

# COPRAS ve MOORA Yöntemlerinin Depo Yeri Seçim Problemine Uygulanması\*

Aşır ÖZBEK<sup>1</sup>, Emel EROL<sup>2</sup>

## Özet

Günümüzde artan rekabet ortamında işletmelerin, fark oluşturmak ve rakiplerinin önüne geçmek için izlediği stratejilerden birisi de lojistik faaliyetler içerisinde yer alan uygun depolama yerinin belirlenmesidir. Uygun depo yerinin belirlenmesiyle hizmet kalitesinin artırılması ve maliyetlerin azaltılması hedeflenmektedir. İşletmelerin stratejilerine uygun depo yeri seçimi, ciddiye alınması gereken önemli bir karardır. Sonradan değiştirilmesi güç olan ve ciddi maliyetlere sebep olabilecek bir depo yatırımı, birçok faktörün dikkate alınmasını gerektiren karar verme sürecidir.

Bu çalışma ile depo yeri karar problemine çözüm sunmak amaçlanmıştır. Bu amaçla çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Basit Ağırlıklı Toplama (BAT), Complex Proportional Assessment (COPRAS) ve Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA) tekniklerinin kullanıldığı bütünlük bir model önerilmiştir. Depo yeri seçiminde ölçüt ağırlıkları AHS ile belirlenirken karar seçeneklerinin sıralanması ise BAT, COPRAS ve MOORA yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her üç yöntemde göre de en uygun depo yerinin C seçeneği olduğu anlaşılmıştır. B ve A seçeneklerinin ise yine her iki yöntemde göre daha az uygun olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Depo Yeri Seçimi, Lojistik, BAT, COPRAS, MOORA

**JEL Sınıflandırması:** C44

\* Bu çalışma 5. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresinde sunulan bildirinin genişletilmiş halidir.

<sup>1</sup> Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale MYO, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü,  
E\_Posta: ozbek@kku.edu.tr.

<sup>2</sup> Kırıkkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü,  
E\_Posta: emeel\_90@hotmail.com

## Abstract

---

In today's increasingly competitive world, the determination of the best location for storage is a strategic logistic activity, which is very important for businesses to create a difference in order to get ahead of their rivals. Choice of the best site for storage aims to increase the service quality and reduce the costs. Finding the convenient store location is a critical decision for businesses that should be taken seriously. Otherwise, it would lead to serious costs to make changes in a wrong storage investment, so it is a decision-making process that requires consideration of many factors.

This study aims to develop a model to select the best place for storage. The study utilizes Analytic Hierarchy Process (AHP), which is a multi-criteria decision making (MCDM), Simple Additive Weighting (SAW), Complex Proportional Assessment (COPRAS) and Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA) to form an integrated model. The criteria weights for storage location selection were determined using AHP while sorting the decision options were performed by SAW, COPRAS and MOORA methods. The Unit Price was found to be 0.463 as the most primary criterion. According to both methods, the most appropriate storage location was found to be the C option. The A and B were determined to be less suitable options by both methods.

---

**Keywords:** *Storage Site Selection, Logistics, SAW, COPRAS, MOORA*

---

**JEL Classification:** *C44*

---

## Giriş

İşletmeler giderek artan rekabet ortamında varlıklarını devam ettirebilmeleri için maliyet konusunda daha ciddi düşünmeye başlamıştır. Bu noktada maliyet kalemleri arasında öne çıkan bir unsurun da lojistik faaliyetler olduğu görülmektedir ( Aktepe ve Ersöz, 2014). Lojistik sektörünün önemi dünyadaki sanayi ve hizmet sektörlerinde gelişmelere bağlı olarak artmaya devam etmektedir. Bu eğilime paralel olarak, lojistiğin temel alanlarından biri olan depolamaya duyulan ihtiyaç da artmaktadır. Depolama faaliyeti lojistik ve tedarik zinciri sürecinin bir parçasını oluşturmaktadır. Pazarın beklentilerinin tüketici istekleri doğrultusunda hızlı bir şekilde karşılanmasında bu sürecin bütün olarak düşünülmesi gerekmektedir. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de son zamanlarda depolama faaliyetlerine verilen önem giderek artmaktadır. Bunun sonucu olarak bütün sektörlerde depolama faaliyetleri sektörün gereksinimleri doğrultusunda sürdürülmektedir. Depolama sistemlerinin temelinde; müşteri odaklı çalışarak müşteri istek ve beklentilerine hızlı ve istenilen düzeyde cevap verebilme amacı yer almaktadır. Bu amaç doğrultusunda depolama tesislerinin tedarik zincirinin başarısında önemli bir rol aldığı da söylenebilir (Özçakar vd., 2012).

Depo seçimi işletmelerin içinde buldukları rekabet ortamında stratejik bir karar haline gelmiştir. Tedarik zincirinde temel halkalardan bir olarak tanımlanan depo yerinin seçimi, işletmeler için üzerinde ciddiyetle durulması gereken oldukça önemli bir karardır. Depo yerinin belirlenip kurulmasından sonra bu yatırımı sonradan değiştirmek ciddi maliyetlere sebebiyet verebilmektedir. Depo yeri belirlemede alınacak yanlış kararlar rekabet avantajı elde etmek isteyen işletmelerin maliyet artışına neden olabilmektedir. Problem, deponun nerede kurulacağı ve ürünlerin nakliyesinin en ekonomik şekilde nasıl gerçekleştirileceğidir. Bu noktalar göz önünde bulundurularak işletmelere stratejik avantajlar sağlayan ve müşteri taleplerine en hızlı şekilde cevap verilmesine olanak veren depo yeri belirlenmelidir. Uygun depo yerini seçme, lojistik sisteminin

optimizasyonu sürecinde her zaman önemli ve stratejik kararlardan biri olmuştur. Çünkü bu tür kararlar işletmeler için masraflı ve geri dönüşümü maliyetli olduğundan büyük önem taşımaktadır. Stratejik olarak ele alınan depo yeri seçiminde; kuruluş maliyeti, altyapı, ulaşım, pazara yakınlığı, işletme maliyeti ve teknoloji gibi birçok ölçütün dikkate alınması gerekmektedir. Depo yeri seçimi problemini etkin bir şekilde çözümleyebilmek, işletmelerde sürekliliğin sağlanabilmesi açısından çok önemli bir yer tutmaktadır. Bu seçim gerçekleştirilirken, yöneticiler birbirlerini etkileyen birçok ölçütü bir bütün halinde değerlendirerek problemin çözümüne ulaşmaktadır. Bu çözümü yeterince hızlı ve etkin şekilde yapabilmek için bu konuda daha önceden kullanılmış ve yarar sağlanmış olan bazı yöntemlerin kullanılması doğru olacaktır (Yılmaz vd., 2011).

İşletmelerin ürettiği ürünleri doğru bir şekilde depolayabilecekleri yerin seçimi, birçok faktörün sürece dâhil edilerek, dikkatli ve etkin şekilde karar verilmesi gereken bir problemdir. Potansiyel depo yerlerinin uygun bir şekilde değerlendirilerek seçimin yapılması işletmeler için önemli bir aşamadır ( Aktepe ve Ersöz, 2014). Depo yeri seçimi birbirlerini etkileyen bir çok faktörün dikkate alındığı çok kriterli bir karar (ÇKKV) problemidir. ÇKKV yöntemi, farklı ölçütleri kullanarak hedefleri sıralama ya da seçmek için seçeneklerin değerlendirilmesi süreci olarak tanımlanabilir. Literatürde, depo yeri seçimi problemi için son zamanlarda ortaya konulan çalışmalarda; ÇKKV yöntemlerinin ya tek başlarına ya da bütünleşik olarak kullanıldığı görülmektedir.

Bu çalışma ile depo yerinin belirlenmesi problemi ele alınmıştır. Problemin çözümünde “birim fiyatı” (K1), “stok tutma kapasitesi” (K2), “marketlere ortalama mesafesi” (K3), “ana tedarikçiye olan ortalama uzaklık” (K4) ve “hareket esnekliği” (K5) olmak üzere 5 adet ölçüt belirlenmiştir. Ölçütlerin ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi ile tespit edilmiş ve en uygun depo yerinin belirlenmesi için Basit Ağırlıklı Toplama (BAT), Complex Proportional Assessment (COPRAS) ve

Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA) yöntemleri kullanılmıştır.

## 1. Literatür Çalışması

Depo yeri seçimi ile ilgili olarak literatürde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazılarında burada yer verilmiştir.

Korpela ve Tuominen (1996), depo yeri seçimi için geliştirdikleri karar destek sisteminde AHS yöntemini kullanmıştır. Hidaka ve Okano (1997), büyük ölçekli ve kapasite sınırı olmayan depo yeri seçimi probleminde simülasyon odaklı 'Balloon Search' isimli sezgisel algoritmayı içeren bir yaklaşım önermiştir. Kratica vd. (1998), depo yeri seçim probleminde, kapasite kısıtını dikkate almayan, basit genetik algoritma ve sezgisel algoritma tekniğini bütünleşik olarak uygulayan bir model geliştirmiştir. Vlachopoulou vd. (2001), yöneticilerin alacakları kararlara yardımcı olmak amacıyla depo yeri seçimi için coğrafi karar destek sistemi yazılımı geliştirmiştir. Drezner vd. (2003), geleneksel model ile daha çok stok ve hizmet maliyetlerini dikkate alan modeli karşılaştırarak en uygun merkezi depo yeri seçimi için bir model geliştirmiştir. Önerilen depo yeri seçim modelinde stok maliyetlerinin göz ardı edilebileceği belirlenmiştir. Michel ve Hentenryck (2004), 'Tabu-Search' algoritmasını kapasite sınırı olmayan depo yeri seçiminde kullanmıştır. Colson ve Dorigo (2004), karayolu taşımacılığı ve lojistik hizmet sektöründe faaliyet gösteren 280 Belçika firmasının verilerini kullanarak kamu depolarının seçimine yönelik bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Chen (2009), depo yeri seçiminde karar sürecini etkileyen faktörleri, ağırlık merkezi modelini (centrobaric method) ve AHS yöntemini kullanarak belirlemiştir. Birsal ve Cerit (2009), depo yeri seçim problemini lojistik işletmelerin kuruluş yeri seçim problemlerinde arazi faktörünün etkisi bağlamında ele almıştır. Demirel vd. (2010), Choquet Integral yöntemini kullanarak Türkiye'de ki büyük bir lojistik firmasının depo yerini belirlemiştir. Durmuş (2010) ise çalışmasında İstanbul'da lojistik depoların dağılımı ve depo yeri seçimini etkileyen faktörleri ele almıştır. Yılmaz vd. (2011) uluslararası faaliyetleri olan bir

firmanın en düşük maliyet ile taşıma ve teslimat yapabilmek için Türkiye genelinde açacağı depo yeri seçiminde genetik algoritmayı kullanmıştır. Özcan vd. (2011), depo yeri seçiminde AHS ile ölçüt ağırlıklarını belirlemiş ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), ELECTRE ve Gri Teori yöntemlerini de seçeneklerin değerlendirilmesinde uygulamıştır. Her üç yönteme göre sonuçları kıyaslayarak değerlendirme yapmıştır. Ashrafzadeh vd. (2012), çalışmalarında İran'da büyük bir şirket için depo yeri seçiminde bulanık TOPSIS yöntemini kullanmıştır. Çaka (2012), karar vericiler açısından ölçütler arasındaki bağımlılık ilişkisi üzerinde durarak depo seçimi için Choquet Integrali yönteminden yararlanılmıştır. Dey vd. (2013), ölçüt ağırlıklarını ve depo yerinin seçiminde subjektif performans değerlendirmesinde bulanık küme teorisini kullanmıştır. Depo yerinin nihai olarak belirlenmesinde ise BAT ve faktör derecelendirme sistemini kullanılmıştır. Durmuş ve Türk (2014), İstanbul metropol alanında depo yeri seçiminde konuma özgün faktörlerin nasıl etkilediğini açıklamak ve bu faktörlerin önem derecesini belirlemek için lojistik regresyon yöntemini kullanmıştır. Aktepe ve Ersöz (2014), büyük ölçekli bir döküm firması için AHS, VIKOR (VIseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) ve MOORA yöntemlerini sentezleyerek 11 seçenek arasından en uygun depo yerini belirlemiştir. Dey vd. (2015), depo yeri seçiminde TOPSIS , BAT ve MOORA yöntemlerini subjektif ve objektif ölçütlerle kullanmıştır. Karmarker ve Saha (2015), en uygun depo yerini belirlemede AHS ve TOPSIS yöntemlerinden yararlanmıştır. Malmira vd. (2015), depo yeri seçimi problemini çözmek için aralıklı verileri, dengeleme ve sıralama yöntemi ile bütünleştiren, ölçüt ağırlıkları gerektirmeyen üç aşamalı bir süreci önermiştir.

## **2. Yöntemler**

### **2.1. Basit Ağırlıklı Toplam**

Bu teknik çok basit ve yaygın olarak kullanılan ÇKKV yaklaşımıdır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için kriterlerin öncelikle değerlerinin sayısal ve karşılaştırılabilir olması gerekmektedir (Hwang ve Yoon,1981; Pimerol

ve Romero, 2000). Bu yöntemde ilk olarak Eşitlik 1'de gösterildi gibi karar matrisi oluşturulduktan sonra (2) ve (3) numaralı Eşitlikler kullanılarak matris önce normalleştirilir daha sonra seçeneklerin skorları hesaplanır. Seçeneklerin aldığı skorlar büyükten küçüğe doğru sıralanır. İlk sıradaki seçenek en uygun seçenek olarak kabul edilir (Savitha ve Chandrasekar, 2011:22).

### BAT İşlem Adımları

*Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması.* Eşitlik (1)'de gösterildiği gibi karar matrisi oluşturulur. Burada;  $x_{ij}$ ,  $i$ . kritere göre  $j$ . seçeneğin değerini göstermektedir.  $n$ , karşılaştırılacak seçeneklerin sayısını gösterirken  $m$  kriterlerin sayısını gösterir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

*Adım2: Karar matrisinin normalleştirilmesi.* Normalleştirme sürecinde kriterlerin maksimizasyon ya da minimizasyon yönlü olması durumuna göre (2) ya da (3) numaralı Eşitlik kullanılarak karar matrisi normalleştirilir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{\max}}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^{\min}}{x_{ij}} \quad (3)$$

*Adım3: Seçeneklerin sıralanması.* Normalleştirilmiş matristen (4) numaralı Eşitlik kullanılarak her seçeneğin skor değeri hesaplanır. Performans değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır. İlk sıradaki seçenek en uygun alternatif olarak belirlenir.

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}, \quad i = 1; \dots, m \quad (4)$$

## 2.2. COPRAS Yöntemi

1996 yılında, Zavadskas ve Kaklauskas tarafından Vilnius Gediminas Teknik Üniversitesinde geliştirilmiştir. "Karmaşık Oransal Değerlendirme" anlamına gelen Complex Proportional Assessment (COPRAS) yöntemi kalitatif ve kantitatif kriterleri değerlendirebilen ÇKKV yöntemidir. Kriterlerin minimizasyon ve maksimizasyon yönlü oluşlarını dikkate alarak seçeneklerin sıralanması ve değerlendirilmesi için bir çok alanda uygulanmıştır. COPRAS yöntemi AHS, VIKOR ve TOPSIS gibi diğer ÇKKV yöntemlerine göre kullanımı kolay ve daha basit bir yöntemdir.

COPRAS yöntemini diğer ÇKKV yöntemlerden ayıran en önemli özellik; seçenekler birbirleriyle karşılaştırarak diğer seçeneklerden ne kadar iyi ya da ne kadar kötü olduğunu yüzde olarak ortaya koymasıdır.

COPRAS yönteminin işlem adımları şöyledir (Kaklauskas vd. 2005):

*Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması.* Karar matrisi Eşitlik (1)'de gösterildiği gibi formüle edilir.

*Adım 2: Karar matrisinin standartlaştırılması.* Eşitlik (5) kullanılarak karar matrisi normalleştirilir.  $q_i$  kriter ağırlıklarını göstermektedir. COPRAS yönteminde kriter ağırlıklarını belirlemeye yönelik olarak bir uygulama yoktur. Kriter ağırlıkları uygulayıcı tarafından AHS ya da basit puanlama tekniği gibi yöntemler kullanılarak belirlenebilmektedir.

$$d_{ij} = \frac{x_{ij}q_i}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, \quad (5)$$

Her bir kriter  $x_i$ 'ye göre ağırlıklandırılmış  $d_{ij}$  değerlerinin toplamı ilgili kriterin ağırlık değeri olan  $q_i$ 'ye eşittir. Eşitlik (6) bu durumu göstermektedir.



$$q_i = \sum_{j=1}^n d_{ij}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, \quad (6)$$

*Adım 3: Ağırlıklı indekslerin toplanması.* Minimizasyon yönlü kriterlere göre hesaplanan  $S_{-j}$  değeri ne kadar küçük olursa amaca erişmek o kadar yüksek olmaktadır. Benzer şekilde maksimizasyon yönlü kriterlere göre hesaplanan  $S_{+j}$  değer ise ne kadar büyük olursa amaca erişmede o kadar yüksek olmaktadır.

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m d_{+ij}; \quad S_{-j} = \sum_{i=1}^m d_{-ij}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n} \quad (7)$$

*Adım 4: Seçeneklerin göreceli öneminin hesaplanması.* Karşılaştırılan seçeneklerin göreceli önem değerini gösteren  $Q_j$ , Eşitlik (8) kullanılarak hesaplanır.

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-min} \sum_{j=1}^n S_{-j}}{S_{-j} \sum_{j=1}^n \frac{S_{-min}}{S_{-j}}}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (8)$$

$Q_j$  büyükten küçüğe doğru sıralanır.  $Q_j$  ne kadar yüksekse, göreceli önemi o kadar büyüktür.

*Adım 5: Seçeneklerin fayda derecesinin belirlenmesi.* Seçeneklerin fayda derecesi Eşitlik (9) kullanılarak belirlenir. Fayda derecesi 100 olan seçenek en iyi seçenek olmaktadır. Diğer seçenekler ise en iyiye göre derecelendirilir.

$$N_j = \left( \frac{Q_j}{Q_{max}} \right) \times 100\% \quad (9)$$

### 2.3. MOORA Yöntemi

MOORA yöntemi Brauers ve Zavadskas tarafından 2006 yılında ortaya konulmuştur. Çok amaçlı optimizasyon yöntemi olan MOORA, yeni bir yöntem olup literatürde MOORA-Oran Metodu, MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı, MOORA-Önem Katsayısı, MOORA-Tam Çarpım

Formu ve MULTI-MOORA adında farklı modelleri yer almaktadır (Ersöz ve Atay, 2011)

### 2.3.1. MOORA-Oran Yöntemi (Brauers ve Zavadskas,2006)

*Adım 1: Amaçların ve seçeneklerin performans değerlerinin belirlenmesi.* Amaçların belirlenmesi ve farklı seçeneklerin farklı amaçlara göre performans değerlerinin bir matriste toplanması ile başlar. Bu şekilde oluşturulan matris Eşitlik (1)'de verilen matrisin aynısıdır. Burada  $x_{ij}$ , i. seçeneğin j. amaca ya da niteliğe göre performans değerini göstermektedir. M seçeneklerin, n ise amaçların sayısını gösterir.

*Adım 2: Matrisin normalleştirilmesi.* Matrisin normalleştirilmesi ölçütlerin maksimizasyon ya da minimizasyon yönlü olup olmadığına bakılmaksızın Eşitlik (10) kullanılarak yapılır.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (10)$$

$x_{ij}^*$  i. seçeneğin j. amaca göre normalleştirilmiş performans değerini verir.

*Adım 3: Normalleştirilmiş maksimizasyon performans değerleri toplamından minimizasyon performans değerleri toplamı çıkarılır.* Bu işlem Eşitlik (11)'de gösterildiği gibi formüle edilir.

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (11)$$

g, maksimize edilecek amaçların sayısını, (n-g), minimize edilecek amaçların sayısını ve  $y_i^*$  ise i. seçeneğin tüm amaçlara göre normalleştirilmiş değerini ifade etmektedir.  $y_i^*$  değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır.  $y_i^*$  sıralamasına göre birinci sıradaki seçenek en uygun seçenek olarak belirlenir.

### 2.3.2. MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (Brauers ve Zavadskas, 2006)

Bu yaklaşımda MOORA-Oran yöntemi ile elde edilen normalleştirilmiş veriler esas alınır. Referans noktası yaklaşımında seçeneklerin her bir amaca göre maksimizasyon durumunda en iyi değeri, minimizasyon durumunda ise en düşük değeri referans noktası ( $r_i$ ) olarak belirlenir. Eşitlik (12) kullanılarak seçeneklerin her bir amaca göre referans noktasına olan uzaklıkları hesaplanır.

$$d_{ij} = |r_i - x_{ij}^*| \quad (12)$$

Seçeneklerin sıralaması Eşitlik (13) kullanılarak elde edilir. Her seçeneğin en yüksek değeri hesaplanır ( $P_i$ ). Seçenekler küçükten büyüğe doğru sıralanır. Birinci sıradaki seçenek en iyi seçenek olarak belirlenir (Stanujkic vd., 2012).

$$P_i = \min_j(\max_j d_{ij}) \quad (13)$$

### 2.3.3. MOORA-Önem Katsayısı Yaklaşımı (Stanujkic vd., 2012)

Bu yaklaşımda MOORA-Oran yöntemi ile elde edilen normalleştirilmiş veriler esas alınır. Amaçların öncelikleri bazı durumlarda farklılık gösterebilir bu durum dikkate alındığı zaman, seçeneklerin performans değerleri Eşitlik (14) ye göre bulunur.  $w_j$ , amaçların önceliklerini göstermektedir.

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g w_j x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n w_j x_{ij}^* \quad (14)$$

Amaçların önem ağırlıklarının referans noktası yaklaşımında da kullanılması etkili yollardan bir tanesidir. Bu durumda Eşitlik (12) geliştirilerek önem ağırlıklarının da dikkate alındığı Eşitlik (15) elde edilir.

$$d_{ij} = w_j |r_i - x_{ij}^*| \quad (15)$$

$y_i^*$ , değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır.  $y_i^*$  sıralamasına göre birinci sıradaki seçenek en uygun seçenek olarak belirlenir.

### 2.3.4. MOORA-Tam Çarpım Yaklaşımı

Brauers ve Zavadskas 2010 yılında MOORA yönteminin tam çarpım sürümünü geliştirdiler (Brauers ve Zavadskas, 2010). Bu yaklaşımda, her bir seçeneğin maksimizasyon amaçlı verileri çarpılarak minimizasyon amaçlı verilerin çarpımına bölünmektedir. Bu hesaplama Eşitlik (16) ile bulunur. Eşitlik (16)'de verilen  $A_i$  ve  $B_i$  değerleri Eşitlikler (17) ve (18) ile hesaplanır.

$$U_i = \frac{A_i}{B_i} \quad (16)$$

Burada;

$$A_i = \prod_{g=1}^j x_{gj} \quad (17)$$

$i=1, \dots, m$ ;  $m$ , seçeneklerin sayısını,  $j$  ise maksimizasyon ölçütlerinin sayısını göstermektedir.

$$B_i = \prod_{k=j+1}^n x_{kj} \quad (18)$$

$n-j$ , minimizasyon ölçütlerinin sayısını,  $U_i$  seçeneklerin skorlarını göstermektedir.  $U_i$  değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır ve birinci sıradaki seçenek en uygun seçenek olarak belirlenir.

### 2.3.5. MULTIMOORA Yaklaşımı

MULTI-MOORA yöntemi ilk kez 2010 yılında Brauers ve Zavadskas tarafından ortaya atılmıştır (Brauers ve Zavadskas, 2010). Bu yöntem MOORA ve tam çarpım yönteminin bir özetidir. Bu yaklaşımdaki temel amaç öncelikli seçenekleri belirleyerek karar vericiye destek olabilmektir.

## 3. Veriler ve Bulgular

En uygun depo yerini belirlemek için 3 adet potansiyel depo yeri beş adet ölçüte göre değerlendirilmiştir. Ölçütler literatür çalışması (Chen

2001; Özcan vd., 2011; Dey vd., 2015) sonucunda belirlenmiştir. Seçim probleminde AHS, BAT, COPRAS ve MOORA yöntemleri kullanılmıştır. Bu problemin çözümünde değerlendirilen ölçütler şunlardır:

- *Birim Fiyatı (K1)* : Depo yeri seçiminde temel belirleyicilerden birisi de birim fiyattır.  $m^2$  başına düşen birim maliyetin en az olduğu seçeneğe öncelik verilmesi maliyet açısından faydalı olacaktır.

- *Stok Tutma Kapasitesi (K2)* : İşletmenin mevcut durumdaki ve ilerideki ürün çeşitliliği ve miktarı düşünülerek uygun olabilecek stok kapasitesine sahip depo yeri seçilmelidir.

- *Marketlere Ortalama Mesafesi (K3)* : Depo seçimine karar veren yöneticilerin temel amaçlarından birisi de marketlere ulaşım için gerekli mesafeyi en aza indirebilmektir.

- *Ana Tedarikçiye Olan Ortalama Uzaklık (K4)* : Bu ölçütün minimizasyonu ulaşım maliyetlerinin ve ürünlerin müşteriye sunum sürelerinin azalmasını sağlayacaktır.

- *Hareket Esnekliği (K5)* : 1-5 (1: çok kötü, 2: kötü; 3: orta, 4: iyi, 5: çok iyi) arasındaki değerler ile belirlenen hareket esnekliğinin yüksek olması işletmenin değişimlere kolay uyum sağlayabilmesi açısından önemlidir.

Ölçütlerin ağırlıkları AHS ile belirlenmiştir. Yöntemin uygulanması sonucunda ölçüt ağırlıkları şu şekilde elde edilmiştir.  $K1=0,463$ ,  $K2=0,132$ ,  $K3=0,186$ ,  $K4=0,118$  ve  $K5=0,100$ .

Ölçütlerin ağırlıkları belirlendikten sonra seçenekler, ölçütler temel alınarak üç farklı yönteme göre değerlendirilmiştir. K5 ölçütü 1-5 aralığından oluşan bir ölçeğe göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda Tablo 1'de gösterilen başlangıç matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 1: Başlangıç Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
A	13	100.000	20	210	4
B	10	120.000	25	255	5
C	6	150.000	32	269	5

Tablo 2'de görüldüğü gibi depo yeri için en uygun seçeneğin BAT yönteminin C olduğu anlaşılmıştır.

Tablo 2: Seçeneklerin BAT Yöntemine Göre Sıralanması

	Skor	Sıra
A	0,686	3
B	0,729	2
C	0,903	1

COPRAS yönteminin uygulanması sonucunda seçeneklerin sıralanması Tablo 3'de gösterilmiştir. BAT yöntemi sonucunda olduğu gibi COPRAS yöntemine göre de C seçeneği en uygun yer olarak belirlenmiştir.

Tablo 3: Seçeneklerin COPRAS Yöntemine Göre Sıralanması

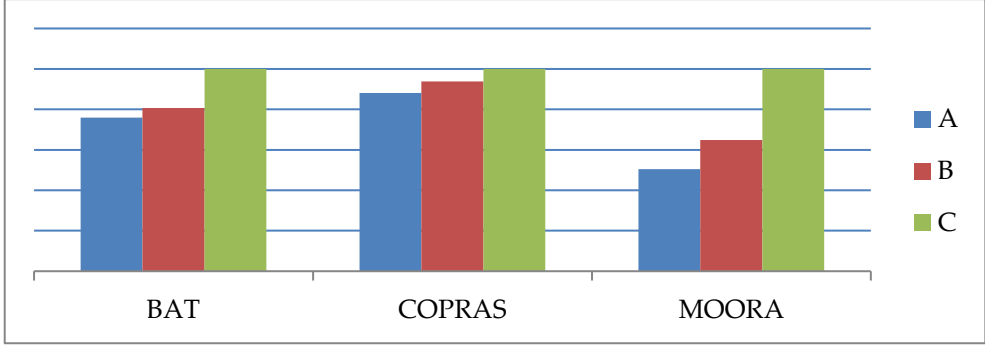
	$S_{+j}$	$S_{-j}$	$S_{min}$	$Q_j$	Skor	Sıralama
A	0,0795	0,1422	0,1414	0,2233	88,06	3
B	0,0974	0,1454		0,2381	93,86	2
C	0,1090	0,1414		0,2536	100,00	1

Tablo 1'de gösterilen başlangıç matrisi MOORA yönteminin tüm sürümleriyle birlikte örneğimize uygulandığı zaman Tablo 4'de gösterilen sonuçlar çıkmıştır.

Tablo 4: Seçeneklerin MOORA Yöntemine Göre Sıralanması

	MOORA Oran		Referans Noktası		Önem Katsayısı		Tam Çarpım	Multi-MOORA	
A	0,725	3	0,401	3	0,375	3	7,326	3	3
B	0,554	2	0,229	1	0,304	2	9,412	2	2
C	0,374	1	0,265	2	0,212	1	14,521	1	1

Tablo 4'den anlaşılacağı gibi Referans Noktası dışındaki MOORA yönteminin tüm sürümlerinde C seçeneği en uygun seçenek olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 1: Sonuçların Grafikselsel Gösterimi

Şekil 1'de her üç yöntemle göre çıkan sonuçlar sütun grafiği şeklinde gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde her üç yöntemle göre de C seçeneğinin en uygun seçenek olduğu belirlenmiştir. Yine her üç yöntemle göre uygun olmayan seçeneğin ise A olduğu görülmüştür.

### Sonuç

Depo yeri seçimi, işletmeler için birçok faktörün dikkate alınmasını gerektiren bir ÇKKV problemidir. Yöneticilerin karar aşamasında birden fazla ekonomik ve stratejik ölçütleri düşünerek seçimlerini gerçekleştirmesi gerekmektedir. Stratejik bir kararda mevcut seçenekler çok iyi değerlendirilerek işletmeye en fazla yararı sağlayacak seçimin yapılması amaçlanır. Uygun olmayan bir seçim işletmelerin maliyetlerinin artmasına ve müşteri beklentileri sebebiyle olumsuzluklara neden olabilmektedir. Müşterilere en kısa zamanda hizmet verebilmek ve bunu sağlarken işletmenin verimlilik ve maliyet açısından olumlu yönde etkilenmesini sağlamak işletmenin devamlılığı açısından önemli bir husus olmaktadır.

Bu çalışmada depo yeri seçim probleminin çözümünde ÇKKV yöntemleri bütünsel olarak kullanılarak yöneticilere yol gösterebilecek bir çözüm önerisinde bulunulmuştur. Literatür taraması sonucunda belirlenen ölçütlerin ağırlıkları AHS yöntemi ile belirlenmiştir. AHS ile belirlenen ölçüt ağırlıkları şu şekilde olmuştur: K1 0,463 ile en önemli faktör olmuştur. K1'i 0,186 ile K3 takip etmiştir. K3 ölçütünden sonra 0,132

ile K2 ve 0,118 ile K4 yer almıştır. K5 ise önem sırasına göre 0,1 ile son sırada yerleşmiştir.

Depo yerlerinin değerlendirilmesinde ise BAT, COPRAS ve MOORA yöntemleri kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Modelin uygulanması sonucunda kullanılan her üç yönteme göre sıralama C, B ve A şeklinde oluşmuştur. Bu sonuca göre A seçeneğinin depo yeri olarak seçilmesi en uygunsuz karar olurken, C seçeneği bu karar probleminin en uygun seçeneği olmuştur. Model her üç yönteme göre de aynı sonuçları vermiştir.

Bu çalışma ile ortaya konulan bütünleşik karar verme modeli, işletmelerin karşı karşıya kaldığı diğer karar problemlerinin çözümlerinde de kullanılabilir. ÇKKV yöntemlerinin kullanılması sübjektifliği en aza indirerek daha objektif kararların alınmasına katkı sağlayacaktır. Birden fazla ölçütün göz önünde bulundurulması gereken karar problemlerinde; yöneticiler burada uygulanan modeli kullanabilecekleri gibi, TOPSIS, ARAS, VIKOR gibi yöntemleri temel alan modelleri de kullanabilirler.



## Kaynakça

Afshari, A. R., Mojahed, M., Yusuff, R. M., Hong, T. S., Ismail, M. Y., (2010), "Personnel Selection Using ELECTRE", Journal of Applied Sciences, 10, s. 3068-3075.

Aksoy, E., Ömürbek, N. ve Karaatlı, M. (2015) "AHP Temelli MULTIMOORA ve COPRAS Yöntemi ile Türkiye Kömür İşletmeleri'nin Performans Değerlendirmesi", Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 33(4), s. 1-28.

Aktepe, A. ve Ersöz, S., (2014), "AHP-VIKOR Ve MOORA Yöntemlerinin Depo Yeri Seçim Probleminde Uygulanması", Journal Of Industrial Engineering (Turkish Chamber Of Mechanical Engineers), 25(1-2), s. 2-15

Ashrafzadeh, M., Rafiei, F. M., Isfahani, N. M., Zare, Z., (2012), "Application of fuzzy TOPSIS method for the selection of Warehouse Location: A Case Study", Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business, 3(9), s. 655-671.

Birsel, A., Cerit, A. G., (2009), "Lojistik İşletmelerinin Kuruluş Yeri Seçiminde Arazi Faktörü," Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K., (2006), "The MOORA method and its application to privatization in a transition economy", Control and Cybernetics, 35(2), s. 445.

Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K., (2010), "Project management by MULTIMOORA as an instrument for transition economies", Technological and Economic Development of Economy, 1, s. 5-24.

Chatterjee, P. ve Chakraborty, S. (2012) "Material selection using preferential ranking methods", Materials & Design, 35, s. 384-393.

Chatterjee, P., Athawale, V. M. ve Chakraborty, S. (2011) "Materials selection using complex proportional assessment and evaluation of mixed data methods", Materials & Design, 32(2), s. 851-860.

Chen, C. T., (2001), "A fuzzy approach to select the location of the distribution center", Fuzzy sets and systems, 118(1), s. 65-73.

Chen, C., (2009), "A Decision Model of Field Depot Location Based on the Centrobatic Method and Analytic Hierarchy Process (AHP)", International Journal of Business and Management, 4(7), s. 71-75.

Colson, G., Dorigo, F., (2004), "A Public Warehouses Selection Support System", European Journal of Operational Research, 153, s. 332-349.

Çaka, E., (2012), " Tedarik Zinciri Yönetiminde Choquet İntegral Yöntemi İle Depo Yeri Seçimi", İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Demirel, T., Demirel, N. Ç., Kahraman C., (2010), "Multi-Criteria Warehouse Location Selection Using Choquet İntegral", *Expert Systems with Applications*, 37, s. 3943–3952.

Dey, B., Bairagi, B., Sarkar, B., Sanyal, S. K., (2013), "A hybrid fuzzy technique for the selection of warehouse location in a supply chain under a utopian environment", *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), s. 250-261.

Dey, B., Bairagi, B., Sarkar, B., Sanyal, S. K., (2015), " Warehouse location selection by fuzzy multi-criteria decision making methodologies based on subjective and objective criteria", *International Journal of Management Science and Engineering Management*, s. 1-17.

Drezner, Z., Scott, C., Song, J. S. (2003), "The central warehouse location problem revisited", *IMA Journal of Management Mathematics*, 14(4), s. 321-336.

Durmuş, A., Türk, S. S., (2014), "Factors Influencing Location Selection of Warehouses at the Intra-Urban Level: Istanbul Case", *European Planning Studies*, 22(2), s. 268-292.

Durmuş, A., (2010), " Lojistikte Depo Yer Seçimine Etki Eden Faktörlerin Modellenmesi: İstanbul Örneği", İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Ersöz, F., Atay, A., (2011), Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde MOORA Yöntemi, YAEM2011 Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 31.Ulusal Kongresi, Sakarya Üniversitesi, 31, s. 78-87.

Hidaka, K. ve Okano, H., (1997), "Simulation-based approach to the warehouse location problem for a large-scale real instance", In *Proceedings of the 29th conference on Winter simulation* , s. 1214-1221

Kaklauskas, A., Zavadskas, E. K. ve Raslanas, S. (2005) "Multivariant design and multiple criteria analysis of building refurbishments", *Energy and Buildings*, 37(4), s. 361-372.

Karmaker, C. ve Saha, M., (2015), "Optimization of warehouse location through fuzzy multi-criteria decision making methods", *Decision Science Letters*, 4(3), s. 315-334.

Korpela, J., Tuominen, M., (1996), "A Decision Aid in Warehouse Site Selection" ,*International Journal of Production Economics*, 45, s. 169-180.

Kratica, J., Tomic, D., & Filipovic, V., (1998), "Solving the uncapacitated warehouse location problem by sga with add-heuristic", In XV ECPD International Conference on Material Handling and Warehousing, s. 167.

Maity, S. R., Chatterjee, P. ve Chakraborty, S. (2012) "Cutting tool material selection using grey complex proportional assessment method", *Materials & Design*, 36, s. 372-378.

Malmira, B., Moeinb, R., Chaharsooghic, S. K., (2015), "Selecting warehouse location by means of the balancing and ranking method with an interval approach", *Proceedings of the 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Dubai, United Arab Emirates (UAE)*.

Michel, L., Van Hentenryck, P. ,(2004), "A simple tabu search for warehouse location", *European Journal of Operational Research*, 157(3), s. 576-591.

Özcan, T., Çelebi, N., Esnaf, Ş., (2011), "Comparative Analysis of Multi Criteria Decision Making Methodologies and Implementation of a Warehouse Location Selection Problem", *Expert Systems with Applications*, 38, s. 9773–9779.

Özçakar, N., Görener, A., Arıkan, V., (2012), "Depolama sistemlerinde sipariş toplama işlemlerinin genetik algoritmalarla optimizasyonu", *YÖNETİM: İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadı Enstitüsü Dergisi*, 71, s. 118-144.

Özdağoğlu, A. (2013) "İmalat İşletmeleri İçin Eksantrik Pres Seçeneklerinin COPRAS Yöntemi İle Karşılaştırılması", *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(8).

Pang, J., Zhang, G., Chen, G., (2011), "ELECTRE I decision model of reliability design scheme for computer numerical control machine", *Journal of Software*, 6(5), s. 894-900.

Petkovic, D., Madic, M. ve Radenkovic, G. (2015) "Selection of the most suitable non-conventional machining processes for ceramics machining by using MCDMs", *Science of Sintering*, 47(2), s. 229.

Stanujkic, D., Djordjevic, B. ve Djordjevic, M. (2013) "Comparative analysis of some prominent MCDM methods: A case of ranking Serbian banks", *Serbian Journal of Management*, 8(2), s. 213-241.

Stanujkic, D., Magdalinovic, N., Jovanovic, R., Stojanovic, S., (2012), "An objective multi-criteria approach to optimization using MOORA method and interval grey numbers" *Technological and Economic Development of Economy*, 18(2), s. 331-363.

Vlachopoulou, M., Silleos, G., Manthou, V., (2001), "Geographic Information Systems in Warehouse Site Selection Decisions" ,International Journal of Production Economics, 71, s. 205-212.

Yılmaz, B., Dağdeviren, M., Akçayol, M. A., (2011), "Hızlı Tüketim Malları Depo Yeri Seçimi Problemi İçin Genetik Algoritma İle Bir Çözüm", XI. Üretim Araştırmaları Sempozyumu, s. 485-494.