اولویت‌بندی سیستم‌های حمل و نقل هوشمند با هدف ارتقا ایمنی راه‌ها (مطالعه موردی: استان همدان)

مقاله علمی – پژوهشی

علی‌اصغر گهرپور*، استادیار، دانشکده عمران و معماری دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول:Goharpour_a@Malayeru.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۷- پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۸
صفحه ۵۰-۳۱

چکیده

با عنایت به هزینه‌های فراوان اجرا و بهره برداری از سیستم های موثر برایمنی حمل و نقل ، باید تلاش شود وسایل انتخابی جهت کنترل و نظارت بر رفتار رانندگان و ایمنی راه‌ها با معیارهای دقیق سنجیده و انتخاب شوند. جهت بهره‌گیری از سیستم‌های مذکور، برای بهبود تردد و افزایش ایمنی جاده‌های بین شهری استان همدان در این مقاله بر اساس متد دلفی، فرآیند تحلیل شبکه ای ANP، تکنیک دیمتل و روش تاپسیس اولویت بندی استفاده از سیستم‌های مختلف انجام پذیرفته است. اشتباه و عدم دقت در انتخاب سیستم مناسب باعث تحمیل خسارات زیاد در حوزه حمل و نقل جاده‌ای می‌شود. در این مطالعه، میزان اثر بخشی در ایمنی، هزینه اجرایی سیستم و قابلیت اجرا مورد ارزیابی قرار گرفته و با بررسی دقیق، این سیستم‌ها اولویت بندی می‌شوند. هدف اصلی این تحقیق تدوین الگو و مدلی برای اولویت‌بندی سیستم‌های حمل و نقل هوشمند و موثر بر ایمنی برای استفاده در محورهای مواصلاتی استان همدان است. بر اساس نتایج حاصل از این روش بهترین گزینه قابل استفاده، سیستم‌های هوشمندهای ثبت تخلف است و در رتبه‌های بعدی سیستم اخطار به راننده و سیستم اطلاع رسانی به هنگام به استفاده کنندگان از راه قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: سیستم‌های حمل و نقل هوشمند، ارتقا ایمنی راه، فرآیند تحلیل شبکه‌ای، اولویت بندی

۱- مقدمه

از اساسی‌ترین پیش‌نیازهای توسعه صنایع و افزایش سطح رفاه اجتماعی هر کشور وجود حمل و نقل روان و ایمن است. یکی از اولین نمادهای ارزیابی کیفیت زندگی شهروندان یک کشور وضعیت حمل و نقل آن است. افزایش تسهیلات زیر بنایی حمل و نقل بدلیل نیاز به سرمایه‌گذاری کلان و زمان طولانی اجرا، همواره با محدودیت‌های گسترده‌ای روبرو است. بنابراین به منظور غلبه بر مشکلات فوق و با توجه به اینکه غلبه بر محدودیت‌های مذکور با روش‌های سنتی غیرممکن است، همواره با پیشرفت‌های حاصل در تکنولوژی ارتباطات و الکترونیک، از سالها پیش توسعه سیستم‌های هوشمند حمل و نقل[1] به عنوان سیاست کلی کشورهای پیشرفته در بخش حمل و نقل مطرح گردید. (عیسایی، ۱۳۹۱) سیستم‌های حمل و نقل هوشمند، مجموعه سیستم‌هایی است که با استفاده از ابزارهای خودکار و برنامه ریزی بر روی آنها، برخی عملیات کنترلی (کنترل جریان که در مقررات ترافیکی یا عوارضی و ...) و آمارگیری، اطلاع رسانی به رانندگان، برداشت اطلاعات و ... را برای رفع مشکلات حمل و نقل ترافیک انجام می‌دهد. به عبارتی سیستم‌های حمل و نقل هوشمند ابزارهای چند وجهی پیچیده‌ای هستند که از ترکیب فناوری‌های پیشرفته در کنار یکدیگر به وجود می‌آید و برای بهبود اوضاع حمل و نقل و ایجاد راه حل‌هایی جهت ارتقاء سطح ایمنی و در نهایت کاهش تعداد و شدت تصادفات به کار برده می‌شود و استفاده از سیستم‌های حمل و نقل به معنی استفاده و به کارگیری تکنولوژی‌های نوین از قبیل الکترونیک، ارتباطات و سیستم‌های

کنترل) به منظور ارتقاء سطح ایمنی و کارایی و ارزانی در حمل و نقل است. بنابراین مزایای این سیستم‌ها، بی‌نظیر و قابل توجه است با این وجود به منظور بهره‌گیری از سیستم‌ها مدیران و سرمایه گذاران حمل و نقل منصرف می‌شوند. بنابراین همواره این سوال مطرح است که مزایای به کارگیری این سیستم‌ها چیست و میزان به کارگیری مورد نیاز، هزینه استفاده از این سیستم‌ها چه میزان است؟ یا مزایای به کارگیری این سیستم‌ها به چه اندازه‌ای است که بتواند پاسخگوی هزینه استفاده از این سیستم‌ها باشد؟ حجم سرمایه گذاری مورد نیاز برای اجرای برنامه‌های سیستم‌های هوشمند حمل و نقل چیست؟ آیا اجرای این سیستم‌ها دارای توجیه اقتصادی است یا خیر؟ بنابراین ارزیابی میزان کمی سود و هزینه های سیستم‌های هوشمند حمل و نقل ضروری است تا اجرای این سیستم‌ها از لحاظ توجیه اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد. همچنین در این صورت می‌توان این سیستم‌ها را به سایر گزینه‌های موجود حمل و نقلی نیز مقایسه نمود. (محمودآبادی، ۱۳۹۳)

افزایش ایمنی، کارایی و بازدهی و بهره وری، افزایش پویایی و قابلیت حرکت و راحتی مسافرین در سیستم های حمل و نقل، افزایش سودمندی اقتصادی در حال و آینده، کاهش میزان مصرف سوخت و هزینه‌های زیست محیطی در اثر تراکم ترافیک، ایجاد زمینه‌های توسعه و پیشرفت، از جمله منافع حاصل از اجرای سیستم‌های هوشمند حمل و نقل در جاده‌ها است از همین رو متولیان حمل و نقل جاده‌ای استان همدان خواهان بهره‌مندی از این سیستم‌ها در جاده‌های بین شهری این استان هستند. از جمله مزایا و منافع این سیستم‌ها، می توان به افزایش حرکت و جابجایی برای کالا و مسافر، بهبود عملکرد در حمل و نقل، تسریع و تسهیل فرآیندهای حمل و نقل، کاهش تراکم ترافیک و در نتیجه افزایش ظرفیت، کاهش هزینه‌های عملیاتی برای مالکان و ارایه دهندگان خدمات حمل و نقل، افزایش ایمنی، کاهش خسارات مالی و تلفات جانی، نظارت و حفاظت زیست محیطی، کاهش مصرف سوخت، جمع‌آوری عوارض و اجرای دقیق آن اشاره کرد (یاری تبار، ۱۳۹٤). مطالعه حاضر مطالعه تکمیلی روی یکی از مطالعات پیشین با موضوع اولویت بندی راههای استان همدان با هدف نصب تجهیزات سیستم‌های حمل و نقل هوشمند (صالحی، ۱۳۹۹) است.

هداف اصلی این مطالعه عبارتند از:

-معرفی انواع سیستم‌های حمل و نقل هوشمند موثر بر ایمنی

- اولویت بندی سیستم حمل و نقل هوشمند برای افزایش ایمنی جاده‌های مواصلاتی استان همدان.

۲-پیشینه تحقیق

تجربه ثابت نموده است که بکارگیری دوربین‌های نظارت تصویری و کنترل سرعت به عنوان تجهیزاتی در حوزه سیستم‌های هوشمند حمل و نقل سبب کاهش چند درصدی تصادفات در محورهای مورد مطالعه شده است. در مطالعات مختلفی که در داخل و خارج کشور در این زمینه انجام پذیرفته است این موضوع در مطالعات داخلی و خارجی از جنبه‌های مختلف مورد بررسی واقع شده و نتایج متنوعی بدست آمده است که نتایج آن در جدول شماره ۱ خلاصه شده است. در ادامه به بیان چند نمونه از این مطالعات و نتایج و خروجی آنها می‌پردازیم. بهبهانی و همکاران در سال ۱۳۹۰گزینه‌های مختلف موجود در سیستم‌های حمل و نقل هوشمند را به صورت پرسشنامه‌ای در آوردند. نتایج تحلیل آنها از انواع سیستم‌های هوشمند نشان می‌دهد که از نظر متصدیان امر، سیستم‌های اطلاع رسانی به هنگام بهترین گزینه در جهت افزایش ایمنی ترافیک در میان گزینه‌های مورد بررسی در ITS است. همچنین گزینه جدیدی که هنوز در کشور قابلیت اجرایی پیدا نکرده یعنی سیستم های اخطار به راننده به جهت عدم رعایت قوانین در این بررسی به عنوان گزینه بعدی انتخاب شده است. امروزه یکی از کارامدترین روش‌های جلوگیری از تصادفات، بهسازی نقاط حادثه خیز در شبکه راه‌ها می‌باشد. شناسایی و اصلاح نقاط حادثه‌خیز به میزان قابل توجهی منجر به کاهش نرخ تصادفات و تبعاً کاهش خسارات مالی و جانی ناشی از آن می‌گردد. یکی از روش‌های موثر، دقیق و به صرفه ازنظر اقتصادی، در سال‌های اخیر بکارگیری سیستم‌های هوشمند حمل و نقل است که کیفیت زندگی مردم و نیز مدیریت حمل و نقل را در جوامع کنونی متحول نموده است. البته باید در نظر داشت که پیاده سازی خدمات این سیستم‌ها در هر کشوری بستگی زیادی به اوضاع فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی، اقلیمی و حتی سیاحتی آن دارد. در مطالعه‌ای که با عنوان "نقش سیستم‌های حمل و نقل هوشمند در اصلاح نقاط حادثه خیز انجام دادند، کاربرد این نوع دوربین‌ها در محورهای

پـر حادثـه و تعیـین محـل مناسـب بـر اسـاس امتیـازدهی بـه شاخص‌های موجود و تأثیرگذاری آنها در بهسازی نقاط حادثـه خیـز پرداختـه شـده اسـت. بکـارگیری روش‌هـای سـاده و در نظرگرفتن پارامترهای کیفی بـر پایـه تأییـد و نظـر کارشناسـان مجرب، موجب اتخاذ تصمیم درسـت در ارتبـاط بـا تشـخیص درست مکان نصب و نوع تجهیزات لازم می‌گردد (رحیم اف و آصف،۱۳۹۱)

در یکی از پژوهش‌هـای داخلـی پـس ازانجـام مطالعـات مختلف ومصاحبه با مدیران وکارشناسان ارشدحوزه حمل ونقل وترافیک، چندسیستم هوشـمندحمل ونقـل مـوثر در ایمنـی راه شناسایی شـدند و پرسشـنامه ای جهـت سـنجش میـزان تـاثیر گزینه‌های مختلـف توسـط کارشناسـان حمـل ونقـل وترافیـک تکمیل شده وبافرض مستقل بودن گزینه هاازهم،باروش فرآینـد سلسه مراتب تحلیلـی و نـرم افـزار Expert choice بهتـرین گزینه شناسایی گردید. (مهشید سیدکریمی و مهـدی نبـی زاده، ۱۳۹۳). در مطالعه دیگری به کمک نـرم افـزار تحلیلـی SPSS ارتباط بین متغیرهای مستقل با عملکردهای سیستم‌های حمل و نقل هوشمند با متغیر وابسته که نرخ تصادفات اسـت بصـورت یک مدل ریاضی نمایی مشخص و ارایه گردیده تا میزان تـراکم وجود سیستم‌هـای حمـل و نقـل هوشـمند و اهمیـت آنهـا در جاده های کشور مورد ارزیابی و سنجش قرار گیرد. در ارتبـاط با مبحث ظرفیت با ارائه مدل‌های روز، به برآورد میزان ظرفیت در ۵۷ روز از سال ۱۳۹٤پرداخته است. (یاری تبار، ۱۳۹٤)

مطالعه دیگری با هدف تدوین الگو و مدلی برای اولویـت بندی سیستم‌های حمـل و نقـل هوشـمند و مـوثر بـر ایمنـی و همچنین الویت بندی محورهای مواصـلاتی در اسـتان اردبیـل جهت بهره‌گیری از سیستم‌های مـذکور، جهـت بهبـود تـردد و افزایش ایمنی جاده‌های بین شهری استان،بر اساس متـد دلفـی، فرآیند تحلیل شبکه ای ANP[۲]، تکنیک دیمتل و روش تاپسیس صورت گرفته است. براساس هدف تحقیق ابتدا ۱٦محور اصلی از راه‌های استان اردبیل، به عنوان محورهای مورد مطالعه جهت اولویـت‌بنـدی بـه سیسـتم‌هـای حمـل و نقـل هوشـمند مـوثر بر ایمنی، انتخاب شد. لازم به توضـیح اسـت کـه تعـداد شـش محور از این ۱٦ محور، مجهز به دوربین ثبت تخلفات سـرعت می‌باشند که با وجود برخورداری از دوربین‌هـای ثبـت تخلـف سرعت، در کنار سایر محورها مورد ارزیابی قرار می‌گیرنـد کـه خوشبختانه در الویت بندی درالویت‌های آخر قـرار مـی گیرنـد که این نشان دهنده صـحت مدلسـازی انجـام شـده و کـارکرد مناسب سیسـتم‌هـای مـذکور مـی‌باشـند. (گهرپـور و اصـلانی، ۱۳۹۸)

مطالعه‌ای دانشگاهی در خصـوص اولویـت بنـدی راه‌هـای استان همدان بر اساس خصوصیات ترافیکـی و ایمنـی راه‌هـای استان برای نصب دوربینهای کنتـرل سـرعت انجـام پـذیرفت و با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چنـد معیـاره، محورهـای مواصلاتی استان همدان در زمینه مذکور اولویت بنـدی شـدند. (محمد صالحی، ۱۳۹۹)

در تحقیقی دیگر یک روش یکپارچه برای شناسایی قطعـات راه حادثه خیز تصـادفات رانـندگی در یـک شـبکه جـاده بـین شهری ارایه شده است. در این مطالعه بـرآورد شـدت تصـادف به روش تجزیه و تحلیل مکانی، تخمـین چگـالی کرنـل میـزان فراوانی تصادفات از روش نسـبت اثرگـذاری هـر تصـادف در قطعات راه در نرم افزار ArcGis بدست آمده است. در هـر دو روش عوامل مختلفی از جمله میزان قرار گـرفتن در معـرض، نوع قطعه راه، واریانس داده‌های تصادف و غیره در نظر گرفتـه شده است. نتایج مطالعه برای دو مدل تقریباً یکسـان بـه دسـت آمد. نتایج حاکی از آن است که مقاطع حادثه‌خیز شناسایی شده با استفاده از روش تخمین تراکم هسته برای شـدت تصـادف و روش میزان اثرگذاری برای فراوانی تصـادفات، حادثـه خیـزی قطعه راه به یک نسبت منعکس مـی‌کنـد ایـن روش مـی‌توانـد به مقامات حمـل و نقـل و متخصصـان ایمنـی کمـک کنـد تـا مکانهایی را که نیاز به توجه بیشتر ایمنی دارند، در اولویت قرار دهند. (الماسی و همکاران،۱٤۰۰)

حوادث رانندگی دارای خاصیت فضایی تمایل به وابستگی مکانی دارند، پدیده‌ای که به‌عنـوان همبسـتگی مکـانی شـناخته می‌شود. مدل‌های فضایی مقدار پیش‌بینی‌شـده الگـوی تصـادف در فضا را توصیف مـی‌کنـد کـه مـی توانـد ناشـی از تغییـر در خصوصیات قابل‌توجه محیط محلی باشد بـا توجـه بـه ماهیـت گسسته داده‌های تصادف و دسترسی محدود به مکان‌های دقیـق تصادف، یک سطح مداوم که از نقاط گسسته کشیده شده باشد، تراکم تصادف را بهتر منعکس می‌کند و تصویر واقع‌بینانه‌تری از توزیع تصادف ارایه می‌دهد. در مطالعه ای که در کل محورهای اصلی برون‌شهری استان همـدان بـر اسـاس داده‌هـای تصـادف مکانمند از سال ۱۳۹٦ تا ۱۳۹۸ با استفاده از روش‌هـای توزیـع چگالی کرنل، رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی، رگرسیون پوآسـون

وزن‌دار جغرافیایی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مدل‌ها نشان می‌دهد که مدل رگرسیون پوآسن وزن‌دار جغرافیایی نتایج بهتری برای پیش‌بینی مکان‌های تصادف نسبت به سایر مدل‌ها دارد. (گهرپور و خاکسار،۱۴۰۱).

ویلسون و همکاران در سال ۲۰۱۰، با بررسی نقش دوربین‌های کنترل سرعت در جلوگیری از صدمات و تلفات ناشی از تصادفات جاده‌ای، با تحلیل نتایج سی و پنج مطالعه قبلی در رابطه با نقش دوربین‌های کنترل سرعت در کاهش میانگین سرعت تردد و تصادفات جاده‌ای در نقاط مختلف جهان و مقایسه نتایج قبل و بعد از تجهیز راه‌ها به این سیستم به نتایج ذیل دست یافتند:

- کاهش ۱تا ۱۵ درصدی میانگین سرعت ثبت شده.
-کاهش ۸ تا ٤۹ درصدی تصادفات جاده‌ای.
- کاهش ۱۱ تا ٤٤ درصدی تصادفات جاده‌ای منجر به فوت یا جراحات جدی. (ویلسون و همکاران،۲۰۱۰)

برناس در سال ۲۰۱۰، در تحقیقی اثرات دوربین‌های کنترل سرعت بر ایمنی در کشور فرانسه را بررسی کرده و پس از مطالعه و بررسی و مقایسه تصادفات قبل و بعد از نصب دوربین‌ها دریافت که با وجود دوربین‌ها، میزان شدت تصادفات و متعاقباً پیامدهای ناشی از آنها بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. (برناس و همکاران،۲۰۱۰)

محمد کمیل حمزه و همکاران در سال ۲۰۱۳، در مطالعات انجام شده بر روی شهر پوتراجایا در مالزی مشخص گردید که سیستم دوربین‌های کنترل سرعت تأثیر مثبتی بر کاهش سرعت میانگین داشته و حدود ۵۰ درصد رانندگان در نقاط مجهز به دوربین‌های کنترل سرعت، سرعت خود را کاهش داده‌اند. (محمد کمیل و همکاران، ۲۰۱۳)

رانندگی در سرعت غیر مجاز یکی از دلایل اصلی تصادفات جاده‌ای است و تخمین زده می شود که ٤۰ درصد از مرگ جاده‌ای به این علت است. سرعت یک عامل خطر اصلی در وقوع تصادفات است که هم روی افزایش خطر بروز تصادفات جاده‌ای و هم روی شدت ناشی از آن تاثیر گذار است. با افزایش سرعت، کنترل وسیله نقلیه برای راننده مشکل تر بوده و از این رو بعضی از انواع تصادفات که احتمال وقوع آنها در سرعت کم، اندک است، در سرعت زیاد احتمال وقوع آنها افزایش می‌یابد. با این حال لزوم استفاده از سامانه‌های هوشمند کنترل سرعت برای حفظ ایمنی کاربران جاده احساس می‌گردد. در این تحقیق بوسیله مدلسازی در قالب فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و با استفاده از نظر کارشناسان اولویت معیارهای انتخابی در مکان دوربین‌های کنترل سرعت مشخص می‌شود. معیارهای نصب دوربین کنترل سرعت در نظر گرفته شده است به شرح حضور پلیس، تاثیر تجهیزات کنترل ترافیک، پیشینه تصادفات به وقوع پیوسته و کاربری محل مورد مطالعه است. سپس رینگ سوم کمربندی شهر همدان به عنوان مطالعه موردی و صحت سنجی مدل مورد بررسی قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است اولویت پیشینه تصادفات با استفاده از تعداد تصادفات به وقوع پیوسته در سه سال آخر هر قطعه انتخاب می‌شود. (الیاسی و همکاران ۲۰۱۹)

در مطالعه جدیدی آرلانا و همکاران روشی را برای شناسایی بخش‌های حیاتی بزرگراه‌ها پیشنهاد می‌کند که جهت مکان کنترل سرعت ممکن است مفید باشد. این روش بر تجزیه و تحلیل مکانی و آماری خطرات زیرساختی، همراه با فراوانی و شدت تصادفات ترافیکی متکی است. یکی از ویژگی‌های مرتبط این روش، به پتانسیل آن برای استفاده در مناطقی است که سوابق تاریخی دقیقی در مورد تصادفات ترافیکی وجود ندارد. (آرلانا و همکاران۲۰۲۱)

با جمع بندی مطالعات انجام شده مشخص می شود پژوهش‌های متنوعی چه از نظر فرضیات و چه از نظر تکنیک‌ها و همچنین اهداف، حول مساله استفاده از سیستم‌های هوشمند حمل و نقل انجام پذیرفته و نتایج متنوعی در این خصوص به فراخور اهداف مورد بررسی بدست آمده است. همانگونه که پیش گفته شد خلاصه مطالعات انجام شده و نتایج آنها در جدول شماره ۱ بصورت خلاصه ارایه گردیده است. مسلم است که سیستم‌های حمل ونقل هوشمند، توانایی افزایش ایمنی و بهبود تردد را دارند ولی به علت محدودیت در منابع، آنچه ما در این پژوهش به دنبال آن هستیم این است که این تجهیزات را در چه محورهایی به‌کار گیریم تا بیشترین تاثیر و بهترین بهره‌وری را در افزایش ایمنی و بهبود تردد داشته باشند.

جدول ۱. خلاصه مطالعات انجام شده در زمینه مورد مطالعه

سال تحقیق	نام نویسنده	عنوان مطالعه	نتیجه مطالعه
۱۳۹۰	کامران رحیم اف، مهشاد نراقی و مهدی نبی زاده	کاهش تصادفات جاده‌ای با استفاده از سیستم هشدار دهنده انحراف از مسیر	آشنایی کلی با سیستم هشدار دهنده انحراف از خطوط بوده و به معایب ومزایای آن پرداخته شده است. راهکارهای لازم برای استفاده از این سیستم در ایران ارایه شده است.
۱۳۹۰	حمید بهبانی، هومن اسدی کیا	ارزیابی راهکارهای موجود در (ITS) از لحاظ ارتقای سطح ایمنی ترافیک	گزینه جدیدی به نام سیستم‌های اخطار به راننده به جهت عدم رعایت قوانین معرفی شد ؛ سپس پرسشنامه های تجزیه و تحلیل و AHP متشکل از عوامل اصلی و آیتم جدید تهیه گردید.
۱۳۹۱	کامران رحیم اف، شیوا آصف	نقش سیستم‌های حمل و نقل هوشمند در اصلاح نقاط حادثه خیز محور کرج-چالوس	بررسی کاربرد این نوع دوربین‌ها در محورهای پر حادثه و تعیین محل مناسب بر اساس امتیازدهی به شاخص‌های موجود و تأثیرگذاری آنها در بهسازی نقاط حادثه خیز
۱۳۹۳	مسعود قاسمی نوقایی	بررسی تأثیر سیستم‌های حمل و نقل هوشمند بر تصادفات ترافیکی جاده‌ای	وضعیت مربوط به تأثیر سیستمهای حمل و نقل هوشمند بر تصادفات با استفاده از سیستم‌های طبقه بندی مطابق با سطح روش‌های ارزیابی که به کار گرفته شده است، نشان داده می‌شود.
۱۳۹٤	علی یاری تبار	آنالیزسیستم‌های حمل ونقل هوشمند در افزایش ظرفیت وایمنی جاده‌های کوهستانی	ارتباط بین متغیرهای مستقل با عملکردهای سیستم‌های حمل و نقل هوشمند با متغیر وابسته که نرخ تصادفات است بصورت یک مدل ریاضی نمایی مشخص و ارایه گردید.
۱۳۹۸	شهریار افندی زاد و شمعانیان اصفهانی	تحلیل و ارزیابی تأثیر دوربین‌های کنترل سرعت بر ایمنی راه‌ها و اولویت‌بندی تجهیز راههای برون شهری	به روش دلفی نظرات کارشناسان را جمع آوری و به کمک روش ANP آنها را تجزیه و تحلیل و در نهایت محورهای استان اصفهان را جهت تجهیز به دوربین‌های کنترل سرعت، اولویت‌بندی می‌کند.
۱۳۹۸	علی اصغرگهرپور و عباس اصلانی	ارایه راهکارهای مدیریتی برای ایمن‌سازی محورهای مواصلاتی	بر اساس معیارهای یافته شده نظیر: تعداد کل تصادفات، تصادفات دارای ماهیت سرعت، تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت، نرخ جریان تردد و ... اولویت‌بندی محورهای مواصلاتی در خصوص نصب دوربین سرعت سنج ارایه می‌گردد.

ادامه جدول ۱. خلاصه مطالعات انجام شده در زمینه مورد مطالعه

سال تحقیق	نام نویسنده	عنوان مطالعه	**نتیجه مطالعه**
۱۳۹۹	محمد صالحی	اولویت‌بندی راه‌های استان همدان با هدف نصب تجهیزات سیستم‌های حمل و نقل هوشمند	در این مطالعه براساس فاکتورهای مختلف ترافیکی و ایمنی اولویت بندی راه‌های استان همدان جهت نصب دوربین‌های سرعت سنج ارایه گردیده است.
۱۴۰۰	احمد الماسی و حسن خاکسار	مقایسه فراوانی و شدت تصادف در شناسایی نقاط حادثه خیز شبکه جاده بین شهری	مقاطع حادثه خیز شناسایی شده با استفاده از روش تخمین تراکم هسته برای شدت تصادف و روش میزان اثرگذاری برای فراوانی تصادفات، حادثه خیزی قطعه راه به یک نسبت منعکس می‌کند این روش می‌تواند به مقامات حمل و نقل و متخصصان ایمنی کمک کند.
۱۴۰۱	علی اصغر گهرپور و حسن خاکسار	کاربرد مدل‌های فضایی- مکانی در پیش‌بینی فراوانی تصادفات جاده‌ای (مطالعه موردی: شبکه راه‌های اصلی استان همدان)	در این مطالعه کل محورهای اصلی برون‌شهری استان همدان بر اساس داده‌های تصادف مکانمند از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ با استفاده از روش‌های توزیع چگالی کرنل، رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی، رگرسیون پوآسون وزن‌دار جغرافیایی مورد بررسی قرار گرفته است.
۲۰۰۵	گینز و همکاران Gains et al	The national safety camera program me: 4-year evaluation report	استفاده از این دوربین‌ها باعث کاهش میانگین سرعت به میزان ۸/۵ کیلومتر در ساعت شده است و همچنین تعداد رانندگانی که مرتکب تخلف تخطی از سرعت مجاز شده اند، ۵۱ درصد کاهش یافته است.
۲۰۰۸	جونز و همکاران Andrew P Jones et al	the effect of mobile speed camera introduction on road traffic rural country of England	نتایج نشان داد که پس از نصب دوربین‌ها روی هم رفته، تصادفات ۵٪ و تصادفات منجر به مرگ ۹٪ کاهش یافت. نتیجه‌گیری شد که دوربین‌های کنترل سرعت ابزار مناسب و اثر بخشی است تا عوامل ایجاد ترافیک را در مناطقی که میانگین سرعت بالاست، کاهش دهد.
۲۰۱۰	ویلسون و همکاران et alCecilia Wilson	Speed cameras for the prevention of road traffic injuries and deaths	کنترل سرعت در کاهش میانگین سرعت تردد و تصادفات جاده‌ای در نقاط مختلف جهان و مقایسه نتایج قبل و بعد از تجهیز راه‌ها به این سیستم به نتایج ذیل دست یافتند: - کاهش ۱تا ۱۵ درصدی میانگین سرعت ثبت شده. -کاهش ۸ تا ۴۹ درصدی تصادفات جاده‌ای. - کاهش ۱۱ تا ٤٤ درصدی تصادفات جاده‌ای منجر به فوت یا جراحات جدی

ادامه جدول ۱. خلاصه مطالعات انجام شده در زمینه مورد مطالعه

۲۰۱۰	برناس Thierry Brenac	Safety effects of mobile speed cameras in Norfolk: no more than regression to the mean	پس از مطالعه و بررسی و مقایسه تصادفات قبل و بعد از نصب دوربین‌ها دریافت که با وجود دوربین‌ها، میزان شدت تصادفات و متعاقباً پیامدهای ناشی از آنها بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است.
۲۰۱۹	الیاسی و همکاران Mohammad Reza Elyasi et al	An ANP-Based Model for Location of Fixed Speed Cameras	با استفاده از روش ANP و با توجه به پارامترهای تاثیرگذار بر ایمنی نقاط نصب دوربینهای کنترل سرعت در شهر همدان را مکانیابی کردند.
۲۰۲۱	آرلانا و همکاران Julián Arellana et al	Location of speed camerasS on highways	با توجه به جریان ترافیک و عوامل خطرزا در سوانح ترافیکی و شرایط هندسی مسیر نقاط پیشنهادی جت نصب دوربین‌های کنترل سرعت بررسی گردید.

۳- روش تحقیق

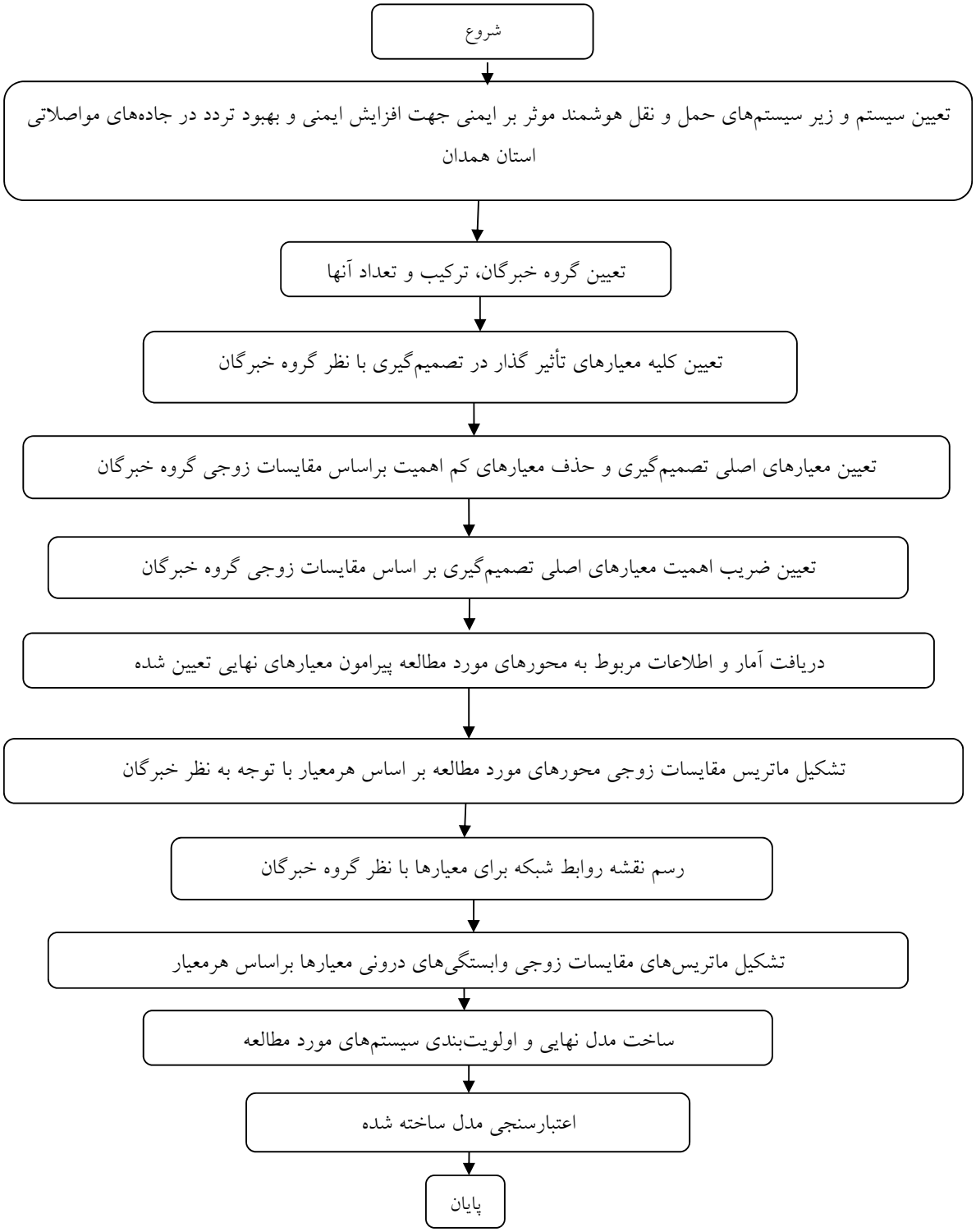
روش‌های ارزیابی چند معیاره کاربرد وسیعی در همه علوم پیدا کرده است. یکی از این روش‌ها فرآیند سلسله مراتبی[۳] است. این روش ابتدا مسئله را به یک ساختار سلسله مراتبی تبدیل می کند که در آن عناصر تشکیل دهنده این ساختار که اجزاء تصمیم نیز تلقی می‌شوند، مستقل از یکدیگر فرض شده‌اند. بنابراین یکی از محدودیت‌های جدی سلسله مراتبی این است که وابستگی‌های متقابل بین عناصر تصمیم، یعنی وابستگی معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها را در نظر نمی‌گیرد و ارتباط بین عناصر تصمیم را سلسله مراتبی و یکطرفه فرض می‌کند. این فرض ممکن است در بعضی موارد صادق نباشد و در چنین شرایطی نتیجه روش سلسه مراتبی ممکن است موجب برعکس شدن رتبه‌ها شود. یعنی با حذف گزینه‌ای ممکن است نتیجه رتبه بندی گزینه‌ها تغییر کند. بنابراین باید در استفاده از روش سلسه مراتبی اندکی محتاط بود، زیرا کلیه مسائل و مشکلات برنامه ریزی لزوماً دارای سلسله مراتبی (زبردست، ۱۳۸۰) نیستند. این محدودیت عمده سلسه مراتبی باعث شد تا ابداع کننده آن، توماس ساعتی، روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP را ارایه و معرفی کند که در آن ارتباطات پیچیده بین و میان عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای، در نظر گرفته می شود. فرآیند تحلیل شبکه‌ای حالت عمومی AHP و شکل گسترده آن محسوب می‌شود (ساعتی، ۱۹۹۹) که در آن موضوعات با وابستگی متقابل و بازخود را نیز می‌توان در نظر گرفت. به همین دلیل در سال‌های اخیر استفاده از ANP به جای AHP در اغلب زمینه‌ها افزایش پیدا کرده است (جارخاریا و شانکار، ۲۰۰۷). علیرغم این، هنوز استفاده از روش ANP در حمل و نقل چندان باب نشده است.

این مقاله تلاش می‌شود تا با بکارگیری روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای سیستم‌های حمل و نقل هوشمند موثر در ایمنی و همچنین محورهای مواصلاتی استان همدان به این سیستم‌ها، جهت افزایش ایمنی و بهبود تردد در جاده‌های استان همدان را طبق نمودارهای ذیل، اولویت‌بندی کند.

۳-۱- تحلیل شبکه‌ای ANP و مراحل آن

فرآیند تحلیل شبکه‌ایANP را در چهار مرحله زیر می‌توان خلاصه کرد (کارلوسی و سوما، ۲۰۰۸؛ لی ات آل، ۲۰۰۹):

-ساخت مدل و تبدیل مسئله/ موضوع به یک ساختار شبکه‌ای
-تشکیل ماتریس مقایسه دودویی و تعیین بردارهای اولویت
-تشکیل سوپر ماتریس و تبدیل آن به سوپر ماتریس حد
-انتخاب گزینه برتر



شکل ۱. فلوچارت ساخت الگوی تصمیم گیری برای اولویت‌بندی سیستم‌های حمل و نقل هوشمند مرتبط با ایمنی جهت افزایش ایمنی و بهبود تردد

٤- تجزیه و تحلیل مساله

٤-١ تعیین گروه خبرگان ترکیب و تعداد آنها

در انجام مطالعه حاضر از متد دلفی و نظر خبرگان استفاده شده است. همانطور که قبلاً اشاره شد هیچ قانون قوی و صریحی در مورد نحوه انتخاب و تعداد متخصصین در یک مطالعه دلفی وجود ندارد و تعداد آنها وابسته به فاکتورهایی مثل همگن یا نا همگن بودن نمونه، هدف دلفی یا وسعت مشکل، کیفیت تصمیم، توانایی تیم تحقیق در اداره مطالعه، اعتبار داخلی و خارجی، زمان جمع آوری داده‌ها و منابع در دسترس، دامنه مسأله و پذیرش پاسخ است و تعداد شرکت کنندگان معمولاً کمتر از ۵۰ نفر و اکثراً ۱۰ تا ۲۰ نفر بوده است. شناسایی متخصصین، نکته مهمی در دلفی بوده، چنانکه دستیابی به اهداف، وابسته به انتخاب دقیق شرکت کنندگان است. دلفی تمرکز بر استخراج نظرات از متخصصین در زمان کوتاه داشته و نتایج وابسته به تخصص افراد در دانش مورد نظر، کیفیت و صحت پاسخ‌ها و همکاری و درگیری مداوم آنها در دوره مطالعه است. به عبارتی، موفقیت دلفی در رابطه با انتخاب کارشناسان است. متخصص دلفی باید دانش کافی در زمینه موضوع مورد نظر داشته باشد، در بحث درگیر و بر نتایج فرآیند تأثیر بگذارد. با توجه به توضیحات ارایه شده، برای انجام مطالعه حاضر ۱۲ نفر بعنوان اعضای گروه خبرگان انتخاب شده‌اند. همچنین برای انتخاب اعضای گروه خبرگان از روش نمونه گیری غیر احتمالی ساده در گزینش افراد استفاده شده است. در این روش برخلاف روش احتمالی، قضاوت شخصی فردی که مسولیت انجام مراحل مختلف مطالعه را بر عهده دارد در انتخاب افراد گروه موثر است. نمونه‌گیری غیر احتمالی خود بر دو نوع ساده و سهمیه ای، تقسیم می‌شود در روش ساده برای راحتی کار، افرادی برای مطالعه انتخاب می‌شوند که در دوره مطالعه در دسترس باشند. ولی در روش سهمیه‌ای این اطمینان وجود خواهد داشت که از گروه‌های مختلف جامعه که مشخصات متفاوتی با یکدیگر دارند تعداد معینی در نمونه وجود خواهد داشت. از این رو به منظور افزایش دقت و اطمینان از صحت نتایج، برای انجام مطالعه حاضر از روش نمونه گیری غیر احتمالی سهمیه‌ای استفاده شده است. بنابراین از گروه‌های مختلف جامعه (متخصصان بخش حمل و نقل جاده‌ای) که مشخصات و دیدگاههای متفاوتی با یکدیگر دارند تعداد معینی در نمونه انتخابی قرار گرفته‌اند، به طوری نمونه انتخاب شده فقط از یک گروه با مشخصات معین تشکیل نگردیده و همه اقشار جامعه با ویژگی‌های مختلف سهمی در نمونه دارند. با توجه به توضیحات ارایه شده، تعداد ۹ نفر از متخصصان از افراد دارای تحصیلات آکادمیک در زمینه برنامه‌ریزی حمل و نقل و دارای تجربه کاری در اداره کل راهداری و حمل و نقل جاده‌ای استان همدان در اداره ایمنی و ترافیک و مرکز مدیریت راه‌های این اداره کل و از معاونت راهداری این اداره کل، اداره ایمنی و حریم انتخاب شده‌اند تعداد ۳ نفر نیز از فرماندهان و کارشناسان عالی تصادفات پلیس راه استان همدان گزینش شده‌اند. برای نمونه معاونین حمل و نقل، راهداری و توسعه مدیریت و منابع، رئیس اداره ایمنی و ترافیک، رئیس مرکز مدیریت راه‌های استان همدان، رئیس اداره ایمنی و حریم راهها، فرماندهان ارشد پلیس راه استان از جمله این افراد هستند. در واقع می‌توان گفت در این مطالعه افرادی به عنوان گروه خبرگان و متخصصین انتخاب شده‌اند که به نوعی نقش تصمیم‌گیری در موضوع ایمنی در حمل و نقل جاده‌ای استان همدان را برعهده دارند. از طرفی انتخاب اعضای گروه از هر دو سازمان دخیل در موضوع ایمنی در حمل و نقل جاده‌ای باعث شده که نظرات افراد با دیدگاه‌های مختلف در تصمیم‌گیری دخیل باشد.

٤-٢- معرفی گزینه‌ها

٤-٢-١ - سیستم اطلاع رسانی به هنگام

هدف این سیستم اطلاع رسانی در جاده پیش روی مسافران است. جهت استفاده بهینه از این وسایل بایستی دستگاه سنجش در نقاط لازم جاده نصب گردد و این وسایل از طرق مختلف با رانندگان ارتباط داشته باشند که این ارتباط را می‌توان از طریق اعلام رادیویی و یا تابلوهای هشدار وضعیت در جاده‌ها قرار دارد.کارایی این وسایل بسیار زیاد بوده و می‌توانند پارامترهای مختلفی از قبیل وضعیت جوی، میزان لغزندگی جاده، وضعیت ترافیک جاده و حتی اطلاعات ایمنی از قبیل سرعت مجاز، مسیرهای خطرناک و ... را بیان نماید. این سیستم دارای زیر سیستم‌های، اطلاع رسانی رادیویی جهت اطلاعات ترافیکی و هواشناسی در داخل خودرو (رادیو پیام در ایران)، اطلاع رسانی جهت ارایه سرعت مجاز و لغزندگی جاده به صورت تابلو در

مسیرو همچنین اطلاع رسانی ماهواره‌ای برای رساندن اطلاعات تصادف به اورژانس است (دل پیشه، ۱۳۸۷)

٤-٣-٢- سیستم GPS[٤] و GIS[٥]

یک سیستم راهبری و مسیریابی ماهواره ای است که از شبکه سیستم مکان یاب جهانی با ٢٤ ماهواره تشکیل شده است. هر چه نقشه‌های منطقه‌ای که در حافظه گیرنده بارگذاری می‌شود دقیق‌تر باشد، سرویس‌هایی که از می‌توان دریافت داشت نیز بهتر می‌شود. برای نمونه می‌توان از این سیستم، مسیر نزدیکترین پمپ بنزین، تعمیرگاه و یا ایستگاه قطار را پرسید و مسیر پیشنهادی را دنبال کرد. دقت مکانیابی این سیستم در حد چند متر است که بسته به کیفیت گیرنده تغییر می‌کند. از سیستم مکان یاب جهانی می‌توان در کارهایی چون نقشه‌برداری و مساحی، پروژه‌های عمرانی، کوهنوردی، کایت سواری، سفر در مناطق ناشناخته، کشتیرانی و قایقرانی، عملیات نجات هنگام وقوع سیل و زمین لرزه و هر فعالیت دیگر که نیازمند محل یابی باشد، بهره برد. سیستم اطلاعات جغرافیایی یک سیستم کامپیوتری برای مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات مکانی بوده که قابلیت جمع‌آوری، ذخیره، تجزیه وتحلیل و نمایش اطلاعات جغرافیایی (مکان) را دارد. هدف نهایی یک سیستم اطلاعات جغرافیایی، پشتیبانی جهت تصمیم‌گیری‌های پایه‌گذاری شده بر اساس داده‌های مکانی می‌باشد و عملکرد اساسی آن بدست آوردن اطلاعاتی است که از ترکیب لایه‌های متفاوت داده‌ها با روش‌های مختلف و با دیدگاه‌های گوناگون بدست می‌آیند.

٤-٣-٣- سیستم های ثبت تخلف

از آنجا که وجود پلیس راهنمایی و رانندگی در کلیه نقاط جاده‌ها امکان پذیر است و برخی از جاده‌ها مانند بزرگراه‌ها راننده را تحت تاثیر قرار داده و راننده با سرعت بیشتری مسافت طی می‌نماید استفاده از سیستم‌های ثبت تخلف می‌تواند بسیار مفید باشد. این سیستم‌های بصورت دوربین‌هایی است که در طول مسیر بزرگراه‌ها نصب گردیده و پلاک رانندگان مختلفی که با سرعت بیشتر از سرعت مجاز رانندگی می‌کنید را بصورت عکس برداری ثبت می‌نماید. البته این سیستم در موارد دیگر از قبیل تقاطع‌های چراغ دار و سیستم پلاک خوان خودرو و ... نیز قابل استفاده است. این سیستم شامل سیستم نظارتی در نقاط حادثه‌خیز، سیستم دوربین ثبت تخلف سرعت غیرمجاز، سیستم دوربین ثبت تخلف در تقاطع‌های چراغ‌دار، سیستم پلاک خوان خودرو می‌شود.

٤-٣-٤- سیستم های اخطار وضعیت شخصی راننده

رانندگان در حین رانندگی باید از سلامت ذهنی برخوردار باشد. مصرف مشروبات الکلی و خواب آلودگی می‌تواند، باعث بروز حوادث ناگوار گردد. این سیستم‌ها در درون خودرو نصب می‌گردد و شخص راننده را از لحاظ سلامت ذهنی قبل از حرکت مورد آزمایش قرار می‌دهد.

٤-٣-٥- سیستم نظارت بر ترافیک جاده‌ها بوسیله ماهواره

در هر سیستم مدیریت ترافیک به هنگام بودن، دقیق بودن، کامل بودن اطلاعات از لحاظ جزئیات، در حرکت جریان ترافیک، یک شرط لازم برای یک سیستم موفق است که این کار سختی نیست و این چنین اطلاعاتی به وسیله ردیاب‌های کنار جاده و دوربین‌های ویدیویی و غیره، قابل جمع‌آوری هستند که تمامی این روش‌ها با درجه مختلف آزمایش شده‌اند و با موفقیت روبرو بوده‌اند. این سیستم‌ها برای کنترل محل‌هایی از جریان ترافیک و سرعت تهیه شده اند، به طوری که حرکت یک وسیله نقلیه از میان یک سیستم ترافیک را نشان می‌دهد. زیر پارامترهای این سیستم شامل سیستم ماهواره‌ای جهت ارایه اطلاعات جاده‌ای و هواشناسی بصورت تابلو در جاده، سیستم ماهواره‌ای جهت ارایه اطلاعات جاده‌ای و هواشناسی در اتومبیل‌های شخصی، سیستم‌های ماهواره‌ای جهت رساندن اطلاعات تصادف به اورژانس و پلیس راه، سیستم‌های ماهواره‌ای جهت نمایش میزان لغزندگی جاده است.

٤-٣-٦- استفاده از سیستم‌های اخطار به راننده به جهت عدم رعایت قوانین

این وسایل جهت هشدار به راننده خطا کار مورد استفاده قرار می‌گیرند محل کاربرد این وسایل می‌تواند در داخل یا خارج از خودرو باشد اما گاهی می‌توان این وسایل را در مسیر جاده نصب که شامل زیر سیستم‌های سنسور جهت خروج از لاین اصلی، سنسور خروج از جاده اصلی به شانه راه، سنسور سرعت غیرمجاز در اتوبان سنسور سرعت غیر مجاز در سرازیری، سنسور سرعت غیر مجاز در پیچ‌ها است.

٤-٤- معرفی معیارها

معیارهایی که در این مقاله جهت اولویت بندی سیستم‌های حمل و نقل هوشمند موثر در ایمنی برای افزایش ایمنی و بهبود تردد در جاده‌های استان همدان در نظر گرفته شده‌اند

با مرور منابع پیشین و با نظر سنجی از خبرگان، سه عامل عمده ذیل است و شش گزینه بالا با سه معیار ذیل اولویت بندی می‌شوند:

۱- میزان اثر بخشی در ایمنی

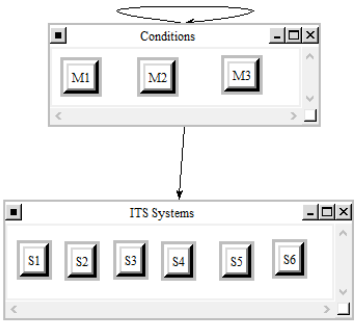
۲- هزینه اجرایی سیستم

۳- قابلیت اجرا

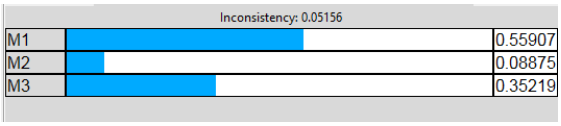
۵- مدلسازی و تحلیل اطلاعات

۵-۱- مدلسازی در نرم افزار سوپر دسیژن

طبق روش دلفی پس از اخذ نظرات خبرگان در مورد اولویت بندی سیستم‌های حمل و نقل هوشمند موثر در ایمنی جهت تجهیز جاده‌های مواصلاتی استان همدان به این سیستم‌ها، نظرات فوق را به روش میانگین حسابی، یکسان سازی و گزینه‌های ذکر شده را طبق معیارهای فوق در نرم افزار سوپر دسیژن برای اولویت بندی به روش ANP وارد و مدل سازی می‌کنیم.



شکل۲. مدل سازی گزینه‌ها و معیارهای الویت بندی سیستم‌های حمل و نقل هوشمند



شکل۳. خروجی نرم افزار سوپر دسیژن در مورد مقایسات زوجی معیارها توسط خبرگان (بردار ضریب اهمیت معیارها)

لازم به ذکر است که بر اساس اصول متد دلفی در نظر خواهی از خبرگان، نتایج حاصل از مقایسات زوجی معیارها ماحصل دو مرحله پرسش از اعضای گروه است. در مرحله اول نظرات افراد راجع به مقایسات زوجی معیارها گرفته شده، سپس با تحلیل پاسخ‌های دور اول، پرسش‌نامه مرحله دوم به همراه خلاصه اطلاعات آماری پرسش نامه مرحله اول برای تک تک سلول‌های ماتریس مقایسات زوجی معیارها و پاسخ‌هایی که در دور قبل ارایه شده، در اختیار اعضای گروه قرار گرفت و از آنها خواسته شد با عنایت به خلاصه اطلاعات آماری دور قبل و پاسخ‌های خود، یک بار دیگر و در صورت صلاحدید جدول مقایسات زوجی معیارها را کامل کرده یا در صورت نیاز، برخی پاسخ‌های خود را تغییر دهند. در مرحله دوم برخی پاسخ‌ها با توجه به بازخورد پاسخ‌های دور اول (اطلاعات آماری پاسخ‌های دور اول) دچار تغییر شده و اجماع بیشتری روی پاسخ‌ها به دست آمد، به طوری که برای همه سلول‌های ماتریس مقایسات زوجی، بالای ۵۰٪ پاسخ‌ها در دامنه میان چارکی قرار گرفت که نتیجه مطلوبی از حیث اجماع پاسخ‌ها است. در نهایت پاسخ‌های دور دوم که در مقایسه با پاسخ‌های دور اول از اجماع نظر بیشتری برخوردار بود. به‌عنوان پاسخ‌های نهایی این بخش از مطالعه لحاظ شد. همان طور که در شکل ۳ مشخص است معیار M1 یعنی میزان اثر بخشی در ایمنی، بالاترین ضریب اهمیت و با تأثیر در تصمیم گیری در خصوص در خصوص مورد مطالعه را دارد. ترتیب و مقدار ضریب اهمیت به دست آمده برای تمامی معیارهای در زیر آمده است:

- میزان اثر بخشی در ایمنی (M1)= ۰/۵۵۹۰۷
- هزینه اجرایی سیستم (M2)= ۰/۰۸۸۷۵
- قابلیت اجرا (M3)= ۰/۳۵۲۱۹

شاخص ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی معیارها برابر ۰/۰۵۱۵۶ است، که این مقدار کمتر از ۰/۱ بوده و قابل قبول است.

۵-۲- الگوی روابط بین معیارهای اصلی با تکنیک DEMATEL

با پیش فرض روابط درونی میان معیارهای اصلی تحقیق و برای انعکاس ارتباطات متقابل میان معیارها از تکنیک دیمتل استفاده شده است. به طوری که متخصصان قادرند باتسلط

بیشتری به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات (جهت و شدت اثرات) میان عوامل بپردازند. لازم به ذکر است که ماتریس حاصله ازتکنیک دیمتل (ماتریس ارتباطات داخلی)، هم رابطه علی و معلولی بین عوامل را نشان می‌دهد و هم اثرپذیری و اثرگذاری متغیرها را نمایش می‌دهد.

گام نخست – محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم (M)

زمانی که از دیدگاه چند کارشناس استفاده می‌شود از میانگین حسابی ساده نظرات استفاده می‌شود و ماتریس ارتباط مستقیم یا **M** را تشکیل می‌دهیم.

جدول ۲. ماتریس ارتباط مستقیم: M

M	M1	M2	M3
M1	۰,۰۰۰	۳/٤۱۷	۲/٦٦۷
M2	۲/۹۱۷	۰,۰۰۰	۳/۰۸۳
M3	۲/٤۱۷	۳/۰۰۰	۰,۰۰۰

گام دوم– محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم نرمال

N = K*M

ابتدا جمع تمامی سطرها و ستون‌ها محاسبه می‌شود. معکوس بزرگترین عدد سطر و ستون **k** را تشکیل می‌دهد. و تمامی مقادیر جدول بر معکوس این عدد ضرب می‌شود تا ماتریس نرمال شود.

جدول ۳. ماتریس نرمال شده (N)

N	M1	M2	M3
M1	۰,۰۰۰	۰/٥٦۲	۰/٤۳۸
M2	۰/٤۷۹	۰,۰۰۰	۰/٥۰۷
M3	۰/۳۹۷	۰/٤۹۳	۰,۰۰۰

گام سوم– محاسبه ماتریس ارتباط کامل

برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل ابتدا ماتریس همانی (I) تشکیل می‌شود. سپس ماتریس همانی را منهای ماتریس نرمال کرده و ماتریس حاصل را معکوس می‌کنیم. در نهایت ماتریس نرمال را در ماتریس معکوس ضرب می‌کنیم.

جدول ٤. ماتریس معکوس

$(I-N)^{-1}$	M1	M2	M3
M1	۸/۳٥٤	۸/٦٦٤	۸/۰٥٤
M2	۷/٥۸٤	۹/۱۹۹	۷/۹۸۷
M3	۷/۰٥۹	۷/۹۷۹	۸/۱۳۹

جدول ٥. ماتریس ارتباط کامل (T)

T	M1	M2	M3
M1	۷/۹۲۲	۸/۹٦٥	۸/۰۱۷
M2	۷/٦۱۹	۸/۲۱۷	۷/۹۸٥
M3	٦/٥٤٤	۷/۷۰٦	۷/۱۷۲

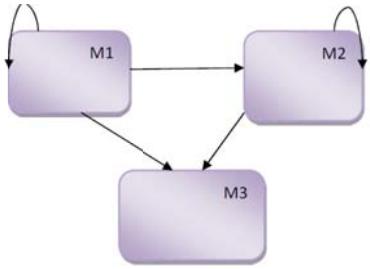
گام چهارم– نمایش نقشه روابط شبکه

برای تعیین نقشه روابط شبکه (NRM) [٦] باید شدت آستانه محاسبه شود. با این روش می‌توان از روابط جزئی صرف‌نظر کرده و شبکه روابط قابل اعتنا را ترسیم کرد. تنها روابطی که مقادیر آنها در ماتریس T از مقدار آستانه بزرگتر باشد در NRM نمایش داده خواهد شد. برای محاسبه مقدار آستانه روابط کافی است تا میانگین مقادیر ماتریس T محاسبه شود. بعد از آنکه شدت آستانه تعیین شد، تمامی مقادیر ماتریس T که کوچکتر از آستانه باشد صفر شده یعنی آن رابطه علی در نظر گرفته نمی‌شود. در این مطالعه شدت آستانه برابر ۷/۷۹٤ بدست آمده است. بنابراین الگوی روابط معنی‌دار به صورت زیر است.

جدول ٦. الگوی روابط معنی دار معیارهای اصلی

	M1	M2	M3
M1	۷/۹۲۲	۸/۹٦٥	۸/۰۱۷
M2	۰۰۰/۰	۸/۲۱۷	۷/۹۸٥
M3	۰۰۰/۰	۰۰۰/۰	۰۰۰/۰

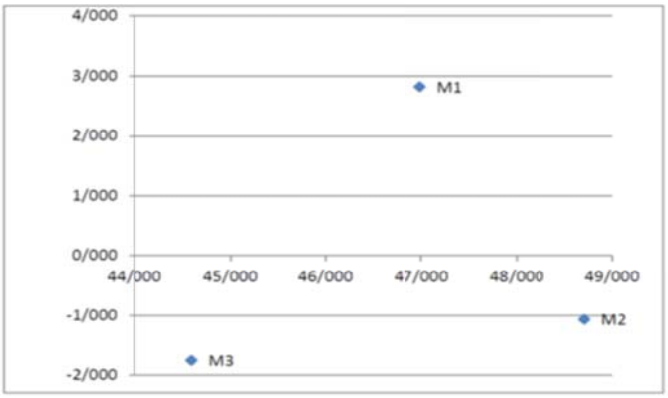
می‌توان نمودار علی را براساس جدول ٦ ترسیم کرد.



شکل ٤. نقشه روابط شبکه (NRM)

جدول ۷. الگوی روابط علی معیارهای اصلی

معیار		D	R	D+R	D-R	نوع متغییر
M1	مقداراثر بخشی در ایمنی	٢٤/٩٠٤	٢٢/٠٨٥	٤٦/٩٨٩	٢/٨١٨	علی
M2	هزینه اجرایی سیستم	٢٣/٨٢١	٢٤/٨٨٩	٤٨/٧١٠	-١/٠٦٧	معلول
M3	قابلیت اجرا	٢١/٤٢٣	٢٣/١٧٤	٤٤/٥٩٧	-١/٧٥١	معلول



شکل ۵. نمودار مختصات دکارتی خروجی روش دیمتل برای معیارها

در جدول ۷ جمع عناصر هر سطر (D) نشانگر میزان تاثیرگذاری آن معیار بر دیگر معیارهای مدل است. براین اساس معیار میزان اثر بخشی در ایمنی، از بیشترین تاثیرگذاری برخورداری است. هزینه اجرایی سیستم، در درجه دوم و قابلیت اجرا، کمترین تاثیرگذاری را بر سایر عناصر دارد. جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. براین اساس معیار هزینه اجرایی سیستم از میزان تاثیرپذیری بسیار زیادی برخوردار است. شاخص میزان اثر بخشی در ایمنی نیز کمترین تاثیرپذیری را از سایر معیارها دارد. بردار افقی (D + R)، میزان تاثیر و تاثر عامل مورد نظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار D + R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. براین اساس شاخص هزینه اجرایی سیستم بیشترین تعامل را با سایر معیارهای مورد مطالعه دارند. شاخص قابلیت اجرا از کمترین تعامل با سایر متغیرها برخوردار است. بردار عمودی (D - R)، قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. بطور کلی اگر D - R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. در این مدل شاخص میزان اثر بخشی در

ایمنی، شاخص علی و شاخص های هزینه اجرایی سیستم و قابلیت اجرایی سیستم، معلول هستند.

۵-۳- انتخاب بهترین سیستم حمل و نقل هوشمند موثر در ایمنی به روش ANP

طبق مدلسازی انجام شده در شکل۲ در نرم افزار سوپر دسیژن، مقایسات زوجی خبرگان در خصوص الویت‌بندی سیستم‌های حمل ونقل هوشمند موثر در ایمنی را به روش میانگین حسابی، یکسان سازی و وارد نرم افزار می نماییم.

مقایسات زوجی خبرگان در خصوص اولویت‌بندی سیستم‌های حمل و نقل هوشمند موثر در ایمنی با توجه به معیارهای میزان اثر بخشی در ایمنی (M1)، هزینه اجرایی سیستم (M2)، قابلیت اجرا سه گانه (M3) بصورت تفکیکی و در قالب یک پرسشنامه اخذ می‌شود. لازم به ذکر است که بر اساس اصول متد دلفی در نظر خواهی از خبرگان، نتایج حاصل از مقایسات زوجی معیارها ماحصل دو مرحله پرسش از اعضای گروه است. در مرحله اول نظرات افراد راجع به مقایسات زوجی معیارها گرفته شده، سپس با تحلیل پاسخ های دور اول، پرسش نامه مرحله دوم به همراه خلاصه اطلاعات آماری پرسش‌نامه مرحله اول برای تک تک سلول‌های ماتریس مقایسات زوجی معیارها و پاسخ‌هایی که در دور قبل ارایه شده، در اختیار اعضای گروه قرار گرفت و از آنها خواسته شد با عنایت به خلاصه اطلاعات آماری دور قبل و پاسخ‌های خود، یک بار دیگر و در صورت صلاحدید جدول مقایسات زوجی معیارها را کامل کرده یا در صورت نیاز، برخی پاسخ‌های خود را تغییر دهند. در مرحله دوم برخی پاسخ‌ها با توجه به بازخورد پاسخ‌های دور اول (اطلاعات آماری پاسخ‌های دور اول) دچار تغییر شده و اجماع بیشتری روی پاسخ‌ها به دست آمد، به طوری که برای همه سلول‌های ماتریس مقایسات زوجی، بالای ۵۰٪ پاسخ‌ها در دامنه میان چارکی قرار گرفت که نتیجه مطلوبی از حیث اجماع پاسخ‌ها است.

در نهایت پاسخ‌های دور دوم که در مقایسه با پاسخ‌های دور اول از اجماع نظر بیشتری برخوردار بود. به عنوان پاسخ‌های نهایی این بخش از مطالعه لحاظ شد.

شکل ٦. خروجی نرم افزار سوپر دسیژن در مورد مقایسات زوجی معیارها توسط خبرگان (بردار ضریب اهمیت معیارها)

همان طور که در شکل ٦ مشخص است سیستم S1 یعنی سیستم‌های ثبت تخلف، بالاترین ضریب اهمیت و با تأثیر در تصمیم گیری در خصوص در خصوص مورد مطالعه را دارد. ترتیب و مقدار ضریب اهمیت به دست آمده برای تمامی معیارهای در زیر آمده است:

- سیستم‌های ثبت تخلف=۰/٤٤٥٦٦

-سیستم اخطار به راننده به جهت عدم رعایت قوانین=۰/۳۱٤۱۰

-اخطار وضعیت شخصی راننده=۰/۰۳۸۸۲

-سیستم اطلاع رسانی به هنگام=۰/۱۰٤۳۹

-سیستم نظارت بر ترافیک جاده‌ها به وسیله ماهواره=۰/۰۳۳٤۳

-سیستم GIS و GPS=۰/۰٦۳٥۹

شاخص ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی معیارها برابر ۰/۰۷۲۹۷ است، که این مقدار کمتر از ۰/۱ بوده و قابل قبول است.

Cluster Node Labels		Conditions		
		M1	M2	M3
Conditions	M2	0.108472	0.088746	0.087667
	M3	0.261434	0.352189	0.139162
ITS Systems	S1	0.488112	0.392994	0.445665
	S2	0.253018	0.303547	0.314096
	S3	0.058842	0.080186	0.038822
	S4	0.105218	0.163517	0.104395
	S5	0.033215	0.022441	0.033432
	S6	0.061595	0.037316	0.063592

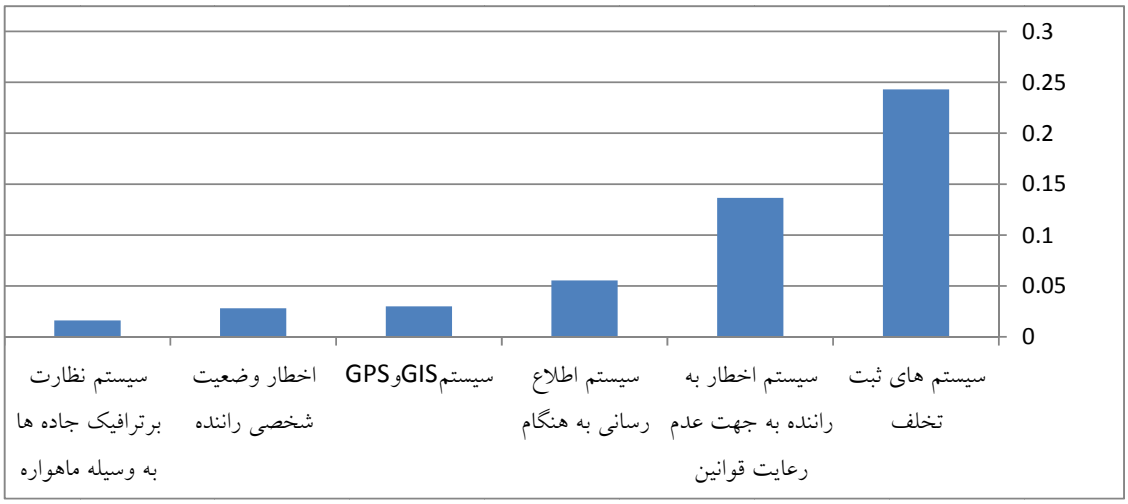
شکل ۷. سوپر ماتریس ناموزون

Cluster Node Labels		Conditions		
		M1	M2	M3
Conditions	M2	0.054236	0.044373	0.043833
	M3	0.130717	0.176094	0.069581
ITS Systems	S1	0.244056	0.196497	0.222832
	S2	0.126509	0.151773	0.157048
	S3	0.029421	0.040093	0.019411
	S4	0.052609	0.081758	0.052197
	S5	0.016608	0.011220	0.016716
	S6	0.030797	0.018658	0.031796

شکل ۸. سوپر ماتریس موزون

Cluster Node Labels		Conditions		
		M1	M2	M3
Conditions	M2	0.050727	0.050727	0.050727
	M3	0.120578	0.120578	0.120578
ITS Systems	S1	0.234113	0.234113	0.234113
	S2	0.136437	0.136437	0.136437
	S3	0.028090	0.028090	0.028090
	S4	0.055467	0.055467	0.055467
	S5	0.016087	0.016087	0.016087
	S6	0.029807	0.029807	0.029807

شکل ۹. جدول سوپر ماتریس حدی



شکل ۱۰. اولویت‌بندی نهایی سیستم‌های حمل و نقل هوشمند موثر برای ایمنی جهت نصب در محورهای مواصلاتی استان همدان

٦- اعتبار سنجی مدل ساخته شده

٦-١- بررسی شاخص ناسازگاری

همان طور که قبلاً اشاره شد، در مدل‌هایی که حاصل قضاوت ترجیحی یا مقایسات زوجی گروهی از خبرگان و کارشناسان، برای بررسی قابلیت اعتماد مدل، شاخص ناسازگاری حاصل از ماتریس مقایسات زوجی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. از آنجا که تمامی محاسبات در فرآیند تحلیل شبکه‌ای بر پایه مقایسات زوجی گزینه‌ها با شاخص‌ها انجام می‌شود، لذا اطمینان از سازگار بودن این مقایسات از اهمیت بالایی برخودار است. چرا که در غیر اینصورت، صحت نتایج نهایی مورد تردید قرار می‌گیرد. برای مثال اگر در تعیین معیار تأثیر گذار بر تصمیم گیری، معیار A نسبت به معیار B کمی مرجح باشد (ارزش ترجیحی ۳) و معیار B نسبت به معیار C خیلی مرجح باشد (ارزش ترجیحی ۸ یا ۹). شاید مقایسه این دو گزینه امری ساده باشد، اما زمانی که تعداد گزینه‌هایی که مقایسه میان آنها انجام می‌شود، افزایش یابد، اطمینان از سازگاری مقایسات به راحتی میسر نبوده و بایستی با سازگاری مقایسات قابل قبول بوده و در غیر اینصورت بایستی در مقایسات تجدید نظر شود. بنابراین در فرآیند تحلیل شبکه‌ای مقدار شاخص ناسازگاری حاصل از ماتریس مقایسات زوجی معیارها، ماتریس مقایسات زوجی گزینه‌ها برای هر معیار و همین طور ماتریس مقایسات زوجی وابستگی‌های درونی معیارها با کنترل هر معیار بایستی کمتر از ۰/۱ باشد. مقدار شاخص مذکور برای تمامی ماتریس‌های مقایسات زوجی توسط نرم افزار سوپردسیژن محاسبه شده، در قسمت‌های قبلی ارایه شده است. همان طور که مشاهده شد مقدار این شاخص‌ها برای تمامی ماتریس های زوجی کمتر از ۰/۱ بوده که قابل قبول است. بنابراین با کنترل این شاخص، مدل ساخته شده معتبر است.

٦-٢- بررسی فاکتور اجماع در پاسخ های جمع آوری شده از اعضای خبرگان

یکی از فاکتورهای مهم در انجام متد دلفی رسیدن به اجماع در پاسخ‌های اعضای گروه خبرگان است. از آنجا که در مطالعه حاضر و در مراحل مختلف انجام آن از متد دلفی استفاده شده است، لذا بررسی اجماع در پاسخ‌های افراد ضامن معتبر بودن مدل نهایی است. همان طور که اشاره شد، در نتایج مطالعات محدوده متفاوتی از سطح اجماع از ۵۱ تا ۱۰۰ درصد گزارش شده است. در ابتدا تحقیق برای تعریف معیارهای اثر گذار بر تصمیم از نظر گروه خبرگان استفاده شد. همانطور که اشاره شد این فرآیند در دو مرحله صورت پذیرفت. برای این منظور و به عنوان مرحله نخست مطالعه، از اعضای گروه خبرگان خواسته شده است که کلیه شاخص‌ها و معیارهایی که از نظر این افراد در تصمیم‌گیری در خصوص موضوع مورد مطالعه دخیل هستند را ذکر کنند که در پایان این مرحله شاخص حاصل از مرحله اول، لیست شده و تعداد دفعات اشاره شده به هر شاخص در مقابل آن‌ها نوشته شده و به اعضای گروه تحویل داده شد. این کار برای آن بود که اعضا با آگاهی از نتایج دور اول مطالعه و در صورت نیاز، پاسخ‌های خود در مرحله نخست را اصلاح کنند. بر همین اساس پاسخ های دور دوم پیرامون معیارهای تأثیرگذار در تصمیم‌گیری در ارتباط با موضوع مورد مطالعه، جمع آوری شد. پس از پایان مرحله دوم و با رسیدن به اعضا به اجماع نظر، تعداد ۳ شاخص به عنوان شاخص‌های تأثیر گذار بر اولویت‌بندی راه‌ها جهت تجهیز به سیستم‌های حمل و نقل هوشمند موثر بر ایمنی، تعیین شد. همچنین برای بررسی میزان اثر گذاری معیارها بر یکدیگر و رسم نقشه شبکه روابط و در نهایت تشکیل ماتریس‌های مقایسات زوجی وابستگی‌های درون معیارها با کنترل هر معیار از نظر گروه خبرگان استفاده شده است. در اینجا نیز، نظر خواهی از اعضای خبرگان در دو مرحله انجام شده است که بررسی درصد پاسخ های قرارگرفته در داخل دامنه میان چارکی در پایان مرحله دوم نشان دهنده اجماع بیشتر پاسخ‌ها در پایان مرحله دوم نسبت به مرحله اول است، به طوری که برای همه سلول‌های ماتریس مقایسات زوجی بالای ٥٤٪ پاسخ‌ها در دامنه میان چارکی قرار گرفت، که نتیجه مطلوبی در بررسی اجماع پاسخ‌ها است.

۷- نتیجه‌گیری

با عنایت به هزینه سنگین اجرای و بهره برداری از سیستم‌های حمل و نقل موثر برایمنی، همواره می‌باستی سعی شود وسایل انتخابی، از نظر معیارهای میزان اثر بخشی در ایمنی، هزینه اجرایی سیستم و قابلیت اجرا بودن مورد ارزیابی قرار گرفته و همچنین مکان‌ها و محورهایی که این سیستم در آنها نصب و مورد استفاده قرار می‌گیرد با بررسی دقیق، اولویت بندی شوند. هدف اصلی این تحقیق تدوین الگو و مدلی برای اولویت بندی

سیستم‌های حمل و نقل هوشمند و موثر بر ایمنی برای استفاده در محورهای مواصلاتی استان همدان است. جهت بهره گیری از سیستم‌های مذکور، جهت بهبود تردد و افزایش ایمنی جاده‌های بین شهری استان همدان، بر اساس متد دلفی، فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP، تکنیک دیمتل و روش تاپسیس می‌باشد. همانطور که در بخش مرور مطالعات گذشته بیان گردید مطالعه‌ای در سال ۱۳۹۹ توسط آقای صالحی در خصوص اولویت بندی راه‌های استان همدان با هدف نصب تجهیزات سیستم‌های حمل و نقل هوشمند انجام پذیرفته بود که مطالعه حاضر در جهت تکمیل مطالعه مذکور بوده و به همین دلیل بر اساس نظر سنجی و پرسشگری از خبرگان استان همدان انجام پذیرفته است. معیارهای اولویت بندی سیستم‌های حمل و نقل هوشمند به شرح زیر است.

۱- میزان اثر بخشی درایمنی (M1)

۲- هزینه اجرایی سیستم (M2)

۳- قابلیت اجرا (M3)

طبق محاسبات انجام شده به روش دیمتل، نتایج ذیل در خصوص معیارهای تأثیر گذار در اولویت‌بندی سیستم‌های حمل و نقل هوشمند موثر بر ایمنی، حاصل گردید:

-جمع عناصر هر سطر (D) نشانگر میزان تاثیرگذاری آن معیار بر دیگر معیارهای مدل است. بر این اساس معیار میزان اثربخشی در ایمنی، از بیشترین تاثیرگذاری برخورداری است. هزینه اجرایی سیستم، در درجه دوم و قابلیت اجرا، کمترین تاثیرگذاری را بر سایر عناصر دارد.

-جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. براین اساس معیار هزینه اجرایی سیستم از میزان تاثیرپذیری بسیار زیادی برخوردار است. شاخص میزان اثربخشی درایمنی نیز کمترین تاثیرپذیری را از سایر معیارها دارد.

- بردار افقی(D + R)، میزان تاثیر و تاثر عامل مورد نظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار D + R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. براین اساس شاخص هزینه اجرایی سیستم بیشترین تعامل را با سایر معیارهای مورد مطالعه دارند. شاخص قابلیت اجرا از کمترین تعامل با سایر متغیرها برخوردار است.

-بردار عمودی (D - R)، قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. بطور کلی اگر D - R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. در این مدل شاخص میزان اثربخشی درایمنی، شاخص علی و شاخص‌های هزینه اجرایی سیستم و قابلیت اجرایی سیستم، معلول هستند.

-نتایج اولویت‌بندی سیستم‌های حمل و نقل هوشمند موثر بر ایمنی جهت تجهیز جاده‌های استان همدان به این سیستم‌ها برای افزایش ایمنی وبهبود تردد:

- اولین اولویت و بهترین گزینه قابل استفاده به عنوان سیستم هوشمند جهت افزایش ایمنی و بهبود تردد در جاده‌های مواصلاتی استان همدان، استفاده از سیستم‌های ثبت تخلف است.

- دومین اولویت از سیستم‌های حمل و نقل هوشمند موثر بر ایمنی، گزینه سیستم اخطار به راننده به جهت عدم رعایت قوانین است.

- سومین اولویت سیستم اطلاع رسانی به هنگام به استفاده کنندگان و بهره برداران از حمل و نقل جاده‌ای استان همدان است.

- چهارمین اولویت سیستم GIS و GPS است.

- پنجمین اولویت سیستم اخطار وضعیت شخصی راننده است.

- ششمین و آخرین اولویت نظارت بر ترافیک جاده‌ها به وسیله ماهواره است.

پیشنهادات

- بررسی نقش سیستم‌های حمل و نقل هوشمند بر افزایش ایمنی و بهبود تردد در جاده‌های مواصلاتی سایر استان‌ها.

- بررسی میزان مقبولیت و تأثیر گذاری گزینه‌های مختلف حمل و نقل هوشمند از نظر بهره برداران حمل و نقل جاده‌ای.

-بررسی مقایسه‌ای میان گزینه‌های پیشنهادی حمل و نقل هوشمند و دیگر گزینه‌های موجود از لحاظ تأمین ایمنی.

۸-پی‌نوشت‌ها

1. Intelligent Transportation System
2. Analytical Network Process
3. Analytical Hierarchy process
4. Global Positioning System
5. Geographic Information System
6. Network Relation Map

۹-مراجع

-اصلانی ثمرین، ع.، (۱۳۹۸)،"بررسی نقش سیستم‌های حمل و نقل هوشمند در افزایش ایمنی و بهبود تردد در حمل و نقل جاده‌ای"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما علی اصغر گهرپور.

-الماسی، ا. و همکاران (۱۴۰۰)، "مقایسه فراوانی و شدت تصادفات در شناسایی نقاط حادثه‌خیز شبکه جاده بین شهری"، کنفرانس ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی.

- بهبهانی، ح. و اسدی کیا، ه.، (۱۳۹۰)، "ارزیابی راهکارهای موجود در سیستم‌های حمل و نقل هوشمند از لحاظ ارتقای ایمنی ترافیک"، دهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک.

-خاکسار، ح. و همکاران، (۱۴۰۱)، "کاربرد مدل‌های فضایی-مکانی در پیش‌بینی فراوانی تصادفات جاده‌ای (مطالعه موردی: شبکه راه‌های اصلی استان همدان)"، فصلنامه علمی پژوهشنامه حمل و نقل، سال نوزدهم، دوره اول، شماره ۷۰.

-ذوقی، ح. و یاری‌تبار، م. ع.، (۱۳۹۴)، "آنالیز سیستم‌های حمل ونقل هوشمند در افزایش ظرفیت و ایمنی جاده‌های کوهستانی"، دومین کنفرانس سراسری توسعه محوری مهندسی عمران، معماری.

-رحیم اف، ک.، شیوا آصف، (۱۳۹۰)، "نقش سیستم‌های حمل و نقل هوشمند در اصلاح نقاط حادثه خیز، مطالعه موردی محور کرج-چالوس"، یازدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، اسفند.

-سید کریمی، م. و نبی زاده، م.، (۱۳۹۳) "الویت‌بندی استقرار سیستم‌های هوشمند حمل و نقل در بهبود ایمنی راه‌ها"، نخستین همایش سیستم‌های حمل و نقل هوشمند جاده‌ای، تهران، ایران.

-شمعانیان ،ح.، (۱۳۹۸)، "ارایه مدل اولویت‌بندی راه‌های برون شهری جهت تجهیز به دوربین‌های کنترل سرعت با استفاده ازفرآیند تحلیل شبکه‌ای"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما شهریار افندی زاده.

-صالحی، م.، (۱۳۹۹)، "ارتقا ایمنی و بهبود تردد درحمل ونقل جاده‌ای با استفاده ازروش تحلیل شبکه و سیستم حمل و نقل هوشمند"، پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما علی اصغر گهرپور.

-عیسایی، م.ت. و زیادی، م.، (۱۳۹۱)،"سیستم پشتیبان تصمیم خبره با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل شبکه‌ای برای شبکه راهی در کشورهای در حال توسعه"، نهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، تهران، ایران.

- قاسمی‌نوقابی، م.، (۱۳۹۳)، "بررسی تأثیر سیستم‌های حمل و نقل هوشمند بر تصادفات ترافیکی جاده‌ای"، کارشناسی ارشد راه و ترابری، اداره کل حمل و نقل و پایانه‌های خراسان جنوبی، اولین همایش سیستم‌های حمل ونقل هوشمند، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای کشور، تهران، ایران.

-محمودآبادی، م.، (۱۳۹۳)، "ارزیابی تأثیر دوربین‌های کنترل سرعت هوشمند بر کاهش سرعت (مطالعه موردی محورهای استان خراسان رضوی)، نخستین همایش سیستم‌های حمل و نقل هوشمند جاده‌ای"، تهران، ایران.

-Bernace Thierry, (2010), "safety effects of mobile speed cameras in Norfolk: no more than regression to the mean", journal of safety reserch41, pp.65-67.

-Carlucci, D. & Schiuma, G., (2008), "Applying the analytic network process to disclose knowledge assets value".

-Elyasi, Mohamadreza.et al., (2019), "a ANP-based Model for Location of Fixed Speed Cameras", internatioanl journal of transportation engineering, Vol. 6, Issue 1, Serial Number 21.
-Gains, a, "Nordstoroni m, heydecker, b,g and Shrewsbury, j., (2005), "The national safety camera program me: four year evaluation report, pa consulting group, London.
- Jounes andrew, sauerzapf violet, and haynes robin, (2008), "the effects of mobile speed camera introdution on road trafic crashes and casualtics in a rural county of England", journal of safety research 39, pp.101-110
-kaml hamzah, Muhammad, et al., (2013), "The automated speed enforcement system - a case study bin Putrajaya", proceedings of the eastern Asia society for transportation studies, Vol.9.
-Wilson, c, et al., (2013),"Speed cameras for the prevention of road traffic injuries and deaths", (review) Vol.ltd.art. no. cd004607 (issue 10): the Cochrane collaboration published by john Wiley.

Prioritizing Intelligent Transportation Systems with the Aim of Improving Road Safety (Case Study: Hamadan Province)

Ali Asghar Goharpoor, Assistant Professor, Department of Engineering, Malayer University, Malayer, Iran.

E-mail: Goharpour_a@Malayeru.ac.ir

Received: March 2023- Accepted: August 2023

ABSTRACT

Considering the high costs of implementation and operation of effective transportation systems, efforts should be made to select and measure selected means to control and monitor drivers' behavior and road safety with precise criteria. In order to take advantage of the mentioned systems, to improve the traffic and increase the safety of the intercity roads of Hamedan province, in this article, based on the Delphi method, the ANP network analysis process, the Dimetal technique, and the TOPSIS method, the use of different systems has been prioritized. Mistakes and inaccuracy in choosing the right system cause a lot of damage in the field of road transportation. In this study, the effectiveness of the system in terms of safety, system implementation cost, and feasibility were evaluated, and these systems were prioritized after careful examination. The main goal of this research is to develop a pattern and a model for prioritizing intelligent transportation systems that are effective on safety for use in the transportation axes of Hamedan province. The next ranks are the warning system to the driver and the timely notification system to the road users.

Keyword: Intelligent Transportation Systems, Road Safety Improvement, Network Analysis Process, Prioritization