فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱۵، شماره ۲، زمستان ۱۴۰۲، ص. ۳۵۷۱-۳۵۴۹

مقاله علمی-پژوهشی

سنجش پایداری در روند بلندمدت شمار تلفات ترافیکی راه‌های برون‌شهری استان‌های ایران

سینا صاحبی (مسئول مکاتبات)، عضو هیئت علمی، گروه مهندسی زئوتکنیک و حمل‌ونقل، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

E-mail: s_sahebi@sbu.ac.ir

مانا مس‌کار، دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

روژین جلیل‌زاده اقدم، کارشناس ارشد، گروه برنامه‌ریزی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر تهران، تهران، ایران

دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۹ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۲

چکیده

یکی از مسائل بسیار مهم در موضوع ایمنی ترافیک، بررسی پایداری روند تلفات است. به منظور بررسی اثرات یک برنامه و طرح ایمنی راه که برای تحقق یک هدف سیاست‌گذاری شده یا خط مشی خاص طراحی شده است، نیاز به سنجش پایداری در روند شمار تلفات و صدمات ناشی از سوانح رانندگی است. هدف از این مطالعه بررسی روند تغییر تلفات در استان‌های کشور، جهت بررسی قابلیت الگوسازی روند مطلوب در ایمنی راه‌ها و هم‌چنین مشخص نمودن استان‌های با عملکرد ضعیف جهت تدقیق علل وجود روند پایدار افزایشی در تلفات در مطالعات آتی است. در این مطالعه در راستای ارزیابی پایداری ایمنی راه‌های برون‌شهری استان‌های ایران توسعه روند ساده و روند نمایی مورد توجه قرار گرفته است. این روندها برای شمار تلفات در راه‌های برون شهری استان و هم چنین با توجه به شوک‌های وارد شده و تغییرات اساسی در حجم تردد جاده‌ها در سال‌های اخیر برای شمار تلفات استان به پیمایش استان نیز توسعه داده شد. بر اساس نتایج و یافته‌ها، استان‌های خراسان رضوی، کردستان، گیلان و همدان استان‌هایی هستند که عملکرد مطلوبی از نظر روند کاهش تلفات ناشی از تصادفات در راه‌های برون‌شهری داشته‌اند. بنابراین می‌توان از تجربیات، طرح‌ها و اسناد استان‌های مذکور در راستای تقویت و بهبود سطح ایمنی راه در سایر استان‌ها بهره گرفت. استان سیستان و بلوچستان نیز دارای روند پایدار افزایشی در تلفات ناشی از تصادفات برون‌شهری بوده و بنابراین استانی است که نیازمند توجه ویژه و برنامه‌ریزی دقیق جهت واکاوی علل این روند است.

واژه‌های کلیدی: پایداری، روند بلندمدت، شمار تلفات، برون‌شهری، روند خطی، روند نمایی

۱. مقدمه

امروزه ترافیک در معنای عبور و مرور عابرین پیاده و وسایل نقلیه، به چالشی تبدیل شده است که تمامی ابعاد جامعه را تحت تاثیر خود قرار داده است. میزان تلفات تصادفات رانندگی در سراسر دنیا و به ویژه در ایران بیانگر این است که مدیریت ایمنی ترافیک و بررسی روند تغییرات در این حوزه موضوعی ملی بوده و نیازمند توجه ویژه‌ای است.

مطابق آمار سازمان بهداشت جهانی سالانه حدود ۱/۳ میلیون نفر جان خود را در جهان در حوادث ترافیکی از دست می‌دهند [World Health Organization, 2018]. که معادل روزی ۳۲۸۷ نفر تلفات در جاده‌های جهان است. براساس این گزارش تعداد متوفیات حوادث ترافیکی در ایران در سال ۲۰۱۶ برابر ۱۵۹۳۲ نفر است. آمارها نشان می‌دهند که حوادث ترافیکی در ایران تا چه اندازه بحرانی‌تر و فاجعه‌آمیزتر از پدیده‌هایی مانند بلایای طبیعی است. هر چند بلایای طبیعی پدیده‌هایی غیرمترقبه محسوب می‌شوند، اما سوانح رانندگی و حوادث ترافیکی یک پدیده ناگهانی نبوده، بلکه زنجیره‌ای از عوامل در رخداد یک حادثه اثربخش است که با کنترل و رعایت آن می‌توان از بروز حادثه جلوگیری یا خسارت آن را به حداقل ممکن رساند.

مساله مورد بحث در این مقاله به طور بالقوه در راستای سیاست-گذاری بسیار با اهمیت قلمداد می‌شود. هنگام توسعه یک برنامه و طرح ایمنی راه که برای تحقق یک هدف سیاست‌گذاری یا خط مشی خاص طراحی شده است، نیاز به پیش‌بینی شمار تلفات و صدمات رانندگی در آینده محسوس است. از طرف دیگر محدودیت‌های مرتبط با تغییرات طبیعی در داده‌های تصادفات مثل ویژگی نادر بودن تصادفات، ویژگی تصادفی بودن تصادفات و تغییر در شرایط محل‌ها، ناشی از ویژگی ذاتی و ماهیت داده‌ها هستند. در صورتی که این محدودیت‌ها تا حد امکان در نظر گرفته نشوند، می‌تواند سوگیری[1] ایجاد کرده و بر قابلیت اطمینان و اعتبار داده‌های تصادفات از طرقی تاثیر بگذارد که به راحتی قابل محاسبه نیستند. این محدودیت‌ها مختص و ویژه یک روش تجزیه‌وتحلیل خاص داده‌های تصادفات نیستند و پیامدهای آن‌ها فارغ از روش تجزیه‌وتحلیلی که مورد استفاده قرار می‌گیرد، نیاز به بررسی دارد [AASHTO, 2010]. به همین علت، قضاوت با قابلیت اطمینان بالا نسبت به روند تصادفات در یک ناحیه جغرافیایی نیازمند بررسی دقیق و تعیین پایداری روند است. بنابراین یکی از مسائل بسیار مهم مدیریتی در موضوع ایمنی ترافیک، بررسی پایداری روند تلفات جهت شناسایی وجود روندهای معنادار در داده‌ها است.

در این مطالعه در راستای ارزیابی پایداری ایمنی راه‌های برون‌شهری استان‌های کشور ایران توسعه روند خطی ساده و روند نمایی مورد توجه قرار گرفته است. این روندها برای شمار تلفات در راه‌های برون شهری استان و هم‌چنین با توجه به شوک‌های وارد شده و تغییرات اساسی در حجم تردد جاده‌ها در سال‌های اخیر برای شمار تلفات استان به پیمایش استان نیز توسعه داده شد. با توجه به وابستگی بالای شمار تصادف به متغیر پیمایش، آزمون دیکی فولر[2] در سری‌های زمانی، جهت تایید وجود روند کاهشی یا افزایشی در داده‌های شمار تلفات استان به پیمایش استان انجام شد. در ادامه در بخش دوم از سند حاضر، ادبیات موضوع پایداری و به طور خلاصه مقالات مرتبط با موضوع ارزیابی شمار تلفات شرح داده شده است. روش انجام مطالعه و ارزیابی پایداری در بخش چهارم شرح داده شده است. در بخش پنجم، یافته‌های پژوهش ارائه شده است. در انتها جمع‌بندی پژوهش و نتیجه‌گیری در بخش ششم ارائه شده است.

۱-۱ اهداف و سوالات پژوهش

مهم‌ترین هدف از این مقاله تعیین پایداری روند مربوط آمار متوفیات ترافیکی در راه‌های برون‌شهری استان‌های ایران است. منظور از روند پایدار متوفیات برون‌شهری، روندی است که تقریباً در طول زمان بدون تغییر باقی بماند و بتوان از آن برای الگوبرداری در آینده استفاده کرد. مطالعات نشان می‌دهد که برای

تعیین پایداری روند داده‌ها، بهتر است از داده‌های بلند مدت استفاده شود و داده‌های کوتاه‌مدت گرچه می‌تواند همخوانی نزدیکی با واقعیت پیدا کند، اما معمولاً خطای بالاتری در پیش‌بینی آینده دارد [Elvik, 201].

به دلیل ماهیت داده‌های تصادفات که همواره در حال تغییر و نوسان هستند [Hauer, 2015]. پرسش‌هایی در سطح مدیریتی در رابطه با روند و عملکرد استان‌های کشور مطرح می‌شود که هدف این مقاله پاسخ به این سوالات است. بنابراین سوال اصلی پژوهش حاضر عبارت است از:

۱- آیا روند تغییر شمار تلفات رانندگی در راه‌های برون‌شهری استان‌های ایران پایدار و ثابت بوده است؟

۲- کدام استان‌های کشور دارای روند مطلوب در ایمنی راه بوده و قابلیت الگوسازی برای سایر استان‌ها را دارد؟

۳- کدام یک از استان‌ها از نظر روند ایمنی راه دارای عملکرد ضعیفی بوده و نتایج مطلوبی نداشته‌اند؟

تصمیم‌گیری بر اساس روند کوتاه‌مدت داده‌های تصادفات با توجه به خطای رگرسیون به میانگین می تواند منجر به تصمیمات ناصحیح در حوزه ایمنی ترافیک شود. یکی از مواردی که بر اساس داده‌های کوتاه‌مدت منجر به سیاست‌های ناصحیح می شود، تعیین استان‌های دارای عملکرد خوب[۳] و استان‌های با عملکرد ضعیف[٤] است. این مطالعه برای نخستین بار در ایران به ارزیابی روند بلندمدت تصادفات براساس روش‌های علمی پرداخته است و پایداری روند شمار تصادفات را در استان‌های کشور بررسی کرده است. از نتایج این مطالعه می‌توان در احصای تجربیات خوب استان‌ها در بلندمدت استفاده نمود. تمامی مطالعات انجام شده مرتبط با موضوع در کشور ایران، به مقایسه وضعیت ایمنی ترافیکی استان ها در قیاس با یکدیگر پرداختند و هم‌چنین مربوط به روندهای کوتاه‌مدت‌تری بوده اند. در حالی که مطالعه حاضر پایداری روند هر استان را به صورت مجزا در بلندمدت بررسی کرده است. هم‌چنین در مطالعه حاضر، دو نوآوری در زمینه روش انجام مطالعات سنجش پایداری ایمنی ترافیک بکار گرفته شده است. نخست آن که، علاوه بر روش‌های گذشته در ارزیابی روند پایداری تلفات در سطوح مکانی، از آزمون دیکی فولر به منظور تایید ایستایی روند پایدار کاهش تلفات استفاده شده است. نوآوری دیگر مقاله حاضر، استفاده از شاخص تلفات بر پیمایش برای کنترل اثرات تغییرات زمانی بر ارزیابی پایداری داده‌های تصادفات است. به این ترتیب اثراتی نظیر کاهش یکباره مصرف سوخت به دلیل افزایش قیمت سوخت در سال ۱۳۹۸ یا کاهش حجم سفرهای نوروزی در سال ۱۳۹۹ به دلیل شیوع بیماری کووید ۱۹، در این مطالعه کنترل شده‌اند.

۲. پیشینه پژوهش و مبانی نظری

پیشروترین سند توسعه‌یافته در جهان در حوزه مدیریت ایمنی ترافیک هرم مدیریت ایمنی ترافیک است. مطابق هرم مدیریت ایمنی ترافیک، سیستم مدیریت ایمنی ترافیک مشتمل بر سه جز اصلی و به هم وابسته است که عبارت‌اند از نتایج ایمنی، مداخلات ایمن‌سازی و وظایف مدیریت نهادی. سیستم مدیریت نتیجه‌گرا مستلزم پاسخگویی یکپارچه و مسئولانه در قبال اجزای اصلی سیستم است [Bliss & Breen, 2012].

مهم‌ترین ویژگی‌های این سیستم که آن را در کشورهای مختلف با سطوح عملکردی ایمنی و میزان توسعه آن، قابل‌قبول و قابل‌استفاده می‌کند آن است که در این سیستم مانند هر سیستم تولید کالا و خدمات دیگر، «تولید» ایمنی به رسمیت شناخته می‌شود.

بر اساس هرم مدیریت ایمنی ترافیک، مدیریت ایمنی دارای مجموعه‌ای از مداخلات است که هر یک از این مداخلات، نتایج و پیامدهایی را به دنبال خواهد داشت. این نتایج شامل پیامدهای واسط، پیامدهای نهایی و هزینه‌های اجتماعی است. برای مثال، یکی از مداخلات می‌تواند نصب دوربین کنترل سرعت باشد که

پیامد واسط آن کاهش میزان تخلف سرعت است و پیامد نهایی آن کاهش تصادفات و هزینه‌ها و متقابلا کاهش هزینه‌های اجتماعی عموم مردم باشد.

در قاعده هرم فوق، موضوع ظرفیت‌سازی مدیریت ایمنی مطرح شده است. در این حوزه، شش رکن شامل هماهنگی بین نهادی، قانون‌گذاری مطلوب و کارآمد، سرمایه‌گذاری و جذب منابع، ترویج مدیریت ایمنی در سطوح مختلف، نظارت و ارزیابی و تحقیق و توسعه جهت بهبود ایمنی ترافیک ارائه شده است. همان‌طور که اشاره شد یکی از این ارکان، نظارت و ارزیابی است که سبب تقویت مدیریت ایمنی شده و می‌تواند سطح ایمنی راه را بهبود ببخشد [Bliss & Breen, 2012].

مطابق هرم مدیریت ایمنی ترافیک، در راستای نظارت و ارزیابی، یکی از وظایف نهاد راهبر ایمنی در ایران بررسی و رصد استان های کشور از منظر ایمنی راه است. به دلیل ماهیت داده‌های تصادفات، این داده‌ها همواره در حال نوسان و تغییر بوده و نمی توان یک الگو را به سایر سطوح تعمیم داد [Hauer, 2015]. از طرفی به دلیل عدم ثبات داده‌ها، بر اساس نتایج مقطعی کوتاه-مدت نمی‌توان یک استان را از نظر ایمنی راه در سطح مطلوب و استان دیگری را در سطح عملکردی ضعیف قرار داد. بنابراین همواره در بحث ایمنی راه این سوال مطرح است که در کشور ایران، کدام استان دارای روند مطلوبی بوده و کدام استان عملکرد ضعیفی داشته است؟ از طرفی روند مطلوب به معنای پایداری و ثبات در داده‌ها بوده که از این منظر نیز سوالاتی در رابطه با تعریف ایمنی پایدار مطرح می‌شود. یکی از این پرسش‌ها این است که کدام استان در کشور به پایداری در ایمنی راه رسیده است؟ مقاله حاضر در راستای پاسخ به پرسش‌های مذکور تدوین شده است. مهم‌ترین مطالعه در این حوزه بررسی پایداری شمار تلفات راه‌ها مقاله رونی الویک است که در سال ۲۰۱۰ چاپ شده است. الویک (۲۰۱۰) مطالعه‌ای را انجام داده است که به بررسی پایداری روندهای بلندمدت تعداد تلفات رانندگی در هشت کشور نروژ، سوئد، دانمارک، فنلاند، هلند، بریتانیا، استرالیا و ایالات متحده آمریکا پرداخته است. این کشورها هم از نظر تعداد تلفات رانندگی و هم از نظر قدرت روند کاهش تلفات در طول زمان با یکدیگر تفاوت دارند. در بسیاری از کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی[۵] (OECD) تعداد تلفات ناشی از تصادفات رانندگی در حدود سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۷۲ به اوج خود رسید و سپس از آن زمان کاهش یافته است. در برخی از کشورها مانند هلند، کاهش صورت گرفته بسیار چشمگیر بوده است به طوری که از ۳۲٦٤ فوتی در سال ۱۹۷۲ به ۷۹۱ در سال ۲۰۰۷ رسید (کاهش بیش از ۷۵ درصدی). در سایر کشورها مانند ایالات متحده آمریکا، این کاهش کم‌تر چمشگیر بوده است (شمار متوفیات رانندگی ایالات متحده آمریکا از ٥٤٥٨٩ در سال ۱۹۷۲ به ٤١٠٥٩ در سال ۲۰۰۷ رسیده است، کاهش نزدیک به ۲۵ درصدی). با این‌حال، بیشتر کشورهای اروپای غربی، آمریکای شمالی و اقیانوسیه شاهد کاهش تلفات رانندگی بوده‌اند. این کاهش به طور منظم نبوده است. دوره‌های رکود[٦] و یا حتی افزایش تعداد تلفات در همه کشورها رخ داده است. علی‌رغم این موضوع، روند و ترند بلندمدت واضح و مشخص است. برخی از کشورها از جمله سوئد، بریتانیا و هلند به عنوان پیشرویان در ایمنی راه در نظر گرفته می‌شوند [Elvik, 2010]. مطالعه الویک (۲۰۱۰) دارای دو هدف عملیاتی است. اولین هدف بررسی این است که آیا روند ساده[۷] متناسب با سری‌های زمانی شمار تلفات را می‌توان جهت پیش‌بینی تغییرات آتی، برون‌یابی[۸] کرد. هدف دوم شناسایی عواملی است که بر روندهای بلندمدت تاثیر گذاشته و مدل‌های چند متغیره را برای تخمین چگونگی تاثیر این عوامل بر روندها توسعه می‌دهند. سپس تعیین این‌که آیا روندهای مدل‌سازی شده با استفاده از تحلیل چند متغیره، مبنای بهتری جهت پیش‌بینی شمار تلفات در آینده نسبت به روند ساده‌ای که متناسب با شمار مرگ‌ومیرها هستند، فراهم می‌کند یا خیر.

مساله اصلی این مطالعه بررسی پایداری و یا عدم ثبات روند کاهش تلفات در کشورهای مورد بررسی پس از سال ۱۹۷۰ است. سوال اصلی این مطالعه عبارت است از: آیا روند کاهش تلفات رانندگی در کشورهای با وسایل نقلیه زیاد پس از سال ۱۹۷۰ پایدار و ثابت بوده است؟ در مطالعه مذکور روند پایدار به عنوان روندی از یک فرم ریاضی تعریف می‌شود که در طول زمان ثابت بوده و امکان پیش‌بینی شمار تلفات رانندگی آینده را فراهم می‌آورد. در مقابل، روند ناپایدار، روندی از یک فرم ریاضی بوده که دارای نقاط عطف است؛ به این معنی که پس از عبور از یک نقطه عطف، روند تغییر جهت می‌دهد. به عبارت دیگر روند پایدار در این مطالعه به عنوان روندی تعریف می‌شود که بدون تغییر باقی مانده و بنابراین می‌توان از آن برای پیش‌بینی موفقیت‌آمیز شمار تلفات رانندگی آتی با بهره‌گیری از برون‌یابی استفاده کرد. تلاش برای شناسایی عوامل موثر بر روندهای بلندمدت با برازش مدل‌های رگرسیون دو جمله‌ای منفی[۹] به داده‌های تلفات انجام شد.

الویک در ضمن مطالعات خود ادعا می‌کند که گرچه توسعه مدل‌های آماری مثل مدل رگرسیون برای تصادفات، نسبت به توسعه روند خطی ساده[۱۰] همخوانی بهتری بر داده‌ها دارند؛ اما لزوماً این مدل‌ها کارایی بهتری در پیش‌بینی تلفات جاده‌ای ندارند. به این دلیل که باید تمامی عوامل مستقل در این مدل‌ها مجدداً پیش‌بینی شوند و این موجب می‌شود که خطای مجموع در نهایت حتی بیشتر از خطای نتایج خطوط روند ساده باشد. علاوه‌براین، یافته‌های مطالعه نشان می‌دهد که ترندهای کاهشی تلفات در کشورهای انتخاب شده پایدار نبوده و حتی روند خطی که به روندهای گذشته بسیار نزدیک است معمولا برای اهداف پیش‌بینی ارزش چندانی ندارد. [Elvik: 2010].

بروتون و همکاران (۲۰۰۰) مطالعه‌ای را ارائه داده‌اند که نشان می‌دهد چگونه می‌توان پیش‌بینی شمار تلفات و صدمات رانندگی را با مطالعه روندهای گذشته توسعه داد. در این مطالعه برای کنترل اثر پیمایش بر شمار تلفات، این روندها به عنوان تابعی از در معرض قرارگیری ترافیکی مدل‌سازی شدند.

سنجش پایداری روندها در حوزه‌های دیگری غیر از ایمنی ترافیک نیز بررسی شده است. از جمله کلازن و همکاران (۲۰۰۰) روند درخواست پول مجموع کشورهای اروپایی عضو اتحادیه مالی اروپا را بررسی کردند. نتایج این مطالعه وجود یک روند پایدار برای مجموع کشورهای عضو را نشان می‌دهد که بانک مرکزی اروپا می‌تواند از نتایج آن در پیش‌بینی و هدف‌گذاری‌های مالی استفاده کند [Clausen et al., 2000].

علاوه‌بر مطالعات بررسی شده، از نظر متدولوژی روش‌های مختلفی برای ارزیابی و مقایسه عملکرد واحدهای جغرافیایی از منظر ایمنی راه‌ها توسعه داده شده است. روش تحلیل پوششی داده‌ها یکی از این روش‌ها است که بهره‌وری واحدها را در مقایسه با یکدیگر ارزیابی می‌کند. این روش در مطالعات مختلفی مبنای ارزیابی عملکرد کشورها جهت رتبه‌بندی واحدهای جغرافیایی از منظر عملکرد در حوزه ایمنی راه ها با توجه به منابع و ویژگی های خود بوده است [Mozaffari et al., 2021; Rosić et al., 2017; Seyedalizadeh Ganji and Rassafi, 2018; Alavi and Esfandiari, 2019].

نتایج مطالعه علوی و اسفندیاری (۱۳۹۸) نشان داد استان‌های البرز، سیستان بلوچستان، گلستان، گیلان، لرستان، مرکزی و همدان از منظر ایمنی ترافیکی باتوجه به منابع موجود استان در وضعیت ناکارایی قرار دارند. از طرف دیگر در مطالعه دیگری، استان‌های البرز و هرمزگان استان‌های با عملکرد بهره‌وری بالا از منظر ایمنی ترافیکی در سال‌های ۲۰۱٤ تا ۲۰۱٦ تعیین شدند [Ganji and Rassafi, 2018].

در این روش بهره‌وری واحدها با توجه به منابع با یکدیگر مقایسه می‌شود. در حالی که در مطالعه حاضر مقایسه روند هر استان با گذشته آن انجام می‌شود. هدف پژوهش حاضر مقایسه استان‌ها از منظر ایمنی ترافیکی با یکدیگر نبوده بلکه وجود یک روند

پایدار در شمار تلفات استان‌ها به عنوان خروجی نهایی مورد بررسی قرار گرفته است.

بخش دیگری از مطالعات این حوزه چارچوب بررسی ایمنی ترافیکی را بر اساس مدل‌های سری زمانی توسعه داده و از آن جهت ارزیابی ایمنی راه‌ها استفاده کرده است. لاورنز و همکاران (۲۰۱۸) و لی و همکاران (۲۰۱۸) مطالعه‌ای در همین زمینه انجام داده‌اند. علاوه‌براین، باوانا و سایمون (۲۰۱۹) مطالعه‌ای را در رابطه با تشخیص ناهنجاری در ترافیک شهر هوشمند بر اساس تحلیل سری زمانی انجام داده‌اند. الحسنی و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به کمک مدل‌های سری زمانی ارزیابی از وضعیت ایمنی ترافیک عمان در بازه ۱۸ ساله انجام دادند. در ادامه مطالعاتی که مقایسه استان‌های کشور را را از منظر ایمنی راه انجام دادند تشریح میگردد.

ارزیابی سطح توسعه استان‌های کشور در حوزه ایمنی و ترافیک جاده‌ای در مطالعه‌ای توسط زارعی و استعلاجی (۱۳۹۷) انجام شد. نتایج این مطالعه برای مقطع زمانی ۱۳۹۲-۱۳۹۰ نشان می دهد، تنها استان تهران در میان استان‌های کشور، از بعد ایمنی ترافیک جاده‌ای در شرایط بسیار توسعه یافته قرار دارد و چهار استان کرمان، خراسان جنوبی، خوزستان و کهکیلویه و بویراحمد در حوزه ایمنی ترافیک جاده ای در دسته استان‌های بسیار محروم قرار گرفته‌اند. تحلیل‌های این مطالعه نشان می‌دهد استان‌های قم، البرز، مازندران، لرستان و زنجان در جرگه استان‌های توسعه یافته و استان‌های گلستان، مرکزی، سمنان، همدان و قزوین در رده مناطق دارای توسعه متوسط جای گرفته‌اند. نویسندگان این مطالعه معتقد هستند مخارج صرف شده برای ایمنی راه، یک سرمایه‌گذاری پایدار محسوب می‌شود و جهت دستیابی به توسعه مطلوب و رفع محرومیت در حوزه ایمنی و ترافیک جاده‌ای بایستی ضمن توجه به شرایط خاص طبیعی مناطق، وضعیت موجود بازنگری و با توجه به طول راه‌های تحت پوشش هر استان، برنامه‌ریزی جهت افزایش کمی و کیفی منابع و استانداردسازی شاخص‌ها صورت گیرد [زارعی و استعلاجی، ۱۳۹۷].

بشارتی و همکاران (۲۰۲۱) مطالعه‌ای را به منظور شناسایی استان‌های موفق کشور ایران در کاهش تعداد متوفیات حوادث ترافیکی با استفاده از رویکرد مدلسازی پانل انجام دادند. در این مطالعه شمار تلفات حوادث ترافیکی مورد انتظار هر استان بر اساس مدلسازی انجام شده با شمار تلفات ترافیکی رخ داده در استان به منظور ارزیابی وضعیت عملکرد استان‌ها مقایسه شد.

در مطالعه‌ی دیگری بشارتی و همکاران (۲۰۱۹) الگوی متوفیات حوادث ترافیکی را برای شش استان پرجمعیت ایران بررسی کردند. این مطالعه جهت کنترل متغیر درمعرض قرارگیری، تعداد فوتی‌ها به ازای هر صد مجروح در تصادفات را به عنوان شاخص شدت تصادف درنظر گرفت. بر اساس نتایج این مطالعه، تصادفات استان‌های کرمان و فارس نسبت به سایر استان‌های کشور شدیدتر ارزیابی شد. هم چنین تفاوت‌هایی در الگوی روند شمار متوفیات استان‌ها مشاهده شد. جدول (۱) خلاصه و جمع بندی از مهم‌ترین مطالعات بررسی شده را ارائه می‌دهد.

جدول ۱. خلاصه مطالعات انجام شده برای مقایسه عملکرد واحدهای مدیریتی مکانی در حوزه ایمنی ترافیکی

مطالعه	هدف مطالعه	محدوده جغرافیایی مطالعه	روش و داده‌های مطالعه
[Broughton et al., 2000]	– تشریح چگونگی توسعه پیش-بینی شمار تلفات و صدمات رانندگی با مطالعه روندهای گذشته	– بریتانیا	– داده‌های متوفیات حوادث و سوانح رانندگی در دهه‌های ۸۰ و ۹۰ میلادی – استفاده از مدل‌های آماری
[Elvik, 2010]	– بررسی پایداری روندهای بلندمدت تعداد تلفات رانندگی	– هشت کشور نروژ، سوئد، دانمارک، فنلاند، هلند،	– داده‌های دوره زمانی ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۷ – صرفا شمار متوفیات در تصادفات فوتی – روش روند خطی ساده

مطالعه	هدف مطالعه	محدوده جغرافیایی مطالعه	روش و داده‌های مطالعه
		بریتانیا، استرالیا و ایالات متحده آمریکا – تفاوت از نظر شمار تلفات رانندگی و قدرت روند کاهش تلفات در طول زمان. – برخی از کشورها پیشرو در زمینه ایمنی راه	– برازش روند خطی و مدل رگرسیون دوجمله‌ای منفی
[Rosić et al., 2017]	– انتخاب روش بهینه برای شاخص ترکیبی ایمنی راه – انتخاب ایمن‌ترین جاده در صربستان	– مقایسه ۲۷ اداره پلیس کشور صربستان	– تحلیل پوششی داده‌ها[11] و تاپسیس[12] – بر اساس سه پارامتر میانگین همبستگی، متوسط تغییرات رتبه‌ای[13] و متوسط تغییرات خوشه‌ای[14]
[Seyedalizadeh Ganji and Rassafi, 2018]	– ارزیابی بهره‌وری برنامه‌های ایمنی منطقه‌ای ایران در کاهش تعداد تلفات جاده‌ای	– مقایسه ۳۱ استان کشور ایران	– مدل تحلیل پوششی داده‌های دو مرزی[15] – رویکرد استدلال مبتنی بر مشاهده[16] (ER) – پانل داده – داده‌های سال ۲۰۱٤ تا ۲۰۱٦ از سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای – متغیرهای ایستگاه‌های پلیس، انبار تعمیرات و نگهداری راه، تجهیزات و وسایل نقلیه، دوربین‌های کنترل سرعت ثابت، خدمات فوریت‌های پزشکی، راه با سیستم روشنایی و خطر مرگ‌ومیر
[Lavrenz et al., 2018]	– ارائه مروری بر وضعیت استفاده از مدل‌های سری زمانی در تحقیقات ایمنی ترافیک – بحث در رابطه با برخی از تکنیک‌ها و ملاحظات اساسی در مدل‌سازی سری‌های زمانی کلاسیک – توسعه چارچوب استفاده از مدل‌های سری زمانی و تکنیک‌های مدل‌سازی جدیدتر	– بر اساس بررسی پژوهش-های پیشین	– مدل‌های سری زمانی – مدل‌های هوش محاسباتی
[Li et al., 2018]	– ارزیابی روابط پویا و شناسایی روابط علی کوتاه‌مدت و بلندمدت	– هنگ کنگ	– پنج سری زمانی (تعداد تصادفات جاده‌ای، تولید ناخالص داخلی، جمعیت، شبکه راه‌ها، تعداد خودروهای شخصی مجاز)

مطالعه	هدف مطالعه	محدوده جغرافیایی مطالعه	روش و داده‌های مطالعه
	بین تعداد تصادفات جاده‌ای و توسعه اجتماعی و اقتصادی		– داده‌های بازه زمانی ۱۹۸٤ تا ۲۰۱۵ – رویکرد ARDL[۱۷] و مدل VECM[۱۸] – چهار متغیر تولید ناخالص داخلی، رشد جمعیت، توسعه زیرساخت‌های جاده‌ای و رشید مالکیت خودروهای شخصی
[Bawaneh and Simon, 2019]	– تشخیص ناهنجاری در ترافیک شهر هوشمند بر اساس تحلیل سری زمانی – ارائه روشی برای تشخیص ناهنجاری‌ها در ترافیک شهری با تجزیه‌وتحلیل مجموعه داده‌های تاریخی از حسگرهای شهر هوشمند	– شبیه‌سازی در شبکه راه-های بوداپست در مجارستان	– الگوریتم پیشنهادی تشخیص ناهنجاری مبتنی بر تغییرات تراکم ترافیکی[۱۹] (OBADA) – سری زمانی – روش z-score اصلاح شده – تکنیک رأی‌گیری اکثریت[۲۰] (OBADA_MV) – چارچوب شبیه‌سازی تحرک شهری[۲۱] (SUMO)
[Al-Hasani et al., 2019]	– ارزیابی مدل‌های سری زمانی بهینه برای تعیین ترتیب پارامترها در داده‌های تصادفات جاده‌ای در مقایسه با فرآیند سنتی[۲۲]	– کشور عمان	– داده‌های تصادفات ترافیکی بازه زمانی ۱۸ ساله از ژانویه ۲۰۰۰ تا دسامبر ۲۰۱۸ – شمار متوفیات تصادفات جاده‌ای در هر ماه – سری زمانی
[Besharati et al., 2019]	– مقایسه وضعیت ایمنی ترافیک و همچنین الگوی ماهانه تلفات در شش استان پرجمعیت ایران	– شش استان پرجمعیت ایران شامل تهران، فارس، کرمان، اصفهان، خراسان رضوی و خوزستان	– داده‌های مربوط به فوت و جراحات طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹٤ از سازمان پزشکی قانونی ایران – آمار جمعیت بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰ – تعداد متوفیات در هر ۱۰۰ هزار نفر – تعداد متوفیات به ازای هر ۱۰۰ مجروح[۲۳] – آزمون آماری مربع کای[۲٤]
[Mozaffari et al., 2021]	– پیشنهاد یک روش کاملاً مبتنی بر داده‌ها برای اندازه‌گیری تأثیر فرهنگ ایمنی راه	– ۳۱ استان کشور ایران	– تحلیل پوششی داده‌ها – بازه زمانی دوساله ۲۰۱۲ تا ۲۰۱٤ – متغیرهای استفاده شده از جمله: تراکم جمعیت، میانگین تعداد افراد سوار بر خودروهای شخصی، سهم راه‌های روستایی از کل راه‌های درون‌شهری و برون‌شهری، تعداد ایستگاه‌های پلیس در هر ۱۰۰۰ کیلومتر، دوربین‌های نظارتی، تعداد ایستگاه‌های ارائه‌دهنده خدمات اورژانس، تعداد ایستگاه‌های هلال احمر، تردد روزانه ثبت شده، ترکیب کاربران جاده، تعداد پروژه‌های بهسازی طراحی راه انجام

مطالعه	هدف مطالعه	محدوده جغرافیایی مطالعه	روش و داده‌های مطالعه
			شده در یک سال در یک استان معین، سهم بزرگراه از کل راه‌های استان، سهم هر ۱۰۰ کیلومتر جاده روشن شده برای دید بهتر، و تعداد وسایل نقلیه تعمیر و نگهداری جاده‌ها و ...
[Besharati et al., 2021]	– شناسایی استان‌های موفق کشور ایران در کاهش تعداد متوفیات حوادث ترافیکی – ارزیابی عملکرد نسبی استان‌های ایران در ارتقای ایمنی آن‌ها	– ۳۱ استان کشور ایران	– نرخ تلفات رانندگی ثبت شده در هر استان طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ – مدل‌سازی پانل – تابع عملکرد ایمنی برای استان‌ها – مقایسه عملکرد ایمنی موردنظر استان با عملکرد واقعی استان
[زارعی و استعلاجی، ۱۳۹۷]	– سنجش میزان توسعه استان‌های کشور در حوزه ایمنی و ترافیک جاده‌ای – تبیین جایگاه هر یک از استان های کشور در بخش ایمنی و ترافیک جاده‌ای	– ۳۱ استان کشور ایران	– داده‌های آمارنامه سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ – تکنیک‌های تاپسیس فازی و تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی – ۱۱ مولفه از جمله تعداد پایگاه‌های هلال‌احمر، تعداد مراکز پلیس راه، تعداد پایگاه‌های اورژانس، تعداد ماشین‌آلات و تجهیزات راهداری، طول پروژه‌های روشنایی، تعداد نقاط حادثه‌خیز رفع‌شده در هر صد کیلومترمربع از راه‌های برونشهری و ...
[علوی و اسفندیاری، ۱۳۹۸]	– ارزیابی عملکرد استان‌ها در ایمنی حمل‌ونقل جاده‌ای	– ۳۱ استان کشور ایران	– داده‌های سالنامه آماری سازمان راهداری و حمل ونقل جاده‌ای در بازه زمانی ٦ ساله از ۱۳۹۱ تا ۱۳۹٦ – تحلیل پوششی داده‌ها (BCC[۲۵]) با متغیرهای ورودی وزنی – روش اندرسون پترسون[۲۶]

همان‌طور که در جدول (۱) ارائه شده است، برخی از پژوهش‌ها به بررسی ایمنی راه‌ها در محدوده‌های مکانی و مقایسه آن‌ها پرداخته‌اند، اما تفاوت آن‌ها با مطالعه حاضر در سه جنبه اصلی قابل ذکر است که در ادامه بدان اشاره شده است:

جنبه اول: بیشتر پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه ایمنی ترافیک و عملکرد واحدهای مکانی در خارج از ایران بوده و تعداد کمی از مطالعات داخلی به موضوع مشابهی پرداخته‌اند. بنابراین لزوم توجه به موضوع پایداری روندهای بلندمدت تلفات حوادث ترافیکی در واحدهای مکانی کشور (استان‌ها، شهرها و ...) از اهمیتی حیاتی برخوردار است.

جنبه دوم: مطالعات بررسی شده، عمدتا به موضوع تحلیل کارایی عملکرد استان‌ها، مقایسه واحدهای مکانی و یا ارائه شاخصی جهت ارزیابی مدیریت ایمنی ترافیک پرداخته‌اند، در حالی که هدف مطالعه حاضر، سنجش پایداری روندهای بلندمدت شمار تلفات ترافیکی راه‌های برون‌شهری کشور است. از طرفی تعداد معدودی مطالعه به بررسی پایداری این روندها پرداخته‌اند که

همگی در خارج از ایران بوده‌اند. علاوه‌براین، مطالعه حاضر روش‌های مورداستفاده در مطالعات خارجی (مانند الویک، ۲۰۱۰) عینا مورد استفاده قرار نداده، بلکه آن‌ها را بهبود بخشیده و با روشی تکامل یافته‌تر موضوع پایداری روند شمار تلفات ترافیکی را مورد بررسی قرار داده است. بنابراین مطالعه حاضر از نظر هدف، با مطالعات داخلی و بیشتر مطالعات خارجی متفاوت است و این موضوع در پژوهش‌های پیشین مغفول مانده است.

جنبه سوم: مطابق جدول (۱) تعدادی از پژوهش‌ها در زمینه ارزیابی عملکرد ایمنی راه‌ها، روش تحلیل پوششی و مدل سری زمانی را به‌کار برده‌اند که آن‌ها نیز ورودی و خروجی‌های متفاوتی نسبت به مطالعه حاضر ارائه نموده‌اند. بنابراین از نظر روش و تکنیک مورد استفاده و متغیرهای موردنظر، مطالعه حاضر با سایر مطالعات متفاوت است.

۳. روش‌شناسی

۳-۱ محدودیت‌های داده‌ها

داده‌های تصادفات به دلیل ماهیت ذاتی خود، دارای ویژگی‌های تصادفی بودن بالا و تمایل به رگرسیون به میانگین هستند. بنابراین به دلیل نوسان در داده‌ها، به طور کامل نمی‌توان به پایدار و یا ناپایداری روند داده‌ها اطمینان نمود. ازرا هاور (۱۹۹۷) نیز در مطالعه خود به این محدودیت‌ها اشاره کرده است. علاوه بر این در راهنمای ایمنی بزرگراه‌ها (۲۰۱۰) و در مطالعه دیگری توسط ازرا هاور (۲۰۱۵) به این امر پرداخته شده است که داده-های تصادفات دارای نوسان بسیار زیادی بوده و بنابراین برای ارزیابی عملکرد محل‌ها (استان‌ها) و استفاده از بهترین تجارب آن‌ها، بایستی سازوکاری ایجاد شود که بتواند محدودیت نوسانی و تصادفی بودن را تا حد ممکن از ماهیت داده‌ها جدا کند و پایداری روند تغییر داده‌ها تعیین گردد. محدودیت‌های ناشی از تصادفی بودن و تغییرات عبارتند از [AASHTO, 2010]:

– تنوع و تغییرپذیری طبیعی در شمار تصادفات

– رگرسیون به میانگین و سوگیری رگرسیون به میانگین[۲۷]

– تغییر در مشخصات راه‌ها

– تضاد میان تغییرپذیری شمار تصادفات و تغییر شرایط محل[۲۸]

تصادفی بودن وقوع تصادفات نشان می‌دهد که شمار کوتاه‌مدت تصادفات به تنهایی تخمین زننده و برآوردکننده قابل اعتمادی برای شمار بلندمدت تصادفات نیست. تغییرات سال به سال در شمار تصادفات تاثیر منفی بر برآورد شمار تصادفات بر اساس داده‌های تصادفات جمع‌آوری شده در دوره‌های کوتاه مدت دارد. میانگین شمار تصادفات کوتاه‌مدت ممکن است به طور قابل توجهی با میانگین شمار تصادفات بلندمدت متفاوت باشد. تفاوت میانگین شمار تصادفات در کوتاه‌مدت و بلند مدت در محل‌های مورد مطالعه با شمار تصادفات پایین، بزرگتر است. چراکه در این محل‌ها، مقدار مطلق تغییرات در شمار تصادفات، نوسان[۲۹] بیشتری را نسبت به میانگین شمار تصادفات مورد انتظار نشان می‌دهد [AASHTO, 2010].

هنگامی که دوره‌ای با شمار تصادف نسبتا بالا مشاهده می‌شود، از نظر آماری احتمال دارد که دوره بعدی با شمار تصادفات نسبتا پایین دنبال شود و برعکس. این تمایل به عنوان تمایل به میانگین یا رگرسیون به میانگین (RTM) شناخته می‌شود. عدم توجه به اثرات RTM پتانسیل «سوگیری RTM» را معرفی می‌کند که به عنوان «سوگیری انتخاب» نیز شناخته می‌شود. سوگیری انتخاب زمانی اتفاق می‌افتد که محل‌ها برای مداخله بر اساس روندهای کوتاه‌مدت در شمار تصادفات مشاهده شده انتخاب می‌شوند. سوگیری RTM هم‌چنین می‌تواند منجر به برآورد بیش از حد یا دست کم گرفتن اثربخشی یک اقدام شود (به عنوان مثال، تغییر در متوسط شمار تصادفات مورد انتظار). بدون در نظر گرفتن سوگیری RTM، نمی‌توان فهمید که آیا کاهش مشاهده شده در تصادفات به دلیل اقدام و مداخله است یا اینکه آیا بدون مداخله و اصلاح نیز همین اتفاق رخ می‌داد. اثر سوگیری RTM زمانی در نظر گرفته می‌شود که اثربخشی اقدام (برای مثال، کاهش شمار

یا شدت تصادفات) و انتخاب محل بر اساس میانگین شمار تصادفات بلندمدت باشد [AASHTO, 2010].

۳-۲ نمونه آماری

مقاله حاضر در راستای پایش و ارزیابی وضعیت روند ایمنی راه‌های کشور در سطح استانی تدوین شده است. شایان ذکر است به منظور استفاده از دقیق‌ترین داده‌ها در این زمینه، اطلاعات شمار تلفات استان‌های کشور ایران از آمار منتشر شده پزشکی قانونی کشور استخراج گردیده است. در راستای بررسی کلی استان‌های کشور از داده‌های تجمیع شده متوفیات کشور به تفکیک استان‌ها همراه با داده‌های ترددشماری و طول محورها از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱٤۰۰ و داده‌های ماهانه شمار تلفات استان‌های کشور برای سال‌های ۱۳۹٤ تا سال ۱٤۰۰ استفاده شده است.

۳-۳ ارزیابی پایداری روندهای بلندمدت

جهت بررسی پایداری یا عدم پایداری آمار متوفیات ترافیکی در راه‌های برون‌شهری استان‌های ایران توسعه خطوط روند برای آمار تجمیع شده داده‌های سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۸ مطابق اعلام سازمان پزشکی قانونی استفاده شده است. در این راستا، خطوط روند خطی و نمایی بر روی داده‌های سال های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۸ توسعه و از نتایج آن برای پیش‌بینی سال ۱۳۹۹ استفاده گردیده است. همچنین بر اساس داده‌های ماهانه شمار تلفات سال‌های ۱۳۹٤ الی ۱۳۹۸ منتشر شده توسط پزشکی قانونی کشور، آزمون ریشه واحد دیکی فولر بر روی سری زمانی ماهانه جهت بررسی فرضیه ایستایی شمار تلفات بر پیمایش استان انجام شد.

ثبات روندهای بلندمدت تعداد تلفات رانندگی در استان‌ها با توسعه خطوط روند و قیاس آن برای سال‌های آینده آزمایش شده است. روندهای بلندمدت با برازش روندهای خطی بر داده های سال‌های منتخب شده، توصیف شده‌اند. فرم‌های ریاضی زیر برای روندهای خطی در نظر گرفته شده و در رابطه (۱) ارائه شده است:

$$\text{Linear:} \qquad \gamma = \alpha + \beta x$$

$$\begin{aligned} &\text{Logarithmic} && \gamma = \alpha + \beta\, ln(x) \\ &\text{Exponential} && \gamma = \alpha exp^{\beta x} \\ &\text{Geometric} && \gamma = \alpha x^{\beta} \\ &\text{Polynomial} && \gamma = \alpha x^2 + \beta x + \lambda \end{aligned} \qquad (۱)$$

در همه این توابع γ تعداد تلفات سالیانه، x نشان‌دهنده زمان (سال) و α، β و λ پارامترهایی هستند که با رگرسیون حداقل مربعات تخمین زده می‌شوند. تجربه نشان می‌دهد که در عمل، یک روند خطی و یک روند لگاریتمی بسیار نزدیک به یکدیگر هستند و به همین ترتیب، یک روند هندسی[۳۰] و یک روند نمایی[۳۱] تقریبا همگرا هستند. هر دو روند خطی و نمایی پایدار هستند، به این معنا که نقطه عطف نداشته و پیش‌بینی می‌کنند که شمار تلفات با مقدار ثابت (خطی) یا با نرخ ثابت (نمایی) در واحد زمان تغییر می‌کند. با این‌حال یک روند خطی کاهشی کمتر از یک روند نمایی قابل قبول است، زیرا برون‌یابی آن منجر به پیش‌بینی تعداد تلفات منفی می‌گردد [Elvik, 2010]. دافی و ساول (۲۰۰۳) و ایوانز (۲۰۰۳) استدلال می‌کنند که روند نمایی شکل بسیار قابل قبولی است، زیرا می‌توان آن را به عنوان یک منحنی فراگیر[۳۲]ی تفسیر کرد که بر اساس آن، فراگیری با نرخ ثابتی انجام می‌شود. بر همین اساس در این مطالعه، خطوط روند ساده و نمایی بر روی داده‌های سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۸ توسعه و از نتایج برون‌یابی و قیاس این روندها برای پیش‌بینی سال ۱۳۹۹ استفاده گردیده است. همچنین باتوجه به تغییرات قابل توجه در حجم پیمایش استان‌ها به دلیل شوک‌های وارده در سال‌های اخیر، خطوط روند ساده و نمایی برای آمار تجمیع شده در سال، شمار تلفات در راه‌های برون شهری بر حجم پیمایش استان‌ها بر روی داده‌های سال های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۸ توسعه داده شد و از نتایج آن برای پیش‌بینی سال ۱۳۹۹ استفاده گردیده است. ثبات روندهای بلندمدت تعداد تلفات رانندگی در استان‌ها با توسعه خطوط روند و قیاس آن برای سال‌های آینده آزمایش شده است.

۳-٤ ارزیابی عدم قطعیت در پیش‌بینی‌های مدل

همه پیش‌بینی‌های مبتنی بر روند خطی ساده و مدل‌های چند متغیره قطعی نیستند. دو منبع عدم قطعیت در برآوردهای مبتنی بر مدل‌های چند متغیره وجود دارد: برآورد ضرایب نامشخص[۳۳] و تغییرات سیستماتیک غیرقابل توضیح[۳٤] در شمار تلفات. برای هر ضریب از مدل‌های چند متغیره، عدم قطعیت بر حسب خطای استاندارد آن کمی‌سازی می‌شود. برآوردهای مربوط به سطح اطمینان پایین‌تر از ۹۵ درصد را می‌توان با کم کردن ۱/۹٦ خطای استاندارد از هر ضریب[۳۵] به دست آورد. با افزودن ۱/۹٦ برابر خطای استاندارد به هر ضریب می‌توان تخمین‌های مربوط به سطح اطمینان بالای ۹۵ درصد را به دست آورد. سپس برآورد ضرایب حاصل شده (کمتر یا بیشتر) در تابع پیش‌بینی درج می‌شود. با این‌حال، پیش‌بینی‌های پایین‌تر و بالاتر بسیار غیر محتمل خواهد بود، زیرا تمام خطاهای آماری مرتبط با برآوردهای ضرایب فقط در یک جهت نخواهد بود.

٤. یافته‌های پژوهش

٤-۱ بررسی تغییر شمار تلفات استان‌ها

در راستای مقایسه میان استان‌های کشور و در نظر گرفتن ابعاد موثر بر ایمنی راه از جمله میزان تردد محورها، طول محورهای استان‌ها و میزان تلفات راه‌ها، شاخص ایمنی مبتنی بر پیمایش که تابعی است از هر سه مورد فوق مورد استفاده قرار گرفته است. بدین ترتیب، تعداد متوفیات هر استان در هر سال بر متغیری که حاصل ضرب طول محورهای استان در میزان تردد ساعتی استان در سال معین است، تقسیم شده و شاخص ایمنی مبتنی بر پیمایش استخراج می‌گردد. بدین منظور، ابتدا داده‌های متوفیات کشور به تفکیک استان‌ها، همراه با داده‌های ترددشماری و طول محورها در بازه زمانی شش ساله از سال ۱۳۹٤ تا سال ۱٤۰۰ گردآوری شده است.

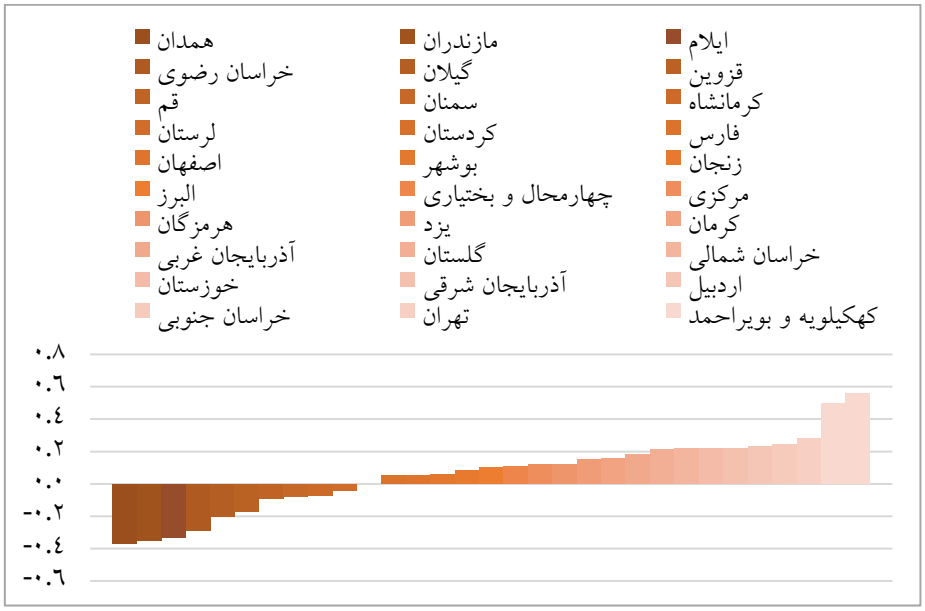
این شاخص بیانگر میزان بحرانی بودن استان‌ها در ارتباط با میزان متوفیات، تردد و طول محورها است. به عبارت دیگر هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد، میزان تلفات ناشی از تصادفات در استان خاص، در مقایسه با طول محور و تردد ساعتی آن، بیشتر و بحرانی‌تر است.

در سال ۱۳۹٤ استان کردستان دارای بالاترین و استان فارس دارای پایین‌ترین مقدار شاخص ایمنی مبتنی بر پیمایش است. در سال ۱۳۹۵ استان کردستان بیشترین نسبت تلفات به پیمایش و استان کرمان کم‌ترین این شاخص را دارا است.

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، استان سیستان و بلوچستان بیشترین میزان شاخص ایمنی مبتنی بر پیمایش را در سال ۱۳۹٦ به خود اختصاص داده است. استان البرز نیز در همین سال دارای پایین‌ترین میزان شاخص ایمنی مبتنی بر پیمایش است. در سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱٤۰۰، استان سیستان و بلوچستان بالاترین شاخص ایمنی مبتنی بر پیمایش را دارد.هم‌چنین در این دوره کم‌ترین شاخص ایمنی مبتنی بر پیمایش نیز به استان مازندران اختصاص یافته است.

در گام بعدی، به بررسی روند تغییر تلفات ناشی از تصادفات رانندگی در سطح کشور به تفکیک استان پرداخته شده است. شکل (۱) رتبه استان‌ها را از نظر میزان کاهش و یا افزایش میزان تلفات نشان می‌دهد.

در سال ۱٤۰۰، استان فارس ۸ درصد از کل تلفات کشوری و استان‌های ایلام، قم و یزد ۱ درصد از کل تلفات راه‌های برون شهری کشور را تشکیل می‌دهند. در سال ۱۳۹۹ نیز دو استان فارس و ایلام به ترتیب بیشترین و کم‌ترین سهم از کل فوتی‌های کشور را شامل می‌شوند.



شکل ۱. رتبه‌بندی ضریب رشد تلفات استان‌ها از سال ۱۳۹٤ تا سال ۱٤۰۰

٤-۲ بررسی پایداری روند خطی ساده و روند نمایی شمار تلفات در راه‌های برون‌شهری

در توسعه روند خطی ساده در صورتی که روند توسعه داده شده، نشست خوبی بر داده‌ها باشد (فاصله زیاد با خط ترند) و مقدار R2 آن بالای ۰/۵ باشد و خطای پیش بینی کمتر از ۲۰ درصد داشته باشد، عملکرد بهترین خط روند توسعه داده شده قابل قبول ارزیابی شده است. نتایج توسعه روند خطی در جدول (۲) نشان می‌دهد **روند خطی** پایداری را برای هیچ یک از استان‌های کشور نشان نمی‌دهد. استان‌های قم، قزوین، مازندران، کرمان و کهکیلویه و بویراحمد نسبت به استان‌های دیگر، روند پایدارتری را در شمار تلفات ترافیکی برون‌شهری دارند. روند استان کرمان و کهکیلویه و بویراحمد افزایشی و روند استان‌های قم، قزوین و مازندران کاهشی با شیب ملایم است. دلیل این موضوع می‌تواند علاوه بر عدم پایداری روند تلفات به دلیل شوک‌های وارد شده به حجم تردد در راه‌های برون‌شهری نیز باشد.

شایان ذکر است که مطابق این تعریف، پایداری یک روند ایستای کاهشی یا افزایشی است و در صورتی که استان به صورت تصادفی در حال نوسان در یک محدوده داده باشد، پایدار درنظر گرفته نمی‌شود. برای مثال گرچه خطای پیش‌بینی برای استان اصفهان بسیار کم است؛ اما این استان حول یک محدوده در حال نوسان است و بنابراین مطابق تعریف الویک پایدار در نظر گرفته نشده است.

نتایج توسعه روند نمایی در جدول (۲) برای داده های شمار تلفات نشان می‌دهند پایداری نسبی (نسبت به استان‌های دیگر) در استان‌های قم، قزوین، مازندران، کهکیلویه و بویراحمد و کرمان وجود دارد. استان‌های قم، قزوین، مازندران دارای روند کاهشی و استان‌های کرمان و کهکیلویه و بویراحمد دارای روند افزایشی در شمار تلفات هستند. بر اساس شمار تلفات بدون در نظر گرفتن فاکتور پیمایش به طور کلی استان‌های دارای روند افزایشی (پایدار و غیرپایدار) شامل استان‌های کرمان، ایلام و کهکیلویه و بویراحمد هستند.

جدول ۲. نتایج توسعه روند خطی و روند نمایی برای شمار تلفات راه‌های برون‌شهری در استان‌های ایران

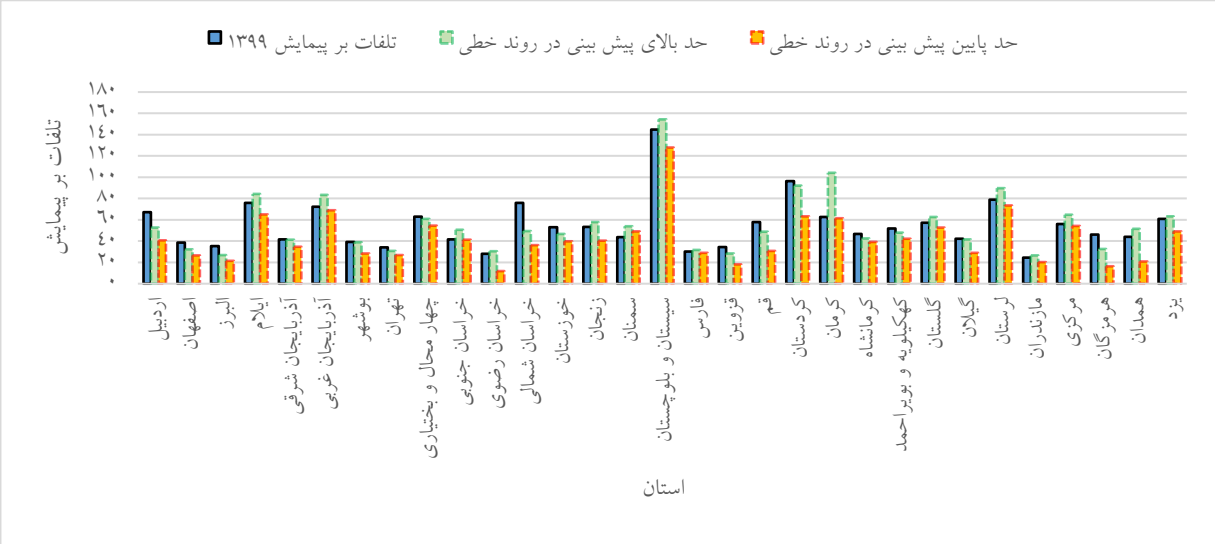
استان	خطا	مقدار R^2	عملکرد خط روند خطی	خطا	مقدار R^2	عملکرد خط روند نمایی
قم	-5/7 درصد	0/569	روند نسبتاً پایدار کاهشی	-6 درصد	0/5589	روند نسبتاً پایدار کاهشی

استان	خطا	مقدار R^2	عملکرد خط روند خطی	خطا	مقدار R^2	عملکرد خط روند نمایی
خراسان رضوی	20/5 درصد	0/6115	غیر قابل قبول	23 درصد	0/6296	غیر قابل قبول
قزوین	4/0- درصد	0/6838	روند نسبتاً پایدار کاهشی	2- درصد	0/6959	روند نسبتاً پایدار کاهشی
همدان	21/0 درصد	0/668	غیر قابل قبول	23 درصد	0/659	غیر قابل قبول
البرز	12/8 درصد-	0/444	غیر قابل قبول	12- درصد	0/4434	غیر قابل قبول
هرمزگان	31/1- درصد	0/5633	غیر قابل قبول	31- درصد	0/5625	روند نسبتاً پایدار کاهشی
مازندران	10/9 درصد	0/7752	روند نسبتاً پایدار کاهشی	13 درصد	0/7648	روند نسبتاً پایدار کاهشی
کردستان	9/8 درصد	0/0064	غیر قابل قبول	10 درصد	0/0044	غیر قابل قبول
گیلان	16/4 درصد	0/2542	غیر قابل قبول	38 درصد	0/2654	غیر قابل قبول
اردبیل	21/0- درصد	0/1103	غیر قابل قبول	22- درصد	0/1216	غیر قابل قبول
زنجان	1/6 درصد	0/2561	غیر قابل قبول	2 درصد	0/2326	غیر قابل قبول
فارس	17/8 درصد	0/1799	غیر قابل قبول	17 درصد	0/177	غیر قابل قبول
اصفهان	1/1 درصد	0/0652	غیر قابل قبول	1 درصد	0/0608	غیر قابل قبول
ایلام	39/6 درصد	0/1692	غیر قابل قبول	39 درصد	0/1687	غیر قابل قبول
خراسان شمالی	19/5- درصد	0/4711	غیر قابل قبول	19- درصد	0/4816	غیر قابل قبول
خوزستان	13/6- درصد	0/472	غیر قابل قبول	13- درصد	0/4568	غیر قابل قبول
بوشهر	6/0 درصد	0/0089	غیر قابل قبول	5 درصد	0/0152	غیر قابل قبول
چهارمحال و بختیاری	0/3- درصد	0/1907	غیر قابل قبول	0 درصد	0/1884	غیر قابل قبول
کرمانشاه	5/9 درصد	0/2158	غیر قابل قبول	6 درصد	0/2057	غیر قابل قبول
لرستان	35/7 درصد	0/3323	غیر قابل قبول	11 درصد	0/3263	غیر قابل قبول
کهکیلویه و بویراحمد	27/7 درصد	0/6515	روند نسبتاً پایدار افزایشی	5 درصد	0/6698	روند نسبتاً پایدار افزایشی
تهران	3/5 درصد	0/2437	غیر قابل قبول	13- درصد	0/238	غیر قابل قبول
سمنان	65/6 درصد	0/3807	غیر قابل قبول	32 درصد	0/3617	غیر قابل قبول
آذربایجان غربی	8/8 درصد	0/000002	غیر قابل قبول	8 درصد	0	غیر قابل قبول
آذربایجان شرقی	5/0 درصد	0/0036	غیر قابل قبول	3 درصد	0/0049	غیر قابل قبول
مرکزی	23/4 درصد	0/2676	غیر قابل قبول	2 درصد	0/2381	غیر قابل قبول
کرمان	7/3 درصد	0/5807	روند نسبتاً پایدار افزایشی	8 درصد	0/5848	روند نسبتاً پایدار افزایشی
گلستان	5/2 درصد	0/1042	غیر قابل قبول	5 درصد	0/0905	غیر قابل قبول
یزد	21/2- درصد	0/1932	غیر قابل قبول	20- درصد	0/163	غیر قابل قبول
سیستان و بلوچستان	11/0- درصد	0/076	غیر قابل قبول	12- درصد	0/0662	غیر قابل قبول
خراسان جنوبی	21/8 درصد	0/2426	غیر قابل قبول	24 درصد	0/287	غیر قابل قبول

استان	خطا	مقدار R^2	عملکرد خط روند خطی	خطا	مقدار R^2	عملکرد خط روند نمایی
کل کشور	2/8 درصد	0/4876	غیر قابل قبول	3 درصد	0/4769	غیر قابل قبول

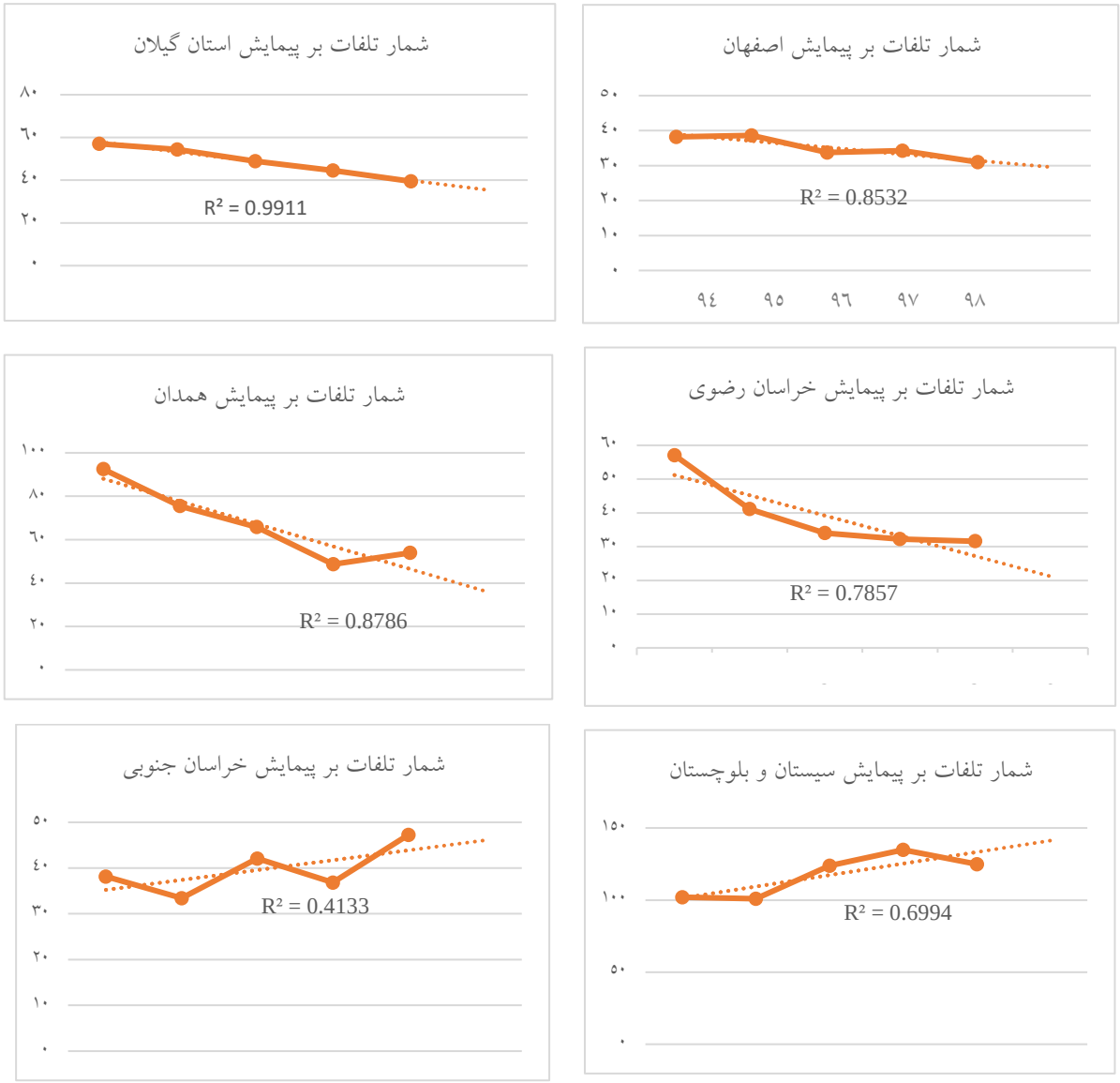
٤-٣ بررسی پایداری روند خطی ساده و روند نمایی شمار تلفات در راه‌های برون‌شهری بر پیمایش استان

همچنان در این داده‌ها اثرات شوک‌های وارد شده وجود دارد. بنابراین در ادامه برای از بین بردن اثرات شوک ناشی از تغییرات پیمایش، تردد ساعتی استان‌ها و هم چنین طول راه‌های استان جهت تعیین پیمایش استان در سال استفاده شده است. با توجه به در دسترس بودن داده‌های سال ١٣٩٤ تا ١٣٩٩ در ادامه مدل خطی جهت بررسی پایداری وضعیت شمار تلفات استان بر پیمایش در طول سال‌های ١٣٩٤ تا ١٣٩٩ توسعه داده شد و جهت ارزیابی کارایی مدل فاصله اطمینان نیز تشکیل داده شد. نتایج این مدل در شکل (٢) ارائه شده است.



شکل ٢. مقدار رخ داده شمار تلفات بر پیمایش استان همراه با فاصله اطمینان مقدار پیش بینی شده بر اساس روند خطی

با حذف شوک ناشی از تغییرات پیمایش (به علت COVID-19 یا سیل سال ١٣٩٧ و ...) نتایج روند خطی شمار تلفات استان بر پیمایش نشان می‌دهد، استان‌های سیستان و بلوچستان، یزد، کرمان، فارس و خراسان جنوبی روند افزایشی دارند. از طرف دیگر روند شمار تلفات استان گیلان کاملا منطبق بر پیمایش بوده و یک روند پایدار هست. نتایج این محاسبات نشان می‌دهد که استان‌های سیستان و بلوچستان، همدان و مازندران روند نسبتاً پایدار و استان‌های گیلان و کردستان روند پایداری در شمار تلفات بر پیمایش دارند. از میان استان‌های مذکور استان‌های گیلان، کردستان، همدان، مازندران روند کاهشی و استان سیستان و بلوچستان روند افزایشی شمار تلفات بر پیمایش دارند. تصویر (٣)، بیانگر استان‌هایی هستند که روند پایدار کاهشی یا افزایشی داشته‌اند.



شکل ۳. ترند خطی توسعه داده شده بر روی داده های شمار تلفات بر پیمایش استان در سال ۱۳۹٤-۱۳۹۹ (پیش‌بینی سال ۹۹)

در ادامه مدل نمایی روند جهت بررسی پایداری وضعیت شمار تلفات استان بر پیمایش در طول سال‌های ۱۳۹٤ تا ۱۳۹۹ توسعه داده شد. نتایج مدل روند خطی و روند نمایی در جدول (۳) ارائه شده است. در جدول (۳) در توسعه روند خطی ساده و نمایی در صورتی که روند توسعه داده شده، نشست خوبی بر داده‌ها باشد (فاصله زیاد با خط ترند) و مقدار R2 آن بالای ۰/۵ باشد و خطای پیش بینی کمتر از ۲۰ درصد داشته باشد، عملکرد خط روند توسعه داده شده قابل قبول ارزیابی شده است.

جدول ۳. نتایج توسعه روند خطی و روند نمایی برای شمار تلفات راه‌های برون‌شهری بر پیمایش در استان‌های ایران بازه سال‌های ۱۳۹٤-۱۳۹۹

استان	خطای پیش‌بینی	مقدار R^2	عملکرد روند خطی	مقدار R^2	خطای پیش‌بینی	عملکرد خط روند نمایی
اردبیل	30- درصد	0/0473	غیر قابل قبول	0/0515	31- درصد	غیرقابل قبول
اصفهان	24- درصد	0/8532	غیر قابل قبول	0/8549	23- درصد	غیرقابل قبول
البرز	32- درصد	0/3816	غیر قابل قبول	0/3555	31- درصد	غیرقابل قبول

استان	خطای پیش‌بینی	مقدار R^2	عملکرد روند خطی	مقدار R^2	خطای پیش‌بینی	عملکرد خط روند نمایی
ایلام	1- درصد	0/0022	غیر قابل قبول	0	1- درصد	غیرقابل قبول
آذربایجان شرقی	9- درصد	0/4903	غیر قابل قبول	0/4812	8- درصد	غیرقابل قبول
آذربایجان غربی	5 درصد	0/1108	غیر قابل قبول	0/1145	5 درصد	غیرقابل قبول
بوشهر	14- درصد	0/2566	غیر قابل قبول	0/2395	14- درصد	غیرقابل قبول
تهران	15- درصد	0/0023	غیر قابل قبول	0/0041	16- درصد	غیرقابل قبول
چهارمحال و بختیاری	8- درصد	0/3352	غیر قابل قبول	0/3371	9- درصد	غیرقابل قبول
خراسان جنوبی	10 درصد	0/4133	غیر قابل قبول	3926/0	10درصد	غیرقابل قبول
خراسان رضوی	24-درصد	0/7857	غیر قابل قبول	0/8312	11-درصد	روند پایدار کاهشی
خراسان شمالی	44- درصد	0/3628	غیر قابل قبول	0/3834	43- درصد	غیرقابل قبول
خوزستان	18- درصد	0/0122	غیر قابل قبول	0/021	18- درصد	غیرقابل قبول
زنجان	8- درصد	0/2293	غیر قابل قبول	0/1744	6- درصد	غیرقابل قبول
سمنان	17 درصد	0/3484	غیر قابل قبول	0/3382	18 درصد	غیرقابل قبول
سیستان و بلوچستان	3- درصد	0/6994	روند پایدار افزایشی	0/7088	1- درصد	روند نسبتاً پایدار افزایشی
فارس	0 درصد	0/1463	غیر قابل قبول	0/1526	0 درصد	غیرقابل قبول
قزوین	32- درصد	0/668	غیر قابل قبول	0/6648	28- درصد	غیرقابل قبول
قم	31- درصد	0/6089	غیر قابل قبول	0/5944	29- درصد	غیرقابل قبول
کردستان	19- درصد	0/8736	روند پایدار کاهشی	0/9022	16- درصد	روند پایدار کاهشی
کرمان	32 درصد	0/3726	غیر قابل قبول	0/4255	47درصد	غیرقابل قبول
کرمانشاه	12- درصد	0/3878	غیر قابل قبول	0/3897	12- درصد	غیرقابل قبول
کهکیلویه و بویراحمد	13- درصد	0/0371	غیر قابل قبول	0/0393	13- درصد	غیرقابل قبول
گلستان	1 درصد	0/0178	غیر قابل قبول	0/0143	0 درصد	غیرقابل قبول
گیلان	16- درصد	0/991	روند پایدار کاهشی	0/9832	14- درصد	روند پایدار کاهشی
لرستان	3 درصد	0/4209	غیر قابل قبول	0/4031	4- درصد	غیرقابل قبول
مازندران	4- درصد	0/6062	روند پایدار کاهشی	0/61	2- درصد	روند نسبتاً پایدار کاهشی
مرکزی	6 درصد	0/0022	غیر قابل قبول	0/0059	6- درصد	غیرقابل قبول
هرمزگان	47- درصد	0/5063	غیر قابل قبول	0/5038	42- درصد	غیرقابل قبول
همدان	18- درصد	0/8786	روند پایدار کاهشی	0/8684	6- درصد	روند پایدار کاهشی
یزد	8- درصد	0/4212	غیر قابل قبول	0/4003	8- درصد	غیرقابل قبول

٤-٤ بررسی ایستایی شمار تلفات بر پیمایش استان ها

مفهوم ایستایی[٣٦] یا مانایی سری‌های زمانی یکی از موضوعات مهم در مبحث سری‌های زمانی است که می‌تواند تاثیر شدیدی روی رفتار و ویژگیهای آن داشته باشد. داده‌هایی که مانا هستند دارای میانگین ثابت، واریانس ثابت و خود کوواریانس ثابت

هستند. این تعریف معادل تعریف «مانایی ضعیف» در مبحث «سری‌های زمانی» است. آزمون دیکی فولر یکی از پرکاربردترین آزمون‌ها برای بررسی ایستایی داده‌ها است. تشخیص وجود روند تصادفی در یک سری زمانی به سادگی از طریق آزمون ریشه واحد امکان‌پذیر است. وجود ریشه واحد و ایستا نبودن متغیر بدلایل متفاوتی چون: رفتار گام تصادفی[۳۷] و دارای روند بودن متغیر یا ترند، دلایلی دیگر مطرح هست.

در نتیجه این آزمون ایستایی داده ها به مفهوم پذیرش فرض صفر نیست بلکه در واقع به این معنی است که دلایل کافی برای رد عدم ایستایی یافته نشده است. از طرفی عدم ایستایی نشان دهنده عدم ثبات میانگین داده‌ها در طول زمان است و می‌تواند ناشی از یک روند پایدار کاهشی یا یک روند پایدار افزایشی و یا یک روند غیرپایدار باشد. نتایج این آزمون بر روی داده‌های سری زمانی ماهانه شمار تلفات بر پیمایش استان‌ها برای سال های ۱۳۹٤ الی ۱۳۹۹ در جدول (٤) ارائه شده است.

نتایج این آزمون عدم ایستایی داده‌های شمار تلفات بر پیمایش در راه‌های برون شهری را برای استان‌های تهران، خوزستان، سیستان و بلوچستان، کرمان و همدان را نشان می‌دهد. از میان استان‌های اشاره شده، استان همدان دارای روند پایدار کاهشی است و استان سیستان و بلوچستان دارای روند پایدار افزایشی است. سه استان کرمان، تهران و خوزستان باتوجه به عدم ایستایی و پایداری داری نقاط بازگشت و نوسان و تغییرات در شمار تلفات بر پیمایش هستند.

استان‌های کردستان، مازندران و گیلان بر اساس این آزمون ایستا هستند. در حالی که نتایج توسعه خطوط روند رفتار پایدار کاهشی یا افزایشی را برای این استان ها نشان می دهد. یکی از دلایل این امر می تواند تفاوت بازه‌های انجام این آزمون ها باشد. آزمون دیکی فوبلر بر روی داده‌های سری زمانی در بازه زمانی ۱۳۹٤ تا ۱۳۹۸ انجام شده است در حالی که خطوط روند برای داده‌های تجمیع شده سالانه ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۹ توسعه داده شدند. بنابراین این استان‌ها در سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹٤ دچار تغییرات قابل توجه در روند تلفات بر پیمایش شده‌اند و در ادامه در سال های اخیر روند داده‌های شمار تلفات بر پیمایش آن‌ها ایستا شده است.

جدول ٤. نتایج به دست‌آمده از بررسی ایستایی داده‌های شمار تلفات بر پیمایش

استان	p-values	نتیجه آزمون دیکی فولر	استان	p-values	نتیجه آزمون دیکی فولر
آذربایجان شرقی	0/0002	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	فارس	0/0000	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش
آذربایجان غربی	0/0000	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	قزوین	0/0001	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش
اردبیل	0/0002	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	قم	0/0000	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش
اصفهان	0/0050	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	کردستان	0/0002	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش
ایلام	0/0000	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	کرمان	0/1257	عدم پذیرش ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش
البرز	0/0000	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	کرمانشاه	0/0062	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش
بوشهر	0/0092	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	گلستان	0/0000	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش
تهران	0/1559	عدم پذیرش ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	کهکیلویه و بویراحمد	0/0000	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش
چهارمحال و بختیاری	0/0000	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	سیستان و بلوچستان	0/0938	عدم پذیرش ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش
خراسان جنوبی	0/0002	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	لرستان	0/0003	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش

استان	p-values	نتیجه آزمون دیکی فولر	استان	p-values	نتیجه آزمون دیکی فولر
خراسان رضوی	0/0465	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	مازندران	0/0000	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش
خراسان شمالی	0/0000	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	مرکزی	0/0001	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش
زنجان	0/0034	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	هرمزگان	0/0002	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش
خوزستان	0/1164	عدم پذیرش ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	همدان	0/1392	عدم پذیرش ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش
سمنان	0/0000	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش	یزد	0/0008	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش
گیلان	0/0030	ایستایی روند شمار تلفات بر پیمایش			

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادهای پژوهش

این مطالعه با هدف بررسی وجود روند تلفات پایدار در راه‌های برون‌شهری استان‌های کشور انجام شده است. به همین منظور در ابتدا خطوط روند خطی ساده و خطوط روند نمایی برای شمار تلفات در راه‌های برونشهری هر استان برای سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۸ توسعه داده شد و از نتایج آن برای پیش‌بینی شمار متوفیات استان در سال ۱۳۹۹ استفاده شد. باتوجه به شوک‌های وارد شده به حجم و الگوی تردد در راه‌های برون‌شهری کشور در سال‌های اخیر، هیچ یک از خطوط روند توسعه داده شده برای داده‌های شمار تلفات، روند پایداری را نشان نمی‌دهند. به همین دلیل در ادامه، باتوجه به حجم پیمایش استان، شاخص شمار تلفات اصلاح شد و خطوط روند ساده خطی و خطوط روند نمایی برای شمار تلفات استان در راه‌های برون‌شهری به حجم پیمایش استان در بازه سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۸ توسعه داده شد. مجددا نتایج توسعه خطوط روند برای پیش بینی سال ۱۳۹۹ استفاده شد. در ادامه بر اساس بهترین نتایج به دست آمده، جمع‌بندی پایداری استان‌ها در شمار تلفات بر پیمایش در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵. نتایج پایداری استان‌ها در شمار تلفات راه‌های برون‌شهری بر پیمایش در بازه سال‌های ۱۳۹٤-۱۳۹۹

استان	بهترین عملگر	R2	عملکرد
خراسان رضوی	روند نمایی	0/8312	روند پایدار کاهشی
سیستان و بلوچستان	روند نمایی	0/7088	روند پایدار افزایشی
کردستان	روند نمایی	0/9022	روند پایدار کاهشی
گیلان	روند نمایی	0/9832	روند پایدار کاهشی
مازندران	روند نمایی	0/61	روند نسبتاً پایدار کاهشی
همدان	روند خطی	0/8786	روند پایدار کاهشی

همان‌طور که در جدول (۵) ارائه شده است، استان‌های خراسان رضوی، کردستان، گیلان و همدان استان‌هایی هستند که دارای روند پایدار کاهشی از نظر میزان تلفات بوده‌اند. بنابراین پاسخ به سوال پژوهش در خصوص عملکرد مطلوب استان‌ها و الگوسازی از آن‌ها در نهایت ارائه شده است. بر اساس نتایج و یافته‌ها، استان‌های خراسان رضوی، کردستان، گیلان و همدان استان‌هایی هستند که عملکرد مطلوب از نظر روند کاهش تلفات را داشته‌اند. بنابراین می‌توان از تجربیات، طرح‌ها و اسناد استان های مذکور در راستای تقویت و بهبود سطح ایمنی راه در سایر استان‌ها بهره گرفت. استان سیستان و بلوچستان نیز دارای روند پایدار افزایشی بوده و بنابراین استانی است که نیازمند توجه به

ویژه و برنامه‌ریزی دقیق جهت واکاوی علل و تغییر این روند است.

در این مطالعه، شناسایی استان‌های پایدار در حوزه ایمنی ترافیک، بر اساس شاخص پیامد نهایی ایمنی ترافیک یا تلفات ناشی از سوانح ترافیکی مورد بررسی قرار گرفته است. برای انجام این مطالعه، از داده‌های بلندمدت شمار تلفات استان استفاده شده است تا اثر خطای تمایل به میانگین کاهش یابد و از نتیجه‌گیری وضعیت ایمنی ترافیک بر اساس داده‌های کوتاه‌مدت اجتناب گردد. به این ترتیب، از نتایج این مطالعه می‌توان در احصای تجربیات موفق مدیریتی در حوزه ایمنی ترافیک بهره برد. اتکا به این مطالعه جهت مقایسه عملکرد استان‌ها به تنهایی کافی نبوده و برای انجام این مقایسه نیاز هست تا موضوعاتی هم‌چون امکانات و دارایی‌های مرتبط با ترافیک در استان، اعتبارات تخصیص یافته در حوزه ایمنی ترافیک به استان‌ها، روند تغییرات شمار مطلق تلفات و نسبت مجروحین به متوفیات سوانح ترافیکی و مواردی از این دست مورد بررسی قرار گیرد.

٦. پی‌نوشت‌ها

1. Bias
2. Dickey–Fuller Test
3. Best Practice
4. Worst Case
5. The Organisation For Economic Cooperation And Development
6. Stagnation
7. Simple Trend Lines
8. Extrapolated
9. Fitting Negative Binomial Regression Models
10. Simple Trend Lines
11. Data Envelopment Analysis
12. Topsis
13. Average Rank Variation
14. Average Cluster Variation
15. Double-Frontier
16. Evidential Reasoning
17. Autoregressive Distributed Lag
18. Vector Error Correction Model
19. Occupancy Based Anomaly Detection Algorithm
20. Majority Voting Technique
21. Simulation Of Urban Mobility
22. Manual Process
23. The Number Of Fatalities Per 100 Injuries
24. Chi-Squared
25. Banker, Chames And Cooper
26. Anderson-Peterson
27. Regression-To-The-Mean And Regression-To-The-Mean Bias
28. Conflict Between Crash Frequency Variability And Changing Site Conditions
29. Fluctuation
30. Geometric Trend
31. Exponential Trend
32. Learning Curve
33. Uncertain Coefficient Estimates
34. Unexplained Systematic Variation
35. Subtracting 1.96 Times The Standard Error From Each Coefficient
36. Stationary
37. Random Walk

۷. مراجع

– زارعی، ی. و استعلاجی، ع. (۱۳۹۷). "ارزیابی سطح توسعه استان‌های کشور در حوزه ایمنی و ترافیک جاده‌ای (مقطع زمانی۱۳۹۲–۱۳۹۰)". جغرافیا, ٥٦, ٥٢–٧٤.

– علوی، س. و اسفندیاری، ا. (۱۳۹۸). "ارزیابی عملکرد استان‌ها در ایمنی حمل و نقل جاده‌ای". مطالعات مدیریت ترافیک, ٥٧–۹۰.

– AASHTO. (2010). CHAPTER 3 FUNDAMENTALS . In Highway Safety Manual (pp. 14-16). Washington, D.C.: American Association of State Highway Transportation Professionals.

– Al-Hasani, G., Khan, A. M., Al-Reesi, H., & Al-Maniri, A. (2019). Diagnostic time series models for road traffic accidents data.

- Duffey, R., & Saull, J. (2003). "Know the Risk: Learning from errors and accidents: safety and risk in today's technology". Burlington: Butterworth–Heinemann.
- Elvik, R. (2010). "The stability of long-term trends in the number of traffic fatalities in a sample of highly motorised countries". Accident Analysis and Prevention, 42, 245–260. doi:10.1016/j.aap.2009.08.002

- Evans, A. (2003). "Estimating transport fatality risk from past accident data". Accident Analysis and Prevention, 35, 459–472.

- Hauer, E. (1997). "Observational Before–After Studies in Road Safety. Estimating the Effect of Highway and Traffic Engineering Measures on Road Safety". Emerald Publishing.

- Hauer, E. (2015). "The Art of Regression Modeling in Road Safety". Springer, Cham. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-12529-9

- Lavrenz, S., Vlahogianni, E., Gkritza, K., & Ke, Y. (2018, August). "Time series modeling in traffic safety research". Accident Analysis & Prevention, 117, 368-380. doi:https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.11.030

- Li, X., Wu, L., & Yang, X. (2018, November). "Exploring the impact of social economic variables on traffic safety performance in Hong Kong: A time series analysis". Safety Science, 109, 67-75. doi:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.05.010

- Mozaffari, M., Taghizadeh-Yazdi, T.-Y., Nazari-Shirkouhi, S., & Asadzadeh, S., (2021, May 12). "Measuring Traffic Safety Culture toward Achieving Road Safety Performance: A DEA Approach with Undesirable Inputs-Outputs". Cybernetics and Systems, 601-624.

International Journal of Applied Statistics and Econometrics, 2, 19-26.

- Antić, B., Grdinić, M., Pešić, D., & Pajković, V. (2020). "Benchmarking of the road safety performance among the regions by using DEA". Transportation Research Procedia, 45, 78-86. doi:https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.065

- Bawaneh, M., & Simon, V. (2019). "Anomaly Detection in Smart City Traffic Based on Time Series Analysis". 2019 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), (pp. 1-6). doi:10.23919/SOFTCOM.2019.8903822

- Besharati, M. M., Bondarabadi, M. A., Memariyan, M., & Kashani, A. T. (2019). Patterns of road traffic fatalities in the six most populous provinces of Iran, 2011–2015. Archives of Trauma Research,, 8(3), 177-181.
- Besharati, M. M., Tavakoli Kashani, A., & Washington, S. (2021). A comparative analysis of road safety across the provinces of Iran from 2005 to 2015. International journal of sustainable transportation, 15(2), 131-139.

- Bliss, T., & Breen, J. (2012). "Meeting the management challenges of the Decade of Action for Road Safety". 48–55. doi:10.1016/j.iatssr.2011.12.001

- Broughton, J., Allsop, R., Lynam, D., & McMahon, C. (2000). "The Numerical Context for Setting National Casualty Reduction Targets". Crowthorne, Berkshire: TRL Report.

- Clausen, V., & Kim, J.-R. (2000, September). "The Long-Run Stability of European Money Demand". Journal of Economic Integration, 15, 486– 505.

doi:https://doi.org/10.1080/01969722.2021.1914947

- Rosić, M., Pešić, D., Kukić, D., Antić, B., & Božović, M. (2017). "Method for selection of optimal road safety composite index with examples from DEA and TOPSIS method". Accident Analysis & Prevention, 98, 277-286. doi:https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.10.007

- Seyedalizadeh Ganji, S. & Rassafi, A. (2018, December 05). "Measuring the road safety performance of Iranian provinces: a double-frontier DEA model and evidential reasoning approach". International Journal of Injury Control and Safety Promotion, 156-169. doi:10.1080/17457300.2018.1535510

- WHO Report. Retrieved from World Health Organization: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries

سینا صاحبی، تحصیلات کارشناسی را در دوره مهندسی عمران دانشگاه تبریز و دوره کارشناسی ارشد را در دانشگاه تربیت مدرس در گرایش مهندسی راه و ترابری به پایان رساند. ایشان دارای دکتری مهندسی و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل از دانشگاه صنعتی شریف هستند. هم‌چنین پس از گذراندن دوره پسادکتری در مرکز پایداری و تاب‌آوری زیرساخت‌های دانشگاه صنعتی شریف، از اسفندماه سال ۱۳۹۹ به عنوان عضو هیئت علمی تمام وقت در دانشگاه شهید بهشتی مشغول به فعالیت شدند. حوزه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان عبارتند از؛ تحلیل داده های حمل و نقل، تکنولوژی های نوظهور در حمل و نقل، تلماتیک و بیمه‌های مصرف محور و مدلسازی آماری ایمنی ترافیک.

مانا مس‌کار، درجه کارشناسی در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۹۱ از دانشگاه صنعتی شریف اخذ نمود. هم چنین در سال ۱۳۹۳موفق به کسب درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع از دانشگاه صنعتی شریف گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان، تحقیق در عملیات و بهینه‌سازی، تحلیل داده و مدلسازی های آماری است. ایشان هم اکنون دانشجوی دکتری مهندسی صنایع در دانشگاه صنعتی شریف است.

روژین جلیل‌زاده اقدم، درجه کارشناسی در رشته مهندسی شهرسازی را در سال ۱۳۹۵ از دانشگاه هنر تهران اخذ نمود. ایشان در سال ۱۳۹۸ موفق به کسب درجه کارشناسی ارشد در رشته برنامه‌ریزی شهری از دانشگاه هنر تهران گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان، مدیریت ایمنی ترافیک، تحلیل داده‌های تصادفات، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و شهر هوشمند است.