فصلنامه علمی جاده، سال هفدهم، شماره ۱۰۰، پاییز ۱۳۹۸

بررسی معیارهای تأثیرگذار در تعیین مسیر اتوبوس تندرو (نمونه موردی شهر کرج)

مقاله پژوهشی

سید فرزین فائزی*، استادیار، گروه علمی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
محمودرضا کی‌منش، استادیار، گروه علمی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
مصطفی ساسانی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: farzin_faezi@yahoo.com

دریافت: ۹۸/۰۳/۲۲- پذیرش: ۹۸/۰۸/۲۵
صفحه ٤٤-۳۳

چکیده

به علت حجم زیاد سفرها و اهمیت روزافزون ارزش وقت مسافران در سفرهای درون شهری، طراحی سامانه‌های کارآمد و مسیریابی آنها از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. طراحان در انتخاب مسیر بهینه این سامانه‌ها با گستره بزرگی از انواع معیارها مواجه هستند، لذا هدف از این پژوهش بررسی معیارهای تاثیرگذار در تعیین مسیر اتوبوس تندرو و تعیین مسیر بهینه بر اساس روش تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. روش مورد مطالعه توصیفی-تحلیلی و از ابزار پرسشنامه، استفاده شده است. در مرحله اول معیارهای تاثیرگذار بر مسیریابی اتوبوس توسط پرسش‌نامه اول و نظرات کارشناسان حوزه حمل‌ونقل انتخاب و بر اساس طیف لیکرت این معیارها اولویت‌بندی شدند. در محله دوم با توجه به معیارهای به دست آمده از قبل، مسیرهای پیشنهادی از صفر تا ده نمره داده شد. سپس با کمک نرم‌افزار تصمیم‌گیری بر اساس مدل AHP معیارها وزن‌دهی شدند و وزن هر معیار برای هر مسیر مشخص شد. ده معیار تاثیرگذار در انتخاب مسیر بی‌آرتی شناسایی شد که مهمترین معیار تعداد مسافر جذب شده به حمل‌ونقل عمومی در وضعیت کنونی می‌باشند. گزینه پیشنهادی مسیر شماره یک اتوبوس تندرو شهری از پایانه حصارک در خیابان شهید بهشتی تا پایانه شهید سلطانی و گزینه پیشنهادی مسیر شماره دو از پایانه شهید سلطانی تا میدان ملارد انتخاب شدند. بر اساس معیارهای تاثیرگذار بهترین مسیر، مسیر پیشنهادی یک از پایانه شهیدسلطانی تا میدان حصارک در نظر گرفته شد.

واژه‌های کلیدی: اتوبوس تندرو، بی‌آرتی، کرج، تصمیم‌گیری چند معیاری، جذب سفر

۱- مقدمه

امروزه سامانه اتوبوس‌های تندرو بی‌آرتی به‌عنوان یکی از سیستم‌های حمل‌ونقل شهری سریع مورد توجه مدیریت شهری قرار دارد (Afolabi, Fashola, 2016). در صورت کارا و بهینه بودن این سیستم، کمک شایانی به کاهش ترافیک و عوامل زیانبار آن خواهد کرد (ساجدی‌نژاد، حسن‌نایبی، ۱۳۹۵، زیاری و همکاران،۱۳۹٤، Wirasinghe, Vandebona, 2011,). از طرفی مکان‌یابی بهینه مسیر اتوبوس تندرو بی‌آرتی می‌تواند نقش مهمی در ترغیب شهروندان در استفاده از این سیستم نماید (اجزاء شکوهی و همکاران، ۱۳۹۳). انتخاب مسیر با رویکرد کاربری‌ها و جذب سفر می‌تواند شهر را به سمت توسعه پایدار سوق دهد و مناطق کم برخوردار دوردست از مرکز را که به علت فاصله و نبود سیستم حمل‌ونقل مناسب سریع دچار بی‌توجهی قرار گرفته، در دسترس قرار داده و از تراکم مرکز شهر که خود عامل اصلی ترافیک است جلوگیری نماید. کلان‌شهر کرج با توجه به افزایش جمعیت طی دهه‌های گذشته و نبود سیستم‌های حمل‌ونقل کارآمد شهری با چالش‌های زیادی در حوزه ترافیک شهری روبه‌رو است. وجود تراکم زیاد بافت قدیمی، عرض کم خیابان‌ها در هسته مرکزی شهر، عبور و مرور را در ساعات پیک با مشکلات جدیدی روبه‌برو کرده است. از این‌رو انتخاب مسیر مناسب در سیستم بی‌آرتی با توجه به معیارهای تاثیرگذار و مقایسه این معیارها می‌تواند

نقش عمده‌ای در استقبال و ترغیب شهروندان به استفاده از این سیستم نماید. سیستم حمل‌ونقل بی‌آرتی در شهر کرج، در مراحل مطالعات اولیه می‌باشد و اطلاعاتی دقیقی در دسترس نمی‌باشد، لذا، هدف اصلی این پژوهش بررسی معیارهای تاثیرگذار در تعیین مسیر اتوبوس تندرو بی‌آرتی و تعیین مسیر بهینه بر اساس روش تصمیم‌گیری چند معیاری می‌باشد. تحقیقاتی که تاکنون در داخل و خارج از کشور انجام شده عمدتاً بر روی ارزیابی عملکرد اتوبوس‌های تندرو، تأثیرات ترافیکی سامانه اتوبوسرانی تندرو بر شبکه حمل‌ونقل و میزان رضایت استفاده‌کنندگان از سیستم حمل‌ونقل عمومی بوده است و در خصوص معیارهای موثر در مسیریابی اتوبوس بی‌آرتی مطالعات جامعی و به‌صورت نمونه موردی تحقیقی انجام نشده است.

۲- پیشینه تحقیق

اتوبوس بی‌آرتی نقش بسزایی در کاهش معضلات ترافیک داشته و با برنامه‌ریزی و بررسی متغیرهای تاثیرگذار بر مسیریابی اتوبوس تندرو می‌تواند در مهار ترافیک و کنترل آن تاثیرگذار باشد (قهری، لحمیان، آزاده‌دل، ۱۳۹۳، Sheth., Triantis, Teodorovic, 2007). صدیق‌باور و حدیقه‌جوانی (۱۳۹۰) نشان دادند که شاخص‌هایی مانند کاهش آلایندگی، کاهش زمان سفر، کاهش هزینه سفر، تواتر، چگالی مسافران، راحتی، مستقیم بودن سفر در بی‌آرتی نسبت به سایر مدهای موجود در شهرها بیشتر است و کم هزینه‌ترین و پرسرعت‌ترین مد از لحاظ اجرا، سیستم بی‌آرتی می‌باشد. عبدی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای پیرامون سنجش کارایی سامانه حمل‌ونقل همگانی در شهر یزد، با استفاده از روشی توصیفی-تحلیلی، به ارزیابی کارایی سامانه اتوبوسرانی در سه مسیر با حجم بالای سفر پرداختند. در ارزیابی سامانه، از معیارهای دسترس‌پذیری، راحتی و آسایش کمک گرفتند. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که زمان سفر با اتوبوس در مقایسه با خودروی شخصی در حدود دو برابر است که علیرغم بالابودن سطح سرویس ناحیه تحت پوشش، منجر به ترغیب شهروندان برای استفاده از خودرو شخصی می‌شود. تحلیل و ارزیابی پرسشنامه‌های جمع‌آوری شده از تأثیرات سامانه بی‌آرتی بر حوزه‌های تأثیرگذار نشان می‌دهد که واکنش حوزه‌های درگیر با کاربری‌های متفاوت مسکونی و تجاری متفاوت می‌باشد. اجرای سامانه بی‌آرتی دارای تأثیرات مثبت و منفی بر بافت پیرامون خود بوده است (بیتی و پناهی، ۱۳۹۳). ارزیابی سامانه بی‌آرتی خط ۷ منطقه ٦ شهر تهران تا حد قابل توجه‌ای اثرات ترافیکی ناشی از استفاده وسایل‌نقلیه دیگر را کاهش داده و اثر مثبتی بر شبکه حمل‌ونقل منطقه گذاشته است. اثری که به خودی خود نشان دهنده قابلیت بالای سامانه اتوبوسرانی تندرو بی‌آرتی می‌باشد (درستکار، عبدلی، ۱۳۹٤). با برنامه‌ریزی و بررسی متغیرهای تاثیرگذار بر مسیریابی اتوبوس تندرو می‌توان کمک شایانی در کنترل ترافیک و معضلات آن داشت (Soltani, 2012, Adeyinka,2019). مسیریابی صحیح اتوبوس‌های تندرو می‌تواند تاثیرات زیادی در افزایش ارزش کاربری‌ها و جهت‌دهی شهر به سمت کاربری‌ها داشته باشد. نزدیک کردن کاربری‌های جاذب ترافیک به مناطق دورتر شهر (کاهش زمان سفر) می‌تواند در توسعه متوازن شهر و افزایش رونق مناطق دور افتاده شهر نقش موثری داشته باشد (Huang, et al, 2017, Chen, et al, 2009). نتایج تحقیق حاتمی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد عوامل اساسی در رضایت‌مندی از سیستم بی‌آرتی عبارت است از خدمات سرعت، رفتار و خصوصیات فیزیکی اتوبوس‌ها. در پژوهشی از ٦ ایستگاه متوالی از خط ۳ بی‌آرتی مشهد با استفاده از نرم‌افزار ARENA شبیه‌سازی شد و با بررسی پارامترهایی نظیر زمان انتظار و نرخ ورود و خروج در ایستگاه‌های مختلف، تعداد ایستگاه‌های خطوط بی‌آرتی ارایه شد(فلفلانی، صفاریان، ۱۳۹٤). حاجیان و همکاران (۱۳۹٤) از رویکرد شبیه‌سازی برای بررسی اثرات خط ۵ شهر تهران بهره برده است. از مقایسه نتایج شبیه‌سازی در دو موقعیت، میزان اثربخشی طرح اندازه‌گیری شد و مقدار ۳/۱۷ درصد کاهش در حجم و ۷۸ درصد کاهش در چگالی و همچنین ۹۱/۰۸ درصد افزایش سرعت وسیله‌نقلیه در کل مسیر نسبت به قبل از احداث خط بی‌آرتی مشاهده شد. مجیدی خامنه و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی، تأثیرات شبکه حمل‌ونقل عمومی (مترو و بی‌آرتی) بر کاربری زمین در منطقه ۷ شهرداری تهران را مورد بررسی قرار دادند. مقایسه شاخص‌ها در یک بازه زمانی ده ساله (۱۳۸۰-۱۳۹۰) نشان دهنده رابطه مستقیم و در مواردی رابطه معکوس بین متغیرهای تحقیق دارد. نتایج بیانگر تاثیرگذاری حمل‌ونقل عمومی (مترو بی‌آرتی) بر کاربری زمین در راستای تبدیل یا تغییر کاربری‌ها در منطقه بوده است. در تحقیقی با هدف حداقل کردن زمان انتظار مسافر در ایستگاه

و طول زمان سفر، زمانبندی حرکت اتوبوس‌ها انجام شد. مدل ارائه شده با استفاده از نرم‌افزار GAMS صورت گرفت و با داده‌های خلاصه شده یک روز کاری مورد سنجش قرار گرفت (طاهرخانی، ۱۳۹٦). مختاری ملک آبادی (۱۳۹٦) در تحقیقی به ارزیابی عملکرد سیستم بی‌آرتی در کلانشهر اصفهان، براساس شاخص‌های حمل‌ونقل از دیدگاه مسافران پرداخته شد. نتایج تحقیق حاکی از عملکرد مثبت این و رضایتمندی مسافران آن بر اساس اهداف حمل‌ونقل در کلانشهر اصفهان است. ملاشاهی، بذرافشان مقدم، محتشمی (۱۳۹٦) با تعیین معیارهای موثر در ارزیابی کارایی سامانه اتوبوس‌های تندرو با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، به اولویت‌بندی شاخص‌های هر معیار در شهر مشهد پرداختند. در ارزیابی کارایی بی‌آرتی، در بین معیارهای مورد بررسی، معیارهای ۱-منافع کاربران با شاخص‌های راحتی، ۲-صرفه‌جویی در هزینه، ۳-کاهش زمان سفر، ٤-کاهش استهلاک وسیله‌نقلیه شخصی، ٥-کاهش محرومیت اجتماعی، ٦-تنوع در گزینه‌های حمل‌ونقلی، ۷- آثار زیست محیطی، از بالاترین اولویت برخوردار بودند. در میان شاخص‌ها، ایمنی و آلودگی هوا از عواملی تعیین شد که سبب ارزیابی بهتر خواهند شد. نتایج تحقیق دیگری نشان می‌دهد که عملکرد و کارایی پایین خطوط اتوبوسرانی می‌تواند در میزان استفاده مردم از اتوبوس تأثیرگذار باشد و آنها را به استفاده از حمل‌ونقل خصوصی تشویق نماید. همچنین مدیران و سیاستگذاران حمل‌ونقل عمومی می‌توانند با تکیه بر این مهم، ضمن توجه به منافع سازمانی زمینه‌های لازم برای ارتقای عملکرد خطوط را نیز فراهم سازند (قضائی، ۱۳۹۷). در تحقیقی به ارزیابی و مقایسه عملکرد سامانه‌های حمل‌ونقل از دیدگاه مردم و براساس شاخص‌های فاصله از ایستگاه، زمان انتظار، زمان سفر و هزینه پرداخته است. نتیجه این تحقیق نشان داد که سامانه حمل‌ونقل ریلی و بی‌آرتی به ترتیب بالاترین ضریب عملکرد را داشته، اما به لحاظ هزینه‌های کمتر سامانه بی‌آرتی، پیشنهاد به توسعه آن گردید(Currie, 2005). دنگ و نلسون (۲۰۱۲) در مطالعه سامانه اتوبوسرانی تندرو بیان کردند که این سامانه علاوه‌بر افزایش سرعت در جابجایی مسافران سرعت جریان کلی ترافیک را در خطوط موازی با خطوط ویژه اتوبوس‌های تندرو افزایش داده است. همچنین در سامانه بی‌آرتی نسبت به اتوبوس‌رانی عادی از تعداد اتوبوس کمتری استفاده می‌شود و این مسئله خود موجب کاهش ترافیک در بزرگراه می‌شود. در تحقیقی در ارزیابی عملکرد خطوط اتوبوسرانی شیراز از مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس استفاده شد. نتایج نشان داد چهار معیار تأثیرگذار در عملکرد خطوط اتوبوسرانی: ۱-طراحی مسیر، ۲-زمان‌بندی اتوبوسها، ۳-معیار اقتصادی و ٤-راحتی مسافران است (Soltani, et al., 2013). محققانی با تلفیق مدل تحلیل پوششی داده‌ها و سامانه اطلاعات مکانی، به ارزیابی کارایی خطوط اتوبوسرانی شهرداری تهران پرداختند. در این تحقیق شاخص‌های تعداد ایستگاه‌ها، مصرف سوخت، طول ایستگاه‌ها و مجموع افراد ناتوان به‌عنوان شاخص‌های ورودی و تعداد کل مسافران به‌عنوان شاخص خروجی در نظر گرفته شدند (Qavami, et al., 2011). در ارزیابی میزان اثربخشی اتوبوس‌های تندرو در شهر مشهد، ابتدا عوامل مؤثر در میزان اثربخشی اتوبوس‌های تندرو جمع آوری شدند و سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی میزان کارایی هر یک از مسیرهای بی آرتی در شهر مشهد مشخص شدند (Saraei & Mohamadzade, 2014).

۳- روش تحقیق

پژوهش حاضر توصیفی-تحلیلی است و از دو روش کتابخانه‌ای و میدانی برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده شد. ابتدا نقشه‌های طرح تفضیلی شهر کرج همچنین مطالعات ترافیکی معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهر کرج بررسی شد. سپس متغیرهای تاثیرگذار بر مسیریابی به کمک پرسش‌نامه اول و کارشناسان حوزه حمل‌ونقل تعین گردید. توسط پرسش‌نامه دوم معیارها به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن‌دهی گردید. در مرحله بعد، مسیرها انتخاب شد و به معیارهای تاثیرگذار بر هر مسیر با توجه به مشخصات مسیرها نمره‌دهی از ۰ تا ۱۰ شد. این نمره‌دهی توسط ٦۰ کارشناس حوزه حمل‌ونقل و با پرسش‌نامه انجام شد. داده‌های آماری با کمک نرم‌افزار مورد بررسی قرار گرفتند. سپس وزن هر معیار در وزن معیار هر مسیر ضرب و معیارهای آن جهت انتخاب بهترین گزینه جمع شدند و در انتها گزینه برتر انتخاب شد. جامعه آماری این تحقیق از کارشناسان و متولیان حوزه حمل‌ونقل که به صورت مستقیم و غیرمستقیم با سیستم اتوبوس بی‌آرتی ارتباط دارند تشکیل شده است.

٤- نتایج

٤-١- نتایج آمار ترافیکی شهر کرج

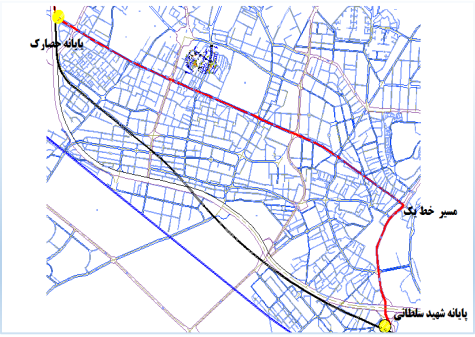
شهر کرج ۱/٦۱۵ میلیون نفر جمعیت دارد و در یک روز عادی تعداد سفرهای حمل‌ونقل همگانی خارج شده از مناطق ترافیکی شهر و محورهای اطراف حدود ۲۷٤ هزار سفر است که از این مقدار محدود ۱۸۰ هزار سفر مربوط به سیستم اتوبوس‌رانی و حدود ۹٤ هزار سفر نیز مربوط به سیستم مترو است. از حدود ۲۷٤ هزار سفر بالغ بر۱۷۰ هزار سفر بین ۱۷۲ منطقه ترافیکی داخل کرج انجام شده است و ۱۰٤ هزار سفر نیز با محورهای ۱۱ گانه اطراف شهر کرج تبادل شده است.

٤-۲- مشخصات ترافیکی مسیرهای پیشنهادی مورد مطالعه

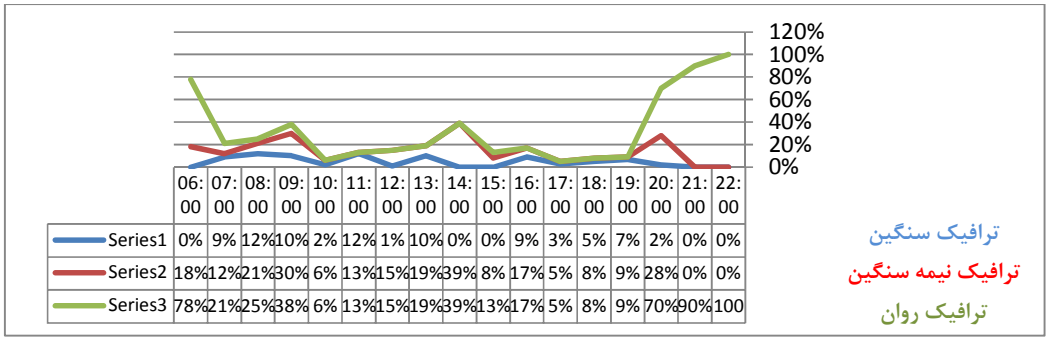
یکی از اصلی‌ترین پایانه‌های تبادل سفر در کرج، ایستگاه مترو شهید سلطانی است که حجم بالایی از مسافران جابه‌جا می‌شوند. این پایانه در مجاورت مترو کرج تهران با حجم بسیار زیاد مسافر و اتوبان کرج تهران و قزوین می‌باشد. شلوغ‌ترین و پرترافیک‌ترین محدوده شهر کرج در ساعات پیک این محدوده می‌باشد. این محدوده بیشترین حجم مسافر را با توجه به وجود دو سیستم حمل‌ونقل (مترو و اتوبان) منتقل می‌نماید. پایانه‌های دیگر که غالباً مقصد آن پایانه شهید سلطانی و از محور شهید بهشتی عبور می‌کنند، پایانه‌های رجائی‌شهر-گلشهر و حصارک می‌باشند. همچنین پایانه‌هایی که از محور فردیس به پایانه شهید سلطانی در تبادل می‌باشند شامل سه راه انبار نفت و فلکه پنجم فردیس و ملارد می‌باشند. این پایانه‌ها از اصلی‌ترین خطوط مواصلاتی کرج می‌باشند. پایانه شهید سلطانی (مترو کرج) مبداء (یا مقصد) کلیه پایانه‌های اصلی شهر کرج می‌باشد که نقش کلیدی در حمل‌ونقل شهری کرج و تبادلات برون شهری (مترو تهران) ایفا می‌کند. این پایانه می‌تواند به‌عنوان گزینه مناسب جهت مبداء خط اتوبوس‌های تندرو کرج مورد توجه قرار گیرد. در این پژوهش با توجه به متغیرهای به دست آمده، دو مسیر به‌عنوان مسیر پیشنهادی در نظر گرفته شده که مبتنی بر تعداد سفرهای صورت پذیرفته در مسیرهای اصلی شهر کرج می‌باشد. انتخاب دو مسیر پیشنهادی در این تحقیق بر مبنای تعداد سفرهای صورت پذیرفته و مشخصات جغرافیایی جذب مسافر در مسیرهای اصلی شهر کرج صورت گرفته است. گزینه پیشنهادی مسیر شماره یک اتوبوس تندرو شهری از پایانه حصارک در خیابان شهید بهشتی تا پایانه شهید سلطانی می‌باشد. تقاضای سفر در این گزینه حدود ۵۱ هزار سفر مبدا و مقصد بوده و متوسط سرعت عملکردی در شبکه حمل‌ونقل ۱۸/۵ کیلومتر بر ساعت است (شکل ۱). در ساعت اوج صبح، طول مسیر رفت و برگشت ۲۷/۵ کیلومتر و جذب مسافر ۷۸۰۰ است.

شکل ۱. مسیر پیشنهادی شماره یک (پایانه شهید سلطانی تا میدان حصارک)

گزینه پیشنهادی مسیر شماره دو از پایانه فردیس در جاده ملارد تا پایانه شهید سلطانی می‌باشد. تقاضای سفر در این گزینه حدود ۵۲ هزار سفر مبدا و مقصد در ساعات اوج غالباً صبح و متوسط سرعت عملکرد در شبکه حمل‌ونقل در ساعات اوج صبح ۱۸/۹ کیلوتر بر ساعت است (شکل ۲). طول مسیر رفت و برگشت ۱۹/۳ کیلومتر و جذب مسافر ۷۵۰۰ است. در شکل ۳، وضعیت ترافیک را در طول دو مسیر مشخص شده و نشان می‌دهد در هر ساعت از روز چه درصدی از مسیر، ترافیک سنگین، نیمه سنگین و روان است. این نمودار در جهت رفت و برگشت هر مسیر مشخص شده است. همان‌طور شکل ۳ نشان می‌دهد عموماً در مسیر رفت از پایانه شهید سلطانی به حصارک ترافیک سنگین‌تری در تمام روز مشاهده می‌شود.

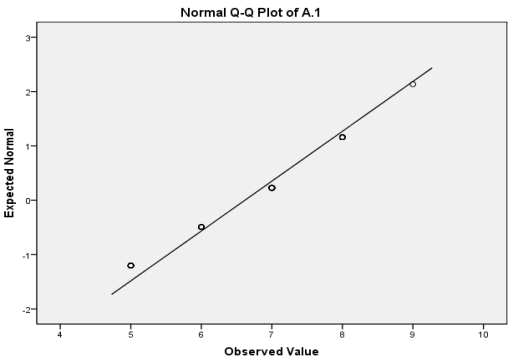


شکل ۲. مسیر شماره دو از پایانه فردیس در جاده ملارد تا پایانه شهید سلطانی



	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
Series1	0%	9%	12%	10%	2%	12%	1%	10%	0%	0%	9%	3%	5%	7%	2%	0%	0%
Series2	18%	12%	21%	30%	6%	13%	15%	19%	39%	8%	17%	5%	8%	9%	28%	0%	0%
Series3	78%	21%	25%	38%	6%	13%	15%	19%	39%	13%	17%	5%	8%	9%	70%	90%	100

شکل ۳. حجم مسیر خیابان شهید بهشتی از میدان حصارک به سمت پایانه شهید سلطانی



شکل ٤. نمودار احتمال نرمال Q-Q

٤-٣-معیارهای موثر در تعیین مسیر اتوبوس تندرو

اطلاعات این تحقیق از مطالعات میدانی (پرسش‌نامه) جمع‌آوری گردید. جهت تعیین روایی و پایایی پرسشنامه از نظر کارشناسان و روش آلفای کرونباخ استفاده گردید. با توجه به اینکه میزان آلفای کرونباخ ۰/۸۵۳ بوده و از ۰/۷ بزرگتر است، لذا از پایایی قابل قبول برخوردار است. همچنین شکل ٤ نشان می‌دهد داده‌های آماری از توزیع نرمالی پیروی می‌کنند. خطی‌بودن نقاط نشان می‌دهند که داده به صورت معمولی توزیع یافته است. نتایج پرسش‌نامه اول و آزمونهای آماری نشان می‌دهد۱۰ متغیر موثر در انتخاب مسیر اتوبوس تندرو نقش دارند که به شرح جدول ۱ می‌باشند.

٤-٤- نتایج مقایسه زوجی بین معیارها با تحلیل سلسه مراتبی AHP

بعد از تعیین معیارها، هر کدام از معیارها بایستی با یکدیگر به صورت زوجی مقایسه شوند و اهمیت آنها نسبت به یکدیگر مشخص شود. برای این منظور از ماتریس زوجی استفاده می‌شود (جدول ۲). این ماتریس توسط افراد خبره و کارشناس با پرسش‌نامه تکمیل شد. در نهایت وزن هر معیار و ترتیب معیارها از نظر اهمیت به صورت جدول ۳ خلاصه شدند. نرخ ناسازگاری برابر با ۰/۰٦۹ است. با توجه به اینکه نرخ ناسازگاری کوچکتر از ۰/۱ است پس در مقایسه زوجها سازگاری وجود دارد.

جدول ۱. معیارها موثر در انتخاب مسیر اتوبوس تندرو

ردیف	معیار	اختصار
۱	تعداد مسافر جذب شده به حمل‌ونقل عمومی در وضعیت کنونی	A
۲	سختی احداث مسیر	B
۳	هزینه احداث	C
٤	صرفه‌جویی در زمان سفر مبدا تا مقصد	D
٥	میزان اختلاط با جریان خودروها (دور برگردان، میدان، تقاطع)	E
٦	عبور از مراکز پر ازدحام و مرکز شهر	F
۷	عبور از منطقه محدوده طرح ترافیک	G
۸	خطوط اتوبوسرانی همپوشان	H
۹	امکان احداث مسیر ویژه (عرض کافی برای احداث مسیر ویزه)	I
۱۰	مستقبم بودن مسیر	J

جدول ۲. مقایسه زوجی بین ده معیار موثر در مسیریابی بی‌آرتی

مقایسه شاخص‌ها	A	B	C	D	E	F	G	H	I	G
A	۱	۸	۷	۳	۷	۲	٥	۳	٦	۹
B	۰/۱۲٥	۱	۳	۰/۱٤۲	۰/۳۳۳	۰/۱٤۲	۰/٥	۰/۲	۱	۳
C	۰/۱٤۲	۰/۳۳۳	۱	۰/۱٤۲	۰/۳۳۳	۰/۱٤۲	۰/٥	۰/۳۳۳	۱	۳
D	۰/۳۳۳	۷	۷	۱	۱	۱	٥	٥	٦	۷
E	۰/۱٤۲	۳	۳	۰/۱٦٦	۱	۰/۱٤۲	۰/٥	۰/۲٥	۳	۳
F	۰/٥	۷	۷	۱	۷	۱	۱	۳	٦	۷
G	۰/۲	۲	۲	۰/۲	۲	۱	۱	۱	٤	٥
H	۰/۳۳۳	٥	۳	۰/۲	٤	۰/۳۳۳	۱	۱	٦	٥
I	۰/۱٦٦	۱	۱	۰/۱٦٦	۰/۳۳۳	۰/۱٦٦	۰/۲٥	۰/۱٦٦	۱	۲
J	۰/۱۱۱	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۱٤۲	۰/۳۳۳	۰/۱٤۲	۰/۲	۰/۲	۰/٥	۱

جدول ۳. نتایج وزن هر معیار

معیارها	وزن	وزن ×۱۰۰
A	۰/۲٦۹	۲٦/۹
F	۰/۲۰٥	۲۰/٥
D	۰/۱۹٥	۱۹/٥
H	۰/۱۲٤	۱۲/٤
G	۰/۰٦۹	٦/۹
E	۰/۰۳۸	۳/۸
B	۰/۰۳۱	۳/۱
I	۰/۰۲۸	۲/۸
C	۰/۰۲٤	۲/٤
J	۰/۰۱۷	۱/۷

به این ترتیب وزن هر معیار در مقایسه با معیارهای دیگر مشخص شد. جدول ۳ نشان می‌دهد مهمترین معیار در انتخاب مسیر اتوبوس بی‌آرتی، تعداد مسافر جذب شده به حمل‌ونقل عمومی است. با توجه به این موضوع که سیستم اتوبوس‌های تندرو یک سیستم حمل‌ونقل انبوه می‌باشد هر چه تعداد مسافر جذب شده به سیستم بیشتر باشد کارایی و اثربخشی آن کاهش ترافیک و عملکرد آن بهتر خواهد بود. اولویت دوم عبور از مراکز پر ازدحام و مرکزی شهر است. مراکز پر ازدحام شهر و با کابری‌های متراکم می‌تواند نقش مهمی در افزایش ترافیک داشته باشد. کاربری‌های خاص نظیر تجاری، آموزشی (دانشگاه‌ها) و اداری ... جاذب سفرهای شهری می‌باشد. درصورت عبور خطوط اتوبوس تندرو از محدوده می‌تواند موجب کاهش تعداد خودروهای شخصی و تاکسی و ترافیک باشد. معمولاً سعی می‌شود خطوط اتوبوس تندرو از مناطق با جمعیت زیاد یا کاربری‌های اداری، تجاری و ... عبور داده شود تا سفرهای بیشتری را پوشش دهد. طبق بررسی انجام شده در محور شهید بهشتی جمعیت بیشتری متمرکز است. همچنین بافت محدوده خیابان شهید بهشتی اداری و تجاری است. اولویت سوم صرفه‌جویی در زمان سفر مبداء تا مقصد است. با احداث خط ویژه، خصوصاً در معابر پرترافیک تفاوت قابل ملاحظه‌ای در زمان سفر با وسیله‌نقلیه و اتوبوس تندرو دارد. این امر می‌تواند باعث ترغیب و افزایش استقبال از این سیستم را به همراه داشته باشد. بنابراین هر مسیری که در ساعات اوج ترافیک صرفه‌جویی بیشتری در سفر ایجاد نماید بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد. اولویت چهارم، خطوط اتوبوس‌رانی همپوشان است. نقش خطوط همپوشان از این منظر مورد توجه می‌باشد که ازدیاد خطوط همپوشان نشان دهنده تقاضای بالای محور مورد نظر می‌باشد که با احداث خط ویژه اتوبوس تندرو اصلاح طرح کاهش ترافیک به همراه است. اولویت پنجم، عبور از منطقه با محدودیت ترافیکی است. در بعضی از شهرها جهت کاهش ترافیک از محدودیت ترافیکی مانند زوج و فرد و یا طرح ترافیک استفاده می‌شود که عبور مسیر ویژه اتوبوس تندرو از این محدوده می‌تواند تقاضای سفر در این مسیر با اتوبوس تندرو را بیشتر نماید. اولویت ششم، میزان اختلاط با جریان خودروها است. هرچه طول مسیر ویژه بیشتر باشد، توقف در طول مسیر کمتر اتفاق می‌افتد و کارایی سیستم بالاتر می‌رود. معمولا حدود ۱۰۰ متر قبل از دوربرگردان‌ها و ورودیها و خروجی‌ها مسیر قطع شده و اتوبوس به صورت مختلط با جریان اصلی حرکت می‌کند. همچنین در میدان‌ها و تقاطع‌ها نیز ممکن است با کاهش سرعت مواجه گردد. بنابراین هرچه این تداخلات کمتر اتفاق افتد اختلال کمتری در حرکت رخ می‌دهد. اولویت هفتم، معیار سختی احداث مسیر است. در مسیر احداث مسیر امکان دارد مشکلاتی بوجد بیاید و در برخی نقاط امکان احداث خط ویژه وجود نداشته باشد و یا نیاز به اصلاح طرح هندسی وجود داشته باشد. بنابراین مسیری که چالش‌ها و مشکلات کمتری مواجه است اولویت بیشتری خواهد داشت. اولویت هشتم، امکان احداث مسیر ویژه است (عرض کافی برای احداث مسیر ویژه). عرض مسیر عامل مهمی است که می‌تواند در احداث مسیر ویژه کمک به سزایی داشته باشد. درصورتیکه عرض مسیر کافی نباشد بایستی ممنوعیت پارک حاشیه‌ای در مقاطع کم عرض اعمال شود. همچنین به دلیل عرض کم ممکن است در برخی مقاطع امکان احداث مسیر ویژه جدا شده وجود نداشته باشد. بنابراین هر کدام از کریدورها که عرض مناسبی در بیشتر طول مسیر خود داشته باشند می‌تواند اولویت بالاتری کسب کند. اولویت نهم، هزینه احداث مسیر است. موارد بسیاری باعث افزایش هزینه‌های احداث مسیر خواهد شد. ازجمله: طول مسیر، تعداد ایستگاه‌ها، تعداد ناوگان مورد نیاز، طول نرده و گاردریل و ... . همچنین تمهیدات خاص برای مقاطع مختلف ممکن است هزینه‌بر باشد. ازجمله می‌توان به اصلاح طرح هندسی، احداث تقاطع‌های غیرهمسطح و ... اشاره نمود. اولویت دهم، مستقیم بودن مسیر است. سیستم اتوبوس تندرو با توجه به نوع ناوگان مورد استفاده که غالباً اتوبوس‌های دو کابین هستند بهترین عملکرد را در مسیرهای مستقیم دارند در صورتی که مسیر با پیچ و خم مواجه شوند نیاز به شعاع گردش‌های بالا به وجود می‌آید که در بعضی از موارد نیاز به اصلاح هندسی مسیر و تعویض خیابان می‌باشد.

٤-٥- مقایسه زوجی گزینه‌ها در هر مسیر پیشنهادی و ارایه مسیر برگزیده

در گام بعدی به دو مسیر پیشنهادی یک و دو، با استفاده از معیارها با یکدیگر مقایسه شدند و در هر معیار به آنها نمره داده شد. این کار توسط کارشناسان انجام شد. همانطور که در جدول ٤ مشاهده می‌شود در هر معیار دو گزینه با یکدیگر مقایسه شدند و امتیاز ۱۰ بین دو گزینه تقسیم شد.

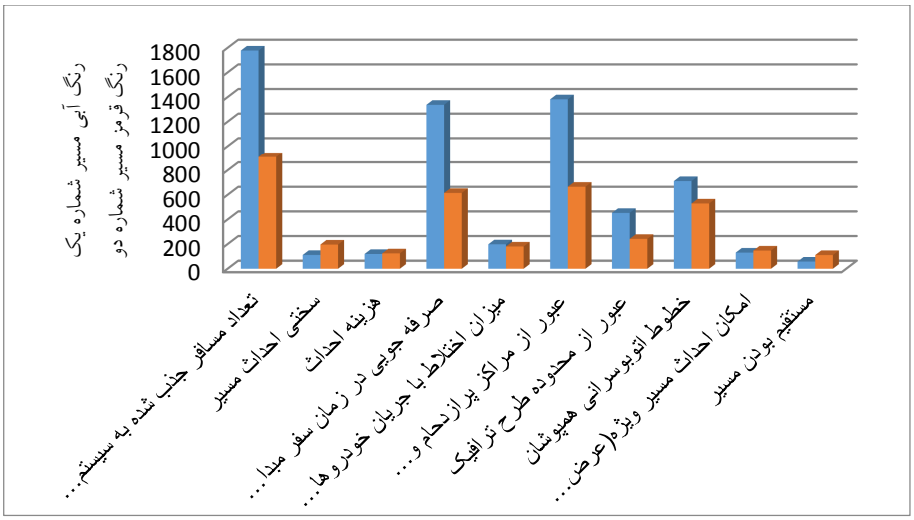
در نهایت مانند قبل وزن هر معیار در هر گزینه محاسبه گردیده است. جدول ٤ با تعداد ٦٠ عدد پرسش‌نامه توسط کارشناسان حوزه حمل‌ونقل تکمیل گردید. در نهایت نتایج هر دو بخش در شکل ۵ و جدول ۵ خلاصه، به نحوی که وزن هر معیار در دو گزینه مشخص شد. سپس وزن هر معیار در وزن معیار مرتبط با مسیر ضرب کرده و حاصل بدست آمده برای هر معیار در مسیر با هم جمع شد. مقدار عددی جمع معیارهای هر مسیر عدد بالاتری بود به عنوان مسیر برگزیده انتخاب شد. نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد گزینه یک دارای وزن بیشتری است. شکل ۵، حاصلضرب وزن معیارها در وزن معیارهای مسیر را نشان می‌دهد. براساس این شکل، وزن معیارها در مسیر شماره یک تفاوت قابل ملاحظه‌ای با مسیر شماره دو دارد. بنابراین، مسیر شماره یک با نمره ٦٢٧٩/٦ به‌عنوان گزینه پیشنهادی در نظر گرفته شد.

جدول ٤. نمره هر گزینه در معیارها

معیارها	مسیر	۱	۲	۳	٤	۵						٦٠	جمع	وزن
A	۱	۷	۵	۵	۸	۸						۷	۳۹۷	۰/٦٦
	۲	۳	۵	۵	۲	۲						۳	۲۰۳	۰/۳٤
B	۱	۲	۲	۲	۵	۵						۲	۲۱۸	۰/۳٦
	۲	۸	۸	۸	۵	۵						۸	۳۸۲	۰/٦٤
C	۱	۳	۵	۵	٦	٦						۳	۲۹٤	۰/٤۹
	۲	۷	۵	۵	٤	٤						۷	۳۰٦	۰/۵۱
D	۱	۸	۹	۸	٦	٦						۸	٤۱۱	۰/٦۸
	۲	۲	۱	۲	٤	٤						۲	۱۸۹	۰/۳۱
E	۱	۳	٦	۳	٦	٦						۳	۳۱٤	۰/۵۲
	۲	۷	٤	۷	٤	٤						۷	۲۸٦	۰/٤۸
F	۱	۸	۹	۸	۷	۷						۸	٤۰۵	۰/٦۷
	۲	۲	۱	۲	۳	۳						۲	۱۹۵	۰/۳۲
G	۱	۸	۱	۵	۹	۳						۸	۳۹۱	۰/٦۵
	۲	۲	۹	۵	۱	۷						۲	۲۰۹	۰/۳۵
H	۱	۷	۵	٦	۵	۹						۷	۳٤٤	۰/۵۷
	۲	۳	۵	٤	۵	۱						۳	۲۵٦	۰/٤۳
I	۱	٤	٤	۵	۳	۵						٤	۲۸۲	۰/٤۷
	۲	٦	٦	۵	۷	۵						٦	۳۱۸	۰/۵۳
J	۱	۲	۳	۲	۲	۲						۲	۲۰٦	۰/۳٤
	۲	۸	۷	۸	۸	۸						۸	۳۹٤	۰/٦٦

جدول ۵. خلاصه نتایج وزن‌دهی گزینه‌ها

معیارها	وزن معیارها	مسیر یک	مسیر دو	وزن معیار × وزن معیار مسیر۱	وزن معیار × وزن معیار مسیر۲
A	۲٦/۸	٦٦/۲	۳۳/۸	۱۷۷۷/٦	۹۰۸/۹
B	۳/۱	۳٦/۳	٦۳/۷	۱۱۱/۹	۱۹٦/۱
C	۲/٤	٤۹	۵۱	۱۱۹/۷	۱۲٤/٦
D	۱۹/۵	٦۸/۵	۳۱/۵	۱۳۳۷/۳	٦۱٤/۹
E	۳/۸	۵۲/۳	٤۷/۷	۱۹۸/۱	۱۸۰/٤
F	۲۰/۵	٦۷/۵	۳۲/۵	۱۳۸۱/۹	٦٦۵/٤
G	٦/۹	٦۵/۲	۳٤/۸	٤۵۲/۹	۲٤۲/۱
H	۱۲/٤	۵۷/۳	٤۲/۷	۷۱۱/۲	۵۲۹/۳
I	۲/۸	٤۷	۵۳	۱۳۰/٦	۱٤۷/۳
J	۱/۷	۳٤/۳	٦۵/۷	۵۸/۱	۱۱۱/۲
جمع	۱۰۰	۵٤۳/۷	٤۵٦/۳	٦۲۷۹/٦	۳۷۲۰/٤



شکل ۵. نمودار وزن معیارهای در وزن معیارهای مسیر

۵- نتیجه‌گیری

شهر کرج یکی از کلانشهرهای ایران در مجاورت پایتخت از مهاجرپذیرترین شهرهای کشور می‌باشد که با توجه سفرهای زیاد بین شهری از کرج به تهران و بلاعکس و سفرهای درون شهری داشتن سیستم مناسب حمل‌ونقل شهری در این شهر بیش از پیش نیاز است. سیستم اتوبوس تندرو با توجه به هزینه کم و در دسترس بودن و نیاز به کم به ایجاد زیر ساختها می‌تواند گزینه مناسبی برای این شهر باشد. از طرفی مسیریابی درست این سیستم می‌تواند شهروندان را ترغیب به استفاده از این سیستم نماید. در این پژوهش دو مسیر در نظر گرفته شد که ابتدای هر دو مسیر پایانه شهید سلطانی در نظر گرفته شد. این محدوده به عنوان ابتدای دو مسیر پیشنهادی در نظر گرفته شده است. مسیر شماره یک با توجه به داده‌های آماری معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری کرج از پرترافیک‌ترین مسیرهای شهر کرج و از اصلی‌ترین معابر شهر می‌باشد که ترافیک شمال و جنوب شهر به آن تخلیه می‌شود. خط دو پیشنهادی و شهرکهای مجاور آن که در چند سال اخیر به شدت در حال رشد می‌باشد نیز دارای ترافیک و حجم بالای سفر می‌باشد که در آینده نیز با مشکلات عدیده ترافیکی روبه‌رو خواهد شد. با مقایسه نمره‌های معیارهایی که به صورت زوجی مورد مقایسه قرار گرفت خط یک با توجه به کسب بیشترین نمره مسیر پیشنهادی برای احداث در نظر گرفته شده است. با توجه نتایج به دست می‌توان نتیجه گرفت سه معیار: ۱-تعداد مسافر جذب شده به سیستم حمل‌ونقل عمومی، ۲-عبور از مراکز پرجمعیت ۳-صرفه‌جویی در زمان سفر، وزن بیشتری در انتخاب مسیر دارد. از این میان تعداد مسافر جذب شده به سیستم حمل‌ونقل عمومی را می‌توان با اصلاح و یا همپوشان کردن مسیرهای سیستم‌های دیگر حمل‌ونقل با مسیر خطوط اتوبوس تندرو افزایش داد که استفاده از سیستم و رضایت استفاده کننده‌ها را به‌همراه خواهد داشت. از طرفی با همپوشان کردن مسیر اتوبوس تندرو و خطوط اتوبوس شهری، شهروندان را ترغیب به استفاده از این سیستم نمود. عبور از مرکز پرجمعیت یا به عبارتی نقش کاربری در افزایش استفاده از سیستم حمل‌ونقل، می‌توان با طراحی و بازبینی در طرح تفضیلی شهر و نگاه کارشناسانه به افق‌های دورتر و بازبینی در کاربری‌ها می‌توان هم در انتخاب بهترین سیستم و هم مسیریابی بهینه کمک شایانی کرد. کاربری‌ها (عبور از مراکز پرجمعیت) تاثیر دو طرفه بر سیستم اتوبوس تندرو دارد. از یک طرف وجود کاربری‌های جاذب مسافر سبب افزایش وزن این معیار در مسیریابی می‌گردد و از طرف دیگر همجواری این سیستم سبب افزایش ارزش کاربری‌ها مجاور آن شده موجب تغییر کاربری‌ها و ترغیب به ایجاد کاربری و مکان‌های جاذب سفر به دلیل در دسترس شدن کاربری مورد نظر می‌گردد. می‌توان نتیجه گرفت استفاده از معیارهای دهگانه در این تحقیق و تأثیر زوجی آنها کمک شایانی در تصمیم‌گیری می‌نماید که می‌تواند در بررسی سیستم‌های دیگر حمل‌ونقل چه از نظر مسیریابی و یا مقایسه سیستم‌های حمل‌ونقل و انتخاب بهترین سیستم از بین چند سیستم کمک نماید و در انتخاب نوع سیستم متولیان این حوزه را کمک نماید. استفاده از این معیارها به کمک

معیارهای دیگر نظیر میزان آلایندگی، کرایه و... و معیارهای مربوط به هر سیستم (کمی، کیفی) دیگر و مقایسه آن می‌تواند راهگشای انتخاب درست باشد.

٦-مراجع

-اجزاء شکوهی، م، خوشاب، ع، علائی، ر، (۱۳۹۳)، "ارزیابی عملکرد اتوبوسهای تندرو در شهر مشهد با تاکید بر مولفه‌های توسعه پایدار"، ششمین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، ص.۱۱-۱۲.

-بیتی، ح، پناهی، س، سلیمی، م، (۱۳۹۳)، "تحلیل سامانه حمل‌ونقل اتوبوس‌های تندرو شهری (BRT) و سنجش تحولات و تاثیرات اجتماعی و اقتصادی ناشی از آن بر حوزه‌های پیرامون در کلانشهر تبریز، جغرافیا و برنامه‌ریزی"، دوره ۱۸، شماره ٤۹، ص. ۱۹ تا ۵۳.

-حاتمی‌نژاد، ح.، پوراحمد، ا.، فرجی سبکبار، ح.، عظیمی، آ.، (۱۳۹۳)، "سنجش میزان رضایت استفاده‌کنندگان از سیستم حمل‌ونقل عمومی در منطقه البرز جنوبی"، اقتصاد و مدیریت شهری، دوره ۳، شماره ۹، ص. ۱۰۵ تا ۱۲۳.

-حاجیان، ح.، برادران، و.، ابوالقاسمی، ن.، (۱۳۹٤)، "بررسی تاثیر خطوط تندرو بر حمل‌ونقل شهری با رویکرد شبیه‌سازی"، چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک (نمونه موردی: خط ۵ اتوبوس تندرو تهران)، ص. ۱-۱۱.

-درستکار، ا.، عبدلی، ش.، (۱۳۹٤)، "تأثیرات ترافیکی سامانه اتوبوسرانی تندرو بر شبکه حمل‌ونقل محلات شهری (موردپژوهی: مسیرخط ۷ بی‌آرتی منطقه ٦ تهران)"، مطالعات محیطی هفت حصار، دوره ٤ شماره، ص. ۳۱- ٤۰.

-زیاری، ک.، منوچهری، ا.، محمدپور، ص.، ابراهیم‌پور، ا. (۱۳۹٤)، "ارزیابی سیستم حمل‌ونقل عمومی بی‌آرتی شهر تبریز با استفاده از رویکرد تحلیل عوامل استراتژیک"، فصلنامه مدیریت شهری، شماره ۲۷، ص. ۷۹-۹۸.

-ساجدی‌نژاد، آ.، حسن‌نایبی، ع.، (۱۳۹۵)، "طراحی سامانه‌های عملیاتی در سیستم اتوبوسرانی به منظور ساماندهی حمل‌ونقل مسافر درون‌شهری"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال سی و یکم، شماره چهارم، شماره پیاپی ۱۲۳.

-شعبانی، م.، پورمعلم، ن.، (۱۳۸۸)، "مسیریابی سامانه اتوبوس تندرو (BRT) به روش ابتکاری با معیار پوشش هزینه"، پایان نامه دانشگاه بین‌المللی امام‌خمینی (ره)، قزوین، دانشکده مهندسی عمران.

-صدیق‌باور، م.، حدیقه‌جوانی، م.، (۱۳۹۰)، "ارزیابی و تحلیل عملکرد سیستم حمل‌ونقل سریع اتوبوسرانی در کلان شهرها توسط نرم‌افزار AIMSUN"، دهمین کنفرانس مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک ایران، تهران، سازمان حمل‌ونقل و ترافیک تهران.

-طاهرخانی، ح.، طاهریان، آ.، (۱۳۹٦)، "زمانبندی حرکت اتوبوسهای BRT با در نظر گرفتن محدودیتهای ترافیکی حاصل از زمانهای متغیر چراغهای راهنمایی و رانندگی، نشریه مدیریت شهری، شماره ٤۷.

-عبدی، م.، فاروقی، ف.، رحیمی کاکه جوب، آ.، (۱۳۹۲)، "سنجش کارایی سامانه حمل‌ونقل همگانی در شهر یزد"، دوره ۱۳، شماره ۳۰،ص. ۲۲۹-۲۵۰.

-فرتوکزاده، ح.، رجبی نهوجی، م.، (۱۳۹۰)، "مدل‌سازی پویای ترافیک کلانشهرها به منظور ارایه سیاستهای بهبود حمل‌ونقل (نمونه موردی: کلان شهر تهران)"؛ پژوهشنامه حمل‌ونقل، سال نهم، شماره اول، ص. ٦۳-۸۱.

-فلفلانی، م.، صفاریان، م.، (۱۳۹٤)، "تجزیه و تحلیل و بهینه‌سازی پارامترهای موثر بر سیستم اتوبوس‌های بی‌آرتی به وسیله تکنیک شبیه‌سازی گسسته-پیشامد، پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک"، ص. ۱-۱۳.

-قضائی، م.، فرهمندی، ا.، عطارزاده طوسی، ه.، (۱۳۹۷)، "ارزیابی عملکرد خطوط اتوبوسرانی با استفاده ترکیبی سه گانه از مدلهای تحلیل پوششی داده‌ها، آنتروپی و تاپسیس، معماری و شهرسازی آرمانشهر، شماره ۲۳، ص. ۳۰۷-۳۱۸.

-قهری، م.، لحمیان، ر.، آزاده دل، ی.، (۱۳۹۳)، "ارزیابی موقعیت ایستگاههای اتوبوس و تاکسی بر اساس مدل AHP با استفاده از GIS"، فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی شهری، سال دوم، شماره هفتم، ص. ۱۲۷-۱٤٦.

-مجیدی خامنه، ب.، محمدیان مصمم، ح.، ضرغامی، س.، غفوری، ی.، (۱۳۹۵)، "ارزیابی اثرات توسعه حمل‌ونقل عمومی (مترو و بی‌آرتی) بر کاربری زمین شهری

(نمونه موردی: منطقه ۷ شهرداری تهران)"، پژوهش‌های دانش زمین، سال هفتم، شماره ۲۷، ص. ٤٤-٦٤.

-محمدزاده، ز.، سرایی، م.، (۱۳۹۳)، "بررسی میزان اثربخشی سیستم اتوبوس‌های تندرو در شهر مشهد"، جغرافیا و برنامه‌ریزی دوره ۱۸ شماره ٤۹، ص. ۱۱۹- ۱۳۷.

-مختاری‌ملک‌آبادی، ر.، (۱۳۹۷)، "تحلیل و ارزیابی سامانهٔ اتوبوس‌های سریع‌السیر (BRT) شهر اصفهان براساس استانداردهای مؤسسهٔ ITDP" ، دوره ۲۹، شماره ۲.

-ملاشاهی، ح.، بذرافشان مقدم، ب.، محتشمی، ت.، (۱۳۹٦)، "بررسی شاخص‌های کمی و کیفی موثر در ارزیابی عملکرد سامانه اتوبوس‌های تندرو با رویکرد توسعه پایدار (مطالعه کلان شهر مشهد)، مطالعات شهری، دوره ٦، شماره ۲۳.

-نوروزی آورگانی، ا.، (۱۳۹۳)، "ارزیابی عملکرد و سنجش میزان رضایتمندی از سیستم اتوبوسرانی تندرو در کلان شهر اصفهان"، برنامه‌ریز فضایی، سال ٤، شماره اول، ص. ۱٤۳-۱٦۸.

-Adeyinka P. A., (2019), "Assessment of the Influence of Lagos Bus Rapid Transit Scheme (BRT-Lite) on Road Traffic Crashes (RTC) on Lagos Mainland-Island Corridor", The Open Transportation Journal, Vol. 13, pp. 102-109.

-Afolabi O. J, Fashola O. K., (2016), "Assessment of Bus Rapid Transit in Efficient of Movement of Commuters in Lagos State. European Journal of Humanities and Social Sciences, Vol. 35, No.1, pp. 1951-1965.

-Chen, X., Yu, L. Zhang, Y., Guo, J., (2009), "Analyzing urban bus service reliability at the stop, route and network levels", Transportation Research Part A43, pp. 722-734.

-Currie, G., (2005), "The Demand Performance of Bus Rapid Transit Journal of Public Transportation", Vol. 8, No. 1.

-Deng, T. and J.D. Nelson, (2013), "Bus Rapid Transit implementation in Beijing: An evaluation of performance and impacts. Research in Transportation Economics, Vol.39, No.1. pp. 108- 113.

-Huang, A., Shen, J. & Guan, W., (2017), "Study on Bus Route Evaluation System in Beijing bases on AHP, In: Proceedings of the 2007 IEEE, Intelligent transportation Systems Conference", Seattle, WA, USA, pp. 419-424.

-Qavami, S., Karimi, A., & Mesgari, M., (2011), "Evaluating Bus Lines by Using Geospatial Information System and Data Envelopment Analysis: A Case Study of Tehran Bus Lines". Journal of Transportation Engineering, Vol.2, No.3, pp. 261-271.

-Saraei, M., & Mohamadzade, Z., (2014), "Assessment of the Effectiveness of BRT System in Mashhad. Journal of Geography and Planning", Vol. 18, No.49, pp. 119-137.

-Sheth, C., Triantis, K., Teodorovic, D. (2007), Performance evaluation of bus routes: A Provider and Passenger Perspective, Transportation Research Part E43, pp.453-478.

-Soltani, A., (2012), "An Ordered Logit Regression Model for Evaluation of Passenger Satisfaction of Shiraz Bus System. Motaleate Shari. Vol.1, No.2, pp.101-112.

-Soltani, A., Zargari Marandi, E., & Esmaili Ivaki, Y., (2013), "Bus Route Evaluation Using A Two-Stage Hybrid Model Of Fuzzy AHP And TOPSIS". Journal of Transport Literature, Vol.7, No. 3, pp. 34-58.

-Wirasinghe, S. C., Vandebona, U., (2011), "Route Layout analysis for express buses, Transportation Research Part C 19, pp. 374-385.

Investigating the Criteria for Determining the BRT Route (Case Study of Karaj City)

S. F. Faezi, Department of Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran.

M. R. Keymanesh, Department of Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran.

M. Sasani, M.Sc., Grad., Department of Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran.

Email: farzin_faezi@yahoo.com

Received: June 2019- Accepted: October 2019

ABSTRACT

Due to the large volume of travel and the increasing importance of travel time for travelers, the design of efficient systems and their routing are of great importance. Designers are faced with a wide range of types of criteria in choosing the optimal route for these systems. Therefore, the purpose of this study is to examine the effective parameters determining the direction of the BRT and determine the optimal route based on the multi-criteria decision making method. The research method was descriptive-analytic and using questionnaire technique. In the first step, the criteria for affecting bus routing were selected by the first questionnaire and transport experts and, based on the Likert scale, these criteria were prioritized. In the second step, according to the criteria previously obtained, the proposed Routes were given from zero to ten grades. Criteria were weighted with the help of decision-making software based on the AHP model, and the weight of each criterion was determined for each Route. Ten effective measures have been identified in the selection of BRT route, which is the most important criterion for the number of passengers attracted to public transportation in the current situation. The proposed option of the route No. 1 from the hesarak in Shahid Beheshti Street to the Shahid Soltani Terminal and the proposed route Route 2 from the Shahid Soltani Terminal to the Mallard Square were selected. Based on the effective criteria of the best route, the suggested route was considered as Soltani Terminal to Hesarak.

Keywords: BRT, Karaj, Multi-criteria Decision Making, Public Transportation, Questionnaire