

برنامه ریزی در سیستم اتوبوسرانی شهری طراحی شبکه خطوط اتوبوسرانی شهری

مسئله طراحی شبکه اتوبوسرانی یک مسئله بسیار پیچیده است که مجموعه جواب بسیار بزرگی داشته و امکان حل دقیق آن در شرایط واقعی تقریباً با سیستم‌های پردازشگر فعلی غیر ممکن می‌باشد. برای حل این مسئله رویکردهای مختلفی اتخاذ شده‌است. برخی مطالعات مسئله را آنقدر ساده‌سازی کرده‌اند تا بتوان با روش‌های ریاضی موجود آن را حل نمود و برخی مسئله واقعی را با روش‌های تقریبی حل کرده‌اند. به طور کلی، روش‌های حل مسئله طراحی شبکه اتوبوسرانی شهری را می‌توان به چهار دسته زیر تقسیم بندی نمود:

۱. روش‌های دستی: در این روش‌ها معمولاً کلیه گام‌ها بر اساس قضاوت مهندسی صورت می‌گیرد و فرد خبره و آشنا به سیستم بر اساس شمارش حجم مسافران و یا دیدگاه خود، مسیرها را استخراج می‌کند. در این نوع روش‌ها، چهار گام ذکر شده به نحوی که بیان شد، طی نمی‌شود.

۲. روش‌های ریاضی: در صورتی که مسئله به قدر کافی ساده شود، می‌توان با روش‌های ریاضی مسئله را به صورت دقیق حل نمود. استفاده از روش‌های ریاضی برای حل مسائل واقعی مناسب نیستند و تنها در مسائل بسیار ساده و به منظور درک بهتر روابط متغیرها با یکدیگر از آن‌ها استفاده می‌شود.

۳. روش‌های فراابتکاری (Metaheuristic Methods): روش‌های فراابتکاری بهینه‌یابی نظیر الگوریتم ژنتیک، کلونی مورچگان و گرم و سرد کردن شبیه‌سازی شده به طور گسترده‌ای برای حل مسئله طراحی شبکه اتوبوسرانی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این روش‌ها برای مسائل بزرگ مقیاس جواب‌های مناسبی داده‌اند، اما مشکلی که همیشه در این گونه راه‌حل‌ها وجود دارد، زمان‌بر بودن آن است که در عین حال جواب بهینه کلی را نیز به دست نمی‌دهد، هرچند بهترین جواب ممکن که می‌توان با امکانات موجود به دست آورد را شناسایی می‌کنند.

۴. روش‌های ابتکاری (Heuristic Methods): روش‌های ابتکاری دسته‌ای از روش‌ها هستند که صرفاً برای حل یک مسئله مشخص طراحی می‌شوند و در مدت کمی جواب مناسبی را به دست می‌دهند. این روش‌ها که محدود به چند مورد می‌شوند، جزء بهترین روش‌های حل مسئله به شمار می‌روند.

به منظور آشنایی بیشتر با کلیات مسئله طراحی شبکه اتوبوسرانی شهری یکی از کاربردی‌ترین روش‌های طراحی شبکه اتوبوسرانی شهری که ابتدا توسط سید و ویلسون در سال ۱۹۸۶ و سپس توسط سید در سال ۲۰۰۷ به تفصیل بیان شد، ارائه می‌گردد.

در این روش چهار هدف به عنوان اهداف طراحی شبکه اتوبوسرانی شهری معرفی گردید که عبارتند از:

- حداقل کردن زمان انتظار مسافران
- حداقل کردن صندلی خالی - ساعت
- حداقل کردن اختلاف مسیر با کوتاهترین مسیر در شبکه
- حداقل کردن حجم ناوگان

معیار اول، دیدگاه مسافران و معیارهای دوم و چهارم، دیدگاه گردانندگان سیستم را منعکس می‌کند. معیار سوم نیز، هم دیدگاه مسافران و هم دیدگاه اجتماع را منعکس می‌نماید.

در این روش دو تابع هدف تعریف می‌شود: کمینه کردن تابع Z_1 و Z_2 .

$$\text{رابطه ۳-} Z_1 = a_1 \sum_{i,j \in N} WT(i, j) + a_2 \sum_r EH_r + a_3 \sum_{i,j \in N} DPH(i, j)$$

$$\text{رابطه ۴-} Z_2 = FS$$

که در این روابط داریم:

N مجموعه گره‌های شبکه

$PH(i, j)$ مسافر-ساعت بین گره i و j (مجموع زمان‌هایی که مسافران بین گره i و j در وسیله نقلیه سپری می‌کنند)

$DPH(i, j)$ اختلاف بین $PH(i, j)$ و مسافر ساعتی که در صورت استفاده از کوتاهترین مسیر بدست می‌آید.

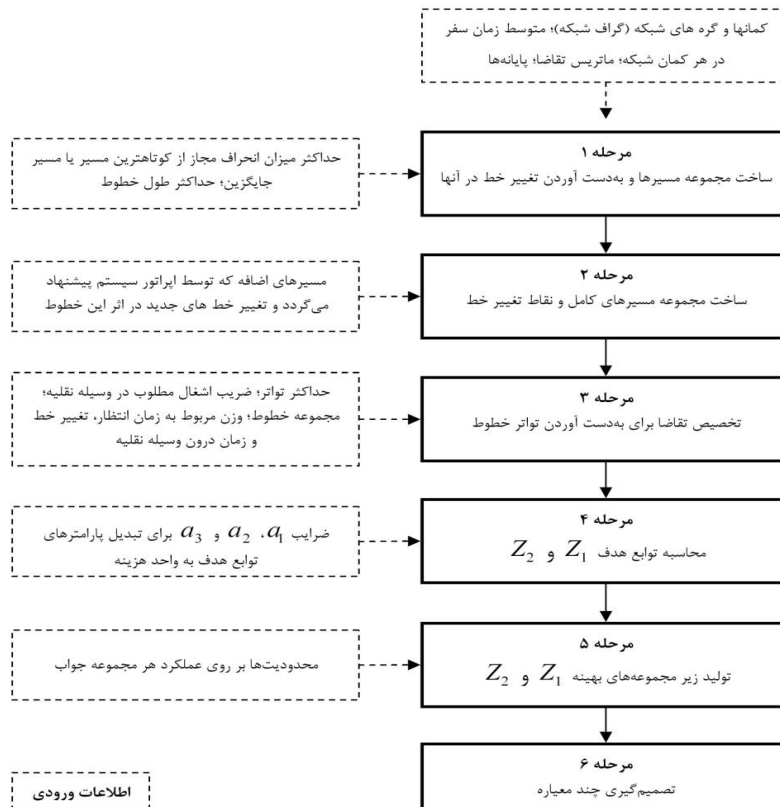
$WT(i, j)$ زمان انتظار بین گره‌های i و j (مجموع زمان‌هایی که مسافران در ایستگاه برای رفتن از i به j صرف می‌کنند).

EH_r صندلی خالی - ساعت در مسیر r (بیان کننده ظرفیت خالی که در مسیر r در یک بازه یک ساعته جایجا می‌شود).

FS حجم ناوگان (تعداد ناوگان مورد نیاز برای انجام سرویس‌های از پیش تعیین شده در خط)

a_k ضریب وزن دهی برای تبدیل پارامترها به هزینه یا هر واحد یکسان دیگر ($k=1,2,3$)

سِدر یک روش حل شش مرحله‌ای را برای حل مدلش ارائه می‌نماید، که در شکل زیر نشان داده شده‌است.



روش شش مرحله‌ای طراحی شبکه خطوط اتوبوسرانی

در مرحله اول با توجه به محاسبه کوتاه‌ترین مسیر بین نقاط انتخاب شده به عنوان ترمینال‌ها، کلیه مسیرهای ممکن در شبکه ایجاد می‌شود. در فرآیند تولید مسیرهای ممکن دو محدودیت اساسی در نظر گرفته می‌شود: اول، اینکه طول مسیر از حد مشخصی بیشتر نباشد و دوم، اینکه مسیر ایجاد شده نسبت به کوتاه‌ترین مسیر بیشتر از یک درصد معین منحرف نگردد. در مرحله دوم، از میان مجموعه مسیرهای تولید شده، دسته خط‌های مختلفی ایجاد می‌شوند به طوری که پوشش شبکه تامین گردد (مرجع اصلی در این مرحله یک مسئله پوشش با نام SCP (Set Covering Problem) را حل می‌کند تا مجموعه خطی که از میان مجموعه خطوط ایجاد شده در مرحله اول انتخاب می‌کند تامین کننده پوشش شبکه باشد). در مرحله سوم، تقاضای سفر به دسته خطوط تخصیص داده می‌شود و تواتر هر خط محاسبه می‌گردد. مرحله تخصیص تقاضا بر اساس استراتژی مسافر برای کمینه کردن مجموع زمان انتظار، زمان تغییر خط و زمان داخل وسیله نقلیه انجام می‌گیرد.

در مرحله چهارم دو تابع Z_1 و Z_2 که توابع هدف مسئله می‌باشند، محاسبه می‌شوند. محاسبه این دو تابع هدف (رابطه ۳ و رابطه ۴) بر اساس یک روش مشخص انجام می‌گیرد که از حوصله این مطلب خارج است.

در مرحله پنجم با انجام تغییراتی در مجموعه خطوط طراحی شده، سعی می‌گردد تا مقادیر Z_1 و Z_2 مطلوب‌تری تولید شود. در این مرحله پس از ایجاد هر تغییر در خطوط، مراحل سوم و چهارم مجدداً اجرا می‌شوند.

نهایتاً در مرحله ششم از میان دسته خطوط ایجاد شده با توجه به مقادیر Z_1 و Z_2 و با توجه به نظر تصمیم‌گیر در مورد اینکه چه مقدار Z_1 در مقابل Z_2 اهمیت دارد، گزینه برتر تعیین می‌شود.

اکثر روش‌های طراحی شبکه خطوط، تواتر را نیز به طور همزمان محاسبه می‌کنند.

