عنوان مقاله: ارائه راهکارهای مدیریتی برای ایمن‌سازی محورهای مواصلاتی

عباس اصلانی ثمرین[1] ـ علی‌اصغر گهرپور[2]

دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۰۹
پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۳۰

چکیده:

امروزه، بهره‌جستن از راه‌حلی که بدون نیاز به افزایش زیرساخت‌های حمل‌ونقل و با هزینه معقول، موجب افزایش ایمنی و بهبود تردد در جاده‌ها شود، نظر متخصصان حوزه حمل‌ونقل را به‌سوی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS) جلب کرده است. هدف مطالعه حاضر مدیریت ایمنی راه‌ها و مخصوصا مدیریت سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند از طریق مکانیابی و تعیین شاخص‌های اصلی نصب اجزای این سیستم‌ها است.
این پژوهش سعی دارد با استفاده از نظر متخصصان با کمک متد دلفی، روش تحلیل شبکه‌ای ANP، تکنیک دیمتل و روش تاپسیس، راه‌ها را جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، به ترتیبی اولویت‌بندی کند که نتیجه آن موجب افزایش ایمنی و بهبود تردد در سطح جاده‌های ایران شود و در نهایت با استفاده از روش تاپسیس، محورها جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند موثر بر ایمنی اولویت‌بندی می‌شوند. در انتها 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 مورد مطالعاتی (استان اردبیل) ارایه می‌گردد.

۱. کارشناس ارشد مهندسی حمل‌ونقل، دانشگاه آزاد اسلامی واحد الکترونیک تهران.
aslaniabas@gmail.com
۲.استادیار گروه عمران ومعماری، دانشگاه ملایر (نویسنده مسئول).
agoharpoor@gmail.com

کلیدواژه‌ها: سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS)، تحلیل شبکه‌ای (ANP)، اولویت‌بندی محورها، تکنیک دیمتل، روش تاپسیس.

مقدمه

حمل‌ونقل و جابه‌جایی یکی از اساسی‌ترین نیازهای بشر، همواره به‌عنوان شاخص مطرح و بسیار مهم در برنامه‌ریزی‌های کلان هر جامعه مورد استفاده قرار گرفته است (موسویان، ۱۳۹۱، ۴۸). نقش حمل‌ونقل در مراحل مختلف توسعه اقتصادی و اجتماعی یک کشور و همچنین در اقتصاد کشورهایی با درجات مختلف توسعه متفاوت است، اما تاثیر و تعامل آن در اقتصاد و فرآیند توسعه اقتصادی تمامی کشورها به‌ویژه کشورهای در حال توسعه بسیار جدی است. به‌طوری‌که عملکرد حمل‌ونقل می‌تواند فرآیند توسعه اقتصادی کشورها را تحت‌تاثیر جدی قرار دهد (حبیبی‌نوخندان و کمالی، ۱۳۸۵). از این‌رو از اساسی‌ترین پیش‌نیازهای توسعه صنایع و افزایش سطح رفاه اجتماعی هر کشور وجود حمل‌ونقل روان و ایمن است. یکی از مهم‌ترین نمادهای ارزیابی کیفیت زندگی شهروندان یک کشور وضعیت حمل‌ونقل آن است. افزایش تسهیلات زیربنایی حمل‌ونقل به‌دلیل نیاز به سرمایه‌گذاری کلان و زمان طولانی اجرا، همواره با محدودیت‌های گسترده‌ای روبه‌رو است. بنابراین به‌منظور غلبه بر مشکلات فوق و با توجه به اینکه غلبه بر محدودیت‌های مذکور با روش‌های سنتی غیرممکن است، همواره با پیشرفت‌های حاصل در فناوری ارتباطات و الکترونیک، از سال‌ها پیش توسعه سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل[1] (ITS) به‌عنوان سیاست کلی کشورهای پیشرفته در بخش حمل‌ونقل مطرح شد (عیسایی، ۱۳۸۴).

سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل می‌تواند تنوع زیادی در مقوله کاربرد در جاده‌ها داشته باشد. طی سال‌های اخیر استفاده از سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل در مدیریت ترافیک راه‌های کشور اعم از درون‌شهری و برون‌شهری توسعه خوبی داشته است. از طرفی با توجه به اینکه نصب و راه‌اندازی اجزای این سیستم‌ها هزینه‌بر است ازاین‌رو مکان‌یابی درست و منطقی و تعیین شاخص‌های نصب اجزای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در جاده‌های کشور از اهمیت زیادی برخوردار است (جمیلی، ۱۳۹۳).

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

شمعانیان‌اصفهانی در سال ۱۳۹۵ در پژوهشی با عنوان تحلیل و ارزیابی تاثیر دوربین‌های کنترل سرعت بر ایمنی راه‌ها و اولویت‌بندی تجهیز راه‌های برون‌شهری به این سیستم با استفاده از روش فرآیند

1. Intelligent Transportation System

تحلیل شبکه‌ای (مطالعه موردی: راه‌های استان اصفهان)، پس از تحلیل و ارزیابی تاثیر دوربین‌های کنترل سرعت بر ایمنی راه‌ها در محورهای مختلف استان اصفهان، پژوهشگر با توزیع پرسش‌نامه‌ای بین کارشناسان خبره ادارات حمل‌ونقل و پایانه‌ها، اداره راه و شهرسازی، پلیس‌راه استان اصفهان، که در زمینه ایمنی ترافیک و سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند دارای سابقه و تجربه هستند، به روش دلفی[1] نظرات کارشناسان را جمع‌آوری و به کمک روش ANP آنها را تجزیه و تحلیل کرده و در نهایت محورهای استان اصفهان را جهت تجهیز به دوربین‌های کنترل سرعت، اولویت‌بندی می‌کند.

هاشمین در سال ۱۳۹۳ در پژوهشی با عنوان «رتبه‌بندی محل‌های استقرار دوربین‌های نظارت تصویری در محورهای استان اردبیل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (مطالعه موردی محور اردبیل ـ سرچم)»، بر اساس شاخص‌ها و معیارهایی نقاط مکان‌یابی‌شده را با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) مورد مطالعه قرار داده و رتبه‌بندی کرده است. بدین‌منظور ده مکان در محور اردبیل ـ سرچم که در آن مکان‌یابی انجام شده است انتخاب شده و بر اساس معیارهای مصوب سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای، بر اساس نظر خبرگان با رویکرد AHP رتبه‌بندی شده تا مشخص شود کدام نقطه از اهمیت بیشتری برای تجهیز برخوردار است. در نهایت با تحلیل حساسیت نتایج، بررسی‌هایی برای تعیین نقاط بالقوه و نیز مکان‌ها با توجه به معیارها انجام گرفت. نتایج نشان داد که: اولویت معیارها به ترتیب عبارت‌اند از: پرحادثه‌بودن، برفگیر بودن، تقاطع، شیب جاده، وجود بستر مخابراتی، ابتدا یا انتها بودن محور، فاصله دید مناسب، وجود برق در محل، وجود عوارض مصنوعی و وجود دکل مخابراتی.

برناس[2] در سال ۲۰۱۰، در پژوهشی اثرات دوربین‌های کنترل سرعت برای 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 به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافته است (Bernas, 2010).

– محمدکامل حمزه و همکاران در سال ۲۰۱۳، در مطالعات انجام‌شده بر روی شهر پوتراجایا در مالزی مشخص کردند که سیستم دوربین‌های کنترل سرعت تاثیر مثبتی بر کاهش سرعت میانگین داشته و حدود ۵۰ درصد رانندگان در نقاط مجهز به دوربین‌های کنترل سرعت، سرعت خود را کاهش داده‌اند (Muhamad Kamil Hamzah *et al*., 2013).

– ویلسون و همکاران[3] در سال ۲۰۱۰، با بررسی نقش دوربین‌های کنترل سرعت در جلوگیری

1. Delphi Method
2. Bernas
3. Wilson *et al*.

از صدمات و تلفات ناشی از تصادفات جاده‌ای، با تحلیل نتایج سی‌وپنج مطالعه قبل در مورد 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 زیر دست یافتند:

– کاهش ۱ تا ۱۵ درصدی میانگین سرعت ثبت‌شده، کاهش ۸ تا ۴۹ درصدی تصادفات جاده‌ای، کاهش ۱۱ تا ۴۴ درصدی تصادفات جاده‌ای منجر به فوت یا جراحات جدی (Wilson *et al*., 2010).

با توجه به موارد بالا و سایر موارد گفته‌شده در جدول (۱)، مسلم است که سیستم‌های حمل‌ونقل 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: مروری بر سوابق پژوهش با موضوع نقش سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در افزایش ایمنی و بهبود تردد در جاده‌ها

ردیف	نام پژوهشگر	سال تحقیق	عنوان پژوهشگر
۱	حمید بهبهانی و هومن اسدی‌کیا	۱۳۹۰	مقاله ـ ارزیابی راهکارهای موجود در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند از لحاظ ارتقای ایمنی ترافیک
۲	کامران رحیم‌اف، مهتاد نراقی و مهدی نبی‌زاده	۱۳۹۰	مقاله ـ کاهش تصادفات جاده‌ای ناشی از تخلفات رانندگان با استفاده از سیستم‌های هشداردهنده انحراف از مسیر
۳	سیدمسعود هاشمین	۱۳۹۳	پایان‌نامه ـ رتبه‌بندی محل‌های استقرار دوربین‌های نظارت تصویری در محورهای استان با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (مطالعه موردی محور اردبیل ـ سرچم)
۴	مهدی محمودآبادی	۱۳۹۳	مقاله ـ ارزیابی تاثیر دوربین‌های کنترل سرعت هوشمند بر کاهش سرعت (مطالعه موردی محورهای استان خراسان رضوی)
۵	مسعود قاسمی‌نوقابی	۱۳۹۳	مقاله ـ بررسی تاثیر سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند بر تصادفات ترافیکی جاده‌ای
۶	بهرام اسدی	۱۳۹۳	مقاله ـ تحلیلی بر تاثیر اجرای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS) بر کارکرد حمل‌ونقل جاده‌ای (مطالعه موردی استان بوشهر)
۷	شیوا آصف و کامران رحیم‌اف	۱۳۹۰	مقاله ـ نقش سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در اصلاح نقاط حادثه‌خیز (مطالعه موردی محور کرج ـ چالوس)
۸	مهسا میرحسینی	۱۳۸۹	پایان‌نامه ـ تاثیر به‌کارگیری سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند VANETS بر ظرفیت آزادراه
۹	مهشید سیدکریمی و مهدی نبی‌زاده	۱۳۹۳	مقاله ـ اولویت‌بندی استقرار سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل در بهبود ایمنی راه‌ها

ادامه جدول ۱: مروری بر سوابق پژوهش با موضوع نقش سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در افزایش ایمنی و بهبود تردد در جاده‌ها

ردیف	نام پژوهشگر	سال تحقیق	عنوان پژوهشگر
۱۰	حمید شمعانیان‌اصفهانی	۱۳۹۵	پایان‌نامه ـ تحلیل و ارزیابی تاثیر دوربین‌های کنترل سرعت بر ایمنی راه‌ها و اولویت‌بندی تجهیز راه‌های برون‌شهری به این سیستم با استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (مطالعه موردی: راه‌های استان اصفهان)
۱۱	علی یاری‌تبار	۱۳۹۴	پایان‌نامه ـ آنالیز عملکردی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در افزایش ظرفیت و ایمنی جاده‌های کوهستانی (مطالعه موردی جاده هراز)
۱۲	هومن اسدی‌کیا	۱۳۸۶	پایان‌نامه ـ ارزیابی متغیرهای موثر بر ایمنی با راهکارهای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند
۱۳	تیری برناس[1]	۲۰۱۰	Safety effects of mobile speed cameras in Norfolk: No more than regression to the mean
۱۴	مونتین و همکاران[2]	۲۰۰۵	The Impact of speed management schemes on 30 mph roads, accident analysis and prevention
۱۵	جونز و همکاران[3]	۲۰۰۸	The Effect of mobile speed camera introduction on road traffic rural country of England
۱۶	محمدکامل حمزه و همکاران	۲۰۱۳	The Automated speed enforcement system- A Case study bin Putrajaya
۱۷	ویلسون و همکاران	۲۰۱۰	Speed cameras for the prevention of road traffic injuries and deaths
۱۸	منکین[4]	۲۰۰۱	Halo effect of automatic speed enforcement. techn res centre Finland
۱۹	گینز و همکاران[5]	۲۰۰۵	The National safety camera program me: four year evaluation report
۲۰	ریچارد تی[6]	۲۰۰۰	Do Speed camera improve road safety. traffic and transportation studies
۲۱	الویک آر[7]	۲۰۰۱	Quanti, road safety tragers: an assessment of evaluation methodology
۲۲	الویک و همکاران[8]	۲۰۰۴	The Handbook of road safety measures
۲۳	ارک[9]	۲۰۰۷	Effects of electronic stability control(ESC) on accidents. A review of empirical evidence’
۲۴	الویک و همکاران	۲۰۰۳	Daytime running lights: a systematic review of effects on road safety

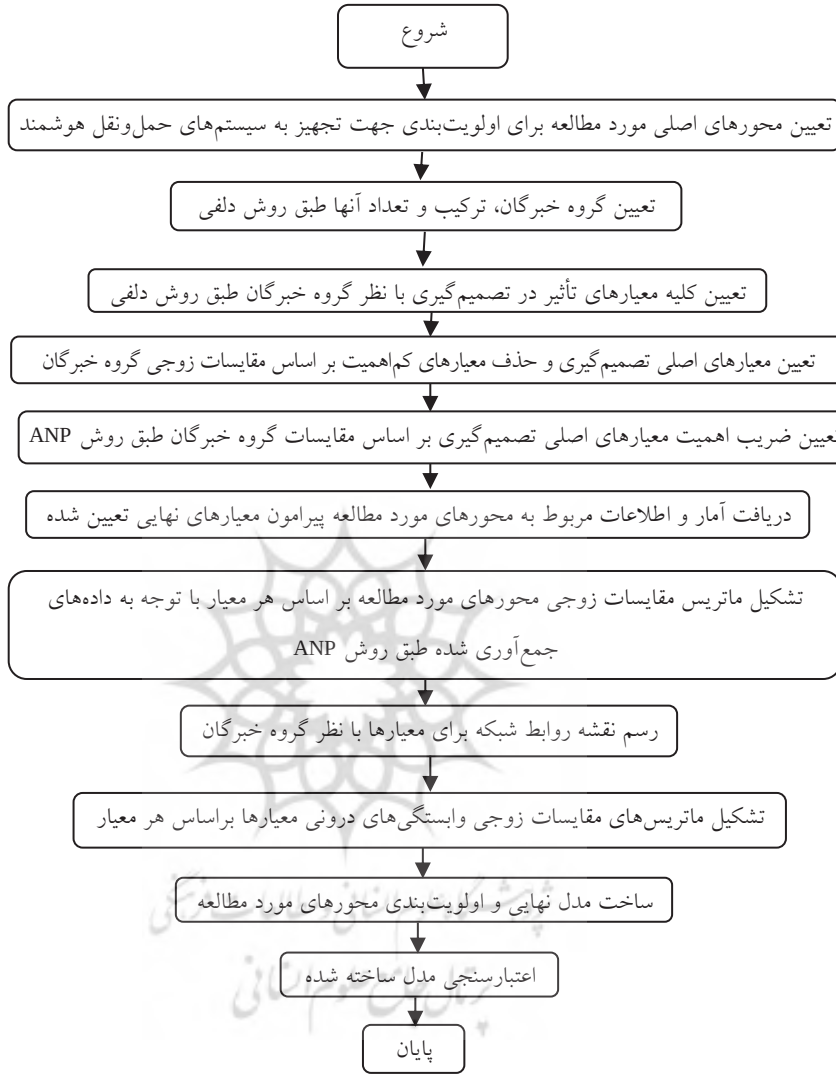
1. Thierry Barnes
2. Montin *et al*.
3. Jones *et al*.
4. Menkin
5. Gins *et al*.
6. Richard T.
7. Elvik R.
8. Elwick *et al*.
9. Erke

توسعه فرضیه‌ها و مدل مفهومی

روش‌شناسی

روش‌های ارزیابی چندمعیاره کاربرد وسیعی در همه علوم پیدا کرده است. یکی از این روش‌ها فرآیند سلسله‌مراتبی (AHP) است. این روش ابتدا مسئله را به یک ساختار سلسله‌مراتبی تبدیل می‌کند که در آن عناصر تشکیل‌دهنده این ساختار که اجزای تصمیم نیز تلقی می‌شوند، مستقل از یکدیگر فرض شده‌اند. بنابراین یکی از محدودیت‌های جدی AHP این است که وابستگی‌های متقابل بین عناصر تصمیم، یعنی وابستگی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها را در نظر نمی‌گیرد و ارتباط بین عناصر تصمیم را سلسله‌مراتبی و یک‌طرفه فرض می‌کند. این فرض ممکن است در بعضی موارد صادق نباشد و در چنین شرایطی نتیجه روش AHP ممکن است موجب برعکس‌شدن رتبه‌ها شود. یعنی با حذف گزینه‌ای ممکن است نتیجه رتبه‌بندی گزینه‌ها تغییر کند. بنابراین باید در استفاده از روش AHP اندکی محتاط بود، زیرا تمامی مسائل و مشکلات برنامه‌ریزی لزوماً دارای سلسله‌مراتب (زبردست، ۱۳۸۰) نیستند. این محدودیت عمده AHP باعث شد تا ابداع‌کننده آن، توماس ساعتی، روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) را ارائه و معرفی کند که در آن ارتباطات پیچیده میان عناصر تصمیم، از طریق جایگزینی ساختار سلسله‌مراتبی با ساختار شبکه‌ای، در نظر گرفته می‌شود. فرآیند تحلیل شبکه‌ای حالت عمومی AHP و شکل گسترده آن محسوب می‌شود (ساعتی، ۱۹۹۹) که در آن موضوعات با وابستگی متقابل و بازخورد را نیز می‌توان در نظر گرفت. به‌همین دلیل در سال‌های اخیر استفاده از ANP به جای AHP در اغلب زمینه‌ها افزایش پیدا کرده است (جارخاریا و شانکار، ۲۰۰۷). با وجود این، هنوز استفاده از روش ANP در حمل‌ونقل چندان باب نشده است.

این پژوهش تلاش می‌کند تا با به‌کارگیری روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند موثر در ایمنی و همچنین محورهای مواصلاتی استان اردبیل به این سیستم‌ها، جهت افزایش ایمنی و بهبود تردد در جاده‌های استان اردبیل را طبق فلوچارت‌های زیر، اولویت‌بندی کند.



شکل ۱: فلوچارت ساخت الگوی تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی محورهای مواصلاتی استان اردبیل جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند

تجزیه و تحلیل یافته‌ها

- تعیین محورهای اصلی مورد مطالعه جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند

با توجه به مطالب گفته‌شده و با در نظرگرفتن نظر خبرگان، محورهای زیر برای اولویت‌بندی به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند انتخاب شدند:

جدول ۲: محورهای اصلی مورد مطالعه جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند

ردیف	نام محور شریانی یا اصلی	ابتدای محور (مبدأ)	انتهای محور (مقصد)
۱	اردبیل ـ آستارا	اردبیل	تونل آستارا
۲	اردبیل ـ سه‌راهی صحرا	اردبیل	سه‌راهی صحرا
۳	اردبیل ـ سه‌راهی فاراب	اردبیل	سه‌راهی فاراب
۴	پارس‌آباد ـ بیله‌سوار	پارس‌آباد	سه‌راهی بیله‌سوار
۵	پارس‌آباد ـ سه‌راهی سربند	پارس‌آباد	سه‌راهی سربند
۶	سه‌راهی سربند ـ اصلاندوز	سه‌راهی سربند	خروجی اصلاندوز به جلفا
۷	سه‌راهی سرعین ـ سرعین	سه‌راهی سرعین	سرعین
۸	سه‌راهی صحرا ـ امیرکندی	سه‌راهی صحرا	امیرکندی
۹	سه‌راهی صحرا ـ سه‌راهی مشگین	سه‌راهی صحرا	سه‌راهی مشگین
۱۰	سه‌راهی فاراب ـ خلخال	سه‌راهی فاراب	خلخال
۱۱	سه‌راهی فاراب ـ سرچم	سه‌راهی فاراب	انتهای حوزه سرچم
۱۲	سه‌راهی مشگین ـ سه‌راهی سربند	سه‌راهی مشگین	سه‌راهی سربند
۱۳	سه‌راهی مشگین–مشگین‌شهر	سه‌راهی مشگین	خروجی مشگین‌شهر به اهر
۱۴	گرمی–بیله‌سوار	گرمی	بیله‌سوار
۱۵	گرمی–سه‌راهی امیرکندی	گرمی	سه‌راهی امیرکندی
۱۶	مشگین–اهر	مشگین‌شهر	انتهای حوزه به سمت اهر

- تعیین گروه خبرگان ترکیب و تعداد آنها

در انجام مطالعه حاضر از روش دلفی و نظر خبرگان استفاده شده است. هیچ قانون قوی و

صریحی در مورد نحوه انتخاب و تعداد متخصصان در یک مطالعه دلفی وجود ندارد و تعداد آنها وابسته به مولفه‌هایی مانند همگن یا ناهمگن‌بودن نمونه، هدف دلفی یا وسعت مشکل، کیفیت تصمیم، توانایی تیم پژوهش در اداره مطالعه، اعتبار داخلی و خارجی، زمان جمع‌آوری داده‌ها و منابع در دسترس، دامنه مسئله و پذیرش پاسخ است و تعداد شرکت‌کنندگان معمولاً کمتر از ۵۰ نفر و اکثراً ۱۰ تا ۲۰ نفر بوده است (Landeta, 2006). شناسایی متخصصان، نکته مهمی در دلفی بوده، چنان‌که دستیابی به اهداف، وابسته به انتخاب دقیق شرکت‌کنندگان است. دلفی بر استخراج نظرات از متخصصان در زمان کوتاه تمرکز داشته و نتایج وابسته به تخصص افراد در دانش موردنظر، کیفیت و صحت پاسخ‌ها و همکاری و درگیری مداوم آنها در دوره مطالعه است. به‌عبارتی، موفقیت دلفی در گرو انتخاب کارشناسان است. متخصص دلفی باید دانش کافی در زمینه موضوع موردنظر داشته باشد، در بحث درگیر باشد و بر نتایج فرآیند تاثیر بگذارد. با توجه به توضیحات ارائه‌شده، برای انجام مطالعه حاضر ۱۲ نفر به‌عنوان اعضای گروه خبرگان انتخاب شده‌اند. همچنین برای انتخاب اعضای گروه خبرگان از روش نمونه‌گیری غیراحتمالی در گزینش افراد استفاده شده است. در این روش برخلاف روش احتمالی، قضاوت شخصی فردی که مسئولیت انجام مراحل مختلف مطالعه را بر عهده دارد در انتخاب افراد گروه موثر است. نمونه‌گیری غیراحتمالی خود بر دو نوع ساده و سهمیه‌ای، 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. ازاین‌رو به‌منظور افزایش دقت و اطمینان از صحت نتایج، برای انجام مطالعه حاضر از روش نمونه‌گیری غیراحتمالی سهمیه‌ای استفاده شده است. بنابراین از گروه‌های مختلف جامعه (متخصصان بخش حمل‌ونقل جاده‌ای) که مشخصات و دیدگاه‌های متفاوتی با یکدیگر دارند تعداد معینی در نمونه انتخابی قرار گرفته‌اند، به‌طوری‌که نمونه انتخاب‌شده فقط از یک گروه با مشخصات معین تشکیل نشده و همه اقشار جامعه با ویژگی‌های مختلف سهمی در نمونه دارند. با توجه به توضیحات ارائه‌شده، تعداد هشت نفر از متخصصان از افراد دارای تحصیلات آکادمیک در زمینه برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و دارای تجربه کاری در اداره کل راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای استان اردبیل 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 که سه نفرشان همزمان، استاد دانشگاه نیز هستند و تعداد سه نفر دیگر نیز از فرماندهان و کارشناسان عالی تصادفات پلیس‌راه استان اردبیل، گزینش شده‌اند. برای نمونه معاونان حمل‌ونقل، راهداری و توسعه مدیریت و منابع، رئیس اداره ایمنی و

ترافیک، رئیس مرکز مدیریت راه‌های استان اردبیل، رئیس اداره ایمنی و حریم راه‌ها، فرماندهان ارشد پلیس‌راه استان از جمله این افراد هستند.

در واقع می‌توان گفت در این پژوهش افرادی به‌عنوان گروه خبرگان و متخصصان انتخاب شده‌اند که به نوعی نقش تصمیم‌گیری در موضوع ایمنی در حمل‌ونقل جاده‌ای استان اردبیل را برعهده دارند. از طرفی انتخاب اعضای گروه از هر دو سازمان دخیل در موضوع ایمنی در حمل‌ونقل جاده‌ای باعث شده که نظرات افراد با دیدگاه‌های مختلف در تصمیم‌گیری دخیل باشد. لازم به یادآوری است که معاونت راهداری در ابتدای مهرماه سال ۱۳۹۵ از اداره کل راه و شهرسازی استان اردبیل منفک، و به اداره کل حمل‌ونقل و پایانه‌های استان اردبیل پیوست و نام آن به اداره کل راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای استان اردبیل تغییر یافت.

باید به این نکته نیز اشاره شود که بنا بر اصول روش دلفی، تلاش شده است که هویت افراد برای سایر اعضای گروه ناشناس باقی بماند تا نظرات هر فرد مستقل و بدون اثرپذیری از دیگران باشد.

- تعیین تمامی معیارهای تاثیرگذار بر تصمیم‌گیری با نظر گروه خبرگان

برای اولویت‌بندی محورهای مورد مطالعه به‌منظور تجهیز آنها به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند جهت افزایش ایمنی و بهبود تردد، در ابتدا باید معیارها و پارامترهای تاثیرگذار در تصمیم‌گیری را مشخص کنیم. در واقع باید بدانیم که محورهای تعیین‌شده بر اساس چه معیارهایی، برای تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند موثر بر ایمنی، رتبه‌بندی و اولویت‌بندی می‌شوند. برای این منظور و در مرحله نخست مطالعه، از اعضای گروه خب.ورگان خواسته می‌شود که تمامی شاخص‌ها و معیارهایی را که از نظر این افراد در تصمیم‌گیری در خصوص موضوع مورد مطالعه دخیل هستند بیان کنند که در پایان این مرحله ۲۴ معیار با نظر اعضا به‌دست آمد. در مرحله دوم، ۲۴ معیار حاصل از مرحله اول، فهرست شده و تعداد دفعات اشاره‌شده به هر معیار 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 را در مرحله نخست اصلاح کنند. برهمین اساس پاسخ‌های دور دوم پیرامون معیارهای تاثیرگذار در تصمیم‌گیری در ارتباط با موضوع مورد مطالعه جمع‌آوری شد. پس از پایان مرحله دوم و با رسیدن به اجماع نظر، تعداد ۲۴ معیار به‌عنوان معیارهای تاثیرگذار بر اولویت‌بندی راه‌ها جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، تعیین شد. علت انتخاب معیارهای ۲۴گانه این است که از نظرات تمامی خبرگان استفاده کنیم. این معیارها عبارت‌اند از:

c_1: تعداد کل تصادفات محور

c_2: تعداد تصادفات دارای ماهیت سرعت در محور

c_3: تعداد تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت در محور

c_4: تعداد تصادفات جرحی دارای ماهیت سرعت در محور

c_5: درصد خودروهای تجاوزکننده از سرعت مجاز

c_6: نرخ جریان تردد از محور

c_7: تعداد شهرها یا روستاهای بزرگی که محور از میان آن‌ها عبور می‌کند یا در مجاورت آن‌ها قرار دارد و باعث تداخل جریان ترافیک با عابر پیاده می‌شود.

c_8: نوع راه (آزادراه، بزرگراه، راه اصلی)

c_9: وضعیت روسازی محور

c_{10}: وضعیت روشنایی محور

c_{11}: تعداد نقاط پرحادثه در محور

c_{12}: تعداد گردنه در محور

c_{13}: تعداد مقاطع دارای دو قوس معکوس با شعاع کمتر از ۵۰۰ متر در محور

c_{14}: تعداد مقاطع با شیب بیشتر از شش درصد در محور

c_{15}: تعداد مقاطع با مشکل دید (مشکل فاصله دید) در محور

c_{16}: تعداد فرعی‌های منشعب از مسیر در محور (تعداد آنتن‌ها در مسیر)

c_{17}: تعداد پاسگاه‌های پلیس‌راه در طول محور

c_{18}: تعداد گشت‌های پلیس‌راه در محور

c_{19}: وجود کاربری‌های تفریحی و مسکونی و خدماتی ـ رفاهی در طول و یا مبدأ و مقصد محور

c_{20}: میزان تخلفات در واحد طول محور

c_{21}: درصد وسایل نقلیه سنگین به کل ترافیک در محور

c_{22}: وجود تونل‌ها و پل‌ها در محور

c_{23}: برف‌گیربودن محور

c_{24}: وجود زیرساخت‌های موردنیاز در محور از قبیل فیبر نوری، برق، دکل مخابرات

معیارهایی که در بالا به آنها اشاره شد در پایان مرحله دوم مطالعه جمع‌آوری و حاصل پاسخ‌های دریافتی از تمامی اعضا است. البته تمامی این ۲۴ معیار در مجموعه پاسخ‌های دریافتی از

اعضا در مرحله دوم، دو بار و یا بیشتر به آن‌ها اشاره شده است (معیارهایی که فقط یک نفر از اعضا به آن‌ها اشاره کرده، از لیست نهایی حذف شده است). باید به این نکته اشاره شود که معیارهای دریافتی از مرحله نخست که از لحاظ محتوایی به هم شبیه بودند و تنها در بیان آنها تفاوت‌هایی دیده می‌شد، برای مرحله دوم یکسان‌سازی و در اختیار اعضا قرار داده شد.

- تعیین معیارهای اصلی تصمیم‌گیری و حذف معیارهای کم‌اهمیت

واضح است که تمامی معیارهایی که در قسمت قبل به آن‌ها اشاره شد، دارای اهمیت یکسان در تصمیم‌گیری پیرامون موضوع مورد مطالعه نیستند. ضریب اهمیت تعدادی از معیارها به قدری کم است که می‌توان از آن‌ها صرف‌نظر کرد. بنابراین برای افزایش دقت در ساخت الگوی تصمیم‌گیری در ارتباط با اولویت‌بندی محورها جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، می‌توان با مقایسه زوجی این معیارها با یکدیگر که از سوی گروه خبرگان انجام می‌پذیرد و به‌عبارت‌دیگر با استفاده از قضاوت ترجیحی خبرگان در مورد معیارها، معیارهای کم‌اهمیت را از فرآیند تصمیم‌گیری حذف کرد. برای این منظور، پرسش‌نامه‌ای طراحی شد و در اختیار اعضای گروه قرار گرفت تا این افراد تمامی معیارهای مذکور را از حیث میزان اهمیت و تاثیرگذاری در تصمیم‌گیری پیرامون موضوع مورد مطالعه با استفاده از مقیاس ۹ درجه ساعتی و بر اساس ماتریس مقایسات زوجی که در قالب یک جدول (جدول ۴-۲) ارائه شده دو به دو مقایسه کند. توضیحات مربوط به روش مقیاس ۹ درجه ساعتی در فصل سوم ارائه شده است. برای به‌دست‌آوردن ضریب اهمیت هر معیار، مقادیر به‌دست‌آمده برای هر سلول جدول به‌عنوان داده وارد نرم‌افزار Super Decision شده است که تصویر خروجی نرم‌افزار که همان بردار ضریب اهمیت معیارهاست، در شکل (۲) قابل مشاهده است.

شکل ۲: الگوسازی معیارهای موثر در اولویت‌بندی محورها در نرم‌افزار Super Decision

جدول ۳: خروجی نرم‌افزار سوپر دسیژن در مورد مقایسات زوجی معیارها از سوی خبرگان (بردار ضریب اهمیت معیارها)

Inconsistency: 0.08001

C1	0.15513
C2	0.12592
C3	0.12454
C4	0.10500
C5	0.08749
C6	0.09372
C7	0.01690
C8	0.01071
C9	0.00799
C10	0.00715
C11	0.05727
C12	0.00944
C13	0.00855
C14	0.00897
C15	0.00869
C16	0.01013
C17	0.01099
C18	0.00985
C19	0.00929
C20	0.02010
C21	0.01932
C22	0.01329
C23	0.07147
C24	0.00809

گفتنی است که بر اساس اصول روش دلفی در نظرخواهی از خبرگان، نتایج حاصل از مقایسات زوجی معیارها ماحصل دو مرحله پرسش از اعضای گروه است. در مرحله اول نظرات افراد در مورد مقایسات زوجی معیارها گرفته شده، سپس با تحلیل پاسخ‌های دور اول، پرسش‌نامه مرحله دوم به همراه خلاصه اطلاعات آماری پرسش‌نامه مرحله اول برای تک‌تک سلول‌های ماتریس مقایسات زوجی معیارها و پاسخ‌هایی که در دور قبل ارائه 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 به‌دست آمد، به‌طوری‌که برای همه سلول‌های ماتریس مقایسات زوجی، بالای ۵۰ درصد پاسخ‌ها در دامنه میان چارکی قرار گرفت. همچنین به‌طور میانگین ۷۳ درصد پاسخ‌های اعضا در دامنه میان چارکی قرار گرفت که نتیجه مطلوبی از حیث اجماع پاسخ‌هاست. در نهایت پاسخ‌های دور دوم در مقایسه با پاسخ‌های دور اول از اجماع نظر بیشتری برخوردار بود. به‌عنوان پاسخ‌های نهایی این بخش از پژوهش لحاظ شد.

همان‌طور که در جدول (۴) مشخص است معیار C_1 یعنی تعداد کل تصادفات محور، بالاترین ضریب اهمیت و نیز تاثیرگذار در تصمیم‌گیری است. ترتیب و مقدار ضریب اهمیت به‌دست‌آمده برای تمامی معیارها در زیر آمده است:

جدول ۴: نتایج مقایسه‌های زوجی معیارها با استفاده از نرم‌افزار سوپر دسیژن برای تعیین ضریب اهمیت آن‌ها

ردیف	علامت اختصاری معیار	شرح معیار	ضریب اهمیت معیار
۱	C_1	تعداد کل تصادفات محور	۰/۱۵۵۱۳
۲	C_2	تعداد تصادفات دارای ماهیت سرعت در محور	۰/۱۲۵۹۲
۳	C_3	تعداد تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت در محور	۰/۱۲۴۵۴
۴	C_4	تعداد تصادفات جرحی دارای ماهیت سرعت در محور	۰/۱۰۵۰۰
۵	C_5	درصد خودروهای تجاوزکننده از سرعت مجاز	۰/۰۸۷۴۹
۶	C_6	نرخ جریان تردد از محور	۰/۰۹۳۷۲
۷	C_7	تعداد شهرها یا روستاهای بزرگی که محور از میان آن‌ها عبور می‌کند یا در مجاورت آن‌ها قرار دارد و باعث تداخل جریان ترافیک با عابر پیاده می‌شود.	۰/۰۱۶۹۰
۸	C_8	نوع راه (آزادراه، بزرگراه، راه اصلی)	۰/۰۱۰۷۱
۹	C_9	وضعیت روسازی محور	۰/۰۰۷۹۹
۱۰	C_{10}	وضعیت روشنایی محور	۰/۰۰۷۱۵
۱۱	C_{11}	تعداد نقاط پرحادثه در محور	۰/۰۵۷۲۷
۱۲	C_{12}	تعداد گردنه در محور	۰/۰۰۹۴۴
۱۳	C_{13}	تعداد مقاطع دارای دو قوس معکوس با شعاع کمتر از ۵۰۰ متر در محور	۰/۰۰۸۵۵
۱۴	C_{14}	تعداد مقاطع با شیب بیشتر از شش درصد در محور	۰/۰۰۸۹۷
۱۵	C_{15}	تعداد مقاطع با مشکل دید (مشکل فاصله دید) در محور	۰/۰۰۸۶۹
۱۶	C_{16}	تعداد فرعی‌های منشعب از مسیر در محور (تعداد آنتن‌ها در مسیر)	۰/۰۱۰۱۳
۱۷	C_{17}	تعداد پاسگاه‌های پلیس‌راه در طول محور	۰/۰۱۰۹۹
۱۸	C_{18}	تعداد گشت‌های پلیس‌راه در محور	۰/۰۰۹۸۵
۱۹	C_{19}	وجود کاربری‌های تفریحی و مسکونی و خدماتی ـ رفاهی در طول یا مبدأ و مقصد محور	۰/۰۰۹۲۹
۲۰	C_{20}	میزان تخلفات در واحد طول محور	۰/۰۲۰۱۰

ادامه جدول ۴: نتایج مقایسه‌های زوجی معیارها با استفاده از نرم‌افزار سوپر دسیژن برای تعیین ضریب اهمیت آن‌ها

ردیف	علامت اختصاری معیار	شرح معیار	ضریب اهمیت معیار
۲۱	C_{21}	درصد وسایل نقلیه سنگین به کل ترافیک در محور	۰/۰۱۹۳۲
۲۲	C_{22}	وجود تونل‌ها و پل‌ها در محور	۰/۰۱۳۲۹
۲۳	C_{23}	برف‌گیربودن محور	۰/۰۷۱۴۷
۲۴	C_{24}	وجود زیرساخت‌های موردنیاز در محور از قبیل فیبر نوری، برق، دکل مخابرات	۰/۰۰۸۰۹

همان‌طور که مشخص است تعداد ۱۷ معیار ضریب اهمیتی کمتر از ۰/۱۷۹۴ در تصمیم‌گیری دارند و می‌توان از آن‌ها صرف‌نظر کرد. بنابراین هفت معیار نخست مشاهده‌شده در جدول (۴)، به‌عنوان معیارهای اصلی در تصمیم‌گیری پیرامون اولویت‌بندی جاده‌ها جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند برای افزایش ایمنی و بهبود تردد، تعیین می‌شوند. گفتنی است، همان‌گونه که در جدول (۳) مشخص است، شاخص ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی معیارها برابر ۰/۰۸۰۰۱ است، که این مقدار کمتر از ۰/۱ بوده و قابل قبول است.

جدول ۵: معیارهای اصلی جهت اولویت‌بندی محورها

معیار	ضریب اهمیت
تعداد کل تصادفات	۰/۱۵۵۱۳
تعداد تصادفات دارای ماهیت سرعت	۰/۱۲۵۹۲
تعداد تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت	۰/۱۲۴۵۴
نرخ جریان تردد	۰/۰۹۳۷۲
درصد خودروهای تجاوزکننده از سرعت	۰/۰۸۷۴۹
برف‌گیربودن محور	۰/۰۷۱۴۷
تعداد نقاط پرحادثه	۰/۰۵۷۲۷

- الگوی روابط بین معیارهای اصلی با تکنیک دیمتل[1]

با پیش‌فرض روابط درونی میان معیارهای اصلی پژوهش و برای انعکاس ارتباطات متقابل میان معیارها از تکنیک دیمتل استفاده شده است. به‌طوری که متخصصان قادرند با تسلط بیشتری به بیان نظرات خود در مورد اثرات (جهت و شدت اثرات) میان عوامل بپردازند. گفتنی است که ماتریس حاصله از تکنیک دیمتل (ماتریس ارتباطات داخلی)، هم رابطه علّی و معلولی بین عوامل را نشان می‌دهد و هم اثرپذیری و اثرگذاری متغیرها را نمایش می‌دهد. تقریباً تمامی محورهای اصلی استان اردبیل در این پژوهش انتخاب شده‌اند.

جدول ۶: نمادهای مورد استفاده در معیارها

نماد	معیار
C_1	تعداد کل تصادفات
C_2	نرخ جریان تردد
C_3	تعداد نقاط پرحادثه
C_4	تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت
C_5	تصادفات دارای ماهیت سرعت
C_6	درصد خودروهای تجاوزکننده از سرعت
C_7	برف‌گیربودن محور

گام نخست ـ محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم (M): زمانی‌که از دیدگاه چند کارشناس استفاده می‌شود از میانگین حسابی ساده نظرات استفاده می‌شود و ماتریس ارتباط مستقیم یا M را تشکیل می‌دهیم.

جدول ۷: ماتریس ارتباط مستقیم (M)

M	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۰/۰۰۰	۳/۳۳۳	۳/۰۸۳	۳/۷۵۰	۳/۶۶۷	۳/۵۸۳	۳/۷۵۰
C_2	۲/۸۳۳	۰/۰۰۰	۳/۶۶۷	۳/۴۱۷	۳/۵۰۰	۳/۳۳۳	۳/۲۵۰
C_3	۲/۲۵۰	۲/۳۳۳	۰/۰۰۰	۳/۴۱۷	۳/۳۳۳	۳/۵۰۰	۳/۴۱۷
C_4	۳/۴۱۷	۳/۰۸۳	۳/۱۶۷	۰/۰۰۰	۳/۸۳۳	۳/۵۸۳	۳/۶۶۷
C_5	۲/۸۳۳	۲/۷۵۰	۳/۱۶۷	۳/۵۸۳	۰/۰۰۰	۳/۵۸۳	۳/۵۰۰
C_6	۲/۳۳۳	۳/۲۵۰	۳/۱۶۷	۳/۳۳۳	۳/۵۰۰	۰/۰۰۰	۳/۳۳۳
C_7	۲/۱۶۷	۲/۶۶۷	۳/۲۵۰	۳/۱۶۷	۳/۱۶۷	۳/۱۶۷	۰/۰۰۰

1. DEMATEL

گام دوم ـ 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. بر اساس جدول (۷) بزرگ‌ترین عدد ۱۶۷/۲۱ است و تمامی مقادیر جدول بر معکوس این عدد ضرب می‌شود تا ماتریس نرمال شود.

$$k = \frac{1}{\max \sum_{j=1}^{n} a_{ij}} = \frac{1}{21.167} = 0.0472 \qquad (۱)$$

⇨N = ۰/۰۴۷۲*M

جدول ۸: ماتریس نرمال‌شده (N)

N	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۰/۰۰۰	۰/۱۵۷	۰/۱۴۶	۰/۱۷۷	۰/۱۷۳	۰/۱۶۹	۰/۱۷۷
C_2	۰/۱۳۴	۰/۰۰۰	۰/۱۷۳	۰/۱۶۱	۰/۱۶۵	۰/۱۵۷	۰/۱۵۴
C_3	۰/۱۰۶	۰/۱۱۰	۰/۰۰۰	۰/۱۶۱	۰/۱۵۷	۰/۱۶۵	۰/۱۶۱
C_4	۰/۱۶۱	۰/۱۴۶	۰/۱۵۰	۰/۰۰۰	۰/۱۸۱	۰/۰۱۶۹	۰/۱۷۳
C_5	۰/۱۳۴	۰/۱۳۰	۰/۱۵۰	۰/۱۶۹	۰/۰۰۰	۰/۱۶۹	۰/۱۶۵
C_6	۰/۱۱۰	۰/۱۵۴	۰/۱۵۰	۰/۱۵۷	۰/۱۶۵	۰/۰۰۰	۰/۱۵۷
C_7	۰/۱۰۲	۰/۱۲۶	۰/۱۵۴	۰/۱۵۰	۰/۱۵۰	۰/۱۵۰	۰/۰۰۰

گام سوم ـ 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:

$$T = N \times (I - N)^{-1} \qquad (۲)$$

جدول ۹: ماتریس ارتباط کامل (T)

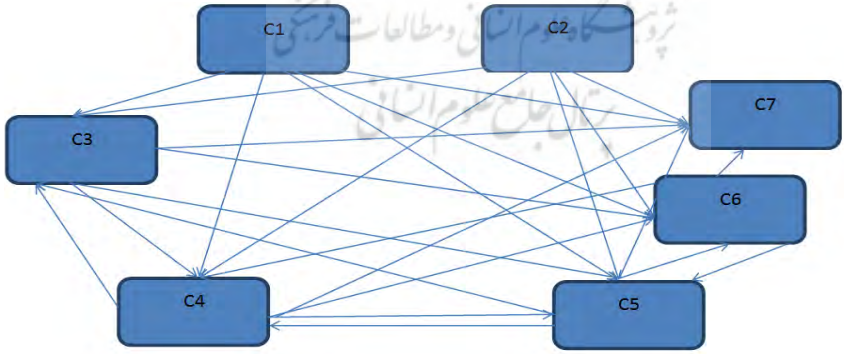
T	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1	۱/۳۰۱	۱/۵۴۸	۱/۶۸۸	۱/۷۹۰	۱/۸۱۲	۱/۷۹۳	۱/۸۱۰
C_2	۱/۳۵۴	۱/۳۴۱	۱/۶۳۱	۱/۶۹۷	۱/۷۲۳	۱/۷۰۲	۱/۷۰۹
C_3	۱/۲۳۵	۱/۳۳۵	۱/۳۶۶	۱/۵۷۳	۱/۵۹۲	۱/۵۸۴	۱/۵۹۱
C_4	۱/۴۱۶	۱/۵۱۳	۱/۶۶۳	۱/۶۱۰	۱/۷۸۸	۱/۷۶۳	۱/۷۷۷
C_5	۱/۳۲۲	۱/۴۲۲	۱/۵۷۵	۱/۶۶۲	۱/۵۴۱	۱/۶۷۱	۱/۶۷۸
C_6	۱/۲۷۶	۱/۴۰۹	۱/۵۴۲	۱/۶۱۸	۱/۶۴۷	۱/۴۹۱	۱/۶۳۶
C_7	۱/۱۹۶	۱/۳۰۸	۱/۴۵۷	۱/۵۲۰	۱/۵۴۱	۱/۵۲۸	۱/۴۰۷

گام چهارم ـ نمایش نقشه روابط شبکه

برای تعیین نقشه روابط شبکه (NRM) 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. پس از آنکه شدت آستانه تعیین شد، تمامی مقادیر ماتریس T که کوچک‌تر از آستانه باشد صفر شده یعنی آن رابطه علّی درنظر گرفته نمی‌شود. در این پژوهش شدت آستانه برابر ۱/۵۵۴ به‌دست آمده است. بنابراین الگوی روابط معنادار به‌صورت جدول (۱۰) است:

جدول ۱۰: الگوی روابط معنادار معیارهای اصلی

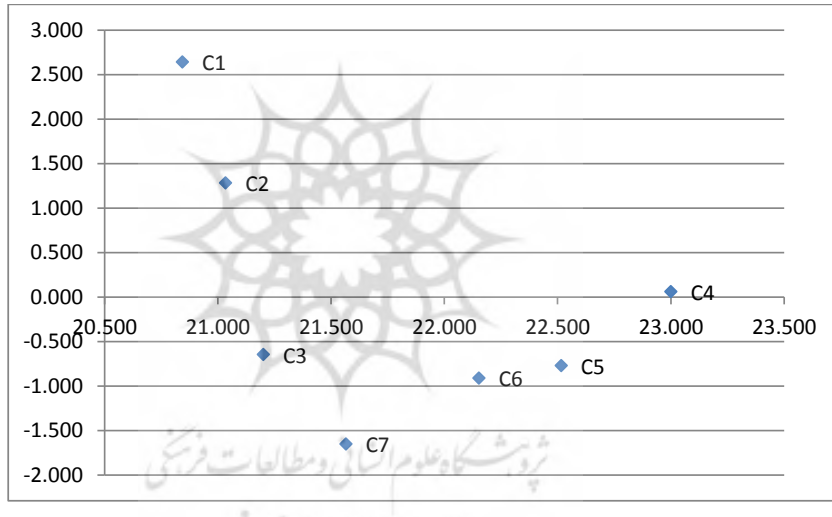
C_7	C_6	C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	
۱/۸۱	۱/۷۹۳	۱/۸۱۲	۱/۷۹	۱/۶۸۸	*	*	C_1
۱/۷۰۹	۱/۷۰۲	۱/۷۲۳	۱/۶۹۷	۱/۶۳۱	*	*	C_2
۱/۵۹۱	۱/۵۸۴	۱/۵۹۲	۱/۵۷۳	*	*	*	C_3
۱/۷۷۷	۱/۷۶۳	۱/۷۸۸	*	۱/۶۶۳	*	*	C_4
۱/۶۷۸	۱/۶۷۱	*	۱/۶۶۲	۱/۵۷۵	*	*	C_5
۱/۶۳۶	*	۱/۶۴۷	۱/۷۱۸	*	*	*	C_6
*	*	*	*	*	*	*	C_7



شکل ۳: نقشه روابط شبکه

جدول ۱۱: روابط علّی معیارهای اصلی

معیار	معیار	D	R	D+R	D-R
C_1	تعداد کل تصادفات	۱۱/۷۴۲	۹/۱۰۱	۲۰/۸۴۳	۲/۶۴۱
C_2	نرخ جریان تردد	۱۱/۱۵۷	۹/۸۷۷	۲۱/۰۳۴	۱/۲۸۰
C_3	تعداد نقاط پرحادثه	۱۰/۲۷۷	۱۰/۹۲۴	۲۱/۲۰۰	-۰/۶۴۷
C_4	تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت	۱۱/۵۳۰	۱۱/۴۷۰	۲۳/۰۰۰	۰/۰۶۰
C_5	تصادفات دارای ماهیت سرعت	۱۰/۸۷۲	۱۱/۶۴۳	۲۲/۵۱۵	-۰/۷۷۱
C_6	درصد خودروهای تجاوزکننده از سرعت مجاز	۱۰/۶۲۰	۱۱/۵۳۲	۲۲/۱۵۳	-۰/۹۱۲
C_7	برف‌گیربودن محور	۹/۹۵۷	۱۱/۶۰۹	۲۱/۵۶۵	-۱/۶۵۲



شکل ۴: نمودار مختصات دکارتی خروجی روش دیمتل برای معیارها

در جدول (۱۰) جمع عناصر هر سطر (D) نشانگر میزان تاثیرگذاری آن معیار بر دیگر معیارهای مدل است. براین اساس معیار تعداد کل تصادفات از بیشترین تاثیرگذاری برخوردار است. تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت در درجه بعدی است. معیار برف‌گیربودن محور 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 تصادفات دارای ماهیت سرعت از میزان تاثیرپذیری بسیار زیادی

برخوردار است. معیار تعداد کل تصادفات نیز کمترین تاثیرپذیری را از سایر معیارها دارد.

بردار افقی (D + R)، میزان تاثیر و تاثر عامل موردنظر در سیستم است. به‌عبارت دیگر هرچه مقدار D + R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. براین اساس معیار تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت بیشترین تعامل را با سایر معیارهای مورد مطالعه دارند. معیار تعداد کل تصادفات از کمترین تعامل با سایر متغیرها برخوردار است.

بردار عمودی (D - R)، قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به‌طورکلی اگر D - R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علّی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. در این مدل معیار تعداد کل تصادفات، نرخ جریان تردد و تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت معیارهای علّی و معیارهای تعداد نقاط پرحادثه، تصادفات دارای ماهیت سرعت، درصد خودروهای تجاوزکننده از سرعت و برف‌گیربودن محور معلول هستند.

- انتخاب بهترین محور با تکنیک TOPSIS

در این پژوهش برای انتخاب بهترین محور از تکنیک تاپسیس استفاده شده است. بهترین محور، محوری است که بیشترین فاصله را از عوامل منفی و کمترین فاصله را از عوامل مثبت داشته باشد. این انتخاب با استفاده از شش گام به شرح زیر انجام می‌شود.

گام اول: شناسایی معیارها و گزینه‌ها و دریافت آمار و اطلاعات مورد نیاز

معیارهای اصلی (معیارها) و گزینه‌ها در مراحل قبلی شناسایی شده است. پس از جمع‌آوری داده‌های تصادفات محورهای مواصلاتی استان اردبیل از اداره کل راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای و پلیس‌راه و پزشکی قانونی این استان و همچنین اطلاعات مربوط به حجم جریان ترافیک و تعداد تخلفات سرعت که به کمک دستگاه‌های ترددشمار به‌دست آمده است و همچنین اطلاعات مربوط به تعداد نقاط پرحادثه در محورهای مذکور از معاونت راهداری اداره کل راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای استان اردبیل، این داده‌ها در قالب هفت معیار نهایی برای ۱۶ محور، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. باید اشاره شود که داده‌های مربوط به تصادفات، حجم جریان ترافیک و تعداد تخلفات سرعت همگی مربوط به بازه زمانی فروردین تا اسفندماه ۹۵ است. همچنین اطلاعات مربوط به تعداد نقاط پرحادثه نیز منطبق بر آخرین اطلاعات موجود است. بنابراین ماتریس امتیازدهی گزینه‌ها بر اساس معیارها تشکیل می‌شود. برای امتیازدهی انتخاب بهترین محور بر اساس هر معیار از طیف لیکرت ۹ درجه استفاده شده است. نمره متناسب با هر یک از محورها بر اساس معیارها با توجه به آمار و اطلاعات اخذشده و میانگین ساده نظرات کارشناسان در جدول (۱۲) ارائه شده است.

جدول ۱۲: ماتریس تصمیم‌گیری تکنیک TOPSIS

محورهای مواصلاتی محدوده استان اردبیل	تعداد کل تصادفات به ازای یک کیلومتر طول محور در سال ۹۵	نرخ جریان تردد محور در سال ۹۵	تعداد نقاط پرحادثه محور در سال ۹۵	تعداد تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت محور در سال ۹۵	تعداد تصادفات دارای ماهیت سرعت محور در سال ۹۵	درصد خودروهای تجاوزکننده از سرعت مجاز در سال ۹۵	برف‌گیربودن محور
سه‌راهی مشگین ـ سه‌راهی سربند	۰/۸۸	۱۲۶/۰۰	۲/۰۰	۵/۰۰	۲۲/۰۰	۳/۲۱	۵/۰۰
اردبیل ـ آستارا	۱/۷۳	۳۶۴/۰۰	۱/۰۰	۵/۰۰	۹/۰۰	۵/۳۸	۸/۰۰
اردبیل ـ سه‌راهی فاراب	۰/۰۱	۲۹۱/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۸/۰۰	۲/۶۴	۸/۰۰
پارس‌آباد ـ سه‌راهی سربند	۱/۵۵	۱۷۰/۰۰	۲/۰۰	۴/۰۰	۶/۰۰	۰/۹۵	۱/۰۰
پارس‌آباد ـ بیله‌سوار	۰/۸۸	۷۶/۰۰	۱/۰۰	۴/۰۰	۱۱/۰۰	۳/۹۹	۱/۰۰
سه‌راهی صحرا ـ امیرکندی	۱/۱۳	۱۱۷/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۸/۲۱	۷/۰۰
سه‌راهی صحرا ـ سه‌راهی مشگین	۱/۳۲	۱۱۶/۰۰	۲/۰۰	۴/۰۰	۱۱/۰۰	۵/۴۴	۷/۰۰
گرمی ـ سه‌راهی امیرکندی	۰/۵۰	۷۴/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۴/۰۰	۲/۵۹	۷/۰۰
سه‌راهی فاراب ـ سرچم	۰/۶۱	۷۷/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	۴/۰۰	۰/۳۷	۹/۰۰
گرمی ـ بیله‌سوار	۰/۶۷	۷۲/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۶/۰۰	۳۲/۲۴	۵/۰۰
مشگین ـ اهر	۰/۹۷	۸۳/۰۰	۳/۰۰	۲/۰۰	۱۰/۰۰	۰/۷۱	۸/۰۰
اردبیل ـ سه‌راهی صحرا	۱/۴۴	۳۴۸/۰۰	۳/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۳/۲۳	۸/۰۰
سه‌راهی سرعین ـ سرعین	۰/۸۶	۲۷۶/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۱۱	۸/۰۰
سه‌راهی فاراب ـ خلخال	۰/۶۳	۲۹۱/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۲/۶۴	۹/۰۰
سه‌راهی مشگین ـ مشگین‌شهر	۱/۳۸	۱۱۴/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۹/۰۰	۲/۵۰	۸/۰۰
سه‌راهی سربند ـ اصلاندوز	۰/۴۰	۸۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۴/۰۰	۲۷/۲۷	۱/۰۰

گام دوم: تهیه ماتریس بی‌مقیاس‌شده

در گام دوم بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری با نورم صورت گرفته است. اگر هر درایه ماتریس بی‌مقیاس‌شده را با N و هر درایه آن را با n_{ij} نشان می‌دهند، هر n_{ij} با تقسیم درایه متناظر در ماتریس اولیه بر جذر مجموع مربعات عناصر ستون متناظر و به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{1}^{m} a_{ij}^2}} \qquad (۳)$$

بنابراین خروجی روش TOPSIS برای ماتریس بی‌مقیاس‌شده N به‌صورت زیر است:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱۳: ماتریس تصمیم‌گیری بی‌مقیاس‌شده

محورهای مواصلاتی محدوده استان اردبیل	تعداد نقاط پرحادثه به ازای یک کیلومترطول محور	برف‌گیربودن محور	درصد خودروهای تجاوزکننده از سرعتدر سال ۹۵	تعداد تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت به ازای یک کیلومتر طول محور در سال ۹۵	نرخ جریان تردد در سال ۹۵	تعداد کل تصادفات به ازای یک کیلومتر طول محور در سال ۹۵	تعداد تصادفات دارای ماهیت سرعت به ازای یک‌کیلومتر طول محور در سال ۹۵
سه‌راهی مشگین ـ سه‌راهی سربند	۰/۱۸۱	۲۰/۱۶۵	۰/۶۰۳	۲/۳۴۱	۱۴/۱۰۲	۰/۲۳۲	۰/۹۰۶
اردبیل ـ آستارا	۰/۷۰۰	۱۶۸/۲۸۸	۰/۱۵۱	۲/۳۴۱	۲/۳۶۰	۰/۶۵۱	۲/۳۲۰
اردبیل ـ سه‌راهی فاراب	۰/۲۳۹	۱۰۷/۵۵۶	۰/۶۰۳	۰/۳۷۵	۱/۸۶۵	۰/۱۵۷	۲/۳۲۰
پارس‌آباد ـ سه‌راهی سربند	۰/۵۶۲	۳۶/۷۰۷	۰/۶۰۳	۱/۴۹۹	۱/۰۴۹	۰/۰۲۰	۰/۰۳۶
پارس‌آباد ـ بیله‌سوار	۰/۱۸۱	۷/۳۳۶	۰/۱۵۱	۱/۴۹۹	۳/۵۲۵	۰/۳۵۸	۰/۰۳۶
سه‌راهی صحرا ـ امیرکندی	۰/۲۹۹	۱۷/۳۸۷	۰/۱۵۱	۰/۰۹۴	۰/۰۲۹	۱/۵۱۷	۱/۷۷۶
سه‌راهی صحرا ـ سه‌راهی مشگین	۰/۴۰۸	۱۷/۰۹۱	۰/۶۰۳	۱/۴۹۹	۳/۵۲۵	۰/۶۶۶	۲/۳۲۰
گرمی ـ سه‌راهی امیرکندی	۰/۰۵۸	۶/۹۵۵	۰/۶۰۳	۰/۳۷۵	۰/۴۶۶	۰/۱۵۱	۱/۷۷۶
سه‌راهی فاراب ـ سرچم	۰/۰۸۷	۷/۵۳۱	۰/۱۵۱	۰/۰۰۰	۰/۴۶۶	۰/۰۰۳	۲/۹۳۶
گرمی ـ بیله‌سوار	۰/۱۰۵	۶/۵۸۴	۰/۱۵۱	۰/۰۹۴	۱/۰۴۹	۲۳/۳۸۷	۰/۹۰۶
مشگین ـ اهر	۰/۲۲۰	۸/۷۵۰	۱/۳۵۷	۰/۳۷۵	۲/۹۱۴	۰/۰۱۱	۲/۳۲۰
اردبیل ـ سه‌راهی صحرا	۰/۴۸۵	۱۵۳/۸۱۸	۱/۳۵۷	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹	۰/۲۳۵	۲/۳۲۰
سه‌راهی سرعین ـ سرعین	۰/۱۷۳	۹۶/۷۵۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۸	۲/۳۲۰
سه‌راهی فاراب ـ خلخال	۰/۰۹۳	۱۰۷/۵۵۶	۰/۰۰۰	۰/۰۹۴	۰/۱۱۷	۰/۱۵۷	۲/۹۳۶
سه‌راهی مشگین ـ مشگین‌شهر	۰/۴۴۶	۱۶/۵۰۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۲/۳۶۰	۰/۱۴۱	۲/۳۲۰
سه‌راهی سربند ـ اصلاندوز	۰/۰۳۷	۸/۳۳۳	۰/۱۵۱	۰/۰۹۴	۰/۴۶۶	۱۶/۷۳۲	۰/۰۳۶

گام سوم: تهیه ماتریس بی‌مقیاس موزون

در گام سوم باید ماتریس بی‌مقیاس (N) به ماتریس بی‌مقیاس موزون (V) تبدیل شود. برای به‌دست‌آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون باید اوزان معیارها را داشته باشیم. وزن هر یک از معیارها با استفاده از تکنیک تحلیل شبکه‌ای (ANP) محاسبه شده است که در جدول (۱۳) آمده است. به‌این‌منظور ماتریس بی‌مقیاس‌شده را در ماتریس مربعی (Wnxn) که عناصر قطر اصلی آن اوزان معیارها و دیگر عناصر آن صفر است ضرب می‌کنیم. ماتریس حاصل را ماتریس بی‌مقیاس‌شده موزون گویند و با V نشان داده می‌شود (مومنی و شریفی، ۱۳۸۹).

$$V = N \times W_{nxn} \quad (۴)$$

نتیجه این محاسبه در جدول (۱۳) خلاصه شده است:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱۴: ماتریس بی‌مقیاس‌شده موزون

محورهای مواصلاتی محدوده استان اردبیل	تعداد نقاط پرحادثه به ازای یک کیلومتر طول محور	برف‌گیربودن محور	درصد خودروهای تجاوز کننده از سرعت در سال ۹۵	تعداد تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت به ازای یک کیلومتر طول محور در سال ۹۵	نرخ جریان تردد در سال ۹۵	تعداد کل تصادفات به ازای یک کیلومتر طول محور در سال ۹۵	تعداد تصادفات دارای ماهیت سرعت به ازای یک کیلومتر طول محور در سال ۹۵
سه‌راهی مشگین ـ سه‌راهی سربند	۰/۰۲۶	۲/۸۸۲	۰/۰۸۶	۰/۳۳۵	۲/۰۱۷	۰/۰۳۳	۰/۱۲۹
اردبیل ـ آستارا	۰/۱۰۰	۲۴/۲۰۴۸	۰/۰۲۱	۰/۳۳۵	۰/۳۳۷	۰/۰۹۳	۰/۳۳۱
اردبیل ـ سه‌راهی فاراب	۰/۰۳۴	۱۵/۳۷۰	۰/۰۸۶	۰/۰۵۴	۰/۲۶۷	۰/۰۲۲	۰/۳۳۱
پارس‌آباد ـ سه‌راهی سربند	۰/۰۸۰	۵/۲۴۵	۰/۰۸۶	۰/۲۱۴	۰/۱۵۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵
پارس‌آباد ـ بیله‌سوار	۰/۰۲۶	۱/۰۴۸	۰/۰۲۱	۰/۲۱۴	۰/۵۰۴	۰/۰۵۱	۰/۰۰۵
سه‌راهی صحرا ـ امیرکندی	۰/۰۴۳	۲/۴۸۵	۰/۰۲۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۴	۰/۲۱۷	۰/۲۵۳
سه‌راهی صحرا ـ سه‌راهی مشگین	۰/۰۵۸	۲/۴۴۲	۰/۰۸۶	۰/۲۱۴	۰/۵۰۴	۰/۰۹۵	۰/۳۳۱
گرمی ـ سه‌راهی امیرکندی	۰/۰۰۸	۰/۹۹۴	۰/۰۸۶	۰/۰۵۴	۰/۰۶۷	۰/۰۲۲	۰/۲۵۳
سه‌راهی فاراب ـ سرچم	۰/۰۱۲	۱/۰۷۶	۰/۰۲۱	۰/۰۰۰	۰/۰۶۷	۰/۰۰۰	۰/۴۱۹
گرمی ـ بیله‌سوار	۰/۰۱۵	۰/۹۴۱	۰/۰۲۱	۰/۰۱۳	۰/۱۵۰	۳/۳۴۰	۰/۱۲۹
مشگین ـ اهر	۰/۰۳۲	۱/۲۵۰	۰/۱۹۳	۰/۰۵۴	۰/۴۱۷	۰/۰۰۲	۰/۳۳۱
اردبیل ـ سه‌راهی صحرا	۰/۰۶۹	۲۱/۹۸۱	۰/۱۹۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴	۰/۰۳۴	۰/۳۳۱
سه‌راهی سرعین ـ سرعین	۰/۰۲۵	۱۳/۸۲۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴	۰/۳۳۱
سه‌راهی فاراب ـ خلخال	۰/۰۱۳	۱۵/۳۷۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۷	۰/۰۲۲	۰/۴۱۹
سه‌راهی مشگین ـ مشگین‌شهر	۰/۰۶۴	۲/۳۵۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۳۷	۰/۰۲۰	۰/۳۳۱
سه‌راهی سربند ـ اصلاندوز	۰/۰۰۵	۱/۱۹۱	۰/۰۲۱	۰/۰۱۳	۰/۰۶۷	۲/۳۸۹	۰/۰۰۵

گام چهارم: محاسبه ایده‌آل‌های مثبت و منفی

در این گام برای هر معیار یک ایده‌آل مثبت (V+) و یک ایده‌آل منفی (V-) محاسبه می‌شود. اکنون باید ایده‌آل‌های مثبت و منفی را برای هر معیار به‌دست آورد.

– برای هر معیار مثبت، ایده‌آل مثبت بزرگ‌ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس v است.
– برای هر شاخص مثبت، ایده‌آل منفی کوچک‌ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس v است.
– برای هر شاخص منفی، ایده‌آل مثبت کوچک‌ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس v است.
– برای هر شاخص منفی، ایده‌آل منفی بزرگ‌ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس v است.

بنابراین مقدار ایده‌آل مثبت و منفی برای این موقعیت تصمیم‌گیری به قرار زیر است:

جدول ۱۵: ایده‌آل مثبت و منفی

+V	۰/۰۰۵	۰/۹۴۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵
-V	۰/۱۰۰	۲۴/۰۴۸	۰/۱۹۳	۰/۳۳۵	۲/۰۱۷	۳/۳۴۰	۰/۴۱۹

گام پنجم: محاسبه فاصله هر گزینه از ایده‌آل‌های مثبت و منفی

خروجی روش TOPSIS برای این معادلات به‌صورت جدول (۱۶) است:

جدول ۱۶: محاسبات d+ و d-

محورهای مواصلاتی محدوده استان اردبیل	+d	–d
سه‌راهی مشگین ـ سه‌راهی سربند	۲/۸۲۳	۲۱/۴۲۶
اردبیل ـ آستارا	۲۳/۱۱۵	۳/۶۶۰
اردبیل ـ سه‌راهی فاراب	۱۴/۴۳۵	۹/۴۶۰
پارس‌آباد ـ سه‌راهی سربند	۴/۳۱۴	۱۹/۱۹۳
پارس‌آباد ـ بیله‌سوار	۰/۵۶۱	۲۳/۲۸۸
سه‌راهی صحرا ـ امیرکندی	۱/۵۷۹	۲۱/۸۸۵
سه‌راهی صحرا ـ سه‌راهی مشگین	۱/۶۳۷	۲۱/۹۰۱
گرمی ـ سه‌راهی امیرکندی	۰/۲۸۲	۲۳/۳۷۶
سه‌راهی فاراب ـ سرچم	۰/۴۴۱	۲۳/۲۹۹
گرمی ـ بیله‌سوار	۳/۳۴۵	۲۳/۱۸۸
مشگین ـ اهر	۰/۶۴۵	۲۳/۰۹۸
اردبیل ـ سه‌راهی صحرا	۲۱/۰۴۳	۴/۴۰۲
سه‌راهی سرعین ـ سرعین	۱۲/۸۸۹	۱۰/۹۴۸

ادامه جدول ۱۶: محاسبات d+ و d-

محورهای مواصلاتی محدوده استان اردبیل	+d	-d
سه‌راهی فاراب ـ خلخال	۱۴/۴۳۵	۹/۵۱۲
سه‌راهی مشگین ـ مشگین‌شهر	۱/۴۹۵	۲۲/۰۱۰
سه‌راهی سربند ـ اصلاندوز	۲/۴۰۳	۲۲/۹۶۷

گام ششم: محاسبه راه‌حل ایده‌آل

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل برآورد می‌شود. برای این کار از فرمول زیر سود می‌بریم:

$$CL^*_i = d_{i-} / (d_{i-} + d_{i+}) \quad (۵)$$

مقدار CL بین صفر و یک است. هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد محور به جواب ایده‌آل نزدیک‌تر است و محور بهتری است. این مقادیر در جدول (۱۹-۴) آمده است.

جدول ۱۷: مقادیر CL محاسبه‌شده

رتبه نهایی	وزن نهایی	گزینه‌ها
۹	۰/۸۸۴	سه‌راهی مشگین ـ سه‌راهی سربند
۱۶	۰/۱۳۷	اردبیل ـ آستارا
۱۴	۰/۳۹۶	اردبیل ـ سه‌راهی فاراب
۱۱	۰/۸۱۶	پارس‌آباد ـ سه‌راهی سربند
۳	۰/۹۷۶	پارس‌آباد ـ بیله‌سوار
۶	۰/۹۳۳	سه‌راهی صحرا ـ امیرکندی
۷	۰/۹۳۰	سه‌راهی صحرا ـ سه‌راهی مشگین
۱	۰/۹۸۸	گرمی ـ سه‌راهی امیرکندی
۲	۰/۹۸۱	سه‌راهی فاراب ـ سرچم
۱۰	۰/۸۷۴	گرمی ـ بیله‌سوار
۴	۰/۹۷۳	مشگین ـ اهر
۱۵	۰/۱۷۳	اردبیل ـ سه‌راهی صحرا
۱۲	۰/۴۵۹	سه‌راهی سرعین ـ سرعین
۱۳	۰/۳۹۷	سه‌راهی فاراب ـ خلخال
۵	۰/۹۳۶	سه‌راهی مشگین ـ مشگین‌شهر
۸	۰/۹۰۵	سه‌راهی سربند ـ اصلاندوز

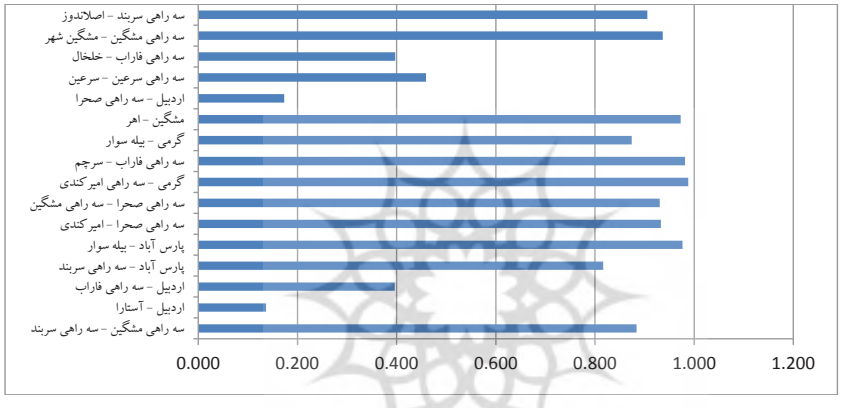
بنابراین با توجه به مقادیر محاسبه‌شده مندرج در جدول (۱۷) می‌توان به اولویت‌بندی نهایی محورهای استان اردبیل جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند برای افزایش و بهبود تردد طبق شکل (۵) رسید:

بهترین محور، گرمی ـ سه‌راهی امیرکندی است.

محور سه‌راهی فاراب ـ سرچم در جایگاه دوم قرار می‌گیرد.

محور پارس‌آباد ـ بیله‌سوار در جایگاه سوم قرار می‌گیرد.

و در نهایت محور اردبیل ـ آستارا در اولویت آخر قرار می‌گیرد.



شکل ۵: اولویت‌بندی نهایی محورهای استان اردبیل جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند برای افزایش ایمنی و بهبود تردد

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج به‌دست‌آمده از نظر خبرگان و تجزیه‌وتحلیل آماری با استفاده از روش دلفی، روش تحلیل شبکه‌ای[1]، تکنیک دیمتل، روش تاپسیس[2] در اولویت‌بندی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند موثر بر ایمنی و همچنین اولویت‌بندی محورهای مواصلاتی استان اردبیل جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل موثر بر ایمنی با هدف افزایش ایمنی و بهبود تردد در جاده‌های بین‌شهری استان اردبیل، به شرح زیر است:

1. Analytical Network Process
2. TOPSIS

۱. معیارهای اولویت‌بندی محورهای مواصلاتی استان اردبیل جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند موثر بر ایمنی به شرح زیر است:

معیار «تعداد کل تصادفات» با وزن نرمال‌شده ۰۱/۱۴۳ در اولویت اول قرار دارد.

معیار «تصادفات دارای ماهیت سرعت» با وزن نرمال‌شده ۰/۱۴۳ در اولویت دوم قرار دارد.

معیار «تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت» با وزن نرمال‌شده ۰/۱۴۳ در اولویت سوم قرار دارد.

معیار «نرخ جریان تردد» با وزن نرمال‌شده ۰/۱۴۲۹ در اولویت چهارم قرار دارد.

معیار «درصد خودروهای تجاوزکننده از سرعت» با وزن نرمال‌شده ۰/۱۴۲۸ در اولویت پنجم قرار دارد.

معیار «برف‌گیربودن محور» با وزن نرمال‌شده ۰/۱۴۲۷ در اولویت ششم قرار دارد.

معیار «تعداد نقاط پرحادثه» با وزن نرمال‌شده ۰/۱۴۲۵ در اولویت آخر قرار دارد.

– بر اساس محاسبات انجام‌شده به روش دیمتل نتایج زیر به‌دست آمد:

– جمع عناصر هر سطر (D) نشانگر میزان تاثیرگذاری آن معیار بر دیگر معیارهای مدل است. بر این اساس معیار تعداد کل تصادفات، از بیشترین تاثیرگذاری برخوردار است. تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت در درجه بعدی است. معیار برف‌گیربودن محور کمترین تاثیرگذاری را بر سایر عناصر دارد.

۲. جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. براین اساس معیار تصادفات دارای ماهیت سرعت از میزان تاثیرپذیری بسیار زیادی برخوردار است. شاخص تعداد کل تصادفات نیز کمترین تاثیرپذیری را از سایر معیارها دارد.

۳. بردار افقی (D+R)، میزان تاثیر و تاثر عامل موردنظر در سیستم است. به‌عبارت‌دیگر هرچه مقدار D+R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. براین اساس شاخص تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت بیشترین تعامل را با سایر معیارهای مورد مطالعه دارند. شاخص تعداد کل تصادفات از کمترین تعامل با سایر متغیرها برخوردار است.

۴. بردار عمودی (D-R)، قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به‌طورکلی اگر D-R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علّی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول به‌شمار می‌آید. در این مدل شاخص تعداد کل تصادفات، نرخ جریان تردد و تصادفات فوتی دارای ماهیت سرعت شاخص‌های علّی و شاخص‌های تعداد نقاط پرحادثه، تصادفات دارای ماهیت سرعت، درصد خودروهای تجاوزکننده از سرعت و برف‌گیربودن محور معلول هستند.

۵. بر اساس محاسبات انجام‌شده به‌روش تاپسیس برای اولویت‌بندی محورهای مواصلاتی استان اردبیل، اولویت‌بندی محورها به‌شرح جدول (۱۸) جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند حاصل شد.

جدول ۱۸: اولویت‌بندی محورهای مواصلاتی استان اردبیل جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند موثر بر ایمنی، با استفاده از روش تاپسیس

ردیف	نام محور شریانی یا اصلی	ابتدای محور (مبدأ)	انتهای محور (مقصد)	طول محور (km)	تعداد تصادفات در سال ۹۵				جمع کل
					فوتی	جرحی	خسارتی		
۱	گرمی ـ سه‌راهی امیرکندی	گرمی	سه‌راهی امیرکندی	۴۲	۵	۳	۱۳		۲۱
۲	سه‌راهی فاراب ـ سرچم	سه‌راهی فاراب	انتهای حوزه سرچم	۸۰	۳	۵	۴۱		۴۹
۳	پارس‌آباد ـ بیله‌سوار	پارس‌آباد	سه‌راهی بیله‌سوار	۴۸	۵	۱۳	۲۴		۴۲
۴	مشگین ـ اهر	مشگین‌شهر	انتهای حوزه به سمت اهر	۳۶	۳	۱۳	۱۹		۳۵
۵	سه‌راهی مشگین ـ مشگین‌شهر	سه‌راهی مشگین خروجی مشگین‌شهر به اهر		۳۴	۲	۱۴	۳۱		۴۷
۶	سه‌راهی صحرا ـ امیرکندی	سه‌راهی صحرا	امیرکندی	۴۷	۵	۱۱	۳۷		۵۳
۷	سه‌راهی صحرا ـ سه‌راهی مشگین	سه‌راهی صحرا	سه‌راهی مشگین	۳۸	۵	۱۱	۳۴		۵۰
۸	سه‌راهی سربند ـ اصلاندوز	سه‌راهی سربند	خروجی اصلاندوز به جلفا	۳۰	۱	۴	۷		۱۲
۹	سه‌راهی مشگین ـ سه‌راهی سربند	سه‌راهی مشگین	سه‌راهی سربند	۱۳۷	۱۲	۲۹	۷۹		۱۲۰
۱۰	گرمی ـ بیله‌سوار	گرمی	بیله‌سوار	۴۸	۳	۱۰	۱۹		۳۲
۱۱	پارس‌آباد ـ سه‌راهی سربند	پارس‌آباد	سه‌راهی سربند	۲۲	۶	۵	۲۳		۳۴
۱۲	سه‌راهی سرعین ـ سرعین	سه‌راهی سرعین	سرعین	۷	۲	۰	۴		۶
۱۳	سه‌راهی فاراب ـ خلخال	سه‌راهی فاراب	خلخال	۳۵	۲	۱	۱۹		۲۲
۱۴	اردبیل ـ سه‌راهی فاراب	اردبیل	سه‌راهی فاراب	۶۷	۶	۹	۵۳		۶۸
۱۵	اردبیل ـ سه‌راهی صحرا	اردبیل	سه‌راهی صحرا	۲۷	۲	۴	۳۳		۳۹
۱۶	اردبیل ـ آستارا	اردبیل	تونل آستارا	۳۰	۶	۹	۳۷		۵۲

۶. پیشنهاد می‌شود برای کنترل سرعت و افزایش ایمنی در جاده‌های بین‌شهری ایران، با توجه به رفتار رانندگان، اولویت‌بندی محورها جهت تجهیز به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند بررسی شود.

۷. پیشنهاد می‌شود روش‌های افزایش ایمنی در جاده‌های ایران از قبیل آموزش عمومی فرهنگ ترافیک، توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل، نوسازی ناوگان، تقنین و اجرای مقررات

ترافیکی، توسعه امکانات امداد و نجات جاده‌ای و خدمات درمانی پس از حوادث ترافیکی و... با سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند مقایسه و روش‌های مذکور اولویت‌بندی شود.

منابع:

ب) فارسی

اسدی، بهرام (۱۳۹۳). تحلیلی بر تاثیر اجرای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS) بر کارکرد حمل‌ونقل جاده‌ای (مطالعه موردی استان بوشهر). *نخستین همایش سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند جاده‌ای*، تهران، ایران.

بهبهانی، حمید و اسدی‌کیا، هومن (۱۳۹۰). ارزیابی راهکارهای موجود در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند از لحاظ ارتقای ایمنی ترافیک. *دهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک*، تهران، ایران.

جمیلی، جعفر (۱۳۹۳). *مجموعه چکیده مقالات نخستین همایش سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند جاده‌ای* (مکان‌یابی و بررسی شاخص‌های نصب اجزای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در جاده‌های کشور)، تهران، سازمان راهداری وحمل‌ونقل جاده‌ای.

حبیبی‌نوخندان، مجید وکمالی، غلامعلی (۱۳۸۵). *آب و هوا و ایمنی جاده‌ها*. تهران، وزارت راه و ترابری (پژوهشکده حمل‌ونقل).

دل‌پیشه، علیرضا و شهریاری، محمد (۱۳۸۷). ارزیابی متغیرهای موثر بر ایمنی راه با راهکارهای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، هشتمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران، تهران، سازمان حمل‌ونقل و ترافیک تهران، معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران، *https://www.civilica.com/Paper-TTC08-TTC08_018.html*.

رحیم‌اف، کامران؛ نراقی، مهتاد و نبی‌زاده، مهدی (۱۳۹۰). کاهش تصادفات جاده‌ای ناشی از تخلفات رانندگان با استفاده از سیستم‌های هشداردهنده انحراف از مسیر. *دهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک*، تهران، ایران.

روانشادنیا، مهدی و وزیری، فاطمه (۱۳۹۳). استفاده از روش تصمیم‌گیری ELECTERE برای تعیین اولویت نصب تجهیزات ITS در محورهای پرتردد جاده‌ای کشور. *نخستین همایش سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند جاده‌ای*، تهران، ایران.

سیدکریمی، مهشید و نبی‌زاده، مهدی (۱۳۹۳). اولویت‌بندی استقرار سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل در بهبود ایمنی راه‌ها. *نخستین همایش سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند جاده‌ای*، تهران، ایران.

عیسایی، محمدتقی (۱۳۸۴). *سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل (درون‌شهری و برون‌شهری)*. تهران، انتشارات آذر.

قاسمی‌نوقابی، مسعود (۱۳۹۳). بررسی تاثیر سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند بر تصادفات ترافیکی جاده‌ای. کارشناسی‌ارشد راه و ترابری، اداره کل حمل‌ونقل و پایانه‌های خراسان جنوبی، *اولین همایش*

سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، تهران، ایران.
محمودآبادی، مهدی (۱۳۹۳). ارزیابی تاثیر دوربین‌های کنترل سرعت هوشمند بر کاهش سرعت (مطالعه موردی محورهای استان خراسان رضوی). *نخستین همایش سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند جاده‌ای*، تهران، ایران.
موسویان، سیدابوالحسن (۱۳۹۱). گسترش صنعت حمل‌ونقل زمینه‌ساز رشد و توسعه صنعت گردشگری. نشریه راه ابریشم، وزارت راه و شهرسازی، تهران، سال هفدهم، شماره ۱۳۳.
میرحسینی، مهسا (۱۳۸۹). *تاثیر به‌کارگیری سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند VANETS بر ظرفیت آزادراه*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

ب) انگلیسی

Elvik, R. (1997). *Effect on Accidents of Automatic Speed Enforce Mend in Norway*. Transportation Research Record.

Elvik, R, (2001). *Quanti, Road Safety Tragers: An Assessment of Evaluation Methodology*. Oslo, Institute of Transport Economics.

Elvik, R.; Christensen, P. & Olsen, S. F. (2003). Daytime Running Lights: A Systematic Review of Effects on Road Safety. Report 688/2003, Institute of Transport Economics, Oslo.

Elvik, R. & Vaa, T. (2004). *The Handbook of Road Safety Measures* (Elsevier, 2004).

Erke, A. (2007). *Effects of Electronic Stability Control (ESC) on Accidents*. A Review of Empirical Evidence. Paper Submitted to Accident Analysis and Prevention.

Evan, T. & Brown, H. (2003). Road Traffic Crashes: Operational Zing Equity in the Context of Health Sector Reform, *Injury Control and Safety Promotion*, 10, pp. 11-12.

Hamzah, Muhamad Kamil; Peng, Choy; Khairuddin, Faridah Hanim & Yusof, Mohammed Alias (2013). The Automated Speed Enforcement System-A Case study in Putrajaya. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 10, pp. 2133-2146.

Karlsen, P. G. (2002). *Accident Data Recorders (ADR)*. Literature Review of effects and experiences with use.

Landeta, J. (2006). Current Validity of the Delphi Method in Social Sciences. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(5), pp. 467-482.

Lee, H.; Lee, Sora & Park, Yongtae (2009). Selection of Technology Acquisition Mode Using the Analytic Network Process, *Mathematical and Computer Modelling*, 49(5-6), pp. 1274-1282.

Managerial Solutions for Road Transportation Safety

Abbas Aslani Somarin[1] M. S., Transportation Engineering, Islamic Azad University Electronic Campus.
Ali Asghar Goharpour[2] Assistant Professor Faculty of Architecture, Malayer University (Corresponding Author).

Journal of Development Process & Management No.30-Winter 2018

1. aslaniabas@gmail.com
2. agoharpoor@gmail.com

Abstract
Today, using a solution that can enhance safety and improve traffic on roads at reasonable costs and without the need for increased transportation infrastructures has come to the attention of transportation experts. To reach this end, they have shown interest in intelligent transportation systems (ITS). The purpose of the study is to help the management of road safety and, in particular, the management of intelligent transportation systems by locating and determining the main indicators for installing components of such systems. This research intends to find ways to improve safety and transportation in Iran's roads by prioritizing the roads to be equipped with intelligent transportation systems, applying experts' opinion and utilizing such methods as Delphi, ANP network analysis, DEMETL and TOPSIS. Finally, based on the acquired criteria like total number of accidents, fatal and non-fatal crashes resulted from speed and traffic flow rate, the prioritization of the roads under study in Ardebil province is presented.

Keywords: Intelligent Transportation Systems (ITS), Network Analysis (ANP), Roads Prioritization, DEMETL Technique, Topsis Method.