

## Lojistik Depolarda Sipariş Toplama ve Konumlandırmaya Yönelik Yenilikçi Bir Yaklaşım

Önder ŞAHİNASLAN<sup>1</sup>, Ceyhun KARATAŞ<sup>2</sup>, Ender ŞAHİNASLAN<sup>3</sup>

### ÖZET

**Amaç:** Uluslararası bir lojistik deponun verimliliğini artırmaya katkı sağlamak için depo dolaşım mesafesini kısaltacak yenilikçi ve etkin bir konumlandırma yönteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

**Yöntem:** 1.239.545 adet ham depo verisi uzman ekiplerin desteği ile analiz edilmiş ve yorumlanmıştır. Makine öğrenimi algoritmalarının depo konumlarının belirlenmesinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Dolaşım hızı ve anahtar değer hesaplamasına dayalı olarak alternatif bir konumlandırma çözümü geliştirilmiştir. Statik olarak beş farklı bölgeye ayrılan sahada uygulamalı testler yapılmıştır. Önerilen yöntemin etkinliği, bilinen konumlandırma yöntemleriyle karşılaştırılmıştır.

**Bulgular:** Öğrenme algoritmalarının başarı oranları (%54-%64) uzman ekipler tarafından yeterli bulunmamıştır. Geliştirilen çözümde ürünleri doğru yere yerleştirme başarı oranı %90,93 olmuştur. Bir aylık gözlem sonucunda depo giriş çıkış işlemlerinde kat edilen mesafe yaklaşık 880 km kısalmış, depo doluluk oranı %54,07'den %55,68'e yükselmiştir. Elde edilen sonuçlar önerilen yöntemin etkinliğini göstermektedir.

**Özgünlük:** Depo yerleşim yüzdeleri ve dolaşım mesafelerinde önemli kazanımlar elde edilmiştir. Bilinen diğer yöntemlere göre daha etkili ve yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Bölge sınırı olmayan dinamik, verimli ve başarılı yapısıyla farklı depolarda uygulanabilir özgünlüktedir. Gerçek depo verilerine ve uzman görüşlerine dayalı olarak oluşturulması literatüre eşsiz bir katkı sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Lojistik Depo Yönetimi, Etkili Konumlandırma, Teknoloji ve Yenilik, Verimlilik.

**JEL Kodları:** L86, M15, O32, O40.

## An Innovative Approach to Order Picking and Positioning in Logistics Warehouses

### ABSTRACT

**Purpose:** In order to contribute to increasing the efficiency of an international logistics warehouse, it is aimed to develop an innovative and effective positioning method that will shorten the warehouse circulation distance.

**Methodology:** 1,239,545 raw warehouse data have been analyzed and interpreted with the support of expert teams. The usability of machine learning algorithms in determining warehouse locations has been investigated. An alternative positioning solution has been developed, based on circulation rate and key value calculation. Practical tests were carried out in the field, which is statically divided into five different regions. The effectiveness of the proposed method is compared with known positioning methods.

**Findings:** The success rates (54%-64%) of the learning algorithms were not found sufficient by the expert teams. In the solution developed, the success rate of placing the products in the right place was 90.93%. As a result of a one-month observation, the distance covered in warehouse entry and exit operations has been shortened by approximately 880 km, and the warehouse occupancy rate has increased from 54.07% to 55.68%. Obtained results show the efficiency of the proposed method.

**Originality:** Significant gains have been achieved in warehouse settlement percentages and circulation distances. It offers a more effective and innovative approach than other known methods. It is uniquely applicable in different warehouses with its dynamic and efficient structure that has no regional borders. Its creation based on real warehouse data and expert opinions makes a unique contribution to the literature.

**Keywords:** Logistics Warehouse Management, Effective Positioning, Technology and Innovation, Productivity.

**JEL Codes:** L86, M15, O32, O40.

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Maltepe Üniversitesi, Rektörlük, Bilişim Bölümü, İstanbul, Türkiye, ondersahinaslan@maltepe.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2695-5078 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

<sup>2</sup> Barsan Global Logistik GmbH, Gewerbestraße 23 31275 Lehrte Hannover, Almanya, ceyhunkaratas@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5560-2867.

<sup>3</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Mudanya Üniversitesi, Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, dr.endsa@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8519-7612.

DOI: 10.51551/verimlilik.1188635

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 13.10.2023 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 14.04.2023

Atf: Şahinaslan, Ö., Karataş, C. ve Şahinaslan, E. (2023). "Lojistik Depolarda Sipariş Toplama ve Konumlandırmaya Yönelik Yenilikçi Bir Yaklaşım", *Verimlilik Dergisi*, 57(3), 491-512.

**EXTENDED ABSTRACT**

Logistics is an important tool that contributes to the development of national and international trade. In today's competitive environment, it is important to use logistics processes effectively and efficiently. Warehouse management processes have an important role in the speed and effectiveness of both production and marketing processes. The effective and efficient management of the warehouse, in other words, depends on the storage and distribution of the goods in the shortest time and with the least error (Tanyaş and Duzgun, 2014). An effective warehouse management provides serious profit and competitive advantage to the business. Considering the warehouse management processes, it has been stated that order picking costs constitute approximately 55% of the costs in the total warehouse processes (De Koster et al., 2007). In another study, Berg and Zijm (1999) considered the warehousing processes as receiving, storing, order picking and shipping, and it was stated that the demand collection cost was more than 60% of the total cost of the process. In the study conducted by Bartholdi and Hackman (2014) on the order picking process, it was determined that 55% of the process consists of navigation, 15% of searching, 10% of sorting and 20% of other works. All these studies show that the demand collection process is the costliest process among the warehouse management processes. In order to reduce these costs, there is a need for the discovery of innovative technological solutions specific to the logistics warehouse and working method. Reducing the warehouse circulation route is a problem that needs to be solved in increasing the efficiency and productivity of the warehouse.

In this study, it is aimed to develop an innovative and effective positioning method that will shorten the warehouse circulation distance in order to contribute to increasing the efficiency of an international logistics warehouse. Working conditions of the company, warehouse data, opinions of expert teams, known methods and technological possibilities were used in the search for a solution that will contribute to shortening the warehouse circulation distance in increasing the efficiency of the warehouse with a high turnover rate. In the study, detailed analyzes and examinations were carried out on 1,239,545 raw warehouse data. Unrelated or repetitive data fields that do not serve the purpose of the study were determined and removed. The usability of machine learning algorithms in determining warehouse locations has been investigated. However, the obtained success rates (54%-64%) were not found sufficient by the field expert teams. On top of that, techniques based on warehouse turnover rate were examined in accordance with warehouse conditions. Using the data available, it was observed how long a box that entered the warehouse waited in and which locations. An alternative positioning solution was developed based on circulation rate and key value calculation. Delphi technique was used to determine the main parameters affecting the solution and the data were subjected to PCA analysis and extreme value analysis. It was applied on the warehouse of an international logistics company, which uses a back-to-back rack system and does not have a conveyor system, and is limited to 5 regions as A, B, C, D and E in a static structure as a layout model. As a result of the observation made in the field with one-month warehouse data, the products were placed correctly at a rate of 90.93%. A gain of approximately 880 km has been achieved in the circulation distance within the warehouse. By reducing the distance, time and cost, it contributed to the increase of operational process efficiency and more effective use of the warehouse. Although the proposed method is applied on five limited regions depending on the warehouse conditions, it can be applied in different warehouses with its dynamic and region-free structure. Although the successful results obtained qualify this study as "applicable", longer-term new tests and observations may be needed to prove that this success rate and road gain is "sustainable" under the same field conditions. On the other hand, the gains obtained in the limited field and time test of the study are remarkable.

The study is capable of meeting the needs of many of the logistics warehouses with a high turnover rate with its unique and endless grouping capabilities. These approaches and methods can be used in logistics warehouses with similar characteristics. In the proposed method, significant gains were obtained in warehouse settlement percentages and circulation distances. It has made significant contributions to increasing warehouse efficiency. In the future, researchers can use the methods proposed in this study to solve efficiency and productivity problems specific to different logistics sites. In addition, they can conduct research on innovative and smart solutions that facilitate warehouse management and operation, reduce time and costs, increase efficiency, and reduce carbon emissions by using industry 4.0 technologies. The study makes a unique contribution to the literature with an innovative solution that is successful and applicable in terms of results, matured with expert opinions, on real data in a logistics field.

## 1. GİRİŞ

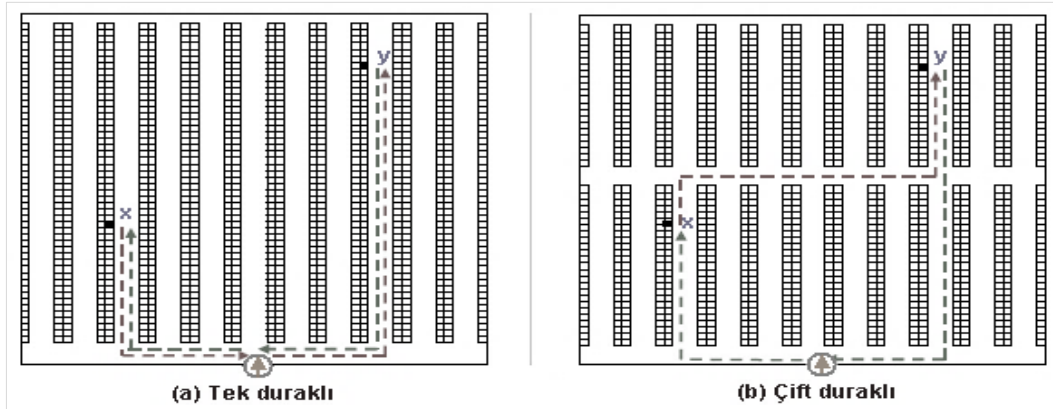
Lojistik, ulusal ve uluslararası ticaretin gelişiminde önemli bir araçtır (Karlı ve Tanyaş, 2020). Depolama lojistik süreçlerin idamesinde önemli bir yere sahiptir. Günümüzde depolar her zamankinden daha fazla erişilebilir, esnek ve verimli olmak zorundadır (Özceylan ve Tanyaş, 2021). Bu süreçlerin etkin ve verimli kullanılması depo yönetim süreçlerinin başarısına olumlu katkı sağlar. Her bir ürün ya da materyalin en kısa mesafe kullanılarak hızlı bir şekilde muhafaza altına alınması ve talep edildiği anda hızlı bir şekilde çıkış işleminin gerçekleştirilmesi istenir. Her bir materyalin depoda tutulma süresi farklı olabilmektedir. Depolama süreçlerinin yönetiminde depo için ayrılmış alanın boyutları, depo yerinin seçimi, deponun mülkiyeti gibi fiziksel nitelikler yanında, çalışan yeterliliği ve yetkinliği etkilidir. Bu süreçlerin yönetiminde kullanılan bilgi teknoloji ve uygulamaları önemli bir yere sahiptir. Ürün ya da hammaddelerin kabulünden sevkiyatına, depo alanı, insan kaynağı, depo ve donanımların etkin kullanılmasında, bunların sayım ve kontrolünde bilgi ve iletişim teknolojilerinin katkısı büyüktür. Yeni teknolojiler üzerinde geliştirilen uygulama ve altyapıları depo verimliliği ve süreç başarısında önemli bir role sahiptir. Depolama sürecinde güncel teknoloji çözümlerini kullanabilen yenilikçi sistem ve uygulamalara ihtiyaç vardır.

Depo yönetimi işletmeler için en önemli faaliyetlerden birisidir (Erarslan ve Deste, 2022). Depolama süreci genel olarak tedarik edilen bir ürün veya hammaddenin üretim veya sipariş aşamasına kadar muhafaza edilmesi ve ihtiyaç halinde hızlı bir şekilde sevke hazır hale getirilme aşamalarını içerir. Depo yönetim süreci; mal kabulü, yerleştirme, depolama/güvenli saklama, sipariş toplama, paketleme ve sevk temel süreçlerinden oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Depo yönetim süreçleri

Depo kabulü aşaması depoya konulmak istenen bir ürün, mal veya materyalin bir taşıma aracı yardımıyla depodaki yük indirme alanına boşaltılmasıyla başlar. Toplama alanında yer alan bu ürünlerin fiziki ve teknik özellikleri ile deponun kullanım biçimi dikkate alınarak depoya kabul edilir. Ürün yerleştirme safhasında, depoya kabul edilen ürünlerin nitelik ve amaçları dikkate alınarak gruplandırılır. Depo içerisinde o ürün için önceden belirlenen alana/rafa robot, konveyör benzeri araçlarla taşınır. Bu taşıma işleminde ürün, şartların izin verdiği, en kısa rota kullanılarak belirlenen konuma hareket ettirilir. Bu işlem, depo giriş toplama alanında ürün var olduğu sürece tekrarlanır. Geleneksel tek duraklı ve çift duraklı depolarda ürün(sipariş) yerleştirme veya toplama yaklaşım örneği ise Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Sipariş toplama yöntemi örnekleri (Tanyaş, 2017:35)

Taşıyıcı geleneksel tek duraklı yapıda (Şekil 2a) ürün toplama alanı ile ürün yerleştirme arasında gidüş-dönüş olmak üzere aradaki mesafenin iki katı yol alır. Çift duraklı mimari yapıda (Şekil 2b) ise tek duraklı yöntemde kat edilen mesafeden daha kısa bir yol almaktadır. Bu işlem insana ya da robotla dayalı ürün yerleştirme yapan yaklaşımlar için geçerlidir. İnsan ve robotlar dışında, konveyör kullanan depolarda rota

konveyörün şartlarına bağlıdır. Konveyörlerin tek yönlü işlemlerinde bir geri dönüşten söz edilemeyeceği için toplam kat edilmesi gereken mesafe daha kısa olacaktır. Taşıma mesafesindeki kısalma toplam işlem süresine de olumlu katkı sağlar. Ürün yerleştirmede depo yerleşim planı ve uygunluk durumu; depoya giren malın türü, cinsi, hacmi gibi teknik nitelikler yanında stok devir hızına göre ürünün yerleştirileceği yere karar verilir. Ayrıca ürün dağıtımının yapılacağı bölgeler, belli ürünlere özel önceden tahsis edilen bölümler de dikkate alınır. Depolama süreci, depoya yerleşen malların niteliklerine göre depoda tutulacağı süre zarfında güvenli bir şekilde saklanma aşamasıdır. Sipariş toplama süreci, sipariş ya da talep toplama olarak adlandırılan bu süreçte depoda yer alan ürünlere yönelik gelen bir talep sonrası ilgili ürünün depoda yerleştirilmiş olduğu yerden alarak çıkış toplama alanına taşınması işlemidir. Bu süreç müşteri tarafından oluşturulan siparişlerin belirli şekilde gruplanıp toplama listelerinin hazırlanması ve bu toplama listelerine göre toplayıcı birimlerin belirtilen ürünleri belirtilen adresten alarak, fiziki olarak çıkış toplama alanına getirme aşamalarından oluşur. Ürünlerin gruplanması ve toplama listelerin hazırlanmasında toplayıcıların daha az mesafe kat etmeleri için sıralama aşaması önemlidir. Bu listenin hazırlanmasında kullanılacak taşıma yöntemi de etkilidir. Taşıma yönteminde toplayıcıdan parçaya, parçadan toplayıcıya ve tamamen otomasyona dayalı olmak üzere bilinen üç temel yöntem vardır (Dallari ve diğerleri, 2008). Sevk aşaması, sipariş sonucunda toplanan ürünlerin gönderildiği yere doğru belgelerle zamanında teslim edebilmek için yapılan faaliyetleri içerir. Sevkiyat aşaması, ürünlere zamanda ve hızlı erişebilme de önemli bir faktördür (Erarslan ve Deste, 2022). Sevk edilecek mallara ait belgeler sevkiyat öncesinde hazırlanarak paketlenir ve gideceği hedefe doğru hareket eder. Özetle depolama süreçleri bir ürün ya da hammadde gibi malların depoya kabulü ile başlar ve depodan sevk edilmesiyle sonlanır.

İşletmeler küresel rekabette üstünlük elde edebilmek için kaynakları verimli kullanarak maliyetlerini düşürmek ve farklı müşteri talepleri karşısında daha hızlı ve çevik hareket etmek zorundadır. Depo yönetim süreçleri hem üretim hem de pazarlama süreçlerinin hız ve etkinliğinde önemli bir role sahiptir. Deponun etkin ve verimli yönetimi, diğer bir deyişle malın depolanma ve dağıtımının en kısa sürede, en az hatayla gerçekleştirilmesine bağlıdır (Tanyaş ve Düzgün, 2014). Üretimde hammadde temininde ya da üretilen ürünlerin pazarlanmasında etkin bir depo yönetimi işletmeye ciddi kazanç ve rekabet üstünlüğü sağlamaktadır. Dünya'da artan rekabete dayalı bir ekonomi beraberinde hızlı üretim ve bu ürünlerin tüketiciye tedarik zincirleri ve depolar üzerinden zamanında ulaştırma ihtiyacını doğurmuştur. Kıran kırana geçen bir küresel rekabet ortamında bu süreçlerin her birinin etkin ve verimli işletilebilmesi şarttır. Depo yönetim süreçleri ele alındığında sipariş toplama maliyetlerinin, toplam depo süreçlerindeki maliyetlerin yaklaşık %55'ini oluşturduğunu belirlenmiştir (De Koster ve diğerleri, 2007). Başka bir çalışmada Berg ve Zijm (1999), depolama süreçleri mal kabul, depolama, sipariş toplama ve sevkiyat olarak ele alınmış ve talep toplama maliyetinin sürecin toplam maliyeti içerisinde %60'dan daha fazla olduğu belirtilmiştir. Sipariş toplama süreci üzerine Bartholdi ve Hackman (2014) tarafından yapılan çalışmada; bu sürecin %55'ini gezinti, %15'ini arama, %10'unu ayıklama ve %20'sini ise diğer işlerin oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmalar talep toplama sürecinin depo yönetim süreçleri içerisinde en fazla maliyete sahip süreç olduğunu göstermektedir. Bu ve benzeri araştırmalar sonucunda ulaşılan rakamlar sipariş toplama süreçlerindeki yapılacak iyileştirmenin depolama faaliyetlerine kazandıracığı katma değeri ortaya koymaktadır. Bu alanda yapılacak her geliştirme hem lojistik firmalarına hem de tedarik zinciri vasıtasıyla bütün ekonomiye zaman ve maliyet tasarrufu olarak yansıtacaktır. Bu maliyetlerin düşürülmesinde mevcut yöntem ve uygulamaların yeni teknolojik imkânlar ve eldeki kaynaklarla değerlendirilerek iyileştirilmesi ya da yeni farklı çözüm yöntemlerinin keşfine ihtiyaç vardır.

Çalışmanın bu bölümünde de vurgulanmaya çalışıldığı gibi, ürün toplama süreçlerinin etkinliği depo verimliliği üzerinde önemli bir role sahiptir. Bu çalışmada, devir hızı yüksek uluslararası bir lojistik deponun verimliliğinin artırılmasında depo dolaşım mesafesinin kısaltılmasına katkı sağlayacak etkin bir konumlandırma yöntemi araştırılarak, firma çalışma koşullarına da uygun yenilikçi bir çözümün uzman ekiplerinin ve teknolojinin sunduğu imkânları kullanarak geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmaya katkı sunabilecek literatür çalışmaları ikinci bölümünde ele alınmıştır. Üçüncü bölümünde yürütülen çalışmaya ait ana süreç aşamaları, çalışma ortamı, veri kaynağı, verinin elde edilmesi, saha uygulamaları, uzman ekiplerle gözlem, verinin analiz ve yorumlanması, geliştirilen yöntem, uygulama ve testlere ilişkin çalışmalar ele alınmıştır. Dördüncü bölümde, bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar ve bunların bilinen literatür çalışmalarıyla karşılaştırılması yapılarak bu çalışmanın benzer ve özgün tarafları sunulmaya çalışılmıştır. Son bölümde ise çalışmanın sonuçları ve öneriler tartışılarak çalışma sonlandırılmıştır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Sipariş toplama, yüksek maliyetli oluşu ve hizmet kalitesini etkilemesi nedeniyle depolama faaliyetleri içerisinde önemli bir yere sahiptir (Dündar ve Ölger, 2022). Depolama alanlarının etkin bir şekilde kullanılmaması verimliliği, ürün arama süresinin uzunluğu, sipariş edilen ürün sevkiyatının aksaması, eksik veya farklı ürün gönderimi hizmet kalitesini olumsuz etkilemektedir (Erarslan ve Deste, 2022). Sipariş toplama süreç verimliliği, depo mimarisi, konumlandırma şekli ve yerleştirme yöntemlerine bağlıdır. Sipariş

toplama süresi veya depo gezinme süresini asgari seviyeye çekebilmek için talep toplama rotasının planlanması, deponun bölgelere ayrılması, depo yeri atama ve talep kümeleme yaklaşımları vardır (Roodbergen ve De Koster, 2001). Rastgele depolama sistemi, ürünlerin deponun uygun boş yerlerine eşit olasılıklarla rassal olarak atanması olarak ifade edilir (De Koster ve diğerleri, 2007). Bu yöntem, lojistik depolarda yaygın olarak kullanılan, uygulanması kolay ve diğer yöntemlere göre daha az alan gerektiren bir yöntemdir ve depolarda yüksek kullanım oranına sahiptir (Petersen ve Aase, 2004). Talep toplayıcı tarafından depo başlangıç noktasına en yakın boş bulunan rastgele bir rafa yerleştirme ise kullanılan bir diğer yöntemdir. Bu yöntem seri ve tek tip üretim yapan firmalarda tercih edilmektedir. Tam devir depolama yönteminde mallar devir hızları dikkate alınarak depo alanına dağıtılır. Devir hızı yüksek olan mallar başlangıç noktasına yakın olacak şekilde kolay erişilebilir depo alanlarına konumlandırılırken devir hızı düşük olan mallar deponun uzak arka bölümlerine yerleştirilir. Bu yöntemde talep oranlarının yani devir hızlarının değişkenlik gösterdiği malların depolanmasında o malların depodaki konumları da değişecektir. Bu, depodaki ürünlerin devir hızına bağlı olarak yeniden düzenlenme ve sıralanma ihtiyacını doğuracaktır. Bu durum deponun esnek ve verimsiz kullanılmasına sebep olabilmektedir (Muppani ve Adil, 2008).

Aile tabanlı gruplama, benzer ürünlerin aynı stok alanında depolandığı bir depoya atama yöntemi olup ürünler arasındaki ilişkiler dikkate alınır. Uygulanmasında mallar arasındaki bilinen veya tahmin edilen istatistiksel korelasyondan yararlanır (Roodbergen ve De Koster, 2001). Ürün yerleştirmede yararlanan yöntemlerden bir diğeri ise bölgeleme yöntemidir. Depo talep toplama alanlarının belli bölgelere ayrılarak her bir bölgeye bir talep toplama sorumlusu atanmasına dayanır. Bu yöntemde toplayıcıların kendi bölümlerini ve ürün konumlarını iyi tanıması hızlı talep toplama için bir avantajdır. Ancak gelen taleplerde bir bölünme yaşanması durumunda farklı bölümlerden toplanacak ürünlerin gönderiminden önce yeniden birleştirilmesi ihtiyacını doğurması durumunda dezavantaja dönüşür (Gu ve diğerleri, 2007).

Sipariş toplamada yararlanan bir diğer yöntem kümeleme yöntemidir. Benzer özelliklere sahip taleplerin bir arada kümelenmesine ve ürün toplama sırasında bu ürünlerin birlikte toplanmasına dayanır. Küme, aynı turda eş zamanlı olarak toplanan talepler grubudur (Hsu ve diğerleri, 2005). Bu yöntemde toplayıcının gezi süresi kısaldır (Ho ve diğerleri, 2008). Kümeleme yöntemi daha çok küçük hacme sahip ürünlerin toplanmasında pratik ve avantajlıdır. Büyük hacme sahip malların yerleştirme ve toplanması pratik bir yöntem değildir.

Sipariş toplama sürecine dair yapılan diğer çalışmaları incelendiğinde; Caron ve Marchet (1998), çalışmalarında, devir bazlı yerleştirme yaklaşımını temel alan yerleşimin sonuçlarını S şekilli ve geri dönüş sezgisel rota belirleme algoritmaları ile oluşturulan rotaların mesafeleri karşılaştırılmıştır. De Koster ve diğerleri (1999)'nin yaptıkları çalışmada, toplayıcıların farklı kapasitelerde çalıştığı varsayılarak çeşitli sipariş hacimlerini kullanmışlar ve yüksek kapasitelerdeki toplayıcılarda S şekilli yöntem ve çekirdek algoritmalarının en verimli sonucu verdiğini; düşük kapasiteli toplayıcılarla ise en büyük boşluk yöntemi ve tasarruf algoritmalarının verimli sonuçlara ulaştığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada ürün hacimleri üzerine yoğunlaşmışlardır. Roodbergen ve De Koster (2001), rastgele yerleştirme yönteminin kullanıldığı depolarda, çeşitli sipariş büyüklüklerinde çapraz geçitlerin sipariş toplama problemi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Petersen ve diğerleri (2004), siparişlerin kabul edildikten sonra hazırlanan toplama listelerinin toplama mesafeleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Chen ve diğerleri (2005), büyük veri tabanlı bazı incelemeler yapmış ve sınıflandırma tabanlı bir algoritma önermişlerdir. Bu çalışmada kendi algoritmalarını başka çekirdek algoritmalarla mukayese eden Chen ve arkadaşları, kendi algoritmalarının karşılaştırıldığı çekirdek algoritmalarından daha kısa mesafeler ortaya koyduğunu tespit etmişlerdir. Ancak söz konusu algoritmanın çalıştırılması oldukça uzun sürmektedir. Hwang ve diğerleri (2006) tarafından yapılan çalışmada, depolardaki sipariş toplama problemine iki aşamalı ve yeni bir çözüm önerisi ortaya atılmışlardır. Çalışmanın ilk aşamasında belirli bir periyotta talep edilen ürünlerin ve diğer bazı kısıtların değişken olarak alındığı yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir. İkinci aşamada ise depo tasarımı ile ilgili değişkenlerin de hesaba katıldığı ek bir çalışma ortaya atılmıştır. Roodbergen ve De Koster (2009), sipariş toplama problemiyle ilgili bir literatür araştırması yapmışlardır. Araştırmacılar, parçalardan toplayıcıya yöntemiyle çalışan depolara yönelik yaptıkları bu çalışmada ürün yerleşimi, sipariş toplama, otomatik ürün gezinti sistemleri ve bu sistemlerin gezinme mesafelerinin tahmin edilmesine yönelik çözüm önerilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada probleme yönelik yapılan çalışmalar bir bütün olarak incelenerek listelenmiştir. Henn ve Wäscher (2012) ise çalışmalarında tabu arama metodu kullanarak meta sezgisel gruplama yöntemleri önerisinde bulunmuşlardır. Çeşitli büyüklükte siparişlerle çalışan araştırmacılar, tasarladıkları yöntemi mevcut bazı algoritmalar ile geliştirmiş ve başka yöntemlerle karşılaştırmışlardır. Araştırmacıların ortaya attığı yöntemin karşılaştırılan yöntemlere göre toplam seyahat mesafesini azalttığı ve algoritmanın daha kısa sürede çalıştığı ortaya konmuştur. Tuna ve Tunçel (2012), mal kabul ve ürün yerleştirme süreçlerine yönelik araştırmasında ortaya atılan sistemlerde daha çok, otomasyona dayalı sistemleri göz önünde bulundurmuş, genel olarak parçadan toplayıcıya giden depolara dikkat çekmişlerdir. Toplayıcıdan parçaya yöntemine göre çalışan ve otomasyon sistemlerinin daha az etkin olduğu depolarda

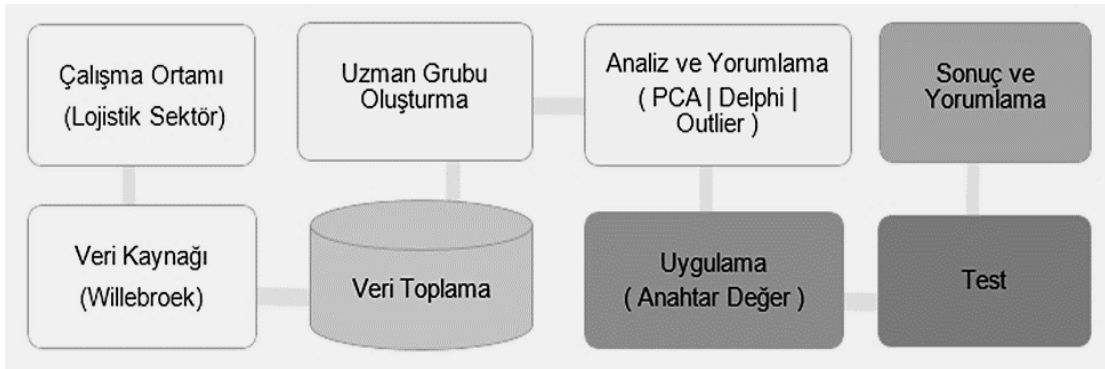
ise çoğunlukla rastgele yerleştirme metodu tercih edilmiştir. Özçakar ve diğerleri (2012) çalışmalarında toplayıcının seyahat süresini azaltmak amacıyla gruba dayalı genetik algoritma modelini açıklamışlar, bu modeli klasik bir gruplama ve rotalama metodu olan Clarke-Wright sezgiseli ile karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar önerdikleri algoritmanın, test edilen bütün veri setleri için Clarke-Wright sezgisel algoritmadan daha iyi sonuçlar ortaya koyduğunu belirtmişlerdir. Şahin ve Kulak (2013) çalışmalarında sipariş toplama hazırlıkları ve toplama aracının rotalandırılması ile ilgili algoritmalarla ilgili araştırmalar yapmışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında genetik algoritma tabanlı iki yeni varyasyon önermişlerdir. En yakın komşu ve kazanç isimli iki yeni genetik algoritma tabanlı yeni yöntem öneren araştırmacılar; farklı sipariş sayıları, ağırlık ve yerleşim koşullarında deneysel problemler oluşturmuşlar ve önerdikleri algoritmayı test etmişlerdir. Baray ve Çakmak (2014) ise çalışmalarında birden çok katlı, z ekseni depolar için parçacık sürü optimizasyon algoritması tabanlı bir tasarım metodolojisi önermişlerdir. Araştırmacılar, söz konusu çalışmalarında parçacıkları, kullandıkları algoritma vasıtasıyla kabul edilebilir çözüm uzayı içinde tutmaya çalışmışlardır.

Endüstri 4.0 ve güncel teknolojilerin kullanımına dair çalışmalar, Leung ve diğerleri (2020) ile Tappia ve diğerleri (2019), makine ve bilgisayar sistemleri kullanımıyla sipariş toplama sürecinin otomatikleştirmesi ve etkinliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar yürütmüşlerdir. Çalışmalarda kullanılan otomasyon çözümlerinin; sürecin verimlilik ve performansına önemli katkılar sunmakla birlikte esneklik sorunları nedeniyle sürecin tamamen makinelere bırakılmaması gerektiğine dair görüşler sunmuşlardır. Winkelhaus ve diğerleri (2021), insan faktörünün yanı sıra destekleyici yeni teknolojilerin yüksek düzeyde kullanıldığı bir sipariş toplama yöntemi olan ve 4.0 adı verilen kavramsal bir çerçeveyi literatüre sunmuşlardır. Dinç ve Korkmaz (2021) lojistik sektöründe büyük verinin kullanımı üzerine yaptıkları araştırmada, büyük verinin sunduğu birçok katkı yanında operasyon süreç verimliliğini artırdığını belirtmişlerdir. Füchtenhans ve diğerleri (2021) üretim ve lojistik gibi endüstriyel ortamlarda akıllı aydınlatma sistemlerinin kullanımını ele alan bir literatür taraması yapmışlardır. Çalışmada akıllı aydınlatma sistemlerinin sipariş toplama operasyonunda sağladığı verimlilik potansiyeli tartışılmıştır.

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında ABC analizi ve sezgisel algoritmaların yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Önerilen çözüm yöntemi bilinen diğer yöntem ve uygulamalarla karşılaştırıldığında statik sınıf sayısı yerine dinamik sınıf sayısına dayalı özgün bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çalışmanın mevcut çalışmalarla karşılaştırılması, bulgular ve tartışmalar bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Gerçek depo verileri ve uzman görüşlerine dayalı olarak geliştirilen bu yöntem, özgün ve yenilikçi yönüyle literatüre eşsiz bir katkı sunmaktadır.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Depo yönetiminde en fazla maliyeti oluşturan sipariş toplama sürecinin etkinlik ve verimliliğini artırmaya dönük çeşitli yöntemler vardır. Ancak her deponun fiziki şartları ve kullanım özelinde bunları kullanmanın bazı zorluk ve yetersizlikleri söz konusudur. Depo dolaşım yolunun azaltılması, deponun etkinliğini ve verimliliğini artırmada çözülmesi gereken bir problemidir. Bu sorunun çözümüne yönelik çalışmada, deponun fiziksel özelliklerini, veri ve alan uzman görüşlerini, güncel teknoloji, çözüm ve yaklaşımları dikkate alan yeni bir çalışmaya ihtiyaç duyulmuştur. Bu çalışma, depo sirkülasyon rotasını ve süresini azaltmak; böylece deponun daha etkin ve verimli kullanılmasını sağlamak amacıyla uluslararası faaliyet gösteren büyük ölçekli bir lojistik firmanın dolaşım hızı yüksek bir tesisinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya ait ana süreç adımları Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Çalışma süreci adımları

Devir hızı yüksek uluslararası lojistik firmanın seçilen deposundan elde edilen ham veriler; oluşturulan uzman ekiplerle birlikte ön inceleme, analiz ve yorumlama aşamaları sonucunda belirlenen anahtar

alanların belirlenmesi, bölgesel gruplara ayrılan sahaya yerleştirmeye yönelik uygulama ve test aşamaları yürütülmüştür. Testler sonucunda elde edilen bulgular yorumlanarak sonuca ulaşılmıştır.

### 3.1. Materyal

Bu çalışma uluslararası bir lojistik firmanın 43 depolama tesisinden biri olan Belçika Willebroek'da bulunan 20.000 m<sup>2</sup> alana sahip depolama tesisinde gerçekleştirilmiştir. Bu depolama tesisine ait bir görüntü Şekil 4'de gösterilmektedir.



Şekil 4. Willebroek depo genel görünümü

Çalışma sahası ve örneklem açısından bu deponun seçilmesinin temel nedeni; deponun uluslararası lojistik firma içerisinde tüketiciye yönelik yüksek devir hızına sahip ürünlerin depolandığı bir yer olmasıdır. Bu devir hızında etkili olan depoya giren kutu sayıları bakımından bu depoda 2021 yılında 505.445 adet kutu girişi gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan sistem ve uygulamalar; Windows 10 Pro 64 bit işletim sistemi, x64 tabanlı Intel(R) Core(TM) i7-6700 CPU @ 3.40 GHz işlemcili, 16.0 GB yüklü belleğe(RAM) sahip olan bir bilgisayar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Uygulama veri ve tabloları MSSQL Server 2019 Standart veri tabanı yönetim sistemi kullanılmıştır. Veri tabanı kayıt işlemleri ve veri analiz sorgularında T-SQL, uygulama geliştirme ve kodlamada Python 3.9.7 64 bit programlama dili, Spyder IDE 5.1.5 editörü, Sklearn, Pandas ve PypOdbc kütüphaneleri kullanılmıştır. Saha test çalışmalarında firmanın kullandığı LDS uygulamasıyla entegrasyon sağlamada Delphi 2007 geliştirme ortamından yararlanılmıştır.

### 3.2. Yöntem

Bu çalışmada depo yönetim süreçleri içerisinde en fazla maliyet kalemini oluşturan sipariş toplama süreçlerinin maliyetlerini azaltmaya yönelik mevcut uygulanan yöntemlere alternatif olabilecek bir çözüm araştırılmıştır. Bu amaca ulaşmada elde edilen ham verilerden yararlanılmıştır.

Ürün depo konumlarının belirlenmesinde öncelikle sınıflandırma tabanlı makine öğrenmesi algoritmalarının kullanılabilirliği araştırılmıştır. Ada-boost yükseltme yöntemi, çok katmanlı algılayıcılar yapay sinir ağı, en yakın komşuluk algoritması, karar ağacı algoritması, Naive Bayes sınıflandırması, rastgele orman algoritması, Ridge sınıflandırma algoritması ve torbalama yöntemi sınıflandırma algoritmaları üzerinde çalışılmıştır. Ancak bu araştırmadan elde edilen başarı oranları saha uzman ekiplerince yeterli bulunmamıştır. Bunun üzerine depo şartlarına da uygun olacak şekilde depo devir hızına dayalı teknikler incelenmiş olup ham verilerin analizinde uzman görüş ve deneyimleri dikkate alınmıştır. Çalışma depoya gelen bir ürünün, geliş anında bu ürün için bir devir hızı anahtar değeri hesaplanması, bu anahtar değerine göre giriş ve çıkış toplama alanı ile yerleştirilecek bölüme olan uzaklığının tespit edilmesine dayanmaktadır. Bu aşamada özel olarak bir mesafe hesaplanmadan mevcut mesafelere göre lokasyon grupları oluşturularak, ürünlerin kendi anahtar değerine göre önceden belirlenen konumuna yerleştirilmesi hedeflenmiştir. Depoda kısa süre duran ürünler toplama alanlarına en yakın bölümlere, uzun süre duran ürünler ise en uzak bölümlere yerleşimi sağlanarak depo yerleştirme ile toplama süre ve mesafelerinin azaltılması hedeflenmiştir. Bu amaçla çalışmada kullanılan veriler üzerinden depoya giren bir kutunun hangi lokasyonlarda ne kadar süre beklediği gözlemlenmeye çalışılmıştır. Yine bu kutuların hangi özelliklerinin kutuların bekleme süreleri üzerinde etkili olduğu incelenmiştir. Kutuların depolardaki bekleme süresinin çalışma açısından önemi, kullanılacak algoritmanın kutuları giriş ve çıkış toplama alanlarına hangi mesafedeki lokasyonlara yerleştireceğine karar vermesi açısından önemlidir. Buradaki temel prensip, depoda daha kısa süre duracak kutuların düzenli olarak daha kısa mesafe kat edilerek ulaşılabilecek lokasyonlara yerleştirilmesi, uzun süre saklanacak kutuların ise daha uzun mesafedeki lokasyonlara



yerleştirilmesini sağlamaktır. Modelin belirlenmesinde Delphi metodu kullanılmıştır (Ameyaw ve diğerleri, 2016; Zарtha Sossa ve diğerleri, 2019; Lund, 2020). Bu yöntemde yapılmak istenen; geleceğe yönelik tahmin yapmak, bunun için uzmanlardan yararlanmak ve bir uzlaşma veya karara varmaktır (Günerkan ve diğerleri, 2022). Bu çalışmada depo yönetiminde çözüm için ana girdiler uzman çalışanlarla değerlendirilerek belirlenmiştir. Ana girdiler üzerinden birçok ön işlem gerçekleştirilerek, çözüm modeli oluşturulmuştur. Önerilen çözüm modelinin ilk test sonuçları üzerinden yapılan ek değerlendirmeler sonucunda model olgunlaştırılarak nihai haline ulaşılmıştır.

### 3.2.1. Veri Kaynağı

Ürünler depolarda kendi başlarına değil, bir kutu içinde, kendi türünden belirli bir sayıda ürünle birlikte hareket etmektedir. Bu nedenle ürün adetleri, iş yükü ve depo fiziki şartlarından ziyade kutu miktarı depo devir hızında daha etkilidir. Veri kaynağı olarak, çalışma amaç ve hedeflerine uygun olarak seçilen Willebroek deposunda yer alan ham veriler kullanılmıştır.

### 3.2.2. Veri Toplama

Aralık 2018-Mart 2022 tarihleri arasında gerçekleşen devir hızında etkili olan toplam 1.239.545 adet kutu giriş kaydı kullanılmıştır. Bu kayıtlar öncelikle hassas veri içermeyecek ve çalışmaya olumsuz etkilemeyecek şekilde gerçek ortama benzer bir test veri tabanı (MSSQL) üzerine aktarılmıştır. Çalışma, toplanan bu test verileri üzerinden yürütülmüştür.

### 3.2.3. Uzman Grubu Oluşturma

Çalışma lojistik sektöre ait uzmanlık gerektiren bir alan olup kullanılan çok sayıda veri alanlarının varlığı, her deponun kendisine has sistem ve çalışma yöntemlerinin olması gibi birçok nedenden dolayı saha uzman ekiplerinin desteğine ihtiyaç duyulmuştur. Veri analiz ve yorumlama çalışmalarında Delphi tekniğinin kullanımına karar verilmiştir. Bu tekniğin temel prensiplerine uygun olarak, Willebroek depo tesislerindeki 2 adet süreç geliştirme uzmanı, 1 adet tesis yöneticisi, 1 adet operasyon yöneticisi ve 3 adet vardiya amirinden oluşan "uzman grubu" adında bir çalışma ekibi oluşturulmuştur. Çalışmanın devamında ham verilerin yorumlanması, yorumlanmış verinin gruplanması ve filtrelenmesi gibi çalışmalar esnasında ihtiyaç duyulan veri alanları başta olmak üzere çalışma kapsamına giren her konuda bir takım sorular yönlendirmiş ve yanıtlar isimsiz olarak toplanmıştır. Bu amaçla birinci, ikinci ve üçüncü Delphi anketleri uygulanmıştır. Her bir anket sonucunda kontrollü geri beslemeler yapılmıştır. Kontrollü geri besleme ise grup tepkisinin istatistiksel analizine dayanılarak ortaya konulmuştur.

### 3.2.4. Analiz ve Yorumlama

Toplanan verilerin analiz ve yorumlanma aşamasında saha uzman ekipleriyle birlikte ham veri alanlarının incelenmiş ve çalışma amacına hizmet etmeyen, çalışma üzerinde herhangi bir etkisi tespit edilemeyen ilgisiz tablo alanları belirlenerek ayıklanmıştır. Ardından veri inceleme, yorumlama, filtreleme ve gruplandırma aşamaları yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan ham verilerin bulunduğu tablonun incelenmesi sonucunda elde edilen kayıtlara ait 144 adet özellik (tablo alanı) tespit edilmiştir.

LDS(Lojistik Depo Sistemi) yazılımının kendi altyapısı gereği ihtiyaç duyulan ancak çalışmada ihtiyaç duyulmayacağı anlaşılan *StokHareketDetayId*, *StokHareketId*, *SirketId*, *InsUserId*, *InsTime*, *Bildirildi*, *BildirilmeZamani*, *TesisId* alanları yorumlanmış veri setinden çıkarılmıştır. Yine mükerrer kullanılan alanlardan öncelikli kullanılması gereken alanlar hariç diğer alanlar yorumlanmış veri setinden çıkartılmıştır. Veriler değerlendirilirken Willebroek tesislerinin özel durumu dikkate alınarak buradaki lojistik operasyonlarda kullanılmamış, sürekli boş veya tekrar eden değere sahip alanlar çalışma veri setinden çıkarılmıştır. Yine incelemeler sırasında bazı alanların, ürün veya kutunun ilk depoya girişiyle ilgili olmadığı, depo içindeki operasyonlar sırasında belirlendiği görülmüştür. Bu alanlarda yer alan verilerin depoda devam eden operasyon için gerekli olan ancak kutunun ilk girişinde belirlenmesine herhangi bir etkisi olmayan alanlar olduğu değerlendirilmiştir. Bu nedenle ürün yerleşiminden sonra oluşan bu veri alanları yorumlanmış veri setinden çıkartılmıştır.

Veri seti PCA analizine sokulmuştur. Python programlama dili içinde bulunan Sklearn isimli kütüphanenin hazır kodları kullanılmıştır. Toplam 1.239.545 kayıttan oluşan çalışma ham veri setinde bazı alanlar çalışma dışında bırakılmıştır. *AileGrupKodu* alanı ham veri seti içerisinde sadece 8.456 kayıta dolu olduğu yani tüm veri içerisinde %0,6 gibi dikkate alınmayacak ölçekte düşük bir oranda elde edilmiştir. Bu yüzden bu veri çalışma veri setinden çıkartılmıştır. Benzer şekilde *BlokeAciklama* alanının ise tüm kayıtlar içerisinde sadece 17.067 kayıta dolu olduğu görülmüştür. %1,2 oranı gibi düşük oranda elde edilen bu veri de çalışma kapsamından çıkartılmıştır. Uzman grubuyla yapılan tüm inceleme ve değerlendirmeler neticesinde ham veri tablosunda yer alan 144 alandan 124 alanın elenmesine karar verilmiştir. Değerlendirme sonucunda geriye kalan 20 alan üzerinde ise detay saha analizleri yürütülmüştür. Çalışmanın bundan sonraki aşamalarında kullanılan alanlar; *KutulId*, *StatulD*, *UrunKodu*, *AmbarId*, *Tipi*,



*IslemTarihi, Marka, UrunGrubu, ModelKodu, TipDeger, TakipNotu, Lot, SonKullanmaTarihi, Firmald, StokGirisTarihi, KutuFirmald, KutuTipId, KutuTipGrup, CikisTarihi ve IrsaliyeTarihi* alanlarıdır. Bu alanlar üzerinde yapılan detay analizler sonucunda *Kutuld, UrunKodu, AmbarId, Tipi, Marka, UrunGrubu, ModelKodu, TipDeger, SonKullanmaTarihi, Firmald, StokGirisTarihi, KutuTipId, CikisTarihi* alanlarının yorumlanmış veri seti üzerinde kullanılmasına karar verilmiştir. Alanlardan *StokGirisTarihi* ve *CikisTarihi* ayrı ayrı kullanılmamış, iki tarih arasındaki gün farkı hesaplanarak *Gun* isminde oluşturulan yeni tablo alanı üzerinde tutulmuştur. Bu tabloda yer alan örnek veri kayıtlarına ait rastgele seçilen 10 adet örnek veri Şekil 5'de gösterilmektedir.

Kutuld	UrunKodu	AmbarId	Tipi	Marka	UrunGrubu	ModelKodu	TipDeger	SonKullanmaTarihi	Firmald	KutuTipId	Gun
14114670	81690819	518	PUTAWAY	Head & Shoulders	Hair Care	81690819	Good	2022-05-02 00:00:00.000	111347	110	16
14114716	81690819	518	PUTAWAY	Head & Shoulders	Hair Care	81690819	Good	2022-05-02 00:00:00.000	111347	110	9
14118094	81690819	518	PUTAWAY	Head & Shoulders	Hair Care	81690819	Good	2022-05-02 00:00:00.000	111347	110	8
14119213	81690682	518	PUTAWAY	Head & Shoulders	Hair Care	81690682	Good	2022-05-01 00:00:00.000	111347	110	11
14118093	81690819	518	PUTAWAY	Head & Shoulders	Hair Care	81690819	Good	2022-05-02 00:00:00.000	111347	110	8
14114719	81702279	518	PUTAWAY	Herbal Essences	Hair Care	81702279	Good	2022-05-01 00:00:00.000	111347	60	25
14114669	81690819	518	PUTAWAY	Head & Shoulders	Hair Care	81690819	Good	2022-05-02 00:00:00.000	111347	110	16
14151752	81688828	518	PUTAWAY	Head & Shoulders	Hair Care	81688828	Good	2022-04-23 00:00:00.000	111347	44	31
14077864	81690703	518	PUTAWAY	Head & Shoulders	Hair Care	81690703	Good	2022-04-29 00:00:00.000	111347	110	22
14151777	81710197	518	PUTAWAY	Head & Shoulders	Hair Care	81710197	Good	2022-05-05 00:00:00.000	111347	60	2

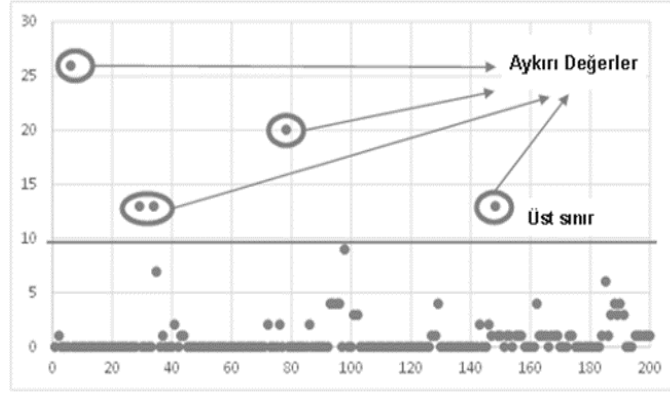
Şekil 5. Yorumlanmış veri seti örneği

Ürüne göre gruplu veriler üzerinden yapılan çalışmada *Kutuld*'sine ait alana ihtiyaç duyulmamıştır. 1.202.898 adet kutuya ait veriden oluşan *YorumlanmisVeriSeti* tablosu yerine ürün gruplandırmasına göre oluşturulan *UrunGoreGrupluVeriSeti* tablosu kullanılmıştır. KutuID'si kullanılmadan ürün bazlı gruplandırma sonucunda çalışılacak kayıt sayısı 32.348'e indirgenmiştir. Bu yeni tablo aynı zamanda yorumlanmış veri seti üzerindeki standart sapma dışındaki kalan kayıtların temizlenmesi için kullanılmıştır. Bu tabloda her gelen ürüne ait *SonKullanmaTarihi* alanı yerine ürünlerin depoda kaldığı gün sayısı *Gun* alanına işlenmiştir. Bu veri grubuna giren kayıt sayısı *KayıtSayisi* alanında saklanmıştır. Hesaplamalarda kullanılmak için *Gun* alanının varyans değeri (*Varyans*) ve standart sapma değeri (*StSapma*) alan isimlerinde yeni tabloya eklenmiştir. *EnFazlaGun Sayisi* alanında *Gun* değerleri içindeki en büyük değer, *EnAzGunSayisi* alanında ise *Gun* değerleri içindeki en küçük değerdir. Bu tabloya ait veri alanları ve rastgele seçilen örnek kayıtlar Şekil 6'da gösterilmektedir.

UrunKodu	AmbarId	Tipi	Marka	UrunGrubu	ModelKodu	TipDeger	Firmald	KutuTipId	Gun	KayıtSayisi	Varyans	StSapma	EnFazlaGunSayisi	EnAzGunSayisi
64703700	518	SHUTTLE	Oral-B Power	Oral Care	64703700	Good	99679	44	3	3	6.333333333	2.516611478	6	1
64703700	518	XDOCK	Oral-B Power	Oral Care	64703700	Good	99679	45	0	27	0	0	0	0
64711702	518	SHUTTLE	Oral-B Power	Oral Care	64711702	Good	99680	44	1	4	4	2	4	0
64711704	518	PUTAWAY	Oral-B Power	Oral Care	64711704	Good	99790	44	0	1	NULL	NULL	0	0
75040812	518	SHUTTLE	Oral-B Manual	Oral Care	75040812	Good	99680	44	173	4	1931.3333333	43.9469377	222	121
75040813	518	SHUTTLE	Oral-B Manual	Oral Care	75040813	Good	99680	44	11	6	340	18.43908891	45	0
75072614	518	SHUTTLE	Perma Sharp	Shave Care	75072614	Good	99679	44	34	36	1407.914286	37.52218391	119	4
75072614	518	SHUTTLE	Perma Sharp	Shave Care	75072614	Good	99681	45	104	8	10374.21429	101.8538869	329	19
75072614	518	XDOCK	Perma Sharp	Shave Care	75072614	Good	99679	44	0	54	0	0	0	0
80217508	518	PUTAWAY	Venus	Shave Care	80217508	Good	111349	44	10	5	7.2	2.683281573	15	9

Şekil 6. Ürüne göre gruplu veri seti örneği

*UrunGoreGrupluVeriSeti* üzerinden verilerin yeniden inceleme ve filtreleme çalışması yürütülmüştür. Gruplanmış her kayıt depoda kaldığı ortalama gün ve gün değerleri için standart sapmalar belirlenmiştir. Standart sapmanın yüksek olduğu ürünlerde aykırı (*outlier*) olabilecek kayıtlar olabileceği sonucuna varılmış ve ham veri bir aykırı değer taramasına tabi tutulmuştur. Bu taramada '*uç değer belirleme yöntemi*' kullanılmıştır. Uç değer bulmak için de *çeyrekler açıklığı metodu* kullanılmıştır. MSSQL sunucusu üzerinde kullanım ve yedekleme gibi işlemlerinde bu çalışmalardan yararlanılmıştır (Barnes, 2021; Şahinaslan ve Şahinaslan, 2022). *UrunGoreGrupluVeriSeti* içindeki her kayıt için alt sınır ve üst sınır bu yöntemle belirlenmiştir. O grupla ilgili *YorumlanmisVeriSeti* içinde, grubun alt ve üst sınırı dışında olan kayıtlar bulunup tablodan silinmiştir. Bu işlemin ardından *YorumlanmisVeriSeti* kayıt sayısı 1.029.856 kayda indirgenmiştir. Örnek olarak 183 sıra numaralı kayıt seçilmiş ve bu kaydın dağılım grafiği üzerinde, bulunan üst sınır ve sınır dışında kalan kayıtları Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Standart dışı kayıt örneğinin grafik gösterimi

Filtrelenmiş verilerin yeniden gruplandırılmasında veriler ürünlere göre filtrelenip, kutu ve üründen bağımsız yeniden gruplanarak '*GenelGrupluVeriSeti*' isimli yeni bir tablo üzerine aktarılmıştır. Kutu ve ürüne özel bir bilgiye ihtiyaç duyulmadığı durumda daha az kayıt arasından hızlı seçim yapabilmek için tercih edilmiştir. Bu amaçla *Kutuld*, *UrunKodu*, *ModelKodu*, *SonKullanmaTarihi* alanları çıkarılmıştır. *AmbarId*, *Tipi*, *Marka*, *UrunGrubu*, *TipDeğer*, *FirmalId* ve *KutuTipId* alanlarına göre gruplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılmak için *Gun* alanının varyans değeri (*Varyans*) ve standart sapma değeri (*StSapma*) tabloya eklenmiştir. *Gun* değerleri içindeki en büyük değer *EnFazlaGunSayisi* alan, en küçük değer *EnAzGunSayisi* alanına işlenmiştir. '*GenelGrupluVeriSeti*' tablo alanları ve örnek veri seti Şekil 8'de gösterilmektedir.

AmbarId	Tipi	Marka	UrunGrubu	TipDeğer	FirmalId	KutuTipId	Gun	KayıtSayisi	Varyans	StSapma	EnFazlaGunSayisi	EnAzGunSayisi
518	NULL	NULL	NULL	Good	NULL	109	336	15	21770.38095	147.5478938	422	48
518	NULL	Always	Feminine Care	Damaged	NULL	44	36	4	130.9166667	11.44188213	51	23
518	NULL	Ambi Pur	Home Care	Good	NULL	44	5	4	57.58333333	7.588368292	16	0
518	NULL	Ambi Pur	Home Care	Good	NULL	60	23	36	1913.806349	43.74707246	161	0
518	NULL	Antikal	Home Care	Good	NULL	44	31	14	2107.67033	45.90937083	162	1
518	NULL	Antikal	Home Care	Good	NULL	60	7	6	58.8	7.668115805	14	0
518	NULL	Ariel	Fabric Care	Good	NULL	NULL	0	7	0	0	0	0
518	NULL	Ariel	Fabric Care	Good	NULL	44	18	264	981.3798681	31.32698307	269	0
518	NULL	Ariel	Fabric Care	Good	NULL	60	23	99	907.0983302	30.11807315	108	0
518	NULL	Ariel Professional	Fabric Care	Damaged	NULL	3	0	2	0	0	0	0
518	NULL	Ariel Professional	Fabric Care	Good	NULL	NULL	0	2	0	0	0	0

Şekil 8. Genel gruplu veri seti tablo kayıt örneği

Veri analizi sonucunda genel gruplu veri seti tablosunda 2.574 kayıt oluşmuştur. Bu kayıtlar çalışmamız yanında lojistik depo yönetimi ve iş zekâsı vb. uygulamalarda hızlı sorgu ve işlemler yapabilmek amacıyla hazırlanmıştır. Verilerin filtrelenmiş olması nedeniyle, ortalamalar ve standart sapmalar ilk gruplandırmaya göre daha standart hale getirilmiş durumdadır.

### 3.2.5. Uygulama

Uygulama safhasında anahtar değerlerinin belirlenmesi ve sıralanması, saha lokasyonlarının bölgesel gruplara ayrılması, grup belirleme fonksiyonunun geliştirilmesi ve üretilen uygulama çözümünün kullanıma alınması aşamalarından oluşmaktadır. Bu çözüm önerisinde, depoya gelen her bir ürün için ürünün geliş anında o ürüne ait bir devir hızı anahtar değeri hesaplanmıştır. Elde edilen anahtar değerine göre o ürünün giriş ve çıkış toplanma alanına göre yerleştirileceği konuma uzaklığı, hesaplanmış anahtar değeri üzerinden tespit edilmiştir. Bu esnada özel olarak bir mesafe hesaplaması yapılmamaktadır. Mesafelere göre önceden belirlenen lokasyon gruplarından birine gelen ürünün kendi anahtar değerine göre en uygun konuma yerleştirilmesi sağlanmıştır. Böylece depoda kısa süre duran ürünlerin toplama alanlarına en yakın, uzun süre duran ürünlerin ise en uzak konuma yerleşimi gerçekleştirilmektedir.

Ürün veri seti grubundaki her bir veri için devir hızı anahtar değerine karşılık gelen sayısal bir değer hesaplanmıştır. Bu değer hesaplanmasında; ürün grubunun depoda kaldığı ortalama gün sayısı ile aynı ürün grubunun standart sapma değerinin karşılaştırılması sonucuna göre gün sayısı standart sapmanın altında ise anahtar değeri olarak gün sayısı kullanılmıştır. Diğer durumda en az gün değeri ve en yüksek gün değerinin ortalama farkına bakılmıştır. En büyük değer, ortalamaya daha uzaksa anahtar değeri için gün sayısına 1 eklenmiş, en düşük değer ortalamaya daha uzaksa gün sayısından 1 çıkarılarak anahtar değeri elde edilmiştir. Bu sayede, standart sapması yüksek kayıtlarda, bir aşağı veya bir yukarı kayılarak beklentinin aşağı veya yukarı yönü belirlenmiştir. Anahtar değeri hesaplama yöntemi Şekil 9'da gösterilmiştir.

Başla

OG := Ortalama gün değerini,

SS := Standart sapma değeri,

Max:=Depoda en fazla kalma süresi, Min:= Depoda en az kalma süresi

If (OG &gt; SS) Then Anahtar := OG;

Else if ( (Max-OG) &gt; (OG-Min) ) Then Anahtar := OG+1;

Else Anahtar := OG -1;

Bitir

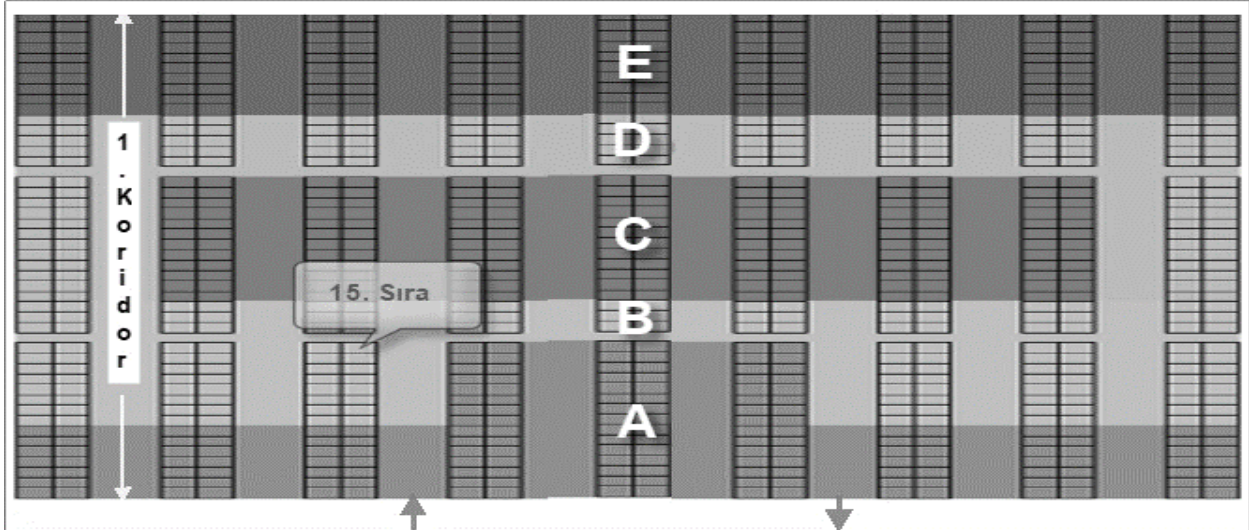
**Şekil 9. Anahtar değeri hesaplama algoritması**

Veri analiz aşamasında ham veri çözümlenmiş, yorumlanmış, gruplanmış, standart sapmalara göre filtrelenmiş ve filtrelenmiş haliyle tekrar gruplanmıştı. Bu aşamada genel gruplu veri seti tablosunda kayıtlı 2.574 adet kayıtlın her biri için ortalama gün sayıları üzerinden açıklanan yöntemle anahtar değerleri hesaplanarak Uygulama Tablosu veri seti oluşturulmuştur. Anahtar hesaplamasında rol alan veri alanları ve rastgele seçilen veri örnekleri Şekil 10'da gösterilmektedir.

Tipi	Marka	UrunGrubu	TipDeğer	FirmaId	KutuTipId	Gun	KayıtSayisi	Varyans	StSapma	EnFazlaGunSayisi	EnAzGunSayisi	Anahtar
PUTAWAY	Dash	Fabric Care	Good	99790	44	0	107	0.085522835	0.292442876	1	0	0
PUTAWAY	Always	Feminine Care	Good	99790	45	1	46	21.50917874	4.637798912	23	0	2
PUTAWAY	Blue II	Shave Care	Good	99790	44	5	5	145.8	12.07476708	27	0	6
SHUTTLE	Oral-B Power	Oral Care	Good	99680	44	6	1275	861.5379075	29.35196599	551	0	7
SHUTTLE	Simply Venus 2	Shave Care	Good	99680	45	51	72	476.7386541	21.83434575	95	0	51
PUTAWAY	Tampax	Feminine Care	Good	114797	45	11	38	48.71123755	6.979343633	29	0	11
SHUTTLE	Pantene	Hair Care	Good	99679	44	14	609	1844.775803	42.95085334	473	0	15
SHUTTLE	Fusion	Shave Care	Good	99680	108	17	18	405.9477124	20.14814414	64	0	18
SHUTTLE	Head & Shoulders	Hair Care	Good	99680	108	18	89	404.9096016	20.12236571	82	0	19
PUTAWAY	Always	Feminine Care	Good	99679	44	292	2	61250	247.4873734	467	117	292
PUTAWAY	Crest	Oral Care	Good	111669	44	390	37	40217.00751	200.5417849	582	88	390

**Şekil 10. Uygulama tablosu kayıt örneği**

Lokasyon gruplarının belirlenmesi aşamasında yapılan çalışmalar şu şekildedir. Çalışmaların yürütüldüğü Willebroek tesisleri konumlandırma mimarisi bakımından, 9 koridor ve her bir koridorda 5 katlı çift sıralı 45 ayrı raf yer almaktadır. Bu, toplamda 4.050 ayrı lokasyon adresine denk gelmektedir. Yapılan çalışmada her biri yaklaşık 810 adet lokasyondan oluşan toplam 5 adet bölge belirlenmiştir. Bu bölgelerin toplama alanlarına uzaklığı A, B, C, D ve E bölgeleri olarak isimlendirilmiştir. Depo yerleşim planı ve oluşturulan statik bölgeler Şekil 11'de gösterilmektedir

**Şekil 11. Willebroek depolama alanı için oluşturulan bölgeler**

Willebroek depo tesisleri uzman ekiplerle birlikte çözüm yaklaşımına uygun olacak şekilde lokasyon planlaması yapılmıştır. Oluşturulan yeni yapıda; A, B, D ve E bölgeleri devir hızlarına göre atama yapmak ve toplayıcı dolaşım mesafesini azaltmak amacıyla adreslenmiştir. C bölgesi ise ortama uzaklıktaki bir bölge olup geliştirilen program tarafından bölge tahmini yapılamayan ürünler için ayrılmıştır. Depo bölge ve adresleri lojistik destek sistem(LDS) programı üzerinde tanımlanmıştır. Bu kayıtlara ait örnek ekran görüntüsü Şekil 12'de yer almaktadır.

Lokas...	LokasyonKodu	Cycle Count ...	Ambar	DepoKodu	K...	S...	K...	Bloklanms	Lokasyon Tipi	Tanımlı Ürün...	Açıklama
1293433	001015003		MAIN SLOC	U1	001	015	003		Good	A	
1293434	001015004		MAIN SLOC	U1	001	015	004		Good	A	
1293435	001015005		MAIN SLOC	U1	001	015	005		Good	A	
1293446	001018001		MAIN SLOC	U1	001	018	001		Good	B	
1293447	001018002		MAIN SLOC	U1	001	018	002		Good	B	
1293448	001018003		MAIN SLOC	U1	001	018	003		Good	B	
1293449	001018004		MAIN SLOC	U1	001	018	004		Good	B	
1293450	001018005		MAIN SLOC	U1	001	018	005		Good	B	
1293451	001019001		MAIN SLOC	U1	001	019	001		Good	C	
1293456	001020001		MAIN SLOC	U1	001	020	001		Good	C	
1293457	001020002		MAIN SLOC	U1	001	020	002		Good	C	
1293458	001020003		MAIN SLOC	U1	001	020	003		Good	C	

Şekil 12. Willebroek depo bölge grup tanım örneği

Depo bölgeleri uygulamada A,B,C,D ve E olarak statik tanımlanmıştır. A,B,D,E bölümleri hesaplamalar sonucunda, C bölümü ise uygulamada herhangi bir konuma yerleşemeyen kayıtlara tahsis edilmiştir. Bu işlemlere ait uygulama sözdizimi örneği Şekil 13'te gösterilmektedir.

```

alter table UygulamaTablosu drop column BolgeGrup;

alter table UygulamaTablosu add KumulatifKayitSayisi int;

update U1
set KumulatifKayitSayisi = (select sum(KayitSayisi) from UygulamaTablosu U2 where U2.SiraNo <= U1.SiraNo)
from UygulamaTablosu U1;

alter table UygulamaTablosu add BolgeGrup varchar(1);

update U1
set BolgeGrup =
case
when KumulatifKayitSayisi < ((select sum(KayitSayisi) from UygulamaTablosu U2) / 4) * 1 then 'A'
when KumulatifKayitSayisi < ((select sum(KayitSayisi) from UygulamaTablosu U2) / 4) * 2 then 'B'
when KumulatifKayitSayisi < ((select sum(KayitSayisi) from UygulamaTablosu U2) / 4) * 3 then 'D'
else 'E' end
from UygulamaTablosu U1;

Select U.BolgeGrup, Min=min(Anahtar), Max=max(Anahtar), Sayi=count(*) into #AnahtarTablosu
from UygulamaTablosu U group by U.BolgeGrup order by U.BolgeGrup;

update U1 set BolgeGrup = A.BolgeGrup from UygulamaTablosu U1
outer apply (select * from #AnahtarTablosu A where U1.Anahtar > A.Min and U1.Anahtar <= A.Max) A
where A.BolgeGrup is not null;

drop table #AnahtarTablosu;

```

Şekil 13. Bölgesel gruplandırma sözdizimi örneği

'Bölge Grup Bulma Fonksiyonu' hesaplama sonucunda ürüne ait grup bilgisi döndürülmektedir. Hesaplama yapılamayan durumlarda grup bilgisi olarak 'C' ataması gerçekleştirilmektedir. Bölge gruplandırma esnasında C grubu ataması yapılmamasının sebebi bu grubun yapılan hesaplamalar sonucunda tam olarak grubu belirlenemeyen ürünler için tahsis edilmesi nedeniyle. Ayrıca aynı değere sahip kayıtların farklı bölgelerde sınıflandırılma yapılmaması için son olarak geçici bir 'Anahtar Tablo' oluşturulmuştur. Bu tablodan elde edilen en yüksek ve en düşük değerlere göre kayıtlar yeniden güncellenmiştir.

### 3.2.6. Test

Ürün bölge grup belirleme fonksiyonu depo girişi yapılan tüm ürünler üzerinde test edilmiştir. Bu testlere ilişkin örnek bir test kaydı şu şekildedir. Fonksiyon giriş parametrelerine verilen değerler; *AmbarId*: 518, *Tipi*: SHUTTLE, *Marka*: Pantene, *UrunGrubu*: Hair Care, *TipDeğer*: Good, *FirmalId*: 99.679, *KutuTipId*: 44 olarak atandığında fonksiyon veri seti sorgulama sonucunda 1.286 numaralı kayda ait verileri dönmüştür. Örnek sorguya ait SQL cümlesi, sorguda kullanılan fonksiyonun ürettiği bölge konum bilgisi Şekil 14'te gösterilmektedir.

```
select * from dbo.UrunBolgeselGrupBelirle(518, 'SHUTTLE', 'Pantene', 'Hair Care', 'Good', 99679, 44)
```

SıraNo	Gun	KayitSayisi	Varyans	St Sapma	EnFazlaGunSayisi	EnAzGunSayisi	Anahtar	KumulatifKayitSayisi	BolgeGrup
1	1286	14	609	1844.77580265318	42.9508533402211	473	0	15	661447

Şekil 14. Ürün bölge grup belirleme fonksiyonu çalıştırma test örneği

Verilen kıstaslara göre ürünün depoya 609 sıradan giriş yaptığı ve depoda 14 gün beklediği görülmektedir. En hızlı çıkış yapan ürünün aynı gün içerisinde çıktığı, en fazla depoda kalan ürünün ise depoda 473 gün beklediği, hesaplanan anahtar değerinin 15 olduğu ve bu ürünün diğer ürünler arasında en çok devir hızına sahip ve baştan 661.447'inci sıradaki ürün olduğu tespit edilerek 'D' depo bölgesine atanmıştır. Ham veri üzerinden günlük sapmalarının analizinde Şekil 15'te yer alan SQL sorgusu kullanılmıştır.

```
SELECT Grup=abs(DateDiff(DAY, HareketInsTime, CikisTarihi) - F.Gun), Sayi=count(*)
FROM HamVeri H
outer apply (select * from dbo.UrunBolgeselGrupBelirle
(H.AmbarId, H.Tipi, H.Marka, H.UrunGrubu, H.TipDeger, H.FirmaId, H.KutuTipId)
) F
group by abs(DateDiff(DAY, HareketInsTime, CikisTarihi) - F.Gun)
order by abs(DateDiff(DAY, HareketInsTime, CikisTarihi) - F.Gun)
```

Şekil 15. Ham veri günlük analiz sorgusu

Ürünlerin yerleştirmesi gereken gruplar ile çalışmada hazırlanan fonksiyonun ürettiği sonuçların karşılaştırmasında kullanılan SQL sözdizimi örneği Şekil 16'da gösterilmektedir.

```
select U.BolgeGrup, Min=min(Anahtar), Max=max(Anahtar), Sayi=count(*)
into #AnahtarTablosu
from UygulamaTablosu U
group by U.BolgeGrup
order by U.BolgeGrup

SELECT IstenenBolge=A.BolgeGrup, TahminEdilenBolge=F.BolgeGrup, KayitSayisi=count(*)
FROM HamVeri H
outer apply (select * from dbo.UrunBolgeselGrupBelirle
(H.AmbarId, H.Tipi, H.Marka, H.UrunGrubu, H.TipDeger, H.FirmaId, H.KutuTipId)
) F
outer apply (select * from #AnahtarTablosu A
where DateDiff(DAY, HareketInsTime, CikisTarihi) >= A.Min
and DateDiff(DAY, HareketInsTime, CikisTarihi) < A.Max) A
where A.BolgeGrup is not null and F.BolgeGrup is not null
group by A.BolgeGrup, F.BolgeGrup
order by count(*) desc
```

Şekil 16. Depo ürün bölge karşılaştırma test sorgusu

#### 4. BULGU ve TARTIŞMA

Talep toplama işlemi, emek yoğun olduğu ve tekrar gerektirdiği için maliyetli bir süreçtir (Hwang ve diğerleri, 1988; Rana, 1991). Yapılan araştırmalara göre depo maliyetinin %60'ını sipariş toplama işlemleri oluşturmaktadır (Berg ve Zijm, 1999). Sipariş toplayıcıların zamanının %50'den fazlası toplama yerleri ve başlangıç noktası arasında dolaşım ile geçmektedir (Riedel, 2011). Sürecin verimliliğini artırmanın bir yolu bu dolaşım sürelerini azaltacak depo tasarımına gitmektir. Tedarik sürecinin ileri düzeyde bilgi teknolojileriyle desteklenmesi gerekmektedir (Dursun ve Gürsev, 2016). Yapay zekânın lojistik sektöründe kullanımı süreç işleyiş ve dinamiğinde değişim yaşamaktadır (Aylak ve diğerleri, 2021). Akıllı lojistik; şirketlere iş modelleri, operasyon modelleri, iletişim modelleri gibi birçok konuda önemli katkılar sunmaktadır (Karlı ve Tanyaş, 2020). Endüstri 4.0 dönüşümünde öne çıkan teknoloji ve uygulamalarının (Şahinaslan, 2020) gelecekte lojistik süreçlerde de köklü değişikliklere yol açacağı öngörülmektedir.



Sipariş toplama sistemlerinin yaygın hedefi; eldeki iş gücü, makine, sermaye şartlarına göre servis seviyesini en yüksek seviyeye çıkarmaktır (De Koster ve diğerleri, 2007). Diğer taraftan depoda yer alan ürünlerin miktarı iş yükü ve fiziki şartlar yanında depo devir hızını belirleyen ana unsur kutu miktarıdır. Ürünler depoda bir kutu içinde aynı türden belli bir sayıda ürünle birlikte hareket ederler. Sipariş toplamada oldukça maliyetli olan gezinme süresinin kısaltılmasında operasyonel sürecin elden geçirilmesi yanında gezinmede kat edilen mesafenin(adım sayısı) olabildiğince en asgari seviyeye indirilmesi şarttır.

Sipariş toplamanın doğru ve verimli yapılabilmesi ürünlerin depoya doğru yer ve konumda yerleştirilebilmesine bağlıdır. Devir hızının yüksekliği, sipariş toplama süreçlerinde ortaya çıkan mesafe ve zaman problemlerini doğrudan etkiler. Lojistik sektörde büyük veri kullanımı operasyon süreç verimliliğini artırır (Dinç ve Korkmaz, 2021).

Bu çalışmada veri setlerinin toplanması, çeşitlendirilmesi, yorumlanması uygulaması ve test çalışmaları, uluslararası lojistik bir firmanın Belçika Willebroek'da yer alan lojistik deposunda gerçekleştirilmiştir. Aralık 2018-Mart 2022 tarihleri arasında toplam 1.239.545 adet depo giriş kutu kaydı üzerinde çalışılmıştır. Sirkülasyon hızının yüksek oluşu çalışma amaç ve hedefine uygun olarak değerlendirilmiştir.

#### 4.1. Makine Öğrenme Algoritma Sonuçları

Yapay zekâ ve makine öğrenmesi, akıllı sistemlerin inşası ve geliştirilmesinde önemli rollere sahiptir (Şahinaslan ve diğerleri, 2023). Makine öğrenmesi derin öğrenme algoritmaları kullanılarak insan zekâsını taklit eden bir bilgisayar teknolojisidir (Şahinaslan ve diğerleri, 2022).

Bu çalışmada, ürünlerin depo alanlarındaki konumlarının belirlenmesinde makine öğrenme algoritmalarının kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan sınıflandırma yöntemleri sonucunda elde edilen başarımlar Tablo 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1. Makine öğrenme algoritma sonuçları**

<i>Sınıflandırma Yöntemi</i>	<i>Başarımlar Oranı</i>
AdaBoost Yükseltme Yöntemi	0,61
Çok Katmanlı Algılayıcılar Yapay Sinir Ağı	0,55
En Yakın Komşuluk Algoritması	0,58
Karar Ağacı Algoritması	0,64
Naive Bayes Sınıflandırması	0,55
Rastgele Orman Algoritması	0,64
Ridge Sınıflandırma Algoritması	0,54
Torbalama Yöntemi	0,64

Çalışılan ham veriler üzerinden elde edilen başarımlar oranları %54 ile %64 arasında bulunmuştur. Ancak elde edilen bu sonuçlar çalışma hedefine göre "Uzman Grubu" tarafından yeterli bulunmamıştır.

#### 4.2. Uygulama Sonuçları

Ham veriler üzerinden yapılan incelemede ürünlerin depoda kalma gün sayılarına göre gruplandırma yapılmıştır. Bu gruplandırmada 638 adet kayıt elde edilmiştir. Elde edilen ham veri grup ve sayılarına ait bulgu örnekleri şu şekildedir: Gruplandırma veri alanı 'null' olan kayıtlar (36.682), aynı gün (116.605), bir gün (110.015), iki gün (102.162), üç gün (79.097), dört gün (75.993), beş gün (67.354) ve altı gün (57.840). Ham veriden günlük olarak 638 adet grup elde edilmesinin analizi zorlaştırması sebebiyle daha sağlıklı bir analiz yapabilmek için belli kısıtlara göre yeniden bir gruplandırma çalışması yürütülmüştür. Bu yeni gruplandırmada; veri alınamayan kayıtlar için 'tahmin yok', aynı gün devirli kayıtlar için 'tam tahmin', 1-10 günlük, 11-20 günlük, 21-30 günlük ve 30 gün üzeri olmak yeni bir gruplandırma yapılmıştır. Depo devir hızlarına göre elde edilen grup ve sayı dağılımı Tablo 2'de gösterilmektedir.

**Tablo 2. Ham veri depo devir gün grup ve sayıları**

<i>Grup</i>	<i>Sayı</i>	<i>Oran (%)</i>
Tahmin yok	36.682	2,96
Aynı gün	116.605	9,41
01-10 Gün	645.519	52,07
10-20 Gün	205.730	16,60
20-30 Gün	75.780	6,11
30 Günden fazla	159.229	12,85
Toplam	1.239.545	100

Veri seti içerisindeki bölgesel ürün gruplarının anahtar aralıkları elde edildi. Anahtar alanlar kullanılarak ürün depo bölge sınıfları tahmin edilmeye çalışıldı. Şekil 16'da yer alan test sorgusunun çalıştırılması sonucunda elde edilen verilerin dağılımı Tablo 3'de sunulmaktadır. 'Olması Gereken Bölge' sütununda gösterilen bölge kodu anahtar alanlar üzerinden hesaplanan konuma ait bölge bilgisini göstermektedir. 'Tahmin Edilen Bölge' sütunundaki bölge kodu ise aynı ürün için uygulama tarafından ürünün yerleştirilmesi istenen bölgeyi ifade etmektedir.

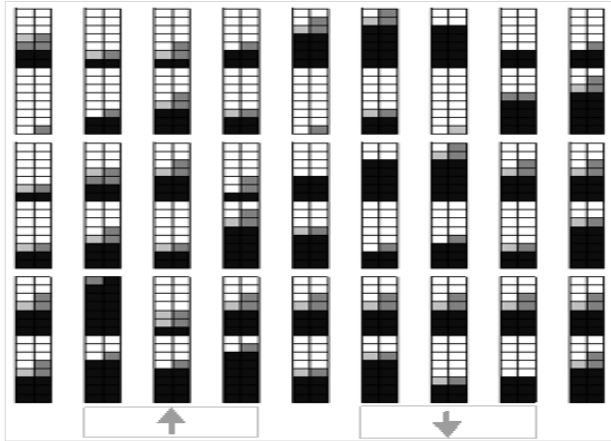
**Tablo 3. Ham veri ve uygulama bölge kayıt sayısı ve oranları**

<i>Olması Gereken Bölge</i>	<i>Tahmin Edilen Bölge</i>	<i>Kayıt Sayısı</i>	<i>Oran(%)</i>
A	A	357.083	32,12
E	E	298.250	26,83
B	B	181.949	16,37
D	D	173.593	15,61
D	B	37.292	3,35
D	E	10.582	0,95
B	A	10.560	0,95
D	A	8.244	0,74
B	D	7.138	0,64
E	A	6.667	0,60
E	D	5.839	0,53
A	B	4.454	0,40
B	E	3.422	0,31
A	D	3.182	0,29
E	B	1.842	0,17
A	E	1.618	0,15
Toplam		1.111.715	100

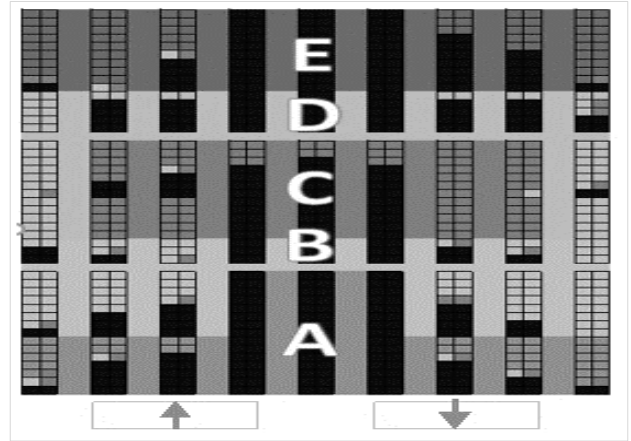
Çalışmada önerilen yöntemin uygulamasında geliştirilen program 1.239.559 adet depo giriş kaydından 1.111.715 adedinde (%89,69) bölge tahmininde bulunabilmiş ve A, B, D, E bölgelerinden birine atama yapmıştır. Kalan 127.844 adet kayıt için ise herhangi bir bölge tahmini yürütülememiştir. Bu yorumlanamayan kayıtlar depo fiziki planlamasına uygun şekilde 'C' bölgesi olarak atanmıştır. Yorumlanabilen 1.111.715 depo giriş veri kaydının 1.010.875 tanesinde (%90,93) yerleşmesi gereken bölge bire bir doğru tahmin edilmiştir. Uygulama depo giriş veri kayıtlarından kalan 100.840 tanesinde (%9,07) ise farklı depo bölge tahmininde bulunmuştur.

#### 4.3. Fiziksel Depolama Alanları Üzerindeki Etkisi

Uygulamanın depo yerleşim alanlarının üzerindeki etkisine ait gözlem sonuçları ve depo doluluk düzeyleri Şekil 17a'da gösterilmektedir. Bir aylık çalışma sonunda uygulamanın bütünüyle devreye alındığındaki depo alanları ve doluluk düzeyleri ise Şekil 17b'de gösterilmektedir.



(a) Ürün tabanlı eski yöntemde göre



(b) Yeni yöntemde göre

**Şekil 17. Willebroek lojistik depo yerleşim düzeni ve doluluk düzeyleri**



Varsayım olarak, ürün tabanlı yerleştirme yönteminde ürün gruplarının benzer şekilde hareket edeceği ve ürün bulmanın nispeten kolay olacağı kabul edilmiştir. Ürün gruplarının her birine özgü sabit yer tahsis ediliyor olması zaman zaman deponun o alanının boş kalmasına neden olabilmektedir. Yeni çalışmada depo A, B, C, D ve E olmak üzere statik beş ayrı bölgeye ayrılarak, ürünler uygulamada belirlenen depo konumlarına yerleştirilmiştir. 30 günlük bir gözlemede tesis içerisindeki lokasyonların ara bölgelerinde oluşan boşluklar azalmıştır. Bu boşluklar zamanla ürünlerin yerleri değişmeye başladıkça, bölgesel olarak birleşmeye ve belirlenen 5 ana bölgenin merkez ön sıralarında toplanmaya başlamıştır. Çalışma öncesinde depo içerisinde gözlemlenen çok sayıdaki küçük küçük boş depo alanlarının sayısının azaldığı gözlemlenmiştir. Depo durumlarına ilişkin elde edilen bulgular Tablo 4'de verilmektedir.

**Tablo 4. Çalışma öncesi ve sonrası depo bilgileri**

<i>Kriter</i>	<i>15.03.2022</i>	<i>15.04.2022</i>
Depo lokasyon sayısı	4.050	4.050
Ürün bulunan lokasyon sayısı	2.190	2.255
Lokasyon doluluk oranı (%)	54,07	55,68
Ürün bulunan lokasyon grup sayısı	54	51
Boşluk grup sayısı	54	33
%5'i boş olan lokasyon grup sayısı	3	5
%95'i dolu olan lokasyon grup sayısı	3	13

Bir aylık çalışma sonunda lokasyon doluluk düzeyi %54,07'den %55,68'e yükselmiştir. Uygulama öncesinde depodaki boşluk grubu sayısı ile ürünlerin bir araya geldiği grup sayısı eşit iken (54), bir ay sonra boşluk grubu sayısı (33), ürünlü grup sayısına göre %35,29 azalmıştır. Bu ürünlerin daha çok bir araya gelmeye başladığının bir göstergesi olarak yorumlanabilir. %95'i dolu olan lokasyon gruplarının, toplam dolu lokasyon gruplarına oranı ise %5,56'dan, %25,49'a yükselmiştir. Bir aylık geçiş döneminde boşluk grup sayısında kendiliğinden oluşan azalma, gelecekte bu atıl alanların daha da azalacağı beklentisini oluşturmaktadır. Tüm bu sonuçlar, depo içinde dağıtık yapıda atıl yerlerin oluşmasının önüne geçildiğine ve depo yönetiminin daha etkin kullanılmaya başlandığına dair işaretler olarak yorumlanabilir. Ayrıca önerilen yöntemde ürünlerin, deponun merkez sayılan konumlarında kümelenme eğilimi depoda ürün yerleştirme ve toplama işlemlerinde geçen dolaşma mesafe ve süresinin düşürülmesine de olumlu katkı sunmaktadır. Uygulanan yeni yöntem test edilen sürede ciddi avantajlar kazandırmıştır.

#### 4.4. Depo Dolaşım Mesafesindeki Değişimler

Önerilen çözümle ürün depo yerleşim yerlerinde yaşanan değişimlerin depo içerisindeki dolaşımda alınan yol uzunluklarına ne tür bir etki oluşturduğuna dair inceleme gerçekleştirildi. Çalışmanın yürütüldüğü bir aylık süre diliminde depoya giriş ve çıkış yapan kayıtlar dikkate alındı. Her bir giriş/çıkış kaydı için her iki yöneme göre konumlandığı bölge ve alınacak yol miktarının hesaplanmasına yönelik benzetim çalışması yürütüldü. Her bir bölgenin depo giriş/çıkış alanına uzaklıklarının belirlenmesinde her bir bölgenin ortalama uzaklıkları dikkate alındı. Depo dolaşım mesafelerine yönelik çalışmada elde edilen bulgular Tablo 5'te gösterilmektedir.

**Tablo 5. Depo içi dolaşım mesafeleri**

<i>Depo Bölgesi</i>	<i>Giriş/çıkış uzaklık (m)</i>	<i>Önceki Yöntemde Kutu Sayısı</i>			<i>Yeni Yöntemde Kutu Sayısı</i>		
		<i>Giriş</i>	<i>Çıkış</i>	<i>Toplam</i>	<i>Giriş</i>	<i>Çıkış</i>	<i>Toplam</i>
A: 1-15.sıra	50	7.815	2.203	10.018	9.901	5.812	15.713
B:16-18.sıra	100	8.554	2.612	11.166	8.941	2.702	11.643
C: 19-30.sıra	150	9.966	3.001	12.967	4.211	1.168	5.379
D: 31-35.sıra	200	6.902	1.990	8.892	9.516	1.982	11.498
E: 36-45.sıra	250	8.656	2.311	10.967	9.324	453	9.777
Toplam		8.449.450	2.375.000	10.824.450	8.586.000	1.358.900	9.944.900

Elde edilen bulgulara göre bir aylık sürede gerçekleşen giriş/çıkış işlemlerinde kat edilen toplam yol mesafelerine bakıldığında önceki yöntem uygulandığında kat edilen toplam yol miktarı yaklaşık 10.824 km iken yeni yöntem uygulandığında kat edilen toplam mesafe 9.944 km'ye düşmektedir. Kısa sürede kat edilen yol miktarı yaklaşık 880 km (879.550 m) kısalarak %8,16'lık bir kazanç elde edilmiştir.

#### 4.5. Diğer Yöntem ve Uygulamalarla Karşılaştırılması

Depo içi adım sayısı ya da dolaşım mesafesinin azalmasının toplam maliyeti düşürmede olumlu katkı sunacağı varsayıldı. Bu amaçla çalışılan deponun yerleşim düzeni ürünlerin depo devir hızları dikkate alarak yeni bir tasarım gerçekleştirildi. Bu çalışma sonucunda depo A, B, C, D ve E olmak üzere beş ayrı bölüme ayrıldı. Depoya gelen her bir ürünün konumlandırılmasında bu çalışmada geliştirilen uygulama tarafından atanan A, B, D, E depo konumlarından birine ürünün yerleştirilmesi sağlandı. Bu zeki sayılan sistem tarafından öğrenilmemiş ya da devir hızına göre o an karar verilemeyen ürünler deponun C bölümüne konumlandırıldı. Bu çalışmada önerilen “yeni yöntem” ciddi avantajlar sunmaktadır. Diğer yöntemlerle olan kıyaslaması Tablo 6’da paylaşılmaktadır.

**Tablo 6. Diğer uygulanan yöntemlerle kıyaslanması**

Yöntem	Veri Graplama	Grup Sayısı	Bölge Graplama	Gruplama Anahtarı	Rota Hesaplama
ABC Analiz Yöntemi	ABC	3	Yok	Sirkülasyon	Yok
Devir Bazlı Yerleştirme	Ürün	Sınırsız	Yok	Sirkülasyon	Yok
Gruba Dayalı Yerleştirme	Yığın	Sınırsız	Yok	Yığın değeri	Yok
Sınıfa Dayalı Yerleştirme	ABC	3	Var	Sirkülasyon	Yok
Sezgisel Belirleme	Rota	Yok	Yok	Yok	Var
Çekirdek Algoritma	Yok	Yok	Yok	Yok	Var
Meta Sezgisel Graplama	Özel	Sınırsız	Yok	Tabu arama	Var
Önerilen Yeni Yöntem	Özel	Sınırsız	Var	Sirkülasyon	Yok

Bu çalışmada önerilen yeni yöntemin uygulamasında depo fiziki planı ve devir hızları dikkate alınarak A, B, C, D ve E olmak üzere beş bölge üzerinde çalışılmıştır. Ancak geliştirilen bu özel yöntem, istendiğinde sınırsız sayıda gruplama yapmaya imkân vermektedir. Karşılaştırılan yöntemler arasında makine öğrenmesi algoritmaları, ABC analizi yöntemi gibi genel yöntemlerle birlikte, bu çalışmanın literatür taramasında geçen; sipariş toplama veya mal yerleştirmeye özelleştirilmiş yöntemler de bulunmaktadır. Bu çalışmada sunulan konumlandırma çözümü ile bilinen belli başlı diğer yöntem ve çalışmaların kıyaslama özeti Tablo 7’de sunulmaktadır.

Önerilen çözüm yöntemi bilinen diğer yöntem ve uygulamalarla karşılaştırıldığında, mevcut çalışmalarda genellikle ABC analizi ve sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır. Ürün konumlandırmada ABC analizi, en verimli rotayı bulmada ise sezgisel yaklaşımlar kullanılmıştır. Önerdiğimiz çözüm iki katmanlı bir mimariye sahip olup, sirkülasyon hızına ve anahtar değer hesaplanmasına dayanmaktadır. Bu yeni yöntemde statik sınıf sayısı yerine dinamik sınıf sayısına dayalı özgün bir yaklaşım ortaya konulmuştur. Dinamik sınıf yaklaşımı sayesinde alan ve süre kazanımı sağlanmıştır.

**Tablo 7. Bilinen çalışmalarla kıyaslaması**

<i>Bilinen yöntem ve çalışmalar</i>	<i>Önerilen yeni konumlandırma çözümü</i>
Caron ve Marchet (1998), devir bazlı yerleştirme yaklaşımını temel alan, yerleşimi S şekilli ve geri dönüş sezgisel rota belirleme ile elde edilen rota mesafelerini karşılaştırmışlardır.	Devir bazı dikkate alınmakla birlikte rota belirlemede farklı bir bölge gruplama mantığı önerilmiştir.
De Koster ve diğerleri (1999), toplayıcıların sipariş hacimlerini dikkate alarak yüksek kapasitelerdeki toplayıcılarda S şekilli yöntem, düşük kapasiteli toplayıcılarda ise en büyük boşluk yönteminde algoritmalarının verimli sonuçlara ulaştığını ifade etmişlerdir.	Çalışmanın yürütüldüğü lojistik sahadaki veriler ve uzman değerlendirmelerine göre sipariş hacmi üzerinde durulmamıştır.
Roodbergen ve De Koster (2001), rastgele yerleştirme yöntemini kullandığı depolarda, çok çeşitli sipariş büyüklüklerinde çapraz geçitlerin sipariş toplama problemi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.	Rastgele ürün yerleştirme yerine yeni bir ürün yerleştirme yaklaşımı önerilmiştir.
Petersen ve diğerleri (2004), sipariş kabulünden sonra hazırlanan toplama listelerinin toplama mesafeleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir.	Geliştirilen yeni çözümde bu çalışmada kullanılan ABC yöntem ve sonuçlarından faydalanılmıştır.
Chen ve Wu (2005), büyük veri tabanlı bazı incelemeler sonucunda sınıflandırma tabanlı bir algoritma önermişlerdir.	Benzer sınıflandırma teknikleri kullanılmasına rağmen anahtar temelli yeni bir algoritma geliştirilmiştir.
Hwang ve Cho (2006), depolardaki sipariş toplama problemi için belirli bir dönemde talep edilen ürün ve kısıtların değişken olarak alındığı yeni bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Ayrıca depo tasarımı ile ilgili değişkenlerin de hesaba katıldığı ek bir çalışma önermişlerdir.	Anahtar değer hesabında bu çalışmada önerilen matematiksel modelden yararlanılmıştır.
Henn ve Wäscher (2012), tabu arama metodu kullanarak meta sezgisel gruplama yöntem önerisinde bulunmuşlardır.	Sezgisel gruplandırma yöntemi kullanılmamıştır.
Özçakar ve diğerleri (2012), toplayıcının seyahat süresini azaltmak için gruba dayalı genetik algoritma modeli ile klasik bir gruplama ve rotalama metodu olan Clarke-Wright sezgiselini karşılaştırmışlardır.	Sezgisel gruplandırma yöntemi tercih edilmemiştir.
Şahin ve Kulak (2013), sipariş toplama rotasında en yakın komşu ve kazanç adında genetik algoritma tabanlı iki yeni varyasyon önermişlerdir. Farklı sipariş sayıları, ağırlık ve yerleşim koşullarında test etmişlerdir.	Sirkülasyon hızına ve anahtar değer hesaplanmasına dayanan iki katmanlı farklı bir çözüm sunulmaktadır.
Baray ve Çakmak (2014), birden çok katlı, z eksenli depolar için parçacık sürü optimizasyonuna dayalı bir tasarım metodolojisi önermişlerdir.	Ürün toplama yerine ürün yerleştirmeyi merkeze alan bir yaklaşım benimsenmiştir.
Dinç ve Kormaz (2021) lojistik sektörde büyük veri kullanımının operasyon süreç verimliliğini artırdığını belirtmişlerdir.	Çalışmada elde edilen sonuçlar bunu desteklemektedir.
Erarslan ve Deste (2022) civata üretimi yapan bir fabrikada depolama alanına yapılan ürün atamada ağır ürünleri giriş/çıkış kapısına yakın ve dikey olarak konumlandırmanın ürün taşıma mesafe ve süresini kısalttığını belirtmişlerdir.	Çalışmada, üretim yapılan bir yerden ziyade yüksek devir oranına sahip bir lojistik sahada yürütüldüğünden ürün ağırlıkları dikkate alınmamıştır.
Dündar ve Ölger (2022) manuel sipariş toplama sürecinde operasyonlara bağlı hataların sevkiyat öncesi tespit edilerek iyileştirilmesi üzerine yaptıkları çalışmayla hata oranının düşürüldüğünü ve müşteri memnuniyetinin arttığını gözlemlemişlerdir. Elde edilen bulgular verimliliğe de katkı sunmaktadır.	Çalışmada önerilen yöntem lojistik deponun etkin kullanımı, kolay ve hızlı erişimi, maliyetleri düşürmesi ve kârlılık gibi alanlarda sunduğu katkılar bakımından hizmet kalitesine de olumlu katkılar sunar niteliktedir.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Depo yönetimi lojistik faaliyetlerinin ana süreçlerinden birisidir. Bu süreç etkin yönetilmediğinde işletmeler için ciddi maliyet unsurudur. Ürün toplama işlemlerinin etkinliği depo verimliliği üzerinde önemli bir role sahiptir. Depo içi dolaşım mesafesi, işlem süresi ve maliyetlerin en aza indirgenmesi ilgili her işletme

için ulaşılmak istenen bir hedeftir. Bu hedefe ulaşmada siparişlerin doğru toplanabilmesi ve bunların en uygun konuma yerleştirilmesi önemlidir. Aksi durumda sipariş toplamada alınan yol ve sürenin uzaması, depolarda atıl alanlar oluşması gibi verimsizlik problemlerine sebep olmaktadır. Sorunların çözümünde güncel bilgi ve iletişim teknolojilerine dayalı yenilikçi yöntemlere ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada, depolarda sipariş toplama ve konumlandırmaya yönelik yenilikçi bir yaklaşımla yeni bir çözüm önerisi sunulmaktadır. Çalışmada kullanılan deponun devir hızının yüksek olması nedeniyle bu alanda başarılı olan ABC analizinden yararlanılarak depo verimliliğini artırmaya yönelik ABCDE şeklinde yeni bir bölümlendirme tasarımına gidilmiştir. Veri setleri üzerinde detaylı analiz ve incelemeler gerçekleştirilmiştir. Mükerrer ya da çalışmaya katkısı olmayacak veri alanları belirlenerek çalışma kapsamından çıkartılmıştır. Makine öğrenme algoritmalarının kullanılabilirliği araştırılmıştır. Ancak elde edilen sonuçlar uzman ekiplerle birlikte yapılan değerlendirmede yeterli bulunmamıştır. Depo bekleme sürelerini etkileyen nitelikler incelenmiştir. Çözüme etki eden ana parametrelerin belirlenmesinde Delphi tekniği kullanılmıştır ve veriler PCA analizi ve uç değer analizine tabii tutulmuştur. Depoya giren ürün kutusunun hangi lokasyonlarda ne kadar süre beklediği hesaplanarak bu kutuların depoda bekleme sürelerine etkili olan nitelikleri incelenmiştir. Ürünlerin yerleştirileceği en uygun konumu belirlemede sirkülasyon hızı ve anahtar değeri hesabına dayalı özgün bir çözüm geliştirilmiştir. Bu çözüm ürün yer değiştirme hızına bağlı olarak ürünlerin konumlandırmasına yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yöntemin en önemli yenilikçi yanı geçmiş verilerden yola çıkarak akıllı sayılabilen bir yapıda ideal bir konumu önermesidir. Depo konumlandırma üzerine yapılan çalışmalar genellikle depo tasarımları ve ürün grupları üzerinden gerçek veri ve uygulamalara dayanmayan görüş, yöntem ve tavsiye türünden çalışmalardır. Bu çalışma lojistik bir sahada, gerçek veriler üzerinden, uzman görüşleriyle olgunlaşan, sonuçları bakımından başarılı ve uygulanabilir bir çözümle literatüre yeni ve özgün bir katkı sunmaktadır.

Bu çalışmada önerilen yenilikçi yaklaşım, sırt sırta dayalı raf sistemi kullanan ve konveyör sisteminin bulunmadığı, yerleşim modeli olarak statik yapıda A, B, C, D ve E olan 5 bölge ile sınırlı uluslararası bir lojistik firmaya ait depo üzerinde uygulanmıştır. Önerilen yöntem her ne kadar çalışılan depo koşullarına bağlı olarak sınırlı beş bölge üzerinde uygulanırsa da dinamik ve bölge sınırı olmayan yapısıyla farklı depolarda uygulanabilir özgünlüktedir. Sahada bir aylık depo verisiyle yapılan gözlem sonucunda ürünler %90,93 oranında doğru olarak yerleşmiştir. Depo içi dolaşım mesafesinde yaklaşık 880 km'lik bir kazanç sağlanmıştır. Bu sonuçlar deponun daha etkin kullanılmasına ve yöneticilerin doğru karar almasına yardımcı olacak mahiyettedir. Bu yenilikçi çözümde alınan yol, süre ve maliyet azaltılarak operasyonel süreç verimliliğinin artırılmasına, deponun daha etkin kullanımına katkı sunulmuştur. Elde edilen bu başarılı sonuçlar bu çalışmayı "uygulanabilir" olarak nitelendirilmekle birlikte bu başarı oranı ve yol kazancının aynı saha koşullarında "sürdürülebilir" olduğunun kanıtlanabilmesi için daha uzun süreli yeni test ve gözlemlere ihtiyaç duyulabilir. Diğer taraftan çalışmanın sınırlı saha ve süre testinde gösterdiği yüksek başarı oranları dikkate değerdir. Bu çalışma, özgün ve sonsuz gruplandırma gibi yetenekleriyle devir hızı yüksek olan lojistik depoların birçoğunun ihtiyacını karşılayacak niteliktedir. Benzer özelliklerdeki lojistik depolarda bu yaklaşım ve yöntemler kullanılabilir. Önerilen yöntemde depo yerleşim yüzdeleri ve dolaşım mesafelerinde önemli kazanımlar elde edilmiştir. Depo verimliliğinin artırılmasına önemli katkılar sağlamıştır. Araştırmacılar gelecekte bu çalışmada önerilen yöntemleri de kullanarak farklı lojistik sahalarla özgü etkinlik ve verimlilik problemlerini çözebilirler. Ayrıca endüstri 4.0 teknolojilerini kullanarak depo yönetimini ve işleyişini kolaylaştıran, zaman ve maliyetleri azaltan, verimliliği artıran, karbon salınımını azaltan yenilikçi ve akıllı çözümler üzerine araştırmalar yapabilirler.

### **Bilgilendirme /Acknowledgements**

Saha çalışmalarında sağladığı imkân ve destekler için Barsan Global Lojistik şirket yönetimine ve uzman ekiplerine teşekkür ederiz. Çalışmanın gelişmesinde emeği geçen değerli hakemlere ve Dergi Editörüne de ayrıca teşekkür ederiz.

*We would like to thank Barsan Global Logistics company management and expert teams for the opportunities and support provided in the field studies. We would also like to thank the valuable referees and journal editor who contributed to the development of the study.*

### **Yazar Katkıları /Author Contributions**

**Önder Şahinaslan:** Kavramsallaştırma, Metodoloji, Modelleme, Yorumlama, Makale Yazma-inceleme ve düzenleme. **Ceyhun Karataş:** Literatür Taraması, Veri Derleme, Analiz ve Saha Çalışması, Makale Yazımı-taslak. **Ender Şahinaslan:** Literatür Taraması, Analizi, Yorumu ve Makale Yazımı-orijinal taslak.

**Önder Şahinaslan:** *Conceptualization, Methodology, Modeling, Interpretation, Article Writing-examination and editing.* **Ceyhun Karataş:** *Literature Review, Data Collection, Analysis and Field*

*Study, Article Writing-draft. Ender Şahinaslan: Literature Review, Analysis, Commentary and Article Writing-original draft.*

#### **Çatışma Beyanı / Conflict of Interest**

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.  
*No potential conflict of interest was declared by the authors.*

#### **Fon Desteği / Funding**

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.  
*Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.*

#### **Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards**

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.  
*It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.*

#### **Etik Beyanı / Ethical Statement**

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.  
*It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.*



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.  
*The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.*

## KAYNAKÇA

- Ameyaw E.E., Hu Y., Shan M., Shan S.P. ve Le Y. (2016). "Application of Delphi Method in Construction Engineering and Management Research: A Quantitative Perspective". *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(8), 991-1000, DOI:10.3846/13923730.
- Aylak, B.L., Oral, O. ve Yazıcı, K. (2021). "Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Tekniklerinin Lojistik Sektöründe Kullanımı" *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(1), 74-93.
- Baray A. ve Çakmak E. (2015). "Design Methodology for a Multiple-Level Warehouse Layout Based on Partical Swarm Optimizasyon Algorithm", *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 25 (77), 13-38.
- Barnes R.(2021). "How to Find Outliers with SQL", <https://dataschool.com/how-to-teach-people-sql/how-to-find-outliers-with-sql/>, (Erişim Tarihi: 10.03.2022).
- Bartholdi J.J. ve S.T.Hackman (2014). "Warehouse and Distribution Science", <https://www.warehouse-science.com/>, (Erişim Tarihi: 14.07.2022).
- Berg J.P. ve Zijm W.H.M. (1999). "Models for Warehouse Management: Classification and Examples", *International Journal of Production Economics*, 59(1-3), 519-528.
- Caron F. ve Marchet G. (1998). "Routing Policies and COI-based Storage Policies in Picker-to-part Systems", *International Journal of Production Research*, 36(3), 713-732.
- Chen M-C. ve Wu H-P. (2005). "An Association-based Clustering Approach to Order Batching Considering Customer Demand Patterns", *Omega*, 33(4), 333-343.
- Dallari F., Marchet G. ve Melacini M. (2008). "Design of Order Picking System", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 42(1), 1-12.
- De Koster M.B.M., Van der Poort E. ve Wolters M. (1999). "Efficient Orderbatching Method in Warehouses", *International Journal of Production Research*, 37, 1479-1504.
- De Koster R., Le-Duc T. ve Roodbergen K.J. (2007). "Design and Control of Warehouse Order Picking: A Literature Review", *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481-501.
- Diñç, Y. ve Korkmaz, O. (2021). "Büyük Verinin Lojistik Sektöründe Kullanımı: Mersin İli Örneği", *Verimlilik Dergisi*, 4, 67-88, DOI: 10.51551/verimlilik.825813.
- Dursun T. ve Gürsev S. (2016). "Pazarlamada Dağıtım Kanalları Yönetimi ve Lojistik Merkezlerin Gelişiminde Kümeleme Yaklaşımı", *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi*, 12(45), 555-568, DOI:10.14783/od.v12i45.1000020026.
- Dündar, A.O. ve Ölger, A.M. (2022). "Manuel Sipariş Toplama Operasyonlarında Hata Tespit Uygulaması: Ağırlık Kontrol Noktası", *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 21 (2), 751-767, DOI:10.21547/jss.934606.
- Füchtenhans, M., Grosse, E. ve Glock, C. (2021). "Smart Lighting Systems: State-of-the-Art and Potential Applications in Warehouse Order Picking", *International Journal of Production Research*, 59(12), 3817-3839.
- Erarslan, F.S. ve Deste, M. (2022). "Depolarda Ürün Atama Problemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Kullanımı: Bir İşletme Uygulaması", *International Journal of Engineering Research and Development*, 14(2), 514-530.
- Gu J., Goetschalckx M. ve Mcginnis L.F. (2007). "Research on Warehouse: A Comprehensive Review". *European Journal of Operational Research*, 177, 1-21.
- Günerkan M., Şahinaslan E. ve Şahinaslan Ö. (2022). "Gümrük Beyannamesi Sürecinde Öğrenmeye Dayalı Algoritmaların Etkinliğinin İncelenmesi", *Acta Infologica*, 6(2), 175-188, DOI:10.26650/acin.1057060.
- Henn S. ve Wäscher G. (2012). "Tabu Search Heuristics for the Order Batching Problem in Manual Orderpicking Systems", *European Journal of Operational Research*, 222(3), 484-494.
- Ho Y.C., Su T.S. ve Shi Z.B. (2008). "Order Batching Methods for An Order- picking Warehouse with Two Cross Aisles", *Computers and Industrial Engineering*, 55, 321-347.
- Hsu C.M., Chen K.Y. ve Chen M.Y. (2005). "Batching Orders in Warehouses by Minimizing Travel Distance with Genetic Algorithms", *Computers in Industry*, 56, 169-178.
- Hwang H.S. ve Cho G.S. (2006). "A Performance Evaluation Model for Order Picking Warehouse Design", *Computers and Industrial Engineering*, 51(2), 335-342.
- Hwang H., Baek W. ve Lee M. (1988). "Cluster Algorithms for Order Picking in an Automated Storage and Retrieval System", *International Journal of Production Research*, 26, 189-204.
- Karlı, H. ve Tanyaş, M. (2020). "Lojistik Yönetiminin Dijital Dönüşümü: Akıllı Lojistik Üzerine Sistematik Literatür Haritalaması", *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 7(2), 613-632, DOI: 10.17541/optimum.718622.
- Karlı, H. ve Tanyaş, M. (2020). "Bilgi ve İletişim Teknolojileri Destekli Yenilikçi Uygulamaların Lojistik Merkezlere Entegrasyonu", *Mersin Üniversitesi Denizcilik ve Lojistik Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 1-25.

- Leung, K.H., Lee, C.K. ve Choy, K.L. (2020). "An Integrated Online Pick-To-Sort Order Batching Approach for Managing Frequent Arrivals Of B2B E-Commerce Orders Under Both Fixed and Variable Time-Window Batching", *Advanced Engineering Informatics*, 45, 101125.
- Lund B.D. (2020). "Review of the Delphi Method in Library and Information Science Research", *Journal of Documentation*, 76(4), 929-960, DOI:10.1108/jd-09-2019-0178.
- Muppani V.R. ve Adil G.K. (2008). "Efficient Formation of Storage Classes for Warehouse Storage Location Assignment: A Simulated Annealing Approach". *The International Journal of Management Science*, 36, 609-618.
- Özceylan, A. ve Tanyaş, M. (2021). "Geleneksel Olmayan Yenilikçi Depo Yerleşim Tipleri ve Tasarımları Üzerine Bir Araştırma", *Journal of Transportation and Logistics* 6(2), 197-216.
- Özçakar, N., Görener, A. ve Arıkan M.V. (2012). "Depolama Sistemlerinde Sipariş Toplama İşlemlerinin Genetik Algoritmalarla Optimizasyonu", *İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 23(71), 118-144.
- Petersen C.G. ve Aase G. (2004). "A Comparison of Picking, Storage and Routing Policies in Manual Order Picking", *International Journal of Production Economics*, 92, 11-19.
- 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 and Logistics Management*, 34, 534-544.
- Rana K., (1991). "Order-picking in Narrow-aisle Warehouse", *International J. Phys. Distrib. Logist. Manage*, 20(2), 9-15, DOI: 10.1108/09600039010005133.
- Riedel R. (2011). "Facilities Planning—4th edition by J.A. Tompkins, J.A. White, Y.A. Bozer and J.M.A. Tanchoco", *International Journal of Production Research*, Taylor and Francis, 49(24), 7519-7520, DOI: 10.1080/00207543.2011.563164.
- Roodbergen K.J. ve De Koster R. (2001). "Routing Methods for Warehouses with Multiple Cross Aisles". *International Journal of Production Research*, 39(9), 1865-1883.
- Roodbergen K.J. ve Vis I.F.A. (2009). "A Survey of Literature on Automated Storage and Retrieval Systems", *European Journal of Operational Research*, 194(2), 343-362.
- Şahin Y. ve Kulak O. (2013). "Depo Operasyonlarının Planlanması İçin Genetik Algoritma Esaslı Modeller", *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 5(3), 141-153.
- Şahinaslan, E. (2020). Endüstri 4.0 Dönüşümünde Öne Çıkan Teknolojiler, *Fen Bilimleri ve Matematik Alanında Akademik Çalışmalar*, Gece Kitaplığı, 61-78.
- Şahinaslan E. ve Şahinaslan Ö. (2022). "Microsoft SQL Sunucusunda Veritabanı Kurtarma Teknikleri", *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 6(1), 158-169, DOI:10.46460/ijiea.1070325.
- Şahinaslan, Ö., Dalyan, H. ve Şahinaslan, E. (2022). "Naive Bayes Sınıflandırıcısı Kullanılarak YouTube Verileri Üzerinden Çok Dilli Duygu Analizi". *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 15(2), 221-229, DOI: 10.17671/gazibtd.999960.
- Şahinaslan, E., Günerkan, M. ve Şahinaslan, Ö. (2023). "Makine Öğrenmesinde Kategorik Veri Kodlama Tekniğinin Kullanımına Alternatif Bir Çözüm Yöntemi", *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications* 6(1), 1-11, DOI: 10.38016/jista.1140499.
- Tanyaş M. (2017). "Depo yönetimi", Maltepe Üniversitesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi Bölümü Ders Sunum Dokümanı, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Tanyaş, M. ve Düzgün, M. (2014). "Depo yönetimi: Depo Sistemlerinin Otomasyonu ve Organizasyonu". Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Tappia, E., Roy, D., Melacini, M. ve De Koster, R. (2019). "Integrated Storage-Order Picking Systems: Technology, Performance Models, And Design Insights", *European Journal of Operational Research*, 274(3), 947-965.
- Tuna G. ve Tunçel G. (2012). "Depo Yönetiminde Sipariş Toplama Sistemleri: Bir Literatür Araştırması", *DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(42), 15-31.
- Winkelhaus, S., Grosse, E. H. ve Morana, S. (2021). "Towards a Conceptualisation of Order Picking 4.0". *Computers and Industrial Engineering*, 159, 107511.
- Zartha Sossa J.W., Halal W. ve Zarta R.H. (2019). "Delphi Method: Analysis of Rounds, Stakeholder and Statistical Indicators", *Foresight*, 21(5), 525-544, DOI:10.1108/fs-11-2018-0095.