فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
| JOURNAL OF TRAFFIC ENGINEERING |

بهبود عملکرد شبکه خطوط اتوبوسرانی در محدوده شهر یزد با هدف ارتقای کیفیت خدمات‌دهی و کاهش هزینه‌ها

احمد گلزار شهری[۱]، مصطفی آقا باقری[۲]، محمد حسین دلشاد[۳]

۱- کارشناس ارشد مکانیک، یزد

۲- کارشناس ارشد حمل و نقل، یزد

۳-کارشناس حسابداری، یزد

چکیده

هدف سیستم حمل و نقل عمومی کاهش استفاده شهروندان از وسایل نقلیه شخصی و در نتیجه کاهش ترافیک و معضلات ناشی از آن در شهرهاست. در کشورهای در حال توسعه اتوبوس‌های درون شهری مهم‌ترین بخش از سیستم حمل و نقل عمومی را تشکیل می‌دهند و طراحی شبکه خطوط اتوبوسرانی بهینه، به منظور افزایش کیفیت خدمات دهی به شهروندان و کاهش ترافیک معابر شهری و مسائل مربوطه، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش، شبکه کنونی خطوط اتوبوسرانی در محدوده شهر یزد در نظر گرفته شده و عملکرد شبکه خطوط کنونی از منظر فرکانس اتوبوس عبوری، تعداد مسافرین، زمان انتظار و... بررسی شده است. با توجه به هندسه معابر شهری، موقعیت مراکز جمعیتی، تقاطع‌ها و... مشابه روش فراابتکاری کلونی مورچگان، محدوده شهری به ۹۴۱ کمان و ۲۹ گره تقسیم شده است. با توجه به همپوشانی خطوط در هر یک از این کمان‌ها و مناطق شهری، عملکرد شبکه موجود در هریک از کمان‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است. با مقایسه نتایج، راهکارهایی به صورت؛ افزودن کمان جدید، حذف و یا بهبود برخی کمان‌ها، تعریف مسیر جدید، تخصیص تعداد و نوع ناوگان به هر یک از خطوط با هدف افزایش رضایت شهروندان و ترغیب به استفاده از ناوگان اتوبوسرانی، کاهش انتقال‌ها، کاهش هزینه‌های شهرداری، کاهش ترافیک شهری، کاهش مصرف انرژی و... ارائه شده است تا عملکرد و بازده شبکه کنونی ارتقا یابد.

واژگان کلیدی: حمل و نقل عمومی، اتوبوس ، شبکه خطوط اتوبوسرانی، ترافیک شهری

۱– مقدمه

حمل و نقل عمومی به عنوان یکی از موضوعات مهم در طراحی و برنامه‌ریزی شهری، همواره مورد توجه مسئولان قرار داشته است و از شاخص‌های مهم در ارائه خدمات شهری به شهروندان محسوب می‌شود. افزایش تقاضای حمل و نقل عمومی (به خصوص در کشورهای در حال توسعه)، لزوم توجه به این بخش را بیش از پیش آشکار می‌سازد. با توجه به حجم بالای جابجایی‌های درون شهری، استفاده از یک سیستم کارامد برای جابجائی شهروندان احساس می‌شود و طراحی شبکه بهینه خطوط اتوبوسرانی (به عنوان مهمترین بخش از حمل و نقل عمومی) می‌تواند در اولویت این امر قرار گیرد.

به وضوح مشخص است تا زمانی که حمل و نقل عمومی ایمن، کارآمد و ارزان وجود نداشته باشد، نمی‌توان از شهروندان انتظار داشت تا به‌جای خودروی شخصی، گزینه حمل و نقل عمومی را انتخاب نمایند و در این شرایط تنها شهروندانی از سیستم حمل و نقل عمومی استفاده می‌نمایند که از خودروی شخصی بی‌بهره‌اند. از این رو مسأله طراحی شبکه خطوط اتوبوسرانی به منظور افزایش تمایل شهروندان به استفاده از ناوگان اتوبوسرانی، مورد توجه پژوهشگران بوده است.

یافتن شبکه خطوط بهینه اتوبوسرانی می‌تواند در راستای تحقق اهدافی چون: افزایش سطح پوشش خدمات‌دهی خطوط، سهولت دسترسی شهروندان به تمامی نقاط شهر، کاهش

انتقال‌ها به منظور دسترسی به مقصد نهایی، کاهش ترافیک معابر شهری (و بالتبع کاهش معضلات ترافیکی)، کاهش هزینه‌ها و آلودگی‌های زیست محیطی، استفاده بهینه از ناوگان و پرسنل موجود باشد.

برای نیل به این هدف و طراحی شبکه با بازدهی و عملکرد بالاتر، تا کنون روش‌های مختلفی در طراحی شبکه خطوط اتوبوسرانی مورد توجه محققین قرار گرفته است. از جمله این روش‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود [۱]:

۱-روش‌های تجربی که با توجه به پارامترهای شهری از جمله تراکم جمعیت، مراکز جمعیتی در هر نقطه از شهر، هندسه معابر و... به طراحی و اصلاح شبکه می‌پردازد.

۲-روشهای ریاضی که سعی در یافتن جواب‌های دقیق داشته و برای مسائل بزرگ، بسیار پیچیده شده و از این رو برای اینگونه مسائل کاربردی ندارد.

۳- روش‌های تقریبی که مسئله را به صورت تقریبی حل نموده و با استفاده از روش‌های ابتکاری به دنبال جواب‌هایی نزدیک به واقعیت می‌باشد.

۴-روش‌های فراابتکاری که اخیراً مورد توجه محققین قرار گرفته است. در این روش‌ها با ترکیبی از مباحث ریاضی و دخیل نمودن شرایطی که مدل‌سازی را به واقعیت نزدیک‌تر می‌نماید (به صورت ضرائب در فرمول‌ها)، جواب‌هایی دقیق‌تر از حالت قبل حاصل می‌شود. از جمله این روش‌ها می‌توان به الگوریتم کلونی مورچگان اشاره نمود. روشی که ساختار مقاله حاضر نیز بر مبنای آن شکل گرفته است، همین روش بوده است.

۲- تاریخچه پژوهش

لی و ووچی کمینه‌سازی زمان سفر مسافران را در طراحی شبکه خطوط به عنوان تابع هدف مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند که میزان تقاضا شبکه اتوبوسرانی به شکل شبکه و تواتر خطوط وابسته است. در نهایت میزان حساسیت شبکه ارائه شده را در برابر متغیرهای ورودی؛ عملکرد اتوبوس، مجموع تقاضا و تغییر خطوط تحلیل نمودند [۲]. هو و یانگ نیز به بهینه سازی سیستم اتوبوسرانی با هدف بیشینه نمودن تقاضا و با استفاده از روش الگوریتم مورچگان پرداختند [۳].

کارامیا و همکارانش مسأله بهینه سازی خطوط اتوبوسرانی را با استفاده از الگوریتم ژنتیک مورد توجه قرار داده و از نتایج خروجی تحقیق آن‌ها استخراج روشی جدید به منظور محاسبه تابع صلاحیت الگوریتم ژنتیک بود [۴].

استفاده از الگوریتم ابتکاری پنج مرحله‌ای در سال ۲۰۰۳ توسط کوآک صورت گرفت. روش کار بدینگونه بود که در روش اول شبکه اولیه طراحی و در مرحله دوم تواتر زمانی و زمان‌بندی حرکت اتوبوس‌های تعیین می‌شود و در هر مرحله متغیرها اصلاح شده تا جواب نهایی حاصل شود. از الگوریتم پیشنهادی در طراحی شبکه اتوبوسرانی امرسفورت هلند مورد استفاده قرار گرفت [۵].

یانگ و یو استفاده از یک روش دقیق ریاضی را برای مسئله مشابه ارائه نمودند. علی رغم آنکه روش‌های دقیق ریاضی توانایی حل مسائل بزرگ را ندارند، روش پیشنهادی این محققان تأثیر قابل توجهی در وضع موجود شبکه اتوبوسرانی مورد بررسی آن‌ها داشت. کمینه‌سازی تغییر خطوط و بیشینه‌سازی جریان مستقیم مسافران مواردی بود که این محققین با استفاده از روش الگوریتم مورچگان در شبکه خطوط اتوبوسرانی دالیان چین مورد بررسی قرار دادند. مؤلفان ادعا نمودند که نتایج آنها موجب کاهش تعداد تغییر خط و کاهش زمان سفر شده است [۶].

ژائو و ژنگ با استفاده از الگوریتم سرد و گرم کردن شبیه‌سازی شده، روشی را برای بهینه‌سازی خطوط اتوبوسرانی با هدف کمینه‌سازی تعداد انتقال‌ها و بیشینه‌سازی مسیرهای مستقیم و مناطق تحت پوشش سرویس، ارائه نمودند [۷].

شفا بخش و همکاران با استفاده از روش شبکه‌های عصبی و با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف، تعداد اتوبوس مورد نیاز در هر مسیر شبکه را تعیین نمودند. در نهایت مدل استخراج شده در شبکه اتوبوسرانی مشهد مورد آزمایش قرار گرفت. مقایسه نتایج به دست آمده از روش شبکه‌های عصبی با شرایط موجود، نشان دهنده خطای پایین این روش بود [۸].

افندی‌زاده و ابراهیمی مدلی برای حل مسأله CNDP ارائه نمودند. روش حل آن‌ها الگوریتم سرد و گرم کردن شبیه‌سازی شده بود و مسأله طراحی شبکه را با شرایط تقاضای انعطاف‌پذیر مد نظر قرار دادند. در پایان مدل پیشنهادی آن‌ها بر روی دو شبکه فرضی اعمال شد [۹].

افندی‌زاده و همکاران، الگوریتمی فرا ابتکاری را در حل همزمان مدل بهینه‌سازی شبکه و جانمائی پایانه‌ها ارائه دادند. مدل پیشنهادی بر روی یک شبکه فرضی با ۴۰ گره و ۷۰

کمان (و با استفاده از نرم افزار متلب) پیاده شده و نتایج با روش‌های ژنتیکی و کلونی مورچگان مقایسه شد و مشاهده شد در روش پیشنهادی تمامی ضرائب مربوط به این دو روش برآورده می‌شود [۱۰].

چگینی و همکاران نیز از الگوریتم کلونی مورچگان در مسأله بهینه‌سازی خطوط استفاده نموده و به بررسی تابع هدف کلی، متشکل از افزایش تواتر و فرکانس اتوبوس در مسیر، کاهش تعداد انتقال و مسافت طی شده پرداختند. مدل پیشنهادی بر روی شبکه‌ای فرضی پیاده شد و مقایسه آن با کوتاه‌ترین مسیر حکایت از برتری این روش پیشنهادی داشت [۱].

۳–روش شناسی پژوهش

مسأله فروشنده دوره گرد Problem saleman Travelling (به اختصار TSP) از جمله مسائل ریاضی در مبحث گراف‌ها می‌باشد که مورد توجه ریاضی‌دانان بوده است. صورت مسأله از این قرار است که یک فروشنده دوره‌گرد از نقطه مبدأ شروع به حرکت کرده و پس از گذشت از N نقطه به مبدأ حرکت می‌رسد. هدف یافتن مسیرهایی است که اولاً تا حد امکان از هر نقطه یکبار عبور کرده و ثانیاً کوتاه‌ترین مسیر را در مجموع طی کند.

الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان Ant Optimization Algorithm Colony (به اختصار ACOA و یا ACO) یکی از روش‌های حل مسأله مذکور می‌باشد که از رفتار مورچه‌ها در یافتن مسیر بین محل لانه و غذا الهام گرفته شده و در سال ۱۹۹۲ توسط مارکو دوریگو (Dorigo Marco) معرفی شد. آنچه بنیان فکری الگوریتم مورچگان بر آن بنا شده است را می‌توان بسادگی و در یک جمله بیان نمود: "مورچه ها در بین موانع و محدودیت های موجود در طبیعت، همیشه از بین حالات مختلف برای رسیدن به غذا، بهینه ترین راه را نتخاب می‌کنند". مورچه‌ها هنگام راه رفتن، در مسیر خود ماده شیمیایی فرومون (Pheromone) جای می‌گذارند البته این ماده به‌زودی تبخیر می‌شود ولی در کوتاه مدت بعنوان اثر مسیر مورچه بر سطح زمین باقی می‌ماند. مورچه‌ها به هنگام انتخاب بین دو مسیر، مسیری را انتخاب می‌کنند که فرومون بیشتری داشته باشد یا به عبارت دیگر مورچه‌های بیشتری قبلاً از آن عبور کرده باشند. فرمول‌بندی روش کلونی مورچگان به صورت زیر است.

$$\Delta\tau_{ij}^{k}(t,t+1)=\frac{Q}{d_{ij}} \qquad (1)$$

$$\Delta\tau_{ij}(t,t+1)=\sum_{k=1}^{m}\Delta\tau_{ij}^{k}(t,t+1) \qquad (2)$$

$$\eta_{ij}=\frac{1}{d_{ij}} \qquad (3)$$

$$P_{ij}^{K}=\frac{\tau_{ij}^{\alpha}.\eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{j=1}^{N}\tau_{ij}^{\alpha}.\eta_{ij}^{\beta}} \qquad (4)$$

$$\Delta\tau_{ij}(t+1)=(1-\rho)\Delta\tau_{ij}(t)+\Delta\tau \qquad (5)$$

$$\ddot{A}\tau=\frac{F}{Q} \qquad (6)$$

در رابطه اول مقدار فرمون مورچه kام بر روی یال d_{ij} و در رابطه دوم کل فرمون بر روی آن یال با گذر m مورچه محاسبه می‌شود. رابطه سوم به عنوان رابطه ابتکاری شناخته شده و نسبت عکس فاصله یال است و طبعاً برای هر مقدار ثابت فرومون، هرچقدر طول یال کوتاهتر باشد، چگالی آن بیشتر است. در این رابطه η_{ij} میزان دید گره i نسبت به گره j می‌باشد. رابطه چهارم تابع احتمال بوده و احتمال آن است که مورچه kام که در گره iام قرار دارد، گره jام را به عنوان مقصد بعد انتخاب نماید.

رابطه پنجم نیز تابع بروزرسانی نام دارد و میزان فرومون را در زمان t+1 محاسبه می‌کند. در این رابطه $\tau\Delta(t)_{ij}$ بیاگر میزان فرومون انباشته شده در زمان t و ρ شدت تبخیر است. τΔ میزان کل فرومون انباشته شده، F مقدار تابع برازندگی و Q مقدار ثابتی است.

در مسائل طراحی شبکه خطوط، عموماً فرض بر آن بوده است که کلیه پارامترها (هندسه مسیر، تعداد مسافرین، تعداد ناوگان در هر مسیر، سرفاصله زمانی و فرکانس اتوبوس و...) مجهول بوده و محقق با استفاده از روش‌های موجود، کلیه مسیرهای ممکن شناسایی شده و با بررسی هر یک از خطوط شبکه، خطوط شبکه بهینه (با توجه به محدودیت‌های موجود) طراحی می‌شود. محدودیت‌های طراحی شبکه مواردی چون: تعداد ناوگان و پرسنل، هزینه‌ها، سرفاصله‌های زمانی، کاهش انتقال‌ها، پوشش هرچه بیشتر منطقه شهری و... می‌تواند باشد.

در پژوهش حاضر، تعداد خطوط، هندسه خطوط، میزان تقاضا در هر مسیر معلوم بوده و با تحلیل شرایط کنونی به اصلاح شبکه موجود پرداخته خواهد شد. در این تحقیق آن دسته از

فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
سال ۱۶ / تابستان ۱۳۹۵ / شماره ۶۵

خطوط شبکه اتوبوسرانی شهر یزد که در محدود طرح هادی این شهر واقع شده، در نظر گرفته شده است. مشخصات این خطوط شامل: تعداد ناوگان در هر مسیر، زمان کل برای طی هر مسیر توسط اتوبوس، سر فاصله زمانی و تعداد مسافر هر مسیر استخراج و محاسبه شده است و به عنوان داده‌های خام، در محاسبات آتی استفاده شده است. لازم به ذکر است تعداد مسافرین مربوط به مهرماه سال ۱۳۹۴ بوده و با توجه به تجهیز کلیه ناوگان اتوبوسرانی شهر یزد به سامانه AFC (کارت بلیط الکترونیکی)، این داده‌ها حاصل شده است.

شبکه خطوط اتوبوسرانی شهر یزد در محدوده طرح‌هادی این شهر، مشتمل بر ۵۱ مسیر بوده و تعداد ۱۵۸ اتوبوس در این خطوط به سرویس‌دهی به شهروندان فعالیت دارند. حجم مسافر جابجا شده در این خطوط و در بازه زمانی مهرماه ۱۳۹۴ برابر ۱۷۳۵۲۱۰ نفر می‌باشد. جزئیات مربوط به این شبکه خطوط در جدول یک مشخص شده است (لازم به ذکر است که آمار ارائه شده مربوط به مسیرهای داخل محدوده شهر بوده و در مجموع تعداد ۶۹ مسیر تحت پوشش شبکه خطوط سازمان اتوبوسرانی یزد و حومه بوده و تعداد اتوبوس اعزام به مسیر در این ماه، بالغ بر ۱۹۰ اتوبوس می‌باشد).

جدول ۱: مشخصات خطوط اتوبوسرانی در محدوده شهر یزد.

مسیر	تعداد اتوبوس	زمان (دقیقه)	سرفاصله زمانی	تعداد مسافر*	مسیر	تعداد اتوبوس	زمان (دقیقه)	سرفاصله زمانی	تعداد مسافر*
۱۱	۱۴	۷۰	۵	۲۴۹۰۳۱	۶۳	۲	۷۰	۳۵	۱۳۵۱۳
۱۲	۲	۶۵	۳۲,۵	۱۲۷۱۴	۶۴	۱	۶۰	۶۰	۲۹۸۲
۱۳	۲	۳۰	۱۵	۱۳۴۹۴	۶۶	۴	۸۰	۲۰	۱۷۸۶۵
۱۴	۲	۴۵	۲۲,۵	۱۳۰۶۰	۶۷	۱	۴۵	۴۵	۵۶۸۷
۱۶	۵	۱۰۰	۲۰	۶۵۰۴۰	۶۸	۱	۶۰	۶۰	۵۸۴۸
۱۷	۴	۶۰	۱۵	۵۶۹۹۲	۶۹	۵	۸۰	۱۶	۲۲۴۱۰
۲۱	۲	۷۰	۳۵	۶۲۸۵	۷۰	۴	۶۰	۱۵	۳۷۴۴۲
۲۲	۶	۶۰	۱۰	۶۰۳۵۲	۷۱	۴	۶۰	۱۵	۴۵۱۱۲
۲۳	۵	۷۵	۱۵	۵۹۵۰۰	۷۳	۱	۴۵	۴۵	۲۹۱۸
۲۴	۵	۱۰۰	۲۰	۳۷۷۶۵	۷۴	۴	۶۰	۱۵	۴۵۷۸۵
۲۵	۲	۸۵	۴۲,۵	۹۶۰۳	۷۵	۲	۷۵	۳۷,۵	۱۱۱۹۱
۲۶	۲	۶۰	۳۰	۲۰۹۵۲	۷۹	۲	۶۰	۳۰	۱۶۵۵۲
۲۷	۱	۶۰	۶۰	۵۲۶۸	۸۲	۱	۴۵	۴۵	۸۳۵۹
۲۸	۱	۶۰	۶۰	۶۸۳۶	۸۳	۳	۶۰	۲۰	۳۷۶۳۲
۲۹	۲	۸۰	۴۰	۱۴۱۴۳	۸۵	۲	۴۵	۲۲,۵	۱۳۸۶۴
۳۰	۱	۳۰	۳۰	۶۷۰۶	۸۶	۴	۶۰	۱۵	۶۴۱۷۲
۳۳	۵	۶۰	۱۲	۹۲۱۳۴	۸۷	۵	۵۰	۱۰	۸۵۷۳۱
۴۱	۲	۵۰	۲۵	۸۲۷۲	۸۸	۳	۶۰	۲۰	۱۵۳۸۴
۴۲	۲	۵۰	۲۵	۱۴۱۱۲	۸۹	۲	۳۰	۱۵	۹۳۵۷
۵۱	۶	۷۵	۱۲,۵	۱۰۷۲۶۲	۹۰	۱	۳۰	۳۰	۳۲۹۸
۵۲	۲	۶۰	۳۰	۱۰۵۸۷	۱۰۰	۱	۵۰	۵۰	۳۶۵
۵۴	۱	۶۰	۶۰	۷۲۰	۱۰۱	۱	۶۰	۶۰	۱۷۹۱
۵۵	۱۵	۶۰	۴	۲۰۲۳۰۲	۱۰۲	۱	۴۵	۴۵	۲۶۲
۵۹	۵	۶۰	۱۲	۹۸۷۴۶	۱۰۳	۱	۵۰	۵۰	۲۳۸۳
۶۰	۱	۶۰	۶۰	۱۳۴۵	۱۰۵	۱	۵۰	۵۰	۵۳۸۲
۶۲	۶	۶۰	۱۰	۸۶۷۰۴					

*آمارهای استخراج شده مربوط به مهرماه ۱۳۹۴ می‌باشد.

۴–تحلیل اجزای شبکه خطوط (مشخصات کمان‌های شبکه)

شمای کلی خطوط اتوبوسرانی در محدوده شهر یزد در شکل یک نمایش داده شده است. همانطور که اشاره شد تعداد ۵۱ مسیر در این محدوده تعریف شده است. تحلیل کمی و کیفی هر یک از مسیرها می‌تواند به ارائه راهکارهای مناسب جهت بهبود شبکه منجر شود ولی به منظور تحلیل دقیق‌تر هریک از مسیرها لازم است همانند روش کلونی مورچگان و مسئله فروشنده دوره‌گرد، نقاط تحت پوشش به گره و کمان‌هایی تقسیم شوند. در این پژوهش نیز با توجه به هندسه معابر و جانمایی پایانه‌ها، نقاط تحت پوشش شبکه، خطوط شبکه به ۱۴۹ کمان و ۹۲ گره تقسیم شده است. در ادامه با توجه به مشخص بودن تعداد مسافرین و تعداد ناوگان در هر مسیر، سهم هریک از این کمان‌ها در تعداد مسافر و تواتر اتوبوس مشخص شده که مبنای راهکارهای پیشنهادی خواهد بود. لازم به ذکر است نقاط گره‌ها لزوماً محل تقاطع خطوط مسیرها نبوده و در برخی مواقع به منظور کاهش تعداد کمان‌ها و گره‌ها، گره‌هایی که به فاصله کمی از یکدیگر قرار دارند، منطبق بر هم در نظر گرفته شده است.

شکل ۱: محدوده تحت پوشش شبکه خطوط اتوبوسرانی در محدوده شهر یزد.

فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
سال ۱۶ / تابستان ۱۳۹۵ / شماره ۶۵

پس از تقسیم خطوط شبکه به گره و کمان‌های مربوطه، با توجه به داده‌های مربوط به هریک از مسیرهای شبکه در جدول یک ، پارامترهای هر کمان شامل تعداد مسافر و تواتر اتوبوس در هر کمان محاسبه شده است. نتایج در جدول دو نمایش داده شده است. در این جدول ستون مربوط به مسافر بیانگر متوسط تعداد مسافر روزانه هر کمان در مهرماه ۱۳۹۴ بوده و واحد فرکانس بیان شده اتوبوس در ساعت می‌باشد. در محاسبات مربوطه فرضیات زیر لحاظ شده است:

- توزیع مسافر در کمان‌های هر مسیر به صورت یکنواخت می‌باشد.
- ساعت کاری مفیدی که ناوگان اتوبوسرانی در مسیر هستند ۱۴ ساعت در نظر گرفته شده است.

جدول ۲: فرکانس (اتوبوس در ساعت) و تعداد مسافر روزانه هر کمان.

کمان	فرکانس	مسافر	کمان	فرکانس	مسافر	کمان	فرکانس	مسافر
۱	۵۴,۸	۱۶۱۳,۵	۵۱	۱۲,۷	۴۷۳,۲	۱۰۱	۵,۳	۱۱۵,۵
۲	۲۶,۷	۸۳۲,۰	۵۲	۱,۳	۱,۰	۱۰۲	۲۴,۰	۸۷۸,۷
۳	۲۴,۰	۸۳۰,۱	۵۳	۴,۰	۱۴۹,۹	۱۰۳	۲۱,۶	۸۳۳,۸
۴	۳۴,۰	۱۲۶۸,۸	۵۴	۱,۳	۱,۰	۱۰۴	۲۱,۶	۸۳۳,۸
۵	۳۶,۰	۱۲۹۵,۶	۵۵	۱۰,۰	۴۳۸,۷	۱۰۵	۶,۰	۲۳۸,۱
۶	۲۸,۰	۸۸۳,۷	۵۶	۱۰,۰	۴۳۸,۷	۱۰۶	۴,۸	۱۷۸,۸
۷	۲۶,۰	۸۵۸,۶	۵۷	۴۳,۸	۱۴۸۴,۹	۱۰۷	۶,۰	۲۳۸,۱
۸	۲۴,۰	۸۳۰,۱	۵۸	۳۲,۰	۱۱۵۰,۷	۱۰۸	۱,۳	۳۴,۸
۹	۲۴,۰	۸۳۰,۱	۵۹	۳۰,۰	۱۱۲۳,۹	۱۰۹	۱,۳	۳۴,۸
۱۰	۵۷,۹	۱۷۹۳,۳	۶۰	۳۰,۰	۱۱۲۳,۹	۱۱۰	۱,۳	۳۴,۸
۱۱	۱۶,۱	۳۶۰,۲	۶۱	۳۰,۰	۱۱۲۳,۹	۱۱۱	۱,۳	۳۴,۸
۱۲	۱۲,۱	۲۲۰,۵	۶۲	۴۴,۰	۱۴۴۶,۳	۱۱۲	۲,۷	۶۹,۷
۱۳	۹,۷	۲۰۹,۱	۶۳	۴,۰	۱۳۹,۷	۱۱۳	۴,۰	۵۵,۰
۱۴	۱۲,۴	۲۵۷,۵	۶۴	۱۹,۴	۶۰۱,۰	۱۱۴	۲,۰	۲۷,۵
۱۵	۱۰,۰	۳۰۶,۴	۶۵	۱۹,۴	۶۰۱,۰	۱۱۵	۲,۰	۲۷,۵
۱۶	۴۲,۰	۱۱۴۴,۶	۶۶	۳۳,۴	۱۱۰۷,۷	۱۱۶	۲,۹	۵۶,۵
۱۷	۴۵,۴	۱۱۶۵,۵	۶۷	۹,۴	۱۳۰,۷	۱۱۷	۸,۰	۱۵۶,۰
۱۸	۳۰,۰	۸۰۹,۳	۶۸	۱۷,۵	۱۷۶,۵	۱۱۸	۱۱,۲	۱۸۹,۹
۱۹	۲۳,۶	۷۵۵,۸	۶۹	۱۳,۵	۱۳۲,۰	۱۱۹	۳,۲	۳۳,۹
۲۰	۱۷,۶	۵۲۷,۷	۷۰	۱۶,۹	۱۵۳,۰	۱۲۰	۸,۰	۳۵۶,۵
۲۱	۱۲,۸	۲۲۵,۳	۷۱	۱۳,۵	۱۳۲,۰	۱۲۱	۶,۰	۱۰۲,۶
۲۲	۲,۰	۳,۴	۷۲	۱۷,۵	۱۶۹,۰	۱۲۲	۸,۰	۳۵۶,۵
۲۳	۱۰,۸	۲۲۱,۹	۷۳	۱۷,۵	۱۶۹,۰	۱۲۳	۳۳,۵	۸۲۹,۷
۲۴	۵,۱	۴۵,۸	۷۴	۴۱,۵	۱۱۸۹,۴	۱۲۴	۱۱,۲	۳۹۰,۴
۲۵	۷,۷	۹۴,۲	۷۵	۲۳,۵	۶۰۵,۲	۱۲۵	۳۰,۷	۷۶۱,۰
۲۶	۳,۷	۲۸,۶	۷۶	۱۶,۰	۵۴۷,۷	۱۲۶	۳۶,۷	۸۶۳,۶
۲۷	۲۳,۹	۲۷۴,۷	۷۷	۱۹,۳	۴۰۸,۷	۱۲۷	۷,۵	۵۷,۵
۲۸	۲,۷	۴۸,۴	۷۸	۳,۴	۲۱,۰	۱۲۸	۳,۲	۳۳,۹

کمان	فرکانس	مسافر	کمان	فرکانس	مسافر	کمان	فرکانس	مسافر
۲۹	۴,۰	۶۵,۶	۷۹	۸,۰	۱۱۳,۴	۱۲۹	۸,۰	۱۸۸,۰
۳۰	۷,۳	۱۴۳,۱	۸۰	۲,۰	۱۱,۰	۱۳۰	۱۰,۹	۳۸۳,۲
۳۱	۱۱,۳	۲۰۸,۷	۸۱	۲,۰	۱۱,۰	۱۳۱	۲,۷	۱۹,۵
۳۲	۱۹,۰	۴۰۴,۷	۸۲	۲,۰	۱۱,۰	۱۳۲	۱,۶	۱۷,۰
۳۳	۳۰,۸	۶۵۲,۸	۸۳	۲,۰	۱۱,۰	۱۳۳	۱۰,۹	۲۱۴,۶
۳۴	۲۳,۵	۵۲۹,۳	۸۴	۲۶,۰	۹۸۸,۰	۱۳۴	۱۰,۹	۲۱۴,۶
۳۵	۲۳,۵	۵۲۹,۳	۸۵	۸,۰	۷۰,۲	۱۳۵	۳۷,۶	۱۳۳۰,۷
۳۶	۱۷,۷	۴۱۶,۲	۸۶	۲,۰	۸,۵	۱۳۶	۴۱,۳	۱۳۹۹,۳
۳۷	۱۱,۴	۳۰۴,۲	۸۷	۱,۲	۱,۵	۱۳۷	۶,۴	۲۱۴,۸
۳۸	۶,۰	۱۲۵,۹	۸۸	۱,۲	۱,۵	۱۳۸	۸,۰	۳۴۶,۸
۳۹	۳,۴	۵۶,۳	۸۹	۳,۰	۱۱۴,۰	۱۳۹	۳,۲	۳۳,۹
۴۰	۱۲,۰	۴۲۱,۳	۹۰	۴,۰	۵۳,۶	۱۴۰	۲,۴	۵۸,۸
۴۱	۹,۳	۲۷۲,۴	۹۱	۱۵,۴	۳۵۶,۲	۱۴۱	۶,۷	۲۱۰,۲
۴۲	۱۰,۰	۲۸۲,۴	۹۲	۳,۴	۲۱,۰	۱۴۲	۲,۷	۱۹,۵
۴۳	۱۶,۳	۳۹۵,۳	۹۳	۱۵,۴	۳۵۶,۲	۱۴۳	۴,۸	۱۱۷,۶
۴۴	۱۵,۴	۳۸۳,۴	۹۴	۲,۰	۳۹,۰	۱۴۴	۱۰,۴	۴۴۰,۳
۴۵	۱۸,۰	۴۸۶,۷	۹۵	۴,۰	۵۰,۴	۱۴۵	۸,۰	۳۱۲,۰
۴۶	۷,۰	۱۵۶,۸	۹۶	۲۱,۴	۴۴۵,۶	۱۴۶	۲۵,۹	۷۲۶,۶
۴۷	۲,۸	۴۵,۷	۹۷	۱۲,۰	۳۳۵,۳	۱۴۷	۲۲,۱	۵۷۳,۱
۴۸	۱۰,۰	۴۳۸,۷	۹۸	۲,۰	۳۹,۰	۱۴۸	۴,۸	۱۷۸,۸
۴۹	۱,۳	۱,۰	۹۹	۷,۴	۷۱,۴	۱۴۹	۶,۰	۱۰۲,۶
۵۰	۱۱,۳	۴۳۹,۷	۱۰۰	۷,۴	۷۱,۴			

۵–نتایج و راهکارهای پیشنهادی

در این قسمت از پژوهش راهکارهای مربوط به بهبود شبکه خطوط کنونی معرفی و نتایج اصلاحات بر شبکه جدید نیز مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. راهکارهای پیشنهادی عمدتاً با هدف: افزایش تواتر اتوبوس در نقاط جمعیتی، افزایش دسترسی به محل پایانه‌های اصلی به عنوان نقطه آغازین سایر مسیرها، کاهش انتقال‌ها تا مسافرین با کمترین انتقال، به نقاط مختلف شهری دسترسی داشته باشند، کاهش هزینه‌ها، کاهش ترافیک، افزایش کنترل بر سرویس‌دهی پرسنل و.... می‌باشند.

نکته آنکه در حالت کلی در صورتی که نقشه مسیر خطوط به طور مجزا بررسی شود، دو نوع مسیر قابل شناسایی بوده که عبارتند از:

-مسیرهای دوسر کنترل: مسیرهایی که مبدأ آن یکی از پایانه‌ها بوده و پس از طی مسافتی به پایانه مقصد منتهی می‌شود. در این مسیرها هر اتوبوس در هر سرویس دو بار توسط مسئولین مستقر در پایانه کنترل می‌شوند (یک بار در سرویس رفت و دفعه دوم در سرویس برگشت).

-مسیرهای یک سر کنترل: مسیرهایی که با شروع از مبدأ مسیر که یکی از پایانه‌ها می‌باشد شروع شده و پس از پوشش دادن منطقه مورد نظر، به نقطه مبدأ ختم می‌شود. در این مسیرها هر اتوبوس در هر سرویس فقط یک مرتبه توسط مسئولین کنترل می‌شود و نظارت بر این نوع مسیرها کمتر است.

با توجه به موارد بیان شده مسیرهای دو سر کنترل از دو جهت برتری دارند: اول آنکه تعداد دفعات کنترل صورت گرفته بیشتر بوده همچنین دو پایانه را به هم متصل می‌کند و سطح دسترسی مسافرین به نقاط اصلی شبکه را افزایش خواهد داد. با این توضیح به تشریح راهکارهای ارائه شده پرداخته خواهد شد.

۵–۱–کاهش و یا تغییر مسیرهای عبوری از کمان‌هایی با عملکرد پائین

کمان‌های با عملکرد پائین آن دسته از کمان‌هایی بوده که تعداد مسافر در آن کمان‌ها به نسبت تواتر اتوبوس عبوری در آن‌ها پائین هستند. کم مسافرترین کمان‌ها عبارتند از کمان‌های؛ ۴۹، ۵۲، ۵۴، ۸۷، ۸۸، ۲۲، ۸۰،۸۶، ۸۱، ۸۲ ۸۳ می‌باشد. با توجه به فرکانس پائین اتوبوس در این کمان‌ها (تنها یک اتوبوس برای مسیرهای این کمان‌ها اختصاص داده شده است) می‌توان دریافت هدف از ایجاد مسیرهای مربوطه تحت پوشش قرار دادن هرچه بیشتر نقاط شهری در راستای رعایت عدالت در خدمات دهی می‌باشد. به همین دلیل، تعداد مسافر در این کمان‌ها ناچیز است و جزو معابر اصلی شهر نبوده و عمدتاً در بافت قدیم شهر قرار دارند. کمان‌های یاد شده مربوط به مسیرهای خیابان ادهمی، آذر یزدی، بلوار عابدی، بیمارستان شهدای کارگر می‌باشند و جزو اصلاحات قرار نمی‌گیرند.

در این بین کمان‌هایی هستند که تعداد مسافر قابل ملاحظه‌ای داشته ولی با توجه به تواتر بالای اتوبوس در این کمان‌ها، عملکرد آن‌ها پائین می‌باشد. به عنوان مثال کمان‌های مربوط به منطقه مسکن و شهر سازی و خیابان انقلاب از این دسته هستند. لازم به ذکر است طبق گفته‌های رانندگان اتوبوس مسیرهای عبوری از این کمان‌ها نیز در کمان‌های یاد شده تعداد مسافر پایین آمده (به دلیل حرکت تعداد بالای اتوبوس) و گاهاً به دلیل ترافیک بالای اتوبوس، مشکلات ترافیکی در کمان‌های یاد شده ایجاد می‌شود.

۵–۲–ترکیب مسیرهای یک سر کنترل که مقصد آن‌ها یکسان و نقاط جمعیتی بوده به منظور افزایش تواتر اتوبوس با حفظ تعداد ناوگان

با توجه به تحلیل عددی صورت گرفته، کمان‌های ۱۱۷، ۱۱۸ و ۱۱۹ که مربوط به شهرک رزمندگان بوده جزو کمان‌های کم مسافر و با فرکانس پایین اتوبوس هستند. دو مسیره ۷۵ و ۸۹ (جمعاً ۴ دستگاه) به این منطقه ختم می‌شوند که مبدأ حرکتشان به ترتیب پایانه شهدای محراب و پایانه امام علی است (در جدول ۳ مبدأ و مقصد کلیه خطوط اتوبوسرانی در محدوده شهر یزد نمایش داده شده است). در صورتی که مسیر جدیدی تعریف شود با مبدأ پایانه امام علی (ع) و مقصد پایانه شهدای محراب با ۴ دستگاه اتوبوس با زمان مسیر ۸۰ دقیقه که از محل منطقه شهرک رزمندگان عبور کند، می‌تواند کیفیت شبکه بالا رود. در این صورت سر فاصله زمانی ۲۰ دقیقه بوده و این منطقه پر جمعیت به دو پایانه اصلی مرتبط شده و کنترل بهتری نسبت به حالت قبل صورت می‌پذیرد.

شرایط مشابه می‌تواند برای مسیرهای ۲۹ و ۳۰ انجام شود. کمان‌های ۴۶ و که مربوط به آپارتمان‌های مهر بلوار مدرس هستند می‌تواند ترکیب شده و به صورت مسیری دو سر کنترل (که از منطقه مذکور عبور کند و شهروندان ساکن در آن به دو پایانه دسترسی پیدا کنند)، تعریف گردد.

۵–۳–استفاده از مینی بوس بجای اتوبوس در مسیرهای کم مسافر

همانطور که از جدول یک مشخص است تعداد مسافران در برخی مسیرهای شبکه خطوط اتوبوسرانی شهر یزد ناچیز بوده و هدف سازمان اتوبوسرانی یزد و حومه از ایجاد مسیرهای مذکور، عمدتاً تحت پوشش قرار دادن هر چه بهتر مناطق شهری توسط شبکه خطوط، بوده است. با توجه به هزینه‌های بالای اتوبوس شهری، واضح است که استفاده از اتوبوس در مسیرهای با تعداد مسافرین کم توجیه اقتصادی نخواهد داشت و استفاده از مینی‌بوس می‌تواند به عنوان راهکاری مناسب تلقی شود.

با توجه به تحلیل عددی صورت گرفته و با محاسبه میانگین مسافر روزانه در هر سرویس برای کلیه خطوط شبکه اتوبوسرانی، مسیرهایی که می‌تواند در ردیف این راهکار قرار گیرند به ترتیب عبارت خواهد بود از: ۱۰۲، ۱۰۰، ۵۴، ۶۰، ۹۰، ۱۰۱، ۱۰۳، ۷۳، ۸۹، ۶۴، ۳۰، ۱۳، ۴۱ و ۲۱. گفتنی است مسیرهای معرفی شده، میانگین مسافر بسیار کمتری از ظرفیت مینی‌بوس (۱۶ نفر) دارند و درصورت استفاده از مینی‌بوس، در زمان‌های اوج مسافر، مشکلی بوجود نخواهد آمد.

همچنین در برخی مسیرهای دیگر نیز می‌توان با افزایش تعداد ناوگان، از مینی‌بوس به جای اتوبوس استفاده نمود. به عنوان مثال در مسیر ۱۴ بجای استفاده از دو دستگاه اتوبوس که متوسط تعداد مسافر در هر سرویس ۱۱ عدد می‌باشد از سه دستگاه مینی‌بوس استفاده نمود. لازم به ذکر است هم اکنون نیز در مسیرهای ۱۰۰، ۱۰۱ و ۱۰۲ نیز از مینی‌بوس به منظور سرویس دهی در شبکه خطوط اتوبوسرانی استفاده می‌شود.

جدول ۳: مبدأ و مقصد خطوط اتوبوسرانی در محدوده شهر یزد.

مسیر	مبدأ	مقصد	مسیر	مبدأ	مقصد
۱۱	پایانه امام علی(ع)	پایانه امام خمینی (ره)	۶۳	پایانه دولت آباد	بیمارستان شهدای کارگر
۱۲	پایانه امام خمینی (ره)	میدان مسکن	۶۴	پایانه امام علی(ع)	بیمارستان شهدای کارگر
۱۳	پایانه امام خمینی (ره)	حسن آباد	۶۶	پایانه دروازه قرآن	پایانه شهدای محراب
۱۴	چهارراه شهدا	بلوار استقلال	۶۷	پایانه دولت آباد	پایانه دولت آباد
۱۶	پایانه امام خمینی (ره)	پایانه دولت آباد	۶۸	پایانه دولت آباد	پایانه دولت آباد
۱۷	پایانه شهدای محراب	پایانه امام خمینی (ره)	۶۹	پایانه دروازه قرآن	شهرک پردیس دانشگاه
۲۱	چهار راه بعثت	بلوار رسالت	۷۰	پایانه شهدای محراب	فجر فرهنگیان
۲۲	پایانه دولت آباد	خیابان شیخ کلینی	۷۱	پایانه شهدای محراب	دانشگاه یزد
۲۳	پایانه دولت آباد	پایانه شهدای محراب	۷۳	پایانه شهدای محراب	ملاصدرا
۲۴	پایانه دروازه قرآن	پایانه شهدای محراب	۷۴	پایانه شهدای محراب	میدان ارتش
مسیر	**مبدأ**	**مقصد**	**مسیر**	**مبدأ**	**مقصد**
۲۵	پایانه دولت آباد	حسین آبادریسمانی	۷۵	پایانه شهدای محراب	شهرک رزمندگان
۲۶	پایانه دولت آباد	خلدبرین	۷۹	پایانه شهدای محراب	یزدباف
۲۷	چهارراه بعثت	راه آهن	۸۲	پایانه امام علی (ع)	خیر آباد
۲۸	چهارراه بعثت	راه آهن	۸۳	پایانه امام علی(ع)	پایانه دولت اباد
۲۹	پایانه دولت آباد	آپارتمان مهر	۸۵	پایانه امام علی(ع)	فرودگاه یزد
۳۰	پایانه شهدای محراب	آپارتمان مهر	۸۶	پایانه امام علی(ع)	پایانه شهدای محراب
۳۳	میدان شهید بهشتی	شهرک اتوبوسرانی	۸۷	پایانه امام علی(ع)	آزاد شهر
۴۱	پایانه امام علی(ع)	پایانه مسافر بری	۸۸	پایانه امام علی(ع)	قاسم آباد
۴۲	پایانه شهدای محراب	بیمارستان شهید صدوقی	۸۹	پایانه امام علی(ع)	شهرک رزمندگان
۵۱	پایانه دولت آباد	فلکه پنجم آزادشهر	۹۰	پایانه امام علی(ع)	شهرک ولی عصر
۵۲	پایانه دولت آباد	شهرک دانشگاه امام شهر	۱۰۰	پایانه دولت آباد	پایانه دولت آباد
۵۴	پایانه دولت آباد	شهرک صنعتی	۱۰۱	پایانه امام علی(ع)	شهدای محراب
۵۵	پایانه دولت آباد	پایانه شهدای مخراب	۱۰۲	پایانه امام خمینی (ره)	پایانه امام خمینی (ره)
۵۹	پایانه دولت آباد	پایانه شهدای محراب	۱۰۳	پایانه دروازه قرآن	پایانه امام خمینی (ره)
۶۰	پایانه دروازه قرآن	پایانه امام علی(ع)	۱۰۵	پایانه امام علی(ع)	شهرک اسکان
۶۲	میدان آزادی	دانشگاه یزد			

در جدول چهار، به اختصار هزینه‌های ماهیانه یک عدد اتوبوس با یک عدد مینی بوس (در سال ۱۳۹۴ و برای سرویس دهی در شهر یزد) مقایسه شده اند. با توجه به اینکه ناوگان اتوبوسرانی شهر یزد عمدتاً متشکل از اتوبوس بنز ۴۵۷،اتوبوس بنز ۳۵۵ و اتوبوس پیشرو می‌باشد قیمت اولیه را مبلغ ۴,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. در مورد مینی‌بوس نیز قیمت اولیه ۹۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.

برای محاسبه استهلاک، از روش نزولی استفاده شده و میزان استهلاک هر سال معادل ۳۰درصد هزینه اولیه همان سال در نظر گرفته شده است [۱۱]. با توجه به عمر مفید ده سال، میزان استهلاک ماهیانه در سال پنجم مبنای محاسبات بوده است. با توجه به هزینه تمام شده لزوم استفاده از مینی‌بوس (در مسیرهایی که این امکان وجود داشته باشد) به منظور کاهش هزینه‌ها احساس می‌شود.

جدول ۴: مقایسه هزینه ماهیانه استفاده از اتوبوس و مینی بوس در شهر یزد (ریال).

ردیف	شرح هزینه	اتوبوس	مینی بوس
۱	استهلاک ماهیانه	۳۴,۵۰۰,۰۰۰	۵,۴۰۰,۰۰۰
۲	حقوق راننده	۲۸,۰۰۰,۰۰۰	۲۸,۰۰۰,۰۰۰
۳	تعمیرات نگهداری و قطعات	۲۲,۰۰۰,۰۰۰	۱۳,۰۰۰,۰۰۰
۴	سوخت	۹,۵۰۰,۰۰۰	۴,۵۰۰,۰۰۰
۵	پرسنل اداری و نظارتی	۳,۵۰۰,۰۰۰	۳,۵۰۰,۰۰۰
۶	سایر هزینه های خودرو	۲,۰۰۰,۰۰۰	۱,۵۰۰,۰۰۰
۷	**جمع**	**۹۹,۵۰۰,۰۰۰**	**۵۵,۹۰۰,۰۰۰**

۶- مراجع

۱. چگینی، ف. ، صفارزاده، م. و زرین‌مهر، ا. طراحی شبکه اتوبوسرانی با هدف بیشینه‌سازی رضایت استفاده‌کنندگان، ۱۳۹۳، دوازدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران، ۱۴-۱.

2. Y .J .Lee and V .R .Vochic ,2005 ,Transit Network Design with Variable Demand77 ,th Annul Meeting of TRB ,Washington ,D.C.

3. J .Hu ,Z .Yung ,and F .Jian ,2001 ,Study on the Optimization Methods of Transit Based on Ant Algorithm ,Proceedings of the Fine Vehicle Navigation and Information systems Conference ,IEEE Vehicular Technology Society.

4. M .Caramia ,M .Bielli and P .Carotenuto,2003 , Genetic Algorithm in Bus Network Optimization, Transportation Research Part C ,Vol ,14 Issue .1 pp .19-34

5. C .B .Quak ,2003 ,Bus Line Planning A Passenger-Oriented Approach of the Construction of a Global Line Network and an efficient Timetable, Delhi University ,Netherlands.

6. Z .Yung ,B .Yu ,2005 ,Optimizing Bus Transit Netwok With Parallel Ant Colony Algorithm ,Proceedings of The Eastern Asia Society for Transportation Studies ,Vol ,5 pp.374-380

7. F .Zhao ,and X .Zeng ,2008 ,Optimization of Transit Route Network ,Vehicle Headways and Timetables for Large– Scale Transit Networks ,European Journal of Operational Research ,Vol ,186 pp.841-855

۸. شفابخش، غ. ، نادرپور، ح. و راسخی، ح. ، مدلسازی تخصیص ناوگان اتوبوسرانی شهری با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (مطالعه موردی مشهد مقدس)، ۱۳۸۹مهندسی حمل و نقل، ۷۹-۶۷.

۹. افندی زاده، ش. و ابراهیمی، م. ، ارائه مدل طراحی شبکه با تقاضای الاستیک با استفاده از الگوریتم SA ، ۱۳۹۲، یازدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران، ۱۴-۱.

۱۰.افندی زاده، ش. ، معروف، ن. و کلانتری، ن. ، ارائه الگوریتم فراابتکاری ترکیبی برای حل مدل بهینه‌سازی همزمان طراحی شبکه اتوبوسرانی و مکان‌یابی پایانه، ۱۳۹۰، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، سمنان، ۸-۱.

۱۱.تقی زاده، ی. ، امیری پور، م. ، کاظمی، ع. و نوروزی، ب. ، تحلیل اقتصادی خطوط اوبوسرانی- مطالعه موردی خط ۴-۳۰ (شهید فتحی- پایانه فیاض بخش) شهر تهران، ۱۳۹۲، یازدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران، ۱۴-۱.

Improve the bus network performance in Yazd, With the purpose of improving the quality and reducing costs

Ahmad golzar, Mostafa Aghabagheri, Mohammad Hosein Delshad

1- M. Sc. Mechanical Engineering.
2- M. Sc. Transportation Engineering.
3- B. Sc. Accounting.

Abstract

The purpose of the public transport system to reduce the use of private vehicles and civilian traffic and thus reduce the problems caused by it in the cities. In developing countries, intercity buses are the most important part of the public transport system. Optimized bus network design plays a special role to enhance the quality of services to citizens and reduce traffic urban streets and problems related to it. In this study, the current bus network in Yazd considered and the bus frequency, number of passengers, waiting time… of current bus network are investigated. According to the geometry of urban streets, position of population centers, intersection…similar to ant colony method, the metropolitan area is divided into 149 arcs and 92 nodes. By comparing the results, Strategies like: adding new arcs, remove or improve some arcs, define new paths, allocatinig number and type of fleet in each of the paths in order to increase citizen satisfaction and encourage the use of the bus fleet, reducing transmission, reduce municipal costs, reduce traffic, reduce energy consumption… is provided to improve the performance and efficiency of the current bus network.

Keywords: Public transportation, Bus, Bus network, Urban traffic