*Received: 2021/11/24*
*Accepted: 2022/4/6*
*How to cite:*
*Akbari Khalaj T, Sangsefidi N, Fakoor V, Jamali J, Ghavami V. Forecasting the number of dispatches for prehospital emergency traffic accidents in Mashhad. EBNESINA 2022;24(2):50-59.*
*DOI: 10.22034/24.2.50*

# Original Article

# Forecasting the number of dispatches for prehospital emergency traffic accidents in Mashhad

Toktam Akbari Khalaj[1], Negar Sangsefidi[1], Vahid Fakoor[2], Jamshid Jamali[3], Vahid Ghavami[3]✉

## Abstract

**Background and aims:** In recent years, accidents have been a major cause of death and have had serious social, cultural, and economic consequences for human societies. Given that Iran is one of the countries with the highest number of injuries and deaths in traffic accidents, and this issue leads to the allocation of a significant volume of prehospital emergency dispatches to accidents. In this study we reviewed and examined the number of dispatches for pre-hospital emergency services to the traffic accidents in Mashhad city.

**Methods:** The present study was a retrospective longitudinal study and included the number of dispatches for prehospital emergency traffic accidents in Mashhad from the beginning of 2009 to the end of 2018. The statistical method used in this research was time series methods, and all analyzes were performed by R statistical software.

**Results:** The results showed that 74.6% of the injured were men and 25.4% were women. The mean age of the injured was 30.5±16.3, and 70.3% of the injured were under 35 years old. The seasonal time series ARIMA model (0,1,3) (0,1,1) was selected as the best model, and this number predicted for three years.

**Conclusion:** The seasonal ARIMA model (0,1,3) (0,1,1) was the best model among others, and the forecast of the number of dispatches for prehospital emergency accidents in Mashhad showed a constant trend for the next three years.

**Keywords: Traffic Accidents, Medical Emergency Services, Time Series, Forecasting**

1. MSc student, Department of Biostatistics, Social Determinants of Health Research Center, School of Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
2. Associate professor, Department of Statistics, Faculty of Mathematics, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3. Assistant professor, Department of Biostatistics, Social Determinants of Health Research Center, School of Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran

✉ Corresponding Author:
Vahid Ghavami
Address: Department of Biostatistics, Social Determinants of Health Research Center, School of Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran
Tel: +98 (51) 31892704
E-mail: Ghavamiv@mums.ac.ir



OPEN ACCESS
Copyright© 2022. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms. Downloaded from: http://www.ebnesina.ajaums.ac.ir

## مقاله تحقیقی

# پیش‌بینی تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس پیش‌بیمارستانی درون شهری مشهد

تکتم اکبری‌خلج[1]، نگار سنگ سفیدی[1]، وحید فکور[2]، جمشید جمالی[3]، وحید قوامی[3]✉

## چکیده

**زمینه و اهداف:** تصادفات در سال‌های اخیر یکی از عوامل اصلی مرگ و میر بوده و پیامدهای سنگین اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی آن جوامع بشری را به شدت مورد تهدید قرار داده است. با توجه به این که ایران یکی از کشورهای دارای بیشترین موارد جراحات و مرگ و میر ناشی از حوادث ترافیکی است و این موضوع سبب تخصیص حجم قابل توجهی از اعزام‌های اورژانس پیش‌بیمارستانی به تصادفات می‌شود، در این مطالعه قصد داریم به بررسی و پیش‌بینی روند تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس پیش‌بیمارستانی درون‌شهری مشهد بپردازیم.

**روش بررسی:** پژوهش حاضر یک مطالعه طولی گذشته‌نگر بوده و شامل تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس پیش بیمارستانی شهر مشهد از ابتدای سال ۲۰۰۹ تا انتهای سال ۲۰۱۸ است. روش آماری به کار رفته در این تحقیق روش‌های سری زمانی بود و کلیه تجزیه و تحلیل‌ها توسط نرم افزار آماری R انجام گردید.

**یافته‌ها:** نتایج پژوهش نشان داد ۷۴/۶٪ تعداد مجروحین اعزام‌ها مربوط به مردان و ۲۵/۴٪ مربوط به زنان است. همچنین میانگین سنی مجروحین ۱۶/۳±۳۰/۵ سال بوده و ۷۰/۳٪ مجروحین را افراد زیر ۳۵ سال تشکیل داده‌اند. مدل آریما فصلی (۰،۱،۱)(۰،۱،۳) به عنوان بهترین مدل انتخاب و برای مدت سه سال این تعداد پیش‌بینی گردید.

**نتیجه‌گیری:** مدل سری زمانی آریما فصلی (۰،۱،۱)(۰،۱،۳) به عنوان بهترین مدل از بین سایر مدل‌ها انتخاب گردید و پیش‌بینی تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس پیش بیمارستانی شهر مشهد برای سه سال آینده روند ثابتی را نشان داد.

**کلمات کلیدی:** حوادث ترافیکی، خدمات فوریت های پزشکی، سری زمانی، پیش‌بینی

فصلنامه علمی پژوهشی ابن‌سینا / اداره بهداشت، امداد و درمان نهاجا (سال بیست و چهارم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۱، مسلسل ۷۹)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۱۷

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آمارزیستی دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات عوامل موثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۲. دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم ریاضی، گروه آموزشی آمار، مشهد، ایران

۳. استادیار گروه آمارزیستی دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات عوامل موثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

✉مؤلف مسئول: وحید قوامی

آدرس: دانشگاه علوم پزشکی مشهد، دانشکده بهداشت،گروه آمار زیستی، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت، مشهد، ایران

تلفن: ۳۱۸۹۲۷۰۴ (۵۱) ۹۸+

ایمیل: Ghavamiv@mums.ac.ir

همه حقوق مادی و معنوی این اثر به فصلنامه علمی پژوهشی ابن‌سینا / اداره بهداشت، امداد و درمان نهاجا تعلق دارد.

## مقدمه

با گسترش روزافزون جمعیت و به تبع آن افـزایش وسـایل حمل و نقل، نیاز به سیستم‌های مدیریت حوادث ترافیکی، بیش از پیش احساس می‌شود. براساس آمارهای منتشر شده از سوی سازمان جهانی بهداشت تقریبا ۱/۳۵ میلیون نفر در دنیا، سالیانه در اثر تصادفات جان خود را از دست می‌دهند که از این میـزان ۹۳٪ آنان مربوط به کشورهای در حال توسعه است [۱].

به‌طور متوسط سالیانه بین ۲۰ تـا ۵۰ میلیـون نفـر بـر اثـر حوادث ترافیکی دچار جراحت و یا معلولیـت مـی‌شـوند؛ سـوانح ترافیکی در کشورهای بـا درآمـد پـایین اهمیـت بیشـتری دارد. باوجود این که تنها ۴۰٪ از وسایل نقلیه مربوط به کشورهای با درآمد پایین اسـت، ولـی مصـدومیت و مـرگ ناشـی از سـوانح ترافیکـی در ایـن کشـورها بسـیار بـالا اسـت؛ در سـال ۲۰۱۸، براساس آمار و اطلاعات مؤسسه اسـتاندارد و ارزیـابی سـلامت دانشگاه واشنگتن تلفات و مجروحین ناشی از حـوادث ترافیکـی در ایران، رتبه سوم را به خـود اختصـاص داده اسـت [۲]. البتـه تعداد کشته‌شدگان سوانح ترافیکی جـاده‌ای در ایـران در سـال ۲۰۱۵، از هر ۱۰۰ هزار نفر ۳۲ نفر بوده که این عدد بـه ۲۰ در ۱۰۰ هزار نفر در سال ۲۰۱۸ کاهش یافته است [۳]. در مقایسه با استانهای دیگر کشور، خراسان رضـوی از نظـر تصـادفات در رده دوم قرار دارد و ۷۶٪ از کل تلفات رانندگی در مرکز اسـتان، شهر مشهد رخ داده است [۴، ۵]. مشهد با حـدود یـک میلیـون نفر در حومه شهرها و جمعیتی معادل ۳,۳۷۲,۶۶۰ نفر، بیشترین جمعیت حومه در ایران را دارد و سالانه میزبان ۲۵-۲۰ میلیـون زائر است و در نتیجه حوادث و بـه خصـوص حـوادث ترافیکـی بخش جدایی‌ناپذیر زندگی در این کلان شهر است [۶]. یکی از ارگان‌های مهم نظام ارائه خـدمات بهداشـتی درمـانی، سیسـتم اورژانس پیش بیمارستانی است که با هدف خـدمت‌رسـانی بـه موقع مصدومان و بیماران نیازمنـد از جملـه حـوادث ترافیکـی، نقش مهمی در کاهش تبعات ناشی از این حـوادث دارد. لـذا بـا داشتن اطلاعات دقیق از تعداد اعزام‌هـای حـوادث ترافیکـی در یک بازه زمانی می‌توان وضعیت آینده اعزام‌ها را پیش‌بینی نمود و بر اساس آن نسبت به توسعه و تجهیـز مناسـب پایگـاه‌هـای اورژانس پیش‌بیمارستانی اقدام نمود. یکی از روش‌هـای آمـاری مناسب برای تجزیه و تحلیل داده‌هایی که در یک دوره زمانی و در نقاط مرتب شده‌ای از زمان ثبت شده‌انـد، مـدل‌هـای سـری زمانی است که ترتیب مشاهدات در آن دارای اهمیت است [۷]. سری زمانی در رشته‌های مختلف علوم از جمله آمار، مهندسـی، اقتصاد، مدیریت، هواشناسی و ... کاربردهـای فراوانـی دارد [۸]. اما ارائه الگویی مناسب برای تعداد اعزام‌های حـوادث ترافیکـی اورژانس پیش بیمارستانی، می‌تواند گامی مؤثر در هدایت منـابع و بودجـه کشـور و همچنـین توسـعه و اصـلاحات در زمینـه سیاست‌گذاری‌های بهداشتی باشد [۹].

مطالعات زیادی در خصـوص حـوادث ترافیکـی در ایـران و کشورهای دیگر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. از جمله مطالعه یوسف‌زاده و همکاران (۲۰۱۶) در زنجان با هدف بررسی روند و پیش‌بینی تعداد تصـادفات انجـام شـد کـه در آن مـدل فصلی آریما (ARIMA)[1] (۰،۱،۰)(۱،۱،۳) بـه عنـوان بهتـرین مدل انتخاب و نتایج روند نزولی مرگ و میر ناشی از تصـادفات را نشان داد [۱۰]. جهت ارزیابی و پـیش‌بینـی تعـداد تصـادفات جاده‌ای در ایران مطالعه سری زمانی توسط پروانـه و همکـاران [۱۱] در سال ۲۰۱۸ صورت گرفت که در آن مجروحین به سـه دسته مجروحین با خودرو، موتورسـیکلت و عـابر پیـاده تقسـیم شدند. نتایج حاصل، بهترین مدل برازش شده بـرای مجـروحین با خودرو را آریمای (۱،۰،۰) برای موتورسیکلت آریمـای فصـلی (۱،۰،۰)(۱،۰،۲) و بـــرای عـــابرین پیـــاده، آریمـــای فصـــلی (۰،۰،۱)(۱،۱،۱) و اوج تعداد تصادفات را در تابسـتان و کمتـرین تعداد مجروحین در اواخـر پـاییز و زمسـتان (دسـامبر و ژانویـه) نشان دادند. برای درک روند تصادفات و تعیین قابلیـت اسـتفاده از مدل‌های سـری زمـانی طـاهری و همکـاران [۱۲] در سـال ۲۰۱۹ به تجزیه و تحلیل مرگ و میـر تصـادفات در نجـف‌آبـاد پرداختند و مدل آریمای غیرفصلی (۰،۰،۱) بـه عنـوان بهتـرین

1. Auto Regressive Integrated Moving Average

مدل برای داده‌ها شناخته شد. همچنین مطالعاتی در خارج از ایران به بررسی روند تصادفات با استفاده از مدل‌های سری زمانی پرداخته‌اند؛ به عنوان مثال در مطالعه آلمسگا[1] [۱۳] در سال ۲۰۲۱ مدل‌سازی روند جراحات، تصادفات مرگبار و کل تصادفات در منطقه آمهارا اتیوپی طی سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷ مورد بررسی قرار گرفت و بهترین مدل‌ها برای مجروحین آریمای فصلی (۱،۰،۰)(۲،۰،۰)، برای مرگ و میر تصادفی آریمای (۲،۰،۰) و برای کل تصادفات آریمای فصلی (۱،۱،۱)(۲،۰،۰) انتخاب شد و نتایج روند غیرکاهشی تصادفات را نشان داد. یی‌ژوان[2] و همکاران [۱۴] در سال ۲۰۱۵ به پیش‌بینی تعداد تصادفات رانندگی و میزان مرگ و میر و تعداد وسایل نقلیه درگیر در انگلستان پرداختند و نتایج آنها نشان داد سری زمانی به بهبود دقت پیش‌بینی مدل، به عنوان مرجعی برای تصمیم‌گیری بخش مدیریت ترافیک کمک کرده است. عبدالقادر و همکاران [۱۵] در سال ۲۰۲۰ از مدل‌های سری‌زمانی آریما برای ارائه الگوی افراد آسیب‌دیده از تصادفات در شهر اربیل استفاده کردند و مدل آریمای فصلی (۱،۰،۱)(۰،۱،۱) به عنوان مناسب‌ترین و بهترین مدل پیش‌بینی انتخاب گردید و نشان دادند که تعداد مصدومان ناشی از حوادث ترافیکی روند کاهشی دارد. رودریگرز و همکاران [۱۶] در سال ۲۰۱۵ به مدل‌سازی روند آسیب‌های حوادث ترافیکی پرداختند و مدل آریمای فصلی را بدین منظور پیشنهاد دادند و در نهایت مدل سری زمانی فصلی (۱،۱،۰)(۵،۱،۲) برازش خوبی به داده‌ها نشان داد و نتایج اطلاعات مفیدی در مورد رفتار مرگ و میر و عوارض ناشی از حوادث ترافیکی در مناطق مشابه فراهم کرد. آووگلا[3] و همکاران [۱۷] در سال ۲۰۱۴ پژوهشی در خصوص تعداد تصادفات در غنا انجام دادند که در آن از مدل سری‌زمانی آریما برای مطالعه روندها و الگوهای تصادفات رانندگی استفاده کردند. نتایج سیر صعودی تصادفات را نشان داد و مدل آریمای (۰،۲،۱) به عنوان بهترین مدل شناخته شد. با توجه به این نکته که تاکنون تعداد اعزام‌های اورژانس پیش بیمارستانی از طریق مدل سری‌های زمانی مورد بررسی قرار نگرفته است و این در حالی است که اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس بخش قابل توجهی از توان سیستم اورژانس پیش بیمارستانی را به خود اختصاص می‌دهد، در این مطالعه قصد داریم به بررسی روند تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی درون شهری اورژانس پرداخته و پیش‌بینی مناسبی از تعداد اعزام برای سال‌های آتی ارائه نماییم.

## روش بررسی

مطالعه حاضر یک مطالعه طولی گذشته‌نگر است و داده‌ها مربوط به تمامی اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس پیش‌بیمارستانی درون شهری مشهد از ژانویه ۲۰۰۹ (دی‌ماه سال ۱۳۸۷) تا دسامبر ۲۰۱۸ (دی‌ماه سال ۱۳۹۷) بود که از سامانه اتوماسیون اورژانس ۱۱۵ مشهد جمع‌آوری شده است.

### ملاحظات اخلاقی

اطلاعات مورد استفاده در این مطالعه، داده‌های ثبتی و فاقد اطلاعات هویتی بیماران و سایر اطلاعات محرمانه و شخصی بود. همچنین این مطالعه تمامی ملاحظات اخلاقی مرتبط با پژوهش را رعایت نموده است.

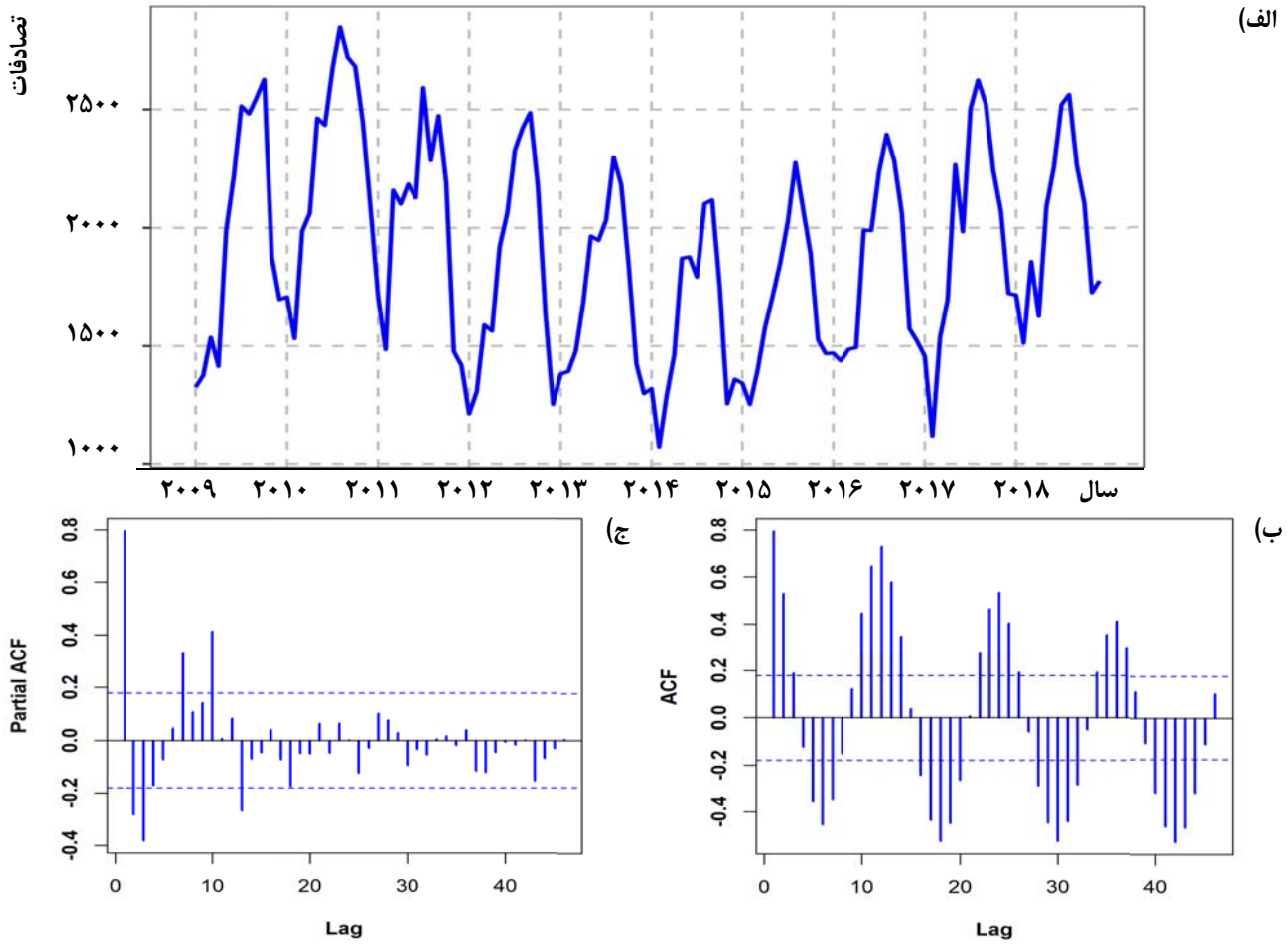
### تجزیه و تحلیل آماری

در تجزیه و تحیل سری زمانی ممکن است هدف‌های زیادی وجود داشته باشد. این اهداف ممکن است به عنوان توصیفی، کشف، شناسایی مدل و پیش‌بینی به نوبه خود در نظر گرفته شوند [۱۸، ۱۹]. سری زمانی مجموعه مشاهداتی است که به ترتیب زمان جمع‌آوری شده‌اند. تجزیه و تحلیل سری‌زمانی، تلاشی برای استخراج خلاصه اطلاعات آماری معنی‌دار از نقاط مرتب شده به ترتیب زمانی است. این کار برای تشخیص رفتار گذشته و همچنین پیش‌بینی رفتار آینده انجام می‌شود [۲۰].

1. Alemtsega
2. Yixuan
3. Avuglah

یک گام مهم در مدل‌بندی داده‌های سری زمانی شناسایی مؤلفه‌های تشکیل دهنده آن است که شامل چهار مؤلفه روند، مؤلفه فصلی، مؤلفه دوره و تغییرات نامنظم گفته می‌شود. روند شامل الگوی بلند مدت افزایشی یا کاهشی در داده‌ها است که الزاما خطی نیست. مؤلفه فصلی به تغییراتی به شکل دوره‌های تناوبی کوتاه مدت اطلاق می‌شود که تحت تأثیر عواملی (مانند فصل، ماه، یا روزهای هفته) به وجود می‌آیند. این تغییرات به صورت منظم و چرخه‌ای روی یک دوره کمتر از یک سال عمر می‌کنند. برخی سری‌ها، غیر از اثرات فصلی، به علل دیگر، تغییراتی را در یک دوره نشان می‌دهند که با نوساناتی همراه هستند و چرخه ثابتی ندارند اما تاحدودی قابل پیشگویی هستند. به بیانی دیگر تغییرات دوره‌ای شامل تکرار حرکات رو به بالا و پایین حول روند است که مدت زمان این نوسانات معمولاً حداقل دو سال است و تغییرات نامنظم که به حرکات پراکنده در سری زمانی که از الگوی منظم و مشخصی پیروی نکند گفته می‌شود. این نوسانات نامنظم معمولاً ناشی از وقایع غیرمعمول همچون زمین لرزه، اعتصاب، سیل، جنگ و غیره است [۸]. سری زمانی به دو نوع سری زمانی مانا و نامانا تقسیم می‌شود. مانایی یکی از مهمترین مباحث در مفاهیم سری‌های زمانی است. بسیاری از مدل‌های احتمال سری زمانی بر مبنای مانایی سری استوار هستند بدین معنی که وقتی شوکی به یک سری زمانی مانا وارد شود، اثرات آن بر متغیر مورد نظر میرا است و به سمت صفر میل کرده و به تدریج از بین می‌رود [۷]. مدل کلی که در این پژوهش استفاده شده است، مدل آریمای فصلی است که توانایی طبقه‌بندی طیف گسترده‌ای از سری‌های زمانی نامانا را دارد و به صورت ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)12 نمایش داده می‌شود.

برای تشخیص مدل اولیه ابتدا نمودار سری زمانی رسم گردید. سپس داده‌ها از نظر مانایی مورد بررسی قرار گرفت. یک سری‌زمانی ممکن است در میانگین یا واریانس و یا هر دو




نمودار ۱- سری زمانی (الف) و خودهمبستگی (ب) و خودهمبستگی جزیی نمونه‌ای (ج) تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس شهر مشهد

نامانا باشد. در این پژوهش برای برقراری ثبات واریانس از تبدیلات باکس–کاکس و مانایی در میانگین از تفاضلی کردن استفاده گردید [۲۱].

نامانایی در میانگین بدین معنی است که سری هیچ میانگین ثابتی ندارد که در این حالت سری دارای روند است. روندها دارای سه الگوی ۱)روند قطعی[1]؛ ۲) روند تصادفی[2]؛ و ۳) ترکیب روند قطعی و تصادفی هستند. در روند قطعی، سری حول یک روند قطعی و معین نوسان کرده و مسیر حرکت کلی متغیر در طول زمان قابل پیش‌بینی است و قطعیت دارد. روند تصادفی وضعیتی است که یک سری زمانی دارای روند مشخصی نیست و به طور تصادفی دچار تغییر روند می‌شود. مدل ترکیبی نیز از ترکیب روند قطعی و روند تصادفی به دست می‌آید. برای تشخیص وجود نامانایی در سری زمانی از آزمون ریشه واحد معروف به آزمون دیکی‌فولر تعمیم یافته (ADF)[3] استفاده گردید [۲۱، ۲۲]. همچنین ازآزمون فلیپس‌پرون (PP)[4] که مشابه آزمون دیکی فولر است و در مواردی که مانده‌ها می‌توانند دارای خودهمبستگی باشند نیز کمک گرفته شد [۲۳]. آزمون کیاتواسکی، فیلیپس، اسمیت و شین[5] معروف به آزمون KPSS نیز برای بررسی مانایی در روند استفاده شد. پس از حذف نامانایی در داده‌ها خودهمبستگی‌ها را به منظور تعیین الگوی مناسب به داده‌ها به کمک نمودارهای ACF و PACF ارزیابی کردیم. سپس برای تشخیص یک مدل مناسب و برآورد پارامترهای آن، به بررسی میزان مناسبت مدل پرداختیم. این کار به دو روش ۱) تجزیه و تحلیل باقیمانده‌های مدل برازش شده؛ و ۲) تجزیه و تحلیل مدل‌های که پارامترهای بیشتری دارند یعنی یک مدل کلی‌تر از مدل مشخص شده، انجام شد. برای بررسی وجود خودهمبستگی در مانده‌های مدل از آزمون لجانگ باکس[6] و بررسی نرمال بودن مانده‌های مدل از آزمون جارگ–برا استفاده شد [۸]. همچنین جهت مقایسه روش‌های مختلف پیش‌بینی و اندازه‌گیری دقت مدل برازش شده در یک سری زمانی از معیارهای دقت[7] شامل RMSE، MAE و MAPE استفاده گردید [۲۴]. برای این منظور داده‌ها را به دو دسته آموزش (۷۰٪) و آزمایش (۳۰٪) تقسیم کرده و مدل‌های ARIMA منتخب را برازش داده و سپس دقت را برای هر کدام از داده‌های آزمایش بررسی کردیم و هر کدام که معیارهای دقت بهتری برخوردار بود را به عنوان مدل مناسب‌تر انتخاب کردیم. در نهایت با استفاده از استراتژی مدل‌های باکس–جنکینز مدل نهایی را شناسایی کرده و توانستیم بر مبنای آن به پیش‌بینی رفتار آینده سری بپردازیم [۱۸].

برای انجام سری زمانی تمام تحلیل‌ها با استفاده از نرم افزار R نسخه ۴.۰.۳ صورت گرفت. کلیه آزمون‌های آماری در سطح خطای ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

در این مطالعه اکثریت تعداد مجروحین اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس را مردان با ۷۴/۶٪ تشکیل دادند. میانگین سنی مجروحین ۱۶/۳±۳۰/۵ سال بود و اکثریت مجروحین (۷۰/۳٪) را افراد کمتر از ۳۶ سال تشکیل دادند. از تعداد کل مأموریت‌های تصادفات اورژانس حدود ۷۴/۶٪ مصدومین منتقل بیمارستان و ۱۲/۲٪ در محل درمان و بقیه اعزام‌ها لغو شده بود.

نمودار ۱–الف، سری زمانی تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی را بر حسب ماه و سال نمایش داده است و نشان‌دهنده آن است که سری مانا نیست. این نمودار تغییرات فصلی قابل ملاحظه‌ای را در تعداد اعزام‌های تصادفی با طول دوره دوازده ماهه نشان داد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تعداد اعزام‌ها در فصل زمستان نسبت به فصل تابستان کمتر بود و این سیکل طی مدت مورد بررسی سالیانه تکرار شد. وجود خودهمبستگی‌های

1. Deterministic Trend
2. Stochastic Trend
3. Augmented Dickey–Fuller
4. Phillips–Perron Test
5. Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin
6. Ljung Box Test
7. Measures of Accuracy

جدول ۱- نتایج آزمون‌های مانایی در روند

| آزمون ADF | آزمون PP | آزمون KPSS |
|---|---|---|
| فرضیه صفر: | فرضیه صفر: | فرضیه صفر: |
| وجود ریشه واحد (نامانایی) | وجود ریشه واحد (نامانایی) | مانایی روند |
| آماره -۲/۱۱۷ | آماره -۲/۷۵۴ | آماره ۰/۱۱۷ |
| مقدار p ۰/۵۲۷ | مقدار p ۰/۲۶۶ | مقدار p ۰/۱ |
| نتیجه وجود ریشه واحد | نتیجه وجود ریشه واحد | نتیجه مانایی روند |

فصلی، حاکی از نامانایی در سری زمانی داده‌ها بود. در نمودار ۱ (ب و ج)، مقادیر تابع خودهمبستگی نمونه‌ای یک پدیده سینوسی-کسینوسی واضح را نشان داد که بسیار کند به سمت صفر میل کرد. به کمک تابع خودهمبستگی (ACF) و خودهمبستگی جزیی نمونه‌ای (PACF) به وجود نامانایی در سری مشاهدات پی بردیم.

برای مدل‌بندی این سری ابتدا داده‌ها به دو بخش آموزش و آزمایش تقسیم شدند. در ادامه به منظور تشخیص نامانایی در واریانس از تبدیل باکس-کاکس استفاده شد. مقدار لامبدای پیشنهادی این تبدیل برابر ۰/۳ گزارش شد که پیشنهاد داد از مجذور داده‌های متغیر پاسخ استفاده شود. اما به دلیل این که بازه اطمینان (۱/۲، ۰/۶-) در بردارنده عدد یک بود، لذا نیازی به استفاده از تبدیل توانی در سری‌زمانی نبود و به عبارتی داده‌ها در واریانس مانا بودند. در جدول ۱ نتایج آزمون ADF و PP وجود ریشه واحد را نشان دادند. این نتایج حاکی از وجود روند تصادفی در مدل بودند. همچنین براساس آزمون KPSS مانایی روند که به معنی وجود روند قطعی در داده‌ها است تأیید شد. در نهایت مدل پیشنهادی داده‌های دوبار تفاضلی شده، ARIMA(1,1,0)(1,1,0)12 گردید.

مقدار آماره لجونگ باکس به ارزش ۴۴/۰۸ و مقدار p ۰/۰۰۱ نشان داد که مانده‌های مدل دارای خودهمبستگی بودند. برای برازش مدل‌های جامع‌تر از معیار آکائیک (AIC)[1] استفاده گردید. به این صورت که هر بار به مقادیر Q، P، q و p به ترتیب یک مرتبه اضافه گردید و از بین مدل‌های حاصل مدل‌هایی که بهترین برازش را به داده‌ها داشتند انتخاب شدند. معیارهای نیکویی برازش برای چهار مدل پیشنهادی در جدول

1. Akaike Information Criterion

جدول ۲- برازش مدل‌های جامع‌تر تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس

| ARIMA | LBQ | J-B | AICc |
|---|---|---|---|
| (0,1,3)(0,1,1)12 | ۱۲/۸۰۲ | ۰/۷۴۳ | ۹۴۳/۲۸ |
| (1,0,3)(0,1,1)12 fixed SMA1 | ۱۵/۴۱۰ | ۰/۰۰۱ | ۹۵۶/۷۵ |
| (1,0,3)(1,1,2)12 fixed MA2&SMA1 | ۱۳/۴۵۱ | ۰/۰۷۳ | ۹۵۶/۲۲ |
| (1,0,0)(1,0,1)12 | ۱۹/۸۴۳ | ۱/۰۰۱ | ۱۱۲۸/۹۷ |

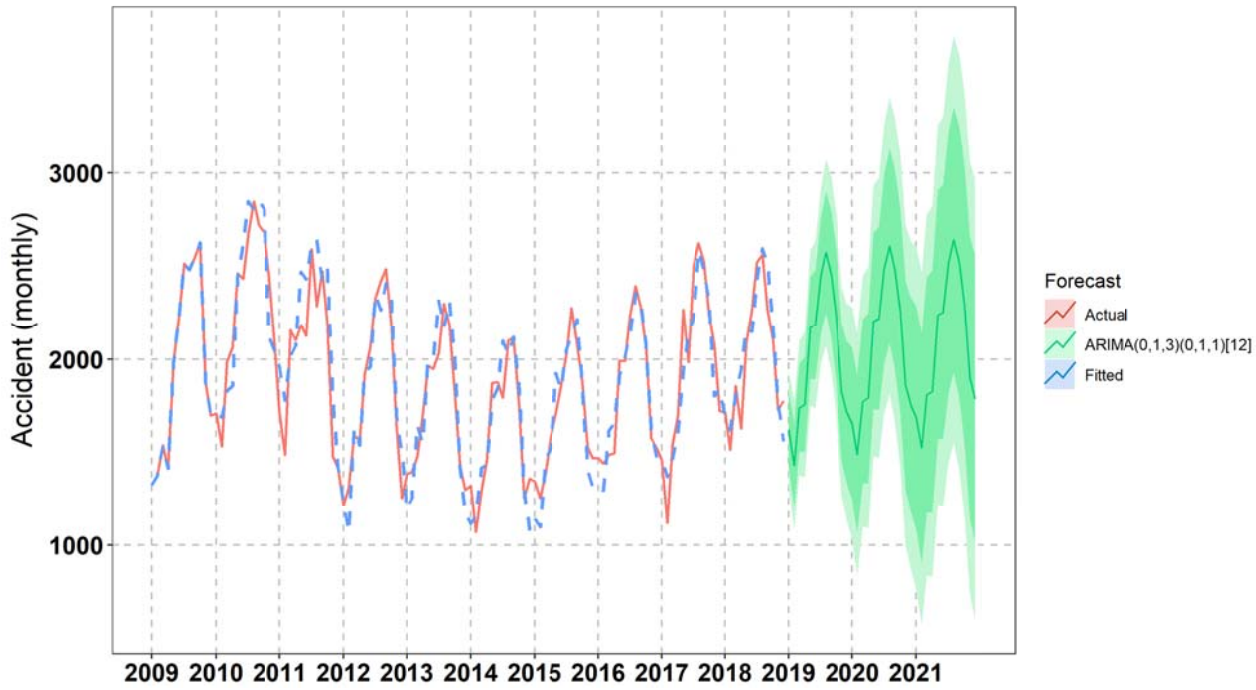
۲ گزارش شده است. همچنین پی‌مقدار آزمون لجونگ-باکس در تمامی مدل‌ها بیشتر از ۰/۰۵ بود که عدم وجود خودهمبستگی در مانده‌ها را نشان داد. مقدار p آزمون جارگ-برا در تمامی مدل‌ها بیشتر از ۰/۰۵ بود، بنابراین فرض نرمال بودن مانده‌ها تأیید شد.

معیارهای دقت پیش‌بینی چهار مدل انتخابی در جدول۳ گزارش شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود همه معیارهای دقت پیش‌بینی مربوط مدل ARIMA(0,1,3)(0,1,1)12 نسبت به سایر مدل‌ها کمتر بود. بنابراین این مدل به عنوان بهترین مدل از بین مدل‌های پیشنهادی انتخاب گردید.

جدول ۳- معیارهای دقت پیش‌بینی برای مدل‌های پیشنهادی تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس

| | RMSE | MAE | MAPE |
|---|---|---|---|
| ARIMA(0,1,3)(0,1,1)12 | ۱۹۰/۸۶۴ | ۱۴۹/۳۳۶ | ۷/۶۵۵ |
| ARIMA(1,0,3)(0,1,1)12 | ۲۳۱/۱۴۵ | ۱۸۴/۵۸۴ | ۹/۳۸۵ |
| ARIMA(1,0,3)(1,1,2)12 | ۲۰۳/۹۹۵ | ۱۶۵/۸۰۴ | ۸/۵۷۳ |
| ARIMA(1,0,0)(1,0,1)12 | ۲۵۸/۰۷۸ | ۲۰۷/۳۵۳ | ۱۰/۰۷۴ |

پس از انتخاب مدل ARIMA(0,1,3)(0,1,1)12 براساس معیار دقت پیش‌بینی، این مدل بر داده‌های آموزش برازش داده شد و نتایج برای ۳۶ ماه آینده پیش‌بینی گردید. مدل منتخب، برازش خوبی را به داده‌ها داشت. مجذور میانگین مربعات خطا برابر ۱۹۰/۸۶۴ بود. پس از مشخص شدن بهترین مدل برای برازش به سری زمانی داده‌ها و برآورد پارامترهای مربوط به آن، پیش بینی سری با استفاده از مدل منتخب ARIMA(0,1,3)(0,1,1)12 انجام شد. نمودار ۲ پیش‌بینی سری زمانی تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی را برای ۳۶ ماه آینده نشان می‌دهد. خطوط قرمز مربوط به داده‌های واقعی، خطوط آبی خط چین، داده‌های برازش شده و خطوط قرمز مربوط به مقادیر پیش‌بینی است. نتایج برای مدل آریما نشان داد که تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس برای ۳




**نمودار ۲- پیش بینی تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس پیش بیمارستانی شهر مشهد برای سه سال بعد از ۲۰۱۸**

سال آینده روند ثابتی دارد. مدل نهایی تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس پیش‌بیمارستانی شهر مشهد به صورت زیر تعریف شد:

$$(1-\mathrm{B})(1-B^{12})\,y_t = (1-0.471B - 0.222\,B^2 + 0.257\,B^3)(1-0.581B^{12})e_t$$

$y_t$: تعداد اعزام حوادث ترافیکی اورژانس پیش بیمارستانی در زمان t و عملگر پسرو است.

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه ارزیابی روند تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس پیش بیمارستانی مشهد در مناطق درون شهری بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ و پیش‌بینی آن برای ۳ سال آینده با استفاده از تجزیه و تحلیل سری زمانی بود. در این تحقیق، مدل سری زمانی آریما به تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی برازش داده شد. نتایج برای این مدل نشان داد که تعداد اعزام‌ها از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۱۴ روند کاهشی و پس از آن روند افزایشی را داشته است. همچنین یافته‌های پیش بینی برای سه سال آینده بر اساس مدل ARIMA(0,1,3)(0,1,1)12، روند ثابت را نشان داد. با توجه به اینکه مشهد یکی از بزرگترین شهرهای ایران بوده و هرساله تعداد زیادی مسافر را در ماه‌های تعطیلی پذیرا است افزایش تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی اورژانس پیش بیمارستانی قابل پیش‌بینی بود. از طرفی بیش از ۹۲٪ تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی شهر مشهد در داخل منطقه شهری رخ داده و اورژانس پیش بیمارستانی تقریبا ۸۷٪ حوادث ترافیکی را پوشش می‌دهد. در مطالعه محمدیان و همکاران [۲۴] که به بررسی روند بروز تصادفات منجر به مرگ و میر و مصدومیت در مناطق درون شهری و برون شهری اصفهان طی سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۱۰ پرداخته است، ۱۲۸,۴۷۷ مصدوم مورد مطالعه قرار گرفت و بیشترین میزان رخداد مصدومیت‌های ناشی از تصادفات در مناطق درون‌شهری اتفاق افتاده است. وانگ و همکاران [۲۵] نیز مطالعه‌ای را در شهر گویانگ چین در سال ۲۰۱۷ بر روی ۲۰۳,۰۴۹ مورد تصادف انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که تعداد تصادفات در مناطق شهری بیشتر از حومه است و این نتایج هم‌سو با یافته‌های مطالعه حاضر است. بهادری و همکاران [۲۶] مطالعه سری زمانی در خصوص مرگ‌های ناشی از حوادث ترافیکی بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰ در ایران انجام دادندکه در آن میزان مرگ ناشی از سوانح ترافیکی در ماه‌های تابستان بیشتر بود. همچنین مطالعه سری

زمانی گذشته‌نگر در سال ۲۰۱۶ در ایران انجام شد که در آن نیز به بررسی میزان مرگ و میر ناشی از حوادث ترافیکی پرداخته شد و مدل آریمای فصلی جهت پیش‌بینی تعداد فوتی ناشی از تصادفات انتخاب گردید [۱۰]. نتایج پژوهش حاضر نیز که با استفاده از مدل‌های سری زمانی انجام گردید نشان داد تعداد تصادفات در ماه اگوست (۱۰ مرداد تا ۱۰ شهریور) در فصل تابستان به طور قابل توجهی افزایش یافته است و در فصل زمستان ماه فوریه (۱۰ بهمن تا ۱۰ اسفند) کمترین تعداد را داشته است؛ از این رو نتایج مطالعه حاضر با مطالعات ذکر شده تطابق دارد. همچنین در این پژوهش مدل‌های فصلی سری زمانی، بهترین پیش‌بینی را برای تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی داشتند که با مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۹ برای پیش بینی تعداد افراد در تصادفات رانندگی در بزرگراه‌های تایلند و همچنین مطالعه دلاوری و همکاران در ایران انجام شد همخوانی دارد [۲۷، ۲۸]. لازم به توضیح است که این مطالعه مربوط به دوران قبل از کرونا بوده و در دوران بعد از کرونا و با توجه به محدودیت‌های اجتماعی که در بیشتر کشورها اجرا شده است، نتایج تحت تأثیر قرار می‌گیرد؛ از جمله در مطالعه حلیم و همکاران [۲۹] که در خصوص تعداد تصادفات رانندگی در شهر ماکاسار انجام شد مدل آریمای فصلی نشان داد که تعداد تصادفات در سال ۲۰۲۱ به میزان قابل توجهی کاهش یافته است. کروز و سارمنتو [۳۰] نیز در مطالعه‌ای نشان دادند که سیستم حمل و نقل و ترافیک بیشترین تأثیر را در زمان همه‌گیری کرونا داشته و تأثیر بسزایی در کاهش ترافیک بزرگراه‌ها داشته است. همچنین در مطالعه آقزوقلو در ترکیه [۳۱] کاهش چشمگیر تصادفات رانندگی، مرگ و میر و جراحات در ماه‌هایی که قرنطینه و ماندن در خانه اجرا شده بود مشاهده شد. البته با توجه به این نکته که در این مطالعه صرفاً اعزام‌های اورژانس حوادث ترافیکی درون شهری مورد تحلیل قرار گرفت و بیشتر محدودیت‌های ترافیکی مربوط به حمل و نقل بین شهری بوده است تنها محدودیت تردد پس از ساعت ۹ یا ۱۰ شب سبب کاهش تردد و به تبع آن کاهش تعداد اعزام خواهد شد.

با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان مدل‌های سری زمانی را روشی مناسبی برای پیش‌بینی تعداد اعزام‌های حوادث ترافیکی درون شهری اورژانس پیش‌بیمارستانی مشهد در نظر گرفت و این نتایج می‌تواند به سیاستگذاران نظام سلامت جهت تجهیز، تخصیص و توزیع آمبولانس‌ها بین مراکز مختلف اورژانس پیش‌بیمارستانی کمک کند.

## تشکر و قدردانی

این پژوهش حاصل بخشی از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد، مصوب دانشگاه علوم پزشکی مشهد در سال ۱۳۹۸ با کد اخلاق IR.MUMS.REC.1398.280 است. نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از سازمان اورژانس پیش‌بیمارستانی و مدیریت حوادث دانشگاه مشهد که داده‌های مورد نیاز را در اختیار ما قرار دادند اعلام می‌نمایند.

## تعارض منافع

نویسندگان مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض در منافعی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

## سهم نویسندگان

همه نویسندگان در ایده‌پردازی و انجام طرح، همچنین نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تأیید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می‌پذیرند.

## منابع مالی

این پژوهش قسمتی از نتایج پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول است که تحت حمایت دانشگاه علوم پزشکی مشهد انجام شده است.

## References


1. Ihueze CC, Onwurah UO. Road traffic accidents prediction modelling: an analysis of Anambra State, Nigeria. Accident analysis & prevention. 2018;112:21-29. doi:10.1016/j.aap.2017.12.016
2. The Institute for Health Metrics and Evaluation [Internet]. University of Washington; 2019. Available from: http://www.healthdata.org/iran.
3. 3. Global status report on road safety [Internet]. World Health Organization; 2018; Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684
4. 4. Tenth Transportation Statistics report of Mashhad city: Transportation & Traffic Organization of Mashhad Municipality [Internet]. 2014; Available from:https://traffic.mashhad.ir
5. 5. Thirteenth Transportation Statistics report of Mashhad city: Transportation & Traffic Organization of Mashhad Municipality [Internet]. 2017; Available from: https:// traffic.mashhad.ir/web directory.
6. Attari J, Dijk MPV. Reaching the poor in Mashhad City: from subsidising water to providing cash transfers in Iran. International journal of water. 2016;10(2-3):213-227.
7. Cryer JD, Chan KS. Time series analysis: with applications in R. New York: Springer 2008.
8. Makridakis SG, Wheelwright SC, Hyndman RJ. Forecasting: methods and applications. 3rd ed: Wiley; 2008.
9. Quddus MA. Time series count data models: an empirical application to traffic accidents. Accident analysis & prevention. 2008;40(5):1732-1741. doi:10.1016/j.aap.2008.06.011
10. Yousefzadeh-Chabok S, Ranjbar-Taklimie F, Malekpouri R, Razzaghi A. A time series model for assessing the trend and forecasting the road traffic accident mortality. Archives of trauma research. 2016;5(3):e36570. doi:10.5812/atr.36570
11. Parvareh M, Karimi A, Rezaei S, Woldemichael A, Nili S, Nouri B, et al. Assessment and prediction of road accident injuries trend using time-series models in Kurdistan. Burns & trauma. 2018;6:1-8. doi:10.1186/s41038-018-0111-6
12. Taheri Soodejani M, Mahmoodimanesh M, Abedi L, Ghaderi A. Traffic accident mortality in Najafabad, Iran: a time series model. Journal of injury and violence research. 2019;11(2):1-1.
13. Alemtsega K. Time Series Modeling of Road Traffic Accidents in Amhara Region. 2021. doi:10.21203/rs.3.rs-299726/v1.
14. Yixuan S, Chunfu S, Xun J, Liang Z. Urban traffic accident time series prediction model based on combination of ARIMA and information granulation SVR. Journal of Tsinghua University (science and technology). 2015;54(3):348-353.
15. Abdulqader QM, Hassan MT, Ahmad KH. Building a mathematical sarima model for forecasting the number of monthly injured people by traffic accidents in Erbil City. Technology Reports of Kansai University. 2020;9(03–62):909-916.
16. Rodríguez JM, Peñaloza RE, Moreno Montoya J. Road traffic injury trends in the city of Valledupar, Colombia. A time series study from 2008 to 2012. PLoS one. 2015;10(12):e0144002. doi:10.1371/journal.pone.0144002
17. Avuglah R, Adu-Poku K, Harris E. Application of ARIMA models to road traffic accident cases in Ghana. International journal of statistics and applications. 2014;4(5):233-239. doi:10.5923/j.statistics.20140405.03
18. Chatfifield C, Xing H. The analysis of time series: an introduction with R. 7th ed. Boca Raton, Florida: CRC Press; 2019.
19. Box GE, Jenkins GM, Reinsel GC, Ljung GM. Time series analysis: forecasting and control. New York: John Wiley & Sons; 2015.
20. Nielsen A. Practical time series analysis: prediction with statistics and machine learning. Newton, Massachusetts, United States: O'Reilly Media; 2019.
21. Patterson K. Unit Root tests in time series volume 2: extensions and developments. Vol 2nd. London, United Kingdom: Palgrave Macmillan; 2012.
22. Maddala GS, Kim I-M. Unit roots, cointegration, and structural change. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press; 1998.
23. Phillips PC, Perron P. Testing for a unit root in time series regression. Biometrika. 1988;75(2):335-346. doi:10.1093/biomet/75.2.335
24. Mohammadian M, Hajare A, Mohammadian Hafshejani A. Incidence trends of injury and mortality from traffic accidents in urban and suburban areas of Isfahan Province during 2002-2010. Journal of police medicine. 2014;3(1):1-10. [Persian] doi:10.30505/3.1.1
25. Wang W, Yuan Z, Yang Y, Yang X, Liu Y. Factors influencing traffic accident frequencies on urban roads: a spatial panel time-fixed effects error model. PLoS one. 2019;14(4):e0214539. doi:10.1371/journal.pone.0214539
26. Bahadori Monfared A, Soori H, Mehrabi Y, Rahmati Roudsar M, Esmaili A, Salehi M, et al. A model for prediction of on the rate of mortality due to road traffic accidents in Iran. Research in medicine. 2013;36(5):7-11. [Persian]
27. Chanpanit T, Arkamanont N, Pranootnarapran N. Predicting the number of people for road traffic accident on highways by hour of day. Paper presented at: 2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)2019.
28. Delavary Foroutaghe M, Mohammadzadeh Moghaddam A, Fakoor V. Time trends in gender-specific incidence rates of road traffic injuries in Iran. PloS one. 2019;14(5):e0216462. doi:10.1371/journal.pone.0216462
29. Halim H, Bustam B, Saing Z. The forecasting of a traffic accident in the pandemic of Covid-19. Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT). 2021;12(6):3664-3669.
30. Cruz CO, Sarmento JM. The impact of COVID-19 on highway traffic and management: the case study of an operator perspective. Sustainability. 2021;13(9):1-12. doi:10.3390/su13095320
31. Oguzoglu U. COVID-19 lockdowns and decline in traffic related deaths and injuries. 2020. doi:10.2139/ssrn.3608527.