گسترش مدل جدید برای حل مسائل پیش بینی توزیع سفر در شبکه های حمل ونقل با پارامترهای غیر دقیق

میربهادر قلی آریانژاد

دانشیار دانشکده مهندسی صنایع – دانشگاه علم و صنعت

فرامک زندی

دانشکده مهندسی صنایع – دانشگاه علم و صنعت

(تاریخ دریافت ۸۰/۱۰/۱۵ ، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۲/۳/۱۰، تاریخ تصویب ۸۲/۷/۱۲)

چکیده

برای حل مسائل پیش‌بینی توزیع سفر در مدل جاذبه موجود ، از روش هیورستیکی استفاده می گردد که روابط بین این پارامترها تواما در نظر گرفته نمی‌شوند و در نتیجه تعداد مراحل تصحیح و زمان حل افزایش می یابند. در این مقاله مدل ریاضی جدیدی ارائه می‌گردد که این ضعف روش موجود را برطرف کرده است.از طرف دیگر، در دنیای واقعی ، پارامترهای یک شبکه حمل و نقل از قبیل زمان طی کردن فاصله بین هر دو منطقه را نمی‌توان به طور دقیق و قطعی[1] تعریف نمود ، لذا لازم است زمان طی کردن این فاصله بین هر دو منطقه را بصورت یک بازه زمانی تعریف نمود که این بازه زودترین و دیرترین زمان طی شدن مسافت بین دو منطقه را نشان می‌دهد . لذا در مدل پیشنهادی ،به هر پارامترها یک توزیع امکان تخصیص داده میشود. در این مقاله،ابتدا هر دو روش موجود و پیشنهادی توصیح داده شده و در ادامه ضمن ارائه یک مثال، نتایج دو روش مقایسه می گردند.

واژه های کلیدی : توزیع سفر، جاذبه، فازی، تصمیم گیری چندهدفه

مقدمه

از جمله مدلهـا پـیش بینـی توزیـع سفر ، مدل جاذبـه می باشد ،اما ضعف این مدل از آنجا ناشی می شود اولاً، بـر اسـاس یک مدل اولیه ، پارامترها را بطور جداگانه تصـحیح و تنظـیم نمـوده تـا مدل نهایی حاصل گردد. لذا لحـاظ نکردن وابستگی پارامترها به یکدیگر منجر می شود کـه تعـداد دفعات تکرار برای رسیدن به مدل نهایی بسیار زیـاد گـردد.ثانـیاً، پارامـترهای شـبکه حمل و نقل دقیق و قطعـی فرض شده اند. اما چون مقادیر پارامتر های شبکه های حمل و نقل را که بر اساس پیش بینی های آماری و نمونـه گـیری بدسـت آمـده اند (از قبیل زمان طی کردن فاصـله مابیـن مـناطق و یـا تعـداد سفرهای تولید شده. یا جـذب شـده توسط هر منطقه). لازم است ، بصورت دامنه ای از اعـداد ممکـن ،در یـک بـازه تعـریف گردند .از طرف دیگـر نـیز، امکـان اخـذ مقادیر مختلف در این بازه یکسان نمی باشد، پس بایستی برای مقادیر هر پارامتر، یک توزیع امکان[2] لحاظ گردد.

در بخش مرور ادبیات مقاله، این موضوع مشاهده می گردد کـه : در ایـن زمیـنه تحقیقاتـی در سالهای۱۹۸۳[۲]و در سـال ۱۹۸۷ توسط CM Guy [۴] و۱۹۸۹ توسط Kaj Holmberg [۶] و در سـال ۱۹۹۰ توسطT.C [۱۰] Bailey S.Erlander صورت گرفته است.در سال ۱۹۸۰ VanZuylen، بهمـراه Willumsen و در سـال ۱۹۸۸، Fisk اسـتفاده از روش ماکـزیمم آنتروپـی را درمدلهـای توزیع سفر توسعه داده اند.

در بکارگـیری روش ماکـزیمم درسـتنمایی در مطالعـات ماتریس مبدا-مقصد،توسط Geva در سال ۱۹۸۳، C M Guy در سـال ۱۹۸۶،Spiess [۹]در سـال ۱۹۸۷ و Maher [۱۱] در سـال ۱۹۹۲ مقالاتـی ارائه گردیده اند. توسـعه روشـهای اسـتنتاج آمـاری و پـیش بینـی مدلهای جاذبـه از طریق مدل Bayesian ، از جمله تحقیقاتی می باشد که در سال ۱۹۹۴ توسط MickVest انجام گردیده اسـت. در سـال ۱۹۹۷ ،Matyus ، در سـال ۱۹۹۹ Breuss [۱۱] ، در سـال ۲۰۰۰،Egger [۵] و در سـال ۲۰۰۲ در یـک کـار تحقیقاتـی توسـط دانشـگاه نـروژ،در مقالاتـی تحـت عـنوان مدلهای یکپارچه جاذبه، ویژگیهای

اجتماعی و اقتصادی سفر کننده را بررسی نموده اند. همچنین Jens Petter Gitlesen [۸] در سال ۱۹۹۹ مقاله ای را که در آن جریان توزیع سفر نسبت به زمان تغییر میکند را ارائه کرده اند.اما در تاریخچه آمده، بهبود روش موجود از طریق مدلهای چند هدفه در محیط فازی مطرح نگردیده است. در این مقاله مدلی ارائه می گردد که در آن،روابط مابین پارامترها شبکه حمل ونقل نه تنها توأماً در نظر گرفته می شود،بلکه پارامترهای آن نیز غیر دقیق فرض می شوند.

در ساختار این مقاله،ابتدا روش موجود وسپس روش پیشنهادی، مرکب از تابع هدف ومحدودیتهای مدل، توصیح داده می شود و در ادامه ضمن ارائه یک مثال، نتایج دو روش مقایسه می گردند.

روش موجود

در این روش ،تعداد سفرهای رد و بدل شده بین هر دو منطقه از رابطه زیر محاسبه می گردد [۸]:

$$T_{ij}^{(c,d)} = P_i \frac{A_j b_j^{(c)} F_{ij}^{(d)} K_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} A_j b_j^{(c)} F_{ij}^{(d)} K_{ij}}$$

(۱)

که در آن:

$T_{ij}^{(c,d)}$: تعداد سفرهای ردوبدل شده مابین دو منطقه i و j پس از c مرتبه تصحیح A_j و d مرتبه تصحیح F_{ij}

P_{ij}: تعداد سفرهای تولید شده توسط منطقه i

A_j : تعداد سفرهای جذب شده توسط منطقه j

t_{ij} : زمان سفر بین دو منطقه i و j

K_{ij} : ضریبی است برای در نظر گرفتن عوامل اقتصادی و اجتماعی موجود بین دو منطقه i و j

$b_j^{(c)}$: ضریب تصحیح A_j در c امین مرتبه تکرار می باشد که از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$b_j^{(c)} = b_j^{(c-1)} \frac{Aj}{\sum_{i=1}^{m} T_{ij}^{(c-1)}}$$

(۲)

که در آن: $b_j^{(0)} = 1$

$F_{ij}^{(d)}$: مقدار تصحیح شده فاکتور زمان سفر F_{ij} پس از d بار تصحیح می باشد که از رابطه زیر محاسبه میشود:

$$F_{ij}^{(d)} = \frac{F_{ij}^{(d-1)}.s_t}{G_t^{(d-1)}}$$

(۳)

که در آن: S_t: تعداد سفرهایی از شبکه داده شده برای زمان حال است که زمان سفرشان در فاصله زمانی t قرار می گیرد

$G_t^{(d-1)}$: تعداد سفرهایی از مدل جاذبه است که زمان سفرشان در فاصله زمانی t قرار می گیرد:

$$G_t^{(0)} = \sum_{t=t_k} T_{ij}^{(c)} \qquad k = 1,2,\ldots,h$$

(۴)

$$G_t^{(d-1)} = \sum_{t=t_k} T_{ij}^{(c,d-1)}$$

$$F_{ij}^{(0)} = \frac{1}{t_{ij}^2}$$

(۵)

حال برای کالیبره کردن مدل ، مقادیر F_{ij} و A_j بایستی تصحیح گردند. این عملیات تصحیح چندین بار تکرار شده تا مقادیر حاصله از مدل جاذبه به اندازه کافی به توزیع سفرهای فعلی نزدیک گردند. از این مدل کالیبره شده برای بدست آوردن توزیع سفر آینده استفاده می گردد. شرط توقف آنست که مقادیر بدست آمده به اندازه کافی به تعداد سفرهای جذب شده توسط هر منطقه جذب کننده نزدیک شوند.در غیر اینصورت ، بایستی مجدداً تصحیح های A_j تکرار گردند.

در تحلیل کردن روش موجود ،این روش در واقع به دنبال تأمین کردن محدودیتهای ذیل می باشد. مجموع تعداد سفرهای توزیع شده از هر منطقه جذب کننده در شبکه های حمل و نقل باید برابر تعداد سفرهای جذب شده آن منطقه باشد و در ضمن توزیع فراوانی زمان سفر بدست آمده در مدل پیشنهادی برابر توزیع داده شده در شبکه برای زمان حال باشد.مشکلات روش موجود عبارتند از:

۱ - محدودیتهای فوق بطور همزمان و توأم مدنظر قرار نگرفته اند و تأمین کردن هر یک از آنها ، یکی پس از دیگری و بصورت هیورستیک انجام می شود. که به علت

شکل ۱: توزیع سفر از منطقه i به مناطق جذب کننده .

وابستگی پارامترهای شبکه به یکدیگر در صورت تأمین کردن یکی از محدودیتهای فوق ، ضمن تلاش برای تأمین کردن محدودیتهای دیگر ، محدودیتهای قبلی دیگر برقرار نخواهد بود. لذا به این دلیل تعداد دفعات تکرار لازم برای دستیابی به این محدودیتها در این روشها ، بالاخص در شبکه های بزرگ حمل و نقل ، به تعداد چشمگیری افزایش می یابد.

۲ - در دنیای واقعی،پارامترهای شبکه حمل و نقل را (از قبیل زمان دقیق طی کردن فاصله بین هر دو منطقه) نمی توان دقیق تعریف نمود و با توجه به اینکه تعداد سفرهای تولید شده یا جذب شده توسط هر منطقه بر اساس پیش بینی های آماری و نمونه گیری بدست آمده اند ، لذا لازم است که شبکه های حمل و نقل در محیط فازی بررسی گردند.

۳ - هیچ تلرانسی برای ارضا شدن تمام محدودیتها بطور توام در ابتدای حل مشخص نشده اند.

لذا در این مقاله مدلی ارائه می گردد که فاقد مشکلات روش موجود باشد وبا تلرانس تعریف شده در محیط فازی تواماً تمام محدودیتهای ذکر شده را همزمان لحاظ نماید .

روش پیشنهادی

فرض کنید در یک شبکه حمل و نقل i ، منطقه تولید کننده سفر و مناطق j=1,2,……,n جذب کننده سفر باشند :

که در آن $\widetilde{F}_{ij}, \widetilde{A}_j, \widetilde{K}_{ij}\ , \widetilde{P}_i$ هر یک دارای توزیع امکان بصورت یک عدد ذوزنقه ای می باشند:

$$\widetilde{P}_i = (P_{i1}, P_{i2}, P_{i3}, P_{i4})$$
$$\widetilde{A}_j = (A_{j1}, A_{j2}, A_{j3}, A_{j4})$$
$$\widetilde{F}_{ij} = (F_{ij1}, F_{ij2}, F_{ij3}, F_{ij4})$$
$$\widetilde{K}_{ij} = (K_{ij1}, K_{ij2}, K_{ij3}, K_{ij4})$$

(۶)

قدم ۱

با کمک روش فولر، این پارامترها، به پارامترهای قطعی تبدیل می شوند [۶]:

$$P_i = \frac{1}{3}[P_{i1} + P_{i3} + \frac{1}{2}(P_{i2} + P_{i4})]$$
$$A_j = \frac{1}{3}[A_{j1} + A_{j3} + \frac{1}{2}(A_{j2} + A_{j4})]$$
$$F_{ij} = \frac{1}{3}[F_{ij1} + F_{ij3} + \frac{1}{2}(F_{ij2} + F_{ij4})]$$
$$K_{ij} = \frac{1}{3}[K_{ij1} + K_{ij3} + \frac{1}{2}(K_{ij2} + K_{ij4})]$$

(۷)

قدم ۲ : توابع هدف

تابع هدف ۱ : انحراف مجموع سفرهای جذب شده توسط هر منطقه جذب کننده سفر از $\widetilde{A}j$ بایستی مینیمم شود، پس به عنوان تابع هدف می توان نوشت :

$$\min \widetilde{A}_j - \sum_i T_{ij} \quad j = 1,2,\ldots\ldots,n$$

(۸)

که می توان بر طبق روابط (۶) و (۷) نوشت :

$$\min A_j - \sum_i T_{ij} \quad j = 1,2,.....,n$$

(۹)

تابع هدف ۲: از طرف دیگر در این مدل، بایستی انحراف مجموع فراوانی سفرهای $\tilde{t}$ دقیقه ای داده شده در شبکه وبدست آمده از مدل جاذبه مینیمم شود (به منظور داشتن توزیع فراوانی یکسان داده شده از شبکه وبدست آمده از مدل جاذبه) ،یعنی :

$$\min \sum_{\tilde{t}=\tilde{t}_i} \tilde{T}_{ij}(s_{\tilde{t}}) - \sum_{\tilde{t}=\tilde{t}_i} T_{ij}(G_{\tilde{t}}) \quad \tilde{t}_i = \tilde{t}_1, \tilde{t}_2,....,\tilde{t}_h$$

(۱۰)

$\tilde{T}_{ij}(S_{\tilde{t}})$: تعداد سفرهای داده شده $\tilde{t}$ دقیقه ایست که مابین مناطق i و j در شبکه رد وبدل میشوند.

$T_{ij}(G_{\tilde{t}})$: تعداد سفرهای $\tilde{t}$ دقیقه ایست که بر اساس مدل جاذبه بایستی بین مناطق i و j رد وبدل شوند.

$\tilde{t}_i$ و $\tilde{T}_{ij}(s_{\tilde{t}})$ اعداد فازی به فرم زیر می باشند :

$$\tilde{t}_i = (t_{i1}, t_{i2}, t_{i3}, t_{i4})$$

$$\tilde{T}_{ij}(s_{\tilde{t}}) = \left(T_{ij1}(s_{\tilde{t}}), T_{ij2}(s_{\tilde{t}}), T_{ij3}(s_{\tilde{t}}), T_{ij4}(s_{\tilde{t}})\right)$$

(۱۱)

حال مجدداً با استفاده از روش فولر داریم :

$$t_i = \frac{1}{3}\left[t_{i1} + t_{i3} + \frac{1}{2}(t_{i2} + t_{i4})\right]$$

$$T_{ij}(s_t) = \frac{1}{3}\left[T_{ij1}(s_t) + T_{ij3}(s_t) + \frac{1}{2}(T_{ij2}(s_t) + T_{ij4}(s_t))\right]$$

(۱۲)

لذا می توان با استفاده از روابط (۱۱) و (۱۲) رابطه (۱۰) را به صورت ذیل نوشت

$$\min \sum_{t=t_1}^{t_h} T_{ij}(s_t) - \sum_{t=t_1}^{t_h} T_{ij}(G_t)$$

(۱۳)

قدم ۳ : محدودیتها

محدودیت ۱) با در نظر گرفتن روابط (۱)،(۲)و(۳) و با فرض :

$$x_{ij} = b_j^{(c)} \frac{S_t}{G_t^{(d-1)}}$$

(۱۴)

می توان نوشت :

$$T_{ij} = P_i \frac{A_j F_{ij} K_{ij} x_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} A_j F_{ij} K_{ij} x_{ij}}$$

(۱۵)

رابطه (۱۵) برای مناطق i,k بصورت زیر خواهد بود:

$$T_{ik} = P_i \frac{A_k F_{ik} K_{ik} x_{ik}}{\sum_{k=1}^{n} A_k F_{ik} K_{ik} x_{ik}} = P_i \frac{A_k F_{ik} K_{ik} x_{ik}}{\sum_{i=1}^{n} A_j F_{ij} K_{ij} x_{ij}}$$

(۱۶)

حال از تقسیم کردن روابط (۱۵)و(۱۶)بر یکدیگر نتیجه می شود:

$$\frac{T_{ij}}{T_{ik}} = \frac{K_{ij}.A_j.F_{ij}.x_{ij}}{K_{ik}.A_k.F_{ik}.x_{ik}}$$

(۱۷)

با فرض $y_{ik} = \frac{1}{x_{ik}}$ می توان نوشت :

$$\frac{T_{ij}}{T_{ik}} = \frac{K_{ij}.A_j.F_{ij}}{K_{ik}.A_k.F_{ik}}.x_{ij}.y_{ik}$$

(۱۸)

یا :

$$T_{ij}.K_{ik}.A_k.F_{ik} - T_{ik}.K_{ij}.A_j.F_{ij}.x_{ij}.y_{ik} = 0$$

$$j,k = 1,2,.....,n \qquad j \neq k$$

(۱۹)

محدودیت ۲ : با توجه به اینکه بایستی، مجموع تمام سفرهای توزیع شده از یک منطقه تولید کننده سفربرابر سفر های تولید شده ازآن منطقه باشد،می توان نوشت:

$$\sum_j T_{ij} = \tilde{P}_i \qquad i = 1,2,.....,m$$

(۲۰)

که با استفاده از روابط (۶) و (۷) داریم :

$$\sum_j T_{ij} = P_i \qquad i = 1,2,.....,m$$

(۲۱)

لـذا مـدل کلـی را بصـورت یک مدل MODM [۵] زیر می توان نوشت :

$$
\begin{aligned}
& j = 1,2,\ldots,n \\
& \min f_j = A_j - \sum_{i=1}^{m} T_{ij} \\
& t_i = t_1, t_2, \ldots, t_h \\
& \min f_t = \sum_{t=t_1} T_{ij}(s_t) - \sum_{t=t_1} T_{ij}(G_t) \\
& st: \\
& T_{ij}.K_{ik}.A_k.F_{ik} - T_{ik}.k_{ij}.A_j.F_{ij}.x_{ij}.y_{ik} = 0 \\
& \quad j,k = 1,2,\ldots,n \\
& \quad\quad j \neq k \\
& \sum_j T_{ij} = P_i \qquad i = 1,2,\ldots\ldots,m \\
& T_{ij}, x_{ij}, y_{ik} \geq 0
\end{aligned}
$$

(۲۲)

بـا در نظـر گرفتن اینکه مقدار صفر برای توابع هدف مدل فـوق در ارجحیـت مـی باشـد ، مـی توان مدل معادل آنرا بصورت زیر نوشت :

$$
\begin{aligned}
& find\ T_{ij} \\
& st: \\
& T_{ij}.K_{ik}.A_k.F_{ik} - T_{ik}.k_{ij}.A_j.F_{ij}.x_{ij}.y_{ik} = 0 \\
& \sum_i T_{ij} = P_i \\
& f_j \cong 0 \\
& f_t \cong 0 \\
& T_{ij}, x_{ij}, y_{ik} \geq 0
\end{aligned}
$$

(۲۳)

لذا می توان تابع عضویت زیر را برای f_j و f_t تعریف کرد [۶].

$$
\mu_j(T_{ij}) = \begin{cases} 1 + \dfrac{f_j}{q_j} & -q_j < f_j \leq 0 \\ 1 - \dfrac{f_j}{q_j} & 0 < f_j \leq q_j \\ 0 & \text{سایر نقاط} \end{cases}
$$

$$
\mu_t(T_{ij}) = \begin{cases} 1 + \dfrac{f_t}{q_t} & -P_t \leq f_t \leq 0 \\ 1 - \dfrac{f_t}{q_t} & 0 < f_t \leq q_t \\ 0 & \text{سایر نقاط} \end{cases}
$$

(۲۴)

که در آن q_j و q_t به ترتیب تلرانسهای توابع هدف f_j و f_t می باشند.

اکنون با استفاده از روش زیمرمن[۳] برای حل مسائل برنامه ریزی ریاضی فازی بایستی[۷]

$$\min \min[\mu_j(T_{ij}), \mu_t(T_{ij})]$$

(۲۵)

با فرض:

$$\min[\mu_j(T_{ij}), \mu_t(T_{ij})] = \lambda$$

(۲۶)

آنگاه:

$$
\begin{aligned}
& \lambda \leq \mu_j(T_{ij}) \\
& \lambda \leq \mu_t(T_{ij})
\end{aligned}
$$

(۲۷)

بر طبق روابط (۲۴)و (۲۷) نتیجه میشود:

$$
\lambda \leq 1 + \frac{f_j}{q_j}, \lambda \leq 1 - \frac{f_j}{q_j}, \lambda \leq 1 + \frac{f_t}{q_t}, \lambda \leq 1 - \frac{f_t}{q_t}
$$

و یا به عبارت دیگر :

$$(\lambda - 1)q_t \leq f_t \leq (1-\lambda)q_t$$

و

$$(\lambda - 1)q_j \leq f_j \leq (1-\lambda)q_j$$

(۲۸)

اکـنون بـا اسـتفاده از روابـط (۲۳)و (۲۵)و (۲۸)مدل کلی بصورت زیر خواهد شد:

$$
\begin{aligned}
& \min \lambda \\
& st:
\end{aligned}
$$

$$T_{ij}.K_{ik}.A_k.F_{ik} - T_{ik}.K_{ij}.A_j.F_{ij}.x_{ij}.y_{ik} = 0$$

$$j,k = 1,2,......,n$$
$$j \neq k$$
$$\sum_j T_{ij} = P_i \quad i = 1,2,.....,m$$
$$(\lambda - 1)q_j \le A_j - \sum_i T_{ij} \le (1-\lambda)q_j$$
$$(\lambda - 1)q_t \le \sum_t T_{ij}(S_t) - \sum_t T_{ij}(G_t) \le (1-\lambda)q_t$$
$$T_{ij}, x_{ij}, y_{ik} \ge 0$$

(۲۹)

قدم ٤ : پیش بینی توزیع سفر آینده

چون مقادیر پارامترهای $\tilde{P}_i$ و $\tilde{A}_j$ و $\tilde{t}_{ij}$ (یا $\tilde{F}_{ij}$) و $\tilde{k}_{ij}$ شبکه حمل و نقل تغییر می نماید ، لذا پیش بینی توزیع سفر آینده ازمدل زیر محاسبه می گردد:

$$\min \lambda$$
St:
$$T_{ij}.K'_{ik}.A'_k.F_{ik}^{*}. - T_{ik}.k'_{ij}.A'_j.F_{ij}^{*} = 0$$
$$\sum_j T_{ij} = P'_i$$
$$(\lambda - 1)q'_j \le A'_j - \sum_i T_{ij} \le (1-\lambda)q'_j \;\; T_{ij} \ge 0$$

که در آن $F^{*}_{ij} = F_{ij}.x^{*}_{ij}$ و $\tilde{A}'_j$ و $\tilde{P}'_i$ و $\tilde{K}'_{ij}$ مقادیر جدید $\tilde{A}_j$ و $\tilde{P}_i$ و $\tilde{K}_{ij}$ مـی باشند که توسط روش فولر بـه اعـداد قطعـی A'_j و P'_i و k'_{ij} تبدیل میشوند. q'_j تلـرانس جدیـد مـی باشـد که ممکن است با تلرانس اولیه q_j فـرق داشته باشد . اگر $\tilde{t}_{ij}$ تغییر نماید . در حالتیکه $\tilde{t}_{ij}$ جدیـد در شـبکه تعـریف گردیده باشد.به کمک روش فولر بایستی ابتدا به اعداد قطعی تبدیل و سپس با استفاده از اینترپولاسـیون مقدار F^{*}_{ij} برای این مقدار t_{ij} محاسبه می گردد.

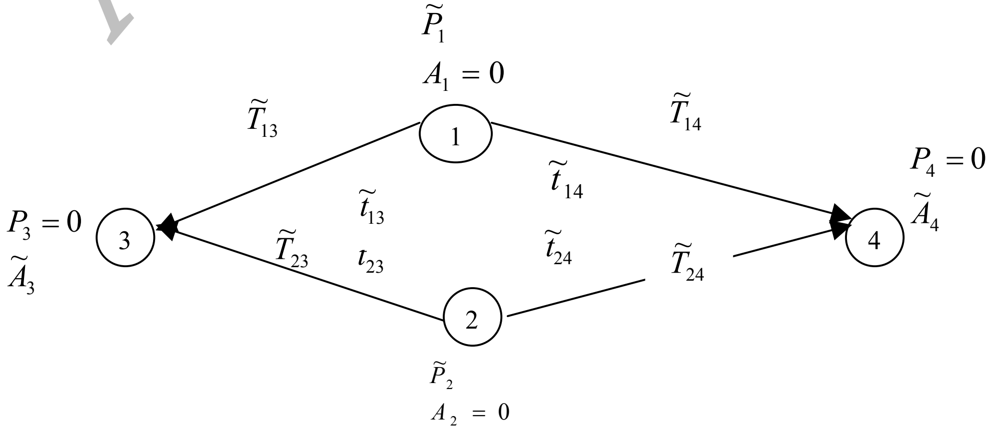
مثال عددی

شـبکه حمـل و نقـل ذیل را در نظر بگیرید. [۸]

که در آن :

$$k_{ij} = 1$$
$$\tilde{T}_{13} = (190,200,200,210)$$
$$\tilde{P}_1 = (480,500,500,520)$$
$$\tilde{T}_{14} = (290,300,300,310)$$
$$\tilde{P}_2 = (580,600,600,620)$$
$$\tilde{T}_{24} = (490,500,500,510)$$
$$\tilde{T}_{23} = (90,100,100,110)$$
$$\tilde{A}_3 = (280,300,300,320)$$
$$\tilde{A}_4 = (780,800,800,820)$$
$$\tilde{t}_{13} = \tilde{t}_{24} = (4,5,6,7)$$
$$\tilde{t}_{23} = \tilde{t}_{14} = (8,9,10,11)$$

:



حال اگر قرار باشد در آینده سیستم حمل و نقل بهبود یافته و در نتیجه آن زمانهای سفر و پارامترها شبکه بصورت ذیل تغیر نماید توزیع سفرهای در آینده را بدست آورده و پیش بینی نمائید.

$$\widetilde{P}_1' = (580,600,600,620)$$
$$\widetilde{P}_2' = (680,700,700,720)$$
$$\widetilde{A}_3' = (380,400,400,420)$$
$$\widetilde{A}_4' = (880,900,900,920)$$

$$\widetilde{t}_{23}' = \widetilde{t}_{14}' = (6,7,8,9) \quad , \quad \widetilde{t}_{13} = \widetilde{t}_{24} = (4,5,6,7)$$

الف) حل از روش پیشنهادی : با فرض $q_3 = q_4 = q_5 = q_{10} = 5$ می توان مدل را بصورت زیر نوست:

$$\begin{aligned}
&\min \lambda\\
&\text{St:}\\
&9.15T_{13} - 10.44T_{14}.x_{13}.y_{14} = 0\\
&3.41T_{24} - 28.04T_{23}.x_{24}.y_{23} = 0\\
&T_{13} + T_{14} = 496.67\\
&T_{23} + T_{24} = 596.64\\
&5(\lambda - 1) \le 296.67 - (T_{13} + T_{23}) \le 5(1-\lambda)\\
&5(\lambda - 1) \le 796.67 - (T_{14} + T_{24}) \le 5(1-\lambda)\\
&5(\lambda - 1) \le 696.66 - (T_{13} + T_{24}) \le 5(1-\lambda)\\
&5(\lambda - 1) \le 396.66 - (T_{14} + T_{23}) \le 5(1-\lambda)\\
&x_{13} = x_{24}\\
&y_{14} = y_{23}\\
&\lambda, T_{13}, T_{23}, T_{14}, T_{24}, x_{13}, x_{24}, y_{14}, y_{23} \ge 0
\end{aligned}$$

با استفاده از نرم افزار LINGO جواب بهینه مطابق جدول زیر خواهد بود .

حال ،مدل پیش بینی توزیع سفر عبارتند از:

(با فرض $q_3' = q_4' = 5$)

$$\begin{aligned}
&\min \lambda\\
&\text{St:}\\
&28.69T_{13} - 17.06T_{14} = 0\\
&12.69T_{24} - 38.56T_{23} = 0\\
&T_{13} + T_{14} = 596.67\\
&T_{23} + T_{24} = 696.67\\
&5(\lambda - 1) \le 396.67 - (T_{13} + T_{23}) \le 5(1-\lambda)\\
&5(\lambda - 1) \le 896.67 - (T_{14} + T_{24}) \le 5(1-\lambda)\\
&\lambda, T_{13}, T_{14}, T_{23}, T_{24} \ge 0
\end{aligned}$$

مجموعه جوابهای این مدل بهمراه جوابهای مدل موجود در جدول (۱) آمده است:

نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

در روش موجود، تصحیحات پی در پی بر روی هر کدام از $\mathrm{A_j}$ ، $j = 1,2,....,n$ ، و F_{ij} ($t = t_1, t_2, ..., t_n$) به تعداد نامشخص ، حجم محاسبات و در نتیجه زمان لازم برای رسیدن به توزیع سفرجدید زیاد می باشد. در روش پیشنهادی به علت در نظر گرفتن همزمان انحرافها ،توابع هدف یکجا و بدون صحیحات اضافی انجام می پذیرد، در نتیجه زمان لازم برای حل مسئله کاهش می یابد. از طرف دیگر در روش موجود هیچ تلرانسی از قبل به عنوان شرط توقف تعیین نگردیده است. در صورتیکه در روش پیشنهادی مقادیر تلرانسهای مورد قبول در ابتدا حل مشخص می گردند.همچنین بمنظور توسعه ورودیهای مدل، در مدل پیشنهادی پارامترهای شبکه غیر دقیق و به صورت بازه ای با توزیع امکان معرفی شده اند. در نهایت،به عنوان توسعه مدل می توان آنرا برای شبکه حمل و نقل با ویژگیهای احتمالی وچند محموله ای تعمیم داد.

جدول ۱ : مقایسه مدل موجود با مدل پیش بینی توزیع سفر.

توزیع سفر	داده در شبکه	مدل موجود		مدل پیشنهادی	
	حال	حال	پیش بینی	حال	پیش بینی
T13	198.33	192.6	220.4	198.16	222.50
T14	298.33	284	376.2	298.51	374.14
T23	98.33	101.2	174.4	103.16	172.5
T24	498.33	514.1	521.2	493.51	524.17

زمان حل مدل	71 ثانیه	6 ثانیه

تشکر وقدردانی

در اینجا نویسندگان بر خود لازم می بینـــند، از داوران ناشناس که با نقطه نظرات ارزشمند خود در تکمیل و تصـحیح ایـن مقالـه ما را یاری داده اند،تشکر و قدردانی بشود.

مراجع

1 - Breuss, F. and Egger,P. (1999). “How reliable are estimations of east-west trade potentials based on cross-section gravity analyses.” *Empirica 26,* PP. 81-94, Kluwer Academic Publishers.

2 - *Calibrating & Testing a Gravity Model for any Size Urban Area*, (1983). Department of Transportation , Federal Highway Administration.

3 - Ching-Lai ,H. (1989). *Fuzzy mathematical programming ,methods and applications,* Springer-Verlag.

4 – CM, G. (1987). “Recent advances in spatial interaction modeling; an application to the forecasting of shopping travel.” *Environment and Planning A*, Vol. 19, PP. 173-186.

5 - Egger, P. (2002). “An econometric veiw of the estimation of gravity models and the calculation of trade potentials.” *The world Economy,* Vol. 25, PP. 297-312.

6 - Holmberg, K. (1989). “Exact methods for gravity trip – distribution models.” *Environment and planning A 21,* PP. 81-97.

7 – Hwang, M. (1987). “Multiple objective decision making.” *Methods and Application,* Springer – Verlag.

8 - Gitlesen, J. P. and Jornsten, K. (1999). *A disaggregated gravity model.* Norwegian School of Economics and Business Administration.

9 – Spiess, H. (1987). “A maximum likelihood model for estimating origin-destination matrices.” *Transpn .Res.,* B21, PP. 395-412.

10 – Bailey, T. C. and Munford, A. G. (1994). “Modeling a large, sparse spatial interaction matrix using data relating to a subset of possible flows.” *European Journal of Operation Research,* PP. 489-500.

11 - Walting, D. P. and Maher, M. J. (1992). “A statistical procedure for estimating a mean origin-destinaion matrix from a partial registration plate survey.” *Transportation Research*, 26 B, PP. 171-193.

12 - Zimmerman, (1993). *Fuzzy Set Theory and its Applications,* Kluwer Academic Publisher.

۱۳ - سید حسینی، ″جزوه درس برنامه ریزی حمل و نقل درون شهری.″ انتشارات علم و صنعت، (۱۳۷۸).