فصلنامه علمی مهندسی ترافیک
| JOURNAL OF TRAFFIC ENGINEERING |

طراحی شبکه تغذیه کننده با رویکرد مکانیابی ایستگاه در شبکه با استفاده از روش فرا ابتکاری

محمدمهدی طهوری نیا[۱]، افشین شریعت مهیمنی[۲]، زینب لطفعلیزاده[۳]

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران- گرایش برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

۲- دکتری برنامه ریزی حمل و نقل، عضو هیئت علمی گروه مهندسی عمران دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

۳- لیسانس ریاضات محض، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

حمل و نقل پایدار و در دسترس یکی از شاخصه‌های توسعه سطح رفاه و ایمنی جامعه در کشورهای پیشرفته می‌باشد، لذا پیشبرد و بهینه سازی حمل نقل همگانی می‌تواند یکی از مسیرهای رشد و ترقی محسوب گردد. در این مقاله مدلی دوسطحی برای بهینه سازی مکان ایستگاه‌های حمل و نقل همگانی بعنوان تغذیه کننده خط ریلی ارائه شده است. ابتدا طراحی شبکه‌ی تغذیه کننده چند طریقه‌ای انجام می‌شود سپس برای هر ناحیه‌ی ترافیکی مکانیابی ایستگاه مربوط به هر طریقه صورت می‌پذیرد. شاخصهای قابل سنجش در سطح دوم مدل هزینه‌ی زمان پیاده روی مسافر و امکانپذیری اجرای ایستگاه می‌باشد. مدل ریاضیاتی ارائه شده در جهت کمینه کردن هزینه‌های مسافر، بهره بردار و اجتماع است. برای نمایش و مقایسه‌ی نتایج از یک مثال حقیقی، اطلاعات شبکه‌ی حمل و نقل همگانی شهر مشهد، استفاده شده. نتایج نشان می‌دهد هزینه استفاده کننده حساسیت بیشتری نسبت به زمان پیاده روی تا سرفاصله حمل و نقل همگانی دارد. همچنین استفاده از شاخص امکانپذیری در مدل ریاضیاتی با توجه به پراکندگی آماری باعث اریب شدن نتایج حاصله می‌گردد.

کلید واژه: حمل و نقل همگانی، تغذیه کننده چند طریقه ای، مکانیابی ایستگاه، بهینه سازی، الگوریتم مورچگان

۱- مقدمه

حمل و نقل پایدار و در دسترس همواره یکی از شاخص‌های اصلی و تاثیرگذار در سنجش و بهبود سطح زندگی مردم بوده و هست. هر اندازه جابجایی و پشتیبانی از سفرهای شهری با وسایل نقلیه ارزان قیمت و با کیفیت بالا صورت پذیرد، رفاه اجتماعی افزایش و هزینه‌های تحمیلی مانند آلودگی هوا، مصرف بالای سوخت، ترافیک معابر و هزینه‌های توسعه‌ی معابر شهری کاهش خواهد یافت. با توجه به اینکه امروزه بحث آلودگی هوا یکی از چالش‌های مهم زندگی در کلانشهرها قرار گرفته لذا شایسته است با استفاده از روشهای نوین و کم هزینه نسبت به بهبود زیرساختهای حمل و نقل همگانی در وضع موجود و همچنین برنامه ریزی جهت توسعه‌ی در آینده‌ای نه چندان دور اقدام شود.

با توجه به توضیحات بالا هدف این مقاله ارائه‌ی یک مدل ریاضیاتی جهت بهینه سازی شبکه‌ی حمل و نقل همگانی شامل قطار سبک شهری[۱] و شبکه‌ی اتوبوس شهری بعنوان تغذیه کننده‌ی آن بهمراه جانمایی مناسب ایستگاهها است. با توجه به دو هدفه بودن طراحی از یک مدل دو سطحی استفاده شده است. در سطح اول طراحی شبکه‌ی تغذیه کننده با رویکرد مسریابی مناسب تا رسیدن به ایستگاههای قطار سبک شهری صورت می‌پذیرد. بعد از نهایی شدن شبکه‌ی بهینه، مکانیابی ایستگاههای اتوبوس شهری در هر ناحیه‌ی ترافیکی با استفاده از سطح دوم مدل صورت می‌پذیرد. مدل مقاله در جهت بهینه سازی هزینه‌های استفاده کننده[۲]، بهره بردار[۳] و اجتماع[۴]

1 - LRT
2 - User
3 - Operator
4 -Society

می‌باشد. همچنین بمنظور بهینه سازی مکان ایستگاههای اتوبوس شهری از دو شاخص هزینه زمان پیاده روی و امکان پذیری اجرای ایستگاه استفاده شده. باتوجه به پیچیدگی ذاتی مسائل چند مجهولی حمل و نقل استفاده از روشهای ریاضیاتی و عدد برای رسیدن به جواب معمولا مشکل و زمان بر است. بنابراین در این مقاله از یک روش فراابتکاری و بطور خاص الگوریتم اجتماع مورچگان[1] که در سالهای اخیر توسعه‌ی خوبی در علوم ریاضیاتی پیدا کرده استفاده شده است.

هدف اصلی ارائه‌ی یک شبکه حمل و نقل همگانی بعنوان تغذیه کننده خط ریلی با ظرفیت بالای جابجایی می‌باشد بطوریکه هزینه‌های مربوط به دسترسی استفاده کننده به ایستگاههای اتوبوس شهری در نهایت به کمترین میزان کاهش یابد.

۲- مروری بر ادبیات گذشته

در زمینه مدیریت حمل و نقل شهری تاکنون مطالعات زیادی در متون گذشته انجام شده است. با توجه به گستردگی موضوعات مرتبط با حمل و نقل همگانی در این قسمت به مرور مطالعاتی پرداخته می‌شود که فقط به طراحی شبکه‌ی تغذیه کننده و مکانیابی ایستگاههای آن معطوف شده اند.

طراحی شبکه‌ی فیدر برای اولین بار توسط Kuah و Perl در سال ۱۹۸۷ معرفی گردید. آنها در مقاله‌ی خود به ارائه‌ی روشی برای طراحی شبکه‌ی فیدر خط ریلی و تعیین تواتر خطوط پرداخته اند که هدف مقاله کمینه کردن هزینه‌های مسافر و بهره بردار بوده است. Kuah و Perl در سال (۱۹۸۹) مقاله‌ی قبلی خود در زمینه‌ی فیدر را بهبود داده و طراحی کامل شبکه‌ی فیدر را با استفاده از مدل ریاضیاتی انجام داده اند. متغیر طراحی مسئله تواتر مسیرها بوده است.

مسئله‌ی مطرح شده توسط Kuah و Perl (۱۹۸۹) توسط دو مقاله‌ی دیگر و با شیوه‌ای نوین حل شده است. Kuan و Ong (۲۰۰۶) مقاله‌ای ارائه کرده اند که در آن طراحی و آنالیز دو روش فراابتکاری GA[2] و ACO برای حل شبکه‌ی فیدر معرفی می‌گردد. همچنین Martin و Pato (۱۹۹۸) مسئله‌ی بیان شده در مورد شبکه‌ی فیدر را با سه روش ابتکاری Constructive Heuristic، Local Search Heuristic و Tabu Search حل نموده اند.

طراحی شبکه‌ی فیدر با استفاده از روش‌های ابتکاری و فراابتکاری توسط افراد مختلفی انجام شده است.

Shrivastava و Dhingra (۲۰۰۱) مدلی را برای طراحی شبکه‌ی فیدر در شهر مومبای هندوستان ارائه کرده اند که از خط ریلی حومه‌ای این شهر بوسیله‌ی شبکه‌ی فیدر تقاضا را به مقاصد برساند. مدل ارائه شده از نوع ابتکاری می‌باشد.

Shrivastava و Dhingra (۲۰۰۶) یکپارچگی زمانبندی بین شبکه‌ی ریل حومه‌ای و اتوبوس شهری را مورد مطالعه قرار داده اند. در این تحقیق مسیر فیدر و زمانبندی یکپارچه‌ی آن برای شبکه‌ی فیدر همگانی با قطار حومه‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است. یک الگوریتم مسیریابی ابتکاری برای ساخت شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. سپس زمانبندی یکپارچه و بهینه برای شبکه‌ی فیدر ساخته شده انجام می‌شود در حالتیکه زمانبندی خط ریلی از قبل تنظیم شده و ثابت فرض می‌گردد. حل مسئله با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام می‌پذیرد.

Shrivastava و O'Mahony (۲۰۰۶) به طراحی شبکه‌ی فیدر و زمانبندی یکپارچه‌ی آن با خط ریلی با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداخته اند. آنها مدل خود را برای ایستگاه‌های خط ریلی تندرو در کشور ایرلند پیاده نموده اند. نتایج بدست آمده نشان دهنده‌ی بهبود جواب‌ها نسبت به مقاله‌ی قبلی همین نویسندگان می‌باشد.

Shrivastava و O'Mahonny (۲۰۰۷) در مقاله‌ی خود به طراحی شبکه‌ی فیدر با استفاده از ترکیب الگوریتم ژنتیک و یک روش ابتکاری ثانویه پرداخته اند. در این مقاله الگوریتم ژنتیک ابتدا مسیرهای شبکه‌ی فیدر را طراحی می‌کند، سپس یک الگوریتم ابتکاری ویژه عمل می‌کند تا تقاضای تمام ایستگاه‌ها پوشش داده شود. هدف اصلی طراحی بهینه‌ی شبکه‌ی فیدر برای پاسخگویی به تقاضای موجود با توجه به محدودیت زمان سفر و حداقل کردن زمان تغئیر مد بین خط ریلی و خطوط شبکه‌ی فیدر با توجه به هماهنگ کردن زمانبندی بین دو مد حمل و نقلی می‌باشد. متغیرهای تصمیم گیری مسئله نیز شامل مسیرها و تواتر اتوبوس‌ها می‌باشند.

Verma و Dhingra (۲۰۰۵) مدلی را ارائه کرده اند که مسیریابی بهینه‌ی شبکه‌ی فیدر را با خط ریلی مرتبط با آن هماهنگ می‌کند. مسیرها در دو مرحله ساخته می‌شوند: مرحله‌ی اول ساخت مجموعه‌ای از کوتاهترین مسیرها است (مسیرهای

1 - Ant Colony Optimization
2 - Genetic Algorithm

فیدر بالقوه) و در مرحله‌ی دوم یک جستجو توسط الگوریتم کوتاهترین مسیر[1] برای هر جفت ایستگاه ریلی تا ترمینال و با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام می‌شود.

Verma و Dhingra (۲۰۰۶) مدلی ارائه کرده اند که زمانبندی بهینه و یکپارچه را برای دو مد ریلی و شبکه‌ی اتوبوس فیدر فراهم می‌کند. مدل ارائه شده شامل دو بخش زمانبندی خط ریلی و یکپارچه سازی این زمانبندی می‌باشد. تابع هدف زمانبندی خط ریلی کمینه کردن مجموع هزینه‌های اپراتور و مجموع هزینه‌ی زمان انتظار مسافران می‌باشد.

طراحی شبکه‌ی فیدر با استفاده از تابع مطلوبیت نیز توسط Marwah و Parti (۲۰۰۴) بیان شده است. آنها مدل لجیتی ارائه کرده اند تا به تحلیل انتخاب مد بین اتوبوس و خط حمل و نقل همگانی انبوه[2] برای شهر دهلی نو بپردازد. هدف مدل ارائه شده تعیین سهم تقاضای انتقال یافته از اتوبوس به سیستم حمل و نقل همگانی انبوه در اثر ایجاد آن می‌باشد،

Shariat و Gholami (۲۰۱۰) برای اولین بارمدلی ارائه کرده اند که بوسیله‌ی آن شبکه‌ی فیدر را بصورت چند مدی طراحی می‌نماید. تابع هدف مسئله در جهت کمینه کردن هزینه‌های مسافر، اپراتور و هزینه‌های اقتصادی-اجتماعی می‌باشد. آنها برای حل مسئله از الگوریتم فراابتکاری اجتماع مورچگان استفاده نموده اند. برای مقایسه‌ی نتایج ابتدا مسئله را برای حالت مبنا که فقط مد اتوبوس شبکه را پوشش دهد، حل نموده و بعد با وارد کردن مد ون نتایج را تحلیل کرده اند. متغیرهای تصمیم‌گیری شامل مجموعه‌ی مسیرهای شبکه، تواتر مربوط به هر مسیر و ایستگاه‌های تحت پوشش هر مد می‌باشد. روش حل بدین ترتیب است که ابتدا توسط الگوریتم مورچه مسیریابی برای تمام ایستگاه‌های شبکه صورت می‌پذیرد. سپس برای هرمسیر ساخته شده بررسی می‌گردد که آیا مد اتوبوس سرویس دهی نماید بهتر است یا مد ون. ملاک این سنجش هزینه‌ی شبکه می‌باشد که هر کدام هزینه‌ی کمتری را بدهد، انتخاب می‌شود.

کارایی مدهای تاکسی-ترانزیت با ظرفیت خودروهای ۴ نفر در مقایسه با اتوبوس در شبکه فیدر در مطالعه Gholami و Sha-riat (۲۰۱۱) بررسی شده است. در این مطالعه شبکه تک مده اتوبوس با شبکه چند مده‌ای که با خودروی ۴ نفره و اتوبوس طراحی شده است مقایسه شده است. در این مقاله تاثیرات ظرفیت، تقاضا، و هزینه‌های واحد، روی شاخص‌های عملکردی شبکه فیدر نشان داده شده است.

شریعت و طهوری نیا (۱۳۹۰الف و ب) در دو مقاله به بررسی کاربرد الگوریتم اجتماع مورچگان در طراحی شبکه‌ی حمل و نقل همگانی و بررسی اثر تغییرات تقاضا در طراحی شبکه فیدر پرداخته اند.

Tahoorinia, et. al (۲۰۱۳) طراحی شبکه‌ی تغذیه کننده‌ی حمل و نقل همگانی را با رویکرد استفاده‌ی همزمان از مدهای مختلف ارائه کرده اند. روش کار استفاده از الگوریتم اجتماع مورچگان بهمراه طریقه‌های اتوبوس و تاکسی ون بوده. نتایج به دست آمده در یک مقایسه با مطالعات مشابه نشان می‌دهد ۱۷/۵٪ بهبود در کاهش هزینه‌های بهره بردار و استفاده کننده در روش توسعه یافته وجود داشته است.

همانطور که دیده می‌شود اکثر کارهای انجام شده در زمینه طراحی شبکه در جهت ارائه روشهای برتر می‌باشد حال آنکه کمتر به موضوع مدیریت و اجرایی کردن این روشها پرداخته شده است. در این مقاله با استفاده از یک مثال حقیقی اجرای یک روش نوین در زمینه‌ی کاهش هزینه‌های طراحی شبکه حمل و نقل نشان داده خواهد شد.

۳- مدل مسئله

برای طراحی بهینه شبکه تغذیه کننده چند طریقه‌ای از یک مدل شش قسمتی مشابه آنچه در مطالعه‌ی (شریعت و همکاران ۱۳۸۹) اشاره شده، استفاده گردیده است، معادله (۱). دو ترم اول تابع هدف معرف هزینه‌های مربوط به کاربر و ترم‌های سوم تا ششم معادله بترتیب مربوط به هزینه‌های بهره برداری از سیستم، اجتماع، تعمیر و نگهداری و ثابت سیستم حمل و نقل می‌باشد.

$$C_k^m = C_{w,k}^m + C_{r,k}^m + C_{o,k}^m + C_{s,k}^m + C_{f,k}^m + C_{m,k}^m \qquad (1)$$

که در آن:

C_k^m : هزینه کل شبکه برای مد m و مسیرk؛ $C_{w,k}^m$: هزینه زمان انتظار برای مد m و مسیرk؛ $C_{r,k}^m$: هزینه زمان سواری برای مدm و مسیرk؛ $C_{o,k}^m$: هزینه بهره بردار برای مد m و مسیرk؛ $C_{s,k}^m$: هزینه اجتماعی برای مدm و مسیرk؛ $C_{f,k}^m$: هزینه ثابت سیستم برای مدm و مسیرk؛ $C_{m,k}^m$: هزینه تعمیر و نگهداری برای مدm و مسیرk.

1 - K – Shortest Path
2 - Mass Rapid Transit Service

جزئیات بیشتر تابع هدف مسئله در معادله (۲) آورده شده است.

$$C_k^m = \sum_{m=1}^{M}\left(\frac{\lambda_w^m}{2}\sum_{k=1}^{K^m}\frac{P_k^m}{F_k^m}\right)+\sum_{m=1}^{M}\left(\lambda_r^m\sum_{k=1}^{k^m}\frac{1}{V_{o,k}^m}\sum_{s=1}^{S_k^m}\left(l_{s,d}.P_s^m\right)\right) + \sum_{m=1}^{M}\left(2\left(\lambda_o^m+\lambda_s^m\right)\sum_{k=1}^{K^m}F_k^m l_k^m\right) + \sum_{m=1}^{M}\left(2\left(\lambda_f^m+\lambda_m^m\right)\sum_{k=1}^{K^m}\left[\frac{F_k^m l_k^m}{V_{c,k}^m}\right]^+\right) \quad (۲)$$

که در آن:

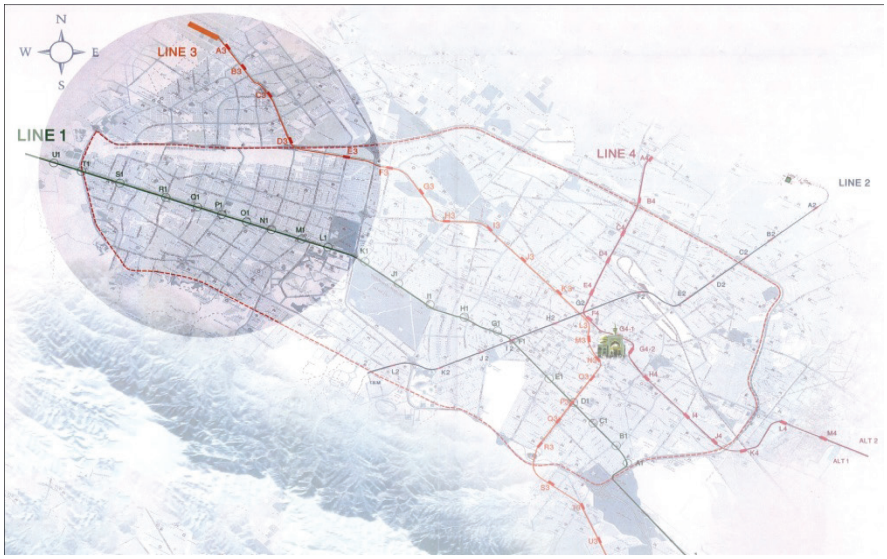
M : تعداد مدهای موجود در شبکه، λ_w^m : هزینه‌ی واحد زمان انتظار برای مد m، K^m : تعداد مسیرمد m، P_k^m : تقاضای مسیر k برای مد m، F_k^m : تواتر مسیر k برای مد m، λ_r^m : هزینه‌ی واحد زمان سواری برای مد m، $V_{o,k}^m$: سرعت عملیاتی مد m در مسیر k، S_k^m : مجموعه ایستگاههای مسیر k و مد m، $l_{s,d}$: فاصله‌ی بین ایستگاه s و مقصد d، P_s^m : تقاضای ایستگاه s برای مد m، λ_o^m : هزینه‌ی واحد بهره بردار برای مد m، λ_s^m : هزینه‌ی واحد اجتماعی برای مد m، l_k^m : طول مسیر k برای مد m، λ_f^m : هزینه‌ی واحد ثابت سیستم برای مد m، λ_m^m : هزینه‌ی واحد تعمیر و نگهداری سیستم برای مد m، $V_{c,k}^m$: سرعت چرخه برای مسیر k و مد m

مدل استفاده شده برای بهینه سازی مکان ایستگاههای شبکه‌ی حمل و نقل اتوبوس شهری مشابه مدل(۱) می‌باشد بعلاوه‌ی اینکه با کمی تغییرات فقط هزینه‌ی زمان پیاده روی و هزینه‌ی تحمیلی بجهت سختی امکان پذیری اجرای یک ایستگاه در محلی را نشان داده و کمیته نماید.

$$C_{j,t}^{total} = C_{walk,j}^{i} + C_{pr,j}^{i} \quad (۳)$$

که در آن:

$C_{j,t}^{total}$: هزینه کل ساخت ایستگاه برای ناحیه ترافیکی j و گزینه‌ی t، $C_{walk,j}^{i}$: هزینه زمان پیاده روی ار مرکز ناحیه ترافیکی j تا گزینه‌ی ایستگاه i و $C_{pr,j}^{i}$: هزینه امکانپذیری ساخت ایستگاه برای ناحیه ترافیکی j و گزینه‌ی i می‌باشد.



شکل ۱: شبکه حمل و نقل شهر مشهد و ناحیه تحت طراحی

جدول ۱: پارامترهای هزینه‌ای مرتبط با مدل سطح اول برنامه

$Van(Ca=10, V_o=20)$						$Bus(Ca=40, V_o=20)$					
λ_m^v (rial/) (veh-h)	λ_f^v (rial/) (veh-h)	λ_s^v (rial/) veh-(km	λ_o^v (rial/) veh-(km	λ_r^v (rial/) (prs-h	λ_w^v (rial/) (prs-h	λ_m^b (rial/) (veh-h	λ_f^b (rial/) (veh-h	λ_s^b (rial/veh-) (km	λ_o^b (rial/) (veh-km	λ_r^b (rial/) (prs-h	λ_w^b (rial/) (prs-h
۱۷۷۸	۲۳۷۶۳	۲۷۹۶	۲۷۹۶	۱۲۰۰۰	۱۸۰۰۰	۳۴۷۲	۱۲۹۱۴۳	۲۲۹۹۲	۱۱۴۹۶	۱۲۰۰۰	۱۸۰۰۰

۳-۱- اجرای برنامه

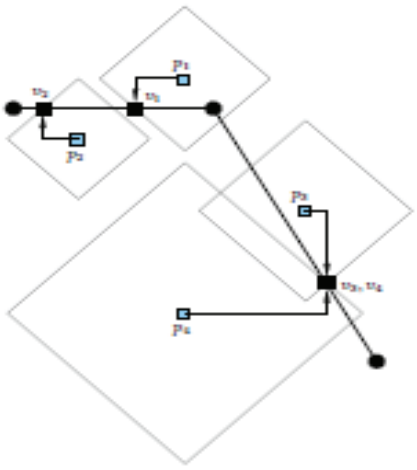
همانطور که در بخش قبل مشخص شد، مدل معرفی شده در این مقاله دو سطح دارد که در بخش اول طراحی شبکه‌ی بهینه‌ی حمل و نقل همگانی بمنظور دسترس مناسب استفاده کننده به خط شبکه‌ی ریلی طراحی می‌شود و در سطح دوم محل مناسب ایستگاههای شبکه‌ی اتوبوس شهری انتخاب می‌گردد. برای اجرای برنامه و نمایش نتایج از یک مثال حقیقی، شبکه حمل و نقل همگانی شهر مشهد استفاده شده است. شهر مشهد از منظر حمل و نقل و شهرسازی دارای بافتی خطی می‌باشد و شبکه‌ی ریلی نیمه انبوه این شهر که خط شماره یک آن از غرب به شرق گسترش یافته و شهر را به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم می‌نماید شکل (۱). با توجه به اینکه قسمت غربی شهر مشهد کاربریهای متفاوت و متراکمی دارد و نیز نزدیکی به ییلاقات شهری از دیگر ویژگی‌های آن می‌باشد، و از آنجاکه در این قسمت از شهر ساختار تقاضای سفر بگونه‌ای است که اکثر سفرهای حمل و نقل همگانی با استفاده از خط ریلی یا اتوبوس شهری که به موازات آن در حرکت است، انجام می‌شود، لذا مدلهای مسئله بر روی آن اجرا شده اند. برای اجرای برنامه الگوریتم مسئله را در محیط نرم افزار متلب[1] کدنویسی کرده و سناریوی اعمالی به برنامه بری سطح اول مدل مطابق جدول (۱) می‌باشد.

Ca: ظرفیت وسیله نقلیه (مسافر)؛ V_o : سرعت عملیاتی وسیله نقلیه (کیلومتر/ساعت)

قابلیت مدل برنامه استفاده از مدهای مختلف در طراحی شبکه می‌باشد اما در اینجا ما از دو طریقه‌ی متداول شهری، اتوبوس و ون استفاده شده است. برای معرفی پارامترهای سطح دوم برنامه لازم است از یک ماتریس دو بعدی استفاده شود بطوریکه هر درایه بر روی سطر آن معرفی یک ناحیه‌ی ترافیکی و درایه‌های مربوط به هر ستون مربوط به موقعیت قرارگیری ایستگاه در گزینه‌های مختلف آن ناحیع‌ی ترافیکی می‌باشد، شکل(۲و۳).

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & .... & 97 & 98 & 99 & 100 \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ 0 & 1 & 2 & 3 & .... & 97 & 98 & 99 & 100 \end{bmatrix}$$

شکل۲: ماتریس موقعیت یابی ایستگاه اتوبوس شهری

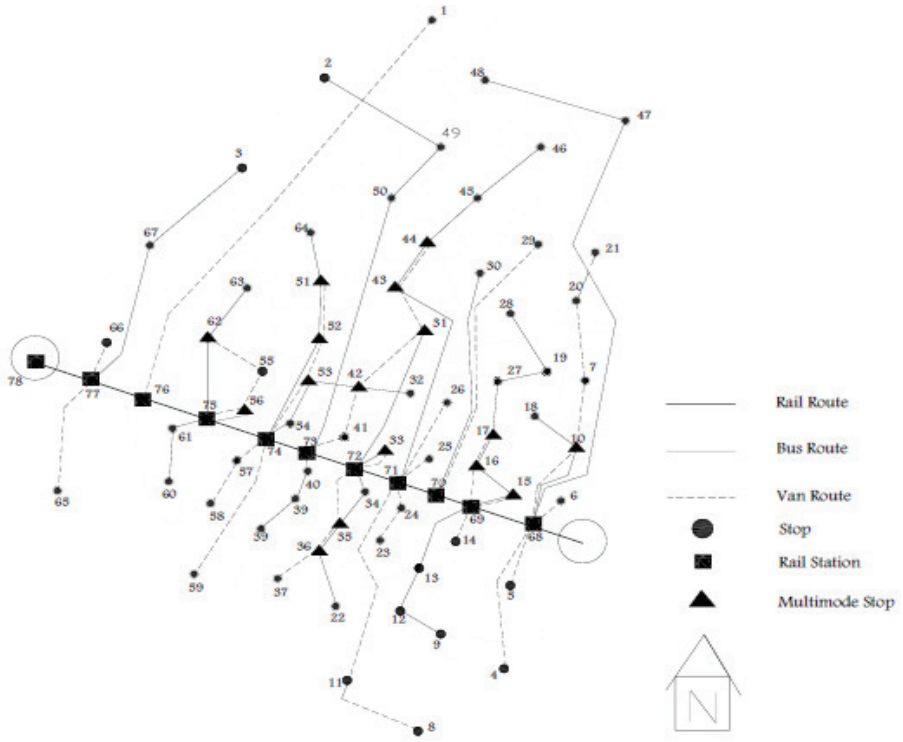


شکل۳: موقعیت قرارگیری گزینه‌های مختلف ایستگاه اتوبوس در هر ناحیه ترافیکی

۴- تحلیل نتایج و نتیجه گیری

در این مقاله مدل طراحی شبکه‌ی تغذیه کننده‌ی حمل و نقل همگانی در دو سطح با رویکرد توسعه‌ی خطوط حمل و نقل اتوبوس شهری بهمراه یک طریقه‌ی رغیب و نیز انتخاب بهترین گزینه برای قرارگیری و ساخت ایستگاه اتوبوس شهری ارائه شده است. برای حل مسئله از الگوریتم فراابتکاری اجتماع مورچگان استفاده شده است. در ابتدا با فرمون گزاری مسیرهای شبکه و انتخاب طریقه‌ی برتر برای هر سناریو ساخت یک شبکه‌ی کم هزینه انجام می‌گیرد. سپس در سطح دوم انتخاب ایستگاه مناسب برای هر ناحیه‌ی ترافیکی با رویکرد کمینه کردن هزینه‌های زمان پیاده روی استفاده کننده و امکان پذیری اجرا انجام می‌شود. برای نمایش نتایج از یک مثال حقیقی شبکه‌ی حمل و نقل همگانی شهر مشهد استفاده شده است. از مقایسه‌ی مجموع هزینه‌ی سناریوها دریافت می‌شود که طراحی شبکه با روش این مقاله همواره بهینه تر نسبت به مطالعات مشابه بوده، بطوریکه مقایسه‌ی هزینه‌های دو طراحی نشان دهنده‌ی متوسط ۱۷/۵٪ کاهش در هزینه‌ها است. علت این امر انعطاف پذیری بیشتر شبکه با مدل این مقاله و پوش مناسب طریقه‌ها نسبت به یکدیگر و استفاده از حداکثر ظرفیت وسایل نقلیه و نیز هزینه‌ی زمان انتظار کمتر مسافران در ایستگاه‌ها می‌باشد. همچنین کاهش هزینه‌های زمان پیاده روی مسافر تا ایستگاه بواسطه‌ی انتخاب بهینه‌ی محل ایستگاه تاثیر بالایی در افزایش مطلوبیت طریقه‌های حمل و نقلی و کاهش هزینه‌های اجتماعی

1 - MATLAB. 010



شکل ۴: شبکه طراحی شده حمل و نقل همگانی برای دو طریقه اتوبوس و ون

خواهد داشت. شبکه‌ی طراحی شده با استفاده از مدل برنامه در شکل (۴) نشان داده شده است. قابل توجه است که دو عامل اصلی برای انتخاب نوع طریقه توسط مسافران در ایستگاه‌های شبکه، زمان درون وسیله و زمان انتظار می‌باشد، و با توجه به اینکه سرویس‌های ون و اتوبوس توسط یک اپراتور در شبکه ارائه می‌گردد در نتیجه روند کاری برنامه به سمت حداکثر کردن سود بهره بردار می‌باشد. از طرف دیگر برنامه برای کاهش هزینه‌های مسافر طوری برنامه ریزی شده که زمان سفر کلی را حداقل نماید. لذا برای مسافر انتخاب اتوبوس یا ون در ایستگاه‌های مشترک شبکه تفاوتی نمی کند چون انتخاب هرکدام از آنها زمان سفرهای حداقلی را برای او تامین خواهد کرد. بنابراین در اینجا فرض براین است که مسافر منتظر در ایستگاه به محض رسیدن اول سرویس از آن استفاده می‌نماید. با توجه به ساختار شبکه‌های حمل و نقل شهرها و توزیع تقاضا و در مناطق شهر، طراحی شبکه‌ی حمل و نقل همگانی باید بگونه‌ای صورت گیرد، تا یکپارچگی مدهای مورد نیاز با هم در شبکه حفظ شود. برای رسیدن به این مهم، نیاز به ارائه‌ی سرویس با مدهایی با ظرفیت‌های متنوع هستیم تا با توجه به تقاضای منطقه توجیه پذیری اقتصادی داشته باشند. در این مقاله روشی برای طراحی شبکه‌ی فیدر چندمدی خط حمل و نقل همگانی ریلی ارائه شد، که امکان سرویس دهی مدها بطور مشترک در ایستگاه‌های شبکه را مقدور می‌سازد. روش ارائه شده در اینجا یک بهبود نسبت به کارهای قبلی صورت گرفته در این زمینه است که طراحی شبکه‌ی فیدر چندمدی را با محدودیت سرویس دهی مدها بطور مجزا در ایستگاه‌های شبکه انجام می‌داد. با ارائه‌ی این راهکار، علاوه بر اینکه انعطاف پذیری شبکه بخاطر تنوع سرویس ارائه شده بالا می‌رود، همچنین از ظرفیت خالی ناوگان سرویس دهنده بخاطر پوش مدها با ظرفیت‌های کم و زیاد نسبت به هم، کاسته می‌شود. تابع هدف مسئله در جهت کمینه کردن هزینه‌های مسافر، بهره بردار و هزینه‌های اقتصادی-اجتماعی می‌باشد. تنوع مدهای سرویس دهنده درایستگاه‌های شبکه باعث می‌گردد که هزینه‌های مسافر و بهره بردار کمتر گردد، زیرا با سرویس دهی چندمد در ایستگاه‌ها، علاوه براینکه با استفاده از ظرفیت متغیر ناوگان می‌توان از ظرفیت خالی سرویس‌ها کاست، همچنین کاهش زمان انتظار مسافر بدلیل تواتر بیشتر سرویس‌ها، کاهش می‌یابد. در جهت مدیریت شهری همواره باید به این نکته توجه داشت که بهینه کردن هزینه‌ها از امور بسیار حیاتی می‌باشد. ازاینرو راهکارهای علمی که در جهت

مدیریت بهینه ارائه می‌شوند همواره می‌توانند راهگشا باشند. در مدیریت واحدشهری بحث حمل و نقل مناسب بطوریکه بتواند نیازهای موجود در جامعه را پاسخگو باشد، در میان است. در این مقاله راهکاری ارائه شدکه می‌تواند در جهت نیل به اهداف از پیش تعیین شده برای طراحی یک شبکه‌ی یکپارچه با هزینه‌ی مناسب استفاده شود.

۵- منابع و مراجع

[1]: Prabhat Shrivastava., Margaret O'Mahony. (2006). "A model for development of optimized feeder routes and coordinated schedules – A genetic algorithms approach." Transport Policy 13- 413-425

[2]: Carlos Lucio Martins., Margarida Vaz Pato. (1998). "Search strategies for the feeder bus network design problem." European journal of Operation Research 106(1998) 425-440

[3]: S. N. Kuah., H. L. Ong., K. M. Ng. (2006). "Solving the feeder bus network design problem by genetic algorithms and ant colony optimization." Department of Industrial and Systems Engineering, National University of Singapore. Doi: 10.1016/j. advenjsoft.2005.10.003

[4]: Ashish Verma., S. L. Dhingra. (2006). "Feeder Bus Routes Generation within Integrated Mass Transit Planning Framework." Journal of transportation engineering, vol131. No-11

[5]: Prabhat Shrivastava., S. L. Dhingra. (2006). "Operational Integration of Suburban Railway and Public Buses – Case Study Mumbai." Journal of transportation engineering Vol. 132, No. 6. 518-522

[6]: Ashish Verma., S. L. Dhingra. (2006). "Developing Integrated Schedules for Urban Rail and Feeder Bus Operation." Journal of urban planning and development. Vol 312, No. 3, 138-146

[7]: Afshin Shariat Mohaymany., Ali Gholami. (2010). "Multimodal Feeder Network Design Problem: Ant Colony Optimization Approach." Journal of transportation engineering. Vol. 136, No. 4, 323-331.

[8]: Prof B R Marwah., Dr R Parti. (2004). "Modeling for Estimation of Demand to Generate Feeder Bus Routes of Mass Rapid Transit System." Journal of institution of engineering, India, Civil Engineerin Division, Vol. 85, pp. 169-173.

[9]: Prabhat Shrivastava., Margaret O'Mahony. (2007). "Design of Feeder Route Network Using Combined Genetic Algorithm and Specialized Repair Heuristic." Journal of public transportation, Vol. 10, No. 2.

[10]: Prabhat Shrivastava., S. L. Dhingra. (2001). "Development of Feeder Routes for Suburban Railway Station Using Heuristic Approach." Journal of transportation engineering, Vol. 127, No. 4, 0334-0341.

[۱۱]: شریعت مهیمنی، افشین.، طهوری نیا، محمدمهدی. (۱۳۹۰). "معرفی کاربرد الگوریتم اجتماع مورچگان در طراحی شبکه فیدر حمل و نقل همگانی". مجله علمی-پژوهشی راهور (در دست چاپ).

[۱۲]: شریعت مهیمنی، افشین.، طهوری نیا، محمدمهدی. (۱۳۹۰). "تحلیل تغییرات تقاضا در طراحی شبکه فیدر چندمدی".، مجله علمی-پژوهشی راهور (دردست چاپ).

[۱۳]: M.M.Tahoorinia., A. Shariat Mohaymany., A. Gholami. (۲۰۱۳). "Designing a Multimodal Feeder Network by Covering Stops with Different Modes", Canadian Journal Civil Engineering., Vol ۴۱: ۸۷-۹۶ ((۲۰۱۴.

Feeder Network Designing with public Stop Location

Mohammad Mahdi Tahoorinia[1], Afshin Shariat Mohaymany[2], Zeinab Lotfalizade[3]
1- M Sc (Transportation Eng), Civil Engineering School, Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran, Iran
2- Associate Professor (Transportation Eng.), Civil Engineering School, Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran, Iran
3- Bachelor (Pure Mathematics) Mathematic School, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Abstract
Sustainable transport and the availability is one of the development indicators in the welfare and safety of the population in developed countries, therefore, the development and optimization of public transport can be considered a viable routes. In this article bi-level model for optimizing the location of the feeder railway stations, public transport is provided. First, the multimodal feeder network designing is done then for each traffic zone the stop location has been done. Measurable indicators in the second level of the model are walking time cost and implementing cost. The mathematical model presented in order to minimize the costs of passengers, operators and society. To show and compare the results is used a real example, the public transport network in Mashhad. The results show that the cost of user has more sensitive to walking time to public transit headway. It is also possible to use the index mathematical model according to the statistical distribution may be skewed latest results.

Keywords: public transit, multimodal feeder, stop location, optimization, ACO