مدل برآورد ماتریس‌های مبدأ و مقصد در مدل تخصیص دینامیکی در شرایط اشباع

مقاله علمی- پژوهشی

شهریار افندیزاده*، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
محمد نعمتی جهان، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: zargari@iust.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۰- پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۵
صفحه ۶۰-۴۷

چکیده

روند کاربرآورد ماتریس‌های مبدأ و مقصد به این صورت است که در ابتدا یک ماتریس اولیه در نظر گرفته می شود که به کمک نرم‌افزار" Transims" به شبکه تخصیص دینامیکی داده می‌شود تا احجام دینامیکی حاصل شوند و با احجام مشاهده‌شده در حالت واقعی مقایسه شوند و تفاوت آنها در مراحل بعدی اصلاح گردد. اکثر مطالعاتی که تاکنون صورت گرفته، بر روی ارائه روش‌های جدیدی برای حل این مسئله تمرکز داشته است و با توجه به پیچیدگی‌های موجود در بحث پیاده‌سازی تخمین ماتریس مبدأ و مقصد در محیط واقعی، کمتر به آن پرداخته‌شده است. در این پژوهش، مدل‌سازی این فرآیند دوسطحی در قالب مطالعه موردی شهر واتربری در ایالت کانکتیکت آمریکا (بدلیل دسترس بودن داده‌ها و شبکه عبور و مرور دارای ازدحام این شهر)، تخصیص دینامیکی به کمک نرم‌افزار" Transims" که دارای توانمندی در استفاده برای مدهای مختلف حمل‌ونقلی و همچنین دارا بودن قابلیت اعمال تغییرات در برنامه (متن‌باز))برای استفاده کنندگان می‌باشد، انجام گرفته است. تخمین ماتریس مبدأ و مقصد در شرایط اشباع به کمک الگوریتم فیلتر کالمن و رویکرد حداقل مربعات خطا انجام شده است و همچنین کدنویسی تمامی فرآیند تخمین ماتریس مبدأ و مقصد به زبان C++ صورت گرفته است. در انتها مراحل تکرارشونده، میزان خطای حجم کمان‌ها برای تأیید فرآیند تخمین ماتریس مبدأ و مقصد، با استفاده از روش حداقل مربعات خطا حاصل شده است، که با استفاده از آن و اعمال شرط تأیید فرآیند، ماتریس مبدأ و مقصد بهینه‌ای حاصل می‌شود که نزدیک به نتایج حاصل شده از حجم‌های مشاهده شده در محیط واقعی است.

واژه‌های کلیدی: تخصیص دینامیک، تخمین ماتریس مبدأ و مقصد، رویکرد دوسطحی، روش فیلتر کالمن، حداقل مربعات خطا

۱-مقدمه

مدل‌های تقاضای سفر، ابزاری اساسی برای حل مسائل برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های حمل‌ونقل است. تقاضای سفر معمولاً با ماتریس مبدأ و مقصد (OD) بیان می‌شود که اجزای آن تعداد کاربران را نشان می‌دهد (با مشخصه‌های اقتصادی - اجتماعی مانند سطح درآمد و هدف سفر مختلف وجود دارند) که از هر مبدأ به هر مقصد در یک دوره زمانی مشخص توسط هر روش حمل‌ونقل، سفر می‌کنند. تقاضای سفر را می‌توان با استفاده از سیستمی از مدل‌های ریاضی مربوط به جریان‌های تقاضا با مشخصات مربوط به سطح خدمات آن، ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی و کاربری زمین از طریق تعدادی پارامتر ناشناخته تخمین زده و پیش‌بینی کرد. این پارامترها معمولاً بر اساس نظرسنجی‌های در منطقه موردمطالعه با هزینه زیاد و زمان طولانی انجام می‌شود. علاوه بر این، تخمین‌های حاصل می‌توانند دارای انحراف باشند. (Cascetta, E, & Russo, F. 1997). مسئله برآورد ماتریس مبدأ و مقصد یک مسئله شناخته‌شده در تحلیل

حمل‌ونقل و یک بخش مهم از برنامه‌ریزی حمل‌ونقل است. وجود دیدگاه‌های مختلف منجر به طیف متنوعی از رویکردهای مواجهه با موضوع شده است و بنابراین روش‌های تخمین OD با توجه به فرضیات مدل‌سازی اتخاذشده و ابزارهای مورداستفاده، به‌طور قابل‌توجهی متفاوت است. با این وجود، انتخاب یک روش تخمین OD خاص به میزان و نوع اطلاعات موجود بستگی دارد (Perrakis, K., Karlis, D. 2012). مدل‌هایی که برای تخمین استفاده می‌شوند و با یک برنامه تخصیص خطی کار می‌کنند، یک مزیت محاسباتی دارند و می‌توانند در قالب فقط بهینه‌سازی مراحل را طی کنند. بااین‌حال، فرض یک برنامه تخصیص خطی دارای کاستی‌های ذاتی است زیرا ماتریس تقاضای سفر از حجم کمان‌های مشاهده‌شده با نسبت انتخاب مسیر ثابت، برآورد می‌شوند و به‌طورکلی ماتریس تقاضای سفر به شبکه با تعادل کاربر اختصاص داده می‌شود، همچنین در استفاده از یک مجموعه از نسبت‌های انتخاب مسیر برای به دست آوردن ماتریس سفر از حجم کمان‌ها و دیگری برای به دست آوردن توزیع جریان کمان‌ها با اختصاص ماتریس سفر به شبکه، مشکل به وجود می‌آید. در شبکه‌ای با سطح ازدحام منطقی‌تر، این نقص آشکارتر می‌شود. علاوه بر این، خطاهای ناشی از نسبت‌های تعیین‌شده و ثابت انتخاب مسیر و تعداد مشاهدات ترافیکی، ممکن است منجر به یک سیستم ناسازگار شود. این کمبودها محققان را برانگیخته است تا سعی کنند هم‌زمان ماتریس‌های OD و نسبت انتخاب مسیر را تخمین بزنند (Fallah, Ali and Shetab Bushehri, 2012).

۲- پیشینه تحقیق

مسئله برآورد ماتریس سفر مبدأ و مقصد (OD) از حجم‌های مشاهده‌شده کمان‌ها توسط بسیاری از محققان در نظر گرفته‌شده است. روش‌های معمول شامل حداکثر سازی آنتروپی، حداکثر احتمال، حداقل مربعات عمومی کاستا (Cascetta, E. 1984) و تکنیک‌های برآورد استنتاج بیزی ماهر (Maher, M. J. 1983) می‌باشند (Yang, H., Sasaki, T. 1992). روش‌های حداقل مربعات تعمیم‌یافته برای اولین بار توسط کاستا و همکاران ارائه گردید. پس از آن روش‌های حل مختلفی برای این روش ارائه شد که ازجمله آن می‌توان به روش‌های حلی که هزینه کمان‌ها معلوم است اشاره کرد که در مطالعاتی چون کاستا (Cascetta, E., Inaudi, D. 1993)، بل (Bell, M. G. 1991)، کرمر (Cremer, M., & Keller, H. 1987)، کریتین (Bierlaire, M., & Crittin, F. 2004) و دیکسون (Dixon, M. P., & Rilett, L. R. 2002) به کار گرفته شد. مشکل اساسی که در فرمول‌بندی این نوع مدل‌ها مشاهده می‌شود، رابطه خطی است که بین احجام مبدأ و مقصد و شمارش‌های ترافیکی در نظر گرفته‌شده است. به‌عبارت‌دیگر، در این نوع فرمول‌بندی، وابستگی نسبت احجام کمان‌ها به تقاضای مبدأ و مقصد به‌طور مستقیم در فرآیند حل وارد نشده است. این وابستگی و غیرخطی بودن در میزان دقت مدل تخمین ماتریس اثر قابل‌ملاحظه‌ای دارد که این امر در شبکه‌های متراکم بیشتر است. به همین دلیل و به منظور رفع این مشکل در بسیاری از مطالعات انجام‌گرفته که از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته برای شبکه‌های پرتراکم استفاده کرده‌اند، از چارچوب حل دوسطحی استفاده‌شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات ژو (Zhou, X. (2004))، توانا (Tavana, H. 2001)، ژو و مهمسانی (Zhou, X., & Mahmassani, H. S. 2006)، فردریکس و همکاران (Frederix, R., Viti, F. 2011)، اشاره نمود.

الگوریتم حل مسائل دوسطحی، دائماً بین سطح پایین (تخصیص ترافیک) و سطح بالا (تنظیم ماتریس مبدأ و مقصد) تکرار می‌شود تا به یک جواب بهینه برسد. مشکل این چارچوب حل نیز در طولانی بودن و حجم بالای محاسبات آن است که به‌خصوص در شبکه‌های بزرگ مشکل‌ساز است (Shariat Mahimani, Afshin and Rafiei, Mohammad Reza, 2016).

کرمر و کلر یک رویکرد سیستماتیک برای شناسایی ماتریس‌های OD پیشنهاد دادند که جریان ترافیک در یک شبکه را به‌عنوان یک فرایند پویا در نظر گرفتند که در آن توالی تعداد جریان خروجی بستگی به توالی‌های متغیر با زمان جریان ورودی دارد. نیهان و دیویس تکنیک‌های پیش‌بینی خطای بازگشتی را برای تخمین مدل‌های مبدأ و مقصد از شمارشگرهای ترافیک ورودی و خروجی ارایه کردند. کاستا، اینادی و مارکوس یک برآوردگر به روش حداقل مربعات را برای تخمین ماتریس مبدأ و مقصد با توجه به انتخاب مسیر و زمان سفر مسیر ایجاد کردند. سپس تاوانا و مهمسانی یک مدل بهینه (GLS) را برای تخمین ماتریس‌های مبدأ و مقصد

پیشنهاد کردند و به‌علاوه ژو، کین و مهمسانی دو سال بعد مدل را با استفاده از شمارشگرهای ترافیکی چندروزه و داده‌های خودکار شناسایی وسایل نقلیه بهبود دادند. علاوه بر این، تعداد قابل‌توجهی از مطالعات، روش فیلتر کالمن را برای تخمین دینامیک ماتریس‌های مبدأ و مقصد مورداستفاده قراردادند. کاستا و پوستورینو یک فرآیند تکراری را بر اساس روش میانگین‌های متوالی برای به دست آوردن ماتریس تخصیص و حل مسئله تخمین ماتریس برای یک شبکه دارای ازدحام به کار گرفتند.

۳- روش تحقیق

در فرآیند تخمین ماتریس مبدأ و مقصد از داده‌های شهر واتربری در ایالت کانکتیکت آمریکا (به علت در دسترس بودن داده‌ها) در منطقه کلان شهری نیویورک، استفاده‌شده است. این شهر دارای مسیرهای عبور و مرور با تراکم زیاد می‌باشد که دارای ٤٨٤٩ کمان و ماتریس تقاضای مبدأ و مقصد روزانه با تعداد سفر حدود ۱/۵ میلیون است.

شکل۱. شهر واتربری ایالت کانکتیکت آمریکا

همچنین شبکه موردبررسی در این پژوهش شامل ۱۰۰ کمان با حجم‌های مشاهده‌شده روزانه است.

شکل۲. مسیرهای دارای ازدحام در شهر واتربری

۳-۱- ماتریس مبدأ و مقصد اولیه

ماتریس تقاضای مبدأ و مقصد روزانه دارای حدود ۱/۵ میلیون سطر می‌باشد که هر سطر نشان‌دهنده یک سفر است. درواقع فرض می‌شود هر نفر یک سفر انجام داده است.

این ماتریس تحت عنوان فایل Adjusted_Trips_AM_PM_Update موجود است که متشکل از حدود ۱/۵ میلیون سطر و ۱۹ ستون می‌باشد. مهم‌ترین ستون‌های این فایل که در میزان تخمین ماتریس مبدأ و مقصد مورداستفاده قرارگرفته عبارت است از: شماره خانوار، زمان شروع سفر، زمان پایان سفر، مدت‌زمان سفر، مبدأ سفر، مقصد سفر و غیره.

۳-۲- حجم مشاهده‌شده کمان‌ها

فایل داده‌های برداشت‌شده پژوهش با نام INPUT_Volume_Count_Final_DailyVol حاوی حجم مشاهده‌شده ۱۰۰ کمان موردبررسی پژوهش است که به‌صورت ٢٤ ساعته برداشت‌شده‌اند. این فایل متشکل از ۱۰۰ سطر و ۸ ستون است که فقط به دو ستون شماره کمان‌ها و احجام شمارش‌شده، نیاز است.

۳-۳- حجم اولیه کمان‌ها حاصل از تخصیص نرم‌افزار ترنسیمز (Transims)

برای به دست آوردن حجم اولیه کمان‌ها، تخصیص بر روی فایل ورودی انجام می‌شود. به این ترتیب که فایل Adjusted_Trips_AM_PM_Update را به عنوان ورودی گرفته و فایل‌هایی از جمله Subarea Plans_AM_PM_Update و Sub_Performance AM_PM_Update را به‌عنوان خروجی می‌دهد که برای ادامه مراحل تخمین ماتریس مبدأ و مقصد به آن‌ها نیاز است. حجم اولیه کمان‌ها از روی فایل Sub_Performance_AM_PM_Update که به‌صورت ٢٤ ساعته و مرتب‌شده زمانی است، به دست می‌آید. برای این کار از کد vol_24h استفاده می‌شود و برای همه کمان‌های موجود در شبکه محاسبات حجم انجام می‌شود و در آخر فقط حجم‌های اولیه کمان‌های مورد بررسی در قالب فایل vol_24h_pre ذخیره می‌شود.

۳-٤- تابع هدف

تابع هدف در مسئله تخمین ماتریس مبدأ و مقصد، به دست آوردن ماتریس مبدأ و مقصد تخمین زده‌شده بهینه به کمک الگوریتم فیلتر کالمن، روش حداقل مربعات خطا و همچنین نرم‌افزار تخصیص پویای ترافیکی ترنسیمز است. ماتریس مبدأ و مقصد بهینه پس از چندین بار تکرار یک فرآیند تکرارشونده که در قالب کدنویسی به زبان سی پلاس پلاس (حدوداً ۳۰۰۰ خط کدنویسی) انجام‌شده است و دستیابی به همگرایی در نتایج، حاصل می‌گردد.

۳-۵- تشکیل الگوریتم فیلتر کالمن

فیلتر کالمن مجموعه‌ای از روابط ریاضی است که یک روش محاسباتی (بازگشتی) کارآمد برای تخمین وضعیت یک فرآیند را فراهم می‌کند به طوری که میانگین مربعات خطا را به حداقل می‌رساند. فیلتر کالمن از چند جنبه بسیار توانمند است و از تخمین وضعیت‌های گذشته، حال و حتی آینده پشتیبانی می‌کند و در صورت ناشناخته بودن ماهیت دقیق سیستم مدل شده نیز می‌تواند این کار را انجام دهد. الگوریتم فیلتر کالمن از دو بخش به‌روزرسانی زمان (پیش‌بینی) و به‌روزرسانی اندازه‌گیری (اصلاح) تشکیل‌شده است (Welch, G., & Bishop, G. 1995).

شکل ۳. الگوریتم فیلتر کالمن

روابط به‌روزرسانی زمان و اندازه‌گیری به ترتیب اشاره شده‌اند.

$$\hat{x}_k' = A\hat{x}_{k-1} + Bu_{k-1} \quad (۱)$$

$$P_k' = AP_{k-1}A^T + Q \quad (۲)$$

$$K_k = P_k'H^T(HP_k'H^T + R)^{-1} \quad (۳)$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k' + K_k(z_k - H\hat{x}_k') \quad (٤)$$

$$P_k = (1 - K_kH)P_k' \quad (۵)$$

Q : کوواریانس فرآیند

R : کوواریانس اندازه‌گیری

P_k : ماتریس کوواریانس خطای تخمینی بعد

P_k' : ماتریس کوواریانس خطای تخمینی قبل

P_{k-1} : مقدار اولیه برای ماتریس کوواریانس خطا

z_k : مشاهدات حجم واقعی

H : ماتریس m * n سهم‌های کمان مسیر از OD

$\hat{x}_{k-1}$: تقاضای OD اولیه

$\hat{x}_k'$: تقاضای OD پیش‌بینی‌شده

$\hat{x}_k$: تقاضای OD اصلاح‌شده

A : ماتریس تبدیل n * n

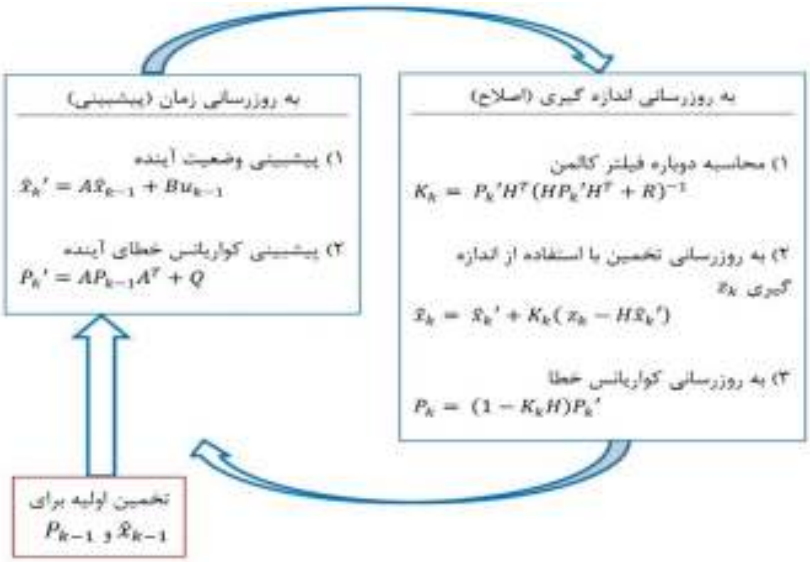
K : ماتریس n * m برای بهینه‌سازی

k : گام‌های زمان

B : ماتریس ضرایب خطا

u_{k-1} : خطای کار که صفر گرفته می‌شود.

روش کار به این صورت است که ابتدا فایل ماتریس‌های مبدأ و مقصد از Adjusted_Trips_AM_PM_Update تولید شده و تحت عنوان $\hat{\boldsymbol{x}}_{\boldsymbol{k-1}}$ وارد فرآیند فیلتر کالمن می‌شود. همچنین، ماتریس کوواریانس مبدأ و مقصد ($\boldsymbol{P_{k-1}}$) در مرحله‌ی اول به‌صورت یک ماتریس فرضی با مقادیر ۰,۰۵ در نظر گرفته می‌شود. با توجه به صفر بودن خطاهای B و Q و یکه بودن ماتریس A، از بخش به‌روزرسانی زمان (پیش‌بینی) در تمامی تکرارها (برای ساده‌سازی فرآیند) صرف‌نظر شده است. به‌عنوان اولین مرحله از بخش به‌روزرسانی اندازه‌گیری (اصلاح)، ماتریس $\boldsymbol{K_k}$ محاسبه‌شده و با استفاده از آن در مرحله‌ی بعد، ماتریس مبدأ و مقصدهای تخمین زده‌شده، حاصل می‌شود و درنهایت مقادیر ماتریس کوواریانس مبدأ و مقصد ($\boldsymbol{P_k}$) که هدف الگوریتم فیلتر کالمن است، به دست می‌آید. این مقادیر در انتهای فرایند تکرارشونده به همگرایی رسیده و پایان فرآیند تخمین ماتریس مبدأ و مقصد را تصدیق می‌کند.



شکل ٤. فرآیند کلی حل الگوریتم فیلتر کالمن

۳-٦- اجزای اصلی الگوریتم فیلتر کالمن

ماتریس $\boldsymbol{K_k}$:

با توجه به داده‌های موجود، ماتریسی با ابعاد حدوداً ٦۰۰۰۰۰ در ۱۰۰ به دست می‌آید.

ماتریس $\boldsymbol{H}$:

با توجه به داده‌های موجود، ماتریسی با ابعاد ۱۰۰ در حدوداً ٦۰۰۰۰۰ به دست می‌آید.

ماتریس $\boldsymbol{z_k}$:

ماتریس حجم‌های مشاهده‌شده شبکه با ابعاد ۱۰۰ در ۱ می‌باشد.

ماتریس $\boldsymbol{\hat{x}_{k-1}}$:

فایل ماتریس‌های مبدأ و مقصد با ابعاد حدوداً ٦۰۰۰۰۰ در ۱ است که در هر تکرار از فایل Justed_Trips_AM_PM_Update تولید می‌شود.

ماتریس $\boldsymbol{\hat{x}_k'}$:

با توجه به صرف‌نظر شدن از بخش به‌روزرسانی زمان (پیش‌بینی) برابر با ماتریس $\boldsymbol{\hat{x}_{k-1}}$ است.

ماتریس $\boldsymbol{\hat{x}_k}$:

ماتریس مبدأ و مقصد تخمین زده‌شده با ابعاد حدوداً ٦۰۰۰۰۰ می‌باشد.

ماتریس $\boldsymbol{P_{k-1}}$:

در مرحله اول به‌صورت ماتریسی با ابعاد حدوداً ٦۰۰۰۰۰ در ٦۰۰۰۰۰ با مقادیر فرضی ۰/۰۵ می‌باشد که در مراحل بعد برابر با $\boldsymbol{P_k}$ مرحله قبلی خود است.

ماتریس $\boldsymbol{P_k'}$:

با توجه به صرف‌نظر شدن از بخش به‌روزرسانی زمان (پیش‌بینی) برابر با ماتریس $\boldsymbol{P_{k-1}}$ است.

ماتریس $\boldsymbol{P_k}$:

ماتریسی با ابعاد حدوداً ٦۰۰۰۰۰ در ٦۰۰۰۰۰ می‌باشد.

۳-۷- رویکرد حداقل مربعات خطا و بررسی شرط اتمام فرآیند تخمین ماتریس مبدأ و مقصد

در روش حداقل مربعات خطا، چهار پارامتر وجود دارد ازجمله حجم مشاهده‌شده کمان‌ها که به‌عنوان داده معلوم مسئله است، حجم‌های تخمین زده‌شده از تخصیص که به دست می‌آیند و داده معلوم مسئله هستند، ماتریس مبدأ و مقصد اولیه که از نرم‌افزار Transims به دست می‌آید و داده معلوم مسئله است و در نهایت ماتریس مبدأ و مقصد بهینه که مجهول مسئله می‌باشد و به کمک پارامترهای ذکرشده و روش‌ها و الگوریتم‌های موجود، تخمین زده می‌شود. در ادامه با استفاده از فرمول‌بندی روش حداقل مربعات خطا، میزان خطای حجم کمان‌ها محاسبه می‌گردد. شرط اتمام فرآیند و رسیدن به ماتریس مبدأ و مقصد بهینه تخمین زده‌شده این است که مقادیر خطای حجم کمان‌ها از مقدار فرض شده ۵ معادل با اختلاف حدودا ۳۰۰۰ واحدی حجم‌ها (۰,۰۱ از حجم کل مشاهده شده در ۱۰۰ کمان مورد مطالعه (۳۸٤۰۰۰) ، کمتر شود و ماتریس مبدأ و مقصد بهینه‌ای حاصل گردد که در آن مقادیر حجم کمان‌های حاصل‌شده از آن با مقادیر حجم مشاهدات کمان‌ها مطابقت داشته باشند.

$$\hat{x}_h = arg_{xh} \min[f_1(x_h, x_h^a) + f_2(y_h, \hat{y}_h)] \quad (۶)$$

$\hat{x}_h$: بهترین پاسخ در تکرار فعلی و برای بازه زمانی h

x_h : متغیر بهینه‌سازی در تکرار فعلی و بازه زمانی h

x_h^a : ماتریس اولیه در بازه زمانی h

y_h : مقادیر حجم تردد مشاهده شده

$\hat{y}_h$: مقادیر حجم تردد تخمینی

f1 (a, b) و f2 (a, b): توابعی برای اندازه‌گیری خطا (فاصله) بین مقادیر a و b

$$RMSE_{flows} = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^{L}\sum_{t=1}^{T}[M_{l,t} - O_{l,t}]^2}{LT}} \quad (۷)$$

$$RMSE_{demand} = \sqrt{\frac{\sum_{g=1}^{G}\sum_{s=1}^{S}\sum_{c=1}^{C}\left[\left\{\sum_{h=4(s-1)+1}^{4(s-1)+4} D_{g,h,c}\right\} - \Delta_{g,s,c}\right]^2}{GCS}} \quad (۸)$$

i: اندیس مبدأها

I: تعداد مبدأها در شبکه

j: اندیس مقصدها

J: تعداد مقصدها در شبکه

g: اندیس جفت OD های شبکه (سطح پایین)

G: تعداد جفت OD های شبکه (سطح پایین)

l: اندیس کمان‌های مشاهده‌شده

L: تعداد کمان‌های مشاهده‌شده

h: اندیس بازه‌های زمانی ۱۵ دقیقه‌ای

H: تعداد بازه‌های زمانی ۱۵ دقیقه‌ای

S: اندیس بازه‌های زمانی ۱ ساعته

S: تعداد بازه‌های زمانی ۱ ساعته

t: اندیس زمان‌های مشاهده‌شده ۱۵ دقیقه‌ای

T: تعداد زمان‌های مشاهده‌شده ۱۵ دقیقه‌ای

C: اندیس کلاس‌بندی وسایل نقلیه

C: تعداد کلاس‌بندی وسایل نقلیه

$M_{l,t}$: تعداد وسایل نقلیه شبیه‌سازی‌شده در بازه زمانی ۱۵ دقیقه

$O_{l,t}$: تعداد وسایل نقلیه مشاهده‌شده در بازه زمانی ۱۵ دقیقه

$D_{g,h,c}$: تقاضای تخمینی برای جفت OD، وسایل نقلیه کلاس c در بازه زمانی ۱۵ دقیقه‌ای

$\Delta_{g,s,c}$: تقاضای اولیه برای جفت OD، وسایل نقلیه کلاس c و بازه زمانی ۱ ساعته

$RMSE_{flows}$: ریشه میانگین مربعات خطا برای تفاوت بین حجم‌های مشاهده‌شده و حاصل از تخصیص

$RMSE_{demand}$: ریشه میانگین مربعات خطا برای تفاوت بین تقاضای تخمینی و اولیه

٤- کدنویسی فرآیند تخمین ماتریس مبدأ و مقصد

مراحل کلی کدنویسی برای تخمین ماتریس مبدأ و مقصد (حدودا ۳۰۰۰ خط کدنویسی) به ترتیب اشاره شده است.

٤-١- فایل Router

ابتدا فایل Router.exe اجرا می‌شود و حجم‌ها و ماتریس‌های مبدأ و مقصد توسط نرم‌افزار ترنسیمز حاصل می‌گردد.

٤-٢- فایل p_matrix

فایل p_matrix اجرا می‌شود. جزئیات به ترتیب زیر است:

۱. ابتدا فایل SUBAREA_Plans_AM_PM_Update.txt را باز کرده و از آن تعداد مبدأ و مقصد به دست می‌آید.

۲. سپس یک ماتریس با نام p_matrix و ابعاد حدوداً ٦۰۰۰۰۰ (تعداد مبدأ و مقصدها) در ۱ و مقدار فرضی ۰/۰۵

ایجاد می‌کند.
حلقه‌ای با تعداد دفعات تکرار فرضی ۳۰ بار در نظر گرفته می‌شود.

٤-۳- فایل vol_24h

فایل vol_24h اجرا می‌شود. جزئیات این فایل به ترتیب موارد گفته شده است.
بخش اول:
۱. ابتدا کنترل فایل خوانده می‌شود که حاوی آدرس‌های فایل‌های ورودی می‌باشد.
۲. با توجه به آدرس INPUT_Volume_Count_Final.txt که در کنترل فایل موجود است، این فایل فراخوانی شده و در متغیری ذخیره‌سازی می‌شود.
۳. سپس اصلاحات لازم بر روی این فایل انجام می‌شود ازجمله حذف سطوح اضافی، انتخاب ستون‌های موردنیاز از بین همه‌ی ستون‌های موجود در فایل و اصلاح فرمت داده با توجه به متغیرهای مسئله
٤. سپس ستون‌های موردنظر بعد از اصلاحات مرحله‌ی قبل، تحت فایلی با نام vol_24h_real ذخیره می‌شود.
بخش دوم:
۱. آدرس Sub_Performance_AM_PM_Update.txt که در کنترل فایل موجود است، این فایل فراخوانی شده و در متغیری ذخیره‌سازی می‌شود.
۲. سپس اصلاحات لازم بر روی این فایل انجام می‌شود ازجمله حذف سطوح اضافی، انتخاب ستون‌های موردنیاز از بین همه‌ی ستون‌های موجود در فایل، اصلاح فرمت داده با توجه به متغیرهای مسئله و ٢٤ ساعته کردن داده‌ها
۳. مقادیر حجم طی ٢٤ ساعت در هر کمان را با هم جمع کرده و مقدار حجم ٢٤ ساعته آن کمان تولید می‌شود.
٤. سپس مقدار حجم‌های حاصل‌شده از مرحله قبل تحت عنوان فایلی با نام vol_24h_pre.txt ذخیره می‌شود.

٤-٤- فایل H_matrix

بخش اول:
۱. ابتدا فایل vol_24h_real.txt باز شده و در متغیری ذخیره می‌شود.
۲. آدرس SUBAREA_Plans_AM_PM_Update.txt که در کنترل فایل موجود است، این فایل فراخوانی شده و در متغیری ذخیره‌سازی می‌شود.
۳. سپس اصلاحات لازم بر روی این فایل انجام می‌شود ازجمله حذف سطوح اضافی، انتخاب ستون‌های موردنیاز از بین همه‌ی ستون‌های موجود در فایل، اصلاح فرمت داده با توجه به متغیرهای مسئله،
٤. با توجه به اینکه نوع کمان‌های شبکه در این داده شامل پارکینگ، دسترسی و موقعیت هم می‌شود و به‌صورت کارکتری هستند، به هر کدام یک عدد به‌صورت قراردادی نسبت داده‌شده تا لینک‌های رفت‌وبرگشت از این موارد قابل تمییز باشند.
بخش دوم:
۱. داده‌های ذخیره‌شده در مرحله قبل دارای یک سری سطرهای کوتاه و یکی سری سطرهای بلند است که سطرهای بلندحاوی اطلاعات نفر و سطرهای کوتاه شامل اطلاعات کمان‌ها برای هر نفر است.
۲. براساس اطلاعات سطرهای بلند و کوتاه، ماتریس (کمان – OD های زمانی) برای هر نفر ساخته می‌شود.
۳. همچنین ماتریس (نفر – OD) نیز ساخته می‌شود.
بخش سوم:
۱. بر اساس ماتریس (نفر – OD) مرحله قبل و تجمیع آن، ماتریس OD ٢٤ ساعته تولید می‌شود.
۲. ماتریس OD ٢٤ ساعته تولیدشده تحت عنوان فایلی با نام OD_24h.txt ذخیره می‌گردد.
بخش چهارم:
۱. بر اساس مقایسه شماره کمان‌های مشاهده‌شده (واقعی) و ماتریس (کمان – OD های زمانی) و ماتریس OD ٢٤ ساعته، ماتریس H که همان سهم هر OD از هر کمان می‌باشد، حاصل می‌گردد.
۲. سپس مقدار ماکزیمم هر سطر به‌دست‌آمده و تمام درایه‌های هر سطر بر آن تقسیم‌شده برای اینکه ماتریس به‌صورت نسبی حاصل گردد.
۳. ماتریس H تولیدشده و تحت عنوان فایلی با نام H_matrix.txt ذخیره می‌گردد.

٤-٥- فایل filter_kalman

بخش اول:
۱. با توجه به آدرس H_matrix.txt که در کنترل فایل موجود است، این فایل فراخوانی شده و در متغیری ذخیره‌سازی می‌شود.
بخش دوم:
۱. با توجه به آدرس OD_24h.txt که در کنترل فایل موجود است، این فایل فراخوانی شده و در متغیری ذخیره‌سازی می‌شود.

بخش سوم:
۱. با توجه به آدرس vol_24h_real.txt که در کنترل فایل موجود است، این فایل فراخوانی شده و در متغیری ذخیره‌سازی می‌شود.
بخش چهارم:
۱. با توجه به آدرس p_matrix.txt که در کنترل فایل موجود است، این فایل فراخوانی شده و در متغیری ذخیره‌سازی می‌شود.
بخش پنجم:
۱. ابتدا حاصل‌ضرب ماتریس $\boldsymbol{P_{k-1}}$ در ترانهاده ماتریس H را محاسبه کرده و در ماتریسی با نام T ذخیره می‌گردد.
۲. سپس حاصل‌ضرب ماتریس H در ماتریس $\boldsymbol{P_{k-1}}$ در ترانهاده ماتریس H محاسبه‌شده و در متغیری با نام h_mlt ذخیره می‌گردد.
۳. ماتریس معکوس h_mlt محاسبه گردیده و با ضرب ماتریس T در آن، ماتریس K حاصل می‌گردد.
بخش ششم:
۱. ماتریس H را در ماتریس OD_24h ضرب کرده و ماتریس حجم تخمین زده‌شده به دست می‌آید.
بخش هفتم:
۱. در این مرحله با توجه به ماتریس‌های حاصل‌شده و جایگذاری آن در رابطه‌ی $\widehat{\boldsymbol{x}}_{\boldsymbol{k}}$ (رابطه محاسبه‌ی ماتریس مبدأ و مقصد تخمین زده‌شده در الگوریتم فیلتر کالمن)، ماتریس مبدأ و مقصد تخمین زده‌شده حاصل می‌گردد.
بخش هشتم:
۱. در این مرحله ماتریس $\boldsymbol{P_k}$ از جایگذاری ماتریس‌های H، K، $\boldsymbol{P_{k-1}}$ در رابطه‌ی محاسبه $\boldsymbol{P_k}$ در الگوریتم فیلتر کالمن به دست می‌آید.

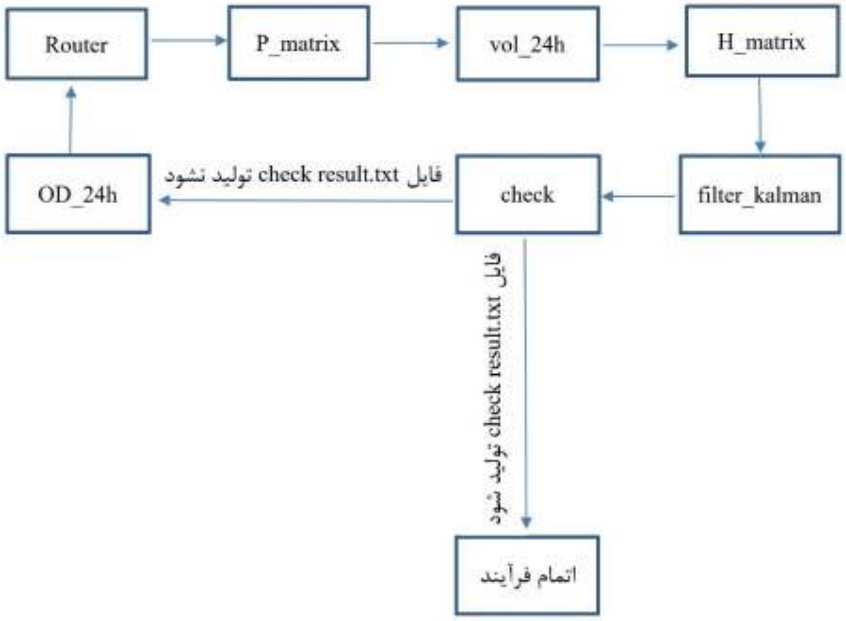
٤-٦- فایل check

فایل check اجرا می‌شود. جزئیات این فایل به ترتیب زیر است:
بخش اول:
۱. با توجه به آدرس OD_24h.txt (ماتریس مبدأ و مقصد اولیه) که در کنترل فایل موجود است، این فایل فراخوانی شده و در متغیری ذخیره‌سازی می‌شود.
۲. با توجه به آدرس OD_post.txt (ماتریس مبدأ و مقصد تخمین زده‌شده) که در کنترل فایل موجود است، این فایل فراخوانی شده و در متغیری ذخیره‌سازی می‌شود.
۳. با توجه به آدرس vol_24h_pre.txt (حجم تخمین زده‌شده) که در کنترل فایل موجود است، این فایل فراخوانی شده و در متغیری ذخیره‌سازی می‌شود.
٤. با توجه به آدرس vol_24h_real.txt (حجم مشاهده‌شده) که در کنترل فایل موجود است، این فایل فراخوانی شده و در متغیری ذخیره‌سازی می‌شود.
۵. مقدار خطای مجاز برای تأیید فرآیند تخمین ماتریس مبدأ و مقصد (eps)، برابر با ۵ فرض می‌گردد.
بخش دوم:
۱. طبق فرمول محاسبه‌ی خطا در روش حداقل مربعات، اختلاف دو ماتریس حجم‌های تخمینی و مشاهده‌شده، به دست می‌آید.
۲. عدد حاصله به توان ۲ رسیده و بر حاصل‌ضرب تعداد کمان‌ها در بازه‌های زمانی تقسیم می‌شود.
۳. سپس جذر گرفته و خطای حجم‌ها (vol_ERROR) به دست می‌آید.
بخش سوم:
۱. طبق فرمول محاسبه‌ی خطا در روش حداقل مربعات، اختلاف دو ماتریس مبدأ و مقصد اولیه و تخمینی به دست می‌آید.
۲. عدد حاصل به توان ۲ رسیده و بر حاصل‌ضرب تعداد مبدأ و مقصدها در بازه‌های زمانی تقسیم می‌شود.
۳. سپس جذر گرفته و خطای OD (OD_ERROR) به دست می‌آید.
بخش چهارم:
۱. درصورتی‌که خطای حاصل‌شده از بخش‌های قبلی(vol_ERROR)، از مقدار خطای مجاز برای تأیید فرآیند تخمین ماتریس مبدأ و مقصد (eps = ۵)، کمتر باشد، فایلی با نام check result.txt ایجادشده که در آن خطاها ذخیره می‌شود.
اگر بعد از اجرای برنامه check، فایل check result.txt موجود باشد (شرط برقرارشده است)، فرآیند به اتمام می‌رسد در غیراینصورت حلقه ادامه می‌یابد فایل OD_24h اجرا می‌گردد.

٤-٧- فایل OD_24h

فایل OD_24h اجرا می‌شود. جزئیات این فایل به ترتیب گفته شده است.
بخش اول:
۱. ابتدا کنترل فایل خوانده می‌شود که حاوی آدرس‌های فایل‌های ورودی می‌باشد.
۲. آدرس SUBAREA_Plans_AM_PM_Update.txt که در کنترل فایل موجود است، این فایل فراخوانی شده و در متغیری به نام demand ذخیره‌سازی می‌شود.
۳. سپس اصلاحات لازم بر روی این فایل انجام می‌شود ازجمله حذف سطوح اضافی، انتخاب ستون‌های موردنیاز از بین همه‌ی ستون‌های موجود در فایل، اصلاح فرمت داده با توجه به متغیرهای مسئله و ٢٤ ساعته کردن داده‌ها
بخش دوم:
۱. با توجه به آدرس OD_post.txt (ماتریس مبدأ و مقصد تخمین زده‌شده) که در کنترل فایل موجود است، این فایل فراخوانی شده و در متغیری ذخیره‌سازی می‌شود.
بخش سوم:
۱. با استفاده از فایل OD_post ذخیره‌شده در مرحله‌ی قبل، مبدأهای منحصربه‌فرد و مقصدهای منحصربه‌فرد به‌دست‌آمده و

در متغیرهایی ذخیره می‌گردند.
۲. سپس ماتریس demand را ازلحاظ زمانی در بازه‌های ۱۵ دقیقه‌ای مرتب‌شده و در متغیری به نام OD ذخیره می‌شود.
۳. ODها را در هر بازه زمانی با هم جمع کرده و درنهایت ماتریس مجموع ODها در هر بازه زمانی با نام OD_coefficient (نسبتی از حجم هر OD در هر ۱۵ دقیقه) به دست می‌آید.
٤. مقدار ماکزیمم OD_Coefficient را محاسبه کرده و تمام درایه‌های این ماتریس بر آن تقسیم می‌گردد.
بخش چهارم:
۱. با در نظر گرفتن ماتریس OD_coefficient و ماتریس OD_24h، ماتریس OD_15min (حجم هر OD در هر ۱۵ دقیقه) به دست می‌آید.
۲. به ازای هر واحد از ماتریس OD_15min در هر بازه زمانی، یک سفر در همان بازه، در ماتریس OD_adjusted قرار داده می‌شود.
۳. ماتریس OD_adjusted تولیدشده و تحت عنوان فایلی با نام Adjusted_Trips_AM_PM_Update.txt ذخیره می‌گردد و مراحل کلی تکرار می‌گردد.



شکل ۵. شمای کلی کدنویسی فرآیند تخمین ماتریس مبدأ و مقصد

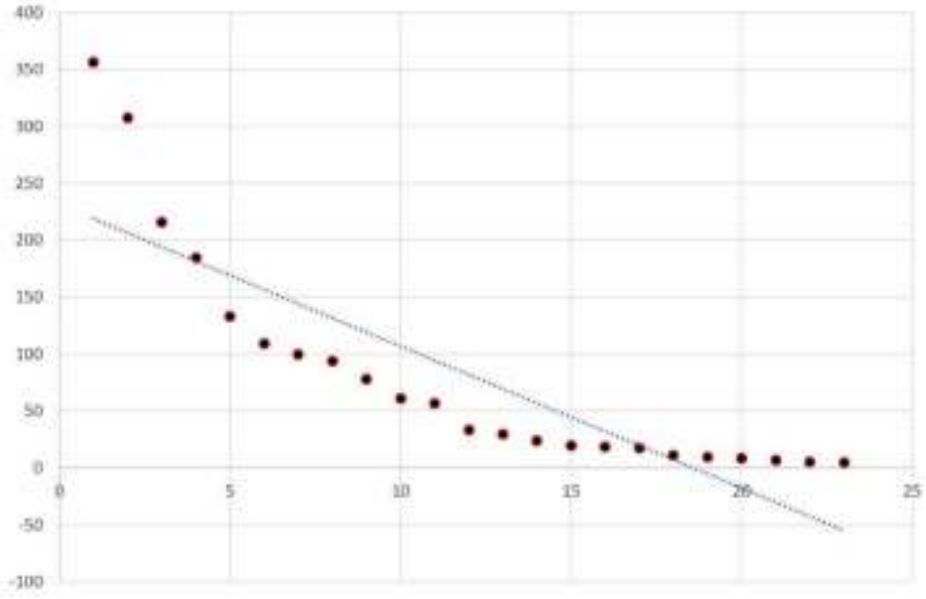
۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش به کمک روش‌ها و الگوریتم‌های ذکر شده، مسئله تخمین ماتریس مبدأ و مقصد بهینه با استفاده از داده‌های شبکه حمل‌ونقلی شهر واتربری در ایالت کانکتیکت آمریکا (به علت در دسترس بودن داده‌ها) که به صورت پرسشنامه ای به دست آمده است، انجام شد و سعی شد تا حد ممکن نتایج حاصل از فرآیند تکرارشونده که متشکل از واردکردن فایل داده‌ها با حدود ۱/۵ میلیون سطر داده به نرم‌افزار Transims برای انجام تخصیص، استفاده از خروجی‌های این نرم‌افزار با حجم در حدود ٦٥ میلیون سطر داده برای مراحل مختلف کدنویسی ازجمله به دست آوردن حجم کمان‌های تخمین زده‌شده، محاسبات سهم مبدأ و مقصدهای مختلف از کمان‌های شبکه، تشکیل الگوریتم فیلتر کالمن، محاسبه ماتریس معکوس با ابعاد ۱۰۰ در ۱۰۰، بررسی شرط همگرایی نتایج با استفاده از روش حداقل مربعات خطا و درنهایت تشکیل مجدد فایل ورودی نرم‌افزار تخصیص، دارای دقت و اعتبار کافی باشند. درانتها مراحل تکرارشونده برای تأیید فرآیند تخمین ماتریس مبدأ و مقصد، با استفاده از روش حداقل مربعات خطا، میزان خطای حجم کمان‌ها محاسبه شد.

شرط پایان کار و رسیدن به ماتریس مبدأ و مقصد بهینه تخمین زده‌شده این است که مقادیر خطای حجم کمان‌ها از مقدار فرض شده ۵ کمتر شود و ماتریس مبدأ و مقصد بهینه‌ای حاصل گردد که در آن مقادیر حجم کمان‌های حاصل شده از آن، با مقادیر حجم مشاهدات کمان‌ها مطابقت داشته باشند.

با توجه به فرمول ۷ برای محاسبه خطای حجم کمان‌ها (RMSE) و داده های موجود، مقدار خطا برابر با ۵ در نظر گرفته می‌شود که معادل اختلاف حدودا ۳۰۰۰ واحدی حجم‌ها (۰/۰۱ از حجم کل مشاهده شده در ۱۰۰ کمان مورد مطالعه (۳۸٤۰۰۰))، است. همچنین، مقدار ماکزیمم خطای حجم کمان‌ها با توجه به داده‌های موجود در این پژوهش، به لحاظ تئوری ٥٦٢,٨ می‌باشد که نتایج به دست آمده از آن کمتر بوده و نشانی بر تأیید خروجی‌های حاصل شده از مسئله تخمین ماتریس مبدأ و مقصد می‌باشد. در بحث تخمین ماتریس مبدأ و مقصد، توجه به خطای موجود در داده‌های اولیه پژوهش اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا این خطاها می‌تواند در زمان آماربرداری و شمارش احجام ترافیکی یا توسط ابزار و برنامه‌های تجزیه‌وتحلیل داده‌ها روی داده باشد.

در هرصورت این خطاها بر روی نتایج حاصل از تخمین ماتریس مبدأ و مقصد اثرگذار هستند و با در نظر گرفتن این خطاها، نتایج به‌دست‌آمده از شکل ٦ نشان می‌دهد که خطای حجم کمان‌ها در هر بار تکرار مسئله تخمین ماتریس مبدأ و مقصد، در حال کاهش است و می‌توان به آن‌ها خطی با شیب نزولی برازش کرد. درنهایت با توجه به مقدار فرض شده ۵ به‌عنوان معیار تأیید فرآیند تخمین ماتریس مبدأ و مقصد، خطای حجم کمان‌ها (۱۰۰ کمان مورد بررسی) پس از ۲۳ بار تکرار، به آستانه مورد نظر رسیده است. به طور کلی صحت نتایج با بررسی رویکرد حداقل مربعات خطا حاصل می‌شود که با استفاده از آن و اعمال شرط تأیید فرآیند، ماتریس مبدأ و مقصد بهینه‌ای حاصل می‌شود که نزدیک به نتایج حاصل شده از حجم های مشاهده شده در محیط واقعی است.



شکل ٦. خطای حجم کمان‌ها

جدول۱. نمونه‌ای از داده‌های فایل Adjusted_Trips

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	HHOLD	PERSON	TOUR	TRIP	START	END	DURATION	ORIGIN	DESTINATION	ORG_TYPE	DES_TYPE	PURPOSE	MODE	CONSTRAINT	PRIORITY	VEHICLE	VEH_TYPE	TYPE	TRIPS
2	42	1	1	1	8:09:54	8:10:34	0:00	220189	143303	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	ARRIVE	NO	1	1	1	1
3	62	1	1	2	16:52:30	16:53:12	0:00	143303	220308	LOCATION	LOCATION	2	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
4	573	1	1	1	9:36:14	9:43:55	0:00	220171	158832	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	ARRIVE	NO	1	1	1	1
5	573	1	1	2	18:40:12	18:47:16	0:00	158832	220308	LOCATION	LOCATION	2	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
6	802	1	1	1	7:32:10	7:44:40	0:00	220187	142432	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	ARRIVE	NO	1	1	1	1
7	802	1	1	2	17:23:57	17:35:55	0:00	142432	220070	LOCATION	LOCATION	2	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
8	1130	1	1	1	14:18:24	14:32:22	0:00	220171	220846	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	ARRIVE	NO	1	1	1	1
9	1130	1	1	2	22:18:10	22:22:38	0:00	220045	220308	LOCATION	LOCATION	2	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
10	1538	1	1	1	23:08:35	23:21:38	0:00	220187	151998	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	ARRIVE	NO	1	1	1	1
11	1538	1	1	2	31:58:27	32:02:45	0:00	152980	220070	LOCATION	LOCATION	2	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
12	1550	1	1	1	7:55:50	8:13:54	0:00	220187	157719	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	ARRIVE	NO	1	1	1	1
13	1550	1	1	2	17:14:57	17:34:46	0:00	157729	220070	LOCATION	LOCATION	2	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
14	1552	1	1	1	14:08:09	14:39:43	0:00	220187	88306	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	ARRIVE	NO	1	1	1	1
15	2134	1	1	1	8:15:47	8:32:42	0:00	220187	142956	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	ARRIVE	NO	1	1	1	1
16	2134	1	1	2	17:38:41	17:59:06	0:00	142956	220070	LOCATION	LOCATION	2	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
17	2231	1	1	1	7:17:46	7:25:14	0:00	220145	157364	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	ARRIVE	NO	1	1	1	1
18	2231	1	1	2	17:12:39	17:27:36	0:00	157184	220258	LOCATION	LOCATION	2	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
19	2583	1	1	1	13:44:59	14:09:22	0:00	220187	160645	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	ARRIVE	NO	1	1	1	1
20	4277	1	1	1	9:02:25	9:38:35	0:00	220167	154309	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	ARRIVE	NO	1	1	1	1

جدول ۲. نمونه‌ای از داده‌های حجم مشاهده شده در ۱۰۰ کمان مورد بررسی

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	LINK	PERIOD	VOL_AB	CNT_AB	DIFF_AB	VOL_BA	CNT_BA	DIFF_BA
2	41629	0	16218	13600	2618	0	0	0
3	41630	0	49068	47000	2068	0	0	0
4	41940	0	3861	4400	-539	0	0	0
5	42013	0	2060	2600	-540	0	0	0
6	42015	0	14458	20000	-5542	0	0	0
7	42129	0	11831	13300	-1469	0	0	0
8	42130	0	44919	40900	4019	0	0	0
9	42131	0	2429	4000	-1571	0	0	0
10	42132	0	9402	9300	102	0	0	0
11	42140	0	2699	1800	899	0	0	0
12	42143	0	47617	42700	4917	0	0	0
13	42299	0	25157	22700	2457	0	0	0
14	42300	0	11854	11400	454	0	0	0
15	42305	0	12292	9700	2592	0	0	0
16	42306	0	35322	33000	2322	0	0	0
17	42557	0	6085	5000	1085	0	0	0
18	42560	0	50055	45100	4955	0	0	0
19	42572	0	5370	5400	-30	0	0	0
20	42601	0	2684	1700	984	0	0	0

جدول ۳. نمونه‌ای از خروجی فرآیند تخمین ماتریس مبدأ و مقصد

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	HHOLD	PERSON	TOUR	TRIP	START	END	DURATION	ORIGIN	DESTINATION	ORG_TYPE	DES_TYPE	PURPOSE	MODE	CONSTRAINT	PRIORITY	VEHICLE	VEH_TYPE	TYPE	TRIPS
2	1541040	1	1	1	0:01:04	0:37:41	0:00	111536	220153	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
3	1594529	1	1	1	0:02:47	0:22:35	0:00	158954	220162	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
4	1540468	1	1	1	0:03:12	0:38:37	0:00	152016	220049	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
5	1581464	1	1	1	0:03:15	0:12:38	0:00	150844	220184	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
6	1631294	1	1	1	0:03:36	0:22:31	0:00	152008	220179	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
7	1684861	1	1	1	0:04:35	0:27:15	0:00	146441	220174	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
8	1528261	1	1	1	0:06:41	0:27:07	0:00	220084	220180	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
9	1527302	1	1	1	0:07:03	0:17:28	0:00	114702	220158	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
10	1539169	1	1	1	0:07:33	0:35:57	0:00	127140	150212	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
11	1625672	1	1	1	0:08:25	0:42:12	0:00	92397	220153	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
12	1690966	1	1	1	0:10:03	0:12:45	0:00	63977	220007	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
13	1689090	1	1	1	0:10:42	0:32:26	0:00	83665	220155	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
14	1686893	1	1	1	0:11:39	0:26:22	0:00	116158	220049	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
15	1591301	1	1	1	0:11:55	0:18:58	0:00	169372	220175	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
16	1666359	1	1	1	0:11:59	0:50:45	0:00	154680	220048	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
17	1637307	1	1	1	0:12:28	0:27:11	0:00	159456	140587	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
18	1677638	1	1	1	0:13:31	0:32:11	0:00	220138	220179	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
19	1586647	1	1	1	0:13:34	0:55:04	0:00	151256	220175	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1
20	1624089	1	1	1	0:13:39	0:28:16	0:00	220050	220178	LOCATION	LOCATION	1	DRIVE	NONE	NO	1	1	1	1

در پایان کلیه مراحل فرآیند تخمین ماتریس مبدأ و مقصد و بررسی شرط تأیید فرآیند و محاسبه خطای حجم کمان‌ها بر اساس فرمول ۷، ماتریس مبدأ و مقصد بهینه حاصل می‌شود که به‌صورت زمانی مرتب شده است.

٦- مراجع

- Bell, M. G., (1991), "The Real Time Estimation of Origin-Destination Flows in The Presence of Platoon Dispersion", Transportation Research Part B: Methodological, 25(2-3), pp.115-125.

- Bierlaire, M., & Crittin, F., (2004), "An Efficient Algorithm for Real-Time Estimation and Prediction of Dynamic OD Tables", Operations Research, 52(1), pp.116-127.

- Cascetta, E., & Russo, F. (1997), "Calibrating Aggregate Travel Demand Models with Traffic Counts: Estimators and Statistical Performance", Transportation, 24(3), pp.271-293.

- Cascetta, E., (1984), "Estimation of Trip Matrices from Traffic Counts and Survey Data: A Generalized Least Squares Estimator. Transportation Research Part B: Methodological", 18(4-5), pp.289-299.

- Cascetta, E., Inaudi, D., & Marquis, G. (1993), "Dynamic Estimators of Origin-Destination Matrices Using Traffic Counts", Transportation Science, 27(4), pp.363-373.

- Cremer, M., & Keller, H., (1987), "A New Class of Dynamic Methods for The Identification of Origin Destination Flows", Transportation Research Part B: Methodological, 21(2), pp.117-132.

- Dixon, M. P., & Rilett, L. R., (2002), "Real Time OD Estimation Using Automatic Vehicle Identification and Traffic Count Data, Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering", 17(1), pp.7-21.

- Fallah, Ali and Shetab Bushehri, Seyed Nader and Takbiri, Behrooz and Ebrahimi, Ali, (2012), "Estimation and Update of Destination Source Matrix for Large Transport Networks Using Bayesian Networks and by Counting the Volume of Arc Traffic", Twelfth Conference Between International Transport and Traffic Engineering, Tehran.

- Frederix, R., Viti, F., Corthout, R., & Tampère, C. M., (2011), "New Gradient Approximation Method for Dynamic Origin–Destination Matrix Estimation on Congested Networks", Transportation Research Record, 2263(1), pp.19-25.

- Maher, M. J., (1983), "Inferences on Trip Matrices from Observations on Link Volumes: A Bayesian Statistical Approach",

- Welch, G., & Bishop, G., (1995), "An Introduction to the Kalman Filter".
- Yang, H., Sasaki, T., Iida, Y., & Asakura, Y., (1992), "Estimation of Origin-Destination Matrices from Link Traffic Counts on Congested Networks", Transportation Research Part B: Methodological, 26(6), pp.417-434.
- Zhou, X., & Mahmassani, H. S., (2006), "Dynamic Origin-Destination Demand Estimation Using Automatic Vehicle Identification Data", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 7(1), pp.105-114.
- Zhou, X., (2004), "Dynamic Origin-Destination Demand Estimation and Prediction For Off-Line and On-Line Dynamic Traffic Assignment Operation (Doctoral Dissertation)".
- Transportation Research Part B: Methodological, 17(6), pp.435-447.
- Perrakis, K., Karlis, D., Cools, M., Janssens, D., Vanhoof, K., & Wets, G., (2012), "A Bayesian Approach for Modeling Origin–Destination matrices", Transportation Research Part A: Policy and Practice, 46(1), pp.200-212.
- Shariat Mahimani, Afshin and Rafiei, Mohammad Reza, (2016), "Dynamic Estimation of Origin-Destination Matrix of Highway Corridors Using Traffic Volumes", 16th International Conference on Transportation and Traffic Engineering, Tehran.
- Tavana, H., (2001), "Internally-Consistent Estimation of Dynamic Network Origin-Destination Flows From Intelligent Transportation Systems Data Using Bi-Level Optimization (Doctoral Dissertation)".

Estimation Model of Origin and Destination Matrices In The Dynamic Assignment Model Under Congestion Conditions

Shahriar Afandizadeh, Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Mohammad Nemati Jahan, M.Sc., Student, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Email: zargari@iust.ac.ir

Received: October 2021- Accepted: May 2022

ABSTRACT

The Process of Estimating the Origin and Destination Matrices Is That First There Is an Initial Matrix That Is Given to The Dynamic Assignment Network with The Help of Transims Software So That the Dynamic Volumes Are Obtained and Compared with The Observed Volumes in Reality and Their Differences Are Corrected in Later Steps. Most Studies to Date Have Focused on Providing New Methods for Problem Solving, And Due to The Complexities of Discussing the Implementation of Origin and Destination Matrix Estimation in The Real Environment, Less Attention Has Been Paid to It. In This Research, Modeling of This Bi-Level Process in The Form of a Case Study of Waterbury City (Due to The Availability of Data and Congested Traffic Network), Dynamic Assignment Using Transims Software That Is Powerful in Various Transportation Discussions and Also Has the Ability to Make Changes to The Program. The Origin and Destination Matrix Estimation in Saturation Conditions Is Performed Using the Kalman Filter Algorithm and The Least Squares Error Approach (Widely Used and Powerful in Large-Scale and Saturation Networks), As Well as Coding the Entire Origin and Destination Matrix Estimation Process. In The Language of C++, Is The Innovation of This Research. At The End of the Iterative Steps, The Amount of Arc Volume Error to Confirm the Process of Estimating the Source and Destination Matrix Is Obtained Using the Least Squares Error Method, Which Is Used to Apply the Process Confirmation Condition, The Optimal Source and Destination Matrix Is Obtained That Close the Results of the Volumes Observed in the Real Environment

Keywords: Dynamic Assignment, Origin and Destination Matrix Estimation, Bi-Level Approach, Kalman Filter Method, Least Squares