

ارزیابی عملکرد سیستم اتوبوس تندرو (بی آر تی)

(مقاله پژوهشی)

سید فرزین فائزی^۱، مصطفی ساسانی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۲۹

چکیده

افزایش سریع وسایل حمل و نقل موتوری به ویژه اتومبیل و استفاده بیش از حد از آن در شهرهای کشور، همراه با رشد جمعیت و گسترش بی رویه آن و نیز عدم برنامه ریزی های علمی و جامع و فقدان یک سیستم حمل و نقل عمومی کارآمد، باعث بروز مشکلاتی نظیر آلودگی های شدید زیست محیطی، تراکم های ترافیکی زیاد و خسته کننده، اتلاف وقت زیاد شهروندان، مصرف بیش از حد انرژی، ناامنی جاده ها و تصادفات منجر به جرح و مرگ شده است، به نحوی که زندگی در شهرهای بزرگ را دشوار ساخته است. از این رو هدف این تحقیق، ارزیابی عملکرد سیستم اتوبوس بی آر تی در کلان شهر کرج بر اساس شاخص های حمل و نقلی است. روش جمع آوری اطلاعات در این پژوهش به صورت اسنادی کتابخانه ای و میدانی از طریق پرسش نامه است. ابتدا بر اساس اطلاعات پرسش نامه و انجام مصاحبه با کارشناسان خبره در حوزه حمل و نقل و مدیریت شهری کرج و با استفاده از طیف لیکرت، معیارهای موثر در ارزیابی عملکرد سامانه اتوبوس های تندرو تعیین شدند. سپس با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به اولویت بندی معیارها پرداخته شد. اطلاعات با نرم افزار SPSS تحلیل شدند. نتایج نشان داد از میان ۲۳ معیار شناسایی شده، ده معیار در عملکرد بی آر تی موثر است که مهم ترین معیار، ازدحام جمعیت با وزن (۰/۲۵۹) است. در بین معیارهای مورد بررسی، معیارهای سرفاصله زمانی با وزن (۰/۲۲۵)، زمان سفر با وزن (۰/۱۸۴) در اولویت بعدی قرار گرفت.

کلیدواژه ها: بی آر تی، کرج، تصمیم گیری چند معیاری، حمل و نقل عمومی، عملکرد.

۱. استادیار گروه علمی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، نویسنده مسئول: farzin_faezi@yahoo.com

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد حمل و نقل، دانشگاه پیام نور، تهران، Eng_ma_1985@yahoo.com

افزایش جمعیت و توسعه شهرها در سال‌های اخیر باعث ایجاد مشکلات فراوانی در زندگی عادی بشر شده است. یکی از این مسائل که حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری است و امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است (سیریل^۱، ۲۰۱۹؛ امان‌پور و همکاران، ۱۳۹۵، بلاغی و همکاران، ۱۳۹۲). در سال‌های اخیر، با توجه به افزایش فرایند تدریجی حومه‌نشینی در بیشتر کلان‌شهرها، میزان استفاده از اتومبیل نیز افزایش یافته است (ساجدی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، درصدی از جمعیت، مالکیت اتومبیل را ابزاری برای ارتقای موقعیت اجتماعی، آزادی فردی و موفقیت شخصی خود می‌دانند. در حقیقت در بسیاری از کلان‌شهرها به‌علت موقعیت ناکارآمد حمل‌ونقل عمومی، افراد این امر را یک تصمیم منطقی دانسته که از اتومبیلی با کیفیت مطلوب به‌عنوان یک وسیله خدماتی برخوردار باشند (شریفی و همکاران، ۱۳۹۳؛ حاتمی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۳). امروزه با توجه به شرایط اقتصادی-اجتماعی و زیست‌محیطی کلان‌شهرها، هرگونه مدیریت درست در برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری برای توسعه و گسترش سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی، تاثیر به‌سزایی در حمل‌ونقل شهرها و به‌تبع آن حل مشکلات ناشی از آن خواهد داشت (قهری و همکاران، ۱۳۹۳؛ زبیری و گوهرپور، ۲۰۱۹). بایستی توجه داشت که چالش‌های ناشی از ازدحام وسایل نقلیه در سطح کلان‌شهرها، مشکلات زیست‌محیطی و همچنین افزایش هزینه‌های اقتصادی را به همراه خواهد داشت. در صورت عملکرد مناسب سیستم حمل‌ونقل عمومی، علاوه بر رضایت‌مندی بیشتر کاربران این سیستم‌ها، بخش عمده‌ای از استفاده‌کنندگان حمل‌ونقل شخصی نیز به آن جذب خواهند شد و بدین وسیله بار ترافیکی موجود در شبکه و عوارض منفی ناشی از آن کاهش خواهد یافت. به‌همین دلیل است که عمده متخصصان معتقدند که توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی از نیازهای اساسی کلان‌شهرها است (نوروزی، ۱۳۹۳؛ سین^۲ و همکاران، ۲۰۱۷؛ ونکدش^۱ و همکاران، ۲۰۱۸).

1. Cyril
2. Xin

افزایش روزافزون جمعیت شهر کرج و عدم توسعه متناسب شبکه راه‌ها در شهر و هم‌چنین عملکرد ضعیف حمل‌ونقل همگانی در این شهر باعث شده تا نیازهای مسافران در جابه‌جایی سریع، ایمن، ارزان و مطابق استانداردها مرتفع نشود. با توجه به شبکه ضعیف راه‌ها در شهر با وجود طرح‌های توسعه به‌دلیل عدم وجود زیرساخت‌های شهری، عدم وجود معابر کافی برای جابه‌جایی و تردد و عوامل محدود کننده شهری مانند رشته کوه‌های البرز و رودخانه کرج، نیازهای شهروندان نمی‌تواند برطرف شود. از طرفی در سال‌های اخیر یکی از گرایش‌های مورد توجه در حمل‌ونقل عمومی در شهر کرج اجرای مدل‌های حمل‌ونقل عمومی سریع از جمله سیستم اتوبوس بی‌آرتی بوده است. اجرای موفق این سیستم در شهر می‌تواند نتایج فراوانی از جمله کاهش آلودگی صوت و هوا، افزایش ایمنی مسافران، کاهش زمان تأخیر سفر استفاده‌کنندگان از حمل‌ونقل عمومی، استفاده بهتر از ظرفیت ناوگان اتوبوس‌رانی و کاهش استفاده از خودروی شخصی از طریق جلب مسافر، کاهش هزینه‌های اقتصادی برای مسافران و مدیریت شهری و ... را به‌همراه داشته باشد. لذا با توجه به این‌که هدف اصلی هر سیستم جلب رضایت مشتریان است، لذا در این پژوهش معیارهای موثر در عملکرد سیستم اتوبوس بی‌آرتی مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بنابراین این مطالعه به‌دنبال پاسخ به این سوال اساسی است که چه معیارهایی در عملکرد اتوبوس تندرو بی‌آرتی به‌روشنی تصمیم‌گیری چند معیاری موثر است؟

پیشینه و مبانی نظری

سامانه اتوبوس‌رانی تندرو یک سامانه سریع اتوبوسی و در راستای سیاست توسعه حمل‌ونقل همگانی است که ناوگان، مسیرها و عناصر سیستم هوشمند ترافیک را در یک سیستم یک‌پارچه تلفیق کرده است (افولابی^۱، ۲۰۱۶؛ آدرینکا^۳، ۲۰۱۹). این سامانه

1. Venkatesh
2. Afolabi
3. Adeyinka

ترکیبی از اختصاص مسیر و هم‌چنین اولویت‌دهی به اتوبوس‌ها است. در زمینه بررسی عملکرد سیستم حمل‌ونقل و به‌طور خاص عملکرد اتوبوس‌های تندرو پژوهش‌های فراوانی صورت گرفته است. در ارزیابی میزان اثربخشی اتوبوس‌های تندرو در شهر مشهد، ابتدا عوامل مؤثر در میزان اثربخشی اتوبوس‌های تندرو جمع‌آوری شدند و سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی میزان کارایی هر یک از مسیرهای بی‌آرتی در شهر مشهد مشخص شدند. نتایج پژوهش نشان‌دهنده اثربخشی بالای مسیر که شرق به غرب کلان‌شهر مشهد را پوشش می‌دهد است (سرایبی و محمدزاده^۱، ۲۰۱۴). ویراسینگ^۲ و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی توصیفی عملکرد اولین خط اتوبوس تندرو شهر استانبول که در سال ۲۰۰۷ راه‌اندازی شده است پرداختند. در این مطالعه کاربرد، مشخصات، سود و زیان این خط که تنها خط بین قاره‌ای است شرح داده شده و دلایل و زمینه ایجاد فرهنگ عمومی استفاده از حمل‌ونقل سریع توسط کل مسافران حمل‌ونقل عمومی توضیح داده شده است. سلطانی و همکاران (۲۰۱۳) 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: طراحی مسیر، زمان‌بندی اتوبوس‌ها، معیار اقتصادی و راحتی مسافران است. دنگ و نلسون (۲۰۱۲) در مطالعه سامانه اتوبوس‌رانی تندرو بیان کردند که این سامانه علاوه بر 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. پدروسا و همکاران^۳ (۲۰۱۸) با هدف ارزیابی کارایی عملکرد سامانه حمل‌ونقل همگانی در شهرهای سوئد، نشان داد کیفیت عملکرد سیستم حمل‌ونقل و کارایی هزینه در طول سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹

1. Saraei & Mohamadzade
2. Wirasinghe
3. Pedrosoa

کاهش یافته است. بر این اساس وی پیشنهادهایی را درخصوص تراکم مسیرها با توجه به مسائل ایمنی و زیست محیطی ارائه داده است. قوامی و همکاران (۲۰۱۱) 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. کیوری (۲۰۰۵) 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 داده است که سامانه حمل‌ونقل ریلی و اتوبوس بی‌آرتی به‌ترتیب بالاترین ضریب عملکرد را داشته‌اند، اما به‌لحاظ هزینه‌های کمتر سامانه اتوبوس بی‌آرتی پیشنهاد به توسعه آن شده است.

نتایج تحقیق قضائی، فرهنگدی و عطارزاده طوسی (۱۳۹۷) 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 کند. 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. در تحقیقی، بهینه‌سازی زمان‌بندی حرکت اتوبوس‌ها از مبدا انجام شد و هدف مینیمم کردن زمان انتظار مسافر در ایستگاه و طول زمان سفر است (طاهرخانی و طاهریان، ۱۳۹۶). مختاری ملک‌آبادی (۱۳۹۶) در تحقیقی به ارزیابی عملکرد سامانه بی‌آرتی در کلان‌شهر اصفهان، براساس شاخص‌های حمل‌ونقل از دیدگاه مسافران پرداخته است. نتایج تحقیق حاکی از عملکرد مثبت رضایتمندی مسافران آن براساس اهداف حمل‌ونقل در کلان‌شهر اصفهان است. ملاشاهی، بذرافشان مقدم و محتشمی (۱۳۹۶) با تعیین معیارهای موثر در ارزیابی کارایی سامانه اتوبوس‌های تندرو با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی، به اولویت‌بندی شاخص‌های هر معیار در شهر مشهد پرداختند. در

ارزیابی کارآیی بی.آر.تی در بین معیارهای مورد بررسی، معیار منافع کاربران با شاخص‌های راحتی، صرفه‌جویی در هزینه، کاهش زمان سفر، کاهش استهلاک وسیله‌نقلیه شخصی، کاهش محرومیت اجتماعی، تنوع در گزینه‌های حمل‌ونقلی و آثار زیست‌محیطی از بالاترین اولویت برخوردار بودند. در میان شاخص‌ها، ایمنی و آلودگی هوا از عواملی تعیین شد که سبب ارزیابی بهتر خواهند شد.

مجیدی خامنه و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی، تأثیرات شبکه حمل‌ونقل عمومی (مترو و بی.آر.تی) بر کاربری زمین در منطقه ۷ شهرداری تهران را مورد بررسی قرار دادند. مقایسه شاخص‌ها در یک بازه زمانی ده ساله (۱۳۸۰-۱۳۹۰) نشان‌دهنده رابطه مستقیم و در مواردی رابطه معکوس بین متغیرهای تحقیق دارد. نتایج بیان‌گر تاثیرگذاری حمل‌ونقل عمومی (مترو و بی.آر.تی) بر کاربری زمین در راستای تبدیل یا تغییر کاربری‌ها در منطقه بوده است. در پژوهشی از ۶ ایستگاه متوالی از خط ۳ بی.آر.تی 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 بی.آر.تی ارائه شد (فلفلانی، صفاریان، ۱۳۹۴). حاجیان و همکاران (۱۳۹۴) از رویکرد شبیه‌سازی برای بررسی آثار 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 بی.آر.تی مشاهده شد. ارزیابی سامانه بی.آر.تی خط ۷ منطقه ۶ شهر تهران تا حد قابل توجهی اثرات ترافیکی ناشی از استفاده وسایل‌نقلیه دیگر در منطقه را کاهش داده و اثر مثبتی بر شبکه حمل‌ونقل منطقه گذاشته است. اثری که به خودی‌خود نشان‌دهنده قابلیت بالای سامانه اتوبوس‌رانی تندرو بی.آر.تی است (درستکار و عبدلی، ۱۳۹۴). بی‌تی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیق خود به دنبال یافتن آثار متفاوت اجرای سامانه حمل‌ونقل اتوبوس‌های تندرو بر بافت مسکونی و تجاری تحت اثر خود در کلان‌شهر تبریز بوده‌اند. بر این اساس با

استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و پژوهش‌های میدانی شاخص‌های تاثیرگذار مسیر اتوبوس بی‌آرتی بر همسایگی‌های مجاور مشخص شده است. یافته‌های این مطالعه نشان داده که واکنش حوزه‌های درگیر با کاربری‌های متفاوت مسکونی و تجاری نسبت به این طرح متفاوت است و اجرای طرح دارای تاثیرات مثبت و منفی بر بافت پیرامون خود بوده است. این طرح اگرچه توانسته است رضایت نسبی ساکنان اطراف مسیر را تامین نماید، ولی در رضایت‌مندی کسبه اطراف ناموفق بوده است. نتایج تحقیق حاتمی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد عوامل اساسی در رضایت‌مندی از سامانه بی‌آرتی عبارت است از: خدمات سرعت، رفتار و خصوصیات فیزیکی اتوبوس‌ها. سقایی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی به ارزیابی عملکرد سیستم اتوبوس بی‌آرتی در شهر اصفهان براساس شاخص‌های حمل‌ونقلی از دیدگاه مسافران پرداخته‌اند. نتایج تحقیق حاکی از عملکرد مثبت این خط و رضایت‌مندی مسافران آن براساس اهداف حمل‌ونقلی، در کلان‌شهر اصفهان است. نوآوری تحقیق حاضر، ارائه روندی برای محاسبه عملکرد در یک خط خاص اتوبوس بی‌آرتی از دید کاربران و اداره‌کنندگان است، به‌گونه‌ای که تمامی پارامترهای موثر را در نظر گرفته و در ضمن قابلیت به‌روز شدن در سال‌های آتی را نیز دارد.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر توصیفی-تحلیلی است و از دو روش کتابخانه‌ای و میدانی برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده شده است. ابتدا با استفاده از داده‌ها و نقشه‌های طرح تفصیلی شهر کرج هم‌چنین مطالعات ترافیکی معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهر کرج، معیارهای موثر بر عملکرد سیستم اتوبوس بی‌آرتی به کمک پرسش‌نامه اول و کارشناسان حوزه حمل‌ونقل تعیین شد. توسط پرسش‌نامه دوم معیارها به‌روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) وزن‌دهی شد. این وزن‌دهی توسط ۶۰ پرسش‌نامه توسط کارشناسان حوزه حمل‌ونقل انجام شد. جامعه آماری این تحقیق از کارشناسان و متولیان حوزه حمل‌ونقل که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم ارتباط دارند و کارشناسانی

با مدرک حداقل کارشناسی عمران و کارشناسان ارشد راه‌وتراپی و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و دانشجویان و فارغ‌التحصیلان دکترا تشکیل شده است. تجزیه و تحلیل داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت پذیرفت. جنسیت، سن، وضعیت جسمانی، تاهل، تحصیلات، شغل، درآمد و مالکیت خودرو به همراه تعداد، علت استفاده، از مواردی است که از پرسش شونده‌گان سوال شد.

یافته‌ها

نتایج آمار ترافیکی شهر کرج

براساس نتایج به‌دست آمده در شرایط حفظ مسیر خطوط و ناوگان حمل‌ونقل فعلی متوسط سرعت عملکردی در شبکه حمل‌ونقل همگانی برابر $17/8$ و در شبکه اتوبوس‌رانی برابر $12/7$ کیلومتر بر ساعت خواهد بود. به این معنی که در صورت عدم بهبود سیستم اتوبوس‌رانی و استفاده از خطوط پرسرعت، زمان سفر با این سیستم افزایش قابل توجهی خواهد داشت. متوسط ضریب استفاده از وسایل نقلیه همگانی نیز حدود $0/74$ است. با توجه به این‌که از کل ظرفیت یک وسیله‌نقلیه همگانی تنها نزدیک به $0/4$ به ظرفیت نشسته اختصاص دارد، رقم $0/74$ بیان‌گر تعداد قابل توجه مسافر ایستاده در سیستم و لزوم اصلاح تعداد ناوگان است (شکل ۱).



شکل شماره ۱- تعداد مسافر جذب شده به شبکه حمل‌ونقل

شهر کرج با ۱/۶۱۵ میلیون نفر جمعیت، براساس مشاهده‌های انجام‌شده در گزارش مطالعات حمل‌ونقل طرح جامع، در یک روز عادی تعداد سفرهای حمل‌ونقل همگانی خارج شده از مناطق ترافیکی شهر کرج و محورهای اطراف حدود ۲۷۴ هزار سفر بوده است که از این مقدار محدود ۱۸۰ هزار سفر مربوط به سیستم اتوبوس‌رانی و حدود ۹۴ هزار سفر نیز مربوط به سیستم مترو است. از حدود ۲۷۴ هزار سفر بالغ بر ۱۷۰ هزار سفر بین ۱۷۲ منطقه ترافیکی داخل کرج انجام شده است و ۱۰۴ هزار سفر نیز با محورهای ۱۱ گانه اطراف شهر کرج تبادل شده است. 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 است. شلوغ‌ترین و پرترافیک‌ترین محدوده شهر کرج در ساعات پیک این محدوده است. این محدوده بیشترین حجم مسافر را با توجه به وجود دو سیستم حمل‌ونقل (مترو و اتوبان) منتقل می‌کند. پایانه‌های دیگر که غالباً مقصد آن پایانه شهید سلطانی و از محور شهید بهشتی عبور می‌کنند، پایانه‌های رجائی‌شهر - گلشهر و حصارک هستند. همچنین پایانه‌هایی که از محور فردیس به پایانه شهید سلطانی در تبادل هستند شامل سهراب انبار نفت و فلکه پنجم فردیس و ملارد هستند. این پایانه‌ها از اصلی‌ترین خطوط مواصلاتی کرج هستند. پایانه شهید سلطانی (مترو کرج) مبداء (یا مقصد) کلیه پایانه‌های اصلی شهر کرج است که نقش کلیدی در حمل‌ونقل شهری کرج و تبادلات برون شهری (مترو تهران) ایفا می‌کند.

در محور شهید بهشتی، ۷ خط اتوبوس با هم‌پوشانی قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود در وضعیت موجود حدود ۷۹۱۰۰ نفر در ساعت در ساعات اوج به وسیله اتوبوس جابه‌جا می‌شوند. همچنین در محور شهید سلطانی ملارد ۴ خط با این مسیر هم‌پوشانی دارد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در وضعیت موجود حدود ۳۲ هزار نفر در ساعت از طریق سیستم اتوبوس‌رانی جابه‌جا می‌شوند. این میزان به مقدار قابل توجهی از مسیر شهید بهشتی کمتر است. از

طرفی کاربری یکی از اصلی‌ترین عوامل تاثیرگذار در جذب سفر است. غالباً کاربری‌ها در محدوده خیابان شهید بهشتی تراکم بالایی از مطب‌های پزشکی و بافت تجاری و مسکونی متراکم، جذب سفر بالایی خواهد داشت. علاوه بر این در محدوده مذکور، حجم بالایی از مسافر از کمال‌شهر که یکی از مراکز جمعیت مهم در اطراف کرج محسوب می‌شود، وجود دارد. در محدوده ملارد نیز بافت شهری مختلفی از مسکونی و تجاری تا زراعی وجود دارد. البته بافت شهری متراکمی وجود ندارد بلکه به‌صورت جزیره‌ای قسمت زیادی از مسیر در اطراف آن محور متمرکز شده است. به بیان دیگر بافت مسکونی تا فاصله کمی از محور اصلی وجود دارد. البته جمعیت و به‌طبع آن ترافیک در سال‌های گذشته رشد بالایی در این محدوده داشته‌اند که نباید از نظر دور بماند.

جدول شماره ۱- مشخصات خطوط اتوبوس (تعداد مسافر جابه‌جا شده) واقع در خیابان شهید بهشتی

ردیف	مبدا	مقصد	تعداد ناوگان هر خط	مسافر جابه‌جا شده هر اتوبوس	کل مسافر جابه‌جا شده
۱		باغستان	۱۳	۷۰۰	۹۱۰۰
۲	پایانه مترو	بنیاد شاهین ویلا	۱۴	۷۵۰	۱۰۵۰۰
۳	شهید سلطانی	سریع السیر حصارک	۱۲	۹۰۰	۱۰۸۰۰
۴	پایانه بلال	به سمت کمال‌شهر	۱۷	۸۰۰	۱۳۶۰۰
۵		فاز ۴ مهرشهر	۱۵	۷۵۰	۱۱۲۵۰
۶	چهار راه امام خمینی (ره)	رجائی شهر	۱۰	۶۰۰	۶۰۰۰
۷		حصارک	۲۱	۸۵۰	۱۷۸۵۰
		جمع			۷۹۱۰۰

جدول شماره ۲- مشخصات خطوط اتوبوس (تعداد مسافر جابه‌جا شده) واقع در جاده ملارد

ردیف	مبدا	مقصد	تعداد ناوگان هر خط	مسافر جابه‌جا شده هر اتوبوس	کل مسافر جابه‌جا شده
۱		شهرک وحدت	۶	۴۶۰	۲۷۶۰
۲	پایانه شهید چمران	اهری	۵	۷۰۰	۳۵۰۰
۳		فردیس	۲۱	۸۰۰	۱۶۸۰۰
۴	مترو شهید سلطانی	فردیس	۱۰	۸۵۰	۸۵۰۰
		جمع			۳۱۵۶۰

نتایج پرسش‌نامه نشان داد مردان استفاده بیشتری از سیستم داشتند؛ هم‌چنین مردان نسبت به زنان میزان رضایت بیشتری از سیستم عنوان کردند. افرادی که استفاده بیشتری از سیستم داشتند دارای سطح رضایت‌مندی بالاتری بوده‌اند. افرادی که به این دلیل از سیستم استفاده کرده‌اند که استطاعت گزینه‌های جایگزین سفر دیگری را نداشتند، رضایت کمی از دسترسی داشتند. هم‌چنین تحصیلات مسافران در چهار سطح: ۱- زیر دیپلم؛ ۲- دیپلم؛ ۳- کارشناسی و ۴- بالاتر از کارشناسی دسته‌بندی شد. ۲۱ درصد زیر دیپلم، ۴۸ درصد دیپلم، ۲۲ درصد کارشناسی و ۹ درصد بالاتر از کارشناسی بودند. بیشترین رضایت مربوط به افراد زیر دیپلم بود. در خصوص مالکیت تعداد خودرو، ۴۸ درصد از پرسش‌شوندگان فاقد خودرو بودند و ۴۳ درصد دارای یک خودرو بودند و ۹ درصد دارای دو خودرو و بیشتر بودند. نتایج نشان می‌دهد که مسافران سیستم به‌طور عمده از اقشار کم درآمد و متوسط به پایین و فاقد تحصیلات دانشگاهی هستند.

معیارهای موثر در عملکرد اتوبوس تندرو

برای پایایی این تحقیق از روش آلفای کرونباخ استفاده شده است که از طریق نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت. براساس بررسی‌های انجام شده، میزان آلفای کرونباخ ۰/۸۱ بوده که از ۰/۷ بزرگ‌تر است، لذا از پایایی قابل قبول برخوردار است. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد داده‌های آماری از توزیع نرمالی پیروی می‌کنند. خطی بودن نقاط، نشان می‌دهند که داده‌ها به‌صورت معمولی توزیع یافته‌اند. نتایج پرسش‌نامه و

آزمون‌های آماری نشان می‌دهد ۲۶ معیار در عملکرد اتوبوس تندرو نقش دارند. این ۲۶ معیار از سه بعد: اداره کننده‌ها، کاربران و زیست‌محیطی تقسیم‌بندی شدند.

معیارهای موثر از دید اداره‌کننده‌ها شامل: ۱- هزینه احداث (از جمله: طول مسیر، تعداد ایستگاه‌ها، تعداد ناوگان مورد نیاز، طول نرده و گاردریل و ...); ۲- هزینه‌های عملیاتی (هزینه‌های شبکه و وسیله‌نقلیه); ۳- درآمد سیستم; ۴- تعداد مسافر جذب شده به سیستم; ۵- کاربری زمین; ۶- سختی احداث مسیر; ۷- امکان توسعه مرحله به مرحله، از دید کاربران; ۸- کیفیت امکانات رفاهی در اتوبوس; ۹- زمان سفر; ۱۰- قیمت بلیط (رضایت از میزان کرایه); ۱۱- عبور از مراکز پر ازدحام و مرکز شهر; ۱۲- ایمنی; ۱۳- امکان ارتباط و دسترسی با مناطق مختلف; ۱۴- هماهنگی موقعیت ایستگاه‌ها با سایر سیستم‌های حمل‌ونقل; ۱۵- سرفاصله زمانی; ۱۶- امکانات مناسب برای استفاده افراد ناتوان; ۱۷- ازدحام جمعیت; ۱۸- رفتار راننده و کارکنان; ۱۹- نحوه پرداخت کرایه; ۲۰- انعطاف‌پذیری; ۲۱- هم‌پوشانی خطوط; ۲۲- میزان اطلاع‌رسانی از ایستگاه و اتوبوس; ۲۳- آلودگی هوا و صوتی، است. ۱۰ معیار موثر بعد از تجزیه و تحلیل به شرح جدول ۳ هستند:

جدول شماره ۳- معیارهای موثر در عملکرد اتوبوس تندرو

معیار	زیرمعیار	اختصار
اداره کننده	هزینه‌های عملیاتی (هزینه‌های شبکه و وسیله‌نقلیه)	A
	درآمد سیستم	B
کاربران	کاربری زمین	C
	کیفیت امکانات رفاهی در اتوبوس	D
	زمان سفر	E
	عبور از مراکز پر ازدحام و مرکز شهر	F
	امکان ارتباط و دسترسی با مناطق مختلف	G
	سرفاصله زمانی	H
	ازدحام جمعیت	I
	آلودگی هوا و صوتی	J
زیست محیطی		

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 ۴). 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 ۵ خلاصه شدند. نرخ ناسازگاری برابر با ۰/۰۷۶ است. با توجه به این که نرخ ناسازگاری کوچک‌تر از ۰/۱ است پس در مقایسه زوج‌ها سازگاری وجود دارد. به این ترتیب، وزن هر معیار در مقایسه با معیارهای دیگر مشخص شد. بر این اساس ازدحام جمعیت بالاترین وزن را در بین معیارها داشته است و پس از آن سرفاصله زمانی اتوبوس‌ها، زمان سفر در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

جدول شماره ۴- مقایسه زوجی بین ده معیار موثر در مسیریابی بی‌آرتی

مقایسه شاخص‌ها	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	۱	۹	۷	۳	۷	۳	۵	۳	۶	۸
B	۰/۱۲۵	۱	۳	۰/۱۵۱	۰/۳۸۸	۰/۱۴۳	۰/۶	۰/۲	۱	۳
C	۰/۱۴۳	۰/۳۸۸	۱	۰/۱۴۳	۰/۳۸۸	۰/۱۴۳	۰/۶	۰/۳۸۸	۱	۳
D	۰/۳۸۸	۷	۷	۱	۱	۱	۶	۶	۵	۷
E	۰/۱۴۳	۳	۳	۰/۱۶۶	۱	۰/۱۴۳	۰/۶	۰/۲۵	۳	۳
F	۰/۵	۷	۷	۱	۷	۱	۱	۳	۶	۷
G	۰/۲	۲	۲	۰/۲	۳	۱	۱	۱	۴	۵
H	۰/۳۸۸	۶	۳	۰/۲	۴	۰/۳۸۸	۱	۱	۵	۶
I	۰/۱۶۶	۱	۱	۰/۱۶۶	۰/۳۸۸	۰/۱۶۶	۰/۲۵	۰/۱۶۶	۱	۳
J	۰/۱۱۱	۰/۳۸۸	۰/۳۸۸	۰/۱۴۳	۰/۳۸۸	۰/۱۴۳	۰/۲	۰/۲	۰/۶	۱

شماره ۵- نتایج وزن هر معیار

وزن	معیارها	وزن	معیارها
۰/۰۴۹	F	۰/۲۵۹	I
۰/۰۳۲	A	۰/۲۲۵	H
۰/۰۲۵	B	۰/۱۸۴	E
۰/۰۲۳	C	۰/۱۱۳	J
۰/۰۱۹	G	۰/۰۷۱	D

بحث و نتیجه‌گیری

توسعه و گسترش شهرنشینی و به‌دنبال آن افزایش تقاضای سفر در سال‌های اخیر، شهرها را با مشکلاتی نظیر ترافیک، نبودن پارکینگ‌های مناسب و کافی، مسائل زیست‌محیطی و غیره مواجه ساخته است. در عین‌حال، حمل‌ونقل عمومی به‌ویژه اتوبوس‌رانی در توسعه کارکردهای شهری از اهمیت خاصی برخوردار است. با توجه به رشد سریع استفاده از سامانه اتوبوس تندرو در اغلب کلان‌شهرهای کشورمان و هم‌چنین لزوم شناخت نقاط ضعف و نیازهای سیستم اتوبوس‌رانی موجود، ما را در انتخاب هرچه بهتر نوع و اجزا سامانه اتوبوس تندرو با توجه به تاثیر هر یک از اجزا بر معیارهای مختلف یاری می‌رساند. تحقیقاتی که تاکنون بر روی ارزیابی عملکرد خطوط اتوبوس‌رانی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته‌اند، کارآمدی و عملکرد خطوط اتوبوس‌رانی را در دو حوزه مدیران و مخاطبان به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار داده‌اند. این درحالی است که دو نکته مذکور باید هم‌زمان با یکدیگر مورد مطالعه قرار گیرند تا بتوان نتایج آنها را بهتر و مؤثرتر با یکدیگر مقایسه کرد تا زمینه‌های لازم برای بهبود هم‌زمان کارایی اقتصادی و عملکرد خطوط فراهم شود، که در این تحقیق این دو مقوله به‌صورت هم‌زمان انجام شده است. مهم‌ترین نتیجه که در این یافته‌ها به‌دست آمد، نشان داد ۱۰ معیار از میان ۲۳ معیار نقش بیشتری بر عملکرد سیستم اتوبوس تندرو بی‌آرتی دارند.

معیار نخست ازدحام جمعیت در اتوبوس است. مسافران ترجیح خواهند داد تا از مزایای هزینه و زمان و ... چشم‌پوشی کنند و در عوض آسایش بیشتری داشته باشند. می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات در میزان ازدحام جمعیت می‌تواند تاثیر زیادی بر روی انتخاب مسافران داشته باشد. هنگامی که تراکم درون وسیله‌نقلیه بیشتر می‌شود، حساسیت مسافران بر روی مورد زمان سفر به شدت بیشتر می‌شود، چرا که مسافران تمایل دارند زمان درون وسیله‌نقلیه در شرایط ازدحام را کاهش دهند و زمان کمتری را در شرایط متراکم سپری کنند.

معیار دوم سرفاصله زمانی دو اتوبوس است. مطلوب بودن فاصله زمانی بین دو اتوبوس و سرعت بیشتر از این معیار به عنوان سرعت، نامبرده می‌شود. سرفاصله زمانی رسیدن اتوبوس‌های متوالی به ایستگاه‌ها، معیار کلیدی در تعیین زمان‌های انتظار مسافران است. سرفاصله زمانی نامنظم وسایل‌نقلیه باعث مسافرگیری غیریکنواخت اتوبوس‌ها و در نتیجه کاهش کیفیت خدمات می‌شود.

معیار سوم زمان سفر است. مدت زمان سفر یکی از اصلی‌ترین معیارهای انتخاب شیوه سفر توسط مسافران است، از این رو کاهش زمان سفر با وسایل حمل‌ونقل عمومی می‌تواند باعث جذب بیشتر سفرها به مدل‌های حمل‌ونقل عمومی شود. زمان سفر شامل زمان سفر با وسیله‌نقلیه، زمان انتظار در ایستگاه، زمان سوار و پیاده شدن و ... است. قابلیت اطمینان بیان‌گر ارائه خدمات به موقع (سر وقت) و با فاصله زمانی منظم است. قابلیت اطمینان ثبات در مدت زمان انتظار مسافران برای رسیدن وسیله‌نقلیه به ایستگاه و همچنین مدت زمان سفر برای رسیدن به مقصد در روزهای مختلف است که کل زمان سفر را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از طرف دیگر سرفاصله زمانی نامنظم وسایل‌نقلیه باعث مسافرگیری غیر یکنواخت اتوبوس‌ها و در نتیجه کاهش کیفیت خدمات می‌شود.

معیار چهارم آلودگی هوا و آلودگی صوتی است. وضعیت نامطلوب آلودگی در بسیاری از کلان‌شهرها به صورت مستقیم، حمل‌ونقل و ترافیک در آنها مرتبط بوده و در کلان‌شهرهایی مانند کرج به علت عدم گسترش سیستم حمل‌ونقل عمومی انبوه، موجب

استفاده بی‌رویه از وسایل نقلیه موتوری توسط شهروندان و انتشار مقادیر زیادی از انواع آلاینده‌های زیست‌محیطی در سطح شهر شده است. به‌همین دلیل در نزدیکی خیابان‌های بزرگ و پرتردد در کلان‌شهرها، نگرانی‌هایی در ارتباط با اثرات سوء آلاینده‌های هوای خروجی از آگزوز وسایل نقلیه بر سلامت ساکنان این مکان‌ها ایجاد شده است.

معیار پنجم کیفیت امکانات رفاهی در اتوبوس است. امروزه کیفیت خدمات داخلی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر فرایند جذب مسافر به‌شمار می‌آید. اگر کیفیت پایین باشد سیستم نمی‌تواند اعتماد مردم را جلب کند و در نتیجه استفاده از خودرو شخصی را بیشتر می‌کند. معیارهای ظاهر، امکانات رفاهی، از دیدگاه مسافران اولویت بالایی دارد.

معیار ششم عبور از مراکز پر ازدحام و مرکز شهر است. مراکز پر ازدحام شهر و با کاربری‌های مترکم می‌تواند نقش مهمی در افزایش ترافیک داشته باشد. کاربری‌های خاص نظیر تجاری، آموزشی (دانشگاه‌ها) و اداری ... جاذب سفرهای شهری است. در صورت عبور خطوط اتوبوس تندرو از این 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.

معیار هفتم هزینه‌های عملیاتی (هزینه‌های شبکه و وسیله‌نقلیه) و معیار هشتم درآمد سیستم است. تحلیل اقتصادی در حوزه حمل‌ونقل همگانی و به‌طور خاص اتوبوس‌رانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هزینه‌های عملیاتی، همان هزینه‌های مستقیم و مرتبط با وسیله‌نقلیه در خط است که در این زمینه می‌توان هزینه مستقیم تصادفات، استهلاک، سرمایه‌گذاری، سوخت، تعمیر و نگهداری، هزینه راننده و ... نام برد. به‌صورت مشابه درآمدهای یک خط اتوبوس نیز ممکن است به‌صورت مستقیم یا

غیرمستقیم باشد. درآمد مستقیم حاصل کرایه‌ای است که از مسافران دریافت می‌شود و کاهش آلودگی هوا، کاهش تاخیر در کل شبکه و رونق کاربری‌های تجاری در محدوده خط اتوبوس نیز، نمونه‌ای از درآمدهای غیرمستقیم است.

معیار نهم کاربری زمین است. پیوند میان حمل‌ونقل و کاربری زمین از اصول بنیادین در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شهری است و این دو مقوله ارتباط تنگاتنگ و ناگسستگی با یکدیگر دارند. کاربری زمین شهری دو عنصر عمده را در بر می‌گیرد: نوع استفاده از زمین، که با فعالیت به وجود آمده در آن مکان مرتبط است و دیگری سطح تجمع فضایی، که نشان‌دهنده شدت و تراکم این فعالیت‌ها است. کاربری‌های زمین متراکم و مختلط، شمار مسافران را با حمل‌ونقل عمومی را افزایش داده و در نتیجه کارایی و عملکرد سیستم بی‌آرتی بالا می‌رود.

معیار دهم امکان ارتباط و دسترسی با مناطق مختلف است. اصولاً بین دسترسی به امکانات حمل و نقل و توسعه نواحی شهری ارتباط متقابل و تنگاتنگی وجود دارد. دسترسی مناسب‌تر، گزینه‌های بیشتر جابه‌جایی و کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل از جمله عوامل مؤثر در عملکرد سیستم بی‌آرتی است. هم‌چنین ایجاد دسترسی به حمل‌ونقل عمومی می‌تواند به‌عنوان یکی از فرصت‌های مناسب جهت توسعه و پویایی مناطق شهری و افزایش کیفیت نواحی شهری به‌شمار آید. با افزایش دسترسی، استفاده از خودرو کمتر شده و شهروندان به حمل‌ونقل عمومی روی می‌آورند.

منابع

امانیور، سعید؛ ملکی، سعید؛ نبی‌اله، حسین. (۱۳۹۵). بررسی میزان رضایت‌مندی مسافران شهری از کیفیت خدمات‌رسانی حمل‌ونقل عمومی شهری در کلان‌شهر اهواز، فصلنامه مطالعات محیطی هفت‌حصار، ۱۵(۴)، ۳۷-۴۶.

بلاغی، س؛ طبسی، م؛ نجیب‌نیا، م. (۱۳۹۲). مقایسه وسایل حمل‌ونقل درون‌شهری مشهد از دیدگاه رضایت شهروندان، تهران: همایش ملی معماری، فرهنگ و مدیریت شهری.

- بیتی، حامد؛ پناهی، سیامند؛ سلیمی، مریم. (۱۳۹۳). تحلیل سامانه حمل‌ونقل اتوبوس‌های تندرو شهری (BRT) و سنجش تحولات و تأثیرات اجتماعی و اقتصادی ناشی از آن بر حوزه‌های پیرامون در کلان‌شهر تبریز، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۸(۴۹)، ۱۹-۵۳.
- حاتمی‌نژاد، حسین؛ پوراحمد، احمد؛ فرجی سبک‌بار، حسن‌علی؛ عظیمی، آزاده. (۱۳۹۳). سنجش میزان رضایت استفاده‌کنندگان از سیستم حمل‌ونقل عمومی در منطقه البرز جنوبی، نشریه اقتصاد و مدیریت شهری، ۳(۹)، ۱۰۵-۱۲۳.
- حاجیان، حوریا؛ برادران، وحید؛ ابوالقاسمی، نرگس. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر خطوط تندرو بر حمل‌ونقل شهری با رویکرد شبیه‌سازی (نمونه موردی: خط ۵ اتوبوس تندرو تهران)، تهران: چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک، ۱-۱۱.
- درستکار، احسان؛ عبدلی، شیدا. (۱۳۹۴). تأثیرات ترافیکی سامانه اتوبوس‌رانی تندرو بر شبکه حمل‌ونقل محلات شهری (موردپژوهی: مسیر خط ۷ بی‌آرتی منطقه ۶ تهران)، فصلنامه مطالعات محیطی هفت حصار، ۴(۳)، ۳۱-۴۰.
- ساجدی‌نژاد، آرمان؛ حسن‌نایی، عرفان. (۱۳۹۵). طراحی سامانه‌های عملیاتی در سیستم اتوبوس‌رانی به‌منظور ساماندهی حمل‌ونقل مسافر درون‌شهری، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۳۱(۴)، ۴۴-۵۶.
- شریفی، ش؛ صارمی، ح؛ بمانیان، م. (۱۳۹۳). ارزیابی سیستم حمل‌ونقل عمومی با رویکرد توسعه پایدار شهری با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، فصلنامه مطالعات محیطی هفت حصار، ۸(۲).
- طاهرخانی، حامد، طاهریان، آرش، (۱۳۹۶)، زمانبندی حرکت اتوبوس‌های بی‌آرتی با در نظر گرفتن محدودیت‌های ترافیکی حاصل از زمانهای متغیر چراغ‌های راهنمایی و رانندگی، نشریه مدیریت شهری، شماره ۴۷.
- فلفلانی، محمدرضا؛ صفاریان، محسن. (۱۳۹۴). تجزیه و تحلیل و بهینه‌سازی پارامترهای موثر بر سیستم اتوبوس‌های بی‌آرتی به‌وسیله تکنیک شبیه‌سازی گسسته-پیشامد، تهران: پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک، ۱-۱۳.

قضائی، محمد؛ فرهمندی، ایمان؛ عطارزاده طوسی، هادی. (۱۳۹۷). ارزیابی عملکرد خطوط اتوبوس‌رانی با استفاده ترکیبی سه‌گانه از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، آنتروپی و تاپسیس، نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، شماره ۲۳، ۳۰۷-۳۱۸.

قهری، مهنوش؛ لحمیان، رضا؛ آزاده‌دل، یعقوب. (۱۳۹۳). ارزیابی موقعیت ایستگاه‌های اتوبوس و تاکسی براساس مدل AHP با استفاده از GIS، فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی شهری، ۲(۷)، ۱۲۷-۱۴۶.

مجیدی خامنه، بتول؛ محمدیان مصمم، حسن؛ زرغامی، سعید؛ غفوری، یوسف. (۱۳۹۵). ارزیابی اثرات توسعه حمل‌ونقل عمومی (مترو و بی‌آرتی) بر کاربری زمین شهری (نمونه موردی: منطقه ۷ شهرداری تهران)، نشریه پژوهش‌های دانش زمین، ۷(۲۷)، ۴۴-۶۴.

مختاری ملک‌آبادی، رضا. (۱۳۹۷). تحلیل و ارزیابی سامانه اتوبوس‌های سریع‌السیار (BRT) شهر اصفهان براساس استانداردهای مؤسسه ITDP، ۲۹(۲).

ملاشاهی، حمید؛ بذرافشان مقدم، بهادر؛ محتشمی، تکتیم. (۱۳۹۶). بررسی شاخص‌های کمی و کیفی موثر در ارزیابی عملکرد سامانه اتوبوس‌های تندرو (بی‌آرتی) با رویکرد توسعه پایدار (مطالعه کلان‌شهر مشهد)، نشریه مطالعات شهری، ۶(۲۳).

نوروزی آورگانی، اصغر. (۱۳۹۳). ارزیابی عملکرد و سنجش میزان رضایت‌مندی از سیستم اتوبوس‌رانی تندرو در کلان‌شهر اصفهان، نشریه برنامه‌ریز فضایی، ۴(۱)، ۱۴۳-۱۶۸.

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, L.; Yu, R. (2016). Research on performance evaluation of urban public transport based on DEA competing cross efficiency. Adv Eng Res 72:465-470.

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

Cyril, A.; Mulangi, R.; George, V. (2019). Performance Optimization of Public Transport Using Integrated AHP-GP Methodology, Urban Rail Transit vol 5, pp. 133-144.

- Deng, T.; 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.
- Pedrosoa, G.; Bermanna, C.; Sanches-Pereira, A. (2018). Combining the functional unit concept and the analytic hierarchy process method for performance assessment of public transport options, *Case Studies on Transport Policy*, Vol. 6, No. 4, pp. 722-736.
- 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.
- 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.
- Venkatesh, A.; Kushwaha, S. (2018). Short and long-run cost efficiency in Indian public bus companies using data envelopment analysis. *Socio Econ Plan Sci* 61:29–36.
- Wirasinghe, S.C.; Vandebona, U. (2011). Route Layout analysis for express buses, *Transportation Research Part C* 19, pp. 374-385.
- Xin, Li; Yingling, Fan; John, W.; Shaw, P.E.; Yunlei, Qi. (2017). A Fuzzy AHP Approach to Compare Transit System Performance in US Urbanized Areas, *Journal of Public Transportation*, Vol. 20, No. 2, 66-89.
- Ziaei, M.; Goharpour, A. (2019). Performance evaluation of tehran bus rapid transport (brt) routes by the Two-Stage Data Envelopment Analysis (DEA) MODEL, *IJRRAS journal*, 38 (1), pp. 87-92.