



بهینه‌سازی زمان بندی خطوط حمل و نقل شهری (مطالعه موردی خط ۲۱۳ - شهر تهران)

آرش ابراهیمی^{۱*}، مائده سادات میرهدایتی^۲، مسعود عامل سخی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، گروه مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی قم، قم، ایران.

Arashblue44@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، گروه مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی قم، قم، ایران.

m.mirhedayati1998@gmail.com

۳- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی قم، قم، ایران.

mamelsakhi@yahoo.com

چکیده

امروزه رشد شهرنشینی، افزایش جمعیت و به دنبال آن افزایش وسایل حمل و نقل شهری، باعث ایجاد تراکم و ترافیک گسترده‌ای در معابر شهری و بالطبع افزایش اتلاف وقت و صرف هزینه‌های سنگین برای شهروندان شده است. بدون شک مدیریت زمان برای هر فردی به‌ویژه در دنیای امروز یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر و لازمه زندگی هدفمند و با برنامه است. سیستم حمل و نقل عمومی یکی از زیرمجموعه‌های حمل و نقل درون‌شهری است. حمل و نقل عمومی علاوه بر افزایش ظرفیت عملکردی معابر شهری ساختاری منظم و یکپارچه را در تردهای شهری ایجاد می‌کند. برنامه‌ریزی شبکه حمل و نقل همگانی در طرح جامع توسعه شهری دارای جایگاه ویژه‌ای است و این جایگاه به علت بهره‌وری بهینه از امکانات شهری است. در پژوهش حاضر مطالعه موردی بر روی یکی از خطوط شبکه حمل و نقل عمومی انجام شده، نواقصی در ساختار زمان‌بندی این شبکه وجود داشت که باعث اتلاف وقت مسافری می‌گردید و سعی بر این شد تا زمان‌بندی و کارایی این شبکه را در دو بازه زمانی پرتردد و کم‌حجم ترافیکی مورد بررسی قرار دهیم، و در نهایت مدلی بهینه برای بهبود عملکرد این شبکه ارائه شد و اهداف ذکر شد.

واژه‌های کلیدی: حمل و نقل شهری، ترافیک گسترده‌ای، کم حجم ترافیکی، مطالعه موردی

۱- مقدمه

ترافیک شهری و انتظار برای تردد با وسایل حمل و نقل عمومی روزانه منجر به اتلاف وقت زیادی از شهروندان شده، و در پس آن پیامدهای منفی اعم از افزایش خستگی، فشارهای عصبی و کاهش آستانه تحمل افراد را به دنبال خواهد داشت. باتوجه به توسعه روزافزون شهرها و خدمات شهری، اهمیت رفاه حال شهروندان بیشتر مورد توجه می‌باشد. استفاده از شبکه حمل و نقل عمومی برای جلوگیری از اتلاف وقت شهروندان و جلب رضایت آنها در ارائه خدمات از جمله مسائلی است که مورد توجه ویژه مسئولان شهری در برنامه‌ریزی‌های حمل و نقل قرار گرفته است. مدیریت پایدار حمل و نقل اثرات توسعه حمل و نقل را بر روی کارایی اقتصادی، موضوعات زیست‌محیطی، مصرف منابع، کاربری اراضی و عدالت اجتماعی مورد توجه قرار می‌دهد و به کاهش اثرات زیست‌محیطی، افزایش بازدهی سیستم حمل و نقل و بهبود وضعیت زندگی اجتماعی کمک می‌کند و هدف آن سیستم افزایش کارایی و جابه‌جایی افراد، خدمات و کالاها با حداقل مشکلات دسترسی است که بدون سازماندهی مجدد استراتژی‌ها، سیاست‌ها و برنامه‌ها قابل دستیابی نخواهد بود. از مهم‌ترین دغدغه‌های مدیریت کلانشهری در شهر تهران مدیریت حمل و نقل است. در همین ارتباط، زمینه ایجاد و توسعه حمل و نقل پایدار در این شهر می‌تواند باعث مؤثرترین ابزار هدایت توسعه شهر، شکل‌دهی به محیط و ارتقای کیفیت زندگی شهری شود. در این پژوهش که مطالعه موردی بر روی مسیر (خط) میدان رسالت به شهرک محلاتی انجام گردیده؛ سعی بر آن است تا ضمن مطالعه وضعیت ترافیکی و برنامه زمانی آن مسیر، پیشنهادی جهت بهبود برنامه



زمان بندی وسایل حمل و نقل عمومی اعم از اتوبوس ها و مینی بوس ها در راستای بالابردن رضایت شهروندان و بهینه کردن عملکرد ارائه دهنده خدمات ارائه گردد.

مدیریت ترافیک دو وظیفه عمده دارد: اولاً از ایجاد سفرهای غیر ضروری جلوگیری شود و ثانیاً از تسهیلات ارائه شده به نحو بهینه استفاده کند. امروزه رویکرد مدیریت تقاضا، به عنوان ابزاری برای رسیدن به حمل و نقل پایدار مورد توجه قرار گرفته است که هدف اصلی آن استفاده مؤثر از تسهیلات حمل و نقلی است. [Litman, 2013]

مجموعه فعالیت هایی که به نحوی در مدیریت شهری باعث استفاده بهینه از امکانات و تسهیلات موجود در شهرها می گردد، مدیریت عرضه نامیده می شود. در مدیریت عرضه با اجرای روش های مدیریت، محدودیت و ممنوعیت سطح سرویس مناسب تری برای کاربران سیستم ایجاد می شود. رایج ترین فعالیت هایی که در این زمینه صورت می گیرند عبارتند از: توسعه استفاده از حمل و نقل همگانی، اصلاح حمل و نقل شخصی، ساماندهی شبکه خیابانی، ساماندهی حمل بار، استفاده از حمل و نقل غیر موتوری، ایجاد قوانین و مقررات، اعمال مقررات و آموزش. محققان در پژوهش های صورت گرفته در سال های گذشته مجموعه ای از روش ها را در جهت بهینه سازی امکانات موجود، ارائه دادند.

محمود صفا زاده و سید سجاد مظلوم در پژوهشی بر روی ارائه مدل یکپارچه اختصاصی ناوگان و زمان بندی شبکه حمل و نقل اتوبوسی تندرو تحقیقاتی را انجام داده و در نهایت مدلی برای کاهش زمان انتظار مسافری ارائه نمودند. محمد مهدی زاده و همکاران بر روی ارائه مدلی برای مدیریت یکپارچه حمل و نقل ترافیکی شهری در کلان شهرهای ایران کار کرده و به این مهم دست یافتند که بر اساس این مدل هر سازمان می توان نحوه تأثیر گذاری خود بر ترافیک و بر سایر عوامل تأثیر گذار را بررسی کرده و به نتایج پیش بینی شده ای برسد.

هادی کریمی و همکاران در ارتباط با شبکه حمل و نقل بر روی یک طرفه کردن خیابان های شبکه حمل و نقل شهری با هدف کاهش ترافیک یک منطقه خاص کار نمودند و در نهایت الگوریتمی را پیشنهاد داده و برای نشان دادن اجرایی بودن طرح خود، این الگوریتم بر روی شبکه آزمون سופالز اجرا شده و نتایج این ارائه شد.

Lei Wang و همکاران، پیش بینی زمان رسیدن اتوبوس با استفاده از شبکه های عصبی RBF تعدیل شده با داده های آنلاین را مطرح کرده و در نهایت یک رویکرد پیش بینی زمان رسیدن را با دو مرحله که شامل مدل تعدیل آنلاین و RBFNN ارائه نمودند. سازمان Avi نیز جدول بندی زمانی حمل و نقل بهینه از نوع چند خودرو و برنامه ریزی زمانی خودرو، مطرح نموده و به فعالیت برنامه ریزی عملیات حمل و نقل پرداخته است. Héctor Martínez و همکاران بر روی بهینه سازی فراوانی در سیستم های حمل و نقل عمومی: فرمولاسیون و روش های فرا ابتکاری، پژوهشاتی انجام داده و یک فرمول جدید و یک روش جواب جدید برای مسئله بهینه سازی فراوانی پیشنهاد کرده اند که با استفاده از مدل ارائه شده، ما قادر به محاسبه جواب بهینه یا تقریباً بهینه (با برآورد دقت آن) برای یک مورد مربوط به یک شهر کوچک واقعی خواهیم بود.

در پژوهش حاضر نیز، با مطالعه موردی و بررسی یک مسیر سعی گردیده تا روشی مؤثر برای بهینه سازی امکانات و تسهیلات موجود ارائه شود.

۲- خطوط شبکه و نوع خودروها و روش ها

۲-۱- ایستگاه های منطقه مورد مطالعه

این پژوهش بر روی ایستگاه های خط میدان رسالت به شهرک شهید محلاتی، از ایستگاه مبدأ تا ایستگاه شهید محلاتی واقع در منطقه ۴ شهر تهران انجام گردید.



جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه شماره ۴	ایستگاه شماره ۳	ایستگاه شماره ۲	ایستگاه شماره ۱ (مبدأ)	شماره ایستگاه
میدان الغدير	شهرک واحد	میدان رسالت	پایانه سمنگان	نام ایستگاه
۲۴۶۷	۲۴۷۱	۲۴۷۵	۴۰۰۷	کد ایستگاه

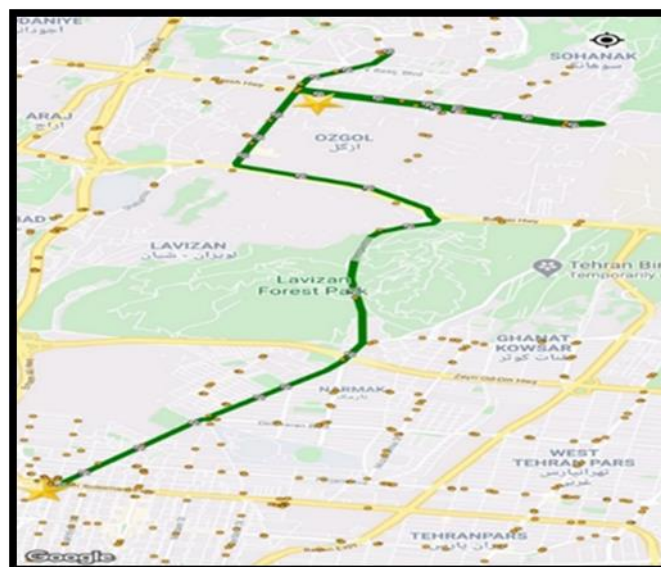
ایستگاه شماره ۸	ایستگاه شماره ۷	ایستگاه شماره ۶	ایستگاه شماره ۵	شماره ایستگاه
میدان رسالت	چهارراه استقلال	سازمان آب	هفتم غربی	نام ایستگاه
۲۴۷۵	۲۴۵۷	۲۴۶۳	۲۰۹۲	کد ایستگاه

ایستگاه شماره ۱۲	ایستگاه شماره ۱۱	ایستگاه شماره ۱۰	ایستگاه شماره ۹	شماره ایستگاه
هوانیروز	لویزان سه	لویزان یک	شیان	نام ایستگاه
۱۰۵۹	۱۰۵۵	۲۴۵۳	۲۵۳۶	کد ایستگاه

ایستگاه شماره ۱۶	ایستگاه شماره ۱۵	ایستگاه شماره ۱۴	ایستگاه شماره ۱۳	شماره ایستگاه
شهید محلاتی	شهید بابایی	ستاد	پادگان المهدی عج	نام ایستگاه
۱۰۳۱	۱۰۳۰	۱۱۰۱	۱۱۰۵	کد ایستگاه

۲-۲- معرفی نقشه مسیر حرکت خودروها

این مسیر از ایستگاه مبدأ (ایستگاه پایانه سمنگان تهران) آغاز گردیده و تا ایستگاه پایانی، ایستگاه شهید محلاتی مورد پژوهش قرار گرفته است.



شکل شماره ۱: نقشه مسیر (۱)



۲-۳- نوع خودروها

خودروهای مورد ارزیابی شامل یک دستگاه مینی بوس و یک دستگاه اتوبوس هستند که ظرفیت آن‌ها در جدول ۲ مشخص شده است.

جدول ۲: ظرفیت خودروها

نوع خودرو	مینی بوس	اتوبوس درون شهری
ظرفیت	۱۶ نفر	۳۱-۳۳ نفر

۲-۴- برنامه ارزیابی

برای ارزیابی کارایی خودروهای مذکور، بررسی در دو بازه زمانی کم حجم و پرتردد بر روی ۶ ایستگاه و اندازه گیری بازه زمانی حرکت خودروها و همچنین بازه زمانی حرکت خودروها مابین ایستگاه‌ها انجام گردید.

جدول ۳: برنامه زمانی مورد بررسی

حجم ترافیکی	ساعات مورد بررسی
پر حجم	۰۶:۴۰ الی ۸ (صبح)
کم حجم	۰۹:۴۰ الی ۱۱ (صبح)

۳- تحلیل و نتایج

۳-۱- تحلیل ظرفیت خودروها

ظرفیت خودروها در دو بازه زمانی بررسی گردید و بازه زمانی شروع حرکت هر خودرو اعم از اتوبوس و مینی بوس نسبت به خودروی بعدی از مبدأ هر ۲۰ دقیقه اندازه گیری شده و همچنین بازه زمانی حرکت خودروها بین ایستگاه‌ها و حجم مسافریین مراجعه کننده به خودروها در جداول زیر نشان داده شده است.

$$X_i : \sum_{j=1}^{i-4} X''_j / U(j) \quad (1)$$

$$6:40_{(Am)} - 7_{(Am)} : X''_1 = \frac{\sum_{j=1}^{j=16} M_j}{N}$$

$$7_{(Am)} - 7:20_{(Am)} : X''_2 = \frac{\sum_{j=1}^{j=16} M_j}{N}$$

$$7:20_{(Am)} - 7:40_{(Am)} : X''_3 = \frac{\sum_{j=1}^{j=16} M_j}{N}$$

$$7:40_{(Am)} - 8_{(Am)} : X''_4 = \frac{\sum_{j=1}^{j=16} M_j}{N}$$

$$X'_i : \sum_{j=1}^{j=4} Y''_j / U(j) \quad (2)$$

$$9:40_{(Am)} - 10_{(Am)} : Y''_1 = \frac{\sum_{j=1}^{j=16} m_j}{N}$$

$$10_{(Am)} - 10:20_{(Am)} : Y''_2 = \frac{\sum_{j=1}^{j=16} m_j}{N}$$

$$10:20_{(Am)} - 10:40_{(Am)} : Y''_3 = \frac{\sum_{j=1}^{j=16} m_j}{N}$$



$$10:40(\text{Am}) - 11(\text{Am}) : y''_4 = \frac{\sum_{j=1}^{z=16} m_j}{N}$$

M_j : تعداد مسافریں در ایستگاه j ام (در ساعات پرتدد)

m_j : تعداد مسافریں در ایستگاه j ام (در ساعات کم تردد)

N : تعداد ایستگاهها

در واقع روابط ارائه شده با کمک اداره ترافیک منطقه ۴ نهران بر اساس دادههای آماری به دست آمده، بدین صورت که رابطه (۱) در بازه زمانی حاصل شده که جزو ساعات پرتدد بود و همچنین رابطه (۲) نیز جزو ساعات کم تردد بوده، بر اساس اطلاعات آماری برآورده شده و استفاده از روابط آماری،

و برآوردی از تعداد مسافریں مراجعه کننده به طور متوسط از ایستگاهها در طول روز به دست آمد و در نهایت در جداول زیر ارائه گردید.

جدول ۴ : تعداد مسافریں مراجعه کننده به خودروها در ساعات پرتدد (در بازه زمانی ۵ روز کاری حاصل فرمولاسیون (۱))

X_i	بازه زمانی ۸ - ۶:۴۰	روز
X_0	۱۸	شنبه
X_1	۱۷	یکشنبه
X_2	۱۸	دوشنبه
X_3	۱۷	سه شنبه
X_4	۱۹	چهارشنبه

جدول ۵ : تعداد مسافریں مراجعه کننده به خودروها در ساعات کم حجم ترافیکی (در بازه زمانی ۵ روز کاری حاصل فرمولاسیون (۲))

X'_i	بازه زمانی: ۹.۴۰ - ۱۱	روز
X'_0	۸	شنبه
X'_1	۵	یکشنبه
X'_2	۷	دوشنبه
X'_3	۳	سه شنبه
X'_4	۶	چهارشنبه

سیس از جداول بالا میانگینی بر اساس تعداد مسافریں در طول ۵ روز انجام گردید و از این در جداول زیر جهت مقایسه ظرفیت خودروها استفاده گردید .



جدول ۶: حجم مسافین در بازه زمانی ۸ - ۶,۴۰ صبح

نوع خودرو	ظرفیت خودرو	تعداد مسافین	ظرفیت پرشدگی خودرو (%)	زمان حرکت هر خودرو نسبت به خودرو ی بعدی
مینی بوس	۱۶	۱۸	۱۲۸	۲۰ دقیقه
اتوبوس	۳۱-۳۳	۱۸	۵۶	۲۰ دقیقه

جدول ۷: حجم مسافین در بازه زمانی ۱۱ - ۹,۴۰ صبح

نوع خودرو	ظرفیت خودرو	تعداد مسافین	ظرفیت پرشدگی خودرو (%)	زمان حرکت هر خودرو نسبت به خودرو ی بعدی
مینی بوس	۱۶	۷	۴۳	۲۰ دقیقه
اتوبوس	۳۱-۳۳	۷	۱۹	۲۰ دقیقه

نتایج بررسی نشان می‌دهند بازه زمانی ۸-۶,۴۰ صبح، بازه پرتردد بوده که در این بازه با توجه جدول ۶ تعداد مسافین بیش از ظرفیت خودروی مینی بوس بوده و همچنین ظرفیت خودروی اتوبوس تا حد قابل قبولی تکمیل گردیده است. بازه زمانی ۱۱-۹,۴۰، بازه کم حجم ترافیکی بوده که در این بازه نیز باتوجه به جدول ۷ تا حد قابل قبولی ظرفیت خودروی مینی بوس تکمیل گردیده اما کمتر از ۲۰ درصد از ظرفیت خودروی اتوبوس استفاده گردیده و ۸۰ درصد ظرفیت آن خالی از مسافر می‌باشد.

۳-۲- ارائه فرمولاسیون برای به دست آوردن زمان بندی بهینه

سازمان حمل و نقل و ترافیک، باتوجه به محدودیت تعداد وسایل نقلیه عمومی باتوجه به داده‌های آماری زمان حرکت ۲۰ دقیقه برای خودرو را ارائه داده و در تمامی ساعات روز این زمان بندی ثابت بوده است که باتوجه به متغیر بودن تعداد مسافین در ساعات مختلف روز این زمان بندی کارایی مناسبی نداشته و باعث اتلاف وقت مسافین می‌گردد لذا در این پژوهش سعی شده باتوجه به داده‌های آماری به دست آمده، ساعات مختلف روز را به بازه کلی پرتردد و کم تردد تقسیم نموده و فرمولاسیون زیر در جهت بهبود زمان بندی پیش فرض سازمان حمل و نقل و ترافیک ارائه گردید

$$X_t = \sum_{i=0}^{i=4} (X_i)$$

$$X_T = X_t / U(i=0, \dots, i=4)$$

$$\text{If } : X_T < C : T_c = 20_{\min}(\text{پیش فرض})$$

$$\text{If } : X_T > C$$

$$T_c :$$

$$A = \frac{0.5C}{C + c}$$

$$T_c = [20 - (20 \times A)] + f \times 20 \quad (3)$$

$$f = (0.15 \sim 0.13)$$



در روابط بالا:

t : زمان بهینه

X_i : تعداد مسافری در روز i ام

i : شماره روزهای هفته (شنبه = $i = 1$, ..., چهارشنبه = $i = 4$)

C : ظرفیت خودرو (مینی بوس)

c : مزاد ظرفیت

T_c : بازه زمانی حرکت خودروها نسبت به یکدیگر

f : ضریب کاهش

همان طور که گفته شد بر اساس داده‌های آماری در روزهای کاری و ساعات مختلف روز فرمولاسیون بالا ارائه گردید که در این فرمولاسیون گفته شد که بازه کم تردد تعداد مسافری از ظرفیت وسیله نقلیه ذکر شده کمتر بوده می‌توان از زمان پیش فرض سازمان حمل و نقل و ترافیک استفاده شده و در بازه پرتردد تعداد که مسافری مراجعه بیشتر از ظرفیت بوده، باید زمان را با در نظر گرفتن جنبه اقتصادی، کاهش داد و بر همین اساس متغیر T_c تعریف گردید.

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش ظرفیت و برنامه زمانی حرکت خودروهای مینی بوس و اتوبوس در مشاهده موردی بر روی خط میدان رسالت به سمت شهرک شهید محلاتی مورد بررسی قرار گرفت، همان طور که گفته شد سازمان حمل و نقل و ترافیک، باتوجه به محدودیت تعداد وسایل نقلیه عمومی باتوجه به داده‌های آماری زمان حرکت ۲۰ دقیقه برای خودرو را ارائه داده و در تمامی ساعات روز این زمان بندی ثابت بوده است که باتوجه به متغیر بودن تعداد مسافری در ساعات مختلف روز این زمان بندی کارایی مناسبی نداشته و باعث اتلاف وقت مسافری می‌گردد، لذا دو راهکار برای افزایش کارایی این سیستم ارائه گردید.

اولین راهکار ما بهینه ساختن زمان بندی حرکت خودروها که بر اساس داده‌های آماری و فرمولاسیون، متغیر T_c تعریف گردید که بر اساس این متغیر بازه زمانی حرکت خودروها تعیین می‌شود.

در بخش دوم ظرفیت خودروهای حمل و نقل عمومی بررسی شد و مشاهده شد، می‌توان در بازه زمانی پرتردد با همان زمان بندی پیش فرض از وسایل نقلیه عمومی با ظرفیت بالاتر استفاده نموده تا اتلاف وقت مسافری کاهش پیدا کند.

به طور کلی در تمامی خطوط حمل و نقل عمومی می‌توان بدون در نظر گرفتن مسافری مراجعه کننده در ساعات روز، ساعات پ تردد را انتخاب کرده و سپس بر اساس زمان حرکت وسایل نقلیه محاسبه و در تمامی ساعات روز به شکل ثابت استفاده نمود؛ اما این روش از نظر اقتصادی به صرفه نبوده و باعث اتلاف انرژی و هزینه مضاعف می‌گردد چراکه تعداد مسافری مراجعه کننده در ساعات روز و حتی روزهای هفته یکسان نبوده و باید از الگوریتم و فرمولاسیونی استفاده نمود که تمامی این مشخصه‌ها در این رعایت شده و زمان بندی ارائه دهد که باعث اتلاف وقت مسافری نشود و همچنین از نظر اقتصادی به صرفه باشد.

مراجع

- مهدی زاده، م؛ و همکاران. (۱۳۸۹). "ارائه مدلی برای مدیریت یکپارچه حمل و نقل و ترافیک شهری در کلان شهرهای ایران"، فصلنامه مطالعات مدیریت انتظامی، ۵ (۳)، ۴۱۸ - ۴۴۳
- کریمی، ه؛ و همکاران. (۱۳۹۳). "یک طرفه کردن خیابان‌های شبکه حمل و نقل شهری با هدف کاهش ترافیک یک منطقه خاص"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال دهم / شماره سوم.
- صفارزاده، م؛ مظلوم، س. (۱۳۹۴). "ارائه مدلی یکپارچه اختصاصی ناوگان و زمان بندی شبکه حمل و نقل اتوبوسی تندرو"، مجله علمی-پژوهشی عمران مدرس.



سومین کنفرانس ملی شهرسازی و معماری دانش بنیان

3rd National Conference On Knowledge-Based Urban Development and Architecture



- Avishai (Avi) Ceder .(2011)“ Optimal Multi-Vehicle Type Transit Timetabling and Vehicle Scheduling” Journal of Elsevier, vol 20 , p.19-30
- Héctor Martínez, Antonio Mauttone, María E. Urquhart .(2014)“ Frequency optimization in public transportation systems: Formulation and metaheuristic approach” Vol 236, P. 27-36
- Lei Wang , Zhongyi Zuo , Junhao Fu. (2014)“ Bus Arrival Time Prediction Using RBF Neural Networks Adjusted by Online Data “ Journal of Elsevier, vol 38 , p. 67 – 75