

برآورد تقاضای سفر جاده‌ای با استفاده از روش‌های رگرسیون و شبکه عصبی (مطالعه موردی: آزادراه قم-تهران)

سید احمد الماسی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات و خودکفایی قرارگاه سازندگی خاتم الانبیا، تهران، ایران
محمد مهدی خبیری*، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه یزد، یزد، ایران
محمد ارباب‌پور بیدگلی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
امیرحسین فانی، دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mkhabiri@yazd.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۹ - پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۰۵

صفحه ۳۵۴-۳۳۷

چکیده

سفر یکی از وجوه مهم زندگی بشر بوده و از مهم‌ترین فعالیت‌های ادواری (یا غیر ادواری) محسوب می‌شود. به همین دلیل، طی سالیان دراز، شیوه‌های مختلفی برای تأمین این نیاز جوامع ابداع شده است. سیستم حمل‌ونقل نیز مانند بسیاری از دستگاه‌های صنعتی متأثر از روابط عرضه و تقاضا بوده و هرگونه اقدامی در این حوزه باید با توجه به روابط موجود و روندهای آینده عرضه و تقاضا برنامه‌ریزی گردد. در این پژوهش با استفاده از ۳ روش مدل‌سازی رگرسیون خطی ساده، رگرسیون چند متغیره و شبکه عصبی پرسپترون چندلایه به پیش‌بینی تقاضای سفر محور قم-تهران (آزادراه) پرداخته شده است اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق شامل اطلاعات مرکز آمار کشور، سالنامه‌های آماری و همچنین اطلاعات تردد شمار محور قم-تهران می‌باشد متغیرهای مستقل در روش رگرسیون چند متغیره و شبکه عصبی شامل جمعیت، جمعیت شاغل، میزان درآمد بوده و در مدل رگرسیون خطی ساده جمعیت می‌باشد. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که همبستگی پیرسون بین متغیرهای در نظر گرفته شده در روش‌های شبکه عصبی، رگرسیون چند متغیره، رگرسیون خطی به ترتیب 0.99 ، 0.93 ، 0.72 بوده و میزان موفقیت هر یک از مدل‌های مذکور در برآورد متغیر وابسته (تقاضای سفر) به ترتیب 0.99 ، 0.85 ، 0.51 بوده است. مقایسه روش‌ها نشان داده است که روش شبکه عصبی بیشترین همبستگی و دقت و روش رگرسیون خطی ساده کمترین همبستگی و دقت در برآورد تقاضا دارد.

واژه‌های کلیدی: تقاضا، پیش‌بینی، شبکه عصبی، رگرسیون، آزادراه

۱-مقدمه

همچنین کاهش سطح خدمات شود با یک مشکل جدی روبرو خواهیم شد لذا به منظور انجام برنامه‌ریزی‌ها در زمینه حمل‌ونقل، اعم از برنامه‌ریزی استراتژیکی و عملیاتی، اطلاع از میزان تقاضای سفر در شرایط فعلی و پیش‌بینی میزان تقاضای سفر در افق‌های بلندمدت امری لازم و ضروری است. تقاضای سفر در شرایط فعلی به وسیله مطالعات

بررسی میزان تقاضا از آنجایی اهمیت پیدا می‌کند که عوامل مؤثر بر آن فقط در حوزه حمل‌ونقل نبوده و عوامل محیطی و انسانی نیز در افزایش یا کاهش میزان تقاضا بسیار مؤثر هستند. حمل‌ونقل را می‌توان یکی از عوامل اصلی پیشرفت بشری دانست اما اگر عوارض ناشی از آن هم چون عدم توازن عرضه و تقاضا، باعث نارضایتی از شبکه حمل‌ونقل و

رگرسیون، روش‌هایی مانند مدل شبکه عصبی مصنوعی و روش الگوریتم ژنتیک و نظایر آن تلاش می‌نمایند تا با رویکرد جدید و پیش رو تر از مدل‌سازی ریاضی به این مسئله مهم بپردازند. مدل شبکه‌های عصبی برای ذخیره و پردازش اطلاعات، و محاسبات پیچیده و وقت‌گیر ریاضی استفاده می‌شود. مهم‌ترین ویژگی مدل شبکه‌های عصبی، این است که با استفاده از یک سری داده‌های نمونه قادر به یافتن و تخمین زدن شکل عمومی تابع به صورت استاتیکی و دینامیکی می‌باشد (شادنیا، ۱۳۸۳) ویژگی دیگر این مدل، کاربرد و قابلیت بالای ترکیب در آنالیز و تحلیل سیستم‌های دینامیکی است.

روش‌های مدل‌سازی پیش‌بینی تقاضای سفر بحثی بسیار مهم برای برنامه‌ریزی در شرایط فعلی و کوتاه‌مدت (برنامه‌ریزی برای همان سال) و افق‌های بلندمدت به شمار می‌رود محققان زیادی در این زمینه تحقیقاتی انجام داده‌اند (شهرابی و موسوی، ۱۳۸۷). مدل‌های تقاضای سفر برای رسیدن به پیش‌بینی مشخصات سفر و کاربرد تسهیلات حمل‌ونقل تحت سناریوهای مختلف اقتصادی - اجتماعی، سیستم‌های حمل‌ونقل پیشنهادی و تغییرات کاربری زمین استفاده می‌شوند (جمیلی، ۱۳۸۶). مدل‌های تقاضای سفر به منظور پیش‌بینی مشخصات سفر و کاربرد تسهیلات حمل‌ونقل تحت سناریوهای مختلف اقتصادی - اجتماعی، سیستم‌های حمل‌ونقل پیشنهادی و تغییرات کاربری زمین استفاده می‌شوند و از مدل‌سازی‌های زیادی برای تغییر شرایط استفاده می‌گردد (Sedhe, Mehrabi, 2010). تسای در سال ۲۰۱۱، با جمع‌آوری داده‌های هفتگی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ با استفاده از شبکه‌های عصبی و متغیرهای مستقل تاریخ، مبدأ و مقصد و حجم مسافر جابجا شده، به پیش‌بینی کوتاه‌مدت تعداد مسافر در گوانگژو پرداخته است (Tesai et al., 2009) و یگلایینی در سال ۲۰۰۷ با به‌کارگیری متدولوژی کریسپ مراحل انجام تولید دانش از داده‌های خام را توضیح داده و با روش‌های هموارسازی نمایی، میانگین متحرک، رگرسیون خطی و شبکه عصبی، تقاضای مسافران برزیل را پیش‌بینی کرده و در نهایت با معیار ارزیابی درصد میانگین مطلق خطا روش‌های فوق را باهم مقایسه کرده و به این نتیجه می‌رسد که شبکه عصبی بالاترین دقت را دارا است (Sadathoseini, Kazemnejad, Kavehee, 2003) در

ترافیکی و برآورد حجمی قابل برآورد است اما از آنجایی که عوامل مؤثری در کاهش یا افزایش میزان تقاضای سفر به صورت یکنواخت یا غیریکنواخت وجود دارد نمی‌توان از میزان تقاضای سفر در شرایط فعلی به طور مستقیم برای برنامه‌ریزی در افق‌های بلندمدت استفاده کرد. بدین منظور با استفاده از اطلاعات موجود از تقاضای سفر فعلی و نیز یافتن عوامل مؤثر و تأثیرگذار در میزان رشد این سفرها و همچنین استفاده از الگوها و مدل‌های تحلیلی برای پیش‌بینی تقاضای سفر در سال طرح می‌توان میزان تقاضای سفر در افق‌های بلندمدت را پیش‌بینی نمود. البته پیش‌بینی تقاضای سفر در افق‌های بلندمدت همواره موضوعی مهم و پیچیده برای برنامه‌ریزی‌ها تلقی شده است. اینکه مشخص شود چه میزان سفر در منطقه‌ای مشخص و تحت شرایطی مشخص انجام می‌گیرد همواره مورد بحث بوده و روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی آن به وجود آمده است.

به منظور افزایش قابلیت‌های برنامه‌ریزی در حوزه حمل‌ونقل لازم است مقادیر عرضه و تقاضا برآورد شده و متناسب با نتایج حاصله اقدام گردد. برآورد مقادیر تقاضا از آنجایی اهمیت بیشتری برخوردار است که عوامل مؤثر در میزان تقاضا غال با در حیطه اختیار بخش حمل‌ونقل نیست و متأثر از شرایط محیطی، اقتصادی، سیاسی و غیره می‌باشد (افندیزاده و مومن‌زاده، ۱۳۹۳).

روش‌های ریاضی پیش‌بینی تقاضای سفر مختلفی از قبیل روش‌های ضریب رشد شامل: ضریب رشد یکنواخت، ضریب رشد متوسط، ضریب رشد دیترویت و فراتر و مدل‌های سفر بین مناطق که بر اساس الگوی شباهت و الگوی ترکیبی استوارند. در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل از دو مدل: روش UTPS مبتنی بر تولید، توزیع، تفکیک و تخصیص سفر و روش مدل‌های مستقیم تقاضا که مبتنی بر ترکیب بعضی از موارد UTPS برای تقاضای سفر است استفاده می‌شود. برآورد تقاضای سفر به طور سنتی از روش‌های ریاضی مانند رگرسیون به دست می‌آید به این صورت که میزان سفرها به صورت یک متغیر وابسته و عوامل تأثیرگذار بر آن به صورت متغیرهای مستقل در نظر گرفته می‌شوند و با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی و آماری و بر اساس پیش‌بینی متغیرهای مستقل در سال‌های آینده میزان سفرهای مورد تقاضا برآورد می‌گردد. علاوه بر روش

در سال‌های اخیر مطالعاتی نیز در کشورمان ایران در ارتباط با مدل‌سازی برآورد تقاضای سیستم حمل‌ونقلی انجام گرفته است به‌عنوان مثال قربانی با استفاده از الگوی بامول-کوانت که تعمیم‌یافته الگوی جاذبه است به بررسی عوامل مؤثر در تقاضای سفر پرداخت که نتایج مطالعه او نشان داد تقاضای سفر در فصول مختلف سال متفاوت است (قربانی، ۱۳۸۷). همچنین عزتی و عاقلی با استفاده از روش حداقل مربعات عوامل مؤثر بر تقاضای سفر با استفاده از پارامترهای جمعیت، متوسط فاصله منطقه تا مقاصد دیگر و کرایه متوسط هر نفر-کیلومتر مورد بررسی قرار دادند (عزتی، عاقلی، ۱۳۸۴). جمیلی و لهراسپی از روش‌های اقتصادسنجی نیز برای پیش‌بینی تقاضای سالانه سفر در کل شبکه حمل‌ونقلی استفاده کردند (جمیلی، ۱۳۸۶، لهراسپی و میزانی، ۱۳۸۶). افندی‌زاده و رحیمی، با شناسایی پارامترهای مؤثر بر تقاضای سفر شبکه سراسری کشور، اقدام به طراحی مدل رگرسیون پیش‌بینی تقاضای سفر کرده‌اند (افندی‌زاده، رحیمی، ۱۳۸۹).

هدف اصلی این تحقیق ارائه روشی برای تقاضای حمل مسافر آزادراه قم-تهران می‌باشد که نسبت به روش‌های سنتی ریاضی از دقت بالاتری برخوردار باشد برای این منظور روش تحلیل شبکه عصبی و نیز رگرسیون انتخاب شده است و تحلیل تقاضای حمل مسافر با این روش‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. به‌علاوه اهداف ذیل نیز از این تحقیق دنبال می‌شود:

- برآورد دقیق‌تر از میزان تقاضای سفر در یک مسیر و مقایسه با روش‌های ریاضی
 - مشخص کردن عوامل مؤثر بر میزان تقاضای سفر
- در این پژوهش از ۳ روش مدل‌سازی مدل‌های رگرسیون خطی، رگرسیون چند متغیره و شبکه عصبی پرسپترون استفاده شده است. گام‌های انجام پژوهش به‌طور کلی در زیر آمده است.
۱. داده‌های مورد نیاز از اطلاعات تردد شمار سازمان راهداری کشور و همچنین اطلاعات مربوط به جمعیت، جمعیت شاغلین، میزان درآمد در سالنامه‌های آماری به دست آمد.
 ۲. از اطلاعات مربوط به جمعیت، جمعیت شاغلین، میزان درآمد به‌منظور مدل‌سازی‌های رگرسیون و مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید.

مطالعه‌ای در شهر مندوره استرالیا، رسولی و همکارش با استفاده از مدل GRNN شبکه عصبی به پیش‌بینی تقاضای سفر پرداخت نتایج او نشان داد که تلفیق رگرسیون و شبکه عصبی ساختار ساده و کاربردی‌تری نسبت سایر روش‌ها چون روش گرانشی دارد (Rasouli, Nikraz, 2013). زینا در رساله دکتری خود بر استفاده از مدل‌سازی ماشین‌های برداری در پیش‌بینی تقاضای حمل‌ونقل در شهر ریگا (کشور لتونی-اروپای شمالی) و نیز مدل‌های رگرسیونی تأکید داشت نتایج مطالعه او نشان داد که این روش کارایی مناسبی برای پیش‌بینی تقاضای سفر دارند (Zeina, 2017). در مطالعه‌ای کرافت به بررسی اثر کرایه، زمان سفر، جمعیت و درآمد بر روی دستگاه‌های حمل‌ونقلی پرداخت و در مطالعه‌ای دیگر فیشر علاوه بر متغیرهای کرافت اثر مالکیت خودرو را نیز بر میزان تقاضا مورد بررسی قرار داد. در ادامه مطالعات انجام شده توسط آرتورگرو در سال ۱۹۸۰ و رامامهان و همکاران در سال ۱۹۸۱ تحقیقاتی صورت گرفت. آرتورگرو برای متروی واشنگتن تابع تقاضایی را بر اساس درآمد سرانه، کرایه و زمان سفر برآورد نمود و نیز رامامهان و همکاران در هندوستان با به‌کارگیری یک الگوی رگرسیون خطی تابع تقاضای سفر را با استفاده از دو متغیر ارزش افزوده بخش کشاورزی و ارزش افزوده بخش صنعت برآورد کردند

(Arentze, Ettena, Trimmermanse, 2011) (Ggou, Bhat 2001). جانکیز و همکاران از روش ARMA در تحلیل حمل‌ونقل میان لندن و اسکاتلند استفاده کردند (Jenkins, Abbie, Evereset, 1981). فولجیری و همکاران در پژوهش خود به بررسی میزان تقاضای سفرهای توریستی و عوامل مؤثر بر آن پرداختند آن‌ها از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و رگرسیون خطی برای پیش‌بینی میزان تقاضا استفاده کردند نتایج مطالعه نشان داد میزان درآمد تاثیرگذارترین پارامتر در افزایش تقاضا است همچنین روش شبکه عصبی مصنوعی با دقت بهتری نسبت به رگرسیون تقاضای سفر را پیش‌بینی می‌کند (Folgeri, Baldigras, Mannula, 2017). ژائو در سال ۲۰۱۱ با استفاده از تعداد مسافر جابجا شده در روز ۱۹ اکتبر ۲۰۰۹ بافاصله زمانی ۳ دقیقه و با استفاده شبکه عصبی چندلایه‌ای تقاضای مسافر حمل‌ونقل درون‌شهری را برای یک روز تخمین می‌زند (Zhao, 2011).

متداولترین روش‌های پیش‌بینی علت و معلولی برای پیش‌بینی تقاضا، روش تحلیل رگرسیون خطی می‌باشد. رگرسیون خطی یکی از روش‌های تحلیل رگرسیون است. در رگرسیون خطی، متغیر وابسته ترکیب خطی از سایر پارامترهاست به عبارتی دیگر تأثیر دو یا چند متغیر را بر متغیر وابسته بیان می‌کند در بررسی متغیرهای استفاده‌شده در مدل رگرسیون خطی، احتمال می‌رود که بعضی متغیرها اثر یکدیگر را تشدید یا تضعیف کنند. گاهی اوقات بین مقدار یک متغیر با مقدار یک یا چند متغیر دیگر رابطه خطی وجود دارد. به‌طور مثال ممکن است بین میزان فروش گوشت قرمز باقیمت هر کیلوگرم آن بتوان یک نوع رابطه خطی پیدا کرد. این رابطه خطی یا همبستگی ممکن است به‌صورت همبستگی مثبت یا همبستگی منفی باشد. در همبستگی مثبت با افزایش یک متغیر، متغیر دیگر نیز افزایش می‌یابد و در همبستگی منفی، با افزایش مقدار یک متغیر، مقدار متغیر دیگر کاهش می‌یابد. مقدار این همبستگی‌ها (مثبت یا منفی) با محاسبه ضریب همبستگی به دست می‌آید (حاج شیرمحمدی، ۱۳۸۵).

اگر دو یا چند متغیر مستقل داشته باشیم و رابطه‌ای خطی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل برقرار شود، مدل پیش‌بینی از نوع تحلیل رگرسیون خطی مرکب خواهد بود. در محاسبات پیش‌بینی همان‌طور که قبلاً گفته شد از روی تقاضاهای گذشته می‌خواهیم تقاضای آینده را پیش‌بینی کنیم. از آنجایی که اطلاعات گذشته بر اساس زمان هستند، گاهی بین مقدار تقاضا و زمان یک رابطه خطی وجود دارد، این نوع پیش‌بینی از نوع تحلیل رگرسیون خطی ساده خواهد بود. اگر داده‌ها یک نوع سری زمانی باشند، یعنی برحسب زمان داده‌شده باشند، متغیر مستقل دوره زمانی خواهد بود و متغیر وابسته، معمولاً مقدار تقاضاست که می‌خواهیم پیش‌بینی کنیم (حاج شیرمحمدی، ۱۳۸۵).

۲-۲- شبکه عصبی

روش‌های کلاسیک آماری برای مدل‌بندی روابط بین متغیره دارای تعدادی پیش‌فرض و با محدودیت به‌کاربرده می‌شود. از جمله این محدودیت‌ها می‌تواند به یکسان بودن واریانس خطاها، در نظر گرفتن یک توزیع پیش‌فرض مانند نرمال برای متغیرهای پاسخ، خطی بودن رابطه بین متغیرهای وابسته و

۳. میزان همبستگی بین متغیرهای مستقل به‌منظور کاهش خطا اندازه‌گیری شد.

۴. پس از مدل‌سازی و پیش‌بینی بر اساس میزان همبستگی و میزان دقت در برآورد متغیر وابسته در هر مدل به مقایسه مدل‌ها پرداخته شد.

از روش پیشنهادی در این تحقیق به‌منظور شناخت و مقایسه مدل‌های پیش‌بینی و به‌طور کلی در راستای مدیریت بهتر شبکه حمل‌ونقل در مسیر قم-تهران در مواجهه با افزایش میزان تقاضا می‌توان استفاده نمود.

از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌رو در این پروژه انتخاب معیارهای مناسب به‌منظور مدل‌سازی است که علاوه بر نوع معیار ارتباط و همبستگی بین معیارها نیز حائز اهمیت است به‌عنوان مثال در روش رگرسیون همبستگی بالا بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته دقت مطالعه را بالا و همبستگی زیاد بین متغیرهای مستقل کارایی و دقت را کاهش می‌دهد همچنین در روش شبکه عصبی انتخاب داده‌های کنترل و نیز داده‌هایی که به‌عنوان آموزش به سیستم معرفی می‌گردند حائز اهمیت است باید در انتخاب این داده‌ها دقت فراوان کرد تا میزان خطا کاهش یابد. علاوه بر موارد مذکور موقعیت استراتژیکی محور مورد مطالعه باعث شده است که مبدأ سفر پراکنده باشد به‌منظور جلوگیری از این خطا و سهم هر استان برای عبور از این آزادراه به‌دست‌آمده است تا بتوان نتایج بهتری در هنگام تحلیل مدل‌ها به دست آورد.

۲- معرفی روش‌ها

فرآیند پیش‌بینی جزئی از فرآیند کلی مدیریت و برنامه‌ریزی می‌باشد. پیش‌بینی صحیح کمک می‌کند که بتوان به تغییرات و نیازهای آینده سریعاً و به‌درستی پاسخ دهد در مسائل مربوط به حمل‌ونقل نیز همیشه اساس کار برای تقاضای آینده است در این بخش انواع روش‌های پیش‌بینی اعم از روش‌های سنتی ریاضی و روش تحلیل شبکه عصبی معرفی گردیده است.

۲-۱- تحلیل رگرسیون

اگر بر اساس داده‌های گذشته بتوان روابطی بین متغیرهای مسئله برقرار نمود، روش‌های پیش‌بینی علت و معلولی برای پیش‌بینی مقادیر آینده می‌تواند بکار گرفته شوند. یکی از

روابط بین آن‌ها شناسایی کرده و تابع مطلوب را شناسایی کند (Fallah, Mitntiki, Rockwood, 2011). شبکه‌های عصبی در پردازش اطلاعات می‌توانند مکمل مفیدی برای یکدیگر بوده و به تولید فرضیه‌های مختلف پژوهشی کمک کند. پردازش اطلاعات در شبکه عصبی مصنوعی مشابه ویژگی‌های عملکردی شبکه عصبی بیولوژیکی است. شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان مدل‌های ریاضی تعمیم‌یافته از نرون‌های بیولوژیکی یا شناخت انسان است. شبکه عصبی، از خصوصیات درونی برخوردار است که این خصوصیات نشان‌دهنده استعداد و گنجایش آن است (Biglarian, Babayee, Azmi, 2004).

هر شبکه عصبی از تعداد زیادی واحد ساده پردازش‌کننده که نرون‌ها، واحدها، سلول‌ها و یا گره‌ها نامیده می‌شوند، هر نرون یک وضعیت درونی دارد که فعال‌سازی یا سطح فعالیت نامیده می‌شود و یک تابع از ورودی‌هایی است که دریافت می‌کند. هر نرون فعالیت خود را به‌عنوان یک سیگنال به سایر نرون‌ها ارسال می‌کند. البته لازم به توجه است که هر نرون تنها یک سیگنال در هر لحظه از زمان قادر است ارسال کند. در مباحث نظری اثبات شده که شبکه MLP در صورت انتخاب صحیح ساختار مناسب داخلی، قادر است هرگونه سیستم غیرخطی را مدل کرده و شبیه‌سازی کند. (Guastello, 2004).

این شبکه شامل یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی است. مراحل آموزش به کمک این الگوریتم عبارت‌اند از (Thomas, 2003):

(الف) - اختصاص ماتریس وزن تصادفی به هر یک از اتصالات

(ب) - انتخاب بردار ورودی و خروجی متناسب با آن

(پ) - محاسبه خروجی نرون در هر لایه و در نتیجه محاسبه خروجی نرون‌ها در لایه خروجی

(ت) - بهنگام سازی وزن‌ها به روش انتشار خطای شبکه به لایه‌های قبل که خطای یادشده ناشی از اختلاف بین خروجی واقعی و خروجی محاسبه شده است.

(ث) - ارزیابی عملکرد شبکه آموزش‌دیده به کمک برخی شاخص‌های تعریف شده مانند جذر میانگین مربعات خطا و سرانجام برگشت به قسمت پایان آموزش.

مستقل اشاره کرد (منهاج، ۱۳۸۶). علاوه بر این هیچ‌یک از این روش‌ها قابلیت مدل بندی روابط پیچیده غیرخطی و اثرات متقابل درجه بالا را ندارند. حساسیت بیش‌ازحد این مدل‌ها به مشاهده‌های گم‌شده و داده‌های پرت از دیگر محدودیت‌های این مدل‌ها به شمار می‌آیند (شادنیا، ۱۳۸۳). در مقایسه با مدل‌های آماری معمولی، شبکه‌های عصبی ابزار قدرتمندی برای مدل‌سازی می‌باشند. این روش‌ها به‌عنوان یک روش جایگزین مدل‌های آماری برای داده‌های شمارشی به حساب می‌آیند. شبکه‌های عصبی مصنوعی روش نوینی برای مدل‌سازی هستند که با توجه به ساختار هوشمند و انعطاف‌پذیرشان رقیب مدل‌سازی‌های مرسوم آماری شده‌اند. این روش‌ها هیچ فرض اولیه‌ای را بر توزیع داده‌ها تحمیل نمی‌کنند و به‌خصوص وقتی با ارزش‌اند که ارتباط تابعی بین متغیرهای مستقل و وابسته مشخص نیست و همچنین در حالتی که حجم نمونه بزرگ باشد. از دیگر مزایای شبکه‌های عصبی مصنوعی این است که داده‌ها در شبکه به‌صورت ضمنی پردازش می‌شوند، بر این اساس حتی اگر بخشی از لایه‌های شبکه حذف شوند یا عملکرد صحیحی نداشته باشند احتمال رسیدن به پاسخ صحیح همچنان وجود دارد.

در آموزش شبکه عصبی، هر چه مشاهدات کامل‌تر باشد آنچه به دست خواهد آمد، صحیح‌تر خواهد بود. در شبکه عصبی ممکن است برخی مشاهدات گمراه‌کننده باشد و با روش کلی مشاهدات هماهنگ نباشد بنابراین، ورودی‌های لازم برای آموزش شبکه عصبی تا حد امکان باید پالایش شده و همسان باشند. شبکه عصبی، آنچه را مشاهده می‌کند در قالب پارامترهای درونی خود به خاطر می‌سپارد. در واقع، تکرار هر یک از مشاهدات موجب تغییر پارامترهای درونی شبکه در جهت حفظ روابط حاکم بر مشاهدات است (منهاج، ۱۳۸۶).

از جمله ویژگی‌های شبکه‌های عصبی توانمندی در شناسایی و کشف روابط بین داده‌هایی است که منابع تولید آن‌ها پویا و فعال هستند (شادنیا، ۱۳۸۳).

در این حالت داده‌های ورودی می‌توانند در قالب الگوهای ارتباطی دریافت شده و بر اساس نوع و روابط موجود بین آن‌ها، خروجی‌های مختلفی تولید کنند. رویه شبکه عصبی به این صورت است که به‌جای انطباق الگوی ارتباطی بین ورودی‌ها با توابع و منحنی‌های رایج، منحنی اصلی را نیز از طریق پردازش تمامی داده‌های موجود و

۳-۲- ویژگی جغرافیایی و جمعیتی محدوده مورد مطالعه

- الف: استان تهران

استان تهران به مرکزیت شهر تهران، با وسعتی حدود ۱۲۰۹۸۱ کیلومتر مربع، بین ۳۴ تا ۳۶۰۵ درجه‌ی عرض شمالی و ۵۰ تا ۵۳ درجه‌ی طول شرقی واقع شده است. جمعیت این استان طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ بالغ بر ۱۳٬۲۶۷٬۶۳۷ نفر بوده است که ۱۲٬۴۵۲٬۲۳۰ در نقاط شهری و ۸۱۴٬۶۹۸ در نقاط روستایی ساکن هستند. استان تهران با بیش از ۱۳ میلیون نفر جمعیت، ۵/۱۷ درصد جمعیت کل کشور را در خود جای داده است. از این میزان، ۱۲۲۵۲ هزار نفر در مناطق شهری و ۱۱۶۱ هزار نفر در مناطق روستایی آن ساکن هستند. ۶۳/۶ درصد از جمعیت شهری استان تهران در شهر تهران و مابقی در ۴۴ شهر دیگر استان ساکن هستند. رشد جمعیت شهر تهران ۴/۱ درصد است که در مقایسه با دهه قبل اندکی افزایش یافته است. میان شهرهای استان تهران، شهریار با ۱۶/۸ درصد رشد سالیانه، در مقام اول رشد قرار دارد و کمال شهر با ۱۱/۴ درصد، ملارد با ۱۰ درصد و پاکدشت با ۹/۹ درصد و صفادشت با ۸/۸ درصد رشد سالانه در مقام‌های بعدی قرار دارند (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۷).

- ب: استان قم

استان قم یکی از ۳۱ استان ایران است که در مرکز این کشور و در جنوب استان تهران واقع شده است. مهم‌ترین عامل مؤثر بر وضع اقتصادی استان، صنعت گردشگری و به‌ویژه توریسم مذهبی است و دلیل آن وجود حرم فاطمه معصومه و مسجد جمکران و تعداد زیادی از مزارهای امام‌زاده‌ها و علویان در استان است که در تمام فصول سال، پذیرای زائران بسیاری از نقاط مختلف ایران و سایر کشورها است که این امر موجب رونق بازار کار و خدمات در این شهر شده است.

استان قم ۱۱۲۴۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. این استان بین ۵۱ و ۳۰ درجه‌ی طول شرقی نسبت به نصف النهار گرینویچ و

۱۵ ۳۵ و ۲۴ ۱۵ درجه‌ی عرض شمالی نسبت به خط استوا قرار گرفته است.

جمعیت استان قم در سال ۱۳۹۰ برابر با ۱٬۱۵۱٬۶۷۲ نفر بوده است که ۱٬۰۹۵٬۸۷۵ نفر آن در نقاط شهری و بقیه در روستاها زندگی می‌کنند. قم ۲۱. امین استان ایران از نظر جمعیت است و تراکم جمعیت در آن ۱۰۰ نفر بر هر کیلومتر مربع است که از این نظر ۵. امین استان پرتراکم ایران است. نرخ رشد جمعیت استان در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ ۱۳۹۳ درصد بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۷).

۲-۴- وضعیت آزادراه‌ها در محورهای مواصلاتی کشور

جاده به‌عنوان مهم‌ترین زیرساخت حمل‌ونقل مسافر و بار، در طول دوره ۱۳۹۱ الی ۱۳۹۵ از نظر کمی و کیفی با تغییراتی مواجه بوده است. جدول زیر میزان طول جاده‌های تحت حوزه استحفاظی وزارت راه و شهرسازی و میزان توسعه آن را در طول این سال‌ها نشان می‌دهد.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود توسعه راه‌ها طی دوره مذکور، در حدود ۵۵۰۰ کیلومتر بوده است که به‌طور متوسط سالانه ۱۳۸۰ کیلومتر افزایش را نشان می‌دهد. همچنین آمارها بیشترین توسعه راه‌ها را در استان‌های فارس، خراسان جنوبی و کرمان نشان می‌دهد.

آزادراه‌ها به‌طور متوسط سالانه ۵۵ کیلومتر توسعه داشته است که بیشترین توسعه در استان‌های قم، تهران، خوزستان، سمنان و کرمان بوده است. بزرگراه‌ها نیز به‌طور متوسط سالانه حدود ۹۱۵ کیلومتر توسعه داشته است که بیشترین توسعه در استان‌های فارس و کرمان و پس از آن‌ها استان‌های هرمزگان و خراسان رضوی و مرکزی بوده است. همچنین در سطح کشور در حدود ۱۲۸/۴ هزار کیلومتر راه روستایی شوسه و آسفالته وجود دارد.

جدول ۱. وضعیت طول راه‌های تحت حوزه استحفاظی وزارت راه و شهرسازی

(بدون روستایی (سالنامه آماری راه و شهرسازی، ۱۳۹۵))

نوع راه	پایان سال ۹۱	پایان سال ۹۵	درصد رشد	میزان توسعه (کیلومتر)
طول آزادراه (کیلومتر)	۲۱۸۵	۲۴۰۱	۱۰	۲۱۶
طول بزرگراه (کیلومتر)	۱۲۹۶۹	۱۶۶۲۷	۲۸	۳۶۵۸
طول راه اصلی (کیلومتر)	۲۱۲۳۴	۲۵۵۳۸	۲۰	۴۳۰۴
جمع (کیلومتر)*	۸۱۶۶۱	۸۷۱۶۶	۷	۵۵۰۵

۲-۵- محور مورد مطالعه (آزادراه قم-تهران)

محور مورد مطالعه قسمتی از آزادراه شماره ۷ کشور ایران است این آزادراه از بزرگراه آزادگان تهران آغاز می‌شود و در انتهای مسیر با آزادراه ذوب‌آهن اصفهان یکی می‌گردد. این آزادراه، تهران را به شهرهای قم، کاشان، نطنز، اصفهان، نجف آباد و فولادشهر متصل می‌کند. قسمت ابتدایی این آزادراه یعنی فاصله بین استان تهران تا استان قم را آزاد راه خلیج فارس می‌نامند. قسمت بعدی این آزادراه قم-کاشان نام دارد، قسمت چهارم، آزادراه اصفهان-کاشان نام دارد و در تقاطع با جاده ۶۵، با آزادراه کمبوندی غرب اصفهان یکی می‌گردد. در انتها این آزادراه در تقاطع با آزادراه ذوب آهن اصفهان به پایان می‌رسد. آزادراه‌ها غالباً حجم بسیار زیادی از مسافر را جابه‌جا می‌کنند از طرفی قرار گرفتن آزادراه در کریدور حیاتی چون کریدور شمال به جنوب کشور به اهمیت آزادراه‌ها می‌افزاید. آزادراه خلیج فارس از مهم‌ترین آزادراه‌های کشور از لحاظ اهمیت و موقعیت مکانی می‌باشد در این آزادراه سالانه حدود ۱۰ میلیون خودروی معادل سواری از یک جهت تردد می‌کنند این حجم وسایل نقلیه نشان دهنده اهمیت استراتژیکی این آزادراه است. افزایش روز افزون سفرهای برون شهری نشأت گرفته از عوامل زیادی چون افزایش جمعیت، افزایش درآمد، سفرهای کاری و... است بنابراین مطالعه رفتار سفر مردم در انتخاب مدهای حمل‌ونقلی و همچنین برنامه‌ریزی به منظور توسعه زیرساخت‌های ملی کشور، به منظور ارائه خدمات و جلوگیری از هدر رفتن هزینه‌ها را به دنبال دارد.

در مطالعه‌ای که توسط مرکز مطالعات وزارت راه و شهرسازی ایران انجام گرفته است بیش از ۹۰ درصد از سفرها با استفاده از خودرو انجام گرفته و سهم حمل‌ونقل هوایی و ریلی کمتر از ۱۰ درصد بوده است بنابراین توجه هرچه بیشتر به جاده‌های کشور و پیش‌بینی میزان تردد در افق‌های بلندمدت امری لازم و ضروری است (سالنامه آماری راه و شهرسازی، ۱۳۹۵).

۳- روش و فرآیند تحقیق

اهمیت پیش‌بینی تقاضا در بسیاری از زمینه‌های علمی ثابت شده است. خروجی‌های تولید شده از پیش‌بینی‌ها را می‌توان ورودی برای برنامه‌ریزی‌های کاربردی پیش‌بینی ترافیک، کنترل ترافیک، تخصیص صندلی و... در نظر گرفت. در این تحقیق برای پیش‌بینی تقاضای حمل مسافر از ۳ روش شامل: رگرسیون خطی ساده، رگرسیون خطی چند متغیره و شبکه عصبی با متدلوژی CRISP استفاده گردیده است. روش کریسپ شبکه عصبی بر روی فرآیندها تمرکز داشته و برای انجام پروژه‌های داده کاوی قابل استفاده است شامل ۵ مرحله می‌باشد که در ادامه مراحل تحقیق به صورت گام به گام تشریح خواهد شد.

۳-۱- روش رگرسیون

برای اندازه‌گیری رابطه بین دو یا چند متغیر، شاخص‌های متعددی وجود دارد که این همه شاخص‌ها میزان رابطه بین

اگر در معادله خط رگرسیون که براساس داده‌های مطالعه آن را به‌عنوان مناسب‌ترین خط برازش شده بدست آورده ایم مقادیر مختلف متغیر X را قرار دهیم برای متغیر وابسته Y مقادیری بدست خواهد آمد که با مقادیر مشاهده شده Y متفاوت خواهد بود. به عبارتی نقاط مشاهده شده Y بر نقاط برآورد شده آن یعنی Y' منطبق نخواهد بود این بدین معناست که نقاط مربوط به داده‌ها بر روی خط مستقیم و صفحه یا فوق صفحه ای که معادله خط رگرسیون مشخص شده است نمی افتد. این اختلاف $ei=(y-y')$ در متغیر پیش‌بینی شده را به‌عنوان باقیمانده یا خطا می‌شناسیم.

بررسی این مقادیر در از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا از آن‌ها می‌توان به‌عنوان شاخصی برای برآورد صحت معادله خط رگرسیون استفاده کرد.

الف) ضریب همبستگی چندگانه

وقتی در معادله خط رگرسیون مقادیر مشاهده شده X را قرار می‌دهیم به ازای هر X یک مقدار برای Y بدست می‌آید. همبستگی این مقدار با مقادیر مشاهده شده Y در نمونه به‌عنوان شاخصی برای کارایی رگرسیون در پیش‌بینی Y مورد استفاده قرار می‌گیرد. همبستگی بین Y و Y' را به‌عنوان ضریب همبستگی چندگانه می‌شناسیم و آن را با مقدار R نشان می‌دهیم. در رگرسیون خطی ساده ضریب همبستگی چندگانه همان قدر مطلق ضریب همبستگی پیرسن بین متغیر مستقل و وابسته است که همواره عددی مثبت خواهد بود. بطور کلی ضرایب همبستگی بین -1 تا 1 تغییر می‌کنند و رابطه بین دو متغیر می‌تواند مثبت یا منفی باشد مانند میزان درآمد و سرانه مالکیت خودرو.

ب) صحت سنجی و تامین اعتبار رگرسیون:

می‌دانیم که انجام هر رگرسیونی مستلزم مفروضاتی است که تا این مفروضات برقرار نباشند، اعتبار رگرسیون خدشه دار خواهد بود. انواع اشکالاتی که ممکن است در اجرای رگرسیون خطی ساده یا چندگانه پیش آید عبارتند از آزمون استقلال خطاها، رفع خود همبستگی و نرمال بودن خطاها.

یکی از مفروضات رگرسیون، مستقل بودن خطاها از یکدیگر است. (خطاها همان تفاوت بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده توسط معادله رگرسیون هستند). در صورتی که خطاها با یکدیگر همبستگی داشته باشند، امکان استفاده از رگرسیون وجود ندارد.

متغیرها را تنها با یک مقدار به نام ضریب همبستگی نشان می‌دهند اما سکه رابطه دورو دارد یک روی آن مقدار همبستگی بین دو متغیر است و روی دیگر آن، استفاده از این رابطه را تبیین میکند. از آنجا که ممکن است رابطه بین متغیر مستقل و وابسته را به‌صورت ممکن نوشت، مجموعه ای از روش‌ها نیز وجود دارند که می‌توان به کمک آن‌ها یک معادله ریاضی بین متغیرها تعریف کرد و به کمک آن‌ها مقادیر متغیر وابسته را از روی متغیرهای مستقل پیش‌بینی کرد. در صورتی که رابطه بین متغیرها معنی دار باشد می‌توان آن را با استفاده از روابط ریاضی بیان کرد. معمولاً چنین الگوهایی ممکن است خطی یا غیرخطی باشند. به معادله ای که رابطه بیت دو متغیر وابسته و مستقل را نشان می‌دهد، معادله رگرسیون می‌گویند اگر بتوان الگوی همبستگی را به‌صورت یک معادله خطی نوشت به آن معادله رگرسیون خطی گویند و در غیر این‌صورت به آن معادله رگرسیون غیرخطی گویند.

در رگرسیون هدف آن است که با استفاده از معادله رگرسیون و به کمک یک نمونه تصادفی و بعضی روش‌های آماری، رفتار متغیر وابسته را با آگاهی از مقادیر و مشخصات متغیرهای مستقل، پیش‌بینی کنیم. در رگرسیون خطی ساده اگر Y را متغیر وابسته و X را متغیر مستقل در نظر بگیریم می‌توان معادله خط رگرسیون رو به‌صورت زیر نوشت:

(۱)

$$Y' = b_0 + b_1 X$$

در این رابطه Y' مقدار برآورد شده Y ، b_1 شیب خط یا ضریب رگرسیون و b_0 را عرض از مبدا یا خط ثابت رگرسیون گویند. در رگرسیون خطی چندگانه مقادیر یک متغیر وابسته مانند Y از روی چند متغیر مستقل دیگر برآورد می‌شود معادله کلی یک رگرسیون خطی چندگانه به‌صورت زیر است.

(۲)

$$Y' = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_n X_n$$

در این رابطه مقادیر b_1, b_2, \dots, b_n ضرایب رگرسیون جزئی و b_0 ثابت رگرسیون خطی است این معادله به‌عنوان معادله رگرسیون خطی چندگانه Y براساس x_1, x_2, \dots, x_n معرفی می‌گردد.

رسیدن به هدف در این پروژه از طریق سالنامه های آماری دست آمد.

گام سوم: آماده سازی داده‌ها

این گام عبارت است از انتخاب داده‌ها، پاکسازی داده‌ها، آماده کردن داده‌ها جهت داده کاوی، مجتمع کردن و قالب بندی آن‌ها. برای بالا بردن کیفیت داده‌ها تا سطح مورد نظر از تکنیک های مختلف پاکسازی داده‌ها استفاده می‌شود که ممکن است شامل پاکسازی زیرمجموعه داده‌ها، تخمین داده‌های گم شده با استفاده از شبیه سازی و... شود.

گام چهارم: مدل سازی شبکه عصبی

بخش اصلی روش پیشنهادی در این گام انجام می‌شود که مدل سازی شبکه عصبی با در نظر گرفتن پارامترهای موثر و داده‌های بدست آمده می‌باشد. این مدل سازی به تعیین لایه‌های نهان و درونی شبکه عصبی پرداخته و با مشخص نمودن ضرایب و توابع موجود در لایه‌های شبکه، به پیش بینی تقاضای سفر در مسیر و محور مشخص شده می پردازد. در ادامه این روند به ارزیابی شبکه عصبی ایجاد شده پرداخته و مدل پیش بینی بدست آمده بررسی می‌شود.

گام پنجم: ارزیابی مدل شبکه عصبی و استنتاج مدل

در صورتی که مدل بدست آمده نتواند قابلیت اطمینان مورد نظر را تامین نماید روند روش پیشنهادی به مرحله مدل سازی شبکه عصبی بازگشته و مدل سازی دوباره انجام می گیرد. در غیر اینصورت و با دستیابی به قابلیت اطمینان مورد نظر، مدل پیش بینی ساخته شده با نتایج دیگر روش‌های موجود بررسی شده و نتایج بدست آمده تحلیل می‌شود.

روش‌های مختلفی برای علائم مورد استفاده در شبکه‌های عصبی وجود دارد که یک روش متداول به صورت زیر است:

P : بردار ورودی به شبکه

P_i : عنصر i ام بردار ورودی به شبکه

$i=1,2,\dots,R$

W^l : ماتریس وزن لایه l ام $W^l=[W_{ij}^l]$ $I=1,2,\dots,L$

B_i^l : بایاس وارد شده به نرون i ام $i=1,2,\dots,s^l$

S^l : تعداد نرونهای لایه l ام

n^l : خروجی خالص لایه l ام

$$N = w_p + b \quad (3)$$

$$n^l = w^l a^{l-1} + b^l \quad (4)$$

a^l : بردار خروجی از لایه l ام

از آنجایی که فرض H_0 بر عدم همبستگی بین خطاها تاکید دارد، چنانچه این آماره در بازه $1/5$ تا $2/5$ قرار گیرد فرض H_0 رد می‌شود یعنی بین خطاها همبستگی وجود دارد.

۳-۲- شبکه عصبی به روش CRISP

پایه و اساس داده کاوی به دو مقوله آمار و هوش مصنوعی مربوط است که روش‌های مصنوعی به عنوان روش‌های یادگیری ماشین در نظر گرفته می‌شوند. فرق اساسی بین روش‌های آماری و روش‌های یادگیری ماشین بر اساس فرضها و یا طبیعت داده‌هایی که پردازش می‌شوند، است. بعنوان یک قانون کلی فرض تکنیک های آماری بر این اساس است که توزیع داده‌ها مشخص است که بیشتر موارد فرض بر این است که توزیع نرمال است و در نهایت درستی یا نادرستی نتایج نهایی به درست بودن فرض اولیه وابسته است. در مقابل روش‌های یادگیری ماشین از هیچ فرضی در مورد داده‌ها استفاده نمی کنند و همین مورد باعث تفاوتی بین این دو روش می‌شود. با توجه به این روش، یک پروژه داده کاوی چرخه عمری متشکل از شش گام دارد. این گام ها بصورت تکراری در تمام فرآیند داده کاوی بکار گرفته می‌شوند. گام های متدولوژی داده کاوی CRISP عبارتند از:

۱- گام درک پارامترهای موثر بر فرآیند

۲- گام درک داده‌ها

۳- گام آماده سازی داده‌ها

۴- گام مدل سازی شبکه عصبی

۵- گام ارزیابی مدل شبکه عصبی و استنتاج مدل

گام اول: درک پارامترهای موثر بر فرآیند

برای مدل سازی پیش بینی تقاضا نیاز به مشخص کردن عوامل جذب و تولید سفر می‌باشد. با توجه به بررسی صورت گرفته در ادبیات موضوع که در بخش دوم این تحقیق صورت گرفت از عوامل جذب سفر که در ادبیات موضوع بسیار اشاره شده است از عوامل تولید سفر نیز می توان به جمعیت، درآمد خانوار اشاره نمود.

گام دوم: جمع آوری آمار و اطلاعات بر اساس پارامترهای

شناسایی شده

بر اساس پارامترهای شناسایی شده در مرحله قبل لازم است تا آمار و اطلاعات مربوط به هر کدام از این پارامترها در یک دوره زمانی جمع آوری و پردازش شود. داده‌های لازم برای

A: بردار خروجی (پاسخ) شبکه

F^l: تابع فعال سازی نرونهای لایه l ام

A^l = f(n^l)

Θ^l: حد آستانه نرون زام در لایه l ام

T: برداری هدف (سیگنال معلم)

W(k): ماتریس وزن لایه l ام در زمان k ام

ΔW: تغییر در وزنها سیناپسی

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |e_i|}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N |A_i - F_i|}{N}$$

$$MSD = \frac{\sum_{i=1}^N e_i^2}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N (A_i - F_i)^2}{N}$$

روشی که دارای کمترین مقدار خطا (یکی از معیارهای بالا) باشد، از دقت بیشتری برخوردار می‌باشد و می‌تواند به‌عنوان روش مناسب تر انتخاب گردد.

$$\Delta W = W(K) - W(K-1) \quad (5)$$

آموزش شبکه عصبی یک مسئله حداقل‌سازی غیر خطی اختیاری است که در آن وزن‌های شبکه برای حداقل کردن میانگین کل یا خطای مربعات کل بین ارزش‌های مطلوب و مقادیر واقعی تعدیل می‌شوند.

از آنجایی که روش‌های مختلف پیش‌بینی دارای دقت‌های متفاوتی می‌باشند، برای انتخاب روش مناسب می‌توان دقت روش‌ها را بررسی نمود. برخی از معیارهای اندازه‌گیری دقت پیش‌بینی عبارتند از:

$$CFE = \sum_{i=1}^N e_i = \sum_{i=1}^N (A_i - F_i) \quad (6)$$

جدول ۲. تردد مسافر شهرهای قم و تهران در ۱۰ سال اخیر (هزار نفر)، (سالنامه آماری راه و شهرسازی، ۱۳۹۵)

کل تردد مسافر	شهر تهران			شهر قم			مسافر سال
	مجموع	مسافر خارج شده	مسافر وارد شده	مجموع	مسافر خارج شده	مسافر وارد شده	
61738	55206	26417	28789	6532	2663	3869	۱۳۸۷
61941	55120	26952	28168	6821	3047	3774	۱۳۸۸
54471	48771	23205	25566	5700	2254	3446	۱۳۸۹
51233	45574	22512	23062	5659	2402	3257	۱۳۹۰
51847	45744	22551	23193	6103	2495	3608	۱۳۹۱
50586	44626	21789	22837	5960	2667	3293	۱۳۹۲
44523	39510	20032	19478	5013	2048	2965	۱۳۹۳
42655	37709	19559	18150	4946	2014	2932	۱۳۹۴
40864	36301	19132	17169	4563	1819	2744	۱۳۹۵
46490	41200	20080	21120	5290	2040	3250	۱۳۹۶

تامین زیرساخت‌های لازم جهت جلوگیری از هدر رفتن سرمایه ملی به دلیل اقدامات غیر ضروری و غیرموقع حیاتی است. علاوه بر سفرهایی که مبدأ-مقصد آن‌ها شهر قم و تهران می‌باشند. بدلیل موقعیت استراتژیکی این محور سفرهای عبوری زیادی در این محور انجام می‌گیرد.

بنابر بررسی‌های صورت گرفته، به‌طور متوسط در ۱۰ سال اخیر ۴۰ درصد از کل تردهای برون شهری شهر قم به مقصد تهران می‌باشد؛ بنابراین رسیدگی به این محور به‌منظور

جدول ۳. سهم تردد هریک از محورها از مبدا قم در ۱۰ سال

اخیر (هزار سفر)

مقصد سفر	مجموع سفرهای انجام گرفته در ۱۰ سال اخیر	سهم (محورها) (درصد)
تهران	7935	40/21183
اراک	4467	22/63721
همدان	1286	6/517002
اصفهان	1296	6/567679
ایلام	1780	9/020423
مشهد	2634	13/3482
ایلام	335	1/697664

همچنین سفرهایی از جنوب و حاشیه کشور که از مسیر قم به شمال کشور در حرکت هستند از آزادراه خلیج فارس عبور می کنند. به منظور یافتن میزان تردد هر استان در محور خلیج فارس و تاثیر بر پارامترهای انتخابی مدل سازی این تفکیک صورت گرفته است.

همانگونه که بیان شد علاوه بر سفرهایی که مبدا-مقصد آنها شهر قم و تهران می باشند بدلیل موقعیت استراتژیکی آزادراه خلیج فارس سفرهای گذری زیادی در این محور انجام می گیرد. در جدول ۵ تعداد سفرهایی که مبدا آنها استان های بوشهر- چهارمحال و بختیاری- کهگیلویه و بویر احمد- کرمان- بندرعباس- زاهدان- بیرجند- لرستان- کرمانشاه- ایلام- همدان- خوزستان- یزد- فارس- قم- اراک می باشد و مقصد آنها شهر تهران و شمال کشور می باشد آمده است همچنین مقایسه تعداد سفرها به مقصد تهران نسبت به سایر محورهای کشور انجام گرفته است. ضمناً، بدیهی است تمامی سفرهایی که از مبدا استان های مذکور به مقصد تهران انجام می گیرد از آزادراه خلیج فارس عبور می کنند.

جدول ۵. تعداد سفرهای انجام گرفته در کشور عبوری از آزادراه خلیج فارس (هزار سفر) از ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶

مبدا- مقصد	تهران	شمال کشور	سایر محورها	کل محورها	عبوری از خلیج فارس	درصد عبوری از آزادراه خلیج فارس نسبت به سایر تردهای استان	درصد عبوری از آزادراه خلیج فارس نسبت به کل تردد های آزادراه خلیج فارس
اصفهان	21624	988	149872	172484	22612	13/11	21/78
ایلام	4509	298	20003	24810	4807	19/38	4/63
بوشهر	1373	5	34801	36179	1378	3/81	1/33
یاسوج	1458	17	66338	67813	1475	2/18	1/42
بیرجند	1020	452	20380	21852	1472	6/74	1/42
اهواز	3599	19	115456	119074	3618	3/04	3/48
زاهدان	2351	4	70336	72691	2355	3/24	2/27
شیراز	6133	182	149169	155484	6315	4/06	6/08
کرمان	1680	10	62128	63818	1690	2/65	1/63
کرمانشاه	8182	256	87644	96082	8438	8/78	8/13
شهرکرد	629	1	15434	16064	630	3/92	0/61
خرم آباد	10243	14	50349	60606	10257	16/92	9/88
اراک	14577	107	27893	42577	14684	34/49	14/14
بندرعباس	774	1	15576	16351	775	4/74	0/75
همدان	13239	88	72386	85713	13327	15/55	12/84
یزد	1643	14	15369	17026	1657	9/73	1/60
قم	8069	274	17525	25868	8343	32/25	8/04
جمع	101103	2730	1094492	990659	103833	-	100

جدول ۶. پارامترهای مدل رگرسیون و شبکه عصبی برای تقاضای آزادراه قم-تهران

مبدا سفر قم و محور آزادراه قم-تهران					
سال	نرخ مشارکت اقتصادی	جمعیت (نفر)	جمعیت شاغل (نفر)	درآمد سالانه (ریال)	تقاضا (سفر)
1387	37/4	11672000	4365328	115932727	7701324
1388	37/4	11839000	4427786	113497632	8254641
1389	37/5	12010000	4503750	132282970	9568504
1390	36	12183000	4385880	165371436	8617802
1391	37/5	12308000	4615500	221060257	10113233
1392	36/6	12433000	4550478	286000000	7321529
1393	36/4	12559000	4571476	331659000	8909515
1394	38/2	12648000	4831536	390149516/3	8703471
1395	40/2	12808000	5148816	443600000	9632867
1396	40/4	13461000	5438244	487960000	12499010
مقصد سفر تهران و محور آزادراه تهران-قم					
1387	36	1087000	391320	64843191	7605651
1388	34/4	1108000	381152	74104959	8200845
1389	35/5	1130000	401150	94567522	9123905
1390	34/5	1152000	397440	118180673	8207056
1391	34/5	1172000	404340	158331567	8733514
1392	34/9	1193000	416357	199816000	9335442
1393	33/6	1214000	407904	280588000	10922615
1394	35/3	1235000	435955	259962000	9731588
1395	35/8	1255000	449290	294738000	10697666
1396	35/5	1321000	468955	324211800	11419175

در مدل‌سازی رگرسیون خطی ساده میزان تقاضای سفر را به‌عنوان متغیر وابسته و جمعیت که از مهمترین پارامترهای تولید و جذب سفر است به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شده است. ضریب همبستگی رگرسیون می‌تواند به‌طور مناسبی یک معادله خط برای رابطه بین دو متغیر برآزش داد.

جدول ۷. خلاصه مدل‌سازی رگرسیون

Model Summary ^a				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.723 ^a	.523	.464	1073286.874

a. Predictors: (Constant), Jameat
b. Dependent Variable: taghaza

نرم افزار spss چند جدول را جهت تحلیل ارائه می‌دهد در این مبحث ما به تحلیل مهمترین جدول‌ها می‌پردازیم. اولین جدول همان‌طور که در بالا آمده است Model Summary به معنای خلاصه مدل است. این جدول مقادیر R و R² را نشان می‌دهد مقدار R در این مدل برابر است با ۰/۷۲۳ که شدت همبستگی بین دو متغیر را نشان می‌دهد همان‌طور که از مقدار R (همبستگی پیرسون دو متغیر) نمایان است بین دو متغیر تقاضای سفر و جمعیت همبستگی نسبتاً قوی وجود دارد. مقدار R² نشان می‌دهد که چه مقدار از متغیر وابسته یعنی تقاضای سفر می‌تواند توسط متغیر مستقل تبیین شود در

این مدل سازی متغیر جمعیت می تواند ۵۲/۳ درصد از تغییرات تقاضای سفر را تبیین کند.

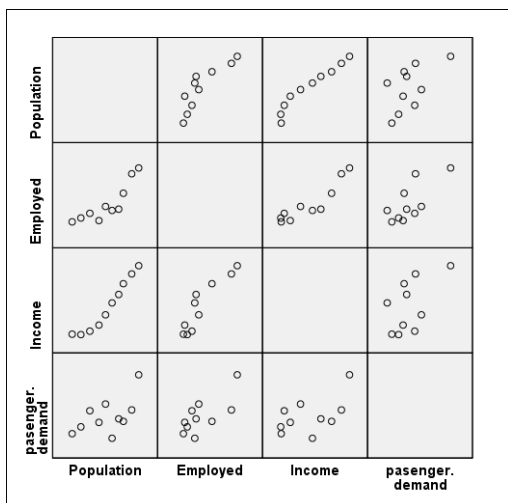
جدول ۸. معناداری بین دو متغیر

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.012E13	1	1.012E13	8.783	.018*
	Residual	9.216E12	8	1.152E12		
	Total	1.933E13	9			

a. Predictors: (Constant), jameat
b. Dependent Variable: taghaza

جدول ۸- ANOVA نام دارد. این جدول نشان می دهد که آیا مدل رگرسیون می تواند به طور معناداری تغییرات متغیر وابسته را پیش بینی کند برای بررسی معناداری باید به ستون آخر جدول (sig) توجه کنیم این ستون معناداری آماری مدل رگرسیون را نشان می دهد. چنانچه میزان بدست آمده کمتر از ۰/۰۵ باشد نتیجه می گیریم که مدل به کار رفته پیش بینی کننده خوبی برای تقاضای سفر در آزادراه قم-تهران است. در مدل ما مقدار معناداری ۰/۰۱۸ است که نشان می دهد مدل رگرسیونی معنادار است.

در مدل رگرسیون چند متغیره ۳ پارامتر جمعیت، جمعیت شاغل، میزان درآمد در نظر گرفته شده است. به منظور بررسی همبستگی بین متغیرها در این مدل، مقایسه همبستگی دو به دو متغیرها در شکل ۳ نشان داده شده است. بررسی همبستگی بین متغیرها با استفاده از نمودار scatter در نرم افزار spss انجام گرفته است. جدول ۹ میزان همبستگی بین متغیرها را نشان می دهد همانطوری که مشاهده می شود میزان همبستگی متغیر جمعیت با سایر متغیرها قوی است و می تواند در بهبود مدل نائیر گذار باشد. تقریباً بین تمامی متغیرهای در نظر گرفته شده همبستگی قابل قبولی برای برآورد مدل بدست آمده است. حال که گام اول ساخت مدل با موفقیت انجام شد در مرحله بعد باید مدل سازی با استفاده از ۳ متغیر مستقل در نظر گرفته شده انجام شود. روش ساخت مدل رگرسیون را در نرم افزار spss روش stepwise انتخاب می کنیم در این روش ابتدا متغیر اول وارد شده و آنالیز صورت می گیرد و سپس متغیر دوم مورد بررسی قرار می گیرد اگر رابطه بین متغیر دوم و اول معنادار باشد و وجود متغیر دوم دقت پیش بینی مدل را افزایش دهد این متغیر نیز در مدل وارد شده در غیر این صورت از مدل حذف می شود.



شکل ۳. بررسی همبستگی بین متغیرها با استفاده از گراف

scatter

جدول ۹ ضرایب همبستگی بین متغیرها

Correlations					
		jameat	jamet shagel	daramad	taghaza safar
jameat	Pearson Correlation	1	.917**	.950**	.723*
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.018
	N	10	10	10	10
jamet shagel	Pearson Correlation	.917**	1	.900**	.784**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.007
	N	10	10	10	10
daramad	Pearson Correlation	.950**	.900**	1	.557
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.094
	N	10	10	10	10
taghaza safar	Pearson Correlation	.723*	.784**	.557	1
	Sig. (2-tailed)	.018	.007	.094	
	N	10	10	10	10

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

به همین ترتیب همه متغیرها مورد بررسی قرار می گیرند. در جدول ۱۰ اطلاعات مربوط به متغیرهای پیش بین در مدل رگرسیون چند متغیره به تفکیک اهمیت وجود یا عدم وجود هریک از متغیرها در ۳ گام متوالی آورده شده است نتایج مدل نشان می دهد که گام سوم، یعنی وجود ۳ متغیر مستقل برای پیش بینی تقاضای سفر، دقت و سطح معناداری بالاتری نسبت به سایر حالت های دیگر دارد بنابراین مدل رگرسیون خطی چند متغیره با ۳ متغیر مستقل جمعیت، جمعیت شاغل، میزان درآمد به پیش بینی تقاضای سفر می پردازد.

جدول ۱۰. اطلاعات مربوط به متغیرهای پیش بین مدل

رگرسیون خطی چند متغیره

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1.614E7	8.536E6		-1.891	.095
	jameat	2.040	.688	.723	2.964	.018
2	(Constant)	-6.519E6	1.111E7		-.587	.576
	jameat	.077	1.664	.027	.046	.964
	jamet shagel	3.137	2.440	.759	1.286	.239
3	(Constant)	-5.312E7	1.563E7		-3.400	.015
	jameat	3.753	1.527	1.331	2.457	.049
	jamet shagel	4.357	1.599	1.054	2.725	.034
	daramad	-.017	.005	-1.656	-3.346	.015

a. Dependent Variable: taghaza safar

در جدول ۱۲ مقایسه بین نتایج بدست آمده از مدل های رگرسیون و شبکه عصبی نشان داده شده است همچنین در این جدول مقدار R و R2 هر یک از مدل ها محاسبه شده و نشان داده شده است نتایج مطالعه نشان می دهد با توجه به مقادیر صحت سنجی و تفسیر نتایج، به ترتیب مدل های شبکه عصبی، مدل رگرسیون چند متغیره و مدل رگرسیون خطی ساده بیشترین دقت را در بین مدل ها دارند یادآوری می شود که مدل شبکه عصبی و رگرسیون چند متغیره با استفاده ۳ متغیر مستقل جمعیت، جمعیت شاغلین، درآمد و مدل رگرسیون خطی ساده با استفاده از متغیر مستقل جمعیت مورد تحلیل قرار گرفته است.

شبکه عصبی مورد استفاده، شبکه MLP (پرسپترون چند لایه) امکان داشتن دو لایه پنهان را فراهم می کند در این صورت هر واحد در دومین لایه پنهان، تابعی از واحدهای موجود در لایه پنهان اول بوده و هر پاسخ، تابع واحدهای لایه پنهان دوم می باشد.

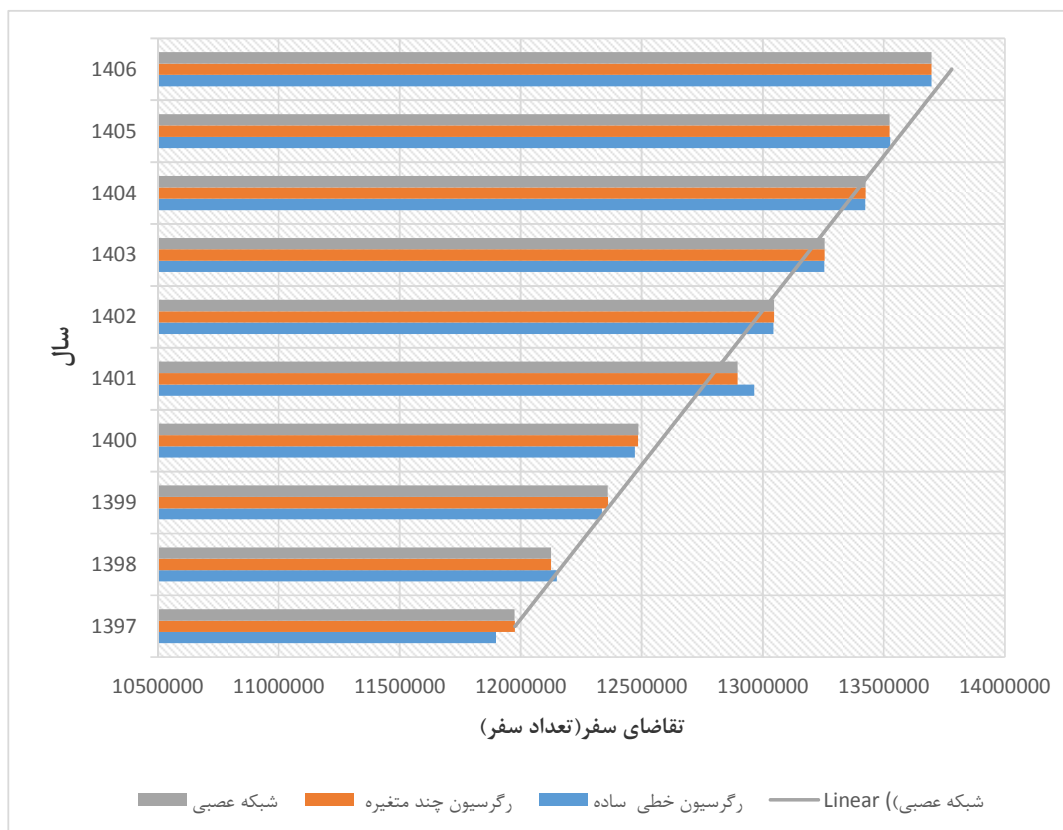
جدول ۱۱ خروجی شبکه عصبی پرسپترون چند لایه را برای پیش بینی تقاضای سفر را نشان می دهد. در این پروژه ۳۰ درصد اطلاعات به عنوان داده های آموزشی به شبکه عصبی معرفی شده اند و ۷۰ درصد داده های برای تست همچنین تعداد لایه های میانی یا پنهان ۵ لایه در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۱. بر آورد اطلاعات پیش بینی با استفاده از شبکه عصبی

Predictor		Predicted					Output Layer pasenger demand
		Hidden Layer 1					
		H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	H(1:4)	H(1:5)	
Input Layer	(Bias)	.239	.136	-.402	-.313	.362	
	Income	.387	-.050	-.049	.181	-.095	
	Employed	-.372	.442	-.199	.035	.472	
	Population	-.050	.093	.268	.441	.379	
Hidden Layer 1	(Bias)						-.037
	H(1:1)						-.214
	H(1:2)						.264
	H(1:3)						.123
	H(1:4)						.363
	H(1:5)						.225

جدول ۱۲. مقایسه نتایج بدست آمده از ۳ مدل سازی رگرسیون خطی، چند متغیره، شبکه عصبی

سال	رگرسیون خطی ساده		رگرسیون چند متغیره		شبکه عصبی	
	قم-تهران	تهران-قم	قم-تهران	تهران-قم	قم-تهران	تهران-قم
R	۰/۷۴۲	۰/۷۷۳	۰/۹۲۴	۰/۹۳۰	۰/۹۹۵	۰/۹۹۳
R ²	۰/۵۴۱	۰/۵۲۳	۰/۸۵۳	۰/۸۶۵	۰/۹۹۰	۰/۹۸۳
۱۳۹۷	11898541	10447251	11975684	10458620	11975452	10458759
1398	12148547	10946001	12125127	10945309	12125486	10945287
1399	12335741	11547951	12359854	11548810	12359487	11548752
1400	12472547	12146215	12485015	12145750	12485479	12145789
1401	12965421	12358021	12895388	12357485	12895478	12357845
1402	13044214	12824458	13045633	12824397	13045785	12824512
1403	13253457	12987156	13254632	12986605	13254879	12986547
1404	13423574	13342175	13425017	13342521	13425487	13342458
1405	13526547	13458514	13524950	13456850	13524895	13456820
1406	13697325	13755015	13697200	13754849	13697145	13754892



شکل ۵. مقایسه نتایج بدست آمده از ۳ مدل سازی رگرسیون خطی، چندمتغیره، شبکه عصبی

۵- نتایج

پارامترهای موثر بر تقاضا شناسایی می‌شوند و بر اساس پارامترهای شناسایی شده داده‌ها جمع آوری و پردازش می‌گردند. با این فرضیات ساختار چنین مدلی به صورت چند لایه تولید و ارزیابی شد. در نهایت برای محور مورد مطالعه ارائه شد که می‌تواند تقاضای مسافری این مسیر را محاسبه نماید. داده‌های سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۶ به عنوان معیار ارزیابی انتخاب گردیده است. جهت ارزیابی مدل پیش‌بینی به مقایسه میان روش رگرسیون با مدل پیشنهادی پرداخته شده و برای ارزیابی نتایج مدل‌ها از معیار میانگین قدر مطلق خطا و ضریب همبستگی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مدل شبکه عصبی مصنوعی عملکرد بهتر نسبت به روش رگرسیون دارد. خروجی مدل ارائه شده در این پژوهش می‌تواند ورودی بسیاری از برنامه‌ریزی‌های استراتژیک تصمیم‌گیری مانند تحلیل درآمد و هزینه برنامه‌ریزی قطارها و تخصیص سرمایه‌گذاری باشد. در پایان ذکر چند نکته ضروری است.

هدف از این تحقیق ارائه مدلی برای پیش‌بینی تقاضای مسافری آزادراه خلیج فارس مبنای الگوریتم شبکه عصبی و رگرسیون بوده است. در این پژوهش پس از بررسی ادبیات موضوع و مدل‌های مختلف پیش‌بینی پارامترهای موثر در پیش‌بینی تقاضای سفر به دست آمده است. موضوع اصلی این پژوهش ارائه یک مدل پیش‌بینی تقاضای مسافر و پیاده سازی جهت ارزیابی آن روش در آزادراه قم-تهران (قسمتی از آزادراه شماره ۷ کشور ایران) بوده است. اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق از نوع توصیفی تحلیلی بوده و از مرکز آمار ایران، اطلاعات تردد شمار وزارت راه و شهرسازی و همچنین سالنامه‌های آماری تهیه شده است همچنین از در این پژوهش روش‌های آماری و ریاضی چون رگرسیون خطی ساده-رگرسیون خطی چند متغیره-شبکه عصبی استفاده گردیده است. متدلوژی مورد استفاده شبکه عصبی روش CRISP می‌باشد که یکی از روش‌های متداول در زمینه داده کاوی و پیش‌بینی است. طبق این روش در ابتدا

۵. پارامترهایی چون هزینه سفر - قیمت سوخت - سرانه مالکیت خودرو و... می‌توانند در پیش‌بینی میزان تقاضا بسیار تاثیر گذار باشند پیشنهاد می‌شود در مطالعات دیگر تعداد پارامترهای بیشتری در نظر گرفته شود.

۶- سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی تصویب شده در مرکز تحقیقات خودکفایی قرارگاه خاتم الانبیا(ص) بوده و نویسندگان این مقاله از معاونت عمران قرارگاه سازندگی خاتم الانبیا(ص) و مرکز رشد و واحدهای فناور دانشگاه جامع امام حسین (علیه‌السلام) به‌منظور حمایت از این دستاورد علمی تشکر و سپاسگزاری می‌نمایند.

۱. متغیرهای جمعیت، جمعیت شاغل، درآمد از جمله متغیرهای تاثیر گذار و مهم در پیش‌بینی تقاضای سفر هستند چرا که این متغیرها داری همبستگی بالایی بوده و پیش‌بینی را با دقت بیشتری انجام می‌دهند
۲. حذف هریک از متغیرهای انتخاب شده از مدل دقت پیش‌بینی را کاهش می‌دهد.
۳. روش رگرسیون خطی ساده به دلیل آنکه فقط یک متغیر را در نظر می‌گیرد، دقت پایین‌تری نسبت به سایر روش‌ها دارد.
۴. روش شبکه عصبی به دلیل معماری شبکه و ساختار آن بیشترین دقت را در بین مدل‌ها دارد و تقاضای سفر را با دقت بیشتری پیش‌بینی می‌کند.

۷- مراجع

- شهرابی، ج. و موسوی، س. الف.، (۱۳۸۷)، "ارائه یک مدل شبکه عصبی جهت پیش‌بینی تقاضا در زنجیره تامین با رویکرد داده کاوی"، دومین کنفرانس داده کاوی ایران، تهران، ص. ۱۳.

- عزتی، ا. و عاقلی، ح.، (۱۳۸۴)، برآورد کشش‌های تقاضای مسافر و بار در راه آهن جمهوری اسلامی ایران، فصلنامه حمل‌ونقل شماره ۳، ص. ۲۰-۲۸.

- قربانی، ع. (۱۳۸۷)، "برآورد تابع تقاضای سفر در زیر بخش ریلی کشور"، رساله کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، ص. ۷۱-۸۳.

- لهراسبی، الف. و میزانی، س.، (۱۳۸۶)، "ارایه مدلی جهت پیش‌بینی تقاضا در حمل‌ونقل ریلی"، نهمین همایش حمل‌ونقل ریلی، انجمن مهندسی حمل‌ونقل، تهران، آبان ۱۳۸۶، دانشگاه علم و صنعت، ص. ۳۵-۷۲.

- مرکز آمار ایران، (۱۳۹۷)، سایت.

- منهاج، م.، (۱۳۸۶)، " مبانی شبکه‌های عصبی"، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ص. ۷.

- Arentze, T. A., Ettema, D. and Timmermans, H. J. P. (2011), "Estimating a model of dynamic activity generation based

- افندی زاده زرگری، ش. و رحیمی، الف.، (۱۳۸۹)، "مدل تحلیل عاملی برای انتخاب عوامل مؤثر بر تقاضای سفر با اتوبوس‌های بین شهری"، پژوهشنامه حمل‌ونقل، سال هفتم، شماره اول، ص. ۱-۱۰.

- افندی‌زاده، ش. مومن پور، الف.، (۱۳۹۳)، "تحلیل تقاضای سفر با رویکرد به مدل شبکه عصبی و روش رگرسیون، بررسی موردی محور (خلخال - اردبیل)، چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک، ص. ۱۴.

- حاج شیر محمدی، ع. (۱۳۸۵)، "اصول برنامه‌ریزی و کنترل تولید و موجودی‌ها"، چاپ سوم، انتشارات ارکان دانش، ص. ۱۵-۲۵.

- جمیلی، الف. (۱۳۸۶)، "مدل برآورد تقاضای حمل‌ونقل ریلی مسافر"، نهمین همایش حمل‌ونقل ریلی، انجمن مهندسی حمل‌ونقل ریلی ایران، تهران، آبان ۱۳۸۶، دانشگاه علم و صنعت، ص. ۳۰-۲۵.

- سالنامه آماری وزارت راه و شهرسازی، ۱۳۹۵.

- شادینا، ه. (۱۳۸۳)، "شبکه عصبی و کاربرد تجزیه و تحلیل داده‌ها در علوم پزشکی"، تهران، مرکز ملی تحقیقات علوم پزشکی، ص. ۱۴.

- neural networks in predicting pregnancy and compared them with conventional statistical methods". *Journal of Shaeed Sdoughi University of Medical Sciences Yazd.*; 11; pp.10-15.
- Sedehe M, Mehrabi Y, Kazemnejad A, Hadaegh F. (2010), "Comparison of Artificial Neural Network, Logistic Regression and Discriminant Analysis Methods in Prediction of Metabolic Syndrome ", *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism.*;11(6).
- Thomas, M. S. C. (2003), "Multiple causality in developmental disorders: Methodological implications from computational modeling". *Developmental Science*, 6(5), pp.537-556.
- Tsai, T. H., et al. (2009), "Neural network based temporal feature models for short-term railway --passenger demand forecasting." *Expert Systems with Applications* 36(2): pp.3729-3736.
- Viglioni, G. M. (2007), "Methodology for Railway Demand Forecasting Using Data Mining. SAS Global Forum" Orlando, United States, pp.71-93.
- Zenina, H. (2017), "Transport Travel Demand Model Development Based on Machine Learning and Simulation Methods". RTU Press: Riga Technical University, p.44.
- Zhao, Sh, et al. (2011), "A new approach to the prediction of passenger flow in a transit system", *Computers and Mathematics with Applications* 61, pp.1968–1974.
- on one-day observations: Method and results", *Transportation Research Part B*, Vol. 45, pp.447-460.
- Fallah N, Mitnitski A, Rockwood K. (2011),"Applying neural network Poisson regression to predict cognitive score changes", *Journal of Applied Statistics*. 38: pp.2051–2062.
- Biglarian A, Babayee GH, Azmi R. (2004)," Application of artificial neural network model to Determine the most important predictors of inhospital mortality after open-heart surgery and comparison with logistic regression model". *Modares Journal of Medical Sciences.*; 7: pp.23-29.
- Folgeri, R. T. Baldigara, M. Mamula (2017), "Artificial Neural Networks-Based Econometric", *ToSEE – Tourism in Southern and Eastern Europe*, Vol. 4, pp. 169-182.
- Jenkins, H., Abbie, M. and Everest, J. J., (1981), *Rail and Travel between London and Scotland: Analsis of Methods*, TRR Report, 978, N.116.pp.978-999.
- Guastello, S. J. (2004), "Progress in applied nonlinear dynamics: Welcome to NDPLS. *Psychologyand Life Sciences*, 8, pp.1-16.
- Guo, J. Y. and Bhat, C. R. (2001), "Representation and analysis plan and data needs analysis for the activity-travel system", *Research Report 0-4080-1*, Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin, USA.
- Rasouli, M., Nikraz, H. (2013), "Trip Distribution Modelling Using Neural Network", *Australasian Transport Research*, pp.372-398.
- Sadat Hashemi M, Kazem Nejad A, Kavehee B. (2003), " Application of artificial