



**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 gözönüne 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 aralıklı olmasını [4-5] gözönüne alarak probleme katkıda bulduk.

---

\* 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.

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Z &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l C_{ijk} X_{ijk} \\
 \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l X_{ijk} &= a_i \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l X_{ijk} &= b_j \quad j = 1, 2, \dots, n \\
 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ijk} &= e_k \quad k = 1, 2, \dots, l \\
 \forall ijk \text{ için } X_{ijk} &\geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

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.

istenilen  $X_{ijk}$  :  $i$  deposundan  $j$  pazarına  $k$  yoluyla gelen mal miktarıdır.

Aralıklı Solid Taşıma Problemi ise,

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Z &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l C_{ijk} X_{ijk} \\
 \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l X_{ijk} &\in [a_i^-, a_i^+] \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l X_{ijk} &\in [b_j^-, b_j^+] \quad j = 1, 2, \dots, n \\
 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ijk} &\in [e_k^-, e_k^+] \quad k = 1, 2, \dots, l \\
 \forall ijk \text{ için } X_{ijk} &\geq 0
 \end{aligned} \tag{2}$$

şeklinde. Burada

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

*A Solution Proposal for Interval Solid Transportation ...*

$a_i^+$  :  $i$  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

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

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

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

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

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

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

elde edilir.

Çalışmamızda yukarıdakilere ilave olarak,

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

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l X_{ijk} \in [a_i^-, a_i^+] \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

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

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

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

[6] kullanılarak ve konvekslik tanımından (4) problemi

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

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

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

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

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

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

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

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]

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

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

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

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

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

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

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

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.

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

$[C_{111}^-, C_{111}^+] = [40, 62]$	$[C_{211}^-, C_{211}^+] = [85, 90]$
$[C_{112}^-, C_{112}^+] = [68, 94]$	$[C_{212}^-, C_{212}^+] = [45, 50]$
$[C_{113}^-, C_{113}^+] = [5, 95]$	$[C_{213}^-, C_{213}^+] = [45, 55]$
$[C_{121}^-, C_{121}^+] = [72, 80]$	$[C_{221}^-, C_{221}^+] = [70, 80]$
$[C_{122}^-, C_{122}^+] = [96, 120]$	$[C_{222}^-, C_{222}^+] = [51, 60]$
$[C_{123}^-, C_{123}^+] = [80, 90]$	$[C_{223}^-, C_{223}^+] = [85, 90]$
$[C_{131}^-, C_{131}^+] = [15, 35]$	$[C_{231}^-, C_{231}^+] = [83, 85]$
$[C_{132}^-, C_{132}^+] = [8, 15]$	$[C_{232}^-, C_{232}^+] = [45, 48]$
$[C_{133}^-, C_{133}^+] = [15, 30]$	$[C_{233}^-, C_{233}^+] = [95, 100]$
$[C_{311}^-, C_{311}^+] = [10, 15]$	$[C_{323}^-, C_{323}^+] = [4, 8]$
$[C_{312}^-, C_{312}^+] = [11, 35]$	$[C_{331}^-, C_{331}^+] = [48, 55]$
$[C_{313}^-, C_{313}^+] = [35, 40]$	$[C_{332}^-, C_{332}^+] = [30, 32]$
$[C_{321}^-, C_{321}^+] = [47, 67]$	$[C_{333}^-, C_{333}^+] = [45, 50]$
$[C_{322}^-, C_{322}^+] = [70, 75]$	

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bu koşullar altında problemin çözümü aşağıdadır:

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

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

*A Solution Proposal for Interval Solid Transportation ...*

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

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

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

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

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

$$\text{Min } Z_1 = 1.151$$

ve

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

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

$$\text{Max } Z_1 = 5.836$$

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

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

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

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

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

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

$$\text{Min } Z_2 = 1.386$$

ve

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

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

$$\text{Max } Z_2 = 6.295$$

Bunlara ait üyelik fonksiyonları ise (5) modelinde yazılarak,

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

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



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

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

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

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

elde edilir. Sonuç olarak,

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

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

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

bulunur.

#### 4. SONUÇ

Literatürde 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 yaklaşmış, hatta solid taşıma problemi  $a_i$ ,  $b_j$  ve  $e_k$  katsayıları aralık olması durumunda gözönüne alınmıştır [2]. Biz bunlara ilave olarak  $C_{ijk}$  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  $a_i$ ,  $b_j$ ,  $e_k$  ve  $C_{ijk}$  büyüklüklerinin aralık olması durumunda bir çözüm önerisinde bulunmuş olduk.

#### KAYNAKLAR

- [1] Sivri M., Ahlatçioğlu 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 Systems 100, 45-57, 1998.
- [3] Ahlatçioğlu 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”, European Journal of Operational Research 48, 219-225, North-Holland, 1990.
- [7] Yinzheng L., Kenichi I., Mitsuo G., “Improved Genetic Algorithm for Solving Multiobjective Solid Transportation Problem with Fuzzy Numbers”, Computers and Operations Research 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.