

الگوی پیشنهادی خطوط اتوبوسرانی در محدوده مرکزی شهر تهران

آرمین خطیب زاده، کارشناس ارشد حمل و نقل و ترافیک، مدیرعامل شرکت مهندسی مشاور آرتا نقش رامونا
مهشید میرزایی طایقانی (مسئول مکاتبات)، کارشناس ارشد حمل و نقل و ترافیک، کارشناس شرکت مهندسی مشاور آرتا نقش رامونا
علی اقیان، کارشناس ارشد حمل و نقل و ترافیک

E-mail: M.Mirzaee@srbiau.ac.ir

چکیده

در کلان‌شهرها، به دلیل افزایش وسعت شهر، طراحی شبکه اتوبوسرانی به صورت سنتی و به صورت مبداء- مقصد منجر به افزایش پیچیدگی طراحی از یکسو و افزایش هزینه‌های عملکردی از سوی دیگر شده است. بر این اساس روش جدیدی برای فائق آمدن بر این موضوع در دنیا در حال بررسی است که به روش *hub and spoke* مشهور است. در این روش مسیرهای طولانی مبداء- مقصد حذف و با جایگزینی گره‌های مشخص در مسیرهای مشترک چندین خط، با ایجاد هاب، علاوه بر این که مسیرها کوتاه‌تر می‌شوند، منجر به افزایش کارایی خطوط نیز خواهد شد. در شهر تهران به دلیل آنکه طراحی و بازنگری خطوط اتوبوس معمولاً در بازه‌های زمانی طولانی صورت می‌پذیرد نه تنها این فرایند، منجر به افزایش مطلوبیت این مد حمل و نقل بنیادی نشده است بلکه در مرکز شهر، با توجه به فعالیت خطوط قدیمی و کم مسافر، کارایی خطوط اتوبوس بشدت پایین است و این امر مطلوبیت اتوبوس در محدوده مرکزی را زیر سؤال برده است. در این مطالعه به بررسی خطوط اتوبوس منطقه ۱۲ شهر تهران پرداخته شده است و پس از انجام مطالعات در این زمینه و برداشت‌های میدانی و مصاحبه با کاربران این مد حمل و نقل، الگویی برای اصلاح و بهسازی فعالیت اتوبوس‌ها در این منطقه ارائه شده است تا خطوطی که مسافر بیشتری دارند با ناوگان بیشتر و در سرفاصله زمانی کمتری خدمت‌رسانی کنند.

واژه‌های کلیدی: حمل و نقل همگانی، الگوی حمل و نقل، مرکز شهر تهران، هاب و اسپوک (قطب و اقمار)، خطوط اتوبوس

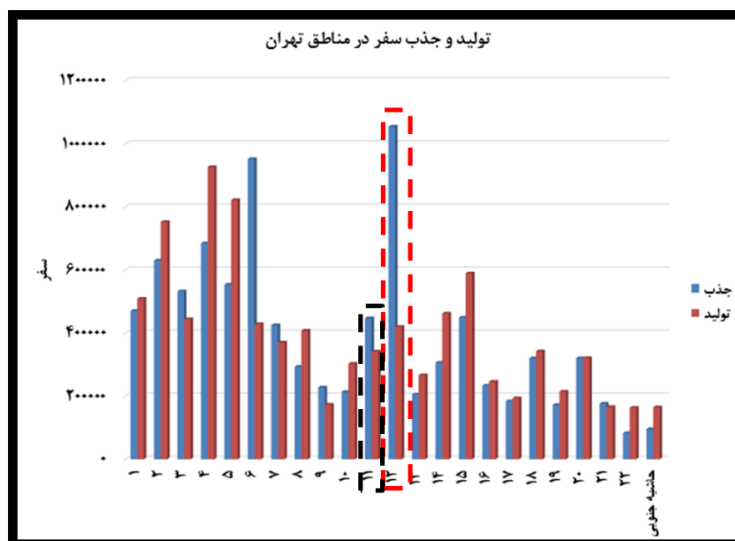
۱. مقدمه

با توجه به رشد روزافزون جمعیت و قرار گرفتن منطقه ۱۲ در قسمت مرکزی شهر تهران که دارای بافتی قدیمی و متراکم است، همواره تلاش‌هایی برای کنترل وضعیت ترافیک و تسهیل تردد در این منطقه انجام گرفته است. منطقه ۱۲ به‌عنوان بخش اعظمی از CBD شهر تهران منطقه‌ای است که جاذب بسیاری از سفرهای روزانه افراد از داخل و خارج شهر تهران است. کنترل میزان رفت‌وآمد در این منطقه امری ضروری بوده و می‌توان با ایجاد محدودیت‌هایی، از حجم ترافیک منطقه کاست، همان‌طور که طرح کنترل ترافیک از سال‌ها پیش در این منطقه انجام شده و از ورود بسیاری از خودروها ممانعت به عمل می‌آید. در پی این محدودیت‌ها شاهد بهبود وضعیت ترافیک، کاهش آلودگی هوا در منطقه مرکزی شهر، رفت‌وآمد سریع‌تر و کاهش زمان سفر افراد در این منطقه خواهیم بود. از طرفی بهبود عملکرد سیستم حمل‌ونقل همگانی و تشویق مردم به استفاده از آن همواره یکی از اهداف مطالعات ترافیکی است که با در اختیار قرار دادن تسهیلات بیشتر و بهتر برای مسافری این امکان را به وجود می‌آورد تا با هزینه‌ی کمتر دسترسی سریع و آسان به تمام نقاط شهر را داشته باشند و تمایل افراد به استفاده از این نوع وسایل را نسبت به وسایل نقلیه شخصی

افزایش می‌دهد. علاوه بر خطوط مترو و BRT موجود در شهر، یکی از مهم‌ترین سیستم‌های حمل‌ونقل برای جابجایی در سطح شهر اتوبوس است که سهم قابل‌توجهی در جابجایی مسافران دارد و با استفاده مناسب از ظرفیت این مدهای مختلف، می‌توان به یک سیستم حمل‌ونقل همگانی یکپارچه دست‌یافت.

۲. تعریف مسئله و اهداف پژوهش

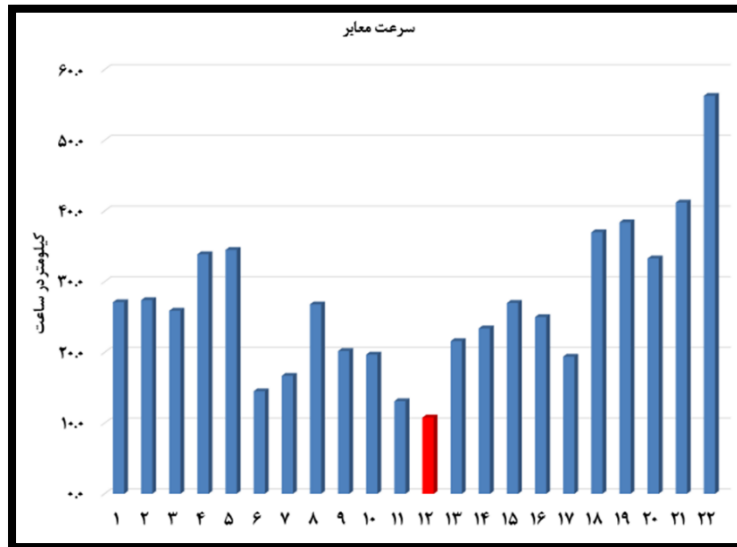
به‌طورکلی سه بخش جاذب سفر در منطقه ۱۲ بیشترین حجم سفر را به خود اختصاص می‌دهند. یکی بازار تهران که همه‌روزه تعداد زیادی از افراد برای کار و یا خرید به آنجا مراجعه می‌کنند و دیگری وجود ساختمان‌ها و مراکز دولتی از جمله مجلس شورای اسلامی، وزارت ارشاد، دادگستری، دیوان عدالت اداری، شهرداری و غیره است که بیشتر تولید سفرهای کاری می‌کنند. همچنین به‌عنوان سومین عامل، وجود بناهای قدیمی و موزه‌ها و ساختمان‌های میراث فرهنگی در این منطقه بخشی از سفرهای تفریحی و گردشگری را ایجاد می‌نماید. در شکل ۱ میزان جذب سفر برای تمامی مناطق تهران مشخص شده است که نشان می‌دهد تقاضای سفر برای منطقه ۱۲ که در محدوده مرکزی شهر قرار دارد، بیشترین مقدار است.



شکل ۱. نمودار میزان تولید و جذب سفر به تفکیک مناطق تهران

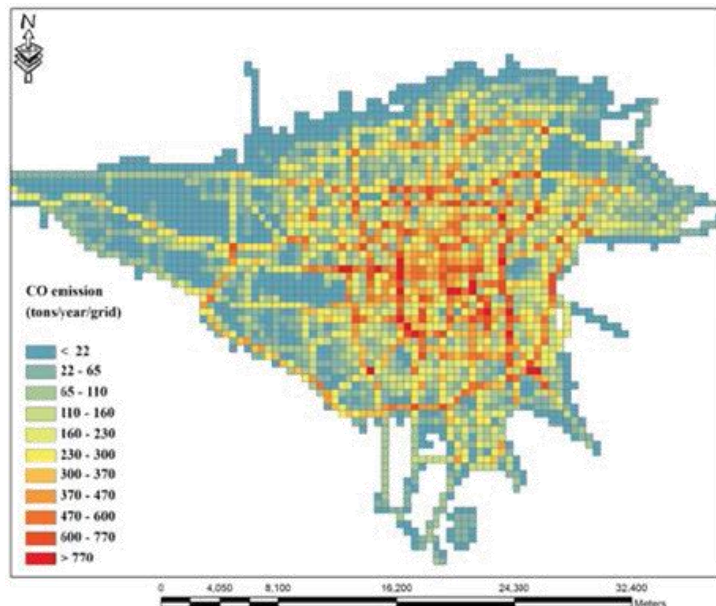
الگوی پیشنهادی خطوط اتوبوسرانی در محدوده مرکزی شهر تهران

از طرفی به دلیل وجود همین تردد بالا و محدود بودن ظرفیت خیابان‌ها و بافت قدیمی منطقه سرعت در معابر منطقه ۱۲ کمترین میزان را دارد و در منطقه ۱۱ نیز به نسبت سایر مناطق سرعت پایین است.



شکل ۲. نمودار سرعت معابر در مناطق شهر تهران

به همین دلیل میزان آلاینده‌های ناشی از تردد خودروها در این منطقه بسیار زیاد است. شکل ۳ توزیع انتشار سالانه مرکزی شهر بیشترین مقدار را داراست.



شکل ۳. توزیع انتشار سالانه منواکسیدکربن حاصل از تمام منابع تولید آلودگی شهر تهران در سال ۱۳۹۲

محدود کردن تردد خودروهای شخصی و تک‌سرنشین در مناطق شلوغ و با ترافیک بالا، با هدف تأمین آسایش افراد جامعه و تسهیل دسترسی همه اقشار به مناطق کاری و بازار و کاهش زمان سفر و در نتیجه افزایش رضایتمندی شهروندان صورت می‌پذیرد، بنابراین هم‌زمان با ایجاد محدودیت در تردد خودروها می‌بایست کیفیت سیستم حمل‌ونقل همگانی را بالا

فصلنامه مهندسی ترافیک/ سال بیست و یکم/ شماره ۸۴ / بهار ۱۴۰۰

برد تا برای افراد جذابیت ایجاد شده و به سمت استفاده از حمل و نقل همگانی بروند. در صورتی که این دو مورد در کنار هم انجام شود، شاهد کاهش ترافیک و کاهش زمان سفر و در پی آن کاهش آلودگی هوا خواهیم بود که امروزه یکی از معضلات شهرهای پرجمعیت علی‌الخصوص تهران است.

۳. ادبیات پژوهش

تاکنون مطالعات بسیاری در زمینه‌ی حمل و نقل همگانی و راهکارهای بهبود آن انجام شده است. ورما و همکاران در سال ۲۰۱۳، با استفاده از روش *hub and Spoke*، مطالعه‌ای در خصوص بازنگری خطوط اتوبوسرانی انجام داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که با استفاده از این روش، در حدود ۱۵٪ از تعداد ناوگان اتوبوسرانی در شهر کاسته خواهد شد که این امر خود منجر به کاهش مصرف سوخت و کاهش تولید گازهای آلاینده می‌شود. نبی و عبدالله زاده فرد در سال ۱۳۹۶ به مطالعه توسعه حمل و نقل همگانی محور پرداختند. الگوی توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی یکی از الگوهای توسعه شهری است که بر محوریت حمل و نقل همگانی استوار است. در حالی که سایر راهکارهای کوتاه‌مدت و بلندمدت برای نجات شهرهایی مانند تهران راه به جایی نبرده است. نتیجه این شد که زمان آن فرارسیده است که شهر تهران با توجه به مشکلات پیش رو و عدم جوابگویی راه‌حل‌های کوتاه و بلندمدت بهتر است که توسعه حمل و نقل همگانی محور را به‌عنوان راه‌حل پایدار و مناسب شهری برگزیند. سید حسینی و همکاران در سال ۱۳۹۵ اولویت‌دهی به خودروهای حمل و نقل همگانی، تحقق توسعه پایدار شهری را مورد بررسی قرار دادند. خودروهای حمل و نقل همگانی با هدف جابجایی تعداد زیادی از مسافران در مناطق پرجمعیت طراحی شده‌اند، به همین خاطر بسیاری معتقدند که اولویت‌دهی در تقاطعات باید به خودروهای حمل و نقل همگانی داده شود. با تنظیم کردن چراغ‌های راهنمایی مطابق با زمان رسیدن اتوبوس‌ها به تقاطعات، تأخیری که خودروهای حمل و نقل همگانی با آن روبه‌رو می‌شوند کاهش می‌یابد و

الگوی پیشنهادی خطوط اتوبوسرانی در محدوده مرکزی شهر تهران

تردد بر اقتصاد ملی، افزایش ایستگاه‌های تبادل بین خطوط در ناحیه تجاری-اداری مرکزی، تعداد کافی ناوگان (سرفاصله زمانی اتوبوس‌ها در ساعات پیک حداکثر ۵ دقیقه و در ساعات عادی ۱۰ دقیقه یا بیشتر) در مناطق پرتراکم استفاده از اتوبوس دوطبقه، سیاست‌گذاری هماهنگ کلیه مدهای حمل‌ونقل برای حصول حداکثر کارایی از طرح ترافیک، معاف کردن خودروهای هیبریدی، الکتریکی و خودروهایی که استاندارد یورو ۵ را برآورده می‌کنند از پرداخت شارژ طرح ترافیک، هزینه اضافی شارژ طرح ترافیک برای خودروهایی که استاندارد یورو ۴ را برآورده نمی‌کنند، حرکت خطوط LRT روی مرزهای ناحیه تجاری-اداری مرکزی و عبور از مرکز آن، بستن بعضی از خیابان‌ها و تنها عبور عابر پیاده، سرمایه‌گذاری درآمد حاصل از طرح ترافیک صرفاً روی توسعه زیرساخت‌ها و ناوگان حمل‌ونقل عمومی، احداث پیاده راه و مسیر دوچرخه، کاهش سرفاصله زمانی اتوبوس‌ها و احداث خطوط متروی جدید برای مسافران دائمی با الهام از طرح شاخه و برگ، استفاده از ارتفاع (مترو و اتوبوس‌های دوطبقه)، تقسیم CBD به نواحی کوچک‌تر جهت مدیریت متمرکز، سنگ‌فرش کردن خیابان‌ها خصوصاً در ناحیه CBD جهت آرام‌سازی و احیای زندگی شهری، ناحیه بندی شهر به لحاظ قیمت سیستم حمل‌ونقل همگانی، تمرکز بر مترو به‌عنوان پایه‌ی سیستم حمل‌ونقل همگانی و طراحی خطوط مختلف به جهت پوشش تمامی شهر، حومه و نقاط دوردست، اجرای طرح LEZ است. در ژاپن مطالعه‌ای انجام شد که هدف آن بررسی اثربخشی یک روش سازمان‌دهی مسیر و برنامه زمانی برای اتوبوس‌ها بر پایه hub and spoke بود. در این پروژه با تغییر جدول زمانی که توسط آن مسیرهای طولانی که به‌صورت طولی در سطح شهر وجود داشتند با مسیرهای کوتاه به سبک spoke جایگزین شدند و تواتر سرویس‌ها بدون افزایش چشمگیر در هزینه‌ها، به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت. دیگرام hub and spoke این شهر در شکل ۴ و ۵ نشان داده شده است.

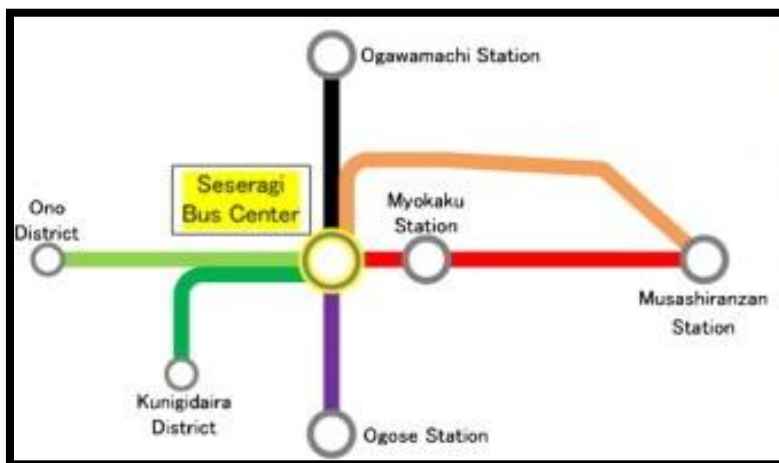
سیاست‌های محدودیت رانندگی در برخی از شهرهای بزرگ چین برای مقابله با آلودگی هوای شهری شدید شهرت یافته است. یک بررسی پرسشنامه در تیانجین، چین توسط Liu و همکاران انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که سیاست محدودیت رانندگی به‌تنهایی نمی‌تواند در انگیزه مسافران برای استفاده از حمل‌ونقل همگانی مؤثر باشد. مقایسه بین صاحبان خودرو و غیر صاحبان نشان می‌دهد که صاحبان خودرو، سیاست‌های محدودیت رانندگی و حمل‌ونقل همگانی را منفی‌تر می‌دانند. علاوه بر این، نگرش نسبت به حمل‌ونقل همگانی همبستگی مثبت با زمان رفت‌وآمد داشت.

۴. تجربیات سایر کشورها در زمینه

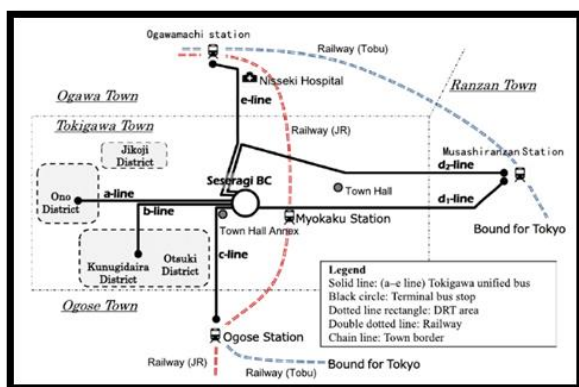
حمل‌ونقل همگانی

در شهر نیواورلئان پایانه‌ی خطوط خارج از محدوده تجاری-اداری مرکزی متصل به خیابان Loyola (۶خطه دوطرفه) است، عمده‌ی خطوط LRT روی مرزها حرکت می‌کنند، خطوط LRT که از داخل CBD عبور می‌کنند منتهی به میدان هستند تا شعاع گردش کافی فراهم شود و شبکه اتوبوسرانی تمام تقاطعات شبکه را پوشش می‌دهد.

مهم‌ترین علل موفقیت سیستم حمل‌ونقل همگانی در شهرهای نیواورلئان، لندن، پاریس و برلین، تنوع وسایل حمل‌ونقل همگانی برای مسافران محلی و مسافران دائمی روزانه، زمان‌بندی دقیق و حرکت وسایل بدون تأخیر (توقف در ایستگاه بین سی ثانیه تا یک دقیقه است و به‌محض اتمام وقت درها بسته می‌شود)، سرفاصله بسیار کم حمل‌ونقل همگانی در نواحی پرتراکم (۲ دقیقه)، حل مشکل کندی سرعت و ازدیاد مسافر در نواحی حومه با خطوط متروی اکسپرس (RER)، دسترسی تمامی مدهای حمل‌ونقل به ناحیه تجاری-اداری مرکزی، استقرار پایانه هاب روی مرز ناحیه تجاری-اداری مرکزی برای کلیه مدهای حمل‌ونقل همگانی، تمرکز بر سرعت جابجایی به دلیل هزینه‌ی اقتصادی بسیار بالای تأخیر

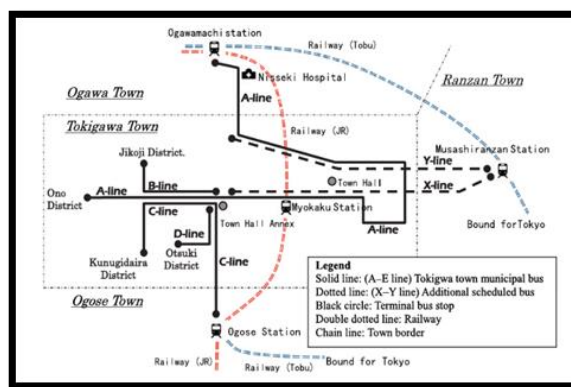


شکل ۴. دیاگرام سیستم hub and spoke مسیرهای اتوبوس شهر توکیگاوا ژاپن



شکل ۵. (ب) خطوط اتوبوس بعد از اجرای سیستم hub and spoke

داخل منطقه است. در شکل ۶ پراکندگی ایستگاه های اتوبوس و مسیر رفت و برگشت تمامی خطوطی که در منطقه هستند به تفکیک نشان داده شده است. علاوه بر خطوط اتوبوس ذکر شده، در منطقه ۱۲ که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته ۵ خط مترو قرار دارد که ۳ خط فعال بوده و ۲ خط دیگر در شرف بهره برداری می باشند. همچنین در حال حاضر یک خط BRT در خیابان مولوی موجود و در حال خدمت رسانی است.

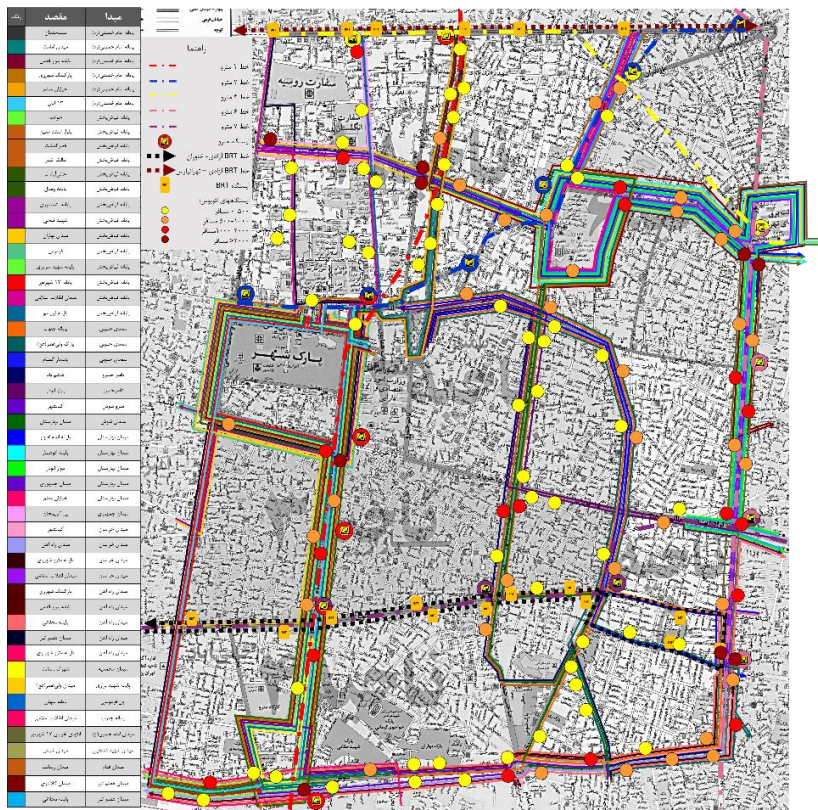


شکل ۵. (الف) خطوط اتوبوس قبل از اجرای طرح

۵. روش پژوهش

در حال حاضر شهر تهران دارای ۲۳۲ خط اتوبوس است که از این خطوط تعداد ۵۲ خط از منطقه ۱۲ عبور می کند. تعداد ۴۱ خط دارای یک سر مبدأ یا مقصد در داخل منطقه هستند و تعداد ۱۱ خط نیز از این منطقه عبور می کنند و مبدأ و مقصد آنها داخل منطقه نیست. لازم به ذکر است که یکی از این خطوط (خط شوش - بهارستان) دارای دو سر مبدأ و مقصد

الگوی پیشنهادی خطوط اتوبوسرانی در محدوده مرکزی شهر تهران



شکل ۶. نقشه خطوط و ایستگاه‌های حمل و نقل همگانی منطقه ۱۲

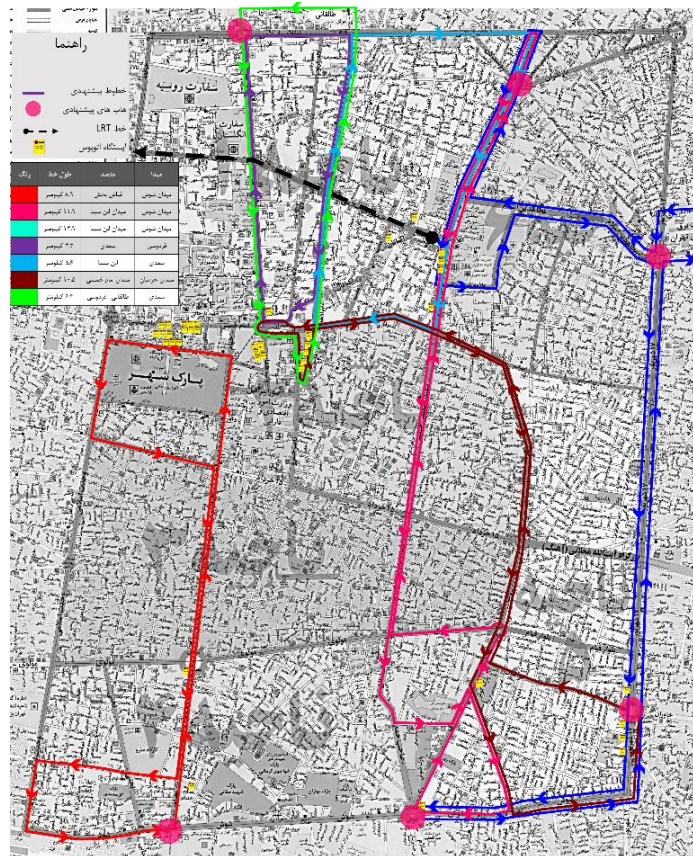
انجام شدند و ملاحظه شد که تعداد مسافری در ایستگاه‌هایی که نزدیک به ایستگاه‌های مترو هستند و بعضی از نواحی مرزی منطقه به نسبت سایر ایستگاه‌ها بیشتر است که با رنگ‌های تیره‌تر در شکل ۱ نشان داده شده است. سپس نقشه‌ای از ایستگاه‌های اتوبوس و تعداد خطوطی که از هر ایستگاه عبور می‌کنند تهیه شد که نشان داد در منطقه ۱۲ بعضی از ایستگاه‌ها تنها برای دو خط فعالیت می‌کنند و برخی تا ۱۴ خط را نیز پوشش می‌دهند. کم‌ترددترین ایستگاه از نظر تعداد خط عبوری ۱ و بیشترین تردد مربوط به ایستگاه معصومیه واقع در خیابان شوش غربی با ۱۴ خط عبوری است، اما دو مورد ذکر شده در بالا هیچ‌کدام نمی‌تواند تعیین‌کننده‌ی وضعیت دقیق ایستگاه‌ها و یا خطوط برای تصمیم‌گیری باشد، زیرا سرفاصله‌ی زمانی عبور یک خط در ایستگاه و تعداد مسافری که از آن خط استفاده می‌کنند در هر ایستگاه متفاوت است و از طرفی ممکن است ایستگاهی که تنها یک یا دو خط از آن عبور می‌کند دارای حجم مسافر زیادی بوده و فعالیت آن قابل قبول باشد. با توجه

همان‌طور که در شکل مشخص شده است، در بعضی از خیابان‌های منطقه تعداد زیادی از خطوط اتوبوس با مسیر مشترک عبور می‌کنند که با توجه به در نظر گرفتن حداکثر سرفاصله زمانی برای اتوبوس‌ها می‌تواند تعداد زیادی اتوبوس را در یک مسیر داشته باشد و همین امر به ترافیک معابر مخصوصاً در نواحی مرکزی و خیابان‌های اطراف بازار می‌افزاید. این خطوط گاهی دارای یک مسیر مشترک ۱۰ کیلومتری بوده و فقط در ۲ کیلومتر پایانی، دارای مسیر مجزا می‌باشند. در سطح منطقه ۱۲ تعداد ۱۵۸ ایستگاه اتوبوس در حال بهره‌برداری است که از این تعداد ۱۱۸ ایستگاه در حاشیه خیابان، ۲۰ ایستگاه در پایانه‌های قورخانه و فیاض بخش و ۲۰ ایستگاه ابتدای خط در حاشیه خیابان‌های بهارستان، خراسان، سعدی جنوبی، خیام، شوش، فردوسی و ری قرار دارند. آماربرداری ایستگاه‌های اتوبوس در بهمن‌ماه سال ۱۳۹۵ در دو نوبت صبح و عصر انجام شد. پس از مرتب‌سازی داده‌های به‌دست آمده، بررسی‌ها به تفکیک ایستگاه‌ها، خطوط و خیابان‌ها فصلنامه مهندسی ترافیک/ سال بیست و یکم/ شماره ۸۴/ بهار ۱۴۰۰

بود. در میان خطوط بررسی شده تعداد ۴۴ مسیر (رفت یا برگشت) با **LoadFactor** کمتر از ۰,۵ در محدوده منطقه ۱۲، در حال فعالیت هستند که کارایی این خطوط چندان مناسب به نظر نمی‌رسد؛ بنابراین یا باید سرفاصله‌ی تردد اتوبوس‌ها را کمتر کنیم که اگر از یک میزان مشخص کمتر شود مطلوبیت خود را از دست خواهد داد، زیرا زمان انتظار مسافر در ایستگاه بالا می‌رود، یا اینکه می‌بایست اقدامی در جهت حذف و یا ادغام خطوطی با این شرایط نموده و احجام مسافر این خطوط را بر روی خطوطی دیگر با مسیر مشابه انتقال داد. از آنجایی که حذف کامل یک خط ممکن نیست و تبعاتی در پی خواهد داشت، برای اجرا نمودن این سناریو تصمیم گرفته شد چند خط که کاملاً تمام مسیرهای داخلی منطقه را پوشش می‌دهند در منطقه طراحی شود و بقیه طول خط از مرز منطقه به بعد ادامه پیدا کند، اما ۱۱ خطی که از منطقه عبور می‌کنند دچار هیچ تغییری نخواهند شد. در گام بعدی به بررسی نقاط مرزی که قابلیت تبدیل شدن به هاب را داشتند پرداخته شد. سپس با توجه به قرارگیری هر یک از خطوط ذکر شده بر روی هاب-های پیشنهادی و حذف خطوط از داخل منطقه، پیشنهادهایی برای ایجاد خطوط جدید در داخل منطقه ارائه شد. در این پیشنهادها سعی شده است تا حداقل یک خط از تمامی مسیرهایی که قبلاً تحت پوشش حمل و نقل همگانی بودند، عبور کند. سایر مسیرهایی که خطی از آن عبور نمی‌کند توسط خطوط عبوری از منطقه که ادغام نشده‌اند پوشش داده می‌شود. همچنین با توجه به اینکه خط بهارستان - جمهوری تعداد مسافر بالایی دارد و تناوب اتوبوس‌ها بسیار بالاست، این خط برای سرویس‌دهی بهتر، پتانسیل تبدیل شدن به خط **LRT** را دارا است. به همین دلیل برای این مسیر به جای خط اتوبوس، خط **LRT** در نظر گرفته شده است. در شکل ۷ تمامی خطوط حمل و نقل همگانی و هاب‌های پیشنهادی منطقه ۱۲ بر روی یک نقشه مشخص شده است.

به سیاست کلی بهبود حمل و نقل همگانی و تشویق شهروندان به استفاده از وسایل حمل و نقل همگانی به جای استفاده از خودروهای شخصی، تصمیم بر آن شد که هیچ‌یک از ایستگاه‌های اتوبوس که در حال حاضر در منطقه فعالیت می‌کنند حذف نشوند و فواصل بین ایستگاه‌ها زیاد نشود، زیرا با افزایش فاصله بین ایستگاه‌ها مطلوبیت استفاده از این مد نیز کاهش می‌یابد و افراد راغب به استفاده از آن نخواهند بود؛ بنابراین در گام بعدی با وجود اطلاعات طبقه‌بندی شده برای هر خط، سرفاصله زمانی عبور هر خط از هر ایستگاه و همچنین تعداد نفرات جابجا شده با خط و تعداد مسافر در هر ایستگاه به تفکیک سه ساعت صبح و عصر و **LoadFactor** هر خط برای بدترین حالت ممکن محاسبه شد. **LoadFactor** استفاده از راهنمای ظرفیت حمل و نقل و کیفیت خدمات محاسبه شد؛ که طبق آن دستورالعمل محاسبه **LoadFactor** به این صورت است. بار مسافر به طور ساده تعداد مسافران در یک واحد وسیله نقلیه حمل و نقل همگانی است. بسیاری از کارها اشغال وسیله نقلیه را نسبت به تعداد صندلی، بیان شده به عنوان ضریب بار (**LoadFactor**) استفاده می‌کند. ضریب ۱ بدان معنی است که همه صندلی‌ها اشغال شده‌اند. اهمیت بارگذاری وسیله نقلیه با توجه به نوع خدمات متفاوت است. به طور کلی، حمل و نقل اتوبوس ضریب بار زیر ۱ را برای سفرهای رفت و آمد از راه دور و با عملکرد و سرعت بالا و ترافیک مخلوط فراهم می‌کند. سرویس‌های داخل شهری می‌تواند به ضریب بار ۲ (اما به طور معمول ۱,۵) نزدیک شود، در حالی که سایر سرویس‌ها مابین این مقادیر هستند. در اکثر خطوط **LoadFactor** صبح و عصر متفاوت است. به این صورت که مثلاً در خطوطی که به سمت بازار تهران می‌آیند، در بازه صبح **LoadFactor** بیشتری نسبت به عصر دارند و در بازه عصر این میزان تردد در مسیر مخالف یعنی برگشت از بازار اتفاق می‌افتد؛ بنابراین هر خط اگر در یکی از بازه‌های صبح یا عصر هم خوب کار کند مجاز به حذف خط نخواهیم

الگوی پیشنهادی خطوط اتوبوسرانی در محدوده مرکزی شهر تهران



شکل ۷. نقشه خطوط و هاب های پیشنهادی منطقه ۱۲

مقصد افراد پیاده و سوار شده به اتوبوس در هر ایستگاه، خطی که افراد با آن سفر می‌کنند، هدف سفر و مد حمل و نقل مورد استفاده بعدی مورد پرسش قرار گرفته است. در هر ایستگاه افراد در دو حالت سوار یا پیاده شدن قرار دارند و برای مقصد یا مبدأ نیز سه حالت درون منطقه، روی مرز منطقه و خارج از منطقه در نظر گرفته شد و سپس اقدام به شمارش تعداد افراد با هر یک از این ۶ حالت شد و در نهایت در دو بازه‌ی صبح و عصر درصد این افراد با مبدأ و مقصدهای مختلف محاسبه گردید. به عنوان یک جمع‌بندی از تمام خطوط برداشت شده، جدول ۱ نشان‌دهنده‌ی وضعیت کل خطوط است.

در حال حاضر ۱۵۰۰ دستگاه اتوبوس دیزل در خطوط منطقه ۱۲ در حال فعالیت می‌باشند که به میزان قابل‌ملاحظه‌ای در ایجاد آلودگی هوای منطقه مرکزی شهر تأثیر دارند، این تعداد اتوبوس پس از انجام تغییرات ارائه شده در این مطالعه به ۲۵۰ دستگاه اتوبوس برقی کاهش می‌یابد که هم باعث کاهش تردد و افزایش سرعت در مسیرهای داخل منطقه شده و هم به کاهش میزان آلاینده‌های هوا کمک می‌کند.

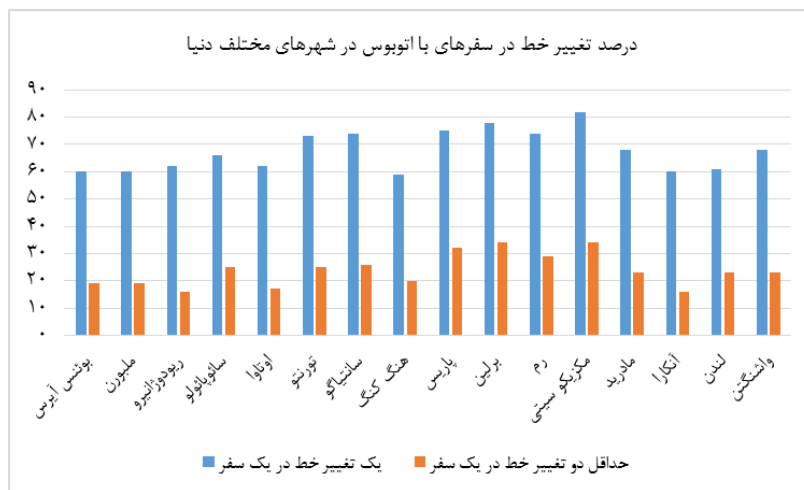
پس از ارائه این پیشنهادها، برای اطمینان از کارآمد بودن و عدم ایجاد مشکل در اجرای ادغام خطوط، برداشت دیگری با عنوان مصاحبه و برداشت مبدأ و مقصد مسافرین در تمامی ایستگاه های اتوبوس منطقه ۱۲ انجام شد. در این آماربرداری مبدأ و

جدول ۱. نتایج مصاحبه مبدأ و مقصد مسافران اتوبوس در منطقه ۱۲ شهر تهران

بعدازظهر		صبح	
تعداد مسافر پیاده شده	تعداد مسافر سوار شده	تعداد مسافر پیاده شده	تعداد مسافر سوار شده
مبدأ: خارج منطقه	مقصد: خارج منطقه	مبدأ: خارج منطقه	مقصد: خارج منطقه
۵۲,۴	۶۰,۷	۵۵,۵	۵۰,۵
مبدأ: مرز	مقصد: مرز	مبدأ: مرز	مقصد: مرز
۳۱,۵	۲۱,۲	۲۶,۶	۱۸,۶
مبدأ: داخل منطقه	مقصد: داخل منطقه	مبدأ: داخل منطقه	مقصد: داخل منطقه
۱۶,۱	۱۸,۱	۱۷,۹	۳۰,۹

مستله در مقایسه با سایر کشورها نشان‌دهنده مناسب بودن خطوط و هاب‌های پیشنهادی است. همان‌طور که در نمودار شکل ۸ نشان داده شده، در اکثر کشورها، بیش از ۶۰ درصد مسافران حداقل یک تغییر خط در هر سفر خواهند داشت.

این بررسی‌ها نشان داد نیمی از مسافران پس از انجام تغییرات و ادغام خطوط نیاز به ترنسفر نخواهند داشت و با خطوط ایجادشده می‌توانند در داخل منطقه یا روی مرز منطقه به مقصد برنند و نیمی دیگر می‌بایست در محل هاب‌های پیشنهادی تغییر خط داده و با یک ترنسفر به مقصد خواهند رسید؛ که این



شکل ۸ نمودار درصد تغییر خط مسافران (ترنسفر) در شهرهای مختلف دنیا

۶. نتیجه‌گیری

۲- افزایش سرعت جابجایی و مطلوبیت حمل‌ونقل

همگانی در محدوده مرکزی شهر تهران

۳- افزایش کارایی و عملکردی اتوبوس‌ها در محدوده

مرکزی شهر تهران

۴- پوشش تمامی معابر شریانی درجه ۲ اصلی منطقه

توسط خطوط اتوبوس پرسرعت

۵- یکپارچه‌سازی و اتصال خطوط مترو و BRT به

یکدیگر توسط حمل‌ونقل همگانی

فصلنامه مهندسی ترافیک / سال بیست و یکم / شماره ۸۴ / بهار ۱۴۰۰

با بررسی‌های انجام‌شده و شاخص‌هایی که در این مطالعه موردبررسی قرار گرفت، پس از اجرای طرح قرارگیری هاب‌ها روی مرز منطقه شاهد موارد ذیل خواهیم بود:

۱- کاهش تولید آلاینده‌ها توسط حمل‌ونقل همگانی در

محدوده مرکزی شهر تهران

Tehran. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 106, 427-439.

- Liu, Y., Hong, Z., & Liu, Y. (2016). Do driving restriction policies effectively motivate commuters to use public transportation?. Energy Policy, 90, 253-261.

<https://parissitesandinsights.wordpress.com/March2017>

- <https://getbybus.com/en/blog/bus-berlin/March2017>

-Yajima, M., Sakamoto, K., & Kubota, H. (2013). Efficacy of bus service reorganization utilizing a hub-and-spoke topology and DRT to meet community needs: A case study of Tokigawa town. IATSS research, 37(1), 49-60.

- Transit Capacity and Quality of Service Manual, 2003.

۷. پی‌نوشت‌ها

1. Central Business District

۸. مراجع

- گزیده آمار حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران، سال ۱۳۹۲، معاونت و سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران.

- نبی، امین. و عبدالله زاده فرد، علیرضا. توسعه حمل‌ونقل همگانی محور، ۱۳۹۶، دومین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، معماری و مدیریت بحران، تهران، دانشگاه علامه مجلسی.

- سید حسینی، سید محمد، رضانی، محمدرضا. و نسیمی، آرمین، اولویت‌دهی به خودروهای حمل‌ونقل همگانی، تحقیق توسعه پایدار شهری، ۱۳۹۵، دومین همایش سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند جاده‌ای، تهران، سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای.

- کرم رودی، محمود، امینی شیرازی، حامد، تقی زاده، یاسر. و قیصر، سعید، ارائه روشی برای انتخاب سیستم‌های حمل‌ونقل همگانی موردنیاز در شهرهای ایران، ۱۳۹۴، چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک، تهران، معاونت و سازمان حمل‌ونقل ترافیک.

- Hosapujari, A. B., & Verma, A. (2013). Development of a hub and spoke model for bus transit route network design. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 104, 835-844.

- Cheng, Y. H., & Chen, S. Y. (2015). Perceived accessibility, mobility, and connectivity of public transportation systems. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 77, 386-403.

- Chowdhury, S., Hadas, Y., Gonzalez, V. A., & Schot, B. (2018). Public transport users' and policy makers' perceptions of integrated public transport systems. Transport Policy, 61, 75-83.

- Nassereddine, M., & Eskandari, H. (2017). An integrated MCDM approach to evaluate public transportation systems in

فصلنامه مهندسی ترافیک/ سال بیست و یکم/ شماره ۸۴ / بهار ۱۴۰۰