

پیش‌بینی وقوع حوادث در سیستم‌های حمل‌ونقل با استفاده از الگوهای هارمونیک، آرچ، پویا و زمانی (مطالعه موردی مصدومان حوادث ترافیکی استان خوزستان)

نبی امید^۱، حشمت‌الله عسگری^۲، محمدرضا امیدی^۳، میثم جعفری اسکندری^۴

از صفحه ۱۶۵ تا ۱۹۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۳

چکیده

زمینه و هدف: تصادفات جاده‌ای از پدیده‌های مهمی است که به دنبال روند موتوریزه‌شدن جوامع و روند رو به گسترش استفاده از وسایل حمل‌ونقل موتوری مشاهده می‌شود. پدیده‌ای که به دنبال آن، سالانه جان بسیاری از افراد گرفته شده و یا مصدوم می‌شوند؛ از پیامدهای این پدیده، هزینه‌ها و خسارت‌های مختلف مالی و روحی و روانی می‌باشد.

روش: در این پژوهش با استفاده از روش‌های پیش‌بینی هارمونیک، الگوی اقتصادسنجی آرچ، معادلات پویای خطی مرتبه دوم (DGM(۲,۱) و سری زمانی آریما به پیش‌بینی تعداد مصدومان حوادث ترافیکی استان خوزستان پرداخته شده است.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که میانگین درصد قدر مطلق خطا برای روش‌های سری زمانی آریما، DGM(۲,۱) و هارمونیک به ترتیب ۵.۳۶، ۸.۲۹ و ۸.۰۰۱ می‌باشند؛ همچنین ضریب فزاینده لاگرانژ نشان داد که امکان پیش‌بینی با روش آرچ برای تعداد مصدومان تصادفات استان خوزستان وجود ندارد.

نتیجه‌گیری: مقادیر پیش‌بینی شده نشان داد که تعداد مصدومان ناشی از تصادفات در استان خوزستان در حال کاهش است و این نشان‌دهنده اثربخشی اقدامات پلیس راهنمایی و رانندگی در جهت کاهش تصادفات رانندگی در استان خوزستان است که با آموزش و فرهنگ‌سازی بیشتر می‌توان این مقدار را با شیب بیشتری کاهش داد.

کلمات کلیدی: سری زمانی، هارمونیک، آرچ، تصادفات، اقتصادسنجی.

۱- مربی گروه مدیریت، دانشگاه پیام نور، ایران

۲- دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه ایلام (نویسنده مسئول)، h.asgari@mail.ilam.ac.ir

۳- مدرس گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، ایران.

۴- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، ایران.

مقدمه

تصادفات جاده‌ای از عوامل بسیار مهم مرگ‌ومیر و صدمات شدید جانی و مالی بوده و آثار سنگین اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی آن، جوامع بشری را به شدت مورد تهدید قرار داده است. در اوایل سال ۱۹۵۰ میلادی، دید شرکت‌های خودروسازی به‌سوی ایمنی خودروها معطوف شد، شرکت‌های بزرگ به تجهیز محصولات خود با مواد ایمنی همچون قراردادن لایه‌های نرم در داخل بدنه خودروها که امکان برخورد سر راننده در هنگام تصادف با آن وجود داشت و همچنین در مواردی کمربند ایمنی ملزم شدند. سازمان ملل در سال ۱۹۵۸ میلادی، اولین استاندارد بین‌المللی خود در جهت ایمنی خودروها را در قالب مجموعه مقررات یکپارچه برای طراحی خودروها ارائه کرد. پس از حدود یک دهه، جهان شاهد پیدایش خودروهایی مجهز به وسایلی مانند کنترل الکترونیکی پایدار خودرو، ترمز ضد قفل، چراغ‌های جلوی خودرو در جهت کاهش تلفات و تصادفات جاده‌ای بود.

امروزه ایمنی در حمل‌ونقل جاده‌ای در زمره مهم‌ترین نگرانی‌های جامعه جهانی قرار دارد. اگرچه در کشورهای توسعه‌یافته، تدابیری برای کاهش تلفات ناشی از تصادفات اندیشیده شده است؛ ولی در کشورهای در حال توسعه هنوز این مسئله به یکی از عمده‌ترین عوامل غیرطبیعی بروز مرگ‌ومیر تبدیل شده است. همه‌ساله هزینه‌های بسیاری برای کاهش تصادفات و همچنین کاهش مرگ‌ومیر ناشی از این تصادفات در کشورهای مختلف صرف می‌شود. در کشور ما نیز با افزایش تعداد وسایل نقلیه و بی‌توجهی رانندگان به مقررات ایمنی راه، بر تعداد و شدت تصادفات ترافیکی افزوده شده است. تصادف علاوه بر کاهش ایمنی، هزینه گزافی را به جامعه وارد می‌کند؛ خسارت‌های مالی و جانی، ایجاد تأخیر در جریان ترافیک و کاهش سرعت رفت‌وآمد از جمله تأثیراتی است که وقوع تصادف بر جامعه تحمیل می‌کند که خود باعث کاهش سرمایه‌های ملی می‌شود. یکی از مهم‌ترین عوامل در کنترل

زیرساخت‌های حمل‌ونقل، وقوع تصادف به‌منزله پدیده‌ای مخرب است (گورتس^۱ و همکاران، ۲۰۰۳: ۱۲۷).

به‌کارگیری راهکارهای کاهش تصادفات و تلفات جاده‌ای مستلزم تجزیه و تحلیل تصادفات با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی و تأثیر مؤلفه‌های گوناگون در وقوع آن‌ها و تلاش در جهت بهبود وضعیت ایمنی ترافیک است (جانسون و ویچرن^۲، ۱۹۸۲، ۵۲۰). مدل‌های پیش‌بینی، کاربرد زیادی در تحلیل ایمنی راه‌ها دارند و امروزه به‌طور وسیعی در شناسایی عوامل مؤثر بر ایمنی راه‌ها، شناسایی و اولویت‌بندی مکان‌های حادثه‌خیز راه‌ها، ارزیابی عملکرد ایمنی شبکه حمل‌ونقل، ارزیابی ایمنی پروژه‌های منتج از برنامه‌ریزی‌های کلان حمل‌ونقل و تعیین شاخص خطر برای تعیین ایمن‌ترین مسیر در سیستم دینامیکی راه‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرند. روش‌های پیش‌بینی و آینده‌پژوهی، یکی از ابزارهای مهم در اختیار مدیران و کارشناسان برای اخذ تصمیمات راهبردی و صحیح است (امیدی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۰).

در این پژوهش با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی به پیش‌بینی تعداد مصدومان ترافیکی در استان خوزستان به‌منزله یکی از محورهای پرتراфик کشور پرداخته شده است. روش‌های مورداستفاده در این پژوهش، الگوی هارمونیک، سری زمانی آریما^۳، روش خاکستری پویای مرتبه دوم و آرچ می‌باشد.

پیشینه پژوهش

واقعیت این است که صدمات ناشی از تصادفات فقط یک موضوع ساده مربوط به حمل‌ونقل نیست، بلکه دغدغه اصلی بسیاری از نهادها و سازمان‌های مسئول تأمین سلامت جامعه می‌باشد. صدمات و ضایعات ناشی از تصادفات جاده‌ای، یک پدیده

1-Geurts

2-Johnson and Wichern

3-ARIMA

پیش‌بینی وقوع حوادث در سیستم‌های حمل‌ونقل با استفاده از الگوهای هارمونیک، آرچ، پویا و زمانی

خطرناک ضد سلامت از دیدگاه سلامت و بهداشت، یک پدیده خطرناک برای خانواده‌ها از نظر اجتماعی، یک پدیده خطرناک برای اعتبار کشورهای سیاسی بحران‌زده از لحاظ سیاسی و یک پدیده خطرناک نابودکننده منابع اقتصادی بسیار کمیاب (از جمله منابع انسانی) از بُعد اقتصادی می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات تجربی نشان داده است که تصادفات جاده‌ای در کشورهای در حال توسعه تا زمان رسیدن به یک سطح آستانه‌ای خاص، افزایش می‌یابد و از آن به بعد این نرخ کاهش پیدا می‌کند.

معمولاً در ادبیات پژوهش، تصادفات جاده‌ای را در زمره آلودگی‌های زیست‌محیطی قرار می‌دهند. مطالعات فراوانی در رابطه با پیش‌بینی و مدل‌سازی آینده تصادفات صورت پذیرفته است. احمدی و علی‌محمدی به پیش‌بینی تصادفات رانندگی با استفاده از مدل رگرسیون چندسطحی و مؤلفه‌های زمانی پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که مدل رگرسیون لجستیک چندسطحی توانسته است ۲۵ درصد تصادفات رانندگی را در ۶ اولویت اول از ۱۰۵ اولویت وقوع تصادفات پیش‌بینی کند (احمدی و علی‌محمدی، ۱۳۹۳: ۱۰۵).

رحیمی و همکارانش (۱۳۹۲: ۷۵) به پیش‌بینی فوت در تصادفات جاده‌ای کشور و برآورد ارزش یک جان آماری در سال ۹۱ با استفاده از سری‌های زمانی پرداختند؛ نتایج پژوهش نشان داد که تعداد کل فوتی‌ها در سال ۱۳۹۱ با ضریب اطمینان ۵ درصد، حدود ۱۹ هزار و ۹۹۶ نفر است. باقری و شیخ‌الاسلامی (۱۳۸۸: ۷۷) به پیش‌بینی تعداد تصادفات در آزادراه‌های برون‌شهری با استفاده از شبکه عصبی پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که مدل شبه عصبی از کارایی بهتری نسبت به مدل رگرسیون لگاریتم طبیعی برخوردار است. ابی‌ترابی و رضایی مقدم (۱۳۸۸: ۱۲) در پژوهشی به مدل‌سازی و پیش‌بینی شدت تصادف‌ها در بزرگراه‌های درون‌شهری پرداختند. نتایج این پژوهش، متغیرهایی را که باعث افزایش شدت تصادف‌ها در

بزرگراه‌ها می‌شوند، مشخص کرد.

عبدالمنافی و همکارانش (۱۳۸۶: ۳۲) برای پیش‌بینی تعداد تصادفات در تقاطع‌های درون‌شهری تهران از مدل شبکه‌ی عصبی استفاده کرده و خروجی آن را با روش‌های آماری مقایسه کردند؛ نتایج پژوهش، دقت بالای روش شبکه‌ی عصبی نسبت به سایر روش‌ها را نشان داد. بایاتا^۱ و همکارانش (۲۰۱۱: ۲۴۵) به پیش‌بینی ماهانه تصادفات در راه‌های کشور ترکیه پرداختند؛ نتایج پژوهش نشان داد که روش‌های هوشمند، نتایج قابل‌قبولی در پیش‌بینی تصادفات ترکیه دارد.

باروا و تی^۲ (۲۰۰۱: ۳۶) به پیش‌بینی و مدل‌سازی تصادفات اتوبوس‌ها در یکی از شهرهای کشور بنگلادش پرداختند. در این پژوهش از مدل لجیت ترتیبی برای تحلیل شدت تصادفات استفاده شد؛ نتایج پژوهش نشان داد که طی سال‌های مورد مطالعه، شدت تصادفات اتوبوس‌ها رو به افزایش است. تونگ یوان و یو^۳ (۲۰۰۷: ۴۳۹) برای پیش‌بینی حوادث ترافیکی شهری از مدل خاکستری (۱ و ۱) استفاده کردند؛ نتایج پژوهش نشان داد که استفاده از روش خاکستری با داده‌های کم، قدرت پیش‌بینی خوبی داشته است و می‌توان از آن برای پیش‌بینی حوادث ترافیک جاده‌ای استفاده کرد.

انگورا و دوگان^۴ (۲۰۰۸: ۹۱۰) به پیش‌بینی تلفات و تعداد تصادفات با استفاده از مدل‌های رگرسیونی غیرخطی و عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج پژوهش، نشان از دقت بالای هر دو مدل در پیش‌بینی تلفات و تصادفات داشت. زووان دنگ^۵ و همکارانش (۲۰۰۶: ۱۵۷) با به‌کارگیری یک مدل پروبیت ترتیبی به بررسی و پیش‌بینی تصادفات در ایالات کنکتیکت پرداختند. بررسی عوامل گوناگون نشان داد

1-Bayata

2-Barua and Tay

3-Tongyuan and Yue

4-Akgungor, and Dogan

5-Zuxuan Deng

پیش‌بینی وقوع حوادث در سیستم‌های حمل‌ونقل با استفاده از الگوهای هارمونیک، آرچ، پویا و زمانی

که سطح خیزی روسازی و وقوع تصادفات در شب، همبستگی زیادی با شدت تصادف دارد. چانگ^۱ (۲۰۰۶: ۲۵۶) در مدل‌سازی آزادراه‌ها در کشور تایوان از دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و دوجمله‌ای منفی استفاده کرد و با مقایسه کارایی دو مدل به این نتیجه رسید که مدل شبکه عصبی مصنوعی، یک روش جایگزین مناسب برای تجزیه و تحلیل تصادفات آزادراه‌های کشور تایوان می‌باشد.

ون بیک و همکارانش^۲ (۲۰۰۰: ۵۰۶) در پژوهشی به بررسی ارتباط بین رشد اقتصادی و مرگ‌ومیر ناشی از تصادفات جاده‌ای در کشورهای صنعتی دنیا با یک نگرش بلندمدت پرداختند. در این مطالعه، متغیرهایی نظیر جمعیت، میزان کیلومتر پیموده‌شده و وسایل نقلیه در طول سال و مرگ‌ومیر ناشی از تصادفات برای کشورهای صنعتی در طول دوره ۱۹۶۲ تا ۱۹۹۰ میلادی بررسی شده است. وگت و بارد^۳ (۱۹۹۹: ۱۸) با تقسیم‌بندی شدت تصادف‌ها به دو گروه فوتی یا جرحی از مدل لاجیت دوتایی برای پیش‌بینی شدت تصادف‌ها در تصادفات جاده‌ای دوخطه برون‌شهری استفاده کردند. کیم^۴ و همکارانش (۱۹۹۶: ۱۱) با استفاده از مدل لگاریتم خطی، ارتباط بین نحوه تصادف و شدت را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها از داده‌های تصادف‌های تکمیل‌شده توسط پلیس در محل تصادفات در ایالات هاوایی استفاده کردند. نتایج پژوهش نشان داد که تصادف‌های جلو به جلو و واژگونی، بیشترین شدت را دارند.

مطالعه پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که برای استفاده از مدل‌های موجود پیش‌بینی تصادفات، شناخت ساختار و رفتار سیستم‌های حمل‌ونقل ضروری است. پیش‌بینی معمولاً بر اساس سری‌های زمانی صورت می‌گیرد؛ اما به‌دست‌آوردن داده‌هایی

1-Chang

2-Van Beeck and et al

3-Voget, and Bared

4-Kim

به صورت سری زمانی مستلزم صرف هزینه و زمان زیادی است. روش‌های سنتی پیش‌بینی معمولاً بر پایه استفاده از سری‌های زمانی با داده‌های فراوان است؛ اما طی چند دهه اخیر، پژوهشگران به روش‌هایی گرایش پیدا کرده‌اند که با استفاده از تعداد داده‌های کمتر بتوانند به نتایج مطلوب‌تری دست پیدا کنند؛ از این رو به دست آوردن داده‌های زمانی مختصر و جامع که بتواند اطلاعات کافی و جامعی را برای مدل‌سازی فراهم کند، بسیار ضروری است که در این پژوهش به مقایسه دقت چهار روش پیش‌بینی پرداخته خواهد شد.

مبانی نظری پژوهش

پیش‌بینی میزان تصادفات برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و از همین رو مدل‌های گوناگونی برای پیش‌بینی ابداع شده است. منظور از پیش‌بینی در واقع پیش‌نگری نیست، بلکه می‌خواهیم رفتار گذشته یک متغیر را به آینده تعمیم بدهیم و مدلی را انتخاب کنیم که حداقل خطا را داشته باشد؛ یعنی فقط از متغیرهای دوره قبل این محصول استفاده می‌کنیم و سایر متغیرهای تأثیرگذار در نظر نمی‌گیریم. روش‌های گوناگون گذشته‌نگری برای پیش‌بینی متغیرها در مطالعات مختلف استفاده شده است. یکی از مؤلفه‌های اساسی در تقویت توسعه پایدار، مسئله ارتقای سلامت جامعه می‌باشد؛ چراکه انسان سالم، محور توسعه پایدار است (محمدیگی و افضلی، ۱۳۹۴: ۱۰۰)؛ از طرفی، رانندگی انسان‌ها در جهان امروز با خطرات زیادی روبه‌رو می‌باشد؛ از جمله مهم‌ترین خطراتی که امروزه زندگی افراد در کشورهای مختلف جهان را تهدید می‌کند، افزایش حوادث و آسیب‌های عمدی و غیرعمدی است که سالانه باعث مرگ و میر تعداد زیادی می‌شود.

واضح است که رانندگان، عامل اصلی انجام تخلفات ترافیکی هستند؛ اما آنچه در چگونگی رفتار انسان و راننده در زمان رانندگی و یا تغییر آن نقش خواهد داشت،

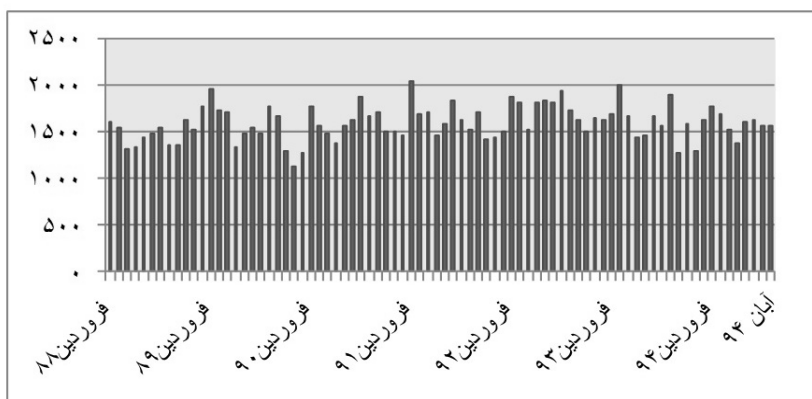
پیش‌بینی وقوع حوادث در سیستم‌های حمل‌ونقل با استفاده از الگوهای هارمونیک، آرچ، پویا و زمانی

متفاوت است (امیدی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰۲). تصادف خودرو، تصادف جاده‌ای یا تصادف ناشی از خرابی خودرو به شرایطی گفته می‌شود که در آن، یک وسیله نقلیه با وسیله نقلیه دیگر یا شیء دیگری در جاده برخورد کرده و در نتیجه به خسارات جانی یا مالی منجر می‌شود. عوامل مؤثر بر بروز تصادفات عبارتند از: عامل محیطی، عامل قانون و اجرایی، عامل انسانی. همچنین برخی صاحب‌نظران، عامل جوئی را عامل چهارم محسوب می‌کنند و برخی دیگر خیر؛ زیرا عامل جوئی به نحوی به سه عامل دیگر وابسته است؛ برای مثال، وقتی شرایط جوئی مناسبی برقرار نباشد، فرد با آگاهی کامل می‌تواند از سفر غیرضروری خود صرف‌نظر کند و بدین ترتیب جزئی از عامل انسانی می‌باشد و به همین ترتیب برخی آن را جزو عامل راه می‌دانند. تصادفات را از نظر وقوع محل می‌توان به تصادفات درون‌شهری و برون‌شهری تقسیم کرد.

پیش‌بینی، یکی از تکنیک‌های مهم در حوزه سنجش رفتار آینده سیستم حمل‌ونقل است که تصویری از روند وقوع تصادفات در آینده به مخاطب می‌دهد (عسگری و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۷). پیش‌بینی بر اساس مدل‌های چندمتغیره اقتصادسنجی با محدودیت‌های زیادی همراه است؛ برای مثال، ممکن است اطلاعات در خصوص متغیرهای توضیحی که بر متغیر وابسته اثر می‌گذارند، وجود نداشته و همچنین برای پیش‌بینی متغیرهای وابسته، ابتدا باید متغیرهای توضیحی پیش‌بینی شوند که در برخی موارد پیش‌بینی متغیرهای توضیحی، امری دشوارتر از پیش‌بینی متغیر وابسته است؛ از این رو یک روش جایگزین، استفاده از مدل‌های تک‌متغیر است که متغیر با استفاده از حافظه تاریخی به مدل‌سازی و پیش‌بینی اقدام می‌کند. اکثر این روش‌ها برای پیش‌بینی به داده‌های زیادی نیاز دارند؛ اما دسترسی به داده‌های زیاد از نظر کمی و کیفی به زمان و هزینه زیادی نیاز دارد؛ از این رو روش‌هایی که بتوانند با داده‌های کم، پیش‌بینی مناسبی انجام دهند، بسیار مورد توجه هستند.

روش پژوهش

پژوهش حاضر، توصیفی از نوع مقایسه‌ای است که با استفاده از اطلاعات گذشته جمع‌آوری شده به روش کتابخانه‌ای به پیش‌بینی برای آینده می‌پردازد. جامعه آماری این پژوهش شامل داده‌های ماهانه مصدومان ترافیکی استان خوزستان از فروردین ۱۳۸۸ تا آبان ۱۳۹۴ می‌باشد که این آمار از پزشکی قانونی گرفته شده و مقادیر آن در شکل ۱ آمده است که محور افقی، ماه‌های مورد مطالعه و محور عمودی، تعداد مصدومان ترافیکی برحسب نفر را نشان می‌دهند. در این پژوهش علاوه بر پیش‌بینی به وسیله روش‌ها، دقت روش‌ها نیز با استفاده از شاخص‌های اندازه‌گیری دقت مورد مطالعه قرار می‌گیرد.



شکل ۱. تعداد مصدومان استان خوزستان، فروردین ۸۸ تا آبان ۹۴

روش‌های پیش‌بینی

پیش‌بینی و اطلاع از آینده، یکی از ابزارهای قوی و مهم برای مدیران و پژوهشگران برای امر تصمیم‌گیری و تخصیص منابع است. آینده‌پژوهی، درکی از آینده به سازمان می‌دهد که اعتبار این درک به دقت پیش‌بینی انجام‌شده بستگی دارد. اغلب مطالعات انجام‌شده در زمینه پیش‌بینی سری‌های اقتصادی به مقایسه دقت روش‌های مختلف پرداخته‌اند؛ این مقایسه عمدتاً میان روش‌های رگرسیونی و غیررگرسیونی صورت

پیش‌بینی وقوع حوادث در سیستم‌های حمل‌ونقل با استفاده از الگوهای هارمونیک، آرچ، پویا و زمانی

گرفته است. در این پژوهش از چهار روش هارمونیک، سری زمانی، آرچ و معدلات پویای مرتبه دوم برای پیش‌بینی تعداد مصدومان ناشی از تصادفات در استان خوزستان استفاده می‌شود.

الگوی پیش‌بینی هارمونیک

تجزیه یک سری زمانی به اجزای آن، درک عمیق‌تری از ساختار و رفتار نوسانی متغیر در زمان را به دست می‌دهد. روش تحلیل طیفی در مطالعات اقتصادسنجی همچون جداسازی جزء روند و جزء چرخه‌ای از یکدیگر به کار گرفته شده است (واگ و میلر^۱، ۱۹۷۰). هدف روش تحلیل طیفی، تجزیه یک سری زمانی به توابعی برحسب سینوس و کسینوس با طول‌موج مشخص است. در مورد متغیرهای سری زمانی، روش تحلیل طیفی برای شناخت نوسانات فصلی با طول دوره‌های متفاوت به کار می‌رود. فرض اساسی تحلیل هارمونیک سری زمانی این است که یک سری زمانی را می‌توان به صورت ترکیبی از دوره‌های دارای میدان نوسان به صورت تابع زیر نوشت:

$$Z_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sin\left(\frac{\gamma \pi t}{p}\right) + \beta_1 \cos\left(\frac{\gamma \pi t}{p}\right) \quad (1)$$

در رابطه فوق، Z داده‌های سری زمانی مورد مطالعه، P مدت زمان دوره فرض شده، α_0 و β_1 ضرایب هارمونیک با میدان نوسان و t وند زمانی است. چنانچه فرض شود که داده‌های سری زمانی دارای متغیر روند هم باشند، می‌توان رابطه بالا را به صورت زیر نوشت

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

در رابطه فوق نیز t نشان‌دهنده روند زمان و U_t جزو اخلاط معادله است.

در روش هارمونیک با توجه به نوع داده‌ها به صورت روزانه، هفتگی، ماهانه، فصلی و سالانه می‌توان طول دوره کوتاه مدت و بلندمدت را به دست آورد. برای محاسبه طول دوره بلندمدت پس از تخمین تابع استفاده شده، معنی داری متغیرهای $\sin\left(\frac{\gamma\pi t}{p}\right)$ و $\cos\left(\frac{\gamma\pi t}{p}\right)$ بررسی می‌شود و اگر حداقل یکی از متغیرهای فوق معنی دار باشد، مقدار Z_t محاسبه می‌گردد و تفاوت بین حداکثر و حداقل Z_t به دست می‌آید و تابعی که دارای بالاترین تفاوت باشد، به عنوان تابع هارمونیک و مقدار p در این تابع به عنوان طول دوره بلندمدت انتخاب می‌شود.

الگوی سری زمانی آریمای

مهم‌ترین هدف از تجزیه و تحلیل سری زمانی، یافتن مدل تغییرات و پیش‌بینی آینده است. منظور از پیش‌بینی سری زمانی، تخمین مقادیری از مجموعه داده‌ها می‌باشد که مقدار آن در زمان اجرای تحلیل، مجهول است. یکی از فنون پیش‌بینی رفتار سری زمانی، روش باکس جنکینز است. اساس رویکرد باکس جنکینز در پیش‌بینی سری زمانی بر پایه حوزه وسیعی از مدل‌های پیش‌بینی برای یک سری زمانی قرار گرفته است. گروه عمومی مدل‌ها برای یک سری زمانی در روش شناسایی باکس جنکینز، مدل‌های تلفیقی اتورگرسیو و میانگین متحرک هستند که در آمار به مدل آریمای معروف هستند. مدل سری زمانی به شکل آریمای (p,d,q) نوشته می‌شود که در این فرم، p مرتبه اتورگرسیو یا AR را تعیین می‌کند و بیانگر وابستگی به یک عنصر در زمان حال به مقادیر مؤثر قبلی اس می‌باشد. در این مدل، رگرسیون هر عنصر بر حسب مقادیر پیشین خود تعیین می‌شود. فرایند اتورگرسیو، حالت‌های مفیدی هستند که در آن‌ها، مقدار حال سری زمانی به مقادیر قبلی آن‌ها به علاوه یک ضریب تصادفی بستگی دارد. q نیز مرتبه میانگین متحرک را تعیین می‌کند که به وسیله آن، وابستگی سری به عناصر تصادفی حال و گذشته تعریف می‌شود. الگوی اتورگرسیو

تلفیق شده با میانگین متحرک از مرتبه (p, d, q) را به صورت زیر نمایش می‌دهند.

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (3)$$

ساخت و پیش‌بینی مدل‌های سری زمانی شامل چهار مرحله شناسایی الگو، برآورد مؤلفه‌ها، تشخیص درستی الگو و پیش‌بینی می‌باشد.

مرحله اول (شناسایی الگو): در این مرحله با ترسیم نمودار خودهمبستگی (ACF) و خودهمبستگی جزئی (PACF)، ایستایی در میانگین و واریانس داده‌ها ارزیابی می‌شود. تابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی، یکی از ابزارهای بسیار مهم برای امتحان وابستگی داده‌ها هستند (کریر^۱، ۱۹۸۶). این توابع، همبستگی میان مشاهدات را در فصول مختلف اندازه‌گیری کرده و برای بررسی یک سری زمانی یگانه در قلمرو زمان به کار می‌روند. این توابع، اغلب بینشی از الگوی احتمالی که داده را تولید می‌کند، به ما ارائه می‌دهند که از این امر برای تشخیص و برازش مدل استوکاستیکی مناسب برای داده‌ها استفاده می‌شود. علاوه بر خودهمبستگی میان (Z_t, Z_{t+k}) ، اگر بخواهیم بعد از حذف وابستگی خطی مشترک میان متغیرهای $(Z_t, Z_{t+k}, \dots, Z_{t+k})$ ، همبستگی میان (Z_t, Z_{t+k}) بررسی شود، از تابع خودهمبستگی جزئی استفاده می‌کنیم. رفتار این توابع در نمودار همبستگی‌نگار، یکی از مهم‌ترین معیارها برای تخمین الگوی سری زمانی است. در صورت نایستایی، ابتدا سری موردنظر با استفاده از سری تفاضلی مناسب ایستا می‌شود؛ بنابراین در این مرحله با تجزیه و تحلیل واریانس داده‌های تفاضل شده، مرتبه پارامتر (d) طوری برای مدل انتخاب می‌شود که دارای حداقل واریانس باشد. از طرف دیگر، با استفاده از نمودارهای ACF و PACF مراتب p و q مشخص می‌شود. پیندیچ و رابنفید^۲ (۱۹۹۸) استفاده از ضرایب همبستگی جزئی را برای انتخاب مرتبه فرایند اتورگرسیو مناسب

1-Currie

2-Pindyck and Rubinfeld

دانستند و اندرس^۱ (۲۰۰۴) راهکاری جامع مبتنی بر ویژگی‌های تابع خودهمبستگی و تابع خودهمبستگی جزئی ارائه داده است.

مرحله دوم (برآورد مؤلفه‌ها): در این مرحله با شناسایی الگوهای مناسب در مرحله یک، برای مقایسه چند الگو و انتخاب بهترین آن‌ها می‌توان از معیار حداقل میانگین قدر مطلق خطا (MAPE) استفاده کرد که مقدار آن از روش زیر به دست می‌آید. این معیار از جمله معیارهای خطای درصدی است که محبوبیت فراوانی دارد و یکی از پراستفاده‌ترین معیارهای بدون واحد است. شاخص درصد میانگین مطلق خطا از رابطه زیر به دست می‌آید:

(۴)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \frac{|e_i|}{Y_i} * 100$$

که در آن، e باقی‌مانده و y مقدار واقعی می‌باشد.

مرحله سوم (تشخیص درستی الگو): برای تشخیص درستی مدل در این مرحله، نمودار باقی‌مانده‌ها از نظر طبیعی بودن و ایستایی ارزیابی می‌شوند.

مرحله چهارم (پیش‌بینی): یکی از دلایل محبوبیت و گستردگی مدل‌سازی آریمای توانایی و موفقیت آن در پیش‌بینی است. این شیوه مدل‌سازی بیش از روش مدل‌سازی سستی اقتصادسنجی قابل‌اتکا می‌باشد. با استفاده از معادلات به‌دست‌آمده در مراحل فوق، مقادیر پیش‌بینی در این مرحله برای آینده مشخص می‌شود.

الگوی پیش‌بینی آرچ

در مدل‌های اقتصادسنجی سستی، ثابت بودن واریانس جملات اخلال همواره یکی از فرض‌های اصلی و کلاسیک اقتصادسنجی به حساب می‌آید. تمام الگوهای سری زمانی بر اساس میانگین شرطی و واریانس شرطی عمل می‌کنند. در طول تاریخ، اقتصاددانان واریانس، ناهمسانی را مختص به مطالعات مقطعی می‌دانستند و واریانس

ناهمسانی را در مطالعات مقطعی موردآزمون قرار داده و بررسی می‌کردند که آیا واریانس اجزای اخلاص رگرسیون مقطعی با دیگر رگرورها وابستگی دارد یا خیر. انگل^۱ (۱۹۸۲: ۹۸۷) روش جدیدی موسوم به آرچ را برای اولین بار معرفی کرد؛ شرط استفاده از الگوی آرچ، تحقق واریانس ناهمسان متغیر هدف است. در این پژوهش برای آزمون ناهمسانی واریانس از آماره ضریب فزاینده لاگرانژ استفاده می‌شود. در روش آرچ، فرض بر این است که جمله تصادفی دارای میانگین صفر و به‌طور سریالی غیرهمبسته است؛ ولی واریانس آن با فرض وجود اطلاعات گذشته خود متغیر شکل می‌گیرد.

یکی از دلایل استفاده از مدل‌های آرچ، وجود خطاهای پیش‌بینی کوچک و بزرگ است؛ به‌طوری‌که ممکن است سری مذکور طی سال‌های مختلف، رفتارهای متفاوتی را از خود به نمایش بگذارد. درواقع مزیت مدل‌های آرچ در این است که می‌توان روند واریانس شرطی را با توجه به اطلاعات گذشته خود متغیر و واریانس آن توضیح داد. مدل آرچ به خاطر ویژگی‌هایش، در کاربردهای اقتصادسنجی دارای محبوبیت خاصی می‌باشد. این مدل در پیش‌بینی‌های اقتصادسنجی، این توانایی را به پژوهشگر می‌دهد که بتواند تغییرات را از روی دوره‌ای خاص به دوره موردنظر خود تعمیم دهد. برای مدل‌سازی نوسانات به‌وسیله مدل آرچ باید دو معادله میانگین و واریانس برآورد شود؛ معادله میانگین برای معادله آرچ به شرح زیر است.

$$Y_t = \mu_t + \sigma_t h_t \quad (5)$$

$$\varepsilon_t = \sigma_t h_t \quad (6)$$

$$\mu_t = a + \sum_{i=1}^k b_i X_{i,t} \quad (7)$$

در معادلات فوق، Y_t میانگین شرطی است که به متغیرهای توضیحی و ضریب آن

بستگی دارد. $X_{i,t}$ شامل متغیرهای توضیحی می‌باشد که شامل متغیرهای برونزا و درونزا با وقفه می‌باشد. h_t نیز جزء اخلاص می‌باشد که توزیع یکسان و مستقلاً دارد. فرایند نوسانات مثبت توسط σ_t مشخص می‌شود؛ σ_t توسط مدل مختلف آرچ و جزء اخلاص معادله میانگین تعدیل شده از ضرب σ_t در h_t به دست می‌آید.

الگوی پویای خطی مرتبه دوم (۲,۱) DGM

در بین مدل‌های خاکستری، مدل (۲,۱) DGM یک مدل پویای خطی از مرتبه دوم است که با معادلات دیفرانسیل، تناسب زیادی دارد. اگر یک سری زمانی به صورت (Z_1, Z_2, \dots, Z_n) وجود داشته باشد، آنگاه سری جدید از روش عملیات مولد انباشته به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$Z^1 = \{Z^1(1) \text{ و } Z^2(2) \text{ و } \dots \text{ و } Z^n(n)\} \quad (8)$$

که

$$Z^1(k) = \sum_{j=1}^k Z^j(j) \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (9)$$

در نتیجه، معادله دیفرانسیل از مرتبه دوم به صورت زیر است:

$$\frac{d^2 Z^1}{dt^2} + a \frac{dZ^1}{dt} = u \quad (10)$$

که در معادله فوق:

$$\hat{a} = [a, u]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (11)$$

با توجه به معادلات دیفرانسیل درجه دوم خواهیم داشت:

(۱۲)

$$Y = \begin{pmatrix} Z'(2) - Z'(1) \\ Z'(3) - Z'(2) \\ \dots \dots \\ \dots \dots \\ Z'(n) - Z'(n-1) \end{pmatrix}$$

و مقدار B با توجه به ماتریس زیر به صورت زیر است:

(۱۳)

$$B = \begin{pmatrix} -Z'(2) & 1 \\ -Z'(3) & 1 \\ \dots & 1 \\ \dots & 1 \\ -Z'(n) & 1 \end{pmatrix}$$

بنابراین:

$$Z'(k+1) = \left(\frac{u}{a^2} - \frac{z'(1)}{a} \right) e^{-ak} + \frac{u}{a}(k+1) + (z'(1) - \frac{u}{a}) \left(\frac{1+a}{a} \right) \quad (14)$$

با توجه به معادلات فوق، مقدار پیش‌بینی سری اولیه با به کارگیری عملیات موگد

انباشته معکوس از رابطه زیر محاسبه می‌شود (ژو، ۲۰۱۰).

$$Z'(k+1) = Z'(k+1) - Z'(k) \quad (k = 0, 1, 2, \dots, n) \quad (15)$$

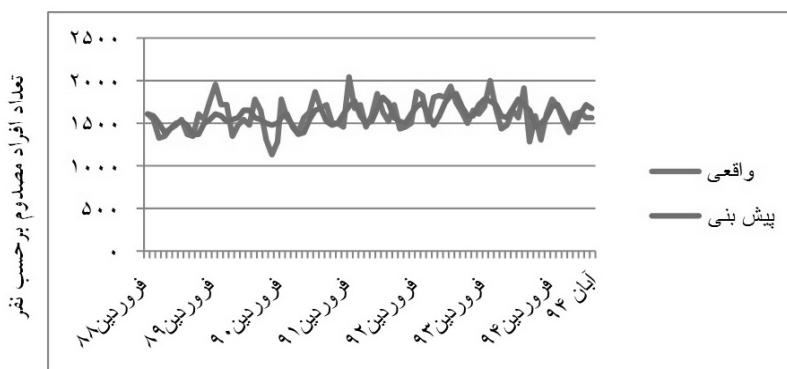
مقادیر پیش‌بینی با استفاده از الگوی هارمونیک

در جدول ۱، نتایج حاصل از روش هارمونیک برای هر یک از سری‌های منتخب آمده است. P نشان‌دهنده مرتبه الگو است؛ مقدار P بیانگر دوره معنی‌دار برای هر یک از سری‌هاست. مقادیر پیش‌بینی شده سالانه از حاصل جمع مقادیر پیش‌بینی ماهانه به دست آمده است.

جدول ۱. مقادیر پیش‌بینی‌شده با استفاده از الگوی پیش‌بینی هارمونیک

MAPE	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۵	مرتبه P	تعداد مصدومان استان خوزستان
۸.۰۰۱	۱۹۱۴۳	۱۹۱۵۶	۱۹۱۵۷	۸	

P بیانگر مرتبه دوره معنادار برای هر یک از سری‌های است؛ برای مثال، مرتبه ۸ به معنای استفاده از سیکل ۴۵ درجه (۸ × ۳۶۰ درجه) در پیش‌بینی است. تفاوت مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی با استفاده از الگوی هارمونیک برای زمان‌های قبلی نیز در شکل ۲ نشان داده شده است.



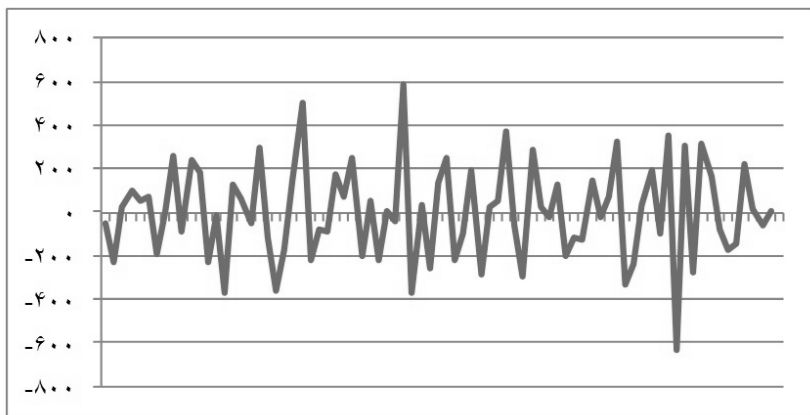
ماه

شکل ۲. مقادیر پیش‌بینی‌شده و واقعی مصدومان خوزستان با استفاده از الگوی هارمونیک مرتبه هشت

پیش‌بینی وقوع حوادث در سیستم‌های حمل‌ونقل با استفاده از الگوهای هارمونیک، آرچ، پویا و زمانی

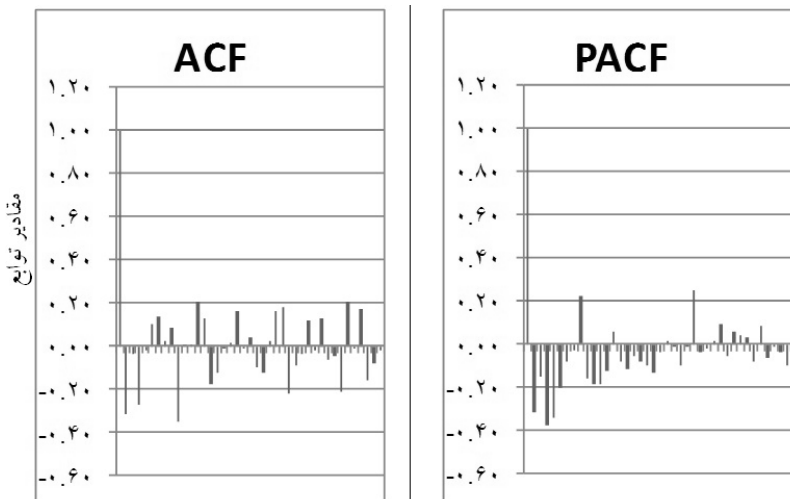
مقادیر پیش‌بینی با استفاده الگوی سری زمانی آریمای

همان‌گونه که توضیح داده شد، پیش‌بینی الگوهای سری زمانی با استفاده از روش باکس جنکینز شامل چهار است که برای پیش‌بینی مصدومان ناشی از تصادفات در استان خوزستان از این چهار مرحله استفاده می‌شود. ابتدا باید مقادیر واقعی p ، q و d مدل آریمای مشخص شود که برای این منظور از ابزار نمودار همبستگی و همبستگی جزئی استفاده می‌شود. برای استفاده از این مراحل باید داده‌ها ایستا شوند. دلیل نیاز به داده‌های ساکن آن است که هر مدل به دست آمده از این داده‌ها ایستا شوند. دلیل نیاز به دانست و نیز می‌توان آن را مبنای معتبری برای پیش‌بینی به شمار آورد؛ برای ساکن کردن داده‌ها یک بار از داده‌ها تفاضل‌گیری می‌کنیم (شکل ۳).



شکل ۳. تفاضل مرتبه اول داده‌های مصدومان استان خوزستان

داده‌ها بعد از تفاضل‌گیری ایستا می‌شوند. حال با استفاده از شکل توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی، مدل مناسب برای داده‌ها شناسایی می‌شود.



شکل ۴. توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی مصدومان استان خوزستان

توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی نشان می‌دهند که مناسب‌ترین مدل برای تعداد مصدومان بر اثر تصادفات، آریما (۳,۱,۳) است؛ بدین معنا که سری زمانی تعداد فوت‌شدگان باید یک‌بار برای ایستاشدن تفاضل‌گیری شود (d=1)، سپس توسط یک فرایند آریما (۳,۳) مدل‌سازی گردد.

بعد از تشخیص مدل به تخمین مؤلفه‌های مدل می‌پردازیم. نتایج تخمین مؤلفه‌ها برای الگوی آریما (۳,۱,۳) به شکل زیر است:

$$Z_t = 1,80Z_{t-1} - 1,07Z_{t-2} + 0,71Z_{t-3} + a_t - 1,86a_{t-1} + 1,84a_{t-2} - 0,82a_{t-3} \quad (16)$$

پس از انتخاب یک مدل خاص آریما و تخمین مؤلفه‌های آن به دنبال این هستیم که آیا مدل انتخاب‌شده، داده‌ها را به خوبی برازش می‌کند؟ به عبارت دیگر آیا مدل انتخاب‌شده، مناسب‌ترین مدل برای توصیف داده‌ها می‌باشد یا خیر؛ زیرا ممکن است یک مدل آریمای دیگر برازش بهتری از داده‌ها ارائه کند. یک آزمون ساده برای بررسی این نکته آن است که می‌بایست باقی‌مانده‌های حاصل از این مدل، اختلال سفید^۱

پیش بینی وقوع حوادث در سیستم های حمل و نقل با استفاده از الگوهای هارمونیک، آرچ، پویا و زمانی

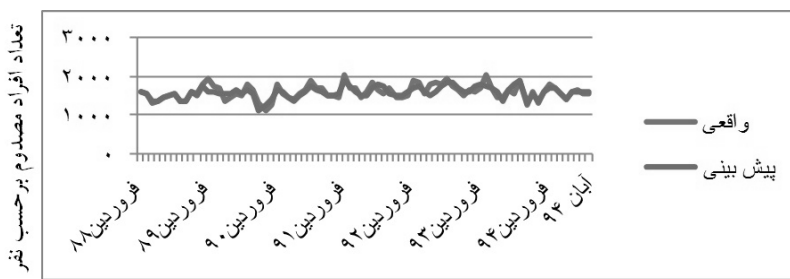
باشند؛ یعنی دارای توزیع طبیعی، واریانس ثابت و میانگین صفر باشند. نتایج نشان داد که باقی مانده های حاصل از مدل آریمما (۳,۱,۳) برای تعداد مصدمان تصادفات خوزستان بر اثر تصادفات، اختلال سفید هستند.

حال با استفاده از معادله به دست آمده، مقادیر پیش بینی شده برای سال های آینده مشخص می شود. مقادیر مربوط به تعداد کشته شدگان سال ها از حاصل جمع مقادیر پیش بینی ماهانه به دست آمده است.

جدول ۲. مقادیر پیش بینی شده تعداد مصدومان استان خوزستان با استفاده از سری زمانی باکس جنکینز

MAPE	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۵	
مقادیر پیش بینی شده	۱۸۴۵۵	۱۸۵۱۹	۱۸۵۸۲	۵۳۶

تفاوت بین مقدار واقعی و مقدار پیش بینی شده با استفاده از معادله معرفی شده در شکل ۵ نشان داده شده است.



ماه

شکل ۵. تفاوت مقادیر واقعی و پیش بینی در روش سری زمانی آریمما

مقادیر پیش بینی شده با الگوی آرچ

شرط استفاده از مدل آرچ منوط به این است که مدل تخمین زده شده دارای اثر آرچ باشد. برای این منظور، آزمون زیر صورت می پذیرد.

$$H_1: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_q = 0 \quad (17)$$

$$H_1: \alpha_1 \neq 0, \alpha_2 \neq 0, \dots, \alpha_q \neq 0 \quad (18)$$

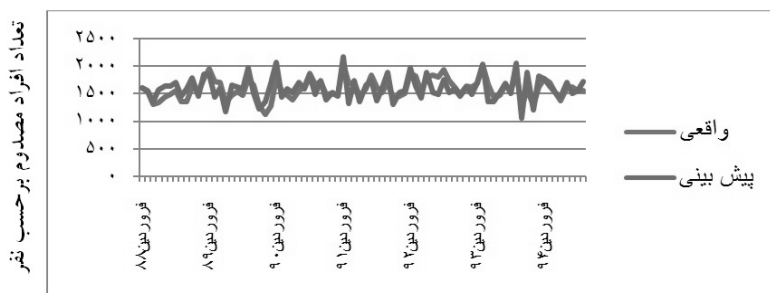
در آزمون فوق اگر فرض H_0 پذیرفته شود، مدل تخمین زده شده دارای اثر آرچ نخواهد بود و در نتیجه نمی‌توان از مدل آرچ استفاده کرد؛ ولی اگر فرض H_1 مورد قبول واقع شود، مدل دارای اثر آرچ می‌باشد. معنی داری معادله واریانس نیز با استفاده از ضریب فزاینده لاگرانژ صورت می‌پذیرد؛ این ضریب دارای توزیع کای ۲ با درجه آزادی برابر با تعداد وقفه‌ها در معادله واریانس است. این ضریب برای تعداد مصدومان جاده‌ای استان خوزستان، ۲۰۱۲ به دست آمد؛ در حالی که مقدار کای دو در سطح احتمال ۱۰ درصد ۲۰۷ می‌باشد؛ بنابراین سری زمانی مصدومان خوزستان دارای اثر آرچ نیست و امکان استفاده از این روش برای پیش‌بینی این سری زمانی وجود ندارد.

مقادیر پیش‌بینی شده با استفاده از مدل پویای خطی مرتبه دوم

با استفاده از روش خاکستری پویای خطی مرتبه دوم $DGM(2,1)$ ، مقادیر پیش‌بینی برای سال‌های آینده در جدول ۳ و تفادیت بین مقادیر پیش‌بینی و واقعی در شکل ۶ نشان داده شده است.

جدول ۳. مقادیر پیش‌بینی شده تعداد مصدومان استان خوزستان با استفاده از الگوی $DGM(2,1)$

MAPE	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۵
مقادیر پیش‌بینی شده	۱۹۱۸۱	۱۹۱۴۷	۱۹۲۳۷
	۸.۲۹		



ماه

شکل ۶. مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی با استفاده از روش $DGM(2,1)$

نتایج و پیشنهادهای پژوهش

اولین گام در مطالعات ایمنی، درک تصویر صحیحی از تعداد و شدت حوادث رانندگی و همچنین پیدا کردن دانشی نسبت به عوامل توصیفی بالقوه و تأثیرگذاری است که با وقوع تصادفات در ارتباط هستند. پیش‌بینی با استفاده از روش‌های ریاضی، آماری و اقتصادسنجی، درکی از آینده به مدیران و پژوهشگران می‌دهد که باعث کمک به آن‌ها در تصمیم‌گیری می‌شود. یکی از استان‌های پرترافیک کشور، استان خوزستان می‌باشد که در این پژوهش با استفاده از روش‌های سری زمانی آریما، آرچ، هارمونیک و $DGM(2,1)$ به بررسی و پیش‌بینی تعداد مصدومان تصادفات جاده‌ای در استان خوزستان پرداخته شد. نتایج پژوهش نشان داد که الگوی سری زمانی دارای بالاترین دقت در پیش‌بینی تعداد مصدومان با میانگین درصد قدر مطلق خطای 5.36 می‌باشد؛ دقت روش‌های هارمونیک و $DGM(2,1)$ دارای درصد دقت نزدیک و به ترتیب 8.01 و 8.29 به دست آمد. همچنین ضریب فزاینده لاگرانژ نشان داد که امکان پیش‌بینی با روش آرچ برای تعداد مصدومان تصادفات استان خوزستان وجود ندارد. مقادیر به دست آمده با روش سری زمانی که بالاترین دقت پیش‌بینی را دارد، کاهش مصدومان ناشی از تصادفات در جاده‌های استان خوزستان را نشان داد که نشان‌دهنده حرکت رو به بهبود رانندگان و کنترل مناسب پلیس راهور در این استان است.

با توجه به نتایج پژوهش پیشنهاد می‌شود که مدیران به منظور پیش‌بینی برای آینده پژوهی و تصمیم‌گیری‌های راهبردی در حوزه حوادث سیستم‌های حمل‌ونقل با توجه به دقت بالای الگوی سری زمانی باکس جنکینز از این روش استفاده کنند؛ همچنین تولید نرم‌افزارهای پیش‌بینی بر پایه روش‌شناسی باکس جنکینز، این مزیت را به کاربران حوزه سیستم‌های حمل‌ونقل خواهد داد که در هر زمان، امکان پیش‌بینی تعداد تلفات و مصدومان حوادث ترافیکی را داشته باشند.

با توجه به نتایج این پژوهش مبنی بر کاهش مصدومان حوادث ترافیکی در استان خوزستان در آینده پیشنهاد می‌شود که پلیس راهور خوزستان با فرهنگ‌سازی بیشتر و استفاده از رسانه‌ها، با توجه به تأثیرپذیری رانندگان از اقدامات پلیس راهور و کاهش تعداد مصدومان، سرعت این کاهش را افزایش دهد؛ چراکه 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؛ اگرچه بستن کمربند ایمنی در ابتدا برای بعضی از افراد آزاردهنده است؛ اما نقش بسیار مهم و حیاتی را در کاهش تصادفات جاده‌ای، به‌ویژه کاهش تلفات انسانی ایفا می‌کند. بستن کمربند نه تنها برای رانندگان بلکه سرنشینان و مسافران اعم از بزرگسال و کودکان به‌ویژه در راه‌های برون‌شهری 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 اجرا می‌شود. یکی دیگر از بهترین روش‌های مؤثر در کاهش تصادفات، رانندگی تدافعی است؛ این بدان معنا نیست که راننده قادر به کنترل بی‌مبالاتی رانندگان دیگر باشد؛ درواقع راننده تدافعی می‌تواند سوانح جاده‌ای محتمل را پیش‌بینی کند و بهترین روش و عکس‌العمل را برای جلوگیری از وقوع تصادفات به کار ببندد. یکی از دلایل وقوع تصادفات، بی‌دقتی و حواس‌پرتی رانندگان حین رانندگی است که پلیس باید با تذکر و آموزش بیشتر به رانندگان به‌وسیله رسانه‌ها و آموزشگاه‌های رانندگی، رانندگان را متوجه خطرات حواس‌پرتی حین رانندگی بکند.

از نظر بستر برای پژوهش‌های آینده می‌توان روش‌های بیان‌شده در این پژوهش را به‌صورت ترکیبی مورد‌آزمون قرارداد تا دقت استفاده ترکیبی و فردی از روش‌ها مشخص شود؛ همچنین با توجه به برتری روش‌شناسی باکس جنکینز در مطالعه موردی مصدومان حوادث ترافیکی استان خوزستان می‌توان از این روش برای

پیش‌بینی وقوع حوادث در سیستم‌های حمل‌ونقل با استفاده از الگوهای هارمونیک، آرچ، پویا و زمانی

پیش‌بینی در حوزه‌های حوادث ترافیکی سایر استان‌ها استفاده کرد. پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آتی، علاوه بر پیش‌بینی تعداد مصدومان ترافیکی استان‌های مختلف، روند آینده تعداد مصدومان استان‌ها نیز مورد مقایسه قرار گیرد؛ بررسی اقدامات انجام‌شده پلیس راهور در استان‌ها و ترکیب آن با پیش‌بینی آینده حوادث ترافیکی، باعث شناسایی اقدامات کارا و ناکارای پلیس راهور در استان‌ها خواهد شد.

منابع

- ابی‌ترابی، مسعود؛ رضایی مقدم، فرزاد. (۱۳۸۸). مدل‌سازی شدت تصادف‌ها در بزرگراه‌های درون‌شهری. پژوهش‌نامه حمل‌ونقل، سال ششم، بهار ۱۳۸۸، ۱-۱۲.
http://www.sid.ir/fa/VEWSSID/J_pdf/68413880101.pdf
- احمدی، مهدی؛ علی‌محمدی، علی. (۱۳۹۳). پیش‌بینی تصادفات رانندگی با استفاده از مدل رگرسیون چندسطحی و پارامترهای زمانی. فصل‌نامه مطالعات پژوهشی راهور، (۱۱)، زمستان ۱۳۹۳، ۱۰۵-۱۳۸.
<http://journals.police.ir/backend/uploads/3956c9e2aaa82f719f1a865c17af5a6efe27f924.pdf>
- امید، نبی؛ جعفری اسکندری، میثم؛ مفتاحی، هادی؛ امید، محمدرضا. (۱۳۹۵). پیش‌بینی تعداد تلفات در تصادفات درون‌شهری و برون‌شهری استان تهران. فصل‌نامه علمی ترویجی راهور، (۳۶)، ۹-۲۶.
<http://tale.jrl.police.ir/backend/uploads/f6800ff082e36ab3114d7b9ac51c7488be584c4a.pdf>
- امید، محمدرضا؛ امید، نبی؛ عسگری، حشمت‌اله؛ و مفتاحی، هادی. (۱۳۹۴). تجزیه و تحلیل ریاضی حوادث ترافیکی با استفاده از مدل‌های خاکستری و چرخشی. فصل‌نامه مطالعات مدیریت ترافیک، (۴۲)، ۹۷-۱۱۲.
<http://journals.police.ir/backend/uploads/78ca20727c3d8677de2c1fac1b99fae98854c0a6.pdf>
- باقری خلیلی، فاطمه؛ شیخ‌الاسلامی، عبدالرضا. (۱۳۸۸). مدل‌سازی نقش عامل

جاده و محیط در بروز تصادفات آزادراه‌های برون‌شهری با استفاده از تکنیک‌های شبکه عصبی. مجموعه مقالات نخستین ملی تصادفات و سوانح جاده‌ای، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان، ۱۹ آذرماه.

http://www.civilica.com/Paper-NCRRAF01-NCRRAF01_002.html

- رحیمی، امیرمسعود؛ کاظمی، مجتبی؛ موقری، هادی. (۱۳۸۸). پیش‌بینی فوت در تصادفات جاده‌ای کشور و برآورد جان آماری در سال ۱۳۹۱. فصل‌نامه جاده، ۳۰ (۷۴)، ۷۴-۹۶.

http://jte.sinaweb.net/article_12007_d47fe4e114e909e0d14784e8901ebcfb.pdf

- عبدالمنافی، سید ابراهیم؛ احمدی‌نژاد، محمود؛ افندی‌زاده، شهریار. (۱۳۸۶). طراحی مدل پیش‌بینی تعداد تصادفات در تقاطعات درون‌شهری بر اساس مدل‌های آماری و شبکه عصبی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران.

http://www.sid.ir/fa/VEWSSID/J_pdf/38613881401.pdf

- عسگری، حشمت‌اله؛ امید، نبی؛ امید، محمدرضا؛ مفتاحی، هادی. (۱۳۹۴). پیش‌بینی بروز تخلفات از نوع سرعت غیرمجاز در آزادراه‌ها. فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، (۳۸)، ۲۵-۳۸.

<http://tms.jrl.police.ir/backend/uploads/138bf9f4e6ed863c2d827dbd248ee9586a9fbeatf.pdf>

- محمدبیگی، زهرا؛ افضل، مهدی. (۱۳۹۴). پیش‌بینی و ارائه مدل مصدومان تصادفات درون‌شهری. فصلنامه علمی ترویجی راهور، سال یازدهم، (۲۷)، ۹۹-۱۱۳.

<http://pubj.ricest.ac.ir/index.php/code16rv/article/view/2862/2960>

- Akgungor, A. P and Dogan, E. (2008). Estimating road accidents of Turkey based on regression analysis and artificial neural network approach. *Advances in Transportation Studies, an International Journal*, Vol. 4, No.9, pp. 906-913,

<http://host.uniroma3.it/riviste/ats/sixteenth%20issue/Akgungor%2011-22%20A.pdf>.

- Barua, U., R. Tay. (2010). Severity of Urban Transit Bus Crashes in Bangladesh. *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 44(1), pp. 34-41, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/atr.104/abstract>.

- Bayata, H. F., Hattatoglu, F and Karsli, N. (2011). Modeling of monthly traffic accidents with the artificial neural network method. *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 6, No.2, January, pp. 244-254.
http://www.academicjournals.org/article/article1380630228_BAYATA%20et%20al.pdf
- Chang, Li-Y. (2005). Analysis of freeway accident frequencies: negative binomial regression versus artificial neural network. *Safety Science*, Vol 43, pp.256-284,
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753505000676>
- Currie, R.G. (1989). Comments on power spectra and Coherence of Drought in the interior Plains. *International Journal of Climatology*, 9: 91 – 100, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.3370090108/full>
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditionally with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrics*, 50: 987-1007, <http://www.econ.uiuc.edu/~econ536/Papers/engle82.pdf>
- Enderse, W. (2004). Applied econometrics time series, John Wiley and Sons, Inc, pp 259,
<http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-EHEP003218.html>
- Johnson, R. A. and Wichern, D. W. (1982). *Applied multivariate statistical analysis*, 3rd Ed. Prentice- Hall Inc., Englewood Cliffs, SA, pp 590, <http://www1.udel.edu/oiss/pdf/617.pdf>
- Geurts, Karolien; Wets, Geert; Brijs, Tom; Vanhoof, Koen. (2003). Profiling of High Frequency Accident Locations by Use of Association Rules. *Transportation Research Board*, Issue Volume 1840, PP. 123-130, <http://trjournalonline.trb.org/doi/abs/10.3141/1840-14>
- Kim, K., Nitz, L., Richardson J. and Li, L. (1994). Analyzing the relationship between crash type and injuries in motor vehicle collisions in Hawaii. *Transportation Research Record*, Issue 1467, pp.9-13, <https://trid.trb.org/view.aspx?id=425363>
- Pindyck, R. S. and D. L. Rubinfeld. (1998). *A computer handbook using Eviews*, Fourth Edition, McGraw-Hill.
<https://www.amazon.com/Computer-Handbook-Using-Eviews-Econometric/dp/0070343705>
- Tongyuan. Huang and Wang. Yue. (2007). Forecasting Model Of Urban Traffic Accidents Based on Grey Model-GM (1, 1). *Institute of Computer, Chongqing Institute of Technology*, 438-441, <http://ieeexplore.ieee.org/document/4414594/>
- 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,

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10869323>

- Voget, A. and Bared, J. (1999). Accident models for two lane rural segments and intersection. *Transportation Research Record*, Issue 1635, pp.18-20, <http://trjournalonline.trb.org/doi/abs/10.3141/1635-03>
- Waugh, F. V. and Miller M.M. (1970). Fish Cycles: A Harmonic Analysis. *American Journal of Agricultural Economics*, 52: 422-430. <https://academic.oup.com/ajae/article-abstract/52/3/422/125762/Fish-Cycles-A-Harmonic-Analysis?redirectedFrom=fulltext>
- Zuxuan, D., J. N. Ivan and P. Garder. (2006). Analysis of Factors Affecting the Severity of Head-on Crashes Two-Lane Rural Highways in Connecticut. *TRB 2006 Annual Meeting CD-ROM*.pp 156-184, <http://trjournalonline.trb.org/doi/abs/10.3141/1953-16>
- 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://ieeexplore.ieee.org/document/5421087/>

