# مدل اولویت‌بندی عملگرهای سرویس در معماری سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند شهرهای کشور با بکارگیری الگوی کوداس

**مقاله علمی – پژوهشی**

مرتضی اسدامرجی*، استادیار، گروه ژئوتکنیک و حمل‌ونقل، دانشکده عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
مهدیه محمودآبادی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه حمل‌ونقل، دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شریف تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m_asadamraji@sbu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۷- پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۵
صفحه ۱۴۶-۱۳۱

**چکیده**

***در حمل‌ونقل هوشمند نبود استراتژی واحد منجر به ناهماهنگی جهت‌گیری دستگاه‌های تأثیرگذار بر این بخش و نهایتاً افت کارایی و بهره‌وری خواهد شد. بنابراین موضوع اولویت‌بندی پروژه‌ها، به دلیل محدودیت منابع که مهم‌ترین آن منابع مالی، نیروی انسانی، تجهیزات و زمان است، ضروری است. بنابراین انتخاب پروژه در سازمان‌های پروژه محور یک تصمیم حیاتی و دینامیک است. در این پژوهش با در نظر گرفتن مشکلات و نیازهای حمل‌ونقلی درون شهری کلان‌شهر اصفهان و استفاده از پرسش‌نامه‌هایی که توسط خبرگان امر تکمیل شده است، و با توجه به معیارهای تعیین شده برای حمل‌ونقل هوشمند و تأثیر هر یک از این معیارها بر تحقق عملگرهای سرویس در شهر اصفهان که الگوی پیشنهادی برای آن در نظر گرفته شده است، به اولویت‌بندی عملگرهای سرویس با استفاده از روش کوداس پرداخته می‌شود. در این پژوهش با تعریف یک تابع آستانه برای ارزیابی نزدیکی نسبی عملگرهای سرویس به یکدیگر و سپس تعیین فاصله اقلیدسی و فاصله تاکسی آن‌ها، ماتریس ارزیابی نسبی محاسبه گردیده است. با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش، عملگرهای سرویس مدیریت تصادفات و سوانح، مدیریت داده‌های تصادفات و پایش ناوگان حمل‌ونقل همگانی بیشترین اولویت را در میان سایر عملگرها دارند. این امر نشان دهنده نیاز به برنامه‌ریزی و اقدام مقتضی جهت مدیریت ایمنی و بحران در معابر درون‌شهری کشور داشته و افزایش ایمنی کاربران در معابر را در پی خواهد داشت.***

**واژه‌های کلیدی:** سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، عملگرهای سرویس، اولویت‌بندی عملگرهای سرویس، روش کوداس

## ۱-مقدمه

بسیاری از مدیران در سازمان‌های مختلف هنوز هم رمز بقاء و موفقیت مجموعه تحت مدیریت خود را در دوره پر از تحول امروزی، اتخاذ مناسب‌ترین راهبردها می‌دانند. این در حالی است که مسئله مهم‌تر در فرایند مدیریت راهبردی، موضوع اجرا و پیاده‌سازی راهبردها است. فرایند اجرایی کردن یک راهبرد از فرایند تدوین آن به مراتب دشوارتر است چرا که این فرایند درگیر تعداد متغیرها و محدودیت‌های به مراتب بیشتری است. در مرحله اجرایی کردن و پیاده‌سازی راهبرد پارامتری با عنوان بودجه و محدودیت‌های مرتبط با آن که همواره و در هر شرایطی وجود دارد مطرح است. از سوی دیگر با تخصیص یک بودجه مشخص به یک پروژه دریافت بیشترین و مناسب‌ترین کارایی که بتواند حجم بسیاری از نیازها و تقاضای موجود را مرتفع سازد، به عنوان پارامتر دیگری بر فرایند اجرا تأثیر می‌گذارد. این در حالی است که هر چقدر هزینه‌های مورد نیاز برای اجرایی کردن پروژه بالاتر می‌رود، حساسیت‌های موجود برای چگونگی اولویت‌بندی بخش‌های مختلف پروژه نیز افزایش می‌یابد. اینکه پروژه مورد نظر با چه روندی پیش برود تا با در نظر گرفتن محدودیت‌های بودجه‌ای بیشترین

کارایی مورد انتظار از آن در یک بازه زمانی مشخص منتج شود، یک هنر مدیریتی در بعد اجرای فرایند است. سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند قاعده و نظمی است که دسته‌ای از راه‌حل‌های بهینه را برای بهبود ایمنی و روانی جریان ترافیک و رفع نیازهای حمل‌ونقل با استفاده از فناوری‌های جدید در زمینه‌های پردازش اطلاعات، ارتباطات، کنترل و الکترونیک در سراسر جهان در اختیار قرار می‌دهد. استفاده از سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل از جمله اقداماتی است که در دهه‌های اخیر توجه بسیاری از مدیران و کارشناسان حوزه حمل‌ونقل و ترافیک شهری را در کلان‌شهرهای دنیا به خود جلب نموده است. پروژه‌های سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل شهری نیز از آن‌دست پروژه‌هایی هستند که علاوه بر پیچیدگی‌های ذاتی خود هزینه بالایی را نیز به بدنه مدیریت شهری وارد می‌کنند و از این‌رو انتظارات از درجه کارآمدی آن‌ها به مراتب بالا است. از این رو لازم است تا نیازها و انتظارات و همچنین معضلات پیش رو به خوبی شناسایی گردند. چشم‌انداز کلی و هدف از انجام این پژوهش، اولویت‌بندی عملگرهای سرویس با توجه به شرایط محدودیت بودجه‌ای و ایجاد عرصه‌ای برای برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت و در نتیجه دستیابی به اهداف اجرای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در شهرهای کشور است. خدمات ویژه‌ای که سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند به کاربران سیستم حمل‌ونقل جهت برطرف نمودن نیازهای حمل‌ونقلی ارایه می‌کنند را اصطلاحاً عملگرهای سرویس می‌گویند. در این پژوهش سعی شده است که مجموعه‌ای از عملگرهای سرویس که توانایی رفع نیازهای حمل‌ونقلی و هوشمندسازی را داشته باشد، معرفی شده و سپس جهت اجرای پروژه‌های ITS در کلان‌شهر اصفهان اولویت‌بندی گردند. روند پژوهش انجام شده به‌گونه‌ای است که در ابتدا با توجه به مطالعات انجام شده در کشورهای مختلف برخی اهداف هوشمندسازی حمل‌ونقل برآورد گردد. سپس نیازهای هوشمندسازی حمل‌ونقل در کلان‌شهر اصفهان با توجه به مشکلات حمل‌ونقلی موجود، اهداف بدست آمده از مطالعات و همچنین پرسشگری از متخصصان حوزه حمل‌ونقل در این شهر به دست آمده است. در گام بعدی انجام پژوهش، پرسش‌نامه‌هایی جهت امتیازدهی به این اهداف و نیازهای هوشمندسازی در اختیار کارشناسان و متخصصین قرار گرفته و سپس داده‌های این پرسش‌گری توسط روش تصمیم‌گیری چند معیاره کوداس و با توجه به اهداف تعیین شده برای حمل‌ونقل هوشمند و تأثیر این اهداف بر تحقق عملگرهای سرویس، جهت اولویت‌بندی اجرای عملگرهای سرویس در پروژه‌های سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در شهرهای کشور مورد استفاده واقع شده است.

## ۲- پیشینه تحقیق

در دنیای امروز مسائل مربوط به حمل‌ونقل مانند تصادفات، آلودگی‌های زیست‌محیطی، ترافیک و ... باعث شده تا حمل‌ونقل به یکی از اساسی‌ترین موضوعات کشورها تبدیل شود. برای غلبه بر مشکلات حمل‌ونقل، یکی از راه‌حل‌ها طراحی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند است. در واقع ITS دسته‌ای از راه‌حل‌های جدید و غیرمرسوم در گذشته را برای بهبود ایمنی و روانی جریان ترافیک و رفع نیازهای حمل‌ونقل با استفاده از فناوری‌های جدید در زمینه‌های پردازش اطلاعات، ارتباطات، کنترل و الکترونیک در سراسر جهان در اختیار قرار می‌دهد. مدیریت حمل‌ونقل یک موضوع کلیدی در سیاست اتحادیه اروپا است. برخی از این پروژه‌ها عبارت‌اند از:

-برنامه‌های کاربردی حمل‌ونقل هوشمند طراحی شده برای رویدادهای بزرگ با تأثیر بر تحرک شهری STADIUM

-سیستم اتوبوس اروپا در آینده EBSF؛

-هماهنگی توصیف‌گرهای شبکه برای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند شهری CONDUITS؛

-یکپارچه‌سازی راهکارهای بی‌سیم و ترافیک برای راه‌حل‌های مدیریت ترافیک معبر در زمان واقعی iTETRIS

-جعبه‌ابزاری برای تصمیم‌گیری پایدار در استقرار ITS، DECIDE (Marilisa and Luigi, 2018).

همچنین اقدامات ITS در برنامه اقدام عملیاتی ملی ITS آلمان شامل موارد زیر است:

-استفاده بهینه از اطلاعات سفر، ترافیک و معبر؛

-تداوم خدمات ITS در زمینه مدیریت ترافیک و اطلاعات ترافیکی؛

-برنامه‌های ITS برای افزایش کارایی حمل‌ونقل، امنیت و ایمنی راه‌ها و پایداری محیطی.

در طرح توسعه ITS کشور هلند تمرکز اصلی بر توسعه و استفاده از ابزارهای تکنولوژیکی در ترافیک معابر، خصوصاً اطلاعات ترافیکی و مدیریت ترافیک، است اما تنها به آن

محدود نمی‌شود. زیربخش‌های این طرح اجرایی شامل موارد زیر است:

-ITS در استفاده بهینه از داده‌های معبر، ترافیک و استفاده‌کننده؛

-جمع‌آوری داده‌های حمل‌ونقل همگانی؛

-پروژه جمع‌آوری داده‌های ترافیکی؛

-پروژه اطلاعات پارکینگ؛

-پروژه انتشار الکترونیکی تصمیمات ترافیکی؛

-پروژه پایگاه داده؛

-استانداردسازی سیستم ارتباطی مرکزی و پایگاه‌های منطقه‌ای و محلی؛

-اطلاعات سفرهای چندوسیله‌ای؛

-پروژه ITS در لجستیک و مدیریت ترافیک و بار (Ministry of Infrastructure and the Environment in Cooperation with ITS, 2017)؛

همچنین در برنامه استراتژی آمریکا در خصوص سیستم‌های هوشمند بزرگراه-وسیله نقلیه (IVHS)[1] زمینه‌های اصلی زیر برای ITS تعریف گردید:

-سیستم‌های پیشرفته مدیریت ترافیک (ATMS)[2]

-سیستم‌های پیشرفته کنترل وسیله نقلیه (AVCS)[3]

-عملیات وسایل نقلیه تجاری (CVO)[4]

-سیستم‌های پیشرفته حمل‌ونقل عمومی (APTS)[5]

(Barbaresso and Cordahi and Garcia,) 2014

همچنین در خصوص خدمات کاربر ارائه شده در زمینه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند می‌توان به موارد زیر از مطالعات و پروژه‌های انجام شده اشاره کرد. در مراجع موجود سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند عملگرهای سرویس سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند بصورت جدول ۱ ارایه و دسته‌بندی شده است.( Ghatee, 2021 )

**جدول ۱. عملگرهای سرویس سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در آمریکا**

| خدمات کاربران | | | |
|---|---|---|---|
| اطلاعات‌رسانی مسافران | • اطلاع‌رسانی پیش از سفر<br>• اطلاع‌رسانی حین سفر<br>• اطلاع‌رسانی حین سفر با حمل‌ونقل همگانی<br>• اطلاعات شخصی کاربران<br>• مسیریابی و راهنمای مسیر | مدیریت ترافیک | • پشتیبانی برنامه‌ریزی حمل‌ونقل<br>• کنترل ترافیک<br>• مدیریت تصادفات<br>• مدیریت تقاضا<br>• سیاست‌گذاری<br>• مدیریت نگهداری از زیرساخت‌ها |
| وسایل نقلیه | • افزایش دید<br>• جلوگیری از برخورد طولی<br>• تأمین ایمنی<br>• تجهیزات جلوگیری از تصادفات | وسایل نقلیه تجاری | • مدیریت وسایل نقلیه تجاری<br>• بازرسی وسایل نقلیه تجاری<br>• نظارت بر ایمنی وسایل نقلیه تجاری<br>• مدیریت بار |
| حمل‌ونقل همگانی | • مدیریت حمل‌ونقل همگانی<br>• مدیریت تقاضا | مدیریت شرایط اضطراری | • هشداردهی شرایط اضطراری<br>• مدیریت وسایل نقلیه اضطراری<br>• مدیریت حمل کالای خطرناک |
| پرداخت الکترونیک | • تراکنش مالی الکترونیکی | ایمنی | • امنیت عمومی<br>• ارتقای ایمنی برای کاربران آسیب‌پذیر<br>• تقاطعات هوشمند |

همچنین عملگرهای سرویس ارایه شده در پروژه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند اروپای جنوب شرقی نیز به صورت جدول ۲ ارایه شده است. ( Rijavec and Mitsakis, 2013).

**جدول ۲. عملگرهای سرویس سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در مطالعات ITS کشورهای اروپای جنوب شرقی**

| عملگرهای سرویس | | | |
|---|---|---|---|
| اطلاع‌رسانی مسافران | • اطلاع‌رسانی عمومی<br>• اطلاع‌رسانی تعاملی مسافر | کنترل ترافیک | • پایش جریان ترافیک در شبکه<br>• کنترل ترافیک در معابر<br>• انتشار اطلاعات ترافیکی |
| مدیریت حادثه | • هماهنگی برای مدیریت حادثه | مدیریت شرایط زیست‌محیطی | • ادراک شرایط زیست‌محیطی<br>• سیستم اطلاعات هواشناسی |
| بهره‌برداری و نگهداری | • مدیریت نگهداری زیرساخت<br>• مناطق راهسازی هوشمند | هشداردهی و اعمال قانون صورت خودکار | • هشداردهی پویا |
| مدیریت حمل‌ونقل همگانی | • ردیابی وسایل نقلیه همگانی<br>• عملیات حمل‌ونقل در مسیرهای ثابت<br>• مدیریت هزینه سفر و مسافر | خدمات پرداخت الکترونیکی | • پرداخت خدمات حمل‌ونقل همگانی |
| ترخیص الکترونیکی وسایل نقلیه تجاری | • ترخیص الکترونیکی<br>• توزین در حال حرکت | بازرسی خودکار ایمنی در معبر | • سیستم‌های پشتیبانی بازرسی |
| فرآیندهای اداری وسایل نقلیه تجاری | • فرآیندهای اداری وسایل نقلیه تجاری | برنامه‌ریزی مواد خطرناک | • برنامه‌ریزی مواد خطرناک و پاسخ‌گویی به حادثه |
| مدیریت وسایل نقلیه اضطراری | • مدیریت پاسخ‌گویی به حوادث<br>• مسیریابی وسایل نقلیه اضطراری | پیش‌گیری از برخوردهای مبتنی بر زیرساخت | |
| مدیریت داده‌های زیست‌محیطی و آب‌وهوایی | • پیوستگی داده‌های هواشناسی و داده‌های معابر<br>• انتشار اطلاعات زیست‌محیطی | مدیریت داده‌های بایگانی شده | • مرکز مبادله داده‌های بایگانی شده<br>• پایگاه داده‌های بایگانی شده<br>• پایگاه مجازی داده‌های بایگانی شده |

جیسون و همکارانش در پژوهشی به بررسی اولویت‌بندی اجرای خدمات ITS در کشورهای در حال توسعه پرداختند. در این مطالعه با توجه به محدودیت بودجه قابل توجه و همچنین تراکم جمعیت در کلان‌شهرهای کشورهای در حال توسعه، اولویت‌بندی اجرای خدمات ITS را براساس ٤ معیار و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی مورد ارزیابی قرار دادند. این معیارها شامل سیاست‌ها و برنامه‌های عملیاتی، مسائل و نیازمندی‌های احصاء شده از عموم مردم، مسائل و نیازمندی‌های احصاء شده از کارشناسان و متخصصان و سرویس‌های موجود و در حال خدمات‌رسانی بوده است. در روش بکار گرفته شده توسط جیسون و همکارانش، اولویت‌بندی خدمات ITS براساس نمره‌دهی به هر خدمت انجام شده است و خدمات با بیشترین امتیاز دارای اولویت بیشتری در اجرا خواهند بود. در این مطالعه ۲۰ خدمات ITS برای مغولستان به عنوان کشوری در حال توسعه اولویت‌بندی شده است. (So et al., 2018)

در پژوهشی دیگر خادمی و همکارانش به اولویت‌بندی خدمات کاربر ITS با استفاده از دو روش DSM[٦] و ANP[٧] پرداخته‌اند. آن‌ها در پژوهش خود ۳۳ خدمات کاربر را با در نظر گرفتن ۳۸ معیار با استفاده از مدل ترکیبی DSM و ANP برای کلان‌شهر مشهد اولویت‌بندی کردند. با استفاده از روش DSM می‌توان در ارزیابی گزینه‌ها معیارهای مثبت و منفی را بصورت مجزا در نظر گرفت. از این رو این روش موجب می‌شود ابعاد مسئله کوچکتر گردد. همچنین با استفاده از روش ANP می‌توان با در نظر گرفتن وابستگی‌های داخلی گزینه‌ها،

وابستگی‌های متقابل آن‌ها و همچنین تأثیرات گزینه‌ها بر روی یکدیگر، گزینه با اولویت بالاتر را انتخاب کرد( Khademi and Mohaymany and Shahi, 2010).

در پژوهش دیگری که در سال ۲۰۱۷ توسط اولین و همکارانش صورت گرفته است، استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در سیستم حمل‌ونقل ریلی مورد ارزیابی قرار گرفته است. آن‌ها در پژوهش خود، به توسعه معیارهای عملکرد سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در حمل‌ونقل ریلی و مانیتورینگ اثرات آن‌ها پرداختند. در پژوهش انجام شده توسط اولین و همکارانش ۲۴ معیار عملکرد اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و انعطاف‌پذیری برای بکارگیری ITS در حمل‌ونقل ریلی معرفی شده و سپس گزینه‌های توسعه این معیارها براساس روش GAHP[8] اولویت‌بندی شده است. (Krmac and Djordjević, 2018)

همچنین در زمینه تصمیم‌گیری چند معیاره جهت اجرای سایر پروژه‌های حمل‌ونقل مطالعات متعددی انجام شده است. در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۵ توسط نواک و همکارانش انجام شده است، روشی ابتکاری جهت توسعه و اجرای تحلیل چند معیاره[9] ارایه شده است. در این مطالعه فرآیند اولویت‌بندی پروژه‌ها قبل و بعد از تحلیل چند معیاره برای ایالت ورمونت در آمریکا ارائه شده و با استفاده از رویکردی ترکیبی اولویت‌بندی پروژه‌های حمل‌ونقل انجام گرفته است. نواک و همکارانش در این پژوهش با در نظر گرفتن معیارهایی همچون ۱) شفاف‌سازی فرآیند اولویت‌بندی و اجرای پروژه؛ ۲) بهبود فرآیند اولویت‌بندی پروژه با تلفیق معیارهای ارزیابی عینی در فرآیند تصمیم‌گیری و ۳) کاهش نابرابری در تخصیص بودجه برای پروژه‌های حمل‌ونقل، روش ابتکاری خود را توسعه داده‌اند. (Novak et al., 2015)

بعلاوه در مطالعه‌ای که توسط شلتون و همکارانش انجام گرفته است، اولویت‌بندی پروژه‌های حمل‌ونقل براساس محدودیت‌های بودجه و زمان اجرای پروژه انجام شده است. آن‌ها در این مطالعه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) به ارزیابی پروژه‌های حمل‌ونقل در ایالت تگزاس پرداخته‌اند. در این مطالعه اولویت‌بندی پروژه‌های مختلف با استفاده از روش‌های AHP و TOPSIS انجام گرفته است. آن‌ها در مطالعه خود از روش AHP برای تعیین وزن معیارهای مورد نظر خود با استفاده از مقایسه زوجی معیارها پرداخته‌اند و سپس با بکارگیری روش TOPSIS اولویت‌بندی نهایی پروژه‌ها انجام گرفته است. (Shelton & Medina, 2010)

همچنین در پژوهشی که در سال ۲۰۲۰ توسط هامورکو و همکارانش انجام گرفته است، اولویت‌بندی اجرای پروژه‌های توسعه حمل‌ونقل همگانی در شهرهای در حال توسعه مورد بررسی قرار گرفته است. آن‌ها در مطالعه خود معیارهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی را جهت اولویت‌بندی اجرای سه گزینه استفاده از اتوبوس برقی، سیستم قطار سبک شهری و استفاده از وسایل نقلیه مدرن و بهینه‌سازی شبکه حمل‌ونقل همگانی در نظر گرفته‌اند. هامورکو و همکارانش در مطالعه خود از روش AHP جهت تعیین وزن معیارهای مورد نظر خود استفاده کردند و سپس با استفاده از روش Fuzzy TOPSIS به اولویت‌بندی اجرای راهکارهای مورد نظر خود پرداخته‌اند. (Hamurcu and Eren, 2020)

مطالعات زیادی در خصوص اولویت‌بندی اجرای راهکارها در انجام پروژه‌های حمل‌ونقلی انجام گرفته است. این امر با توجه به کمبود منابع، همچون منابع مالی و بودجه، منابع انسانی و همچنین مسائل و محدودیت‌های زیست‌محیطی، اجتناب‌ناپذیر است. مطالعات بسیاری در این زمینه براساس پرسشگری از خبرگان و متخصصین و عموم مردم در زمینه اجرای راهکارها انجام گرفته است. در این پژوهش نیز با پرسشگری از متخصصین و خبرگان به احصاء مشکلات و چالش‌های پیش‌رو پرداخته شده و عملگرهای سرویس اجرای معماری سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در شهرهای ایران با توجه به محدودیت بودجه و سایر محدودیت‌های اجرایی جهت اجرای بهینه اولویت‌بندی گردیده است.

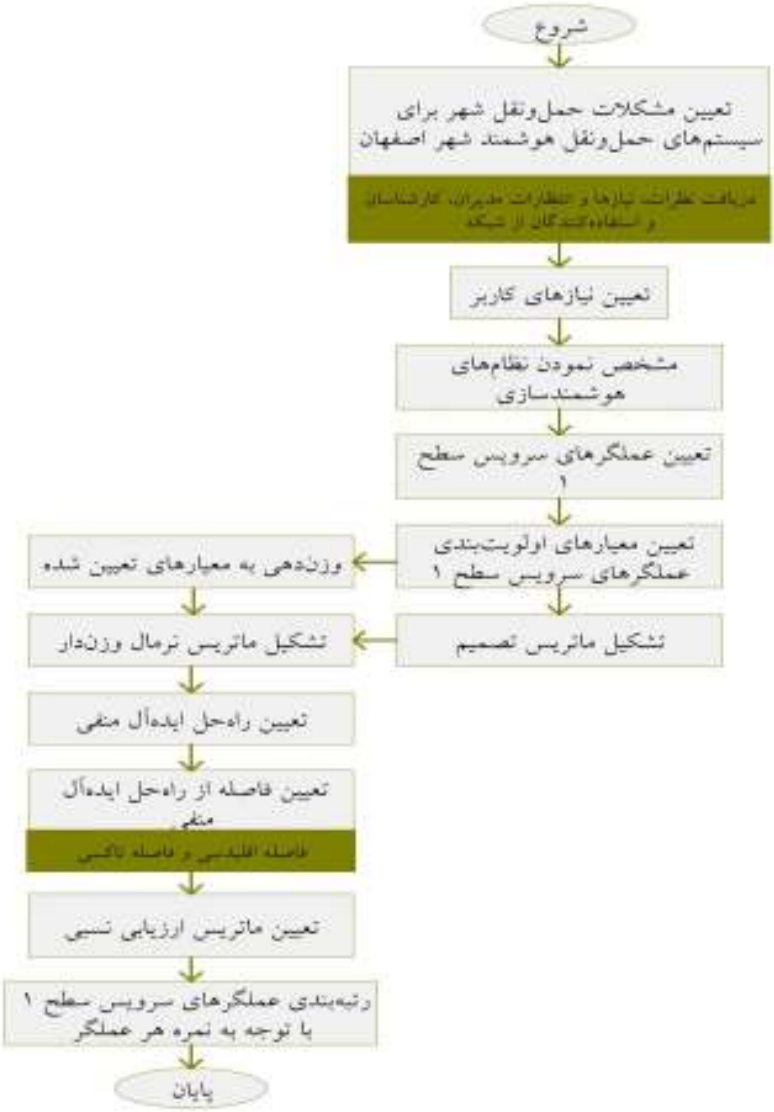
## ۳-روند انجام پژوهش

در این پژوهش در ابتدا با استفاده از منابع مختلف در دسترس اعم از بررسی الگوهای رفتاری کاربران، مطالعات فرادست، نظرات کاربران و کارشناسان و دیگر منابع، معضلات و مشکلات پیش رو در حوزه هوشمندسازی حمل‌ونقل و همچنین برخی اهداف هوشمندسازی شناسایی گردیده است. همچنین با بررسی مطالعات فرادست و مطالعات مشابه انجام شده در کشورهای موفق در حوزه هوشمندسازی حمل‌ونقل، نیازهای مرتبط با حمل‌ونقل هوشمند و همچنین مجموعه‌ای از عملگرهای سرویس مربوط به هریک از نیازهای هوشمندسازی، که توانایی رفع نیازهای حمل‌ونقلی و هوشمندسازی را داشته باشد، شناسایی و تعیین گردید.

در گام بعدی انجام پژوهش، پرسش‌نامه‌هایی جهت امتیازدهی به این اهداف و نیازهای هوشمندسازی در اختیار

کارشناسان و متخصصین قرار گرفته و سپس داده‌های این پرسش‌گری توسط روش کوداس جهت اولویت‌بندی اجرای عملگرهای سرویس در پروژه‌های سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در شهرهای کشور مورد استفاده قرار گرفته است.

با توجه به پرسشگری انجام شده برای اولویت‌بندی عملگرهای سرویس براساس نقش این عملگرها در تحقق اهداف در نظر گرفته شده برای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، جداول مربوط به این روش حل در ادامه ارایه شده است. هر یک از عملگرهای سرویسی که از دیدگاه کارشناسی افراد مصاحبه‌شونده، تأثیر بیشتری در تحقق اهداف سیستم‌های ITS داشته است از اولویت بیشتری جهت بهبود شرایط و سرمایه‌گذاری‌های لازم برخوردار است. در شکل ۱ گام‌های انجام مطالعه ارایه شده است.




**شکل ۱. روند انجام مطالعه**

اهداف کلی و اصلی پیشبرد ITS را باید در قالب ارتقای ایمنی معابر، کاهش تعداد و شدت تصادفات، افزایش سهم حمل‌ونقل همگانی، بهبود وضعیت ترافیکی معابر، کاهش آلودگی هوا، کاهش مصرف سوخت و ... دانست (وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری, ۱۳۸۹). جهت تعیین معیارهای توسعه خدمات ITS، در ابتدا نقطه نظرات و پیشنهادات، نیازها و انتظارات مدیران، کارشناسان و استفاده‌کنندگان از شبکه حمل‌ونقل برداشت و بررسی شده

است. همچنین شرایط ترافیکی شبکه معابر و مشکلات حمل‌ونقل کنونی در کشور مورد ارزیابی قرار گرفته است. پس از احصاء مشکلات حمل‌ونقل در کشور، نیازهای مرتبط با راهکارهای ITS در کشور جهت حل مشکلات احصاء شده تعیین گردیده است. همچنین با مطالعه پژوهش‌های انجام شده در دنیا و بررسی مباحث روز و مطرح در زمینه ITS در سایر کشورها، و با در نظر گرفتن مشکلات و نیازها و همچنین نظرسنجی از خبرگان در امر حمل‌ونقل و ITS در کشور، معیارهای مورد نظر و عملگرهای سرویس مورد نظر جهت اولویت‌بندی تعیین گردیده است.

پس از تعیین معیارهای مورد نظر و عملگرهای سرویس، با انجام پرسشگری از خبرگان و متخصصان حمل‌ونقل کشور، مقایسه زوجی معیارهای تعیین شده و اولویت‌بندی عملگرهای سرویس با توجه به معیارهای ذکر شده انجام گرفته است. وزن معیارهای تعیین شده با در نظر گرفتن نتایج حاصل از پرسشگری و با استفاده از روش مقایسه زوجی برآورد شده است. معیارهای ۱۵گانه تعریف شده برای پیشبرد سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند در جدول ۳ ارایه شده است.

**جدول ۳. معیارهای توسعه سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند**

| معیارهای هوشمندسازی |
|---|
| هوشمند نمودن حمل‌ونقل مسافر و توریست به نقاط مختلف شهر بخصوص نقاط گردشگری در شهر اصفهان |
| استفاده مناسب از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند فعلی شهر اصفهان |
| توسعه و یکپارچه سازی نظام های هوشمند شهر اصفهان |
| توسعه حمل‌ونقل هوشمند پاک |
| کاهش تلفات و جراحات تصادفات در معابر هوشمند |
| کاهش تخلفات شهروندان در شهر اصفهان با توسعه ابزارهای ثبت تخلف |
| بهبود وضعیت امدارسانی هوشمند در معابر شهر اصفهان |
| روان سازی ترافیک در معابر شهر اصفهان |
| مدیریت هوشمند پارکینگ‌های حاشیه‌ای و غیر حاشیه‌ای |
| ارتقای خدمات حمل‌ونقل هوشمند برای همه کاربران |
| کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره وری سیستم‌های حمل‌ونقل |
| توسعه حمل‌ونقل هوشمند انسان محور و پیاده‌روی در شهر اصفهان |
| دسترسی به اطلاعات ترافیکی و حمل‌ونقلی برای همه کاربران |
| بهبود وضعیت حمل‌ونقل همگانی در شهر اصفهان |
| جابجایی هوشمند بار و کالا در شهر اصفهان |

جهت اولویت‌بندی اجرای عملگرهای سرویس در این مطالعه از روش CODAS[10] استفاده شده است. روش کوداس برای اولین بار در سال ۲۰۱۶ ارایه شده است. در این روش مطلوبیت گزینه‌های مختلف با استفاده از دو شاخص سنجیده می‌شود. شاخص اول مربوط به فاصله اقلیدسی[11] گزینه‌های مورد نظر از ایده‌آل منفی و شاخص دوم فاصله تاکسی[12] از ایده‌آل منفی خواهد بود. بدیهی است که گزینه با فاصله بیشتر از ایده‌آل منفی گزینه مطلوب‌تری خواهد بود. گام‌های این روش در ادامه آمده است (Ghorabaee et al.,2016).

گام صفر: آماده‌سازی ماتریس تصمیم

$$X=\left[x_{ij}\right]_{n\times m}=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \qquad (1)$$

$$i \in \{1,2,...,n\}$$

$$j \in \{1,2,...,\mathrm{m}\}$$

$$x_{ij} \geq 0$$

$x_{ij}$ ارزش گزینه iام براساس معیار jام

گام اول: نرمال کردن ماتریس تصمیم

$$n_{ij} = \begin{cases} \dfrac{x_{ij}}{\max\limits_{i} x_{ij}} & j \in N_b \\ \dfrac{\min\limits_{i} x_{ij}}{x_{ij}} & j \in N_c \end{cases} \quad (۲)$$

$N_b$ معیارهای مثبت

$N_c$ معیارهای منفی

گام دوم: محاسبه ماتریس نرمال وزن‌دار

$$r_{ij} = w_j n_{ij} \quad (۳)$$

$w_j$ وزن معیار jام

گام سوم: تعیین راه‌حل ایده‌آل منفی

$$ns = \left[ ns_j \right]_{1\times m} \quad (٤)$$

$$ns_j = \min_i r_{ij} \quad (٥)$$

گام چهارم: تعیین فاصله اقلیدسی و فاصله تاکسی گزینه‌ها از راه‌حل ایده‌آل منفی

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} (r_{ij} - ns_j)^2} \quad (٦)$$

$$T_i = \sum_{j=1}^{m} \left| r_{ij} - ns_j \right| \quad (٧)$$

گام پنجم: تعیین ماتریس ارزیابی نسبی

$$Ra = \left[ h_{ik} \right]_{n\times n} \quad (٨)$$

$$h_{ik} = (E_i - E_k) + (\psi(E_i - E_k) \times (T_i - T_k)) \quad (٩)$$

$$\psi(x) = \begin{cases} 1 & |x| \geq \tau \\ 0 & |x| < \tau \end{cases} \quad (۱۰)$$

$$\mathrm{k} \in \{1,2,...,\mathrm{n}\}$$

$$\tau = 0.02$$

گام ششم: محاسبه نمره ارزیابی گزینه‌ها

$$H_i = \sum_{k=1}^{n} h_{ik} \quad (۱۱)$$

## ٤-نتایج و یافته‌ها

در این بخش از پژوهش به بررسی نتایج پرسشگری انجام شده از متخصصین و محاسبات اولویت‌بندی عملگرهای سرویس پیشنهادی پرداخته شده است. همان‌طور که در بخش‌های پیشین مطالعه بیان شده است، عملگرهای سرویس مورد نظر با توجه به مشکلات و نیازمندهای احصاء شده در خصوص حمل‌ونقل و توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در شهرهای کشور و به خصوص شهر اصفهان و همچنین بررسی مطالعات فرادست و مطالعات انجام شده در سایر کشورها پیشنهاد شده است.

عملگرهای سرویس اصطلاحاً به خدمات ویژه‌ای اطلاق می‌گردد که به کاربران سیستم حمل‌ونقل جهت برطرف نمودن نیازهای حمل‌ونقلی آن‌ها ارایه می‌گردد. جهت رفع نیازهای احصاء شده مرتبط با حوزه هوشمندسازی حمل‌ونقل، در این مطالعه عملگرهای سرویس پیشنهادی در

جدول ٤ ارایه شده است. پس از انجام پرسشگری از خبرگان و متخصصین، ابتدا وزن هر یک از معیارهای مورد نظر به دست آمده است. وزن معیارهای تعیین شده با در نظر گرفتن نتایج حاصل از پرسشگری و با استفاده از روش مقایسه زوجی برآورد شده است. معیارهای ۱۵گانه تعریف شده برای پیشبرد سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند و وزن به دست آمده از پرسشگری در جدول ۵ ارایه شده است.

**جدول ٤. عملگرهای سرویس**

| نیازهای هوشمندسازی حمل‌ونقل در شهرهای کشور | عملگرهای سرویس |
|---|---|
| مدیریت ترافیک و پارکینگ | • کنترل ترافیک<br>• مدیریت تقاضا<br>• اطلاعات محیطی<br>• مدیریت ترافیک |
| مدیریت ایمنی و بحران | • مدیریت تصادفات و سوانح<br>• اعمال قانون<br>• مدیریت شرایط اضطرار |
| مدیریت حمل‌ونقل همگانی | • هماهنگ‌سازی عملیات حمل‌ونقل همگانی<br>• برنامه‌ریزی خدمات حمل‌ونقل همگانی<br>• پایش ناوگان حمل‌ونقل همگانی<br>• دسترسی اضطراری به خط ویژه اتوبوس<br>• کنترل ناوگان حمل‌ونقل همگانی |
| مدیریت حمل‌ونقل توریست و مسافر | • اطلاع‌رسانی خدمات و رویدادها<br>• تدوین برنامه سفر<br>• پشتیبانی سفر<br>• ارایه اطلاعات مسافرین |
| مدیریت عوارض و پرداخت | • انجام و پیگیری تراکنش‌های الکترونیکی<br>• تسهیلات انتقال کرایه و اعطای مجوز استفاده از حمل‌ونقل همگانی<br>• مدیریت درآمدها<br>• تسهیلات مدیریت حساب‌ها و کارت‌های اعتباری کاربران معابر<br>• مدیریت تعرفه و حقوق دسترسی<br>• امور قراردادهای خدمات<br>• کنترل و پایش کفایت اعتبار و مجوزهای دسترسی |
| مدیریت یکپارچه اطلاعات | • مدیریت داده‌های تصادفات<br>• مدیریت داده‌های حمل‌ونقل همگانی<br>• مدیریت داده‌های ترافیکی<br>• مدیریت سایر داده‌ها |
| مدیریت حمل‌ونقل پاک | • مدیریت عابر پیاده و دوچرخه‌سوار |
| مدیریت حمل‌ونقل بار | • مدیریت ناوگان باری<br>• مدیریت مراکز بار<br>• مدیریت اجزای حمل‌ونقل بار<br>• مدیریت مواد خطرناک |

**جدول ۵. معیارهای توسعه سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند برای کلان‌شهر اصفهان**

| معیارهای هوشمندسازی | وزن |
|---|---|
| هوشمند نمودن حمل‌ونقل مسافر و توریست به نقاط مختلف شهر بخصوص نقاط گردشگری در شهر اصفهان | ۰/۵۵ |
| استفاده مناسب از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند فعلی شهر اصفهان | ۰/۸۶ |
| توسعه و یکپارچه سازی نظام‌های هوشمند شهر اصفهان | ۰/۶۴ |
| توسعه حمل‌ونقل هوشمند پاک | ۰/۷۴ |
| کاهش تلفات و جراحات تصادفات در معابر هوشمند | ۰/۹۱ |
| کاهش تخلفات شهروندان در شهر اصفهان با توسعه ابزارهای ثبت تخلف | ۰/۷۵ |
| بهبود وضعیت امدارسانی هوشمند در معابر شهر اصفهان | ۰/۹۲ |
| روان سازی ترافیک در معابر شهر اصفهان | ۰/۸۷ |
| مدیریت هوشمند پارکینگ‌های حاشیه‌ای و غیر حاشیه‌ای | ۰/۴۳ |
| ارتقای خدمات حمل‌ونقل هوشمند برای همه کاربران | ۰/۵۷ |
| کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری سیستم‌های حمل‌ونقل | ۰/۸۲ |
| توسعه حمل‌ونقل هوشمند انسان محور و پیاده‌روی در شهر اصفهان | ۰/۵۱ |
| دسترسی به اطلاعات ترافیکی و حمل‌ونقلی برای همه کاربران | ۰/۸۳ |
| بهبود وضعیت حمل‌ونقل همگانی در شهر اصفهان | ۰/۸۹ |
| جابجایی هوشمند بار و کالا در شهر اصفهان | ۰/۵۶ |

پس از محاسبه وزن معیارها، ماتریس نرمال وزن‌دار با استفاده از روابط (۲) و (۳) محاسبه شده است. لازم به ذکر است که تمام معیارهای در نظر گرفته شده معیارهای مثبت بوده است. بخشی از ماتریس نرمال وزن‌دار محاسبه شده در جدول ٦ ارایه شده است. پس از تعیین ماتریس نرمال وزن‌دار، ماتریس فاصله از ایده‌آل منفی با استفاده از روابط (٤) و (۵) محاسبه شده است. در گام بعدی فاصله اقلیدسی و فاصله تاکسی عملگرهای سرویس پیشنهاد شده با استفاده از رابطه (٦) و (۷) محاسبه شده است. نتایج حاصل از محاسبه فاصله اقلیدسی و فاصله تاکسی عملگرهای سرویس در ادامه در جدول ۷ ارایه شده است.

**جدول ٦. قسمتی از ماتریس نرمال وزن‌دار محاسبه شده**

| | هوشمند نمودن حمل‌ونقل مسافر و توریست به نقاط مختلف شهر بخصوص نقاط گردشگری در شهر اصفهان | استفاده مناسب از سیستمهای حمل‌ونقل هوشمند فعلی شهر اصفهان | توسعه و یکپارچه سازی نظام های هوشمند شهر اصفهان | توسعه حمل و نقل هوشمند پاک | کاهش تلفات و جراحات تصادفات در معابر هوشمند | کاهش تخلفات شهروندان در شهر اصفهان با توسعه ابزارهای ثبت تخلف | بهبود وضعیت امدارسانی هوشمند در معابر شهر اصفهان | روان سازی ترافیک در معابر شهر اصفهان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| انجام و پیگیری تراکنش‌های الکترونیکی | ۰/۴۸ | ۰/۴۳ | ۰/۵۶ | ۰/۵۳ | ۰/۶۷ | ۰/۶۱ | ۰/۴۴ | ۰/۰۶ |
| تسهیلات مدیریت حساب‌ها و کارت‌های اعتباری کاربران | ۰/۴۴ | ۰/۵ | ۰/۵۲ | ۰/۵ | ۰/۷۹ | ۰/۲۷ | ۰/۸۳ | ۰/۶۹ |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| معابر | | | | | | | | |
| مدیریت داده‌های تصادفات | ۰/۵٤ | ۰/۷۲ | ۰/۳۵ | ۰/۵۱ | ۰/۵۷ | ۰/٤۱ | ۰/۲۸ | ۰/۷۷ |
| مدیریت داده‌های حمل‌ونقل همگانی | ۰/۱۳ | ۰/۵۳ | ۰/۳۷ | ۰/٤ | ۰/۵٤ | ۰/۳۸ | ۰/٤۸ | ۰/۸ |
| مدیریت ترافیک | ۰/٤٦ | ۰/۱۱ | ۰/۵٦ | ۰/۲۹ | ۰/۳٤ | ۰/٤۳ | ۰/۱۱ | ۰/۵۸ |
| ارائه اطلاعات مسافرین | ۰/۱۱ | ۰/۵۹ | ۰/۰۵ | ۰/۲۵ | ۰/۱٤ | ۰/۳۱ | ۰/۱٤ | ۰/۸۷ |
| کنترل ترافیک | ۰/۱٤ | ۰/۰۵ | ۰/٦۱ | ۰/٦۵ | ۰/۲۹ | ۰/۳۲ | ۰/۱۹ | ۰/٦۱ |
| تسهیلات انتقال کرایه و اعطای مجوز استفاده از حمل‌ونقل همگانی | ۰/۰۵ | ۰/۸٦ | ۰/۱٤ | ۰/۵٦ | ۰/۲۹ | ۰/۲٤ | ۰/۱٦ | ۰/٤۱ |
| مدیریت مواد خطرناک | ۰/۱٤ | ۰/۳۸ | ۰/۲۳ | ۰/۵۱ | ۰/۱۷ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱۷ |
| پایش ناوگان حمل‌ونقل همگانی | ۰/۵۵ | ۰/۵٦ | ۰/٦۳ | ۰/۷۳ | ۰/۲٦ | ۰/۵۳ | ۰/٦۸ | ۰/۲٤ |
| مدیریت شرایط اضطرار | ۰/۱۲ | ۰/۲۷ | ۰/۳ | ۰/۰٦ | ۰/٤۱ | ۰/۱ | ۰/۹۲ | ۰/۲۵ |
| مدیریت داده‌های ترافیکی | ۰/۲۹ | ۰/۳۵ | ۰/۵۱ | ۰/٤۹ | ۰/۸۸ | ۰/٦ | ۰/۲ | ۰/۲۵ |
| پشتیبانی سفر | ۰/۰۵ | ۰/۲۱ | ۰/۰۸ | ۰/٦ | ۰/۳۷ | ۰/٦۲ | ۰/۷٤ | ۰/۷۱ |
| مدیریت تقاضا | ۰/۰۹ | ۰/۳۷ | ۰/۲۹ | ۰/۰۸ | ۰/۱ | ۰/۵٤ | ۰/۱۲ | ۰/۸۷ |
| مدیریت ناوگان باری | ۰/۲۹ | ۰/۲٤ | ۰/۱۱ | ۰/۲۲ | ۰/٤٤ | ۰/۷۵ | ۰/۲۲ | ۰/۵۲ |

**جدول ۷. محاسبه فاصله اقلیدسی و فاصله تاکسی عملگرهای سرویس با استفاده از روش کوداس برای کلان‌شهر اصفهان**

| عملگر سرویس | فاصله اقلیدسی | فاصله تاکسی |
|---|---|---|
| مدیریت تصادفات و سوانح | ۱/۹۷ | ٦/۵۵ |
| مدیریت داده‌های تصادفات | ۱/۸۲ | ٦/۵٤ |
| پایش ناوگان حمل‌ونقل همگانی | ۱/۸۰ | ٦/۲۵ |
| اعمال قانون | ۱/۷۲ | ٦/۲۸ |
| اطلاعات محیطی | ۱/۸۳ | ۵/۹۰ |
| اطلاع‌رسانی خدمات و رویدادها | ۱/٦۷ | ۵/٦۵ |
| هماهنگ‌سازی عملیات حمل‌ونقل همگانی | ۱/٦٦ | ۵/۵۹ |
| برنامه‌ریزی خدمات حمل‌ونقل همگانی | ۱/۵٦ | ۵/۵۷ |
| انجام و پیگیری تراکنش‌های الکترونیکی | ۱/٦۰ | ۵/۵۵ |
| کنترل ناوگان حمل‌ونقل همگانی | ۱/٦۲ | ۳۸/۵ |
| مدیریت درآمدها | ۱/۵۹ | ۵/۲٦ |
| مدیریت داده‌های حمل‌ونقل همگانی | ۱/۵٦ | ۵/۱۹ |
| تدوین برنامه سفر | ۱/۵۸ | ۵/۱۲ |
| مدیریت تعرفه‌ها و حقوق دسترسی | ۱/۵۹ | ۵/۰۵ |
| تسهیلات مدیریت حساب‌های و کارت‌های اعتباری کاربران معابر | ۱/۵۹ | ٤/۹۷ |
| امور قراردادهای خدمات | ۱/٦۱ | ٤/۹۳ |
| تسهیلات انتقال کرایه و اعطای مجوز استفاده از حمل‌ونقل همگانی | ۱/۵۷ | ٤/۹۵ |
| کنترل و پایش کفایت اعتبار و مجوزهای دسترسی | ۱/٤٤ | ۵/۰۱ |
| مدیریت سایر داده‌ها | ۱/٤۹ | ٤/٦۱ |
| مدیریت عابر پیاده و دوچرخه | ۱/٤٤ | ٤/٦۰ |
| مدیریت داده‌های ترافیکی | ۱/٤۱ | ٤/٦٤ |

| عملگر سرویس | فاصله اقلیدسی | فاصله تاکسی |
|---|---|---|
| پشتیبانی سفر | ۱/٤٥ | ٤/٤٣ |
| مدیریت ترافیک | ۱/۳٥ | ٤/٤٢ |
| ارائه اطلاعات مسافرین | ۱/٤٢ | ٤/۲۰ |
| مدیریت تقاضا | ۱/٤۳ | ٤/۰۹ |
| مدیریت شرایط اضطرار | ۱/۳٦ | ٤/۱۸ |
| کنترل ترافیک | ۱/۳٦ | ٤/۱۷ |
| مدیریت ناوگان باری | ۱/۲۸ | ٤/۲۰ |
| دسترسی اضطراری به خط ویژه اتوبوس | ۱/۲۷ | ۳/۸۳ |
| مدیریت مراکز بار | ۱/۲٥ | ۳/٥۹ |
| مدیریت مواد خطرناک | ۱/۰۲ | ۳/۰۷ |
| مدیریت اجزای حمل‌ونقل بار | ۱/۰۱ | ۳/۰۳ |

پس از محاسبه فاصله اقلیدسی و فاصله تاکسی گزینه‌ها ماتریس ارزیابی نسبی گزینه‌ها با استفاده از روابط (۸) تا (۱۰) محاسبه شده است. بخشی از محاسبات مربوط به ماتریس ارزیابی نسبی گزینه‌ها در ادامه در جدول ۸ ارایه شده است.

**جدول ۸. قسمتی از ماتریس ارزیابی نسبی گزینه‌ها**

| | انجام و پیگیری تراکنش‌های الکترونیکی | تسهیلات مدیریت حساب‌های و کارت‌های اعتباری کاربران معابر | مدیریت داده‌های تصادفات | مدیریت داده‌های حمل‌ونقل همگانی | مدیریت ترافیک | ارائه اطلاعات مسافرین | کنترل ترافیک | تسهیلات انتقال کرایه و اعطای مجوز استفاده از حمل‌ونقل همگانی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **انجام و پیگیری تراکنش‌های الکترونیکی** | ۰ | ۰/۰۰٤ | −۱/۲۱۱ | ۰/٤۰۳ | ۱/۳۸٤ | ۱/٥۲٤ | ۱/٦۱۹ | ۰/٦۲ |
| **تسهیلات مدیریت حساب‌های و کارت‌های اعتباری کاربران معابر** | −۰/۰۰٤ | ۰ | −۱/۷۹۷ | −۰/۱۸۳ | ۰/۷۹۹ | ۰/۹۳۸ | ۱/۰۳٤ | ۰/۰۲ |
| **مدیریت داده‌های تصادفات** | ۱/۲۱۱ | ۱/۷۹۷ | ۰ | ۱/٦۱٤ | ۲/٥۹٥ | ۲/۷۳٥ | ۲/۸۳۱ | ۱/۸۳۱ |
| **مدیریت داده‌های حمل‌ونقل همگانی** | −۰/٤۰۳ | ۰/۱۸۳ | −۱/٦۱٤ | ۰ | ۰/۹۸۱ | ۱/۱۲۱ | ۱/۲۱۷ | −۰/۰۱۸ |
| **مدیریت ترافیک** | −۱/۳۸٤ | −۰/۷۹۹ | −۲/٥۹٥ | −۰/۹۸۱ | ۰ | ۰/۱٤ | −۰/۰۱۲ | −۰/۷٦٤ |
| **ارائه اطلاعات مسافرین** | −۱/٥۲٤ | −۰/۹۳۸ | −۲/۷۳٥ | −۱/۱۲۱ | −۰/۱٤ | ۰ | ۰/۰۹٦ | −۰/۹۰٤ |
| **کنترل ترافیک** | −۱/٦۱۹ | −۱/۰۳٤ | −۲/۸۳۱ | −۱/۲۱۷ | ۰/۰۱۲ | −۰/۰۹٦ | ۰ | −۱ |
| **تسهیلات انتقال کرایه و اعطای مجوز استفاده از حمل‌ونقل همگانی** | −۰/٦۲ | −۰/۰۲ | −۱/۸۳۱ | ۰/۰۱۸ | ۰/۷٦٤ | ۰/۹۰٤ | ۱ | ۰ |

در آخرین گام پس از محاسبه ماتریس ارزیابی نسبی گزینه‌ها، نمره ارزیابی عملگر سرویس مورد نظر با توجه به رابطه (۱۱) محاسبه شده و عملگرهای سرویس اولویت‌بندی شده است. در ادامه در جدول ۹ اولویت‌بندی عملگرهای سرویس با استفاده از روش اولویت‌بندی CODAS ارایه شده است.

**جدول ۹. نتایج حاصل از اولویت‌بندی عملگرهای سرویس با استفاده از روش کوداس برای کلان‌شهر اصفهان**

| عملگر سرویس | فاصله اقلیدسی | فاصله تاکسی | اندیس H | اولویت |
|---|---|---|---|---|
| مدیریت تصادفات و سوانح | ۱/۹۷ | ٦/٥٥ | ٦٧/٥٨ | ۱ |
| مدیریت داده‌های تصادفات | ۱/۸۲ | ٦/٥٤ | ٦۱/۷۳ | ۲ |
| پایش ناوگان حمل‌ونقل همگانی | ۱/۸۰ | ٦/۲٥ | ٥۲/۱۹ | ۳ |
| اعمال قانون | ۱/۷۲ | ٦/۲۸ | ٥۰/۷۸ | ٤ |
| اطلاعات محیطی | ۱/۸۳ | ٥/۹۰ | ٤۲/٦٥ | ٥ |
| اطلاع‌رسانی خدمات و رویدادها | ۱/٦۷ | ٥/٦٥ | ۲۹/۱۲ | ٦ |
| هماهنگ‌سازی عملیات حمل‌ونقل همگانی | ۱/٦٦ | ٥/٥۹ | ۲٦/۷٦ | ۷ |
| برنامه‌ریزی خدمات حمل‌ونقل همگانی | ۱/٥٦ | ٥/٥۷ | ۲۲/۱٥ | ۸ |
| انجام و پیگیری تراکنش‌های الکترونیکی | ۱/٦۰ | ٥/٥٥ | ۲۱/۱۸ | ۹ |
| کنترل ناوگان حمل‌ونقل همگانی | ۱/٦۲ | ۳۸/٥ | ۱۸/٦٤ | ۱۰ |
| مدیریت درآمدها | ۱/٥۹ | ٥/۲٦ | ۱۳/٤۱ | ۱۱ |
| مدیریت داده‌های حمل‌ونقل همگانی | ۱/٥٦ | ٥/۱۹ | ۱۰/۸٦ | ۱۲ |
| تدوین برنامه سفر | ۱/٥۸ | ٥/۱۲ | ۹/٥۱ | ۱۳ |
| مدیریت تعرفه‌ها و حقوق دسترسی | ۱/٥۹ | ٥/۰٥ | ۸/۰۱ | ۱٤ |
| تسهیلات مدیریت حساب‌های و کارت‌های اعتباری کاربران معابر | ۱/٥۹ | ٤/۹۷ | ٥/۹٦ | ۱٥ |
| امور قراردادهای خدمات | ۱/٦۱ | ٤/۹۳ | ٥/۲۲ | ۱٦ |
| تسهیلات انتقال کرایه و اعطای مجوز استفاده از حمل‌ونقل همگانی | ۱/٥۷ | ٤/۹٥ | ٥/۲۱ | ۱۷ |
| کنترل و پایش کفایت اعتبار و مجوزهای دسترسی | ۱/٤٤ | ٥/۰۱ | -۱/۳۹ | ۱۸ |
| مدیریت سایر داده‌ها | ۱/٤۹ | ٤/٦۱ | -۹/۷۲ | ۱۹ |
| مدیریت عابر پیاده و دوچرخه | ۱/٤٤ | ٤/٦۰ | -۱۱/۹٤ | ۲۰ |
| مدیریت داده‌های ترافیکی | ۱/٤۱ | ٤/٦٤ | -۱۲/۰۳ | ۲۱ |
| پشتیبانی سفر | ۱/٤٥ | ٤/٤۳ | -۱٦/۱۲ | ۲۲ |
| مدیریت ترافیک | ۱/۳٥ | ٤/٤۲ | -۲۱/۱۷ | ۲۳ |
| ارائه اطلاعات مسافرین | ۱/٤۲ | ٤/۲۰ | -۲٤/۰۳ | ۲٤ |
| مدیریت تقاضا | ۱/٤۳ | ٤/۰۹ | -۲۷/۰۳ | ۲٥ |
| مدیریت شرایط اضطرار | ۱/۳٦ | ٤/۱۸ | -۲۷/٦۳ | ۲٦ |
| کنترل ترافیک | ۱/۳٦ | ٤/۱۷ | -۲۷/۹٦ | ۲۷ |
| مدیریت ناوگان باری | ۱/۲۸ | ٤/۲۰ | -۳۰/۰۰ | ۲۸ |
| دسترسی اضطراری به خط ویژه اتوبوس | ۱/۲۷ | ۳/۸۳ | -٤۱/٦۰ | ۲۹ |
| مدیریت مراکز بار | ۱/۲٥ | ۳/٥۹ | -٥۰/٤٤ | ۳۰ |
| مدیریت مواد خطرناک | ۱/۰۲ | ۳/۰۷ | -۷٤/۲٥ | ۳۱ |
| مدیریت اجزای حمل‌ونقل بار | ۱/۰۱ | ۳/۰۳ | -۷٥/٦٥ | ۳۲ |

## ۵-نتیجه‌گیری

با بررسی نیازهای هوشمند سازی و با در نظر گرفتن معیارهایی چون مشکلات حمل‌ونقلی شهرهای کشور، نبود و نقص سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند موجود در شهرها، زیرساخت‌ها و بسترهای موجود و درنظر گرفتن نسبت سود به هزینه با توجه به نتایج حاصل از مدل کوداس اولویت‌بندی عملگرهای سرویس بدست آمده است. ضروری است که در اجرای طرح های مربوط به بهبود شرایط سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در شهرهای کشور عواملی دیگر همچون زمان اجرای پروژه، سهولت اجرای پروژه، تعداد نیروی انسانی موردنیاز و ... نظر گرفته شود. همانطور که قابل مشاهده است، عملگرهای سرویس مرتبط با نیازهای مدیریت ایمنی و بحران، شامل مدیریت تصادفات و سوانح با اندیس ٦٧/٥٨، مدیریت داده‌های تصادفات با اندیس ٦١/٧٣ و پایش ناوگان حمل‌ونقل همگانی با اندیس ۵۲/۱۹ بالاترین اولویت را در بین کلیه عملگرهای سرویس دارند. این امر نشان‌دهنده عدم وجود سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی مدیریت بحران در برنامه‌ریزی ترافیکی در کلان‌شهر اصفهان است که نیازمند اجرای زودهنگام سیاست‌های مرتبط با ایمنی کاربران معابر و برنامه‌ریزی مدیریت بحران جهت پاسخگویی سریع به سوانح، افزایش سطح ایمنی در معابر و کاهش تراکم در شبکه در هنگام وقوع سوانح است. بنابراین برنامه‌ریزی جهت مدیریت و پایش اطلاعات تصادفات و انجام اقدامات ایمن‌سازی، تحلیل و استحصال دلایل وقوع تصادفات در معابر شهری مبتنی بر پایگاه جامع اطلاعات، بروزرسانی سیستم‌های ITS شامل سیستم‌های ثبت تخلف، موقعیت‌یاب خودروهای امدادی، تعمیر و نگهداری مداوم سیستم‌ها، ارتقاء و توسعه سامانه‌های ثبت خودکار وقایع و همچنین مکانیزاسیون ارتباط سامانه‌های ITS در مدیریت ایمنی و بحران از موراد ضروری جهت بهبود عملکرد شبکه در هنگام وقوع بحران خواهد بود. همچنین قابل مشاهده است که عملگرهای سرویس مرتبط با حمل‌ونقل همگانی شامل پایش ناوگان حمل‌ونقل همگانی، هماهنگ‌سازی عملیات حمل‌ونقل همگانی و برنامه‌ریزی خدمات حمل‌ونقل همگانی از اولویت بالایی برخوردار بوده که نشان‌دهنده اهمیت توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در راستای توسعه استفاده از حمل‌ونقل همگانی در شهرهای کشور است. این امر مستلزم توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل همگانی و افزایش استفاده از این مد حمل‌ونقل را نشان می‌دهد. همچنین اجرای سیاست‌های مرتبط با اطلاع‌رسانی به مسافران، که می‌تواند منجر به کاهش تراکم در شبکه شده و افزایش استفاده از حمل‌ونقل همگانی را در پی داشته باشد، نیز در اولویت بالایی از اجرا قرار گرفته است. اولویت‌بندی انجام شده برای عملگرهای سرویس سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در این مطالعه با توجه به مسائل و مشکلات احصاء شده برای شهر اصفهان در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه محدودیت‌های منابع مالی، تجهیزات و زیست‌محیطی در همه شهرهای کشور وجود داشته و با توجه به سیاست‌های مشترک موجود در کشور، این اولویت‌بندی می‌تواند به سایر شهرهای کشور نیز تعمیم داده شود. همان‌طور که ذکر شد، اولویت‌بندی عملگرهای سرویس با در نظر گرفتن نیازهای هوشمندسازی و اهداف توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند انجام گرفته است. از آن‌جایی که تحقق برخی از اهداف و عملگرها نیازمند پیش‌نیازهایی مانند جمع‌آوری و ثبت اطلاعات یا جلب همکاری پیمانکاران و سرمایه‌گذاران است، در اولویت‌بندی اجرای سیاست‌های حمل‌ونقل هوشمند در شهرهای کشور پیشنهاد می‌شود که این مورد نیز مورد توجه کارشناسان قرار گیرد. ضروری است که اهدافی که پیاده‌سازی آن‌ها با استفاده از زیرساخت‌های موجود در مدت زمان کوتاه امکان‌پذیر است جهت فراهم آوردن شرایط لازم برای تحقق دیگر اهداف، در برنامه کوتاه مدت اجرای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند مورد توجه قرار گیرند. این مطالعه یک رویکرد سیستماتیک را برای اولویت‌بندی و انتخاب عملگرهای سرویس در توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در کشور را ارائه می‌دهد که در آن بررسی جامع جنبه‌های مختلف نیازها و سیاست‌های کشور و برنامه‌های موجود و دانش تخصصی، هدف نهایی این رویکرد سیستماتیک بوده است. از این رو انتظار می‌رود که این روش به راحتی در کشورهای در حال توسعه دارای ویژگی‌های مشابه اقتصادی- اجتماعی و جمعیت شناختی قابل استفاده باشد. بعلاوه با توجه به اینکه در کشورهای در حال توسعه، نه تنها شناسایی سیاست‌های کلی کشور در زمینه حمل‌ونقل بسیار مهم است بلکه باید مسائل زیست‌محیطی، فرهنگی، ساختار اقتصادی و زیرساخت‌های موجود در کشورها در تصمیم‌گیری لحاظ شود، برای اجرای موفق سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آتی محدودیت‌های زیست‌محیطی و فرهنگی نیز در تصمیم‌گیری در اجرای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند مورد توجه و ارزیابی قرار گیرد.

## ٦- پی‌نوشت‌ها

1. Intelligent Vehicle Highway Systems
2. Advanced Traffic Management Systems
3. Advanced Vehicle Control Systems
4. Commercial Vehicle Operations
5. Advanced Public Transportation System
6. Disjunctive Satisfying Method
7. Analytic Network Process
8. Group Analytic Hierarchy Process
9. Multi-Criteria Analysis (Mca)
10. Combinative Distance-Based Assessment
11. Euclidean Distance
12. Taxicab Distance

## ۷-مراجع


-وزارت راه و شهرسازی، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، (۱۳۸٦) ، "راهنمای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند".

-وزارت راه و شهرسازی، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، (۱۳۸۹)، "طرح راهبردی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند".

-Asadamraji, M. (2022), "Novel Index of Budget Allocation to Practical Projects of Intelligent Transportation Systems in a Transit Corridor", International Journal of Transportation Engineering, 9(3), pp.735-747.

-Asadamraji, M., & Nahavandi, N., (2017), "Ranking pattern of safety in rural road using a combination of Accident Severity Index and safety audit", Quarterly Journal of Transportation Engineering, 9(1), pp.1-15.

-(2009), "European ITS Framework Architecture, Frame Selection Tool", Version 2.

-Barbaresso, J., Cordahi, G., Garcia, D., Hill, C., & Jendzejec, A., (2014), "USDOT's Intelligent Transportation Systems (ITS) ITS strategic plan", pp.2015-2019.

-Federal Ministry of Transport, B. and U. D., (2020), "ITS Action Plan for the Roads, a Framework for the Coordinated Evolution of Existing and the Accelerated Introduction of New Intelligent Transport Systems in Germany over the Period to 2020".

-Ghatee, M., (2021), "Decision Support and Expert Systems in Intelligent Transportation. http://norc.aut.ac.ir/Docs/DSS-ES-ITS.pdf

-Ghorabaee, (2016), "A new combinative distance-based assessment (CODAS) method for multi-criteria decision-making".

-Hamurcu, M., 2020, (2020), "Strategic planning based on sustainability for urban transportation: An application to decision-making".

-ITS Preliminary Program, (2018).

-Khademi, N., Mohaymany, A. S., & Shahi, J., (2010), "Intelligent transportation system user service selection and prioritization", Transportation Research Record, 2189, pp.45–55. https://doi.org/10.3141/2189-06.

-Krmac, E., & Djordjević, B., (2018), "An Evaluation of Indicators of Railway Intelligent Transportation Systems using the Group Analytic Hierarchy Process", Electronics Science Technology and Application, 4(2). https://doi.org/10.18686/esta.v4i2.57.

-Marilisa, B., Luigi, P., (2018), "C-ITS communication: an insight on the current research activities in the European Union".

-Ministry of Infrastructure and the Environment in Cooperation with ITS. (2017), ITS-Plan the Netherlands.

-Novak, D. C., Koliba, C., Zia, A., & Tucker, M., (2015), "Evaluating the outcomes associated with an innovative change in a state-level transportation project prioritization process: A case study of Vermont", Transport Policy, 42, pp.130–143. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.05.021.

-Rijavec, R., Mitsakis, E., (2013), "Intelligent Transport Systems deployment and integration in South East Europe", Researchgate.Net.

-Shelton, J., & Medina, M., (2010), "Integrated multiple-criteria decision-making method to prioritize transportation projects. Transportation Research Record", 2174, pp.51–57. https://doi.org/10.3141/2174-08.

-So, J., Kim, M., Kim, T., & Son, S., (2018), "Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific approach to prioritizing intelligent transport systems (ITS) services in developing countries-the Mongolia case".

# Priority Pattern of Service Providers in Intelligent Transportation Systems Architecture for Iranian Cities

*Morteza Asadamraji, Assistant Professor, Department of Geotechnics and Transportation, Faculty of Civil Engineering, Water and Environment, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.*
*Mahdiye Mahmoudabadi, M.Sc., Grad., Faculty of Civil Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.*

*E-mail:m_asadamraji@sbu.ac.ir*

Received: July 2022- Accepted: November 2022

**ABSTRACT**
The lack of unified strategy in applying intelligent transportation systems, will lead to inconsistent relation between related organizations and consequently decrease efficiency and productivity. Therefore, due to financial, manpower, equipment and time resources constraints, ITS project prioritization is very imperative issue. Generally, organizations pursue their goals and visions for survival in business markets by choosing appropriate projects and executing them effectively. Therefore, project selection in project-based organizations is a vital and dynamic decision. In this study, first, transportation problems have been determined and then a survey exploring the expert's opinion was conducted. Also, given the impacts of the predefined goals on ITS service providers and their impact on their realization in the city of Isfahan, ITS service providers have been prioritized using CODAS method. This research denotes a threshold function to recognize the equality of two service providers, their Euclidean distances and Taxicab distance. And then the relative assessment matrix has been constructed. According to the results of this study, accident management, accident data management and public transport fleet monitoring have the highest priority. This indicates that taking appropriate action to manage safety and crisis management is a vital decision and needs appropriate planning in our country, Iran.

**Keywords:** Intelligent Transportation Systems, Service Provider, Service Provider Prioritization, Combinative Distance-Based Assessment Method