

**ÇEVRESEL ATIK KRİTERİ TEMELLİ TEDARİKÇİ SEÇİM PROBLEMİ<sup>©</sup>**

Mehmet Akif Yerlikaya<sup>4</sup>  
Burak Efe<sup>5</sup>  
Ömer Faruk Efe<sup>6</sup>

**Özet**

Tedarik zincirinin çevresel sürdürülebilirliği tedarik zinciri üyelerinin stratejilerine bağlıdır. İlk modeller maliyet, varış zamanı, kalite, karbon emisyonu gibi unsurlar üzerinde durmuştu ancak çevresel atık konusuna gereken önem verilmemişti. Son zamanlarda tedarik zincirlerinin çevresel kirliliği azaltma ile ilgili çalışmalar artmaktadır. Bu makalede Entropi ve Bulanık çok amaçlı doğrusal programlama kullanarak çevresel atık problemine değinilmektedir. Burada ele alınan faktörler şunlardır: maliyet, geri dönüşlerin yüzdesi, kimyasal atık oranı, talep, teslimatın gecikme yüzdesi. Bu çalışma, entropi ve bulanık çok amaçlı doğrusal programlama yöntemini kullanarak çevresel atık sorununu ele alan tedarik zincirinde uygun tedarikçiyi seçmek için entegre bir yaklaşım sunmaktadır. Entropi, bir çok faktörün ağırlığını analiz etmek için önce uygulanır. Birden fazla faktörün bu ağırlıkları tedarikçi seçimi ve kota dağıtımı için bulanık çok amaçlı doğrusal programlamada kullanılır.

---

<sup>©</sup> Bu çalışma III. Uluslararası Kafkasya Orta Asya Dış Ticaret ve Lojistik Kongresi'nde özet bildirisi olarak sunulmuştur. 19-21 Ekim 2017, Kastamonu, Turkey.

<sup>4</sup> Arş. Gör, Gazi Üniversitesi

<sup>5</sup> Arş. Gör, Gazi Üniversitesi

<sup>6</sup> Arş. Gör, Gümüşhane Üniversitesi

Önerilen modelin etkililiğini göstermek için bir gerçek hayat problemi ele alınmıştır. Model çözümünün sonucuna göre her bir tedarikçiden belirlenen miktarlarda ürün alımı optimal sonucu vermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çevreci tedarikçi seçimi, Entropi, Bulanık çok amaçlı doğrusal programlama.

**JELL:** C610

## **ENVIRONMENTAL WASTE CRITERION-BASED SUPPLIER SELECTION PROBLEM**

### **Abstract**

The environmental sustainability of the supply chain depends on the strategies of its supply chain members. The first models focused on factors such as cost, time of arrival, quality, and carbon emissions, but no consideration was given to environmental waste. Recently, efforts to reduce environmental pollution of supply chains have been increasing. In this study, the environmental waste problem is addressed using Entropy and Fuzzy multi-objective linear programming. The factors discussed here are: cost, percentage of returns, chemical waste rate, demand, percentage of delivery delay. This study presents an integrated approach to selecting the appropriate supplier in the supply chain that addresses the environmental waste problem using entropy and fuzzy multi-objective linear programming. Entropy is first applied to analyze the weight of many factors. These weights of multiple factors are used in fuzzy multi-objective linear programming for supplier selection and quota distribution. A real life problem is addressed to demonstrate the effectiveness of the proposed model. According to the result of the model solution, the purchase of the products in the determined quantities from each supplier was the optimal result.

**Keywords:** Environmental supplier selection, Entropy, Fuzzy multi-objective linear programming.

## **I. GİRİŞ**

Tedarik zincirinin çevresel sürdürülebilirliği tedarik zinciri üyelerinin stratejilerine bağlıdır. İlk modeller maliyet, varış zamanı, kalite gibi unsurlar üzerinde durmuştu ancak çevre kirlilik konusuna gereken önem verilmemişti. Son zamanlarda yeşil tedarik zinciri kapsamında kimyasal atığı azaltma ile ilgili çalışmalar giderek artmaktadır.

Literatür çalışmaları incelendiğinde; Lu vd., Analitik hiyerarşi ve proses bulanık mantık tabanlı model önermişlerdir(2007). Hsu ve Hu tarafından Tayvan Elektrik Şirketi için ANP tabanlı sistem önermişlerdir(2009). Modelde kalite, teknoloji, kapasite, nüfus kontrolü, yeşil üretim gibi faktörler göz önüne alınmıştır. Bai ve Sarkis ekonomik, çevresel, sosyal problemleri içeren yeşil tedarikçi değerlendirme modeli geliştirmiştir(2010). Kuo vd., Yapay sinir ağları ve MADA metodlarını uygulayan bir model önermişlerdir(2010). Awasthi ve arkadaşlarının geliştirdiği bulanık çok ölçütlü modelde bulanık TOPSIS uygulanmıştır(2010). Büyüközkan ve çifçi eksik bilgiler dikkate alarak sürdürülebilir tedarikçi seçimi için çok kriterli karar verme önermişlerdir.

Gerçek hayattaki tedarikçi seçim problemlerinde tam olarak bilinmeyen, karar vermede belirsizliğe neden birçok faktör vardır. Bu belirsizlik deterministik problem ile değerlendirilemez. Bu nedenle deterministik modeller gerçek hayat problemleri için uygun değildir(Kumar vd.,2006).

Zimmerman (1978) özellikle karar vermede dilsel unsurları ele alan bir çok amaçlı bulanık doğrusal programlama geliştirdi. Bulanık karar simetrik ve asimetrik bulanık karar verme olarak ikiye ayrılır (Sakawa 1993; Zimmerman 1978). Çok amaçlı programlama; bulanık amaçlar ve bulanık kısıtlar olarak düşünülebilir.

Bu çalışmada, çevresel atık kriterine dayalı tedarikçi seçim problemine bulanık doğrusal programlama uygulanmıştır. Bu metotta tüm kısıtları sıkı sıkıya sağlamak yerine arzu edilen tüm seviyelerin optimize edilmesi istenmiştir. Bununla birlikte, Tiwari, Dharmahır ve Rao tarafından önerilen ağırlık eklenmesiyle bir model geliştirilmiştir Çünkü, gerçek hayat problemlerinde tüm amaç fonksiyonları ve kısıtlar farklı ağırlıklara sahiptir. Bu ağırlıklar, verilerin yararlı bilgi oranını ölçmek amacıyla Entropi yöntemiyle belirlenmiştir. Çevresel atık kriterine dayalı tedarikçi seçim problemi için ele alınan kriterler şöyledir: maliyet, geri dönüşlerin yüzdesi(kalite reddi), kimyasal atık oranı, ürün talebi ve geç teslimat yüzdesidir.

## II. YÖNTEMLER

### ENTROPİ yöntemi

Entropi; Termodinamiğin ikinci yasası olup bu kavram literatürde ilk kez Rudolph Clausius (1865) tarafından bir sistemdeki düzensizliğin ve belirsizliğin bir ölçüsü olarak tanımlanmıştır. Bu bağlamda Entropi Ağırlık yöntemi elde edilen kriter ağırlıkları ve m alternatifli ve n kriterli karar matrisindeki veriler incelendiğinde karar matrisi üzerinde bir kriter için alternatif değerlerin birbirine yakın olması o kriterin ağırlığını düşürmektedir. Değerlendirme indeksinin Entropi ağırlığı büyüdükçe indeksin yararlı bilgi oranı artmaktadır. Entropi Ağırlık yönteminin uygulama adımları şöyledir:

\* Değerlendirme(Karar) matrisinin düzenlenmesi.

\* İndekslerin/Kriterlerin Standardizasyonu:

Fayda indeksine göre  $\rightarrow r(ij) = a(ij) / \max(ij)$ , Maliyet indeksine göre  $\rightarrow r(ij) = \min(ij) / a(ij)$

\* Tüm kriterlerin entropi değerlerinin hesaplanması:

Öncelikle  $r(ij)$  değerleri  $\rightarrow f(ij) = r(ij) / \sum r(ij)$  formülüyle normalize edilir. Her bir kritere ait entropi değerleri  $\rightarrow e(j) = [-\sum f(ij) \ln f(ij)] / \ln m$

\* Kriterlerin entropi ağırlıklarının bulunması:

$W(j) = [1-e(j)] / [n-\sum e(j)]$  ,  $\sum W(j) = 1$

### Bulanık Doğrusal Programlama

Zimmermann (1978) tarafından önerilen bulanık doğrusal programlama bulanık hedef ve bulanık kısıtlardan oluşmaktadır. Zimmermann (1978) tarafından önerilen doğrusal programlama aşağıdaki gibidir:

Amaç fonksiyonu;

$$\text{Minimize } Z = Cx$$

Kısıtlar;

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

Bulanıklaştırmadan sonra eşitlikler aşağıdaki gibi dönüştürülür:

$$\tilde{C} \lesssim Z$$

$$\tilde{A}x \lesssim b$$

$$x \geq 0$$

$\lesssim$  sembolü eşit veya daha küçük anlamındadır.  $\tilde{A}$  ve  $\tilde{C}$  bulanık sayıları ifade etmektedir.

### III. UYGULAMA

Modelin etkinliğini ölçmek amacıyla kozmetik ve parfüm üretimi yapan bir şirket üzerine uygulama yapılmıştır. Şirket, Asya ve Avrupalı müşterilerinin taleplerini karşılamaktadır. Yasal bir çerçeveden dolayı şirket hammadde ve hatalı üretim kaynaklı atık oranını azaltmak ve müşterilerinin talebini yerine getirmek için tedarik zincirlerine kimyasal atık oranını da dahil etmeye karar verdi. Bunun için 4 tedarikçinin olduğu 5 kriterli bir model geliştirilmiştir.

Problemin ilk aşaması kriter ağırlıklarının Entropi yöntemi ile belirlenmesidir. Bu yöntemle kriter ağırlıklarının belirlenebilmesi için 4 tedarikçiye ait 5 kriterin(maliyet-M, geri dönüşlerin yüzdesi-GDY, kimyasal atık oranı-KAO, ürün talebi-T ve geç teslimat-GT) değerleri kullanılmıştır(Talep, karar verici tarafından 1 ile 10 arasında puanlandırılmıştır). Aşağıda bu değerlerin olduğu bir karar matrisi verilmiştir.

Tablo 1. Karar Matrisi

	M	GDY	KAO	GT	T
T-1	50	35	0.12	11	6
T-2	80	32	0.08	9	5
T-3	75	40	0.11	15	7
T-4	70	30	0.06	12	4

Bölüm 2.1.'de verilen işlem adımları kullanılarak Entropi yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları şöyledir:  $M=0.169$ ,  $GDY=0.069$ ,  $KAO=0.322$ ,  $T=0.244$ ,  $GT=0.196$

Problemin ikinci aşaması çevresel atık kriteri temelli bulanık doğrusal programlama modelinin oluşturulması ve çözümüdür. Bunun için probleme ait çok amaçlı bulanık doğrusal programlama modeli şöyledir:

Notasyonlar:

$X_i$ : i. tedarikçinin tedarik miktarı,

Z1: Maliyet,

Z2:Geri dönüşlerin yüzdesi,

Z3:Kimyasal atık oranı,

Z4: Teslimat gecikme (%),

1.kısıt: Talep kısıtı,

2, 3, 4 ve 5.kısıtlar: Tedarikçilerin kapasite kısıtı,

6.kısıt: Kimyasak atık oranı kısıtı,

7, 8, 9 ve 10.kısıtlar: Bütçe kısıtı.

Amaç Fonksiyonu:

$$Z1 = 50 * X1 + 80 * X2 + 75 * X3 + 70 * X4$$

$$Z2 = 0.35 * X1 + 0.32 * X2 + 0.40 * X3 + 0.30 * X4$$

$$Z3 = 0.12 * X1 + 0.08 * X2 + 0.11 * X3 + 0.06 * X4$$

$$Z4 = 0.11 * X1 + 0.09 * X2 + 0.15 * X3 + 0.12 * X4$$

*Kısıtlar*

$$X1 + X2 + X3 + X4 = 18500$$

$$X1 \leq 4500$$

$$X2 \leq 12000$$

$$X3 \leq 9000$$

$$X4 \leq 8000$$

$$0.12 * X1 + 0.08 * X2 + 0.11 * X3 + 0.06 * X4 \leq 2775$$

$$50 * X1 \leq 370000$$

$$80 * X2 \leq 430000$$

$$75 * X3 \leq 275000$$

$$70 * X4 \leq 395000$$

$$X1, X2, X3, X4 \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

Bu çalışmada Tiwari vd. (1987) tarafından önerilen ağırlıklı eklemeli modeli (hibrid yaklaşım) kullanılmıştır. Hibrid yaklaşım aşağıdaki gibidir:

$$\text{Maximise } \lambda = 0.169 * \lambda_1 + 0.069 * \lambda_2 + 0.322 * \lambda_3 + 0.244 * \lambda_4 + 0.196 * \lambda_5$$

*Kısıtlar*

$$\lambda_1 \leq \frac{1290740 - (50 * X1 + 80 * X2 + 75 * X3 + 70 * X4)}{20490}$$

$$\lambda_2 \leq \frac{6249 - (0.35 * X1 + 0.32 * X2 + 0.40 * X3 + 0.30 * X4)}{68}$$

$$\lambda_3 \leq \frac{1671 - (0.12 * X1 + 0.08 * X2 + 0.11 * X3 + 0.06 * X4)}{41}$$

$$\lambda_4 \leq \frac{2144 - (0.11 * X1 + 0.09 * X2 + 0.15 * X3 + 0.12 * X4)}{41}$$

$$\lambda_5 \leq \frac{18600 - (X1 + X2 + X3 + X4)}{100}$$

$$\lambda_5 \leq \frac{(X1 + X2 + X3 + X4) - 18400}{100}$$

$$X1 \leq 4500$$

$$X2 \leq 12000$$

$$X3 \leq 9000$$

$$X4 \leq 8000$$

$$0.12 * X1 + 0.08 * X2 + 0.11 * X3 + 0.06 * X4 \leq 2775$$

$$50 * X1 \leq 370000$$

$$80 * X2 \leq 430000$$

$$75 * X3 \leq 275000$$

$$70 * X4 \leq 395000$$

$$X1, X2, X3, X4 \geq 0 \text{ ve tamsayı}$$

$\Lambda_1, \Lambda_2, \Lambda_3, \Lambda_5$  : Amaç fonksiyonlarının üyelik fonksiyonu

$\Lambda_4$ : Talep kısıtının üyelik fonksiyonu

Cözüm sonucu:

$$\lambda = 0.9196, \lambda_1 = 0.8333, \lambda_2 = 1.00, \lambda_3 = 0.8378, \lambda_4 = 1.00, \lambda_5 = 1.00$$

$$X1 = 4500, X2 = 5375, X3 = 2983, X4 = 5642$$

Z1=1273665, Z2=6181, Z3=1636.65, Z4=2103.24 olarak elde edilmiştir.

#### IV. SONUÇ

Tedarikçi seçim süreci doğal olarak karmaşık bir yapıya sahiptir. Kârlılık ve müşteri memnuniyeti tedarikçi seçimi etkinliği ile doğru orantılıdır. Bu nedenle tedarikçi seçimi, firmanın uzun vadeli hayatta kalması için çok önemli bir stratejik karardır. Ele alınan model pratik problemlerin çözümünde oldukça kullanışlıdır. Amaç fonksiyonlarının ağırlığı yöneticinin ihtiyaçlarına göre değiştirilebilir. Aynı zamanda bu model çevresel değişimleri en aza indirmek için de önemlidir. Ele alınan çevresel atık kriteri temelli tedarikçi seçimi



modelinde Entropi ve bulanık çok amaçlı doğrusal programlama bütünleşik olarak kullanılmıştır. Bu modelde maliyet ve diğer kriterlerin yanı sıra atık oranı da dikkate alınmış ve diğer kriterlerle birlikte en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Model çözümünden elde edilen sonuçlara göre; 1.tedarikçiden 4500, 2.tedarikçiden 5375, 3. tedarikçiden 2983 ve 4. tedarikçiden 5642 adet ürün alınması optimal sonucu vermektedir.

## **KAYNAKLAR**

- Adamo, J. M. (1980). Fuzzy decision trees. *Fuzzy Sets and Systems*, 4(3), 207–219.
- Amid, A., Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (2006). Fuzzy multi-objective linear model for supplier selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 104(2), 394–407.
- Amin, S. H., Razmi, J., & Zhang, G. (2011). Supplier selection and order allocation based on fuzzy SWOT analysis and fuzzy linear programming. *Expert Systems with Applications*, 38(1), 334–342.
- Awasthi, A., Chauhan, S. S., & Goyal, S. K. (2010). A fuzzy multi criteria approach for evaluating environmental performance of suppliers. *International Journal of Production Economics*, 126(2), 370–378.
- Bai, C., & Sarkis, J. (2010). Green supplier development: Analytical evaluation using rough set theory. *Journal of Cleaner Production*, 18(12), 1200–1210.
- Bellman, R. E., & Zadeh, L. A. (1970). Decision making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17(4), 141–164.
- Boender, C. G. E., DeGraan, J. G., & Lootsma, F. A. (1989). Multiple-criteria decision analysis with fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy Sets and Systems*, 29(2), 133–143.
- Bozbura, F. T., Beskese, A., & Kahraman, C. (2007). Prioritization of human capital measurement indicators using fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, 32(4), 1110–1112. 8192.
- Buyukozkan, G., & Cifci, G. (2011). A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information. *Computers in Industry*, 62(2), 164–174.
- Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3), 233–247.5–17.
- Erkan, E. F., Teke, Ç. & Güleriyüz, D. (2016). A Fuzzy Expert System for Risk Self-

Assessment of Chronic Diseases. IOSR Journal of Computer Engineering 18(6), 29-33.

Freeman J., Chen T. (2015). Green supplier selection using an AHP-Entropy-TOPSIS framework. Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 20 Iss: 3, pp.327 – 340.

Gao, Z., & Tang, L. (2003). A multi-objective model for purchasing of bulk raw materials of a large-scale integrated steel plant. International Journal of Production Economics, 83(3), 325–334.

Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. International Journal of Production Economics, 56–57(1), 199–212.

Handfield, R., Walton, S., Sroufe, R., & Melnyk, S. (2002). Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the analytical hierarchy process. European Journal of Operational Research, 141(1), 70–87.

Hong, G. H., Park, S. C., Jang, D. S., & Rho, H. M. (2005). An effective supplier selection method for constructing a competitive supply-relationship. Expert Systems with Applications, 28(4), 629–639.

Hsu, C. W., & Hu, A. H. (2009). Applying hazardous substance management to supplier selection using analytic network process. Journal of Cleaner Production, 17(2), 255–264.

Kuo, R. J., Wang, Y. C., & Tien, F. C. (2010). Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection. Journal of Cleaner Production, 18(12), 1161–1170.

Lu, Y. Y., Wu, C. H., & Kuo, T. C. (2007). Environmental principles applicable to green supplier evaluation by using multi-objective decision analysis. International Journal of Production Research, 45(18–19), 4317–4331.

Shaw, K., Shankar, R., Yadav, S., Thakur, L. (2012). Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low

carbon supply chain. *Expert Systems with Applications*, 39(9), 8182-8192.

Tiwari, R. N., Dharmahr, S., & Rao, J. R. (1987). Fuzzy goal programming-an additive model. *Fuzzy Sets and Systems*, 24(1), 27–34.

Zimmermann, H. J. (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions, *Fuzzy Sets and Systems*, 1(1), 45–55.