مطالعات مهندسی صنایع و مدیریت تولید

دوره ۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵

صفحات ۲۱- ۳۰

Online ISSN: ۲۴۷۶-۴۴۵۰

Print ISSN: ۲۵۳۸-۲۱۰۱

www.irijournals.com

طراحی شبکه زنجیره تأمین دو مرحله ای فازی با امکان حمل مستقیم

عباس شجاع[۱]، صابر ملاعلیزاده زواردهی[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد مسجدسلیمان، مسجدسلیمان، ایران

[۲] عضو هیأت علمی گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد مسجدسلیمان، مسجدسلیمان، ایران

چکیده

یکپارچگی شبکه زنجیره تأمین یک موضوع استراتژیک است و تاثیر شگرفی روی عملکرد کلی زنجیره تأمین دارد. طراحی مناسب شبکه زنجیره تأمین به عنوان یک موضوع مهم برای موفقیت سازمانها در نظر گرفته می شود. مدیریت زنجیره تأمین به عنوان یک ابزار مفید برای مدیریت کردن زنجیره تأمین به کار برده می شود. یک شبکه انتقال کارامد یک نقش اصلی درشبکه زنجیره تأمین دارد و به عنوان یک مزیت رقابت پذیر مهمی توسط سازمانها و صنایع تولیدی استفاده می شود. کمینه سازی هزینه کل زنجیره تأمین منجر به بهبود استراتژیهای جدید حمل و نقل می شود. طراحی شبکه زنجیره تأمین بهینه منجر به کاهش هزینه ها و بهبود سطح خدمت دهی می شود. برای توزیع کالاها از دو استراتژی حمل مستقیم و غیرمستقیم استفاده می شود. در حمل مستقیم محصولات بدون واسطه از کارخانه به مشتریان ارسال می شود، اما در حمل غیرمستقیم محصولات ابتدا به مراکز توزیع فرستاده و سپس به سمت مشتریان ارسال می شود. مزیتهای حمل مستقیم کاهش هزینه های موجودی و زمان تحویل کالا به مشتریان می باشد. مزیت مهم دیگر حمل غیرمستقیم ارسال کالا به مشتریان بدون نیاز به تسهیلات توزیعی می باشد. در مسایل حمل و نقل کلاسیک زمان و هزینه ها به صورت قطعی لحاظ می شود، اما در جهان واقعی به علت تعدادی عوامل غیر قابل پیش‌بینی برخی از پارامترها بصورت غیر قطعی در نظر گرفته می شود. این پارامترهای غیر دقیق می تواند به صورت اعداد فازی نشان داده شود. این تحقیق یک مدل ریاضی برای یک شبکه زنجیره تأمین دو مرحله ای با امکان حمل مستقیم درنظر می گیرد و برای اولین بار در آن هزینه ها بصورت اعداد فازی در نظر گرفته می شود. علاوه بر این برای اعتبارسنجی، مدل پیشنهادی با نرم افزار گمز کدنویسی شد. نتایج نشان داد که مدل مربوطه معتبر است.

واژه‌های کلیدی: شبکه زنجیره تأمین، حمل مستقیم، مدل ریاضی، تئوری فازی.

۱- مقدمه

درسال های اخیر مدیریت زنجیره تأمین به واسطه محیط های تجاری رقابت پذیر تبدیل به یک موضوع استراتژیک شده است. مدیریت زنجیره تأمین یک نقش اساسی در فعالیت های سازمان ها بازی می کند و به عنوان یک جزء لازم برای کارایی سازمان ها در نظر گرفته می شود. آن همچنین می تواند برای تأمین دو قطب نیاز مشتریان شامل زمان تحویل پایین و قیمت پایین استفاده شود. یک شبکه زنجیره تأمین شامل تأمین کننده ها، تولیدکنندگان، مراکز توزیع، مشتریان و خرده فروشان است که اشاره می کند به حرکت مواد خام از مراحل مختلف و تبدیل کالای نهایی به مشتریان به صورتی که هزینه زنجیره مینیمم و رضایت مشتریان تأمین شود. حمل و نقل یک جزء عمده در شبکه زنجیره تأمین است و به صورت انتقال کالاها از یک مرحله به مرحله دیگر تعریف می شود. یک سیستم حمل و نقل کارامد می تواند تا حد زیادی هزینه ها و زمان تحویل را کاهش و سطح رضایت مشتریان را افزایش دهد. علاوه بر این نوع حمل و نقل که توسط یک کارخانه استفاده می شود روی متمرکز سازی و عملیات با تسهیلات کمتر مؤثر است.

مسأله حمل و نقل سنتی (TP) یک مسأله بهینه سازی اساسی در برنامه ریزی خطی است و شامل دو نوع محدودیت عرضه و تقاضا می باشد. مسأله هزینه ثابت (FCP) یک نوع از مسائل برنامه ریزی غیر خطی می باشد که هزینه ثابت به علاوه یک هزینه متغیر برای هر متغیر در نظر می گیرد. مسأله حمل و نقل هزینه ثابت (FCTP) یکی از مهم ترین مسائل در حوزه تحقیق در عملیات است که اولین بار توسط هرچ و دنتزیگ (۱۹۶۸) پیشنهاد شد. مسأله شامل توزیع فیزیکی یک محصول از یک تعداد از منابع عرضه به تعدای ازمنابع تقاضای بدون انباشتگی عرضه در هر منبع می باشد. اساساً، هدف این مسأله انتخاب ترکیبی از مسیرها است به صورتی که کلیه هزینه حمل و نقل مینیمم شود. در مسأله حمل و نقل هزینه ثابت دو نوع هزینه ثابت و متغیر درگیر هستند که به طور همزمان با میزان کالاهای حمل شده از منبع به مقصد افزایش می یابد. در این مسأله یک هزینه ثابت هنگامی تخصیص داده می شود که یک کمیت غیر صفر بین نقاط عرضه و تقاضا حمل شود.

در کاربرد های واقعی، به واسطه رقابت پذیری، یک شبکه زنجیره تأمین کارامد به عنوان یک عنصر کلیدی برای بقای سازمان ها در نظر گرفته می شود. در مسائل زنجیره تأمین بعضی پارامتر ها (زمان و هزینه هاو غیره) ممکن است که به صورت دقیق تخمین زده نشود. برای مثال ظرایب هزینه به علت تغییرات محیطی و فاکتور های غیر قابل پیش بینی ممکن به صورت دقیق تخمین زده نشود. چنین پارامتر های غیر دقیقی می تواند به صورت اعداد فازی نمایش داده شود که می توان از اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه ایی نام برد.

۲- ادبیات تحقیق

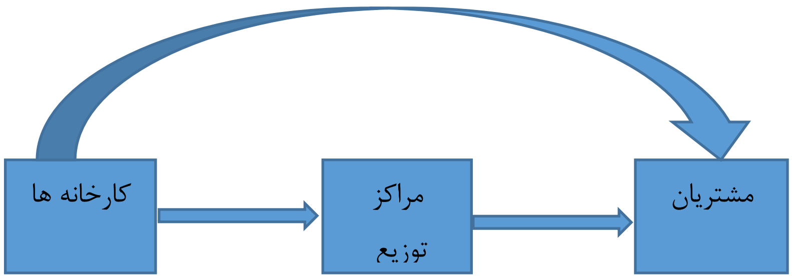
مطابق پیشینه‌ی تحقیق، رویکرد های حل متفاوتی برای حل مسائل فازی وجود دارد که در ادامه به مروری از آنها می پردازیم. ساکاوا و یانو (۱۹۸۶) و ساکاوا و همکاران (۱۹۸۷) یک روش تصمیم گیری فازی تکراری با استفاده ازتوابع عضویت برای حل مسأله برنامه ریزی خطی چند هدفه به کار بردند. چناس و کاچتا (۱۹۹۶) یک الگوریتم بهینه برای حل مسأله حمل و نقل فازی به کار بردند. لی و همکاران (۱۹۹۷) یک الگوریتم ژنتیک برای حل مسأله حمل و نقل سه بعدی چند هدفه با ضرایب تابع هدف تحت محیط فازی به کار بردند. جیمنز و وردگی (۱۹۹۸) دو نوع مسأله حمل و نقل سه بعدی عدم قطعی در نظر گرفتند که عرضه و تقاضا و ظرفیت حمل به صورت اعداد فازی در نظر گرفته شده بود. جیمنز و وردگی (۱۹۹۹) یک الگوریتم تکاملی بر مبنای رویکرد پارامتریک برای حل مسأله حمل و نقل سه بعدی فازی در نظر گرفتند. امار و سمیر (۲۰۰۳) یک مسأله حمل نقل فازی را در نظر گرفتند و برای حل آن از یک الگوریتم حل کارا استفاده کردند. گائو و لیو (۲۰۰۴) یک الگوریتم فازی دو مرحله ایی مسأله حمل و نقل چند هدفه در نظر گرفتند. سامانتا و ری (۲۰۰۵) یک الگوریتم بهینه برای حل مسأله حمل و نقل آنتروپی چند هدفه فازی استفاده کردند. یانگ و لیو (۲۰۰۷) یک مسأله حمل و نقل سه بعدی هزینه ثابت فازی ارائه دادند. آنها یک الگوریتم ترکیبی بر مبنای تکنیک شبیه سازی فازی و جستجوی ممنوع برای حل این مسأله استفاده کردند.

ملاعلیزاده و همکاران (۲۰۱۳) سه الگوریتم جستجوی همسایگی متغیر، جستجوی همسایگی متغیر ترکیبی و شبیه سازی تبرید برای حل مسأله حمل و نقل سه بعدی هزینه ثابت فازی ارائه دادند. لیو و همکاران (۲۰۱۴) شبیه سازی فازی بر مبنای الگوریتم جستجوی ممنوع برای حل مسأله حمل نقل سه بعدی فازی با متغیرهای فازی نوع دوم به کار بردند. پرامانیک و همکاران (۲۰۱۵) از چند الگوریتم فرا ابتکاری برای حل مسأله حمل و نقل در یک شبکه زنجیره تأمین دو مرحله ایی تحت محیط فازی استفاده کردند.

گیری و همکاران (۲۰۱۵) از تعدای رویکرد حل بهینه برای حل مسأله حمل ونقل سه بعدی چندمحصولی هزینه ثابت فازی استفاده کردند. کوکن و سیوری (۲۰۱۶) یک مسأله حمل و نقل سه بعدی با ظرایب تابع هدف، عرضه، تقاضا و ظرفیت وسیله حمل فازی در نظر گرفتند. آنها برای حل این مدل از یک رویکرد استفاده کردند تا همه جواب های بهینه را به صورت پارامتریک تولید کند. ابراهیم نجاد (۲۰۱۶) یک حل مسأله حمل و نقل فازی به صورتی که هزینه حمل و نقل و مقادیر عرضه و تقاضا به صورت اعداد فازی مسطح LR غیر مثبت در نظر گرفت و برای حل آن از یک روش حل جدید استفاده کرد. پیشوایی و ربانی (۲۰۱۱) برای اولین بار حمل مستقیم را برای مسأله طراحی شبکه زنجیره تأمین به کار برد. آنها از یک الگوریتم ابتکاری بر مبنای تئوری گراف برای حل آن استفاده کردند. با توجه به بررسی های صورت گرفته، تا کنون هیچ تحقیقی راجع به مسأله طراحی شبکه زنجیره تأمین دو مرحله ایی فازی با امکان حمل مستقیم انجام نشده است، لذا برای اولین بار از یک رویکرد برنامه ریزی ریاضی جدید برای حل مسأله استفاده شده است.

۳- مدل ریاضی پیشنهادی

مسأله طراحی شبکه زنجیره تأمین دو مرحله ایی با امکان حمل مستقیم مطالعه شده در این تحقیق شامل کارخانه ها، مراکز توزیع و مشتریان می باشد (شکل شماره ۱). این شبکه برای تولید محصولات در کارخانه و تحویل محصولات به مشتریان از طریق مراکز توزیع یا به طور مستقیم از کارخانه به مشتریان ایجاد می شود. همه تقاضای مشتریان باید تأمین شود و مکان مشتریان از پیش تعریف شده و ثابت می باشد. نتایج اصلی این تحقیق باید شامل تعیین مکان کارخانه ها، تعیین مکان مراکز توزیع، کمیت جریان بین تسهیلات و انتخاب بهترین استراتژی حمل (مستقیم و غیر مستقیم) باشد.



شکل شماره ۱: ساختار شبکه زنجیره

۳-۱ نمادها و تعاریف

نمادهای بکار گرفته شده در مدل ریاضی این تحقیق بصورت زیر است:

I تعداد کارخانه ها

J تعداد مراکز توزیع

K تعداد مشتریان

۳-۲پارامترها

پارامترهای ورودی شامل موارد زیر است:

d_k انواع تقاضا مشتریان

f_i هزینه ثابت راه اندازی کارخانه

g_i هزینه ثابت راه اندازی مرکز توزیع

a_{ij} هزینه حمل هر واحد محصول از کارخانه به مرکز توزیع

b_{jk} هزینه حمل هر واحد محصول مرکز توزیع به مشتری

c_{ik} هزینه حمل هر واحد محصول از کارخانه به مشتری

p_i هزینه تولید هر واحد محصول در کارخانه

e_j هزینه نگهداری هر واحد محصول در مرکز توزیع

h_i ماکزیمم ظرفیت کارخانه

m_j ماکزیمم ظرفیت مرکز توزیع

θ_i هزینه جریمه هر واحد از ظرفیت بهره برداری نشده در کارخانه

β_j هزینه جریمه هر واحد از ظرفیت بهره برداری نشده در مرکز توزیع

۳-۳- متغیرهای تصمیم

متغیرهای تصمیم بکار گرفته شده در مدل ریاضی پیشنهادی بصورت زیر می باشد.

X_{ij} تعداد کالا حمل شده از کارخانه به مرکز توزیع

Y_{jk} تعداد کالا حمل شده از مرکز توزیع به مشتری

Z_{ik} تعداد کالا حمل شده از کارخانه به مشتری

W_i اگر یک کارخانه در مکان i راه اندازی شود برابر با یک، در غیر اینصورت برابر با صفر

V_j اگر یک مرکز توزیع در مکان j راه اندازی شود برابر با یک، در غیر اینصورت برابر با صفر

۳-۴- مدل ریاضی

$$\min \ z = \sum_i f_i W_i + \sum_j g_j V_j + \sum_i \sum_j \left(p_i + a_{ij}\right) X_{ij} + \sum_j \sum_k \left(e_j + b_{jk}\right) Y_{jk}$$
$$+ \sum_i \sum_k \left(p_i + c_{ik}\right) Z_{ik} + \sum_{i \in I} \theta_i \left[W_i h_i - \left(\sum_{j \in J} X_{ij} + \sum_{k \in K} Z_{ik} \right) \right] + \sum_{j \in J} \beta_j \left(\sum_{j \in J} V_j m_j - \sum_{k \in K} Y_{jk} \right)$$

s.t:

$$\sum_i Z_{ik} + \sum_j Y_{jk} = d_k \quad \forall k \tag{1}$$

$$\sum_i X_{ij} = \sum_k Y_{jk} \qquad \forall j \tag{2}$$

دوره ۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵، صفحات ۲۱- ۳۰

$$\sum_k Z_{ik} + \sum_j X_{ij} \le W_i h_i \quad \forall i \tag{۳}$$

$$\sum_k Y_{jk} \le V_j m_j \qquad \forall j \tag{۴}$$

$$W_i, V_j \in \{0,1\} \quad \forall i, j \tag{۵}$$

$$X_{ij}, Y_{jk}, Z_{ik} \ge 0 \quad \forall i, j, k \tag{۶}$$

در این مدل تابع هدف کل هزینه های شبکه زنجیره تامین شامل هزینه های ثابت راه اندازی، هزینه های فرایند، جریمه ظرفیت استفاده نشده در کارخانه ها و مراکز توزیع و هزینه حمل و نقل را کمینه می کند. محدودیت شماره ۱ تضمین می کند که همه تقاضاهای مشتریان تأمین شود. محدودیت شماره ۲ شرط تعادل را در مراکز توزیع تضمین می کند. محدودیت های شماره ۳ و ۴ محدویت های ظرفیت کارخانه ها و مراکز توزیع هستند. محدودیت های شماره ۵ و ۶ به ترتیب نشان دهنده باینری و غیرمنفی بودن متغیرهای تصمیم مربوطه است. هنگامی که ضرایب هزینه به صورت دقیق تخمین زده نشود تابع هدف می تواند به صورت اعداد فازی در نظر گرفته شود. در این مقاله فرض می شود که ظرایب هزینه غیر دقیق هستند و تابع هدف به یک تابع هدف فازی تبدیل می شود و به صورت زیر نشان داده می شود.

$$\min \ z = \sum_i \tilde{f}_i W_i + \sum_j \tilde{g}_j V_j + \sum_i \sum_j \left(\tilde{p}_i + \tilde{a}_{ij}\right) X_{ij} + \sum_j \sum_k \left(\tilde{e}_j + \tilde{b}_{jk}\right) Y_{jk} + \sum_i \sum_k \left(\tilde{p}_i + \tilde{c}_{ik}\right) Z_{ik}$$
$$+ \sum_{i \in I} \tilde{\theta}_i \left[W_i h_i - \left(\sum_{j \in J} X_{ij} + \sum_{k \in K} Z_{ik} \right) \right] + \sum_{j \in J} \tilde{\beta}_j \left(\sum_{j \in J} V_j m_j - \sum_{k \in K} Y_{jk} \right)$$

اعداد فازی مثلثی برای نشان دادن ظرایب هزینه ها استفاده می شود و کل هزینه زنجیره تأمین تبدیل به عدد فازی مثلثی می شود. ما از روش مرکزثقل (وانگ و همکاران، ۲۰۰۶) برای رتبه بندی اعداد فازی استفاده می کنیم. عدد فازی مثلثی (a, b, c)= $\tilde{A}$ با یک تابع عضویت خطی غیر دقیق رتبه بندی آن به صورت زیر در نظر گرفته می شود.

$$x_o(\tilde{A}) = \frac{a+b+c}{3}$$

۵- حل مدل پیشنهادی با نرم افزار گمز

برای بررسی اعتبار مدل پیشنهادی یک مسئله با ابعاد کوچک (I=2، J=2 وK=3) با نرم افزار گمز حل می شود و پارامتر های مسأله در جدول شماره ۱ نمایش داده شده است.

جدول شماره ۱: پارامترهای مسأله

d (*k*)	4000	5000	ϴ3(*i*)	9	6
	1400				
f1(*i*)	300	300	β1(*j*)	12	13
f2(*i*)	400	320	β2(*j*)	14	15
f3(*i*)	410	340	β3(*j*)	16	17
g1(*j*)	150	160	h(*i*)	14000	
				12000	
g2(*j*)	200	170	m(*j*)	2000	
				1000	
g3(*j*)	211	210	a1(*i*,*j*)	7	3
				1	1
p1(*i*)	20	30	a2(*i*,*j*)	8	4
				2	3
p2(*i*)	31	34	a3(*i*,*j*)	12	5
				3	5
p3(*i*)	36	38	b1(*j*,*k*)	5	5
				8	
				3	3
				1	
e1(*j*)	7	5	b2(*j*,*k*)	8	7
				9	
				4	4
				2	
e2(*j*)	8	7	b3(*j*,*k*)	11	9
				13	
				5	8
				6	
e3(*j*)	9	9	c1(i,k)	17	16
				8	
				12	12
				10	
ϴ1(*i*)	7	5	c2(*i*,*k*)	18	17
				11	
				13	17
				12	
ϴ2(*i*)	8	7	c3(*i*,*k*)	19	18
				14	
				17	19
				14	

۶-کد برنامه ریزی ریاضی گمز

کد گمز مربوطه به صورت شکل شماره ۱ ارائه می شود.

```
Sets
 i "Number of plants" /1*2/
 j "Number of DCs" /1*2/
 k "Number of customers" /1*3/;

parameters
h(i)     /1   14000
          2   12000/
m(j)     /1   2000
          2   1000/
d(k)     /1   4000
          2   5000
          3   1400/
f(i)     /1   370
          2   320/
G(j)     /1   187
          2   180/
p(i)     /1    29
          2    34/
θ(i)    / 1    8
          2    6/
e(j)    / 1   8
          2   7/
β(j)    / 1   14
          2   15/;
table a(i,j)
      1     2
1     9     4
2     2     3;
table b(j,k)
      1     2    3
1     8     7    10
2     4     5    3;
table c(i,k)
      1     2    3
1     18    17   11
2     14    16   12;
variables
 cost
 x(i,j)
 y(j,k)
 z(i,k)
 w(i)
 v(j);

positive variable  x,y,z;
binary variable  w,v;
```

شکل شماره ۱: کد گمز مسأله مربوطه

```
Equations
       Obj
       const1,const2,const3,const4;

Obj.. cost =e= (sum(i,f(i)*w(i))+ sum(j,G(j)*v(j)) +sum((i,j),(p(i)
+a(i,j)) *x(i,j)) + sum((j,k),(e(j)+b(j,k))*y(j,k))+
sum((i,k),(p(i)+c(i,k))*z(i,k))+ sum(i,Θ(i)*(w(i)*h(i) -(sum((j),x(i,j))+
sum((k),z(i,k))))))+ sum(j,β(j) *(v(j)*m(j)-sum((k),y(j,k))));
const1(k).. sum((i),z(i,k))+sum((j),y(j,k)) =e= d(k);
const2(j).. sum((i),x(i,j))-sum((k),y(j,k)) =e= 0;
const3(i).. sum((k),z(i,k))+sum((j),x(i,j))=l= w(i)*h(i);
const4(j).. sum((k),y(j,k))=l= v(j)*m(j);
model supplychain /obj,const1,const2,const3,const4/;
solve supplychain minimizing cost using mip;
File  supplychain_Model /Results2.txt/
puttl supplychain_Model  'Title '  System.title, @60 'Page ' System.page;
put   supplychain_Model;
put /;
solve supplychain using MIP minimizing cost;
display "solution",x.l,y.
```

ادامه شکل شماره ۱: کد گمز مسأله مربوطه

۷-نتایج عددی

نتایج عددی در جدول شماره ۲ نمایش داده شده است.

جدول۲: نتایج عددی

variable	level	variable	level
X(1,1)	0	Z(1,1)	3000
X(1,2)	1000	Z(1,2)	5000
X(2,1)	0	Z(1,3)	1400
X(2,2)	0	Z(2,1)	0
Y(1,1)	0	Z(2,2)	0
Y(1,2)	0	Z(2,3)	0
Y(1,3)	0	W(1)	1
Y(2,1)	1000	W(2)	0
Y(2,2)	0	V(1)	0
Y(2,3)	0	V(2)	1

۸- نتیجه گیری:

در این مطالعه برای اولین بار یک مسأله شبکه زنجیره تأمین دو مرحله‌ای با امکان حمل مستقیم تحت شرایط فازی در نظر گرفته شد. از این‌رو یک مدل ریاضی برای مسأله مورد نظر پیشنهاد شد و سپس با نرم افزار گمز برای حل آن کدنویسی شد.

نتایج نشان داد که مدل مربوطه معتبر است. در تحقیقات آینده می توان روش های ابتکاری و یا فراابتکاری را برای حل آن توسعه داد. و یا می توان به چند محصولی نمودن مسأله طراحی شبکه زنجیره تأمین دو مرحله ایی با امکان حمل مستقیم پرداخت. همچنین می توان از اعداد فازی ذوزنقه ایی به جای اعداد فازی مثلثی استفاده نمود.

منابع

1. Chanas, S. and Kuchta, D. (1996). A concept of the optimal solution of the transportation problem with fuzzy cost coefficients, Fuzzy Sets and Systems, 82(3), pp. 299–305.
2. Ebrahimnejad, A. (2016). A New Method for Solving Fuzzy Transportation Problem with LR Flat Fuzzy Numbers, Information Sciences, 357, pp. 108-124.
3. Gao, S.P. and Liu, S.Y. (2004). Two-phase fuzzy algorithms for multi-objective transportation problem, The Journal of Fuzzy Mathematics, 12(1), 147-155.
4. Giri, P.K., Maiti, M.K. and Maiti, M. (2015). Fully fuzzy fixed charge multi-item solid transportation problem, Applied Soft Computing, 27, PP. 77-91.
5. Hirsch, W.M. and Dantzig, G.B. (1968). The fixed charge problem, Naval Research Logistics, 15(3), pp. 413–424.
6. Jimenez, F. and Verdegay, J.L. (1998). Uncertain solid transportation problems, Fuzzy Sets and Systems, 100(1-3), pp. 45–57.
7. Jimenez, F. and Verdegay, J.L. (1999). Solving fuzzy solid transportation problems by an evolutionary algorithm based parametric approach, European Journal of Operational Research, 117(3), pp. 485–510.
8. Kocken, H. G. and Sivri M. (2016). a simple parametric method to generate all optimal solutions of Fuzzy Solid Transportation Problem, Applied Mathematical Modelling, 40(7–8), pp. 4612-4624.
9. Li, Y., Ida, K. and Gen, M. (1997). Improved genetic algorithm for solving multiobjective solid transportation problem with fuzzy numbers, Computers & Industrial Engineering, 33(3-4), pp. 589–592.
10. Liu, P., Yang, L., Wang, L. and Shukai. L. (2014). A solid transportation problem with type-2 fuzzy variables, Applied Soft Computing, 24, pp. 543–558.
11. Molla-Alizadeh-Zavardehi, S., Sadi Nezhad, S., Tavakkoli-Moghaddam, R. and Yazdani, M. (2013). Solving a fuzzy fixed charge solid transportation problem by metaheuristics, Mathematical and Computer Modelling. 57(5-6), pp. 1543–1558.
12. Omar, M.S. and Samir, A.A. (2003). A parametric study on transportation problem under fuzzy environment, Engineering Journal of the University of Qatar, 15(1), pp. 165-176.
13. Pishvaee, M.S., Rabbani, M. (2011). A graph theoretic-based heuristic algorithm for responsive supply chain network design with direct and indirect shipment, Advances in Engineering Software, 42(3), pp. 57–63.
14. Pramanik, S., Jana, D. K., Mondal ,S.K. and Maiti, M. (2015). A fixed-charge transportation problem in two-stage supply chain network in Gaussian type-2 fuzzy environments, Information Sciences, 325, pp. 190-214.

15. Sakawa, M. and Yano, H. (1986). Interactive fuzzy decision making for multiobjective nonlinear programming using augmented minimax problems, Fuzzy Sets and Systems, 20(1), pp. 31-43.

16. Sakawa, M., Yano H. and Yumine, T. (1987). An Interactive fuzzy satisfying method for multi-objective linear programming problems and its application, IEEE Transactions on Man, Systems, and Cybernetics, 17(4), pp. 654–661.

17. Samanta, B. and Roy, T.K. (2005). Multi-objective entropy transportation model with trapezoidal fuzzy number penalties, sources and destination, Journal of Transportation Engineering, 131(6), pp. 419–428.

18. Wang, Y-M., Yang, J-B., Xu, D-L. and Chin K-S. (2006). on the centroids of fuzzy numbers, Fuzzy Sets and Systems, 157(7). pp. 919 – 926.

19. Yang, L. and Liu, L. (2007). Fuzzy fixed charge solid transportation problem and algorithm, Applied Soft Computing, 7(3), pp. 879–889.