

تحلیل و بهینه سازی اقتصادی ایستگاه ها و مسیرهای حمل و نقل داخل شهری با استفاده از تئوری مورچگان

کاوه شیرزادیان گیلان^۱، محمد حسین سالمی^۲، رسول دهبالایی

۱- کارشناس ارشد رشته مهندسی صنایع

۲- کارشناس در رشته مهندسی صنایع، کرمانشاه

۳- کارشناس در رشته مهندسی صنایع، کرمانشاه

چکیده

در متن حاضر، روشی برای یافتن کوتاه ترین مسیر و در عین حال بهینه ترین ایستگاه ها برای احداث مترو، قطار شهری، ایستگاه های اتوبوس و ایستگاه های تاکسی ارائه شده است. ما در نوشتن این مقاله فرض را بر این قرار داده ایم که براساس مطالعات آماری چندین ایستگاه و مسیر شناسایی شده است و با استفاده از روش های ارائه شده بهینه ترین ایستگاه ها و کوتاه ترین مسیرها را انتخاب می کنیم. روش های ارائه شده عبارتند از تئوری مورچگان که با استفاده از این روش کوتاه ترین مسیر ها شناسایی می شود، مدل برنامه ریزی خطی کوتاه ترین مسیر (کوتاه ترین مسیر بر اساس هزینه)، ساخت یک ضریب وزنی براساس هزینه و زمان و نهایتاً استفاده از روش خطوط همتراز است که با استفاده از این روش از بین چند ایستگاه بهینه که در مراحل قبلی شناسایی شده است بهترین آنها را انتخاب می کنیم. یافتن کوتاه ترین مسیر و بهینه ترین ایستگاه ها تا حد بسیاری باعث کاهش ترافیک کاهش زمان رسیدن به مقصد و در نهایت کاهش هزینه می شود.

کلید واژه : تئوری مورچگان، مدل برنامه ریزی خطی، ضریب وزنی، روش خطوط همتراز.

۱- مقدمه

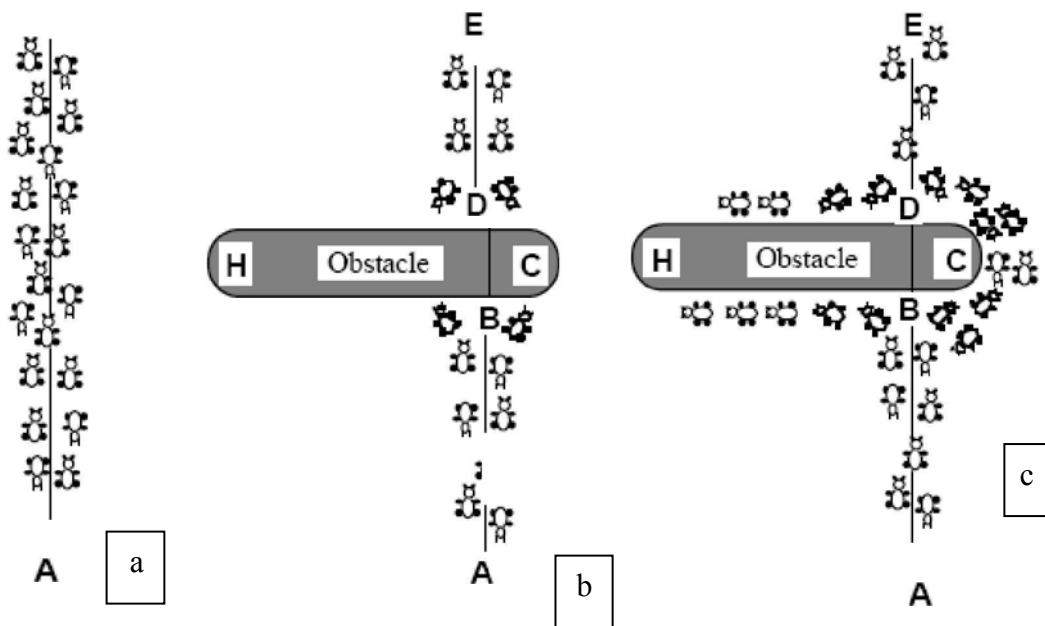
همواره برای ایجاد یک مسیر حرکت وسایل نقلیه عمومی زمینی یا زیر زمینی مهم ترین عامل شناسایی ایستگاه هایی است که قرار است مسیر ها این ایستگاه ها را به هم متصل کند. انتخاب ایستگاه ها معیار های مختلفی دارد که می توان به تراکم جمعیت در آن قسمت، قرار گرفتن مناطق مسکونی، واحد های صنعتی و غیره در یافتن ایستگاه به آن اشاره کرد. ما در این مقاله فرض می کنیم بر اساس مطالعات آماری و یافتن مراکز تراکم جمعیت ایستگاه هایی مکان یابی شده است و با توجه به آن ایستگاه های متعدد مسیر های زیادی شناسایی شده است، هدف یافتن کوتاه ترین مسیر و بهینه ترین مسیر است که ایستگاه ابتدایی را به ایستگاه انتهایی متصل می کند.

¹ مدیر واحد کنترل پروژه شرکت بهره برداری مناطق نفتی

² مدیر واحد کنترل پروژه در شرکت زاگرس مشاور

۱-۲ یافتن کوتاه ترین مسیر براساس تئوری مورچگان

مورچه ای که در حال حرکت است در مسیری که حرکت می کند، ماده ی شیمیایی به نام فرمون (با مقادیر متغیر) ترشح می کند. بدین وسیله بر مسیری که حرکت می کنند نشانه گذاری می کنند هر یک از مورچه ها موقع حرکت با فرمون های قبلی مواجه می شود و با توجه به فرمون موجود تصمیم می گیرد که کدام مسیر را ادامه دهد و خودشان نیز با فرمون خود مقدار فرمون موجود در آن مسیر را تقویت می کند به شکل ۱ توجه کنید: یک مسیر پیش روی مورچگانی که حرکت می کنند وجود دارد.



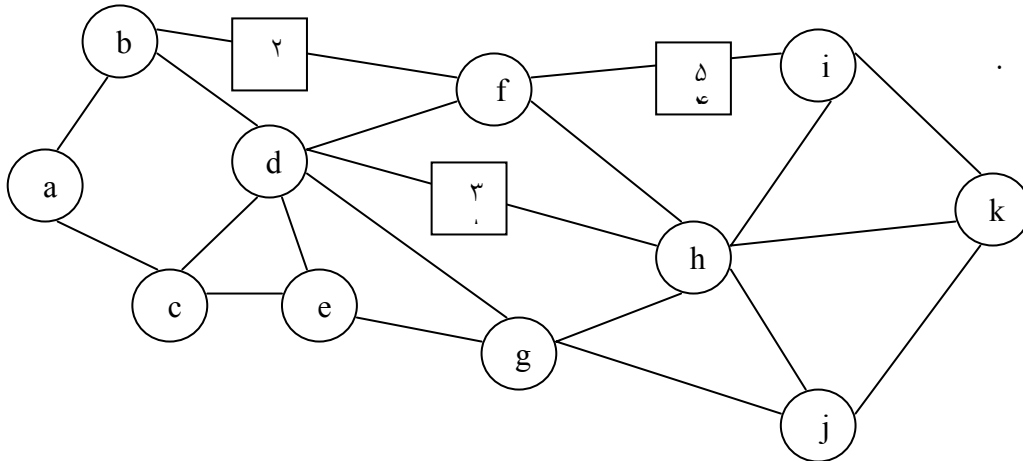
شکل ۱: نحوه ی حرکت مورچگان در ۳ حالت مختلف

ناگهان یک مانع ظاهر می شود و مسیر قطع می شود در موقعیت B باید تصمیم بگیرند که از طرف راست حرکت کنند یا چپ؟ (شکل ۱ قسمت b) وجود فرمون زیاد در مسیر سمت راست به مورچگان انگیزه زیادی برای حرکت از سمت راست می دهد. البته مورچه های اولیه دو مسیر سمت چپ و راست را با یک احتمال انتخاب می کنند (چون که هنوز در هیچ یک از مسیرها فرمونی ترشح نشده است) لذا فرض می کنیم که تقریباً نصف مورچه ها از سمت راست و نصف دیگر از سمت چپ حرکت می کنند اما آنچه قابل توجه است که بعد از مدت t چون مسیر سمت راست در واقع کوتاه تر بوده است لذا در مدت زمان مساوی به دفعات بیشتری از آن رفت و آمد شده است به همین خاطر هم مقدار فرمون ترشح شده در سمت راست بیشتر از سمت چپ می

باشد و این یعنی مورچه ها مسیر سمت راست را بر مسیر سمت چپ ترجیح می دهند و بدین ترتیب بعد از زمان t مورچه ها به کوتاه ترین مسیر میل می کنند و خود به خود مسیر های طولانی تر حذف می شود.

۲-۲ یافتن کوتاه ترین مسیر بر اساس هزینه :

تا اینجا از بین چند ایستگاه و مسیر برخی حذف شدند و تعدادی مسیر و ایستگاه دیگر باقی ماندند که ما باید از بین آنها بهینه ترین را انتخاب کنیم (بهینه یعنی اینکه در عین حال که کوتاه ترین مسیر است کم هزینه ترین هم باشد) برای این کار مبحث شبکه ها در OR^3 استفاده می کنیم با استفاده از این روش به یافتن بهینه ترین مسیر از نظر هزینه می پردازیم می توان گفت این روش در کنار روش قبلی یک تحلیل حساسیت می باشد .
فرض کنید ایستگاه های زیر شناسایی شده اند



شکل ۲: ایستگاه ها و مسیر های شناسایی شده از مرحله قبل اعداد داخل مربع هزینه i به j می باشد (چند مورد برای نمونه)

فرض کنید اعداد موجود بر روی شبکه فوق هزینه احداث مسیر از ایستگاه i به ایستگاه j باشد (البته می توان سایر هزینه ها از جمله هزینه رفت و آمد از i به ایستگاه j را در کنار هزینه مذکور اضافه کرد)

$$\text{Minimize } z = \sum_i \sum_{j \neq i} c_{ij} x_{ij}$$

s.t :

$$\sum_{k \neq j} x_{jk} - \sum_{k \neq j} x_{kj} = 1$$

اگر j مبدا باشد

$$\sum_{k \neq j} x_{jk} - \sum_{k \neq j} x_{kj} = 0$$

اگر j نه مبدا و نه مقصد باشد

$$\sum_{k \neq j} x_{jk} - \sum_{k \neq j} x_{kj} = -1$$

اگر j مقصد باشد

$$x_{ij} \geq 0$$

با حل مدل فوق از طریق نرم افزار های OR یا به صورت دستی کوتاه ترین مسیر از لحاظ هزینه شناسایی می شود با این وجود ما تنها خروجی این مرحله که کوتاه ترین مسیر از لحاظ هزینه (کم هزینه ترین مسیر) را در نظر نمی گیریم بلکه چند تا از کم هزینه ترین مسیر ها را در نظر می گیریم و خروجی ها از این مرحله را در کنار خروجی های از مرحله قبل قرار می دهیم تا در مرحله بعد به تحلیل حساسیت آنها پردازیم و بهینه ترین مسیر را انتخاب کنیم . نکته قابل توجه در این مرحله این است که می توان از مدل برنامه ریزی خطی کوتاه ترین مسیر براساس فاصله و مدل برنامه ریزی خطی کوتاه ترین مسیر براساس زمان نتیجه بدست آمده در مرحله قبل را نیز بدست آورد که تئوری اجتماع مورچگان دو مورد اشاره شده در برنامه ریزی خطی یکجا فراهم می کند.

۳-۲ یافتن ضریب وزنی

در این مرحله ۲ سری خروجی از مراحل قبل داریم اول زمان حرکت از ایستگاه i به ایستگاه j (که این ایستگاه ها با توجه به مرحله انتخاب کوتاهترین مسیر با استفاده از تئوری مورچگان بدست آمد) و دوم هزینه عبور و احداث مسیر از ایستگاه i به ایستگاه j است . (که از مرحله قبل بدست آمد)

T : زمان حرکت از ایستگاه i به ایستگاه j
 C: هزینه عبور و احداث مسیر از ایستگاه i به ایستگاه j
 W: ضریب وزنی حاصل از زمان و هزینه

$$TW_i = \frac{T_j}{\sum_{j=1}^m T_j} = \frac{T_i}{T} \quad (2)$$

$$CW_i = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^m C_j} \quad (3)$$

$$W_i = (TW * TW_i) + (CW * CW_i) \quad (4)$$

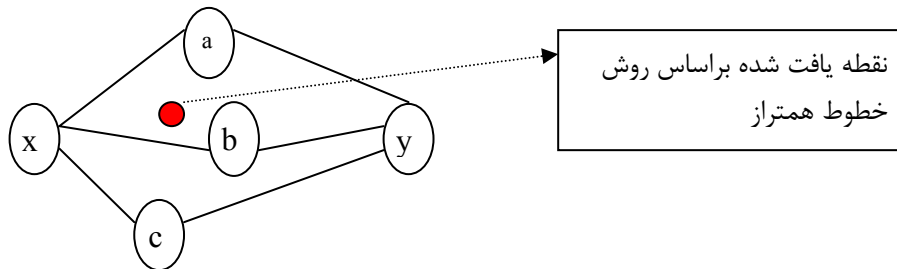
$$W_i^* = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (5)$$

۴-۲ یافتن یک نقطه بهینه با استفاده از روش خطوط همتراز^۴

در این مرحله ما از نتایج مراحل قبل استفاده می کنیم و از بین چند ایستگاه بهینه یک ایستگاه که منجر به انتخاب یک مسیر از میان چندین مسیر می شود می پردازیم (شکل ۳) با

⁴ روش خطوط همتراز به طور کامل در کتاب طرح ریزی واحد های صنعتی تالیف جیمز اپل تشریح شده است

استفاده از روش خطوط همتراز یک نقطه انتخاب می شود و هر ایستگاهی که در بین چند ایستگاه بهینه مورد نظر در مناسب ترین فاصله نسبت به نقطه بدست آمده قرار داشت آن ایستگاه بهینه ترین ایستگاه از میان ایستگاه های بهینه شناسایی شده است. ضریب های وزنی بدست آمده در مرحله قبل یکی دیگر از ورودی های روش خطوط همتراز است.



شکل ۳: انتخاب یک ایستگاه بهینه از میان ۳ ایستگاه بهینه (a,b,c) با استفاده از روش خطوط همتراز

ممکن است انتخاب یک ایستگاه از میان چند ایستگاه بهینه از مبدا تا مقصد چندین بار رخ دهد تا به بهینه ترین و در عین حال کوتاه ترین مسیر برسیم. اشاره شد که هر ایستگاهی که در بین چند ایستگاه بهینه مورد نظر در مناسب ترین فاصله نسبت به نقطه بدست آمده قرار داشت آن ایستگاه بهینه ترین ایستگاه از میان ایستگاه های بهینه شناسایی شده است اما منظور از مناسب ترین فاصله چیست؟ آیا کمترین فاصله نسبت به نقطه شناسایی شده است یا بیشترین فاصله؟ چون در یافتن ضریب هزینه معیار های ما زمان و هزینه بود و نقطه یافت شده براساس بیشترین بود بنا براین در نقطه یافت شده بر اساس روش مذکور بیشینه زمان و هزینه را داریم بنابراین ایستگاهی انتخاب می شود که بیشترین فاصله را نسبت به نقطه یافت شده داشته باشد.

۳- نتیجه گیری

بر اساس موارد ذکر شده نتایج ذیل حاصل می گردد

۱- یافتن کوتاه ترین مسیر سبب کاهش زمان از مبدا تا مقصد می شود. امروزه در کلان شهرها اگر زمان تلف شده در ترافیک در یک روز را محاسبه کنیم برای تمام افرادی که جابجا می شوند شاید برابر کل عمر یک انسان باشد که با یافتن کوتاه ترین مسیر این زمان را تا حد بسیاری کاهش داد.

۲- یافتن کم هزینه ترین مسیر سبب کاهش هزینه در احداث مسیر و رفت و آمد می شود.

۳- یافتن بهینه ترین ایستگاه ها و کوتاهترین مسیر علاوه بر موارد ذکر شده در ۲ مورد قبلی باعث کاهش آلودگی هوا، کاهش تصادفات، کاهش مصرف سوخت، کاهش استهلاک اتومبیل و ... می شود.

۴- مراجع

- 1- E.H.L.Aarts, J.H.M.Korst, *Simulated Annealing and Boltzmann Machines*, John Wiley, 1988.
- 2- J.L.Bentley, "Fast Algorithms for Geometric Traveling Salesman Problems," *ORSA Journal on Computing*, 4 (4), 387-411, 1992.
- 3- AColorni, M.Dorigo, V.Maniezzo, M.Trubian, "Ant system for Job-Shop
- ۴- پژوهش عملیاتی، ۱۳۷۸، محمد رضا مهرگان، نشر کتاب دانشگاهی، صفحات ۳۴۹ الی ۳۹۲
- ۵- برنامه ریزی و کنترل پروژه، ۱۳۸۲، مجتبی گلشنی، نشر زمان، صفحات ۳۳۷ الی ۳۸۹
- ۶- طرح ریزی واحد های صنعتی، ۱۳۸۱، اردوان آصف وزیری، نشر جوان، صفحات ۲۱۷ الی ۲۸۶