مطالعات پژوهشی راهور
۵۱
فصلنامه علمی - پژوهشی
سال هفتم - شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

ارائه رویکرد مقایسه ای برای سنجش میزان دقت روش های پیش بینی حوادث ترافیکی استان زنجان

محمدرضا امیدی[۱]، میثم جعفری اسکندری[۲]، صدیق رئیسی[۳]، امیرعباس شجاعی[۳]

از صفحه ۵۱ تا ۷۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۲۶

چکیده

زمینه و هدف: تصادفات ترافیکی از عوامل مهم مرگ و میر و صدمات شدید جانی و مالی بوده و پیامدهای سنگین اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی آن جوامع بشری را به شدت مورد تهدید قرار داده است، که این امر آینده پژوهی در حوزه حوادث ترافیکی را پر اهمیت کرده است. تحقیق حاضر با تمرکز بر بررسی روند مصدومان حوادث ترافیکی به پیش بینی تعداد مصدومان ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان بین سال های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ پرداخته شده است.

روش: این پژوهش از نوع کاربردی و نحوه انجام آن، توصیفی - تحلیلی می‌باشد. در این مقاله با استفاده از سیستم خاکستری (GM ۱,۱)، مدل چرخشی خاکستری(RGM ۱,۱)، مدل خاکستری (FGM ۱,۱) ، مدل تغییرات بازمانده، مدل سری زمانی آریما و الگوی هارمونیک و براساس داده های آماری تعداد مصدومان حوادث ترافیکی در استان زنجان بین فروردین ۱۳۸۸ تا اسفند ۱۳۹۴، به پیش بینی تعداد مصدومان ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان بین سال های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ پرداخته شده و سپس دقت این روش ها با استفاده از شاخص های دقت سنج مورد مطالعه قرار گرفته است.

یافته‌ها و نتیجه گیری: بررسی روش پیشنهادی بر روی داده های تعداد مصدومان حوادث ترافیکی در استان زنجان نشان داد که درصد میانگین قدر مطلق خطا برای مدل هایGM ، RGM، FGM، تغییرات بازمانده، آریما و هارمونیک برای پیش بینی تعداد مصدومان ارجاعی به پزشکی قانونی به ترتیب ۱۰.۰، ۰۷.۰، ۱۲.۰ ، ۱۳.۰، ۱۴.۰و ۱۵.۰ به دست آمد که نشان دهنده دقت بیشتر روش RGM در پیش بینی تعداد مصدومان در استان زنجان است. با توجه به نتایج حاصل از روش RGM تعداد مصدومان ارجاعی در استان زنجان در حال کاهش است و تعداد این مصدومین در سال ۱۳۹۸ به ۲۸۹۴ نفر خواهد رسید.

کلیدواژه ها: پیش بینی، سنجش، تصادفات، مصدومین ترافیکی، زنجان.

---

۱. گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران

۲. گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران (نویسنده مسئول). -Meisam_jafari@pnu.ac.ir -

۳. گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران .

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۵۲
فصلنامه علمی - پژوهشی
سال هفتم - شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

مقدمه

حوادث رانندگی یکی از معضلات بهداشتی است که سلامت انسان ها را به خطر می‌اندازد. صدمات ناشی از این حوادث چنان گسترده است که از آن به عنوان جنگ در جاده ها یاد می شود (روبرت و همکاران،۲۰۱۲:۷). 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 (باهلا و هریسون، ۲۰۱۵:۴۹). متاسفانه آمار قربانیان حوادث در حال توسعه و حتی توسعه یافته به صورت چشم گیری در حال افزایش است. روزانه ۱۵۰۰۰ نفر دچار آسیب و جراحات کوچک ناشی از تصادفات می‌شوند. حوادث ترافیکی در ایران همسو با فرایند صنعتی شدن جوامع رو به افزایش است ، بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۰۸ ،۲۳ هزار نفر در کشور ما جان 3خود را در اثر تصادفات جاده ای از دست دادند (کوپیتس و کروپر، ۲۰۰۵:۸۱). در سال ۲۰۱۰ تعداد مرگ های برآورده شده در اثر حوادث ترافیکی در ایران ۲۵۲۲۲۴ نفر با میزان ۱.۳۴ در صد هزار نفر بوده است (گزارش سازمان بهداشت جهانی،۲۰۱۰). ایمنی خودروها، فرهنگ رانندگی و وضعیت راه ها از مهمترین عوامل در جلوگیری از سوانح ترافیکی است، که غفلت در عوامل یاد شده، باعث افزایش هزینه های مستقیم و غیر مستقیم و از دست دادن نیروی کار فعال به صورت دائم و یا موقت می گردد، صدمات و آسیب های ناشی از حوادث ترافیکی جاده در گروه صدمات غیر عمدی طبقه بندی می شوند و از چالش های بزرگ اما غفلت شده بهداشت عمومی محسوب می گردد. امروزه از تکنیک های پیش بینی به طور گسترده برای پیش بینی در سیستم ها، مانند سیستم های حمل نقل، بهداشت، انرژی و اقتصادی استفاده میگردد، با توجه به فراوانی وقوع حوادث ترافیکی و صدمات شدید و کشنده ناشی از آن، بدیهی است که پیش بینی تلفات و صدمات حوادث ترافیکی فاکتوری ارزشمند در دست مدیران حوزه حمل و نقل و ترافیک

www.SID.ir

برای اخذ تصمیمات استراتژیک است. پیش بینی با دادن اطلاعاتی از آنچه که در آینده قرار است اتفاق بیفتد، تصویری از آینده را در اختیار مدیران قرار می دهد که این تصویر تاثیر بسیاری بر پی بردن به کارایی و اثربخشی تصمیمات استراتژیک دارد. در این مقاله با هدف کاهش تصادفات جاده ای، از روش های پیشرفته شامل چهار مدل؛ پیش بینی خاکستری، و روش های کلاسیک مدل سری زمانی آریما و الگوی هارمونیک به پیش بینی تعداد مصدومان ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان خواهیم پرداخت. علاوه بر پیش بینی دقت روش ها پیش بینی با استفاده از شاخص های دقت سنج مورد بررسی قرار می گیرد.

پیشینه تحقیق

مبانی نظری تحقیق

مدل های پیش بینی

- **مدل خاکستری(۱و۱)GM**

تئوری سیستم های خاکستری در سال ۱۹۸۲ توسط دنگ معرفی شد. کارآمدی این روش ها در مواجهه با عدم قطعیت و اطلاعات ناکافی اثبات شده است. نظریه سیستم های خاکستری شامل پنج بخش اصلی است که عبارت اند از: پیش بینی خاکستری، رابطه خاکستری، تصمیم خاکستری، برنامه ریزی خاکستری و کنترل خاکستری. مدل پیش بینی خاکستری را می توان به عنوان هسته اصلی نظریه خاکستری دانست. کاربرد اصلی نظریه خاکستری در شرایط عدم قطعیت با داده های کم و اطلاعات ناکافی است. دنگ[1]، مدل GM(m,n) را به عنوان اصلی ترین مدل پیش بینی در تئوری خاکستری معرفی کرد. مدلGM(m,n) ، مدلی خاکستری است به گونه ای که n درجه معادله دیفرانسیل استخراج شده از دنباله اپراتور جمع کننده

1.Deng

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۵۴
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

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 (وانگ، ۲۰۰۴: ۳۶۹).

$$\frac{d^n x_1^{(1)}}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} x_t^{(1)}}{dt^{n-1}} + \cdots + a_{n-1} \frac{d\, x_t^{(1)}}{dt} + a_n x_t^{(1)} = b_1 x_1^{(1)}(t) + b_2 x_2^{(1)}(t) + \cdots + b_m x_{m-1}^{(1)}(t) \qquad (1)$$

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

$$\frac{d\, x_1^{(1)}}{dt} + a_1 x_1^{(1)} = b \qquad (2)$$

برای هموار سازی خط سیر تصادفی داده های اولیه مدل به جهت استفاده در مدل M(1,1) ، این داده ها تحت عملکرد اپراتور جمع کننده AGO قرار می گیرند. در واقع مهم ترین و عمومی ترین رویه در روند تولید دنباله خاکستری را می توان اپراتور AGO دانست (ترنگ و آن، ۲۰۱۲: ۲۴۷). 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 و پس از عملکرد اپراتور AGO دنباله $x^{(1)}$ به صورت رابطه (۳) محاسبه می شود.

$$\left\{ x^{(0)}(k) = \sum_{k=1}^{1} x^{(0)}(k), \sum_{k=1}^{2} x^{(0)}(k), \cdots, \sum_{k=1}^{n} x^{(0)}(k) \right\} \qquad (3)$$

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 زمانی که مفاهیم نه

www.SID.ir

دیفرانسیل پذیرند نه پیوسته، بعلاوه معادلات دیفرانسیلی عادی در محیط هایی بیکران (نامتناهی) اطلاعاتی استفاده می شود، در صورتی که دنباله های خاکستری متعلق بـه فضای اطلاعاتی متناهی است. مدل GM(1,1)در تئوری خاکستری را مـی تـوان بـه شرح زیر تعریف کرد (های ون، ۲۰۱۲:۴۵۵).

$$\sum_{i=0}^{h} a_i \frac{d^{(i)} x_1^{(1)}}{dt^i} = \sum_{j=2}^{N} b_j x_j^{(1)} \qquad (4)$$

اگر h=1 و N=2 باشد، آنگاه داریم که:

$$\frac{dx_1^{(1)}}{dt} = a_1 x_1^{(1)} = b_2 \Rightarrow \frac{dx_1^{(1)}}{dt} = a_1 x_1^{(1)} = b \qquad (5)$$

در نتیجه معادله دیفرانسیل خاکستری مدل GM(1,1) بصورت رابطه (۶) بدست مـی آید.

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b_2 \Rightarrow x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \qquad (6)$$

A را ضـریب توسـعه (بهبـود) و b را ضـریب ورود خاکسـتری یـا پـارامتر کنتـرل خاکستری می نامند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۱: ۸۱۵). معادله سـفید شـده دیفرانسـیل خاکستری می تواند به وسیله دومقدار زیرتولید شود:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} = a\, x^{(1)} = b \qquad (7)$$

رابطه بین معادله دیفرانسیل خاکستری و معادله سفید شده آن به صورت رابطه هـای (۸) و (۹) است (ژو و همکاران، ۲۰۱۱).

$$x^{(0)}(k) = x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1) \approx \frac{dx^{(1)}(t)}{dt} \qquad (8)$$

$$z^{(1)}(k) = x^{(1)}(t) \qquad (9)$$

به منظور به دست آوردن مقادیرa و b باید دنباله داده های اصلی و مقدار $z^{(1)}(t)$ را در معادله دیفرانسیل خاکستری قرار داد و به این ترتیب ۱ n-معادله خطی بـه دسـت می آید (لین چیائو و همکاران، ۲۰۱۲: ۲۲۵۰). برای تولید $az^{(1)}(n)$ از دنباله x^1 در

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۵۶
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

رابطه (۱۰) داریم که:

$$z^{(1)}(k)=(z^{(1)}(2),\cdots,z^{(1)}(n))$$
$$z^{(1)}(k)=ax^{(1)}(k)+(1-\alpha)x^{(1)}(k-1),\ \alpha\in(0,1) \qquad (10)$$

محققین معمولاً مقدار α را برابر ۰/۵ در نظر میگیرند و به دلیل ترتیب دنباله z^1 را می توان دنباله میانگین سری x^1 دانست؛ البته تعیین به کارگیری مقادیر متفاوتی برای αموضوع تحقیق بسیاری از محققین بوده است و همچنین تعیین مدیر برای دنباله z^1نیز منجر به ارائه مدل های بهبودیافته خاکستری نیز شده است.چن و چانگ درمقاله خود نشان دادند:

$$\frac{dx_1^{(1)}}{dt}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{x_1^{(1)}(t+\Delta t)-x_1^{(1)}(t)}{\Delta t} \qquad (11)$$

$$\frac{dx_1^{(1)}}{dt}=x^{(1)}(t+1)-x^{(1)}(t)=x^{(0)}(t+1)\ ,\ \Delta t\to 1 \qquad (12)$$

معادلات خطی را می توان به فرم ماتریسی تبدیل کرد:

$$B\hat{W}=Y$$
$$Y=\begin{bmatrix}x^{(0)}(2)\\x^{(0)}(3)\\\vdots\\x^{(0)}(n)\end{bmatrix};\ B=\begin{bmatrix}-z^{(1)}(2) & 1\\-z^{(1)}(3) & 1\\\vdots & \vdots\\-z^{(1)}(n) & 1\end{bmatrix};\ \hat{W}=\begin{bmatrix}a\\b\end{bmatrix} \qquad (13)$$

حال با استفاده از روش حداقل مربعات، می توان نوشت:

$$\hat{W}=\begin{bmatrix}a\\b\end{bmatrix}=(B^TB)^{-1}B^TY \qquad (14)$$

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

$$\frac{dx_1^{(1)}}{dt}+x^{(1)}(t)=b \qquad (15)$$

www.SID.ir

و از آن نتایج زیر را بدست آورد:

$$\frac{dx_1^{(1)}}{dt} = -a\left(x^{(1)}(t) - \frac{b}{a}\right) \quad (16)$$

$$\frac{d\left(x^{(1)}(t) - \frac{b}{a}\right)}{dt} = -a\left(x^{(1)}(t) - \frac{b}{a}\right) \quad (17)$$

حال اگر $x^{(1)}(t) = -\frac{b}{a} = \omega$ و $x^{(1)}(t) = x^{(0)}(t)$ و t=1 باشد، فرمول به شرح رابطه (۱۸) محاسبه می شود:

$$\hat{x}^{(1)}(n+1) = \left(x^{(0)}(t) - \frac{b}{a}\right)e^{-n} + \frac{b}{a} \quad (18)$$

همانطور که در روند بالا برای فرمول بندی مدل مشاهده گردید، در این روند به جای استفاده از دنباله اصلی داده ها از دنباله تولید شده توسط اپراتور AGO استفاده می شود؛ بنابر این لازم است که مجددا اپراتور جدیدی معرف گردد. این اپراتور، اپراتور معکوس جمع است IAGO که با استفاده از اپراتور ذکر شده، می توان نوشت:

$$x^{(0)}(i) = x^{(1)}(i) - x^{(1)}(i-1),\ \ x^{(0)}(1) = x^{(1)}(1) \quad (19)$$

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

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-ak}.(1-e^{a}) \qquad k = 1,2,\ldots \quad (20)$$

▪ مدل چرخشی

خاکستری اساس ساختار مدل چرخشی خاکستری(RGM(1,1 به کارگیری داده های جدیدتر برای محاسبه مقادیر پیش بینی است. تفاوت اصلی این مدل بامدل متداول GM(1,1) جایگزین جدیدترین داده وحذف قدیمی ترین داده و محاسبه مجدد دنباله های مورد نیاز، برای ساخت مدل پیش بینی است(ترنگ و آن،۲۰۱۲: ۲۴۶). عملکرد این مدل به این صورت است که: باورود داده جدید، قدیمی ترین داده از دنباله داده‌ها

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۵۸
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

حذف می شود و به این ترتیب همواره تعداد داده های موجود در دنباله اصلی مدل پیش بینی ثابت می مانند. مثلاً 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.

▪ مدل تغییرات بازمانده

این مدل اولین بار توسط دنگ با استفاده از مدلGM(1,1) ایجاد شد. در این مدل سری باقیمانده از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$\gamma^0(\gamma^0(2),\gamma^0(3),\ldots,\gamma^0(n))$$
$$\gamma^0(k)=x^0(k)-x_p^o(k),\quad k=2,3,\ldots,n \qquad (21)$$

مقدار پیش بینی شده سری باقیمانده با استفاده از رابطه (۲۲) تعیین می شود.

$$\gamma^0(k)=\begin{Bmatrix}\gamma^0(k) & k=1\\ (1-e^a)\left[\gamma^0(1)-\frac{b}{a}\right]e^{-a(k-1)} & k=2,3,\ldots,n\end{Bmatrix} \qquad (22)$$

▪ مدل FGM(1,1)

این مدل بر اساس مدل GM(1,1) با به کارگیری اولین مقدار دنباله اولیه در پیش بینی ایجاد شده است (تین و لی، ۲۰۰۹: ۱۴۲۰). دنباله اولیه به صورت زیر تعریف می شود:

$$X^0(x^0(0),x^0(1),x^0(2),\ldots,x^0(n)),\qquad n\geq 4 \qquad (23)$$

سری انباشته شده x^1 به صورت زیر محاسبه می شود:

$$X^1(x^1(0),x^1(1),x^1(2),\ldots,x^1(n)),\qquad n\geq 4$$
$$X^1(k)=\sum_{i=0}^{k}x^0(i),\qquad k=0,1,2,\ldots,n \qquad (24)$$

www.SID.ir

و در نتیجه مطابق مدل GM(1,1) داریم:

$$\alpha = (B^T B)^{-1} B^T Y_n = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \tag{25}$$

$$Y = \begin{bmatrix} x^0(1) \\ x^0(2) \\ \vdots \\ x^0(n) \end{bmatrix} \tag{26}$$

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(x^1(0) + x^1(1)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(x^1(1) + x^1(2)) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(x^1(n-1) + x^1(n)) & 1 \end{bmatrix} \tag{27}$$

$$x_p^0(k) = \left[x^0(1) - \frac{b}{a} \right](1 - e^{-a(k-1)}), \qquad k = 1, 2, 3, \ldots, n \tag{28}$$

▪ سری زمانی آریما

اساس روش پیش بینی سری زمانی آریما بر مطالعات باکس وجنکینز می باشد. در تحلیل باکس و جنکینز ،پیش بینی سری زمانی تک متغیره با مدل سازی آماری صورت می گیرد. پیش بینی با استفاده از روش باکس و جنکینز در چهار مرحله تشکیل شده است که شامل تشخیص، تخمین، کنترل و پیش بینی می باشد. مدل های باکس و جنکینز شامل؛ فرآیند خودرگرسیون(AR[1]) و فرآیند میانگین متحرک (MA[2])، فرآیند خودرگرسیون میانگین متحرک(ARMA[3]) و فرآیند میانگین متحرک انباشته (ARIMA[4]) می باشد.

1.Autoregressive models
2.Moving Average
3.Autoregressive Moving Average
4.Autoregressive Integrated Moving Average

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۶۰
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

فرآیند خودرگرسیون (AR): این الگو در واقع یک الگوی رگرسیون چندگانه است با این تفاوت که متغیر وابسته Z روی متغیرهای مستقل $(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n)$ رگرسیون نشده بلکه روی مقادیر گذشته خود رگرسیون شده است و به این دلیل است که این فرآیند را اتورگرسیو نامیده اند. یک فرآیند اتورگرسیو مرتبه P را با نماد اختصاری AR(p) نمایش میدهند. اگر a_t یک فرآیند تصادفی محض با میانگین صفر و واریانس ثابت باشند فرآیند Z اتورگرسیو مرتبه P به شکل معادله شماره (۲۹) می‌باشد.

$$Z_t = \varphi_1 Z_{t-1} + \varphi_2 Z_{t-2} + \cdots + \varphi_p Z_{t-p} + a_t \qquad (29)$$

فرآیند میانگین متحرک (MA): فرآیند میانگین متحرک در بیان پدیده ای به کار می روند که در آن پیشامدها یک آثر آنی را به وجود می آورند که فقط برای مدت کوتاهی باقی می ماند.اگر a_t فرآیند تصادفی محض با میانگین صفر و ورایانس ثابت باشد در اینصورت فرآیند Z_t را فرآیند میانگین متحرک تا مرتبه q میگوییم هرگاه معادله زیر (معادله شماره ۳۰) برقرار باشد.که در آن فرآیند θ_i ثابت و θ_0 برابر یک در نظر گرفته میشود.یک فرآیند میانگین متحرک از مرتبه q را با نماد اختصاری MA(q) نمایش می دهند.

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \cdots - \theta_q a_{t-q} \qquad (30)$$

فرآیند خودرگرسیون میانگی متحرک (ARMA): در این فرآیند احتمال اینکه سری زمانی Z دارای ویژگی های هر دو فرآیند ARو MA باشد زیاد است به همین دلیل به این فرآیندARMA گفته میشود. بنابراینZ را یک فرآیندARMA(p,q) می گویند که شامل p مرتبه جمله خودرگرسیون و q مرتبه میانگین متحرک باشد (معادله شماره (۳۱)).

www.SID.ir

$$Z_t = \varphi_1 Z_{t-1} + \varphi_2 Z_{t-2} + \cdots + \varphi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \cdots - \theta_q a_{t-q} \qquad (29)$$

فرآیند خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته (ARIMA): مدل هایی قبلی براین فرض استوار می باشند که سری های زمانی ساکن هستند .به طوریکه میانگین و واریانس سری های زمانی ثابت می باشند و کوواریانس آنها در طی زمان بدون تغییر است. اما بسیاری از سری های زمانی غیر ساکن هستند بنابراین این سری ها انباشته میباشند. اگر یک سری زمانی پس از d مرتبه تفاضل گیری ساکن شود و سپس آن را توسط فرآیند ARMA(p,q) مدل سازی کنیم در این صورت سری زمانی اصلی سری زمانیARIMA(p,d,q) می باشد که در آن p تعداد جمله خودرگرسیون q تعداد جمله میانگین متحرک و d تعداد دفعات تفاضل گیری برای ساکن شدن سری زمانی می باشد. سوال اساسی در این پژوهش این است که در بین الگوهای مختلف سری زمانی باید کدام الگو انتخاب شود و بر چه اساسی انتخاب صورت میگیرد. بنابراین مهمترین مسئله در این روش تنها تعیین تعداد وقفه های آمار مصدومان تصادفات و همچنین تشخیص ساختار متغیر تصادفی در مدل میباشد. برای این کار از روش استاندارد و متداول در این زمینه یعنی متدلوژی باکس و جنکینز استفاده خواهیم کرد.در این روش ، تعداد وقفه ها و ساختار متغیر تصادفی بر و خودهمبستگی جزئی اساس توابع خود همبستگی بین خطاهای مدل تعیین میگردند .

- **الگوی هارمونیک**

تجزیه یک سری زمانی به اجزای آن درک عمیق تری از ساختار و رفتار نوسانی متغیر در زمان به دست می دهد. روش تحلیل طیفی در مطالعات اقتصاد سنجی همچون جدا سازی جزء روند و جزء چرخه ایی از یکدیگر به کارگرفته شده است. هدف روش تحلیل طیفی، تجزیه یک سری زمانی به توابعی برحسب 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

www.SID.ir

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:

$$Z_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sin(\frac{2\pi t}{p}) + \beta_1 \cos(\frac{2\pi t}{p}) \qquad (32)$$

در رابطه فوق Z داده های سری زمانی مورد مطالعه، P مدت زمان سیکل فرض شده، ضرایب هارمونیک با میدان نوسان و tروند زمانی است. چنانچه فرض شود داده های سری زمانی دارای متغیر روند هم باشند، می توان رابطه بالا را به صورت زیر نوشت:

$$Z_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sin(\frac{2\pi t}{p}) + \beta_1 \cos(\frac{2\pi t}{p}) + \gamma_t + U_t \qquad (33)$$

در رابطه فوق t نشان دهنده روند زمان و U_t جز اخلال معادله است. در روش هارمونیک با توجه به نوع داده ها به صورت روزانه، هفتگی، ماهانه، فصلی و سالانه می توان سیکل کوتاه مدت و بلند مدت را به دست آورد. با توجه به روش های متعددی که در ارزیابی االگوی های پیش بینی برای دقت آنها مورد نظر قرار گرفته است، در این تحقیق بدلیل عملکرد مناسبی که شاخص MAPE یا درصد میانگین قدر مطلق خطا داشته، این شاخص بعنوان معیار سنجش مورد نظر قرار گرفته است.

در این بخش به بررسی تحقیقات مرتبط با موضوع مقاله پرداخته و مهمترین تحقیقات صورت گرفته را بررسی و در نهایت به نوآوری مقاله حاضر خواهیم پرداخت.

خبیری و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از داده‌های تصادفات جاده‌ای پلیس راهور برای هفت استان اصفهان، خوزستان، خراسان جنوبی، قم، قزوین، کرمان و مازندران، با بکارگیری الگوریتم ماشین بردار پشتیبان به پیش‌بینی شدت تصادفات در دو سطح جرحی یا فوتی پرداخته اند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد حضور وسیله نقلیه سنگین وخودروی سواری مهمترین عامل در تخمین شدت تصادفات موتورسیکلت‌هاست و

www.SID.ir

احتمال آسیب‌دیدگی را افزایش می‌دهد. در تصادفات مربوط بـه خـودروی سـواری عوامل خستگی و خواب‌آلودگی، حضور عـابر پیـاده، انحـراف بـه چـپ خـودروی سواری بر شدت تصادفات خودروی سواری تاثیر مستقیم دارد.همچنین در تصادفات مربوط به کامیون ها، نتایج بیان می‌کنند انحراف به چپ کامیون،سـن بـالای رانـنـده و افزایش سرعت خودرو از مهمتـرین عوامـل افـزایش سـطح جراحـت در ایـن نـوع تصادفات است. زمانیکه تصادف کامیون به شکل واژگونی اتفاق بیافتد می‌توان انتظار سطح جراحت کمتری داشت.

قاصدی و همکاران (۱۳۹۶)، در مقاله ای به بررسی آماری تصادفات وسایل نقلیه و عابرین پیاده در محور چابکسر- لاهیجان و ساخت مدل پـیش‌بینـی تصـادفات ایـن محور پرداختند. آنها با جمع‌آوری اطلاعات تصادفات رخ داده در جـاده هـای بـرون شهری گردآوری شده سال هـای ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ محـور چابکسـر لاهیجـان، فراوانی متغیرهای مؤثر بر تصادفات مـورد بررسـی قـرار داده و بـا اسـتفاده از مـدل لوجیت احتمال به وقوع پیوستن هر دسته از تصادفات مورد محاسبه قرار دادند. پـس از مدل‌سازی مشخص گردید روش پس رو در مدل لوجیـت بـا قـدرت پـیش‌بینـی بالاتر در همه موارد به عنوان برترین روش برای ساخت مدل پیش‌بینی تصادفات رخ داده در جاده های برون‌شهری اسـتان گـیلان (محـور چابکسـر-لاهیجـان) انتخـاب می‌گردد. همچنین شایع‌ترین نحـوه برخـورد در تصـادفات جرحـی و فـوتی محـور چابکسر-لاهیجان، برخورد جلو به عقب و برخورد جلو به پهلو بوده که لزوم توجـه به بسترسازی مناسب برای لزوم توجه به جلو و رعایت حق تقدم را گوشزد می‌کند.

قبادی و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی به بررسی عوامل مؤثر بـر ایمنـی تقـاطع‌هـای هم‌سطح شهری و ارزیابی آنها پرداخته و به ارائه مدلی آماری برای پیش بینـی تعـداد تصادفات و ارائه راه‌کارهایی برای بهبود ایمنی تقاطع هـا پرداختنـد. در ایـن تحقیـق، تقاطع‌های منتخب شهر تهران از نظر تصادف خیزی بـا روش‌هـای مختلـف بـا هـم

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۶۴
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

مقایسه شده و تصادف خیزترین آنها مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

بادرودی و همکاران (۱۳۹۴) به ارائه مدل آماری مناسب با توجه به شاخص های ایمنی در پیش بینی تصادفات عابرین پیاده پرداختن، نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار تصادفات عابرین پیاده مربوط به وجود ایستگاه انوبوس در مجاورت تقاطع ها بوده است که به میزان ۲۱.۷ درصد تصادفات عابرین پیادع را افزایش میدهد.

اکبری و همکاران (۱۳۹۴) به ارزیابی اثرات ایمنی شاخص وضعیت رویه راه بر فراوانی تصادفات خروج از جاده پرداختند، نتایج این تحقیق نشان داد که مدل رگرسیون غیرخطی دوجمله ای منفی، برازش بهتری نسبت به سایر مدل ها دارد و ارتباط معنا داری بین شاخص وضعیت رویه راه و فراوانی تصادفات خروج از جاده را آشکار می کند. امیدی و همکاران (۱۳۹۴) به مقایسه دقت روش های هالت وینترز، آریما ، تعدیل نمایی و هوشمند در پیش بینی تصادفات در کشور پرداختند، نتایج تحقیق نشان داد که الگوی سری زمانی آریما بیشترین دقت پیش بینی را در میزان فوت شدگان بر اثر تصادفات را دارد. همچنین مقادیر پیش بین شده برای سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ نشان داد که تعداد فوت شدگان بر اثر تصادفات در کشور با شیب ملایم در حال کاهش است. بروجردیان و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از مدل های اقتصاد سنجی فضایی به پیش بینی نرخ تصادفات راه پرداختند، نتایج این تحقیق نشان داد که مدل اقتصاد سنجی فضایی دارای قدرت و دقت مناسبی در پیش بینی نرخ تصادفات راه می باشد. ندائی و نجفی (۱۳۹۳) به تحلیل داده های مربوط به تصادفات جاده ای با استفاده از فن دسته بندی به روش ماشین بردار پشتیبان با نرخ خطای چندگانه پرداختند، نتایج این تحقیق نشان داد، با توجه به نتایج محاسباتی و مقایسه با روش مرسوم ماشین بردار پشتیبان، روش عرضه شده با در نظر گرفتن نرخ خطاس چندگانه و نامتعادل از لحاظ هزینه خطای دسته بندی دارای برتری نسبی

www.SID.ir

است. عفتی و همکاران (۱۳۹۱) به توسعه یک سیستم دانش مبنای مکانمند جهت پیش بینی تصادفات در مسیرهای برون شهری پرداختند نتایج تحقیق نشان داد که چارچوب استنتاجی پیشنهادی به طور موثری قادر به کشف الگوهای تصادفات و پیش بینی شدت تصادفات خودرو ها در محورهای برون شهری خواهد بود. نادران (۱۳۸۹) به تخمین تعداد تصادفات ترافیکی در مناطق شهری به کمک مدل های هم فزون پرداخت، نتایج این تحقیق نشان داد رابطه معناداری بین تعداد تصادفات و تعداد سفرها به تفکیک هدف در ناحیه های ترافیکی وجود دارد. افندی زاده و همکاران (۱۳۸۹) به روشی برای بهینه سازی لگاریتم تابع درست نمایی جهت تخمین ضرایب مدل های پیش بینی تصادفات پرداختند، نتایج تحقیق نشان می دهد که روش پیشنهادی در اجرای فرآیند بهینه سازی به نقطه شروع حرکت وابسته نبوده و همچنین همگرایی برای یک تابع درست نمایی را در بالاترین حد ممکن ایجاد میکند.

سینک و همکاران (۲۰۱۶) به ارائه یک مدل درختی 5M برای پیش بینی تصادف در بخش های غیر شهری بزرگراه هاریانا در هند استفاده نموده اند. آنها در این تحقیق داده های تصادف جاده ای برای یک دوره ۲-۶ ساله در بخش های مختلف ۸ بزرگراه ملی و ایالت هاریانا از پرونده های پلیس جمع آوری نمودند. داده های مربوط به هندسه جاده، متغیرهای مرتبط با محیط زیست و ترافیک و جاده ها از طریق مطالعات میدانی جمع آوری گردید. آنها در این تحقیق برای پیش بینی فراوانی حادثه با استفاده از ۱۵ پارامتر ورودی، دو روش مدل سازی: رگرسیون FENB / RENB و درخت مدل 5M استفاده نموده که نتایج نشان داد که هر دو مدل از لحاظ ضریب همبستگی و مقادیر خطای میانگین مربع، نسبتا خوب هستند. هر دو مدل به نشان داد که برای بهبود ایمنی در بزرگراه های هند، دسترسی های جزئی به بزرگراه‌ها باید به درستی طراحی و کنترل شود، جاده های خدماتی باید عملی شود و سرعت

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۶۶
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

پراکندگی آنها کاهش یابد.

هندریک و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی با بررسی اینکه حدود ۵۰ درصد از تمام تلفات جاده ای و ۳۰ درصد از تلفات ترافیکی در هلند در جاده های روستایی با سرعت محدود ۸۰ کیلومتر در ساعت رخ می دهد، به ارائه یک مدل پیش بینی تصادف برای سقوط در جاده های روستایی با سرعت سرعت ۸۰ کیلومتر / ساعت پرداختند. مدل ارائه شده با استفاده از مدل سازی خطی تعمیم شده و با استفاده از توزیع احتال دوجمله ای توسعه داده شده. نتایج نشان داد که مدل پیش بینی تصادف برای تخمین امنیت نسبی جاده های روستایی با سرعت ۸۰ کیلومتر در ساعت در یک شبکه مناسب می باشد.

ژو (۲۰۱۰) از ترکیب مدل خاکستری و شبکه عصبی برای پیش بینی تصادفات استفاده کرد نتایج این تحقیق نشان داد که این روش مزایای تئوری خاکستری را با توانایی بالای شبکه عصبی در نگاشت غیر خطی، تعمیم، خود سازماندهی و خودیادگیری به منظور افزایش صحت و رضایت پیش بینی ادغام کرده است. کوپیت و کروپر (۲۰۰۵) در مطالعه ای با عنوان تلفات ترافیکی و رشد اقتصادی، ارتباط بین تلفات ترافیکی و رشد اقتصادی را در چهارچوب منحنی زیست محیطی مورد بررسی قرار دادند و آن را جهت پیش بینی میزان مرگ و میر جاده ای ۶ برای مناطق مختلف جغرافیایی به کار گرفتند. ون بیک و همکاران (۲۰۰۰) در تحقیق به ارتباط بین رشد اقتصادی و مرگ و میر ناشی از تصادفات جاده ای را در کشورهای صنعتی دنیا با یک نگرش بلند مدت پرداختند. در این مطالعه متغیرهای نظیر جمعیت، میزان کیلومتر پیموده شده وسایل نقلیه در طول سال و مرگ و میر ناشی از تصادفات برای کشورهای صنعتی در طول دوره ۱۹۶۲ تا ۱۹۹۰ مورد بررسی واقع شده است. یان و همکاران (۱۹۹۸) در زمینه پیش بینی حجم ترافیک، ارتباط بین خصوصیات داده ها و دقت پیش بینی مدل های مختلف به خصوص مدل های شبکه عصبی را مورد

www.SID.ir

مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد شبکه عصبی از دقت بالای در پیش بینی حجم ترافیک برخوردار است.

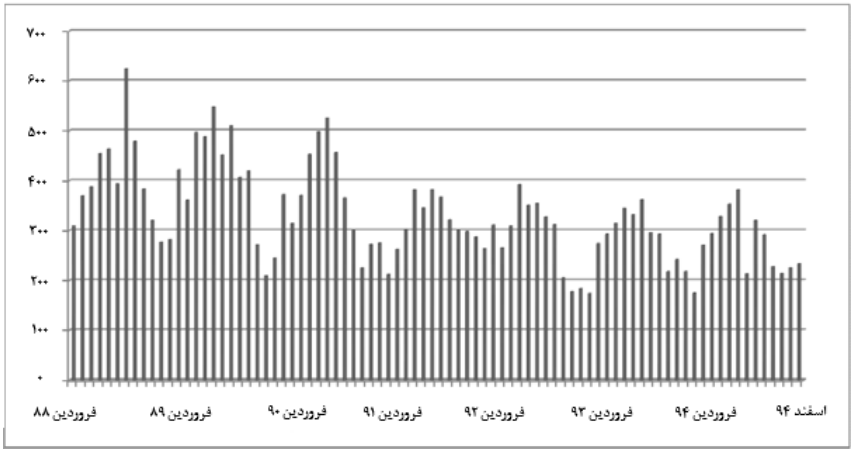
روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی و نحوه انجام آن، توصیفی – تحلیلی می‌باشد. در این مقاله با استفاده از سیستم خاکستری (GM ۱,۱)، مدل چرخشی خاکستری(RGM ۱,۱)، مدل خاکستری (FGM ۱,۱)، مدل تغییرات بازمانده، مدل سری زمانی آریما و الگوی هارمونیک و براساس داده های آماری تعداد مصدومان حوادث ترافیکی در استان زنجان بین فروردین ۱۳۸۸ تا اسفند ۱۳۹۴، به پیش بینی تعداد مصدومان ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان بین سال های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ پرداخته شده و سپس دقت این روش ها با استفاده از شاخص های دقت سنج مورد مطالعه قرار گرفته 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 آریما و الگوی هارمونیک استفاده می شود و برای مقایسه دقت روش های پیش بینی از شاخص درصد میانگین قدر مطلق خطا استفاده گردیده است. داده های آماری مصدومان ترافیکی استان زنجان در شکل شماره یک آمده است.

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۶۸
فصلنامه علمی - پژوهشی
سال هفتم - شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

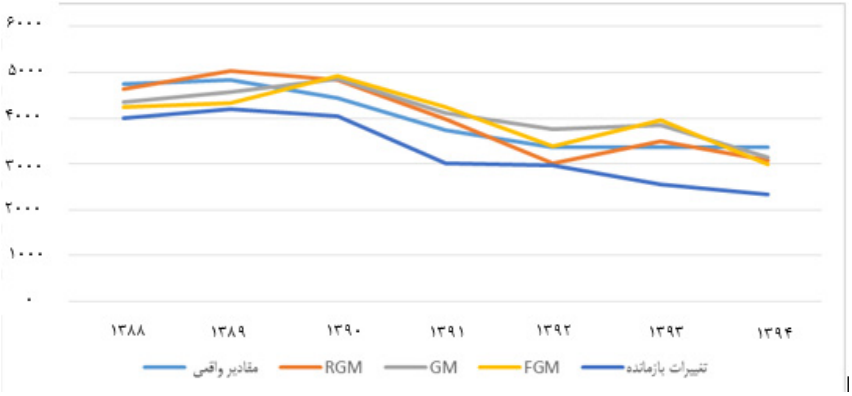


شکل ۱. سری زمانی مصدومین حوادث ترافیکی استان زنجان

یافته های تحقیق

در این بخش ابتدا میزان تطابق هر یک از مدل‌ها با مقادیر موجود بین سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ بررسی و صحت مدل ها مورد سنجش قرار گرفت. براساس نتایج حاصل، اعتبار سنجی مدل ها برای تطابق پذیری مقادیر پیش بینی با مقادیر واقعی بین سال های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ نشان می دهد که روش RGM نسبت به روش های دیگر کارایی بیشتری داشته است که در شکل (۲) میزان انحراف هر کدام از مدل ها نسبت به مقادیر واقعی نشان داده شده است.

www.SID.ir



شکل ۲. میزان انحراف مدل های پیش بینی نسبت به مقدار واقعی

پس از بررسی میزان تطابق پذیری مدل ها مبتنی بر اطلاعات گذشته، مقادیر پیش بینی شده برای سال های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ با استفاده از چهار مدل خاکستری GM(1,1)، RGM(1,1) و FGM(1,1) و تغییرات بازمانده به دست آمده که در جدول (۱) نشان داده شده است، مقادیر پیش بینی شده برای سال های آتی از حاصل جمع مقادیر پیش بینی ۱۲ ماه را مورد نظر قرار خواهیم داد. MAPE[1] 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 .

جدول ۱ . مقادیر پیش بینی شده با استفاده از مدل های خاکستری برای تعداد مصدومان ترافیکی در سال های آتی استان زنجان(نفر)

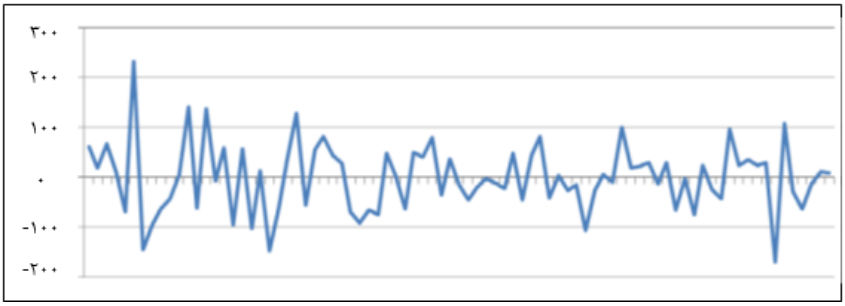
مدل های خاکستری	سال پیش بینی				MAPE
	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	
GM(1,1)	۳۲۷۸	۳۱۷۸	۳۱۰۱	۳۰۴۶	۰.۱۰
RGM(1,1)	۳۲۴۵	۳۱۵۲	۳۰۷۸	۲۸۹۴	۰.۰۷
FGM(1,1)	۳۴۵۲	۳۳۶۹	۳۳۷۵	۳۲۴۱	۰.۱۲
مدل تغییرات بازمانده	۳۵۴۲	۳۴۴۶	۳۳۴۵	۳۳۰۷	۰.۱۴

1.Mean Absolute Percentage Error

www.SID.ir

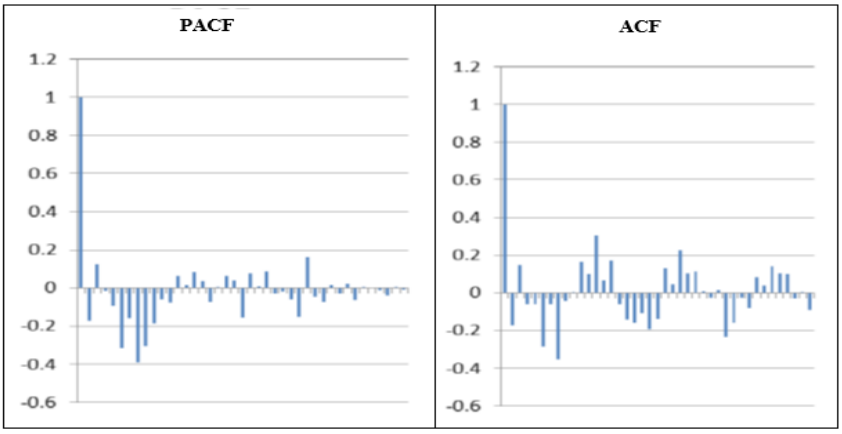
مطالعات پژوهشی راهور
۷۰
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

برای پیش بینی سری زمانی آریما، باید داده ها آماری را ایستا کرد. شکل (۳) تفاضل مرتبه اول داده های مصدومین ترافیکی را نشان می دهد که ایستا شده اند.



شکل۳ .تفاضل مرتبه اول داده آماری مصدومین جهت ایستا کردن داده ها

بعد از ایستا کردن داده ها با استفاده از شکل توابع ACF و PACF مدل مناسب برای داده ها شناسایی میگردد، شکل (۴) توابع ACFو PACF تعداد مصدومین را نشان می دهد.



شکل ۴ .توابع ACF و PACF تعداد مصدومین

تحلیل و بررسی تابع خودهمبستگی و خود همبستگی 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

www.SID.ir

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 روش های غیرخطی متوسل می شویم. ضرایب مدل برای مدل ARIMA(2.1.4) و به شکل معادلات زیر به دست آمد:

$$Z_t = 1.71Z_{t-1} + a_t - 2.42a_{t-1} + 2.18a_{t-2} - 0.66a_{t-3} - 0.05a_{t-4} \quad (34)$$

با استفاده از مدل فوق مقادیر پیش بینی تعداد مصدومین ترافیکی به شکل جدو ل (۲) به دست می آید.

جدول۲ . پیش بینی تعداد مصدومین ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان با استفاده از سری زمانی آریما

	سال پیش بینی				MAPE
	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	
تعداد مصدومین ترافیک ارجاعی	۳۲۱۰	۳۰۸۰	۲۹۵۰	۲۸۲۰	۰.۱۳

نتایج حاصل از پیش بینی از طریق الگوی هارمونیک نیز در جدول (۳) آمده است. P نشان دهنده مرتبه الگو است. مقدار P بیانگر سیکل معنی دار برای سری زمانی تعداد مصدومین است.

جدول۳ .پیش بینی تعداد مصدومین ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان با استفاده از الگوی هارمونیک

	مرتبه P	سال پیش بینی				MAPE
		۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	
تعداد مصدومین ترافیک ارجاعی	۸	۳۳۵۶	۳۳۲۱	۳۲۸۷	۳۲۹۶	۰.۱۵

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۷۲
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه تعداد زیادی از افراد در کشور ایران سالانه جان خود را در حوادث ترافیکی از دست می دهند و یا دچار خسارت مالی و جانی می شوند، بررسی و پیش بینی رفتار سیستم های حمل و نقل فاکتوری ارزشمند در دست مدیران و کارشناسان و محققین برای تصمیم گیری است. در این تحقیق با استفاده از آمار مصدومین حوادث ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان به پیش بینی این تعداد مصدومین برای سال های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ پرداخته شد. پیش بینی تعداد مصدومین علاوه بر نشان دادن تاثیر گذاری اقدامات پیشگیرانه پلیس، به تصمیم‌گیری جهت تامین نیروی انسانی در پزشکی قانونی برای پاسخگویی به مراجعه کنندگان و مصدومان کمک می کند. در این تحقیق از شش روش پیش بینی پیش رفته شامل، چهار روش خاکستری GM(1,1)، RGM(1,1) و FGM(1,1) و تغییرات بازمانده و دو روش سری زمانی آریما و الگوی هارمونیک استفاده شد، میانگین درصد خطای این روش ها به ترتیب برابر با ۰.۱۰، ۰.۰۷، ۰.۱۲، ۰.۱۴، ۰.۱۳ و ۰.۱۵ که نشان دهنده دقت بیشتر روش RGM نسبت به سایر روش های مورد مطالعه در این تحقیق است. مقادیر پیش بینی تعداد مصدمین ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی استان زنجان توسط روش RGM برای سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب ۳۲۴۵، ۳۱۵۲، ۳۰۷۸ و 2894 نفر برآورد شده که نشان دهنده حرکت کاهنده تعداد مصدومین در استان زنجان دارد.

در پایان، پیشنهادات زیر جهت مطالعه بیشتر ارائه می شود:

۱) استفاده از روش RGM برای پیش بینی تعداد مصدومین ترافیکی ارجاعی به پزشکی قانونی

۲) استفاده از روش های داده کاوی به منظور دسته بندی تصادفات و بکارگیری روش RGM برای پیش بینی

www.SID.ir

۳) استفاده از روش های متاهیورستیک و شبکه های عصبی به همـراه روش **RGM** برای پیش بینی

۴) درنظرگرفتن احتمال وقوع حوادث ثانویه و افزایش تلفات ناشی از آن در مدل پیش بینی

منابع و مراجع

– افندی زاده، شهریار؛ عامری، محمود؛ میرابی مقدم، محمدحسن، (۱۳۸۹)، «روشـی برای بهینه سازی لگاریتم تابع درستنمایی جهت تخمین ضرایب مدل های پیش بینی تصادفات»،پژوهشنامه حمل و نقل، شماره ۳، صص: ۲۳۱-۲۱۵
http://www.trijournal.ir/89/PDF/AfandiAut89.pdf

– اکبری، مهدی؛ شفابخش، غلام علی؛ احدی، محمدرضا، (۱۳۹۴)، «ارزیابی اثـرات ایمنی شاخص وضعیت رویه راه بر فراوانی تصادفات خروج از جاده»، مجله مهندسی زیر ساخت های حمل و نقل ، شماره ۳ ،: ۴۷-۶۱
http://jtie.journals.semnan.ac.ir/article_316_633155de34d193be620a2eb542df0003.pdf

– امیدی، نبی؛ عسگری، حشمت اله؛ امیـدی، محمدرضـا، (۱۳۹۴)، « مقایسـه دقـت روش های هالت وینترز،آریما، تعدیل نمایی و هوشـمند در پـیش بینـی تصـادفات»، فصلنامه علمی ترویجی راهور، شماره ۳۰ : ۲۶-۱۱
http://tale.jrl.police.ir/backend/uploads/b40454039689d1f2f920af882f4aa9d239b83125.pdf

– بادرودی، صابرکیه؛ کی منش، محمودرضا؛ جعفری حقیقـت پـور، پگـاه، (۱۳۹۴)، «ارایه مدل آماری مناسب با توجه به شاخص های ایمنـی در پـیش بینـی تصـادفات عابرین پیاده». فصنامه علمی ترویجی راهور ، شماره ۳۲ ،: ۱۴۰-۱۰۷
http://journals.police.ir/backend/uploads/a34104bc27a81b908649b27d60501b5b9c7f1fe9.pdf

– بروجردیـان،امین میـرزا ؛ صـفارزاده، محمـود؛ قاسـم زاده، خشـکرودی، (۱۳۹۴)،

www.SID.ir

۷۴
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

«استفاده از مدل های اقتصاد سنجی فضایی در پیش بینی نرخ تصادفات راه »، فصلنامه مطالعات پژوهشی راهور، شماره ۲۳ ،: ۳۹۶-۳۸۳

http://jte.sinaweb.net/article_10001_7da944f19d85dfd397f077a40ec88f70.pdf

– خیری، محمدمهدی؛ فلاح نژاد، محمدصابر؛ خواجه سلیمی، محسن، (۱۳۹۷)، «پیشبینی و بررسی عوامل شدت تصادفات جاده‌ای با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان»، نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، انتشار آنلاین

http://ceej.tabrizu.ac.ir/article_۷۳۰۴_۰.html

– عفتی، میثم ؛ رجبی، محمدعلی؛ شعبانی، شاهین، (۱۳۹۱)، «توسعه یک سیستم دانش مبنای مکان مند جهت پیش بینی تصادفات در مسیرهای برون شهری»، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، شماره ۱۲:۳۹۶-۳۴۹

http://jte.sinaweb.net/article_2790_5cf5988302ec3781ed9fea507f2a3323.pdf

– قاصدی، میثم؛ برگ گل، ایرج؛ سلیمی شکارسری، (۱۳۹۶)، « پیش بینی نوع و شدت تصادفات برون شهری استان گیلان با استفاده از مدل لوجیت»، فصلنامه علمی – تخصصی دانش انتظامی گیلان، شماره ۲۳، ۱-۲۵

http://khs.jrl.police.ir/backend/uploads/b۱f۰۲c۴۱c۳۷۰b۳۱ccd۹۵c۶ca۰b۱۰۳۴۳da۱۱۳۶ae۷.pdf

– قبادی، محمد؛ حسن زاده، محمدرضا؛ زراعت پیما، فرامرز، (۱۳۹۵)، «پیش‌بینی تعداد تصادفات در تقاطع‌های هم‌سطح شهری»، فصلنامه علمی ترویجی مطالعات مدیریت ترافیک، شماره ۴۰، ۴۱-۶۰

http://tms.jrl.police.ir/backend/uploads/۳۹۳d۲۳۹eb۳a۵۱c۵bed۷f۲۳۲a۷a۳۲۲۸۱۵۱۷۵۸۰۸a۴.pdf

– نادران، علی، (۱۳۸۹)، «تخمین تعداد تصادفات ترافیکی در مناطق شهری به کمک مدل های هم فزون»، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، شماره :۶ ۱۷۳-۱۵۵.

www.SID.ir

http://jte.sinaweb.net/article_1579_f47c33afdc21e60f932bbb402b392c8a.pdf

– ندائی، علی ؛ نجفی، امیرعباس، (۱۳۹۳)، «تحلیل داده های مربوط به تصادفات جاده ای با استفاده از فن دسته بندی به روش ماشین بردار پشتیبان با نرخ خطای چندگانه»، فصلنامه توسعه سازمانی پلیس، شماره ۵۰ : ، ۲۲–۱۱.

http://pubj.ricest.ac.ir/index.php/code16ts/article/view/2105/2209

- Bhalla K, Harrison JE,(2015); « GBD-2010 overestimates deaths from road injuries in OECD countries», new methods perform poorly. International journal of epidemiolog;44(5): 48-56. http://ije.oxfordjournals.org/content/early/2015/03/28/ije.dyv019.full.pdf+html
- Hendrik, Jan, Petegem, Van, Wegman, Fred, (2014), « Analyzing road design risk factors for run-off-road crashes in the Netherlands with crash prediction models», Journal of Safety Research, 49: 121- 127
- https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437514000346
- Hui-Wen V. T., Mu-Shang Y,(2012); « Forecasting performance of grey prediction for education expenditure and school enrollment», Economic of Education Review: 31, 452- 462. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027277571100183X
- Koptis E, Cropper M،(2005); « Traffic fatalities and economic growth».

Accident Annual Prevention.;37(1): 78-169. https://www.econ.umd.edu/sites/www.econ.umd.edu/files/pubs/wp3.pdf
- Kopits, Elizabeth and Cropper, Maureen, (2005); « Traffic fatalities and economic growth», Accident Analysis and Prevention 37:169–178.
- http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457504000685
- LinChiao, M., et al,(2012); « A novel dynamic progress forecasting approach for construction projects». Expert Systems with Application; 39, 2247-2255.
- http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417411010554
- Robert I, Mohan D, Abbasi K,(2002); « War on the road ».BMJ; 324(7346):7-8. http://researchonline.lshtm.ac.uk/14842/1/845.full.pdf
- Tien, Tzu-Li ,(2009); « A new grey prediction model FGM (1, 1) » . Mathematical and Computer Modeling Vol. 49: 1416-14263.
- http://fulltext.study/download/1137295.pdf
- Trung, D. Q., Ahn, K. K,(2012); « Wave prediction based on a modeling grey model MGM(1, 1) for real-time control of wave energy converters in

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۷۶
فصلنامه علمی - پژوهشی
سال هفتم - شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

irregular wave». Renewable Energy; 34: 242-255.
http://fulltext.study/preview/pdf/301068.pdf
- Singh, Gyanendra, Sachdeva, S.N, Pal, Mahesh, (2016), «M5 model tree based predictive modeling of road accidents on non-urban sections of highways in India», Accident Analysis & Prevention, 96: 108–117.
- https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457516302822
- van Beeck, E.F., Borsboom, G.J., Mackenbach, J.P, (2000): « Economic development and traffic accident mortality in the industrialized world, 1962–1990 ». Int. J. Epidemiol. 29: 503–509.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10869323
- Wang, C. H,(2004); « Predicting tourism demand using fuzzy time series and hybrid grey theory». Tourism Management:367-374.
- http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261517703001328
- Wang, J., Suling, Z., Weigangzhao,(2011); « Optimal parameters estimation and input subset for grey model based on chaotic particle swarm optimization algorithm». Expert system withApplications; 38: 815-832.
- http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417410015216
- World Health Organization(2010). Available from http://apps.who.int/gho/data/node.main.A997. - Xu, J., Tao, T., Mao, T., long Q. I,(2011); «Improvement of grey models by least squares», Expert systems with Applications, 38; 1396-1422.
- http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417411007305?np=y
- Yan, S. Y., Namkoong, S., Rho, J.-H., Shin, S.-W. And Choi, J.-U,(1998): « A PerformanceEvaluation of Neural Network Models in Traffic »,Volume Forecasting.Math, Compute, Modeling, Elsevier Science Ltd, Vol. 27, No. 9-11: 293- 310.
- http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S089571779800065X
- Zhu. Xinglin ,(2010): «Application of Composite Grey BP Neural Network Forecasting Model to Motor Vehicle Fatality Risk», Second International Conference on Computer Modeling and Simulation, 236-240.
- http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1725809

www.SID.ir