

مدیریت تولید و عملیات، دوره هفتم، شماره (۲)، پیاپی (۱۳)، پاییز و زمستان ۱۳۹۵
دریافت: ۹۰/۳/۱۵ پذیرش: ۹۴/۴/۲۴
صص: ۱-۲۰

ایمنی حمل و نقل جاده‌ای کشور: رویکرد تحلیل عاملی

- علی زینل همدانی^{۱*}، محمد رئیسی نافچی^۲، مرتضی راستی برزکی^۳، حسین خسروشاهی^۴
۱- استاد، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها - دانشگاه صنعتی اصفهان - اصفهان - ایران
۲- استادیار، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها - دانشگاه صنعتی اصفهان - اصفهان - ایران
۳- استادیار، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها - دانشگاه صنعتی اصفهان - اصفهان - ایران
۴- دانشجوی دکترا، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها - دانشگاه صنعتی اصفهان - اصفهان - ایران

چکیده

هر ساله تعداد زیادی از مردم بر اثر تصادفات رانندگی در جاده‌های کشور متحمل خسارات سنگین و بعضاً جبران‌ناپذیر می‌شوند. این امر باعث شده تا دست‌اندرکاران حمل و نقل، تمرکز ویژه‌ای بر موضوع ایمنی راه‌ها داشته باشند. اما آنچه در این بین اهمیت دارد این است که در راستای ارتقای ایمنی جاده‌ها در چه مواردی باید سرمایه‌گذاری کرد. به همین منظور در این مقاله به بررسی عوامل مهم اثرگذار در ایمنی راه‌های کشور با استفاده از رویکرد تجزیه و تحلیل چندمتغیره پرداخته شده است. بنابراین، ابتدا متغیرهای تأثیرگذار بر وضعیت ایمنی راه‌های کشور مشخص شده و سپس عوامل اصلی مؤثر با استفاده از روش تحلیل عاملی تعیین شده‌اند. پس از آن استان‌های کشور با در نظر گرفتن امتیاز عامل‌های به دست آمده و براساس یک شاخص کلی، رتبه‌بندی شده‌اند. در نهایت نیز روند تغییرات شاخص کل، برای برخی استان‌های کشور از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ بررسی و تحلیل شده است.

واژه‌های کلیدی: ایمنی، تحلیل عاملی، چندمتغیره، حمل و نقل، رتبه‌بندی.

۱- مقدمه

حمل و نقل^۱ مفهومی است که بشر از ابتدای خلقت خود با آن درگیر بوده و این مفهوم از دیرباز نقشی کلیدی در زندگی انسان‌ها بازی کرده است. پس از اختراع چرخ، حمل و نقل تحولی اساسی پیدا کرد و روزبه‌روز وسایل پیشرفته‌تر و پیچیده‌تر در این عرصه به کار گرفته شد، به طوری که امروزه مسائل مطرح در زمینه جابه‌جایی و حمل و نقل جزء پیچیده‌ترین مسائل در ابعاد مختلف هستند. علی‌رغم فواید بسیار فناوری‌های جدید به کار گرفته شده در این زمینه، متأسفانه این صنعت با خطرات مالی و جانی برای انسان‌ها همراه است. سالانه افراد زیادی در دنیا بر اثر سوانح ترافیکی جان خود را از دست می‌دهند. کشور ایران نیز یکی از کشورهای است که آمار تصادفات و تلفات آن در عرصه حمل و نقل به خصوص در نوع جاده‌ای آن، در مقایسه با استانداردهای جهانی بسیار بالا است. بنابراین پرداختن به موضوع ایمنی در حمل و نقل جاده‌ای ایران می‌تواند کمک شایانی به ارتقای ایمنی راه‌ها کند و مسئولان را در امر برنامه‌ریزی بهتر در این راستا یاری کند.

امروزه مسئله حمل و نقل یکی از مهم‌ترین مسائل کلان شهرها است (تندیسی و رضایی ۱۳۹۲). به دلیل اهمیت فراوان ایمنی در حمل و نقل در گذشته مطالعات مختلفی در این زمینه صورت گرفته است. برای مثال بویور و دیون^۲ (۱۹۸۷) یک چارچوب تئوریک برای تجزیه و تحلیل ایمنی جاده‌ای در حوزه‌های مختلف براساس خصوصیات چون مخاطرات غیرمادی، مالیات، قوانین دولتی، بیمه‌های مسئولیت و قراردادهای بیمه‌ای چنددوره‌ای ارائه

کرده و براین اساس به نتایجی برای نوع اثر قراردادهای پوشش‌های بیمه‌ای دست یافته‌اند. در سال ۲۰۰۱ کوک^۳ و همکاران با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها مسئله اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز جاده‌ای را بررسی کردند. هرمانس^۴ و همکاران (۲۰۰۹) نیز با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها یک طرح کامل برای برنامه‌ریزی ایمنی ارائه کردند و براساس آن جوانب مناسب و همچنین جوانب ناکارآمد ایمنی راه را برای ۲۱ کشور اروپایی مطالعه کردند. شی^۵ در همان سال ایمنی ترافیک جاده‌ای و ارزیابی منطقه‌ای ایمنی جاده‌ای با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی (ما^۶ و همکاران، ۲۰۰۹) را در شرایط فازی در کشور چین بررسی کرد. الویک^۷ (۲۰۰۸) نه خصوصیت مشکلات ایمنی جاده‌ای را که همگی در اصل تابع اندازه‌گیری عددی هستند، تعریف کرده است. این خصوصیات عبارت‌اند از بزرگی^۸ شدت^۹، احوال ظاهری^{۱۰}، بی‌عدالتی^{۱۱}، پیچیدگی^{۱۲}، پراکندگی فاصله‌ای^{۱۳}، دوام موقت^{۱۴}، فوریت درک شده^{۱۵} و پاسخگویی به رفتار^{۱۶}. هدف وی از تعیین این ابعاد و تلاش در اندازه‌گیری آن‌ها، تهیه یک مبنای برای بررسی مشکلات در برنامه‌های ایمنی است.

وانگ^{۱۷} و همکاران (۲۰۰۴) یک متودولوژی ارزیابی کیفی شامل یک تجزیه و تحلیل خوشه‌ای^{۱۸} و رگرسیون خودکار^{۱۹} برای ارزیابی اثرات استراتژی‌های مختلف ایمنی جاده‌ای ارائه کرده‌اند. در روش آن‌ها از خوشه‌بندی برای گروه‌بندی بیش از صد پروژه ایمنی جاده‌ای استفاده شده و سپس این استراتژی‌ها در رگرسیون به منظور برقراری ارتباط با میزان تلفات و تصادفات رانندگان، مسافران، موتورسیکلت سواران و عابران پیاده به کار برده

چهارم، استان‌ها براساس امتیاز عوامل به دست آمده رتبه‌بندی شده‌اند. در بخش پنجم نیز تغییرات شاخص کل معرفی شده برای برخی استان‌های کشور در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ ارائه شده و بخش نهایی به جمع‌بندی، اختصاص یافته است.

۲- مبانی نظری تحلیل عاملی

هدف اصلی تحلیل عاملی، توصیف روابط همبستگی بین تعداد زیادی از متغیرها در قالب تعداد محدودی متغیر اصلی و پنهانی است که عامل^{۲۲} نامیده می‌شوند. (جانسون و ویچرن^{۲۳}، ۲۰۰۷). این روش اولین بار توسط اسپیرمن جهت تحلیل عملکرد دانش‌آموزان در تعداد زیادی از درس‌ها و استخراج رابطه بین هوش و نمرات کسب‌آن‌ها ایجاد شد (سوبه‌اش^{۲۴}، ۱۹۹۶). تحلیل عاملی را می‌توان توسعه تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی دانست، با این تفاوت که تجزیه عاملی، تخصصی‌تر است (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۷). در تحلیل عاملی، به دنبال یافتن عواملی هستیم که از ترکیب خطی متغیرهای اصلی مسئله ساخته می‌شوند و عامل پنهانی موجود در داده‌ها را به نمایش می‌گذارند.

دو روش اصلی برای تحلیل عاملی وجود دارد؛ روش مؤلفه اصلی^{۲۵} و روش ماکزیم درست‌نمایی^{۲۶} (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۷). در هر دوی این روش‌ها سعی بر آن است که با استفاده از تعریف یک ماتریس متعامد، عوامل پنهانی موجود در داده‌ها کشف و تحلیل شود. ساختار تحلیل عاملی متعامد مطابق رابطه (۱) است؛ چنانچه شرایط رابطه (۲) برقرار باشد (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۷):

شده‌اند. متدلوژی آنان امکان ارزیابی اثرات کلی استراتژی‌های ایمنی جاده‌ای و اهمیت نسبی هر استراتژی را فراهم می‌کند. در سال ۲۰۱۰ شن^{۲۰} و همکاران به منظور تحلیل کلان عملکرد ایمنی جاده‌ای از تصمیم‌گیری فازی و شبکه‌های عصبی استفاده و ۲۱ کشور اروپایی را بر حسب امتیازهای مرتبط با ایمنی جاده‌ای رتبه‌بندی کردند. همچنین در سال ۲۰۱۱ باثو^{۲۱} و همکاران مدل تاپسیس فازی را برای ارزیابی عملکرد ایمنی راه و ترکیب شاخص‌های چندسطحی مرتبط با عملکرد راه استفاده کردند. بهنود و همکاران (۱۳۹۲) یک سیستم پشتیبان تصمیم در شرایط فازی به‌منظور استفاده در برنامه‌ریزی اقدامات ایمن‌ساز راه ارائه کردند. آن‌ها همچنین با استفاده از شاخص‌های عملکردی معرفی شده توسط کمیسیون ایمنی راه‌های کشور و با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها کارایی اقدامات انجام‌شده در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ را در بین استان‌های مختلف ارزیابی کرده‌اند پرداخته‌اند. همچنین صادقی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها به شناسایی اولویت‌بندی قطعات حادثه‌خیز پرداختند.

علی‌رغم پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه ایمنی جاده‌ای به نظر می‌رسد استفاده از ابزارهای آماری در به‌دست‌آوردن یک شاخص کلی می‌تواند در تصمیمات مسئولان بسیار مفید باشد. لذا با توجه به اهمیت موضوع، در این مقاله عوامل مهم در ایمنی راه‌ها و وضعیت استان‌های کشور، از این منظر بررسی می‌شود. در بخش دوم، مبانی نظری تحلیل عاملی که در این مقاله بر پایه آنها بررسی و تحلیل‌ها انجام گرفته است و در بخش سوم مقاله، تحلیل عاملی از وضعیت ایمنی ارائه شده است. در بخش

بنابراین می توان نوشت:

$$w_j = \frac{l_{j1}^2 + l_{j2}^2 + \dots + l_{jm}^2}{\sum_{i=1}^n \text{Var}(X_i)} \quad (5)$$

در رابطه (۵)، w_j برابر با درصد واریانس از کل مشاهدات است که توسط عامل j ام توصیف می شود. همان طور که پیش از این بیان شد، دو روش عمده برای تخمین مقادیر بار عوامل وجود دارد: روش مؤلفه اصلی و روش ماکزیمم درست نمایی. در روش مؤلفه اصلی به صورت زیر مقادیر بار عوامل تخمین زده می شود (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۷):

$$\Sigma = LL' + \Psi =$$

$$[\sqrt{\lambda_1}e_1; \sqrt{\lambda_2}e_2; \dots; \sqrt{\lambda_m}e_m] \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_1}e_1' \\ \dots \\ \sqrt{\lambda_2}e_2' \\ \dots \\ \vdots \\ \dots \\ \sqrt{\lambda_m}e_m' \\ \dots \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$+ \begin{bmatrix} \psi_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \psi_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \psi_p \end{bmatrix}$$

در رابطه (۶) λ_i و e_i به ترتیب آمین مقدار و بردار ویژه داده ها هستند. به دلیل استفاده از مقادیر بردارهای ویژه، به این روش، روش مؤلفه اصلی گفته می شود. برای مطالعه جزئیات بیشتر در خصوص این روش می توان به کتاب های جانسون و ویچرن (۲۰۰۷) و سوبهاس (۱۹۹۶) مراجعه کرد.

اما در روش ماکزیمم درست نمایی، مقادیر بار عامل ها و همچنین خطاها باید به گونه ای انتخاب شود که ماتریس متعامد ارائه شده در رابطه (۷) ماکزیمم شود (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۷).

$$\Delta = L'\Psi^{-1}L \quad (7)$$

$$X_{(p \times 1)} - \mu_{(p \times 1)} = L_{(p \times m)} F_{(m \times 1)} + \varepsilon_{(p \times 1)} \quad (1)$$

$$E[F] = \mathbf{0}_{(m \times 1)}, \text{Cov}[F] = E[FF'] = I_{(m \times 1)}$$

$$E[\varepsilon] = \mathbf{0}_{(p \times 1)}, \text{Cov}[\varepsilon] = E[\varepsilon\varepsilon'] = \Psi = \begin{bmatrix} \psi_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \psi_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \psi_p \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\text{Cov}[\varepsilon F] = E[\varepsilon F'] = \mathbf{0}_{(p \times m)}$$

در رابطه (۱)، X نمایش دهنده مشاهدات دارای p صفت با میانگین μ ماتریس واریانس-کواریانس Σ است. همچنین L نمایانگر بار عوامل F نشان دهنده عوامل و ε بیان کننده خطا است؛ که گاهی به آن فاکتور خاص^{۲۸} نیز می گویند.

همان طور که ذکر شد وجود شرایط رابطه (۲) تضمین کننده متعامد بودن تحلیل عاملی است. همچنین نبود کواریانس بین عوامل و خطاها نیز در نظر گرفته می شود که شرط آخر رابطه (۲) را نتیجه می دهد. براساس رابطه (۲) و بر مبنای مدل متعامد می توان ماتریس واریانس-کواریانس مشاهدات و همچنین رابطه بین مشاهدات و عوامل را به صورت زیر تبدیل کرد:

$$\Sigma = \text{Cov}(X) = LL' + \Psi$$

$$\rightarrow \begin{cases} \text{Var}(X_i) = l_{i1}^2 + l_{i2}^2 + \dots + l_{im}^2 + \psi_i \\ \text{Cov}(X_i, X_k) = l_{i1}l_{k1} + l_{i2}l_{k2} + \dots + l_{im}l_{km} \end{cases} \quad (3)$$

در رابطه (۳) میزان توصیف متغیرها توسط عوامل پنهانی را میزان مشارکت^{۲۹} آن ها در توصیف پدیده گویند؛ که از رابطه (۴) محاسبه می شود:

$$\text{Var}(X_i) = \underbrace{l_{i1}^2 + l_{i2}^2 + \dots + l_{im}^2}_{\text{Communality}} + \underbrace{\psi_i}_{\text{Specific Variance}} \quad (4)$$

درواقع میزان مشارکت عوامل، مقداری از واریانس مشاهدات است که هر عامل آن را توصیف می کند. اگر این مقدار بر جمع واریانس کل متغیرها تقسیم شود، درصد واریانس که هر عامل از کل واریانس مشاهدات توصیف می کند، به دست می آید.

شاخص کلی هر کدام از مشاهدات استفاده می‌شود که امتیاز عوامل با ضرایبی با هم‌دیگر جمع شده و شاخص کلی را نتیجه می‌دهد. این ضرایب (w_j) همان درصد واریانس هستند که هر عامل از کل واریانس مشاهدات توصیف می‌کند.

۳- تحلیل عاملی وضعیت ایمنی

همان‌طور که در بخش ۱ گفته شد، تحلیل عاملی یکی از تکنیک‌های تجزیه و تحلیل چندمتغیره است و هدف اصلی آن بیان روابط همبستگی^{۳۱} میان بسیاری از متغیرها براساس چند کمیت تصادفی غیرقابل مشاهده است که عامل‌ها نامیده می‌شوند (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۷). بنابراین، برای تعیین این عامل‌ها ابتدا باید متغیرهای بررسی شده را تعیین و سپس این متغیرها را برای تعیین عوامل پنهانی بررسی کرد. در این مطالعه ابتدا براساس شناخت نویسندگان از موضوع، یک غربال‌گری اولیه صورت گرفته و در نتیجه تعدادی متغیر مؤثر در وضعیت ایمنی جاده‌ای از بین متغیرهای فراوان موجود انتخاب شده است. جدول (۱) این متغیرها را نشان می‌دهد.

پس از تعیین متغیرهای مطالعه شده، نیاز به تعدادی نمونه است. بنابراین استان‌های کشور به‌عنوان نمونه برگزیده شده و از داده‌های موجود آن‌ها در سالنامه راهداری و حمل و نقل جاده‌ای (۱۳۸۸) که مربوط به سال ۱۳۸۷ هستند، استفاده شد. مقادیر داده‌های مربوط به استان‌های کشور به‌ازای هر یک از ۱۳ متغیر معرفی شده در جدول (۱)، به تفکیک هر استان استخراج و برای تحلیل استفاده شدند. لازم به ذکر است، تمامی تحلیل‌های موردنیاز در این مقاله با استفاده از نرم‌افزار SAS V9.3 انجام گرفته است و نمودارهای موردنیاز با این نرم‌افزار و یا نرم‌افزار

چون رابطه (۷) براساس تابع درست‌نمایی مشاهدات به دست آمده و هدف ماکزیم کردن آن است، به این روش، روش ماکزیم درست‌نمایی گفته می‌شود. برای مطالعه جزئیات بیشتر در این خصوص می‌توان به کتاب جانسون و ویچرن (۲۰۰۷) مراجعه کرد.

همچنین برای تحلیل بهتر عوامل معمولاً از دوران عامل‌ها استفاده می‌شود. دوران عامل‌ها ساختار ساده‌تری به بار عوامل می‌دهد و بهتر می‌توان آن‌ها را تحلیل کرد. برای دوران عوامل، از هر ماتریس متعامدی می‌توان استفاده کرد و براساس آن ماتریس متعامد، بار عوامل را به دست آورد. یکی از شیوه‌های دوران عوامل روش وریمکس^{۳۰} است. این روش، یک شیوه عددی است که با محاسبات عددی انجام می‌شود. توضیحات کامل این روش در کتاب جانسون و ویچرن (۲۰۰۷) ارائه شده است.

$$\begin{aligned} \bar{L} &= [\sqrt{\lambda_1}e_1; \sqrt{\lambda_2}e_2; \dots; \sqrt{\lambda_m}e_m] \\ \rightarrow \hat{f}_j &= \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{\lambda_1}}e_1'(x_j - \bar{x}) \\ \frac{1}{\sqrt{\lambda_2}}e_2'(x_j - \bar{x}) \\ \vdots \\ \frac{1}{\sqrt{\lambda_m}}e_m'(x_j - \bar{x}) \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (8)$$

در رابطه (۸) امتیاز مشاهده‌ی \hat{f}_j (۸) امتیاز مشاهده‌ی \hat{f}_j است (توضیحات کامل تر را می‌توان در کتاب جانسون و ویچرن (۲۰۰۷) مشاهده کرد).

در نهایت برای محاسبه یک شاخص کلی می‌توان با استفاده از نمره‌ای که هر مشاهده در هر کدام از عوامل کسب کرده است و درصد توضیح واریانس مشاهدات توسط عوامل، یک نمره کلی به دست آورد. به این منظور از یک رابطه خطی برای تعیین

Excel 2013 رسم شده است.

به منظور استخراج عامل‌های مؤثر در وضعیت ایمنی راه‌ها از متغیرهای تعیین‌شده، تحلیل عاملی به دو روش مؤلفه‌های اصلی^{۲۹} و حداکثر درست‌نمایی^{۳۰} بر روی داده‌ها انجام می‌شود. لازم به ذکر است در این پژوهش، برای تحلیل داده‌ها از ماتریس همبستگی استفاده می‌شود؛ چراکه واحدهای اندازه‌گیری داده‌ها متفاوت بوده و استفاده از ماتریس واریانس-کواریانس ممکن است باعث تحلیل‌های نادرست شود (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۷). پس از بررسی‌های لازم تعداد عامل‌های قابل بررسی چهار

عدد انتخاب شد. انتخاب تعداد عامل‌ها براساس درصد واریانس توصیفی توسط فاکتورها می‌باشد. با در نظر گرفتن چهار فاکتور، بیش از ۹۱ درصد از واریانس مشاهدات را عامل‌ها توصیف می‌کنند. نتایج به دست آمده از هر دو روش مؤلفه‌های اصلی و حداکثر درست‌نمایی در جدول (۲) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود خروجی هر دو روش عامل‌های مشابهی را حاصل می‌کند. شایان ذکر است که در هر دو روش به منظور انجام تحلیل بهتر، از دوران عامل‌ها به روش وریمکس استفاده شده است.

جدول (۱) متغیرهای مؤثر در وضعیت ایمنی راه‌های کشور

نام متغیر	توضیح	واحد
x_1	تعداد پاسگاه‌های پلیس راه فعال موجود	-
x_2	تعداد پایگاه‌های امداد و نجات هلال احمر و اورژانس جاده‌ای	-
x_3	تعداد راهدارخانه‌های فعال	-
x_4	تعداد متوفیات ناشی از تصادفات رانندگی ارجاعی به مراکز پزشکی قانونی	نفر
x_5	تعداد مصدومین ناشی از تصادفات رانندگی	نفر
x_6	تعداد تخلفات	-
x_7	میزان اضافه‌بار کشف شده	تن
x_8	طول راه‌های تحت حوزه استحفاظی وزارت راه	کیلومتر
x_9	تعداد وسایل نقلیه عمومی باری برحسب محل شناسایی وسیله	دستگاه
x_{10}	تعداد وسایل نقلیه عمومی مسافری برحسب محل شناسایی وسیله	دستگاه
x_{11}	تعداد رانندگان آموزش دیده در سال ۱۳۹۲	نفر-ساعت
x_{12}	مسافت طی شده (مسافر)	کیلومتر
x_{13}	مسافت طی شده به منظور حمل و نقل کالا	کیلومتر

جدول (۲) ضرایب به دست آمده از روش‌های مؤلفه‌های اصلی و حداکثر درست‌نمایی پس از دوران

متغیر	روش مؤلفه‌های اصلی				روش حداکثر درست‌نمایی			
	عامل ۱	عامل ۲	عامل ۳	عامل ۴	عامل ۱	عامل ۲	عامل ۳	عامل ۴
x_1	0/4962	0/59591	0/45479	0/23183	0/45765	0/66904	0/36932	0/21421
x_2	0/31466	0/7823	0/44832	-0/00061	0/252	0/8783	0/32175	0/01301
x_3	0/20885	0/21496	0/17181	0/92419	0/18397	0/24632	0/15797	0/93836
x_4	0/65959	0/55601	0/42863	0/18617	0/6025	0/68894	0/33369	0/17969
x_5	0/7395	0/39772	0/36277	0/22917	0/6674	0/55058	0/27523	0/22473
x_6	0/95508	0/09836	0/10221	0/049	0/95789	0/13325	0/12699	0/04243
x_7	0/96729	0/01383	0/07777	0/13955	0/98012	0/06607	0/07443	0/14397
x_8	-0/05862	0/87466	0/3436	0/16723	-0/0642	0/78548	0/28102	0/18225
x_9	0/32641	0/38382	0/71835	0/39779	0/31578	0/48449	0/65428	0/35332
x_{10}	0/26538	0/85252	0/00613	0/16769	0/23991	0/65535	0/09048	0/16746
x_{11}	0/05658	0/18902	0/91574	0/18991	0/0602	0/25994	0/92632	0/16073
x_{12}	0/79124	0/41868	0/25529	0/17498	0/73096	0/53127	0/17175	0/19788
x_{13}	0/54492	0/26749	0/72111	-0/18484	0/51773	0/40034	0/61158	-0/1408

راهنمایی در زمینه تصمیم‌گیری‌های موردنیاز به منظور ارتقای ایمنی جاده‌ها در نظر گرفت.

گفتنی است در ادامه روند تحلیل داده‌ها، از تحلیل عاملی بر مبنای روش مؤلفه‌های اصلی استفاده می‌شود و استفاده از دو روش برای تعیین متغیرهای اصلی تشکیل‌دهنده عوامل فقط به دلیل صحت‌گذاری بر روی انتخاب عوامل بوده است. اما برای استفاده از روش ماکزیمم درست‌نمایی، شرط نرمال بودن داده‌ها لازم است. بنابراین به دلیل اینکه هر دو روش ماکزیمم درست‌نمایی و روش مؤلفه‌های اصلی تحلیل یکسانی بر روی عوامل استخراج شده داده‌اند، بنابراین می‌توان از هر دو برای تحلیل داده‌ها استفاده کرد (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۷). لذا، به دلیل اینکه شرط نرمال بودن داده باعث ایجاد محدودیت نشود، بنابراین در ادامه کار از روش مؤلفه‌های اصلی استفاده می‌شود.

با توجه ضرایب به دست آمده از جدول (۲)، می‌توان متغیرها را در قالب جدول (۳) به عامل‌ها تخصیص داد. براین اساس می‌توان عامل اول را عامل «اثرات تخلفات بر تلفات جانی مسافری» نامید. عامل دوم نیز به نوعی دربرگیرنده «کنترل‌ها و امکانات جاده‌ای» است. عامل سوم نماینده «آموزش رانندگان باری» و عامل چهارم نیز همان‌طور که از جدول (۳) مشخص است، «تعداد راهدارخانه‌های فعال» می‌باشد.

همان‌طور که از نوع تفسیر این عوامل مشخص است، عامل اول عاملی منفی بوده و هر استانی که امتیاز آن در این عامل بیشتر باشد وضعیت ایمنی جاده‌های آن از این منظر بدتر است، اما سه عامل دیگر جنبه مثبت دارند و استان‌هایی که در این عوامل امتیاز بیشتری دارند وضعیت ایمنی راه‌های آن‌ها نیز بهتر است. این عوامل را می‌توان به عنوان الگو و

جدول (۳) تخصیص متغیرها به عامل‌ها

عامل	نام متغیر	توضیح متغیر
۱	x_4	تعداد متوفیات ناشی از تصادفات رانندگی ارجاعی به مراکز پزشکی قانونی
	x_5	تعداد مصدومین ناشی از تصادفات رانندگی
	x_6	تعداد تخلفات
	x_7	میزان اضافه بار
	x_{12}	مسافت طی شده (مسافر)
۲	x_1	تعداد پایگاه‌های پلیس راه فعال موجود
	x_2	تعداد پایگاه‌های امداد و نجات هلال احمر و اورژانس جاده‌ای
	x_8	طول راه‌های تحت حوزه استحفاظی وزارت راه
	x_{10}	تعداد وسایل نقلیه عمومی مسافری برحسب محل شناسایی وسیله
۳	x_9	تعداد وسایل نقلیه عمومی باری برحسب محل شناسایی وسیله
	x_{11}	تعداد رانندگان آموزش دیده در سال ۱۳۸۷
	x_{13}	مسافت طی شده به منظور حمل و نقل کالا
۴	x_3	تعداد راهدارخانه‌های فعال

همچنین براساس امتیازهای محاسبه شده استان‌ها به‌ازای هر عامل می‌توان بررسی‌های مختلفی انجام داد. یکی از این تحلیل‌ها در جدول (۶) نشان داده شده است. در این جدول پنج استان اول و آخر در بین ۳۰ استان کشور براساس عامل‌های اول تا چهارم به تفکیک مشاهده می‌شود.

مقادیر جدول (۶) می‌تواند به مسئولان ذی‌ربط در رسیدگی به وضعیت ایمنی استان‌ها کمک کرده و آنان را در تصمیم‌گیری‌های آتی یاری نماید تا بدانند که در هر کدام از عوامل ۴ گانه، کدامیک از استان‌ها در اولویت رسیدگی قرار دارند.

برای محاسبه مقدار امتیاز هر استان در عوامل چهارگانه به دست آمده، ضرایب امتیاز استاندارد شده عامل‌ها محاسبه می‌شود. در این مقاله با استفاده از روش رگرسیون این محاسبه انجام گرفته است. مقادیر مربوط به ضرایب استاندارد شده عامل در جدول (۴) آمده‌اند.

براساس ضرایب استاندارد شده عامل‌ها که در جدول (۴) ارائه گردیده است، ابتدا داده‌های اصلی مدل استاندارد شده و سپس امتیاز عامل‌ها برای هر استان محاسبه می‌شود. این مقادیر که نشان دهنده میزان برتری استان‌ها در هر یک از عوامل ۴ گانه می‌باشد، در جدول (۵) نشان داده شده‌اند.

جدول (۴) ضرایب امتیاز استاندارد شده عامل‌ها

متغیر	عامل ۱	عامل ۲	عامل ۳	عامل ۴
x_1	0/02849	0/12276	0/03981	0/03091
x_2	-0/03953	0/30576	0/02905	-0/22853
x_3	-0/0583	-0/11873	-0/08247	0/88397
x_4	0/10353	0/09585	0/01398	-0/02151
x_5	0/15835	0/00115	-0/00033	0/05309
x_6	0/33168	-0/09237	-0/1072	-0/06868
x_7	0/3414	-0/1555	-0/11017	0/04324
x_8	-0/1921	0/40965	-0/04129	-0/02357
x_9	-0/06694	-0/10659	0/31005	0/22876
x_{10}	-0/01509	0/4678	-0/33275	-0/00995
x_{11}	-0/15735	-0/2221	0/58453	0/05063
x_{12}	0/19698	0/0533	-0/08812	0/00035
x_{13}	0/0839	-0/09672	0/38471	-0/37787
x_{14}	0/02849	0/12276	0/03981	0/03091

جدول (۵) امتیاز داده‌ها به‌ازای هر عامل

نام استان	علامت اختصاری	عامل ۱	عامل ۲	عامل ۳	عامل ۴
آذربایجان شرقی	AZSH	-0/46303	0/60234	0/31026	1/43953
آذربایجان غربی	AZGH	1/01688	-0/04426	-1/2206	1/91633
اردبیل	ARDB	-0/63592	-0/33479	-0/25574	-0/35413
اصفهان	ISFH	0/05781	-0/10236	2/98911	1/52106
ایلام	ILAM	-0/47237	-0/56461	-0/51342	-0/76414
بوشهر	BOSH	-0/20152	-0/51115	-0/28246	-0/88639
تهران	TEHR	4/68338	-0/5971	0/41453	-0/02282
چهارمحال و بختیاری	CHVB	-0/64919	-0/39422	-0/48778	0/1174
خراسان جنوبی	KHJO	-0/98839	-0/07266	-0/28348	-0/2656
خراسان رضوی	KHRA	0/44293	1/79949	0/73834	0/99697
خراسان شمالی	KHSH	-0/52342	-1/05694	-0/48844	0/73381
خوزستان	KHOZ	0/44626	2/02684	0/56605	-2/52999
زنجان	ZANJ	-0/49151	-0/52983	-0/37842	0/32247
سمنان	SEMN	-0/0418	-0/74428	-0/26795	-0/56764
سیستان و بلوچستان	SIST	-0/28626	2/23894	-1/22616	-0/21617
فارس	FARS	-0/5971	1/59102	2/02951	1/01855
قزوین	GHAZ	-0/22091	-0/60418	0/03144	-0/63791
قم	GHOM	0/31866	-1/20032	-0/4045	-0/91527
کردستان	KORD	-0/41783	-0/41256	-0/71653	1/25615
کرمان	KERM	0/05773	1/6676	-0/53111	-1/34118
کرمانشاه	KERS	-0/18218	-0/01191	-0/25526	1/01499
کهگیلویه و بویراحمد	KOHG	-0/60221	-0/6307	-0/74487	0/23045
گلستان	GOLS	0/32933	-0/4368	-0/53307	-0/74119
گیلان	GILA	0/79146	-0/01126	-0/8776	-0/17424
لرستان	LORS	-0/50446	0/10102	-0/40127	0/29171
مازندران	MAZA	0/07651	1/52126	-0/79735	0/14339
مرکزی	MARK	-0/43909	-0/63813	0/35786	0/289
هرمزگان	HORM	-0/63847	-1/08347	2/60576	-1/80292
همدان	HAMD	0/2514	-0/56655	0/09332	0/27339
یزد	YAZD	-0/11668	-1/00041	0/52982	-0/3456

جدول (۶) استان‌های برتر و بدتر کشور براساس هر عامل

نوع	رتبه	عامل ۱	عامل ۲	عامل ۳	عامل ۴
بهترین استان‌ها	۱	تهران	سیستان و بلوچستان	اصفهان	آذربایجان غربی
	۲	آذربایجان غربی	خوزستان	هرمزگان	اصفهان
	۳	گیلان	خراسان رضوی	فارس	آذربایجان شرقی
	۴	خوزستان	کرمان	خراسان رضوی	کردستان
	۵	خراسان رضوی	فارس	خوزستان	فارس
بدترین استان‌ها	۱	خراسان جنوبی	قم	سیستان و بلوچستان	خوزستان
	۲	چهارمحال و بختیاری	هرمزگان	آذربایجان غربی	هرمزگان
	۳	هرمزگان	خراسان شمالی	گیلان	کرمان
	۴	اردبیل	یزد	مازندران	قم
	۵	کهگیلویه و بویر احمد	سمنان	کهگیلویه و بویر احمد	بوشهر

۴- رتبه‌بندی استان‌ها

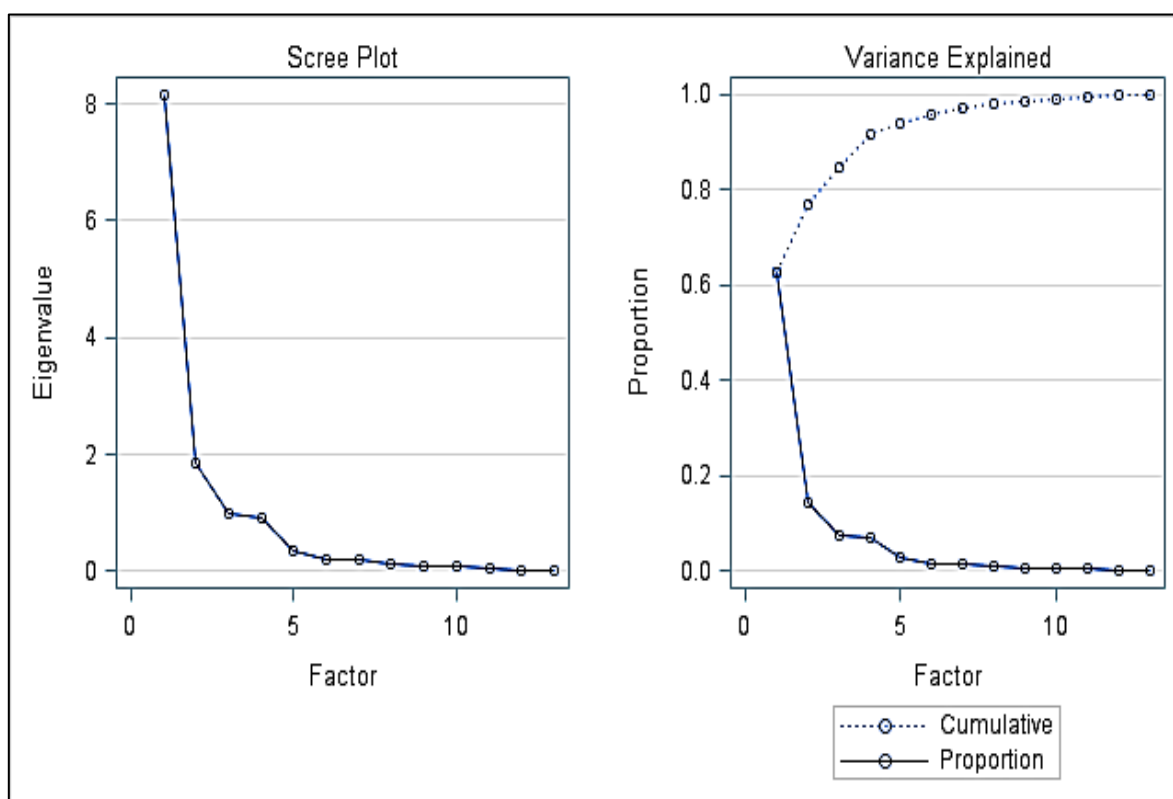
در بخش ۲، برای متغیرهای معرفی شده در جدول ۱، چهار عامل انتخاب و سپس امتیاز عامل‌ها برای داده‌های ذکر شده محاسبه شد. حال در این بخش با استفاده از یک شاخص کلی با نام WSI به رتبه‌بندی استان‌ها از لحاظ ایمنی راه‌های آن‌ها پرداخته می‌شود. برای به دست آوردن این شاخص، به دلیل استفاده از ماتریس همبستگی، از نسبت کل واریانس استاندارد شده‌ای که هر عامل پس از انجام دوران

توصیف می‌کند، استفاده می‌شود. برای محاسبه این نسبت، مقدار واریانس هر عامل بر مجموع واریانس متغیرهای استاندارد شده تقسیم می‌گردد. بنابراین از تقسیم مقدار واریانس بر تعداد متغیرها، این نسبت محاسبه خواهد شد (جانسون و ویچرن، ۲۰۰۷). این مقادیر برای چهار عامل به‌دست آمده در جدول (۷) نشان داده شده‌اند. همچنین براساس مقادیر گفته شده می‌توان وزن استاندارد شده عامل‌ها را محاسبه کرد که این مقادیر نیز در جدول (۸) آمده‌اند.

جدول (۷) مقدار واریانس توصیفی توسط هر عامل

عامل				شاخص
۴	۳	۲	۱	
1/332	2/827	3/412	4/325	مقدار واریانس توصیفی
0/102	0/217	0/262	0/333	نسبت واریانس توصیفی استاندارد شده (w_i)
0/915	0/813	0/595	0/333	نسبت واریانس توصیفی استاندارد شده تجمعی

همچنین در شکل (۱) واریانس توصیفی عوامل به صورت ساده و تجمعی نمایش داده شده است.



شکل (۱) نمودار واریانس توصیفی عوامل

$$WSI = w_1 \times (-FS_1) + w_2 \times FS_2 + w_3 \times FS_3 + w_4 \times FS_4 \quad (9)$$

در رابطه (۹)، w_1 تا w_4 وزن استاندارد شده عامل‌ها بوده که براساس رابطه (۴) محاسبه شده‌اند. همچنین FS_1 تا FS_4 نیز مقادیر امتیاز استاندارد شده عامل‌ها هستند. پس از محاسبه مقدار WSI برای استان‌های کشور، می‌توان کلیه استان‌ها را براساس این شاخص به صورت نزولی مرتب کرد. نتایج این رتبه‌بندی برای ۳۰ استان کشور در جدول (۸) نشان داده شده است.

شکل (۱) نشان می‌دهد که انتخاب چهار عامل به‌عنوان عوامل توصیف‌کننده متغیرها درست بوده است. اگر چه امکان انتخاب ۵ عامل نیز وجود داشت. اما این چهار عامل بیش از ۹۱ درصد از واریانس متغیرها را توصیف می‌کنند و نیازی به انتخاب عامل پنجم نیست.

همان‌طور که در بخش ۲ ذکر شد، عامل اول جنبه منفی دارد و عوامل دیگر، همگی جنبه مثبت دارند. لذا برای محاسبه WSI مقادیر امتیازهای عامل اول برای استان‌ها را باید در عدد ۱- ضرب کرد. سپس براساس فرمول زیر شاخص WSI محاسبه می‌شود:

جدول (۸) نتیجه رتبه‌بندی استان‌ها براساس شاخص ایمنی جاده‌ای

رتبه	نام استان	مقدار شاخص	رتبه	نام استان	مقدار شاخص
۱	فارس	1/1620	۱۶	کردستان	-0/0248
۲	اصفهان	0/7598	۱۷	زنجان	-0/1036
۳	خراسان رضوی	0/5877	۱۸	کهگیلویه و بویر احمد	-0/1343
۴	آذربایجان شرقی	0/5271	۱۹	خراسان شمالی	-0/1436
۵	سیستان و بلوچستان	0/3941	۲۰	قزوین	-0/1440
۶	هرمزگان	0/3100	۲۱	یزد	-0/1810
۷	خوزستان	0/2474	۲۲	ایلام	-0/1840
۸	خراسان جنوبی	0/2209	۲۳	همدان	-0/2194
۹	مازندران	0/2151	۲۴	بوشهر	-0/2979
۱۰	کرمان	0/1656	۲۵	سمنان	-0/4161
۱۱	لرستان	0/1370	۲۶	گلستان	-0/4190
۱۲	کرمانشاه	0/1060	۲۷	آذربایجان غربی	-0/4750
۱۳	مرکزی	0/0860	۲۸	گیلان	-0/6028
۱۴	اردبیل	0/0318	۲۹	قم	-1/6271
۱۵	چهارمحال و بختیاری	0/0185	۳۰	تهران	-0/0248

شاخص کل و رتبه هر کدام از استان‌ها در هر سال محاسبه شد تا بتوان روند بهبود یا بدتر شدن وضعیت ایمنی جاده‌ها در هر استان را مشاهده کرد و بر مبنای آن، اقدامات لازم انجام گیرد. مهمترین نمونه تحلیل‌هایی که می‌توان در رابطه با استان‌ها ذکر کرد در زیر ارائه می‌شود.

اگرچه استان تهران از سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۳۹۰ در رتبه سی‌ام قرار داشته است، اما در سال ۱۳۹۱ سه پله صعود کرده و در سال ۱۳۹۲ دارای جهشی بزرگ بوده است و به رده پانزدهم رسیده است و شاخص کل آن برای اولین بار مثبت شده است. شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب روند رتبه‌های کسب شده این استان و

همان‌طور که مشاهده می‌شود در بین ۳۰ استان کشور، استان فارس دارای بهترین وضعیت از لحاظ شاخص کلی ایمنی جاده‌ای در سال ۱۳۸۷ بوده است و استان تهران نیز در این سال در رتبه آخر قرار دارد.

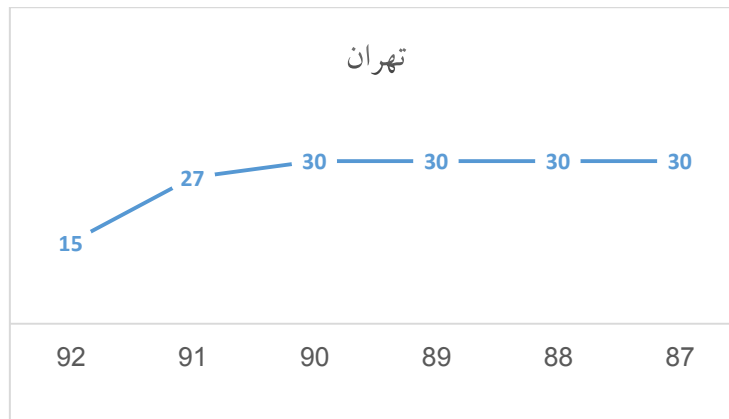
۴-۱- تحلیل روند وضعیت ایمنی جاده‌ها در استان‌ها از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲

در این قسمت براساس روش توضیح داده شده جهت تحلیل عاملی و بر مبنای داده‌های سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ (مستخرج از سالنامه‌های آماری راهداری و حمل و نقل جاده‌ای منتشر شده در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳)، تحلیل عاملی برای بررسی وضعیت ایمنی جاده‌ای استان‌های کشور انجام گرفت و نمره

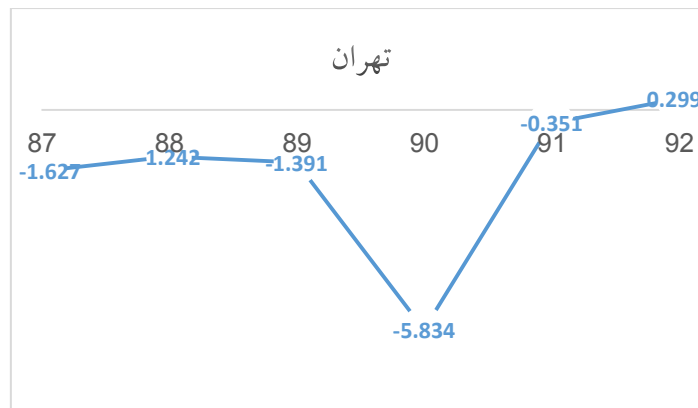
بیش از هفت برابری میزان نفر-ساعت آموزش پرسنل در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال قبل خود مهم‌ترین عامل جهش بوده است. عامل دیگر اینکه میزان راهدارخانه‌های این استان از سال ۱۳۹۰ به بعد رشد درخور توجهی داشته است.

روند شاخص کل حاصل از تحلیل عاملی را برای آن نمایش می‌دهد.

دو عامل اصلی، دلیل این روند صعودی و جهش چشمگیر بوده است. مهمترین دلیل را می‌توان افزایش چشمگیر میزان نفر-ساعت آموزش پرسنل این استان در سال ۱۳۹۲ بیان کرد. در واقع افزایش



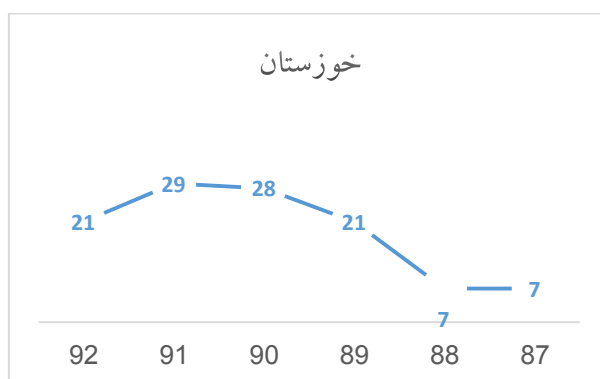
شکل (۲) روند رتبه‌های کسب‌شده توسط استان تهران براساس ایمنی جاده‌ها



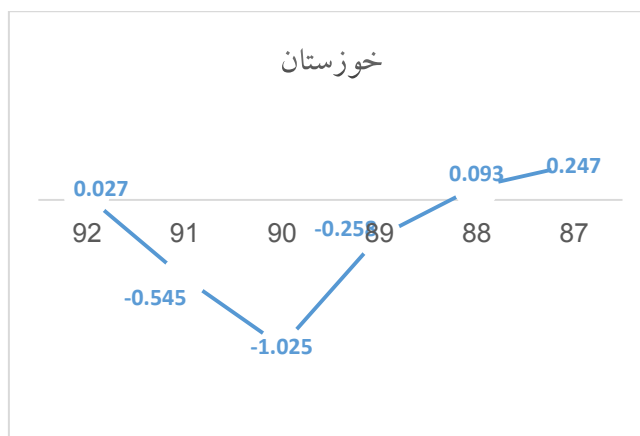
شکل (۳) روند شاخص کل کسب‌شده توسط استان تهران براساس ایمنی جاده‌ها

نیز همواره جزء ۱۰ استان ناایمن قرار داشته است. روند رتبه‌ها و شاخص کل این استان در شکل‌های (۴) و (۵) ارائه شده است.

اما استان خوزستان روندی دقیقاً عکس روند استان تهران داشته است. در واقع اگر چه این استان در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در رتبه هفتم بوده است، اما در سال ۱۳۸۹ به یک‌باره سقوط کرده و پس از آن



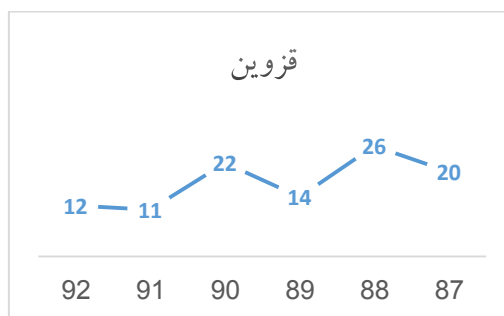
شکل (۴) روند رتبه‌های کسب‌شده توسط استان خوزستان براساس ایمنی جاده‌ها



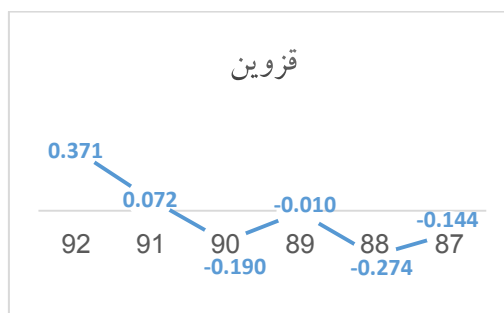
شکل (۵) روند شاخص کل کسب‌شده توسط استان خوزستان براساس ایمنی جاده‌ها

جاده‌ای بوده‌اند. نمودار روند رتبه و شاخص کل این استان‌ها در شکل‌های (۸) تا (۱۱) به ترتیب در بخش ضmann ارائه شده است. استان قزوین روندی عکس دو استان کهگیلویه و بویراحمد و هرمزگان داشته است. در این استان، روند صعودی در ایمنی جاده طی سال‌های بررسی شده مشخص است. نمودار روند رتبه‌های کسب شده و شاخص کل این استان در شکل‌های (۶) و (۷) ارائه شده است.

مهم‌ترین عامل سقوط این استان در رتبه‌بندی استان‌ها این است که در سال ۱۳۸۹ میزان اضافه‌بار کشف‌شده در جاده‌های این استان به یک‌باره افزایشی حدود ۴۰۰ درصدی داشته است و این میزان در سال‌های بعد هم کاهش نیافته است. البته ممکن است در سال‌های قبل نیز همین میزان اضافه‌بار وجود داشته؛ ولی کشف نشده باشد و لذا رتبه استان در سال‌های ۸۷ و ۸۸ به صورت کاذب خوب بوده است. همچنین برخی استان‌های دیگر مثل کهگیلویه و بویراحمد و هرمزگان دارای روند نزولی در ایمنی



شکل (۶) روند رتبه‌های کسب شده توسط استان قزوین براساس ایمنی جاده‌ها



شکل (۷) روند شاخص کل کسب شده توسط استان قزوین براساس ایمنی جاده‌ها

است. متأسفانه در حال حاضر کشور ایران از نظر آمارهای موجود دارای وضعیت نامناسبی در زمینه ایمنی جاده‌ها است و سالانه تعداد زیادی از مردم در اثر سوانح جاده‌ای مجروح شده و یا جان خود را از دست می‌دهند. بنابراین سرمایه‌گذاری در زمینه ارتقای ایمنی راه‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد. آنچه در این بین اهمیت دارد هدایت تلاش‌ها و سرمایه‌ها به سمت نقاط حساس و اثرگذار در امر ایمنی جاده‌ای است. در این مقاله موضوع ایمنی راه‌ها با استفاده از رویکرد تجزیه و تحلیل چندمتغیره مطالعه شد. ابتدا ۱۳ متغیر اثرگذار در ایمنی جاده‌ای انتخاب و سپس با استفاده از تحلیل عاملی چهار عامل مهم از این متغیرها استخراج شد. براساس عامل‌های تعیین شده امتیاز استان‌های کشور در هر یک از این عوامل محاسبه شد. پس از آن نیز براساس یک شاخص کلی در ایمنی راه‌ها که بر مبنای میزان واریانس توصیف

برای سایر استان‌ها، تقریباً روند یکسانی را طی سال‌های بررسی شده می‌توان در نظر گرفت. اگرچه نوساناتی وجود داشته است، اما روند مثبت یا منفی خاصی برداشت نمی‌شود. بنابراین از بین استان‌های باثبات، می‌توان فارس، آذربایجان شرقی، اصفهان و کرمان را به‌عنوان بهترین استان‌ها و استان‌های گیلان، قم، گلستان و بوشهر را به‌عنوان بدترین استان‌ها معرفی کرد. نمودار روند رتبه‌های این استان‌ها در شکل‌های (۱۲) تا (۱۹) در بخش ضمیمه ارائه شده است.

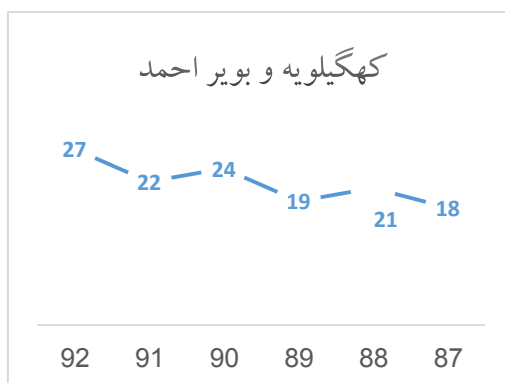
۵- نتیجه‌گیری

امروزه حمل و نقل یکی از ضروریات زندگی انسان‌ها به شمار می‌آید. اما آنچه در این زمینه برای همگان اهمیت ویژه‌ای دارد، داشتن یک سفر ایمن است. ایمنی یکی از نیازهای بسیار مهم انسان‌ها

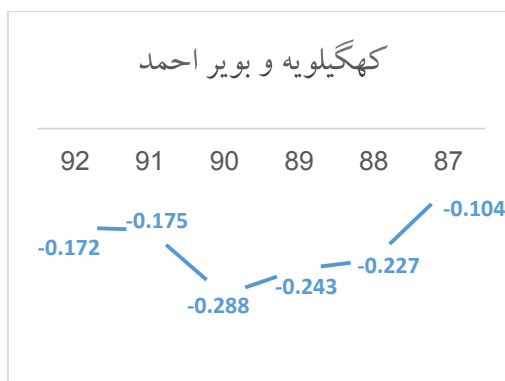
انجام گرفت و روند نمرات و رتبه‌های کسب‌شده هرکدام از استان‌ها تحلیل و ارزیابی شد.

شده توسط هر عامل محاسبه می‌شود، استان‌های کشور رتبه‌بندی شدند. در انتها، تحلیل عاملی برای هرکدام از استان‌ها برای سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲

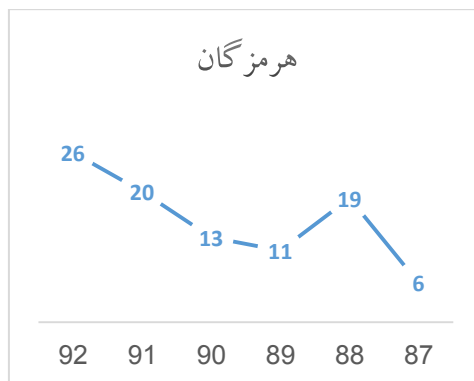
ضمائم



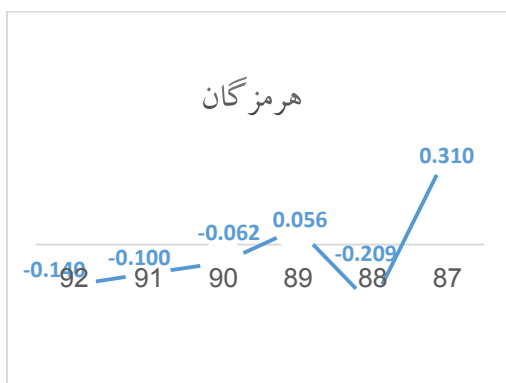
شکل (۸) روند رتبه‌های کسب‌شده توسط استان کهگیلویه و بویراحمد براساس ایمنی جاده‌ها



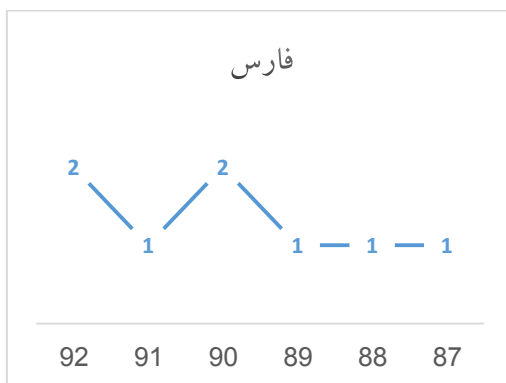
شکل (۹) روند شاخص کل کسب‌شده توسط استان کهگیلویه و بویراحمد براساس ایمنی جاده‌ها



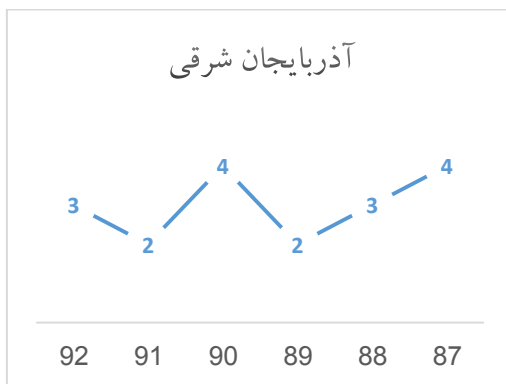
شکل (۱۰) روند رتبه‌های کسب‌شده توسط استان هرمزگان براساس ایمنی جاده‌ها



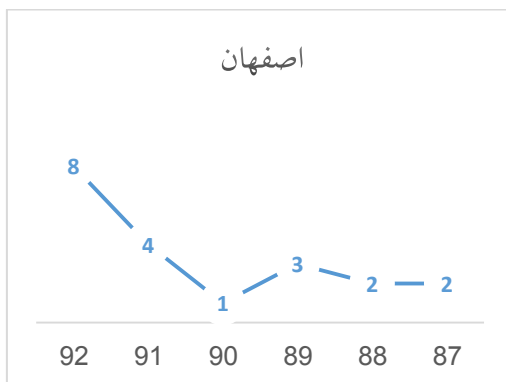
شکل (۱۱) روند شاخص کل کسب‌شده توسط استان هرمزگان براساس ایمنی جاده‌ها



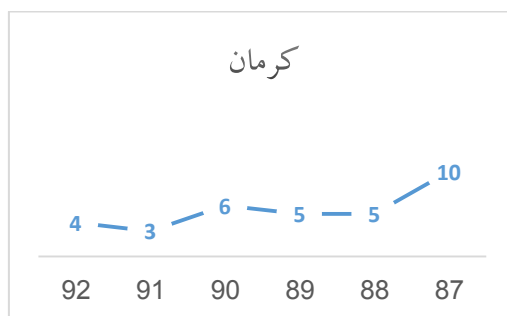
شکل (۱۲) روند رتبه‌های کسب‌شده توسط استان فارس براساس ایمنی جاده‌ها



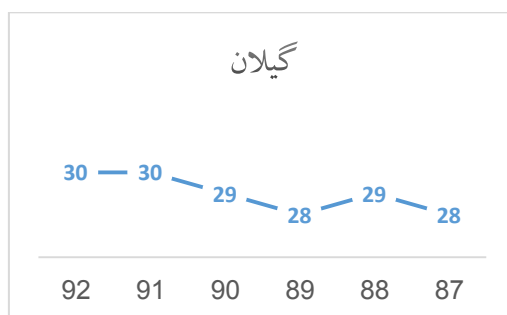
شکل (۱۳) روند رتبه‌های کسب‌شده توسط استان آذربایجان شرقی براساس ایمنی جاده‌ها



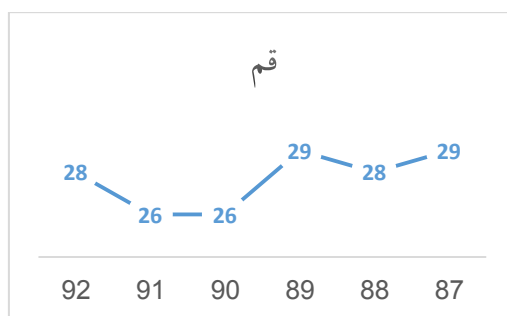
شکل (۱۴) روند رتبه‌های کسب‌شده توسط استان اصفهان براساس ایمنی جاده‌ها



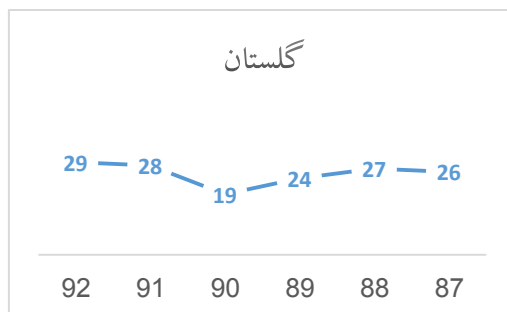
شکل (۱۵) روند رتبه‌های کسب‌شده توسط استان کرمان براساس ایمنی جاده‌ها



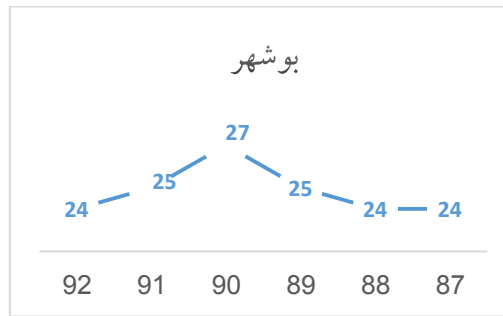
شکل (۱۶) روند رتبه‌های کسب‌شده توسط استان گیلان براساس ایمنی جاده‌ها



شکل (۱۷) روند رتبه‌های کسب‌شده توسط استان قم براساس ایمنی جاده‌ها



شکل (۱۸) روند رتبه‌های کسب‌شده توسط استان گلستان براساس ایمنی جاده‌ها



شکل (۱۹) روند رتبه‌های کسب‌شده توسط استان بوشهر براساس ایمنی جاده‌ها

سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای. (۱۳۹۲). «سالنامه آماری ۱۳۹۱»، تهران.

سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای. (۱۳۹۳). «سالنامه آماری ۱۳۹۲ تهران».

صادقی علی اصغر، آیتی اسماعیل. و پیرایش نقاب محمدعلی. (۱۳۹۰). شناسایی و اولویت‌بندی قطعات حادثه‌خیز راه با رویکرد قطعه‌بندی مسیر و تحلیل پوششی داده‌ها، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، ۳(۱)، ۵۵-۶۸.

- Bao, Q., Ruan, D., Shen, Y., Hermans, E. & Janssens, D. (2011). "Improved hierarchical fuzzy TOPSIS for road safety performance evaluation", Knowledge Based Systems. Article in Press, doi:10.1016/j.knosys.
- Boyer, M., & Dionne, G. (1987). "The economics of road safety". *Transportation Research*, 21(5), 413-431.
- Cook, W.D., Kazakov, A., & Persaud, B.N. (2001) "Prioritizing highway accident sites: a data envelopment analysis model", *Journal of Operational Research Society*, 52, 303-309.
- Elvik R. (2008). "Dimensions of road safety problems and their measurement". *Accident Analysis and Prevention*, 40, 1200-1210.
- Hermans, E., Brijs, T., Wets, G. & Vanhoof, K. (2009). "Benchmarking road safety: Lessons to learn from a data envelopment analysis". *Accident Analysis and Prevention*, 41, 174-182.
- Johnson, R.A. & Wichern D.W. (2007).

منابع

- بهنود، حمیدرضا، آیتی، اسماعیل. و پیرایش نقاب، محمدعلی. (۱۳۹۲). «تحلیل عملکرد، الگوگذاری و تعیین اهداف ایمنی راه با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها»، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، ۴(۴)، ۴۱۹-۴۲۸.
- بهنود، حمیدرضا، پیرایش نقاب، محمدعلی. و آیتی، اسماعیل. (۱۳۹۲) «ایجاد سیستم پشتیبانی از تصمیم فازی در مدیریت و برنامه‌ریزی اقدامات ایمن سازی راه»، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، ۵(۲)، ۱۸۳-۲۰۰.
- تندیسی محسن. و رضایی محمدرضا. (۱۳۹۲). «برنامه‌ریزی راهبردی حمل و نقل پایدار شهری در کلان‌شهرهای ایران (مطالعه موردی: شهر مشهد)»، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، ۵(۱)، ۱-۱۸.
- سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای. (۱۳۸۸). «سالنامه آماری ۱۳۸۷»، تهران.
- سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای. (۱۳۸۹). «سالنامه آماری ۱۳۸۸»، تهران.
- سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای. (۱۳۹۰). «سالنامه آماری ۱۳۸۹»، تهران.
- سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای. (۱۳۹۱). «سالنامه آماری ۱۳۹۰»، تهران.

- Shi, H. (2009). "Fuzzy evaluation approach of road traffic safety based on AHP". *International Conference on Future BioMedical Information Engineering, FBIE*.
- Subhash, S. (1996). Applied multivariate techniques. John Wiley & Sons Inc, Canada.
- Wong, S.C., Leung, B.S.Y., Loo, B.P.Y., Hung, W.T. & Lo, H.K. (2004). "A qualitative assessment methodology for road safety policy strategies". *Accident Analysis and Prevention*, 36, 281–293.
- Applied multivariate statistical analysis. Pearson Prentice Hall, Sixth edition.
- Ma, Z., Shao, C., Wang, Y. & Ma, S. (2009). "Research on regional road safety evaluation based on fuzzy theory". *Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, ICICTA '09*.
- Shen, Y., Li, T., Hermans, E., Ruan, D., Wets, G., Vanhoof, K. & Brijs, T. (2010). "A hybrid system of neural networks and rough sets for road safety performance indicators". *Soft Computation*, 14, 1255-1263.

پی نوشت

- 1 transportation
- 2 Boyer and Dionne
- 3 Cook
- 4 Hermans
- 5 Shi
- 6 Ma
- 7 Elvik
- 8 magnitude
- 9 severity
- 10 externality
- 11 inequity
- 12 complexity
- 13 spatial dispersion
- 14 temporal stability
- 15 perceived urgency
- 16 Wong
- 17 amenability to treatment
- 18 cluster analysis
- 19 Shen
- 20 autoregression
- 21 Bao
- 22 Factor
- 23 Johnson and Wichern
- 24 Subhash
- 25 Principal Components (PC)
- 26 Maximum Likelihood (ML)
- 27 Factor Loading
- 28 Specific Factor
- 29 Communalities
- 30 Varimax
- 31 correlation