




Depolarda Ürün Atama Problemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Kullanımı: Bir İşletme Uygulaması

Using Multi-Criteria Decision-Making Methods In Product Assignment Problems In Warehouses: A Case Study

Fatma Sümeyye Erarslan^{1*} , Mustafa Deste² 

¹Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Arapgir Meslek Yüksekokulu, Malatya, TÜRKİYE
²İnönü Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Malatya, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 21/12/2021

Kabul / Accepted: 17/05/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/07/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/07/2022

Öz

Lojistik faaliyetlerinin etkinliğinde depolama süreçleri önemli bir yere sahiptir. Bu çerçevede, doğru yönetilemeyen depolama faaliyetlerinin işletmeler için zaman kaybı ve yüksek maliyetler oluşturabileceğini ifade etmek mümkündür. Dolayısıyla, işletmeler depolama şekillerini planlamayı, daha da önemlisi depo yönetimi algısını oluşturmayı başarmak zorundadırlar. Depolama alanlarındaki optimizasyon çalışmalarının giderek artması da depo yönetimi algısının olumlu sonuçları arasında gösterilebilmektedir. Depolama süreçlerindeki optimizasyon çalışmaları, ürün yükleme boşaltma işlemlerindeki iyileştirmeler ile etkili sonuçlar elde etmektedir.

Bu çalışmada, bir işletmenin depo alanında ürün atama problemi için Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri (ÇKKV) kullanılarak bir optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Uygulama çerçevesinde, ilk olarak literatür taraması yapılmış olup tarama sonucunda değerlendirme kriterleri; kârlılık, müşteri duyarlılığı, popülerlik, ağırlık ve talep kriterleri şeklinde belirlenmiştir. ÇKKV teknikleri kullanılırken gerekli olan kriter ağırlıkları işletmede çalışan uzmanlarla odak grup görüşmeleri sonrasında oluşturulmuştur. Dikey boyutta yapılan sınıflandırma çalışması için ELECTRE TRI yöntemi, yatay boyutta yapılan sıralama çalışması içinde TOPSIS ve VIKOR yöntemleri uygulanmıştır. Bu tekniklerin kullanımı sonucunda mevcut depo alanı ve üretilen ürün özelliklerine en uygun optimum yerleşim şekli belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

“Depolama, Ürün Atama, Çok Kriterli Karar Verme, TOPSİS, ELECTRE TRI, VIKOR”

Abstract

Storage processes have an important place in the effectiveness of logistics activities. In this context, it is possible to state that improperly managed storage activities can cause loss of time and high costs for businesses. Therefore, businesses have to be able to plan their storage styles and, more importantly, to create a perception of warehouse management. The gradual increase in optimization studies in storage areas can also be shown among the positive results of the perception of warehouse management. Optimization studies in storage processes achieve effective results with improvements in product loading and unloading processes.

In this study, an optimization study was carried out by using Multi-Criteria Decision Making Techniques (MCDM) for the product assignment problem in the warehouse area of an enterprise. Within the framework of the application, a literature review was made first and the evaluation criteria as a result of the scanning; profitability, customer sensitivity, popularity, weight and demand criteria. The criteria weights required when using MCDM techniques were created after focus group discussions with the experts working in the enterprise. The ELECTRE TRI method was used for the vertical classification study, and the TOPSIS and VIKOR methods were used for the horizontal scale classification study. As a result of the use of these techniques, the optimum layout that is most suitable for the existing warehouse area and the characteristics of the produced product has been determined.

Key Words

“Storage, Product Assignment, Multi Criteria Decision Making, TOPSIS, ELECTRE TRI, VIKOR”

1. Giriş

Depolama faaliyetleri, işletmelerin satışa hazır nihai ürünlerinin zarara uğramadan ilk günkü özellikleri ile saklanabilmesi ve hızlı bir şekilde sevk edilmeleri için gerçekleştirilen faaliyetlerdir. İşletmeler, faaliyet gösterdikleri piyasada rakip işletmeler ile rekabet edebilmek için kendilerini her anlamda sürekli iyileştirmek zorundadırlar. Ürünün maliyet fiyatını etkileyen her süreç göz önünde bulundurularak bu aşamalarda iyileştirmeler planlanmalıdır. Depolama maliyetleri de ürün için doğrudan gider olarak düşünülmesi de ürün maliyetini etkileyen önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Depolama maliyetlerini azaltmak adına, işletmelerin depo yönetimi algısını benimsemeleri önem arz etmektedir. Depoların ve sevkiyat süreçlerinin planlanması, optimizasyonu ve kontrolü depo yönetimi olarak ifade edilmektedir.

Sevkiyat aşamasında istenilen ürünlere istenilen zamanda erişebilmek önemli bir faktördür. Depolama alanlarının etkili şekilde kullanılmaması, ürün arama süresinin uzunluğundan dolayı sipariş edilen ürünün sevkiyatının aksaması, yanlış ya da eksik ürün gönderimi gibi olumsuz durumların yaşanmasına sebebiyet vermektedir. Dolayısıyla, bu durum müşteri ile ilişkilerin aksamasına neden olmaktadır. Tam zamanında üretim sistemindeki mantık gibi depolardaki malzemelerin belirli bir alanının olması, çalışanların depolama alanını etkin kullanmalarını ve malzemelere istenilen zamanda ulaşmalarını sağlamak depolama maliyetlerinin azalmasına etki edecektir. Bu süreçlerde yapılacak olan iyileştirmeler depolama alanında optimizasyon çalışmasının temelini oluşturacaktır.

Bu çalışma, Malatya 2. Organize sanayinde civata imalatı yapan bir fabrikanın nihai ürün deposunda, sevkiyata hazır malzemelerin uygun yerlere atanması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın birinci bölümünde depo, depolama kavramları ve depo yönetiminde geleneksel karar problemleri ele alınmıştır. İkinci bölümde ise, ÇKKV yöntemleri ile çözülen ürün atama problemlerine yönelik bir literatür araştırması gerçekleştirilmiştir. Bu çerçevede uygulama kısmında kullanılan TOPSIS ve ELECTRE TRI, VIKOR yöntemlerine yönelik teorik bilgiler verilmiştir. Çalışmanın üçüncü ve son bölümünde araştırmanın amacı, önemi ve kapsamına değinilerek fabrika hakkında genel bilgiler, mevcut durum analizi ve ÇKKV tekniklerinin uygulama aşamaları sunulmuştur.

1.1 Depo yerleşim planı oluşturmanın amacı

Depo yerleşim planı oluşturmanın amaçlarına bakıldığında (Frazelle, 2002: 272);

- Mevcut durumlardaki depo alanını en verimli şekilde kullanmak,
- Ürün taşıma sürelerinin etkin bir şekilde gerçekleşmesini sağlamak,
- Stok bulundurma maliyetlerini en ekonomik şekilde gerçekleşmesi adına depo kullanım alanı, depo ekipmanları ve iş gücü maliyetlerinin minimum seviyede olmasını sağlamak,
- Değişen stok türü ve elleçleme ihtiyacını en esnek biçimde sağlamak.
- Depolama işlemlerinin eksiksiz bir biçimde gerçekleşmesi adına ortam düzenini sağlamak şeklinde sıralanabilir.

Depo yerleşim planı tasarlanırken bu beş maddeye dikkat edilerek kararlar verilmelidir. Etkili bir şekilde tasarlanmış depo yerleşim planı ile depo içerisinde gerçekleşen faaliyetler düzgün bir şekilde yürütülebilmektedir. Tüm bu sebeplerden dolayı işletmeler için depo yerleşim planı oldukça önemlidir. Düşünülmeden ve olası sıkıntılar ön görülmeden tasarlanmış olan depo yerleşim planları; depo alanı, kullanılacak ekipman ve gerekli iş gücü planlanmasını sıkıntıya sokacaktır.

Depolar işletmelerin hareketliliği yüksek olan bölümlerinin başında gelmektedir. Bu hareketlilik göz önünde bulundurularak depo yerleşim planının esnek bir yapıda olmasına özen gösterilmesi gerekmektedir.

1.1.1 Depo yerleşim planı aşamaları

Depo yerleşim planı tasarlanırken ilgili birimler ve kişilerin göz önünde bulundurması gereken faktörler ve takip edilmesi gereken aşamalar aşağıda sıralanmıştır. (Acar ve Çakmak, 2017: 78-79)

- Yerleşim planını sınırlandıran öğelerin tespiti
- Sevkiyat ve mal kabul lokasyonunun tespiti
- Gerekli koridor sayısı, ekipman ve ürünlerin yerleşim alanının belirlenmesi
- Hangi ürünün hangi alanda bulunacağına karar verilmesi

1.1.2 Depo yerleşim alanı düzenleme yaklaşımları

Depo yerleşim planları yapılırken göz önünde bulundurulması gereken önemli yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar yöneticiler ve depo tasarımını yapan ilgili kişilere yön gösterebilecek önemli kavramlardır. Bu yaklaşımlar incelendiğinde popülerlik yaklaşımı, benzerlik yaklaşımı, boyut yaklaşımı, ürün özellikleri yaklaşımı ve hacim kullanımı yaklaşımı olarak beş başlık altında incelendiği görülmektedir (Tompkins, 1996: 22).

Popülerlik Yaklaşımı: Popülerlik yaklaşımında depo işlem hacimleri sınıflandırıldığında depoda bulunduran ürünlerin %15' inin işlem hacimlerinin %85' ini, %10' luk işlem hacmini depo içerisindeki ürünlerin %30' u ve geri kalan %5' lik dilimini ise ürünlerin eksik kalan %55' lik kısmının oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu veriler incelendiğinde depodaki ürünler ABC sınıflandırılması yapıldığında işlem hacminin %85' lik dilimini oluşturan ürünler A sınıfı, %10' luk kısmını B sınıfı ürünler ve geri kalan %5' lik kısmını ise C sınıfı olarak tanımlamak mümkündür.

Benzerlik yaklaşımı: Bu yaklaşıma göre alım veya satım işlemleri sıklıkla birlikte gerçekleştirilen ürünlerin birbirlerine yakın yerleştirilmesi önerilmektedir. Benzer ürünleri birbirlerine yakın alanlarda muhafaza etmek depo içerisindeki dolaşım sürelerini kısaltarak gereksiz işgücü kaybı oluşturmayacaktır. Birbirlerine benzer özelliklerde olan ürünlerin yakın mesafede bulunmasının bir başka faydası ise elleçleme işlemlerinin aynı olabileceğinden verimli bir şekilde bu işlemleri gerçekleştirmek mümkün olacaktır.

Boyut yaklaşımı: Bu yaklaşıma göre, depolama işlemlerinde verimliliği arttırmak adına ağırlığı yüksek, büyük hacimli, taşınması güç olan ürünlerin işlem görecekları yerlere yakın yerleştirilmeleri gerekmektedir. Bu tür ürünlerin taşıma mesafesini minimize etmek depolama maliyetlerinin azaltılmasında önemlidir. Ürün ağırlıkları fazlalaştığında yatay boyutta giriş/çıkış kapılarına yakınlığı, dikey boyutta ise alt raflara yerleştirilmeleri önemli olmaktadır.

Ürün özellikleri yaklaşımı: Depolanacak ürünlerin özellikleri bazen onlara ayrıcalık tanınmasını gerektirmektedir. Raf ömrü kısa olan ürünlerin konumlandırılmaları yapılırken ürün sirkülasyon hızının yüksek olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bu tür ürünlerde FİFO yaklaşımı uygulandığından üretim tarihi ilk olan ürünlerin sevkiyatlarının en önce yapılması gerekmektedir, son tüketim tarihleri yakınlaşmadan bu ürünlerin elden çıkarılması ve müşteriye ulaştırılması önemlidir.

Patlayıcı, sağlık açısından teması zararlı, ya da temizlik malzemelerinin de depolanmaları için özelliklerine uygun şartlar altında olmalıdır. Ek olarak özel depolama alanları gerektirebilmektedir. İşletmelerin ürünün dış görünüm olarak farklı olması boyutlarının simetrik olmaması gibi etkenlerde göz önünde bulundurularak depo yerleşim planı yapılması gerekmektedir.

Hacim Kullanımı Yaklaşımı: Hacim kullanımı üç şeye bağlıdır: Hacmin korunması: kübik hacim kullanımını en yüksek düzeye çıkarmayı ve hücre yapısında yayılma durumu azaltmayı hedefler. Hacmi en büyükleyerek esneklik ve büyük boyutlu malzemelerin kapasitesini artırmak olanaklı olur. Hacmin sınırları: Hacim kullanımı tavan yükseklikleri, tavandaki yangın söndürme vanaları, zemin yükleri, sütunlar ve malzemelerin üst üste yüklenebilecekleri en güvenli düzey vb. gibi etmenler ile kısıtlanır. Sütunların kısıtlayıcı etkisini azaltmak için malzemeleri sütunların etrafına dizmek daha uygundur. Ulaşılabilirlik: Hacim kullanımına aşırı önem verilmesi, malzemelere ulaşılabilirliği azaltabilir. Örneğin koridorlar raflardaki malzemenin kolayca alınabilmesi için yeterli derecede geniş olmalıdır ve tüm rafların mutlaka koridora bakan bir kenarı olmalıdır. Tüm ana koridorlar düz olmalı ve kapılara doğru yönelmelidir. Koridorlar, kapısı bulunmayan bir duvara doğru yönelmemelidir.

2. Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Depolarda Ürün Atama Problemlerinin Çözümü

Bireysel, kurumsal ya da örgütsel olarak insanoğlu çok çeşitli alternatifler arasında seçim yapmak durumunda kalmaktadır. Bireysel konularda hangi alternatifin seçileceğinin kararını insanoğlu genellikle sezgisel olarak almakta, ancak kurumsal ya da örgütsel alınacak kararlar söz konusu olduğunda bilimsel yaklaşımlar kullanılarak alternatifler arasında tercihler yapılmaktadır. Bu bilimsel yöntemler literatürde Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri başlığı altında toplanmıştır. Çok kriterli karar verme teknikleri ile birçok alternatif arasından, mevcut koşullara en uygun olan tercihin seçimi yapılabilmektedir.

Çalışmamızda bir fabrikada üretilen ürünler için optimum ürün atama çalışması çok kriterli karar verme teknikleri ile yapılacaktır.

2.1 Depolarda ürün atama problemlerinde çok kriterli karar verme tekniklerini kullanan çalışmalar

Konu ile ilgili yapılan literatür çalışmasında bulunan çalışmalar kronolojik olarak Tablo 2.1 'de sıralanmıştır.

Tablo 2.1 Literatür Çalışmaları

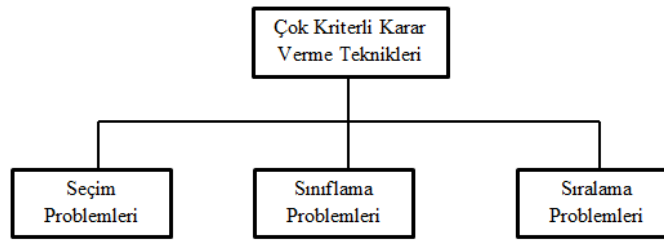
Yazar Adı	Yılı	Çalışma Adı	Kullanılan ÇKKV Tekniği
Sébastien Damart , Luis C. Dias, Vincent Mousseau.	2007	Supporting groups in sorting decisions: Methodology and use of a multi-criteria aggregation/disaggregation DSS/ Sıralama kararlarında destekleyici gruplar: Metodoloji ve çok kriterli toplama/ayırma KDS'nin kullanımı	ELECTRE TRI
Fontana, M. E., ve Cavalcante, C. A. V	2013	ELECTRE TRI Method Used To Storage Location Assignment Into Categories/ Kategorilere Göre Depolama Yeri Tayininde Kullanılan Electre TRI Yöntemi	ELECTRE TRI
Fontana, M. E., ve Cavalcante, C. A. V	2014	Using the Efficient Frontier to Obtain the Best Solution for the Storage Location Assignment Problem/ Depolama Yeri Atama Sorununa En İyi Çözümü Elde Etmek İçin Etkin Sınırın Kullanılması	PROMETHEE
Fontana, M. E., ve Cavalcante, C. A. V.	2014	Use of Promethee method to determine the best alternative for warehouse storage location assignment./ Depo depolama yeri atamasında en iyi alternatifi belirlemek için Promethee yönteminin kullanılması.	PROMETHEE

Tablo 2.2 (devam) Literatür Çalışmaları

Yazar Adı	Yılı	Çalışma Adı	Kullanılan ÇKKV Tekniği
			SMARTER
Da Silva, D. D., De Vasconcelos, N. V. C., ve Cavalcante,	2015	Multicriteria decision model to support the assignment of storage location of products in a warehouse./ Bir depodaki ürünlerin depolama yerinin atanmasını desteklemek için çok kriterli karar modeli.	
Fontana, M. E., ve Nepomuceno, V. S..	2016	Multi-criteria approach for products classification and their storage location assignment/ Ürün sınıflandırması ve depolama yeri ataması için çok kriterli yaklaşım	ELECTRE TRI-ELECTRE III
R. Micale, C.M. La Fata*, G. La Scalia	2019	A combined interval-valued ELECTRE TRI and TOPSIS approach for solving the storage location assignment problem/ Depolama yeri atama problemini çözmek için birleşik bir aralık değerli ELECTRE TRI ve TOPSIS yaklaşımı	ELECTRE TRI-TOPSİS
Sarıcan, B.	2019	Depolama Alanı Ürün Atama Problemi İçin En İyi Alternatif Konumun Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Belirlenmesi	ELECTRE TRI- TOPSİS
Fontana, M. E., López, J. C. L., Cavalcante, C. A. V., ve Noriega, J. J. S.	2020	Model to Solve The Storage Location Assignment Problem./ Depolama Yeri Atama Problemini Çözecek Model.	ELECTRE III
Yerlikaya, M. A. (2020)..	2020	Storage Location Assignment with Fuzzy PROMETHEE Method in Warehouse Systems with Uncertain Demand./ Talep Belirsiz Depo Sistemlerinde Bulanık PROMETHEE Yöntemi ile Depo Yeri Tayini.	Fuzzy PROMETHEE
Asgari Siahboomy, M., Sarvari, H., Chan, D. W., Nasserredine, H., ve Chen, Z.	2021	A multi-criteria optimization study for locating industrial warehouses with the integration of BIM and GIS data./ BIM ve GIS verilerinin entegrasyonu ile endüstriyel depoların yerini belirlemek için çok kriterli bir optimizasyon çalışması.	Analytic Hierarchy Process (AHP)

2.2 Çok kriterli karar verme teknikleri

Çok kriterli karar verme teknikleri, üç ana problem türünde etkili bir şekilde kullanılabilir. Bu problem türleri; sınıflama, sıralama ve seçim problemleridir (Vassilev vd. 2005: 2).



Şekil 2.1 Çok Kriterli Karar Verme Problem Türleri

Seçim Problemleri: Seçim problemlerindeki temel amaç, alternatifler arasında en iyi olan seçeneğin belirlenmesidir. Personel seçimi, tedarikçi seçimi, depo yeri seçimi, araba seçimi işlemleri gibi çeşitli alanlarda kullanılabilen bir çalışmadır.

Sınıflama Problemleri: Bu çalışmanın yapılmasındaki amaç alternatiflerin belirli kriterler çerçevesinde toplamaktır. Personel verimliliğinin başarılı ya da başarısız şeklinde sınıflandırılması bu tür çalışmalara örnektir.

Sıralama Problemleri: Bu tür problemlerde alternatifler en iyi olandan en kötü olana doğru sıralanır. Türkiye’deki eğitimde en başarılı şehir çalışması bu tür problemlere örnek verilebilmektedir.

Çok kriterli karar verme problemlerinin çözümü için kullanılacak oldukça fazla problem çözüm tekniği bulunmaktadır. Herhangi bir problemle karşı karşıya kalan karar vericiler, gelişen teknoloji ile birlikte problem çözme tekniklerini kullanarak hızlı ve etkili şekilde alternatifler arasından en uygun seçeneğe ulaşmaktadırlar.

Problem türleri için kullanılacak çok kriterli karar verme teknikleri Tablo 2.2’de tasnif edilmiştir (Yıldırım ve Önder, 2018: 19).

Tablo 2.3 Çok Kriterli Karar Verme Problemleri ve Teknikleri

Seçim Problemleri	Sıralama Problemleri	Sınıflama Problemleri
AHP	AHP	AHPSort
ANP	ANP	UTADIS
MAUT/ UTA	MAUT/ UTA	Flowsort
MACBETH	MACBETH	ELECTRE-TRI
PROMETHEE	PROMETHEE	
ELECTRE I	ELECTRE III	
TOPSİS	TOPSİS	
Hedef Programlama	VIKOR	

2.3 Çalışmada kullanılan çok kriterli karar verme teknikleri

Çok kriterli karar verme teknikleri; sıralama, seçme, sınıflama problemleri için kullanılabilen yöntemlerdir. Çalışmada kullanılacak olan çok kriterli karar verme teknikleri seçilirken, yapılacak olan işlemler göz önünde bulundurulmuştur. Dikey boyutta sınıflandırma çalışması için ELECTRE TRI tekniği, yatay boyutta sıralama işlemleri için ise VIKOR ve TOPSIS teknikleri tercih edilmiştir. Sıralama, seçim ve sınıflandırma problemleri için kullanılacak diğer alternatifler olan çok kriterli karar verme teknikleri Tablo 2.2' de gösterilmiştir. Kullanılacak tekniklerin seçiminde işletme yapısı, ürün özellikleri ya da depo özellikleri seçeceğimiz tekniği etkilememektedir.

3. Cıvata Fabrikası Deposunda Bir Uygulama

3.1. Araştırmanın amacı ve önemi

Depolama yönetimi işletmeler için en önemli faaliyetlerden birisidir. İşletmelerin müşterileri ile irtibatının yüksek olduğu bölüm olarak nitelendirilebileceğimiz depo alanları sipariş ürünlerin müşteriye hatasız ve en kısa sürede eksiksiz iletilmesinin sağlandığı kısımlardır. Bu kapsamda, uygulamayı gerçekleştireceğimiz depo alanı Malatya 2. Organize sanayinde cıvata imalatı yapan bir fabrikanın depolama alanıdır. Bu işletmenin depolama alanının verimliliğini arttırmak, ürünlerin taşınması esnasında boşa geçen zamanı azaltmak ve ürünlerin bu amaçlar doğrultusunda yerleştirilmesini sağlamak çalışmamızın ana amaçlarını oluşturmaktadır.

Bu çalışma, fabrikadaki verimliliğe olumsuz yönde etki eden depolama faaliyetlerinin belirlenmesi ve iyileştirmesine yönelik önerilerin geliştirilebilmesi açısından önemli olacaktır. Ayrıca çalışma, fabrikalar için depolama faaliyetlerinde oluşan problemlere sistematik yaklaşım açısından örnek olma özelliği taşıyacaktır.

Depolarda ürün atama problemleri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde çalışmaların uygulama olarak yapılmadığı genel olarak varsayımsal depolama özelliklerine göre gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir. Çalışmanın özgün değerini, gerçek depolama alanı özelliklerinin baz alınarak yapılması oluşturmaktadır. Malatya sanayinde benzer bir çalışmanın yapılmamış olması çalışmanın diğer işletmeler için de farkındalık oluşturması açısından son derece önemlidir. Ayrıca, çalışmanın gerçekleştirildiği depolama alanı ile ilgili sıkıntıların belirlenmesi ve incelemeler sonucunda elde edilecek sonuçlar ele alındığında uygulamanın farklı sektörler için de uygulanabilecek bir çalışma olduğu gözlemlenmiştir. Bu çerçevede, uygulamanın hem literatüre hem de işletmelerin gelişmesine katkı sağlayacağını ifade etmek mümkündür.

3.2. Araştırmanın yöntemi

Ürün atama problemlerinde optimizasyon için birçok yöntem kullanılabilir. Bu çalışmada, ÇKKV teknikleri kullanılmıştır. Dikey boyutta sınıflandırma çalışması için ÇKKV tekniklerinden ELECTRE TRI yöntemi kullanılacaktır. Yatay boyutta sıralama çalışması için de ÇKKV tekniklerinden TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ayrı ayrı uygulanarak çıkan sonuçların tutarlılığı değerlendirilecektir.

Ürün önceliklendirilmesi ve bu önceliklendirmeye dayanarak yapılacak çalışma için beş ayrı kriter kullanılacaktır. Kriterler literatür taraması aşamasında bulunan çalışmalardan derlenerek uygulamanın yapılacağı ürün özelliklerine uygun olanlar seçilerek oluşturulmuştur (Micale vd., 2019: 207; Fontana vd., 2013: 294).

Bu kriterler ağırlık, müşteri duyarlılığı, kârlılık, popülerlik ve talep olarak belirlenmiştir. Kriter ağırlıklandırma için fabrikada bulunan uzman isimlerle görüşülmüş, odak grup görüşmeleri tekniği kullanılarak sonuca varılmıştır. Dikey boyutta sınıflandırma çalışması yapılırken kullanılacak kriterler; ağırlık, talep, kârlılık ve popülerlik, yatay boyutta sıralama çalışmasında kullanılacak kriterler müşteri duyarlılığı, kârlılık, popülerlik ve talep kriterleri olarak belirlenmiştir.

3.3. Kriter ağırlıklandırma

Depolama alanı konumlandırma problemi için yatay ve dikey boyutta kullanılmasına karar verilen kriterlerin ağırlıklandırmaları yapılırken Tablo 3.1 ve 3.2' de bulunan görüş bildirim formları kullanılmıştır.

Tablo 3.4 Dikey Boyut Kriter Ağırlıklandırma Formu

Kriterler	Dikey Boyut Kriterleri	Ağırlıkları
K₁ (Ağırlık)		
K₃ (Talep)		
K₄ (Karlılık)		
K₅ (Popülerlik)		
	Kriter 1 (K₁) - Ağırlık	
	Her bir ürün grubunun ağırlığını temsil eder ve dikey seviyede ürünün atamasını belirler. Bu değer ne kadar yüksekse, ürünün yerleştirilmesi gereken seviye o kadar düşük olur. Bu nedenle, K ₁ kriteri, artan bir tercihe karşı karakterize edilir. K ₁ kriteri ile ilgili olarak değerlendirmeler kg cinsinden ifade edilir.	
	Kriter 3 (K₃) - Talep	
	K ₃ kriterinin hem yatay hem de dikey boyutlarla ilgili olarak her ürünün atamasını oluşturduğu düşünülmektedir. K ₃ kriterinde yüksek değerler ile karakterize edilen ürünler, alt raflara ve giriş/çıkış istasyonuna yakın olarak atanmalıdır. Bu tür bir kriter, her iki boyuta göre artan bir tercihe sahiptir.	
	Kriter 4 (K₄) - Karlılık	
	K ₄ kriterinde yüksek değerler ile karakterize edilen ürünler, alt raflara ve giriş/çıkış istasyonuna yakın olarak atanmalıdır. Tüketicinin taleplerini hızlı bir şekilde karşılamak için geri alma süresinin en aza indirilmesini sağlar. Bu nedenle, bu kriterin hem yatay hem de dikey boyutlarla ilgili olarak ürünlerin konumlandırmasını oluşturduğu kabul edilir ve her iki boyuta göre artan bir tercihle karakterize edilir.	
	Kriter 5 (K₅) - Popülerlik	
	Belirli bir zaman diliminde her ürün kategorisinin hizmet verdiği ortalama tüketici sayısını temsil eder. Her iki boyutla ilgili olarak artan bir tercihle karakterize edilir, yani popülerlik ne kadar yüksekse, raf seviyesi o kadar düşük ve giriş/çıkış istasyonuna ürün o kadar yakındır.	

Tablo 3.5 Yatay Boyut Kriter Ağırlıklandırma Formu

Kriterler	Yatay Boyut Kriterleri	Ağırlıkları
K₂ (Müşteri Duyarlılığı)		
K₃ (Talep)		
K₄ (Karlılık)		
K₅ (Popülerlik)		
	Kriter 2 (K₂)- Müşteri Duyarlılığı	
	Bir müşterinin belirli ürünü, örneğin siparişinin yavaş teslimatı gibi hizmet düzeyine duyarlı olabilir. Bu kriterde ürünler, çok, orta, az, çok az olan dilsel değişkenler aracılığıyla değerlendirilir.	
	Kriter 3 (K₃) - Talep	
	Bir ürün kategorisinin istenilen bir zaman aralığında gerekli olan ortalama ürün miktarını ifade eder. K ₃ kriterinin hem yatay hem de dikey boyutlarla ilgili olarak her ürünün atamasını oluşturduğu düşünülmektedir. K ₃ kriterinde yüksek değerler ile karakterize edilen ürünler, alt raflara ve giriş/çıkış istasyonuna yakın olarak atanmalıdır.	
	Kriter 4 (K₄) - Karlılık	
	K ₄ kriteri, şirketin karlılığına katkısı açısından her ürün kategorisinin önemini dikkate alır. K ₄ kriterinde yüksek değerler ile karakterize edilen ürünler, alt raflara ve giriş/çıkış istasyonuna yakın olarak atanmalıdır. İkincisi, tüketicinin taleplerini hızlı bir şekilde karşılamak için geri alma süresinin en aza indirilmesini sağlar. Bu nedenle, bu kriterin hem yatay hem de dikey boyutlarla ilgili olarak ürünlerin konumlandırmasını oluşturduğu kabul edilir ve her iki boyuta göre artan bir tercihle karakterize edilir.	
	Kriter 5 (K₅) - Popülerlik	
	Hem yatay hem de dikey boyutlarla ilgili olarak her ürünün atamasını oluşturmak için K ₅ kriteri dikkate alınmalıdır. Belirli bir zaman diliminde her ürün kategorisinin hizmet verdiği ortalama tüketici sayısını temsil eder. Her iki boyutla ilgili olarak artan bir tercihle karakterize edilir, yani popülerlik ne kadar yüksekse, raf seviyesi o kadar düşük ve giriş/çıkış istasyonuna ürün o kadar yakındır.	

Görüş formları fabrika içerisinde çalışan dokuz alanında uzman kişi tarafından puanlanmıştır. Hesaplamalar yapılırken kriter ağırlıkları hakkında görüş bildiren uzmanların her birinin önem derecesi eşit seviyede kabul edilip hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Puanlamaların aritmetik ortalamaları alınarak ÇKKV tekniklerinde kullanılacak olan kriter ağırlıkları Tablo 3.3' te ve 3.4' te hesaplanmıştır.

Tablo 3.6 Dikey Boyutta Kullanılacak Kriter Ağırlık Değerleri

Kriterler	Ağırlıkları	Dikey Boyut								
		1. Görüş	2. Görüş	3. Görüş	4. Görüş	5. Görüş	6. Görüş	7. Görüş	8. Görüş	9. Görüş
K₁	0,38	0,2	0,4	0,3	0,4	0,5	0,35	0,35	0,4	0,5
K₃	0,31	0,5	0,2	0,4	0,3	0,2	0,25	0,25	0,4	0,3
K₄	0,14	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,15	0,25	0,05	0,1
K₅	0,17	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,25	0,15	0,15	0,1
Toplam	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tablo 3.7 Yatay Boyutta Kullanılacak Kriter Ağırlık Değerleri

Kriterler	Ağırlıkları	Yatay Boyut								
		1. Görüş	2. Görüş	3. Görüş	4. Görüş	5. Görüş	6. Görüş	7. Görüş	8. Görüş	9. Görüş
K₂	0,24	0,2	0,35	0,2	0,2	0,3	0,1	0,25	0,35	0,2
K₃	0,38	0,3	0,25	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,45
K₄	0,17	0,2	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,05	0,1
K₅	0,22	0,3	0,25	0,2	0,3	0,1	0,2	0,15	0,2	0,25
Toplam	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Depo konumlanmasında dikey konumda en alt raf C_1 sınıfı olarak tanımlanmıştır. Bir üstteki raf C_2 sınıfı, üçüncü seviye C_3 sınıfı ve son olarak dördüncü seviye C_4 sınıfı olarak belirtilmiştir. Çalışmamızın gerçekleştiği civata fabrikasında üretilen 25 farklı ürün çeşidi alternatiflerimizi ($a_1, a_2, a_3, \dots, a_{25}$) temsil etmektedir. Mevcut durumda depolama alanında dikey boyutta alternatiflerin dört kademeli sınıflama çalışması ELECTRE TRI yöntemi sonucu $a_4, a_5, a_7, a_8, a_{21}, a_{23}$ C_1 sınıfı, $a_1, a_3, a_6, a_9, a_{19}, a_{22}, a_{24}$ C_2 sınıfı, $a_2, a_{15}, a_{17}, a_{18}, a_{25}$ C_3 sınıfı ve son olarak $a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}, a_{16}, a_{20}$ alternatifleri C_4 sınıfı şeklinde gerçekleşmiştir.

Yirmibeş alternatifin popülerlik, kârlılık, talep, ağırlık kriter değerleri fabrikanın veri tabanından alınan veriler incelenerek oluşturulmuştur. Kârlılık kriterinde işletmeye en çok kâr getiren üründen en az kârli ürüne göre azalan bir sıralama yapılmıştır. Talep kriteri değerlendirilirken üretim miktarları yüksek olan üründen az olan ürüne doğru azalan şekilde sıralama yapılmıştır. Popülerlik kriterinde en çok satışı gerçekleşen üründen daha az satışı olan ürüne doğru azalan bir sıralama gerçekleştirilmiştir. Ağırlık kriteri değerlendirilirken, ürünler ağırlıklarına göre azalan bir şekilde sıralanmıştır. Bu azalan sıralama sonucunda ağırlıklı ortalama yapılarak alternatiflerin kriterler değerleri hesaplanmıştır. Müşteri duyarlılığı kriteri, çok, orta, az, çok az olan dilsel değişkenler aracılığıyla değerlendirilip, çok az için 0-25, az için 25-50, orta için 50-75 ve son olarak çok için 75-100 arasında dört kademeli şekilde müşteri ile birebir teması olan saha çalışanlarının puanlamaları sonucu elde edilmiştir. Müşteri duyarlılığı yüksek ürünlere 100'e yakın puanlama duyarlılığı düşük olan ürüne daha düşük puanlar verilmesi talep edilmiştir. Tüm kriterlerin puanlamaları sonucu normalizasyon işlemleri yapılarak kriterlerin veri bütünlüğü sağlanmıştır.

3.4. Mevcut durum analizi

İşletme depo alanının mevcut durumuna bakıldığında, raflarda boşluklar olmasına rağmen rafların önünde ürünlerin yerlerde bulunduğu bu sebeple de ürün taşıma ve sevkiyata ürün hazırlama sürelerinin uzun olduğu gözlemlenmiştir. Kayıp zamana yol açacak şekildeki bu tip yerleşimler sevkiyat hızını azaltacağından ürünlerin özelliklerine göre tahsis edilmiş alanlara konumlandırılması bu tür kayıpların önüne geçecektir.

Mevcut depoda, ürün konumlandırma işleminin raflarda hangi alan boş ise oraya yerleştirme şeklinde gelişigüzel gerçekleştiği; müşteri duyarlılığı, kârlılık, popülerlik ve talep kriterlerinin göz önünde bulundurulmadan konumlandırıldığı belirlenmiştir. Kriter özelliklerine bakıldığında;

Popülerlik kriteri; belirli bir zaman diliminde her ürün kategorisinin hizmet verdiği ortalama tüketici sayısını temsil etmektedir. Her iki boyutla ilgili olarak artan bir tercihle karakterize edilir, yani popülerlik ne kadar yüksekse, raf seviyesi o kadar düşük ve giriş/çıkış istasyonuna ürün o kadar yakın olmalıdır.

Kârlılık kriteri, şirketin karlılığına katkısı açısından her ürün kategorisinin önemini dikkate alır. Kârlılık kriterinde yüksek değerler ile karakterize edilen ürünler, alt raflara ve giriş/çıkış istasyonuna yakın olarak atanmalıdır. Ayrıca, tüketicinin taleplerini hızlı bir şekilde karşılamak için geri alma süresinin en aza indirilmesi sağlanmalıdır.

Talep kriteri, bir ürün kategorisinin istenilen bir zaman aralığında gerekli olan ortalama ürün miktarını ifade eder. Talep kriterinde yüksek değerler ile karakterize edilen ürünler, alt raflara ve giriş/çıkış istasyonuna yakın olarak atanmalıdır.

Müşteri duyarlılığı kriteri, bir müşterinin belirli ürünü, örneğin siparişinin yavaş teslimatı gibi hizmet düzeyine duyarlı olabilmesi durumudur. Bu tür durumlarda sevkiyatın gecikmemesi adına duyarlılığı yüksek ürünlerin erişiminin kolay olması gerekmektedir.

Müşteri kayıplarına neden olabilecek hatalara sebebiyet vermemek adına, ürünlerin özellikleri göz önünde bulundurularak giriş/çıkış kapısına yakın konumlandırılmalarının yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

3.5. Dikey boyutta sınıflandırma

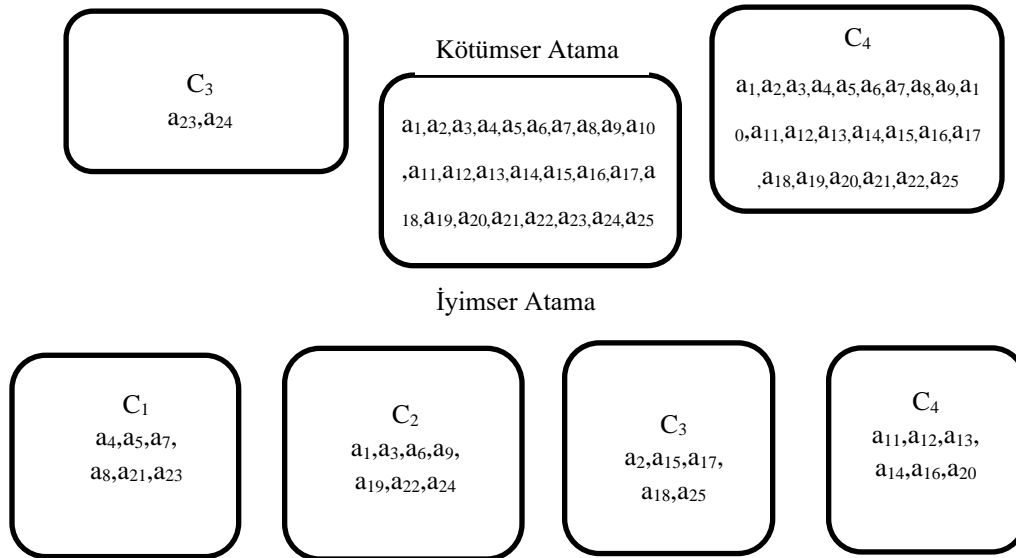
Çalışma kapsamında ELECTRE TRI yöntemi kullanılarak, depo kullanım alanının dikey yerleşiminde ürün gruplarının sınıflarının belirlenmesi çalışması yapılmıştır. En alt seviyedeki raflar C_1 sınıfı olmak üzere ikinci seviyedeki raflar C_2 sınıfını, üçüncü seviyedeki raflar C_3 sınıfını ve son olarak dördüncü seviyede bulunan raflar C_4 sınıfını oluşturmaktadır.

b_1 , b_2 ve b_3 profilleri, C_1 ve C_2 (b_1), C_2 ve C_3 (b_2), C_3 ve C_4 (b_3) sınıfları arasındaki sınırlardır. Bu çalışmada kullanılan, C_1 , C_2 , C_3 , C_4 sınıflarına ait profil değerleri ve tüm kriterler Tablo 3.5'te görülebilir. Çıkarılan profiller ve kriter ağırlıkları için kayıtsızlık eşiği $q = 1$, tercih eşiği $p = 2$ ve kesme seviyesi $\lambda = 0.76$ olarak literatür taraması ile belirlenmiştir. (Micale vd. 2019:207; Fontana vd. 2013: 294)

Tablo 3.8 ELECTRE TRI Tercih Parametreleri

Kriterler	Ağırlıklar	Eşik Değerleri		Profil Değerleri		
		q	p	b_1	b_2	b_3
K_1 (Ağırlık)	0,38	1	2	25	50	75
K_3 (Talep)	0,31	1	2	25	50	75
K_4 (Karlılık)	0,14	1	2	15	45	65
K_5 (Popülerlik)	0,17	1	2	4	6	8

Depo konumlanmasında dikey konumda en alt raf C_1 sınıfı olarak tanımlanmıştır. Bir üstteki raf C_2 sınıfı üçüncü seviye C_3 sınıfı ve son olarak dördüncü seviye C_4 sınıfı olarak belirtilmiştir. Fabrikanın depolama alanında bulunan rafların seviyeleri A rafında beş seviye, B ve C raf hizasında altı seviye, H raf bölümünde ise dört seviyedir. ELECTRE TRI uygulaması çalıştırılırken dört seviye üzerinden uygulama gerçekleştirilmiş olup C_4 sınıfına atanan ürün gruplarının beşinci ve altıncı seviyelere de konulmasının mümkün olabileceği düşünülmüştür. Şekil 3.1'de ELECTRE TRI 2.0 yazılımı yardımıyla hesaplanan ELECTRE TRI yönteminin iyimser ve kötümser versiyonu ile nihai sonuç gösterilmektedir.



Şekil 3.1 ELECTRE TRI Atama Görseli

ELECTRE TRI atama çıktısına baktığımızda kötümser atama gerçekleştirildiğinde çoğu ürün grubunun C_4 seviyesine atandığı, yalnızca a_{23} ve a_{24} ürünlerinin bir alt basamak olan C_3 seviyesinde kaldığı gözlemlenmektedir. Kötümser atamada bu durumun gerçekleşme sebebi; ürün grupları değerlendirilirken kriter derecelendirme aşamasında bazı kriterlerde çok iyi olan alternatifler ve diğer kriterlerde

çok kötü derecelendirmeye sahip olabilmesi şeklinde açıklanabilir. İyimsen atama gerçekleştirildiğinde daha makul atamaların gerçekleştiği dört sınıfa ürün grubu atanması yapıldığı gözlemlenmektedir. İyimsen atama ile gerçekleştirilen atama politikası, depolama konumu atanmasını analiz etmek için daha iyi bir seçenek olarak düşünülmüştür.

3.6. Yatay boyutta sıralama

ELECTRE TRI tekniği ilk olarak ürün gruplarını raf seviyelerine atamak için kullanılırken, TOPSIS ve VIKOR teknikleri daha sonra ürün gruplarının her seviyeye yerleştirildiği belirli yatay depolama konumlarını belirlemek için uygulanır. ELECTRE TRI bakış açısına göre, raf seviyeleri, alternatiflerin (yani ürün gruplarının) atanacağı sınıfları temsil ederken, TOPSIS ve VIKOR teknikleri, depolama alanında giriş çıkış kapısına yakınlık çerçevesinde ürün konumlandırmak için her sınıfta (C_1, C_2, C_3, C_4) uygulanır.

Yatay boyutta ÇKKV teknikleri uygulanırken dikkate alınacak olan kriterler ve ağırlıkları Tablo 3.6' da gösterilmiştir.

Tablo 3.9 Yatay Boyut Kriterleri ve Ağırlıkları

Kriterler	Ağırlıkları
K₂ (Müşteri Duyarlılığı)	0,24
K₃ (Talep)	0,38
K₄ (Karlılık)	0,17
K₅ (Popülerlik)	0,22

Çalışma içerisinde, satır ve sütun adreslerinin takibi ve formülasyonların daha iyi anlaşılması açısından tablolar excel formatında gösterilmiştir.

3.6.1 TOPSIS uygulaması

$C_1, C_2, C_3,$ ve C_4 sınıfları için TOPSIS tekniğinin altı aşaması tek tek uygulanmış ve aşağıda sonuçları ile birlikte tablanmıştır. Excel formülasyonları yalnızca C_1 sınıfı için ayrıntılı olarak gösterilmiş diğer sınıflarda aynı şekilde uygulanarak sonuçlar elde edilmiştir.

• C_1 Sınıfı için TOPSIS Uygulaması

C_1 sınıfına atanan $a_4, a_5, a_7, a_8, a_{21}, a_{23}$ ürün gruplarının K_2, K_3, K_4 ve K_5 kriterleri için puanlama çalışmaları fabrika içerisinde ve akademik hayatta bulunan uzman kişiler tarafından değerlendirilip oluşturulmuştur. C_1 Sınıfı içerisinde bulunan ürün gruplarına ait puanlama Tablo 3.7' de gösterilmiştir.

Tablo 3.10 C_1 Sınıfı Alternatiflerin Kriter Değerleri

Alternatifler	Müşteri Duyarlılığı	Talep	Karlılık	Popülerlik
a4	0	53,608	100,000	22,222
a5	40	1,166	6,384	11,111
a7	0	10,317	32,229	77,778
a8	40	11,530	26,786	55,556
a21	60	100,000	74,068	100
a23	60	74,000	64,985	88,889

Kriter puanları yukarıdaki tabloda görülen alternatiflerin TOPSIS uygulaması excel çalışma kitabı üzerinden altı aşamada gerçekleştirilmiş olup tablolar ile gösterilmiştir. Bu aşamalar sonucunda C_1 sınıfı için giriş/çıkış kapısına yakın olması gereken ürün grubu Tablo 3.16'de gösterilmiştir.

Tablo 3.11 C_1 Sınıfı karar matrisi

A	B	C	D	E	F
		Kriterler			
1	Ağırlık	0,24	0,38	0,17	0,22
2	Alternatifler	K_2 (Müşteri Duyarlılığı)	K_3 (Talep)	K_4 (Karlılık)	K_5 (Popülerlik)
3	a4	0,000	53,608	100,000	22,222
4	a5	40,000	1,166	6,384	11,111
5	a7	0,000	10,317	32,229	77,778
6	a8	40,000	11,530	26,786	55,556
7	a21	60,000	100,000	74,068	100
8	a23	60,000	74,000	64,985	88,889

C_1 sınıfı için atanan alternatif değerlerin kriter puanları ve kriter ağırlıkları Tablo 3.8' deki gibi bir Excel sayfasına yazılarak karar matrisi elde edilir.

Karar matrisi elde edildikten sonra ikinci aşamada normalize matrisin bulunması için işlemler yapılır.

Tablo 3.12 Normalizasyon işlemi C₁ sınıfı Değerleri

A	B	C	D	E	F
10					
11			Kriterler		
	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
12	a ₄	0	2873,803	10000	493,827
13	a ₅	1600	1,358	40,759	123,456
14	a ₇	0	106,445	1038,702	6049,382
15	a ₈	1600	132,946	717,469	3086,419
16	a ₂₁	3600	10000	5486,136	10000
17	a ₂₃	3600	5476,064	4223,074	7901,234
18	Normalize	101,980	136,347	146,649	166,295

Normalizasyon matrisinin elde edilmesi aşamasında her alternatifin kriter değerlerinin kareleri alınır, daha sonra kareleri alınan kriter değerleri sütun sonunda toplanıp toplanan sayının karekökü alınır. Bu değerler Tablo 3.9’ da gösterilmiştir. İlgili hücelere ait excel formülleri;

C12 hücresi için $C12 = C3 * C3$ formülasyonu ile gerçekleştirilen işlem C13, C14, C15, C16 ve C17 hücreleri için ve ayrıca D12, E12, F12 hücreleri içinde uygun hücreler seçilerek gerçekleştirilir.

$C18 = \text{KAREKÖK}(\text{TOPLA}(C12:C17))$, C18 hücresinde gerçekleştirilen işlem D18, E18 ve F18 hücreleri içinde gerçekleştirilerek tüm karar kriterlerine ait $\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}$ değerleri hesaplanır.

Tüm hücrelerde bulunan değerler için $\frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}$ işlemi gerçekleştirilerek Tablo 3.10 ‘da Normalize edilmiş değerler tablosu elde edilir.

C21 hücresi için $C21 = C3 / C18$ formülasyonu ile gerçekleştirilen işlem C22, C23, C24, C25 ve C26 hücreleri için ve ayrıca D21, E21, F21 hücreleri için uygun hücreler seçilerek gerçekleştirilir.

Tablo 3.13 Normalize edilmiş C₁ sınıfı Değerleri matrisi

A	B	C	D	E	F
19					
20			Kriterler		
	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
21	a ₄	0,000	0,393	0,682	0,134
22	a ₅	0,392	0,009	0,044	0,067
23	a ₇	0,000	0,076	0,220	0,468
24	a ₈	0,392	0,085	0,183	0,334
25	a ₂₁	0,588	0,733	0,505	0,601
26	a ₂₃	0,588	0,543	0,443	0,535

C30 hücresi için $C30 = C27 * C21$ formülasyonu ile gerçekleştirilen işlem C31, C32, C33, C34 ve C35 hücreleri için ve ayrıca D30, E30, F30 hücreleri içinde uygun hücreler seçilerek gerçekleştirilir.

Bu işlemler sonucunda da ağırlıklandırılmış normalize matris Tablo 3.11 elde edilmiş olur.

Tablo 3.14 Ağırlıklandırılmış Normalize Matris

A	B	C	D	E	F
27	Ağırlık	0,24	0,38	0,17	0,22
28			Kriterler		
29	Alternatifler	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
30	a ₄	0,000	0,149	0,116	0,029
31	a ₅	0,094	0,003	0,007	0,015
32	a ₇	0,000	0,029	0,037	0,103
33	a ₈	0,094	0,032	0,031	0,073
34	a ₂₁	0,141	0,279	0,086	0,132
35	a ₂₃	0,141	0,206	0,075	0,118

Ağırlıklandırılmış normalize matris oluşturulma işleminden sonra ideal çözüm değerleri ve negatif ideal çözüm değerleri hesaplanır. İdeal çözüm değerlerini elde etmek için her sütuna ait en yüksek değerler göz önünde bulundurulurken, negatif ideal çözüm değerleri içinde her sütuna en düşük değerler göz önünde bulundurulur. İdeal çözüm değerlerini ve Negatif ideal çözüm değerlerini bulmak için;

$C38 = \text{MAK}(C30:C35)$, C38 hücreleri için yapılan işlem D38, E38 ve F38 hücreleri için de tekrardan yapılır.

$C42 = \text{MIN}(C30:C35)$, C43 hücreleri için yapılan işlem D42, E42 ve F42 hücreleri içinde tekrar edilir. Bu işlemler sonucunda Tablo 3.12’ deki İdeal çözüm değerleri ve Negatif İdeal çözüm değerleri elde edilmiş olacaktır.

Tablo 3.15 İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri

A	B	C	D	E	F
36	İdeal Çözüm Değerleri				
37		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
38		0,141	0,279	0,116	0,132
40	Negatif İdeal Çözüm Değerleri				
41		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
42		0,000	0,003	0,007	0,015

İdeal ve Negatif ideal çözüm değerleri hesaplamaları elde edildikten sonra;

C45 hücresi için $C45=(C30-\$C38\$)^2$ formülasyonu ile gerçekleştirilen işlem C46, C47, C48, C49 ve C50 hücreleri için ve ayrıca D45, E45, F45 hücreleri içinde uygun hücreler seçilerek gerçekleştirilir.

İdeal uzaklığın hesaplanmasında $S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}$ formülü kullanılmaktadır. Bu formülasyon uygulandıktan sonra tüm karar kriterlerine ait ideal uzaklıklar Tablo 3.13' de ki gibi hesaplanır.

G45=TOPLA(C45:F45), G45 hücreleri için gerçekleştirilen işlem G46, G47, G48, G49 ve G50 hücreleri için, H4=KAREKÖK(G45), H45 hücreleri için gerçekleştirilen işlem H46, H47, H48, H49 ve H50 hücreleri için aynı işlem yapılır.

Tablo 3.16 İdeal Uzaklıklar Tablosu

A	B	C	D	E	F	G	H
43	İdeal Uzaklıklar Tablosu						
44		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Toplam	S _i *
45	a4	0,019	0,016	0,000	0,010	0,047	0,217
46	a5	0,002	0,075	0,011	0,013	0,103	0,322
47	a7	0,019	0,062	0,006	0,000	0,089	0,299
48	a8	0,002	0,060	0,007	0,003	0,073	0,271
49	a21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030
50	a23	0,000	0,005	0,001	0,000	0,007	0,084

C53 hücresi için $C53=(C30-\$C42\$)^2$ formülasyonu ile gerçekleştirilen işlem C54, C55, C56, C57 ve C58 hücreleri için ve ayrıca D53, E53, F53 hücreleri içinde uygun hücreler seçilerek gerçekleştirilir.

Negatif ideal uzaklığın bulunması için $S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$ formülasyonu ilgili hücrelere uygulanır. Bu işlem sonucunda her bir karar kriterine ait negatif uzaklıklar Tablo 3.14' deki gibi hesaplanır.

Tablo 3.17 Negatif ideal uzaklıkların elde edilmesi

A	B	C	D	E	F	G	H
51	Negatif İdeal Uzaklıklar Tablosu						
52		K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Toplam	S _i -
53	a4	0,000	0,021	0,012	0,000	0,033	0,182
54	a5	0,009	0,000	0,000	0,000	0,009	0,094
55	a7	0,000	0,001	0,001	0,008	0,009	0,096
56	a8	0,009	0,001	0,001	0,003	0,014	0,117
57	a21	0,020	0,076	0,006	0,014	0,116	0,340
58	a23	0,020	0,041	0,005	0,011	0,076	0,276

G53 = TOPLA(C53:F53), G53 hücreleri için gerçekleştirilen işlem G54, G55, G56, G57 ve G58 hücreleri için aynı işlem yapılır. H53 = KAREKÖK(G53), H53 hücreleri için gerçekleştirilen işlem H54, H55, H56, H57 ve H58 hücreleri için aynı işlem yapılarak S_i⁻ değerleri elde edilir.

S_i^{*} ve S_i⁻ değerleri Tablo 3.15' teki gibidir.

Tablo 3.18 İdeal ve Negatif ideal çözüm değerleri tablosu

	S _i *	S _i -
a4	0,217	0,182
a5	0,322	0,094
a7	0,299	0,096
a8	0,271	0,117
a21	0,030	0,340
a23	0,084	0,276

İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanmasında $C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}$ formülü kullanılmaktadır.

E60 = D60/(D60+C60), E60 hücreleri için gerçekleştirilen işlem E61, E62, E63, E64 ve E65 hücreleri için aynı işlem yapılır. Ürünlerin yatay boyutta en uygun şekilde sıralanması Tablo 3.16' da F sütununda gösterilmiştir.

Tablo 3.19 C₁ Sınıfı TOPSIS Uygulaması Sonucu

A	B	C	D	E	F
59	Alternatifler	S _i *	S _i -	C _i *	Sıralama
60	a ₄	0,217	0,182	0,456	3
61	a ₅	0,322	0,094	0,226	6
62	a ₇	0,299	0,096	0,244	5
63	a ₈	0,271	0,117	0,301	4
64	a ₂₁	0,030	0,340	0,918	1
65	a ₂₃	0,084	0,276	0,766	2

Bu sıralama sonucunda giriş/çıkış kapısına hem yatay hem dikey düzlemde en yakın seviyede bulunması gereken ürün grubu a₂₁ olarak çıkmış, a₅ ürün grubunun ise dikey düzlemde en alt sevide olabileceği ancak yatay seviyede giriş/çıkış kapısına uzak kalabileceği sonucuna varılmıştır.

C₂, C₃ ve C₄ sınıfları içinde TOPSIS uygulaması excel formatında gerçekleştirilerek, Tablo 3.17' deki olası ürün konumlandırması elde edilmiştir.

Tablo 3.17 TOPSIS yöntemi depolama alanı olası ürün konumlandırması

	1	2	3	4	5	6	7
C ₄	a10	a11	a14	a16	a13	a12	a20
C ₃	a2	a18	a25	a15	a17		
C ₂	a22	a24	a19	a9	a3	a6	a1
C ₁	a21	a23	a4	a8	a7	a5	

3.6.2 VIKOR uygulaması

TOPSIS yöntemi ile yapılan sıralama sonuçları ile karşılaştırmak adına VIKOR yöntemi C₁, C₂, C₃, C₄ sınıfları için ayrı ayrı uygulanmıştır. İlgili sınıflara ait sıralama sonuçları elde edilmiştir. C₁ sınıfı için VIKOR uygulaması aşamalı olarak açıklanacak C₂, C₃ ve C₄ sınıflarının sonuçları tablo olarak verilecektir.

• C₁ Sınıfı VIKOR Uygulaması

C₁ sınıfına atanan a₄, a₅, a₇, a₈, a₂₁, a₂₃ ürün gruplarının K₂, K₃, K₄ ve K₅ kriterleri için puanlama çalışmaları fabrika içerisinde ve akademik hayatta bulunan uzman kişiler tarafından değerlendirilip oluşturulmuştur. C₁ Sınıfı içerisinde bulunan ürün gruplarına ait VIKOR yöntemi uygulama sonucu Tablo 3.24'de gösterilmiştir.

VIKOR analizine başlamadan önce kullanılacak kriterlerin özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmamızda, maliyet özelliğine sahip kriterlerimiz bulunmamakta olup, kriter değerlerimiz fayda özelliği taşıyan kriterler olduğundan "max" olarak gösterilmiştir. Maliyet özelliğine sahip kriterimiz bulunsaydı "min" olarak gösterim yapmamız gerekecekti.

Tablo 3.18 C₁ Sınıfı ürün konumlandırma problemine ait karar matrisi

Alternatifler	Kriterler			
	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
	Ağırlıklar	0,24 Max	0,38 Max	0,17 Max
a ₄	0	53,608	100,000	22,222
a ₅	40	1,166	6,384	11,111
a ₇	0	10,317	32,229	77,778
a ₈	40	11,530	26,786	55,556
a ₂₁	60	100,000	74,068	100
a ₂₃	60	74,000	64,985	88,889

Tablo 3.18' de gösterilen karar matrisi oluşturulduktan sonra, kriterlerin maliyet ve fayda özelliklerini bulundurma durumları göz önünde bulundurularak, tüm kriterler için en iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu değerlerin belirlenmesi aşamasında excel çalışma sayfasında kriter özelliklerine göre hesaplama yapan mantıksal sına işlevi kullanılmıştır.

En iyi ve en kötü değerlerin hesaplanmasında, kriterler için;

$$C10 = \text{EĞER} (C3 = \text{"min"}; \text{MIN}(C4:C9); \text{MAK}(C4:C9))$$

C11= EĞER (C3="min";MAK(C4:C9);MIN(C4:C9)) formülasyonları kullanılarak f_j^* ve f_j^- değerlerinin bulunduğu Tablo 3.19' da gibidir.

Tablo 3.20 En iyi ve en kötü kriter değerleri

A	B	C	D	E	F
1	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
2	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
3		Max	Max	Max	Max
4	a4	0	53,608	100,000	22,222
5	a5	40	1,166	6,384	11,111
6	a7	0	10,317	32,229	77,778
7	a8	40	11,530	26,786	55,556
8	a21	60	100,000	74,068	100
9	a23	60	74,000	64,985	88,889
10	fj*	60	53,608	100,000	22,222
11	fj-	0	1,165	6,384	11,111

Kriterlerin birimlerinden arınması amacı ile gerçekleştirilen normalizasyon işlemi lineer normalizasyon işlemi, esasına dayanmakta olup $r_{ij} = \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-}$ formülasyonu ile tüm değerler normalize edilmiştir. Excel çalışma sayfasında normalize edilmiş tablo oluşturulurken;

Tablo 3.20 Normalizasyon Matrisi

A	B	C	D	E	F
12					
13	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
14	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
15		Max	Max	Max	Max
16	a4	1,000	0,469	0,000	0,875
17	a5	0,333	1,000	1,000	1,000
18	a7	1,000	0,907	0,724	0,250
19	a8	0,333	0,895	0,782	0,500
20	a21	0,000	0,000	0,277	0,000
21	a23	0,000	0,263	0,374	0,125

C16 = (C\$10-C4)/(C\$10-C\$11) işlemi gerçekleştirilmiş bu işlem C16:F21 hücre aralığında kopyalanarak normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiş, Tablo 3.20' de gösterilmiştir.

Normalize edilmiş karar matrisi her bir kritere ait ağırlık değerleri ile çarpılarak ağırlıklandırılmıştır.

C26=C16*C\$24 işlemi gerçekleştirilerek, C26 hücresine ait normalize edilmiş skor değeri kritere ait ağırlık değeri ile çarpılmış ve ilgili alternatiflere ait ağırlıklı normalize edilmiş değer bulunmuştur. Bu işlem C26: F31 hücre aralığında kopyalanarak tüm alternatiflere ait ağırlıklandırılmış değerlerin hesaplaması yaptırılıp Tablo 3.21' de gösterilmiştir.

Tablo 3.21 Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi

A	B	C	D	E	F
22					
23	Alternatifler	K ₂ (Müşteri Duyarlılığı)	K ₃ (Talep)	K ₄ (Karlılık)	K ₅ (Popülerlik)
24	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22
25		Max	Max	Max	Max
26	a4	0,240	0,178	0,000	0,193
27	a5	0,080	1,000	0,170	0,220
28	a7	0,240	0,907	0,123	0,055
29	a8	0,080	0,895	0,133	0,110
30	a21	0,000	0,000	0,047	0,000
31	a23	0,000	0,263	0,064	0,028

Tüm alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını gösteren S_i ve R_i değerlerinin hesaplanmasında;

$$G35 = \text{TOPLA}(C35: F35),$$

$$H35 = \text{MAK} (C35: F35), \text{ formülasyonları kullanılmıştır.}$$

G35 hücresinde yer alan formül G35:G40 hücreleri aralığında, H35 hücresinde yer alan formül H35:H40 hücreleri aralığında kopyalanarak ilgili alternatiflere ait ortalama grup ve en kötü grup değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Tablo 3.22' de gösterilmiştir.

Tablo 3.22 S_i ve R_i Değerleri

A	B	C	D	E	F	G	H
32			Kriterler			Ortalama	En Kötü Grup
33	Ağırlıklar	0,24	0,38	0,17	0,22	Grup	Değerleri
34	Alternatifler	K_2	K_3	K_4	K_5	S_i	R_i
35	a4	0,24	0,178	0	0,192	0,610	0,24
36	a5	0,08	0,380	0,17	0,22	0,850	0,38
37	a7	0,24	0,344	0,123	0,055	0,762	0,344
38	a8	0,08	0,340	0,132	0,11	0,663	0,340
39	a21	0	0	0,047	0	0,047	0,047
40	a23	0	0,099	0,063	0,0275	0,1911	0,099
41	S_i^*	0,047					
42	S_i^-	0,850					
43	R_i^*	0,047					
44	R_i^-	0,047					

S_i değerleri hesaplandıktan sonra, $C41 = \text{MIN}(G35:G40)$ formülasyonu ile S_i^* değeri, $C42 = \text{MAK}(G35:G40)$ formülasyonu ile S_i^- değeri bulunmuştur.

R_i değerleri hesaplandıktan sonra, $C43 = \text{MIN}(H35:H40)$ formülasyonu ile R_i^* değeri, $C44 = \text{MAK}(H35:H40)$ formülasyonu ile R_i^- değeri bulunmuştur.

S_i^* , S_i^- , R_i^* ve R_i^- değerleri hesaplandıktan sonra, $q = \{0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,0\}$ parametrelerine göre farklı grup faydası değerleri Q_i hesaplanmış Tablo 3.23' de gösterilmiştir.

Tablo 3.23 Hesaplanan S_i , R_i ve Q_i değerleri

A	B	C	D	E	F	G	H	I
45				0	0,25	0,5	0,75	1
46	Alternatifler	S_i	R_i	$q=0,0$	$q=0,25$	$q=0,5$	$q=0,75$	$q=1$
47	a4	0,610	0,240	0	0,175	0,351	0,526	0,702
48	a5	0,850	0,380	0	0,250	0,5	0,750	1
49	a7	0,762	0,344	0	0,222	0,445	0,668	0,891
50	a8	0,663	0,340	0	0,191	0,383	0,575	0,767
51	a21	0,047	0,047	0	0	0	0	0
52	a23	0,191	0,099	0	0,044	0,089	0,134	0,179

$$E47 = (((E\$45 * (\$C47 - \$B\$41)) / (\$B\$42 - \$B\$41))) + (((1 - E\$45) * (D\$47 - \$B\$43)) / (\$B\$44 - \$B\$43))$$

E47 hücresi için yazılan formülasyon ile ilgili alternatifin Q_i değeri hesaplanmıştır. E47 hücresinde yer alan formül E47:I52 aralığına kopyalanarak farklı q değerlerini göz önünde bulunduran Q_i değerleri hesaplanmış olur.

Tüm alternatifler için Q değerleri bulunduktan sonra, bu değerler göz önünde bulundurularak alternatifler sıralanırlar. Oluşturulan sıralamanın uzlaşık çözümü yansıtmıyorsa yansıtmadığını belirlemek üzere, kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar koşullarını sağlayıp sağlamadığına bakılır. Bu kapsamda excel üzerinde yapılan çözümler ve sıralama sonuçları Tablo 3.24' deki gibidir

Tablo 3.24 C_1 Sınıfı VIKOR Uygulama Sonucu

Alternatifler	0 $Q_i(q=0,00)$	0,25 $Q_i(q=0,25)$	0,5 $Q_i(q=0,5)$	0,75 $Q_i(q=0,75)$	1 $Q_i(q=1)$
a4	1	3	3	3	3
a5	1	6	6	6	6
a7	1	5	5	5	5
a8	1	4	4	4	4
a21	1	1	1	1	1
a23	1	2	2	2	2
$Q(A2)$	0	0,044	0,089	0,134	0,179
$Q(A1)$	0	0	0	0	0
$Q(A2) - Q(A1)$	0	0,044	0,089	0,134	0,179
DQ	0,166	0,166	0,166	0,166	0,166
Koşul 1	YANLIŞ	YANLIŞ	YANLIŞ	YANLIŞ	DOĞRU
Koşul 2	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU

C₁ sınıfında alternatiflerin yatay düzlemde giriş/çıkış kapısına yakınlık seviyesini belirlemek için yapılan VIKOR analizi sonucunda $q=1,00$, değeri için Kabul Edilebilir Avantaj ve Kabul Edilebilir İstikrar Koşulları' nı aynı anda sağlayan yerleşim şekli en iyi alternatif olarak bulunmuştur.

VIKOR uygulama sonucu uygulandığında Tablo 3.25' deki gibi yerleşim yapılması önerilmektedir. $q=0,000$, $q=0,25$, $q=0,5$ ve $q=0,75$ değerleri kabul edilebilir avantaj koşulunu sağlamadığından değerlendirmeye alınmamıştır.

Tablo 3.25 VIKOR yöntemi C₁ sınıfı ürün konumlandırması

1	2	3	4	5	6
a ₂₁	a ₂₃	a ₄	a ₈	a ₇	a ₅

C₂, C₃ ve C₄ sınıfları içinde VIKOR uygulaması excel formatında gerçekleştirilerek, Tablo 3.26' daki olası ürün konumlandırması elde edilmiştir.

Tablo 3.26 VIKOR yöntemi depolama alanı olası ürün konumlandırması

	1	2	3	4	5	6	7
C ₄	a ₁₀	a ₁₆ /a ₁₁	a ₁₁ /a ₁₆	a ₁₄ /a ₁₃	a ₁₃ /a ₁₄	a ₂₀ /a ₁₂	a ₁₂ /a ₂₀
C ₃	a ₂	a ₁₈	a ₂₅	a ₁₅	a ₁₇		
C ₂	a ₂₄	a ₂₂	a ₁₉	a ₉	a ₁	a ₆ /a ₃	a ₃ /a ₆
C ₁	a ₂₁	a ₂₃	a ₄	a ₈	a ₇	a ₅	

Tablo 3.27 TOPSİS ve VIKOR yöntemi depolama alanı karşılaştırması

		VIKOR						
		1	2	3	4	5	6	7
C ₄	a ₁₀	a ₁₆ /a ₁₁	a ₁₁ /a ₁₆	a ₁₄ /a ₁₃	a ₁₃ /a ₁₄	a ₂₀ /a ₁₂	a ₁₂ /a ₂₀	
C ₃	a ₂	a ₁₈	a ₂₅	a ₁₅	a ₁₇			
C ₂	a ₂₄	a ₂₂	a ₁₉	a ₉	a ₁	a ₆ /a ₃	a ₃ /a ₆	
C ₁	a ₂₁	a ₂₃	a ₄	a ₈	a ₇	a ₅		

		TOPSİS						
		1	2	3	4	5	6	7
C ₄	a ₁₀	a ₁₁	a ₁₄	a ₁₆	a ₁₃	a ₁₂	a ₂₀	
C ₃	a ₂	a ₁₈	a ₂₅	a ₁₅	a ₁₇			
C ₂	a ₂₂	a ₂₄	a ₁₉	a ₉	a ₃	a ₆	a ₁	
C ₁	a ₂₁	a ₂₃	a ₄	a ₈	a ₇	a ₅		

TOPSİS ve VIKOR yöntemleri Tablo 3.27' de görüldüğü üzere TOPSİS ve VIKOR yöntemlerinin gerçekleştirdiği ürün grubu sıralamalarında büyük farklılıkların olmadığı gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak depo alanı belirleme çalışmamızın etkili bir sonuca ulaşabileceği kanaatine varılmıştır.

4. Sonuç

Dünya çapında rekabet gücünün artmasıyla birlikte, şirketler, başarılarının stratejik itici güçleri olarak, maliyet azaltma ve verimlilik optimizasyonuna giderek daha fazla önem vermeye başlamıştır. Bu kapsamda, şirketler son yıllarda depoların yeniden yapılandırılmasının yanı sıra süreçlerin yeniden mühendisliğini ve optimizasyonunu devreye almışlardır. Depo yeniden yapılandırılmasıyla ilgili olarak, Depo Konumu Atama Probleminin (SLAP) çözümü, siparişlerin teslimat süresi, genel lojistik maliyetleri ve müşteri memnuniyeti gibi farklı perspektifler altında depo yönetimi verimliliğini ve etkinliğini artırmak için esastır.

Bu çalışmada depolama faaliyetleri gerçekleştirilirken oluşması muhtemel zaman kayıpları, iş gücü kaybı, taşıma maliyetleri ve sevkiyat gecikmesi ya da ürün yok satma gibi müşteriler ile ilişkilerin zedelenmesine sebep olabilecek olumsuz koşulların engellenmesi adına depo yönetimi çalışmasını gerçekleştirmek amaçlanmıştır. Bu kapsamda cıvata üretimi yapan bir fabrikada örnek uygulama gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında depolama alanında bulunan ürünlerin çok katmanlı bir depoda, depolama yeri tahsis için ağırlık, talep, karlılık, popülerlik ve müşteri duyarlılığı özelliklerini dikkate alan çok kriterli karar verme tekniklerini kullanarak bir ürün konumlandırma çalışması yapılmıştır.

Kullanılan çok kriterli karar verme teknikleri ELECTRE TRI ve TOPSİS ve VIKOR yöntemleridir. ELECTRE TRI teknik kullanılarak ürünlerin dört seviyeden oluşan rafların hangi basamağında olması gerektiği çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışma sonrasında TOPSİS ve VIKOR yöntemleri kullanılarak yatay boyutta giriş/çıkış kapısına yakınlıkları sıralanmıştır. Her boyut için ortak kullanılan kriterler; karlılık, talep ve popülerliktir. Ağırlık kriteri dikey seviyede yerleşim yapılırken dikkate alınmış, müşteri duyarlılığı kriteri ise yatay konumlandırma aşamasında dikkate alınmıştır.

Çalışma yapılmadan önce literatür taraması gerçekleştirilmiş ancak uygulamalı olarak depo yerleşim alanı tahsis eden herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yerli ve yabancı kaynak taramasında bulunan çalışmalarda genel olarak varsayımsal depo tasarımları ve

ürün grupları oluşturularak yöntemler uygulanmış ve tavsiyelerde bulunulmuştur. Bu çerçevede yapılan çalışmanın, sahadaki uzman görüşleri ve gerçek verilere dayalı olarak oluşturulmasının literatüre özgün bir katkı sunduğunu ifade etmek mümkündür.

Depolama alanında yapılan ürün atama çalışmasının, ağır olan ürünlerin giriş/çıkış kapısına ve dikey konumda yere yakınlığı ürün taşıma mesafesini ve ürün taşıma süresini azaltarak optimum sürede sevkiyata hazır olmasını sağlayacağı düşünülmektedir. Aynı mantıkla müşteri duyarlılığının yüksek olduğu bir ürünün giriş/çıkış kapısına yakınlığı ürün hazırlama zamanından tasarruf sağlayarak işletmeye katkıda bulunacaktır.

Yapılan çalışmanın işletmeye maliyet açısından ne kadar katkı sağlayacağını öngörebilmek açısından küçük bir operasyon bazında maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz çerçevesinde, giriş/çıkış kapısına en yakın ve dikey boyutta en alt rafta bulunması gereken a_{21} ürününün, bunun tam tersi olarak giriş/çıkış kapısına en uzak ve en üst rafta konumlandırılması sonucu, dikey boyutta ürün taşıma süresinin 0,33 dakika daha fazla sürdüğü, yatay boyutta ise 2 dakika fazla sürdüğü ölçülmüştür. Bu süre farklılıklarını işçilik maliyetleri ve taşıma süresi olarak değerlendirdiğimizde, işçilik maliyetinde yaklaşık % 14, taşıma süresinde ise yaklaşık % 85 oranında bir iyileştirmenin olacağı öngörülmüştür.

TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin gerçekleştirdiği ürün grubu sıralamalarında C_1 ve C_3 sınıfında bulunan ürünler için herhangi bir fark olmadığı ancak C_2 ve C_4 sınıflarındaki ürün yerleştirmelerinde farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılıklara bakıldığında VIKOR uygulamasının işletme ürün özelliklerine daha uygun atamalar yaptığı gözlemlenmiştir. Örneğin; C_2 sınıfının ilk rafına VIKOR yönteminde a_{24} ürünü, TOPSIS uygulamasında a_{22} ürünü atanmıştır. a_{24} ürününün talep değeri 34, a_{22} ürününün talep değeri 15'tir. Yatay boyutta talep kriterinin ağırlığı 0,38 olduğu bilinmektedir. Bu verilere göre a_{24} ürününün ilk konumda yer almasının daha uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Hali hazırda depolama alanında bulunan ürün konumlandırma işlemleri belirli bir sistem ile gerçekleştirilmemektedir. Üretim alanından depo alanına taşınan ürünler uygun görülen boş alanlara yerleştirilmektedir. Bu yüzden ki, çalışmamız sonucu tavsiye edilen ürün konumlandırma planı fabrika için belirli bir düzen oluşturacak ve ürün gruplarına yer tahsisi sağladığından zaman kayıpları, iş gücü kayıpları azaltılacaktır.

Kaynakça

Acar A. Z., Çakmak E., (2013) "Depolama ve Depo Yönetimi", Nobel Yayınevi, İstanbul

Asgari Siahboomy, M., Sarvari, H., Chan, D. W., Nassereddine, H., & Chen, Z. (2021). A multi-criteria optimization study for locating industrial warehouses with the integration of BIM and GIS data. *Architectural Engineering and Design Management*, 17(5-6), 478-495.

Da Silva, D. D., De Vasconcelos, N. V. C., ve Cavalcante, C. A. V. (2015), "Multicriteria Decision Model To Support The Assignment of Storage Location Of Products in a Warehouse", *Mathematical Problems in Engineering* 10.1155 /2015/481950.

Fontana, M. E., ve Nepomuceno, V. S. (2017), "Multi-Criteria Approach for Products Classification and Their Storage Location Assignment", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 88(9-12), 3205-3216.

Fontana, M. E., & Cavalcante, C. A. V. (2013), "ELECTRE TRI Method Used to Storage Location Assignment Into Categories", *Pesquisa Operacional* 33(2): 283-303

Fontana, M. E., ve Cavalcante, C. A. V. (2014) "Using The Efficient Frontier to Obtain The Best Solution for The Storage Location Assignment Problem", *Mathematical Problems in Engineering*, <https://doi.org/10.1155/2014/745196>

Fontana, M. E., López, J. C. L., Cavalcante, C. A. V., & Noriega, J. J. S. (2020). Multi-Criteria Assignment Model to Solve The Storage Location Assignment Problem. *Revista Investigación Operacional*, 41(7), 1019-1029.

Frazelle, E. (2002), "Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management", McGraw-Hill, Usa.

Micale, R., La Fata, C.M. ve La Scalia, G., 2019, " A Combined Interval-Valued Electre Tri and Topsis Approach for Solving The Storage Location Assingment Problem". *Computers & Industrial Engineering*, 135, 199-210

Sarıcan, B., (2019), "Depolama Alanı Ürün Atama Problemi için En İyi Alternatif Konumun Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Belirlenmesi", (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Konya Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı/ Endüstri Mühendisliği, Konya (Türkiye)

Sébastien Damart, Vincent Mousseau, Luis Dias (2007), "Supporting Groups in Sorting Decisions: Methodology and Use of a Multi-Criteria Aggregation-Disaggregation Dss. *Decision Support Systems*", Elsevier, 43 (4), 1464-1475. (Hal-00165840)

Tompkins, J. A. *Facilities Planning*,(1996), New York: Wiley, 2. Basım Pp.22- 59

Vassilev, V,Genova, K, M, (2005), “A Brief Survey of Multicriteria Decision Making Methods”, *Bulgarian Academy of Sciences Cybernetics and Information Technologies*, 5(1), 4.

Yang, D., Wu, Y., & Ma, W. (2021). Optimization of storage location assignment in automated warehouse. *Microprocessors and Microsystems*, 80, 103356.

Yerlikaya, M. A. (2020). Storage Location Assignment with Fuzzy PROMETHEE Method in Warehouse Systems with Uncertain Demand. *Journal of the Institute of Electronics and Computer*, 2(1), 142-150.

Yıldırım, F. ve Önder, E. (2018). “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri”, (3. Baskı), Dora Yayınları, Bursa.