

AHP-VIKOR VE MOORA YÖNTEMLERİNİN DEPO YERİ SEÇİM PROBLEMİNDE UYGULANMASI

Adnan AKTEPE, Süleyman ERSÖZ*

*Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale
aaktepe@gmail.com, sersoz40@hotmail.com*

ÖZET

Rekabetin yoğun yaşandığı günümüz iş dünyasında işletmeler, maliyetlerini sorgulamaya devam etmektedir. Bu bağlamda, lojistik maliyetlerine önemli etkisi olan depo yeri seçimi kritik bir önem arz etmektedir. Bu çalışmada bahsedilen depo yeri seçim modeli, ürünlerin dağıtım ağı verimliliğine katkı vermek ve lojistik maliyetlerini minimize etmek amacıyla geliştirilmiştir. Çalışmada, depo seçim probleminin çözümüne yönelik 3 farklı yöntemin sentezlenmesi yapılmış olup, bunlardan birincisi, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP); ikincisi, Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR); üçüncüsü ise Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis (MOORA) yöntemidir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında AHP yöntemi, alternatiflerin sıralanmasında ise VIKOR ve MOORA yöntemleri kullanılmıştır. AHP ve VIKOR yöntemlerinde klasik ölçekler yerine gerçek verilerin ve MOORA yönteminin bu problemde kullanılması, yeni bir bakış açısı ve çözüm önerisi olması açısından önemli görülmektedir. Uygulama, büyük ölçekli bir döküm fabrikasının 3 ayrı ilde depo yeri belirlenmesi problemi üzerine, 11 alternatifin değerlendirilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, 2 ayrı modelden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve uygulama sonuçlarına göre belirlenen 3 alternatif ilde ürün deposu kurulması kararı alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: AHP, çok kriterli karar verme, depo yeri seçimi, MOORA, VIKOR

APPLICATION OF AHP-VIKOR AND MOORA METHODS IN WAREHOUSE SITE SELECTION PROBLEM

ABSTRACT

Today companies continue to examine their costs in business life where competition is hard. In this sense, warehouse site selection, which is significant in terms of logistics costs, becomes a critical process. Warehouse site selection decision making model proposed in this study is developed for contributing the efficiency of distribution network and minimizing logistics costs. In this study, to solve warehouse site selection problem 3 different methods are synthesised, which are Analytical Hierarchy Process (AHP), Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) and with Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis (MOORA). AHP method is used for determining the criteria of alternatives and VIKOR and MOORA methods are used for ranking of alternatives. Using real data instead of classical pairwise comparison scales for AHP and VIKOR applications and the use of MOORA method in warehouse site selection problem have been important for considering a new approach and solution method in this field. The application is carried out for the decision problem of determining 3 best alternatives of a casting factory among 11 alternatives. In the study, comparisons are conducted for results of both of the methods and final decision is made according to application results.

Keywords: AHP, multi-criteria decision making, warehouse site selection, MOORA, VIKOR

* İletişim yazarı

1. GİRİŞ

İşletmeler, globalleşen pazara ayak uydurmak için her geçen gün maliyetlerini daha ciddi ölçüde sorgulamaktadır. Yalın üretim ve yalınlaşma anlayışı, ürün üzerinde oluşan tüm maliyetlerin sorgulanmasına paralel olarak, lojistik maliyetleri de göz önüne almaya başlamıştır. İşletmelerin lojistik maliyetlerinin minimize edilmesine yönelik alternatifler üretmesi, pazarlama kanallarının etkinleşmesine altyapı oluşturmaktadır. Pazarlama kanalları ve ağını genişletecek faktörlerden biri de işletmenin ürettiği ürünleri depolayacak uygun depo yeri seçimi kararını doğru bir şekilde vermesinden geçer. Depo yeri seçimi, işletmelerin etkin çözüm geliştirmeleri gereken bir karar problemidir. Bu nedenle, işletmeler için mevcut veya potansiyel depo yerlerini doğru bir şekilde değerlendirmek ve seçim yapmak rekabet edebilmek için zorunluluk haline gelmiştir.

Depo yeri seçim kararı, kuruluş yeri seçim probleminin bir alt modülü gibi düşünülecek bir karar problemidir. Problemin çözümünde, stratejik parametrelerin olmasının yanı sıra, taktik ve teknik düzeyde çözümlenmesi gereken ekonomik parametrelerinde göz önüne alınması gerekmektedir. Stratejik bir ağ dizaynı problemi olarak depo yeri seçiminde altyapı, sosyo-ekonomik yapı, ulaşım, hizmet düzeyi, pazarın durumu ve teknoloji gibi unsurlar önemli rol oynamaktadır [1, 2, 3, 4, 5]. Depo yeri seçimi, hizmet düzeyi ve maliyetleri büyük ölçüde etkilediği için lojistik süreç içinde önemli bir yere sahiptir [6]. Depo yeri seçim probleminin çözümünde, basit ağırlıklandırma yöntemi, ağırlık merkezi yöntemi, doğrusal prog-

ramlama ve sevkiyat-uzaklık modelleri kullanılmıştır. Literatürde, son yıllarda yapılan çalışmalarda ise depo yeri seçim problemine yönelik farklı yaklaşımlar mevcut olmakla birlikte, çok kriterli karar verme ve karma yaklaşımların ön plana çıktığı görülmektedir. Korpela ve Tuominen, depo yeri seçiminin lojistik yönetimi açısından önemli bir karar verme problemi olduğunu vurgulayarak, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemini kullanarak bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir [7]. Vlachopoulou, depo yeri seçiminin pazarlama stratejileri geliştirme açısından da önemli olduğunu belirtmiş ve bu problemde Coğrafik Bilgi Sistemleri'nin (CBS) kullanımı üzerine bir uygulama geliştirmiştir [8]. Colson ve Dorigo, problem için bir karar destek sistemi tasarlamışlardır [9]. Chen, depo yeri seçiminde ağırlık merkezi ve AHP yöntemlerini kullanmıştır [10]. Çalışmada, bölgedeki satış hacmi, ulaşım kolaylığı, arazinin durumu, siyasi ve sosyal faktörler ele alınmıştır. Birsal ve Cerit, lojistik işletmelerin kuruluş yeri seçim problemlerinde arazi faktörünün etkisini incelemişler ve depo yeri seçim problemini bir alt başlık olarak ele almışlardır [11]. Çalışmada, arazi faktörünün yer seçiminde önemi vurgulanmaktadır. Demirel ve arkadaşları, problemi, maliyet, iş karakteristikleri, altyapı, pazar ve çevre ana kriterleri ve bunlara bağlı alt kriterlerle 4 farklı alternatif yerin değerlendirmesinde çok kriterli bir karar verme problemi olarak ele almışlar ve bulanık bir integral yöntemi olan Choquet Integral kullanarak çözmüşlerdir [12]. Çalışmada, kuruluş yeri seçim problemleri daha geniş bir yelpazede incelenmiştir. Özcan ve arkadaşları, depo yeri seçim problemlerinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalarla ilgili

Tablo 1. Depo Yeri Seçimi ile İlgili Son Yıllarda Yapılan Çalışmalar

Yazar	Konu
Korpela ve Tuominen (1996) [7]	AHP Yöntemi ile Karar Destek Sistemi Geliştirilmesi
Vlachopoulou (2001) [8]	Depo Yer Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı
Colson ve Dorigo (2004) [9]	Depo Yeri Seçiminde Karar Destek Sistemleri
Chen (2009) [10]	Ağırlık Merkezi ve AHP ile Depo Yeri Seçimi
Birsal ve Cerit (2009) [11]	Lojistik İşletmelerinin Kuruluş Yeri Seçiminde Arazi Faktörü
Demirel vd. (2010) [12]	Choquet Integral Kullanılarak Çok Kriterli Depo Yeri Seçimi
Özcan vd. (2011) [13]	Çok Kriterli Karar Metodolojilerinin Karşılaştırmalı Analizi ve Depo Yeri Seçimi Uygulaması

karşılaştırmalı analizler gerçekleştirmişlerdir [13]. Literatürdeki çalışmalarda AHP, TOPSIS ve ELECTRE yöntemlerinin ağırlıklı olarak kullanıldığı belirtilmiştir. Bu çalışmada, ayrıca TOPSIS, ELECTRE ve Gri Teori kullanılarak çok kriterli bir karar verme modeli oluşturulmuştur. Çalışmada, problemin kapsamı geniş tutulmuş, depo yeri seçiminin dışında üretim tesisi yer seçimi, depo yerleşimi ve belirtilen çok kriterli karar verme yöntemlerinin başka alanlarda uygulanmasına da yer verilmiştir.

Literatürdeki çalışmalarda da görüldüğü gibi depo yeri seçimi, çok kriterli bir karar verme problemi olarak ele alınabilmektedir. Çalışmada, ele alınan karar verme probleminin hiyerarşik olarak modellenmeye elverişli yapısı nedeniyle, değerlendirme kriterlerine ait ağırlıkların elde edilmesinde AHP yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan değerlendirme kriterleri, karar problemini iyi temsil edebilecek yeterlilikte ve tüm depo yerleri arasındaki değişkenlikleri ortaya koyabilecek kapsamdaki verilerden türetilmiştir. AHP yönteminde İkili Karşılaştırma Matrisleri (İKM), klasik ölçekler kullanmak yerine gerçek veriler kullanılarak oluşturulmuştur. VIKOR yöntemi, AHP ile elde edilen önem derecelerinin de kullanılmasıyla alternatiflerin sıralanmasında kullanılmıştır. MOORA yöntemi ise AHP ile elde edilen ağırlıklar kullanılmadan uygulanmıştır. Depo yeri seçimine yönelik ele alınan problemde, çok amaçlı optimizasyon problemlerinde kullanılan MOORA yöntemi kullanılarak karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Yapılacak çalışmada MOORA yönteminin sağlayacağı üstünlükler, tüm amaçları değerlendirmeye alarak alternatifler arası tüm etkileşimleri bütünsel yapıda göz önüne almasıdır. Çözümü sağlayacak amaç fonksiyonunun bütünsel ve eş zamanlı çözüme dahil olması en önemli katkı olacaktır. Mevcut karar probleminde; satışlar, toptan ve perakende satış arasındaki oran, depo kiralama maliyeti, rakip firma sayısı, yolların bulunması, potansiyel büyüme gibi ana kriterler ve bunlara bağlı alt kriterler kullanılarak en iyi üç alternatif, sıralama ile tespit edilmiştir. Ölçme modelinin oluşturulması ve uygulanması safhalarında, ölçüm kriterlerinin analizi objektif metodlarla gerçekleştirildiği için elde edilen sonuçların daha gerçekçi olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmanın giriş bölümünü takip eden 2. bölümde, çalışmada kullanılan yöntemler anlatılmakta; 3. bölümde, geliştirilen model ile ilgili ayrıntılar yer almakta; 4.bölümde ise 11 farklı alternatif için gerçekleştirilen uygulama bulguları ve sonuçlarına yer verilmektedir.

2. YÖNTEM

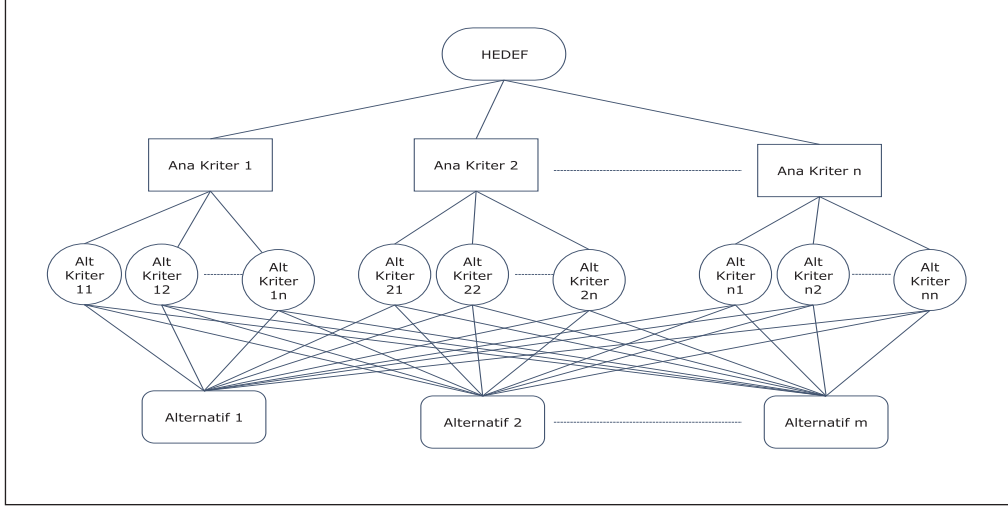
Depo yeri seçimine yönelik yapılan bu çalışmada, 3 farklı yöntemin bir arada kullanıldığı bir yaklaşım yer almaktadır. Bu nedenle, kullanılan yöntemler hakkında genel bir bilgi verilmesinin uygun olacağı düşünülmüştür. Aşağıda, çalışmada kullanılan AHP, VIKOR ve MOORA yöntemleri ile ilgili metodolojik açıklamalar yer almaktadır.

2.1 AHP Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Saaty [14] tarafından önerilen çok ölçütlü bir karar verme tekniğidir. AHP, bir karar probleminde, sonlu sayıdaki seçenekleri birden fazla ölçüte göre, varsa niteliksel olanlarıyla birlikte, değerlendiren ve seçenekleri önem derecelerine göre sıralayan bir tekniktir. Bu yöntemle karar vericilerin daha etkin karar vermeleri amaçlanmıştır. Birçok “çok ölçütlü” karar verme modelinin temelini oluşturan ve çoğu yöntemde kriter veya alternatiflerin önem derecelerinin belirlenmesinde kullanılan AHP yönteminin adımları şu şekildedir:

i. Problemin Tanımlanması ve Hiyerarşik Yapısının Oluşturulması: Problem tanımı, ana kriter, alt kriter ve alternatiflerin tespitini içermektedir. Ana ve alt kriterler, karar noktalarının (alternatiflerin) önem derecelerini etkileyen faktörlerdir. n tane ana kriter (faktör) ve m tane alternatiften (karar noktası) oluşan birçok ölçütlü bir karar verme probleminin hiyerarşik yapısı Şekil 1’de görüldüğü gibidir.

ii. Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Matrislerinin (İKM) Oluşturulması: İkili karşılaştırma matrisleri (İKM), belirlenen bir karşılaştırma ölçeğine göre bütün faktörlerin birbirleriyle kıyaslanmasında kullanılan matrislerdir. İKM’deki değerler (a_{ij}), Tablo 2’de verilen ölçekteki değerlerden biri olarak seçile-



Şekil 1. Çok Ölçütlü Karar Verme Problemlerinin Hiyerarşik Yapısı

bilir. Bu ölçek, Saaty [14] tarafından geliştirilen bir ikili karşılaştırma ölçeği olup, literatürde geliştirilen farklı ölçekler de mevcuttur. Bu çizelgedeki değerlerin dışında 2,5, 3,3 ve 6,7 gibi ara değerler de kullanılabilir. Özellikle birden fazla karar verici olması durumunda, her bir karar vericinin belirlediği değerlerin geometrik ortalaması kullanıldığı için ondalık sayılarla da İKM'ler oluşturulabilir. Problemden alt kriterler olması durumunda, ana kriterlerde olduğu gibi, alt kriterler arası da İKM'ler oluşturulmalıdır. Bir İKM'de köşegen değerleri 1'dir. Aynı iki faktör arasında öncelik olamayacağı için köşegenler bu şekilde doldurulmalıdır. İKM'lerde köşegenin üzerinde kalan kısmın doldurulması yeterlidir. Köşegenin alt tarafında kalan kısımdaki değerler, üst tarafta kalan değerlerin tam tersidir ($a_{ji} = 1/a_{ij}$).

Tablo 2. Saaty [1980, 14] İkili Karşılaştırma Ölçeği

Önem Derecesi	Açıklama
1	Eşit Önem Derecesi
3	Daha Önemli
5	Çok Önemli
7	Çok Fazla Önemli
9	Mutlak Önemli
2, 4, 6, 8	Ara Değerler

iii. Kriterlerin Önem Derecelerinin (Ağırlıklarının) Belirlenmesi: Kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi için, her İKM'de yer alan a_{ij} ve a_{ji} değerleri sütun toplamına bölünür ve normalize edilmiş matris elde edilir ($NORM_B$). $NORM_B$ matrisinde b_{ij} değeri, $a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij}$ şeklinde elde edilmektedir. Normalize edilmiş matris oluşturulduktan sonra, her bir faktör için ağırlık değerleri $w_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} / n$ olacak şekilde hesaplanmaktadır. W elde edilir. W vektörü, faktör ağırlıklarından oluşan öz-vektördür.

iv. Tutarlılık Hesabı: Kriterler ve alternatifler arası kıyaslamalar tamamlandıktan sonra, yapılan karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığını ölçmek için tutarlılık analizi yapılmalıdır. Tutarlılığın hesaplanabilmesi için, öncelikle İKM_A matrisi W vektörü çarpılarak yeni bir vektör elde edilir. Bu vektörün her bir satırı ile W vektörünün karşılık gelen satırı çarpılarak λ_i ($i=1, \dots, n$) değerlerinden oluşan λ vektörü elde edilir.

Daha sonra, $\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ eşitliği ile λ değeri elde edilir ve $(\lambda - n)/(n-1)$ eşitliğinden tutarlılık oranı hesaplanır. Hesaplanan tutarlılık oranı değeri 0,1'e eşit ve küçük olduğunda, oluşturulan İKM'nin tutarlı olduğu söylenebilir. Eğer İKM tutarlı değilse ilk İKM'ler tekrar oluşturulmalıdır.

v. Her Bir Kritere Göre Alternatiflerin Önem Derecelerinin Belirlenmesi: Bu adımda ikili karşılaştırmalar ve matris işlemleri kriter sayısı kadar (n kez) tekrarlanır. Ancak bu kez, her bir faktör için karar noktalarında kullanılacak karşılaştırma matrislerinin boyutu $m \times m$ olacaktır. Her bir karşılaştırma işleminin sonra $m \times 1$ boyutlu ve değerlendirilen faktörün karar noktalarına göre yüzde dağılımlarını gösteren sütun vektörleri elde edilir.

vi. Alternatiflerin Yüzde Önem Derecelerinin Belirlenmesi: Kriterlerin kendi aralarında ve her bir kritere göre alternatiflerin kendi aralarında kıyaslamalarından sonra elde edilen ağırlıklar kullanılarak hedefe ulaşılır. Bir önceki adımda her bir kritere göre elde edilen alternatiflerin ağırlık vektörleri tek bir matriste birleştirilerek, daha önce elde edilen öz-vektörle çarpılarak alternatifler için yüzde önem dereceleri hesaplanır.

2.2 VIKOR Yöntemi

VIKOR yöntemi, uzlaşık koşullar altında AHP veya başka analitik yöntemlerle bulunan kriter ağırlıklarını kullanarak alternatiflerin optimum sıralamasını bulan çok kriterli karar verme yöntemidir. Her bir alternatif değerini kullanan bu yöntem, karar vericileri ideal çözüme yakınlştırır. VIKOR yöntemi ilk kez Opricovic ve Tzeng tarafından geliştirilmiştir [15]. Özellikle son yıllarda sık kullanılan bu yöntem; toplu taşıma problemlerinde [16], grup karar analizi [17, 18], kalite çalışmalarında [19], turizm stratejisi belirleme [20], yazılım projelerinin değerlendirilmesi [21], tedarikçi performansının değerlendirilmesi [22, 23, 24], banka performanslarının değerlendirilmesi [25], su kaynakları planlaması [26], robot seçimi [27], malzeme seçimi [28, 29], hizmet kalitesi geliştirme [30] ve risk değerlendirme [31] gibi karar verme problemlerinde uygulanmaktadır. Yöntemde her bir alternatif, her bir kritere göre değerlendirilmekte ve ideal alternatifte yakınlık değerleri hesaplanarak uygun sıralama elde edilmektedir [32]. VIKOR yönteminin adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir: M kriter ve n alternatifli bir karar verme probleminde VIKOR yöntemi ile sıralama şu şekilde yapılmaktadır: İlk olarak, bir kriter (j) için en iyi alternatif (i) (Eşitlik 1) ve en kötü alternatif (i)

(Eşitlik 2) değerleri bulunur.

$$b_j^+ = \max(b_{ji})_{j=1, 2, \dots, m} \quad (1) \text{ ve}$$

$$b_j^- = \min(b_{ji})_{j=1, 2, \dots, m} \quad (2)$$

Daha sonra, her bir alternatif (i) için S (Eşitlik 3) ve R (Eşitlik 4) değerleri hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^m w_j (b_j^+ - b_{ji}) / (b_j^+ - b_j^-) \quad i=1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$R_i = \max(w_j \cdot (b_j^+ - b_{ji}) / (b_j^+ - b_j^-)) \quad i=1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Üçüncü adımda ise her bir alternatif (i) için Q değerleri hesap edilir (Eşitlik 5).

$$Q_i = v(S_i - S^+) / (S^- - S^+) + (1-v)(R_i - R^+) / (R^- - R^+) \quad i=1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Eşitlik 5'te S^+ ve R^+ değerleri, n alternatif arasından en küçük S ve R değerlerini, S^- ve R^- , n alternatif arasından en büyük S ve R değerlerini göstermektedir. Bulunan S , R ve Q değerlerine göre sıralama yapılarak çözüme ulaşılır. Burada v , maksimum grup faydası ağırlığını göstermekte; 0 ile 1 arasında değer almaktadır. Uzlaşma v değerinin 0,5'ten büyük olduğu durumda, çoğunluk oyu ve v değerinin 0,5'e eşit olması durumunda tam uzlaşma söz konusudur. Son adımda ise kabul edilebilir avantaj (Eşitlik 6) ve kabul edilebilir istikrar koşulları vardır. Eğer bu iki koşul sağlanırsa minimum Q değerine sahip alternatif en iyi olarak belirlenir.

$$Q(i'') - Q(i') \geq 1/(n-1) \quad (6)$$

Burada i'' , 2. sıradaki alternatifi, i' ise 1. sıradaki alternatifi göstermektedir. Bu koşuldan sonra ikinci koşul kontrol edilmektedir. Buna göre i' , S_i veya R_i sıralamalarının en az birinde 1. olmalıdır. 2. koşul sağlanmazsa i' ve i'' alternatifleri uzlaşık çözüm, 1. koşul sağlanmazsa Eşitlik 7 ile belirlenen koşulu sağlayan alternatifler uzlaşık çözüm olarak kabul edilir.

$$Q(i(m)) - Q(i') < 1/(n-1) \quad (7)$$

2.3 MOORA Yöntemi

Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis (MOORA) metodu, ilk olarak Brauers ve Zavadskas [33] tarafından geliştirilmiştir. Çok amaçlı optimizasyon

yon yöntemi olan MOORA, yeni bir yöntem olup, son yıllarda farklı alanlarda kullanılmıştır. Karar verme problemlerine destek olmak amacıyla farklı uygulamalar geliştirmede kullanılan bir yöntem olmuştur. MOORA ile yapılan çalışmalar sınırlı sayıda olup; özelleştirme [33], öğütme işleminde parametre optimizasyonu [34], çok kriterli değerlendirme [35], yol dizaynı optimizasyonu [36], bölgesel gelişim değerlendirmesi [37], üretim sistemlerinde karar verme [38], karar verme modellerinde aralık verilerinin değerlendirilmesi [39], personel seçimi [40] ve malzeme seçimi [41] problemlerinde kullanılmıştır. MOORA Oran yönteminin ilk adımında, farklı amaçlara karşılık gelen değerlerinden oluşan bir başlangıç matrisi (X) hazırlanır.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix}$$

Burada x_{ij} , i alternatifinin j . amaçtaki değerini göstermektedir. Sonraki adımda, Eşitlik (8) ile normalize edilmiş değerler (x'_{ij}) hesaplanır.

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{x_{ij}^2}} \quad (8)$$

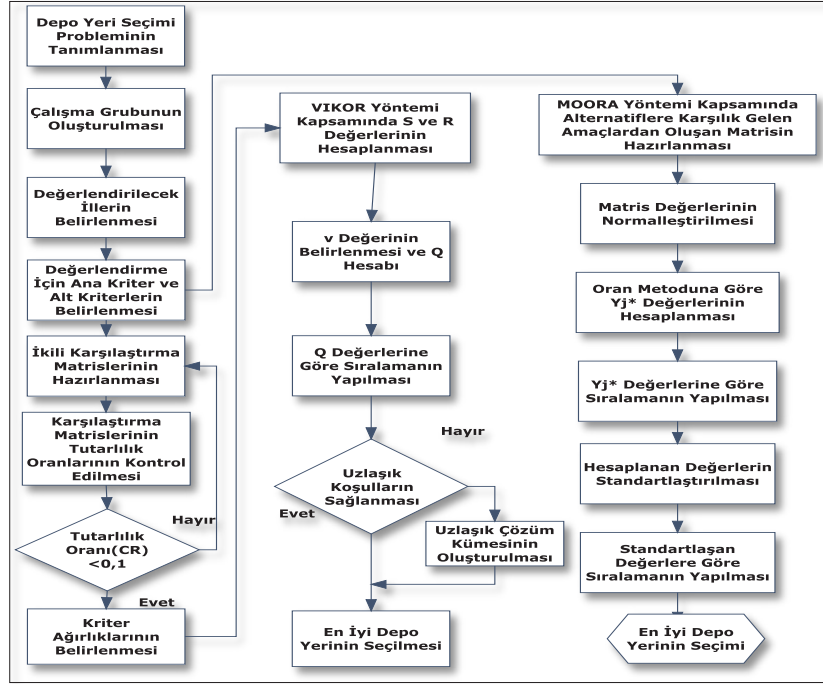
x'_{ij} değerleri 0,1 ya da -1,1 aralığında olabilir. x'_{ij} değerleri ile oluşturulan normalize edilmiş matris elde edildikten sonra amaçlar, minimizasyon ve maksimizasyon olarak belirlenir. Belirlenen bu değerler, y_j^* değerlerini (normalize edilmiş değerlendirme değerleri) hesaplamak için kullanılır. y_j^* değerleri hesaplanırken maksimizasyon değerlerinin toplamından minimizasyon değerlerinin toplamı çıkarılır (Eşitlik 9). Aşağıda formülü verilmiştir:

$$y_j^* = \sum_{i=1}^{i=k} x'_{ij} - \sum_{i=k+1}^{i=n} x'_{ij} \quad (9)$$

$i=1,2,\dots,k$: maksimize edilecek amaçları, $i=k+1,k+2,\dots,n$: minimize edilecek amaçları göstermektedir. Son aşamada, farklı türden verilerin karşılaştırılabilmesi için karekök veya logaritmik dönüşümler kullanılmaktadır.

3. AHP-VIKOR VE MOORA MODELİ

Yapılan çalışmanın bu bölümünde, depo yeri seçim karar mekanizması için adımlar belirlenmiş ve Şekil 2'deki akış şeması üzerinde yapılacak işler gösterilmiştir. Akış şemasından da görülebileceği gibi, problemin tanımı yapılarak, depo yeri seçim problemi, tüm işletmeler için artan rekabet koşullarıyla birlikte daha fazla önem kazanması ifade edilmiş ve bu problem üzerine odaklanılmıştır. Tanımlanan probleme uygun çalışma grubu oluşturulmuştur. Çalışma grubu, depo yeri seçimi konusunda bilgi sahibi bireylerden oluşturulmuştur. Daha sonra, yer seçim problemi için değerlendirilecek alternatifler belirlenerek, takip eden adımda alternatiflerin değerlendirilmesi için çalışmaya uygun ana ve alt kriterler belirlenmektedir. Bu ana ve alt kriterlerin belirlenmesinde de depo yeri seçimi konusunda uzman kişilerin yer alması gerekmektedir. Bu kriterler için tutarlı matrisler hazırlanarak kriter ağırlıkları hesaplanacak olup, kriter ağırlıkları VIKOR yönteminde kullanılmaktadır. VIKOR yönteminde uygulanan adımlarda kriter ağırlıkları kullanılarak uygun sıralama (başka bir deyişle ideal çözüm) bulunmaktadır. Modelde alternatif sıralamalar ise MOORA yöntemi kullanılarak elde edilmektedir. MOORA yöntemi için kriter ağırlıkları, belirleme aşamasına gelmeden, ilk 4 adım tamamlandıktan sonra amaç matrisinin oluşturulmasıyla başlamaktadır. MOORA yönteminde ise tüm amaçlar, dikkate ve değerlendirmeye alınmakta, alternatifler ve amaçlar arası tüm etkileşimler aynı anda değerlendirilmekte ve subjektif ağırlıklı normalize yerine objektif yönsüz değerler kullanılmaktadır. Modelin 5. adımında belirtilen İKM'lerin hazırlanması aşamasında da klasik ölçekler yerine gerçek veriler kullanılarak, hem ağırlık kullanılan ilk sıralama hem de ağırlık değerleri kullanılmayan MOORA yaklaşımının birbiriyle uzlaşık çözümler elde ettiği gözlenmektedir.



Şekil 2. Depo Yeri Seçim Modeli

4. GELİŞTİRİLEN MODELİN DEPO YERİ SEÇİM PROBLEMİNDE UYGULANMASI

4.1 Uygulamanın Çerçevesi

Öncelikle, problemin çözümünde karar verici olarak görev alacak takım oluşturulmuştur. Sektör deneyimi olan uzmanlardan oluşan gruba, araştırmada kullanılabilecek metotlar ve sayısal teknikler izah edilmiştir. Depo yeri seçiminde alternatif şehirler belirlenmiştir. Sonrasında, değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi sürecine geçilmiştir. Tespit edilen kriterlerin ağırlıklandırılmasında AHP yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen bu değerler, VIKOR yönteminde sıralama amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca MOORA yöntemi uygulanarak, iki farklı yöntemle yapılan sıralamalar kıyaslanarak en uygun depo yerleri belirlenmiştir. Uygulama, döküm sanayinde faaliyet gösteren 150.000 m² alan üzerinde 17.000 m² kapalı alana sahip, yıllık kapasitesi ortalama 25.000 ton olan büyük ölçekli bir işletmede gerçekleştirilmiştir. İşletmenin lojistik ve pazarlama faaliyetlerini geliştirmek amacıyla, kuracağı 3 adet depo yerinin belirlenen 11 alternatif

arasından hangilerinde kurulacağına dair karar verme problemi için yapılan uygulama adımları aşağıda açıklanmaktadır.

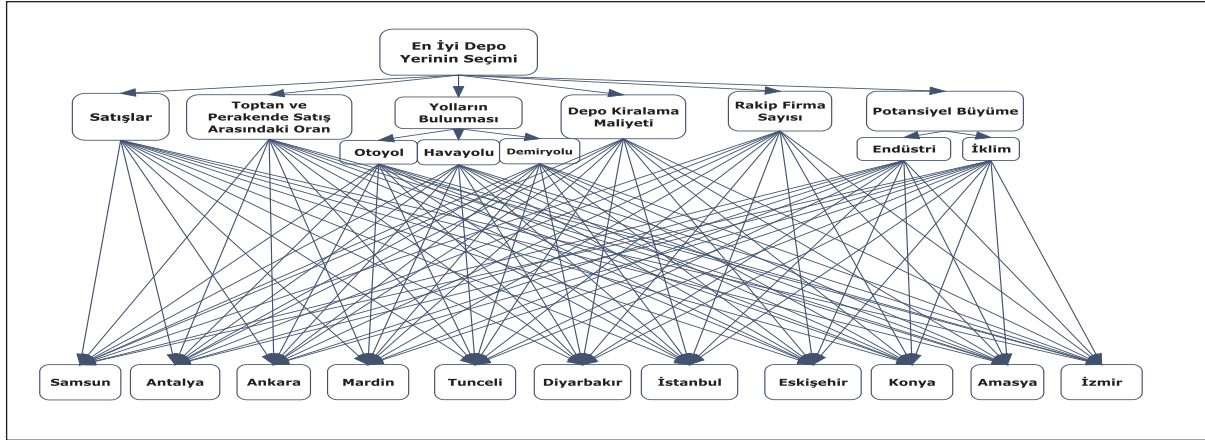
4.2 Uygulama Adımları

i. Problemin Tanımlanması: Ele alınan problem, yukarıda bilgileri verilen işletme için mevcut alternatif iller arasından en uygun depo yerini belirleyerek, işletmenin karar verme problemini çözmektir. Çalışmada 11 farklı il, tespit edilen kriterler kapsamında değerlendirilmiştir.

ii. Çalışma Grubunun Oluşturulması: Sektörel deneyimi olan uzmanlardan oluşan karar verme grubu oluşturulmuştur.

iii. Alternatiflerin Belirlenmesi: Değerlendirilecek iller, Samsun, Antalya, Konya, Ankara, Mardin, Diyarbakır, Eskişehir, İzmir, Tunceli, İstanbul ve Amasya olarak belirlenmiştir.

iv. Ana ve Alt Kriterlerin Belirlenmesi: Depo yeri seçimine yönelik kriterler oluşturulurken ilgili literatür ve karar verme grubunun görüşleri dikkate



Şekil 3. Kriterler ve Alternatiflerden Oluşan Hiyerarşi

alınmıştır. Çalışma kapsamında depo yeri seçimi için, 6 ana kriter ve 5 alt kriter belirlenmiştir. Problemin hiyerarşik yapısı Şekil 3'te gösterilmektedir.

v. AHP Uygulaması: AHP Uygulaması, Bölüm 2.1'de anlatılan adımlar takip edilerek ve Expert Choice 11.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Problem ve hiyerarşik yapı belirlendikten sonra, ana ve alt kriter ağırlıkları (Tablo 3) uzmanlara uygulanan anket verilerinden hareketle bulunmuştur. Kriter ağırlıklarını tespit etmek için değerlendirmelerin yapıldığı İKM'lerde farklı uzmanların görüşleri geometrik ortalama ile birleştirilmiştir. Bu ağırlıklar, VIKOR yönteminde S ve R değerlerinin (Eşitlik 3-4) belirlenmesinde kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan tüm İKM'lerin tutarlılık oranı 0,1'den küçüktür.

Tablo 3. Kriter Ağırlıkları

Kriterler	Önem Dereceleri
Satışlar	0,364
Toptan ve Perakende Satış Arasındaki Oran	0,179
Yolların Bulunması	0,178
Rakip Firmaların Bulunması	0,171
Depo Kiralama Maliyeti	0,065
Potansiyel Büyüme	0,043

Literatürdeki AHP uygulamalarında, genelde, Saaty [14] veya diğer bazı yazarlar tarafından ge-

liştirilen belli ve standart ölçekler kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise klasik ölçekler kullanmak yerine gerçek verilerin birbirine oranlanması yaklaşımı kullanılmıştır. Burada Expert Choice programının oranlama özelliği kullanılmıştır. Farklı türde verilerin değerlendirilebilmesi ve subjektif değerlendirmeler yerine objektif kıyaslamalar yapılması açısından bu yaklaşım faydalı olmuştur. AHP uygulamasının sonraki adımlarında her bir kritere göre alternatif değerlendirmeleri gerçekleştirilmiştir. Her bir kritere göre yapılan alternatif değerlendirmeleri sonucunda elde edilen alternatif ağırlık değerleri VIKOR yönteminde b_j değerleri olarak kullanılmaktadır. Çok kriterli modelde ilk kriter, satış hacimleridir (Tablo 4). Depo yeri seçimi için satışlar önemli bir kriterdir. Satışları fazla olan bir yere deponun kurulması, istenildiği zaman ürüne rahat ulaşabilme imkânı sağlar. Ayrıca satışların fazla olduğu yerde kurulan bir depo, taşıma kapasite kullanım oranının artırarak işletmeye taşıma maliyetlerinde önemli avantajlar sağlar.

Modelde 2. kriter olan toptan ve perakende satış oran verileri Tablo 5'te gösterilmektedir. Bu veriler de yukarıda anlatılan ilk kriterde olduğu gibi, verilerin birbirine oranlanması ile ağırlıklar elde edilmiştir.

Depo yeri seçiminde ulaşım koşulları önemli bir faktördür. Depodaki malların istenilen yerlere dağıtılmasında ulaşımın kolay olması işletmelere avantaj sağlamaktadır. Ulaşım faktörü, ilgili alternatifte otoban

Tablo 4. 1 Kriter (Satış Verileri)

ŞEHİRLER	SAMSUN	ANTALYA	KONYA	ESKİŞEHİR	İSTANBUL	AMASYA	DİYARBAKIR	MARDİN	TUNCELİ	ANKARA	İZMİR
%	29	8	1	3	3	16	4	3	13	19	1

Tablo 5. 2 Kriter (Toptan ve Perakende Satış Arasındaki Oran Verileri)

ŞEHİRLER	SAMSUN	ANTALYA	KONYA	ESKİŞEHİR	İSTANBUL	AMASYA	DİYARBAKIR	MARDİN	TUNCELİ	ANKARA	İZMİR
ORAN	1,26	1,04	1,48	0,74	0,79	1,32	0,81	0,81	0,95	0,80	0,90

ile ulaşım (Tablo 6), havaalanı bulunması (Tablo 7) ve demiryolunun bulunması (Tablo 8) olarak üç ayrı biçimde incelenmiş; Şekil 4'te görüldüğü gibi her bir alternatif yola göre İKM'inde 1, 2 veya 3 puan olarak değerlendirilmiştir. Örneğin İstanbul'a ulaşım 3 ayrı yolla da mümkün olduğu için İstanbul, bu kriter de-

ğerlendirilmesinde Ankara ve İzmir'e de 3 ayrı yolun bulunması nedeni ile eşit pozisyonda (1 puan), diğer alternatiflere göre üstün (3 puan) pozisyonundadır. Dolayısıyla 3. kriter için kıyaslama, ilk iki kriter için yapılan oran kıyaslamasında farklı olarak ele alınmıştır. (Tablo 6, 7, 8)

Tablo 6. Otoyol Verileri

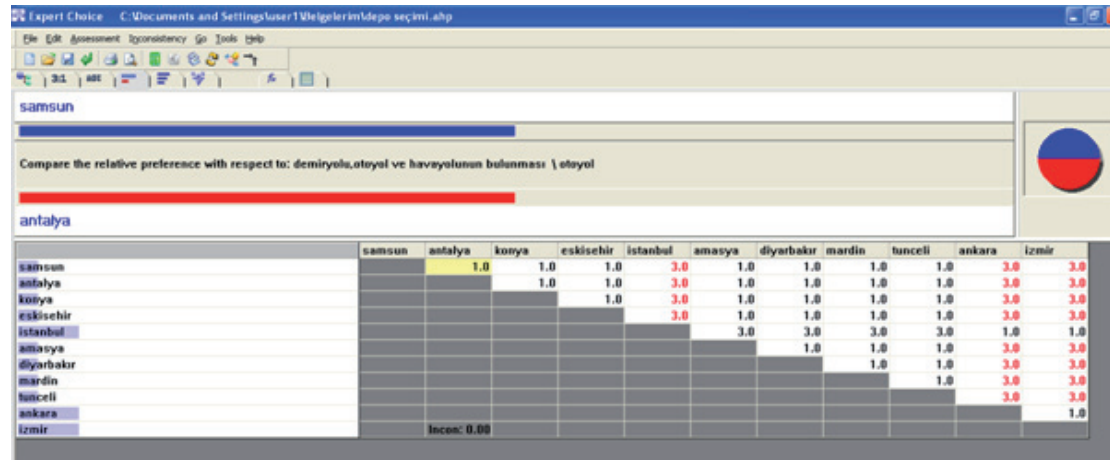
ŞEHİRLER	SAMSUN	ANTALYA	KONYA	ESKİŞEHİR	İSTANBUL	AMASYA	DİYARBAKIR	MARDİN	TUNCELİ	ANKARA	İZMİR
OTOYOL					X					X	X

Tablo 7. Havayolu Verileri

ŞEHİRLER	SAMSUN	ANTALYA	KONYA	ESKİŞEHİR	İSTANBUL	AMASYA	DİYARBAKIR	MARDİN	TUNCELİ	ANKARA	İZMİR
HAVAYOLU	X	X	X	X	X		X	X		X	X

Tablo 8. Demiryolu Verileri

ŞEHİRLER	SAMSUN	ANTALYA	KONYA	ESKİŞEHİR	İSTANBUL	AMASYA	DİYARBAKIR	MARDİN	TUNCELİ	ANKARA	İZMİR
DEMİRYOLU	X		X	X	X	X	X	X		X	X

**Şekil 4.** Ulaşım Kriterinin Alternatiflere Göre Değerlendirilmesi

4. kriter, depo kiralama maliyetleridir. İşletmeler için maliyetleri minimize etmek ve karı arttırmak da her zaman ana hedeflerden biri olmuştur. Tablo 9’da depo kiralama maliyetlerinin illere göre yüzde değerleri görülmektedir. Bu kriter için İKM’ler ters orantı kullanılarak oluşturulmuştur. Kiralama maliyeti düşük olan alternatif, diğerine göre daha üstündür. Örneğin Konya’nın bu kriter açısından İstanbul alternatifine üstünlüğü $(1/6,5)/(1/16,5) = 2,54$ olarak belirlenmiştir.

5. kriter, rakip firma sayılarıdır (Tablo 10). Burada rakip firma sayısı az olan iller baskın olacak şekilde İKM’ler oluşturulmuştur. Toplam rakip sayıları ters orantılı olarak değerlendirilmiştir. Örneğin bu kriter için Amasya’nın Antalya alternatifine üstünlüğü 3’tür.

Hiyerarşik modeldeki son kriter, potansiyel büyüme olup, endüstri (Tablo 11) ve iklim (Tablo 12) olarak iki alt kriter ile ifade edilmektedir. Tablo 11’de döküm endüstrisinin üretim hacimlerinin alternatiflere göre yüzde dağılımları gösterilmektedir. Bu alt kriter için İKM’ler oluşturulurken, 4. kriterde (depo kiralama maliyetleri) olduğu gibi ters orantı yaklaşımı kulla-

nılmış; üretim hacmi düşük olan bölgeler, depo yeri seçimi için daha avantajlı olarak değerlendirilmiştir.

Son kritere ait iklim alt kriterinin değerlendirilmesinde ise işletme tarafından iklim koşullarının değerlendirilmesine ait öncelik puanları Tablo 12’de yer aldığı gibi yüzdesel olarak verilmiş olup, bu veriler, birbirlerine oranlanarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur.

Uygulamanın bu adımında AHP uygulaması tamamlanmış olup, sonraki adımda ise AHP yöntemi ile elde edilen sonuçlar (kriter ve alternatif ağırlıkları) VIKOR yönteminin girdileri olarak kullanılmaktadır.

vi. VIKOR Uygulaması

1. Adım: VIKOR Yönteminde Kullanılacak Verilerin Belirlenmesi: VIKOR yönteminin uygulanmasında ilk adım, verilerin belirlenmesidir. Tablo 13’te AHP yöntemi ile elde edilen ağırlıklar, VIKOR modelinin girdileri olarak kullanılmıştır. Aşağıdaki kriterler, sırasıyla satışlar (K1), toptan ve perakende satış arasındaki oran (K2), yolların bulunması (K3), depo kiralama

Tablo 9. 4. Kriter (Depo Kiralama Maliyeti Verileri)

ŞEHİRLER	SAMSUN	ANTALYA	KONYA	ESKİŞEHİR	İSTANBUL	AMASYA	DİYARBAKIR	MARDİN	TUNCELİ	ANKARA	İZMİR
%	5,5	22	6,5	6,5	16,5	4,1	4,4	3,5	3,5	11	16,5

Tablo 10. 5. Kriter (Rakip Firma Sayıları)

ŞEHİRLER	SAMSUN	ANTALYA	KONYA	ESKİŞEHİR	İSTANBUL	AMASYA	DİYARBAKIR	MARDİN	TUNCELİ	ANKARA	İZMİR
1	X	X	X		X	X		X		X	
2		X	X	X	X					X	X
3		X	X	X	X		X	X	X	X	X

Tablo 11. Endüstri Verileri

ŞEHİRLER	SAMSUN	ANTALYA	KONYA	ESKİŞEHİR	İSTANBUL	AMASYA	DİYARBAKIR	MARDİN	TUNCELİ	ANKARA	İZMİR
%	4	3	6	5	59	1	2	1	1	10	8

Tablo 12. İklim Verileri

ŞEHİRLER	SAMSUN	ANTALYA	KONYA	ESKİŞEHİR	İSTANBUL	AMASYA	DİYARBAKIR	MARDİN	TUNCELİ	ANKARA	İZMİR
%	4	15	10	9	6	3	15	12	6	6	15

Tablo 13. Depo Yeri Seçimine ait Veriler

Alternatif/ Kriter	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Samsun	0,29	0,12	0,10	0,15	0,06	0,11
Antalya	0,08	0,10	0,05	0,05	0,22	0,04
Konya	0,01	0,14	0,10	0,05	0,07	0,06
Eskişehir	0,03	0,07	0,10	0,08	0,07	0,06
İstanbul	0,03	0,07	0,12	0,05	0,17	0,29
Amasya	0,16	0,12	0,08	0,15	0,04	0,11
Diyarbakır	0,04	0,07	0,10	0,15	0,04	0,03
Mardin	0,03	0,07	0,10	0,08	0,04	0,04
Tunceli	0,13	0,09	0,04	0,15	0,04	0,08
Ankara	0,19	0,07	0,12	0,05	0,11	0,12
İzmir	0,01	0,08	0,12	0,08	0,17	0,06
Toplam	1	1	1	1	1	1

maliyeti (K4), rakip firma sayısı (K5) ve potansiyel büyümedir (K6).

2. Adım: Her Bir Kriter İçin En İyi ve En Kötü Değerlerin Tespit Edilmesi: İkinci adımda tüm performans ölçme birimlerinin her bir kriter kapsamındaki değerler için en iyi (b_j^+) ve en kötü (b_j^-) değerleri (Eşitlik 1, 2) tespit edilmiştir.

3. Adım: S ve R Değerlerinin Hesaplanması: S ve R değerleri (Eşitlik 3, 4) hesaplanırken AHP yöntemi ile bulunan kriter ağırlıkları kullanılmıştır. S ve R değerleri, sonraki adımda Q değerlerini bulmak ve uzlaşık koşulların sağlanıp sağlanmadığını test etmek için kullanılmıştır.

4. Adım: Q Değerlerinin Hesaplanması: S ve R değerleri bulunduğundan sonra, bulunan bu değerlerin birbirine oranlanarak toplanması sonucu Q değerlerine (Eşitlik 5) ulaşılır. Bu adımda kullanılan v değeri (Eşitlik 5) uzmanlarca 0,5 olarak belirlenmiştir.

5. Adım: S, R ve Q Değerlerine Göre Sıralamanın Bulunması: Yukarıda bulunan S, R ve Q değerlerinin küçükten büyüğe doğru sıralanmasıyla elde edilen sonuç, Tablo 14'te gösterilmektedir. Bu tabloda alternatif illerin sıralanması görülmektedir.

6. Adım: Uzlaşık Koşulların Sağlanması: Elde edilen sonucun geçerli kabul edilebilmesi için iki koşul sağlanmalıdır.

1. koşul: $Q(P2) - Q(P1) \geq D(Q)$

2. koşul: En iyi Q değerine sahip P1 alternatifi, S ve R değerlerinin en az bir tanesinde en iyi skoru elde etmiş olmalıdır.

1. koşul:

$Q(0,345) - Q(0) \geq 1/10 \longrightarrow$ Samsun
 $Q(0,479) - Q(0,345) \geq 1/10 \longrightarrow$ Amasya
 $Q(0,609) - Q(0,479) \geq 1/10 \longrightarrow$ Ankara
 $Q(0,826) - Q(0,609) \geq 1/10 \longrightarrow$ Tunceli

2. koşul: Samsun, Ankara, Amasya ve Tunceli alternatifleri S ve R değerlerinin sıralamalarının her ikisinde de bulunmaktadır.

vii. MOORA Uygulaması: Uygulamanın son aşamasında ise MOORA yöntemi, yukarıda anlatılan AHP-VIKOR yaklaşımında alternatif bir çözüm olarak üretilmiş ve aynı problem için çok amaçlı bir optimizasyon yaklaşımının çok ölçütlü yöntemlerle incelenen duruma göre karşılaştırılması sağlanmıştır.

1. Adım (MOORA): Başlangıç Matrisinin Oluşturulması: MOORA yönteminin ilk adımında kullanılan Başlangıç Matrisi, VIKOR yönteminin ilk adımında kullanılan veri tablosu ile aynıdır (Tablo 13).

2. Adım (MOORA): Matris Değerlerinin Normalleştirilmesi: Başlangıç matris değerlerinin karesi alınarak toplamları bulunur. Bulunan toplamların ka-

rekökü alınarak yöntemin normalleştirme formülüne göre (Eşitlik 7) hesaplamalar yapılır.

3. Adım (MOORA): Y_j^* Değerlerine Göre Sıralamanın Yapılması: Y_j^* değerleri, normalleştirilmiş matris değerleri tablosundaki maksimum değerlerin toplamından minimum değerlerin toplamının çıkarılmasıyla bulunmuştur (Eşitlik 8).

4. Adım (MOORA): Hesaplanan Değerlerin Standartlaştırılması: MOORA yönteminin uygulanmasında, son adımda, karekök ve logaritmik dönüşümler kullanılarak 3 ayrı alternatif sıralama elde edilmiştir (Tablo 14). Karekök dönüşümü için başlangıç matrisinin karekök değerleri kullanılmıştır. Logaritmik dönüşüm için başlangıç matrisinin logaritmasının alınmasıyla elde edilen değerler kullanılmıştır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, depo yeri seçimine karar verme konusunda yöneticilere destek olacak yeni bir model geliştirilmiştir. Uzman görüşlerine göre belirlenen seçim kriterlerinin ağırlıklandırılmasında AHP tekniği kullanılmıştır. Alternatiflerin sıralandırılması için ise çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan VIKOR ve çok amaçlı optimizasyon yöntemlerinden biri olan MOORA yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, alternatif depo yerleri için iki ayrı model kurulmuş olup, iki ayrı sonuç üretilmiştir.

Belirlenen kriterlere göre, her iki model ile yapılan sıralamalarda en iyi depo yeri Samsun ili olarak bulunmuştur. Sırasıyla, diğer en iyi iki depo yeri Amasya ve Ankara olarak bulunmuştur. Uygulama sonuçları Tablo 14 ve 15'te gösterilmektedir. Tablo 14'te her iki modele göre bulunan sıralamalar, Tablo 15'te ise öncelik derecelerine göre alternatiflerin sırası yer almaktadır. Uygulama sonuçlarına göre Samsun, Ankara ve Amasya illerinde depo kurulması kararı alınmış ve uygulamaya geçirilmiştir.

Çalışmamızda çok amaçlı bir optimizasyon yöntemi olan MOORA yöntemi depo yer seçimi problemi

için kullanılmıştır [42]. MOORA yöntemiyle yapılan çalışmada 3 farklı sıralama bulunmuştur. Orijinal, karekök ve logaritmik dönüşüme göre yapılan sıralamalarda en iyi alternatif Samsun ili olarak bulunmuştur. MOORA yönteminin karekök ve logaritmik dönüşümleri ilk 3 alternatif depo yeri için VIKOR yöntemi ile aynı sonuçları üretmiştir.

Çalışmadaki diğer önemli bir bulgu ise çok kriterli karar verme yöntemlerinde kriter ve alternatif kıyaslamaları için gerçek verilerin birbirine oranlanması yaklaşımının, çok amaçlı optimizasyon yöntemiyle aynı sonuçların elde edilmesini sağlamasıdır. Burada, çok ölçütlü karar verme yöntemlerindeki subjektiflik azaltılmış, kesin verilere dayanan kıyaslamalar yapılmıştır.

Tablo 14. Alternatiflerin Sıralanması

Sıralama	AHP-VIKOR	MOORA		
		Orijinal Sıralama (1)	Karekök (2)	Logaritmik (3)
1	Samsun	Samsun	Samsun	Samsun
2	Amasya	Ankara	Ankara	Ankara
3	Ankara	Konya	Amasya	Amasya
4	Tunceli	Amasya	Mardin	Mardin
5	Antalya	Mardin	Konya	Diyarbakır
6	Diyarbakır	Eskişehir	Diyarbakır	Antalya
7	İstanbul	Diyarbakır	Tunceli	Tunceli
8	İzmir	Tunceli	Eskişehir	Konya
9	Konya	Antalya	Antalya	Eskişehir
10	Mardin	İzmir	İzmir	İzmir
11	Eskişehir	İstanbul	İstanbul	İstanbul

Tablo 15. Alternatiflerin Öncelikleri

Alternatif i	AHP-VIKOR	MOORA		
		(1)	(2)	(3)
Samsun	1	1	1	1
Ankara	3	2	2	2
Amasya	2	4	3	3
Tunceli	4	8	7	7
Antalya	5	9	9	6
Diyarbakır	6	7	6	5
İstanbul	7	11	11	11
İzmir	8	10	10	10
Konya	9	3	5	8
Mardin	10	5	4	4
Eskişehir	11	6	8	9

Bu çalışmada geliştirilen bütünleşik karar verme yöntemi, işletmelerde birçok karar probleminin çözümünde kullanılabilir. Gelecek çalışmalarda farklı türdeki karar verme problemleri üzerine uygulama geliştirilmesi planlanmaktadır. Ayrıca ikili karşılaştırma matrislerinde kullanılan ve kesin verilere dayanan oranlama yöntemiyle ilgili farklı yaklaşımlar geliştirme üzerine çalışmalar sürdürülmektedir.

KAYNAKÇA

1. **Weber, A.** 1929. *Theory of The Location of Industries*, (translated by Carl J. Friedrich.) The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, U.S.A.
2. **Fulton, M.** 1971. "New Factors in Plant Location," *Harvard Business Review*, 6 (5), p. 4-11.
3. **Gürdal, S.** 1984. "Fiziksel Dağıtım İşlevi Olarak Depolama ve Depo Yeri Seçimi ve Türk İçki Sanayinde Uygulama," Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
4. **Francis, R. L., Mc Ginnis, Jr., White, J. A.** 1998. *Facility Layout and Location: An Analytical Approach*, Prentice Hall, New Jersey, USA.
5. **Korpela, J., Lehmusvaara, A.** 1999. "A Customer Oriented Approach to Warehouse Network Evaluation and Design," *International Journal of Production Economics*, vol. 59, p. 135-146.
6. **Kahraman, C., Ruan, D., Doğan, I.** 2003. "Fuzzy Group Decision-Making for Facility Location Selection," *Information Sciences*, vol. 157, p. 135-153.
7. **Korpela, J., Tuominen, M.** 1996. "A Decision Aid in Warehouse Site Selection," *International Journal of Production Economics*, vol. 45, issues 1-3, p. 169-180.
8. **Vlachopoulou, M., Silleos, G., Manthou, V.** 2001. "Geographic Information Systems in Warehouse Site Selection Decisions," *International Journal of Production Economics*, vol. 71, issues 1-3, p. 205-212.
9. **Colson, G., Dorigo, F.** 2004. "A Public Warehouses Selection Support System," *European Journal of Operational Research*, vol. 153, issue 2, p. 332-349.
10. **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*, vol.4, no.7, p. 71-75.
11. **Birsel, A., Cerit, A. G.** 2009. "Lojistik İşletmelerinin Kuruluş Yeri Seçiminde Arazi Faktörü," *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik İşletmeleri Ana Bilim Dalı*, İzmir, Türkiye.
12. **Demirel, T., Demirel, N. Ç., Kahraman C.** 2010. "Multi-Criteria Warehouse Location Selection Using Choquet İntegral," *Expert Systems with Applications*, vol. 37, p. 3943-3952.
13. **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*, vol. 38, p. 9773-9779.
14. **Saaty, T. L.** 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
15. **Opricovic, S., Tzeng, G. H.** 2004. "Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS," *European Journal of Operational Research*, vol. 156, p. 445-455.
16. **Tzeng, G. H., Lin, C. W., Opricovic, S.** 2005. "Multi-Criteria Analysis of Alternative-Fuel Buses for Public Transportation," *Energy Policy*, vol. 33, p. 1373-1383.
17. **Chu, M. T., Shyu, J., Tzeng, G. H., Khosla, R.** 2007. "Comparison Among Three Analytical Methods for Knowledge Communities Group-Decision Analysis," *Expert Systems with Applications*, vol. 33, p. 1011-1024.
18. **Yücenur, N., Demirel, N. Ç.** 2012. "Group Decision Making Process for Insurance Company Selection Problem with Extended VIKOR Method under Fuzzy Environment," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, issue 3, p. 3702-3707.
19. **Tong, L. I., Chen, C. C., Wang, C. H.** 2007. "Optimization of Multi-Response Processes Using the VIKOR Method," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 31, p. 1049-1057.
20. **Liu, C. H., Tzeng, G. H., Lee, M. H.** 2012. "Improving Tourism Policy Implementation – The Use of Hybrid MCDM Models," *Tourism Management*, vol. 33, issue 2, p. 413-426.
21. **Büyüközkan, G., Ruan, D.** 2008. "Evaluation of Software Development Projects Using Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach," *Mathematics and Computers in Simulations*, vol. 77 (5-6), p. 464-475.
22. **Büyüközkan, G., Feyzioğlu, O.** 2008. "Evaluation of Suppliers' Environmental Management Performances by a Fuzzy Compromise Ranking Technique," *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing*, vol. 14 (3-5), p. 309-324.
23. **Shemshadi, A., Shirazi H., Toreihi, M., Tarokh, M. J.** 2011. "A Fuzzy VIKOR Method for Supplier Selection Based on Entropy Measure for Objective Weighting,"

- Expert Systems with Applications, vol. 38, issue 10, p. 12160-12167.
24. **Hsu, C. H., Wang, F. K., Tzeng, G. H.** 2012. "The Best Vendor Selection for Conducting the Recycled Material Based on a Hybrid MCDM Model Combining DANP with VIKOR," Resources, Conservation and Recycling, in Press, Corrected Proof, Available online 29 March 2012.
 25. **Ertuğrul, İ., Karakaşoğlu, N.** 2009. "Banka Şube Performanslarının Vikor Yöntemi ile Değerlendirilmesi," Endüstri Mühendisliği Dergisi, C. 20, S. 1, s. 19-28.
 26. **Opricovic, S.** 2011. "Fuzzy VIKOR with an Application to Water Resources Planning," Expert Systems with Applications, vol. 38, issue 10, p. 12983-12990.
 27. **Devi, K.** 2011. "Extension of VIKOR Method in Intuitionistic Fuzzy Environment for Robot Selection," Expert Systems with Applications, vol. 38, issue 11, p. 14163-14168.
 28. **Jahan, A., Mustapha, F., Ismail, M. D., Sapuan, S. M., Bahraminasab, M.** 2011. "A comprehensive VIKOR Method for Material Selection," Materials & Design, vol. 32, issue 3, p. 1215-1221.
 29. **Bahraminasab, M., Jahan, A.** 2011. "Material Selection for Femoral Component of Total Knee Replacement Using Comprehensive VIKOR," Materials & Design, vol. 32, issues 8-9, p. 4471-4477.
 30. **Liou, J., Tsai, C. H., Lin, R. H., Tzeng, G. H.** 2011. "A Modified VIKOR Multiple-Criteria Decision Method for Improving Domestic Airlines Service Quality," Journal of Air Transport Management, vol. 17, issue 2, p. 57-61.
 31. **Liu, H. C., Liu, L., Liu, N., Mao, L. X.** 2012. "Risk Evaluation in Failure Mode and Effects Analysis with Extended VIKOR Method under Fuzzy Environment," Expert Systems with Applications, in Press, Corrected Proof, Available online 1 June 2012.
 32. **Opricovic, S., Tzeng, G. H.** 2007. "Extended VIKOR Method in Comparison with Other Outranking Methods," European Journal of Operational Research, vol. 178, p. 514-529.
 33. **Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K.** 2006. "The MOORA Method and its Application to Privatization in a Transition Economy," Control and Cybernetics, Systems Research Institute of the Polish Academy of Sciences, vol. 35 (2), p. 445-469.
 34. **Gadakh., V. S.** 2011. "Application of MOORA Method for Parametric Optimization of Milling Process," International Journal of Applied Engineering Research, vol. 1, no. 4.
 35. **Ersöz, F., Atav, A.** 2011. "Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde MOORA Yöntemi," KHO Savunma Bilimleri Enstitüsü Harekat Araştırması.
 36. **Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K., Peldschus, F., Turskis, Z.** 2008. "Multi-Objective Optimization of Road Design Alternatives with an Application of the MOORA Method," ISRARC.
 37. **Brauers, W. K. M., Ginevičius, R., Podvezko, V.** 2010. "Regional Development in Lithuania Considering Multiple Objectives by the MOORA Method," Technological and Economic Development of Economy, vol. 16 (4), p. 613-640.
 38. **Chakraborty, S.** 2011. "Applications of the MOORA Method for Decision Making in Manufacturing Environment," The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 54, no. 9-12, p. 1155-1166.
 39. **Stanujkic, D., Magdalinovic, N., Stojanovic, S., Jovanovic, R.** 2012. "Extension of Ratio System Part of MOORA Method for Solving Decision-Making Problems with Interval Data," INFORMATICA, vol. 23, no. 1, p. 141-154.
 40. **Baležentis, A., Baležentis, T., Brauers, W. K. M.** 2012. "Personnel Selection Based on Computing with Words and Fuzzy MULTIMOORA," Expert Systems with Applications, vol. 39, issue 9, p. 7961-7967.
 41. **Karande, P., Chakraborty, S.** 2012. "Application of Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA) Method for Materials Selection," Materials and Design, vol. 37. p. 317-324.
 42. **Dey B., Bairagi B., Sarkar B., Sanyal S.** 2012. "A MOORA based fuzzy multi-criteria decision making approach for supply chain strategy selection," International Journal of Industrial Engineering Computations, vol.3, p. 649-662.