



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**DEPOLAMA ALANI ÜRÜN ATAMA
PROBLEMİ İÇİN EN İYİ ALTERNATİF
KONUMUN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ**

Bünyamin SARICAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Bünyamin SARICAN tarafından hazırlanan “Depolama Alanı Ürün Atama Problemi İçin En İyi Alternatif Konumun Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Belirlenmesi” adlı tez çalışması 05/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği /oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. Hakan ÇERÇİOĞLU

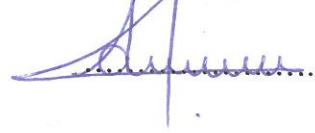
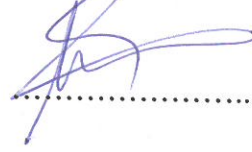
Danışman

Doç. Dr. Mehmet Emin BAYSAL

Üye

Doç. Dr. Ahmet SARUCAN

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.


Bünyamin SARICAN

Tarih:05.07.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEPOLAMA ALANI ÜRÜN ATAMA PROBLEMİ İÇİN EN İYİ ALTERNATİF KONUMUN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

Bünyamin SARICAN

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Emin BAYSAL

2019, 33 Sayfa

Verimli bir depo kullanımı; ulaşım, kullanım alanı ve bunlardan meydana gelen maliyetin minimize edilmesi açısından dikkate alınmalıdır. Bu yüzden, depo konum atama problemi için depolama süresince toplam ulaşım zamanı veya mesafesini minimize etmek ve ihtiyaç duyulan alanı azaltmak için en iyi ürün atama politikasının uygulanması gerekir. Bu nedenle; çalışmanın önemi, birden fazla kriteri dikkate alarak çok ölçütlü karar verme yöntemi ile her ürün için uzlaşık çözüm değerlerinin elde edilmesi ve bu değerlere göre bir depoda sınıf temelli ürün tahsisi için optimal konumun matematiksel model yardımıyla belirlenmesidir. Bu çalışmada bir depolama alanı içerisinde ürün ataması için ulaşım mesafesi, kullanım alanı, ürün talebi, son kullanma tarihi, depolama maliyeti ve bunlardan doğacak maliyetin minimize edilmesi gibi birden çok kriter dikkate alınarak en iyi alternatif konumun belirlenmesi amaçlanmıştır. Depo alanı içerisinde ürün atama için ulaştırma zamanını veya maliyetini minimize eden bir matematiksel modele uygulanmak üzere en iyi alternatif politikanın belirlenmesi Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) yöntemleri ile yapılması hedeflenmiştir. Optimal konum için Muppani ve Adil'in önerdiği matematiksel model referans alınmış olup bu model ulaşım mesafesi, alan ve bunlardan doğan maliyet kalemlerinden oluşmaktadır. Belirlenen kriterlere göre her ürün için uzlaşık çözüm değerleri VIKOR yöntemi ile elde edilmiş ve sınıf oluşturma-atama modeline girdi olmuştur. ÇÖKV temelli sınıf oluşturma ve atama modeli GAMS/BARON yazılımı ile çözülmüştür. Çözüm için kullanılan veriler rassal üretilmiştir. Elde edilen sonuçlar ürünlerin karar vericinin tercihine göre birden çok kriterin dikkate alınarak depoya atanabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme, Depolama, Depoda Ürün Atama, Sipariş Toplama

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF THE BEST ALTERNATIVE POSITION FOR THE STORAGE LOCATION PRODUCT ASSIGNMENT PROBLEM BY MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING METHODS

Bünyamin SARICAN

Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Industrial Engineering

Advisor: Assoc.Prof.Dr. Mehmet Emin BAYSAL

2019, 33 Pages

The use of an efficient warehouse especially should be taken into consideration, in terms of distance, area of use, and minimization of costs arising therefrom. Therefore, for the storage location assignment problem, the best storage assignment policy must be applied to minimize the total transport time or distance during the storage process and to reduce the space needed. Therefore; the importance of this study, taking into account more than one criterion with multi-criteria decision making method obtain the compromise solution value for each product and the optimal location for class-based storage assignment in a warehouse according to these values. In this study, it is aimed to determine the best alternative location by considering multiple criteria such as transportation distance, usage area, product demand, sensitivity, profitability and minimization of the cost arising therefrom in a storage area. It is aimed to determine the best alternative policy to be applied to a mathematical model that minimizes the transportation time or cost for storage assignment within the warehouse area by using Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. For optimal location, mathematical model proposed by Muppani and Adil are taken as reference and this model consists of transportation distance, area and cost items arising from them. According to the determined criteria, concordant solution values for each product were obtained by VIKOR method and input into class formation and allocation model. Class formation and allocation model based MCDM was solved with GAMS / BARON software. The data used for the solution are randomly generated. The results showed that the products can be assigned to the warehouse by taking into consideration multiple criteria according to the decision maker's preference.

Keywords: Multi Criteria Decision Making, Order Picking, Storage Assignment, Warehousing

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında tedarik zinciri içerisinde operasyonel bir nokta olan depoların etkin ve verimli kullanımı açısından depolama alanına ürün atama için alternatif konumun çok kriterli karar verme yöntemi ile belirlenmesi üzerinde durulmuştur. Bu çerçevede sipariş toplama, ürün atamada kullanılan politikalar ve bu politikaların avantaj ve dezavantajları açıklanmıştır. Geçmişte yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

Bu çalışmayı hazırlarken geçirdiğim süreçte benden yardımlarını esirgemeyen değerli dostum Mehmet Akif Yerlikaya'ya, bana bu araştırmayı vererek kendimi daha da geliştirmeme katkı sağlayan değerli hocam Doç. Dr. Mehmet Emin Baysal'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bünyamin SARICAN

KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1. Depolama Politikalarını Dikkate Alan Çalışmalar	3
2.2. ÇÖKV Yaklaşımını Dikkate Alan Ürün Atama Problemi Çalışmaları	7
3.SİPARİŞ TOPLAMA (ORDER PICKING).....	9
4. DEPO KONUM ATAMA	12
5.ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME.....	14
5.1. Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV)	14
5.2. Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV).....	14
5.3.ÇÖKV Yöntemleri ve Sınıflandırmalar	15
6. UYGULAMA	17
6.1. Problemin Tanımı	17
6.2. Referans Alınan Matematiksel Model	18
6.3. VIKOR Yöntemi	21
6.4. Rassal Üretilen Veri Setleri	22
6.4.1. Küçük Boyut Veri Seti İçin Parametreler	23
6.4.2.Orta Boyut Veri Seti İçin Parametreler.....	24
6.4.3. Büyük Boyut Veri Seti İçin Parametreler	25
6.5. Matematiksel Model	28
6.6. Problemin Çözümü	28
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	30
KAYNAKLAR	31
ÖZGEÇMİŞ	33

ÇİZELGE LİSTESİ

- Çizelge 6.1. Küçük boyut veri seti için karar matrisi
Çizelge 6.2 Küçük boyut veri seti için ürünlerin VIKOR ile belirlenen skor değerleri
Çizelge 6.3. Küçük boyut veri setinde ürünlere ilişkin parametreler
Çizelge 6.4. Orta boyut veri seti için karar matrisi
Çizelge 6.5 Orta boyut veri seti için ürünlerin VIKOR ile belirlenen skor değerleri
Çizelge 6.6. Orta boyut veri setinde ürünlere ilişkin parametreler
Çizelge 6.7. Büyük boyut veri seti için karar matrisi
Çizelge 6.8 Büyük boyut veri seti için ürünlerin VIKOR yöntemiyle hesaplanan çözüm değerleri
Çizelge 6.9. Büyük boyut veri setinde ürünlere ilişkin parametreler
Çizelge 6.10. Problem Çözüm Sonuçları

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 3.1. Sipariş toplama süresinin bileşenleri
Şekil 3.2. Sipariş toplama sistemlerinin karmaşıklığı
Şekil 6.1. Simüle Edilmiş Depo Tasarımı

KISALTMALAR

- COI : Sipariş Başına Küp İndeksi
ÇAKV : Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV : Çok Kriterli Karar Verme
ÇÖKV: Çok Ölçütlü Karar Verme

1. GİRİŞ

Depolama genel olarak işletmelere giriş yapan hammaddelerin ve ürünlerin saklanması ifade etmektedir. Fakat tedarik zinciri yönetimi kavramının gelişmesi ile birlikte depolama da farklı bir boyut kazanmıştır. Günümüzde depoların etkin yerleşiminin gerçekleştirilmesi ve depo içi faaliyetlerin verimli hale getirilmesi işletmeler için büyük önem taşımaktadır. Etkin olmayan depo yerleşimi işletmelerde maddi açıdan ve zaman bakımından kayıplara neden olmaktadır. Rekabet avantajı sağlamak isteyen işletmelerin depolama faaliyetlerine verdiği önem giderek artmaktadır. İşletmeler depo organizasyonunda yapacakları iyileştirmeler ile maliyetlerini azaltarak, karlarını maksimum yapmayı hedeflemektedir (Carl Kallina ve Lynn, 1976).

Depo yönetimi birçok etkin tedarik zinciri için önemli bir rol oynar. Tedarik zinciri yönetiminin gelişmesiyle, bir deponun stratejik rolü değişti. Günümüz depo yönetiminde, siparişlerin işlenmesiyle ilgili aktiviteler yakın geçmişten daha hızlı bir şekilde yürütülmektedir. Sipariş geldiğinde en kısa çevrim süresiyle müşteri taleplerini karşılamak amacıyla depo yöneticileri karşılanacak siparişlerin en ekonomik yolunu bulmayla ilgilenirler.

Etkin bir depo kullanımı özellikle; ulaşım mesafesi, depo kullanım alanı ve bunlara bağlı ortaya çıkacak maliyetin minimize edilmesi açısından ele alınmalıdır. Bundan dolayı, depoda ürün atama problemi için çözüm bulmadaki amaç depolama süreci boyunca toplam ulaştırma zamanı veya mesafesini minimize etmek ve ihtiyaç duyulan alanı azaltmaktır. Birçok ürün için bu ölçütler çelişkili olabilir. Bu nedenle; bu çalışmanın temel amacı, karar vericinin tercihi göre bir depoda bir ürün tahsisi için en iyi alternatifi bulmak amacıyla çok kriterli bir metodun kullanıldığı bir yaklaşımı araştırmaktır.

Sipariş toplama sistemlerinde, müşteri taleplerini zamanında karşılamak için ürünlerin toplanmadan önce depoda en doğru konumlara yerleştirilmeleri gerekmektedir. Başarılı firmalar, doğru zamanda, doğru yerde ve doğru fiyat için doğru müşterilere doğru ürünler sunanlardır. Depolama faaliyetleri için harcanan zaman, talep döngüsü içinde harcanan toplam zamanda önemli bir faktördür. Bu nedenle, bu süreci minimize etmek için uygulanabilir ve sürdürülebilir araçları araştırmak gerekmektedir (Fontana ve Cavalcante, 2014a). Dolayısıyla, verimli depo kullanımı; ulaşım mesafesi, depo kullanım alanı ve bunlara bağlı ortaya çıkacak maliyetin minimize edilmesi açısından ele alınmalıdır. Bu nedenle, depoda ürün atama problemi için çözüm

bulmadaki amaç depolama süreci boyunca toplam ulaştırma zamanı veya mesafesini minimize etmek ve ihtiyaç duyulan alanı azaltmaktır.

Literatür alışmaları incelendiğinde, sipariş toplama sistemlerinde ürünlerin depo yerlerine atanması ile ilgili çeşitli politikalar ele alınmıştır. Bu politikalar arasından sınıf-temelli (Class Based) politika ürünlerin toplanması, yerleştirilmesi ve teşhisi açısından kolaylık sağladığı ve daha etkin çözümler sunduğu tespit edilmiştir. Sınıf temelli politikayı kullanan çalışmalar, ürünlerin sınıflandırılması için COI, döngü oranı gibi bir veya en fazla iki kriteri dikkate almışlardır.

Bu çalışmada ise, birden çok kriterin önemli olduğu sipariş toplama sistemlerinde ÇÖKV'ye dayalı sınıf oluşturma ve atama modeli önerilmiştir. Ürünlerin önceliklendirilmesi için ÇÖKV yöntemlerinden olan VIKOR yöntemi kullanılmıştır. VIKOR yöntemi ile elde edilen öncelik değerleri sınıf oluşturma ve atama modeline kısıt girdisi olmuştur. Önerilen yaklaşımın etkinliğini test etmek için probleme uygun rassal veriler üretilmiş ve çözüm elde edilmiştir. özüm için EXCEL ve GAMS/BARON yazılımları kullanılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Depo konumlarına ürünlerin atanması ile ilgili pek çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmada, depo konum atama ile ilgili yapılmış çalışmalar uygulanan politikalar açısından incelenmiştir.

Literatür çalışması; depolama politikalarını dikkate alan çalışmalar ve ÇÖKV yaklaşımını dikkate alan depo konum atama problemi çalışmaları olmak üzere 2 başlık altında incelenmiştir. Özellikle 2000 yılından sonra yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

2.1. Depolama Politikalarını Dikkate Alan Çalışmalar

Petersen ve Aase (2004), statik rassal depolama, hacim tabanlı depolama ve sınıf temelli depolama politikaları incelenmiş ve depolama politikalarını kıyaslamak için bir simülasyon modeli kullanmışlardır. Siparişler arttıkça, her politikanın kullanımındaki tasarruf oranının azaldığı görülmüştür. Ayrıca, iç-koridor hacim-temelli ve sınıf-temelli depolamanın, belirgin olarak rassal depolamadan daha az sipariş toplayıcıya ihtiyaç duyduğu sonucuna varılmıştır. Fakat rassal bir depolama politikası genel olarak toplama alanının tamamını daha eşit olacak şekilde kullanmış ve işçi tıkanıklığını azaltmıştır. Bu çalışma, farklı depolama atama politikalarını kullanmanın faydalarını (örneğin, alan kullanımı, seyahat süresi vb.) tespit etmiş ve toplama bölgesi değiştiğinde en uygun depolama politikasının uygulandığını göstermiştir.

Le-Duc ve ark. (2007), tek sayıda merkezi yatay koridoru bulunan ve sınıf temelli stok atama stratejisiyle geri-dönüş sipariş toplama sezgiselinin uygulandığı depolarda ambarın yapısı, sipariş toplama listesinin büyüklüğü ve depolama politikalarının sipariş toplama sisteminin performansına etkisi araştırılmıştır. Amaç; belirli bir alan kullanım oranı korunurken, ürün toplama seferinin ortalama ulaşım zamanını minimize etmek için optimum yerleşimin belirlenmesidir.

Hsieh ve Tsai (2006)'a göre, Bir depoda çapraz koridorların sayısı ve düzeni, ürün atama politikası, sipariş toplama rotası, bir koridor içindeki ortalama toplama yoğunluğu ve sipariş kombinasyonu tipi gibi etkenlerin sipariş toplama sisteminin performansı üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Çalışmanın amacı, toplam seyahat mesafesinin azaltılması ve sipariş toplama etkinliğinin artırılmasıdır. Problemin çözümünde için, eM-plant simülasyon aracını kullanmışlardır.

Le-Duc ve ark. (2007), manuel sipariş toplama sürecinin kontrolü ve tasarımında tipik karar problemleri üzerinde literatür araştırması yapmışlardır. İncelemiş oldukları

literatür çalışmasından 5 tip depo yeri atama (storage assignment) politikası tanımlamışlardır. Bunlar; rassal, sabit, en yakın açık konum, tam döngü ve sınıf temelli depolama politikası.

Muppani ve Adil (2008a), depolama ve sipariş toplama maliyetlerini azaltmada sınıfları oluşturmak için COI yöntemini kullanmışlar ve bunu desteklemek için endüstriyel bir işletmede uygulama yapmışlardır. Muppani ve Adil (2008b) alan tasarrufu, taşıma maliyeti ve depolama maliyetlerini dikkate alarak, sınıf temelli depolama düzeni için doğrusal olmayan tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen nonlinear modeli çözmek için dal sınır algoritmasını kullanmışlardır.

Muppani ve Adil (2008b), herhangi bir sipariş sınırlaması olmadan depolama alan maliyeti, sipariş toplama maliyeti ve COI temelinde sınıf oluşturmanın olduğu etkili bir depolama sınıfları oluşturmak için tavlama benzetimi algoritması geliştirilmişlerdir. Bu yöntem ile elde edilen sonuçları dinamik programlama algoritması ile kıyaslamışlardır.

Li ve ark. (2008), depoda ürün atama problemi için çok amaçlı matematiksel bir model önermişlerdir. Raf dengesi ve sipariş toplama sıklığını sınıflandırma stratejisine dayanarak dahil etmişlerdir. Problemin çözümü için, pareto analizi ve niş tekniği ile genetik bir algoritma geliştirmişlerdir.

Turner (2009), çok ürünlü kapasiteli parti büyüklüğü problemi ile dinamik depo yeri atama problemini birleştiren matematiksel bir model geliştirmiş ve çözmüştür. Önerdiği model, bir ürünün önce ne zaman ve ne kadar üretileceğini sonra nerede depolanacağını inceler. Problemi, karışık tam sayılı programlama olarak formüle etmiştir. Çalışmasında, depo yeri atama politikalarını; rassal, sabit, sınıf-temelli, döngü-temelli, hacim-temelli, paylaşımlı, aktivite-temelli ve kalış süresi politikası olarak belirlemiştir.

N. Meghelli Gaouar ve Sari (2010), toplam talep gibi ihtiyaca göre oluşturulan sınıf temelli bir depo oluşumunu önermişlerdir. Yazarlara göre, aynı zamanda referans sınırları iyi belirlenir ve raftaki konumları belirlenirse beklenen boşaltma zamanının azaldığını belirtmişlerdir. Buna ek olarak; sınıf-temelli politika, rassal politika ve bir sezgisel politikayı simülasyon aracılığıyla kıyaslamışlardır.

Chan ve Chan (2011), depoda ürün atamayı etkileyen birçok etken olduğunu belirtmekte ve bu faktörlerle ilgili olarak uygun ürün atama politikalarını (rassal, sabit ve sınıf temelli) ve rotalama yöntemlerinin seçimi için depoda ürün atama problemlerinin çözümünde olası bir çözüm olduğunu söylemişlerdir. Fakat Chan ve

Chan (2011)'na göre bu politikaların etkinliği birbirine bağlıdır. Bu çalışmanın amacı, bir manuel toplama ve çok seviyeli raf deposunun depo atama problemi ile ilgili gerçek bir durumun simülasyon çalışmasını sunmaktır. Performansı, ulaşım mesafesi ve boşaltma süresi açısından ölçmüşlerdir.

Kovacs (2011), araçların önceden belirlenmiş plana göre dolaştığı, farklı birimlere hizmet eden, birden çok çevrimin bulunduğu(rotalar), milk run lojistik ile hizmet verilen ve çok komutlu toplama ile karakterize edilen bir depoda depo yeri atama problemi için bir karma tam sayılı programlama modeli önermiştir. Geliştirdiği model, sipariş çevrim süresi ve ortalama sipariş toplama çabasını minimize eden sınıf tabanlı bir depolama stratejisi bulmayı amaçlamaktadır. nerdiği yaklaşımı COI temelli strateji ile kıyaslamıştır.

Pan ve Wu (2012), birden fazla sipariş toplayıcının bulunduğu “toplayıcıdan parçalara” sipariş toplama sistemlerinde farklı depolama politikalarının sistem performansı üzerindeki etkilerini toplam ulaşım ve bekleme süresi bazında araştırmışlardır. Ele alınan sipariş toplama sistemi bir kuyruk ağı olarak modellenmiş olup önerilen sezgisel algoritma ile işgücü seviyesine bağlı olarak koridorların bloke olmasından kaynaklanabilecek bekleme süresi ve sipariş toplama mesafesini azaltabilmek için koridorlardaki iş yüklerinin dengelenmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Geliştirilen simülasyon modeli ile farklı depolama politikalarının etkinliği karşılaştırılmıştır.

Ene ve ztrk (2012), otomotiv endüstrisinde gelişmiş bir matematiksel model ve stokastik evrimsel optimizasyon yaklaşımı kullanarak depoda ürün atama ve sipariş toplama sistemini tasarlamayı amaçlamışlardır. alışmalarında, tam sayılı doğrusal programlama ile depo geçişlerini minimize etmek için sınıf-temelli depolama politikasına dayanan depo yeri atama problemini zmşlerdir.

Guerriero ve ark. (2013), sınıflar arasındaki uyumluluk kısıtlarıyla çok aşamalı bir depoda ürün atama problemini ele almışlardır. Çalışmanın amacı, teslimat sürelerini ve toplam lojistik maliyetlerini (stok maliyetleri) azaltmak ve aynı zamanda yüksek hizmet derecesi (yüksek müşteri memnuniyet derecesi) sağlamaktır. Bunun için, doğrusal bir model geliştirmiş ve modelin performansı gerçek bir uygulama üzerinde değerlendirmişlerdir. Önerilen modeli, yerel arama tabanlı sezgisel yöntemle zmşlerdir.

Boysen ve Stephan (2013), depolardaki ürün konum atama problemini ele almaktadır, yani stok tutma birimleri (SKU) bir sipariş üzerine toplama ortamında elde

edilirken ortaya çıkan toplama çabasını en aza indirmek için SKU'lar depolama pozisyonlarına atanmalıdır. Tek bir çapraz koridoru olan depolardan ziyade zaten sadece bir raftan oluşan çok basit düzenlerin NP hard optimizasyon problemine yol açtığını göstermişlerdir. Farklı düzenler için bir karmaşıklık analizine ek olarak, temel çözüm prosedürleri tanıtılmakta ve test edilmektedir. Ayrıca hatalı girdi verilerine bakarken deterministik problemin sağlamlığını araştırmışlardır.

Fontana ve Cavalcante (2014a), Pareto optimal hesaplamalarıyla alan ihtiyacı ve toplam sipariş toplama mesafesini analiz eden sınıftemelli bir depolama süreci ve depoda ürün atama problemini COI ile önermişlerdir. En az mesafe ve alan ihtiyacını bulmak için Pareto optimal hesaplamalarında sınıf tabanlı alternatif grubu ile birlikte rassal depolama ve sabit depolama politikalarını değerlendirmişlerdir.

Chiang ve ark. (2014), depoda ürün atamanın veya konum tahsisinin taktiksel bir karar olmasına rağmen, sipariş toplama süreci verimliliği üzerinde bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında, bir dağıtım merkezinde ürünler arasındaki ilişkinin yoğunluğunu ve niteliğini ölçmek için ilişki kuralı madenciliğine (Ağırlıklı destek hesabı) dayalı yeni bir ilişki ölçümü geliştirmişlerdir. Çalışmanın amacı, seyahat mesafesini azaltarak etkin sipariş toplamanın kolaylaştırılmasıdır. Bunun için, değiştirilmiş sınıf tabanlı sezgisel ile birleşik çekirdek tabanlı sezgisel yöntemlerinden yararlanmışlardır.

Dijkstra ve Roodbergen (2017); Rotalama metodları ve stok konum atamasının işlem performansı üzerindeki etkilerine odaklanmışlardır. Dört genel rotalama metodu için herhangi bir stok konum ataması altında ortalama rota mesafesi için formüller önermişlerdir. Optimum çözümlerin özellikleri ile çözüm uzayını büyük oranda azaltmaya çalışmışlardır. Ayrıca, rota mesafesi formüllerini ve optimalite özelliklerini kullanarak stok konum atamayı sağlayan dinamik bir programlama yaklaşımı önermişlerdir.

Pang ve Chan (2017), müşteri siparişlerinde farklı ürünler arasındaki ilişkileri analiz ederek rassal depolama politikası ile ürün atama için veri madenciliği tabanlı bir algoritma önermişlerdir. Algoritma, sipariş toplama işlemleri için toplam seyahat mesafelerini en aza indirmeyi amaçlar.

Zhang ve ark. (2019), depo konum atamada İkili korelasyon kullanmak yerine, ürün korelasyonunu tanımlamak için talep korelasyon modeli (DCP) önermişlerdir. Talep korelasyon modeline dayanarak depo ürün atama için matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Bu modelin çözümü test etmek için bir perakendeciden alınan gerçek

veriler ile rassal üretilen verileri kullanarak sezgisel bir yöntemle çözümünü yapmışlardır.

2.2. ÇÖKV Yaklaşımını Dikkate Alan Ürün Atama Problemi Çalışmaları

Fontana ve Cavalcante (2013), Stok stratejileri için önemli olan ölçütler ve depodaki ürünlerin fiziksel konumları ile ilgili karakteristikleri dikkate alarak ürünleri sıralamışlardır. Bu alternatif ürünlerin değerlendirilmesi ve sıralamasında ELECTRE III yöntemini kullanmışlardır. Karar vericinin tercihinine göre sınıf tabanlı depolama politikasını temel alarak her bir ürünü optimum depo konumlarına atamayı amaçlamışlardır.

Fontana ve Cavalcante (2014b), bir depolama alanı içerisinde depoda ürün atama probleminde ürün ataması için birden çok kriteri dikkate alarak en iyi alternatif konumu belirlemişlerdir. Bunun için, sipariş alma maliyetini minimize eden COI'ye dayalı sınıf oluşturma-atama modeli (Muppani ve Adil, 2008a) ve ürün atamasında alternatif konumların tercih sıralanmasında PROMETHEE yöntemi kullanılmışlardır.

Da Silva ve ark. (2015), bir depoda raf konumlarına ürünleri atamak ve sıralamak için çok ölçütlü bir karar modeli önermişlerdir. Alternatif ürünlerin değerlendirilmesinde kriter olarak; talep miktarı ve hacimleri esas almışlardır. Problemin çözümü için, SMARTER-Lexicographic bütünlük yaklaşımını kullanmışlardır.

Zhang ve ark. (2017), depo düzenini kapasitelendirilmiş lot-boyutlandırma problemi ile birleştiren entegre bir strateji önermiştir. Entegre optimizasyon problemini toplam üretim ve depo operasyon maliyetlerini en aza indirmek amacıyla formüle etmek için karma bir tam sayılı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir.

Fontana ve Nepomuceno (2017), ürün sınıflandırmasını gerçekleştirmek ve stok konum atama problemini çok katmanlı bir depoda çözmek için çok kriterli bir karar modeli önermişlerdir. ELECTRE III yöntemi, her ürün için raf seviyesini tanımlamak için kullanılır ve ELECTRE III yöntemi, ait olduğu raftaki her ürün için sabit bir yer oluşturmak için kullanılır. Bu modelin en büyük avantajı, kriterler arasında takas olmaması ve aynı anda birkaç kriteri göz önünde bulundurmasıdır. Bununla birlikte, asıl amaç optimizasyon değil, birden fazla kriteri göz önünde bulundurarak, örneğin, karlılık kriterlerini göz önünde bulundurarak daha iyi bir envanter yönetimini mümkün kılan ve

talep ve alan üzerinden sipariş toplama işlemlerinde iyileştirme sağlayan bir depolama işlemleri performans dengesi aramaktır.

Micale ve ark. (2019), depolama yeri atama probleminin çok kriterli yapısı nedeniyle belirsiz bir ortamda birleştirilmiş ELECTRE TRI ve TOPSIS tabanlı bir yaklaşım tasarlanmıştır. Karar sürecinin belirsizliği ile doğru şekilde başa çıkmayı sağlamak için, ELECTRE III ve TOPSIS'in aralıklarla uzatılması önerilmektedir. Bu nedenle, ilk önce ELECTRE III ürünleri raf seviyelerine atamak için kullanılırken, TOPSIS daha sonra rassal bir atama politikası kullanmak yerine her seviyedeki depo yerlerini belirlemek için uygulanır. Tüm metodoloji, İtalya'da lojistik hizmetler sunan Sicilyalı bir şirket ile işbirliği içinde tasarlanmıştır.

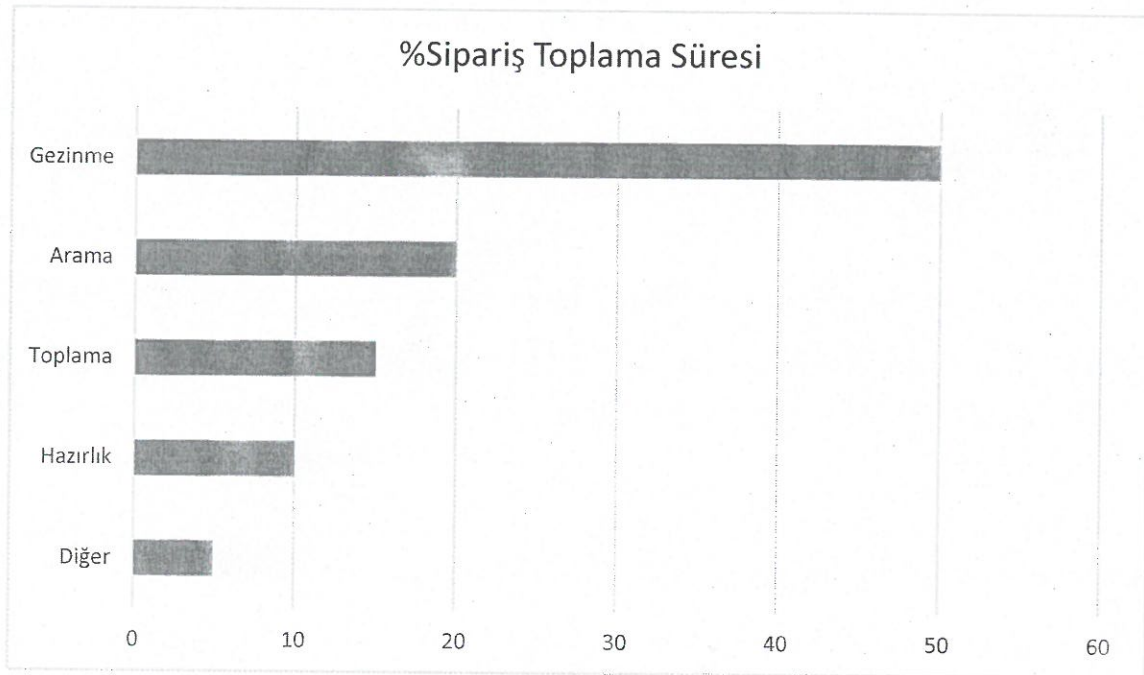
Literatür araştırmasında, birden çok depolama politikası kullanan çalışmalara bakıldığında bu politikaların daha çok simülasyon tabanlı yöntemlerle karşılaştırıldığı tespit edilmiştir. Yalnızca, Fontana ve Cavalcante (2014a) pareto optimal tekniğini kullanarak politikaları karşılaştırmıştır. Literatür araştırmasında, depolama politikalarını analitik veya matematiksel modelleme karşılaştıran ve en uygununu bulan çalışma mevcut değildir.

Bu çalışma, gerek ele alınacak ürün atama problemi gerekse yapılan literatür araştırması ışığında VIKOR yöntemi ile yeni bir depolama politikasını, bu politika ile birlikte literatürde kullanılan depolama politikalarının aynı veri ve ölçüt (alan, mesafe, süre ve bunlardan doğacak maliyetler) temelinde her birinin matematiksel olarak modellenmesini ve bu modellerden elde edilen ölçüt değerlerine göre en uygun depolama politikasının ÇÖKV yöntemleriyle belirlenmesini önermektedir.

3.SİPARİŞ TOPLAMA (ORDER PICKİNG)

Sipariş toplama, belirli bir müşteri isteğine karşı depodan ya da stok alanından ürünlerin toplanması işlemidir (Ene ve Ozturk, 2012).Sipariş toplama, müşteri siparişlerini kümeleme ve planlama, bunları yere bırakma, ürünleri depolama yerlerinden toplama, toplanan ürünlerin ayrıştırılması ve elden çıkarılması sürecini içerir.

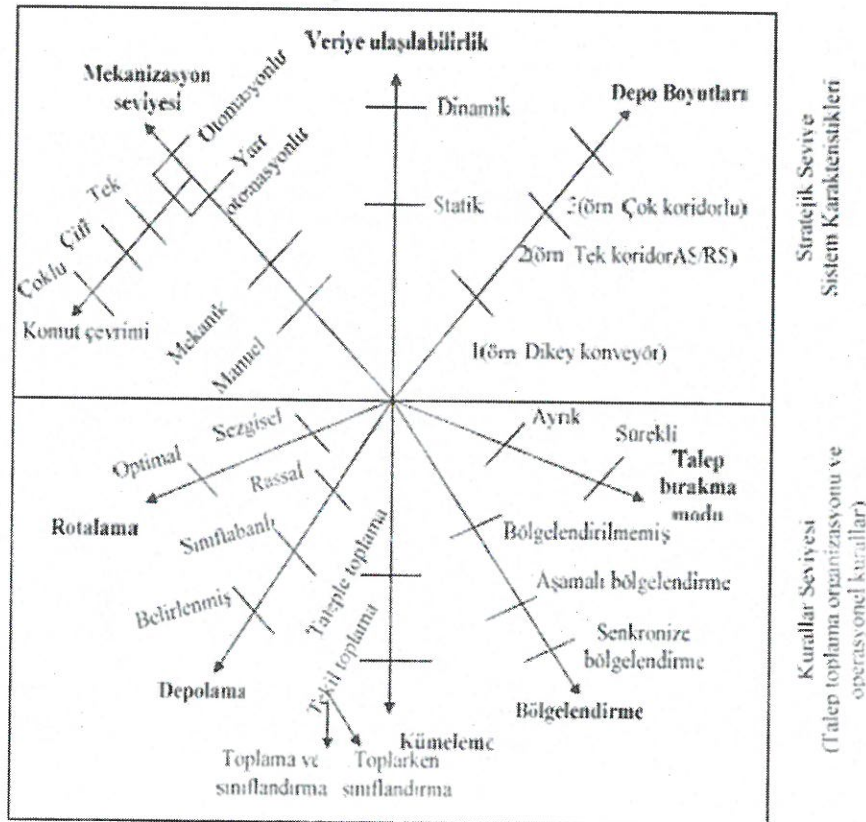
Marc Goetschalckx ve Jalal Ashayeri (1989) sipariş toplama sistemlerinde yaygın hedefi; işgücü, makine, sermaye kısıtları altında servis seviyesini maksimize etmek olarak belirtmektedir (Le-Duc ve ark., 2007). Bunun için taleplerin mümkün olduğunca kısa sürede toplanması gerekmektedir. Şekil 3.1.'de talep toplayıcının harcadığı zamanın bileşenleri gösterilmiştir. Talep toplayıcının sipariş toplama süresi içinde yolda geçen süre büyük bir alan işgal etmektedir ve fakat değer katan bir faaliyet değildir. Bu sebeple gidilen yolun bir fonksiyonu olan yolda geçen süre için mesafe minimize edilmelidir. Önemli hedeflerden biri de toplam maliyeti minimize etmektir.



Şekil 3.1. Sipariş toplama süresinin bileşenleri (James A. Tompkins ve ark., 2003)

Gerçek sipariş toplama sistemlerinin tasarımı, tasarım seçeneklerini etkileyen birçok dış ve iç faktörden kaynaklı olarak karmaşıktır. Marc Goetschalckx ve Jalal Ashayeri'ye (1989) göre, sipariş toplama seçeneklerini etkileyen dış faktörler; pazarlama kanalları, müşteri talep biçimi, tedarikçi ikmal biçimi ve stok seviyeleri, bir ürüne yönelik ortalama talep ve ekonominin durumudur. İç faktörler ise sipariş toplama sistemlerinin sistem özelliklerini, organizasyonunu ve operasyonel politikalarını içerir. Sistem özellikleri, mekanizasyon seviyesi, bilgi kullanılabilirliği ve depo boyutlarından oluşur. Bu faktörlerle ilgili karar problemleri genellikle tasarım aşamasıyla ilgilidir. Bir sipariş toplama sürecinin planlanması ve kontrolünde dikkate alınması gereken kararlar aşağıdaki gibidir (Le-Duc ve ark., 2007):

- Yerleşim düzeni
- Bölgeleme
- Sınıflandırma
- Konum Atama
- Rotalama
- Sipariş Toplama



Şekil 3.2. Sipariş toplama sistemlerinin karmaşıklığı (Ene ve Ozturk, 2012)

Sipariş toplama sistemlerinin karmaşıklığı Şekil 3.2.'de stratejik ve kurallar seviyesinde eksen üzerinde gösterilmiştir. Deponun boyutları, mekanizasyon seviyesi, veriye ulaşılabilirlik sistem karakteristiklerini oluştururken rotalama, kümeleme, bölgelendirme, depolama ve talep bırakma modu talep toplama organizasyonu ve operasyonel kuralları ifade etmektedir. Bir depolama sisteminin zorluk seviyesi, bu problemin eksen üzerindeki orijin ile arasındaki mesafeye orantılıdır. Başka bir deyişle, bir sistem merkezden uzaklaşıkça, tasarım, analiz ve yönetim zorlaşmaktadır.

4. DEPO KONUM ATAMA

Stratejik depolama kararı sipariş toplama süresi, depo alanı ve işgücü kullanım oranı gibi bir deponun hemen hemen tüm anahtar performans göstergelerini etkiler. Depolarda planlama konusu, stok yönetimi ve ürün atama ile ilgilidir. İyi bir stok yönetimi de depolama maliyetini azaltabilir. Diğer taraftan, ürün ataması için iyi bir politika sipariş toplama ve depolama için ortalama sipariş zamanını azaltabilir.

Sipariş toplama sistemlerinde, müşteri taleplerini zamanında karşılamak için ürünlerin toplanmadan önce depoda en doğru konumlara yerleştirilmeleri gerekmektedir. Başarılı firmalar, doğru zamanda, doğru yerde ve doğru fiyat için doğru müşterilere doğru ürünler sunanlardır. Depolama faaliyetleri için harcanan zaman, talep döngüsü içinde harcanan toplam zamanda önemli bir faktördür. Bu nedenle, bu süreyi minimize etmek için uygulanabilir ve sürdürülebilir araçları araştırmak gerekmektedir (Fontana ve Cavalcante, 2014a).

Bir sipariş toplama sürecinin verimliliği büyük ölçüde kullanılan depolama politikasına bağlıdır (Muppani ve Adil, 2008a). Turner(2009) yapmış olduğu literatür araştırmasına da bağlı olarak 8 adet depolama politikası ortaya koymuştur:

- Rassal politika; bir depo alanında ürünlerin herhangi bir sıra veya sınıf gözetmeden boş bir yere atanmasıdır.
- Sabit politika; ürünlerin önceden belirlenmiş sabit konumlara atanmasıdır.
- Döngü-temelli politika; döngülerine(devir hızlarına) göre ürünlerin depo alanlarına dağıtılmasıdır.
- Hacim-temelli politika; yüksek hacimli ürünlerin giriş-çıkış noktasına daha yakın olacak şekilde konumlandırılmasıdır.
- Paylaşımlı politika; farklı ürünlerin birbiri ardına aynı alanda konumlandırılmasıdır.
- Aktivite-temelli politika; ürün faaliyetinin bir ölçüsü (kullanım oranı gibi) kullanılarak ürünlerin depo içinde konumlandırılmasıdır.
- Kalış süresi politikası; paylaşımlı politikaya dayalı olup, ürünlerin bireysel kalış sürelerine göre konumlandırılır.
- Sınıf temelli politika: Birkaç kriter çerçevesinde (ürün döngü oranları gibi) ürünlerin sınıflar halinde gruplandırılması ve bu grup halinde depo yerlerine atanmasıdır. Sistemin temeli Pareto kuralına dayanmaktadır. Depolanan ürünlerin

%15'inin, taleplerin %85'ini oluşturduğu yaklaşımla ürünler sınıflandırılmaktadır. Ardından her sınıf, depoda belirli bölgelere atanmaktadır. Bölgeler içindeki atamalar rassal olarak yapılmaktadır. Sınıflar ise COI kuralı, toplama hacmi gibi talep sıklığını ölçme yöntemlerinden biriyle belirlenebilmektedir. Hızlı dönen parçalar A sınıfına, sonraki hızlı dönen parçalar B sınıfına yerleştirilmektedir. Genellikle oluşturulan sınıflar 3 ile sınırlandırılmaktadır (Ene ve Ozturk, 2012). Farklı depo türleri, farklı işlemler gerçekleştirir ve bir depo atama politikası her ambara özgü ihtiyaçları karşılamak amacıyla tek tek ele alarak seçilir. Uygulanacak depo atama politikasının faydası nedeniyle bazı dezavantajlar göz ardı edilir. (Turner, 2009).

Depolama konumlarına bir ürün (sınıf) atamak için farklı kriterler kullanılabilir. En sık kullanılan üç kriter şöyledir (Gu ve ark., 2007):

- Popülerlik: Birim zaman periyodu başına depolama/alım işlemleri sayısı olarak tanımlanır.
- Stok Seviyesi: Bir ürün sınıfına ayrılan maksimum depo alanı olarak tanımlanır.
- COI (Sipariş başına küp indeksi): Sipariş başına bir ürünün kapladığı alan miktarıdır. Sipariş sıklığı ve sipariş başına alanın oranını ifade eden sipariş başına küp indeksi (COI-Cube Per Order Index) Heskett tarafından önerilmiştir (Carl Kallina ve Lynn, 1976). Bu endekse göre,

$$COI_p = f_p * [Max I_p^t] / D_p$$

COI_p → p ürünü için sipariş başına küp indeksi

f_p → Bir birim p ürünü depolamak için ihtiyaç duyulan alan (yoğunluk), bir ürünün kapladığı alan miktarı

I_p^t → t periyodu süresince p ürünü için planlanan birim yüklerdeki depolama seviyesi

D_p → planlanmış periyotta p ürünü için toplam talep miktarı

COI kuralı, sipariş toplama maliyetini azaltmak amacıyla en düşük COI değerine sahip ürünleri giriş-çıkış noktasına en yakın olacak şekilde artan sıraya göre sıralar.

5.ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri iki ana başlık altında toplanmıştır (Yerlikaya ve Arikan, 2016).

- ✓ Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV)
- ✓ Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV)

5.1. Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV)

Alternatiflerin bir matematiksel program yapısı içinde dolaylı olarak tanımlandığı modellerdir. Sonsuz sayıda alternatifin olduğu sürekli durumlarda karar vermeye dayanır (Yerlikaya ve Arikan, 2016).

5.2. Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV)

Genelde çelişen, çoklu ölçüt aracılığıyla mevcut alternatifler arasında tercih (sınıflandırma, sıralama veya seçme) kararı almak için kullanılan bir teknik olarak tanımlanabilir. Michael T. Tang ve ark.(1999) ÇÖKV problemlerini genel olarak üç ana başlıkta toplamışlardır:

- Seçme
- Sıralama
- Sınıflandırma

ÇÖKV'nin amacı:

- Karmaşık ve bütünüyle algılaması güç konuları analiz etmek,
- Karar verme süreçlerini sistematik bir şekilde yürütmek,
- Şeffaf ve hesaba verilebilir bir yönetim sağlamak,
- Birden çok karar vericinin bulunduğu ortamlarda ortak bir platform oluşturmak, iletişimi kolaylaştırmak, müzakereleri mümkün kılmak,
- Alternatiflerin kriter değerlendirmelerinde gereken uzman görüşleri ile karar vericilerin öznel değerlendirmelerini birleştirmek,
- Çok büyük miktarlardaki veya dağınık veriyi değerlendirmeye almaktır.

ÇÖKV tekniklerinin hemen hemen hepsi kriter seti temelinde alternatif setlerinin kriter puanları veya değerlendirmelerini kapsayan performans çizelgelerine gerek duymaktadır. Genellikle iki set birbirinden farklı olarak tanımlanmaktadır. Ancak karar

probleminin etkin bir şekilde kavranması alternatifler ve kriter setinin birlikte tanımlanmasını gerektirmektedir. ÇÖKV’de ikinci adım spesifik bir sentezleme süreci (aggregation procedure) kullanarak ve karar vericinin tercihlerini dikkate alarak farklı kriterlere atanan puanları ya da ağırlıkları sentezlemektir. Kriter puanlarını sentezleme karar vericiye farklı kriterleri, kriter puanlarına göre karşılaştırma imkanı verir.

Michael T. Tang ve ark. (1999) göre ÇÖKV süreci altı adımdan oluşmaktadır.

Bunlar:

- Amaçların belirlenmesi
- Kriterlerin oluşturulması
- Alternatiflerin belirlenmesi
- Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi
- Genel değerlendirme ve karar
- Kararın incelenmesi ve geri dönüş

5.3.ÇÖKV Yöntemleri ve Sınıflandırmalar

Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması: ÇÖKV metotları çeşitli bakımlardan sınıflandırılmaktadır. Verinin türüne göre yapılan sınıflandırmalarda ÇÖKV; deterministik, stokastik ve bulanık modeller olarak sınıflandırılırken, karar vericinin sayısına göre yapılan sınıflandırmalarda ÇÖKV; tekli karar verme ve grup karar verme olarak sınıflandırılmaktadır. Aşağıda Michael T. Tang ve ark. (1999) tarafından yapılmış sınıflandırma esas alınarak ÇÖKV yöntemleri açıklanacaktır.

Michael T. Tang ve ark. (1999) ÇÖKV yöntemlerini Basit Yöntemler, Tekli Sentezleme Kriteri Kullanan Metotlar ve Üstünlüğe Dayanan Yöntemler (Outranking) olmak üzere üç ana başlık altında toplamıştır.

Basit Yöntemler

- Üstünlük (Dominance)
- Maksimin (Maximin)
- Maksimaks (Maximax)
- Birleştiren (Conjunctive)
- Ayıran (Disjunctive)
- Sözlüksel (Lexicographic)
- Bakış açısına göre eleme (Elimination by Aspects)

- Doğrusal atama yöntemi (Linear Assignment Method)
- Toplamsal ağırlıklandırma (Additive Weighting)
- Ağırlıklandırılmış çarpım (Weighted Product)

Tekli Sentezleme Kriteri Kullanan Metotlar

- Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)
- TOPSIS
- VIKOR
- SMART
- Gri-İlişkisel Analiz
- Veri Zarflama Analizi (VZA)
- Çok Ölçütlü Değer Teorisi (ÇÖDT)
- Çok Ölçütlü Yarar Teorisi (ÇÖYT)
- UTA
- Çok Ölçütlü Bulanık Tümlerler (ÇÖBT)

Üstünlüğe Dayanan Yöntemler (Outranking)

- ELECTRE
- ELECTRE II
- ELECTRE III
- ELECTRE IV
- PROMETHEE
- PROMETHEE II
- ORESTE I
- ORESTE II

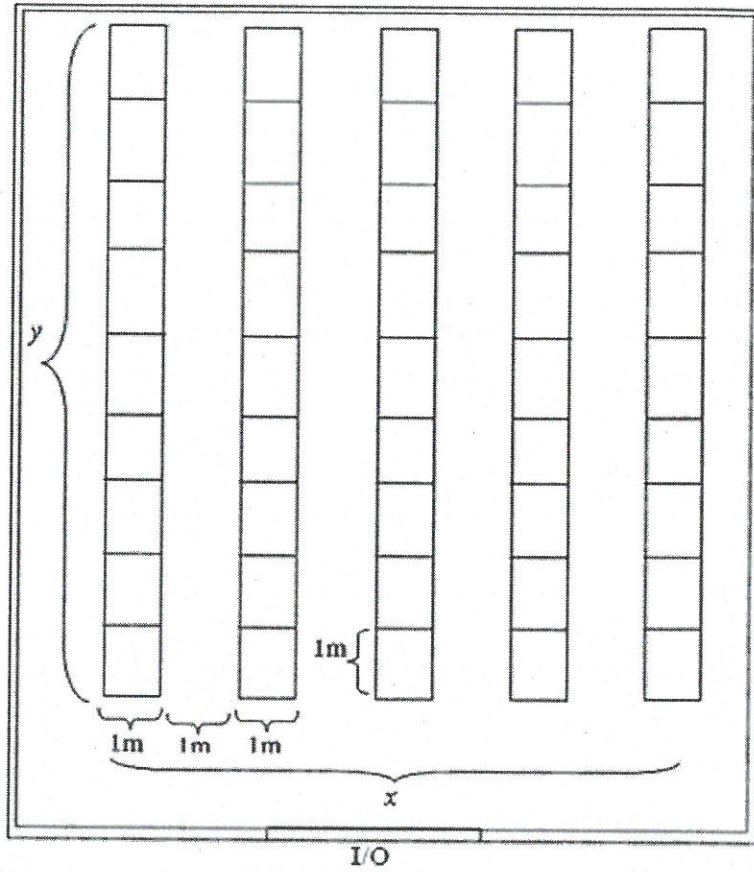
6. UYGULAMA

Çalışmanın konusu, bir depoda alan kullanımı ve taşıma maliyetinin minimize edilmesi için belirli kriterler temelinde ürünlerin depoda atanacağı konumların belirlenmesi ihtiyacından yola çıkarak ortaya konmuştur. Uygulamada kullanılan veri setleri excel programı ile rassal olarak üretilmiştir. Bu bölümde tasarlanan depoya ilişkin veriler, referans alınan matematiksel model ile çok kriterli karar verme yöntemlerinden VIKOR yöntemi tanıtılacak ve problemin çözüm aşamalarına yer verilecektir.

6.1. Problemin Tanımı

Bu çalışma tasarlanan bir depoda rassal olarak üretilen veriler yoluyla ürünlerin kriterler ölçeğinde değerlendirilip sıralanarak referans alınan matematiksel modele uygulanması ile sipariş toplama zamanı ve kullanım alanını minimize edecek şekilde ürün atamasının gerçekleştirilmesini ele almaktadır. Ele alınan depo sisteminde 3 farklı veri seti ile çözüm hedeflenmiştir. Problemin boyutuna göre oluşturulan veri setleri küçük, orta ve büyük boyut veri seti olarak adlandırılmıştır. Veri setlerinde ürün adedi, konum adedi, sınıf sayısı ve dönem adedi farklılık göstermektedir. Sipariş toplama işlemleri tek bir komut altında yapılır. Bununla birlikte, tüm ürünler eşit şartlarda taşınır ve saklanır. Her bir depolama yeri eşit bir şekilde kullanılmış ve verilen puanlar sınıf için ayrılan alanda homojen bir şekilde dağıtılmıştır. Şekil 6.1’de simüle edilmiş örnek bir depo gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere raflar ve raflar arası mesafe 1 metre olarak belirlenmiştir. Giriş çıkış noktası adedi veri setlerine göre farklılık göstermektedir.

Ürün önceliklendirilmesi ve bu önceliklendirmeye göre sınıflandırılması için 4 kriter dikkate alınmıştır. Bu kriterler; alan, talep, duyarlılık ve karlılıktır. Ürünlerin önceliklendirilmesi için VIKOR yöntemi kullanılmış ve bu yöntem neticesinde elde edilen uzaklık değerleri sınıf oluşturma ve atama modelinde kısıt olarak kullanılmıştır. Sınıf oluşturma ve atama modeli için Adil ve Muppani(2008b)’nin önermiş olduğu matematiksel model referans alınmıştır. Çözüm için veri setleri rassal üretilmiştir. Gelecek başlıklar altında referans alınan matematiksel model ve VIKOR yöntemi tanıtılacaktır.



Şekil 6.1. Simüle Edilmiş Depo Tasarımı

6.2. Referans Alınan Matematiksel Model

Bu çalışmada Muppani ve Adil (2008b)'nin önerdikleri matematiksel model referans alınmıştır. Bir sipariş toplama sürecinin verimliliği büyük ölçüde kullanılan depolama politikasına bağlıdır. Depolama politikaları birinci bölümde ürün atama başlığı altında anlatılmıştı. Bu çalışmada sınıf temelli depo modeli kullanıldığından bu politika açıklanmıştır.

Sınıf-temelli depo raf (rack) ataması altında, benzer devir oranlarına sahip ürünler aynı sınıfta depolanır ve raf farklı boyutlarda birçok sınıfa ayrılır. Sınıfların oluşumu için, Heskett 1963'de SKU (stok tutma birimi)'nun sipariş sıklığı ve ve SKU başına ihtiyaç duyulan depolama alanının(küp) oranını ifade eden sipariş başına küp endeksi (COI) modelini önermiştir.

$$COI_p = f_p * [Max I_p] / D_p$$

COI_p → p ürünü için sipariş başına küp endeksi

f_p → Bir birim p ürünü depolamak için ihtiyaç duyulan alan (yoğunluk), bir ürünün kapladığı alan miktarı

I_p^t → t periyodu süresince p ürünü için planlanan birim yüklerdeki depolama seviyesi

D_p → planlanmış periyotta p ürünü için toplam talep miktarı

Kural, indeksin artan sırasında ürünlerin sıralanmasını içerir ve sipariş toplama maliyetini azaltmak amacıyla giriş çıkış noktasına en yakın yerlere bu sırayla atar. Ürünlerin konumu indeksin artan sırasını takip etmelidir. COI indeksine dayalı, depo önünde konumlandırılacak (giriş-çıkış noktasının yanında) düşük alan ihtiyaçları ve yüksek talep ile ürünler ve giriş-çıkış noktasından hayli uzakta konumlandırılacak yüksek alan ihtiyaçları ve düşük talep ile ürünler için bir eğilim söz konusudur. Bu yüzden, COI indeksi sipariş toplama için tek bir kontrol ile mesafeleri minimize ederek daha verimli depolama yapmak için geliştirilmiştir.

Muppani ve Adil (2008b) alan tasarrufu, taşıma maliyeti ve depolama maliyetlerini göz önüne alarak, COI sınıf tabanlı depolama düzeni için doğrusal olmayan tam sayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Muppani ve Adil (2008b)'nin önerdikleri sınıf oluşturma ve atama modeli şu şekildedir:

Notasyonlar:

İndis Kümesi:

p, p' : Ürün numarası

t : Planlama dönemi içerisindeki periyot numarası

l, l' : Depo içerisindeki konum numarası

c, c' : Sınıf numarası

Değişkenler:

x_{pc} : i ürünü c sınıfına atanmışsa 1, değilse 0.

y_{lc} : l konumu c sınıfına atanmışsa 1, değilse 0.

Parametreler:

z : Amaç fonksiyonu değeri (\$).

a_l : l konumunun alanı.

COI_p : p ürünü için sipariş başına küp indeks değeri.

d_l : l konumundan çıkış noktasına olan mesafe.

D_p : planlanan periyotta i ürünü için talep miktarı.

f : Metrekare başına alan maliyeti.

f_p : Bir birim p ürününü depolamak için gerekli olan alan miktarı.

h : Mesafe başına sipariş toplama maliyeti.

I_p^t : t periyodu boyunca p ürünü için planlanan stok seviyesi.

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Minimise } z = f \cdot \sum_c \sum_l (a_l \cdot y_{lc}) + 2 \cdot h \cdot \sum_c \left[\left\{ \frac{\sum_l (a_l \cdot d_l \cdot y_{lc})}{\sum_l (a_l \cdot y_{lc})} \right\} * \sum_p D_p \cdot x_{pc} \right] \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$COI_p \cdot x_{pc} \leq COI_{p'} \cdot x_{p'c'} \quad \forall p \neq p' \quad (2)$$

$$l \cdot y_{lc} \leq l' \cdot y_{l'c'} \quad \forall l \neq l' \text{ and } c < c', \quad (3)$$

$$\sum_c y_{lc} \leq 1 \quad \forall l, \quad (4)$$

$$\sum_c x_{pc} = 1 \quad \forall p, \quad (5)$$

$$\sum_p (I_p^t \cdot f_p \cdot x_{pc}) \leq \sum_l (a_l \cdot y_{lc}) \quad \forall c, t, \quad (6)$$

$$x_{pc} \in \{0,1\} \quad \forall p, c, \quad (7)$$

$$y_{lc} \in \{0,1\} \quad \forall l, c. \quad (8)$$

Bir minimizasyon problemi olan modelin amaç fonksiyonu (1), iki maliyet kaleminden oluşmaktadır. İlki, planlama ufku boyunca depo alanı maliyetidir. İkincisi ürünlerin sipariş toplama maliyetidir. Amaç, bu iki maliyet toplamını en aza indirmek için ürünlerin COI indekslerini dikkate alınarak sınıflar halinde yerleştirmektir. Kısıt(2) ve (3); düşük COI ye sahip ürünler c sınıfına atanmış ve yüksek COI ye sahip ürünler c' sınıfına atanmış ise, c'nin giriş-çıkış noktasına c'den daha yakın konumlandırılması sağlar. Kısıt(4); Her bir t periyodu boyunca c sınıfındaki ürünleri tutmak için yeterli depolama alanını sağlar. Kısıt(5); Her bir ürün sadece ve sadece bir sınıfa atanmasını sağlar. Kısıt(6); bir sınıftan daha fazla atanmanın olamayacağını gösterir. Kısıt(7); (Carl Kallina ve Lynn, 1976) karar değişkenleridir.

Muppani ve Adil(2008b)'in önermiş oldukları sınıf oluşturma ve atama modeli NP-hard problemidir.

6.3. VIKOR Yöntemi

VIKOR yöntemi, karmaşık sistemlerin çok ölçütlü optimizasyonu için geliştirilen çok kriterli bir karar verme yöntemidir. Yöntem, çeşitli ölçütlere göre seçilmiş alternatiflere ait elemanların sıralanması ve seçimini gerçekleştirmek için oluşturulmuştur.

VIKOR yönteminde, belirli şartlar altında ideal çözüme en yakın kararın alınabilmesi için alternatiflere ait çok ölçütlü sıralama indeksi oluşturulur. İdeal alternatife olan yakınlık değerleri karşılaştırılarak uzlaşık sıralama oluşturulur. Yani VIKOR metodu ağırlıklı denge aralıklarını belirlemeye yarayan bir denge analizi olduğu söylenebilir.

Yöntemin adımları:

Adım 1: Bütün değerlendirme kriterine ait en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler belirlenip, i kriteri değerlendirme açısından "fayda" ifade eden bir ölçüt ise, $i = 1, 2, \dots, n$ için; f_i^* ve f_i^- şu şekilde ifade edilmektedir:

$$f_i^* = \max f_{ij} \quad f_i^- = \min f_{ij} \quad (9)$$

Adım 2: Bütün değerlendirme birimlerine ait S_i (max grup faydası) ve R_j (karşıt görüş minimum bireysel pişmanlığı) değerleri 10 no'lu formüle göre hesaplanır. Burada w_i , kriterlere ait ağırlıkları ifade etmektedir.

$$S_j = \sum \frac{[w_i(f_i^* - f_{ij})]}{(f_i^x - f^-)} \quad , \quad R_j = \max \frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^x - f^-)} \quad (10)$$

Adım 3: Bütün değerlendirme birimi için Q_j değerleri 11 no'lu formülden faydalanarak hesaplanır.

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(1 - v)(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad (11)$$

Formülde kullanılan $S^* = \min_j S_j$ ve $S^- = \max_j S_j$ değerini ifade ederken $R^* = \min_j R_j$ ve $R^- = \max_j R_j$ değerlerini ifade etmektedir.

Formülde yer alan v değeri ise, maksimum grup faydasını gerçekleştirecek stratejiye ait ağırlığı gösterirken, $(1 - v)$ değeri karşıt görüşe sahip minimum pişmanlığa

ait ağırlığı ifade etmektedir. Çalışmalarda çoğunlukla v değeri 0,5 olarak kullanılmaktadır.

Adım 4: Hesaplamalardan elde edilen Q_j , S_j , R_j değerleri sıralanarak, Q_j değerleri arasında en az olanı alternatif değerler içerisinde en iyi seçim olarak belirlenir.

Adım 5: En küçük Q değerinin en uygun alternatif çözüm olabilmesi için aşağıdaki iki koşul sağlanmalıdır:

Koşul 1. "Kabul edilebilir avantaj" $Q(A'') - Q(A') \geq 1 / (j-1)$

Burada en iyi alternatifle en iyi ikinci alternatif arasındaki farkın, j değerlendirme birimine ait değer olmak üzere $1 / (j-1)$ 'den büyük eşit olması beklenmektedir.

Koşul 2. "Kabul edilebilir istikrar"

A' alternatifinin S veya R değerlerinden en az birinde en iyi olması gerekmektedir. Eğer bu iki koşuldan biri sağlanamıyorsa aşağıdaki şekilde uzlaşık çözüm bulunur:

- ✓ Koşul 2 sağlanamaz ise A' ve A'' alternatifleri
- ✓ Koşul 1 sağlanamaz ise A' , A'' ,, A^m alternatifleri $Q(A^m) - Q(A') \geq D(Q)$ eşitsizliği dikkate alınmalıdır (Ekren N., 2016).

6.4. Rassal Üretilen Veri Setleri

Problemin tanımı başlığı altında da bahsedildiği üzere problemin boyutuna göre oluşturulan 3 farklı veri seti küçük, orta ve büyük boyut veri seti olarak adlandırılmıştır. Her ürün için 4 kriter belirlenmiştir. Kriterlere ait değerler excel programında rassal olarak üretilmiştir. Değerlendirmeye alınan kriterler aşağıda açıklanmıştır.

Talep: Belirlenen dönem boyunca ürüne ihtiyaç duyulan toplam miktarı ifade etmektedir. Talebin fazla olması hem VIKOR yöntemi uygulamasında hem de sınıf oluşturma ve ürün konum atamasında pozitif etkiye sahiptir. Ürün atama problemlerinde çoğunlukla ürünün talebi temel kriter teşkil etmektedir.

Alan: Ürünün metrekaresi cinsinden depoda kapladığı alanı ifade etmektedir. Depoda ürün atama politikaları incelendiğinde ürünün kapladığı alana göre tek değerlendirme yapıldığı görülmektedir. Bu kriterde ürün talebi gibi temel ölçütlerden biridir.

Duyarlılık: Ürüne duyulan müşteri hassasiyetini ifade etmektedir. 1 ile 5 arasında ölçeklendirilmiştir. 1'den 5'e önem derecesi artmaktadır. Örneğin müşteri için

çok kısa zamanda teslimi gerektiren bir ürünün duyarlılığı yüksektir. Ya da kırılabilir bir üründe yüksek duyarlılıkla ifade edilebilir. Müşteri memnuniyetinin günden güne önem arz ettiği düşünüldüğünde depolama faaliyeti içerisinde ele aldığımız problem için duyarlılık önemli bir kriter olarak değerlendirilmektedir.

Karlılık: Bir birim üründen elde edilen karın yüzde olarak oranını ifade etmektedir. Ticari faaliyette bulunan işletmeler için yapılan iyileştirmelerin getirisi açısından göz önünde bulundurulması gereken önemli bir kriterdir.

Bu çalışma dört kriter ele alınmakla birlikte deponun türüne, ürün çeşidine, karar vericinin tercihinine göre kriterler artırılabilir. Yöntemin uygulanabilirliğini göstermek için bu çalışma özelinde dört ölçüt belirlenmiştir. Ürün ataması belirlenen kriterlerin tamamının değerlendirilmesi ışığında gerçekleştirilmiş olacaktır.

Tüm veri setlerinde alan maliyeti 5\$, mesafe maliyeti 1\$ olarak kabul edilmiştir. VIKOR yöntemi işlem adımları excel programı üzerinde formüle edilerek hesaplanmıştır. Büyük boyut veri seti için VIKOR yöntemi işlem adımlarının uygulamasından elde edilen verilere yer verilmiştir. Küçük boyut veri seti ve orta boyut veri setinde de aynı yöntemle değerler elde edilmiştir. VIKOR yöntemi son adımında yer alan yöntemin kullanılabilirliği test eden iki koşulda sağlanmaktadır. VIKOR yönteminin anlatıldığı başlık altında üçüncü işlem adımında bahsedilen maksimum grup faydasını gerçekleştirecek stratejiye ait ağırlığı gösteren v değeri birçok çalışmada da sıklıkla ele alındığı gibi 0,5 olarak kabul edilmiştir.

6.4.1. Küçük Boyut Veri Seti İçin Parametreler

Küçük boyut veri setinde 3 ürün 3 sınıf 2 dönem 15 konum 4 kriter belirlenmiştir. VIKOR yöntemi ile ürünlerin ağırlıklandırılması için oluşturulan karar matrisi Çizelge 6.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Küçük boyut veri seti için karar matrisi

Ürün	Max Talep	Min Alan	Max Duyarlılık	Max Karlılık
P1	7	0.872763222	4	31
P2	5	0.952085302	3	39
P3	10	0.743945647	1	67

Her bir kriter eşit derecede öneme sahiptir. VIKOR işlem adımları neticesinde her bir ürün için oluşan öncelik skor değerleri(Qj) Çizelge 6.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2 Küçük boyut veri seti için ürünlerin VIKOR ile belirlenen skor değerleri

Ürün	Q(j)
P1	0,569
P2	1
P3	0,01

Matematiksel modele girdi olacak olan bu değerlere göre ürünler sınıflandırılacaktır. Q(j) değerleri eşit veya birbirine yakın olan ürünler aynı sınıfa atanır. Ancak bu yakınlık değerinin ölçüsü amaç fonksiyonunun değerine göre farklılık gösterir.

Probleme ait diğer parametreler Çizelge 6.3.'de yer almaktadır.

Çizelge 6.3. Küçük boyut veri setinde ürünlere ilişkin parametreler

Ürün	Stok Seviyesi		max	min	max	max	Konum	a(l)	d(l)
	1	2	Talep	Alan	Duyarlılık	Karlılık			
P1	5	2	7	0.872763222	4	31	L1-L5	1	2.5
P2	3	2	5	0.952085302	3	39	L6-L10	1	1.5
P3	5	5	10	0.743945647	1	67	L11-L15	1	0.5

6.4.2.Orta Boyut Veri Seti İçin Parametreler

Orta boyut veri setinde 6 ürün 6 sınıf 4 dönem 40 konum 4 kriter belirlenmiştir. Rassal üretilen veriler aşağıdaki Çizelge 6.4.'de yer almaktadır.

Çizelge 6.4. Orta boyut veri seti için karar matrisi

Ürün	Max	Min	Max	Max
	Talep	Alan	Duyarlılık	Karlılık
P1	30	0.872763222	4	31
P2	25	0.952085302	3	39
P3	30	0.743945647	1	67
P4	20	0.677016962	4	36
P5	35	2.282266012	3	61
P6	20	0.580671208	3	55

Her bir kriter eşit derecede öneme sahiptir. VIKOR işlem adımları neticesinde her bir ürün için oluşan öncelik skor değerleri(Qj) Çizelge 6.5.'de yer almaktadır.

Çizelge 6.5 Orta boyut veri seti için ürünlerin VIKOR ile belirlenen skor değerleri

Ürün	Q(j)
P1	0.6792055
P2	0.728918912
P3	0.743655067
P4	0.53317021
P5	1
P6	0.001

Matematiksel modele girdi olacak olan bu değerlere göre ürünler sınıflandırılacaktır. Q(j) değerleri eşit veya birbirine yakın olan ürünler aynı sınıfa atanır. Ancak bu yakınlık değerinin ölçüsü amaç fonksiyonunun değerine göre farklılık gösterir.

Probleme ait diğer parametreler Çizelge 6.6.'da yer almaktadır.

Çizelge 6.6. Orta boyut veri setinde ürünlere ilişkin parametreler

Ürün	Stok Seviyesi				max	min	max	max	Konum	a(l)	d(l)
	1	2	3	4	Talep	Alan	Duyarlılık	Karlılık	L1-L5	2,5	0,5
									L6-L10	2,5	1,5
P1	5	10	10	5	30	0,872763	4	31	L11-L15	2,5	2,5
P2	0	0	10	15	25	0,952085	3	39	L16-L20	2,5	3,5
P3	15	10	0	5	30	0,743946	1	67	L21-L25	2,5	4,5
P4	0	15	5	0	20	0,677017	4	36	L26-L30	2,5	5,5
P5	15	0	10	10	35	2,282266	3	61	L31-L35	2,5	6,5
P6	5	5	5	5	20	0,580671	3	55	L36-L40	2,5	7,5

6.4.3. Büyük Boyut Veri Seti İçin Parametreler

Büyük boyut veri setinde 12 ürün 12 sınıf 6 dönem 54 konum 4 kriter belirlenmiştir. Rassal üretilen veriler Çizelge 6.7' de yer almaktadır.

Çizelge 6.7. Büyük boyut veri seti için karar matrisi

Ürün	Max Talep	Min Alan	Max Duyarlılık	Max Karlılık
P1	55	0,872763222	4	31
P2	40	0,952085302	3	39
P3	50	0,743945647	1	67
P4	60	0,677016962	4	36
P5	40	2,282266012	3	61
P6	55	0,580671208	3	55
P7	50	2,390736779	2	39
P8	35	0,728523987	4	53
P9	50	0,936262891	2	79
P10	55	0,758796256	3	87
P11	35	2,147984356	2	72
P12	40	1,488125384	5	39

Her bir kriter eşit derecede öneme sahiptir. VIKOR işlem adımları neticesinde her bir ürün için oluşan $S(j)$, $R(j)$ bunlara maksimum, minimum değerler ile öncelik skor değerleri (Q_j) Çizelge 6.8.'de yer almaktadır. Küçük boyut veri seti ve orta boyut veri setinde de aynı yöntemle hesaplamalar yapılmıştır. VIKOR yönteminin 5. Adımında ifade edilen en küçük Q değerinin en uygun alternatif çözüm olabilmesi için iki koşulun yerine gelmesi durumu aşağıda gösterildiği gibi sağlanmaktadır.

Koşul 1. "Kabul edilebilir avantaj" $Q(A'') - Q(A') \geq 1 / (j-1)$

$$0,28760822 - 0 \geq \frac{1}{12 - 1} \quad \rightarrow \quad 0,28760822 \geq 0,0909090$$

Koşul 2. "Kabul edilebilir istikrar"

En iyi $Q(j)$ değerinin S veya R değerlerinden en az birinde en iyi olması gerekmektedir.

En iyi $Q(j)$ değerine sahip P10 ürününün bu şartı sağladığı görülmektedir.

Çizelge 6.8. Büyük boyut veri seti için ürünlerin VIKOR yöntemiyle hesaplanan çözüm değerleri

VIKOR YÖNTEMİYLE ÇÖZÜM DEĞERLERİ									
KARAR MATRİSİ									
KRİTER →	max		min		max		max		Karlılık
	Talep	Alan	Duyarlılık	Karlılık	Duyarlılık	Karlılık	Karlılık		
AĞIRLIKLARI →	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
ALTERNATİF ↓									
P1	55	0,87276322	4	31					
P2	40	0,9520853	3	39					
P3	50	0,74394565	1	67					
P4	60	0,67701696	4	36					
P5	40	2,28226601	3	61					
P6	55	0,58067121	3	55					
P7	50	2,39073678	2	39					
P8	35	0,72852399	4	53					
P9	50	0,93626289	2	79					
P10	55	0,75879626	3	87					
P11	35	2,14798436	2	72					
P12	40	1,48812538	5	39					
MAKS	60	2,39073678	5	87					
MIN	35	0,58067121	1	31,0227887					

ALTERNATİF ↓	S(j)	R(j)	Q(j)
P1	0,38435342	0,25	0,6792055
P2	0,5814798	0,21442339	0,72891891
P3	0,46187296	0,25	0,74365507
P4	0,29450955	0,22777126	0,53317021
P5	0,68629409	0,23501839	0,88215738
P6	0,33065272	0,14189305	0,28760822
P7	0,77020307	0,25	1
P8	0,45972476	0,25	0,74186906
P9	0,37931993	0,19546646	0,50000466
P10	0,16880615	0,09420413	0
P11	0,70329198	0,25	0,94437028
P12	0,54076442	0,21542999	0,69829873

ALTERNATİF ↓	S(j)	R(j)	Q(j)
MAKS	0,77020307	0,25	
MIN	0,16880615	0,09420413	

$$v = 0,5$$

Matematiksel modele girdi olacak olan bu değerlere göre ürünler sınıflandırılacaktır. $Q(j)$ değerleri eşit veya birbirine yakın olan ürünler aynı sınıfa atanır. Ancak bu yakınlık değerinin ölçüsü amaç fonksiyonunun değerine göre farklılık gösterir.

Probleme ait diğer parametreler Çizelge 6.9.'da yer almaktadır.

Çizelge 6.9. Büyük boyut veri setinde ürünlere ilişkin parametreler

Ürün	Stok Seviyesi						max	min	max	max	Konum	a(l)	d(l)
	1	2	3	4	5	6	Talep	Alan	Duyarlılık	Karlılık	L1	2,5	1
											L2	2,5	2
P1	5	20	10	5	15	10	55	0,872763	4	31	L3	2,5	3
P2	0	0	20	15	0	5	40	0,952085	3	39	L4	2,5	4
P3	15	10	0	5	25	0	50	0,743946	1	67	L5	2,5	5
P4	0	20	5	20	10	5	60	0,677017	4	36	*	*	*
P5	15	0	10	10	0	15	40	2,282266	3	61	*	*	*
P6	5	5	10	5	20	15	55	0,580671	3	55	*	*	*
P7	0	20	15	5	0	10	50	2,390737	2	39	*	*	*
P8	20	0	10	0	5	0	35	0,728524	4	53	*	*	*
P9	5	5	5	10	10	15	50	0,936263	2	79	L52	2,5	52
P10	10	15	0	15	5	10	55	0,758796	3	87	L53	2,5	53
P11	20	5	5	0	10	0	35	2,147984	2	72	L54	2,5	54
P12	5	0	10	10	0	15	40	1,488125	5	39	L55	2,5	55

6.5. Matematiksel Model

Önerilen ÇÖKV (VIKOR) temelli sınıf oluşturma ve atama modeli referans alınan matematiksel model başlığı altında verilen Muppani ve Adil'in oluşturduğu matematiksel modelde (2) numaralı kısıtta COI indeksi yerine VIKOR yöntemi ile elde edilen $Q(j)$ 'nin değerleri konularak Denklem (12) elde edilmiştir. Diğer denklemler çalışmada değişiklik yapılmadan kullanılmıştır.

$$Q(j)_p \cdot x_{pc} \leq Q(j)_{p'} \cdot x_{p'.c'} \quad \forall p \neq p' \quad (12)$$

6.6. Problemin Çözümü

Matematiksel model her bir veri seti için ayrı ayrı GAMS/BARON programında kodlanarak çözülmüştür. Amaç fonksiyonu ikinci maliyet kaleminde paydada değişken olduğu için çözüm esnasında GAMS/BARON "division by zero" hatası vermektedir. Bu sorunu gidermek için paydadaki değişkene "0,0000001" gibi çok küçük bir değer

eklenmiştir. Bu durum, hem pay ve paydanın "0" olması hem de değişkenin kesikli olmasından dolayı optimal atamayı etkilememektedir.

Çizelge 6.10'daki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 6.10. Problem Çözüm Sonuçları

Küçük veri seti için sonuçlar			Orta veri seti için sonuçlar			Büyük veri seti için sonuçlar		
Amaç Fonk. Değeri		119.4 \$	Amaç Fonk. Değeri		760 \$	Amaç Fonk. Değeri		280,14 \$
Çözüm Zamanı		0.3 sn	Çözüm Zamanı		1143 sn	Çözüm Zamanı		1140
Ürün	Sınıf	Konum	Ürün	Sınıf	Konum	Ürün	Sınıf	Konum
P1	2	6--10	P1	2	6--40	P1	1	1--54
P2	3	11--13	P2	2	6--40	P2	1	1--54
P3	1	1--5	P3	2	6--40	P3	1	1--54
			P4	2	6--40	P4	1	1--54
			P5	2	6--40	P5	1	1--54
			P6	1	1--5	P6	1	1--54
						P7	1	1--54
						P8	1	1--54
						P9	1	1--54
						P10	1	1--54
						P11	1	1--54
						P12	1	1--54

Küçük boyut veri setiyle problem çözümünde kısa sürede sonuç elde edilmiştir. 3 sınıfa da atama gerçekleşmiştir. VIKOR yöntemi ile elde edilen skor değerlerine paralel bir atama gerçekleştiği görülmüştür.

Orta boyut veri seti değerlerine göre çıkan sonuçlarda 5 ürünün tek bir sınıfa, sadece P6 ürününün 1. sınıfa ataması yapılmıştır. 1. sınıf için 1-5 arası konumlara P6 ürünü, diğer konumlara kalan ürünler atanabilecektir. Boşta kalan konum bulunmamaktadır. Amaç fonksiyonu değeri 760 \$ olarak hesaplanmıştır.

Büyük veri setine göre sonuçlar incelendiğinde ürünlerin tamamının tek bir sınıfa atandığı görülmüştür. 1 konum açıkta kalmıştır. Bu haliyle depo rassal politikaya göre ürün atamasına izin vermektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sürekli gelişmekte olan tedarik zinciri yönetimi faaliyetleri etkin bir depo yönetimiyle birlikte işletme verimliliğini artırırken aynı zamanda müşteri memnuniyetinde de çıtayı yükseltmeyi hedeflemektedir. Yapılan küçük iyileştirmeler bile firmaları rakiplerinin bir adım önüne geçirebilmektedir. Ürünlerin depoda doğru yerde konumlandırılması ile depo içerisindeki hareketler minimize edilecek, sipariş hazırlama zamanı azalacak ve müşteriye ürün daha hızlı ulaştırılmış olacaktır. Bu da firmaya stratejik bir avantaj sağlayacaktır. Bununla birlikte ürünlerin depoda konumlarını belirlerken ulaşım mesafesi ve sipariş toplama zamanını en aza indirmek kadar depolana ürünlerin işletmenin belirleyeceği diğer kriterlerin de göz önünde bulundurularak konumlara ataması gerçekleştirilmelidir. Örneğin bu çalışmada da ele alınan ölçütlerden biri olan duyarlılık müşterinin ürüne olan hassasiyetini göstermektedir. Bir hasta için kritik önemde olan bir ilacın zamanında hastaya ulaştırılması bu durumu ifade etmektedir.

Literatürde depoda ürün atama problemini ele alan çalışmalar incelendiğinde sipariş toplama süresini ve depolama maliyetini minimize etme amacını gerçekleştirirken genelde iki kriterin baz alındığı gözlemlenmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalarda ise ürünlerin belirlenen çok kriterli karar verme yöntemiyle sıralandığı ve bu sıralamaya göre sınıf oluşturularak veya oluşturulmadan depoya atandığı görülmüştür. Bu çalışmanın önemi, birden fazla kriter belirlenerek çok kriterli karar verme yöntemi ile elde edilen verilerin sınıf oluşturma ve depoya atama problemi için matematiksel modele girdi olarak kullanılması olmuştur. VIKOR yöntemi ile her bir ürün için hesaplanan skor değerleri referans alınan matematiksel model ile GAMS/BARON programında kodlanarak çözülmüştür.

Elde edilen sonuçlar depoya ürün atama problemi için birden fazla ölçüte göre değerlendirerek matematiksel modele uygulanması ile depoya atama gerçekleştirilebileceğini göstermiştir. Bu kriterler karar vericinin tercihine göre artırılabilir. Bu çalışma çoklu kriterin önemli olduğu depolar için referans teşkil etmektedir.

Gelecek çalışmalarda, önerilen modeli endüstriyel boyutlarda veri setleri ile çözebilmek amacıyla meta sezgisel yöntemler kullanılabilir veya probleme özgü sezgisel bir yaklaşım geliştirilebilir. Bununla birlikte, önerilen model gerçek bir depo verileriyle uygulanabilirliği test edilebilir.

KAYNAKLAR

- Boysen, N. ve Stephan, K., 2013, The deterministic product location problem under a pick-by-order policy, *Discrete Applied Mathematics*, 161 (18), 2862-2875.
- Carl Kallina ve Lynn, J., 1976, Application of the Cube-per-Order Index Rule for Stock Location in a Distribution Warehouse, *Interfaces*, 7 (1), 37-46.
- Chan, F. T. S. ve Chan, H. K., 2011, Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage, *Expert Systems with Applications*, 38 (3), 2686-2700.
- Chiang, D. M. H., Lin, C. P. ve Chen, M. C., 2014, Data mining based storage assignment heuristics for travel distance reduction, *Expert Systems*, 31 (1), 81-90.
- 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*.
- Dijkstra, A. S. ve Roodbergen, K. J., 2017, Exact route-length formulas and a storage location assignment heuristic for picker-to-parts warehouses, *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 102, 38-59.
- Ekren N., F. M., 2016, The Analysis of Macro Economics Performance For European Countries and Turkey With AHP and VIKOR Metod, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 29 (1), 1-17.
- Ene, S. ve Ozturk, N., 2012, Storage location assignment and order picking optimization in the automotive industry, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 60 (5-8), 787-797.
- Fontana, M. ve Cavalcante, C., 2013, Electre tri method used to storage location assignment into categories, p.
- Fontana, M. E. ve Cavalcante, C. A. V., 2014a, Using the Efficient Frontier to Obtain the Best Solution for the Storage Location Assignment Problem, *Mathematical Problems in Engineering*.
- Fontana, M. E. ve Cavalcante, C. A. V., 2014b, Use of Promethee method to determine the best alternative for warehouse storage location assignment, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 70 (9-12), 1615-1624.
- 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.
- Gu, J. X., Goetschalckx, M. ve McGinnis, L. F., 2007, Research on warehouse operation: A comprehensive review, *European Journal of Operational Research*, 177 (1), 1-21.
- Guerriero, F., Musmanno, R., Pisacane, O. ve Rende, F., 2013, A mathematical model for the Multi-Levels Product Allocation Problem in a warehouse with compatibility constraints, *Applied Mathematical Modelling*, 37 (6), 4385-4398.
- Hsieh, L.-f. ve Tsai, L., 2006, The optimum design of a warehouse system on order picking efficiency, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (28), 626-637.
- James A. Tompkins, John A. White, Yavuz A. Bozer ve Tanchoco, J. M. A., 2003, Facilities Planning, p.
- Kovacs, A., 2011, Optimizing the storage assignment in a warehouse served by milkrun logistics, *International Journal of Production Economics*, 133 (1), 312-318.

- Le-Duc, T., De Koster, R. ve Roodbergen, K. J., 2007, Design and control of warehouse order picking: A literature review, *European Journal of Operational Research*, 182 (2), 481-501.
- Li, M., Chen, X. ve Liu, C., 2008, Pareto and Niche Genetic Algorithm for Storage Location Assignment Optimization Problem, *2008 3rd International Conference on Innovative Computing Information and Control*, 465-465.
- Marc Goetschalckx ve Jalal Ashayeri, 1989, Classification And Design Of Order Picking, *LogisticsWorld*, 2 (2), 99-106.
- 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 assignment problem, *Computers & Industrial Engineering*, 135, 199-210.
- Michael T. Tang, Gwo-Hshung Tzeng ve Wang, S.-W., 1999, A Hierarchy Fuzzy MCDM Method For Studying Electronic Marketing Strategies In The Information Service Industry, *Journal of International Information Management*, 8 (1), 1-22.
- Muppani, V. R. ve Adil, G. K., 2008a, Efficient formation of storage classes for warehouse storage location assignment: A simulated annealing approach, *Omega-International Journal of Management Science*, 36 (4), 609-618.
- Muppani, V. R. ve Adil, G. K., 2008b, A branch and bound algorithm for class based storage location assignment, *European Journal of Operational Research*, 189 (2), 492-507.
- N. MeghelliGaouar ve Sari, Z., 2010, Assessment of Performance of a Class-Based Storage in a Flow-Rack AS/RS, *Journal of Studies on Manufacturing*, 1 (2-3), 100-107.
- Pan, J. C. H. ve Wu, M. H., 2012, Throughput analysis for order picking system with multiple pickers and aisle congestion considerations, *Computers & Operations Research*, 39 (7), 1661-1672.
- Pang, K. W. ve Chan, H. L., 2017, Data mining-based algorithm for storage location assignment in a randomised warehouse, *International Journal of Production Research*, 55 (14), 4035-4052.
- Petersen, C. G., Aase, G. R. ve Heiser, D. R., 2004, Improving order-picking performance through the implementation of class-based storage, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34 (7), 534-544.
- Turner, S., 2009, Joint Multi-item Storage Location Assignment Capacitated Lot Sizing Problem, Master, *University of Windsor*.
- Yerlikaya, M. A. ve Arikan, F., 2016, Constructing the performance effectiveness order of SME supports programmes via Promethee and Oreste techniques, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31 (4), 1007-1016.
- Zhang, G. Q., Nishi, T., Turner, S. D. O., Oga, K. ve Li, X. D., 2017, An integrated strategy for a production planning and warehouse layout problem: Modeling and solution approaches, *Omega-International Journal of Management Science*, 68, 85-94.
- Zhang, R. Q., Wang, M. ve Pan, X., 2019, New model of the storage location assignment problem considering demand correlation pattern, *Computers & Industrial Engineering*, 129, 210-219.

ÖZGEÇMİŞ**KİŞİSEL BİLGİLER**

Adı Soyadı : Bünyamin Sarıcan
Uyruğu : TC
Doğum Yeri ve Tarihi : Beyşehir / 25.01.1987
Telefon : 5072109060
e-mail : bsarican42@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Ereğli Lisesi, Ereğli, Konya	2004
Üniversite	: Kocaeli Üniversitesi, İzmit, Kocaeli	2009

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2013-	Türkiye İş Kurumu	İş ve Meslek Danışmanı

YABANCI DİLLER

İngilizce – Orta Seviye

YAYINLAR

INSAC II. Uluslararası Bilim ve Akademi Kongresi'19 “Depolama Alanı Ürün Atama Problemi İçin En İyi Alternatif Konumun Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Belirlenmesi” Bildiri