاسخ مقادیر زیادی دارد، نقاطی هستند که یکی از پارامترهای D_f یا D_b مقداری بسیار پایین دارند یعنی فاصله از جلو یا عقب بسیار کاهش یافته است.

مدل ارائه شده در رابطه (۱۰) دارای ضریب تعیین بالاتری به نسبت مدل‌های بخش (۴-۱) می‌باشد، همانطور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، معناداری مدل تایید می‌شود ($\text{Sig.} < 0.005$). با توجه به ضریب تعیین 0.798 ، کیفیت مدل به طور چشمگیر افزایش یافت و همچنین با توجه به شکل (۳) گزارش خوبی از نرمال بودن و برازش مدل حاصل شد. اما همچنان می‌توان با اندیشیدن تدابیری مقدار ضریب تعیین را بالاتر برد. مقدار پارامتر λ (مطابق شکل (۴)) توسط تست‌های بسیار زیاد در حالت بهینه خود مقدار 0.74 تعیین شد. همچنین مقدار ضریب ثابت (k) نیز 0.52 تعیین شد تا مدل برتر از میان گزینه‌های موجود حاصل شود.





شکل ۵. نمودار سه بعدی از خروجی مدل RSM

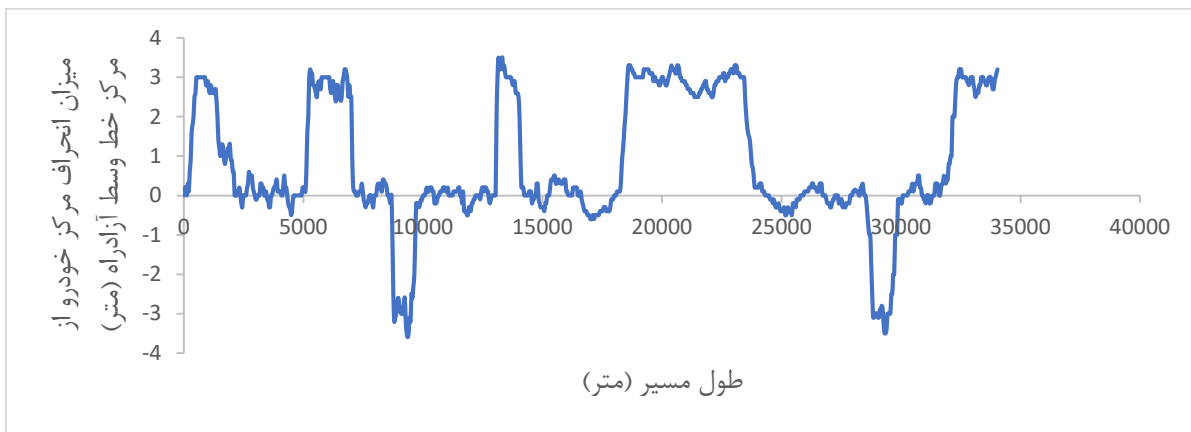


شکل ۶. نمودار کانتور از خروجی مدل RSM

که توزیع داده های تغییر خط را در بخشی از راه نشان می دهد، تشابه زیادی میان این توزیع و حرکت براونی آشکار شد. به همین دلیل مطابق با بخش (۳-۳) به شبیه سازی مدل حرکت براونی پرداخته شد و خروجی های زیر حاصل شد.

۳-۴- مدل حرکت براونی

با توجه به پایین بودن مقادیر R^2 مدل های مختلف رگرسیونی سعی بر بررسی نحوه تغییر خط راننده ها و بررسی نمودار داده های ثبت شده با دقت بیشتری شد. با توجه به شکل (۷)



شکل ۷. توزیع داده های تغییر خط در بخشی از آزادراه قزوین-کرج

۵- نتیجه گیری

باتوجه به نیاز به تعیین مدل‌های مناسب در زمینه تعیین تعداد تغییر خط‌های رانندگان در جاده‌ها (به عنوان یک عامل موثر بر تصادفات) در این پژوهش سعی بر آن شد تا با روشی نوین داده‌های مناسب جمع‌آوری شود و برترین مدل‌ها ارائه شوند. همچنین برای نخستین بار مدل حرکت براونی مورد استفاده و انطباق با داده‌های تغییر خط قرار گرفت. مدل‌های متنوعی در نرم‌افزار SPSS پیاده‌سازی شد و ۱۱ مورد از مدل‌هایی که معناداری آنها مورد تایید قرار گرفت. مدل‌های بدست آمده نتوانستند R^2 مناسب ارائه دهند. هرچند مدل شماره ۲ که بصورت لگاریتمی می‌باشد نسبت به بقیه مدل‌ها با مقدار $0,481$ ضریب تعیین بهتری را گزارش کرد. پس از آن مدل‌های شماره ۳ و ۹ به ترتیب با ضرایب تعیین $0,461$ و $0,451$ قرار گرفتند. به منظور بهبود پاسخ‌ها از نرم‌افزار RSM (Expert Design) استفاده شد و پس از بررسی تعداد زیادی از مدل‌ها، مدل (۱۰) با مقدار $R^2 (0,798)$ توانست برازش مناسب‌تری داشته باشد. مقدار متغیر پاسخ $(N_{ch} + 0.52)^{0.74}$ به طور سه بعدی در برابر تغییرات فاصله از جلو (D_f) و فاصله از عقب (D_b) به تصویر کشیده شد. مقادیر متغیر فاصله از جلو و فاصله از عقب دارای مقادیر موثرتری نسبت به مقادیر فاصله از چپ و راست بر روی تعداد تغییر خط‌ها دارد. با توجه به پایین بودن مقادیر R^2 مدل‌های مختلف رگرسیونی سعی بر بررسی نحوه تغییر خط راننده‌ها و بررسی نمودار داده‌های ثبت شده با دقت بیشتری شد. با توجه به شکل (۷) که توزیع داده‌های تغییر خط را در بخشی از راه نشان می‌دهد، تشابه زیادی میان این توزیع و حرکت براونی آشکار شد. داده‌های برداشت شده از طریق تصویربرداری و ثبت فاصله وارد مدل براونی شد و داده‌های خروجی آن با مقادیر مشاهده شده از طریق آزمون آماری زوجی مقایسه شد. جفت داده‌های مشاهده شده و براونی دارای اختلاف میانگین کمی بوده ($0,018$) و همچنین انحراف معیار نیز بسیار کم بوده است. همچنین میزان همبستگی در این جفت داده برابر $0,912$ بدست آمده که مقدار مناسبی می‌باشد و نشانگر اختلاف کم در میان خروجی‌های مدل براونی و مشاهدات می‌باشد.

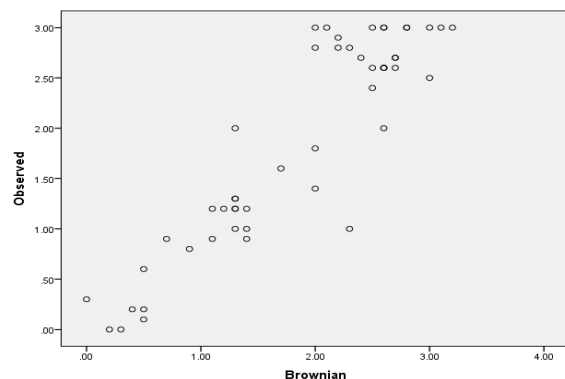
داده‌های برداشت شده از طریق تصویربرداری و ثبت فاصله وارد مدل براونی شد و داده‌های خروجی آن با مقادیر مشاهده شده از طریق آزمون آماری زوجی مقایسه شد. مطابق جدول (۳) جفت داده‌های مشاهده شده و براونی دارای اختلاف میانگین کمی بوده ($0,018$) و همچنین انحراف معیار نیز بسیار کم بوده است. مطابق جدول (۴) میزان همبستگی در این جفت داده برابر $0,912$ بدست آمده که مقدار مناسبی می‌باشد و نشانگر اختلاف کم در میان خروجی‌های مدل براونی و مشاهدات می‌باشد (این همبستگی در شکل (۸) هم به تصویر کشیده شده است). در ضمن این همبستگی نیز با توجه به مقدار بسیار پایین Sig. نیز تایید می‌شود.

جدول ۳. نتایج آزمون زوجی داده‌های مشاهده شده و مدل براونی

	میانگین	انحراف معیار	میانگین انحراف معیار	t	Sig. (2-tailed)
<i>Pair 1</i>					
Observed - Brownian	۰,۰۱۸۱	۰,۴۲۲۰	۰,۰۵۹۶	۰,۳۰۳	۰,۷۷۱

جدول ۴. نتایج همبستگی داده‌های مشاهده شده و مدل براونی

	Correlation	Sig.
<i>Pair 1</i>		
Observed - Brownian	۰,۹۱۲	۰/۰۰۰



شکل ۸. میزان همبستگی داده‌های مشاهده شده و مدل براونی

- An, S., Xu, L., Qian, L., Chen, G., Luo, H., & Li, F. (2020). Car-following model for autonomous vehicles and mixed traffic flow analysis based on discrete following interval. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 560, 125246.
- Balal, E., Cheu, R. L., & Sarkodie-Gyan, T. (2016). A binary decision model for discretionary lane changing move based on fuzzy inference system. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 67, 47-61.
- Bham, G. H. (2009). Estimating driver mandatory lane change behavior on a multi lane freeway. *Proc. 88th Annu. Meet. Transp. Res. Board*, 1-22.
- Cervantes, J., Garcia-Lamont, F., Rodríguez-Mazahua, L., & Lopez, A. (2020). A comprehensive survey on support vector machine classification: *Applications, Challenges and Trends. Neurocomputing*, 408, 189-215.
- Chen, N., van Arem, B., Alkim, T., & Wang, M. (2020). A hierarchical model-based optimization control approach for cooperative merging by connected automated vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(12), 7712-7725.
- Gipps, P. G. (1986). A model for the structure of lane-changing decisions. *Transportation Research Part B: Methodological*, 20(5), 403-414.
- Hajisoleimani, M. M., Abdi, A., & Bigdeli Rad, H. (2021). Intermodal Non-Motorized Transportation Mode Choice; Case Study, *Qazvin City. Space Ontology Journal*, International 10(3), 31-46.
- Hidas, P. (2002). Modelling lane changing and merging in microscopic traffic simulation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 10(5-6), 351-371.
- Jeon, W., Zemouche, A., & Rajamani, R. (2019). Tracking of vehicle motion on highways and urban roads using a nonlinear observer. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 24(2), 644-655.
- Kim, S., Bang, J. S., Kim, S., & Lee, H. (2020). Robust vehicle speed control using disturbance observer in hybrid electric vehicles. *International Journal of Automotive Technology*, 21, 931-942.
- Liu, Y., Wang, X., Li, L., Cheng, S., & Chen, Z. (2019). A novel lane change decision-making model of autonomous vehicle based on support vector machine. *IEEE Access*, 7, 26543-26550.

در ضمن این همبستگی نیز با توجه به مقدار بسیار پایین Sig. تایید می‌شود. با توجه به نتایج حاصله می‌توان با توجه به شباهت ماهیت حرکت براونی و داده‌های تغییر خط و همچنین تایید عملی صحت این ادعا در مطالعات بعدی به بررسی بیشتر جزئیات مدل براونی پرداخته شود تا بتوان درک بهتری از تغییر خط رانندگان حاصل نمود. مدل‌های مبتنی بر فاصله می‌تواند دید بهتری به کاربران و استفاده کنندگان از راه بدهد تا درک مناسبی از تغییر خط پیدا کنند. طبیعتاً تغییر خط توسط راننده می‌بایست دارای علت باشد (در مواردی نادر ممکن است فرد بی دلیل مسیر خود را تغییر دهد). علت تغییر خط هر چه باشد در نهایت در قالب فاصله با خودروهای کناری و یا گاردریل‌ها بروز پیدا می‌کند. بنابراین ثبت فواصل و تحلیل آن‌ها نقش با اهمیتی در تغییر خط رانندگان خواهد داشت.

۶- مراجع

- Abdi, A., Mosadeq, Z., & Bigdeli Rad, H. (2020). Prioritization of factors affecting suburban road safety by fuzzy hierarchical analysis. *Journal of Transportation Research*.
- Abiodun, O. I., Jantan, A., Omolara, A. E., Dada, K. V., Umar, A. M., Linus, O. U., ... & Kiru, M. U. (2019). Comprehensive review of artificial neural network applications to pattern recognition. *IEEE Access*, 7, 158820-158846.
- Afandizade Zargari, S., Bigdeli Rad, H., & Shaker, H. (2019). Using optimization and metaheuristic method to reduce the bus headway (Case study: Qazvin Bus Routes). *Quarterly Journal of Transportation Engineering*, 10(4), 833-849.
- Afandizadeh, S., & Gharehdaghi, H. (2021). A new steady-state traffic noise model for estimating L10 (h) on free flow roads using Reference Energy Mean Emission Levels. *Building and Environment*, 196, 107685.
- Afandizadeh, S., Aziz Jalali, D., & Bigdeli Rad, H. (2023). Optimal routing for shared autonomous vehicles feeder services in urban networks. *Journal of Transportation Research*.
- Ahmed, K. L., Ben-Akiva, M., Koutsopoulos, H., & Mishalani, R. (1996). Models of freeway lane changing and gap acceptance behavior. *Transportation and Traffic Theory*, 13, 501-515.

- Sharma, O., Sahoo, N. C., & Puhan, N. B. (2022). Highway Lane-Changing Prediction Using a Hierarchical Software Architecture based on Support Vector Machine and Continuous Hidden Markov Model. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 20(2), 519-539.
- Yuan, J., Abdel-Aty, M., Cai, Q., & Lee, J. (2019). Investigating drivers' mandatory lane change behavior on the weaving section of freeway with managed lanes: A driving simulator study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 62, 11-32.
- Zheng Y, Hansen JHL (2017) Lane-change detection from steering signal using spectral segmentation and learning-based classification. *IEEE Trans Intell Veh*, 2(1):14-24.
- Zheng, Y., Ran, B., Qu, X., Zhang, J., & Lin, Y. (2019). Cooperative lane changing strategies to improve traffic operation and safety nearby freeway off-ramps in a connected and automated vehicles environment. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 21(11), 4605-4614.
- Pisner, D. A., & Schnyer, D. M. (2020). Support vector machine. In *Machine learning*, 101-121. Academic Press.
- Ren, G., Zhang, Y., Liu, H., Zhang, K., & Hu, Y. (2019). A new lane-changing model with consideration of driving style. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 17, 181-189.
- Rodríguez, A. J., Sanjurjo, E., Pastorino, R., & Naya, M. Á. (2021). State, parameter and input observers based on multibody models and Kalman filters for vehicle dynamics. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 155, 107544.
- Samek, W., Montavon, G., Lapuschkin, S., Anders, C. J., & Müller, K. R. (2021). Explaining deep neural networks and beyond: A review of methods and applications. *Proceedings of the IEEE*, 109(3), 247-278.
- Scanagatta, M., Salmerón, A., & Stella, F. (2019). A survey on Bayesian network structure learning from data. *Progress in Artificial Intelligence*, 8, 425-439.

Evaluation and Modeling of Drivers Lane Changing on Roads According to Road Safety Factors

Shahriar Afandizadeh, Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Hamid Bigdeli Rad, Ph.D., Candidate, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

E-mail: Behnamian@basu.ac.ir

Received: April 2025- Accepted: November 2025

ABSTRACT

Lane change models are an important component in microscopic traffic simulators, which are increasingly the tool of choice for a wide variety of traffic applications at the operational level. In this study, an attempt is made to collect suitable data with a new method and present the best model. The area between Zibashahr Qazvin and Golshahr Karaj was chosen as the study area. By installing a camera and identifying the image using statistical software, the model was built. Brownie model was chosen to build the line change model. The results show that the logarithmic model has a better coefficient of determination than other models and is a more powerful model. Also, the "RSM" model with a higher "goodness of fit" coefficient provides a better model. The response variable was obtained three-dimensionally against the changes of distance from the front and distance from the back. The values of the distance from the front and the distance from the back have more effect than the values of the distances from the left and right. The output of experimental data from the study site and the Barwani model has a small average difference and the standard deviation is also reported to be very low. The correlation level was also a reasonable and favourable value, which indicates a small difference between the field observations and the Brownian motion model.

Keywords: Driver Lane Changing, Statistical Modelling, Brownie Model, Freeway Safety