

## بررسی میزان حوادث ترافیکی استان زنجان از فروردین ماه ۱۳۸۸ تا اسفند ۱۳۹۴ و مقایسه روش‌های ریاضی پیش‌بینی مصدومان ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان به تفکیک سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸

نبی امیدی<sup>۱</sup>، حشمت اله عسگری<sup>۲</sup>، محمدرضا امیدی<sup>۳</sup>، میثم جعفری اسکندری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> مربی، گروه مدیریت، دانشگاه پیام نور، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار، گروه اقتصاد، دانشگاه ایلام، ایران

<sup>۳</sup> مدرس، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، ایران

<sup>۴</sup> استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، ایران

### چکیده

**سابقه و هدف:** تصادفات ترافیکی از عوامل مهم مرگ و میر بوده و پیامدهای سنگین اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی آن جوامع بشری را به شدت مورد تهدید قرار داده، که این امر آینده پژوهی در حوزه حوادث ترافیک را پراهمیت کرده است.

**روش بررسی:** در این تحقیق با استفاده از سیستم خاکستری  $GM(1,1)$ ، مدل چرخشی خاکستری  $RGM(1,1)$ ، مدل خاکستری  $FGM(1,1)$ ، مدل تغییرات بازمانده، سری زمانی  $ARIMA$  و الگوی هارمونیک و استفاده از داده‌های آماری تعداد مصدومان حوادث ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی در استان زنجان بین فروردین ۱۳۸۸ تا اسفند ۱۳۹۴، به پیش‌بینی تعداد مصدومان ترافیکی استان زنجان بین سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ پرداخته شده است.

**یافته‌ها:** درصد میانگین قدر مطلق خطا برای مدل‌های  $FGM$ ،  $RGM$ ،  $GM$ ، تغییرات بازمانده،  $ARIMA$  و هارمونیک به ترتیب ۰/۱۰، ۰/۰۷، ۰/۱۲، ۰/۱۴، ۰/۱۳ و ۰/۱۵ به دست آمد که نشان‌دهنده دقت بیشتر روش  $RGM$  در پیش‌بینی تعداد مصدومان است. با توجه به نتایج روش  $RGM$  تعداد مصدومان ترافیکی زنجان در حال کاهش است و تعداد این مصدومین در سال ۱۳۹۸ به ۲۸۹۴ نفر خواهد رسید.

**نتیجه‌گیری:** روش  $RGM$  بهترین روش برای پیش‌بینی تعداد مصدومین ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان نسبت به سایر روش‌های مورد مطالعه در این تحقیق است، کاهش تعداد مصدومین ارجاعی به پزشکی قانونی نشان‌دهنده بهبود نظارات و اقدامات راهنمایی و رانندگی در این استان است که می‌توان با ادامه این رویکرد به کاهش هرچه بیشتر تعداد تصادفات و مصدومین کمک کرد.

**واژگان کلیدی:** آینده پژوهی، پیش‌بینی، داده کاوی، تصادفات، ایمنی، پزشکی قانونی.

### مقدمه

می‌شود (۱). حوادث رانندگی در دهه اخیر در ۱۸ کشور در حال توسعه جهان معادل ۱۳ درصد افزایش یافته است که عوامل مختلفی در آن دخیل هستند (۲). متأسفانه آمار قربانیان حوادث در حال توسعه و حتی توسعه یافته به صورت چشم‌گیری در حال افزایش است (۳). روزانه ۱۵۰۰۰ نفر دچار آسیب و جراحات کوچک ناشی از تصادفات می‌شوند (۴). حوادث ترافیکی در ایران همسو با فرایند صنعتی شدن جوامع

حوادث رانندگی یکی از معضلات بهداشتی است که سلامت انسان‌ها را به خطر می‌اندازد. صدمات ناشی از این حوادث چنان گسترده است که از آن به عنوان جنگ در جاده‌ها یاد

آدرس نویسنده مسئول: ایلام، گروه اقتصاد، دانشگاه ایلام، حشمت اله عسگری

(email: he.asgari@gmail.com)

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۷/۱۷

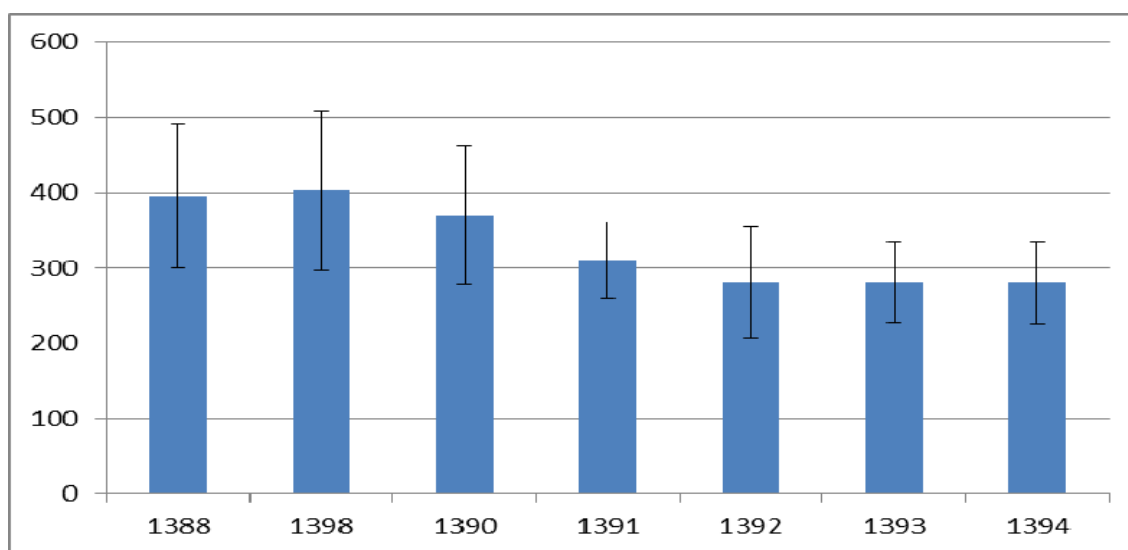
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۲/۱۰

### مواد و روشها

این تحقیق مقایسه‌ای، گذشته نگر بود که با استفاده از داده‌های آماری تعداد مصدومان حوادث ترافیکی در استان زنجان بین فروردین ۱۳۸۸ تا اسفند ۱۳۹۴ که به صورت ماهانه از پزشکی قانونی استان زنجان دریافت شد، به پیش بینی برای آینده پرداخت. برای مقایسه دقت روش‌های پیش بینی از شاخص درصد میانگین قدر مطلق خطا استفاده شد. در نمودار ۱ میانگین ماهانه هر سال به همراه انحراف معیارها نشان داده شده است.

در این تحقیق برای پیش بینی تعداد مصدومان ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان از چهار مدل خاکستری شامل مدل خاکستری  $GM(1,1)$ ، مدل خاکستری چرخشی، مدل تغییرات بازمانده، مدل خاکستری  $FGM(1,1)$  و مدل سری زمانی  $ARIMA$  و الگوی هارمونیک استفاده شد. نرم افزار مورد استفاده برای پیش بینی سری زمانی  $ARIMA$  نرم افزار Minitab و برای سایر مدل های پیش بینی از نرم افزار Matlab استفاده شد. تئوری سیستم های خاکستری در سال ۱۹۸۲ توسط Deng معرفی شد. کارآمدی این روش‌ها در مواجهه با عدم قطعیت و اطلاعات ناکافی اثبات شده است. نظریه سیستم های خاکستری شامل پنج بخش اصلی است که عبارتند از: پیش بینی خاکستری، رابطه خاکستری، تصمیم خاکستری، برنامه ریزی خاکستری و کنترل خاکستری. مدل پیش بینی خاکستری را می‌توان به عنوان هسته اصلی نظریه خاکستری دانست. کاربرد اصلی نظریه خاکستری در شرایط عدم قطعیت با داده‌های کم و

رو به افزایش است (۵)، بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۰۸، ۲۳ هزار نفر در کشور ما جان خود را در اثر تصادفات جاده‌ای از دست دادند (۶). در سال ۲۰۱۰ تعداد مرگ‌های برآورده شده در اثر حوادث ترافیکی در ایران ۲۵۲۲۲۴ نفر با میزان ۳۴٫۱ در صد هزار نفر بوده است (۷). ایمنی خودروها، فرهنگ رانندگی و وضعیت راه‌ها از مهم‌ترین عوامل در جلوگیری از سوانح ترافیکی است (۸)، که غفلت در عوامل یاد شده، باعث افزایش هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم و از دست دادن نیروی کار فعال به صورت دائم و یا موقت می‌شود، صدمات و آسیب‌های ناشی از حوادث ترافیکی جاده در گروه صدمات غیر عمدی طبقه بندی می‌شوند و از چالش‌های بزرگ اما غفلت شده بهداشت عمومی محسوب می‌شوند (۹). با توجه به فراوانی وقوع حوادث ترافیکی و صدمات شدید و کشنده ناشی از آن در ایران و تبعات فردی، اجتماعی و اقتصادی آن بدیهی است که پیش بینی فاکتوری ارزشمند در دست مدیران برای اخذ تصمیمات استراتژیک است. در این تحقیق با استفاده از روش‌های پیشرفته پیش بینی شامل چهار مدل خاکستری، مدل سری زمانی  $ARIMA$  و الگوی هارمونیک به پیش بینی تعداد مصدومان ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان پرداختیم؛ علاوه بر پیش بینی دقت روش‌ها پیش بینی با استفاده از شاخص‌های دقت سنج مورد بررسی قرار گرفت.



نمودار ۱. میانگین و انحراف معیار مصدومین حوادث ترافیکی استان زنجان

زمانی که مفاهیم نه دیفرانسیل پذیرند نه پیوسته. به علاوه معادلات دیفرانسیلی عادی در محیط هایی بیکران (نامتناهی) اطلاعاتی استفاده می شود، در صورتی که دنباله های خاکستری متعلق به فضای اطلاعاتی متناهی است. مدل (1,1) GM در تئوری خاکستری را می توان به شرح زیر تعریف کرد (۱۲).

$$\frac{d^h x_1^{(1)}}{dt^h} + a_1 \frac{d^{h-1} x_1^{(1)}}{dt^{h-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dx_1^{(1)}}{dt} + a_n x_1^{(1)} = b_1 x_1^{(1)}(t) + b_2 x_2^{(1)}(t) + \dots + b_m x_m^{(1)}(t)$$

(۴)

$$\sum_{i=1}^h a_i \frac{d^{(i)} x_1^{(1)}}{dt^i} = \sum_{j=1}^N b_j x_j^{(1)}$$

اگر  $h=1$  و  $N=2$ .

(۵)

$$\frac{d x_1^{(1)}}{dt} = a_1 x_1^{(1)} = b_1 \Rightarrow \frac{d x_1^{(1)}}{dt} + a_1 x_1^{(1)} = b$$

در نتیجه معادله دیفرانسیل خاکستری مدل (۱ و ۱) GM به صورت رابطه (۶) به دست می آید.

(۶)

$$x^{(1)}(k) + a_1 z^{(1)}(k) = b \Rightarrow x^{(1)}(k) + a_1 z^{(1)}(k) = t$$

را ضرایب توسعه (بهبود) و  $b$  را ضریب ورود خاکستری یا پارامتر کنترل خاکستری می نامند (۱۳). معادله سفید شده دیفرانسیل خاکستری می تواند به وسیله دو مقدار تولید شود:

(۷)

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} + ax^{(1)} = b$$

رابطه بین معادله دیفرانسیل خاکستری و معادله سفید شده آن به صورت رابطه های (۸) و (۹) است (۱۴):

(۸)

$$x^{(1)}(k) = x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1) \approx \frac{dx^{(1)}(t)}{dt}$$

(۹)

$$z^{(1)}(k) = x^{(1)}(t)$$

اطلاعات ناکافی است. Deng ، مدل GM(mgn) را به عنوان اصلی ترین مدل پیش بینی در تئوری خاکستری معرفی کرد. مدل GM(mgn) مدل خاکستری است به گونه ای که  $n$  درجه معادله دیفرانسیل استخراج شده از دنباله اپراتور جمع کننده AGO است که این دنباله خود وابسته به دنباله اصلی مدل است و  $m$  نمایانگر تعداد متغیر های موجود در مدل است. (m-1) متغیر

آن مستقل و یک متغیر آن وابسته است و معادله دیفرانسیل خطی آن به صورت زیر تعریف می شود (۱۰).

حال اگر  $m=1$  و  $n=1$  باشد معادله دیفرانسیل آن به فرم رابطه (۲) تبدیل می شود:

$$\frac{d x_1^{(1)}}{dt} + a_1 x_1^{(1)} = b$$

برای هموار سازی خط سیر تصادفی داده های اولیه مدل به جهت استفاده در مدل (۱ و ۱) GM، این داده ها تحت عملکرد اپراتور جمع کننده (AGO Accumulating Generation Operation) قرار می گیرند. در واقع مهم ترین و عمومی ترین رویه در روند تولید دنباله خاکستری را می توان اپراتور AGO دانست (۱۱). به عبارت بهتر این اپراتور الگوی نظم درونی داده ها و یا روند سری داده ها را نمایان می کند  $x^{(0)}$  به عنوان دنباله اصلی داده ها در نظر گرفته می شود:

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$$

و پس از عملکرد اپراتور AGO دنباله  $x^{(1)}$  به صورت رابطه (۳) محاسبه شده است:

(۳)

$$\{x^{(1)}(k) = x^{(0)}(k) = \sum_{k=1}^1 x^{(0)}(k), \sum_{k=1}^2 x^{(0)}(k), \dots, \sum_{k=1}^n x^{(0)}(k)\}$$

معادله دیفرانسیل که در مدل خاکستری از آن استفاده می شود متفاوت از سایر معادلات دیفرانسیل است. سایر معادلات دیفرانسیل را برای مفاهیم پیوسته و دیفرانسیل پذیر استفاده می کنند، در صورتی که سیستم خاکستری قادر به استفاده از دنباله داده های گسسته برای ساختن مدل است، آن هم در

(۱۵)

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} + ax^{(1)}(t) = b$$

واز حل آن نتایج زیر حاصل می شود:

(۱۶)

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} = -a \left( x^{(1)}(t) - \frac{b}{a} \right)$$

(۱۷)

$$\frac{d \left( x^{(1)}(t) - \frac{b}{a} \right)}{dt} = -a \left( x^{(1)}(t) - \frac{b}{a} \right)$$

حال اگر

$$x^{(1)}(t) = x^{(0)}(t), \quad x^{(1)}(t) = -\frac{b}{a} = \omega$$

و

t=1 باشد، فرمول به شرح رابطه (۱۸) محاسبه می شود:

(۱۸)

$$\hat{x}^{(1)}(n+1) = \left( x^{(0)}(t) - \frac{b}{a} \right) e^{-n} + \frac{b}{a}$$

همان طور که در روند بالا برای فرمول بندی مدل مشاهده شد، در این روند به جای استفاده از دنباله اصلی داده‌ها از دنباله تولید شده توسط اپراتور AGO استفاده می‌شود؛ بنابراین این لازم است که دوباره اپراتور جدیدی معرفی گردد. این اپراتور، اپراتور معکوس جمع است (Inverse IAGO) که با استفاده از Accumulating Generation Operation (AGO) معکوس جمع است (Inverse IAGO) که با استفاده از اپراتور ذکر شده، می‌توان نوشت:

(۱۹)

$$x^{(1)}(i) = x^{(0)}(i) - x^{(0)}(i-1), \quad x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$$

حال فرمول پیش بینی مدل GM(n,om) با استفاده از اپراتور ذکر شده، برابر است با:

(۲۰)

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left( x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-ak} \cdot (1 - e^a) \quad k = 1, 2, \dots$$

اساس ساختار مدل چرخشی خاکستری (RGM(1,1)) به کارگیری داده‌های جدیدتر برای محاسبه مقادیر پیش بینی

به منظور به دست آوردن مقادیر a و b باید دنباله داده های اصلی و مقدار  $z^{(1)}(t)$  را در معادله دیفرانسیل خاکستری قرار داد و به این ترتیب n-1 معادله خطی به دست می آید (15). برای تولید  $az^{(1)}(n)$  از دنباله  $x^1$  در رابطه (۱۰) محاسبه شده است:

(۱۰)

$$z^{(1)}(k) = (z^{(1)}(2), \dots, z^{(1)}(n))$$

$$z^{(1)}(k) = ax^{(1)}(k) + (1-\alpha)x^{(1)}(k-1), \quad \alpha \in (0,1)$$

محققین معمولاً مقدار  $\alpha$  را برابر ۰/۵ در نظر می‌گیرند و به دلیل ترتیب دنباله  $Z^1$  را می‌توان دنباله میانگین سری  $x^1$  دانست. البته تعیین به کارگیری مقادیر متفاوتی برای  $\alpha$  موضوع تحقیق بسیاری از محققین بوده است و همچنین تعیین مدیر برای دنباله  $Z^1$  نیز منجر به ارائه مدل‌های بهبود یافته خاکستری نیز شده است. چن و چانگ در مقاله خود نشان دادند که:

(۱۱)

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x^{(1)}(t + \Delta t) - x^{(1)}(t)}{\Delta t}$$

(۱۲)

$$\frac{dx^{(1)}t}{dt} = x^{(0)}(t+1) - x^{(0)}(t) = x^{(0)}(t+1), \quad \Delta t \rightarrow 1$$

معادلات خطی را می‌توان به فرم ماتریسی تبدیل کرد:

$$B\hat{W} = Y$$

(۱۳)

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}; \quad \hat{W} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

حال با استفاده از روش حداقل مربعات، می‌توان نوشت:

(۱۴)

$$\hat{W} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

با تعیین مقادیر a و b می‌توان به حل معادله سفید شده رابطه (۱۵) پرداخت:

تجزیه یک سری زمانی به اجزای آن درک عمیق تری از ساختار و رفتار نوسانی متغیر در زمان به دست می‌دهد. روش تحلیل طیفی در مطالعات اقتصاد سنجی همچون جدا سازی جزء روند و جزء چرخه ایی از یکدیگر به کار گرفته شده است. هدف روش تحلیل طیفی، تجزیه یک سری زمانی به توابعی بر حسب سینوس و کسینوس با طول موج مشخص است. در مورد متغیرهای سری زمانی، روش تحلیل طیفی برای شناخت نوسانات فصلی با طول دوره های متفاوت به کار می رود. فرض اساسی تحلیل هارمونیک سری زمانی این است که یک سری زمانی را می توان به صورت ترکیبی از سیکل های دارای میدان نوسان به صورت تابع زیر نوشت:

(رابطه ۲۲)

$$Z_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sin\left(\frac{2\pi t}{p}\right) + \beta_1 \cos\left(\frac{2\pi t}{p}\right)$$

در رابطه فوق Z داده های سری زمانی مورد مطالعه، P مدت زمان سیکل فرض شده،  $\alpha_1, \beta_1$  ضرایب هارمونیک با میدان نوسان و t روند زمانی است.

### یافته‌ها

مقادیر پیش بینی شده برای سال های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ با استفاده از چهار مدل خاکستری (1,1), GM(1,1), RGM (1,1), FGM(1,1) و تغییرات بازمانده به دست آمده که در جدول 1 نشان داده شده است، پیاده سازی مدل های خاکستری با استفاده از نرم افزار Excel صورت پذیرفت. به منظور پیاده سازی مدل ابتدا از داده های مربوط به ۱۵ ماه متوالی استفاده می شود، پارامترهای اجرای مدل با ۱۵ داده سری زمانی به صورت a برابر ۰.۰۲۴۳۲ و b برابر با ۰.۹۷/۰.۴۳۲ به دست آمد. با در نظر گرفتن  $\alpha$  برابر با ۰/۵، مقادیر به دست آمده a و b، ساختار مدل سری پیش بینی که به صورت کامل در بخش روش تحقیق به صورت مرحله به مرحله معرفی گردید و سری باقی مانده ها که از داده دوم شروع می گردد. سری های پیش بینی برای آینده یعنی سال های ۱۳۹۵ و تا ۱۳۹۸ مشخص می شود. مقادیر پیش بینی شده برای سال های آتی از حاصل جمع مقادیر پیش بینی ۱۲ ماه به دست آمده است. MAPE (Mean Absolute Percentage Error) یا درصد میانگین قدر مطلق خطا شاخصی برای اندازه گیری دقت روش پیش بینی است که هرچه این درصد به صفر نزدیک تر باشد، نشان دهنده دقت بالای روش پیش بینی است.

است. تفاوت اصلی این مدل با مدل متداول (1,1) GM جایگزین جدیدترین داده و حذف قدیمی ترین داده و محاسبه دوباره دنباله های مورد نیاز، برای ساخت مدل پیش بینی است (۱۶). عملکرد این مدل به این صورت است که با ورود داده جدید، قدیمی ترین داده از دنباله داده ها حذف می شود و به این ترتیب همواره تعداد داده های موجود در دنباله اصلی مدل پیش بینی ثابت می ماند، مثلا اگر دنباله اولیه متشکل از پنج داده مانند

$$(x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), x^{(0)}(4), x^{(0)}(5))$$

باشد از دنباله قبل برای پیش بینی  $x^{(0)}(6)$  استفاده می شود. روند جایگزینی داده ها در دنباله ها تا جایگزینی تمامی داده های دنباله اصلی ادامه می یابد (۱۷). مدل FGM(1,1) بر اساس مدل GM (1,1) است و فرق آن به کارگیری اولین مقدار دنباله اولیه در پیش بینی ایجاد شده است (۱۸).

اساس روش پیش بینی سری زمانی ARIMA بر مطالعات Box و Jenkins است. در تحلیل Box و Jenkins، پیش بینی سری زمانی تک متغیره با مدل سازی آماری صورت می گیرد. یک سری زمانی ایستا را می توان به روش های گوناگونی مدل سازی کرد. یکی از متداول ترین مدل سازی ها در اقتصادسنجی بر پایه متدولوژی باکس و جنکینز (Box-Jenkins Methodology) و تکیه بر مقادیر گذشته سری زمانی و جملات خطای استوکاستیک است. این نوع مدل سازی که به مدل سازی ARIMA مشهور است، به طور گسترده توسط محققین مورد استفاده قرار گرفته است و حالت کلی آن برای ARIMA(p,d,q) به صورت رابطه (۲۱) است.

$$Z_t = \sum_{i=1}^p \theta_i Z_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i a_{t-i} + a_t$$

(رابطه ۲۱)

بنابراین مهم ترین مسئله در این روش تنها تعیین تعداد وقفه های آمار مصدومان تصادفات و همچنین تشخیص ساختار متغیر تصادفی در مدل است. برای این کار از روش استاندارد و متداول در این زمینه یعنی متدولوژی Box و Jenkins استفاده خواهیم کرد. در این روش، تعداد وقفه ها و ساختار متغیر تصادفی بر اساس توابع خود همبستگی (Autocorrelation Function (ACF) و خودهمبستگی جزئی (Partial Autocorrelation Function (PACF) بین خطاهای مدل تعیین می شوند.

را یعنی  $Z_{t-1}$  و  $Z_{t-2}$  و مقادیر تصادفی ۴ دوره قبل را وارد رابطه ۳۴ می‌کنیم، که نتایج آن برای سال‌های آتی در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج حاصل از پیش‌بینی از طریق الگوی هارمونیک نیز در جدول ۳ آمده است. در این جدول منظور از مرتبه الگو مقدار  $p$  است، مرتبه ۸ مقادیر مصدومان به معنی استفاده از حاصل تقسیم ۳۶۰ بر ۸، یعنی سیکل ۴۵ درجه در پیش‌بینی است، با به دست آوردن  $\alpha$  و  $\beta$  و با فرض مرتبه ۸، در رابطه ۲۲ مقادیر پیش‌بینی برای سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ به دست می‌آید.

### بحث

با توجه به اینکه تعداد زیادی از افراد در کشور ایران سالانه جان خود را در حوادث ترافیکی از دست می‌دهند و یا دچار خسارت مالی و جانی می‌شوند، بررسی و پیش‌بینی رفتار سیستم‌های حمل و نقل فاکتوری ارزشمند در دست مدیران و کارشناسان و محققین برای تصمیم‌گیری است. در این تحقیق با استفاده از آمار مصدومین حوادث ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان به پیش‌بینی این تعداد مصدومین برای سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ پرداختیم. پیش‌بینی تعداد مصدومین علاوه بر نشان دادن تاثیر گذاری اقدامات پیشگیرانه پلیس، به تصمیم‌گیری جهت تامین نیروی انسانی در پزشکی قانونی برای پاسخگویی به مراجعه‌کنندگان و مصدومان کمک می‌کند. در این تحقیق از روش

برای پیش‌بینی سری زمانی ARIMA، باید داده‌ها آماری را ایستا کرد. نمودار ۲ تفاضل مرتبه اول داده‌های مصدومین ترافیکی را نشان می‌دهد که ایستا شده‌اند. بعد از ایستا کردن داده‌ها با استفاده از نمودار توابع ACF و PACF مدل مناسب برای داده‌ها شناسایی می‌گردد. نمودار ۳ توابع ACF و PACF تعداد مصدومین را نشان می‌دهد. تحلیل و بررسی تابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی نشان می‌دهد. مناسب ترین مدل برای تعداد مصدومین ترافیکی ارجاعی به استان زنجان تصادفات ARIMA(2,1,4) است، بدین معنا که سری زمانی تعداد مصدومان باید یک بار برای ایستا شدن تفاضل گیری شود ( $d=1$ )، سپس توسط یک فرآیند ARMA (2,4) مدل سازی گردد. برای تخمین ضرایب مدل از روش حداقل مربعات استفاده شده است ولی زمانی که مدل نسبت به پارامترهای غیرخطی باشد به روش‌های غیرخطی متوسل می‌شویم. ضرایب مدل برای مدل ARIMA (2,1,4) و به شکل معادلات زیر به دست آمد.

رابطه (۳۴)

$$Z_t = 1/71 Z_{t-1} - 0/99 Z_{t-2} + a_t - 2/42 a_{t-1} + 2/18 a_{t-2} - 0/66 a_{t-3} - 0/05 a_{t-4}$$

در بین مدل‌های سری زمانی آر‌ایما رابطه ۳۴ با دقت ترین پیش‌بینی را از تعداد مصدومان ترافیکی خواهد داشت، حال برای مثال برای پیش‌بینی مقادیر مصدومان ترافیکی در سال ۱۳۹۵ مقادیر واقعی دو دوره قبل، سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۳

جدول ۱. مقادیر پیش‌بینی شده با استفاده از مدل‌های خاکستری برای تعداد مصدومان ترافیکی در سال‌های آتی استان زنجان (نفر)

مدل‌های خاکستری	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	MAPE
GM(1,1)	۳۲۷۸	۳۱۷۸	۳۱۰۱	۳۰۴۶	۰/۱۰
RGM(1,1)	۳۲۴۵	۳۱۵۲	۳۰۷۸	۲۸۹۴	۰/۰۷
FGM(1,1)	۳۴۵۲	۳۳۶۹	۳۳۷۵	۳۲۴۱	۰/۱۲
مدل تغییرات بازمانده	۳۵۴۲	۳۴۴۶	۳۳۴۵	۳۳۰۷	۰/۱۴

جدول ۲. پیش‌بینی تعداد مصدومین ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان با استفاده از سری زمانی ARIMA

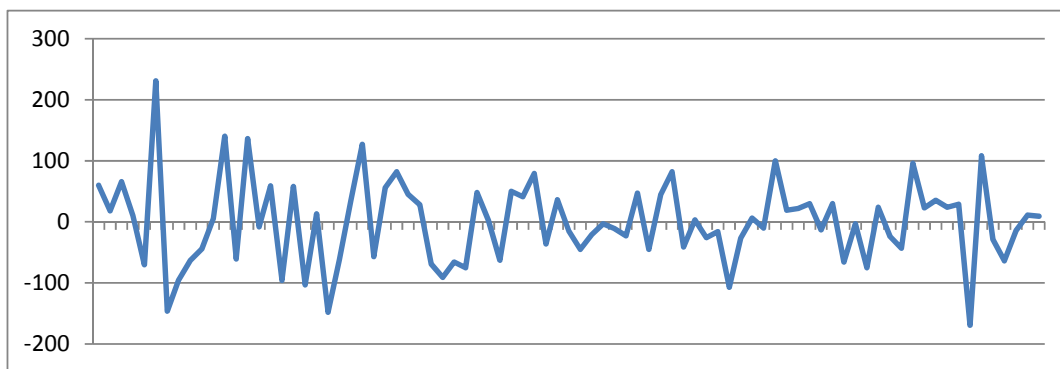
تعداد مصدومین ترافیکی ارجاعی	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	MAPE
	۳۲۱۰	۳۰۸۰	۲۹۵۰	۲۸۲۰	۰/۱۳

جدول ۳. پیش‌بینی تعداد مصدومین ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان با استفاده از الگوی هارمونیک

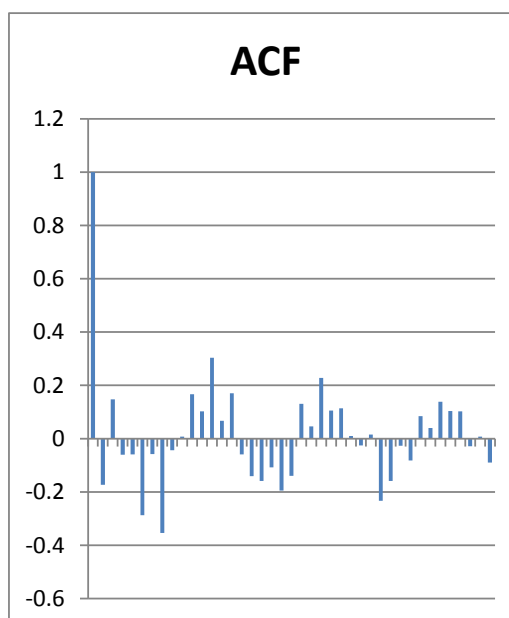
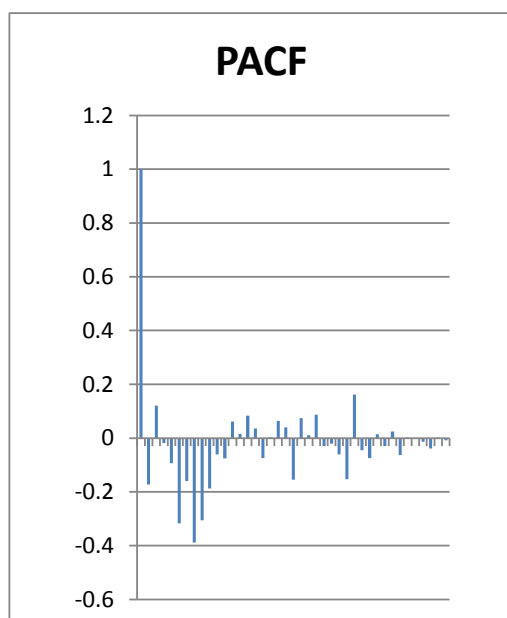
تعداد مصدومین ترافیکی ارجاعی	۸	۳۳۵۶	۳۳۲۱	۳۲۸۷	۳۲۹۶	MAPE
						۰/۱۵

محققین و سازمان‌ها برای پیش بینی تعداد مصدومین ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی از این روش استفاده کنند. کاهش تعداد مصدومین در استان زنجان نشان دهنده موثر بودن اقدامات پلیس راهنمایی و رانندگی در این استان است. مقادیر تلفات و تعداد تصادفات را می‌توان با آموزش و وضع قوانین و کنترل کاهش داد. مهم‌ترین نکته برای جلوگیری از وقوع تصادفات، رعایت قوانین و مقررات راهنمایی و رانندگی و پرهیز از ارتکاب تخلفات رانندگی است، چرا که مقدمه هر تصادفی، یقیناً ارتکاب تخلف است و تخلف رانندگی زمانی رخ می‌دهد که قوانین و مقررات رانندگی نادیده گرفته شود. از مصادیق رعایت قوانین و مقررات رانندگی بستن کمربند ایمنی هنگام رانندگی است؛ اگر چه بستن کمربند ایمنی در ابتدا

پیش بینی پیش رفته شامل، چهار روش خاکستری روش  $FGM(1,1)$ ،  $RGM(1, GM(1,1))$  و مدل تغییرات بازمانده و دو روش سری زمانی  $ARIMA$  و الگوی هارمونیک استفاده شد. میانگین درصد خطای این روش‌ها به ترتیب برابر با  $0/10$ ،  $0/07$ ،  $0/12$ ،  $0/14$ ،  $0/13$ ،  $0/15$  است که نشان دهنده دقت بیشتر روش  $RGM$  نسبت به سایر روش‌های مورد مطالعه در این تحقیق است. مقادیر پیش بینی تعداد مصدومین ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان توسط روش  $RGM$  برای سال‌های  $1395$ ،  $1396$ ،  $1397$  و  $1398$  به ترتیب  $3245$ ،  $3152$ ،  $3078$  و  $2894$  نفر برآورد شد که نشان دهنده حرکت کاهنده تعداد مصدومین در استان زنجان دارد. با توجه به دقت بالای روش  $RGM$  پیشنهاد می‌شود که



نمودار ۲. تفاضل مرتبه اول داده آماری مصدومین جهت ایستا کردن داده‌ها



نمودار ۳. توابع ACF و PACF تعداد مصدومین

رانندگی تدافعی است، این بدان معنا نیست که راننده قادر به کنترل بی مبالاتی رانندگان دیگر باشد. راننده تدافعی می‌تواند سوانح جاده ای متحمل را پیش بینی کند و بهترین روش و عکس العمل را برای جلوگیری از وقوع تصادفات به کار بندد. یکی از دلایل وقوع تصادفات، بی دقتی و حواس پرتی رانندگان حین رانندگی است که پلیس باید با تذکر و آموزش بیشتر به رانندگان توسط رسانه‌ها و آموزشگاه‌های رانندگی رانندگان را متوجه خطرات حواس پرتی حین رانندگی بکند.

برای بعضی از افراد آزار دهنده است، اما نقش بسیار مهم و حیاتی در کاهش تصادفات جاده‌ای، به ویژه کاهش تلفات انسانی ایفا می‌کند. بستن کمربند نه تنها برای رانندگان، بلکه سرنشینان و مسافران اعم از بزرگسال و کودکان به ویژه در راه‌های برون شهری باید جدی گرفته شود تا در تصادفات احتمالی از خطرات جانی در امان باشند. الزامی بودن بستن کمربند ایمنی از نگاه قانونی با همین هدف وضع و اجراء می‌شود. یکی دیگر از بهترین روش‌های موثر در کاهش تصادفات،

## REFERENCES

1. Roberts I, Mohan D, Abbasi K. War on the roads. *BMJ* 2002;324:1107-8.
2. Bhalla K, Harrison JE. GBD-2010 overestimates deaths from road injuries in OECD countries: new methods perform poorly. *Int J Epidemiol* 2015;44:1648-56.
3. Zare M, Nouri H. Survey of mortality from traffic accidents in 2001. the first Congress of the noncommunicable disease prevention 2002: 228. [In Persian]
4. Naghavi M. Mortaliti in 18 proviencies in Islamic republic of iran 2001, Iran, Tehran. deputy of health ministry of health and, medical education 2003:171-73. [In Persian]
5. Bakhtiyari M, Soori H. Epidemiology of traffic crushes outcome and related factors in Iran 2010. *Jornal of safety promotion and injury prevention* 2013;1:150-9.
6. Kopits E, Cropper M. Traffic fatalities and economic growth. *Accid Anal Prev* 2005;37:169-78.
7. Davoodi F, Hashemi- Nazari SS, Ghadirzadeh MR. Epidemiology Study of Road Traffic Accidents Resulting in Death: In Lorestan Province in 2012. *J Saf Promot Inj Prev*. 2016; 3(4):257-62. [In Persian]
8. Pakgouhar A, Esmaeili A. The study of the effect of safety belt on fatalities and physical injuries decrease based on crosstab tables and chi square independent test 2009;4:55-70.
9. Peden M, Scurfield R, Sleet D, Mohan D, Hyder AA, Jarawan E, et al. *World Report on Road Traffic Injury Prevention*. Geneva: World Health Organization 2004.
10. Wang CH. Predicting tourism demand using fuzzy time series and hybrid grey theory. *Tourism manage* 2004;25:367-374.
11. Trung DQ, Ahn K. KWave prediction based on a modeling grey model MGM(1, 1) for real-time control of wave energy converters in irregular wave. *Renew Eenerg* 2012;34:242-55.
12. Hui-Wen VT, Mu-Shang YF. Orecasting performance of grey prediction for education expenditure and school enrollment". *Econ Educ Rev* 2012;31:452-62.
13. Wang J, Suling Z, Weigangzhao W. Optimal parameters estimation and input subset for grey model based on chaotic particle swarm optimization algorithm. *Expert system with Applications* 2011;38:8151-58.
14. Xu J, Tao T, Mao T, long QI. Improvement of grey models by least squares". *Expert systems with Applications* 2011;38:13961-66.
15. Lin Chiao M. A novel dynamic progress forecasting approach for construction projects. *Expert Systems with Application* 2012;39:2247-55.
16. Trung DQ, Ahn KK. Wave prediction based on a modeling grey model MGM(1, 1) for real-time control of wave energy converters in irregular wave. *Renew energ* 2012;34:242-255.
17. Afzali F, Heidari Z, Montazeri M, Ahmadian L, Zahedi MJ. Futures Studies in Health: Choosing the Best Intelligent Data Mining Model to Predict and Diagnose liver Cancer in Early Stage. *Journal of Health and Biomedical Informatics* 2015; 2(3): 133-140. [In Persian]
18. Tien, Tzu-Li .A new grey prediction model FGM (1, 1). *Mathematical and Computer Modeling* 2009; 49(2): 1416-26.