σ Journal of Engineering and Natural Sciences
Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi
Sigma
2006/3

Araştırma Makalesi / Research Article

A SOLUTION PROPOSAL FOR INTERVAL SOLID TRANSPORTATION PROBLEM

Fügen TORUNBALCI AYDIN*, Coşkun GÜLER, Mustafa SİVRİ

Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Matematik Mühendisliği Bölümü, Esenler-İSTANBUL

Geliş/Received: 18.03.2006 Kabul/Accepted: 22.08.2006

ABSTRACT

The solid transportation problem is often presented in the literature. Recently, the solutions of solid transportation of the goods from warehouses into markets and from warehouse into markets by any way is solved by traditional ways by complex formulas. In the present work the problem is solved with simple formulation considering transportation costs by intervals and it makes some contributions to the literature.
Keywords: Interval linear programming, transportation problem.

ARALIKLI ÜÇ BOYUTLU (SOLID) TAŞIMA PROBLEMİNE BİR ÇÖZÜM ÖNERİSİ

ÖZET

Solid taşıma problemi bilinen yöntemlerle literatürde çözümüne sık rastlanan bir problemdir. Ancak son günlerde depoların, pazarların ve herhangi bir yolla depolardan pazarlara giden malların miktarlarının bir aralık dahilinde olması gözönüne alınarak problem çözülmüş ve formüllerin oldukça karışık olması nedeniyle çalışmamızda bilinen yöntemden daha basit duruma getirirken bir yandan da fiyatların aralıklı olması göz önüne alınarak mevcut çalışmaya katkıda bulunmaktayız.
Anahtar Sözcükler: Aralıklı lineer programlama, taşıma problemi.

1. GİRİŞ

Solid taşıma problemi klasik taşıma probleminin genel bir halidir. Klasik taşıma probleminin bu özel tipinin gözönüne alınmasının gerekliliği ürünlerin taşınmasında taşıma yollarının ve buna bağlı olarak taşıma birim fiyatlarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Solid taşıma problemi ile ilgili literatürde [1, 2, 4] oldukça fazla yayın bulunmakla birlikte son günlerde bu çalışmaların aralıklı solid taşıma problemine yöneldiği görülmüştür. Yani depolardaki malların, pazarların taleplerinin ve depolardan pazarlara herhangi bir yolla giden malların bir aralık dahilinde olması [2] gözönüne alınmıştır.

Gözönüne alınan aralıklı taşıma probleminin formüllerinin oldukça karışık olması nedeniyle biz bu çalışmamızda aralıklı taşıma problemini bilinen yöntemlerle daha basit hale getirdik. Buna ilave olarak çalışmamızda depodaki malların ve depolardan pazarlara herhangi yolla giden malların aralık olmasının yanı sıra taşıma birim fiyatların da aralık olmasını [4-5] gözönüne alarak probleme katkıda bulunduk.

* Sorumlu Yazar/Corresponding Autor: e-mail/e-ileti: faydin@yildiz.edu.tr, tel: (0212) 449 18 42

2. SOLİD TAŞIMA PROBLEMİ VE ARALIKLI SOLİD TAŞIMA PROBLEMİ

Solid taşıma problemi aşağıdaki şekildedir.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{l} C_{ijk}\, X_{ijk}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{l} X_{ijk} = a_i \qquad i = 1,2,...,m$$

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{k=1}^{l} X_{ijk} = b_j \qquad j = 1,2,...,n \tag{1}$$

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} X_{ijk} = e_k \qquad k = 1,2,...,l$$

$$\forall ijk \quad \text{için} \quad X_{ijk} \geq 0$$

Burada

a_i : **i** deposunda bulunan mal miktarı

b_j : **j** pazarından talep edilen miktar

e_k : **i** deposundan **j** pazarına **k** yoluyla gelen mal miktarıdır.

istenen X_{ijk} : **i** deposundan **j** pazarına **k** yoluyla gelen mal miktarıdır.

Aralıklı Solid Taşıma Problemi ise,

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{l} C_{ijk}\, X_{ijk}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{l} X_{ijk} \in \left[a_i^-, a_i^+\right] \qquad i = 1,2,...,m$$

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{k=1}^{l} X_{ijk} \in \left[b_j^-, b_j^+\right] \qquad j = 1,2,...,n \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} X_{ijk} \in \left[e_k^-, e_k^+\right] \qquad k = 1,2,...,l$$

$$\forall ijk \quad \text{için} \quad X_{ijk} \geq 0$$

şeklindedir. Burada

a_i^- : **i** deposundaki malın alt sınırı

a_i^+ : **i** deposundaki malın üst sınırı

b_j^- : **j** pazarındaki malın alt sınırı

b_j^+ : **j** pazarındaki malın üst sınırı

e_k^- : **i** deposundan **j** pazarına **k** yoluyla gelen malın alt sınırı

e_k^+ : **i** deposundan **j** pazarına **k** yoluyla gelen malın üst sınırıdır.

(3) problemi (2) probleminden konvekslik tanımı kullanılarak

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{l} C_{ijk} X_{ijk}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{l} X_{ijk} = a_i^+ - \theta_i (a_i^+ - a_i^-) \qquad i = 1,2,...,m \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{k=1}^{l} X_{ijk} = b_j^+ - \lambda_j (b_j^+ - b_j^-) \qquad j = 1,2,...,n$$

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} X_{ijk} = e_k^+ - \alpha_k (e_k^+ - e_k^-) \qquad k = 1,2,...,l$$

$$\forall ijk \text{ için } \quad X_{ijk} \geq 0$$

$$\forall ijk \text{ için } \quad 0 \leq \theta_i , \lambda_j , \alpha_k \leq 1$$

elde edilir.

Çalışmamızda yukarıdakilere ilave olarak,

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{l} \left[C_{ijk}^-, C_{ijk}^+\right] X_{ijk}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{l} X_{ijk} \in \left[a_i^-, a_i^+\right] \qquad i = 1,2,...,m \tag{4}$$

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{k=1}^{l} X_{ijk} \in \left[b_j^-, b_j^+\right] \qquad j = 1,2,...,n$$

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} X_{ijk} \in \left[e_k^-, e_k^+\right] \qquad k = 1,2,...,l$$

$$\forall ijk \text{ için } \quad X_{ijk} \geq 0 .$$

[6] kullanılarak ve konvekslik tanımından (4) problemi

$$\mathbf{Min}\ Z_1 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l}\left[\frac{C_{ijk}^{-} + C_{ijk}^{+}}{2}\right] X_{ijk}$$

$$\mathbf{Min}\ Z_2 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} C_{ijk}^{+} \cdot X_{ijk}$$

$$\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} X_{ijk} = a_i^{+} - \theta_i\,(a_i^{+} - a_i^{-}) \qquad i = 1,2,...,m \tag{5}$$

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1}^{l} X_{ijk} = b_j^{+} - \lambda_j (b_j^{+} - b_j^{-}) \qquad j = 1,2,...,n$$

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} X_{ijk} = e_k^{+} - \alpha_k (e_k^{+} - e_k^{-}) \qquad k = 1,2,...,l$$

$$\forall ijk \ \text{için} \quad X_{ijk} \geq 0$$

$$\forall ijk \ \text{için} \quad 0 \leq \theta_i, \lambda_j, \alpha_k \leq 1$$

2-amaçlı lineer programlama problemi haline getirildi.

Z_1 ‘ in üyeliğinin $\mu(Z_1)$, Z_2 ’ nin üyeliğinin ise $\mu(Z_2)$ olduğunu varsayalım. 2-amaçlı lineer programlama probleminin çözümü için üyelik fonksiyonları kullanılırsa, bu durumda (5) problemi [5]

$$\mathbf{Max}\ \mu(Z_1)$$

$$\mu(Z_1) = \mu(Z_2)$$

$$\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} X_{ijk} = a_i^{+} - \theta_i\,(a_i^{+} - a_i^{-}) \qquad i = 1,2,...,m \tag{6}$$

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1}^{l} X_{ijk} = b_j^{+} - \lambda_j (b_j^{+} - b_j^{-}) \qquad j = 1,2,...,n$$

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} X_{ijk} = e_k^{+} - \alpha_k (e_k^{+} - e_k^{-}) \qquad k = 1,2,...,l$$

$$\forall\ ijk \ \text{için} \quad X_{ijk} \geq 0$$

$$\forall\ ijk \ \text{için} \quad 0 \leq \theta_i, \lambda_j, \alpha_k \leq 1$$

şeklindedir.

3. ARALIKLI SOLİD TAŞIMA PROBLEMİ İÇİN ÖRNEK PROBLEM

C_{ijk}, a_i, b_j ve e_k büyüklüklerinin aşağıdaki şekilde aralıklar halinde verildiğinde problem çözülmüştür.

$$\text{Min}\,Z = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{3}\left[C_{ijk}^{-}, C_{ijk}^{+}\right] X_{ijk}$$

$[C_{111}^{-}, C_{111}^{+}] = [40, 62]$ $\quad$ $[C_{211}^{-}, C_{211}^{+}] = [85, 90]$

$[C_{112}^{-}, C_{112}^{+}] = [68, 94]$ $\quad$ $[C_{212}^{-}, C_{212}^{+}] = [45, 50]$

$[C_{113}^{-}, C_{113}^{+}] = [5, 95]$ $\quad$ $[C_{213}^{-}, C_{213}^{+}] = [45, 55]$

$[C_{121}^{-}, C_{121}^{+}] = [72, 80]$ $\quad$ $[C_{221}^{-}, C_{221}^{+}] = [70, 80]$

$[C_{122}^{-}, C_{122}^{+}] = [96, 120]$ $\quad$ $[C_{222}^{-}, C_{222}^{+}] = [51, 60]$

$[C_{123}^{-}, C_{123}^{+}] = [80, 90]$ $\quad$ $[C_{223}^{-}, C_{223}^{+}] = [85, 90]$

$[C_{131}^{-}, C_{131}^{+}] = [15, 35]$ $\quad$ $[C_{231}^{-}, C_{231}^{+}] = [83, 85]$

$[C_{132}^{-}, C_{132}^{+}] = [8, 15]$ $\quad$ $[C_{232}^{-}, C_{232}^{+}] = [45, 48]$

$[C_{133}^{-}, C_{133}^{+}] = [15, 30]$ $\quad$ $[C_{233}^{-}, C_{233}^{+}] = [95, 100]$

$[C_{311}^{-}, C_{311}^{+}] = [10, 15]$ $\quad$ $[C_{323}^{-}, C_{323}^{+}] = [4, 8]$

$[C_{312}^{-}, C_{312}^{+}] = [11, 35]$ $\quad$ $[C_{331}^{-}, C_{331}^{+}] = [48, 55]$

$[C_{313}^{-}, C_{313}^{+}] = [35, 40]$ $\quad$ $[C_{332}^{-}, C_{332}^{+}] = [30, 32]$

$[C_{321}^{-}, C_{321}^{+}] = [47, 67]$ $\quad$ $[C_{333}^{-}, C_{333}^{+}] = [45, 50]$

$[C_{322}^{-}, C_{322}^{+}] = [70, 75]$

$$\sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{3} X_{1jk} \in \left[a_1^{-}, a_1^{+}\right] = [29, 41]$$

$$\sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{3} X_{2jk} \in \left[a_2^{-}, a_2^{+}\right] = [8, 23]$$

$$\sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{3} X_{3jk} \in \left[a_3^-,\ a_3^+\right] = [16, 50]$$

$$\sum_{i=1}^{3}\sum_{k=1}^{3} X_{i1k} \in \left[b_1^-,\ b_1^+\right] = [8, 17]$$

$$\sum_{i=1}^{3}\sum_{k=1}^{3} X_{i2k} \in \left[b_2^-,\ b_2^+\right] = [14, 19]$$

$$\sum_{i=1}^{3}\sum_{k=1}^{3} X_{i3k} \in \left[b_3^-,\ b_3^+\right] = [23, 32]$$

$$\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} X_{ij1} \in \left[e_1^-,\ e_1^+\right] = [26, 41]$$

$$\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} X_{ij2} \in \left[e_2^-,\ e_2^+\right] = [7, 42]$$

$$\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} X_{ij3} \in \left[e_3^-,\ e_3^+\right] = [4, 30]$$

$\forall\ ijk$ için $X_{ijk} \geq 0$

Bu koşullar altında problemin çözümü aşağıdadır:

$$\text{Min } Z_1 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{k}\left[\frac{C_{ijk}^- + C_{ijk}^+}{2}\right] X_{ijk}$$

$$\begin{aligned} &= 51X_{111} + 81X_{112} + 50X_{113} + 76X_{121} + 108X_{122} + 85X_{123} + 25X_{131} + 12X_{132} \\ &\quad + 23X_{133} + 88X_{211} + 48X_{212} + 50X_{213} + 85X_{221} + 56X_{222} + 88X_{223} + 84X_{231} \\ &\quad + 47X_{232} + 98X_{233} + 13X_{311} + 23X_{312} + 38X_{313} + 57X_{321} + 73X_{322} + 6X_{323} \\ &\quad + 52X_{331} + 31X_{332} + 48X_{333} \end{aligned}$$

$$X_{111}+X_{112}+X_{113}+X_{121}+X_{122}+X_{123}+X_{131}+X_{132}+X_{133}=41-12\theta_1$$
$$X_{211}+X_{212}+X_{213}+X_{221}+X_{222}+X_{223}+X_{231}+X_{232}+X_{233}=23-15\theta_2$$
$$X_{311}+X_{312}+X_{313}+X_{321}+X_{322}+X_{323}+X_{331}+X_{332}+X_{333}=50-34\theta_3$$
$$X_{111}+X_{112}+X_{113}+X_{211}+X_{212}+X_{213}+X_{311}+X_{312}+X_{313}=17-7\lambda_1$$
$$X_{121}+X_{122}+X_{123}+X_{221}+X_{222}+X_{223}+X_{321}+X_{322}+X_{323}=19-5\lambda_2$$
$$X_{131}+X_{132}+X_{133}+X_{231}+X_{232}+X_{233}+X_{331}+X_{332}+X_{333}=32-9\lambda_3$$
$$X_{111}+X_{121}+X_{131}+X_{211}+X_{221}+X_{231}+X_{311}+X_{321}+X_{331}=41-15\alpha_1$$
$$X_{112}+X_{122}+X_{132}+X_{212}+X_{222}+X_{232}+X_{312}+X_{322}+X_{332}=42-35\alpha_2$$
$$X_{113}+X_{123}+X_{133}+X_{213}+X_{223}+X_{233}+X_{313}+X_{323}+X_{333}=30-26\alpha_3$$

$$0<\theta_1,\theta_2,\theta_3<1 \quad , \quad 0<\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3<1 \quad , \quad 0<\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3<1$$

$X_{131}=21$, $X_{132}=8$, $X_{212}=5$, $X_{232}=3$, $X_{311}=5$, $X_{323}=14$

$\theta_1=1$, $\theta_2=1$, $\theta_3=0.9118$, $\lambda_1=1$, $\lambda_2=1$

$\alpha_1=1$, $\alpha_2=0.7429$, $\alpha_3=0.6154$

Min $Z_1=1.151$

ve

$X_{112}=21$, $X_{122}=19$, $X_{211}=7$, $X_{231}=3$, $X_{233}=13$, $X_{331}=16$

$\theta_1=1$, $\theta_3=1$, $\alpha_1=1$, $\alpha_2=0.3714$, $\alpha_3=0.6538$

Max $Z_1=5.836$

$$\text{Min } Z_2=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{k} C_{ijk}{}^{+}\ X_{ijk}$$

$$\begin{aligned}&=62X_{111}+94X_{112}+95X_{113}+80X_{121}+120X_{122}+90X_{123}+35X_{131}\\&\quad+15X_{132}+30X_{133}+90X_{211}+50X_{212}+55X_{213}+80X_{221}+60X_{222}\\&\quad+90X_{223}+85X_{231}+48X_{232}+100X_{233}+15X_{311}+35X_{312}+40X_{313}\\&\quad+67X_{321}+75X_{322}+8X_{323}+55X_{331}+32X_{332}+50X_{333}\end{aligned}$$

$$X_{111}+X_{112}+X_{113}+X_{121}+X_{122}+X_{123}+X_{131}+X_{132}+X_{133}=41-12\theta_1$$
$$X_{211}+X_{212}+X_{213}+X_{221}+X_{222}+X_{223}+X_{231}+X_{232}+X_{233}=23-15\theta_2$$
$$X_{311}+X_{312}+X_{313}+X_{321}+X_{322}+X_{323}+X_{331}+X_{332}+X_{333}=50-34\theta_3$$
$$X_{111}+X_{112}+X_{113}+X_{211}+X_{212}+X_{213}+X_{311}+X_{312}+X_{313}=17-7\lambda_1$$
$$X_{121}+X_{122}+X_{123}+X_{221}+X_{222}+X_{223}+X_{321}+X_{322}+X_{323}=19-5\lambda_2$$
$$X_{131}+X_{132}+X_{133}+X_{231}+X_{232}+X_{233}+X_{331}+X_{332}+X_{333}=32-9\lambda_3$$
$$X_{111}+X_{121}+X_{131}+X_{211}+X_{221}+X_{231}+X_{311}+X_{321}+X_{331}=41-15\alpha_1$$
$$X_{112}+X_{122}+X_{132}+X_{212}+X_{222}+X_{232}+X_{312}+X_{322}+X_{332}=42-35\alpha_2$$
$$X_{113}+X_{123}+X_{133}+X_{213}+X_{223}+X_{233}+X_{313}+X_{323}+X_{333}=30-26\alpha_3$$

$$0<\theta_1,\theta_2,\theta_3<1 \quad , \quad 0<\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3<1 \quad , \quad 0<\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3<1$$

$X_{131}=4$, $X_{132}=25$, $X_{211}=5$, $X_{232}=3$, $X_{311}=17$, $X_{323}=9$

$\theta_1=1$, $\theta_2=1$, $\theta_3=0.7059$, $\lambda_2=1$, $\alpha_1=1$, $\alpha_2=0.4$, $\alpha_3=0.8077$

Min $Z_2=1.386$

ve

$X_{113}=10$, $X_{122}=19$, $X_{211}=7$, $X_{231}=3$, $X_{311}=17$, $X_{233}=13$, $X_{331}=16$

$\theta_1=1$, $\theta_3=1$, $\alpha_1=1$, $\alpha_2=0.6571$, $\alpha_3=0.2692$

Max $Z_2=6.295$

Bunlara ait üyelik fonksiyonları ise (5) modelinde yazılarak,

$$\begin{aligned}\mu(Z_1)=\frac{-1}{4685}(&51X_{111}+81X_{112}+50X_{113}+76X_{121}+108X_{122}+85X_{123}+25X_{131}\\&+12X_{132}+23X_{133}+88X_{211}+48X_{212}+50X_{213}+85X_{221}+56X_{222}\\&+88X_{223}+84X_{231}+47X_{232}+98X_{233}+13X_{311}+23X_{312}+38X_{313}\\&+57X_{321}+73X_{322}+6X_{323}+52X_{331}+31X_{332}+48X_{333}-5836)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu(Z_2)=\frac{-1}{4909}(&62X_{111}+94X_{112}+95X_{113}+80X_{121}+120X_{122}+90X_{123}+35X_{131}\\&+15X_{132}+30X_{133}+90X_{211}+50X_{212}+55X_{213}+80X_{221}+60X_{222}\\&+90X_{223}+85X_{231}+48X_{232}+100X_{233}+15X_{311}+35X_{312}+40X_{313}\\&+67X_{321}+75X_{322}+8X_{323}+55X_{331}+32X_{332}+50X_{333}-6295)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{Max}\,\mu(Z_1) = \mathbf{Max}\Big[\ \frac{-1}{4685}(&51X_{111} + 81X_{112} + 50X_{113} + 76X_{121} + 108X_{122} \\ &+ 85X_{123} + 25X_{131} + 12X_{132} + 23X_{133} + 88X_{211} + 48X_{212} \\ &+ 50X_{213} + 85X_{221} + 56X_{222} + 88X_{223} + 84X_{231} + 47X_{232} \\ &+ 98X_{233} + 13X_{311} + 23X_{312} + 38X_{313} + 57X_{321} + 73X_{322} \\ &+ 6X_{323} + 52X_{331} + 31X_{332} + 48X_{333} - 5836)\Big]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu(Z_1) = \mu(Z_2) = {}&40111X_{111} + 42761X_{112} + 199625X_{113} + 1716X_{121} + 32028X_{122} \\ &+ 4385X_{123} + 41250X_{131} + 11367X_{132} + 27643X_{133} - 10342X_{211} \\ &- 1382X_{212} + 12225X_{213} - 42465X_{221} + 6196X_{222} - 10342X_{223} \\ &- 14131X_{231} - 5843X_{232} - 12582X_{233} + 6458X_{311} + 51068X_{312} \\ &+ 858X_{313} + 3482X_{321} - 6982X_{322} + 8026X_{323} + 2407X_{331} \\ &- 2259X_{332} - 1382X_{333} + 58140999 = 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X_{111} + X_{112} + X_{113} + X_{121} + X_{122} + X_{123} + X_{131} + X_{132} + X_{133} &= 41 - 12\theta_1 \\ X_{211} + X_{212} + X_{213} + X_{221} + X_{222} + X_{223} + X_{231} + X_{232} + X_{233} &= 23 - 15\theta_2 \\ X_{311} + X_{312} + X_{313} + X_{321} + X_{322} + X_{323} + X_{331} + X_{332} + X_{333} &= 50 - 34\theta_3 \\ X_{111} + X_{112} + X_{113} + X_{211} + X_{212} + X_{213} + X_{311} + X_{312} + X_{313} &= 17 - 7\lambda_1 \\ X_{121} + X_{122} + X_{123} + X_{221} + X_{222} + X_{223} + X_{321} + X_{322} + X_{323} &= 19 - 5\lambda_2 \\ X_{131} + X_{132} + X_{133} + X_{231} + X_{232} + X_{233} + X_{331} + X_{332} + X_{333} &= 32 - 9\lambda_3 \\ X_{111} + X_{121} + X_{131} + X_{211} + X_{221} + X_{231} + X_{311} + X_{321} + X_{331} &= 41 - 15\alpha_1 \\ X_{112} + X_{122} + X_{132} + X_{212} + X_{222} + X_{232} + X_{312} + X_{322} + X_{332} &= 42 - 35\alpha_2 \\ X_{113} + X_{123} + X_{133} + X_{213} + X_{223} + X_{233} + X_{313} + X_{323} + X_{333} &= 30 - 26\alpha_3\end{aligned}$$

$$0 < \theta_1, \theta_2, \theta_3 < 1 \quad , \quad 0 < \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 < 1 \quad , \quad 0 < \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 < 1$$

elde edilir. Sonuç olarak,

$$X_{113} = 17\,,\ X_{131} = 24\,,\ X_{222} = 8\,,\ X_{323} = 11\,,\ X_{311} = 8\,,$$

$$\theta_2 = 1\,,\quad \theta_3 = 0.9118\,,\ \ \alpha_1 = 0.6\,,\ \alpha_2 = 0.9714\,,\ \alpha_3 = 0.0769$$

$$\mathbf{Max}\ \mu(Z_1) = \mathbf{Max}\ \mu(Z_2) = 4.540735$$

bulunur.

4. SONUÇ

Literaturde üç boyutlu taşıma problemine epeyce çözüm önerisinde bulunulmuştur. Ancak çözüm yöntemlerinde kullanılan formüllerin karışık olması ve problemin boyutunun artması problemi daha da karışık hale getirmesi nedeniyle probleme basit çözüm yolu önerisinde bulunduk.

Son günlerde çok-amaçlı taşıma problemi çözümüne genetik algoritma [7] ile yaklaşılmış, hatta solid taşıma problemi $\mathbf{a_i}$, $\mathbf{b_j}$ ve $\mathbf{e_k}$ katsayıları aralık olması durumunda gözönüne alınmıştır [2]. Biz bunlara ilave olarak $\mathbf{C_{ijk}}$ fiyatlarının da aralık halinde olmasını göz önüne aldık, bunu yaparken de aralık aritmetiği [6] ve çok-amaçlı taşıma problemi çözümlerinden yararlandık. Çok-amaçlı lineer programlama çözümü yaparken de üyelik fonksiyonlarını gözönüne aldık [8] ve 2-üyelik fonksiyonu elde ettik. Üyelik fonksiyonlarını kesiştirerek problemi çözdük [5]. Böylece $\mathbf{a_i}$, $\mathbf{b_j}$, $\mathbf{e_k}$ ve $\mathbf{C_{ijk}}$ büyüklüklerinin aralık olması durumunda bir çözüm önerisinde bulunmuş olduk.

KAYNAKLAR

[1] Sivri M., Ahlatçıoğlu M., "Üç boyutlu taşıma problemine bir çözüm yöntemi önerisi" İ.T.Ü Sanayi Endüstri Mühendisliği, 1998.

[2] Jimenez F., Verdegay J. L., "Uncertain solid transportation problems" Fuzzy Sets and Sysrems 100, 45-57, 1998.

[3] Ahlatçıoğlu M., Sivri M., "Fiyatların ve Talep Merkezleri Taleplerinin Belirli Aralıklar Arasında Olması Durumunda Taşıma Problemine Bir Taşıma Önerisi" Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi Sayı:15, 1999.

[4] Jimenez F., Verdegay J. L., "Solid fuzzy solid transportation problems by an evolutionary algorithm based parametric approach", European Journal of Operational Research 117 , 485-510, 1999.

[5] Tezcan E., "Fiyatların Aralıklı Verilmesi Durumunda Taşıma problemine Çözüm Önerisi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE., 2005.

[6] Ishibuchi H., Tanaka H., "Multiobjective programming in optimization of the interval objective function", Europen Journal of Operational Research 48, 219-225, North-Holland, 1990.

[7] Yinzhen L., Kenichi I., Mitsuo G., "Improved Genetic Algorithm for Solving Multiobjective Solid Transportation Problem with Fuzzy Numbers", Computers ind. Engng Vol. 33, No: 3-4 pp. 589-592, 1997.

[8] Chakraborty M., Sandipan G., "Fuzzy Mathematical Programming for Multiobjective Linear Fractional Programming Problem" , Fuzzy Sets and Systems 125, 335-342, 2002.