

## رتبه‌بندی استان‌های کشور به منظور بهبود ایمنی جاده‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

پریچهر زمانی<sup>۱\*</sup>، حسین مهریزی<sup>۲</sup>

<sup>(۱)</sup> استادیار، گروه صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قم، قم، ایران

<sup>(۲)</sup> گروه حسابداری و مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قم، قم، ایران

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۲۰

### چکیده

هرساله بروز حوادث متعدد رانندگی در جاده‌های ایران، عده‌ی زیادی را به کام مرگ می‌کشد و هزاران نفر را مصدوم و خانواده‌های بسیاری را دچار عوارض روحی و جسمی و مشکلات عدیده مالی می‌کند به طوری که امروزه مسأله‌ی تصادفات رانندگی در کشور به یکی از مسائل تلخ تبدیل شده است. به طور حتم نمی‌توان به همه‌ی استان‌ها با یک دید نگاه کرد. دانستن این مطلب که کدام استان بهترین یا بدترین شرایط را با توجه به معیارهای مختلف دارد می‌تواند تصمیم‌گیری‌های مسئولان و کارشناسان مربوطه را در زمینه‌های گوناگون تحت تأثیر قرار دهد. در این مقاله برخی از استان‌های کشور بر اساس معیارهای مختلف از جمله تجهیزات مربوط به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند رتبه‌بندی می‌شوند که این روش نشان می‌دهد که تنها آمار کشته‌ها و مصدومین نمی‌تواند ملاک مناسبی برای رتبه‌بندی استان‌ها به منظور انجام اقداماتی مؤثر برای بهبود ایمنی جاده‌ها باشد و معیارهای گوناگونی می‌توانند در رتبه‌بندی استان‌ها دخیل باشد. این رتبه‌بندی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام می‌شود. براساس نتایج به‌دست آمده مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی استان‌های کشور به‌منظور بهبود ایمنی جاده‌ها به ترتیب: تعداد پایگاه‌های امدادی، نوع آسیب، تجهیزات حمل‌ونقل هوشمند و میزان تردد می‌باشند. استخراج نتایج نیز با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice (EC) انجام شده است.

**واژه‌های کلیدی:** رتبه‌بندی، سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، نرم‌افزار EC.

## ۱- مقدمه

در میان زیرساختارهای مختلف تشکیل‌دهنده‌ی یک کشور، سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای به عنوان زیر ساختاری که نقش بسزایی در شکل‌گیری سایر فعالیت‌های آن کشور دارد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این‌رو مدیریت و برنامه‌ریزی مؤثر در این زمینه بسیار حائز اهمیت می‌باشد. سیستم حمل‌ونقل با مشکلات و حوادثی هم مواجه است. از میان حوادث مختلف مرتبط با شبکه‌ی حمل‌ونقل، تصادفات رانندگی به دلیل خصوصیات خاص خود از جمله فراوانی بالا، شدت زیاد و شانس درگیر شدن مستقیم تمامی افراد جامعه در آن از اهمیت بالایی برخوردار است که این نقش در کشورهای در حال توسعه نظیر کشور ما از نمود بیشتری برخوردار است. از این‌رو، مدیران و کارشناسان مربوطه لازم است در جهت رفع این مشکل و افزایش سطح ایمنی حمل‌ونقل جاده‌ای و کاهش تصادفات، اقداماتی را انجام دهند. واضح است برای اینکه این اقدامات (اعم از اقدامات پیشگیرانه و یا حتی اصلاحی) به اندازه‌ی کافی مؤثر و نتیجه‌بخش باشد آن‌ها باید اطلاعات و شناختی کافی نسبت به گزینه‌های مختلف داشته باشند [۱]. تا به امروز تعداد تصادفات و تلفات تنها معیار ارزیابی ایمنی جاده‌ها بوده است.

حوادث جاده‌ای و تلفات ناشی از آن نه تنها یکی از چالش‌های کشورمان ایران بلکه یکی از چالش‌های کنونی جوامع بشری است که هزینه‌های اقتصادی زیادی را بر اقتصاد کشورها تحمیل نموده است. برقراری ایمنی در شبکه‌های حمل‌ونقل جاده‌ای همواره مورد توجه مسئولین ترافیک کشور بوده است. در طول دوره پنج ساله ۸۶ تا ۹۱، شاهد نزدیک به ۶۸۰ هزار فقره تصادف در جاده‌های برون شهری کشور بوده‌ایم. این میزان تصادف با کاهش ۸ درصدی از میزان ۱۲۸ هزار تصادف در سال ۸۶، به میزان ۱۱۷ هزار تصادف در سال ۹۰

رسیده است. ذکر این نکته ضروری است که تعداد کشته‌شدگان تصادفات برون شهری از رقم ۱۳۷۶۰ نفر در سال ۸۶ به رقم ۱۲۲۳۲ نفر در سال ۹۰ کاهش یافته است. این آمار و ارقام نشان از این واقعیت می‌دهد که وضعیت ایمنی جاده‌های کشور در طی پنج سال مذکور رو به بهبود بوده است [۲].

این بهبود نسبتاً کم نشان می‌دهد که هنوز اقدامات زیادی باید انجام گیرد تا فاصله‌ی خود را با شرایط آرمانی کم کنیم. اگرچه کشورهای در حال توسعه، تنها دارای یک سوم حجم وسایل نقلیه جهان می‌باشند، ولی بیش از دوسوم قربانیان تصادفات، در این کشورها (کشورهای با سطح درآمد کم یا متوسط) می‌باشند. به عنوان مثال در کشورهای آلمان، انگلستان و فرانسه با اینکه شاخص وسیله نقلیه - کیلومتر طی شده، بیش از ۱۰ برابر ایران است، تعداد کشته‌ها بسیار کمتر است [۳]. بررسی‌ها نشان می‌دهند که تبعات اقتصادی تصادفات در کشورهای در حال توسعه بسیار بیشتر از کشورهای توسعه یافته است. بنابراین بهبود ایمنی، شاخص بسیاری جدی در ارزیابی تلاش در بهبود کیفیت زندگی است، چرا که بهبود ایمنی بدون برنامه و بدون ارتقاء بدست نمی‌آید [۴].

براساس آمارهای رسمی که سازمان بهداشت جهانی منتشر کرده، ایران به ازای هر صد هزار نفر جمعیت، چهارمین کشور دنیا از لحاظ مرگ و میر و تلفات رانندگی است و رتبه‌های اول تا سوم نیز به ترتیب در اختیار کشورهای جمهوری دومینیکن، ونزوئلا و تایلند قرار دارد. ما با ۱۹ هزار کشته در حوادث ترافیکی سال ۱۳۹۰، در دنیا مقام چهارم را به دست آورده‌ایم، اما درمدیترانه شرقی اول شده‌ایم [۵].

دنیای اطراف ما مملو از مسائل چندمعیاره است و انسان‌ها همیشه مجبور به تصمیم‌گیری در این زمینه‌ها هستند. به طور مثال، هنگام انتخاب منزل معیارهای متفاوتی چون هزینه، نزدیکی به محل کار، فرهنگ مردم محله، دسترسی به مراکز خرید،

الزاماً به دلیل کمبودهای زیرساختی نبوده و عملکردها و استفاده‌های نابجا از تجهیزات و امکانات موجود آن را تشدید می‌نماید. در بهبود سیستم حمل و نقل شهری نمی‌توان نگرش موضعی، مقطعی و موردی داشت و می‌بایست نگرش جامع در تصمیمات لحاظ گردد و صرف خرید تجهیزات و گسترش شبکه و ساختن بزرگراه نمی‌توان به این مهم دست یافت [۹].

ایمنی در جاده‌ها مسأله‌ی پیچیده‌ای شامل مؤلفه‌های مختلف بوده و برای دستیابی به سطح مطلوب آن، درک عمیق مسأله‌ی ایمنی جاده‌ها و شناخت همه‌ی مؤلفه‌های مؤثر و تخمین میزان تأثیر هر یک در این مهم، امری ضروری است و با هدف تخصیص بهینه‌ی بودجه‌ی محدود، بهبود ایمنی جاده‌ای انجام می‌گیرد. محققان بر این باورند که مقایسه‌ی عملکرد ایمنی، تنها با احتساب تعداد تلفات و تصادفات جاده‌ای، کمکی به شناخت اصولی مشکل ایمنی جاده و رفع آن نخواهد کرد [۱۰]. در این رابطه، استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و در رأس آن روش AHP، می‌تواند چارچوب مناسبی را به منظور حل مسائل پیچیده‌ی تصمیم‌گیری فراهم کند. به عنوان نمونه، عفتی و همکاران [۱۱]، پارامترهای تأثیرگذار در تعیین مکان‌های حادثه‌خیز جاده‌ها را بررسی نموده و با به‌کارگیری سیستم‌های اطلاعات مکانی و فرآیندهای تصمیم‌گیری چند معیاره روشی نوین جهت تعیین نقاط حادثه‌خیز جاده‌ای ارائه نمودند که با توجه به نقش قابل توجه شبکه‌ی حمل‌ونقل جاده‌ای در زیرساخت‌های اقتصادی و اجتماعی کشور، تعیین این نقاط می‌تواند نقش مؤثری در کاهش خطرات جاده‌ای داشته باشد. رحیم‌اف و اکبری آلاشتی [۱۲] نیز با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی یک خروجی از اولویت‌بندی نقاط

دسترسی به مراکز آموزشی کودکان مطرح می‌باشد که فرد تصمیم‌گیرنده باید گزینه‌های مختلف را بر طبق این معیارها بسنجد و بهترین گزینه را از نظر این معیارها انتخاب کند. در زندگی روزمره مثال‌های فراوانی از تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه وجود دارد. در بعضی موارد نتیجه‌ی تصمیم‌گیری به‌حدی مهم است که بروز خطا ممکن است ضررهای جبران‌ناپذیری را بر ما تحمیل کند. از این رو، لازم است که تکنیک یا تکنیک‌های مناسبی برای انتخاب بهینه و تصمیم‌گیری صحیح طراحی شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)<sup>۱</sup> با تجزیه‌ی مسائل مشکل و پیچیده، آنها را به شکلی ساده تبدیل کرده و به حل آنها می‌پردازد. این روش کاربردهای فراوانی در مسائل اقتصادی و اجتماعی پیدا کرده است و در سال‌های اخیر در امور مدیریتی نیز به‌کار رفته است. به عنوان مثال خدابخشی و دارابی [۶] روش تحلیل سلسله مراتبی را برای درجه‌بندی خوابگاه‌های دانشجویی به‌کار بردند. هدف اصلی از این درجه‌بندی ارتقاء کیفیت خوابگاه‌های دانشجویی است و نتایج این درجه‌بندی علاوه بر ایجاد یک فضای سالم رقابتی برای ارتقاء در بین دانشگاه‌ها، پیامد مهم عادلانه کردن اجاره بهای خوابگاه‌ها متناسب با درجه خوابگاه‌ها را نیز به دنبال داشته است. همچنین گرامی [۷] تأثیر کیفیت خدمات بر میزان رضایت‌مندی مشتریان بانک‌های خصوصی را مورد بررسی قرار داد. او برای رتبه‌بندی ابعاد کیفیت خدمات بر اساس شاخص‌های رضایت مشتریان از تکنیک AHP استفاده نمود. علاوه بر این صوفی و دین‌آرا [۸] تکنیک تحلیل سلسله مراتبی را برای مقایسه‌ی زوجی شاخص‌ها و گزینه‌ها برای اولویت‌بندی مکان استقرار شعبه جدید بیمه براساس شاخص‌های مؤثر به‌کار بردند. قابل ذکر است که بسیاری از مشکلات حمل‌ونقل

<sup>۱</sup> Analytical hierarchic process

رتبه‌بندی استان‌های کشور به‌منظور بهبود ایمنی جاده‌ها در بخش چهارم انجام شده است. سرانجام، نتیجه‌گیری تحقیق در بخش آخر خلاصه شده است.

## ۲- مروری کوتاه بر روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

در دهه‌های اخیر توجه محققین معطوف به مدل‌های چندمعیاره (MCDM)<sup>۲</sup> برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده گردیده است. در این تصمیم‌گیری به‌جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی از چندین معیار سنجش ممکن است استفاده گردد. طبیعی است که حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره دارای پیچیدگی است و به راحتی امکان‌پذیر نمی‌باشد، به‌ویژه آن که اغلب معیارهای مورد نظر با یکدیگر تعارض داشته، افزایش مطلوبیت یکی می‌تواند باعث کاهش مطلوبیت دیگری شود. به همین دلیل روش‌هایی تحت عنوان تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) و به‌ویژه تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM)<sup>۳</sup> توسعه داده شده‌اند که به حل مسائل مزبور کمک می‌کنند. روش‌های چندشاخصه دارای تکنیک‌های متنوعی در مراحل مختلف تصمیم‌گیری هستند که AHP یکی از روش‌های معروف است. در این روش‌ها چندین گزینه براساس چندین معیار مختلف با هم مقایسه شده، بهترین گزینه با رتبه‌بندی گزینه‌های مناسب انتخاب می‌شوند.

امروزه روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در زمینه‌های متعدد و مختلف به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند. دلیل این امر توانایی و قابلیت بالای این روش‌ها در مدل‌سازی مسائل واقعی و سادگی و قابل فهم بودن آن‌ها برای اکثر کاربران می‌باشد. بنابراین از آنجایی که روش‌های

حادثه‌خیز ارائه و سپس به محاسبه‌ی میزان کاهش تصادفات به علت نصب سیستم‌های روشنایی در این نقاط نمودند. کدخدایی و همکاران [۱۳] نیز با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، گزینه‌های آرام‌سازی ترافیک در کلان شهرها را مورد ارزیابی و اولویت‌بندی قرار دادند. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مهم‌ترین معیارها و شاخص‌های مؤثر بر اولویت‌بندی و ارزیابی بهترین شیوه‌های آرام‌سازی ترافیک در کلان شهرها معرفی شدند. همچنین آن‌ها به ارزیابی و اولویت‌بندی سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی برای استفاده در مناطق با کاربری مسکونی-تجاری در کلان شهرها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پرداختند [۱۴]. در این مقاله نیز ما با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استان‌های کشور را به‌منظور بهبود ایمنی جاده‌ها بر اساس معیارهای گوناگون رتبه‌بندی می‌کنیم. استفاده از معیارهایی چون وجود برخی از تجهیزات حمل‌ونقل هوشمند در استان‌ها یکی از ویژگی‌های مقاله می‌باشد.

سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS)<sup>۱</sup> با استفاده و به‌کارگیری تکنولوژی‌های نوین (از قبیل: الکترونیک، ارتباطات و سیستم‌های کنترل) باعث ارتقاء سطح ایمنی، کارایی و ارزانی در حمل و نقل می‌شود که برای شیوه‌های مختلف حمل و نقل از جمله حمل‌ونقل جاده‌ای قابل تعمیم است. خدمات ITS، حمل‌ونقل را سالم‌تر و ایمن‌تر می‌سازد و می‌توان با بالا بردن توانایی آن، اثرات حوادث و بلایای طبیعی و انسانی را کاهش داد [۱۵].

ادامه‌ی مقاله به‌صورت زیر است: بخش دوم به‌صورت مختصری روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را بازنگری می‌کند. بخش سوم ساختار سلسله مراتب کلی در رتبه‌بندی استان‌ها را ارائه می‌کند.

<sup>۲</sup> Multiple Criteria Decision Making

<sup>۳</sup> Multiple Attribute Decision Making

<sup>۱</sup> Intelligent Transportation Systems

این فرآیند می‌تواند به دخالت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها، مقایسه‌ی زوجی که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید و تعیین میزان سازگاری و ناسازگاری اشاره نمود [۲۰]. مرحله‌ی بعد مقایسه‌ی وزن معیارها و گزینه‌هاست. در فرآیند سلسله مراتبی قضاوت‌ها توسط ساعتی به مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده‌اند. مقایسات زوجی توسط تصمیم‌گیرندگان و خبرگان براساس جدول ۱ صورت می‌گیرد. یکی دیگر از مزایای تحلیل سلسله مراتبی تعیین سازگاری سیستم می‌باشد که نشان می‌دهد تا چه حد می‌توان به اولویت‌های حاصل از مقایسات اعتماد کرد. مقایسه دو معیار امری ساده می‌باشد. اما وقتی این تعداد افزایش یابد اطمینان از سازگاری مقایسات به راحتی میسر نبوده و باید با به کارگیری نرخ ناسازگاری به این اعتماد دست یافت [۲۰]. برای هر ماتریس، حاصل تقسیم شاخص ناسازگاری (II) بر شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی (IIR)<sup>۲</sup> هم بعدش معیار مناسبی برای قضاوت در مورد ناسازگاری می‌باشد که آن را نرخ ناسازگاری (IR)<sup>۳</sup> می‌نامند.

تصمیم‌گیری چندشاخصه و در رأس آن‌ها روش AHP قادر به در نظر گرفتن شرایط و متغیرهای کمی و کیفی مسأله به طور همزمان می‌باشند، کاربرد و گسترش چشم‌گیری یافته‌اند. روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) توسط ساعتی در سال ۱۹۸۰، [۱۶] توسعه داده شد و در سال ۱۹۸۳ با همراهی دکتر ارنست فورمن نرم‌افزار Expert Choice را به وجود آوردند [۱۷]. روشی را برای تجزیه مسائل پیچیده‌ی تصمیم‌گیری به مسائل ساده‌تر به منظور رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف ارائه می‌کند. همچنین این روش در زمینه‌های مختلفی چون علوم سیاسی و حکومتی، تجارت، صنعت، بهداشت، کیفیت و آموزش کاربرد وسیعی دارد [۸ و ۷ و ۶ و ۱۹ و ۱۸]. ابتدا مسأله از طریق AHP به تعدادی معیارها و گزینه‌ها تبدیل و تابع هدف، معیارها و گزینه‌ها در یک ساختار سلسله مراتبی شبیه درخت مرتب می‌شوند. به این صورت که تابع هدف در بالا، معیارها در وسط و بالاخره گزینه‌ها در پایین این ساختار قرار می‌گیرند و این قسمت، خلاقانه‌ترین و مهم‌ترین قسمت تصمیم‌گیری است. از ویژگی‌های

جدول (۱): ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی [۲۰]

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)	
۹	(Extremely preferred)	کاملاً مطلوب‌تر یا مهم‌تر
۷	(Very strongly preferred)	مطلوبیت خیلی قوی
۵	(strongly preferred)	مطلوبیت قوی
۳	(moderately preferred)	کمی مطلوب‌تر
۱	(Equally preferred)	مطلوبیت یکسان
۲ و ۴ و ۶ و ۸	-----	مطلوبیت بینابینی

جدول (۲): شاخص ناسازگاری [۲۰]

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
IIR	۰	۰	۰.۵۸	۰.۹	۱.۱۲	۱.۲۴	۱.۳۲	۱.۴۱	۱.۴۵	۱.۴۵

<sup>۱</sup> Inconsistency Index<sup>۲</sup> Inconsistency Index of Random Matrix<sup>۳</sup> Inconsistency Ratio

روابط موجود:

$$II = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad (1)$$

$$IR = \frac{I.I}{I.I.R} \quad (2)$$

که در روابط بالا  $\lambda_{\max}$  میانگین عناصر برداری سازگاری و  $n$  تعداد گزینه‌ها می‌باشد.

چنانچه این عدد کوچکتر یا مساوی ۰.۱ باشد قابل قبول بوده و در غیر این صورت باید در مقایسه‌ها تجدیدنظر شود.

### ۳- ساختار سلسله مراتب کلی در رتبه‌بندی استان‌ها

مطالعات انجام شده در این مقاله بر روی برخی از استان‌های ایران در دوره‌ی زمانی خاص انجام گرفته و رتبه‌بندی استان‌ها بر اساس معیارهای زیر که هرکدام می‌تواند یکی از شاخص‌های ایمنی راه‌های یک استان باشد، صورت گرفته است. البته معیارهای دیگری در صورت وجود اطلاعات و داده‌های کافی، می‌توانست جز این معیارها قرار گیرد.

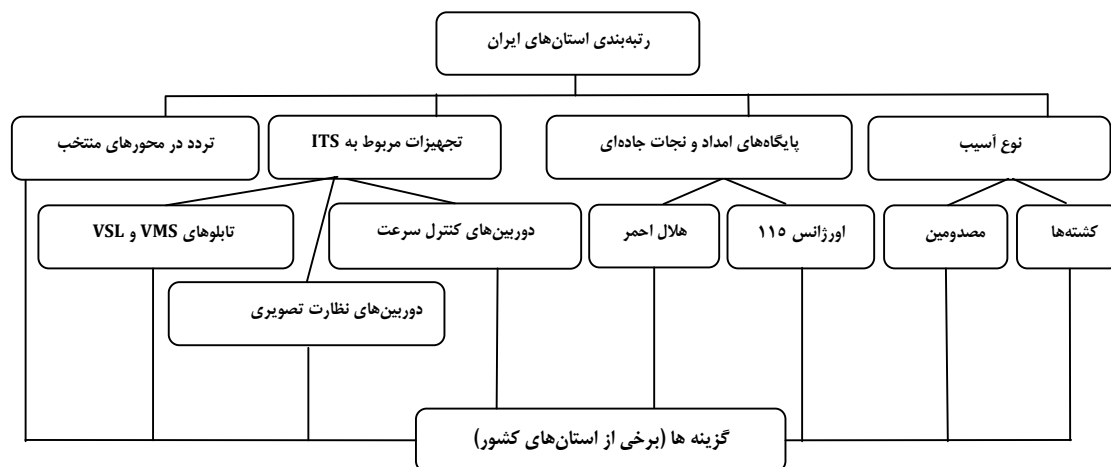
۱- معیار نوع آسیب: شامل تعداد متوفیات و تعداد مصدومین نیاز به امداد رسانی ناشی از تصادفات

رانندگی در سطح کشور می‌باشد. اولویت با استانی است که کم‌ترین تعداد را داشته باشد.

۲- معیار پایگاه‌های امداد و نجات جاده‌ای: پایگاه‌های امداد و نجات (جاده‌ای) به‌عنوان مراکز امداد رسانی در محورهای اصلی کشور به‌منظور امداد رسانی به حوادث و سوانح جاده‌ای در کمترین زمان ممکن پیش‌بینی شده‌اند و به آسیب‌دیدگان خدمات ارائه می‌نمایند. این پایگاه‌ها شامل پایگاه اورژانس ۱۱۵ و هلال احمر می‌باشند. اولویت با استانی است که بیشترین تعداد پایگاه‌ها را داشته باشد [۲۱].

۳- معیار تجهیزات مربوط به سیستم حمل‌ونقل هوشمند (ITS): سیستم حمل‌ونقل هوشمند یا ITS با استفاده و به‌کارگیری تکنولوژی‌های نوین (مثل الکترونیک، ارتباطات و سیستم‌های کنترل) باعث ارتقای سطح ایمنی، کارایی و ارزانی در حمل و نقل می‌شود که برای شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل از قبیل جاده، راه‌آهن، هوایی و دریایی قابل تعمیم است. با توجه به تعاریف ارائه شده از ITS و به‌منظور روشن شدن موضوع لازم است که به برخی از مهم‌ترین کاربردهای سیستم‌های حمل و نقل هوشمند اشاره شود.

نمودار (۱): ساختار سلسله مراتب کلی در رتبه‌بندی استان‌ها



سیستم برای نمایش خودکار هشدار به راننده توسط تابلوهای متغیر خبری و اعمال محدودیت سرعت اجباری در بالادست محل حادثه به کار می‌رود. ج) تابلوهای پیام‌نمای متغیر (VMS)<sup>۲</sup> و سرعت‌نمای متغیر (VSL)<sup>۳</sup>: هدف از نصب تابلوهای VMS به نمایش درآوردن داده‌های مهمی مانند انتخاب مسیر، وضعیت جاده، اطلاع‌رسانی پیام‌های ضروری به راننده، آموزش و فرهنگ‌سازی می‌باشد. اکثر تابلوهای VMS موجود در ایران جنبه‌ی فرهنگ‌سازی دارند و کاربرد مهم‌تری چون اطلاع‌رسانی پیام‌های ضروری را ندارند. همچنین تابلوهای VSL با هدف بیان حداکثر سرعت مجاز برای راه‌های کشور به تناسب شرایط جاده در موقعیت‌های مختلف جاده می‌باشد که سبب آگاهی رانندگان می‌شود.

اولویت با استانی است که به تجهیزات ITS بیشتری مجهز باشد.

۴- معیار تردد در محورهای منتخب: در این نوع معیار اطلاعات ترددشماره‌ها به صورت ثبت یا گزارش‌گیری ساعتی در طی هر سال آمارگیری در هر محور مورد نیاز است که این اطلاعات بر اساس تصاویر دریافتی از دوربین‌های نظارتی، سامانه‌های ترددشمار و گشت‌های شعب راهداری سراسر کشور جمع‌آوری گردیده است. مسلماً اولویت با استانی است که بیشترین تعداد تردد را داشته باشد.

#### ۴- رتبه‌بندی استان‌های کشور به منظور بهبود ایمنی جاده‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی

در این بخش می‌خواهیم برخی از استان‌های کشور را به منظور بهبود ایمنی جاده‌ها و با توجه به معیارهای مختلف رتبه‌بندی نماییم. در این راستا ابتدا گزینه‌ها را با توجه به هر معیار به صورت

الف) دوربین‌های کنترل سرعت: تخلفات سرعت از خطرآفرین‌ترین تخلفات رانندگی محسوب می‌شود. حتی اگر عامل سرعت را عامل اصلی بسیاری تصادفات ندانیم، مشخصاً عامل تشدید ضربه و خطر اکثر تصادفات محسوب می‌شود. برای مقابله با تخلفات سرعت، دوربین‌های سرعت‌سنج راه‌حل‌های متنوع و متناسبی را پیشنهاد می‌دهند. نحوه‌ی کار این دوربین‌ها به این شکل است که ابتدا توسط یک شناساگر سرعت (Speed Detector)، سرعت وسیله اندازه‌گیری شده و اگر سرعت وسیله توسط دستگاه پردازشگر بالاتر از حد مجاز تشخیص داده شد، توسط دوربین‌های عکس‌برداری، از وسیله‌ی نقلیه‌ی خاطی عکس گرفته می‌شود. در هر حال باید در نظر داشت که هدف اصلی از نصب این دوربین‌ها ایجاد اثر روانی و بازدارندگی است و نه ایجاد درآمد بیشتر از طریق جریمه خاطیان. بر همین اساس به‌کارگیری دوربین‌های سرعت‌سنج در مناطقی قبل از مقاطع حادثه‌خیز (مخصوصاً مقاطعی که سرعت به‌عنوان عامل اصلی تصادفات مطرح است) توصیه می‌گردد.

ب) دوربین‌های نظارت تصویری: تشخیص خودکار حادثه (AID)<sup>۱</sup> یکی از فناوری‌های بااهمیت پردازش داده‌ها می‌باشد. هدف از استقرار این سیستم اطلاع یافتن از وضع مقاطعی از راه می‌باشد که نیازمند کنترل همه‌جانبه و به‌هنگام هستند. این سیستم‌ها اغلب در قسمت‌هایی که احتمال وقوع سوانحی که منجر به انسداد راه شوند و یا گردنه‌ها و حتی در گلوگاه‌ها نصب می‌شوند. سیستم تشخیص خودکار حادثه در کاهش زمان شناسایی حادثه، تسریع در عملیات امداد و نجات و تغییر مسیر ترافیک پیرامون مکان‌های وقوع حادثه، مفید و مؤثر می‌باشد. کاربردهای دیگری نیز برای این سیستم مثل تخمین زمان سفر وجود دارد. همچنین این

<sup>۲</sup> Variable Message Signs

<sup>۳</sup> Variable Speed Limit

<sup>۱</sup> Automatic Incident Detector

مشابهی روی سایر عناصر این جدول می‌توان نوشت. اکنون با توجه به مقایسات زوجی صورت گرفته بین معیارها، وزن معیارها نسبت به هدف با استفاده از نرم‌افزار EC محاسبه و تعیین شده است. به عبارت دیگر، در این مرحله سهم هر یک از معیارها در تعیین ایمن‌ترین استان مشخص می‌شود.

وزن معیارها عبارتند از:

نوع آسیب: ۰.۳۴۹

تعداد پایگاه‌های امدادی ۰.۴۴۱

تجهیزات حمل‌ونقل هوشمند: ۰.۱۲۸

میزان تردد: ۰.۰۸۳

مطابق وزن‌دهی انجام شده، مؤثرترین معیارها در ارزیابی استان‌های کشور به‌منظور بهبود ایمنی جاده‌ها به ترتیب: تعداد پایگاه‌های امدادی، نوع آسیب، تجهیزات حمل‌ونقل هوشمند و میزان تردد می‌باشند.

در جدول ۴ می‌توان رتبه‌ی هر استان در دوره‌ی زمانی خاص را با توجه به معیارهای مختلف به‌صورت مجزا مشاهده نمود. رتبه‌ی اول در هر معیار نشان‌دهنده‌ی شرایط مطلوب آن استان می‌باشد. ذکر این نکته نیز مهم می‌باشد که نرخ ناسازگاری در تمام مراحل کوچک‌تر از ۰.۱ می‌باشد و بر همین اساس تمام مقایسات زوجی انجام شده در این تحقیق از سازگاری لازم برخوردار می‌باشند.

همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود با استفاده از رتبه‌های به‌دست آمده‌ی هر استان در هر یک از معیارها به‌تنهایی نمی‌توان رتبه‌نهایی هر استان را به‌دست آورد. همچنین در این رتبه‌بندی به وزن معیارها اهمیتی داده نشده است. به همین منظور استان‌های کشور را بر اساس معیارهای مختلف رتبه‌بندی می‌کنیم. جدول ۵ رتبه‌ی نهایی هر استان را با توجه به معیارهای ذکر شده به صورت همزمان و بر اساس اهمیت‌شان نشان می‌دهد. مهم‌ترین هدف از این رتبه‌بندی این است که نشان دهیم برای بهبود وضعیت ایمنی جاده‌های

زوجی مقایسه کرده و وزن آن‌ها (وزن نسبی) را نسبت به معیارها محاسبه می‌کنیم. سپس وزن مطلق هر کدام از گزینه‌ها (با استفاده از نرم‌افزار) مشخص می‌شود. بعد از محاسبه‌ی وزن گزینه‌ها، وزن معیارها نیز مشخص می‌شود. به عبارت دیگر سهم هر یک از معیارها در تعیین برترین گزینه مشخص می‌شود. هم اکنون وزن معیارها نسبت به هدف و وزن گزینه‌ها نسبت به معیارها مشخص شده است. از آنجا که وزن معیارها منعکس‌کننده‌ی اهمیت آن‌ها در تعیین هدف بوده و وزن هر کدام از گزینه‌ها نسبت به معیارها، سهم آن گزینه در معیار مربوطه می‌باشد، به‌سهولت می‌توان گفت وزن نهایی هر گزینه از مجموع حاصلضرب وزن هر معیار در وزن گزینه‌ی مربوطه از آن معیار بدست می‌آید و بدین ترتیب بهترین گزینه انتخاب می‌گردد [۲۰].

مقایسات بین گزینه‌ها با توجه به معیارهای ذکر شده در بخش قبل با توجه به سالنامه‌ی آماری سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای صورت گرفته است [۲۲]. تمامی مراحل ذکرشده توسط نرم‌افزار EC انجام شده است.

بدین منظور ما چهار استان فارس، خوزستان، خراسان رضوی و مازندران را که شرایط نامطلوب و همچنین چهار استان خراسان جنوبی، ایلام، چهارمحال و بختیاری و اردبیل که شرایط مطلوبی از لحاظ تعداد کشته‌ها و مصدومین دارند، را رتبه‌بندی می‌کنیم.

در جدول ۳ نیز میزان اهمیت معیارهای اصلی نسبت به هم با توجه به هدف نشان داده شده است. همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در مقایسه زوجی، میزان اهمیت معیار نوع آسیب و تعداد پایگاه‌های امداد و نجات جاده‌ای برابر می‌باشد. همچنین میزان اهمیت معیار نوع آسیب بر تجهیزات هوشمند و معیار تردد در محورهای منتخب «کمی مهم‌تر» قضاوت شده است. تحلیل



نامطلوبی در تعداد کشته‌ها و مصدومین دارد، اما به دلیل وسعت، طول راه‌ها، شرایط جغرافیایی و بسیاری از موارد دیگر نسبت به ایلام شرایط بسیار مطلوب‌تری را دارا می‌باشد. به عبارت دیگر، درست است که استان فارس از لحاظ تعداد کشته‌ها و مصدومین رتبه‌ی خوبی را کسب ننموده است (رتبه ۸) ولی با توجه به رتبه‌های خوبی که نسبت به سایر معیارهای پایگاه‌های امداد و نجات جاده‌ای (رتبه ۱) و میزان تردد در محورها (رتبه ۲) و تجهیزات ITS (رتبه ۴) دارد، توانسته در رتبه‌بندی نهایی با استفاده از روش AHP، رتبه اول را کسب نماید.

هر استان نباید تنها به آمار کشته‌ها و مصدومین هر استان اکتفا نمود و می‌بایست معیارهای دیگری را نیز در ارزیابی در نظر گرفت. تا به امروز عدم وجود تصادفات و تلفات تنها معیار ارزیابی ایمنی جاده‌ها بوده است. به‌عنوان مثال همان‌گونه که در جدول ۴ و نمودار ۲ مشاهده می‌شود، استانی مثل استان فارس نسبت به استان ایلام آمار بیشتری در تعداد کشته‌ها و مصدومین دارد اما می‌بایست شرایط دیگر این استان را نیز در نظر گرفت. استفاده از معیارهای گوناگون تا حد زیادی می‌تواند این مشکل را حل کند. اگر چه استان فارس نسبت به ایلام آمار

جدول (۳): اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر

نوع آسیب	تعداد پایگاه‌های امداد و نجات جاده‌ای	تجهیزات هوشمند	تردد در محورهای منتخب
نوع آسیب	۱	۳	۳
تعداد پایگاه‌های امداد و نجات جاده‌ای		۴	۶
تجهیزات هوشمند			۲
تردد در محورهای منتخب			

نرخ ناسازگاری مساوی ۰.۰۳

جدول (۴): رتبه‌ی استان‌ها بر اساس معیارهای گوناگون به صورت مجزا

رتبه استان با توجه به معیار میزان تردد در محورها	رتبه استان با توجه به معیار تجهیزات ITS	رتبه استان با توجه به معیار پایگاه‌های امداد و نجات جاده‌ای	رتبه استان با توجه به معیار نوع آسیب	نام استان
۶	۱	۶	۳	اردبیل
۸	۸	۷	۱	ایلام
۵	۶	۸	۴	چهارمحال و بختیاری
۷	۶	۴	۲	خراسان جنوبی
۳	۲	۲	۷	خراسان رضوی
۴	۵	۳	۶	خوزستان
۲	۴	۱	۸	فارس
۱	۳	۵	۵	مازندران

## جدول (۵): رتبه‌ی هر استان با توجه به همهی معیارها به صورت همزمان

نام استان	رتبه استان با توجه به کل معیارها
اردبیل	۲
ایلام	۵
چهارمحال و بختیاری	۶
خراسان جنوبی	۳
خراسان رضوی	۴
خوزستان	۸
فارس	۱
مازندران	۷

نهایی رتبه بدتری نسبت به استان فارس کسب نمودند.

همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود در مقایسه‌ی دو استان خوزستان و خراسان رضوی، استان خوزستان در معیار نوع آسیب رتبه بهتر و در سایر معیارها رتبه بدتری نسبت به استان خراسان رضوی دارد. همین موضوع باعث شده که در رتبه‌بندی نهایی استان خوزستان رتبه‌ی بدتری نسبت به خراسان رضوی پیدا کند. استدلال مشابهی را می‌توان در مقایسه‌ی دو استان خوزستان و فارس به‌کار برد.

#### ۵- نتیجه‌گیری

اگر تنها به آمار کشته‌ها و مصدومین توجه شود، برخی از استان‌ها بدترین شرایط را دارا می‌باشند و می‌تواند با توجه به این نگرش بسیاری از برنامه‌ریزی‌ها و تخصیص منابع دچار مشکل و اشتباه شود. لذا توجه به معیارهای بیشتر و متنوع باعث می‌شود هدف‌گذاری‌ها مؤثرتر شود. در این حالت استان‌هایی که شرایط خوبی نداشتند نه تنها بدترین شرایط را ندارند بلکه در میان استان‌هایی قرار گرفتند که شرایط مطلوب‌تری را دارا می‌باشند. در این مقاله، تلاش گردیده است که با روشی مناسب‌تر استان‌های کشور براساس معیارهای متفاوت رتبه‌بندی شوند. براساس نتایج به‌دست

همچنین به طور مشابه، استان خراسان رضوی که در معیار نوع آسیب شرایط بدی داشته است (رتبه ۷) ولی با توجه به رتبه‌ی نسبتاً خوبی که در سایر معیارهای پایگاه‌های امداد و نجات جاده‌ای و تجهیزات ITS (رتبه ۲) و میزان تردد در محورها (رتبه ۳) داشته است، توانسته رتبه چهارم را با توجه به همهی معیارها به طور همزمان کسب نماید. این مطلب نشان می‌دهد که استان‌هایی چون فارس و خراسان رضوی که در معیار نوع آسیب (کشته و مصدوم) بدترین شرایط را داشتند، با توجه به همهی معیارها به صورت همزمان نه تنها بدترین شرایط را ندارند، بلکه استان فارس رتبه اول و خراسان رضوی جزء استان‌هایی می‌باشد که از شرایط نسبتاً مطلوبی برخوردار می‌باشد (رتبه ۴).

استانی چون ایلام که بهترین شرایط را در تعداد کشته‌ها و مصدومین دارا می‌باشد (رتبه ۱) در رتبه‌بندی نهایی، استان پنجم می‌باشد که این به‌خاطر رتبه پایین ایلام در سایر معیارها است. همچنین با وجود اینکه برخی از استان‌ها مانند خراسان جنوبی، اردبیل و خراسان رضوی که تعداد کشته یا مصدوم بیشتری نسبت به ایلام دارند، توانسته‌اند در رتبه‌بندی نهایی، رتبه بهتری نسبت به ایلام کسب کنند. همان‌طور که مشاهده می‌شود همهی استان‌ها در معیار نوع آسیب رتبه بهتری نسبت به استان فارس داشتند ولی در رتبه‌بندی

کسب کرده‌اند با رتبه‌ی آن‌ها با توجه به کل معیارها تفاوت دارد. شرایط برخی از استان‌ها با توجه به کل معیارها بهتر و یا برخی بدتر شده است. معیارهای دیگری نیز می‌توانست در این رتبه‌بندی مورد توجه قرار گیرد از جمله تعداد نقاط حادثه‌خیز در جاده‌های هر استان (شناسایی شده و رفع شده) و یا حتی نوع راه‌ها، شرایط جغرافیایی و ... که می‌تواند برای مطالعات و تحقیقات آینده مورد استفاده قرار گیرد.

#### ۶- سپاسگزاری

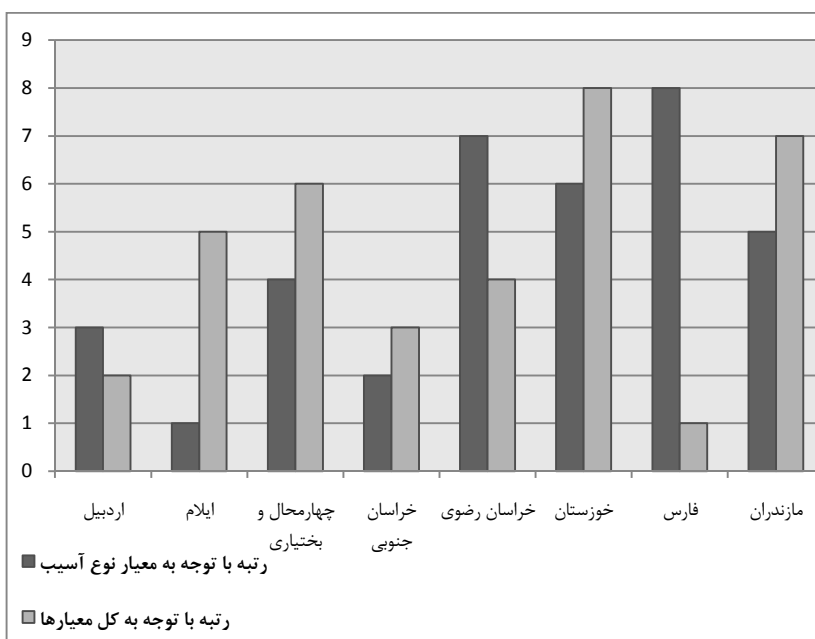
از انجمن ایرانی تحلیل پوششی داده‌ها جهت حمایت در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

آمده مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی استان‌های کشور به منظور بهبود ایمنی جاده‌ها به ترتیب: تعداد پایگاه‌های امدادی با وزن ۰.۴۴۱، نوع آسیب با وزن ۰.۳۴۹، تجهیزات حمل و نقل هوشمند با وزن ۰.۱۲۸ و میزان تردد با وزن ۰.۰۸۳ می‌باشند. انجام مقایسه‌ی بین استان‌ها بر اساس معیارهای ذکر شده، بر اساس اطلاعات بدست آمده از سالنامه‌ی آماری سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور صورت گرفته است.

در نمودار ۲ نیز رتبه‌ی هر استان با توجه به معیار نوع آسیب (کشته‌ها و مصدومین) و کل معیارها مقایسه می‌شود.

با توجه به نمودار ۲ متوجه می‌شویم که اکثر استان‌های کشور، رتبه‌ای که در معیار نوع آسیب

نمودار (۲): رتبه‌ی هر استان با توجه به همه‌ی معیارها و معیار نوع آسیب



## فهرست منابع

[۸] صوفی، منصور، دین آرا، فاطمه، آماده انتشار، طراحی مدل ریاضی تعیین مکان بهینه‌ی استقرار شعب شرکت بیمه با استفاده از ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی فازی، مجله پژوهش‌های نوین در ریاضی.

[۹] رضایی، عبدالعلی، شیرگیر، بهروز، (۱۳۹۵)، بررسی تأثیر وضعیت شبکه حمل‌ونقل بر وقوع سانحه در شهرستان شهرکرد، چهارمین کنگره علمی پژوهشی افق‌های نوین در حوزه مهندسی عمران، معماری، فرهنگ و مدیریت شهری ایران، تهران.

[۱۰] احمدوند، علی محمد، ابطحی، زینب، (۱۳۸۸)، روش‌های ارزیابی عملکرد ایمنی جاده‌ای، فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، دوره چهارم (۱۲).

[۱۱] عفتی، میثم، رجبی، محمدعلی، صمدزادگان، فرهاد، (۱۳۹۶)، ارائه‌ی روشی جهت تعیین نقاط حادثه‌خیز جاده‌ای با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و فرآیندهای تصمیم‌گیری چند معیاره هفدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک، ۹۶، تهران.

[۱۲] رحیم‌اف، کامران، اکبری آلاشتی، اکبر، (۱۳۸۸)، شناسایی نقاط حادثه‌خیز با رویکرد به روش سلسله مراتب تحلیلی و محاسبه تأثیر کاهش تصادفات به علت نصب سیستم روشنایی مناسب، مطالعه موردی: ۷ تقاطع بین شهری در ایران، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی سوانح و تصادفات جاده‌ای و ریلی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان.

[۱۳] کدخدایی، مسعود، شاد، روزبه، کدخدایی، محسن، افندی‌زاده، شهریار، (۱۳۹۶)، ارزیابی طرح‌های آرام‌سازی ترافیک در کلان شهرها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) - مطالعه موردی: شهر مشهد، هفدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک، تهران.

[۱۴] کدخدایی، مسعود، شاد، روزبه، کدخدایی، محسن،

[۱] غفاری، مهدی، مهریزی، حسین، شومالی، عباس، (۱۳۹۳)، انتخاب و رتبه‌بندی پرحادثه‌ترین محورهای منتخب استان قم با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، سومین کنفرانس ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی، دانشگاه آزاد اسلامی زنجان.

[۲] پنج سالنامه آماری (۱۳۸۶-۱۳۹۰). سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، تهیه کننده معاونت برنامه‌ریزی- دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات.

[۳] حدیقه جوانی، محسن، صدیق باور، محمد، صیادی، محسن، (۱۳۹۰)، بررسی و اولویت‌بندی ایمن‌سازی معابر شهری با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، یازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک، تهران.

[۴] سلیمانی، اسماعیل، کروژدهی، مریم، (۱۳۹۴)، تحلیل و مطالعه عوامل و برداشتهای ترافیکی و تفکر استراتژیک در ارتقای ایمنی (تهران)، چهارمین کنفرانس بین‌المللی حسابداری و مدیریت و اولین کنفرانس کارآفرینی و نوآوری‌های باز، تهران.

[۵] سایت Khabaronline.com

[۶] خدابخشی، محمد، دارابی، راضیه، (۱۳۹۴)، تلفیق روش‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی و پرامیتی برای درجه بندی خوابگاه‌های دانشجویی در ایران، مجله پژوهش‌های نوین در ریاضی، دوره ۱ (۱)، صفحه ۷۷-۹۲.

[۷] گرامی، جواد، آماده انتشار، رتبه‌بندی ابعاد سروکوال با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) در صنعت بانکداری خصوصی (مطالعه موردی: بانک‌های خصوصی استان فارس)، مجله پژوهش‌های نوین در ریاضی.

جاده‌ای کشور، اولین کنفرانس بین‌المللی حوادث رانندگی و جاده‌ای، تهران.

[۲۲] سالنامه آماری (۱۳۹۲)، سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور تهیه کننده معاونت برنامه‌ریزی- دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات.

افندی‌زاده، شهریار، (۱۳۹۶)، اولویت‌بندی سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی در مناطق با کاربری مسکونی-تجاری در کلان‌شهرها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) - مطالعه موردی: خیابان توحید مشهد، هفدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک، تهران.

[۱۵] فریبرز عراقی، فرشید، (۱۳۸۱). مقدمه‌ای بر سیستم حمل‌ونقل هوشمند، شورای اصلاحات وزارت راه و ترابری کمیته فن آوری اطلاعات.

[16] Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill: New York.

[17] Yunus, R. M., Samadi, Z., Yusop, N. M., Omar, D. (2013), Expert Choice for Ranking Heritages Streets, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 101, 465-475.

[18] Manca, D., Brambilla, S. (2011), A methodology based on the Analytic Hierarchy Process for the quantitative assessment of emergency preparedness and response in road tunnels, *Transport Policy*, 18 (5), 657-664.

[19] Yilmaz, M. K., Kusakci, A. O., Tatoglu, E., Icten, O., Yetgin, F. (2019), Performance Evaluation of Real Estate Investment Trusts using a Hybridized Interval Type-2 Fuzzy AHP-DEA Approach: The Case of Borsa Istanbul, *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 18 (6), 1785-1820.

[۲۰] قدسی پور، حسن، (۱۳۹۲). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران).

[۲۱] عطاپور، هوشنگ، (۱۳۸۴)، کارکرد ویژه پایگاه‌های امداد و نجات جاده‌ای هلال‌احمر در ارتقای سطح ایمنی

