

SWARA-MOORA Yöntemi ile Depolama Sistemi Seçimi

Melek IŞIK^{1,a}, Kübra BOLAHATOĞLU^{1,b}

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana

^aORCID: 0000-0001-6078-7026; ^bORCID: 0009-0005-7763-4073

Makale Bilgileri

Geliş : 26.07.2024

Kabul : 25.03.2025

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1665844

Sorumlu Yazar

Melek IŞIK

demirtasm@cu.edu.tr

Anahtar Kelimeler

Depolama sistemleri

ÇKKV

SWARA

MOORA

Atf şekli: IŞIK, M., BOLAHATOĞLU, K., (2025). SWARA-MOORA Yöntemi ile Depolama Sistemi Seçimi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 40(1), 69-77.

ÖZ

Depolama sistemleri, tedarik ve lojistik faaliyetlerinin ilerlemesinde büyük bir paya sahiptir. Hem üretim yapılan alanlarda hem üretim sonrasında etkin olarak kullanılan depolama sistemi faaliyetleri maliyetlerin düşürülmesinde ve verimlilik artışı yaşanmasında önemli rol oynamaktadır. Bu durum mamullerin özelliklerine ve muhafaza edileceği şartlara uygun depolama sisteminin seçimiyle mümkündür. Yapılan çalışmada bir işletmede nihai ürün için uygun muhafaza şartlarının oluşturulması ve ürün takibinin sağlanabilmesi için ideal depolama sisteminin seçimi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda öncelikle istenen kriterler belirlenmiş ve çok-kriterli karar-verme (ÇKKV) yöntemlerinden Kademeli Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi (SWARA) yöntemi kullanılarak bu kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Sonrasında uygun depolama sistemi için alternatifler belirlenmiş ve ÇKKV yöntemlerinden Oran Analizine Dayalı Çok Amaçlı Optimizasyon (MOORA) yöntemi yaklaşımları kullanılarak alternatiflerin sıralanması ve ideal olanın seçilmesi işlemleri yapılmıştır. Birim Yük Otomatik Depolama ve Çekme Sistemi (OD/ÇS) tüm yaklaşımlarda en ideal depolama sistemi olarak seçilmiştir.

Selection of a Warehouse System Using the SWARA-MOORA Method

Article Info

Received : 26.07.2024

Accepted : 25.03.2025

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1665844

Corresponding Author

Melek IŞIK

demirtasm@cu.edu.tr

Keywords

Warehouse systems

MCDM

SWARA

MOORA

How to cite: IŞIK, M., BOLAHATOĞLU, K., (2025). Selection of a Warehouse System Using the SWARA-MOORA Method. Cukurova University, Journal of the Faculty of Engineering, 40(1), 69-77.

ABSTRACT

Warehouse systems have a great share supply and logistics activities. Warehouse system activities, which are used effectively both in the production areas and after production, play an important role in reducing costs and increasing productivity. This is possible selection of a warehouse system suitable for the characteristics of the finished products and the conditions in which they will be stored. In the study, it was aimed to investigate appropriate warehouse conditions for the final product in an enterprise and to select the ideal warehouse system to ensure product tracking. In this direction, the desired criteria were determined first and the weights of these criteria were calculated using the Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) method, one of the multi-criteria decision-making (MCDM) methods. Afterwards, alternatives for the appropriate warehouse system were determined and sorting of alternatives and selecting the ideal one were carried out using Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis (MOORA) method approaches from the MCDM. Unit Load Automated Storage and Retrieval System (AS/RS) has been chosen as the most ideal storage system in all approaches.

1. GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada çok sayıda işletme bulunmaktadır. İşletmeler faaliyetlerini sürdürebilmek ve var olabilmek için diğer işletmelerle rekabet etmek zorundadırlar. En az olumsuzlukla üretime devam edebilmeleri için hammaddenin işletmeye gelişinden nihai ürünün müşteriye ulaşmasına kadar olan tüm sistemler büyük önem taşımaktadır.

Tedarik zinciri ve lojistik süreçler kapsamında depolama aktiviteleri büyük önem gerektiren aktivitelerden biri olarak kabul edilmektedir. Tedarik zinciri; parçaları, hammaddeleri ve alt montajları nihai ürünlere dönüştürmek ve son kullanıcıya ulaştırmak için tedarikçilerin, üreticilerin, depoların, distribütörlerin ve perakendecilerin entegre olmasıdır [1].

Günümüzde lojistik terimi en geniş anlamıyla hammadde kaynağından ürünün tüketiminin son noktasına kadar üretim dışındaki her türlü mal, hizmet ve bilgi akışı faaliyetlerini kapsamaktadır. Ayrıca, lojistik kavramı içerisinde her çeşit bilimsel araştırma konusunu, pek çok araç teknik ve stratejik etkinlikleri barındırmaktadır [2]. Lojistik faaliyetlerin esasını mamul, yarı mamul ve hammadde hareketliliği bir başka ifade ile taşıma operasyonları oluşturur. Bu hareketliliğin durduğu yerlere depo, stok alanı, dağıtım merkezi, antrepo, ambar, aktarma merkezi, transfer merkezi gibi isimler verilmektedir [3].

Depolama sistemleri, lojistik faaliyetlerin ve tedarik zincirinin önemli bir halkasını oluşturmaktadır. Malzeme ve bilgi akışını sağlıklı şekilde sürdürerek üretim ve dağıtım dengesini sağlamakta doğru depolama sisteminin seçimi büyük önem arz etmektedir. Depolama sistemleri kullanım alanlarına göre değişkenlik gösterse de bu çalışmada, tek paletli raf sistemi, sırt sırta raflar, birim yük OD/ÇS ve derin OD/ÇS olarak belirlenmiştir. OD/ÇS sistemleri bilgisayar desteğinin alındığı sistemlerdir.

Depolar, ürünlerin dağıtımını esnasında kullanılan geçici yığın merkezleridir. Depolar, tedarik zincirlerinin belirlenen amaçlar doğrultusunda işleminde ve lojistik faaliyetlerinin aktif olarak sürdürülmesinde önemli rol oynarlar. Depolar, üretim yapılan tesislerin içinde ya da yanında olabileceği gibi ayrı hususi olarak inşa edilmiş yapılar halinde de olabilirler [4]. Depolama aktiviteleri, hammaddenin temininden üretim süreçlerine dahil olmasına, süreçlerden çıktı olarak ortaya çıkan ürünlerin müşterilere arz edilmesine kadar gerçekleşen bir dizi aşamayı kapsayan faaliyetlerdir. Küreselleşmenin etkisiyle depo faaliyetleri piyasada maliyet kalemi olmaktan ziyade karlılığa etki eden önemli bir faktör haline gelmiştir [5]. Bu aşamada bir deponun verimli ve etkin bir şekilde çalışabilmesi, işletmelerde ürüne uygun seçilen depolama sistemine ve bu sistemin etkin kullanımına bağlıdır. Uygun depolama sistemine karar vermek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

Yılmaz [6], çalışmasında OD/ÇS seçiminde ÇKKV metotlarından Gerçekliği Yansıtan Eleme ve Seçim (ELECTRE) ve İdeal Çözüme Benzerlik. Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (TOPSIS) yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmasında üç adet alternatif ve üç adet kriter kullanmıştır. Kriterleri verimlilik, ilk yatırım maliyeti ve gerekli depo alanı olarak belirtmişlerdir. Triantaphyllou'nun [7] çok sayıda alternatif ve az sayıda kriterin bulunduğu koşullarda ELECTRE'nin etkili olduğunu aktarmıştır. İkinci aşamada TOPSIS yöntemiyle ise en iyi alternatifin seçilmesinde başarıya ulaştığını belirtmiştir. Aktepe ve Ersöz [8], çalışmalarındaki depo yeri seçim modelini, mamullerin dağıtım ağı verimliliğini artırmak ve lojistik maliyetlerini en aza indirmek amacıyla tasarlamışlardır. Depo seçim problemi doğrultusunda Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), VlseKriterijuska Optimizacija I Komoromisno Resenje (VIKOR) ve MOORA yöntemi olmak üzere 3 ayrı yöntemden faydalanmışlardır. AHP metodu ile kriterleri ağırlıklandırıp, VIKOR ve MOORA metodları ile alternatiflerin sıralamasını yapmışlardır. Karmaker ve Saha [9], depo yer seçim probleminin kriterlerini incelemişlerdir. AHP yöntemini kullanarak sektör ağırlıklarını belirlemişlerdir. TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemleri ile karşılaştırmalı olarak uygun alternatifleri sıralamışlardır. Öztürkoğlu [10], birim yüklü depoların koridor tasarımlarının çoğunun deponun alt kısmında merkezi olarak konumlanan tek bir giriş/çıkış noktasından gelen komutla ilerlediğini söylemiştir ve çalışmasında değişen sayıda giriş/çıkış noktasının hem düzen hem de mesafe üzerindeki etkisini araştırmıştır. Sayın ve Maden [11], otomotiv yedek parça satışı gerçekleştiren bir işletmede analizler yaparak depolama ve depo tasarımının önemini ve işletme verimliliği üzerindeki payını incelemişlerdir. Firmada %52,5 oranında depolama alanı kullanıldığını geriye kalan alanların ise istifleme araçlarının hareketi için ayrıldığını söylemişlerdir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde oto cam sektöründe depolama sistem seçimine çok rastlanmamıştır. ÇKKV yöntemleri ile bu sektör için seçim yapılmıştır.

Bu çalışmada, oto cam üreten bir işletmede bitmiş mamul için kullanılacak uygun depolama sisteminin seçilmesi amaçlanmıştır. Böylece hem işletme içindeki alan etkin bir şekilde kullanılmış olacak hem de mamul takibi kolaylıkla yapılabilecektir. Bu kapsamda ilk olarak bir malzeme taşıma sisteminin seçiminde dikkate alınan kriterler belirlenmiş, işletme koşullarına ve mamule uygun olarak belirlenen dört farklı depolama sistemi alternatifi arasından ÇKKV yöntemlerinden SWARA metodu ile kriter ağırlıkları bulunup MOORA yöntemi ile işletmeye için en ideal depolama sistemi seçimi yapılmıştır.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada, ilk aşamada ÇKKV yöntemlerinden SWARA yöntemi ile depolama sistemlerini değerlendirmede kullanılacak kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi, ikinci aşamada ise ele alınan depolama sistemlerinin ÇKKV yöntemlerinden MOORA yöntemi ile alternatiflerden biri seçilmiştir.

ÇKKV, birden fazla kriterin aynı anda değerlendirildiği ve en iyi seçimin yapılmasını sağlayan bir yöntemdir. Akılcı bir karar verme sürecinde en uygun seçim, genellikle kısıtlamalar ve yönetimin hedefleri doğrultusunda belirlenir. ÇKKV ile teorik gelişimi ve pratik uygulamalarıyla karar analizi alanında hızlı bir ilerleme kaydetmiştir. Güçlü bir mantık yapısı ve karar belirlemedeki başarısı sayesinde kendini kanıtlamış ve geniş bir uygulama alanı bulmuştur [12].

2.1. SWARA Yöntemi

SWARA yöntemi, uzman görüşlerinin sürece kolaylıkla entegre edilebilmesine olanak tanıyan ve basit görelî karşılaştırmaların kullanılabildiği bir araçtır. Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması ve önem derecelerinin belirlenmesinde uzmanların görüşleri büyük bir rol oynamaktadır [13].

Yöntemde, alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler önem derecesine göre önemli olandan önemsiz olana doğru sıralanmaktadır. Kriterlerin önem ağırlıkları hesaplanırken, her bir karar vericinin skoru dikkate alınmaktadır [14]. SWARA yönteminin adımları aşağıdaki gibidir [15]:

Adım 1: Problemlerle ilgili kriterler ve karar vericilerden oluşan uzmanlar ayarlanır. Problemin n adet kritere ($C_j, j=1,2,\dots,n$) ve k adet karar verici ($KV_k, k=1,2,\dots,K$) bulunduğu varsayılmaktadır.

Adım 2: Bu adımda, her bir KV, kendi deneyim ve bilgilerine dayanarak kriterleri değerlendirir. En iyi olandan en kötü olana doğru sıralamada C_1 en iyi kriteri, C_n ise en kötü kriteri ifade etmektedir.

Adım 3: KV'ler en önemli kritere 1,00 puanını verir. Diğer kriterlere verilen puanlar, en önemli kriter referans alınarak birbiri ile karşılaştırmalı olarak gerçekleştirilir. Tüm puanlar, 0 ile 1 arasında ve 5'in katları olacak şekilde verilir. KV'ler arasında yapılan karşılaştırmalı ağırlıkların ortalamalarının alınması ile her bir kriter için karşılaştırmalı ağırlıkların ortalamaları (S_j) belirlenir.

Adım 4: Her bir kriter için Eşitlik (1)'de gösterildiği şekilde bir katsayı (k_j) hesaplanmaktadır.

$$k_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ S_j + 1, & j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

Adım 5: Eşitlik (2) kullanılarak her bir kriter için ağırlık (w_j) değeri hesaplanır. Kriterlerin ortak sıralamasında en önemli kriterin (w_1) değeri 1'dir.

$$w_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ \frac{w_{j-1}}{k_j}, & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Adım 6: Bir önceki adımda bulunan kriter ağırlıkları (w_j), kriter ağırlıkları toplamına bölünerek Eşitlik (3)'ten yararlanılarak her bir kriterin nihai ağırlıkları (q_j) hesaplanmaktadır.

$$q_j = \frac{w_j}{\sum w_j} \quad (3)$$

2.2. MOORA Yöntemi

MOORA yöntemi, çok amaçlı optimizasyon problemlerinde kullanılmaktadır. ÇKKV yöntemlerinden biri olan MOORA işlem adımlarının farklılaştırılması ile Oran Yaklaşımı, Referans Noktası Yaklaşımı, Önem Katsayısı ve Tam Çarpım Formu ve MULTI-MOORA olarak literatürde yer almaktadır. Bu yöntemler esas olarak Tam Çarpım Formu hariç diğerleri Oran Metodu ile başlar [16].

2.2.1. MOORA-Oran Yaklaşımı

Adım 1: Amaçların tanımlanması ve çeşitli seçeneklerin bu amaçlara göre performans değerleri için Eşitlik (4)'de verilen matris oluşturulur. Bu matriste x_{ij} , i . alternatifin j . amaca veya kritere göre performans değerini ifade eder. m , alternatiflerin sayısını; n ise kriterlerin sayısını ifade eder. Karar matrisinde satırlarda alternatifler, sütunlarda kriterler yer alır.

$$x = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Adım 2: Kriterlerin maksimum ya da minimum amaca yönelik olduğuna bakılmaksızın Eşitlik (5) kullanılarak normalleştirme işlemi gerçekleştirilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (5)$$

x_{ij}^* , i . alternatifin j . kritere göre normalleştirilmiş performans değerini verir. x_{ij}^* değerleri genellikle $[0, 1]$ aralığındadır fakat bazı durumlarda $[-1, 1]$ aralığında da değer alabilmektedir [16].

Adım 3: Normalleştirilmiş maksimizasyon değerlerinin toplamından, normalleştirilmiş minimizasyon değerlerinin toplamı çıkarılır. Eşitlik (6)'da belirtilen formül yardımıyla gerçekleştirilir.

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (6)$$

g , maksimizasyonu amaçlanan kriterlerin sayısını, n , minimizasyonu amaçlanan kriterlerin sayısını ve y_i^* ise i . alternatifin tüm kriterlere göre normalleştirilmiş değerini göstermektedir. y_i^* değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralamaya göre birinci sıradaki seçenek en ideal seçenek olarak belirlenir.

2.2.2. MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı

Referans noktası yaklaşımında, alternatiflerin her bir kritere göre en yüksek değerleri maksimizasyon durumunda, en düşük değerleri ise minimizasyon durumunda referans noktası (r_i) olarak seçilir. Eşitlik (7)'ten faydalanarak, her bir alternatifin her kritere göre referans noktasına olan uzaklıkları hesaplanır. r_i , i . alternatifin referans noktasını ifade eder.

$$d_{ij} = |r_i - x_{ij}^*| \quad (7)$$

Eşitlik (8) kullanılarak alternatiflerin sıralaması yapılır. Her alternatif için en yüksek değer (p_i) hesaplanır. Alternatifler küçükten büyüğe doğru sıralanır. İlk sıradaki alternatif en uygun alternatif olarak seçilir.

$$p_i = \min_j (max_j d_j) \quad (8)$$

2.2.3. MOORA-Önem Katsayısı Yaklaşımı

MOORA-Oran yaklaşımı ile ulaşılan normalleştirilmiş değerler temel alınır. Kriterlerin ağırlık (öncelik) farklılıkları dikkate alındığında alternatiflerin performans değerleri Eşitlik (9) ile hesaplanır. Kriterlerin ağırlıkları w_j ile gösterilmektedir.

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g w_j x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n w_j x_{ij}^* \quad (9)$$

y_i^* değerleri büyükten küçüğe sıralanır ve bu sıralamadaki birinci sırada olan alternatif en uygun alternatif olarak seçilir.

2.2.4. MOORA-Tam Çarpım Yaklaşımı

Her bir alternatifin maksimizasyon amaçlı değerleri çarpılarak, minimizasyon amaçlı değerlerin çarpımına bölünmektedir. Eşitlik (10)'da görüldüğü şekilde hesaplanır.

$$U_i = \frac{A_i}{B_i} \quad (10)$$

A_i ve B_i değerleri de Eşitlik (11) ve (12) kullanılarak bulunur.

$$A_i = \prod_{g=1}^j x_{gj} \quad (11)$$

$$B_i = \prod_{k=j+1}^n x_{kj} \quad (12)$$

i alternatiflerin sayısını, j maksimizasyon kriterlerinin sayısını, n minimizasyon kriterlerinin sayısını, U_i alternatiflerin skorlarını ifade etmektedir. Skor değerleri büyükten küçüğe sıralanır ve bu sıralamadaki birinci alternatif en ideal alternatif olarak seçilir.

2.2.5. MULTIMOORA Yaklaşımı

MOORA yaklaşımlarının sonuçlarında yapılan alternatiflerin sıralaması toplu halde değerlendirilmektedir. MULTIMOORA için baskınlık karşılaştırması yapılarak alternatifler sıralamaya konulmaktadır [17].

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Uygulama, oto cam sektöründe üretimini devam ettiren bir firmada gerçekleştirilmiştir. Firma, 1988 yılında otomotiv sektörünün lamine cam ihtiyacını karşılamak üzere kurulmuştur. Firmada yurt dışı için üretilen ürünlerin sevkiyata hazır hale gelmesi için camlara sandıklama işlemi yapılmaktadır. Fakat sandıkların depolama işlemi sistemli bir şekilde yapılamamakta, istif yöntemiyle muhafaza edildiği için depodaki camların izlenebilirliği sağlıklı şekilde sağlanamamaktadır. Bu problemin önüne geçebilmek, hem var olan alanı etkili şekilde kullanıp hem camların izlenebilirliğini sağlayabilmek için firmaya en uygun depolama sisteminin seçilmesi hedeflenmiştir.

3.1. SWARA Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Literatüre göre depolama faaliyetleri için dikkate alınması gereken kriterler sistem hızı ve gerekli alan [18], entegrasyon ve ürün çeşitliliği [19] olarak belirlenmiştir. Şekil 1'de kriterler ve alternatifler gösterilmiştir.



Şekil 1. Kriterler [18,19] ve alternatifler görseli

SWARA metodu ile kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenir. Firmada çalışan 3-5 yıl deneyimli mühendislerden oluşan ekipten beyin fırtınası tekniği ile skorlar alınmıştır. KV olarak seçilen mühendisler ve bu KV'ler kriterleri en önemli kriterden başlayarak entegrasyon, gerekli alan, sistem hızı ve ürün çeşitliliği olarak sıralamışlardır. En önemli kriter seçilen entegrasyon kriteri 1,00 puanını almış ve diğer kriterlerin karşılaştırmalı ağırlığı Çizelge 1'de gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Karar vericilerin değerleri

Kriterler	KV1	KV2	KV3
Entegrasyon	1,00	1,00	1,00
Gerekli alan	0,80	0,85	0,75
Sistem hızı	0,40	0,70	0,50
Ürün çeşitliliği	0,20	0,25	0,30

Kriterlerin göreceli önem ağırlıklarının ortalamaları alınmış ve S_j değerleri bulunmuştur. Eşitlik (1)'i kullanarak her bir kriterin katsayısı olan (k_j) değeri hesaplanmıştır. Eşitlik (2) ve Eşitlik (3) kullanılarak da kriterlerin önem ağırlıkları hesaplanmış ve bu değerler Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. SWARA metoduna ilişkin değerler

Kriterler	S_j	k_j	w_j	q_j
Entegrasyon	1,00	1,00	1,00	0,45
Gerekli alan	0,80	1,80	0,56	0,25
Sistem hızı	0,53	1,53	0,36	0,16
Ürün çeşitliliği	0,25	1,25	0,29	0,13

Tüm kriterlerin önem ağırlıklarının değerleri (q_j) SWARA metodu ile hesaplanarak MOORA-Önem Katsayısı yaklaşımında önem ağırlıkları (w_j) olarak kullanılmıştır.

3.2. MOORA Yöntemi ile Depolama Sistemi Seçimi

Bu aşamada, uygulama yapılan firmanın isteklerine en uygun depolama sisteminin MOORA yöntemi kullanılarak seçim yapılmaktadır. Alternatifler için kriter puan değerleri karar vericiler ile görüşülerek tek paletli raf sistemi, sırt sırta raflar, birim yük OD/ÇS ve derin OD/ÇS olarak belirlenmiştir. Bu değerler Çizelge 3'te görülmektedir. Kriterlerden gerekli alanının minimizasyonu; sistem hızı, entegrasyon ve ürün çeşitliliğinin ise maksimizasyonu amaçlanmaktadır.

Çizelge 3. Karar matrisi

Alternatifler	Gerekli alan	Sistem hızı	Entegrasyon	Ürün çeşitliliği
Tek paletli raf sistemi	7	9	6	6
Sırt sırta raflar	4	5	5	4
Birim yük OD/ÇS	5	7	8	9
Derin OD/ÇS	6	6	7	3

Karar matrisindeki değerlere Eşitlik (5)'teki işlemler uygulanarak normalize edilmiş karar matrisi elde edilir (Çizelge 4). MOORA Metodundaki; Oran Sistemi, Referans Noktası ve Önem Katsayısı yaklaşımları için Çizelge 4'teki değerler kullanılmaktadır.

Çizelge 4. Normalize edilmiş karar matrisi

Alternatifler	Gerekli Alan min	Sistem Hızı max	Entegrasyon max	Ürün Çeşitliliği max
Tek paletli raf sistemi	0,624	0,651	0,455	0,504
Sırt sırta raflar	0,356	0,362	0,379	0,336
Birim yük OD/ÇS	0,445	0,507	0,606	0,755
Derin OD/ÇS	0,535	0,434	0,531	0,252

3.2.1. Oran Sistemi Yaklaşımı ile Uygun Alternatifin Seçilmesi

Oran Sistemi yaklaşımında maksimizasyonu ve minimizasyonu istenen kriterlerin alternatiflerdeki değerleri toplanır. Bu işlemden sonra Eşitlik (6)'daki gibi hesaplanmaktadır.

Çizelge 5. Oran sistemi yaklaşımı

Alternatifler	Minimizasyon toplamı	Maksimizasyon toplamı	Fark
Tek paletli raf sistemi	0,624	1,610	0,986
Sırt sırta raflar	0,356	1,077	0,720
Birim yük OD/ÇS	0,445	1,868	1,423
Derin OD/ÇS	0,535	1,217	0,682

Çizelge 5'te görülen Oran Sistemi Yaklaşımının uygulanması ile elde edilen fark sonuçları en büyükten en küçüğe; Birim Yük OD/ÇS, Tek Paletli Raf Sistemi, Sırt Sırta Raflar ve Derin OD/ÇS olarak sıralanır. Oran Sistemi yaklaşımı sonucunda depolama sistemi için en uygun alternatifin Birim Yük OD/ÇS olduğu görülmektedir.

3.2.2. Referans Noktası Yaklaşımı ile Uygun Alternatifin Seçilmesi

Bu yaklaşımda ilk olarak referans noktası belirlenir. Çizelge 4'teki değerler kullanılarak minimizasyonu amaçlanan kriterin sütunundaki en küçük değer, maksimizasyonu amaçlanan kriterlerin sütunlarındaki en büyük değerler o kriterler için referans noktalarını belirtmektedir [20]. Bu değerler Çizelge 6'da gösterilmektedir.

Çizelge 6. Referans noktaları

Kriterler	Referans noktası
Gerekli alan	0,356
Sistem hızı	0,651
Entegrasyon	0,606
Ürün çeşitliliği	0,755

Referans Sistemi yaklaşımına göre en ideal depolama sisteminin seçilebilmesi için Eşitlik (7) ve Eşitlik (8)'den yararlanılır. Çizelge 4'deki her kriter değerinden Çizelge 6'deki referans noktası değerleri çıkarılmalıdır. Çizelge 7 incelendiğinde alternatifler küçükten büyüğe doğru Birim Yük OD/ÇS, Tek Paletli Raf Sistemi, Sırt Sırta Raflar ve Derin OD/ÇS olarak sıralanır. Bu sıralama sonucunda Birim Yük OD/ÇS Referans Noktası yaklaşımına göre en ideal alternatif seçilir.

Çizelge 7. Referans noktası yaklaşımı sonuçları

Alternatifler	Maksimum toplam
Tek paletli raf sistemi	0,267
Sırt sırta raflar	0,420
Birim yük OD/ÇS	0,145
Derin OD/ÇS	0,504

3.2.3. Önem Katsayısı Yaklaşımı ile Uygun Alternatifin Seçilmesi

Bu yaklaşımda SWARA yöntemi ile ulaşılan kriterlerin önem ağırlıkları ile normalize edilmiş hali Çizelge 4'teki değerler ile çarpılır. Bu işlemde elde edilen değerler ve Eşitlik (9) kullanılarak y_i^* değerleri hesaplanır ve Çizelge 8 elde edilir. Çizelge 8'de Önem Katsayısı Yaklaşımı sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 8. Önem katsayısı yaklaşımı sonuçları

Alternatifler	y_i^*
Tek paletli raf sistemi	0,222
Sırt sırta raflar	0,185
Birim yük OD/ÇS	0,345
Derin OD/ÇS	0,210

Çizelge 8'de ulaşılan değerler büyükten küçüğe doğru Birim Yük OD/ÇS, Tek Paletli Raf Sistemi, Derin OD/ÇS, Sırt Sırta Raflar olarak sıralanmaktadır. Bu sıralama doğrultusunda Birim Yük OD/ÇS, Önem Katsayısı yaklaşımına göre en uygun alternatif olarak seçilmektedir.

3.2.4. Tam Çarpım Yaklaşımı ile Uygun Alternatifin Seçilmesi

Tam Çarpım Yaklaşımında, Eşitlik (10), (11) ve (12)' ye göre hesaplanmaktadır. Çizelge 9'da elde edilen max/min değerlerine karşılık gelen alternatifler büyükten küçüğe doğru Birim Yük OD/ÇS, Tek Paletli Raf Sistemi, Sırt Sırt Raflar, Derin OD/ÇS olarak sıralanmaktadır. Tam Çarpım yaklaşımına göre en uygun alternatif Birim Yük OD/ÇS olarak seçilmektedir.

Çizelge 9. Tam çarpım yaklaşımı sonuçları

Alternatifler	min Gerekli alan	max Sistem hızı	max Entegrasyon	max Ürün çeşitliliği	max/min
Tek paletli raf sistemi	7	9	6	6	46,29
Sırt sırt raflar	4	5	5	4	25,00
Birim yük OD/ÇS	5	7	8	9	100,80
Derin OD/ÇS	6	6	7	3	21,00

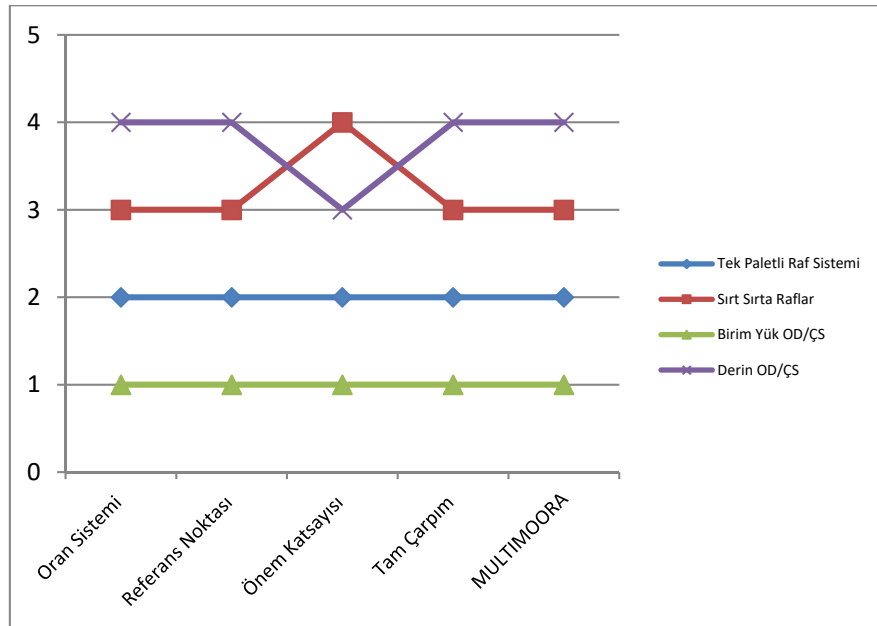
3.2.5. MULTIMOORA Metodu ile Baskınlık Karşılaştırması

Oran Sistemi yaklaşımı, Referans Noktası Yaklaşımı, Önem Katsayısı Yaklaşımı ve Tam Çarpım yaklaşımı ile yapılan sıralamalar bütünlük olarak değerlendirilir ve MULTIMOORA metodunda baskınlık karşılaştırması yapılarak sıralama oluşturulur. Bu sıralamaya Çizelge 10'da yer verilmiştir.

Çizelge 10. Baskınlık karşılaştırma sonuçları

Alternatifler	Oran sistemi yaklaşımı	Referans noktası yaklaşımı	Önem katsayısı yaklaşımı	Tam çarpım yaklaşımı	MULTIMOORA
Tek paletli raf sistemi	2	2	2	2	2
Sırt sırt raflar	3	3	4	3	3
Birim yük OD/ÇS	1	1	1	1	1
Derin OD/ÇS	4	4	3	4	4

MULTIMOORA metoduna göre en uygun alternatif Birim Yük OD/ÇS olarak belirlenmiştir. En uygun olan alternatiften en uygun olmayan alternatife doğru olan sıralamanın Birim Yük OD/ÇS, Tek Paletli Raf Sistemi, Sırt Sırt Raflar, Derin OD/ÇS şeklinde olduğu görülmektedir. Şekil 2'de grafik olarak yöntemlerin karşılaştırılması gösterilmiştir. En iyi seçimin Birim Yük OD/ÇS olduğu görülmüştür.



Şekil 2. Yöntemlerin karşılaştırılması

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, oto cam sektöründeki depolama sistemi uygulaması için öncelikle SWARA yöntemiyle kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş sonrasında MOORA yöntemi ile alternatifler arasından seçim yapılmıştır. Birim Yük OD/ÇS tüm yaklaşımlarda en ideal depolama sistemi olarak seçilmiştir. Önem Katsayısı yaklaşımı hariç diğer yaklaşımlarda en uygun olan alternatiften başlayan sıralama Birim Yük OD/ÇS, Tek Paletli Raf Sistemi, Sırt Sırt Raflar, Derin OD/ÇS şeklindedir. Problem Önem Katsayısı yaklaşımı ile çözüldüğünde en uygun olan alternatiften başlayan sıralama Birim Yük OD/ÇS, Tek Paletli Raf Sistemi, Derin OD/ÇS, Sırt Sırt Raflar şeklinde olmaktadır. ÇKKV yöntemleri uygulamalarda değiştirilerek farklı sonuçlar ve sıralamalar verebilmektedir. Firmalar için değişen sonuçlara göre işletmenin ihtiyacına ve uygulanacak sistemin maliyeti düşünülerek karar vermesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın devamında sektörler ve ürünler için alternatif çeşitleri ve sayıları, kriterler ve karar vericiler değiştirilerek farklı ÇKKV yöntemlerinin uygulanması ve karar problemlerinin çözülmesi mümkündür.

5. KAYNAKLAR

1. Özdemir, A.İ. (2004). Tedarik zinciri yönetiminin gelişimi, süreçleri ve yararları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23, 87-96.
2. Oğuz, İ.H. ve Oğuz, D. (2020). Türkiye ekonomisinde lojistik. *Uluslararası İşletme ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 65-74.
3. Yıldıztekin, A. (2004). Tekstil sektöründe lojistik uygulamalar ve Çin. *Ambar Dergisi*, 5, 4-5.
4. Ertek, G. (2012). Depolama sistemleri (warehousing systems). *Uluslararası Lojistik, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Açıköğretim Fakültesi Yayını*, 1593, 19-20.
5. Sargın, K. ve Öztürkoğlu, Y. (2020). Depo çalışanlarının bilişim sistemlerine yaklaşımları üzerine bir araştırma. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(3), 1762-1772.
6. Yılmaz, O. (2011). Otomatik depolama ve çekme sistemlerinin çok kriterli karar verme yöntemleriyle seçimi ve uygulaması. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Sistem Mühendisliği Programı, İstanbul.
7. Triantaphyllou, E. (2000). Multi-criteria decision making methods: a comparative study. Kluwer Academic Publishers, Boston.
8. Aktepe, A. ve Ersöz, S. (2014). Ahp-Vikor ve Moora yöntemlerinin depo yeri seçim probleminde uygulanması. *Endüstri Mühendisliği*, 25(1), 2-15.
9. Karmaker, C. ve Saha, M. (2015). Optimization of warehouse location through fuzzy multi-criteria decision making methods. *Decision Science Letters*, 4(3), 315-334.
10. Öztürkoğlu, Ö. (2016). Effects of varying input and output points on new aisle designs in warehouses. *In 2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, July, 3925-3932.
11. Sayın, A.A. ve Maden, M. (2020). Otomotiv yedek parça firmasında depo tasarım faaliyetlerinin işletme verimliliğine etkisi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 91-109.
12. Güneş, M. ve Umurusman, N. (2003). Bir karar destek aracı bulanık hedef programlama yerel yönetimlerde vergi optimizasyonu uygulaması. *Rewiev of Social Economic & Busisness Studies*, (2), 242- 255.
13. Derse, O. ve Yontar, E. (2020). SWARA-TOPSIS yöntemi ile en uygun yenilenebilir enerji kaynağının belirlenmesi. *Endüstri Mühendisliği*, 31(3), 389-419.
14. Yurdoğlu, H. ve Kundakçı, N. (2017). SWARA ve WASPAS yöntemleri ile sunucu seçimi. *Bahkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(38), 253-270.
15. Adalı, E.A. ve Işık, A.T. (2017). Bir tedarikçi seçim problemi için Swara ve Waspas yöntemlerine dayanan karar verme yaklaşımı. *International Review of Economics and Management*, 5(4), 56-77.
16. Ersöz, F. ve Atay, A. (2011). Çok kriterli karar verme problemlerinde MOORA yöntemi. *YAEM2011 Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 31. Ulusal Kongresi*, Sakarya Üniversitesi, 31, 78-87.
17. Ceyhan, İ.F. ve Demirci, F. (2017). MULTIMOORA yöntemiyle finansal performans ölçümü: leasing şirketlerinde bir uygulama. *Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(15), 277-296.
18. Roodbergen, K.J. and Vis, I.F. (2009). A survey of literature on automated storage and retrieval systems. *European Journal of Operational Research*, 194(2), 343-362.
19. Acar, Z. ve Çakmak, E. (2013). Depolama ve depo yönetimi. Nobel Akademik Yayıncılık, 3. Basım. Ankara.
20. Şimşek, A. ve Çatır O. (2020). MOORA yöntemi ile ürün seçimi: turizm sektöründe bir uygulama. *Electronic Journal of Social Sciences*, 19(74), 549-563.

