

یکپارچه سازی سیستم حمل و نقل عمومی به روش AHP مطالعه موردی : شهر اصفهان

علیرضا صلواتی، کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشکده فنی تهران
حسین حق شناس¹، دانشجوی دکتری برنامه ریزی حمل و نقل دانشگاه صنعتی شریف

چکیده:

امروزه رشد روز افزون وسائل نقلیه و افزایش تمایل شهروندان به استفاده از وسیله نقلیه مشخصی باعث شده است تا هر روز ترافیک عبوری از خیابان های شهری سنگین تر شود. به علاوه نداشتن برنامه در کاربرد سیستم های مختلف حمل و نقل عمومی اعم از مترو ، اتوبوس ، مینی بوس ، تاکسی ، سواری های مسافربری شخصی و ... در مراکز مهم شهری باعث بروز مشکلات فراوانی ناشی از شلوغی یادم حضور سیستم مناسبی هر منطقه شده است. این تحقیق با هدف هماهنگ سازی سیستم های مختلف حمل و نقل موجود در کلان شهر اصفهان ، تعریف معیارهای مناسب جهت استفاده از وسائل حمل و نقل عمومی مبتنی بر تقاضا و وضعیت شبکه معابر شهری انجام گرفته است. ابتدائاً منابع موجود شامل کتابها، مقالات، پایان نامه ها ، فعالیت های پژوهشی مرتبط از جمله مطالعات جامع حمل و نقل در اصفهان و مشهد بررسی و مطالعه شد. تهیه و تنظیم فرم ها و پرسشنامه هاو نظر از صاحب نظران و کارشناسان نهادهای مختلف در مورد مهم ترین اهداف برنامه ریزان حمل و نقل شهری مرحله بعدی این پژوهش است. تهیه پرسشنامه های مربوط به مسافران تاکسی و گرفتن اطلاعات مبدا ، مقصد ، هدف سفر، قیمت پرداختی ، زمان انتظار، حداکثر مبلغ تمایل به پرداخت برای تاکسی در تا در از مسافران پیاده شده در میدانهای نمونه شهر در گام بعدی صورت گرفت. ورود آمار گرفته شده در نرم افزار ACCESS بانک اطلاعات پژوهش را پدید آورد. بانک اطلاعاتی پژوهش همراه با اطلاعات موجود شبکه اتوبوسرانی و اطلاعات مطالعات جامع حمل و نقل شهر اصفهان مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تحلیل های اولیه واقعیت های جالبی از وضع موجود سیستم های تاکسی ، اتوبوس و سواری شخصی را نشان می داد. سپس با استفاده از روش AHP با توجه به اولویت های مورد نظر کارشناسان و ویرنامه ریزان، سیاستهای مختلف اولویت بندی شده و بهترین گزینه ها برای هر مسیر با توجه به پیامدهای آن انتخاب شدند.

کلمات کلیدی: سیاستهای حمل و نقل عمومی، تاکسی، اتوبوس ، AHP ، شهر اصفهان، تقاضای حمل و نقل

مقدمه

امروزه لزوم استفاده از حمل و نقل عمومی به ویژه در سفرهای درون شهری بر هیچ کس پوشیده نیست. رشد روز افزون وسائل نقلیه و افزایش تمایل شهروندان به استفاده از وسیله نقلیه شخصی باعث شده است تا هر روز ترافیک عبوری از خیابان های شهری سنگین تر شود. ترافیک سنگین خیابان های شهری ، علاوه بر افزایش زمان سفر، آلودگی های محیطی ناشی از سوخت و صوت وسائل نقلیه ، اتلاف بیش از حد سوخت و سرمایه های طبیعی را در کنار ناراحتی های روحی ، روانی شهروندان در پی داشته است.

همه این موارد اهمیت سیستم حمل و نقل عمومی و توسعه بهینه و کاهش مشکلات آن را اضافه کرده است. در کنار افزایش کمی سیستم حمل و نقل عمومی ، برنامه ریزی اصولی و نگاه سیستمی به حمل و نقل عمومی هم اهمیت فراوان دارد.

تداخل سیستم های مختلف حمل و نقل عمومی اعم از مترو ، اتوبوس ، مینی بوس ، تاکسی ، سواری های مسافربری شخصی در مراکز مهم شهری باعث بروز مشکلات فراوانی شده است و این در حالی است که با برنامه ریزی و مدیریت مناسب، می توان برای هر منطقه شهری مناسب ترین سیستم حمل و نقل و یا ترکیبی از چند سیستم حمل و نقل عمومی را معرفی کرد.

هدف از انجام این تحقیق ، هماهنگ سازی و یکپارچه سازی سیستم های مختلف حمل و نقل موجود در کلان شهر اصفهان ، تعریف معیارهای مناسب جهت استفاده از هر سیستم حمل و نقل عمومی مبتنی بر تقاضا، عرضه موجود سیستمهای مختلف حمل و نقل عمومی و وضعیت شبکه معابر شهری برای برآورده کردن اهداف مهم شهر شامل بالابردن راندمان و کارایی ، کاهش شلوغی ، کاهش زمان سفر ، کاهش زمان انتظار و استفاده بهینه از سطح شبکه معابر براساس نظرات کارشناسان و صاحب نظران در این عرصه و در پایان انتخاب نوع سیستم حمل و نقل عمومی در محورهای مختلف شهر با استفاده از روش های استاندارد آمارگیری و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می باشد. خلاصه مراحل تحقیق شامل موارد زیر می باشد:

گام 1- بررسی منابع مرتبط با سیستمهای مختلف حمل و نقل عمومی و جمع آوری اطلاعات موجود سفرهای شهر اصفهان شامل مطالعات طرح جامع و مطالعات سیستم اتوبوسرانی

¹ دانشگاه صنعتی شریف، پژوهشکده حمل و نقل (ممتحن) اتاق 108-تلفن 66164190@hagh.com

گام 2- نظرسنجی از کارشناسان درمورد مهم ترین معیارها و اهداف در زمینه حمل و نقل شهری شامل تهیه و تنظیم فرم ها و پرسشنامه های نظرسنجی و نظر خواهی از صاحب نظران و کارشناسان ومدیران شهر اصفهان در خصوص مهم ترین معیارهای انتخاب نوع سیستم حمل و نقل عمومی و ..

گام 3- مطالعه میدانی ویژگی های سفرهای انجام گرفته با تاکسی در میدان های نمونه شامل تهیه پرسشنامه های مربوط به مسافران تاکسی ، تعیین نقاط مورد نظر استقرار آمارگیرها ، برگزاری کلاس های آموزشی برای آمارگیرها ، تعیین روزهای مناسب آمارگیری و انجام آمارگیری و تکمیل پرسشنامه ها

گام 4- تهیه بانک اطلاعاتی نتایج آمارگیری درنرم افزار Access و تحلیل و ارزیابی اولیه داده های حاصل از نظرسنجی و مطالعات تاکسیرانی
گام 5- مشخص کردن محورهای حمل و نقل عمومی منتهی به میدانهای مورد مطالعه اعم از خطوط اتوبوس ، تاکسی، ویژه و تخصیص خروجی داده های حاصل از نظر خواهی و آمارگیری و اطلاعات جمع آوری شده از مطالعات طرح جامع حمل و نقل ومطالعات اتوبوسرانی بر روی خطوط مورد نظر

گام 6- یافتن معیارهای مناسب براساس پارامترهای موجود دراطلاعات تقاضا وعرضه سیستم های مختلف حمل و نقل جهت تشخیص گزینه های مناسب سیستم حمل و نقل عمومی درمحورهای موردبررسی و انتخاب سیستم های مناسب هر محور بر اساس برخورداری از بالاترین تعداد از معیارهای مربوط به هرسیستم

گام 7- طبقه بندی اولویت اهداف های مورد نظر مدیران ، کارشناسان و صاحب نظران در عرصه حمل و نقل بر اساس نمره های داده شده و استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای انتخاب بهترین سیستم حمل و نقل براساس اولویت اهداف

گام 8- خلاصه نتایج وارائه پیشنهادهای مفید جهت اعمال مناسب ترین گزینه سیستم حمل و نقل در شهر و در محورهای مورد بررسی

انواع حمل و نقل عمومی

حمل و نقل عمومی به 2 بخش تقسیم می شود:

1- سیستم حمل و نقل ترانزیت : که عبارت است از سیستمی که دارای مبدا و مقصد معین است و در زمان معین به جایایی مسافران می پردازد. اتوبوس های منظم : اتوبوسهایی که در طول مسیرهای ثابت بر اساس جدول زمانی ثابت کار می کنند. اتوبوس های سریع السیر، اتوبوسهای نیمه سریع، قطار سبک شهری، تراموا، مونوریل، سیستم های سریع ریلی، اتوبوس سریع السیر (BRT) در زمره سیستم حمل و نقل عمومی ترانزیت قرار می گیرند[13].

2 - سیستم حمل و نقل پارا ترانزیت : این سیستم بر خلاف سیستم ترانزیت دارای مبدا و مقصد ثابت و مشخص نیست و همچنین زمان جایایی مسافران این سیستم نیز ثابت و از پیش تعیین شده نیست[1]. روشهای متنوع حمل و نقل پارا ترانزیت عبارتند از: تاکسی، تاکسی گردشی دربستی، تاکسی تلفنی، تاکسی فرودگاه²، تاکسی گسیل رادیویی³، تاکسی در ایستگاه⁴، تاکسی خطی، تاکسی ساعت اوج، ون، مسافر کش ها، اتوبوس های اجاره ای، خودرو اشتراکی، ون های اشتراکی، مینی بوسها[14و19].

متغیر زمان ثابت

| | | |
|---|--|-------|
| قطارهای شهری سریع قطار سبک اتوبوس با مسیر ثابت | مسافر کش سفر گروهی با اتومبیل | ثابت |
| حمل بار مشترک با یک وانت اتوبوس اشتراکی سفر مشترک با یک خودرو | تاکسی سفر با وسیله نقلیه تلفنی اجاره خودرو | متغیر |

شکل 1 ویژگیهای مکانی و زمانی گزینه های حمل و نقل شهری [10]

شهر مورد مطالعه و اطلاعات موجود درباره آن

اصفهان کلان شهری است که موضوع حمل نقل در آن به موضوع روز و مشکل اصلی آن تبدیل شده است. اما خوشبختانه به لحاظ ساختار، فرهنگ، اقتصاد و وضعیت جغرافیایی شهر، هنوز فرصت های فراوانی برای اصلاح سیستم حمل و نقل باقی است. یعنی توسعه و برنامه ریزی همه

1 - Airport taxi

2 - Radio dispatch

3 - Taxi stand

جانبه مبتنی بر حمل و نقل عمومی امکان پذیر است. در کلان شهر اصفهان با وسعتی در حدود 260 کیلومتر مربع و با جمعیتی در حدود 1/600/000 نفری، روزانه بیش از 4 میلیون سفر انجام می شود. 40% سفرها به مرکز شهر جذب می شود که عمده جذب سفرها به شمار می رود. ضعف و کمبود اساسی شبکه معابر به علت عدم امکان تعریض و توسعه و هزینه های فراوان آزادسازی و همچنین بافت تاریخی و ارزشمند شهر، کارشناسان را به سمت یافتن راهکارهایی مبتنی بر استفاده بهینه از حمل و نقل عمومی برای حل مشکلات ترافیکی شهر سوق داده است. در مورد حمل و نقل عمومی شهر اصفهان، اطلاعات موجود شامل اطلاعات طرح جامع حمل و نقل اصفهان و اطلاعات مطالعات اتوبوسرانی می باشد که از برخی پارامترهای آن در این پژوهش استفاده شد که در ادامه توضیح داده می شود.

آمارگیری

برای برنامه ریزی جامع نیاز به جمع آوری اطلاعات سفرهای تاکسی است. مطالعات میدانی این گزارش با مصاحبه با مسافران پیاده شده از تاکسی های خطی و مسافرکش ها در 9 میدان نمونه شهر صورت گرفت. میدانی مورد نظر فراتر از محدوده مرکزی شهر انتخاب شد تا مرکز شهر را که بر اساس مطالعات جامع حمل و نقل، قله های بزرگ جذب سفر در آن قرار دارد، پوشش دهد. علاوه بر نقاط انتخاب شده ترکیبی غیر هماهنگ از سیستم های مختلف حمل و نقل عمومی وجود دارد. مکان های آمارگیری به گونه ای انتخاب گردید که یک دید کلی نسبت به مسیرها و اهداف سفرهایی در داخل شهر به وسیله تاکسی انجام می شود داده شود. با توجه به اینکه اکثر سفرهای درون شهری به وسیله تاکسی به یکی از تقاطع های واقع در معابر رینگ دوم ترافیکی منتهی می شود، محل های آمارگیری و استقرار آمارگیران جهت مصاحبه با مسافران پیاده شده از تاکسی در میدانی واقع روی همین معابر تعیین گردید. (1- آزادی، 2- نورباران، 3- پل بزرگمهر، 4- قدس، 5- احمدآباد، 6- شهدا، 7- جمهوری، 8- جهاد، 9- هفتم محرم). پرسشنامه ها در 3 بخش طراحی گردید. در بخش اول هدف سفر شامل کار، خرید، تحصیل، تفریح، دیدار نزدیکان، زیارت، مراجعه به ادارات، موارد پزشکی، بازگشت به خانه و ... به همراه محل تقریبی مبدأ اولیه و مقصد نهایی مورد سوال قرار می گیرد. در بخش دوم بخشی از مسیر کل (مبدأ اولیه تا مقصد نهایی) که با تاکسی پیموده شده، زمان انتظار سوار شدن و کرایه پرداختی پرسیده شده است و بخش سوم شامل سوالاتی راجع به حداکثر پرداختی بابت کرایه تاکسی درستی و وسیله نقلیه جایگزین تاکسی در صورت نبود تاکسی و یا در صورتی که تصمیم به عدم استفاده از تاکسی گرفته شده، می باشد. آمارگیری در سه روز میانی هفته در اردیبهشت ماه انجام گرفت و در آن با 3906 مسافر در 9 میدان اصلی شهر مصاحبه گردید.

نظر سنجی از مدیران، کارشناسان در مورد اهداف

در کنار آمارگیری های انجام شده پرسش نامه هایی برای کسب نظرات مدیران، کارشناسان و صاحب نظران موثر در عرصه ترافیک شهری تهیه گردید؛ این فرم ها که شامل 13 ضابطه ارزیابی اعم از توزیع عادلانه خدمات حمل و نقل بین اقشار جامعه، کاهش آلودگی زیست محیطی، هزینه ساخت سیستم های حمل و نقل همگانی سریع، کاهش شلوغی در خیابان ها و بزرگراه های شهری، افزایش ایمنی مسافران و عابران پیاده و تصادفات در شهر، افزایش قابلیت اطمینان به سیستم های حمل و نقل از نظر پایداری به برنامه زمان حرکت و رسیدن به موقع به مقصد، راحتی سفر در سیستم حمل و نقل و سهولت دسترسی به آن، زیبایی سیستم حمل و نقل و مهیا سازی یک نوع احساس زندگی در شهر مدرن، تنوع در انتخاب وسیله نقلیه در سفرهای شهری، جواب گویی کارآ به تقاضای سفر در شهر، کاهش مصرف انرژی در حمل و نقل مسافران در شهر، کاهش هزینه ریالی سفر در شهر و کاهش زمان سفر و ... بودند کارشناسان نظر خود را درباره نمره این ضابطه ها - از صفر تا 20 - اعلام می کردند.

تشکیل بانک اطلاعاتی و ترکیب اطلاعات مختلف

اطلاعات جمع آوری شده از آمارگیری پس از تصحیحات لازم در بانک اطلاعاتی پژوهش وارد شدند. این اطلاعات شامل مشخصات فردی فرد سؤال شونده، هدف از سفر، آدرس مبدأ سفر، آدرس مقصد سفر، میزان مسیر پیموده شده از مبدأ تا مقصد با تاکسی (تمام راه، بیش از نصف راه، کمتر از نصف راه، کمتر از یک سوم راه)، زمان انتظار جهت سوار شدن تاکسی، کرایه پرداختی بابت تاکسی، تعداد نفرات خانواده که سوار تاکسی شده و کرایه پرداخت کرده اند، حداکثر مبلغ پیشنهادی برای پرداخت به تاکسی برای سرویس درستی، وسیله نقلیه مورد استفاده در صورت عدم وجود تاکسی، می باشد. برای استفاده بهینه از اطلاعات جمع آوری شده محدوده مورد مطالعه ناحیه بندی و 52 ناحیه داخل شهر اصفهان مشخص و هر آدرس به ناحیه مربوط به خود تخصیص داده شد. نواحی این مطالعه با ناحیه بندی مطالعات قبلی طرح جامع متفاوت بود، از این رو ناحیه بندی جدیدی انجام و جدول تبدیل نواحی جدید به نواحی قبلی با ضرایب تبدیل تهیه گردید که هر ناحیه جدید شامل تمام یا بخشی از ناحیه های قبلی است که ضرایب تبدیل در آمارهای مربوط به ناحیه های طرح مطالعات جامع ضرب گردید. سیاستهای حمل و نقل عمومی مربوط به محورهای منتهی به میدانهای آمارگیری می شد. از آنجا که این محورها کاملاً تعریف شده و مشخص هستند استفاده از الگوریتم مسیر بهینه برای تخصیص مسیر در این مطالعه مناسب نبود، از این رو با اطلاعات مسیر خطوط اتوبوس و تاکسی خطی و گردشی و با توجه به ناحیه مبدأ و جهت آمارگیری در میدان مسیر حرکت هر ناحیه محور ارتباطی حمل و نقل عمومی نواحی به میدانها مشخص گردید. در نهایت 60 محور تعیین گردید. متغیرهای کرایه پرداختی بابت تاکسی pay، تعداد نفرات خانواده که سوار تاکسی شده اند و کرایه پرداخت کرده اند count، حداکثر مبلغ پیشنهادی برای پرداخت به تاکسی برای سرویس درستی amount، زمان انتظار جهت سوار شدن تاکسی wait، وسیله نقلیه مورد استفاده در صورت نبود تاکسی به صورت وسیله اتوبوس، آژانس، مسافرکش شخصی، مینی بوس، پیاده، دوچرخه، موتورسیکلت برای

محورهای تخصیص یافته خلاصه بندی شد. پس از تخصیص نواحی به محورهای مورد بررسی از مطالعات طرح جامع نیز پارامترهای کل سفرهای روزانه انجام شده در هر محور ، سفرهای انجام شده به وسیله اتوبوس ، سفرهای انجام شده با تاکسی ، نسبت سفرهای انجام شده با تاکسی به سفرهای انجام شده با اتوبوس و نسبت سفرهای انجام شده به وسیله اتوبوس و تاکسی - حمل و نقل عمومی - به کل سفرها در کلیه خطوط بررسی و محاسبه گردید. همچنین در این مطالعه از برخی نتایج حاصل از مطالعات جامع اتوبوسرانی درمورد سفرهای انجام شده با اتوبوس در محورهای مورد بررسی استفاده گردید. این پارامترها عبارتند از: مسافرجابه جاشده ، مسافرکیلومتر ، کارایی ، زمان انتظارروزانه ، زمان انتظاراوج ، سرعت حرکت روزانه، سرعت سفرروزانه ، اختلاف دوسرعت ، سرعت حرکت قبل میدان ، سرعت سفر قبل میدان ، اختلاف دو سرعت ، سرعت حرکت بعد میدان ، سرعت سفر بعد میدان ، اختلاف دوسرعت ، مسافر پیاده شده میدان و مسافر سوار شده میدان.

معیار های تاثیر گذاردرانتخاب هرسیاست

درادامه پژوهش برای انتخاب سیستم حمل و نقل مناسب برای محورهای موردبررسی، معیارهای موثر در انتخاب هرسیاست مشخص گردید. مقیاس کمی هر معیارد مقایسه با محورهای دیگر به دست آمد. مثلاً هنگامی مقیاس، "کم" تعیین گردید که شامل یک سوم محورها شود که کمترین مقدارآن معیار را داشتند و مقیاس زیاد یک سوم بیشترین ها. معیارهای موثر و مقیاس کیفی آنها در انتخاب سیاستها مطابق جدول 1 می باشد:

جدول 1: معیار وزن دهی و تاثیر هر کدام از متغیرها بر روی سیاست ها

| پارامتر | سیاست | انبوه BRT یا تراموا | بهبود خط اتوبوس | اتوبوس سریع السیر | مسیر ویژه اتوبوس | ون یامینی بوس | بهبودخط تاکسی | ایجادخط ویژه تاکسی و پارک سوار | دربستی گردشی | طرح ترافیک | احداث پارک سوار |
|---------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|-------------------|------------------|---------------|---------------|--------------------------------|--------------|------------|-----------------|
| مطالعات اتوبوسرانی | مسافرجابه جاشده | خیلی زیاد | | زیاد | خیلی زیاد | زیاد | | | | زیاد | |
| | مسافرکیلومتر | خیلی زیاد | | زیاد | | | | | | | |
| | کارایی | | کم | کم | کم | | | | | | |
| | زمان انتظارروزانه | | زیاد | | | | | | | | |
| | زمان انتظاراوج | | زیاد | | | | | | | | |
| | سرعت حرکت روزانه | | | | | | | | | | |
| | سرعت سفرروزانه | کم | | | کم | زیاد | | | | کم | |
| | اختلاف دوسرعت | | | زیاد | | | زیاد | | | | |
| | سرعت حرکت قبل میدان | | | | | | | | | کم | |
| | سرعت سفر قبل میدان | | | | | | | کم | | | کم |
| | اختلاف دوسرعت | | | | | | | | | | زیاد |
| | سرعت حرکت بعد میدان | | | | | | | | | | کم |
| | سرعت سفر بعد میدان | | | | | | | | | | کم |
| | اختلاف دوسرعت | | | | | | | | | | زیاد |
| پرسشنامه ها و آمارگیری تاکسی | wait | زیاد | | | | زیاد | زیاد | دراول خط زیاد | زیاد | | |
| | pay | زیاد | | زیاد | | زیاد | | | | | |
| | amount | کم | | | | کم | زیاد | دراول خط زیاد | زیاد | | |
| | تمام راه | زیاد | | | | زیاد | | | | | |
| | کمتر از نصف | | | | | | | | زیاد | | |
| | bus | زیاد | کم | | درطولانی زیاد | | | | | | |
| | minibus | | | | | زیاد | | | | | |
| | شخصی | | | | | | زیاد | دراول خط زیاد | زیاد | | |
| | آژانس | | | | | | | | زیاد | | |
| | total | خیلی زیاد | زیاد | | درطولانی زیاد | | درطولانی زیاد | | | زیاد | زیاد |
| مطالعات طرح جامع حمل و نقل شهر اصفهان | bus | خیلی زیاد | | | زیاد | | | | | | زیاد |
| | taxi | | | | | | | دراول خط زیاد | | | زیاد |
| | t/b | کم | زیاد | | | | کم | | | | |
| | کل h/ | زیاد | | | درطولانی زیاد | | درطولانی زیاد | | | کم | زیاد |

اولویت دادن به سیاستها براساس اولویت اهداف براساس روش AHP در نتایج فرم های نظرسنجی تکمیل شده توسط مدیران ، کارشناسان و متخصصان ، اولویت و وزن اهداف مختلف تعیین گردیده که نتایج حاصل از آن بر اساس نمره های 0 تا 20 داده شده در جدول 2 آورده شده است.

جدول 2: اولویت بندی معیارهای تاثیرگذار در انتخاب سیستم با توجه به نمره های داده شده توسط کارشناسان

| ردیف | متغیر | تعداد | میانگین | میانه | نما | انحراف معیار | واریانس | مینیمم | نسبت درستی ماکزیمم | رتبه |
|------|-----------------|-------|---------|-------|-----|--------------|----------|--------|--------------------|------|
| 1 | توزیع عادلانه | 127 | 14/46 | 15/00 | 15 | 3/733 | 13/933 | 2 | 0/723 | 11 |
| 2 | کاهش آلودگی | 128 | 15/16 | 15/00 | 20 | 4/013 | 16/107 | 5 | 0/758 | 8 |
| 3 | هزینه ساخت | 127 | 14/06 | 15/00 | 15 | 4/665 | 21/758 | 0 | 0/703 | 12 |
| 4 | کاهش شلوغی | 127 | 19/84 | 17/00 | 18 | 62/246 | 3874/562 | 0 | 0/992 | 1 |
| 5 | افزایش ایمنی | 128 | 15/16 | 16/00 | 20 | 4/552 | 20/721 | 5 | 0/764 | 7 |
| 6 | افزایش اطمینان | 128 | 16/16 | 17/00 | 20 | 3/948 | 15/587 | 5 | 0/808 | 4 |
| 7 | راحتی سفر | 128 | 16/02 | 17/50 | 20 | 4/025 | 16/204 | 5 | 0/801 | 6 |
| 8 | زیبایی سیستم | 127 | 14/49 | 15/00 | 15 | 3/763 | 14/157 | 5 | 0/725 | 10 |
| 9 | تنوع انتخاب | 128 | 13/66 | 15/00 | 15 | 4/260 | 18/149 | 0 | 0/683 | 13 |
| 10 | جوابگویی کارا | 127 | 15/09 | 15/00 | 20 | 4/366 | 19/064 | 1 | 0/755 | 9 |
| 11 | کاهش مصرف انرژی | 127 | 16/57 | 17/00 | 20 | 3/431 | 11/770 | 5 | 0/829 | 3 |
| 12 | کاهش هزینه سفر | 128 | 17/09 | 18/50 | 20 | 3/734 | 13/944 | 5 | 0/855 | 2 |
| 13 | کاهش طول زمان | 128 | 16/12 | 16/50 | 20 | 3/810 | 14/514 | 0 | 0/806 | 5 |

به علاوه در طرح مطالعات جامع حمل و نقل شهر اصفهان نیز براساس نظرات کارشناسان و شهروندان اولویت اهداف مشخص شده بود. در روش AHP ارجحیت گزینه ها باید بر اساس اعداد 1 تا 9 بیان شود. از این رو برای بیان ارجحیت اهداف فرمهای نظرسنجی از بردن شاخص MLE^6 در مقیاس 1 تا 9 و برای بیان ارجحیت اهداف در طرح مطالعات جامع حمل و نقل از بردن اولویت اهداف در مقیاس 1 تا 9 استفاده شد. سپس میانگین هندسی ارجحیت اهداف بر اساس دو منبع فوق الذکر محاسبه و در ماتریس زوجی، هر کدام نسبت به یکدیگر وزن دهی شدند. در مرحله بعدی روش AHP نتایج حاصل نسبت به مجموع سطری ، نرمال شده و در نهایت وزن اهداف تعیین گردید. (جدول 3)

جدول 3: اولویت بندی نهایی معیارها بر اساس نظرسنجی از مدیران و کارشناسان شهری و پژوهشکده ی حمل و نقل دانشگاه شریف

| نمره نهایی معیار | معیار |
|------------------|-----------------|
| 0.18 | کاهش شلوغی |
| 0.11 | کاهش هزینه سفر |
| 0.11 | افزایش ایمنی |
| 0.11 | کاهش آلودگی |
| 0.09 | زیبایی سیستم |
| 0.09 | افزایش اطمینان |
| 0.09 | کاهش طول زمان |
| 0.08 | راحتی سفر |
| 0.05 | صرفه جویی انرژی |
| 0.05 | جوابگویی کارا |
| 0.03 | توزیع عادلانه |
| 0.02 | هزینه ساخت |

⁴ - Maximum Likelihood Estimator

برای پرداختن اولویت بندی سیستم های مختلف حمل و نقل به ابتدا باید تاثیر پارامترهای مختلف 12 گانه را در گزینه های مختلف حمل و نقل اعم از سیستم حمل و نقل انبوه شامل اتوبوس سریع السیر BRT یا تراموا ، اعمال محدودیت و طرح ترافیک ، بهبود سیستم اتوبوسرانی ، اصلاح میدان و ایجاد پارک سوار ، بهبود سیستم تاکسیرانی شامل ایجاد خط ویژه به همراه پارک سوار یا تاکسی گردشی و درستی و سیستم پارترانزیت شامل ون یا مینی بوس شهری مطابق جدول 4 جستجو کرد.

جدول 4: سیاست های کلی و زیرسیاست ها

| پارترنزیت | اصلاح میدان | محدودیت | بهبود تاکسی | بهبود اتوبوس | انبوه | سیاست کلی |
|-----------|--------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|---------|-----------|
| ون | اصلاح ترافیک میدان | طرح ترافیک | بهبود خط تاکسی | بهبود خط اتوبوس | BRT | 1 |
| مینی بوس | احداث پارک سوار | مسیر ویژه اتوبوس و تاکسی | ایجاد خط ویژه تاکسی | اتوبوس سریع السیر | تراموا | 2 |
| | | | درستی گردشی | مسیر ویژه اتوبوس | مونوریل | 3 |

به تعدادی از کارشناسان ماتریس های مقایسه ی زوج-زوج گزینه های مختلف براساس پارامترهای 12 گانه ارائه گردید تا گزینه ها براساس اهمیت این پارامترها از عدد 1 تا 9 طبقه بندی شوند. بدیهی است در ماتریس مذکور اعداد روی قطر اصلی 1 بوده و گزینه ها نسبت به گزینه سطر مقایسه و نمره دهی شده اند. سپس برای افزایش اطمینان میانگین هندسی اعداد داده شده توسط هر کارشناس محاسبه گردید و سپس روش AHP براساس متوسط هندسی داده ها اعمال گردید. سپس داده های جدول فوق با تقسیم بر مجموع داده های هرستون نسبت به همان گزینه، نرمال شدند. آخرین مرحله اعمال ضرائب اهداف در هریک از گزینه هاست. به این منظور ضریب مربوط به هر معیار از جدول 3 در هر داده ی مربوط به هر گزینه از سیاست های 6 گانه ی بهبود سیستم حمل و نقل ضرب شده و کلیه اعداد بدست آمده جمع شدند. اولویت بندی نهایی گزینه های مختلف حمل و نقل با توجه به کلیه پارامترها و معیارها در جدول 5 آمده است.

جدول 5: اولویت بندی نهایی گزینه های مختلف حمل و نقل

| گزینه پیشنهادی | نمره نهایی با اعمال ضرائب |
|---|---------------------------|
| سیستم حمل و نقل انبوه (BRT یا تراموا) | 0.258 |
| محدودیت (طرح ترافیک) | 0.213 |
| بهبود سیستم اتوبوسرانی | 0.160 |
| اصلاح میدان و ایجاد پارک سوار | 0.137 |
| بهبود سیستم تاکسیرانی | 0.122 |
| سیستم پارترانزیت (VAN یا مینی بوس شهری) | 0.110 |

معرفی محورهای مناسب برای اعمال هر سیاست

با داشتن جدول 1 و مقادیر پارامترهای هر محور سیاست های انتخابی برای هر محور به دست آمد، براساس اولویت به دست آمده از روش AHP اولویت سیاستهای هر محور معرفی گردید.

نتیجه گیری

بدون تردید اعمال هر کدام از سیاست ها شامل حمل و نقل انبوه ، اعمال محدودیت ترافیکی ، بهبود سیستم اتوبوسرانی، اصلاح میدان و ایجاد پارک سوار، بهبود خط تاکسی، ایجاد خط ویژه تاکسی و به همراه پارک سوار، گردشی درستی و سیستم پارترانزیت ون یا مینی بوس شهری می تواند تاثیر بسزایی در تسهیل و روان سازی ترافیک شهری ایفا کند ، اما نباید از نظر دور داشت که هر شهری محدودیت ها و شرایط خاص خود را دارد . حتما" می بایست به شرایط تاریخی ، فرهنگی ، اجتماعی و محیط زیست اصفهان توجهی ویژه شود.

بر این اساس باید مرکز شهر را با نگاهی ویژه دنبال کرد. حذف ترافیک شخصی وسایل نقلیه از محدوده مرکزی شهر و احیای مسیرهای گردشگری بر اساس تاریخ قدیم و فراهم کردن شرایط حمل و نقل روان تر راهکار مناسبی است. نتایج این پایان نامه براساس اولویت اهداف کلی حمل و نقل مطابق نظرات کارشناسان و مدیران شهر و شهروندان است از این رو گزینه اعمال محدودیت هر چند منافع گروهی از مردم را کم می کند، لیکن خواست عموم مردم شهر می باشد. اعمال محدودیت با هزینه اندک از شلوغی مرکز شهر می کاهد و به حفظ بناهای تاریخی شهر کمک

می کند و با افزایش زیبایی و ایجاد آرامش در محیط زمینه جذب بیشتر گردشگران را فراهم می کند. همزمان با اجرای این طرح باید حمل و نقل عمومی در مرکز شهر تقویت شود تا در پاسخگویی به نیاز شهروندان خللی پیش نیاید.

در میدان هایی که ناحیه های عمده جذب سفر به شمار می روند مانند میدان های جمهوری اسلامی و آزادی در شمال و جنوب شهر اصفهان در جهت حرکت به خارج شهر، شهرستان های اطراف و دانشگاهها می توان خطوط مترو، BRT، مونوریل و تراموا را پیشنهاد کرد. در کنار احداث این خطوط می بایست پارک سوار و پارکینگ های وسائل نقلیه در حاشیه این میداين نیز طراحی گردد. استفاده از خطوط حمل و نقل انبوه در رینگ دوم ترافیکی شهر اصفهان توجیه فراوانی دارد و خطوطی نیز در محدوده مرکزی شهر پتانسیل ایجاد حمل و نقل انبوه را دارند که می بایست مطالعات دقیق تری در این خصوص انجام پذیرد.

ایجاد ایستگاه، پارک سوار و توقف گاه، حتی در مقیاس های کوچک، اولویتی است که می بایست در طراحی شهری منظور گردد. ایجاد مکانی برای استقرار مسافران و وسائل نقلیه عمومی علاوه بر ایجاد امنیت برای مسافران، اختلال در ترافیک عبوری از خیابان ها را به حداقل خواهد رساند.

نتایج این پژوهش بر عدم کارایی مناسب سیستم تاکسیرانی در ساعات آغازین صبح و ظهر تاکید می کند که یک علت آن ساختار موجود سیستم تاکسیرانی و عدم امکان کنترل و نظارت و نداشتن برنامه زمان بندی، توزیع و تخصیص بهینه ناوگان تاکسیرانی است. به عنوان مثال سرویس دهی تاکسی ها به مدارس شهر در دو نوبت صبح و ظهر و نامنظم بودن ناوگان تاکسیرانی موجب ضعف سرویس دهی در این ساعات می باشد. در ساعات ابتدایی شب نیز پاسخگویی سیستم تاکسیرانی دچار اختلال می شود و علت آن خارج شدن تعداد زیادی تاکسی از ناوگان فعال می باشد. یکی از راه حل های موثر، واگذاری فعالیت تاکسیرانی به بخش خصوصی و شرکتی کردن آن است. واگذاری کار سرویس های مدارس به این شرکت ها و آژانس ها علاوه بر نظم دهی به آن، امکان ایجاد روش های نو را هم فراهم خواهد کرد. برای حل مشکل درآمد تاکسیرانان نیز می توان طرح تاکسی دربستی و گردشگری را اجرا کرد.

اکثر خطوط ویژه تاکسی در ابتدای خط تقاضای مسافران را برآورده می کنند، اما در فواصل میانی و منتهی به مقصد سفر، مسافران دچار مشکل هستند. ایجاد تاکسی گردشگری و ساماندهی سیستم تاکسی گردشگری موجود یکی از راه حل های این موضوع است. تاکسی گردشگری که وظیفه آن گردش در سطح معابر و انتقال مسافرینی که در ایستگاه به انتظار نشسته اند، است، می تواند مشکلات بخش کثیری از مسافران، مخصوصاً مسافرینی که در بین مبادی و مقاصد مهم قرار دارند را حل نماید. برای حل مشکل درآمد این تاکسی ها هم می توان با توافق مسافران کرایه بیشتری اخذ گردد. مسافران پرداخت کرایه بالاتر را به زمان انتظار زیاد ترجیح می دهند.

مطالعه حاضر نشان می دهد که تاکسی دربستی نیز، تقاضای قابل توجهی دارد. 45% مسافران تاکسی تمایل به پرداخت رقم های بالاتر از 800 تومان را نشان داده اند که می توان برای این بخش از مسافران نیز برنامه ریزی کرد. پتانسیل تاکسی دربستی در مناطقی همچون میدان آزادی، راه آهن، سپاهان شهر، بزرگمهر و پل شهرستان، دانشگاه خوراسگان و ... وجود دارد. برای اجرای این سیاست می بایست ایستگاه هایی کوچک نیز برای استقرار مسافران و تاکسی ها در معابر شهر ایجاد کرد.

به علاوه برای سیستم تاکسی تلفنی نیز باید به گونه ای برنامه ریزی کرد که محل استقرار این وسایل ثابت نباشد. به عنوان مثال هنگامی که یک تاکسی تلفنی مسافری را در مقصد پیاده می کند، به جای بازگشت به مبدا، از همان نقطه مسافری دیگر را به مقصدی دیگر جابجا نماید. ایجاد این هماهنگی و ارتباط به وسیله هدایت و ناوبری از مکانی ثابت از طریق وسایل مختلف ارتباطی نظیر بی سیم، تلفن و تلفن همراه امکان پذیر است.

سیستمهای دیگر پارترنیزیت مانند ون و مینی بوس را نباید از نظر دور داشت. با توجه به محدودیت های سیستم تاکسیرانی نظیر فرسودگی و حجم کم جابجایی مسافر مناسب است از این سیستم جدید هم استفاده شود. این سیستم علاوه بر زیبایی، کاهش آلودگی محیط زیست و اشغال کمتر فضای معابر، به نسبت سطحی که 3 تاکسی اشغال می کنند، مسافر بیشتری جابجا می کند. البته نباید از ایجاد ایستگاههایی برای استقرار آنها و سوار و پیاده کردن مسافران بدون ایجاد اختلال در ترافیک میدان هم غفلت کرد.

هنوز علیرغم مشکلات فراوان، سیستم حمل و نقل اتوبوس بهترین جایگزین برای مسافران است و بیانگر این نکته است که در صورت فراهم کردن تسهیلات لازم اعم از نظم در سرویس دهی، راحتی، آرامش و ... تمایل به استفاده از وسائل نقلیه شخصی کاهش خواهد یافت. موضوعاتی نظیر رشد روزافزون مصرف سوخت و آلودگی های همراه آن اهمیت این موضوع دوچندان می شود.

نتایج این پژوهش با توجه به نوع اطلاعات استفاده شده مربوط به روزهای کاری می باشد. یقیناً در روزهای تعطیل این سیاست ها تغییر خواهند کرد. برای مراکز توزیعی و تجاری پتانسیل بالای تاکسی دربستی وجود دارد، چرا که از یک طرف در روزهای تعطیل تعداد تاکسی های معمولی کاهش می یابد و از طرف دیگر چون به همراه اعضای خانواده است تمایل بیشتری به تاکسی دربستی وجود دارد.

نباید از نظر دور داشت که سیستم های حمل و نقل عمومی اگر در کنار یکدیگر به سرویس دهی به شهروندان بپردازند، بدون تردید بازدهی و کارایی ایشان چندین برابر شده و از بحران کنونی خارج خواهند گردید. حل بحران ترافیک جامعه شهری ایران در استفاده از حمل و نقل عمومی است. سیاست های مدیریتی و برنامه ریزی مانند مسیرهای ویژه اتوبوس، طرح محدوده ترافیک، بهبود سیستم های حمل و نقل انبوه، واگذاری امور تاکسیرانی به بخش خصوصی و ... اهمیت به مراتب بیشتر دارد.

منابع و مراجع

- [1] Vukan R. Vuchic , " Urban Transit , Oprational , Planing and Economics " , John Wiley & Sons , Inc.
- [2] خدایی ، علی (مترجم) ، " مهندسی و برنامه ریزی حمل و نقل " ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، بهار 1385
- [3] بهبهانی، حمید. ، احمدی نژاد، محمود. (مترجم) ، " مطالعات حمل و نقل " ، موسسه دانش پژوهان برین ، پاییز 1384
- [4] صفارزاده ، محمود (مترجم) ، " مهندسی ترابری و ترافیک ، جلد دوم: ترافیک " ، دانشگاه تربیت مدرس ، 1381
- [7] پژوهشکده حمل و نقل شریف ، " مطالعات جامع حمل و نقل اصفهان ، نتایج آمارگیری مبدا- مقصد ساکنین شهر اصفهان " ، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان ، گزارش شماره 07- 81 - ممتحن، تیر 1381
- [8] محمدی ، محمد باقر ، " معیار های انتخاب نوع سیستم حمل و نقل عمومی " ، مجله تازه های ترافیک، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران ، شماره 9 ، بهار 1380
- [9] مهندسان مشاور رهپویان ، " مطالعات ساماندهی اتوبوسرانی شهر اصفهان ، مرحله دوم : تحلیل وضع موجود " ، معاونت حمل و نقل ترافیک شهرداری اصفهان – تابستان 1385
- [10] افندی زاده ، شهریار. رحیمی ، امیر مسعود ، " مهندسی ترابری، اصول برنامه ریزی و مدل سازی حمل و نقل " ، دانشگاه علم و صنعت ایران 1383 ،
- [10] Gray , George E , And Lester A . Hoel (1979) , "Public Transportation: Planning , Operations and Management" , Prentice – Hall , Englewood Cliffe Nj. Reproduced by permission of publisher
- [11] Definition of LRT, U.S. Transportation research board , Urban Public Transportation Glossary 1989 .
- [12] Graval Sigard , " Urban Transportation System: choice for communities " , 2003
- [13] Joseph p. Kubala , P.E and Scot Barton , "BRT =BTR" , Bus Rapid Transit is better than Rail" , Center for American Dream of mobility and home ownership , December 16 , 2003
- [14] قدسی پور ، سید حسن ، " تحلیل سلسله مراتبی (AHP) " ، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، 1381
- [15] اژدری عبدالملکی ، پژمان ، " انتخاب سیستم حمل و نقل عمومی با استفاده از روش AHP " ، مجله تازه های ترافیک ، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران ، شماره 17 ، بهار و تابستان 1382
- [16] پژوهشکده حمل و نقل شریف ، " سیستم تاکسیرانی پیشنهادی هماهنگ با اجزای دیگر سیستم حمل و نقل همگانی شهر مشهد " ، مطالعه سیستم حمل و نقل همگانی یکپارچه شهر مشهد ، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری مشهد ، گزارش شماره 05-82 - ممتحن، دی 1382