OTOMATİK SİPARİŞ KARŞILAMA MERKEZİ TASARIMI: HAZIR GİYİM SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Ali Can ARICI
181157204

DOKTORA TEZİ

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı
Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı
Danışman: Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Ocak, 2025

OTOMATİK SİPARİŞ KARŞILAMA MERKEZİ TASARIMI: HAZIR GİYİM SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Ali Can ARICI
181157204
ORCID: 0000-0003-4352-9126

DOKTORA TEZİ

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı
Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı
Danışman: Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Ocak, 2025

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

ALİ CAN ARICI'ın "Otomatik Sipariş Karşılama Merkezi Tasarımı: Hazır Giyim Sektöründe Bir Uygulama" başlıklı tezi 22.01.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği" nin ilgili maddeleri uyarınca Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı Yüksek Lisans/Doktora/Sanatta Yeterlik tezi oy birliğiyle/oy çokluğuyla, başarılı/başarısız olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı. Adı ve Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	Prof.Dr.Mehmet TANYAŞ (Danışman) Maltepe Üniversitesi	.....
Üye	Doç.Dr.Murat BASKAK İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Üye	Dr.Öğr.Üyesi Atiye TÜMENBATUR Maltepe Üniversitesi	.....
Üye	Dr.Öğr.Üyesi Emre ÇAKMAK İstinye Üniversitesi	.....
Üye	Dr.Öğr.Üyesi Burak KÜÇÜK Maltepe Üniversitesi	.....

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli "Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge" ile bildirilen 6698 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgi ve rehberliği ile bana yol gösteren değerli danışman hocam Prof. Dr. Mehmet Tanyaş'a en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Kendisi, akademik gelişimime rehberlik etmiş ve çalışmamın her aşamasında kıymetli katkılar sağlamıştır.

Ayrıca tez çalışması boyunca değerli önerileri ve destekleriyle yanımda olan kıymetli hocalarım Doç. Dr. Murat Baskak ve Dr. Atiye Tümenbatur'a teşekkür ederim.

Araştırma sürecinde bana destek olan, veri temininde yardımcı olan ve bilgi paylaşımında bulunan Ekol Lojistik'teki çalışma arkadaşlarıma içtenlikle teşekkür ederim. Bu çalışmanın başarılı bir şekilde tamamlanmasında sağladıkları katkılar büyük önem taşımaktadır.

Çalışma boyunca desteğini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan sevgili eşim Elif'e sabrı ve anlayışı için sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu sürecin her anına anlam katan, bana ilham veren oğullarım Rüzgar ve Toprak'a sevgilerimle...

Ali Can ARICI

Ocak, 2025

ÖZET

OTOMATİK SİPARİŞ KARŞILAMA MERKEZİ TASARIMI: HAZIR GİYİM SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Ali Can Arıcı
Doktora Tezi
Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı
Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı
Danışman: Prof. Dr. Mehmet Tanyaş
Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2025

Son yıllarda, özellikle artan rekabet koşulları ve pandeminin etkileriyle birlikte e-ticaret sektörü hızla büyümüş, bu durum sipariş karşılama ve lojistik süreçlerinde verimlilik ve hızın önemini daha da artırmıştır. Pandemi sürecinde tüketici alışkanlıklarının dijital kanallara yönelmesi ve talep yoğunluğunun artması, depo operasyonlarında hatasız ve hızlı bir şekilde siparişlerin karşılanmasını kritik hale getirmiştir. Bu bağlamda, manuel iş gücüne dayalı operasyonların yetersiz kaldığı ve verimlilik açısından sürdürülebilir olmadığı anlaşılmış, otomasyon çözümlerine olan ihtiyaç daha belirgin hale gelmiştir. E-ticaret sektöründe rekabet avantajı elde edebilmek ve müşterilere daha hızlı hizmet sunabilmek adına depo otomasyonu, stratejik bir gereklilik olarak öne çıkmıştır.

Bu çalışmada, e-ticaret sektöründe faaliyet gösteren sipariş karşılama merkezlerinde, süreçlerin otomasyon teknolojileri ile optimize edilmesi ve insana bağımlılığın minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Araştırmanın temel amacı, depo operasyonlarında otomasyonun uygulanarak hata oranlarının azaltılması, operasyonel verimliliğin artırılması ve tam otomatik bir sipariş karşılama merkezi tasarımının gerçekleştirilmesidir. Bu bağlamda, en uygun otomasyon sistemlerinin seçimi, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Hedef Programlama (HP) yöntemleri ile yapılmıştır. Önerilen model hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın e-ticaret operasyonlarına özel tasarlanacak sipariş karşılama merkezinde depo otomasyon sistemleri seçiminde uygulanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Depolama, Otomasyon, AHP, Hedef Programlama, E-ticaret, Sipariş Karşılama Merkezi

ABSTRACT

AUTOMATED ORDER FULFILLMENT CENTER DESIGN: AN APPLICATION IN THE APPAREL INDUSTRY

Ali Can Arıcı
PhD Thesis
International Trade and Logistics Department
Logistics and Supply Chain Management Doctoral Programme
Thesis Advisor: Prof. Dr. Mehmet Tanyaş
Maltepe University Graduate School, 2025

In recent years, the e-commerce sector has grown rapidly, particularly due to increasing competition and the impact of the pandemic. This has further emphasized the importance of efficiency and speed in order fulfillment and logistics processes. During the pandemic, consumer habits shifted towards digital channels, and the surge in demand made error-free and fast order processing in warehouses critical. In this context, it became evident that manual, labor-intensive operations were inadequate and unsustainable in terms of efficiency, highlighting the growing need for full automation solutions. To gain a competitive edge and provide faster service to customers in the e-commerce sector, warehouse automation has emerged as a strategic necessity.

In this study, the aim is to optimize processes in e-commerce order fulfillment centers using automation technologies and minimize human dependency. The main objective is to implement automation in warehouse operations to reduce error rates, increase operational efficiency, and design a fully automated order fulfillment center. In this context, the selection of the most suitable automation systems was conducted using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Goal Programming (GP) methods. The proposed model was applied to the selection of warehouse automation systems in an order processing center designed specifically for an e-commerce operation of a company in the apparel industry.

Keywords: Warehouse, Automation, AHP, Goal Programming, E-commerce, Order Fulfillment Center

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI ii

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI iii

TEŞEKKÜR iv

ÖZET v

ABSTRACT vi

İÇİNDEKİLER vii

TABLOLAR LİSTESİ xii

ŞEKİLLER LİSTESİ xiv

KISALTMALAR xvi

1. GİRİŞ 1

1.1. Problem 1

1.2. Amaç 8

1.3. Önem 9

1.4. Varsayımlar 10

1.5. Sınırlılıklar 11

1.6. Tanımlar 11

2. E-TİCARET SİPARİŞ KARŞILAMA MERKEZİ 12

2.1. E-Ticaretin Büyümesi ve Gelişimi 12

2.2. Sipariş Karşılama Merkezlerinin Temel Fonksiyonları 13
2.2.1. Mal kabul ve depolama operasyonları 15
2.2.2. Sipariş toplama, paketleme ve gönderi süreçleri 16
2.3. Depo Yönetim Sistemleri (DYS) 17
2.4. Sipariş Karşılama Merkezi'nde Otomasyonun Önemi 18
3. DEPO OTOMASYON SİSTEMLERİ 20
3.1. Araç Yükleme ve Boşaltma Sistemleri (AYBS) 20
3.2. Adresleme ve Geri Çağırma Sistemleri 21
3.2.1. Tam otomatik depo (Palet bazlı çözümler) 21
3.2.2. Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif yük ODBS, Mekik sistemler) 23
3.2.3. Izgara tabanlı sistemler 25
3.2.4. Karusel çözümleri (Dikey veya yatay karusel) 27
3.2.5. Otomatik yönlendirmeli araçlar (OYA) 28
3.2.6. Otonom mobil robot (OMR) 30
3.3. Sipariş Toplama Sistemleri 31
3.3.1. Işıklı toplama sistemi (ITS) 31
3.3.2. Ses yönlendirmeli toplama (SYT) 33
3.3.3. Artırılmış gerçeklik destekli toplama (AGDT) 34
3.3.4. Robotik ürün toplama (RÜT) 36
3.4. Sipariş Ayrıştırma Sistemleri 37
3.4.1. Otomatik ayrıştırma sistemleri (OAS) 37

3.4.2. Işıklı dağıtma sistemi (IDS) 39
3.5. Sipariş Paketleme Sistemleri (SPS) 41
4. YÖNTEM 43
4.1. Araştırma Modeli 43
4.2. Araştırmada Kullanılan Yöntemler 45
4.2.1. Odak grup 45
4.2.2. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) 46
4.2.3. Hedef programlama (HP) 51
4.3. Evren ve Örneklem 54
5. MODELİN UYGULANMASI 55
5.1. Odak Grubun Belirlenmesi 55
5.2. Depo Otomasyon Sistemlerinin Sınıflandırılması 55
5.3. Depo Otomasyon Sistemi Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi 58
5.4. AHP'nin Uygulanması 58
5.4.1. Araç boşaltma ve yükleme 61
5.4.2. Adresleme ve geri çağırma 63
5.4.3. Sipariş toplama 64
5.4.4. Sipariş ayrıştırma 66
5.4.5. Paketleme 67
5.5. HP'nin Uygulanması 69
6. HAZIR GİYİM SEKTÖRÜ UYGULAMASI 79

6.1. Genel Bilgiler 79
6.2. AHP Uygulaması 79
6.2.1. Araç boşaltma ve yükleme 80
6.2.2. Adresleme ve geri çağırma 82
6.2.3. Sipariş toplama 83
6.2.4. Sipariş ayrıştırma 85
6.2.5. Paketleme 86
6.3. HP Uygulaması 88
6.3.1. Senaryo analizi 98
6.3.1.1. İşletim maliyeti senaryo analizi 98
6.3.1.2. Kapasite senaryo analizi 99
6.3.1.3. Etkin hacim kullanımı senaryo analizi 99
6.3.1.4. Yatırım maliyeti senaryo analizi 100
7. SONUÇ ve ÖNERİLER 102
KAYNAKÇA 104
EKLER 112
Ek-1: Literatür Araştırma Özet Tablosu – Web of Science 112
Ek-2: Literatür Araştırma Özet Tablosu – ScienceDirect 124
Ek-3: AHP Uygulama Formu – Kapak Sayfası 125
Ek-4: AHP Uygulama Formu – Değerlendirme Kriterleri 126
Ek-5: AHP Uygulama Formu – Araç Boşaltma ve Yükleme Süreci 127

Ek-6: AHP Uygulama Formu – Adresleme ve Geri Çağırma Süreci 128

Ek-7: AHP Uygulama Formu – Sipariş Toplama Süreci..... 133

Ek-8: AHP Uygulama Formu – Sipariş Ayrıştırma Süreci..... 135

Ek-9: AHP Uygulama Formu – Sipariş Paketleme Süreci 140

Ek-10: HP Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – İşletim Maliyeti 141

Ek-11: HP Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – Kapasite..... 142

Ek-12: HP Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – Etkin Hacim Kullanımı 143

Ek-13: HP Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – Yatırım Maliyeti..... 144

Ek-14: İngilizce – Türkçe Kullanılan Terimler Tablosu 145

ÖZ GEÇMİŞ 146

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. En yüksek atıf alan ilk 10 çalışma 6

Tablo 2. Otomasyon içeren çalışmalar 7

Tablo 3. Önem Dereceleri 48

Tablo 4. Rastgele Tutarlılık İndeksi (RI) (Saaty, 1996) 51

Tablo 5. Odak Grup Bilgileri 55

Tablo 6. Araç Boşaltma ve Yükleme - İkili Karşılaştırma Matrisleri 62

Tablo 7. Araç Boşaltma ve Yükleme - Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu 62

Tablo 8. Adresleme ve Geri Çağırma - İkili Karşılaştırma Matrisleri 63

Tablo 9. Adresleme ve Geri Çağırma - Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu 64

Tablo 10. Sipariş Toplama - İkili Karşılaştırma Matrisleri 65

Tablo 11. Sipariş Toplama - Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu 65

Tablo 12. Sipariş Ayrıştırma - İkili Karşılaştırma Matrisleri 66

Tablo 13. Sipariş Ayrıştırma - Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu 67

Tablo 14. Paketleme - İkili Karşılaştırma Matrisleri 68

Tablo 15. Paketleme - Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu 68

Tablo 16. Hedefler Tablosu 69

Tablo 17. HP Alternatif Depo Otomasyon Sistemleri 70

Tablo 18. HP Excel Modeli Tablosu 76

Tablo 19. HP Excel Solver Çözümü 77

Tablo 20. HP Sonuç Tablosu 78

Tablo 21. İkili Karşılaştırma Matrisleri 81

Tablo 22. Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu 81

Tablo 23. İkili Karşılaştırma Matrisleri 82

Tablo 24. Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu 83

Tablo 25. İkili Karşılaştırma Matrisleri 84

Tablo 26. Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu 84

Tablo 27. İkili Karşılaştırma Matrisleri 85

Tablo 28. Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu 86

Tablo 29. İkili Karşılaştırma Matrisleri 87

Tablo 30. Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu 87

Tablo 31. Hedefler Tablosu 88

Tablo 32. HP Excel Modeli Tablosu 94

Tablo 33. HP Excel Solver Çözümü 95

Tablo 34. HP Sonuç Tablosu 96

Tablo 35. HP Sonuç Tablosunun Karşılaştırılması 97

Tablo 36. Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – İşletim Maliyeti 98

Tablo 37. Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – Kapasite 99

Tablo 38. Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – Etkin Hacim Kullanımı 100

Tablo 39. Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – Etkin Hacim Kullanımı 101

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Tez çalışmalarının yıllar içerisinde dağılımı 3

Şekil 2. 51 çalışmanın yıllar içerisinde dağılımı 4

Şekil 3. 51 çalışmanın yıllar içerisinde dağılımı 4

Şekil 4. Çalışmalarının yazar ülkelerine göre dağılımı 5

Şekil 5. Otomatik Araç Boşaltma ve Yükleme Sistemi 21

Şekil 6. TOD Sistemi 21

Şekil 7. Hafif Yük ODBS 23

Şekil 8. Mekik Sistemler 24

Şekil 9. Izgara Tabanlı Sistemler 26

Şekil 10. Dikey Karusel 27

Şekil 11. OYA 29

Şekil 12. Amazon Kiva – OMR 30

Şekil 13. Otomatik Ayrıştırma Sistemi 38

Şekil 14. Işıklı Dağıtma Sistemi 39

Şekil 15. Otomatik Sipariş Paketleme Sistemi 42

Şekil 16. Araştırma Akış Şeması 44

Şekil 17. AHP Yapısı 47

Şekil 18. Depo Otomasyon Sistemlerinin Sınıflandırılması 57

Şekil 19. Araç Boşaltma ve Yükleme Hiyerarşi Yapısı 59

Şekil 20. Adresleme ve Geri Çağırma Hiyerarşi Yapısı 60

Şekil 21. Sipariş Toplama Hiyerarşi Yapısı 60

Şekil 22. Sipariş Ayrıştırma Hiyerarşi Yapısı 60

Şekil 23. Paketleme Hiyerarşi Yapısı 61

KISALTMALAR

AGDT : Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama

AHP **:** Analitik Hiyerarşi Prosesi

AYBS : Araç Yükleme ve Boşaltma Sistemleri

COVİD-19 : Koronavirüs Hastalığı 2019

DYS **:** Depo Yönetim Sistemi

GPS : Küresel Konumlama Sistemi

HP **:** Hedef Programlama

IDS : Işıklı Dağıtma Sistemi

ITS : Işıklı Toplama Sistemi

KOBİ : Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler

ODBS : Otomatik Depolama ve Besleme Sistemi

OAS : Otomatik Ayrıştırma Sistemleri

OMR : Otonom Mobil Robot

OYA **:** Otomatik Yönlendirmeli Araçlar

RFID : Radyo Frekansı ile Tanımlama

RÜT : Robotik Ürün Toplama

SPS : Sipariş Paketleme Sistemleri

SYT : Ses Yönlendirmeli Toplama

TOD **:** Tam Otomatik Depo

TOPS : Tam Otomatik Paketleme Sistemi

YOPS : Yarı Otomatik Paketleme Sistemi

YÖK : Yükseköğretim Kurulu

1. GİRİŞ

1.1.Problem

Tedarik zinciri içerisinde depolar önemli bir yere sahiptir. Özellikle nakliye maliyetlerini optimize etmek, sipariş yanıt sürelerini kısaltmak ve katma değerli hizmetler sağlamak için depolara ihtiyaç duyulmaktadır. Depolama aynı zamanda müşterilere özel hizmetlerin sunulabileceği ve pazarda rekabet avantajı sağlayacak ana operasyonlardan biri olarak kabul edilir. Depolar müşteriler için zaman ve yer yararı sağlayan ve katma değerli hizmetler sunan bir fonksiyondur. Deponun zaman yararı, ürünlerin kullanım zamanı gelinceye kadar uygun ve güvenli koşullarda korunmasını, yer yararı ise, müşterilerin ürünlere uygun teslim süresi içinde kolayca ulaşabilmesini sağlayan alanları ifade eder (Tanyaş, 2017).

Depolar tedarik zincirindeki rollerine göre çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Deponun fonksiyonuna göre sınıflandırıldığında 6 farklı tip depodan söz edilebilir. Bunlar; geleneksel depo, dağıtım merkezi, toplama merkezi, aktarma merkezi, sipariş karşılama merkezi ve terminal depodur (Tanyaş 2017).

Geleneksel depolar, fabrika içerisinde veya yakınında bulunan içerisindeki ürünlerin ihtiyaç zamanına kadar uzun süre kaldığı tesislerdir. Genellikle hammadde depoları örnek olarak verilebilir (Tanyaş 2017).

Dağıtım merkezi, genellikle perakendecilere dağıtılacak ürünlerin konsolide edildiği ve stoklandığı tesislerdir. Stok devir hızları geleneksel depolara göre daha yüksektir.

Toplama merkezi, farklı tedarikçilerden gelen ürünlerin konsolide edildiği ve üreticinin istediği koşullarda ve miktarda hazırlanarak sevk edildiği tesislerdir.

Aktarma merkezleri, genellikle farklı taşıma modları veya farklı araçlar arasında ürünlerin aktarıldığı, ürünlerin kısa süre kaldığı tesislerdir. En yaygın örneği kargo firmalarının kullandığı tesislerdir (Tanyaş 2017).

Terminal depo, büyük kapasiteli çok sayıda üretici ve dağıtıcı firmayı barındıran tesislerdir (Tanyaş 2017).

Sipariş karşılama merkezleri, genellikle internet siparişlerinin toplandığı, paketlendiği ve sevkiyata hazır hale getirildiği tesislerdir. Günümüz e-ticaret dünyasında tüketicilerin hız ve kalite beklentilerinin bu merkezlerde karşılanması, operasyonel başarının temel taşlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Tüketiciler, siparişlerinin hızlı, eksiksiz ve güvenilir bir şekilde karşılanmasını beklemektedir (Gu vd., 2010).

Sipariş karşılama merkezlerini diğer depo tiplerinden ayıran temel özellik, adet ve/veya kutu bazında işlem yapılmasıdır. Bu durum, operasyonel süreçlerde insana bağımlılığı artırmakta ve elleçleme süreçlerinde hata yapma riskini arttırmaktadır. Özellikle bu merkezlerde, hata yapma olasılığı diğer depo türlerine göre daha yüksektir; çünkü tüketici memnuniyeti doğrudan bu süreçlerin doğruluğuna bağlıdır (Boysen vd., 2019). Hatalar karşısında müşteri duyarlılığı ise oldukça yüksektir, çünkü sipariş karşılama merkezlerinin müşterileri nihai tüketicilerdir. Nihai tüketiciler, eksik veya hatalı siparişlere karşı daha hızlı ve sert yanıt verebilmektedir (Ishfaq ve Raja, 2017).

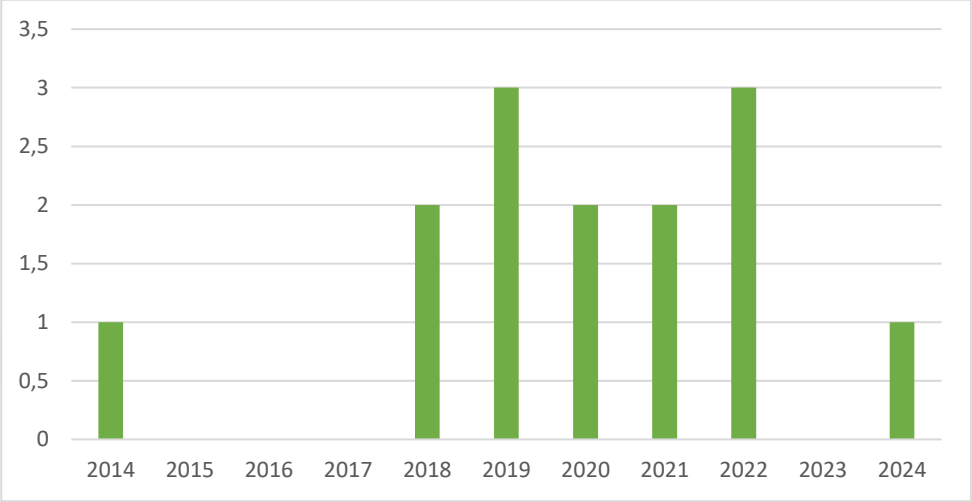
Özellikle pandemi ile birlikte tüketiciler, evlerinden çıkmama eğilimde olması sebebiyle ve pandeminin ilk zamanlarında mağazaların da kapalı olmasının etkisiyle alışveriş tercihlerini internet üzerinden yapma yönünde değiştirmiştir. Bu duruma karşı hazırlıksız olan sipariş karşılama merkezleri yoğun sipariş talebi karşısında birçok gecikme ve hata ile siparişleri karşılayabilmiştir. Bunun en önemli nedenlerinden bir tanesi sipariş karşılama merkezlerinin toplama, paketleme vb. elleçleme işlemlerinin yoğun olarak insana bağımlı çalışmasıdır. Pandemi nedeniyle iş gücü kayıpları ve yeni iş gücü tedarikinde gecikmeler sıkça sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Sarpkaya ve Sağlam, 2022).

Tüm bu bilgiler ışığında sipariş karşılama merkezlerinin otomasyon düzeyinin artırılması üzerine birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir.

Literatür Araştırması

Çalışma kapsamında Scopus, ProQuest ve YÖK Tez Merkezi veri tabanları kullanılarak son 10 yıl için literatür araştırması yapılmıştır.

ProQuest üzerinde “fulfillment center” ve “warehouse” anahtar kelimeleri ile yapılan arama sonucuna göre son 10 yılda 14 adet tez çalışmasının yapıldığı görülmüştür. Yapılan çalışmaların çoğunluğunun 2018 ile 2022 yılları arasında yapıldığı ve son yıllarda konunun öneminin arttığı görülmektedir.

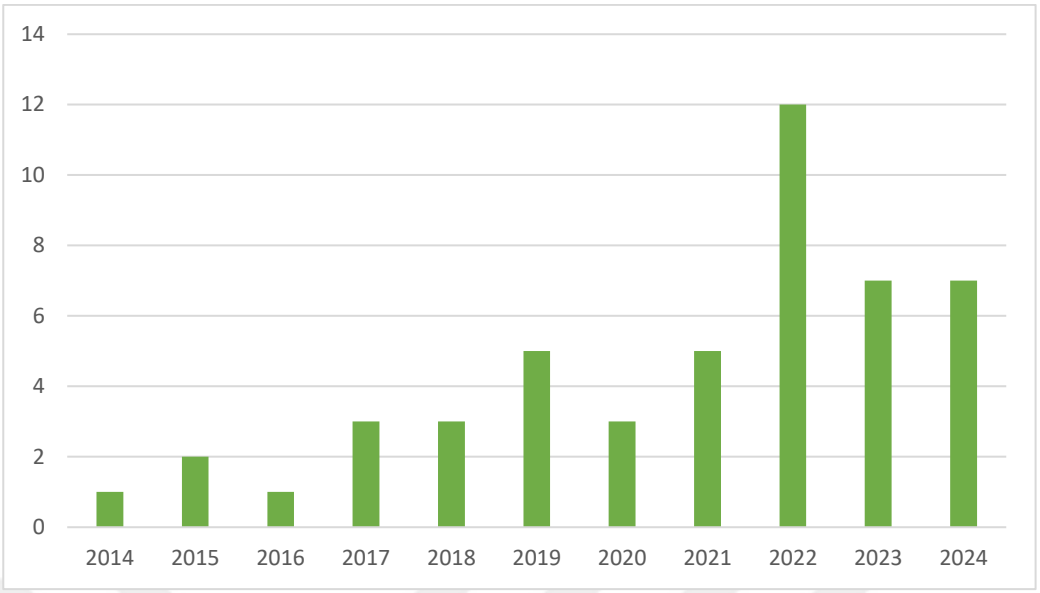


Şekil 1. Tez çalışmalarının yıllar içerisinde dağılımı

Yayınlanan tez çalışmalarının içeriğine bakıldığında sadece 2 tanesinde sipariş karşılama merkezinde otomasyon üzerine çalışıldığı görülmektedir. Araştırmaların birinde Dikey Asansör Sistemi (Vertical Lift System) toplama operasyonu özelinde değerlendirildiği, araştırmaların diğerinde ise yapay zeka ve nesnelerin internetinin robotik depolarda kullanımı üzerine yapıldığı görülmüştür.

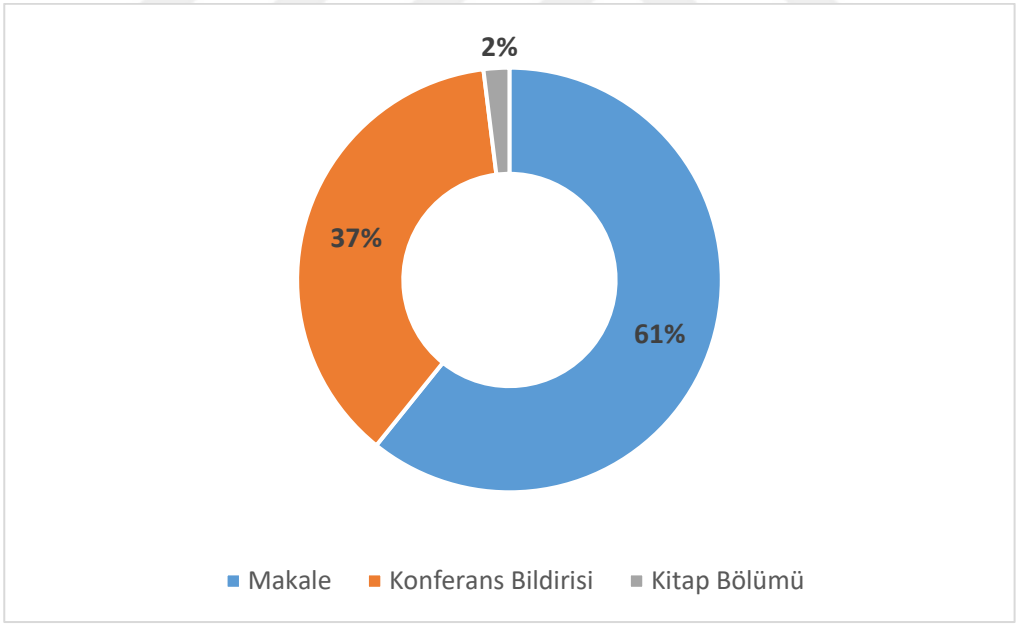
YÖK Tez Merkezi üzerinde “fulfillment” ve “warehouse” anahtar kelimeleri ile yapılan arama sonucuna göre son 10 yılda 7 yüksek lisans tezi yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmalardan 2 tanesinde depolarda otomasyon konusu ele alındığı görülmektedir. Çalışmalardan bir tanesi depodaki robotlar için yol ve görev planlama üzerine, diğeri ise depodaki robotlar için çarpışma önleme algoritması üzerine yapılmıştır.

Scopus veri tabanı üzerinde “fulfillment center” (sipariş karşılama merkezi) ve “warehouse” anahtar kelimeleri ile son 10 yıl için yapılan arama sonucunda 51 çalışma bulunmuştur. Çalışmaların son yıllarda artarak devam ettiği Şekil 2’de görülmektedir.



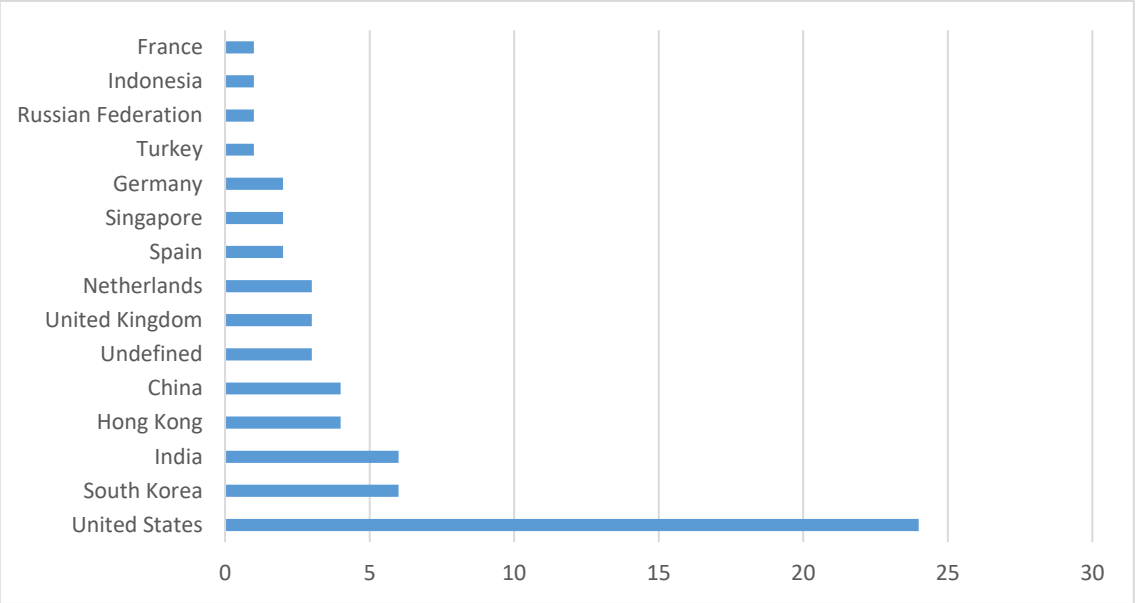
Şekil 2. 51 çalışmanın yıllar içerisinde dağılımı

Çalışmaların 31 tanesinin akademik makale, 19 tanesinin konferans bildirisi, 1 tanesinin ise kitap bölümü olduğu Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. 51 çalışmanın yıllar içerisinde dağılımı

Çalışmalar yazarların adreslerine göre gruplandırıldığında en çok çalışmanın 24 çalışma ile Amerika Birleşik Devletleri'nde yapıldığı görülmektedir. Bunu sırasıyla 6'şar çalışma ile Hindistan ve Güney Kore, 4'er çalışma ile Çin ve Hong Kong izlemektedir.



Şekil 4. Çalışmalarının yazar ülkelerine göre dağılımı

Taramada belirlenen 51 çalışma en yüksek atıf sayısına göre sıralandığında ortaya çıkan 10 çalışma Tablo 1'de gösterilmiştir. İlk 10 çalışma incelendiğinde 5 tanesinde sipariş karşılama merkezi içerisinde otomasyona değinilmektedir. Diğer çalışmalarda sipariş karşılama merkezi üzerine farklı alanlarda değerlendirmelerin mevcut olduğu görülmüştür.

Tablo 1. En yüksek atıf alan ilk 10 çalışma

Sıra	Yazar	Başlık	Dergi	Atıf	Anahtar Kelimeler
1	Zhang vd. (2021)	Artificial intelligence in E-commerce fulfillment: A case study of resource orchestration at Alibaba's Smart Warehouse	International Journal of Information Management	136	Yapay zeka, e-ticaret, sipariş karşılama merkezi
2	Leung vd. (2018)	A B2C e-commerce intelligent system for re-engineering the e-order fulfilment process	Expert Systems with Applications	112	Sipariş hazırlama, iş süreçleri yeniden mühendislik, e-ticaret
3	Bogue, R. (2016)	Growth in e-commerce boosts innovation in the warehouse robot market	Industrial Robot	92	E-ticaret, robot, depo
4	Lei vd. (2018)	Joint dynamic pricing and order fulfillment for E-commerce retailers	Manufacturing and Service Operations Management	87	Dinamik fiyatlama, e-ticaret perakende
5	Azadeh vd. (2019)	Design, modeling, and analysis of vertical robotic storage and retrieval systems	Transportation Science	38	Robotik, depo, intralojistik
6	Kang, S.(2020)	Relative logistics sprawl: Measuring changes in the relative distribution from warehouses to logistics businesses and the general population	Journal of Transport Geography	29	Depo, lojistik
7	Jeong, H.Y. vd. (2021)	The Flying Warehouse Delivery System: A Quantitative Approach for the Optimal Operation Policy of Airborne Fulfillment Center	IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	25	Sipariş karşılama merkezi
8	Ghelichi, Z. ve Kilaru, S. (2021)	Analytical models for collaborative autonomous mobile robot solutions in fulfillment centers	Applied Mathematical Modelling	22	Otonom mobil robot, sipariş karşılama merkezi
9	Ham, A. (2020)	Drone-Based Material Transfer System in a Robotic Mobile Fulfillment Center	IEEE Transactions on Automation Science and Engineering	22	Robotik mobil sipariş karşılama sistemi
10	Kang, L. vd. (2019)	Design and implementation of a multi-function gripper for grasping general objects	Applied Sciences (Switzerland)	22	Robot, toplama

Çalışmaların tamamı değerlendirildiğinde son yıllarda sipariş karşılama merkezi için otomasyon ve robot teknolojilerine yönelik araştırmaların arttığı görülmüştür. Bu 16 çalışma Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Otomasyon içeren çalışmalar

Sıra	Yazar	Başlık	Dergi	Anahtar Kelimeler
1	Tutam, M. vd. (2024)	Consideration of skewness in designing robotic compact storage and retrieval systems	Expert Systems with Applications	Robotik, otomatik depo
2	Löffler, M. vd. (2023)	Human-Robot Cooperation: Coordinating Autonomous Mobile Robots and Human Order Pickers	Transportation Science	Otonom mobil robot, depo, ürün toplama
3	Chen, W. vd. (2022)	Analysis and Design of Rack-Climbing Robotic Storage and Retrieval Systems	Transportation Science	Robot, depolama
4	Shenoy, A., vd. (2022)	Multi-Object Grasping - Efficient Robotic Picking and Transferring Policy for Batch Picking	IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems	Robot, picking
6	Choi vd. (2022)	MARL-based Optimal Route Control in Multi-AGV Warehouses	4th International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication	AGV, optimum rota
7	Ghelichi ve Kilaru (2021)	Analytical models for collaborative autonomous mobile robot solutions in fulfillment centers	Applied Mathematical Modelling	Analitik modelleme, otomatik mobil robotlar
8	Ognenoski vd. (2021)	Empirical Path-loss Models for Automated Warehouses	IEEE Vehicular Technology Conference	Otomatik depolar, yol kaybı modeli
9	Gharehgozli ve Zaerpour (2020)	Robot scheduling for pod retrieval in a robotic mobile fulfillment system	Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review	Asimetrik gezgin satıcı modeli, ürün toplama
10	Jo ve Choi (2020)	A study on the architectural changes of the logistics center due to automation and enlargement-focusing on the case of coupang, E-mart, amazon logistics centers	Journal of the Architectural Institute of Korea	Otomasyon, Amazon, E-mart
11	Kang vd. (2019)	Design and implementation of a multi-function gripper for grasping general objects	Applied Sciences (Switzerland)	Ürün toplama robotu, tutucu
12	Relyea vd. (2019)	Multimodal localization for autonomous agents	Intelligent Robotics and Industrial Applications Using Computer Vision Conference	Sipariş işleme merkezi, yer belirleme
13	Azadeh vd. (2019)	Design, modeling, and analysis of vertical robotic storage and retrieval systems	Transportation Science	Robot teknolojisi, depolama
14	Zhang vd. (2019)	A building-block-based genetic algorithm for solving the robots allocation problem in a robotic mobile fulfilment system	Mathematical Problems in Engineering	Robotlar, genetik algoritma

15	Kok vd. (2017)	Designing modular robotic architecture for e-commerce bin picking task fulfillment	IEEE Region 10 Conference, TENCON 2017	E-ticaret ürün toplama, robotik toplama, görev planlama
16	Hoffman ve Asada (2017)	A multi-track elevator system for E-commerce fulfillment centers	IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems	Depo otomasyonu, raylı sistemler

Literatür araştırması “Web of science” ve “ScienceDirect” veri tabanları üzerinden “fulfillment”, “warehouse” ve “automated” anahtar kelimeleri kullanılarak son 10 yıl için arama yapılarak genişletilmiştir. “Web of science” veri tabanı üzerinde 44 araştırma ve “ScienceDirect” üzerinde ise diğer veri tabanında olmayan 6 araştırma problem, yöntem, sonuç ve gelecek önerileri başlığı altında detaylı olarak incelenmiş ve çalışmanın ekinde paylaşılmıştır. Yapılan detaylı inceleme sonucunda çalışmanın yönü, amacı ve yöntem üzerinde tartışılarak raporlanmıştır.

Literatür araştırması sonuçlarına göre değerlendirme yapıldığında son yıllarda e-ticaret ve sipariş karşılama merkezi özelinde çalışma sayılarının arttığı ve araştırmacıların bu alana ilgilerinin arttığı görülmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda otomasyon üzerine değerlendirmeler sınırlı sayıda kalmıştır.

Otomasyonun değerlendirmeye alındığı çalışmalarda sipariş karşılama merkezi içerisindeki tek bir sürece odaklanarak otomasyon değerlendirilmesi yapıldığı görüşmüştür. Bu süreçler uygulamada daha yaygın olan stoklama ve toplama süreçleridir ve genellikle insan ile robotların hibrit çalışma ortamları değerlendirilmektedir. Diğer taraftan sipariş karşılama merkezinin ürün girişinden çıkışına kadar tamamına odaklanmış bir otomasyon sistemine değinilmemiştir. Sipariş karşılama merkezinin tüm süreçlerine odaklanan ve en uygun otomasyon çözümüne nasıl karar verileceği ile ilgili araştırmaların eksikliği literatürde boşluk olarak tespit edilmiştir.

1.2.Amaç

Bu araştırmanın amacı, sipariş karşılama merkezinde ürünlerin girişinden çıkışına kadar geçen tüm süreçlerin otomasyon teknolojileri kullanılarak insana bağımlılığın en aza indirilmesi ve en uygun otomasyon sistemlerinin seçilmesidir. Hedef, otomasyon

düzeyini en üst seviyeye çıkartarak, tamamen otomatikleştirilmiş bir sipariş karşılama merkezi tasarlamak ve bu süreçler için en uygun otomasyon sistemlerini belirlemektir. Bu doğrultuda, aşağıdaki alt amaçlar belirlenmiştir:

- Mal kabul giriş operasyonunun otomasyonu: Depoya gelen araçların rampada otomatik olarak boşaltılması ve sistemsel olarak kabul işlemlerinin yapılması.
- Adresleme operasyonunun otomasyonu: Ürünlerin belirlenen adreslerine otomasyon sistemleri aracılığıyla taşınması ve adreslenmesi.
- Toplama operasyonunun otomasyonu: Sisteme girilen siparişlerin, optimize edilmiş algoritmalar yardımıyla otomasyon sistemleri tarafından toplanması.
- Paketleme operasyonunun otomasyonu: Toplanan siparişlerin, paketleme istasyonlarında otomatik olarak paketlenmesi ve kargoya hazır hale getirilmesi.
- Çıkış operasyonunun otomasyonu: Paketlenen siparişlerin, kargo rotalarına göre otomatik olarak ayrıştırılması ve kargo aracına otomatik olarak taşınması.

Yukarıda belirtilen operasyonların her biri için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve hedef programlama yöntemleri kullanılarak en uygun otomasyon sistemlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Bu amaçlar doğrultusunda, e-ticaret depo süreçlerinde maksimum verimliliğin sağlanması ve süreçlerin otomasyona geçirilmesi hedeflenmektedir.

1.3.Önem

Sipariş karşılama merkezinin tam otomatik haline getirilmesi durumunda müşteri siparişlerinin hazırlanmasında duyulan insana bağımlılık ortadan kalkacaktır. Ani sipariş dalgalanmaları, küresel kriz, pandemi gibi durumlarda sistemin devamlılığı kesintisiz sağlanacaktır. Diğer yandan hatalı ve/veya eksik sipariş gönderimi durumu ortadan kalkacaktır. Sistemin tamamen otomatik hale getirilmesi sonucu sistemin kapasitesi net olarak belli olduğundan kısa ve uzun vadeli planların yapılması kolaylaşacaktır.

Sektördeki genel yaklaşıma bakıldığında otomasyon düzeyini arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Ancak yapılan otomasyonlar toplama, paketleme gibi belirli operasyonlar ile sınırlı kalmaktadır. Bu araştırmada belirli operasyonlarla sınırlı

kalmadan tüm sistemin otomasyonunun mümkün olup olmadığı ve teknolojik ve/veya pratik ne gibi zorluklar ile karşılaşılacağı incelenecektir.

1.4.Varsayımlar

Bu araştırmada, sipariş karşılama merkezi operasyonlarının otomasyona dayalı olarak optimize edilmesi ve insana bağımlılığın azaltılması üzerine bazı temel varsayımlar yapılmıştır. Öncelikle, manuel olarak yürütülen sipariş karşılama süreçlerinin hataya açık olduğu ve bu süreçlerde yapılan hataların, otomasyon teknolojilerinin kullanıldığı durumlara göre daha yüksek olduğu varsayılmaktadır. İnsan gücüne dayalı operasyonların, otomasyon sistemlerine kıyasla daha fazla hata riski taşıdığı ve operasyonel verimsizliklere yol açabileceği kabul edilmiştir. Otomasyon sistemlerinin kullanılmasıyla bu hata oranlarının önemli ölçüde düşeceği ve süreçlerin daha tutarlı, hızlı ve doğru bir şekilde ilerleyeceği varsayılmıştır.

Ayrıca, sipariş karşılama merkezi otomasyonunun uygulanabilmesi için gerekli olan maddi kaynakların yeterli olduğu ve bu süreçte finansal kısıtların dikkate alınmayacağı varsayımı yapılmıştır. Yani, yüksek maliyetli otomasyon sistemlerinin (robotik toplama sistemleri, otomatik taşıma araçları vb.) temin edilmesi ve devreye alınması için gereken bütçenin mevcut olduğu kabul edilmektedir. Bunun yanı sıra, önerilen otomasyon sistemlerinin kurulması için gerekli teknolojik altyapının (yazılım, donanım, internet bağlantısı vb.) var olduğu ve bu sistemlerin mevcut depo süreçleriyle sorunsuz entegre olacağı düşünülmektedir.

Araştırmada kullanılacak verilerin doğruluğu ve güvenilirliği de bir diğer önemli varsayımdır. Sipariş ve stok yönetimi gibi operasyonel verilere dayalı olarak yapılacak analizlerde, bu verilerin doğru olduğu kabul edilmektedir. Son olarak, mevcut iş gücünün otomasyon sistemlerine adapte olacağı ve bu sistemleri kullanabilmesi için gerekli eğitimleri alarak sürece kolayca uyum sağlayacağı varsayılmıştır. Bu varsayımlar, araştırmanın sonuçlarının geçerliliğini ve uygulanabilirliğini etkileyen temel unsurlar olarak değerlendirilmiştir.

1.5.Sınırlılıklar

Sipariş karşılama merkezinde otomatikleştirilecek süreçler ana operasyon süreçleridir. Sipariş karşılama merkezi içerisinde ana operasyon süreçlerinin yanında işlem gerektiren birçok yardımcı süreç mevcuttur. Bu süreçler araştırmanın konusu dışında bırakılacaktır.

Diğer taraftan sipariş karşılama merkezi operasyonlarından biri de iade süreçleridir. İade süreçleri sipariş karşılama merkezi dışarısında tüketici, kargo taşıyıcı firmalar, ürün tedarikçisi gibi farklı birçok paydaştan etkilendiği için yardımcı süreç olarak değerlendirilmiştir. Bu yüzden araştırma konusunun dışarısında tutulacaktır.

1.6.Tanımlar

Tedarik Zinciri: Bir ürünün ilk maddesinden başlayarak tüketiciye ulaşması ve geri dönüşümünü de içeren tüm süreçlerde yer alan tedarikçi, üretici, distribütör, perakendeci ve lojistikçilerden oluşan bütündür (Tanyaş 2017).

Depo: Tedarik zinciri içerisindeki ürünlerin çeşitli amaçlar için farklı dönemlerde kullanılmak üzere stoklanması amacıyla tutulduğu, ürünün çeşidine ve boyutlarına göre özel tasarlanmış, kapalı veya açık alanlardır (Tanyaş 2017).

Stok: Gelecekte oluşacak gereksinimlere ve taleplere karşılık genellikle depolarda tutulan ürünler için kullanılan terimdir (Tanyaş 2017).

Sipariş Karşılama Merkezi: Son tüketici siparişlerinin hazırlanarak paketlendiği ve sevk edildiği tesislerdir. Genellikle internet üzerinden alınan siparişler bu tesislerde hazırlanarak ilgili taşıyıcı kargo firmasına teslim edilir.

Otomasyon: Bir işlemi veya sistemi otomatik olarak çalıştırma tekniğidir. Çoğunlukla insanın yaptığı bir işlemin makine tarafından yapılmasını ifade eder.

2. E-TİCARET SİPARİŞ KARŞILAMA MERKEZİ

2.1. E-Ticaretin Büyümesi ve Gelişimi

COVID-19 pandemisi, yalnızca sağlık sistemleri ve toplumlar üzerinde değil, aynı zamanda küresel ekonomik faaliyetlerde de derin etkiler bırakmıştır. Pandeminin etkisiyle birlikte fiziksel mağazaların kapatılması veya faaliyetlerini sınırlandırması, tüketicileri zorunlu olarak çevrimiçi alışveriş kanallarına yönlendirmiştir. Bu süreç, e-ticaretin büyüme oranını hızlandırırken, tüketici alışkanlıklarında da köklü değişikliklere yol açmıştır (Sulova, 2023).

Tüketicilerin hızlı teslimat ve kolay iade politikalarına olan talebi, lojistik ve taşımacılık sektöründe ciddi bir yoğunluk yaratmıştır. 2020 yılında e-ticaret siparişlerinin hacmi dünya genelinde %70'in üzerinde bir artış göstermiştir. Bu artış, özellikle büyük şehirlerde kargo taşımacılığı ve dağıtımı açısından trafik yoğunluğunu artırmış ve karbon emisyonlarında ciddi bir yükselişe neden olmuştur (Zhang vd., 2021).

Sürdürülebilir kalkınma açısından, bu durum ciddi sorunlar doğurmuştur. E-ticaretin artan lojistik ihtiyaçları, ambalaj malzemelerinin aşırı tüketimini de beraberinde getirmiştir. Tek kullanımlık plastik ambalajların yaygınlaşması, atık yönetimi sorunlarını daha da karmaşık hale getirmiştir.

E-ticaretin büyümesi, küçük işletmelerin rekabet gücü üzerinde de önemli etkiler yaratmıştır. Büyük e-ticaret platformlarının pazara hakim olması, küçük perakendecilerin rekabet etmekte zorlanmasına yol açmıştır. Ancak aynı zamanda, küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ'ler) dijital platformlara entegre olarak yeni pazarlara ulaşabilmeleri için bir fırsat ortamı yaratmıştır (Sulova, 2023).

Bu bağlamda, e-ticaretin geleceği, hem çevresel etkilerin yönetimi hem de ekonomik fırsatların dengelenmesi açısından önemli bir planlama gerektirmektedir. Sürdürülebilir lojistik çözümleri, yenilikçi teslimat sistemleri (elektrikli araçlar, drone vb.), karbon nötr stratejileri ve geri dönüştürülebilir ambalaj kullanımının teşvik edilmesi, sektörün gelecekteki büyümesinin daha sürdürülebilir bir zemine oturmasını sağlayacaktır.

E-ticaretin hızlı büyümesi, işletmeleri geleneksel lojistik ve tedarik zinciri yönetimi yöntemlerini yeniden değerlendirmeye zorlamıştır. Günümüzde tüketiciler, çevrimiçi alışverişte hızlı teslimat, esnek iade politikaları ve kişiselleştirilmiş hizmet beklentisi içindedir. Bu değişim, işletmeleri daha verimli, ölçeklenebilir ve teknoloji odaklı sipariş karşılama çözümlerine yatırım yapmaya yönlendirmiştir (Melacini ve Tappia, 2018).

COVID-19 pandemisi bu dönüşümü daha da hızlandırmıştır. Fiziksel mağazalara erişimin sınırlı olduğu bu dönemde, tüketiciler çevrimiçi alışverişe yönelmiş, bu da sipariş hacimlerinde önemli bir artışa neden olmuştur. Pandemi sırasında işletmeler, e-ticaret operasyonlarına yönelik hızlı bir dijital dönüşüm gerçekleştirmek zorunda kalmıştır. Örneğin, Amazon ve Alibaba gibi büyük e-ticaret devleri, robotik otomasyon ve yapay zekâ tabanlı yönetim sistemleri kullanarak sipariş karşılama süreçlerini optimize etmişlerdir (Heydari vd., 2020).

Tüketici alışkanlıklarındaki bu değişiklikler, dijital dönüşümün önemini daha da artırmıştır. İşletmeler, sipariş karşılama süreçlerinde gerçek zamanlı izleme, stok yönetimi ve veri analitiği çözümleri gibi dijital araçları entegre ederek daha yüksek operasyonel verimlilik elde etmeye çalışmaktadır. Bu teknolojiler, yalnızca mevcut operasyonları optimize etmekle kalmamış, aynı zamanda pandemi sonrası dönemde artan talebi karşılamak için gerekli olan esnekliği de sağlamıştır.

Bu değişimler, işletmelerin yalnızca sipariş karşılama süreçlerini değil, genel iş modellerini de yeniden şekillendirmelerini gerektirmiştir. Küçük ve orta ölçekli işletmeler bile, dijital dönüşümün bir parçası olarak bulut tabanlı yazılımlar, dijital pazarlama ve çok kanallı satış stratejilerini benimsemek zorunda kalmıştır. Bu da rekabetçi kalabilmek için dijital becerilerin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

2.2.Sipariş Karşılama Merkezlerinin Temel Fonksiyonları

Modern e-ticaret dünyası, işletmelerin operasyonlarında köklü değişikliklere yol açmış ve sipariş karşılama merkezlerini, ürünlerin tüketicilere sorunsuz bir şekilde ulaştırılmasında kritik bir role sahip olmuştur. Bu özelleştirilmiş tesisler, müşteri siparişlerinin işlenmesi, paketlenmesi ve gönderilmesi süreçlerini yöneterek çevrimiçi perakendenin bel kemiğini oluşturur. E-ticaretin sürekli büyümesiyle birlikte, sipariş

karşılama merkezlerinin temel işlevleri, tüketicilerin değişen taleplerini karşılamada giderek daha önemli hale gelmiştir.

Sipariş karşılama merkezlerinin temelinde, çevrimiçi perakendenin başarısı için kritik olan küçük boyutlu siparişlerin yüksek hacimde işlenebilmesi yer alır. Bu merkezler, topla,-paketle, gönder aktivitelerinin yürütüldüğü yerlerdir ve bu işlemler, operasyonun ölçeği ve karmaşıklığına bağlı olarak insan gücü ile ya da otomatize bir şekilde gerçekleştirilebilir. Ayrıca, siparişlerin son tüketicinin kapısına teslim edilmesini içeren son adım teslimatı, sipariş karşılama süreçlerinin önemli bir unsuru haline gelmiştir. Bu hizmet, geleneksel mağaza tabanlı perakendecilerin adapte olmakta zorlandığı bir yenilik olarak öne çıkmaktadır (Ishfaq ve Raja, 2017).

E-ticaretin hızlı büyümesi, sipariş karşılama merkezlerinde daha fazla esneklik ve verimlilik ihtiyacını doğurmuştur. Bu bağlamda, depo otomasyonu ve robotik sistemlerin önemi giderek artmaktadır. Küresel depo robotları pazarı, 2015-2020 yılları arasında %11,5'lik bir yıllık büyüme oranıyla 2020 yılında 10,34 milyar dolara ulaşmıştır. Bu büyüme, sipariş karşılama süreçlerinin emek yoğun yönlerini azaltma ve maliyetleri düşürme ihtiyacı ile doğrudan ilişkilidir (Bogue, 2016).

Araştırmalar, doğru ve zamanında sipariş karşılama süreçlerinin çevrimiçi perakendeciler için kritik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Bu taahhütlerin yerine getirilmesinde yaşanacak herhangi bir aksaklık, müşteri güvenini ve sadakatini ciddi şekilde zedeleyebilir. E-ticaret işletmeleri, müşteri memnuniyetini sürdürebilmek ve gelecekteki satın alma kararlarını olumlu yönde etkileyebilmek için sipariş karşılama süreçlerini birinci öncelik haline getirmelidir (Rao vd., 2011).

Sipariş karşılama merkezlerinin temelinde, envanter yönetimi, sipariş işleme ve tüm ilgili faaliyetlerin koordinasyonunu sağlayan depo yönetim sistemleri (DYS) bulunmaktadır. Bu sofistike sistemler, gerçek zamanlı veri ve analizlerden faydalanarak depo içi işlemleri optimize eder. Depo yönetim sistemleri, depolama alanlarının düzenlenmesi, toplama rotalarının optimize edilmesi ve çeşitli işlemlerin otomatikleştirilmesi gibi süreçlere katkıda bulunur (Manzini vd., 2011).

Bu sistemler, sipariş karşılama merkezlerinde üretilen büyük miktardaki veriyi sürekli izleyip analiz ederek iyileştirme fırsatlarını belirler ve işletmelerin hız, doğruluk ve maliyet etkinliği konularında üstünlük sağlamasına olanak tanır. E-ticaretin gelişimiyle birlikte, depo yönetim sistemlerinin rolü daha kritik hale gelecek ve işletmelerin değişen müşteri taleplerine uyum sağlamasında önemli bir araç olacaktır (Gzara vd., 2020).

2.2.1. Mal kabul ve depolama operasyonları

Sipariş karşılama merkezlerinde, sipariş karşılama ve teslimat dışında, mal kabul ve depolama süreçleri de kritik bir rol oynar. Mal kabul operasyonları, tedarikçilerden gelen ürünlerin boşaltılması, incelenmesi ve teslim alınan ürünlerin doğruluğunun kontrol edilmesini içerir. Bu süreçte, teslim edilen ürünlerin miktarlarının, kalitesinin ve ürün özelliklerinin sipariş bilgileriyle uyumlu olduğundan emin olunması gerekir. Yanlış veya eksik teslimatlar, süreçlerde gecikmelere yol açabileceği gibi müşteri memnuniyetsizliğine de sebep olabilir. Bu nedenle, mal kabul sürecinde güçlü bir denetim mekanizması kritik öneme sahiptir (Gzara vd., 2020).

Mal kabul operasyonlarının ardından, ürünlerin depo içinde uygun yerlere yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu aşamada, ürünlerin depolama lokasyonları sipariş toplama sıklığına ve ürün türüne göre düzenlenir. Sık sipariş edilen ve yüksek hacimli ürünler, genellikle toplama noktalarına daha yakın yerleştirilirken, daha az hareket eden ürünler depo içerisinde daha uzak alanlara yerleştirilir. Bu tür stratejik yerleşim düzenlemeleri, depo içi hareketlerin azaltılmasını ve zaman tasarrufu sağlanmasını mümkün kılar (Manzini vd., 2011).

Depo yönetim sistemleri, mal kabul ve depolama süreçlerinin daha verimli bir şekilde yürütülmesinde önemli bir araçtır. DYS, ürünlerin doğru bir şekilde depolanması, konum bilgilerinin kaydedilmesi ve envanterin gerçek zamanlı olarak takip edilmesi için otomatik araçlar sunar. Barkod veya RFID teknolojileri kullanılarak ürünlerin hızlı bir şekilde kaydedilmesi ve ilgili raf alanlarına yönlendirilmesi sağlanabilir. Bu teknolojiler, insan hatalarını minimuma indirerek envanter doğruluğunu artırır ve süreci hızlandırır (Gzara vd., 2020).

Ayrıca, veri odaklı optimizasyon teknikleri, depolama alanlarının en verimli şekilde kullanılmasını mümkün kılar. Bu teknikler, depo alanının üç boyutlu analizini yaparak, ürünlerin dikey ve yatay yerleşimini optimize eder. Amazon gibi büyük e-ticaret şirketleri, depo kapasitelerini en üst düzeye çıkarmak için otomatik depolama ve geri çağırma sistemleri gibi ileri teknolojileri kullanmaktadır. Bu sistemler, sipariş karşılama merkezlerinin işlem hacmini artırırken operasyonel maliyetleri önemli ölçüde azaltır (Bogue, 2016).

Doğru bir şekilde yönetilen mal kabul ve depolama operasyonları, yalnızca sipariş karşılama süreçlerinin hızını artırmakla kalmaz, aynı zamanda müşteri memnuniyetini doğrudan etkiler. Eksiksiz ve doğru bir envanter yönetimi, müşteri siparişlerinin zamanında ve eksiksiz teslim edilmesi için temel bir altyapı sağlar. Alibaba'nın akıllı depo çözümleri, ürünlerin raflara yerleştirilmesinden siparişlerin toplanmasına kadar her aşamada otomasyon kullanarak yüksek doğruluk oranları sağlamaktadır (Zhang vd., 2021).

Sonuç olarak, mal kabul ve depolama operasyonlarının optimizasyonu, sipariş karşılama merkezlerinin genel verimliliğini ve rekabet gücünü artırmada kritik bir rol oynamaktadır. Doğru araçlar ve süreçlerle bu operasyonların yönetimi, e-ticaret işletmelerinin müşterilerine daha hızlı, doğru ve güvenilir bir hizmet sunmasına olanak tanır.

2.2.2. Sipariş toplama, paketleme ve gönderi süreçleri

Sipariş karşılama merkezlerinin temelinde, müşteri siparişlerini alınan ürünlere ve son olarak teslim edilen ürünlere dönüştüren toplama, paketleme ve gönderim operasyonları yer alır.

Toplama süreci, depo içerisindeki saklama alanlarından gerekli ürünlerin bulunup alınmasını içerir. Bu süreç, genellikle gelişmiş depo yönetim sistemleri tarafından yönlendirilir. Bu sistemler, toplama işleminin rotalarını ve sıralarını optimize ederek verimliliği artırır ve çalışanların gereksiz zaman kaybını en aza indirir (Gzara vd., 2020).

DYS, depo düzenini analiz ederek en kısa rotaları belirler ve çalışanlara bu rotaları takip etmeleri için yönlendirmelerde bulunur. Bu durum, zaman tasarrufu sağlarken siparişlerin daha hızlı işlenmesine olanak tanır.

Toplanan ürünlerin dikkatlice paketlenmesi, teslimat sırasında ürünlerin zarar görmeden müşteriye ulaşmasını sağlamak açısından kritik bir adımdır. Paketleme süreci, sipariş karşılama merkezinden merkeze değişiklik gösterebilir ve manuel iş gücünden tamamen otomatikleştirilmiş mekanik sistemlere kadar çeşitlilik gösterebilir. Bazı merkezler, insan çalışanların ürünleri paketlemesini tercih ederken, diğerleri yüksek kapasiteli otomatik paketleme makinelerine yatırım yapmıştır. Özellikle büyük e-ticaret şirketleri, paketleme sürecini hızlandırmak ve maliyetleri düşürmek için robotik teknolojilerden yararlanmaktadır.

Paketlenen siparişler, sevkiyat için hazırlanır. Gönderim süreci, ürünlerin konsolidasyonu, ayrıştırılması veya çapraz sevkiyat gibi ek işlemleri içerebilir. Bu süreç, siparişlerin kargo firmalarına teslim edilmeden önce düzenlenmesini ve taşımaya hazır hale getirilmesini sağlar (Manzini vd, 2011).

2.3. Depo Yönetim Sistemleri (DYS)

Sipariş karşılama merkezlerinin merkezinde yer alan depo yönetim sistemleri, envanter yönetiminin, sipariş karşılama süreçlerinin ve tüm sipariş karşılama operasyonlarının koordinasyonunun iyileştirilmesine olanak tanır. Bu sofistike sistemler, gerçek zamanlı verileri ve analitik yöntemleri kullanarak depolama alanlarını optimize eder, toplama rotalarını düzenler ve çeşitli işleme ve paketleme görevlerini otomatikleştirir (Gzara vd, 2020; Manzini vd, 2011).

Depo yönetim sistemleri, sipariş karşılama merkezlerinde üretilen büyük miktarda veriyi sürekli izleyerek ve analiz ederek iyileştirme fırsatlarını belirler. Bu sayede işletmeler, operasyonel hızlarını artırabilir, doğruluk oranlarını yükseltebilir ve maliyet etkinliği sağlayabilir. Bu sistemler, yalnızca mevcut süreçleri optimize etmekle kalmaz, aynı zamanda müşteri taleplerindeki değişikliklere ve piyasa koşullarındaki dalgalanmalara uyum sağlamak için gerekli olan araçları ve zekayı da sunar.

Depo yönetim sistemlerine olan artan bağımlılık ve bu sistemlerin diğer kurumsal yazılımlarla entegrasyonu, modern sipariş karşılama merkezlerinin ayırt edici bir özelliği haline gelmiştir. Bu gelişmiş sistemler, envanter yönetiminden sipariş işleme ve malzeme taşıma operasyonlarına kadar kompleks süreçleri optimize etmek için kritik bir rol oynar (Kucera, 2017).

DYS, sipariş karşılama sürecinin her aşamasında üretilen verileri toplayarak analiz eder ve işletmelere daha bilinçli kararlar alma, iyileştirme fırsatlarını belirleme ve operasyonel verimliliği artırma imkanı sağlar. Bu süreçlerin sürekli olarak izlenmesi ve iyileştirilmesi, hem müşteri memnuniyetinin sağlanması hem de rekabet avantajının korunması açısından önemlidir.

E-ticaret sektörünün hızla değişen dinamikleri, depo yönetim sistemlerinin rolünü giderek daha kritik hale getirmektedir. Artan müşteri talepleri ve rekabet baskısı, işletmelerin daha verimli, hızlı ve doğru operasyonlara ihtiyaç duymasına neden olmaktadır. DYS, bu talepleri karşılamada kilit bir rol oynamaktadır.

Bu sistemler, diğer kurumsal yazılımlarla entegre olarak tüm tedarik zinciri boyunca kapsamlı ve veri odaklı bir optimizasyon yaklaşımı sunar. Envanter yönetimi, sipariş işleme ve nakliye süreçlerinde gerçek zamanlı görünürlük sağlayarak stratejik karar alma süreçlerine katkıda bulunur ve sürekli iyileştirmeler yapılmasına olanak tanır (Gzara vd., 2020).

2.4.Sipariş Karşılama Merkezi'nde Otomasyonun Önemi

Sipariş karşılama merkezlerinde otomasyon ve robotik sistemlerin benimsenmesi, modern e-ticaretin artan sipariş hacimleri ve değişen müşteri beklentileri karşısında kritik bir rol oynamaktadır.

E-ticaret sipariş hacimlerinin hızla artması, manuel ve iş gücü yoğun toplama, paketleme ve ayrıştırma süreçlerini hem maliyetli hale getirmiş hem de ölçeklenebilirlik açısından zorluklar yaratmıştır. Bu zorlukları aşmak için birçok işletme, otonom mobil robotlar, otomatik depolama ve geri alma sistemleri ve gelişmiş toplama teknolojileri gibi çeşitli otomasyon çözümlerine yönelmiştir (Bogue, 2016; Minashkina ve Happonen, 2020).

Bu sistemler, sipariş karşılama süreçlerinin hızını, doğruluğunu ve maliyet etkinliğini artırma potansiyeline sahiptir. Tam otomatik depo sistemleri, ürünlerin doğru şekilde depolanmasını ve hatasız bir şekilde işlenmesini sağlayarak envanter yönetimini optimize ederken, otonom robotlar depoda ürünleri hızlı ve doğru bir şekilde taşır. Ayrıca, otomasyonun tekrarlayan ve yüksek hacimli görevleri yerine getirme yeteneği, işletmelerin manuel iş gücüne olan bağımlılığını azaltarak iş gücü maliyetlerini düşürmesine, ergonomiyi iyileştirmesine ve genel süreç verimliliğini artırmasına olanak tanır (Bogue, 2016) .

Bununla birlikte, bu teknolojilerin diğer kurumsal çözümlerle entegrasyonu da önemlidir. Depo yönetim sistemleri ile otomasyon çözümlerinin entegre çalışması, gerçek zamanlı veri analitiği sağlayarak operasyonel kararların daha doğru alınmasını mümkün kılar (Azadeh vd., 2019).

Bu sistemlerin sağladığı verimlilik ve esneklik, işletmelerin artan müşteri taleplerine yanıt vermesine, süreçlerini optimize etmesine ve rekabet avantajını korumasına yardımcı olmaktadır. Gelecekte, bu teknolojilerin daha da gelişmesiyle birlikte, sipariş karşılama merkezleri çevrimiçi perakendenin hızla büyüyen dünyasında daha stratejik bir rol üstlenecektir.

3. DEPO OTOMASYON SİSTEMLERİ

3.1.Araç Yükleme ve Boşaltma Sistemleri (AYBS)

Araç Yükleme ve Boşaltma Sistemleri (AYBS), depolama ve lojistik alanında kullanılan otomasyon sistemleridir. Bu sistemler, taşıma araçlarına yüklerin otomatik olarak yüklenmesi veya boşaltılması sürecini gerçekleştirir. AYBS, iş gücünün verimliliğini artırır, süreçleri hızlandırır ve hataları azaltır. Aşağıda, farklı tiplerde otomatik araç yükleme ve boşaltma sistemlerinin detayları verilmiştir (Ekol Lojistik, 2019).

Konveyör Sistemleri: Konveyör sistemleri, ürünlerin taşınması ve yükleme/boşaltma işlemlerinin otomatik olarak gerçekleştirilmesini sağlar. Ürünler, bir konveyör bant üzerinde taşınır ve hedef noktada otomatik olarak yükleme veya boşaltma işlemi gerçekleştirilir.

Otomatik Paletleme Sistemleri: Otomatik paletleme sistemleri, ürünleri otomatik olarak paletlere yerleştirir veya paletlerden kaldırır. Bu sistemler, robotik kollar veya manipülatörler kullanarak ürünleri istifler. Otomatik paletleme sistemleri, paletleme sürecini hızlandırır ve doğru ve düzenli bir şekilde yüklenmesini sağlar.

Rampa Sistemleri: Rampa sistemleri, platform ile araç kasasının yerden yüksekliği arasında yükseklik farkı olan araçlara yük taşımada yararlanılır. Bunun için yoğunlukla hidrolik veya pnömatik sistemler kullanır. Bu sayede yüklerin araçlara otomatik olarak yüklenmesinin veya boşaltmasının yapılması sağlanabilir.

TOD Entegrasyonu: TOD, otomatik araç yükleme ve boşaltma sistemleriyle entegre olarak çalışabilir. TOD, depolama raf sistemleri üzerindeki ürünlere erişimi otomatik olarak sağlar. Bu sayede, otomatik araç yükleme ve boşaltma sistemleri, TOD ile senkronize çalışarak depolama işlemlerini optimize eder.



Şekil 5. Otomatik Araç Boşaltma ve Yükleme Sistemi (Ekol Lojistik, 2019)

3.2.Adresleme ve Geri Çağırma Sistemleri

3.2.1. Tam otomatik depo (Palet bazlı çözümler)

Tam Otomatik Depo (TOD), otomatikleştirilmiş bir depolama ve malzeme yönetimi sistemidir. Şekil 6'da örnek bir TOD sistemi görülmektedir. Bu sistem, bir depo veya depolama alanında, yüksekliği kullanarak depolama kapasitesini maksimum düzeye çıkaran ve depolama işlemlerini otomatikleştirerek verimliliği artıran bir dizi donanım ve yazılım bileşeninden oluşur (Koyun vd., 2020)



Şekil 6. TOD Sistemi (Azadeh vd. 2019)

TOD depo otomasyonunun önemli bir bileşeni olarak öne çıkmaktadır. Robotik ve bilgisayar kontrollü ekipmanları kullanan bu sistemler, malların verimli bir şekilde depolanmasını ve geri alınmasını sağlayarak alan kullanımını optimize eder ve manuel iş gücüne olan ihtiyacı azaltır (Azadeh vd. 2019).

TOD, dikey olarak yüksekliği kullanarak depolama kapasitesini artırmak için özel olarak tasarlanmış raf sistemleri kullanır. Bu raf sistemleri, ürünleri depolamak ve organize etmek için yüksekliği kullanırken, ürünlere kolay erişim sağlamak için otomatik taşıyıcılarla entegre edilmiştir.

TOD sistemleri, depolama alanında malzemeleri taşıyan otomatik taşıyıcılar kullanır. Bu taşıyıcılar, ürünleri rafa yerleştirebilir, raf arasında taşıyabilir ve ürünleri toplayabilir. Taşıyıcılar genellikle konveyör sistemleri, taşıma robotları veya otomatik forkliftler gibi farklı teknolojileri kullanarak hareket eder (Baker ve Halim, 2007).

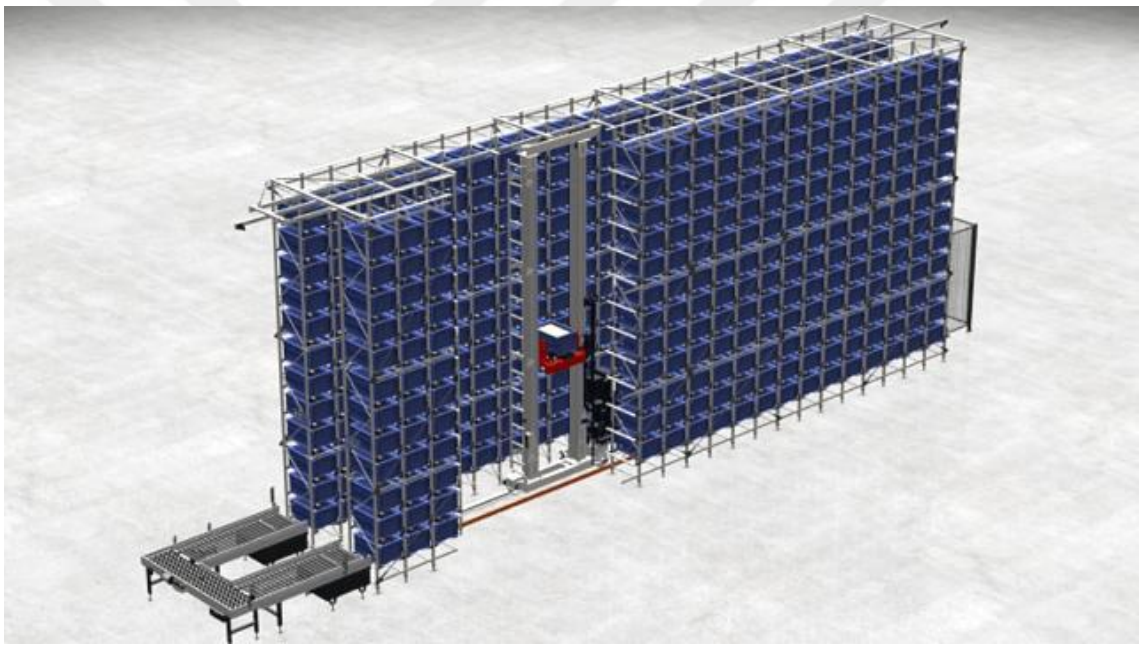
TOD çalışmasını yöneten kontrol sistemi, depolama ve toplama süreçlerini koordine eder. Bu sistem, otomatik taşıyıcıları yönlendirir, depolama alanını kontrol eder, envanter takibini sağlar ve iş süreçlerini optimize eder. Ayrıca, veri analizi ve raporlama gibi ek fonksiyonları da sağlayabilir.

TOD sistemleri, envanter yönetimi, stok takibi ve sipariş yönetimi gibi işlevler için veri tabanları ve özel yazılımlar kullanır. Bu yazılımlar, depolama süreçlerini optimize etmek, talep tahminlerini yapmak ve envanteri etkin bir şekilde yönetmek için veri analizi ve iş zekası yetenekleri sunar.

TOD sistemleri, depolama ve malzeme yönetimi süreçlerini otomatikleştirerek işletmelere bir dizi avantaj sağlar. Operasyonel verimliliği artırır, hataları azaltır, depolama alanının etkin kullanımını sağlar ve iş süreçlerini optimize eder. Aynı zamanda, TOD entegre kontrol ve yönetim sistemleri, işletmelere envanter yönetimi, stok takibi ve raporlama gibi işlevleri gerçekleştirme yeteneği sağlar. Bu da işletmelere daha iyi kararlar alabilmeleri ve verimliliklerini artırabilmeleri için gerekli bilgileri sağlar (Minashkina ve Happonen, 2020).

3.2.2. Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif yük ODBS, Mekik sistemler)

Koli ve sepet bazlı çözümler, depo yönetim sistemlerinde yenilikçi bir yaklaşım olarak, depo operasyonlarında hız, esneklik ve verimlilik sağlamayı hedefleyen teknolojik çözümler arasında yer almaktadır. Özellikle hafif yük otomatik depolama ve boşaltma sistemleri (ODBS) ile mekik sistemler, yüksek sipariş hacmi ve ürün çeşitliliği bulunan sektörlerde süreçleri optimize etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 7'de örnek bir Hafif Yük ODBS sistemi görseli verilmiştir. Bu sistemler, depo operasyonlarını hızlandırarak müşteri taleplerine daha hızlı yanıt verilmesini sağlamakta ve operasyonel maliyetleri düşürmektedir (Boysen, De Koster ve Weidinger, 2019).

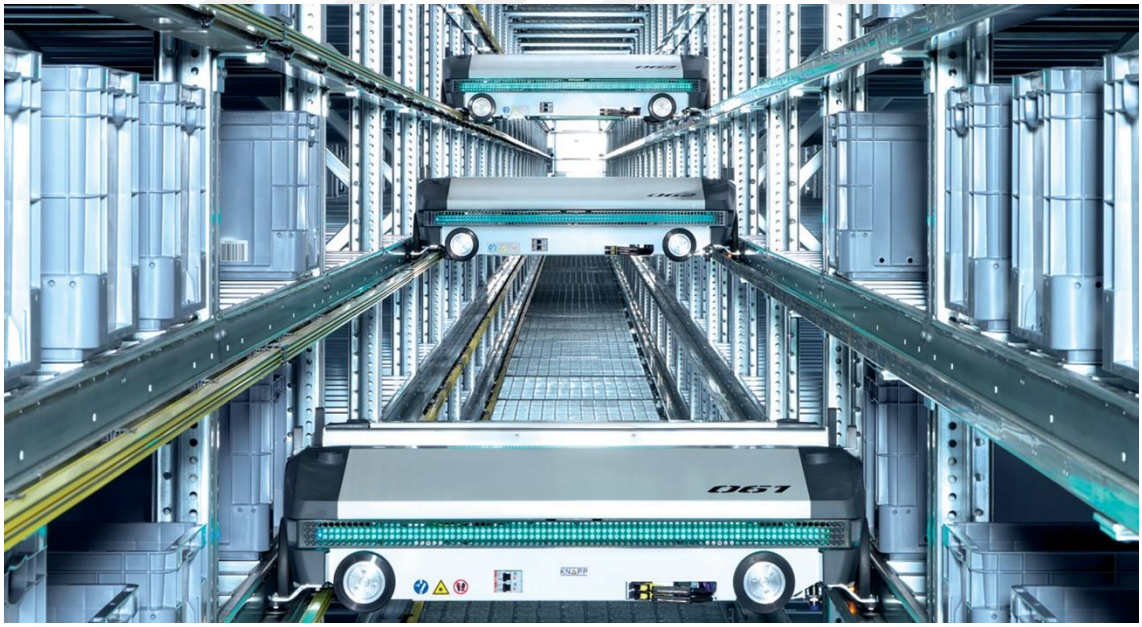


Şekil 7. Hafif Yük ODBS (Daifuku, 2024)

Hafif yük otomatik depolama ve boşaltma sistemleri, depo içinde küçük hacimli ve hafif ürünlerin depolanması ve alınması süreçlerinde otomasyon sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler, genellikle dikey depolama alanları kullanarak yerden tasarruf etmeyi ve depolama yoğunluğunu artırmayı hedefler. Raf sistemlerine ürün yerleştirme ve alma işlemlerini otomatikleştiren bu sistemler, özellikle hazır giyim ve e-ticaret sektörlerinde sıklıkla tercih edilmektedir (Roodbergen ve Vis, 2009). Ayrıca, hafif yük ODBS sistemleri, gerçek zamanlı envanter kontrolü ve izlenebilirlik sağlama özelliğiyle depo

süreçlerini daha şeffaf hale getirir. Bu sistemler, manuel operasyonlara kıyasla hata oranlarını düşürerek süreçlerin doğruluğunu artırmakta ve müşteri memnuniyetini olumlu yönde etkilemektedir (Bartholdi ve Hackman, 2019).

Mekik sistemler ise depo içindeki raf koridorlarında hareket eden yarı otomatik veya tam otomatik taşıma sistemleridir. Bu sistemler, ürünlerin yerleştirilmesi, taşınması ve alınması süreçlerini hızlandırarak depo operasyonlarını optimize eder. Taşıyıcı robot, genellikle bir taşıma platformu üzerinde hareket ederek, ürünleri raf sisteminin derinliklerine yerleştirir ya da çıkarır. Merkezi bir yazılım tarafından yönetilen bu sistemler, depo süreçlerinde hız ve esneklik sağlamanın yanı sıra depolama kapasitesini artırır (Tompkins vd., 2010). Mekik sistemler, dar koridor tasarımı ile yüksek yoğunluklu depolama imkanı sunarken, çok katmanlı çalışma yapısı sayesinde depo alanının daha etkin kullanılmasını sağlar (Henn ve Wäscher, 2012). Ayrıca, bu sistemler, depo alanını en iyi şekilde kullanarak daha fazla ürünü daha az alanda depolamayı mümkün kılar. Şekil 8'de örnek bir mekik sistem gösterilmektedir.



Şekil 8. Mekik Sistemler (Knapp Benelux, 2024)

Bu teknolojilerin sağladığı avantajlar arasında, yüksek işlem hızı ve esneklikle birlikte, depo süreçlerinde operasyonel maliyetlerin azaltılması yer almaktadır. Özellikle hazır giyim sektöründe, sezonsal dalgalanmaların ve yoğun talebin etkili bir şekilde yönetilmesi için bu çözümler kritik öneme sahiptir. Mekik sistemler ve hafif yük ODBS,

manuel operasyonlara kıyasla süreçlerin doğruluğunu artırmakta ve iş gücüne olan bağımlılığı azaltmaktadır. Sipariş karşılama süreçlerinde hız ve doğruluk sağlamak, müşteri memnuniyeti açısından da önemli bir rol oynamaktadır.

Gelecekte, bu sistemlerin yapay zeka ve robotik teknolojilerle entegrasyonu, depo süreçlerinin verimliliğini daha da artırabilir. Örneğin, algoritma tabanlı rota optimizasyonu ve dinamik envanter yönetimi gibi özelliklerin bu sistemlere eklenmesi, süreçlerin daha öngörülebilir ve ölçeklenebilir hale gelmesini sağlayacaktır. Bu nedenle, işletmelerin depo yönetiminde bu teknolojileri benimsemeleri, operasyonel sürdürülebilirlik açısından stratejik bir gereklilik haline gelmektedir.

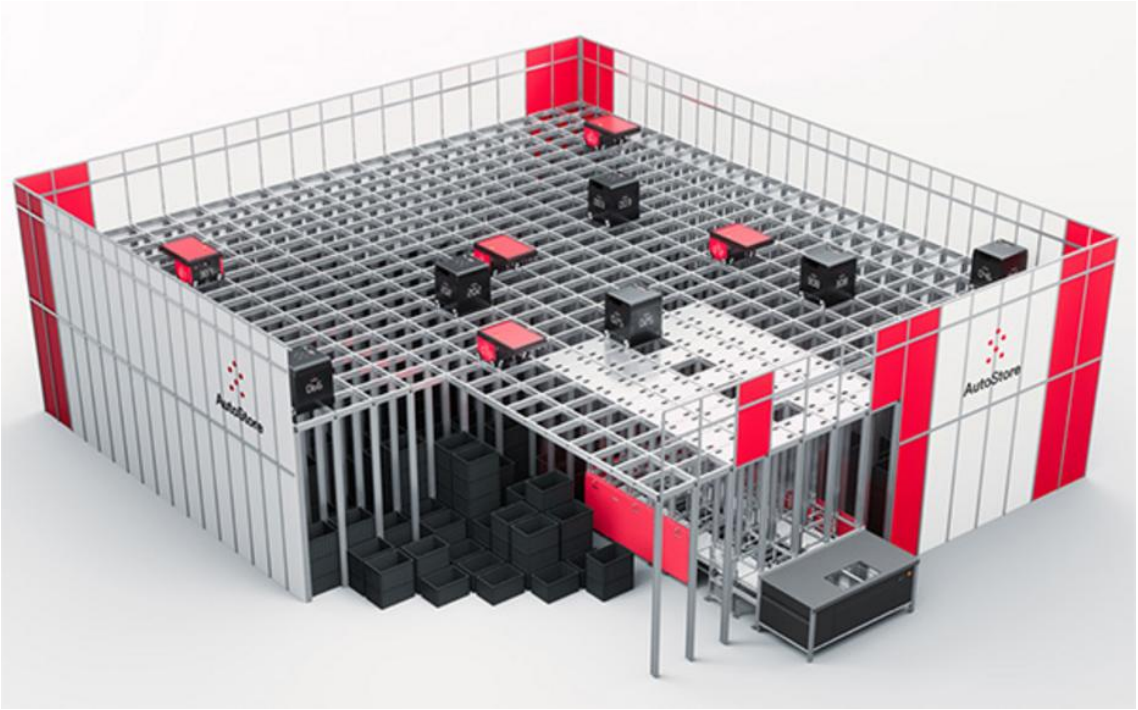
3.2.3. Izgara tabanlı sistemler

Izgara tabanlı sistemler, depo otomasyonunda esnekliği ve depolama yoğunluğunu artırmak için kullanılan yenilikçi bir teknolojidir. Bu sistemler, ürünlerin bir ızgara yapısı altında modüler kutular içinde saklandığı ve robotik taşıma araçları tarafından yönetildiği bir yapı sunar. Izgara tabanlı sistemlerin önde gelen örneklerinden biri olan AutoStore, depo yönetiminde devrim yaratmış ve özellikle e-ticaret ile perakende sektörlerinde yüksek verimlilik sağlamıştır (Johansen ve Riise, 2021).

AutoStore sistemi, geleneksel depo düzenlerinden farklı olarak, dikey bir ızgara yapısı üzerinde çalışır. Sistem, ürünlerin plastik kutular içinde saklandığı ve bu kutuların bir ızgara yapısında üst üste istiflendiği bir depolama yapısı sunar. Bu yapı, depo alanının en verimli şekilde kullanılmasını sağlar. Kutular, ızgaranın üst kısmında hareket eden robotlar tarafından taşınır ve sipariş hazırlama veya stok yenileme süreçlerinde kullanılır (Smith, 2020). Robotlar, siparişe göre kutuları alır, belirlenen bir toplama istasyonuna getirir ve işlem tamamlandıktan sonra kutuları tekrar depoya yerleştirir. Bu süreç tamamen yazılım tarafından kontrol edilmekte ve depo süreçlerinde doğruluğu artırmaktadır (Faber vd., 2020).

AutoStore'un en dikkat çekici avantajlarından biri, alan kullanımını maksimize etmesidir. Geleneksel raf sistemlerine kıyasla, bu sistem depo alanının %75'e kadar daha verimli kullanılmasını sağlar. Ayrıca, enerji verimliliği açısından da ön plandadır; AutoStore robotları düşük enerji tüketimi ile çalışır ve birçok durumda geleneksel depo

ekipmanlarından daha sürdürülebilir bir seçenek sunar (Koster ve Van de Velde, 2022). Sistem, aynı zamanda modüler bir yapıya sahiptir; bu da şirketlerin depolama ihtiyaçlarına göre sistemlerini genişletmelerine veya yeniden düzenlemelerine olanak tanır. Şekil 9'da örnek bir ızgara tabanlı sistem gösterilmektedir.



Şekil 9. Izgara Tabanlı Sistemler (Fives Group, 2024)

Izgara tabanlı sistemlerin bir diğer avantajı, operasyonel esnekliğidir. Özellikle e-ticaret gibi yüksek sipariş hacmine sahip sektörlerde, hızlı sipariş hazırlama yeteneği önemli bir avantaj sağlamaktadır. Sistem, aynı anda birden fazla sipariş üzerinde çalışabilen robotik yapısı sayesinde sipariş işleme sürelerini kısaltır. Ayrıca, manuel işlemlerde sıklıkla karşılaşılan hata oranları bu sistemle büyük ölçüde azaltılmıştır (Gu vd., 2010).

Gelecekte, ızgara tabanlı sistemlerin yapay zeka ve makine öğrenimi teknolojileri ile entegre edilmesi beklenmektedir. Bu, sistemlerin daha öngörülebilir ve verimli hale gelmesini sağlayacak ve depo operasyonlarının daha akıllı bir şekilde yönetilmesine olanak tanıyacaktır. AutoStore gibi sistemler, depo yönetiminde bir standart haline gelmekte ve işletmelerin rekabet avantajını artırmaktadır. Özellikle sürdürülebilirlik, hız ve doğruluk arayan işletmeler için bu sistemler, uzun vadeli stratejik bir yatırım olarak değerlendirilmektedir.

3.2.4. Karusel çözümleri (Dikey veya yatay karusel)

Karusel çözümleri, depolama ve sipariş karşılama süreçlerinde esneklik ve verimlilik sağlamak amacıyla geliştirilmiş otomasyon sistemleridir. Dikey ve yatay olarak iki farklı türde uygulanan bu sistemler, alan kullanımını optimize ederek depo operasyonlarının hızını ve doğruluğunu artırır. Karusel sistemleri, özellikle sıkça erişim gerektiren ürünlerin depolanması ve hızlı bir şekilde alınması için ideal bir çözüm sunar. Dikey karuseller, ürünlerin dikey bir düzlemde, dönen bir mekanizma ile hareket ettirildiği ve toplama işlemlerinin ergonomik olarak optimize edildiği sistemlerdir (Bartholdi ve Hackman, 2019). Yatay karuseller ise benzer şekilde yatay bir eksende hareket eden raflardan oluşur ve sipariş toplama işlemlerini hızlandırır (Frazelle, 2002).

Dikey karuseller, ürünlerin az yer kaplayan bir yapı içerisinde istiflenmesini sağlar ve depolama kapasitesini artırır. Bu sistemler, özellikle sınırlı alana sahip depolarda büyük avantajlar sunar. Ürünler, bir düğme veya yazılım aracılığıyla çağrıldığında operatörün erişimine ergonomik bir şekilde getirilir. Bu, operatör hareketlerini en aza indirir ve sipariş hazırlama sürelerini kısaltır (Gu vd., 2010). Ayrıca, dikey karuseller, ürünlerin kapalı bir sistemde saklanması sayesinde güvenlik ve düzen açısından da fayda sağlar. Şekil 10'da örnek bir Dikey Karusel Sistemi gösterilmektedir.



Şekil 10. Dikey Karusel (Kardex Storage Systems, 2024)

Yatay karuseller ise geniş alanların kullanılabildiği depolarda tercih edilir ve toplama işlemleri sırasında birden fazla sipariş üzerinde aynı anda çalışılmasını mümkün kılar. Bu sistemler, özellikle yüksek sipariş hacmine sahip depo ortamlarında operasyonel verimliliği artırır. Yatay karusellerin döngü süreleri, sipariş toplama sürecindeki gecikmeleri minimize ederek hızlı bir iş akışı sağlar. Bu sistemler, operatörlerin ürünlere ulaşmak için harcadığı zamanı önemli ölçüde azaltır ve işlem başına verimliliği artırır (Tompkins vd., 2010).

3.2.5. Otomatik yönlendirmeli araçlar (OYA)

Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA), depo otomasyonunda malzeme taşıma süreçlerini optimize etmek için kullanılan, belirlenen rotalarda otonom olarak hareket eden araçlardır. OYA sistemleri, özellikle depo operasyonlarında insan gücüne olan bağımlılığı azaltırken, taşıma süreçlerinde hız, doğruluk ve güvenlik sağlar. Bu araçlar, sensörler, lazer tarayıcılar ve GPS gibi teknolojilerle donatılmış olup, belirlenen güzergahlarda çarpışmaları önleyerek sorunsuz bir taşıma işlemi gerçekleştirebilir (Gu vd., 2010).

OYA sistemlerinin temel işlevleri arasında depo içi taşıma, malzeme toplama ve belirli alanlara ürün teslimi bulunmaktadır. Sistem, merkezi bir yazılım tarafından yönetilir ve depo yönetim sistemleri ile tam entegrasyon içinde çalışır. Bu entegrasyon, malzeme taşıma süreçlerinin gerçek zamanlı izlenmesini ve optimize edilmesini sağlar. Depo operasyonlarında genellikle ağır yüklerin veya sık taşınan malzemelerin transferinde kullanılan OYA'lar, verimlilik artışı ve maliyet düşüşü sağlamada kritik bir rol oynar.

OYA sistemlerinin en önemli avantajlarından biri esnekliğidir. Sistem, depo düzenine göre yeniden programlanabilir ve bu sayede işletmelerin değişen ihtiyaçlarına hızlı bir şekilde adapte olabilir. Ayrıca, OYA'lar enerji verimliliği sağlayan bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Elektrik motorları ile çalışan bu araçlar, geleneksel taşıma ekipmanlarına kıyasla daha düşük enerji tüketir ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunur (Roodbergen ve Vis, 2009). Güvenlik açısından ise OYA sistemleri, çarpışma önleyici sensörlerle donatılmıştır ve insan kaynaklı kazaları minimize eder. Bu, özellikle yoğun depo ortamlarında iş güvenliğini artırmaktadır.

OYA sistemlerinin kullanım alanları geniştir. Özellikle e-ticaret ve hazır giyim sektörlerinde, hızlı sipariş hazırlama süreçleri için uygun bir çözüm sunar. Örneğin, belirli ürünlerin depodan çıkarılması ve paketleme istasyonlarına taşınması gibi işlemler, OYA sistemleri ile büyük ölçüde hızlandırılabilir. Ayrıca, bu sistemler, karmaşık depo düzenlerinde veya büyük hacimli depolarda operasyonel süreçlerin sorunsuz işlemesini sağlar (Bartholdi ve Hackman, 2019).

Gelecekte, OYA sistemlerinin yapay zeka ve makine öğrenimi ile entegre edilmesi beklenmektedir. Bu entegrasyon, sistemlerin daha akıllı hale gelmesini sağlayarak rota optimizasyonu, iş yükü dengelemesi ve kendini organize edebilen taşıma sistemlerinin ortaya çıkmasına yol açacaktır. Böylece, depo otomasyonunda OYA sistemleri, daha ileri düzeyde bir verimlilik ve esneklik sunarak işletmelere rekabet avantajı sağlamaya devam edecektir. Şekil 11'de örnek OYA'lar gösterilmektedir.



Şekil 11. OYA (Made-in-China, 2024)

3.2.6. Otonom mobil robot (OMR)

Otonom Mobil Robot (OMR), malzemelerin otomatik olarak toplandığı ve depolama alanından kişilere taşındığı bir depolama ve malzeme yönetimi yaklaşımıdır. Bu sistemler, depo personellerinin ürünleri toplamak için depo içinde dolaşmasının yerine, otomatik taşıyıcılar veya robotlar aracılığıyla ürünleri doğrudan bir toplama istasyonuna taşır. Bu sayede, operatörlerin ürünleri aramak ve toplamak için harcadıkları zaman ve çabayı azaltırken, süreçleri hızlandırır ve verimliliği artırır (Bogue, 2016). Şekil 12'de örnek bir OMR cihazı olan Amazon Kiva cihazı gösterilmektedir.



Şekil 12. Amazon Kiva – OMR (Bogue, 2016)

OMR sistemleri, ürünleri toplamak ve taşımak için otomatik taşıyıcılar veya robotlar kullanır. Bu taşıyıcılar, depolama alanında ürünleri depolar veya toplama istasyonları arasında taşır. Otomatik taşıyıcılar, belirli bir ürünü hedeflenen alana götürmek için programlanabilir veya yönlendirilebilir.

OMR sistemlerinde, otomatik taşıyıcılar tarafından getirilen ürünler, toplama istasyonlarında işlenir. Bu istasyonlar, operatörlerin ürünleri alması, siparişleri paketlemesi veya diğer işlemleri gerçekleştirmesi için tasarlanmıştır. Toplama istasyonları genellikle ergonomik olarak düzenlenmiş ve operatörlere hızlı ve etkili bir şekilde çalışmalarını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

OMR sistemlerinin çalışmasını yöneten bir kontrol ve yönetim sistemi bulunur. Bu sistem, otomatik taşıyıcıları yönlendirir, toplama işlemlerini koordine eder ve veri analizi, envanter yönetimi gibi işlevleri sağlar. Ayrıca, operatörlere iş emirleri sağlar, performansı izler ve süreçlerin optimize edilmesine yardımcı olur (Bogue, 2016).

3.3.Sipariş Toplama Sistemleri

Sipariş toplama sistemleri, depo ve lojistik operasyonlarının en kritik aşamalarından biridir. Bu sistemler, müşterilerden gelen siparişlerin depo içinde doğru ürünlerden ve doğru miktarda toplanmasını sağlar. Gelişen otomasyon teknolojileri sayesinde, sipariş toplama süreçleri daha hızlı, daha doğru ve daha verimli hale gelmiştir. Sipariş toplama, e-ticaret, perakende ve lojistik sektörlerinde müşteri memnuniyetini doğrudan etkileyen önemli bir süreçtir. Günümüzde, Işıklı Toplama Sistemi (ITS), Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT), Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT) ve Robotik Ürün Toplama (RÜT) gibi teknolojiler bu süreçte yaygın olarak kullanılmaktadır (Gu vd., 2010).

Sipariş toplama süreçleri, depo operasyon maliyetlerinin büyük bir kısmını oluşturur ve genellikle tüm depo faaliyetlerinin yaklaşık %50'sini kapsar (Frazelle, 2002). Bu nedenle, sipariş toplama işlemlerinin verimliliğini artırmak, genel depo performansı için kritik öneme sahiptir. Manuel toplama sistemleri geçmişte yaygın olsa da, artan talep hacmi ve müşteri beklentileri, bu süreçlerde otomasyonun önemini artırmıştır.

3.3.1. Işıklı toplama sistemi (ITS)

Işıklı Toplama Sistemi (ITS), depo ve lojistik operasyonlarında sipariş toplama süreçlerini optimize etmek için kullanılan, operatörlere görsel rehberlik sunan bir teknolojidir. Bu sistem, siparişlerin doğru ve hızlı bir şekilde toplanmasını sağlayarak hem verimliliği artırır hem de hata oranlarını düşürür. ITS, özellikle e-ticaret, perakende ve hazır giyim gibi sektörlerde sıklıkla tercih edilen yenilikçi bir çözüm olarak dikkat çeker. Sistemin çalışma prensibi, ilgili raf veya depolama biriminde bulunan ışıklı göstergelerin, operatörlere hangi ürünü ve hangi miktarda toplayacaklarını bildirmesidir (Gu vd., 2010).

ITS, depo yönetim sistemleri veya sipariş yönetim sistemleri ile entegre bir şekilde çalışır. Sipariş bilgileri sisteme iletildiğinde, ürünlerin depolandığı yerler tespit edilir ve bu bilgiyi ışıklı göstergeler aracılığıyla operatöre iletir. Operatör, ışık sinyalini takip ederek doğru ürüne ulaşır ve işlemi tamamladıktan sonra göstergede bulunan bir düğmeye basarak sistemi bilgilendirir. Bu işlem, bir sonraki toplama görevine geçmeden önce doğrulama amacıyla sistem tarafından kaydedilir. Bu sayede, operasyonel süreçler hızlanırken doğruluk seviyesi önemli ölçüde artırılmış olur (Roodbergen ve Vis, 2009).

ITS, toplama süreçlerini daha hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirme yeteneğiyle işletmelere çeşitli avantajlar sunar. Işık göstergelerinin operatörlere görsel rehberlik sağlaması, toplama işlemlerinin süresini kısaltır ve hata oranlarını minimum seviyeye indirir. Kullanıcı dostu bir tasarıma sahip olan sistem, operatörlerin hızlı bir şekilde adapte olmasını sağlar ve eğitim sürelerini önemli ölçüde azaltır. Ayrıca, ITS'nin depo yönetim sistemleriyle entegrasyonu sayesinde sipariş toplama süreçleri gerçek zamanlı olarak izlenebilir ve raporlanabilir. Bu, envanter yönetiminin daha etkili bir şekilde yapılmasına olanak tanır ve işletmelere operasyonel süreçlerini iyileştirme fırsatı sunar (Tompkins vd., 2010).

ITS, birçok sektörde farklı uygulama alanlarına sahiptir. Özellikle e-ticaret sektöründe, küçük ve sık siparişlerin yönetimi sırasında hız ve doğruluk sağlamak için yaygın olarak kullanılır. Hazır giyim sektöründe ise sezonluk ürün hareketliliğinin yoğun olduğu dönemlerde ITS, ürünlerin hızlı bir şekilde toplanmasını ve hatasız bir şekilde teslim edilmesini kolaylaştırır. Ayrıca, perakende sektöründe çok çeşitli ürünlerin bulunduğu depolarda ITS, karmaşık sipariş süreçlerini basitleştirerek operatörlere önemli ölçüde yardımcı olur.

Bununla birlikte, ITS'nin belirli sınırlamaları da bulunmaktadır. Bu sistemler, genellikle yüksek başlangıç maliyetlerine sahiptir ve mevcut depo altyapısına entegre edilmesi zaman alabilir. Ayrıca, çok geniş veya çok katmanlı depo düzenlerinde ITS'nin etkili bir şekilde uygulanması zorluklar içerebilir. Bununla birlikte, bu sınırlamalar genellikle ITS'nin sunduğu avantajlar ve uzun vadeli faydalar göz önüne alındığında önemsiz kalmaktadır (Bartholdi ve Hackman, 2019).

3.3.2. Ses yönlendirmeli toplama (SYT)

Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT), depo ve lojistik operasyonlarında sipariş toplama süreçlerini daha verimli ve doğru bir şekilde gerçekleştirmek için kullanılan yenilikçi bir teknolojidir. SYT, operatörlere sesli komutlar aracılığıyla rehberlik eder ve toplama işlemlerinin hızlı bir şekilde tamamlanmasını sağlar. Operatörler, kulaklık ve mikrofon gibi cihazlar kullanarak sistemle iletişim kurar. Sistem, sipariş bilgilerini depo yönetim sistemlerinden alarak operatöre hangi ürünleri, hangi miktarlarda ve hangi konumdan toplaması gerektiğini bildirir. Operatör toplama işlemini tamamladığında sesli onay verir ve sistem bir sonraki talimatı iletir (Bartholdi ve Hackman, 2019).

SYT'nin en önemli avantajlarından biri, operatörlerin ellerini serbest bırakarak fiziksel işlemleri daha hızlı gerçekleştirebilmesidir. Bu durum, manuel işlemler sırasında sıkça karşılaşılan yavaşlamaları ortadan kaldırır ve işlem hızını artırır. Sesli komutlar, operatörlerin dikkatini yalnızca toplama işlemine yönlendirdiğinden, hata oranlarını önemli ölçüde azaltır. Ayrıca, SYT'nin çok dilli destek sunabilmesi, farklı dillerde çalışan personelin sistemi kolayca kullanmasına olanak tanır. Özellikle geniş ürün yelpazesine sahip ve büyük depo alanlarında faaliyet gösteren işletmeler için bu teknoloji büyük bir avantaj sağlamaktadır (Gu vd., 2010).

Ses yönlendirmeli toplama, farklı sektörlerde geniş bir uygulama alanına sahiptir. SYT, operasyonel süreçlerin daha etkili bir şekilde yönetilmesini sağlar, depolar arası sevkiyatlarda ve dağıtım merkezlerinde kullanılan ürün toplama süreçlerinde sıklıkla tercih edilmektedir (Frazelle, 2002).

SYT'nin çalışma prensibi, yalnızca operatörleri yönlendirmekle kalmayıp, toplama işlemlerinin gerçek zamanlı olarak kaydedilmesine de olanak tanır. Sistem, toplama sürecinde meydana gelen her bir işlem için verileri kaydeder ve bu veriler, envanter yönetiminde kullanılabilir. Bu özellik, işletmelerin daha iyi veri analitiği yapmasına ve envanter kontrol süreçlerini optimize etmesine imkan tanır. Ayrıca, sistemin gerçek zamanlı izleme özelliği, toplama işlemlerindeki gecikmeleri ve aksaklıkları hızlı bir şekilde tespit ederek süreçlerin kesintisiz devam etmesini sağlar (Roodbergen ve Vis, 2009).

Bununla birlikte, SYT'nin bazı sınırlamaları da bulunmaktadır. İlk olarak, sistemin kurulumu ve entegrasyonu başlangıçta yüksek bir yatırım maliyeti gerektirebilir. Özellikle mevcut depo sistemlerine SYT'nin entegrasyonu zaman alabilir ve teknik uzmanlık gerektirir. Ayrıca, sistemin tam verimlilikle çalışabilmesi için operatörlerin sesli komutlara alışması ve bu teknolojiyi etkin bir şekilde kullanmayı öğrenmesi gerekebilir. Ancak bu tür sınırlamalar, SYT'nin uzun vadeli faydaları göz önüne alındığında genellikle ihmal edilebilir seviyededir (Tompkins vd., 2010).

Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT), depo ve lojistik operasyonlarında hız, doğruluk ve verimlilik sağlayan önemli bir teknolojidir. Özellikle büyük depo ortamlarında ve geniş ürün yelpazesine sahip işletmelerde, SYT'nin avantajları operasyonel süreçlere doğrudan katkı sağlar. Maliyet ve entegrasyon gibi başlangıç zorluklarına rağmen, SYT'nin sunduğu faydalar, depo yönetiminde bu teknolojinin giderek daha yaygın bir şekilde kullanılmasına yol açmaktadır.

3.3.3. Artırılmış gerçeklik destekli toplama (AGDT)

Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT), depo ve lojistik operasyonlarında sipariş toplama süreçlerini daha hızlı, daha doğru ve daha verimli bir şekilde gerçekleştirmek için artırılmış gerçeklik teknolojisini kullanan yenilikçi bir çözümdür. AGDT, operatörlere toplama sürecinde görsel rehberlik sağlayarak doğru ürünlerin doğru yerlerden alınmasını kolaylaştırır. Bu teknoloji, operatörlerin gözlükleri, tabletler veya başa takılan ekranlar aracılığıyla ürünlerin konumlarını, toplama miktarlarını ve ilgili diğer bilgileri gerçek zamanlı olarak görmelerine olanak tanır. Böylece, operatörlerin hata yapma olasılığı önemli ölçüde azalırken, toplama işlemleri hızlanır ve süreç verimliliği artar (Faber vd., 2020).

AGDT'nin temel çalışma prensibi, sipariş bilgilerini depo yönetim sistemlerinden alarak operatörün ürünleri toplaması gereken noktalara dair görsel yönlendirmeler sunmasıdır. Operatör, artırılmış gerçeklik cihazını kullanarak depo içindeki ürünlerin yerlerini hızlı bir şekilde bulabilir ve doğru ürünü toplayabilir. Sistem, toplama işlemi sırasında alınan bilgileri gerçek zamanlı olarak kaydeder ve bir sonraki toplama talimatını verir. Bu süreç, toplama işlemlerini daha organize ve etkili hale getirir.

Artırılmış gerçeklik destekli toplama sisteminin en dikkat çekici özelliklerinden biri, kullanıcı dostu olması ve öğrenme süresini önemli ölçüde azaltmasıdır. Yeni bir operatör, karmaşık depo düzenlerini kısa sürede öğrenebilir ve verimli bir şekilde çalışmaya başlayabilir. AGDT ayrıca, operatörlerin toplama noktalarına daha hızlı ulaşmasını sağladığından, fiziksel çabayı ve yorulmayı azaltır. Bu durum, operatörlerin daha uzun süre verimli çalışmasını ve iş güvenliğinin artmasını sağlar (Koster ve Van de Velde, 2022).

AGDT, özellikle geniş ürün yelpazesi olan ve karmaşık depo düzenine sahip işletmeler için ideal bir çözümdür. E-ticaret sektöründe, küçük ve sık siparişlerin hızlı bir şekilde toplanmasını sağlamak için kullanılmaktadır. Hazır giyim sektöründe ise, sezonluk yoğunlukların yönetiminde ürünlerin doğru ve hızlı bir şekilde toplanmasını kolaylaştırır. Lojistik sektöründe, büyük depoların karmaşık düzenlerinde toplama sürecini basitleştirerek önemli avantajlar sağlar. Ayrıca, AGDT'nin depolama ve sevkiyat süreçlerinde entegre bir çözüm sunması, işletmelerin operasyonel verimliliğini artırmasına yardımcı olur.

Bu teknolojinin sunduğu avantajlar arasında en dikkat çekici olanlarından biri, toplama süreçlerinde doğruluğun artırılmasıdır. Görsel rehberlik sayesinde operatörler, hangi ürünü ve hangi miktarda toplayacaklarını açık bir şekilde görebilir ve bu sayede hata oranları önemli ölçüde düşer. Ayrıca, AGDT'nin gerçek zamanlı veri takibi ve raporlama özellikleri, işletmelere daha iyi envanter yönetimi ve süreç optimizasyonu imkanı sunar (Roodbergen ve Vis, 2009).

AGDT'nin dezavantajları arasında, sistemin başlangıç maliyetleri ve teknolojik altyapı gereksinimleri yer almaktadır. Artırılmış gerçeklik cihazlarının ve yazılım entegrasyonlarının yüksek maliyeti, küçük ölçekli işletmeler için bir engel olabilir. Ayrıca, bu sistemlerin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için teknik uzmanlık ve eğitim gereklidir. Ancak, bu sınırlamaların uzun vadede AGDT'nin sunduğu faydalarla dengelendiği ve işletmelere yüksek getiri sağladığı görülmektedir (Tompkins vd., 2010).

Gelecekte, artırılmış gerçeklik destekli toplama sistemlerinin yapay zeka (AI) ve nesnelerin interneti (IoT) teknolojileriyle entegrasyonu, bu sistemlerin daha akıllı ve

etkili hale gelmesini sağlayacaktır. Örneğin, yapay zeka destekli AGDT sistemleri, toplama rotalarını dinamik olarak optimize ederek süreçleri daha verimli hale getirebilir. Ayrıca, bu sistemlerin robotik toplama teknolojileri ile birleştirilmesi, insan gücü gereksinimini daha da azaltarak tam otomasyona geçişi hızlandırabilir (Faber vd., 2020).

3.3.4. Robotik ürün toplama (RÜT)

Robotik Ürün Toplama (RÜT), depo ve lojistik operasyonlarında sipariş toplama süreçlerini tamamen otomatikleştirerek insan müdahalesini minimuma indiren, gelişmiş bir teknolojidir. Bu sistem, depolanan ürünleri belirlemek, toplamak ve taşımak için robotik cihazlar ve yapay zeka teknolojilerini bir araya getirir. RÜT, modern depo operasyonlarında hız, doğruluk ve verimlilik sağlaması nedeniyle giderek daha fazla tercih edilmektedir. Robotik sistemler, sensörler, kameralar ve gelişmiş algoritmalarla donatılmış olup, ürünlerin yerlerini algılayarak optimal bir rota planlaması yapar ve sipariş toplama işlemini gerçekleştirir (Gu vd., 2010).

Robotik ürün toplama sistemleri, özellikle büyük hacimli siparişlerin işlendiği e-ticaret ve perakende sektörlerinde önemli avantajlar sunmaktadır. Sistem, siparişlerin toplama noktalarına doğru ve hızlı bir şekilde getirilmesini sağlar. Robotlar, birden fazla siparişi aynı anda işleyebilir ve bu sayede toplama süresini önemli ölçüde kısaltır. İnsan müdahalesine ihtiyaç duymadan çalışabilen robotlar, 7/24 çalışma kapasitesine sahiptir ve böylece işletmelere operasyonel süreklilik sağlar.

RÜT'ün temel avantajlarından biri, hata oranlarını önemli ölçüde azaltmasıdır. Robotik sistemler, ürünlerin doğru bir şekilde seçilmesini ve taşınmasını sağlamak için çeşitli doğrulama mekanizmalarına sahiptir. Bu, siparişlerin yanlış ürünlerle gönderilmesi gibi sorunları neredeyse tamamen ortadan kaldırır. Ayrıca, robotlar fiziksel iş yükünü azaltarak çalışanların ergonomik sorunlar yaşamasını önler ve iş güvenliğini artırır. Bu durum, insan iş gücünü daha stratejik görevlere yönlendirme imkanı sunar (Roodbergen ve Vis, 2009).

RÜT, farklı robot türleri ile çeşitli uygulama alanlarına sahiptir. Bunlar arasında mobil robotlar, taşıma robotları ve insansı robotlar bulunur. Mobil robotlar, depo içinde serbestçe hareket ederek ürünleri taşır ve belirlenen toplama noktalarına teslim eder.

Taşıma robotları ise raf sistemlerinde hareket ederek ürünleri toplar ve uygun bir şekilde taşır. İnsansı robotlar, daha karmaşık depo düzenlerinde insan iş gücüne benzer şekilde çalışabilir ve çok yönlü operasyonlar gerçekleştirebilir (Frazelle, 2002).

Bununla birlikte, RÜT sistemlerinin uygulanmasında bazı zorluklar da bulunmaktadır. Bu teknolojilerin başlangıç maliyetleri yüksektir ve işletmelerin sistem entegrasyonu sırasında altyapılarını yeniden düzenlemeleri gerekebilir. Ayrıca, sistemin düzgün çalışabilmesi için yazılım ve donanım entegrasyonunun doğru bir şekilde yapılması gereklidir. Bu tür teknolojilerin bakım ve onarım süreçleri de ek maliyetler doğurabilir. Ancak, uzun vadede RÜT, sunduğu hız, doğruluk ve operasyonel süreklilik avantajları ile bu maliyetlerin karşılığını fazlasıyla sağlamaktadır (Bartholdi ve Hackman, 2019).

Gelecekte, robotik ürün toplama sistemlerinin yapay zeka ve makine öğrenimi teknolojileriyle daha entegre hale gelmesi beklenmektedir. Bu entegrasyonlar, robotların toplama rotalarını daha akıllı bir şekilde optimize etmesine, depodaki diğer robotlarla iletişim kurarak iş yükünü dengelemesine ve daha karmaşık depo ortamlarında verimliliği artırmasına olanak tanıyacaktır. Ayrıca, robotik sistemlerin artırılmış gerçeklik teknolojisi ile birleşmesi, hem insan-robot etkileşimini geliştirecek hem de daha esnek ve uyarlanabilir depo çözümleri sunacaktır (Faber vd., 2020).

3.4. Sipariş Ayrıştırma Sistemleri

3.4.1. Otomatik ayrıştırma sistemleri (OAS)

Otomatik ayrıştırma sistemleri (OAS), lojistik ve dağıtım süreçlerinde kullanılan bir tür otomatik sıralama sistemidir. Bu sistemler, karmaşık bir ağa sahip olan ve büyük miktarda ürünün hızlı bir şekilde sıralanması ve ayrıştırılması gereken işletmelerde etkin bir şekilde kullanılır.

OAS genellikle konveyör bantlardan oluşur. Ürünler, konveyör bantlara yerleştirilir ve sistem tarafından belirlenen kriterlere göre otomatik olarak ayrıştırılır. Bu kriterler, ürünün boyutu, ağırlığı, şekli, barkod veya etiket bilgileri gibi özelliklere dayanabilir. Ürünler, konveyör bant boyunca hareket ederken, sistem tarafından tanımlanan hedeflere doğru yönlendirilir. OAS'de konveyörün yanı sıra tepsi üzerinde veya askılı

keseler ile ayrıştırma ve sıralama yapan sistemlerde mevcuttur (Tho vd., 2016). Şekil 13'te örnek bir otomatik ayrıştırma sistemi gösterilmektedir.



Şekil 13. Otomatik Ayrıştırma Sistemi (Ekol Lojistik, 2019)

Otomatik ayrıştırma sistemlerinin ana bileşenleri şunlardır:

Ana Hat: Ürünlerin taşınması ve yönlendirilmesi için konveyör bantlar, tepsiler veya askılı keseler kullanılır. Bu ana hat, ürünlerin sıralanması ve hedef noktalara taşınması için optimize edilmiştir.

Algılama Sistemleri: Algılama sensörleri ve kameralar, ürünleri tanımak ve belirlenmiş kriterlere göre sıralamak için kullanılır. Barkodlar, etiketler veya görüntü işleme teknolojisi gibi yöntemlerle ürünlerin özellikleri tespit edilir.

Yönlendirme Mekanizmaları: Otomatik ayrıştırma sistemleri, ürünleri doğru hedef noktalarına yönlendirmek için çeşitli mekanizmalar kullanır. Bunlar arasında çapraz kayış, eğimli veya itmeli tepsi, askı sistemi olabilir.

Kontrol ve Yazılım Sistemi: Otomatik ayrıştırma sistemleri, karmaşık bir kontrol ve yazılım sistemiyle entegre edilir. Bu sistem, ürünlerin tanınması, sıralanması ve yönlendirilmesi için gerekli işlemleri gerçekleştirir.

Otomatik ayrıştırma sistemleri palet bazlı ayrıştırma, koli / sepet bazlı ayrıştırma ve adet bazlı ayrıştırma sistemleri olarak sınıflandırılmaktadır.

3.4.2. Işıklı dağıtma sistemi (IDS)

Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS), depo operasyonlarında sipariş toplama ve yerleştirme süreçlerini optimize etmek amacıyla kullanılan bir otomasyon teknolojisidir. Sistem, özellikle e-ticaret sektöründe, depodan karışık şekilde toplanan ürünlerin LED ışıklar yardımıyla doğru siparişlere ayrıştırılmasını sağlar. Şekil 14'te örnek IDS sistemi görülmektedir. IDS, ürünlerin doğru siparişlere yönlendirilmesini hızlandırarak, operasyonel verimliliği artırır ve hata oranlarını azaltır. Operatör, LED ışıkların rehberliğinde hangi ürünün hangi siparişe ait olduğunu kolayca belirler ve ayrıştırma işlemini hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirir. Bu teknoloji, depo süreçlerinde doğruluk ve hız açısından kritik bir öneme sahiptir (Kim ve Hong, 2020).



Şekil 14. Işıklı Dağıtma Sistemi (Ekol Lojistik, 2019)

IDS, yalnızca sipariş ayrıştırma işlemleriyle sınırlı değildir; aynı zamanda Işıklı Yerleştirme Sistemi olarak da kullanılabilmektedir. Bu sistem, depoya gelen ürünlerin doğru lokasyonlara yerleştirilmesini sağlar. Depodaki her lokasyon, bir ışık modülüyle donatılmıştır. Ürün yerleştirme sırasında, ilgili ışık modülü yanar ve operatöre doğru lokasyonu gösterir. Operatör, ürünü doğru lokasyona yerleştirdikten sonra işlem onaylanır ve bir sonraki yerleştirme işlemi başlatılır. Bu özellik, ürünlerin düzenli bir

şekilde depolanmasını sağlarken, insan hatalarını minimuma indirir ve depo süreçlerinin daha verimli bir şekilde yönetilmesine katkıda bulunur (Roodbergen ve Vis, 2009).

IDS'nin hem dağıtma hem de yerleştirme versiyonları, depo operasyonlarında hızlı ve doğru işlem yapma kapasitesiyle dikkat çeker. Sistem, özellikle yoğun iş hacmine sahip depolarda operasyonel yükü azaltarak, çalışanların verimliliğini artırır ve hata oranlarını minimize eder. IDS, iş gücünün etkinliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda envanter yönetimi süreçlerinde izlenebilirlik ve şeffaflık sağlar. Bu özellikler, depo operasyonlarının hızını ve doğruluğunu artırırken, müşteri memnuniyetine de doğrudan katkı sağlar (Tompkins vd., 2010).

Gelişmiş otomasyon sistemleriyle entegre bir şekilde çalışabilen IDS, modern depo yönetiminde vazgeçilmez bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Depodan karışık olarak toplanan ürünlerin doğru siparişlere ayrıştırılması sırasında operatörlerin yönlendirilmesi için sağladığı görsel rehberlik, süreçlerin daha hızlı ve daha az hata ile tamamlanmasını sağlar. Benzer şekilde, yeni ürünlerin doğru raflara yerleştirilmesi sürecinde ışık modülleriyle sunulan görsel doğrulama, operatörlerin hata yapmasını engelleyerek ürün yerleşim sürecini kolaylaştırır (Tikwayo ve Mathaba, 2023).

Bununla birlikte, IDS'nin başlangıç maliyetleri ve teknolojik altyapı gereksinimleri, özellikle küçük ölçekli işletmeler için bir engel oluşturabilir. Ancak, IDS'nin uzun vadede sunduğu hız, doğruluk ve maliyet tasarrufu gibi avantajlar, bu yatırımı haklı çıkarır. Gelecekte, bu tür sistemlerin yapay zeka ve nesnelerin interneti teknolojileri ile entegre edilmesi, IDS'nin depo yönetiminde daha esnek ve akıllı çözümler sunmasını sağlayacaktır (Koster ve Van de Velde, 2022).

IDS, depo ve lojistik operasyonlarında hem sipariş ayrıştırma hem de ürün yerleştirme süreçlerinde doğruluk ve hız sağlayan önemli bir teknolojidir. IDS, modern depo yönetimi için sunduğu avantajlarla, hem iş gücünü daha verimli kullanmayı sağlar hem de operasyonel maliyetleri düşürür. Bu nedenle, IDS'nin kullanımı, rekabetçi sektörlerde işletmelere stratejik bir avantaj sunmaktadır.

3.5.Sipariş Paketleme Sistemleri (SPS)

Sipariş Paketleme Sistemleri (SPS), e-ticaret, perakende ve lojistik sektörlerinde kullanılan önemli otomasyon teknolojilerinden biridir. Bu sistemler, siparişlerin otomatik olarak paketlenmesini sağlayarak işletmelere zaman, iş gücü ve hata oranını azaltma konularında büyük avantajlar sunar. Özellikle artan talep hacmi ile başa çıkmaya çalışan işletmeler için operasyonel verimliliği arttırmada kritik bir rol oynar (Bartholdi ve Hackman, 2019).

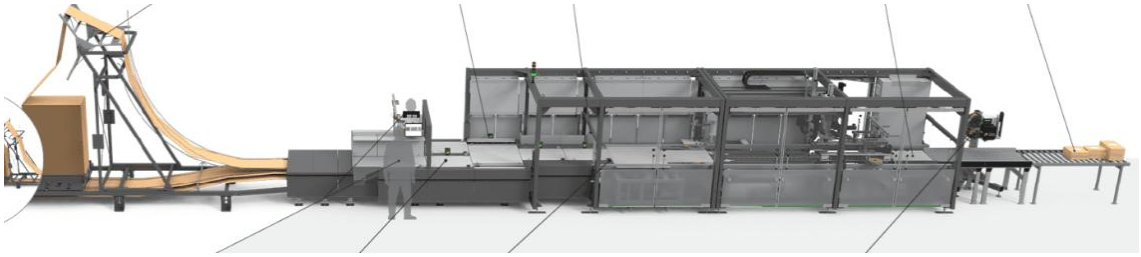
Sipariş paketleme süreci, işletmenin veri tabanından veya depo yönetim sisteminden alınan verilere dayanarak başlar. Ürünler, önceden belirlenen toplama noktalarına veya paketleme istasyonlarına yönlendirilir. Sensörler ve görüntü tanıma teknolojileri, ürünlerin kimliğini doğrular ve konumlarını belirler. Bu aşamada, robotlar veya mekanik kollar devreye girerek ürünlerin uygun şekilde paketlenmesini sağlar. Doğru ürünlerin doğru siparişlere paketlenmesi sağlanırken, sistem aynı zamanda kalite kontrol işlevini de yerine getirir. Sürecin sonunda, paketlenen ürünler otomatik olarak etiketlenir ve nakliye aşamasına hazır hale getirilir (Gu vd., 2010).

Tam otomatik sistemlerin yanı sıra, insan müdahalesi gerektiren yarı otomatik sistemler de bulunmaktadır. Yarı otomatik sistemlerde, ürünlerin yerleştirilmesi gibi belirli görevler insan iş gücüne bağlıdır. Ancak, bu tür sistemlerde bile otomasyon, iş gücünün üzerindeki yükü büyük ölçüde azaltır ve verimliliği artırır (Frazelle, 2002).

SPS'nin işletmelere sağladığı temel avantajlar arasında operasyonel verimlilik artışı, süreç hızlanması ve doğruluk oranlarının iyileştirilmesi bulunmaktadır. Bu sistemler, veri yönetimi ve izlenebilirlik sağlayarak daha iyi envanter kontrolü imkanı sunar. Ayrıca, iş gücünün stratejik görevlere yönlendirilmesine olanak tanıyarak çalışanların katma değerli faaliyetlere odaklanmasını sağlar (Tompkins vd., 2010). Esneklik ve özelleştirme imkanı sunan SPS, işletmelerin ihtiyaçlarına göre ölçeklenebilir ve uyarlanabilir bir yapıya sahiptir.

Bununla birlikte, otomatik sipariş paketleme sistemlerinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Yüksek yatırım maliyetleri, bu sistemlerin yaygınlaşmasını sınırlayan en önemli faktörlerden biridir. Ayrıca, entegrasyon süreçleri karmaşık olabilir ve

mevcut sistemlerle uyum sağlama aşaması zaman alabilir. Bakım ve onarım gereksinimleri, sistemin sürekli çalışmasını etkileyebilir. Özellikle yarı otomatik sistemlerde, insan müdahalesi gerektiren süreçlerin sürekliliği sağlama açısından risk taşıdığı durumlar olabilir (Roodbergen ve Vis, 2009).



Şekil 15. Otomatik Sipariş Paketleme Sistemi (Sparck Technologies, 2023)

Sipariş Paketleme Sistemleri, e-ticaret ve perakende sektörlerinde operasyonel süreçlerin hızını ve doğruluğunu artırarak verimlilik sağlar. Yüksek yatırım maliyetleri ve entegrasyon zorlukları gibi dezavantajlarına rağmen, SPS, işletmeler için kritik bir otomasyon teknolojisi olarak öne çıkmaktadır. Gelecekte yapay zeka ve veri analitiği ile entegre edilmiş SPS çözümleri, sistemlerin daha akıllı ve esnek hale gelmesine olanak sağlayabilir.

4. YÖNTEM

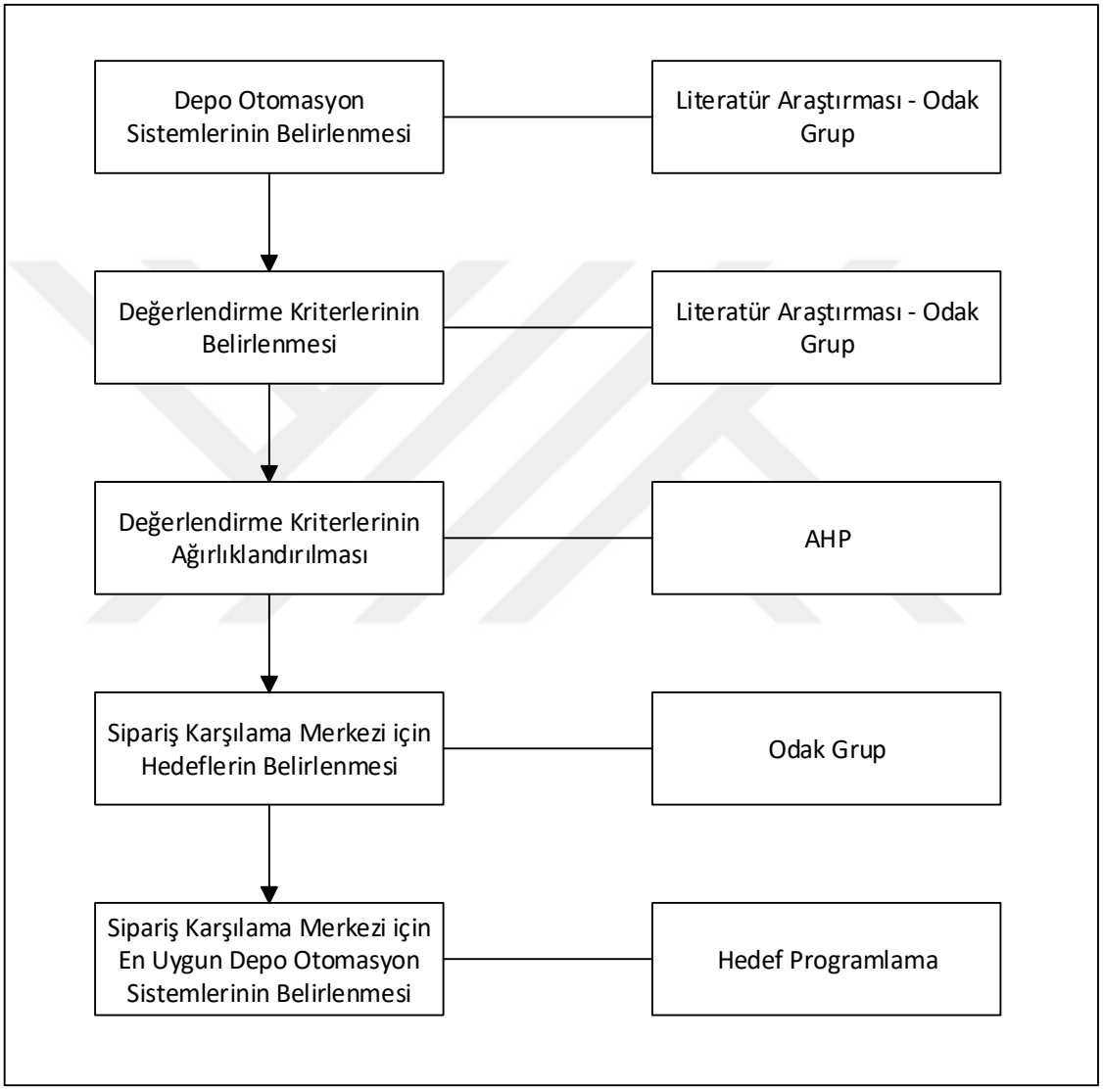
Bu çalışmada, e-ticaret sipariş karşılama merkezlerinde süreçlerin otomasyon teknolojileri ile optimize edilmesi ve en uygun otomasyon sistemlerinin seçilmesi için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Hedef Programlama (HP) yöntemleri referans olarak kullanılmıştır. AHP, çok kriterli karar verme süreçlerinde karar vericilerin tercihlerini sistematik bir şekilde değerlendirmeye olanak tanırken, HP ise birden fazla hedefin aynı anda optimize edilmesine imkân sağlar. Bu yöntemlerin tercih edilmesinin temel nedeni, otomasyon sistemlerinin seçimi gibi karmaşık süreçlerde birden fazla kriterin dikkate alınması gerekliliğidir. AHP ile sistemlerin kriter bazında karşılaştırılması ve ağırlıklandırılması sağlanırken, HP ile bu kriterlerin en uygun şekilde optimize edilmesi hedeflenmiştir.-

Bu bölümde, araştırmada kullanılan metodoloji, uygulanan karar destek yöntemleri, verilerin toplanması ve analiz süreçleri detaylı olarak ele alınmıştır. Veriler, ilgili e-ticaret sipariş işleme merkezinden sağlanan operasyonel performans verileri ile otomasyon sistemlerinin teknik ve maliyet verileri üzerinden toplanmıştır. Elde edilen veriler, öncelikle AHP yöntemi ile analiz edilerek her bir otomasyon sisteminin performansı belirlenmiş, ardından HP modeli kullanılarak en uygun otomasyon sistemlerinin seçimi gerçekleştirilmiştir. Araştırmada kullanılan modellerin geçerliliği ve güvenilirliği sağlamak adına, literatürde yaygın olarak kabul gören çok kriterli karar verme yaklaşımları ve endüstriyel uygulamalardan yararlanılmıştır.

4.1.Araştırma Modeli

Çalışmanın akış şeması Şekil-16'da gösterildiği gibi uygulanmasına karar verilmiştir. Öncelikle depo otomasyon sistemlerinin belirlenmesi ve değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi için literatür araştırması ve odak grubu çalışması yapılmıştır. Daha sonrasında değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılması için sektör profesyonellerinden oluşan gruba AHP yöntemi uygulanmıştır. AHP uygulaması sonuçları excel programı yardımıyla katılımcıların tecrübe seviyelerini dikkate alacak şekilde ağırlıklı geometrik ortalama kullanılarak değerlendirilmiştir.

Araştırmanın devamında ise sipariş karşılama merkezi hedeflerinin belirlenmesi odak grup çalışması ile sağlanmıştır. Son aşama olarak sipariş karşılama merkezi için en uygun depo otomasyon sistemlerinin belirlenmesi için Hedef Programlama yöntemi kullanılmıştır. Hedef programlama modeli için ağırlıklı ve çok hedefli tam sayılı hedef programlama kullanılmış ve Excel Solver programında çözülmüştür.



Şekil 16. Araştırma Akış Şeması

Odak grup belirlenirken kişilerin depo tasarımı, otomasyon çözüm tasarımı konusundaki çalışmaları ve tecrübe düzeyleri dikkate alınmıştır. Bu kapsamda yapılan değerlendirme sonucunda 6 kişilik bir odak grup oluşturulmuştur. Odak grupta aşağıda

tabloda bilgileri verilen kişiler yer almıştır. Kişilerin isimleri 6698 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizli tutulmuştur.

4.2.Araştırmada Kullanılan Yöntemler

4.2.1. Odak grup

Odak grup araştırmaları genellikle pazarlama, sosyal bilimler ve sağlık gibi çeşitli alanlarda sıkça tercih edilen bir nitel araştırma yöntemidir ve hedef kitlelerin bakış açılarını, davranışlarını ve tutumlarını daha derinlemesine anlamak için kullanılırlar.

Odak grup yöntemi; belirli bir konuda tartışmak üzere dikkatle seçilen küçük bir grup insanın bir araya getirildiği ve tartışmanın bir moderatörün rehberliğinde interaktif bir ortamda gerçekleştirildiği bir yaklaşıma dayanır. Katılımcı sayısı genellikle 4 ile 12 arasında değişirken moderatör ise tartışmayı yönlendirerek katılımcıların düşüncelerini ve deneyimlerini paylaşmasını teşvik eder (Parsons ve Greenwood, 2000).

Bu sistemin etkileşimli yapısı sayesinde belirli görüşlerin veya motivasyonların daha derinlemesine incelenmesine olanak tanınır. Bu tip veriler genellikle basılı medya veya anket gibi geleneksel yöntemlerle toplanamayabilir (Basiliof vd., 2005).

Odak grup görüşmelerinin özellikle sosyal sistemlerdeki davranışları inceleyen çalışmalarda kavramsallaştırma ve teori geliştirme sürecine zengin bağlamsal veriler sunarak katkı sağladığı belirtilmektedir (Nili vd., 2017).

Odak grupları yöntemi diğer araştırma tekniklerine kıyasla çeşitli avantajlar sunabilir. Araştırmacılar farklı bakış açılarını bir araya getirerek ortaya çıkan temaları belirleme ve önceden tahmin edilmemiş iç görüler keşfetme şansına sahip olabilirler. Aynı zamanda grup dinamiği katılımcıların birbirlerinin görüşlerini geliştirerek araştırma konusu hakkında daha derin bir anlayışa ulaşılmasına yardımcı olabilir (Fife 2005).

Ancak bu yaklaşımın bazı kısıtlamaları vardır. Küçük bir örnekleme ve moderatör önyargısına dayanan bulguların genellemesi sınırlanabilir. Ayrıca diğer grup üyelerinin varlığı bireysel yanıtları etkileyebilir ve bazı katılımcılar hassas veya tartışılabilir fikirlerini grup içinde ifade etmekten çekinebilirler (Basch, 1987).

Bu kısıtlamalara rağmen odak grup yöntemi özellikle keşif niteliğindeki çalışmalar ve hipotezler ile teori geliştirme süreçlerinde değerli bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem özellikle kültürler arası etkileşimde bulunan çok dilli ve çok uluslu araştırmalar için faydalıdır. Kültürel farklılıkların incelenmesine ve ortak veya alternatif bakış açılarının ortaya çıkarılmasına olanak sağlar.

Odak grup yöntemi araştırmacılara karmaşık insan fenomenlerini anlama konusunda esnek ve dinamik bir yaklaşım sunarak disiplinler arası geniş bir kullanım alanına sahiptir ve bu yöntemin bir araştırma aracı olarak önemini net bir şekilde ortaya koymaktadır (Almutrafi 2019).

4.2.2. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)

Başlangıçta Saaty (1980) tarafından geliştirilen AHP, birden fazla kriter ve uzman görüşünü birleştiren matematik tabanlı bir süreçtir. İkili karşılaştırmalar setine dayalı olarak öncelikler belirlemek için kullanılan bu metodoloji, bireylerin algılarını ve fikirlerini hiyerarşik bir karşılaştırmada yapılandırma yeteneğine dayanır ve bir kriterin diğerine göre yoğunluğunu ve önemini değerlendirir. Son olarak, AHP, tüm yargıların sentezini yaparak seçilen öğelerin genel önceliğini elde etmeye olanak tanır (Forman ve Peniwati, 1998). DeWaters ve Powers (2013), bu tekniğin, birçok karmaşık kriteri organize etmeye ve analiz etmeye yardımcı olan sistematik bir yaklaşım olduğunu belirtmektedir. Sürdürülebilirlik göstergelerinin sıralanmasını ve seçilen kriterlere dayalı bir ağırlıklandırma sisteminin oluşturulmasını sağlar.

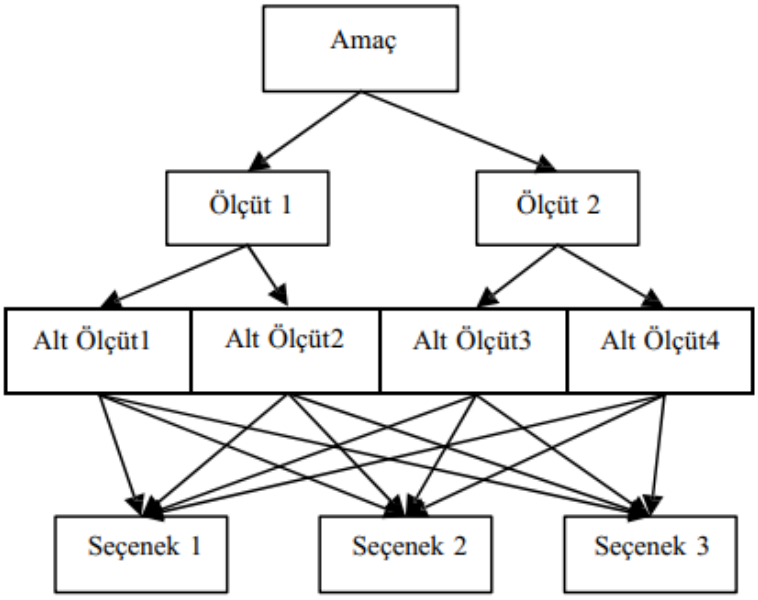
"Karar Verme için Liderlik: Karmaşık Bir Dünyada Kararlar İçin Analitik Hiyerarşi Süreci" adlı kitabında Saaty (1990), AHP'nin uzmanların eşleştirilmiş karşılaştırma yargılarına dayandığını belirtir. Dolayısıyla, karar vericilerin deneyimleri ve yargıları önceliklendirme için temel oluşturur. Bu yöntemde, hiyerarşik bir yapı aracılığıyla sıralama analizi yapılır ve soyut olanların ölçülmesi önemli bir faktördür. Bu, bu metodolojiyi geniş bir yelpazedeki karar verme alanlarına uygun hale getirir. Ayrıca, AHP uzmanların yargılarının tutarlılığını analiz etmeye olanak tanır. Sonuç olarak, kapsamlı bir karar verme aracı sunulmaktadır (Curiel-Esparza ve diğerleri, 2016).

Saaty'nin 1987'de yaptığı araştırmaya göre, AHP tutarlı ve doğru verilerin ve farklı kriterler arasındaki ilişkilerin önemini vurgular. AHP, karar verme ve kaynak tahsisi planlamasında yardımcıdır. Ayrıca, yöntem, yalnızca tümdengelim düşünmeye güvenmek yerine, birçok faktörü dikkate alarak hem tümdengelim hem de tümevarım düşünmeye olanak tanır. Son olarak, sayısal dengeleme yapılarak sonuçlara varılır.

Sürdürülebilirlik, sosyal ve çevresel konularla ilgili araştırmalarda yaygın olarak uygulanan AHP, sorunları hiyerarşik parçalara ayırma olanağı sağladığı için diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre tercih edilmektedir (Saaty, 1987).

AHP uygulaması üç ilke üzerine kuruludur: ayrıştırma, ikili karşılaştırma ve önceliklerin sentezi.

AHP kullanılarak toplumsal bir sorunun ele alınması için, genel hedeften başlayarak kriterler ve alt kriterlere kadar hiyerarşik bir yapı oluşturulmalıdır. Son olarak, seçim yapılacak alternatifler son seviyede sunulmaktadır. Saaty (1987), hiyerarşinin durumu net bir şekilde sunarak değişiklikleri yakalaması gerektiğini belirtir. Hiyerarşik bir örnek Şekil 17'de gösterilmektedir.



Şekil 17. AHP Yapısı (Saaty, 1980)

Bu nedenle, problem analizi, bağımsız olarak karşılaştırılabilen kriterler hiyerarşisine ayrıştırılır. Kriter seviyesinin altına daha fazla alt kriter eklenebilir. Mantıksal bir sıra oluşturulduğunda, karar vericiler ikili karşılaştırmalar yoluyla alternatifleri değerlendirebilir.

AHP metodolojisinin başarılı bir şekilde uygulanması için ikili karşılaştırma hayati bir adımdır. Bu değerlendirme, ya somut verilerle ya da insan yargısıyla gerçekleştirilir. Dolayısıyla, insanın algılarını ve fikirlerini yapılandırma yeteneği sayesinde, yargılar sentezlenebilir ve öğelerin önceliği elde edilebilir (Forman ve Peniwati, 1998). Bu adımda, uzman grupları ana kriterleri önceliklerini belirlemek için ikili olarak değerlendirir. Ardından bir ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Son olarak, kriterlerin önemi, Tablo 3'de sunulan temel ölçek kullanılarak değerlendirilir.

Tablo 3. Önem Dereceleri

Önem Derecesi	**Tanımı**
1	Eşit önemli
3	Orta derecede önemli
5	Kuvvetli derecede önemli
7	Çok kuvvetli derecede önemli
9	Kesin önemli
2,4,6,8	Ara değerler

İki etkinlik hedefe eşit derecede katkıda bulunuyorsa, önem skalası 1 olacaktır. Bu, bir kriterin kendisi üzerinde analiz edildiğinde meydana gelir. Bir sonraki sayfada sunulan Denklem (1)'de, etkinlik i, etkinlik j ile karşılaştırıldığında yoğunluk numaralarından biri ile atanmışsa, j, i ile karşılaştırıldığında karşılık gelen değeri alacaktır.

Ana kriterleri karşılaştırdıktan sonra, uzmanlar ana kriterlere ait alternatifleri karşılaştırmalıdır. Seviye 3 (Alternatifler) için üç veya daha fazla ikili karşılaştırma yapılmalıdır. Son adım, alternatiflerin sentezlenmiş önceliklerini elde etmek için sonuçları tartmaktır.

AHP, alternatiflerin ağırlıklarını sentezlemek için öncelikleri birleştirir. İlk olarak, (4.1) ile gösterildiği gibi bir ikili matrisi aij karşılaştırması yapılmalıdır, burada A ikili karşılaştırmadır.

$$A = a_{ij} \; ve \; a_{ji} = \frac{1}{aij} \tag{4.1}$$

İkinci olarak, bir normalizasyon yapılır. Bunun için her değer, toplam sütun toplam değeri ile bölünür. Sayısal olarak, sütunlara göre standartlaştırılmış değerler (4.2)'de verilmiştir.

$$a_{ij}^{c\prime} = \frac{a_{ij}^{c}}{\sum_{1}^{j} a_{ij}^{c}} \tag{4.2}$$

Kriterler ve öznitelikler arasındaki ağırlıklar, konsolide değerlerden hesaplanabilir. Bu, ilgili satırlardaki öğelerin aritmetik ortalaması alınarak gerçekleştirilir.

$$p_i = \frac{\sum_{1}^{j} a_{ij}^{c}}{n} \tag{4.3}$$

Bu matematiksel süreç, her alternatif için, her bir kriter perspektifinden gerçekleştirilir. Dolayısıyla, ağırlık değeri, her bir kriterin perspektifinden alternatifleri sıralamak anlamına gelir. Son ağırlık analizini elde etmek için, her alternatifin ağırlığının çoklu kriterler açısından ağırlıklı ortalaması (4.4)'e göre hesaplanır.

$$pg_j = \sum_1^j (p_i).(pa_{ij}) \tag{4.4}$$

Sonraki adımda, verileri anlamlı sayılara dönüştürmek için aşağıdaki denklemler uygulanmalıdır (Taherdoost, 2017):

$$A_w = \lambda_{max}.w,\ \lambda_{max} > n \tag{4.5}$$

$$\lambda = \frac{\sum a_{ij}.w_j - n}{w_1} \tag{4.6}$$

Yukarıdaki denklemlerde aşağıdaki tanımlar geçerlidir;

w: normalize edilmiş ağırlık vektörü

λmax: A matrisinin maksimum özdeğeri

n: matris sırası

aij: i ve j arasındaki sayısal değer karşılaştırması

AHP ikili matris karşılaştırmasını doğrulamak için, Tutarlılık Oranı (CR) (4.7) ile hesaplanır, burada CI, (4.8) ile verilen Tutarlılık İndeksidir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{4.7}$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \tag{4.8}$$

(4.7)''de RI, Rastgele Tutarlılık İndeksini ifade eder. Bu değer, matris boyutuyla ilişkilidir ve böyle bir düzen için beklenen CI'yı temsil eder (Donegan ve Dodd, 1991). Birçok yazar, bu endeksi simülasyon deneyleri yoluyla hesaplamıştır. Saaty (1996), 500 çalışma ile bir deney yapmış ve sonuçları Tablo 2'te sunmuştur. Tutarlılık oranı, 0.10'dan düşükse, ikili karşılaştırmanın kabul edilebilir olduğu anlamına gelir. Bu değer, birbiriyle çelişen herhangi bir derecelendirme tutarsızlığı olduğunda karar matrisinin yeniden düşünülmesini gerektirir (Saaty, 1996).

Tablo 4. Rastgele Tutarlılık İndeksi (RI) (Saaty, 1996)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

4.2.3. Hedef programlama (HP)

Hedef Programlama (HP), çok kriterli karar verme yöntemlerinin bir dalı olan çok amaçlı programlamanın bir alt dalıdır. HP, doğrusal programlamanın bir uzantısı veya genellemesi olarak düşünülebilir; çünkü birbiriyle genellikle çelişen birden fazla amaç ölçütünü aynı anda ele alır. Her bir ölçüte bir hedef ya da ulaşılması gereken bir değer atanır. Bu hedeflerden sapmalar, bir başarı fonksiyonu aracılığıyla minimize edilir. Bu fonksiyon, HP'nin kullanılan çeşidine bağlı olarak bir vektör ya da ağırlıklı bir toplam olabilir (Vencheh ve Aghajani, 2010).

Rifai (1994), HP'yi şu şekilde tanımlar: "Matematiksel model, hedeflenen değerlerle gerçekleşen değerler arasındaki sapmaları minimize ederek çelişen bir dizi amacı yönetir." Charnes ve Cooper (1961) ise HP'yi, doğrusal programlamanın bir uzantısı

olarak tanımlamışlardır. Onlara göre HP, genellikle birbiriyle çatışan birden fazla amacın optimize edilmesini sağlayan bir yöntemdir (Rifai, 1994).

HP, problemleri çelişen hedeflerle ilgili ölçütleri birer hedef değeri olarak kabul ederek ele alır. Bu hedef değerlerden sapmalar, başarı fonksiyonu içinde minimize edilir. Bu fonksiyon, HP'nin türüne göre ya bir vektör ya da ağırlıklı toplam şeklinde olabilir.

HP, doğrusal programlamanın bilinen bir değişikliği ve geliştirilmiş halidir. Doğrusal programlama yalnızca tek bir amacı optimize eder (minimize ya da maksimize eder) ve belirli kısıtlamalarla sınırlıdır; bu nedenle birden fazla amacı içeren problemleri çözmekte yetersiz kalır. Ancak HP, çok sayıda ve çelişen hedeflere yönelik kararlar almak için etkili bir yöntemdir. Ayrıca HP, birbirinden farklı ölçü birimlerine sahip amaç fonksiyonlarını da içerebilir (Romero, 2014).

Son yıllarda çok amaçlı programlama tekniklerinin sayısında artış görülmektedir. Bu tekniklerin en önde gelenlerinden biri, hedef programlamadır (HP) (Dağdeviren ve Eren, 2001). Jones ve arkadaşlarının 115 makaleyi inceleyerek yaptığı çalışmada, kullanılan çok amaçlı karar verme tekniklerinin %7'sini hedef programlamanın oluşturduğu gösterilmiştir (Jones vd., 2002). HP çok amaçlı karar verme yöntemlerini ölçmek için geliştirilen modellerden biridir. Bu model, karar vericinin bir grup olası çözüm alanından en iyi çözümü bulurken, birçok amacı hesaba katmaya dayanır (Aouni ve Kettani, 2001).

HP ilk olarak, 1955 yılında Charnes ve arkadaşları tarafından yapılan çalışma ile ortaya çıkmıştır (Charnes vd., 1995).

Hedef programlamadaki amaç, ulaşılmak istenen hedefle arasındaki sapmaları minimize etmektir. Doğrusal programlamanın simplex algoritmasında yer alan bu gibi sapmalar aylak değişkenler olarak isimlendirilirken, bu sapma değişkenler Hedef Programlamada yeniden anlamlandırılırlar. Sapma değişkenler her bir hedeften hem pozitif yönde hem de negatif yönde sapmalar şeklinde iki boyutta gösterilir. Amaç fonksiyonu yalnızca bu sapma değişkenlerden oluşturulur (Gür vd., 2017).

Formülasyonun genel gösterim ise şu şekildedir:

$$Min\ Z = [P_1 w_1(d_1^+, d_1^-) + \cdots + P_k w_k(d_k^+, d_k^-)] \quad (4.9)$$

$$\sum_1^n a_{ij}x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i \quad (\forall_i) \quad (4.10)$$

$$d_i^+, d_i^-, x_j \geq 0 \quad (4.11)$$

$$i = 1, \ldots, m,\ j = 1, \ldots, n \quad (4.12)$$

Burada, x_j karar değişkenleri, b_i i. hedef için istenilen değer, n karar değişkenlerinin toplam sayısı m ise toplam kısıt sayısıdır. P_k öncelik, w_k ağırlık ve a_{ij} parametrelerdir. Hedef programlamada amaç, hedefler arasındaki sapmaların minimize yapılması olduğu için bu sapma değişkenleri hem negatif hem pozitif yönde olmak üzere iki boyutta gösterilir. Aynı anda hem pozitif hem de negatif sapma oluşamaz, dolayısıyla sapma değişkenlerin en az bir tanesinin sıfıra eşit olması gerekmektedir. İstenmeyen sapma değişkenlerin oluşturulmasından hemen sonra hedef programlama formülasyonu kurulur (Gür vd., 2017).

d_i^+: pozitif sapma değişkeni $\quad i = 1, \ldots, m \quad (4.13)$

d_i^-: negatif sapma değişkeni $\quad i = 1, \ldots, m \quad (4.14)$

4.3.Evren ve Örneklem

Bu araştırmada, e-ticaret sektöründeki sipariş karşılama merkezlerinde depo otomasyon sistemlerinin süreçler üzerindeki etkileri incelenirken, Türkiye'de faaliyet gösteren perakende e-ticaret firmaları kapsam içerisine alınmıştır. Çalışmanın evreni, yalnızca Türkiye'de bulunan bu işletmeleri kapsamakta olup, yurt dışındaki şirketler ve diğer sektörlerdeki firmalar bu çalışmanın dışında bırakılmıştır.

Nitel araştırmalarda örneklem büyüklüğünü belirlemek, nicel araştırmalara göre daha esnek ve karmaşık bir süreçtir. Nitel araştırmaların amacı, geniş bir kitleyi temsil etmekten ziyade derinlemesine bilgi edinmektir. Bu bağlamda, örneklem sayısı sabit bir değerle belirlenmemekte, elde edilen verinin niteliği ve derinliği ön planda tutulmaktadır (Creswell, 2017). Bazı akademisyenler, nitel araştırmaların geniş örneklem gerektirmediğini ve belirli sayıda katılımcı ile tatmin edici bilgi elde edilebileceğini ifade etmişlerdir (Collins, Onwuegbuzie ve Jiao, 2006). Dolayısıyla, örneklem büyüklüğünden ziyade katılımcıların uzmanlık düzeyi ve bilgi birikimi ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışma çerçevesinde, depo otomasyon sistemlerinin seçimi ve uygulanmasına yönelik süreçlerin analiz edilmesi amacıyla, alanda deneyimli 15 uzmanla odak grup görüşmeleri gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar, depo süreçleri ve otomasyon konularında uzman yöneticilerden oluşmaktadır ve bu görüşmeler yoluyla elde edilen veriler derinlemesine incelenmiştir. Odak grup çalışmaları sonucunda, e-ticaret sipariş karşılama merkezlerinde uygulanabilecek en uygun otomasyon sistemleri belirlenmiş ve bu bulgular, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Hedef Programlama (HP) yöntemleri ile desteklenmiştir.

Nitel araştırmalarda hangi örnekleme yönteminin seçileceği de önemli bir konudur. Bu çalışmada, uzman görüşlerine hızlı bir şekilde erişim sağlamak ve maliyetleri minimize etmek amacıyla, amaçlı örnekleme yöntemleri arasında Kolay Ulaşılabilir (Uygun) örnekleme yöntemi tercih edilmiştir (Baltacı, 2018). Bu yöntem, araştırmanın hız kazanmasına yardımcı olarak, depo otomasyon sistemleri hakkında derinlemesine bilgi edinme imkanı sunmuştur.

5. MODELİN UYGULANMASI

5.1. Odak Grubun Belirlenmesi

Otomasyon sistemlerinin seçiminde kullanılacak kriterler literatür araştırması ve odak grupta tartışılarak seçilmiştir. Odak grup daha kolay bir iletişim için aynı şirket içerisinden belirlenirken kişilerin depo tasarımı, otomasyon çözüm tasarımı konusundaki çalışmaları ve tecrübe düzeyleri dikkate alınmıştır. kapsamda yapılan değerlendirme sonucunda 6 kişilik bir odak grup oluşturulmuş ve Tablo 5'te bilgileri verilmiştir.

Tablo 5. Odak Grup Bilgileri

	Pozisyon	**Eğitim Düzeyi**	**Uzmanlık Alanı**	**Tecrübe Süresi**
1	Direktör	Lisans	Depo ve Otomasyon Tasarımı	15 yıl
2	Yönetici	Yüksek Lisans	Depo Tasarımı	12 yıl
3	Yönetici	Yüksek Lisans	Depo Tasarımı	10 yıl
4	Uzman	Lisans	Otomasyon Tasarımı	7 yıl
5	Uzman	Yüksek Lisans	Depo Süreç Tasarımı	4 yıl
6	Uzman	Yüksek Lisans	Depo Süreç Tasarımı	3 yıl

5.2. Depo Otomasyon Sistemlerinin Sınıflandırılması

Odak grupta öncelikle literatür araştırması sonucu bulunan depo otomasyon sistemleri gösterilmiş ve bu depo otomasyon sistemlerinin sınıflandırılması için aşağıdaki sorular yöneltilmiştir;

- E-ticaret operasyonları planlanan sipariş işleme merkezi için kullanılabilecek otomasyon sistemleri hangi başlıklar altında sınıflandırılabilir?

- Belirlenen başlıklar altında hangi depo otomasyon sistemleri yer almalıdır?

Odak gruba yöneltilen sorular karşılığında oluşturulan depo otomasyon sistemleri aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 18. Depo Otomasyon Sistemlerinin Sınıflandırılması

5.3.Depo Otomasyon Sistemi Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi

Odak grup görüşmelerinde depo otomasyonunun seçiminde kullanılacak değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterler AHP uygulamasında kullanılacaktır. Literatürde yapılan araştırmada bulunan kriterler odak grup içerisinde tartışılmıştır. Bu çalışma sonunda bulunan değerlendirme kriterleri şu şekildedir:

- Operasyonel Uygunluk: E-ticaret sipariş işleme merkezi operasyonlarına uygunluğunun değerlendirildiği kriterdir. Ürün çeşitliliği ve müşterinin hız beklentisi pazar dinamikleri çerçevesinde değerlendirilmelidir.

- Finansal Uygunluk: Belirtilen otomasyon sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri ve işletme maliyetlerinin dikkate alındığı ve yatırım geri dönüşüne göre puanlandığı kriterdir.

- Esneklik ve Ölçeklenebilirlik: Daha esnek ve ölçeklenebilir sistemlerin kullanımını dikkate alarak otomasyon sistemlerinin değerlendirildiği kriterdir.

- Sistem Sürdürülebilirliği: Seçilecek otomasyon sisteminin güvenilirliği, bakım ihtiyacı ve bakım kolaylığı vb. değerlendirildiği kriterdir.

- Çevresel ve Toplumsal Sürdürülebilirlik: Çevresel sürdürülebilirlik kapsamında enerji verimliliği, atık azaltma vb., toplumsal sürdürülebilirlik kapsamında iş sağlığı güvenliği, istihdam yaratma vb. dikkate alınarak değerlendirilebilir.

5.4. AHP'nin Uygulanması

Odak grup sonucunda belirlenen değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılması ve sipariş işleme merkezi için en uygun otomasyon sistemlerinin ağırlıklandırılması için AHP uygulaması yapılmıştır.

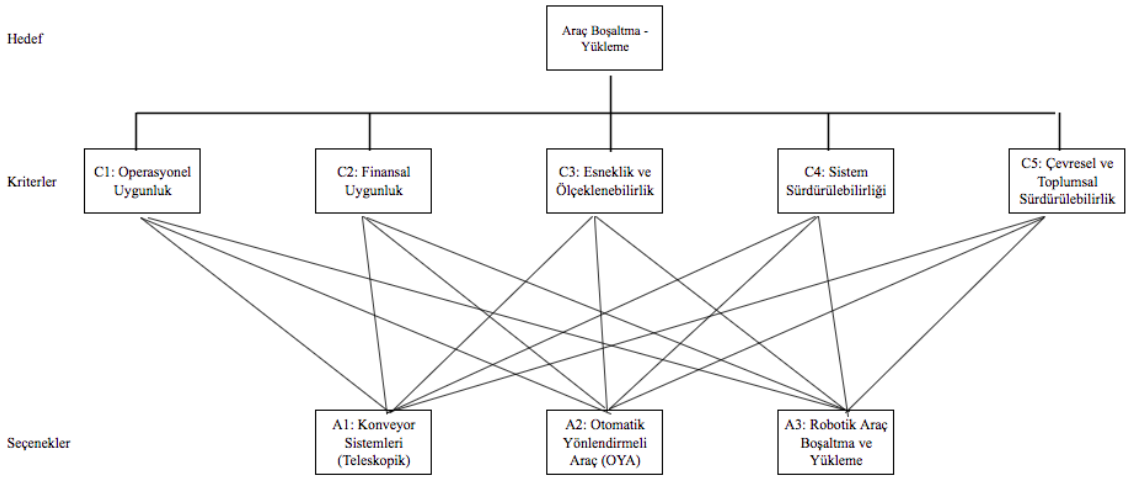
Otomasyon sistemi seçeneklerinin çok fazla olması ve 5 ayrı başlık altında değerlendirmenin yapılması uzmanlık gerektirdiği için AHP uygulamasına katılacak kişiler depo tasarımı ve depo otomasyonları konusunda uzmanlık seviyeleri dikkate alınarak belirlenmiştir.

AHP katılımcı sayısı 6 olarak belirlenmiş ve aşağıdaki 5 başlık altında her bir kriter için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Her bir katılımcının karar matrisleri çıkarılmış ve tecrübe seviyeleri dikkate alınarak ağırlıklı geometrik ortalamaları alınmıştır.

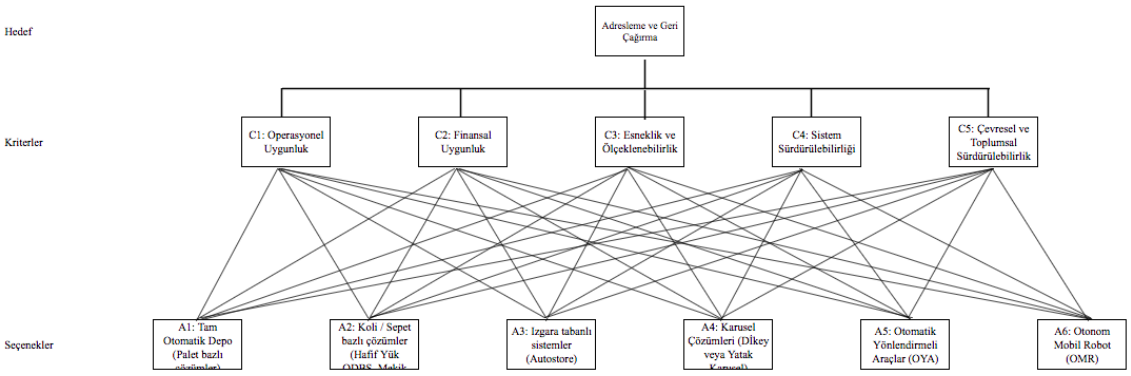
Değerlendirme yapılan süreçler;

- Araç Boşaltma ve Yükleme
- Adresleme ve Geri Çağırma
- Sipariş Toplama
- Sipariş Ayrıştırma
- Paketleme

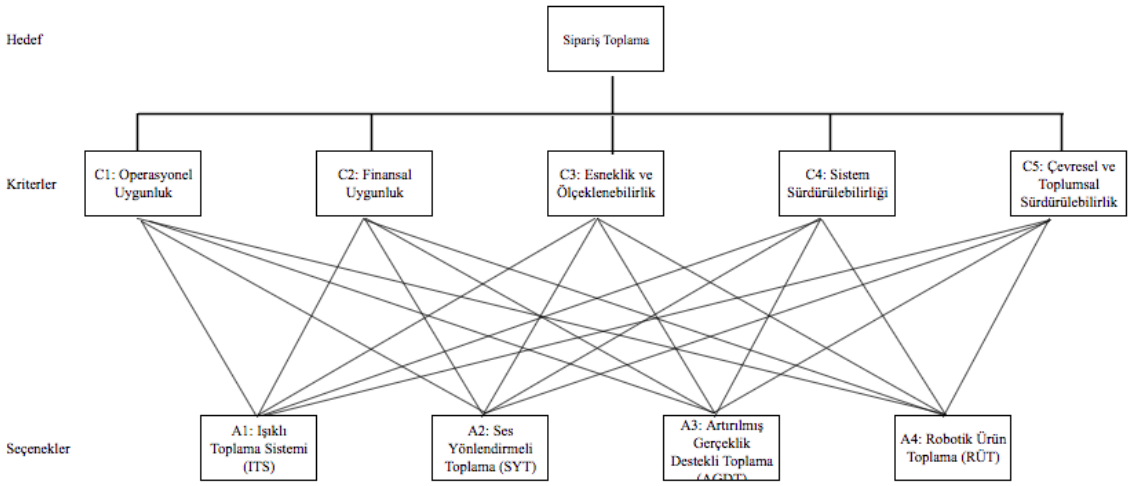
AHP'nin ilk adımı olarak öncelikle her bir süreç için hiyerarşi yapısı oluşturulmuştur. Aşağıda oluşturulan hiyerarşi yapıları ayrı ayrı gösterilmektedir.



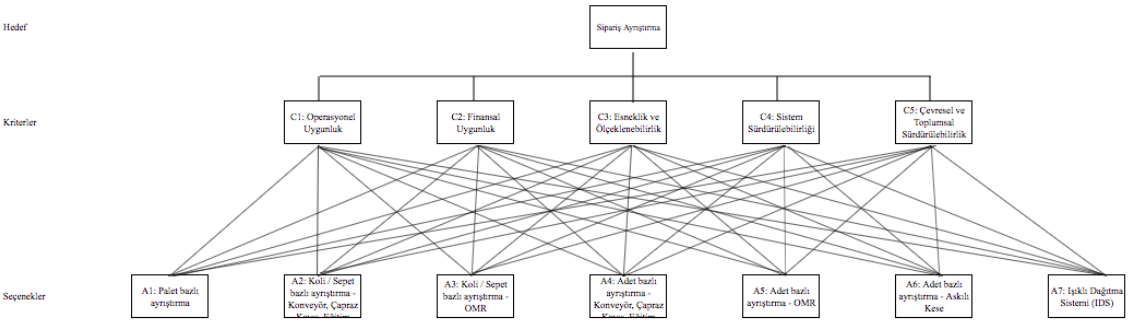
Şekil 19. Araç Boşaltma ve Yükleme Hiyerarşi Yapısı



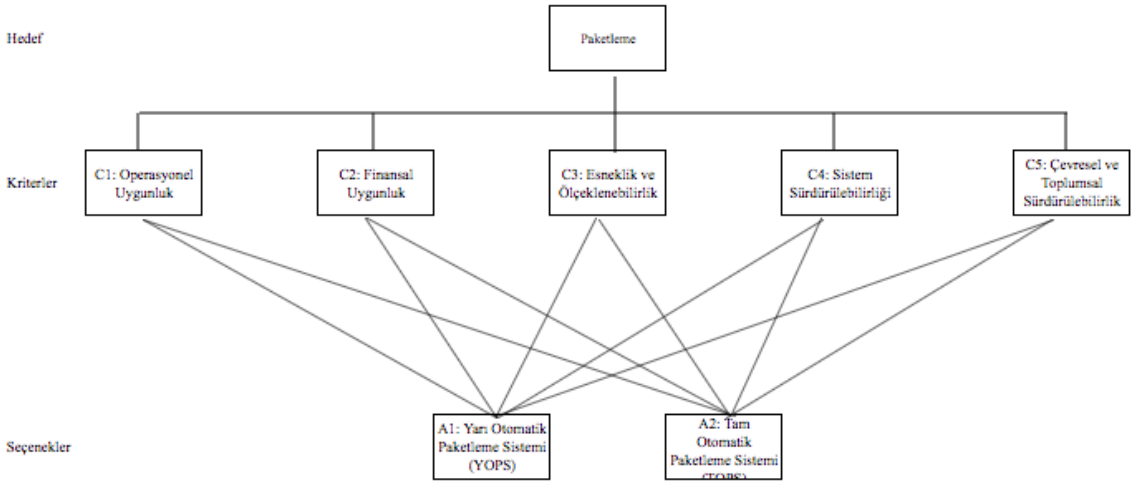
Şekil 20. Adresleme ve Geri Çağırma Hiyerarşi Yapısı



Şekil 21. Sipariş Toplama Hiyerarşi Yapısı



Şekil 22. Sipariş Ayrıştırma Hiyerarşi Yapısı



Şekil 23. Paketleme Hiyerarşi Yapısı

AHP'nin ikinci adımı olarak katılımcılardan 5 süreç içinde değerlendirme yapmaları istenmiş, gelen yanıtlar katılımcıların tecrübe yılları dikkate alınarak ağırlıklı geometrik ortalama alınarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.

5.4.1. Araç boşaltma ve yükleme

Aşağıdaki tablolar katılımcıların Araç boşaltma ve yükleme sürecinde her bir kriter için seçeneklerin önem derecesi skalasına göre puanlanması sonrasında normalize edilmiş ağırlıklarını göstermektedir. Her bir ikili matris için tutarlılık oranları (CR) hesaplanmıştır.

Her bir katılımcının karar tablosundaki ağırlıklar katılımcıların tecrübe süresi ile çarpılarak ağırlıklı geometrik ortalaması alınmıştır. Bu sayede Araç Boşaltma ve Yükleme süreci için nihai ağırlıklandırılmış karar tablosu bulunmuştur.

Tablo 6. Araç Boşaltma ve Yükleme - İkili Karşılaştırma Matrisleri

C1*	A1	A2	A3	Ağırlık (W)
A1	0,526	0,597	0,451	0,525
A2	0,208	0,236	0,321	0,255
A3	0,265	0,167	0,228	0,220

λmax = 3,039 ,CI = 0,019 , CR = 0,033

C2*	A1	A2	A3	Ağırlık (W)
A1	0,692	0,730	0,652	0,691
A2	0,137	0,144	0,186	0,156
A3	0,171	0,125	0,162	0,153

λmax = 3,015 ,CI = 0,008 , CR = 0,013

C3*	A1	A2	A3	Ağırlık (W)
A1	0,311	0,321	0,272	0,301
A2	0,545	0,562	0,603	0,570
A3	0,144	0,117	0,125	0,129

λmax = 3,006 ,CI = 0,003 , CR = 0,005

C4*	A1	A2	A3	Ağırlık (W)
A1	0,737	0,768	0,671	0,726
A2	0,158	0,165	0,234	0,186
A3	0,104	0,067	0,095	0,089

λmax = 3,026 ,CI = 0,013 , CR = 0,023

C5*	A1	A2	A3	Ağırlık (W)
A1	0,340	0,371	0,321	0,344
A2	0,245	0,268	0,289	0,267
A3	0,414	0,361	0,390	0,389

λmax = 3,006 ,CI = 0,003 , CR = 0,005

Tablo 7. Araç Boşaltma ve Yükleme - Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu

Kriter Ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
C1	0,481	0,567	0,503	0,417	0,325	0,459
C2	0,148	0,174	0,223	0,208	0,256	0,202
C3	0,133	0,109	0,139	0,190	0,215	0,157
C4	0,154	0,112	0,098	0,133	0,147	0,129
C5	0,084	0,039	0,037	0,051	0,057	0,053

λmax = 5,106 ,CI = 0,027 , CR = 0,024

Karar Tablosu

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
A1	0,241	0,140	0,047	0,093	0,018	0,539
A2	0,117	0,031	0,090	0,024	0,014	0,276
A3	0,101	0,031	0,020	0,011	0,021	0,184

Karar Tablosu - Araç Boşaltma ve Yükleme

		Ağırlık
A1	Konveyor Sistemleri (Teleskopik)	0,539
A2	Otomatik Yönlendirmeli Araç (OYA)	0,276
A3	Robotik Araç Boşaltma ve Yükleme	0,184

5.4.2. Adresleme ve geri çağırma

Aşağıdaki tablolar katılımcıların Adresleme ve Geri Çağırma sürecinde her bir kriter için seçeneklerin önem derecesi skalasına göre puanlanması sonrasında normalize edilmiş ağırlıklarını göstermektedir. Her bir ikili matris için tutarlılık oranları (CR) hesaplanmıştır.

Her bir katılımcının karar tablosundaki ağırlıklar katılımcıların tecrübe süresi ile çarpılarak ağırlıklı geometrik ortalaması alınmıştır. Bu sayede Adresleme ve Geri Çağırma süreci için nihai ağırlıklandırılmış karar tablosu bulunmuştur.

Tablo 8. Adresleme ve Geri Çağırma - İkili Karşılaştırma Matrisleri

C1*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ağırlık (W)
A1	0,047	0,039	0,040	0,040	0,057	0,061	0,047
A2	0,310	0,258	0,207	0,254	0,280	0,260	0,262
A3	0,123	0,131	0,105	0,070	0,123	0,104	0,109
A4	0,179	0,152	0,225	0,150	0,171	0,126	0,167
A5	0,069	0,076	0,071	0,072	0,083	0,100	0,078
A6	0,271	0,345	0,352	0,414	0,287	0,349	0,336

λmax = 6,072 ,CI = 0,014 , CR = 0,012

C2*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ağırlık (W)
A1	0,119	0,105	0,188	0,122	0,096	0,133	0,127
A2	0,302	0,266	0,250	0,241	0,302	0,271	0,272
A3	0,053	0,089	0,083	0,088	0,084	0,106	0,084
A4	0,275	0,311	0,267	0,281	0,282	0,241	0,276
A5	0,119	0,084	0,095	0,096	0,096	0,102	0,098
A6	0,133	0,146	0,117	0,173	0,139	0,148	0,143

λmax = 6,063 ,CI = 0,013 , CR = 0,010

C3*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ağırlık (W)
A1	0,034	0,011	0,042	0,017	0,016	0,067	0,031
A2	0,138	0,043	0,042	0,026	0,016	0,067	0,055
A3	0,034	0,043	0,042	0,021	0,018	0,067	0,037
A4	0,207	0,172	0,208	0,104	0,063	0,100	0,142
A5	0,276	0,344	0,292	0,208	0,127	0,100	0,224
A6	0,310	0,387	0,375	0,624	0,760	0,600	0,509

λmax = 6,606 ,CI = 0,121 , CR = 0,098

C4*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ağırlık (W)
A1	0,144	0,149	0,160	0,165	0,109	0,129	0,143
A2	0,168	0,174	0,281	0,160	0,231	0,141	0,193
A3	0,062	0,043	0,069	0,084	0,070	0,099	0,071
A4	0,249	0,311	0,234	0,286	0,311	0,281	0,279
A5	0,181	0,104	0,134	0,126	0,138	0,174	0,143
A6	0,196	0,219	0,122	0,179	0,140	0,176	0,172

λmax = 6,112 ,CI = 0,022 , CR = 0,018

C5*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ağırlık (W)
A1	0,098	0,119	0,079	0,114	0,068	0,122	0,100
A2	0,118	0,144	0,142	0,101	0,148	0,212	0,144
A3	0,202	0,165	0,163	0,133	0,138	0,188	0,165
A4	0,151	0,251	0,215	0,176	0,159	0,136	0,181
A5	0,260	0,176	0,214	0,200	0,181	0,128	0,193
A6	0,172	0,146	0,187	0,277	0,305	0,215	0,217

λmax = 6,140 ,CI = 0,028 , CR = 0,023

Tablo 9. Adresleme ve Geri Çağırma - Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu

Kriter Ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
C1	0,481	0,567	0,503	0,417	0,325	0,459
C2	0,148	0,174	0,223	0,208	0,256	0,202
C3	0,133	0,109	0,139	0,190	0,215	0,157
C4	0,154	0,112	0,098	0,133	0,147	0,129
C5	0,084	0,039	0,037	0,051	0,057	0,053

λmax = 5,106 ,CI = 0,027 , CR = 0,024

Karar Tablosu

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
A1	0,022	0,026	0,005	0,018	0,005	0,076
A2	0,120	0,055	0,009	0,025	0,008	0,216
A3	0,050	0,017	0,006	0,009	0,009	0,091
A4	0,077	0,056	0,022	0,036	0,010	0,200
A5	0,036	0,020	0,035	0,018	0,010	0,120
A6	0,154	0,029	0,080	0,022	0,012	0,297

Karar Tablosu - Adresleme ve Geri Çağırma

		Ağırlık
A1	Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	0,076
A2	Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	0,216
A3	Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	0,091
A4	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)	0,200
A5	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)	0,120
A6	Otonom Mobil Robot (OMR)	0,297

5.4.3. Sipariş toplama

Aşağıdaki tablolar katılımcıların Sipariş Toplama sürecinde her bir kriter için seçeneklerin önem derecesi skalasına göre puanlanması sonrasında normalize edilmiş ağırlıklarını göstermektedir. Her bir ikili matris için tutarlılık oranları (CR) hesaplanmıştır.

Her bir katılımcının karar tablosundaki ağırlıklar katılımcıların tecrübe süresi ile çarpılarak ağırlıklı geometrik ortalaması alınmıştır. Bu sayede Sipariş Toplama süreci için nihai ağırlıklandırılmış karar tablosu bulunmuştur.

Tablo 10. Sipariş Toplama - İkili Karşılaştırma Matrisleri

C1*	A1	A2	A3	A4	Ağırlık (W)
A1	0,227	0,314	0,199	0,229	0,242
A2	0,043	0,059	0,051	0,076	0,057
A3	0,224	0,228	0,197	0,182	0,208
A4	0,507	0,398	0,553	0,512	0,493

λmax = 4,044 ,CI = 0,015 , CR = 0,016

C2*	A1	A2	A3	A4	Ağırlık (W)
A1	0,616	0,703	0,563	0,421	0,575
A2	0,165	0,188	0,292	0,324	0,242
A3	0,115	0,068	0,105	0,184	0,118
A4	0,104	0,041	0,041	0,071	0,064

λmax = 4,160 ,CI = 0,053 , CR = 0,059

C3*	A1	A2	A3	A4	Ağırlık (W)
A1	0,180	0,198	0,147	0,311	0,209
A2	0,362	0,398	0,429	0,325	0,378
A3	0,414	0,313	0,337	0,289	0,338
A4	0,043	0,092	0,087	0,075	0,074

λmax = 4,090 ,CI = 0,030 , CR = 0,033

C4*	A1	A2	A3	A4	Ağırlık (W)
A1	0,496	0,557	0,477	0,400	0,482
A2	0,205	0,230	0,284	0,293	0,253
A3	0,153	0,120	0,147	0,189	0,152
A4	0,146	0,093	0,092	0,118	0,112

λmax = 4,043 ,CI = 0,014 , CR = 0,016

C5*	A1	A2	A3	A4	Ağırlık (W)
A1	0,293	0,250	0,350	0,337	0,308
A2	0,406	0,346	0,278	0,326	0,339
A3	0,136	0,202	0,162	0,146	0,162
A4	0,165	0,202	0,210	0,190	0,192

λmax = 4,032 ,CI = 0,011 , CR = 0,012

Tablo 11. Sipariş Toplama - Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu

Kriter Ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
C1	0,481	0,567	0,503	0,417	0,325	0,459
C2	0,148	0,174	0,223	0,208	0,256	0,202
C3	0,133	0,109	0,139	0,190	0,215	0,157
C4	0,154	0,112	0,098	0,133	0,147	0,129
C5	0,084	0,039	0,037	0,051	0,057	0,053

λmax = 5,106 ,CI = 0,027 , CR = 0,024

Karar Tablosu

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
A1	0,111	0,116	0,033	0,062	0,016	0,339
A2	0,026	0,049	0,060	0,033	0,018	0,185
A3	0,095	0,024	0,053	0,020	0,009	0,201
A4	0,226	0,013	0,012	0,014	0,010	0,275

Karar Tablosu - Sipariş Toplama

		Ağırlık
A1	Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	0,339
A2	Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)	0,185
A3	Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)	0,201
A4	Robotik Ürün Toplama (RÜT)	0,275

5.4.4. Sipariş ayrıştırma

Aşağıdaki tablolar katılımcıların Sipariş Ayrıştırma sürecinde her bir kriter için seçeneklerin önem derecesi skalasına göre puanlanması sonrasında normalize edilmiş ağırlıklarını göstermektedir. Her bir ikili matris için tutarlılık oranları (CR) hesaplanmıştır.

Her bir katılımcının karar tablosundaki ağırlıklar katılımcıların tecrübe süresi ile çarpılarak ağırlıklı geometrik ortalaması alınmıştır. Bu sayede Sipariş Ayrıştırma süreci için nihai ağırlıklandırılmış karar tablosu bulunmuştur.

Tablo 12. Sipariş Ayrıştırma - İkili Karşılaştırma Matrisleri

C1*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Ağırlık (W)
A1	0,022	0,007	0,008	0,012	0,018	0,047	0,027	0,020
A2	0,143	0,043	0,093	0,022	0,025	0,071	0,034	0,062
A3	0,134	0,023	0,050	0,044	0,028	0,081	0,040	0,057
A4	0,182	0,198	0,112	0,100	0,149	0,086	0,073	0,129
A5	0,169	0,233	0,245	0,091	0,136	0,101	0,257	0,176
A6	0,186	0,242	0,245	0,461	0,538	0,399	0,370	0,349
A7	0,164	0,254	0,247	0,270	0,105	0,214	0,198	0,207

λmax = 7,773 ,CI = 0,129 , CR = 0,098

C2*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Ağırlık (W)
A1	0,078	0,066	0,087	0,097	0,069	0,093	0,070	0,080
A2	0,114	0,096	0,157	0,119	0,117	0,132	0,070	0,115
A3	0,071	0,048	0,079	0,059	0,071	0,097	0,100	0,075
A4	0,108	0,108	0,177	0,134	0,145	0,105	0,146	0,132
A5	0,104	0,075	0,102	0,084	0,092	0,054	0,118	0,090
A6	0,106	0,092	0,102	0,162	0,216	0,127	0,121	0,132
A7	0,418	0,514	0,296	0,344	0,290	0,393	0,375	0,376

λmax = 7,153 ,CI = 0,026 , CR = 0,019

C3*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Ağırlık (W)
A1	0,025	0,008	0,019	0,012	0,032	0,032	0,038	0,024
A2	0,127	0,041	0,028	0,032	0,040	0,047	0,043	0,051
A3	0,127	0,143	0,098	0,071	0,086	0,100	0,108	0,105
A4	0,167	0,101	0,108	0,079	0,077	0,056	0,091	0,097
A5	0,177	0,226	0,253	0,226	0,222	0,233	0,202	0,220
A6	0,186	0,205	0,232	0,333	0,225	0,236	0,230	0,235
A7	0,190	0,276	0,261	0,247	0,317	0,296	0,288	0,268

λmax = 7,336 ,CI = 0,056 , CR = 0,042

C4*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Ağırlık (W)
A1	0,086	0,108	0,062	0,099	0,085	0,103	0,080	0,089
A2	0,095	0,119	0,103	0,118	0,102	0,124	0,134	0,113
A3	0,104	0,086	0,074	0,069	0,057	0,069	0,076	0,076
A4	0,101	0,116	0,125	0,116	0,121	0,097	0,123	0,114
A5	0,116	0,132	0,150	0,110	0,114	0,105	0,107	0,119
A6	0,103	0,117	0,132	0,145	0,133	0,122	0,117	0,124
A7	0,395	0,322	0,355	0,343	0,388	0,381	0,364	0,364

λmax = 7,054 ,CI = 0,009 , CR = 0,007

C5*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Ağırlık (W)
A1	0,103	0,183	0,108	0,135	0,115	0,135	0,066	0,121
A2	0,084	0,149	0,206	0,134	0,121	0,139	0,196	0,147
A3	0,080	0,060	0,083	0,135	0,125	0,100	0,067	0,093
A4	0,089	0,129	0,072	0,117	0,184	0,151	0,106	0,121
A5	0,099	0,135	0,074	0,070	0,110	0,111	0,139	0,106
A6	0,088	0,123	0,096	0,089	0,114	0,115	0,135	0,109
A7	0,457	0,220	0,362	0,321	0,230	0,248	0,291	0,304

λmax = 7,227 ,CI = 0,038 , CR = 0,029

Tablo 13. Sipariş Ayrıştırma - Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu

Kriter Ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
C1	0,481	0,567	0,503	0,417	0,325	0,459
C2	0,148	0,174	0,223	0,208	0,256	0,202
C3	0,133	0,109	0,139	0,190	0,215	0,157
C4	0,154	0,112	0,098	0,133	0,147	0,129
C5	0,084	0,039	0,037	0,051	0,057	0,053

λmax = 5,106 , CI = 0,027 , CR = 0,024

Karar Tablosu

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
A1	0,009	0,016	0,004	0,011	0,006	0,047
A2	0,028	0,023	0,008	0,015	0,008	0,082
A3	0,026	0,015	0,017	0,010	0,005	0,073
A4	0,059	0,027	0,015	0,015	0,006	0,122
A5	0,081	0,018	0,035	0,015	0,006	0,154
A6	0,160	0,027	0,037	0,016	0,006	0,246
A7	0,095	0,076	0,042	0,047	0,016	0,276

Karar Tablosu - Sipariş Ayrıştırma

		Ağırlık
A1	Palet bazlı ayrıştırma	0,047
A2	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	0,082
A3	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	0,073
A4	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayış, Eğitim veya İtmeli Tepsi	0,122
A5	Adet bazlı ayrıştırma - OMR	0,154
A6	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese	0,246
A7	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)	0,276

5.4.5. Paketleme

Aşağıdaki tablolar katılımcıların Paketleme sürecinde her bir kriter için seçeneklerin önem derecesi skalasına göre puanlanması sonrasında normalize edilmiş ağırlıklarını göstermektedir. Her bir ikili matris için tutarlılık oranları (CR) hesaplanmıştır.

Her bir katılımcının karar tablosundaki ağırlıklar katılımcıların tecrübe süresi ile çarpılarak ağırlıklı geometrik ortalaması alınmıştır. Bu sayede Paketleme süreci için nihai ağırlıklandırılmış karar tablosu bulunmuştur.

Tablo 14. Paketleme - İkili Karşılaştırma Matrisleri

C1*	A1	A2	Ağırlık (W)
A1	0,605	0,605	0,605
A2	0,395	0,395	0,395

λmax = 2,000 ,CI = 0,000 , CR = 0,000

C2*	A1	A2	Ağırlık (W)
A1	0,856	0,856	0,856
A2	0,144	0,144	0,144

λmax = 2,000 ,CI = 0,000 , CR = 0,000

C3*	A1	A2	Ağırlık (W)
A1	0,754	0,754	0,754
A2	0,246	0,246	0,246

λmax = 2,000 ,CI = 0,000 , CR = 0,000

C4*	A1	A2	Ağırlık (W)
A1	0,749	0,749	0,749
A2	0,251	0,251	0,251

λmax = 2,000 ,CI = 0,000 , CR = 0,000

C5*	A1	A2	Ağırlık (W)
A1	0,346	0,346	0,346
A2	0,654	0,654	0,654

λmax = 2,000 ,CI = 0,000 , CR = 0,000

Tablo 15. Paketleme - Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu

Kriter Ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
C1	0,481	0,567	0,503	0,417	0,325	0,459
C2	0,148	0,174	0,223	0,208	0,256	0,202
C3	0,133	0,109	0,139	0,190	0,215	0,157
C4	0,154	0,112	0,098	0,133	0,147	0,129
C5	0,084	0,039	0,037	0,051	0,057	0,053

λmax = 5,106 ,CI = 0,027 , CR = 0,024

Karar Tablosu

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
A1	0,277	0,173	0,119	0,096	0,018	0,684
A2	0,181	0,029	0,039	0,032	0,035	0,316

		Ağırlık
A1	Yarı Otomatik Paketleme Sistemi (YOPS)	0,684
A2	Tam Otomatik Paketleme Sistemi (TOPS)	0,316

5.5.HP'nin Uygulanması

AHP uygulamasında bulunan ağırlıklar HP modelinde hedeflerden biri olarak kullanılacaktır. Ayrıca literatür araştırması sonucunda otomatik depoların anahtar performans göstergeleri için önerilen kriterler odak grup toplantısında değerlendirilmiş ve öneriler arasından aşağıdaki kriterler HP için uygun görülmüştür (Faveto vd.,2021).

- İşletim Maliyeti
- Kapasite
- Etkin Hacim Kullanımı
- Yatırım Maliyeti

AHP uygulamasında bulunan ağırlıklar ve HP için uygun olarak değerlendirilen kriterler ile birlikte Hedef Tablosu aşağıdaki gibi oluşturulmuştur. Hedef değerleri odak grup toplantısında değerlendirilmiş ve her bir hedef için uygun değer planlanmıştır.

Tablo 16. Hedefler Tablosu

Hedef Kriteri	**Hedef Açıklaması**	**Birim**	**Hedef Değeri**
H1-İşletim Maliyeti	Depo otomasyon sisteminin elektrik, bakım, onarım vb. işletim maliyetlerini göstermektedir.	*1.000 Birim	30
H2-Kapasite	Depo otomasyon sisteminin saatlik giriş ve çıkış kapasitesini ifade etmektedir.	*100 Birim / saat	35
H3-Etkin Hacim Kullanımı	Depo otomasyon sisteminin birim başına kullandığı alanı ifade etmektedir.	Birim / m3	25
H4-Yatırım Maliyeti	Depo otomasyon sisteminin ilk yatırım maliyetini ifade etmektedir.	*10.000 Birim	40
H5-AHP Ağırlıkları	Depo otomasyon sisteminin AHP uygulaması sonucunda aldığı katsayıyı ifade etmektedir.	AHP Sonucu	50

AHP modelinden farklı olarak HP modelinde tüm süreçler için belirlenen otomasyon sistemleri tek bir modelde birleştirilmiştir. Bu sayede en uygun sistemlerin seçiminde tüm süreçler dikkate alınarak belirlenen kısıtlar altında sistemin tamamı için seçim yapılmıştır. Tablo 17'de daha önce belirlenen depo süreçleri "Araç Boşaltma ve Yükleme", "Adresleme ve Geri Çağırma", "Sipariş Toplama", "Sipariş Ayrıştırma" ve "Paketleme" için depo otomasyon sistemi alternatifleri farklı alternatif numaraları altında listelenmiştir. Depo otomasyon sistemleri listelenirken otomasyon sisteminin teknolojisi baz alınarak ayrıştırılmış marka ve model farklılığı gözetilmemiştir.

Tablo 17. HP Alternatif Depo Otomasyon Sistemleri

Depo Süreci	**Alternatif Numarası**	**Depo Otomasyon Sistemi**
Araç Boşaltma ve Yükleme	A1	Konveyör Sistemleri (Teleskopik)
	A2	Otomatik Yönlendirmeli Araç (OYA)
	A3	Robotik Araç Boşaltma ve Yükleme
Adresleme ve Geri Çağırma	A4	Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)
	A5	Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)
	A6	Izgara tabanlı sistemler (Autostore)
	A7	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatay Karusel)
	A8	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)
	A9	Otonom Mobil Robot (OMR)

Depo Süreci	Alternatif Numarası	Depo Otomasyon Sistemi
Sipariş Toplama	A10	Işıklı Toplama Sistemi (ITS)
	A11	Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)
	A12	Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)
	A13	Robotik Ürün Toplama (RÜT)
Sipariş Ayrıştırma	A14	Palet bazlı ayrıştırma
	A15	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma- Konveyör, Çapraz Kayış, Eğitim veya İtmeli Tepsi
	A16	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma- OMR
	A17	Adet bazlı ayrıştırma- Konveyör, Çapraz Kayış, Eğitim veya İtmeli Tepsi
	A18	Adet bazlı ayrıştırma- OMR
	A19	Adet bazlı ayrıştırma- Askılı Kese
	A20	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)
Paketleme	A21	Yarı Otomatik Paketleme Sistemi (YOPS)
	A22	Tam Otomatik Paketleme Sistemi (TOPS)

HP için ilk adım olarak karar değişkenleri tanımlanmıştır. Bu modelde karar değişkenleri depo otomasyon sistemi alternatiflerini 0 veya 1 olarak seçmeyi temsil etmektedir.

Karar değişkenleri şu şekildedir;

- X_1: Depo otomasyon sistemi A1 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_2: Depo otomasyon sistemi A2 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_3: Depo otomasyon sistemi A3 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_4: Depo otomasyon sistemi A4 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_5: Depo otomasyon sistemi A5 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_6: Depo otomasyon sistemi A6 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_7: Depo otomasyon sistemi A7 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_8: Depo otomasyon sistemi A8 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_9: Depo otomasyon sistemi A9 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{10}: Depo otomasyon sistemi A10 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{11}: Depo otomasyon sistemi A11 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{12}: Depo otomasyon sistemi A12 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{13}: Depo otomasyon sistemi A13 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{14}: Depo otomasyon sistemi A14 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{15}: Depo otomasyon sistemi A15 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{16}: Depo otomasyon sistemi A16 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{17}: Depo otomasyon sistemi A17 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{18}: Depo otomasyon sistemi A18 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{19}: Depo otomasyon sistemi A19 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{20}: Depo otomasyon sistemi A20 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{21}: Depo otomasyon sistemi A21 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{22}: Depo otomasyon sistemi A22 için “0 veya 1” değerini alır.

Belirlenen hedefler doğrultusunda matematiksel model için amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$Min\ Z = d_1^+ + d_2^- + d_3^- + d_4^+ + (d_5^- + d_5^+) \qquad (5.1)$$

Amaç fonksiyonunda hedef sapmalarının toplamı minimum olması beklenmektedir. H1 işletim maliyeti ve H4 yatırım maliyetinin mümkün olan düşük seviyede, H2 kapasite

ve H3 alan efektif kullanımının da mümkün olan yüksek seviyede olması beklenir. Bu yüzden amaç fonksiyonunda sapma yönleri farklı olmaktadır. H5 AHP değerlerinde ise her iki yönde sapma amaç fonksiyonuna dahil edilmiştir. AHP değerleri diğer hedef değerlerine göre önem katsayısı iki verilerek amaç fonksiyonuna eklenmiştir.

HP modelinde bir sonraki adımda kısıtlar aşağıdaki şekilde belirlenmiştir;

H1 – İşletim Maliyeti hedefi için kısıt;

$$3.x_1 + 4.x_2 + 5.x_3 + 8.x_4 + 8.x_5 + 7.x_6 + 6.x_7 + 5.x_8 + 4.x_9 + 6.x_{10} + 5.x_{11} + 9.x_{12} + 10.x_{13} + 7.x_{14} + 6.x_{15} + 7.x_{16} + 8.x_{17} + 8.x_{18} + 9.x_{19} + 5.x_{20} + 5.x_{21} + 7.x_{22} + d_1^+ + d_1^- = 30 \quad (5.2)$$

H2 – Kapasite hedefi için kısıt;

$$8.x_1 + 7.x_2 + 5.x_3 + 6.x_4 + 8.x_5 + 8.x_6 + 7.x_7 + 9.x_8 + 9.x_9 + 7.x_{10} + 6.x_{11} + 8.x_{12} + 9.x_{13} + 5.x_{14} + 6.x_{15} + 6.x_{16} + 7.x_{17} + 7.x_{18} + 8.x_{19} + 6.x_{20} + 7.x_{21} + 9.x_{22} + d_2^+ + d_2^- = 35 \quad (5.3)$$

H3 – Alan Efektif Kullanımı hedefi için kısıt;

$$10.x_1 + 4.x_2 + 6.x_3 + 9.x_4 + 8.x_5 + 6.x_6 + 7.x_7 + 5.x_8 + 5.x_9 + 7.x_{10} + 4.x_{11} + 6.x_{12} + 9.x_{13} + 9.x_{14} + 7.x_{15} + 5.x_{16} + 7.x_{17} + 3.x_{18} + 6.x_{19} + 5.x_{20} + 6.x_{21} + 8.x_{22} + d_3^+ + d_3^- = 25 \quad (5.4)$$

H4 – Yatırım Maliyeti hedefi için kısıt;

$$3.x_1 + 5.x_2 + 9.x_3 + 10.x_4 + 10.x_5 + 9.x_6 + 5.x_7 + 6.x_8 + 7.x_9 + 4.x_{10} + 4.x_{11} + 9.x_{12} + 10.x_{13} + 6.x_{14} + 7.x_{15} + 8.x_{16} + 7.x_{17} + 9.x_{18} + 9.x_{19} + 5.x_{20} + 6.x_{21} + 9.x_{22} + d_4^+ + d_4^- = 40 \quad (5.5)$$

H5 – AHP Ağırlıkları hedefi için kısıt;

$$5{,}39.x_1 + 2{,}76.x_2 + 1{,}84.x_3 + 0{,}76.x_4 + 2{,}16.x_5 + 0{,}91.x_6 + 2{,}00.x_7 + 1{,}20.x_8 + 0{,}297.x_9 + 3{,}39.x_{10} + 1{,}85.x_{11} + 2{,}01.x_{12} + 2{,}75.x_{13} + 0{,}47.x_{14} + 0{,}82.x_{15} + 0{,}73.x_{16} + 1{,}22.x_{17} + 1{,}54.x_{18} + 2{,}46.x_{19} + 2{,}76.x_{20} + 6{,}84.x_{21} + 3{,}16.x_{22} + d_5^+ + d_5^- = 50 \quad (5.6)$$

Modelin her bir depo süreci için mutlaka seçim yapması ve o süreç için alternatifler arasından yalnızca bir tanesini seçmesi yönünde kısıt aşağıdaki şekilde eklenmiştir;

- Araç Boşaltma ve Yükleme süreci için seçim kısıtı;

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1 \quad (5.7)$$

- Adresleme ve Geri Çağırma süreci için seçim kısıtı;

$$x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 = 1 \quad (5.8)$$

- Sipariş Toplama süreci için seçim kısıtı;

$$x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} = 1 \quad (5.9)$$

- Sipariş Ayrıştırma süreci için seçim kısıtı;

$$x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} = 1 \quad (5.10)$$

- Paketleme süreci için seçim kısıtı;
-

$$x_{21} + x_{22} = 1 \quad (5.11)$$

Modelin çözülmesi için Excel Solver programı kullanılmıştır. Programın kurulum ve sonuç ekranı aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 18. HP Excel Modeli Tablosu

		Araç Yükleme Boşaltma			Adresleme Geri Çağırma						Sipariş Toplama				Sipariş Ayrıştırma							Sipariş Paketleme		
Hedefler	**Birim**	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**	**A6**	**A7**	**A8**	**A9**	**A10**	**A11**	**A12**	**A13**	**A14**	**A15**	**A16**	**A17**	**A18**	**A19**	**A20**	**A21**	**A22**	**Hedef Rakam**
H1-İşletim Maliyeti	*1.000 Birim	3	4	5	8	8	7	6	5	4	6	5	9	10	7	6	7	8	8	9	5	5	7	30
H2-Kapasite	*100 Birim / saat	8	7	5	6	8	8	7	9	9	7	6	8	9	5	6	6	7	7	8	6	7	9	35
H3- Etkin Hacim Kullanımı	Birim / m3	10	4	6	9	8	6	7	5	5	7	4	6	9	9	7	5	7	3	6	5	6	8	25
H4-Yatırım Maliyeti	*10.000 Birim	3	5	9	10	10	9	5	6	7	4	4	9	10	6	7	8	7	9	9	5	6	9	40
H5-AHP Ağırlıkları	AHP Sonucu	5,39	2,76	1,84	0,76	2,16	0,91	2,00	1,20	2,97	3,39	1,85	2,01	2,75	0,47	0,82	0,73	1,22	1,54	2,46	2,76	6,84	3,16	50

Tablo 19. HP Excel Solver Çözümü

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22
Karar Değişkenleri	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Amaç Fonk. Katsayısı																						
P Ağırlık Katsayısı																						
H1 Kısıt	3	4	5	8	8	7	6	5	4	6	5	9	10	7	6	7	8	8	9	5	5	7
H2 Kısıt	8	7	5	6	8	8	7	9	9	7	6	8	9	5	6	6	7	7	8	6	7	9
H3 Kısıt	10	4	6	9	8	6	7	5	5	7	4	6	9	9	7	5	7	3	6	5	6	8
H4 Kısıt	3	5	9	10	10	9	5	6	7	4	4	9	10	6	7	8	7	9	9	5	6	9
AHP Kısıt	5,39	2,76	1,84	0,76	2,16	0,91	2,00	1,20	2,97	3,39	1,85	2,01	2,75	0,47	0,82	0,73	1,22	1,54	2,46	2,76	6,84	3,16
Min Toplam Sapma	29																					
Mutlaka Seçim Yap																						
Araç Yükleme Boşaltı	1	=	1																			
Adresleme Geri Çağırı	1	=	1																			
Sipariş Toplama	1	=	1																			
Sipariş Ayrıştırma	1	=	1																			
Sipariş Paketleme	1	=	1																			

Excel Solver çözümü sonucunda Tablo 20'de gösterildiği gibi sırasıyla Araç Yükleme Boşaltma süreci için A1 Konveyör Sistemleri (Teleskopik), Adresleme ve Geri Çağırma süreci için A9 Otonom Mobil Robot (OMR), Sipariş Toplama süreci için A10 Işıklı Toplama Sistemi (ITS), Sipariş Ayrıştırma süreci için A20 Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS), Paketleme süreci için ise A21 Yarı Otomatik Paketleme Sistemi (YOPS) seçilmiştir. Seçimi yapılan otomasyon sistemleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 20. HP Sonuç Tablosu

Depo Süreçleri	**Depo Otomasyon Sistemi**
Araç Yükleme Boşaltma	A1- Konveyör Sistemleri (Teleskopik)
Adresleme Geri Çağırma	A9 - Otonom Mobil Robot (OMR)
Sipariş Toplama	A10 - Işıklı Toplama Sistemi (ITS)
Sipariş Ayrıştırma	A20 - Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)
Sipariş Paketleme	A21 - Yarı Otomatik Paketleme Sistemi (YOPS)

6. HAZIR GİYİM SEKTÖRÜ UYGULAMASI

6.1.Genel Bilgiler

Araştırmanın bu bölümünde hazır giyim sektöründe yer alan ve Türkiye'de 200'den fazla lokasyonda mağazaları ile hizmet veren bir firmanın otomatik depo ihtiyacına yönelik olarak en uygun depo otomasyon sistemlerinin seçimi yapılacaktır. Önerilen model aynı şekilde kullanılarak uygulanacaktır. İlk aşamada belirlenen odak grup ile AHP çalışması tekrar firma özelinde değerlendirilecek, sonrasında HP modeli firmanın ihtiyaçlarına göre hedef tablosu güncellenerek Excel Solver yardımıyla çözülecektir.

6.2.AHP Uygulaması

Odak grup sonucunda belirlenen değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılması ve sipariş işleme merkezi için en uygun otomasyon sistemlerinin ağırlıklandırılması için bir önceki uygulama çalışmasında olduğu gibi benzer yapıda AHP uygulaması yapılmıştır.

AHP katılımcı sayısı 6 olarak belirlenmiş ve aşağıdaki 5 başlık altında her bir kriter için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Her bir katılımcının karar matrisleri çıkarılmış ve tecrübe seviyeleri dikkate alınarak ağırlıklı geometrik ortalamaları alınmıştır.

Değerlendirme yapılan süreçler;

- Araç Boşaltma ve Yükleme
- Adresleme ve Geri Çağırma
- Sipariş Toplama
- Sipariş Ayrıştırma
- Paketleme

AHP'nin ilk adımı olarak öncelikle her bir süreç için hiyerarşi yapısı oluşturulmuştur. Bir önceki uygulama bölümünde gösterilen hiyerarşi yapıları bu uygulama özelinde korunarak aynı şekilde kullanılmıştır. Hiyerarşi yapıları Şekil 19,20,21,22 ve 23'te gösterildiği gibi kullanılmıştır.

AHP'nin ikinci adımı olarak katılımcılardan 5 süreç içinde değerlendirme yapmaları istenmiş, gelen yanıtlar katılımcıların tecrübe yılları dikkate alınarak ağırlıklı geometrik ortalama alınarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.

6.2.1. Araç boşaltma ve yükleme

Aşağıdaki tablolar katılımcıların Araç boşaltma ve yükleme sürecinde her bir kriter için seçeneklerin önem derecesi skalasına göre puanlanması sonrasında normalize edilmiş ağırlıklarını göstermektedir. Her bir ikili matris için tutarlılık oranları (CR) hesaplanmıştır.

Her bir katılımcının karar tablosundaki ağırlıklar katılımcıların tecrübe süresi ile çarpılarak ağırlıklı geometrik ortalaması alınmıştır. Bu sayede Araç Boşaltma ve Yükleme süreci için nihai ağırlıklandırılmış karar tablosu bulunmuştur.

Tablo 21. İkili Karşılaştırma Matrisleri

C1*	A1	A2	A3	Ağırlık (W)
A1	0,687	0,724	0,656	0,689
A2	0,125	0,132	0,164	0,140
A3	0,188	0,144	0,179	0,170

λmax = 3,011 ,CI = 0,006 , CR = 0,010

C2*	A1	A2	A3	Ağırlık (W)
A1	0,759	0,769	0,743	0,757
A2	0,136	0,138	0,154	0,143
A3	0,105	0,092	0,103	0,100

λmax = 3,002 ,CI = 0,001 , CR = 0,002

C3*	A1	A2	A3	Ağırlık (W)
A1	0,314	0,359	0,202	0,292
A2	0,458	0,523	0,651	0,544
A3	0,228	0,118	0,146	0,164

λmax = 3,071 ,CI = 0,035 , CR = 0,061

C4*	A1	A2	A3	Ağırlık (W)
A1	0,437	0,471	0,372	0,427
A2	0,347	0,374	0,444	0,389
A3	0,216	0,155	0,184	0,185

λmax = 3,018 ,CI = 0,009 , CR = 0,016

C5*	A1	A2	A3	Ağırlık (W)
A1	0,329	0,310	0,346	0,328
A2	0,334	0,315	0,299	0,316
A3	0,337	0,375	0,355	0,355

λmax = 3,003 ,CI = 0,002 , CR = 0,003

Tablo 22. Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu

Kriter Ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
C1	0,426	0,641	0,258	0,512	0,356	0,438
C2	0,092	0,139	0,313	0,163	0,301	0,202
C3	0,306	0,082	0,185	0,141	0,145	0,172
C4	0,111	0,114	0,175	0,134	0,144	0,135
C5	0,064	0,025	0,069	0,050	0,054	0,052

λmax = 5,290 ,CI = 0,073 , CR = 0,065

Karar Tablosu

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
A1	0,302	0,153	0,050	0,058	0,017	0,580
A2	0,062	0,029	0,094	0,053	0,017	0,253
A3	0,075	0,020	0,028	0,025	0,019	0,167

Karar Tablosu - Araç Boşaltma ve Yükleme

		Ağırlık
A1	Konveyor Sistemleri (Teleskopik)	0,580
A2	Otomatik Yönlendirmeli Araç (OYA)	0,253
A3	Robotik Araç Boşaltma ve Yükleme	0,167

6.2.2. Adresleme ve geri çağırma

Aşağıdaki tablolar katılımcıların Adresleme ve Geri Çağırma sürecinde her bir kriter için seçeneklerin önem derecesi skalasına göre puanlanması sonrasında normalize edilmiş ağırlıklarını göstermektedir. Her bir ikili matris için tutarlılık oranları (CR) hesaplanmıştır.

Her bir katılımcının karar tablosundaki ağırlıklar katılımcıların tecrübe süresi ile çarpılarak ağırlıklı geometrik ortalaması alınmıştır. Bu sayede Adresleme ve Geri Çağırma süreci için nihai ağırlıklandırılmış karar tablosu bulunmuştur.

Tablo 23. İkili Karşılaştırma Matrisleri

C1*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ağırlık (W)
A1	0,040	0,044	0,025	0,054	0,033	0,030	0,038
A2	0,310	0,336	0,271	0,305	0,178	0,643	0,340
A3	0,200	0,156	0,126	0,104	0,164	0,058	0,135
A4	0,111	0,162	0,178	0,147	0,154	0,076	0,138
A5	0,149	0,228	0,093	0,116	0,121	0,049	0,126
A6	0,189	0,074	0,307	0,275	0,349	0,142	0,223

λmax = 6,436 ,CI = 0,087 , CR = 0,070

C2*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ağırlık (W)
A1	0,095	0,104	0,097	0,189	0,065	0,049	0,100
A2	0,233	0,255	0,195	0,229	0,180	0,509	0,267
A3	0,095	0,128	0,098	0,064	0,098	0,090	0,095
A4	0,104	0,231	0,317	0,208	0,235	0,152	0,208
A5	0,228	0,220	0,155	0,137	0,156	0,074	0,162
A6	0,244	0,063	0,138	0,173	0,267	0,126	0,169

λmax = 6,411 ,CI = 0,082 , CR = 0,066

C3*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ağırlık (W)
A1	0,049	0,022	0,025	0,190	0,046	0,065	0,066
A2	0,439	0,194	0,150	0,286	0,076	0,649	0,299
A3	0,146	0,097	0,075	0,048	0,076	0,026	0,078
A4	0,024	0,065	0,150	0,095	0,115	0,065	0,086
A5	0,244	0,583	0,225	0,190	0,229	0,065	0,256
A6	0,098	0,039	0,375	0,190	0,458	0,130	0,215

λmax = 7,433 ,CI = 0,287 , CR = 0,231

C4*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ağırlık (W)
A1	0,168	0,164	0,116	0,270	0,124	0,151	0,165
A2	0,259	0,254	0,276	0,180	0,214	0,435	0,270
A3	0,145	0,093	0,101	0,084	0,117	0,073	0,102
A4	0,116	0,264	0,224	0,187	0,217	0,137	0,191
A5	0,174	0,153	0,111	0,111	0,129	0,080	0,126
A6	0,138	0,072	0,172	0,169	0,199	0,124	0,146

λmax = 6,221 ,CI = 0,044 , CR = 0,036

C5*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ağırlık (W)
A1	0,096	0,106	0,082	0,172	0,060	0,069	0,097
A2	0,181	0,199	0,167	0,162	0,128	0,490	0,221
A3	0,173	0,176	0,148	0,103	0,129	0,121	0,142
A4	0,096	0,211	0,246	0,172	0,154	0,115	0,166
A5	0,255	0,250	0,183	0,179	0,161	0,063	0,182
A6	0,199	0,058	0,175	0,213	0,367	0,143	0,193

λmax = 6,502 ,CI = 0,100 , CR = 0,081

Tablo 24. Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu

Kriter Ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
C1	0,426	0,641	0,258	0,512	0,356	0,438
C2	0,092	0,139	0,313	0,163	0,301	0,202
C3	0,306	0,082	0,185	0,141	0,145	0,172
C4	0,111	0,114	0,175	0,134	0,144	0,135
C5	0,064	0,025	0,069	0,050	0,054	0,052

λmax = 5,290 ,CI = 0,073 , CR = 0,065

Karar Tablosu

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
A1	0,017	0,020	0,011	0,022	0,005	0,076
A2	0,149	0,054	0,051	0,037	0,012	0,303
A3	0,059	0,019	0,013	0,014	0,007	0,113
A4	0,061	0,042	0,015	0,026	0,009	0,152
A5	0,055	0,033	0,044	0,017	0,010	0,159
A6	0,098	0,034	0,037	0,020	0,010	0,199

Karar Tablosu - Adresleme ve Geri Çağırma

		Ağırlık
A1	Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	0,076
A2	Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	0,303
A3	Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	0,113
A4	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)	0,152
A5	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)	0,159
A6	Otonom Mobil Robot (OMR)	0,199

6.2.3. Sipariş toplama

Aşağıdaki tablolar katılımcıların Sipariş Toplama sürecinde her bir kriter için seçeneklerin önem derecesi skalasına göre puanlanması sonrasında normalize edilmiş ağırlıklarını göstermektedir. Her bir ikili matris için tutarlılık oranları (CR) hesaplanmıştır.

Her bir katılımcının karar tablosundaki ağırlıklar katılımcıların tecrübe süresi ile çarpılarak ağırlıklı geometrik ortalaması alınmıştır. Bu sayede Sipariş Toplama süreci için nihai ağırlıklandırılmış karar tablosu bulunmuştur.

Tablo 25. İkili Karşılaştırma Matrisleri

C1*	A1	A2	A3	A4	Ağırlık (W)
A1	0,366	0,521	0,274	0,383	0,386
A2	0,069	0,098	0,137	0,131	0,109
A3	0,248	0,133	0,186	0,153	0,180
A4	0,318	0,248	0,403	0,333	0,325

λmax = 4,103 ,CI = 0,034 , CR = 0,038

C2*	A1	A2	A3	A4	Ağırlık (W)
A1	0,632	0,741	0,582	0,425	0,595
A2	0,132	0,155	0,266	0,297	0,212
A3	0,117	0,062	0,108	0,198	0,121
A4	0,120	0,042	0,044	0,081	0,072

λmax = 4,206 ,CI = 0,069 , CR = 0,076

C3*	A1	A2	A3	A4	Ağırlık (W)
A1	0,317	0,377	0,237	0,304	0,309
A2	0,309	0,368	0,489	0,315	0,370
A3	0,293	0,164	0,218	0,303	0,245
A4	0,081	0,090	0,056	0,078	0,076

λmax = 4,073 ,CI = 0,024 , CR = 0,027

C4*	A1	A2	A3	A4	Ağırlık (W)
A1	0,479	0,601	0,482	0,368	0,482
A2	0,144	0,181	0,250	0,273	0,212
A3	0,119	0,087	0,120	0,161	0,122
A4	0,258	0,131	0,148	0,198	0,184

λmax = 4,093 ,CI = 0,031 , CR = 0,034

C5*	A1	A2	A3	A4	Ağırlık (W)
A1	0,326	0,312	0,359	0,312	0,328
A2	0,255	0,244	0,190	0,281	0,242
A3	0,161	0,229	0,177	0,160	0,182
A4	0,258	0,215	0,274	0,247	0,248

λmax = 4,027 ,CI = 0,009 , CR = 0,010

Tablo 26. Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu

Kriter Ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
C1	0,426	0,641	0,258	0,512	0,356	0,438
C2	0,092	0,139	0,313	0,163	0,301	0,202
C3	0,306	0,082	0,185	0,141	0,145	0,172
C4	0,111	0,114	0,175	0,134	0,144	0,135
C5	0,064	0,025	0,069	0,050	0,054	0,052

λmax = 5,290 ,CI = 0,073 , CR = 0,065

Karar Tablosu

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
A1	0,169	0,120	0,053	0,065	0,017	0,425
A2	0,048	0,043	0,064	0,029	0,013	0,196
A3	0,079	0,024	0,042	0,017	0,010	0,171
A4	0,143	0,014	0,013	0,025	0,013	0,208

Karar Tablosu - Sipariş Toplama

		Ağırlık
A1	Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	0,425
A2	Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)	0,196
A3	Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)	0,171
A4	Robotik Ürün Toplama (RÜT)	0,208

6.2.4. Sipariş ayrıştırma

Aşağıdaki tablolar katılımcıların Sipariş Ayrıştırma sürecinde her bir kriter için seçeneklerin önem derecesi skalasına göre puanlanması sonrasında normalize edilmiş ağırlıklarını göstermektedir. Her bir ikili matris için tutarlılık oranları (CR) hesaplanmıştır.

Her bir katılımcının karar tablosundaki ağırlıklar katılımcıların tecrübe süresi ile çarpılarak ağırlıklı geometrik ortalaması alınmıştır. Bu sayede Sipariş Ayrıştırma süreci için nihai ağırlıklandırılmış karar tablosu bulunmuştur.

Tablo 27. İkili Karşılaştırma Matrisleri

C1*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Ağırlık (W)
A1	0,024	0,011	0,011	0,021	0,030	0,041	0,022	0,023
A2	0,151	0,068	0,100	0,083	0,093	0,069	0,036	0,086
A3	0,138	0,043	0,063	0,095	0,054	0,077	0,042	0,073
A4	0,169	0,121	0,098	0,148	0,169	0,158	0,127	0,141
A5	0,159	0,146	0,233	0,175	0,200	0,228	0,178	0,189
A6	0,179	0,301	0,251	0,288	0,270	0,308	0,429	0,289
A7	0,180	0,311	0,245	0,192	0,185	0,119	0,165	0,200

λmax = 7,339 ,CI = 0,056 , CR = 0,043

C2*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Ağırlık (W)
A1	0,104	0,136	0,135	0,093	0,060	0,068	0,073	0,095
A2	0,159	0,208	0,264	0,270	0,257	0,314	0,077	0,221
A3	0,096	0,099	0,125	0,147	0,119	0,180	0,078	0,121
A4	0,175	0,120	0,133	0,157	0,296	0,208	0,083	0,167
A5	0,154	0,071	0,093	0,047	0,088	0,106	0,101	0,094
A6	0,154	0,067	0,070	0,076	0,084	0,101	0,477	0,147
A7	0,157	0,299	0,179	0,211	0,098	0,023	0,111	0,154

λmax = 7,924 ,CI = 0,154 , CR = 0,117

C3*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Ağırlık (W)
A1	0,051	0,054	0,088	0,048	0,028	0,057	0,051	0,054
A2	0,107	0,113	0,116	0,141	0,108	0,112	0,061	0,108
A3	0,101	0,169	0,174	0,243	0,189	0,163	0,107	0,164
A4	0,114	0,086	0,077	0,107	0,168	0,094	0,084	0,104
A5	0,359	0,202	0,179	0,124	0,194	0,365	0,099	0,217
A6	0,154	0,170	0,182	0,194	0,090	0,170	0,485	0,206
A7	0,113	0,208	0,184	0,144	0,222	0,040	0,113	0,146

λmax = 7,524 ,CI = 0,087 , CR = 0,066

C4*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Ağırlık (W)
A1	0,103	0,115	0,041	0,130	0,067	0,196	0,116	0,110
A2	0,072	0,080	0,064	0,159	0,069	0,116	0,045	0,086
A3	0,236	0,115	0,093	0,103	0,108	0,076	0,049	0,111
A4	0,076	0,048	0,087	0,096	0,089	0,087	0,132	0,088
A5	0,256	0,193	0,144	0,181	0,168	0,263	0,081	0,184
A6	0,093	0,122	0,217	0,196	0,113	0,178	0,391	0,187
A7	0,164	0,329	0,354	0,135	0,386	0,084	0,186	0,234

λmax = 7,640 ,CI = 0,107 , CR = 0,081

C5*	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Ağırlık (W)
A1	0,069	0,061	0,052	0,051	0,065	0,103	0,051	0,065
A2	0,117	0,103	0,181	0,073	0,085	0,226	0,059	0,121
A3	0,106	0,046	0,081	0,061	0,064	0,219	0,059	0,091
A4	0,163	0,172	0,163	0,122	0,091	0,102	0,086	0,128
A5	0,132	0,152	0,159	0,168	0,125	0,073	0,106	0,131
A6	0,121	0,083	0,067	0,217	0,313	0,182	0,421	0,201
A7	0,292	0,383	0,297	0,308	0,256	0,094	0,217	0,264

λmax = 7,633 ,CI = 0,105 , CR = 0,080

Tablo 28. Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu

Kriter Ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
C1	0,426	0,641	0,258	0,512	0,356	0,438
C2	0,092	0,139	0,313	0,163	0,301	0,202
C3	0,306	0,082	0,185	0,141	0,145	0,172
C4	0,111	0,114	0,175	0,134	0,144	0,135
C5	0,064	0,025	0,069	0,050	0,054	0,052

λmax = 5,290 ,CI = 0,073 , CR = 0,065

Karar Tablosu

	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlık
A1	0,010	0,019	0,009	0,015	0,003	0,057
A2	0,038	0,045	0,019	0,012	0,006	0,119
A3	0,032	0,024	0,028	0,015	0,005	0,104
A4	0,062	0,034	0,018	0,012	0,007	0,132
A5	0,083	0,019	0,037	0,025	0,007	0,171
A6	0,127	0,030	0,035	0,025	0,011	0,228
A7	0,087	0,031	0,025	0,032	0,014	0,189

Karar Tablosu - Sipariş Ayrıştırma

		Ağırlık
A1	Palet bazlı ayrıştırma	0,057
A2	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	0,119
A3	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	0,104
A4	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayış, Eğitim veya İtmeli Tepsi	0,132
A5	Adet bazlı ayrıştırma - OMR	0,171
A6	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese	0,228
A7	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)	0,189

6.2.5. Paketleme

Aşağıdaki tablolar katılımcıların Paketleme sürecinde her bir kriter için seçeneklerin önem derecesi skalasına göre puanlanması sonrasında normalize edilmiş ağırlıklarını göstermektedir. Her bir ikili matris için tutarlılık oranları (CR) hesaplanmıştır.

Her bir katılımcının karar tablosundaki ağırlıklar katılımcıların tecrübe süresi ile çarpılarak ağırlıklı geometrik ortalaması alınmıştır. Bu sayede Paketleme süreci için nihai ağırlıklandırılmış karar tablosu bulunmuştur.

Tablo 29. İkili Karşılaştırma Matrisleri

C1*	A1	A2	Ağırlık (W)
A1	0,465	0,465	0,465
A2	0,535	0,535	0,535

λmax = 2,000 ,CI = 0,000 , CR = 0,000

C2*	A1	A2	Ağırlık (W)
A1	0,706	0,706	0,706
A2	0,294	0,294	0,294

λmax = 2,000 ,CI = 0,000 , CR = 0,000

C3*	A1	A2	Ağırlık (W)
A1	0,711	0,711	0,711
A2	0,289	0,289	0,289

λmax = 2,000 ,CI = 0,000 , CR = 0,000

C4*	A1	A2	Ağırlık (W)
A1	0,648	0,648	0,648
A2	0,352	0,352	0,352

λmax = 2,000 ,CI = 0,000 , CR = 0,000

C5*	A1	A2	Ağırlık (W)
A1	0,414	0,414	0,414
A2	0,586	0,586	0,586

λmax = 2,000 ,CI = 0,000 , CR = 0,000

Tablo 30. Kriter Ağırlıkları ve Karar Tablosu

Kriter Ağırlıkları

	C1	C2	C5	Ağırlık
C1	0,426	0,641	0,356	0,438
C2	0,092	0,139	0,301	0,202
C3	0,306	0,082	0,145	0,172
C4	0,111	0,114	0,144	0,135
C5	0,064	0,025	0,054	0,052

λmax = 5,290 ,CI = 0,073 , CR = 0,065

Karar Tablosu

	C1	C2	C5	Ağırlık
A1	0,204	0,142	0,022	0,578
A2	0,235	0,059	0,031	0,422

		Ağırlık
A1	Yarı Otomatik Paketleme	0,578
A2	Tam Otomatik Paketlem	0,422

6.3.HP Uygulaması

AHP uygulamasında bulunan ağırlıklar HP modelinde hedeflerden biri olarak kullanılacaktır. Ayrıca literatür araştırması sonucunda otomatik depoların anahtar performans göstergeleri için önerilen kriterler odak grup toplantısında değerlendirilmiş ve öneriler arasından aşağıdaki kriterler HP için uygun görülmüştür (Faveto vd.,2021).

- İşletim Maliyeti
- Kapasite
- Alan Efektif Kullanımı
- Yatırım Maliyeti

AHP uygulamasında bulunan ağırlıklar ve HP için uygun olarak değerlendirilen kriterler ile birlikte Hedef Tablosu aşağıdaki gibi oluşturulmuştur. Hedef değerleri bir önceki uygulamadan farklı olarak firmanın isteklerine uygun olarak Tablo 31'de gösterildiği gibi güncellenmiştir. Firmanın büyüme stratejileri çerçevesinde beklediği kapasite daha yüksektir. Beklediği bu kapasiteye karşılık belirlediği işletim maliyeti ve yatırım maliyeti bütçe hedef değerleri de daha yüksektir.

Tablo 31. Hedefler Tablosu

Hedef Kriteri	**Hedef Açıklaması**	**Birim**	**Hedef Değeri**
H1-İşletim Maliyeti	Depo otomasyon sisteminin elektrik, bakım, onarım vb. işletim maliyetlerini göstermektedir.	*1.000 Birim	35
H2-Kapasite	Depo otomasyon sisteminin saatlik giriş ve çıkış kapasitesini ifade etmektedir.	*100 Birim / saat	40
H3-Etkin Hacim Kullanımı	Depo otomasyon sisteminin birim başına kullandığı alanı ifade etmektedir.	Birim / m3	25

Hedef Kriteri	**Hedef Açıklaması**	**Birim**	**Hedef Değeri**
H4-Yatırım Maliyeti	Depo otomasyon sisteminin ilk yatırım maliyetini ifade etmektedir.	*10.000 Birim	45
H5-AHP Ağırlıkları	Depo otomasyon sisteminin AHP uygulaması sonucunda aldığı katsayıyı ifade etmektedir.	AHP Sonucu	50

AHP modelinden farklı olarak HP modelinde tüm süreçler için belirlenen otomasyon sistemleri tek bir modelde birleştirilmiştir. Bu sayede en uygun sistemlerin seçiminde tüm süreçler dikkate alınarak belirlenen kısıtlar altında sistemin tamamı için seçim yapılmıştır. Aşağıdaki tabloda HP ile seçimi yapılacak otomasyon sistemleri birlikte gösterilmiştir.

HP modelinde kullanılan alternatif depo otomasyon sistemleri bir önceki bölümde gösterilen Tablo 16 ile aynıdır.

HP için ilk adım olarak karar değişkenleri tanımlanmıştır. Bu modelde karar değişkenleri depo otomasyon sistemi alternatiflerini 0 veya 1 olarak seçmeyi temsil etmektedir.

Karar değişkenleri şu şekildedir;

- X_1: Depo otomasyon sistemi A1 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_2: Depo otomasyon sistemi A2 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_3: Depo otomasyon sistemi A3 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_4: Depo otomasyon sistemi A4 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_5: Depo otomasyon sistemi A5 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_6: Depo otomasyon sistemi A6 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_7: Depo otomasyon sistemi A7 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_8: Depo otomasyon sistemi A8 için “0 veya 1” değerini alır.

- X_9: Depo otomasyon sistemi A9 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{10}: Depo otomasyon sistemi A10 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{11}: Depo otomasyon sistemi A11 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{12}: Depo otomasyon sistemi A12 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{13}: Depo otomasyon sistemi A13 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{14}: Depo otomasyon sistemi A14 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{15}: Depo otomasyon sistemi A15 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{16}: Depo otomasyon sistemi A16 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{17}: Depo otomasyon sistemi A17 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{18}: Depo otomasyon sistemi A18 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{19}: Depo otomasyon sistemi A19 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{20}: Depo otomasyon sistemi A20 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{21}: Depo otomasyon sistemi A21 için “0 veya 1” değerini alır.
- X_{22}: Depo otomasyon sistemi A22 için “0 veya 1” değerini alır.

Belirlenen hedefler doğrultusunda matematiksel model için amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$Min\ Z = d_1^+ + d_2^- + d_3^- + d_4^+ + (d_5^- + d_5^+) \qquad (6.1)$$

Amaç fonksiyonunda hedef sapmalarının toplamı minimum olması beklenmektedir. H1 işletim maliyeti ve H4 yatırım maliyetinin mümkün olan düşük seviyede, H2 kapasite ve H3 alan efektif kullanımının da mümkün olan yüksek seviyede olması beklenir. Bu yüzden amaç fonksiyonunda sapma yönleri farklı olmaktadır. H5 AHP değerlerinde ise her iki yönde sapma amaç fonksiyonuna dahil edilmiştir. AHP değerleri diğer hedef değerlerine göre önem katsayısı iki verilerek amaç fonksiyonuna eklenmiştir.

HP modelinde bir sonraki adımda kısıtlar aşağıdaki şekilde belirlenmiştir;

H1 – İşletim Maliyeti hedefi için kısıt;

$$3.x_1 + 4.x_2 + 5.x_3 + 8.x_4 + 8.x_5 + 7.x_6 + 6.x_7 + 5.x_8 + 4.x_9 + 6.x_{10} + 5.x_{11} + 9.x_{12} + 10.x_{13} + 7.x_{14} + 6.x_{15} + 7.x_{16} + 8.x_{17} + 8.x_{18} + 9.x_{19} + 5.x_{20} + 5.x_{21} + 7.x_{22} + d_1^+ + d_1^- = 35 \quad (6.2)$$

H2 – Kapasite hedefi için kısıt;

$$8.x_1 + 7.x_2 + 5.x_3 + 6.x_4 + 8.x_5 + 8.x_6 + 7.x_7 + 9.x_8 + 9.x_9 + 7.x_{10} + 6.x_{11} + 8.x_{12} + 9.x_{13} + 5.x_{14} + 6.x_{15} + 6.x_{16} + 7.x_{17} + 7.x_{18} + 8.x_{19} + 6.x_{20} + 7.x_{21} + 9.x_{22} + d_2^+ + d_2^- = 40 \quad (6.3)$$

H3 – Alan Efektif Kullanımı hedefi için kısıt;

$$10.x_1 + 4.x_2 + 6.x_3 + 9.x_4 + 8.x_5 + 6.x_6 + 7.x_7 + 5.x_8 + 5.x_9 + 7.x_{10} + 4.x_{11} + 6.x_{12} + 9.x_{13} + 9.x_{14} + 7.x_{15} + 5.x_{16} + 7.x_{17} + 3.x_{18} + 6.x_{19} + 5.x_{20} + 6.x_{21} + 8.x_{22} + d_3^+ + d_3^- = 25 \quad (6.4)$$

H4 – Yatırım Maliyeti hedefi için kısıt;

$$3.x_1 + 5.x_2 + 9.x_3 + 10.x_4 + 10.x_5 + 9.x_6 + 5.x_7 + 6.x_8 + 7.x_9 + 4.x_{10} + 4.x_{11} + 9.x_{12} + 10.x_{13} + 6.x_{14} + 7.x_{15} + 8.x_{16} + 7.x_{17} + 9.x_{18} + 9.x_{19} + 5.x_{20} + 6.x_{21} + 9.x_{22} + d_4^+ + d_4^- = 45 \quad (6.5)$$

H5 – AHP Ağırlıkları hedefi için kısıt;

$$5{,}80.x_1 + 2{,}53.x_2 + 1{,}67.x_3 + 0{,}76.x_4 + 3{,}03.x_5 + 1{,}13.x_6 + 1{,}52.x_7 + 1{,}59.x_8 + 1{,}99.x_9 + 4{,}25.x_{10} + 1{,}96.x_{11} + 1{,}71.x_{12} + 2{,}08.x_{13} + 0{,}57.x_{14} + 1{,}19.x_{15} + 1{,}04.x_{16} + 1{,}32.x_{17} + 1{,}71.x_{18} + 2{,}28.x_{19} + 1{,}89.x_{20} + 5{,}78.x_{21} + 4{,}22.x_{22} + d_5^+ + d_5^- = 50 \quad (6.6)$$

Modelin her bir depo süreci için mutlaka seçim yapması ve o süreç için alternatifler arasından yalnızca bir tanesini seçmesi yönünde kısıt aşağıdaki şekilde eklenmiştir;

- Araç Boşaltma ve Yükleme süreci için seçim kısıtı;

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1 \quad (6.7)$$

- Adresleme ve Geri Çağırma süreci için seçim kısıtı;

$$x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 = 1 \quad (6.8)$$

- Sipariş Toplama süreci için seçim kısıtı;

$$x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} = 1 \quad (6.9)$$

- Sipariş Ayrıştırma süreci için seçim kısıtı;

$$x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} = 1 \quad (6.10)$$

- Paketleme süreci için seçim kısıtı;

$$x_{21} + x_{22} = 1 \quad (6.11)$$

Modelin çözülmesi için Excel Solver programı kullanılmıştır. Programın kurulum ve sonuç ekranı aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 32. HP Excel Modeli Tablosu

		Araç Yükleme Boşaltma			Adresleme Geri Çağırma						Sipariş Toplama				Sipariş Ayrıştırma							Sipariş Paketleme		
Hedefler	**Birim**	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**	**A6**	**A7**	**A8**	**A9**	**A10**	**A11**	**A12**	**A13**	**A14**	**A15**	**A16**	**A17**	**A18**	**A19**	**A20**	**A21**	**A22**	**Hedef Rakam**
H1-İşletim Maliyeti	*1.000 Birim	3	4	5	8	8	7	6	5	4	6	5	9	10	7	6	7	8	8	9	5	5	7	35
H2-Kapasite	*100 Birim / saat	8	7	5	6	8	8	7	9	9	7	6	8	9	5	6	6	7	7	8	6	7	9	40
H3- Etkin Hacim Kullanımı	Birim / m3	10	4	6	9	8	6	7	5	5	7	4	6	9	9	7	5	7	3	6	5	6	8	20
H4-Yatırım Maliyeti	*10.000 Birim	3	5	9	10	10	9	5	6	7	4	4	9	10	6	7	8	7	9	9	5	6	9	45
H5-AHP Ağırlıkları	AHP Sonucu	5,80	2,53	1,67	0,76	3,03	1,13	1,52	1,59	1,99	4,25	1,96	1,71	2,08	0,57	1,19	1,04	1,32	1,71	2,28	1,89	5,78	4,22	50

Tablo 33. HP Excel Solver Çözümü

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22
Karar Değişkenleri	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Amaç Fonk. Katsayısı																						
P Ağırlık Katsayısı																						
H1 Kısıt	3	4	5	8	8	7	6	5	4	6	5	9	10	7	6	7	8	8	9	5	5	7
H2 Kısıt	8	7	5	6	8	8	7	9	9	7	6	8	9	5	6	6	7	7	8	6	7	9
H3 Kısıt	10	4	6	9	8	6	7	5	5	7	4	6	9	9	7	5	7	3	6	5	6	8
H4 Kısıt	3	5	9	10	10	9	5	6	7	4	4	9	10	6	7	8	7	9	9	5	6	9
AHP Kısıt	5,80	2,53	1,67	0,76	3,03	1,13	1,52	1,59	1,99	4,25	1,96	1,71	2,08	0,57	1,19	1,04	1,32	1,71	2,28	1,89	5,78	4,22
Min Toplam Sapma	30																					
Mutlaka Seçim Yap																						
Araç Yükleme Boşaltma	1	=	1																			
Adresleme Geri Çağırma	1	=	1																			
Sipariş Toplama	1	=	1																			
Sipariş Ayrıştırma	1	=	1																			
Sipariş Paketleme	1	=	1																			

Excel Solver çözümü sonucunda sırasıyla Araç Yükleme Boşaltma süreci için A1 Konveyör Sistemleri (Teleskopik), Adresleme ve Geri Çağırma süreci için A5 Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler), Sipariş Toplama süreci için A10 Işıklı Toplama Sistemi (ITS), Sipariş Ayrıştırma süreci için A19 Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese, Paketleme süreci için ise A22 Tam Otomatik Paketleme Sistemi (TOPS) seçilmiştir. Seçimi yapılan otomasyon sistemleri Tablo 34'te gösterilmiştir.

Tablo 34. HP Sonuç Tablosu

Depo Süreçleri	**Depo Otomasyon Sistemi**
Araç Yükleme Boşaltma	A1- Konveyör Sistemleri (Teleskopik)
Adresleme Geri Çağırma	A5 - Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)
Sipariş Toplama	A10 - Işıklı Toplama Sistemi (ITS)
Sipariş Ayrıştırma	A19 - Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese
Paketleme	A22 - Tam Otomatik Paketleme Sistemi (TOPS)

Çalışma sonucunda genel bir e-ticaret sipariş karşılama merkezi değerlendirilerek yapılan seçim ile tekstil perakende sektöründe bir firmanın e-ticaret sipariş karşılama merkezine özel uyarlanan modelde yapılan seçim arasında belli farklar oluşmuştur. Araç yükleme boşaltma, Sipariş toplama süreçlerinde aynı sonucu vermekle birlikte Adresleme geri çağırma, sipariş ayrıştırma ve paketleme süreçlerinde farklı alternatif otomasyon sistemleri seçilmiştir. Bu farklar aşağıdaki tabloda karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Adresleme geri çağırma sürecinde AHP uygulamasında tekstil perakende firmasının e-ticaret deposu için A5 alternatifi daha yüksek ağırlık ile puanlanmıştır. Bunun etkisiyle HP modelinde daha yüksek yatırım maliyeti olmasına rağmen seçilmiştir.

Sipariş ayrıştırma sürecinde adresleme geri çağırma sürecinde olduğu gibi AHP uygulamasında A19 alternatifi daha yüksek ağırlık ile puanlanmıştır. Bunun yanında firmanın hedeflerine bakıldığında daha yüksek kapasite hedefi olduğu görülmektedir. A19 alternatifi A20 alternatifine göre daha yüksek kapasite sunmaktadır. Bu yüzen model seçim yaparken A19 alternatifinin yatırım ve işletim maliyeti A20 alternatifinden daha yüksek olmasına rağmen bu yönde seçim yapmıştır.

Paketleme sürecinde ise AHP uygulamasında A21 alternatifi A22 alternatifine göre daha yüksek puanlanmıştır. Ancak sipariş ayrıştırma sürecinde olduğu gibi firma özelinde kapasite ihtiyacı yüksek olduğu için model yatırım ve işletim maliyeti görece daha yüksek olan A22 alternatifini seçmiştir.

Tablo 35. HP Sonuç Tablosunun Karşılaştırılması

Depo Süreçleri	**Genel Uygulama**	**Hazır Giyim Uygulaması**
Araç Yükleme Boşaltma	A1- Konveyör Sistemleri (Teleskopik)	A1- Konveyör Sistemleri (Teleskopik)
Adresleme Geri Çağırma	A9 - Otonom Mobil Robot (OMR)	A5 - Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)
Sipariş Toplama	A10 - Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	A10 - Işıklı Toplama Sistemi (ITS)
Sipariş Ayrıştırma	A20 - Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)	A19 - Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese
Paketleme	A21 - Yarı Otomatik Paketleme Sistemi (YOPS)	A22 - Tam Otomatik Paketleme Sistemi (TOPS)

6.3.1. Senaryo analizi

Modelin Solver ile çözümü sırasında hedef değerlerdeki değişikliklerin ve kriterlerin katsayı değişikliğinin sonuca etkisini gözlemlemek için senaryo analizi yapılmıştır. Bunun için hedefler ve hedef katsayıları sırasıyla değiştirilerek modelin verdiği sonuçlar karşılaştırılmıştır.

6.3.1.1.İşletim maliyeti senaryo analizi

Hedef işletim maliyeti 5 birim düşürüldüğünde model araç yükleme boşaltma, sipariş toplama, sipariş ayrıştırma süreçlerinde değişikliğe gitmemektedir. Adresleme geri çağırma ve paketleme süreçlerinde ise işletim maliyeti görece daha düşük alternatifler ile sonuç vermektedir. Toplam sapma değerine bakıldığında değerin 1 birim arttığı görülmektedir. İkinci olarak hedef değerleri aynı kalacak şekilde işletme maliyeti katsayısı 2 katına çıkartılarak model tekrar çalıştırıldığında çıkan sonuç tablosunda herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Sonuç değerleri Tablo 36'da verilmiştir. Excel sonuç tablosu ise Ek-10'de gösterilmiştir.

Tablo 36. Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – İşletim Maliyeti

Depo Süreçleri	**Depo Otomasyon Sistemi**
Araç Yükleme Boşaltma	A1- Konveyör Sistemleri (Teleskopik)
Adresleme Geri Çağırma	A9 - Otonom Mobil Robot (OMR)
Sipariş Toplama	A10 - Işıklı Toplama Sistemi (ITS)
Sipariş Ayrıştırma	A19 - Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese
Paketleme	A21 - Yarı Otomatik Paketleme Sistemi (YOPS)

6.3.1.2. Kapasite senaryo analizi

Hedef kapasite ihtiyacı 5 birim düşüldüğünde model araç yükleme boşaltma, adresleme geri çağırma, sipariş toplama ve sipariş ayrıştırma süreçlerinde değişikliğe gitmezken sadece sipariş paketleme sürecinde farklı bir alternatif seçmektedir. Daha düşük bir kapasite ihtiyacı için daha yüksek maliyete katlanmaya gerek olmadığını göstermektedir. Aynı şekilde hedef değerleri değiştirilmeden sadece amaç fonksiyonunda kapasite katsayısı 0,5 olarak girildiğinde model sadece paketleme sürecindeki alternatifi değiştirmektedir. Her iki senaryo için oluşan sonuç tablosu Tablo 37'de verilmiştir. Excel sonuç tablosu ise Ek-11'de gösterilmiştir.

Tablo 37. Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – Kapasite

Depo Süreçleri	**Depo Otomasyon Sistemi**
Araç Yükleme Boşaltma	A1- Konveyör Sistemleri (Teleskopik)
Adresleme Geri Çağırma	A5 - Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)
Sipariş Toplama	A10 - Işıklı Toplama Sistemi (ITS)
Sipariş Ayrıştırma	A19 - Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese
Paketleme	A21 - Yarı Otomatik Paketleme Sistemi (YOPS)

6.3.1.3. Etkin hacim kullanımı senaryo analizi

Etkin hacim kullanımı hedefi 5 birim düşüldüğünde model araç yükleme boşaltma, adresleme geri çağırma, sipariş toplama, sipariş ayrıştırma ve sipariş paketleme süreçlerinde değişikliğe gitmemektedir. Etkin hacim kullanım hedefi 5 birim artırıldığında yine aynı şekilde model seçimlerinde değişiklik yapmamaktadır. Aynı şekilde hedef değerleri değiştirilmeden sadece amaç fonksiyonunda etkin hacim kullanımı katsayısı 2 veya 0,5 olarak değiştirilediğinde model seçimlerinde değişiklik

yapmamaktadır. Sonuç değerleri Tablo 38'de gösterilmiştir. Excel sonuç tablosu ise Ek-12'de gösterilmiştir.

Tablo 38. Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – Etkin Hacim Kullanımı

Depo Süreçleri	**Depo Otomasyon Sistemi**
Araç Yükleme Boşaltma	A1- Konveyör Sistemleri (Teleskopik)
Adresleme Geri Çağırma	A5 - Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)
Sipariş Toplama	A10 - Işıklı Toplama Sistemi (ITS)
Sipariş Ayrıştırma	A19 - Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese
Paketleme	A22 - Tam Otomatik Paketleme Sistemi (TOPS)

6.3.1.4.Yatırım maliyeti senaryo analizi

Yatırım maliyeti hedefi sırasıyla 5 ve 10 birim düşüldüğünde model araç yükleme boşaltma, adresleme geri çağırma, sipariş toplama, sipariş ayrıştırma ve sipariş paketleme süreçlerinde değişikliğe gitmemektedir. Ancak 15 birim düşüldüğünde adresleme geri çağırma ve sipariş paketleme süreçlerinde daha düşük yatırım maliyeti olan alternatifleri seçmektedir. Hedef değerleri değiştirilmeden sadece amaç fonksiyonunda yatırım maliyeti katsayısı 2 veya 0,5 olarak değiştirilediğinde model seçimlerinde değişiklik yapmamaktadır. Sonuç değerleri Tablo 39'da gösterilmiştir. Excel sonuç tablosu ise Ek-13'de gösterilmiştir.

Tablo 39. Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – Etkin Hacim Kullanımı

Depo Süreçleri	**Depo Otomasyon Sistemi**
Araç Yükleme Boşaltma	A1- Konveyör Sistemleri (Teleskopik)
Adresleme Geri Çağırma	A9 - Otonom Mobil Robot (OMR)
Sipariş Toplama	A10 - Işıklı Toplama Sistemi (ITS)
Sipariş Ayrıştırma	A19 - Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese
Paketleme	A21 - Yarı Otomatik Paketleme Sistemi (YOPS)

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, bir otomatik sipariş karşılama merkezi için en uygun depo otomasyon sisteminin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, depo otomasyon sistemleri detaylı bir şekilde sınıflandırılmış ve odak grup yöntemi kullanılarak değerlendirme kriterleri ortaya konulmuştur. Daha sonra, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Hedef Programlama (HP) yöntemleri uygulanarak, en uygun otomasyon sisteminin seçilmesinde analitik yöntemler kullanılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında, genel bir sipariş karşılama merkezi için en uygun depo otomasyon sistemleri önerilen yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Ardından, hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın e-ticaret sipariş karşılama merkezi ihtiyaçları dikkate alınarak, bu ihtiyaçlara en uygun otomasyon sistemleri önerilen yöntem ile seçilmiştir. Bu yaklaşım, teorik bir modelden öte, gerçek hayat uygulamalarına yönelik somut çıktılar sunmayı amaçlamaktadır.

Elde edilen sonuçlar odak grup ile değerlendirilmiştir. Depo otomasyon sistemlerinin seçilmesinde kapasite ihtiyaçları, ürün özelliklerinin depo otomasyon sistemlerine uygunluğu ve operasyonel gereksinimler alternatif sistemler arasında seçim yapmada kritik unsurlar olarak değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra otomasyon sistemi yatırımını yapacak firma karar verirken yatırım maliyetleri ve işletim maliyetleri önemli karar kriterlerindendir. Çıkan sonuçlar depo otomasyon seçimi yaparken yalnızca teknik uygunluğun değil, finansal sürdürülebilirlik ve fayda-maliyet analizinin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Bu bağlamda, sipariş karşılama merkezlerinde depo otomasyon sistemlerine karar verecek firmaların, öncelikle kendi operasyonel ihtiyaçlarını ve stratejik hedeflerini net bir şekilde belirlemesi gerekmektedir. Firmalar, belirlenen kriterleri doğru şekilde değerlendirerek, modelin çıktılarından faydalanmalı ve bu doğrultuda karar alma süreçlerini yönlendirmelidir. Modelin esnek yapısı sayesinde, farklı büyüklükteki işletmeler ve farklı sektörler için özelleştirilmiş çözümler geliştirilebilir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, yalnızca hazır giyim sektörüyle sınırlı kalmayıp, diğer sektörlerdeki depo otomasyon süreçleri için de önemli bir referans noktası oluşturabilir. Gelecekte, bu modelin diğer sektörlerde uygulanması, daha geniş bir uygulama alanına yönelik sonuçlar sunabilir. Ayrıca, farklı ölçeklerdeki işletmelerin otomasyon sistemlerini seçme sürecine rehberlik edebilir. Otomasyon sistemlerinin birbiri ile entegrasyonu ve uyumlu çalışması ayrıca değerlendirmeye dahil edilebilir. Bunun yanı sıra, teknolojideki gelişmeler ve artan veri odaklı yaklaşımlar göz önünde bulundurularak, modelin daha dinamik ve kapsamlı versiyonlarının geliştirilmesi mümkündür.

KAYNAKÇA

Acimovic, J. ve Graves, S. C. (2017). Mitigating spillover in online retailing via replenishment. *Manufacturing & Service Operations Management*, 19(3), 419-436. doi:https://doi.org/10.1287/msom.2016.0614

Almutrafi, F. (2019). The what, why and how of conducting focus-group research. *International Journal of Language and Linguistics*, 7(5), 235. doi:https://doi.org/10.11648/j.ijll.20190705.18

Aurambout, J. P.; Gkoumas, K. ve Ciuffo, B. (2019). Last mile delivery by drones: An estimation of viable market potential and access to citizens across European cities. *European Transport Research Review*, 11(1), 1-21. doi:https://doi.org/10.1186/s12544-019-0368-2

Azadeh, K.; Roy, D. ve De Koster, R. (2019). Design, modeling, and analysis of vertical robotic storage and retrieval systems. *Transportation Science*, 53(5), 1213-1234. doi:https://doi.org/10.1287/trsc.2018.0883

Baker, P., ve Halim, Z. (2007). An exploration of warehouse automation implementations: cost, service and flexibility issues. *Supply Chain Management, 12*(2), 129-138. doi:https://doi.org/10.1108/13598540710737316

Bartholdi, J. J. ve Hackman, S. T. (2019). Warehouse & Distribution Science. *Atlanta: Georgia Institute of Technology*.

Basch, C. E. (1987). Focus group interview: An underutilized research technique for improving theory and practice in health education. *Health Education Quarterly*, 14(4), 411.. . doi:https://doi.org/10.1177/109019818701400404

Bogue, R. (2016). Growth in e-commerce boosts innovation in the warehouse robot market. *The International Journal of Robotics Research and Application*, 43(6), 583. . doi:https://doi.org/10.1108/ir-07-2016-0194

Boysen, N.; De Koster, R. ve Weidinger, F. (2019). Warehousing in the e-commerce era: A survey. *European Journal of Operational Research,*, 277(2), 396-411. doi:https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.08.023

Choi, H. B., Kim, J. B., Ji, C. H., Ihsan, U., Han, Y. H., Oh, S. W., ve Pyo, C. S. (2022). MARL-based optimal route control in multi-AGV warehouses. *International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIC)* (s. 333-338). Jeju Island: IEEE. doi:https://doi.org/10.1109/ICAIIC54071.2022.9722643

Costa, M. P. (2021). Conducting cross-cultural, multi-lingual and multi-country focus groups: Guidance for researchers. *International Journal of Qualitative Methods*, 20. doi:https://doi.org/10.1177/16094069211049929

Daifuku. (2024, Aralık 7). *Mini-load AS/RS - FS Model System [Görsel].* Daifuku Intralogistics:https://www.daifuku.com/solution/assets/images/intralogistics/products/automated-warehouse/miniload-asrs/fs-model-system.png adresinden alındı

Ekol Lojistik. (2019). *Ekol Lojistik Basılmamış Eğitim Dokümanı.* 15.05.2024 tarihinde https://www.ekol.com/tr/ adresinden alındı.

Faber, N., de Koster, R., ve Smidts, A. (2020). Optimal robotized order picking: The AutoStore case. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1300-1316.

Faveto, A., Traini, E., Bruno, G., ve Lombardi, F. (2021). Development of a key performance indicator framework for automated warehouse systems. *IFAC-PapersOnLine*, 54(1), 116-121. doi:https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.013

Fife, E. M. (2005). A focus group activity for the research methods class. *Communication Teacher* (s. 9-12). içinde Taylor & Francis. doi:https://doi.org/10.1080/1740462042000339203

Fives Group. (2024, Aralık 7). *AutoStore Whole System Full Process [Görsel].* Fives Group Web Sitesi:

https://webasset.fivesgroup.com/Never_Delete/a/a/csm_AutoStore_WholeSystem_Fullprocess_3da86265a2.png adresinden alındı

Frazelle, E. (2002). *World-class warehousing and material handling (Vol. 1).* New York: McGraw-Hill.

Gharehgozli, A., ve Zaerpour, N. (2020). Robot scheduling for pod retrieval in a robotic mobile fulfillment system. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 142*, 102087. doi:https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102087

Ghelichi, Z., ve Kilaru, S. (2021). Analytical models for collaborative autonomous mobile robot solutions in fulfillment centers. *Applied Mathematical Modelling, 91*, 438-457. doi:https://doi.org/10.1287/ijoo.2019.0039

Gu, J., Goetschalckx, M., ve McGinnis, L. F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 203(3), 539-549. doi:https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.07.031

Gzara, F., Elhedhli, S., Ugur, Y., ve Baloch, G. (2020). Data-driven modeling and optimization of the order consolidation problem in e-warehousing. *INFORMS Journal on Optimization, 2*(4), 273. doi:https://doi.org/10.1287/ijoo.2019.0039

Henn, S., ve Wäscher, G. (2012). Tabu search heuristics for the order batching problem in manual order picking systems. *European Journal of Operational Research*, 222(3), 484-494. doi:https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.05.049

Hoffman, R. M., ve Asada, H. H. (2017). A multi-track elevator system for E-commerce fulfillment centers. *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (s. 4694-4701). Vancouver: IEEE. doi:https://doi.org/10.1109/IROS.2017.8206341

Huang, Y., Savelsbergh, M., ve Zhao, L. (2018). Designing logistics systems for home delivery in densely populated urban areas. *Transportation Research Part B: Methodological,, 115*, 95-125. doi:https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.07.006

Ishfaq, R., ve Raja, U. (2017). Evaluation of order fulfillment options in retail supply chains. *Decision Sciences, 49(3),* 487. doi:https://doi.org/10.1111/deci.12277

Jo, Y. H., ve Choi, C. (2020). A study on the architectural changes of the logistics center due to automation and enlargement: Focusing on the case of Coupang, E-Mart, Amazon logistics centers. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 36(1), 37-48. doi:https://doi.org/10.5659/JAIK_PD.2020.36.1.37

Johansen, A., ve Riise, M. (2021). The impact of grid-based storage systems on warehouse performance. *Logistics Journal*, 13(2), 120-135.

Kang, L., Seo, J. T., Kim, S. H., Kim, W. J., ve Yi, B. J. (2019). Design and implementation of a multi-function gripper for grasping general objects. *Applied Sciences*, 9(24), 5266. doi:https://doi.org/10.3390/app9245266

Kardex. (2024, Aralık 7). *Shuttle XP Vertical Lift Module [Görsel].* Kardex Storage Systems Web Sitesi: https://kardexstoragesystems.com/wp-content/uploads/prod-ShuttleXPVLM.png adresinden alındı

Kim, Y., ve Hong, S. (2020). Two Picker Cooperation Strategies for Zone Picking Systems With PTL Technology. *IEEE Access*, Vol. 8, p. 106059. doi:https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2999342

Knaap. (2024, Aralık 7). *Schukat Kleinteilelager OSR Shuttle Evo [Görsel].* KNAPP Benelux:https://www.knappbenelux.com/wpcontent/uploads/Schukat_Kleinteilelager_OSR-Shuttle-Evo.jpg adresinden alındı

Kok, Z. K., Causo, A., Chong, Z. H., ve Chen, I. M. (2017). Designing modular robotic architecture for e-commerce bin picking task fulfillment. *2017 IEEE Region 10 Conference* (s. 1109-1114). Penang: IEEE. doi:https://doi.org/10.1109/TENCON.2017.8228023

Koster, R., ve Van de Velde, S. (2022). Sustainable warehouse operations: A study on the efficiency of grid-based systems. *Journal of Cleaner Production*, 344.

Koyun, U., Özsoy, D., ve Ertunç, H. (2002). Farklı Ebatlardaki Kutular için Endüstri 4.0 Uyumlu Bir Otomatik Depolama ve Boşaltma Sistem (ODBS) Tasarımı. *Academic Perspective Procedia*, 3 (1), 362-370. doi:https://doi.org/10.33793/acperpro.03.01.76

Kučera, T. (2017). Logistics cost calculation of implementation warehouse management system: A case study. *MATEC Web of Conferences* (s. 134, 28.). EDP Sciences. doi:https://doi.org/10.1051/matecconf/201713400028

Lei, Y., Jasin, S., ve Sinha, A. (2018). Joint dynamic pricing and order fulfillment for e-commerce retailers. *Manufacturing & Service Operations Management*, 20(2), 269-284. doi:https://doi.org/10.1287/msom.2017.0641

Leung, K. H., Choy, K. L., Siu, P. K., Ho, G. T., Lam, H. Y., ve Lee, C. K. (2018). A B2C e-commerce intelligent system for re-engineering the e-order fulfillment process. *Expert Systems with Applications*, 91, 386-401. doi:https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.09.026

Made-in-China. (2024, Aralık 7). *Tzbot Maximum Load 1 Ton Magnetic Sensor AGV [Görsel]*. Made-in-China Web Sitesi: https://image.made-in-china.com/226f3j00uJncgwNIyGkB/Tzbot-Maximum-Load-1-Ton-Magnetic-Sensor-Agv-Heavy-Load-Capacity-Jack-up-Agv-Warehouse-Robots-Automated-Guided-Vehicle-for-Factory-Material-Handling.webp adresinden alındı

Manzini, R., Accorsi, R., Pattitoni, L., ve Regattieri, A. (2011). A supporting decisions platform for the design and optimization of a storage industrial system. . *InTech eBooks*. doi:https://doi.org/10.5772/16861

Mills, A. (2000). Where's the warehouse? Manufacturing Engineer. *Institution of Engineering and Technology*, 79(5), 214. doi: https://doi.org/10.1049/me:20000515

Nili, A., Tate, M., ve Johnstone, D. (2017). A framework and approach for analysis of focus group data in information systems research. *Communications of the*

Association for Information Systems, 40, 1. doi:https://doi.org/10.17705/1cais.04001

Ognenoski, O. K. (2021). Empirical path-loss models for automated warehouses. *IEEE 94th Vehicular Technology Conference (VTC2021-Fall)* (s. 1-5). Norman: IEEE. doi:https://doi.org/10.1109/VTC2021-Fall52928.2021.9625240

Parsons, M., ve Greenwood, J. (. (2000). A guide to the use of focus groups in health care research: Part 1. *Contemporary Nurse*, 9(2), 169. doi:https://doi.org/10.5172/conu.2000.9.2.169

Rao, S., Griffis, S. E., ve Goldsby, T. J. (2011). Failure to deliver? Linking online order fulfillment glitches with future purchase behavior. *Journal of Operations Management*, 29(7), 692. doi:https://doi.org/10.1016/j.jom.2011.04.001

Relyea, R., Bhanushali, D., Vashist, A., Ganguly, A., Kwasinski, A., Kuhl, M. E., ve Ptucha, R. (2019). Multimodal localization for autonomous agents. *Electronic Imaging, 2019*(7), 1-8.

Rifai, A. K. (1994). A note on the structure of the goal programming model: Assessment and evaluation. *International Journal of Operations and Production Management*, *16*(1), 40-49. doi:https://doi.org/10.1108/01443579610106355

Romero, C. (2014). *Handbook of critical issues in goal programming.* Amsterdam: Elsevier..

Roodbergen, K. J., ve Vis, I. F. (2009). A survey of literature on automated storage and retrieval systems. *European Journal of Operational Research*, 194(2), 343-362. doi:https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.01.038

Sarpkaya, G., ve Sağlam, M. (2022). Covid-19 Pandemi Dönemi ve Sonrasında Tüketicilerin E-Ticaret Eğilimleri Üzerine Bir Araştırma. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Girişimcilik Dergisi*, 6(12), 40-60. doi:https://doi.org/10.55830/tje.1164204

Smith, T. (2020). Revolutionizing warehousing: The AutoStore system. *Automation in Logistics Quarterly*, 7(3), 45-52.

Steinker, S., Hoberg, K., ve Thonemann, U. W. (2017). The value of weather information for e-commerce operations. *Production and Operations Management*, 26(10), 1854-1874. doi:https://doi.org/10.1111/poms.12721

Sulova, S. (2023). A Conceptual Framework for the Technological Advancement of E-Commerce Applications . *Businesses*, 3(1), 220-230. doi:https://doi.org/10.3390/businesses3010015

Tanyaş, M. (2017). *Depo Tasarımı Ders Notu.* Maltepe Üniversitesi. İstanbul. 20.10.2024 tarihinde https://www.maltepe.edu.tr/ adresinden alındı.

Tho, T. P., Thinh, N. T., ve Bich, N. H. (2016). Design and development of the vision sorting system. *3rd International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD)* (s. 217-223). IEEE. doi:https://doi.org/10.1109/GTSD.2016.57

Tikwayo, L. N. (2023). Applications of Industry 4.0 Technologies in Warehouse Management: A Systematic Literature Review. *Logistics*, 7(2), 24. doi:https://doi.org/10.3390/logistics7020024

Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., ve Tanchoco, J. M. (2010). *Facilities planning.* . New Jersey: John Wiley & Sons.

Torabi, S. A., Hassini, E., ve Jeihoonian, M. (2015). Fulfillment source allocation, inventory transshipment, and customer order transfer in e-tailing. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 79, 128-144. doi:https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.04.004

Van Loon, P., Deketele, L., Dewaele, J., McKinnon, A., ve Rutherford, C. (2015). A comparative analysis of carbon emissions from online retailing of fast-moving consumer goods. *Journal of Cleaner Production*, 106, 478-486. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.060

Vencheh, A., ve Aghajani, M. (2010). Designing a production programming model with multiple objectives in the textile industry. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(9), 4390-4399.

Zhang, D., Pee, L. G., ve Cui, L. (2021). Artificial intelligence in e-commerce fulfillment: A case study of resource orchestration at Alibaba's smart warehouse. *International Journal of Information Management*, 57. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102304

Zhang, J., Yang, F., ve Weng, X. (2019). A Building-Block-Based Genetic Algorithm for Solving the Robots Allocation Problem in a Robotic Mobile Fulfilment System. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019(1). doi:https://doi.org/10.1155/2019/6153848

EKLER

Ek-1: Literatür Araştırma Özet Tablosu – Web of Science

Sıra	Yazar	Başlık	Yıl	Atıf	Problem / Amaç	Yöntem	Sonuç	Gelecek Önerileri
1	Azadeh vd.	Zoning strategies for human-robot collaborative picking	2024	3	Otonom mobil robotlar ve insan toplama ekiplerinin birlikte çalıştığı depolarda optimal bir bölgeleme stratejisinin belirlenmesi	Kuyruk ağı modelleri	Sabit bölgeleme stratejisi, bölgesiz stratejiye göre toplama kapasitesini %17 artırabilir, ancak daha yüksek robot maliyetine yol açar.	Bölgeleme stratejilerinin robot maliyetlerini optimize etmek esnek modeller geliştirilmesi önerilmektedir.
2	Shi vd.	A Novel Fulfillment-Focused Simultaneous Assignment Method for Large-Scale Order Picking Optimization Problem in RMFS	2024	4	RMFS'deki sipariş toplama optimizasyonu problemi	Sipariş Karşılama Odaklı Eşzamanlı Atama yöntemi (FFSA)	FFSA yöntemi, verilerinde temsilci algoritmalardan belirgin şekilde daha iyi performans göstererek yüksek kaliteli çözümler üretmiştir.	Algoritmanın çok istasyonlu dinamik ortamlar ve karmaşık depo senaryolarında uygulanabilirliğinin genişletilmesi
3	Luo vd.	A* guiding DQN algorithm for automated guided vehicle pathfinding problem of robotic mobile fulfillment systems	2023	16	Robotik mobil sipariş karşılama sistemlerinde doğru ve verimli bir şekilde yol bulma sorunu	A Guiding Deep Q-Network	AG-DQN algoritması, RMFS modellerindeki AGV yol bulma probleminde hem eğitim süresi hem de karar verme süresi açısından önemli avantajlar sağlamıştır	Algoritmanın birden fazla AGV'nin aynı anda çalıştığı senaryolara uygulanması ve trafik yönetimi problemlerinin incelenmesi.

4	Boysen vd.	A review of synchronization problems in parts-to-picker warehouses	2023	10	iş istasyonlarının senkronizasyon problemleri	Sınıflandırma, simülasyon	Doğru iş istasyonu düzeni seçimi, depo çıkış performansını önemli ölçüde artırabilir	Farklı depo türlerinin incelenmesi
5	Zhen ve Li	A literature review of smart warehouse operations management	2022	7	Akıllı depolar kapsamında operasyon yönetimi sorunlarına bütünsel bakış sunmak	Detaylı literatür araştırması	Bilgi bağlantısı, ekipman otomasyonu, süreç entegrasyonu ve çevresel sürdürülebilirlik başlıkları çerçevesinde mevcut durum	İnsan faktörünün akıllı depoların operasyon yönetimi üzerindeki etkisi araştırılabilir
6	Choi vd.	MARL-Based Cooperative Multi-AGV Control in Warehouse Systems	2022	0	Envanter yönetiminde verimliliği arttırmak için ürünleri toplama istasyonlarına taşıma problemi	QMIX (çok etmenli öğrenme algoritması) tabanlı plan önerisi	Önerilen farklı yerleşim planları için simülasyon çalışması ile depo sisteminin verimliliğinin artırılması	Çoklu yerleşim planlarında birçok aracıda aynı anda pekiştirmeli öğrenme tekniğinin uygulanması
7	Aldarondo ve Bozer	Expected distances and alternative design configurations for automated guided vehicle-based order picking systems	2022	6	Otomatik yönlendirmeli araçların modülleri toplama istasyonlarına taşıma performansının değerlendirilmesi	Ön alanda alternatif yerleşim planı önerileri	Dört tarafından toplama istasyonlarının olduğu kare şeklinde ön alan tasarımı önerilmektedir	Otomatik yönlendirmeli araç boşta bekleme alanları, pil yönetimi, daha fazla sayıda araç kullanıldığında tıkanıklıktan kaçınma ve kilitlenmeyi önleme çalışmaları
8	Kemp vd.	Carbon Footprint of Alternative Grocery Shopping and Transportation Options from Retail Distribution Centers to Customer	2022	0	Merkezi depolardan tüketicilere gönderilen market ürünlerinin sera gazı emisyonu karşılaştırması	Araştırma	Mağazadan içten yanmalı motorlu araçlar ile ürün almak en yüksek emisyon değeri iken otomatik robotlar ile teslimat ise en düşük emisyon değerine sahip	Marketler ve tüketiciler için tedarik zinciri karbon ayak izini azaltacak fırsatların belirlenmesi ve değerlendirilmesi

9	Zhang vd.	Order picking optimization in a robotic mobile fulfillment system	2022	0	Entegre sipariş ve robot çizelgeleme problemi	Toplam maliyeti en aza indirmeyi amaçlayan karma tam sayılı doğrusal olmayan programlama	Formüle edilen modelin maliyet tasarrufuna katkı sağladığı ve önerilen algoritmanın optimale yakın çözümler verdiği bulunmuştur	Belirsiz çevre koşulları altında sipariş toplama optimizasyon problemleri geliştirmek
10	Yang, N.	Evaluation of the Joint Impact of the Storage Assignment and Order Batching in Mobile-Pod Warehouse Systems	2022	0	Sipariş toplama maliyetini ve verimliliğini etkileyen robotların hareket sürelerini en aza indirmek	Sipariş ve ürün gruplarını kümelendiren tam sayılı doğrusal programa modeli	Ağırlıklı destek sayısına bağlı depolama alokasyonunun korelasyona dayalı sipariş gruplama ile birleştirildiğinde en iyi sipariş toplama performansının ortaya çıktığı bulunmuştur	Hacim parametreleri ve alan kısıtları eklenerek çalışma genişletilebilir
11	Löffler vd.	Picker Routing in AGV-Assisted Order Picking Systems	2022	7	Otomatik yönlendirmeli araç destekli toplayıcının tek bloklu paralel koridorlu bir depoda rotalama ve siparişlerin sıralanması	Tam polinom zamanlı yönlendirme algoritması ve gezgin satıcı problemi	Geleneksel yönteme göre toplayıcının yürüme mesafesi %20 azalmaktadır	-
12	Zhuang vd.	Order picking optimization with rack-moving mobile robots and multiple workstations	2022	5	Sipariş ve raf sıralamasının eşzamanlı değerlendirilmesi, iş yükü dengeleme ve raf çakışması	Karma tam sayılı programlama modeli ile çoklu iş istasyonu ve raf sıralaması	Örnek uygulamada mevcut uygulamaya kıyasla raf hareketlerinin %62'ye varan tasarruf gözlenmiştir	Birden fazla operasyonel problemi entegre etmek ve bu problemleri bir arada optimize etmek

13	Mirzaei vd.	How to benefit from order data: correlated dispersed storage assignment in robotic warehouses	2022	2	Robotik sipariş toplama sisteminde beklenen seyahat süresi üzerindeki devir sıklığı, ürün korelasyonu ve envanter dağılımı depolama stratejilerinin etkilerini tahmin etme	Robotların beklenen seyahat sürelerini minimize eden karma tam sayılı doğrusal programlama modeli	İlişkili dağınık atama; rastgele, devir frekansına dayalı ve ilişkili atamalara göre önemli ölçüde daha iyi performans göstermektedir.	Bu çalışmada yer alan yerleşim planlarından farklı yerleşim planları için de değerlendirme yapılabilir. Stok dağıtma için harcanan sürenin toplam efor üzerine etkileri incelenebilir.
14	Suemitsu vd.	Fast Simulation-Based Order Sequence Optimization Assisted by Pre-Trained Bayesian Recurrent Neural Network	2022	0	Lojistik depolardaki otomatik sipariş toplama sistemleri için hızlı bir optimizasyon yöntemi sunmak	Önceden eğitilmiş vekil destekli optimizasyon yaklaşımı	Önerilen modelin simülasyon tabanlı optimizasyona göre 8,9 kat daha hızlı olduğu tespit edilmiştir.	Önerilen yöntemin diğer sıralama optimizasyon problemleri için kullanımı
15	Yang vd.	Modelling and analysis for multi-deep compact robotic mobile fulfilment system	2021	7	Mevcut çalışmalar tek derinlikli kompakt olmayan yerleşim planlarına dayanmaktadır. Bu çalışma çok derinlikli kompakt robotik sipariş işleme sistemini ilk modelleyen ve değerlendiren çalışmadır	Yarı açık kuyruk ağı modellemesi ve yaklaşık ortalama değer analizi	Sipariş hazırlama süresi, sistem verimi, robot kullanım oranı, toplama istasyonu kullanım oranı ve ortalama bekleme süresi göstergelerinin etkinliğinin simülasyon ile doğrulanması	Depodaki rafların sipariş karşılama oranının araştırılması, robot yolu planlaması, depolama alokasyon politikası araştırılması

16	Rimele vd.	Robotic mobile fulfillment systems: a mathematical modelling framework for e-commerce applications	2021	7	Robotik sipariş işleme sisteminde depolama işlemleri sırasında meydana gelen dinamik karar verme modeli için matematiksel çerçevenin oluşturulması	Matematiksel model ve simülasyon	Operasyonel kararları modelleyen dinamik stokastik optimizasyon çerçevesi sunulmaktadır	Robotlar için trafik sıkışıklığı ve çarpışma önleme için yol planlaması yapılabilir
17	Ognenoski vd.	Empirical Path-loss Models for Automated Warehouses	2021	0	Otomatize edilmiş depolardaki kablosuz uygulamalar için ampirik yol kaybı modeli sunulmaktadır	Sipariş işleme merkezinde çok sayıda ölçüme dayanan ampirik yol kaybı modeli	Ölçüm sonuçları benzer kullanım durumları için bu modelin uygunluğu için kılavuz olmaktadır.	Daha büyük datalar ile çalışmak için makine öğrenimi yaklaşımının kullanılması
18	Chi vd.	Design and Performance Estimation of Mixed-Robotic Fulfillment System	2021	0	Geleneksel otomatik depolama sistemi ile robotik mobil sipariş işleme sisteminin füzyonu ile karma robotlu sipariş işleme sistemi önerisi	Sistem performansını değerlendirmek için kuyruk ağı modelinin oluşturulması ve simülasyonu	Sipariş hizmet süresi, üretim kapasitesi ve araç miktarı konfigürasyonu gibi problemler deneysel olarak analiz edilmiştir.	-
19	Gong vd.	Robotic mobile fulfilment systems considering customer classes	2021	10	Taşınabilir depolama raflarını robotlar aracılığı ile sipariş toplayıcılarına getiren robotik mobil sipariş işleme sistemi incelenmektedir.	Yüksek boyutlu Markov modeli ile sistem verimliliğinin hesaplanması ve toplama istasyonu kapasitesine göre optimum robot sayısı belirleme	Optimum robot sayısı, kapasitesi ve toplayıcı sayısının belirlenmesi	Robot şarj konusu incelenebilir

20	Cai vd.	Collaborative Optimization of Storage Location Assignment and Path Planning in Robotic Mobile Fulfillment Systems	2021	8	Robotik mobil sipariş işleme sisteminde depolama konumu ataması ve yol planlamasının optimizasyonu	Sürdürülebilir matematiksel model ve simülasyon	Geliştirilen model ile sipariş toplama performansının arttığı, operasyonel giderlerin ise azaldığı tespit edilmiştir.	Sipariş gruplama ve iş ataması konuları geliştirilen modelde değerlendirilebilir.
21	Kostikov vd.	Optimization of E-Commerce Distribution Center Location	2021	1	Merkezi dağıtım merkezlerinin optimum lokasyon seçimi ve dağıtım giderlerinin minimize edilmesi	Steiner-Weber problemi ile oluşturulan matematiksel model ile en uygun yer seçiminin belirlenmesi	E-ticaret dağıtım merkezi örneği için en uygun lokasyonun seçilmesi	Optimum yer seçimi için coğrafi modelleme yaklaşımının kullanılması
22	Ghelichi ve Kilaru	Analytical models for collaborative autonomous mobile robot solutions in fulfillment centers	2021	5	Son mil teslimatı ve koridorda buluşma mobil çözümlerinin analitik modellemesi ve geleneksel manuel sipariş toplama ile karşılaştırılması	Karşılaştırma ve simülasyon	Son mil teslimatının yüksek çıkış kapasitesi olan vakalarda daha uyumlu olduğu, koridorda buluşma çözümünün ise büyük toplama alanlarında ve döngü başına düşük toplama olan vakalarda daha uygun bir çözüm olduğu bulunmuştur.	Toplayıcı sayısı, robotlar ve bekleme süreleri lineer olmayan ilişkileri üzerine model geliştirilebilir.
23	Bansal vd.	Performance analysis of batching decisions in waveless order release environments for e-commerce stock-to-picker order fulfillment	2021	3	Otomatikleştirilmiş depolama sisteminde toplama istasyonunun verimliliğinin ölçülmesi	Kapalı kuyruklu ağ modeli ve simülasyon	Sistem verimi açısından bakıldığında dinamik gruplamanın statik gruplamaya göre daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur	-

24	Caputo vd.	A model for planning and economic comparison of manual and automated kitting systems	2021	8	Manuel ve otomatik montaj hattı besleme sistemlerinin nicel kıyaslaması	Kaynak planlama ve maliyetlendirme modeli kurulması	Otomatik besleme çözümünün geleneksel manuel besleme çözümüne göre uygun maliyetli ve rekabetçi olduğu gösterilmiştir	Robotik mobil sipariş işleme sistemlerinde olduğu gibi alternatif yapılandırmalarla daha fazla yapılandırmayı hesaba katacak şekilde genişletilmesi
25	Wang vd.	A Comprehensive Framework for the Design of Modular Robotic Mobile Fulfillment Systems	2020	8	Modüler robotik mobil sipariş işleme sistemi tasarımı	Darboğaz tabanlı model ve açık kuyruklu ağ modelini de içeren analitik modelleme	İki aşamalı tasarım çerçevesi önerilmiştir.	Önerilen çerçeve kapsamında, modüler ve modüler olmayan sistemlerin performans karşılaştırması yapılabilir.
26	Li vd.	Storage assignment policy with awareness of energy consumption in the Kiva mobile fulfilment system	2020	16	Daha efektif ve çevre dostu sipariş toplama operasyonu için Kiva mobil sipariş işleme sistemi içerisinde optimum depolama lokasyon atamasının önerilmesi	Zamansal ilişkilendirme analizi ve devir hızına dayalı merkezi olmayan depolama politikası önerilmiştir	Yeni yaklaşımın sipariş toplama verimliliğini önemli ölçüde arttırdığı ve robotların enerji tüketimini düşürdüğü gösterilmiştir.	Daha fazla satış datası toplanarak ürünler arasında ilişkilerin farklı satış dönemleri için analiz edilmesi
27	Lamballais Tessensohn vd.	Inventory allocation in robotic mobile fulfillment systems	2020	47	Robotik mobil sipariş işleme sisteminde üç temel karar değişkenini optimize etmek	Her SKU başına sepet sayısı, toplama istasyonu sayısının adresleme istasyonu sayısına oranı ve sepet başına yeniden besleme seviyesinin optimize edilmesi	Stok birden çok sepete yayıldığında, toplama istasyonları sayısı ile adresleme istasyonları arasında optimum orana ulaşıldığında ve bir sepet tamamen boşalmadan önce yeniden beslenip doldurulduğunda çıkış performansının önemli ölçüde arttığı gösterilmiştir.	Robotik mobil sipariş işleme sisteminin esnekliği üzerine bir çalışma yapılabilir.

28	Kim vd.	Item Assignment Problem in a Robotic Mobile Fulfillment System	2020	12	Her depolama ünitesindeki benzerlik değerlerinin toplamını maksimize etmek için ürün atama problemi ele alınmaktadır.	Yapıcı sezgisel algoritma geliştirme ve yeniden optimizasyon	Algoritmanın hesaplama sonucu üst sınırda olan boşluğun küçük olduğunu göstermiştir.	Önerilen algoritma bir bölmeyi birden çok ürün türünü içeren büyük bir raf olarak düşünerek çeşitli stok lokasyonu sorunlarına uygulanabilir.
29	Wang vd.	Modeling of Parallel Movement for Deep-Lane Unit Load Autonomous Shuttle and Stacker Crane Warehousing Systems	2020	5	Otomatik mekik (shuttle) ve istifleme vinci (stacker crane) depolama sistemi içerisindeki optimum mekik sayısı ile çalışma süresi optimizasyonu	Matematiksel model, genetik algoritma ve simülasyon	İstifleme vinci toplam çalışma süresinin minimize edilmesi ile toplam çalışma süresinin optimize edilmesi	Farklı stoklama politikaları (dedike stok vb) için modelin değerlendirilmesi
30	Gharehgozl ive Zaerpour	Robot scheduling for pod retrieval in a robotic mobile fulfillment system	2020	19	Müşteri siparişlerini karşılayan mobil robotun çizelgeleme probleminin incelenmesi	Asimetrik gezgin satıcı problemi ile mobil robotların toplam seyahat sürelerini minimize etmek	Stoklama lokasyon sayısının artırılması ile mobil robotların seyahat süreleri düşmektedir	Toplam seyahat süresini en aza indirmenin yanı sıra, toplama istasyonları için dengeli iş yükü oluşturmak üzerine çalışılabilir

31	Boysen vd.	Warehousing in the e-commerce era: A survey	2019	191	E-ticaret perakendecileri için uygun olan otomatik depolama sistemlerinin araştırılması	Uygun sistemlerin tartışılması, literatür araştırması	E-ticaret perakendecileri için güncel otomasyonlu depolama sistemleri yerleşim dizaynı, stok atama ve sipariş toplama başlıkları altında incelenmiştir.	E-ticarete uygun yeni sistemlerin değerlendirilmesi, en uygun sistemin seçimi, sipariş toplamada ergonominin önemi, çok kanallı perakende konuları ele alınabilir. Ayrıca mevcut çalışmaların çoğu tek bir alt sistemin problemine odaklanıyor, tüm sipariş işleme sistemini içeren bütünsel modeller çalışılabilir.
32	Lienert vd.	Failure-Handling Strategies for Mobile Robots in Automated Warehouses	2019	0	Otomatik depo içerisindeki mobil robotların duruş süreleri ile başa çıkmak için model geliştirme	Zaman penceresi yönlendirme yöntemi ve simülasyon	Farklı stratejilerin simüle edilerek kıyaslanması ile yeniden yönlendirme stratejisinin en iyi sonuçları verdiği gözlenmiştir.	Bozulan robotlara erişim için güvenlik koridoru oluşturmak üzerine çalışılabilir
33	Bormann vd.	Towards Automated Order Picking Robots for Warehouses and Retail	2019	6	Her türlü perakende mağaza veya depo için mobil sipariş toplama robotunun değerlendirilmesi	Hareket planlama için kılavuzlu stokastik optimizasyon modeli	Ürün toplamada sipariş toplama robotunun kullanımı anlatılmıştır.	Tıkanan ürünleri görev odaklı olarak temizlemek için sipariş toplama sisteminin değerlendirme modülü ile genişletilmesi gerekebilir.

34	Azadeh vd.	Robotized and Automated Warehouse Systems: Review and Recent Developments	2019	122	Mekik tabanlı depolama sistemi, robotik elleçleme sistemleri, robotik mobil sipariş işleme sistemlerinin incelenmesi	Her sistem için literatürün üç grupta sınıflandırılması: sistem analizi, tasarım optimizasyonu ve operasyon planlama kontrol.	Uygulamada artan kullanımlarına rağmen birçok yeni robotik sistemin akademik literatürde neredeyse hiç çalışılmadığı görüşmüştür.	Yerleşim tasarımı, depolama ve sipariş toplama sistemi seçimi, sipariş gruplama ve siparişe göre toplayıcı atama gibi tüm depo tasarımı, planlaması ve kontrol uygulamalarının robotik depolar için yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir.
35	Füßler vd.	Trolley line picking: storage assignment and order sequencing to increase picking performance	2019	2	Taşıma arabalı hat üzerinde toplama operasyonu için depolama lokasyonlarına ürünlerin atanması ve sipariş sıralamasının toplama performansına etkilerinin araştırılması	Bağımlı stok atama ve sipariş sıralama problemlerinin formüle edilmesi	Ürünleri farklı lokasyonlarda çoğaltmanın toplama performansını önemli ölçüde arttırdığı gösterilmiştir.	Daha büyük problem örnekleri için basit üç aşamalı sezgisel yaklaşımın geliştirilmesi
36	Roy vd.	Robot-storage zone assignment strategies in mobile fulfillment systems	2019	57	Mobil sipariş işleme sisteminde sipariş toplama ve yeniden doldurma süreçlerini analiz etmek için performans değerlendirme modeli geliştirme	Çok sınıflı kapalı kuyruk ağı modelleri ve simülasyon	Dedike robotlar yerine havuzdaki robot kullanımının, sipariş toplama için beklenen çıktı süresini bire üç oranında düşürdüğü fakat beklenen yeniden doldurma süresini üç katına çıkardığı gözlenmiştir.	Modeli ölçeklendirerek ikiden fazla depolama bölgesinin analizi yapılabilir.

37	Hanson vd.	Performance Characteristics of Robotic Mobile Fulfilment Systems in Order Picking Applications	2018	14	Robotik mobil sipariş işleme sisteminin performans özelliklerini ve tasarımı arasındaki ilişkinin belirlenmesi	Literatür araştırması ve e-ticaret ürün toplamada örnek uygulama	Robotik mobil sipariş işleme sistemi performansının dizayn ile ilişkisinin örnek uygulama ile gösterilmesi	Robotik mobil sipariş işleme sisteminin mevcut araştırmalardan farklı olarak B2B müşterileri için değerlendirilmesi
38	Xiang vd.	Storage assignment and order batching problem in Kiva mobile fulfilment system	2018	23	Kiva mobil sipariş işleme sistemi için stok atama ve sipariş gruplama problemi	Sipariş gruplama problemi için sezgisel yöntem önerilmesi	Önerilen model ve algoritmanın performansını doğrulamak için hesaplamalar yapılmıştır.	-
39	Correll vd.	Analysis and Observations From the First Amazon Picking Challenge	2018	182	Depo raflarından ürün toplamak için otonom bir robot tasarlama	Anket	Mekanizma tasarımı, algılama aparatı, planlama ve kontrol başlıklarında yapılan anketin sonuçları ortaya konmuştur.	-
40	Beckschäfer vd.	Simulating Storage Policies for an Automated Grid-Based Warehouse System	2017	4	Yüksek yoğunluklu, ızgara tabanlı depolama sistemleri için stoklama politikalarını değerlendirmek	Simülasyon	Doğru stoklama politikası seçmenin %60 daha iyi koli utilizasyonu sağlamaktadır	-
41	Lamballais vd.	Estimating performance in a Robotic Mobile Fulfillment System	2017	104	Robotik mobil sipariş işleme sistemi modellemesi ve performans analizi	Kuyruk ağ modeli	Analitik model ile robot ve iş istasyonu kullanım oranı, sipariş döngü süresi doğru tahmin edilebilir. Maksimum sipariş hazırlama kapasitesi depolama alanının uzunluk - genişlik oranına karşı duyarsızdır.	Robotların yakın zamanda ihtiyaç duyacağı raf modüllerini iş istasyonlarına yakın bir noktada stoklayabilir. Robotların bu şekilde çalışması operasyonel fayda sağlayabilir.

42	Causo vd.	Visual Marker-Guided Mobile Robot Solution for Automated Item Picking in A Warehouse	2017	6	E-ticaret sipariş işleme merkezi için tasarlanmış vakumlu kıskacı olan ve yeni bir görsel işaretleyici kullanan ürün toplama robotunun sunulması	Robot ve görsel işaretleyici tasarımı	Sunulan yeni görsel işaretleyici sistemin otomatik depo ürün toplama problemini basitleştirmektedir. Diğer sistemlere göre geri dönüş oranı daha iyi çıkmıştır.	Daha fazla test yapılması ve robot toplayıcının verimliliğini doğrulamak için gerçek bir e-ticaret sipariş işleme merkezinde test edilmesi.
43	Bogue, R.	Growth in e-commerce boosts innovation in the warehouse robot market	2016	51	E-ticaret büyümesinin depolarda kullanılan robotlardaki yenilikçi gelişmeleri nasıl tetiklediğini göstermek	Amazon robotları ve robot üreten yeni firmaların ürünlerinin araştırılması	Amazonun Kiva robotları ile öncülük ettiği pazara Asya, Avrupa ve ABD'den birçok yeni firma kurularak dahil oldu.	Uzun vadede paketleme işlevlerinin de robotlar tarafından yürütüleceği ve tam otomatik sipariş işleme merkezlerini oluşturacağı tahmin ediliyor. Bu konuda araştırmalar yapılabilir.
44	Vivaldini vd.	Integrated tasks assignment and routing for the estimation of the optimal number of AGVS	2016	35	Otomatik yönlendirmeli araç sisteminin en önemli sorunu olan taşınacak yükün ve yükü taşıyacak aracın belirlenmesi	Gerekli minimum otomatik yönlendirmeli araç sayısını tahmin etmeye yönelik metodoloji önerilmesi (En kısa iş algoritması, meta sezgisel tabu arama ve simülasyon)	Verimli görev dağılımı sağlayacak ve malzeme taşıma sisteminin işletme maliyetlerini azaltacak şekilde araç sayısının tahmin edilmesi	Otomatik yönlendirmeli aracın boşta kalma konumunun belirlenmesi

Ek-2: Literatür Araştırma Özet Tablosu – ScienceDirect

Sıra	Yazar	Başlık	Yıl	Atıf	Problem / Amaç	Yöntem	Sonuç	Gelecek Önerileri
1	Rizqi vd.	Energy harvesting for automated storage and retrieval system with sustainable configuration of storage assignment and input/output point	2024	1	Otomatik Depolama ve Geri Alma Sistemlerinde hız ve yanıt süresi gibi operasyonel performansları optimize etmek	Simülasyon	Regeneratif Fren Sistemi'nin uygulanması %13 enerji tasarrufu sağlayarak çevresel sürdürülebilirliği artırırken, en düşük karbon emisyonu daha uzun seyahat ve yanıt süreleri	AS/RS sistemlerinde enerji geri kazanım teknolojilerinin farklı depolama yapılandırmalarıyla entegrasyonu
2	Ashrafian ve Pedersen	Digital Twin for Complex Logistics Systems: The Case Study of a Large-Scale Automated Order Picking and Fulfillment System	2023	2	Yüksek operasyonel karmaşıklığa sahip otomatik sipariş toplama ve karşılama sistemlerinde yönetimsel kararların etkilerini öngörmek	Dijital İkiz, Simülasyon	Dijital ikizler, lojistik sistemlerinde operasyonel performansı iyileştirmek ve yönetimsel kararların etkilerini değerlendirmek için kritiktir.	Daha geniş veri entegrasyonu ve gerçek zamanlı izleme yetenekleriyle dijital ikizlerin dinamik ve adaptif karar destek sistemleri olarak geliştirilmesi
3	Teck ve Dewil	A bi-level memetic algorithm for the integrated order and vehicle scheduling in a RMFS	2022	17	Birleşik siparişlerin iş istasyonuna taşınması ve robot çizelgeleme problemi	İki seviyeli memetik algoritma	Sipariş karşılama için sepet seçme probleminin genel sistem performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir	Stoktaki sepetlerin talep sıklığına bağlı dinamik olarak optimize etmek
4	Lamballais vd.	Dynamic policies for resource reallocation in a robotic mobile fulfillment system with time-varying demand	2022	21	Robotik mobil sipariş işleme sisteminin bir kuyruk ağı olarak modellenmesi ve iş yüküne göre robotları tahsis etmek	Kuyruk ağı modeli ve Markov karar süreci	Optimum dinamik politikaların optimum sabit politikalara kıyasla maliyeti ortalama %52'ye kadar azaltabileceğini göstermiştir	Robotların yeniden konumlandırma sürecini yönteme dahil etmek
5	Justkowiak ve Pesch	Stronger mixed-integer programming-formulations for order- and rack-sequencing in robotic mobile fulfillment systems	2022	17	Robotik mobil sipariş işleme sisteminde tek bir toplama istasyonundaki sipariş ve raf sıralama problemi	Karma tam sayılı doğrusal programlama	Bir toplama istasyonundaki raf ziyaretlerinin sayısını en aza indirmek için politik sezgisel çözüm yaklaşımı önerilmiştir	Siparişleri ve rafları birden fazla toplama istasyonuna tahsis etmeye yönelik operasyonel karar ile raf sıralama problemi arasındaki ilişkinin araştırılması
6	Zhuang vd.	Rack retrieval and repositioning optimization problem in robotic mobile fulfillment systems	2022	16	Sipariş işleme sırasında raf depolama ve raflara robot atama probleminin araştırılması	Karma tam sayılı doğrusal programlama	Önerilen yaklaşımın küçük ölçekli durumları birkaç saniye içinde çözdüğü ve optimum çözüme yakın bir çözüm sağladığı gösterilmiştir.	Otonom mobil robotlar ile sipariş toplama sistemlerindeki karar problemleri için yeni yöntemler geliştirmek. Pil şarj etme ve yenileme kararlarını probleme dahil etmek.

Ek-3: AHP Uygulama Formu – Kapak Sayfası

MALTEPE ÜNİVERSİTESİ
Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programı **Tez Çalışması** **Tam Otomatik Sipariş İşleme Merkezi Tasarımı**
Bu Doktora tez çalışması Ali Can ARICI tarafından Prof.Dr. Mehmet Tanyaş'ın akademik danışmanlığında yapılmaktadır. Çalışmanın amacı, **e-ticaret sipariş işleme merkezleri** için 5 ana kriterde otomasyon sistemlerinin süreçler için en uygun olanlarını seçmek ve tam otomatik sipariş işleme merkezini tasarlamaktır. *Şu an katılmakta olduğunuz niceliksel aşamada ise, kullanılacak analitik hiyerarşik proses (AHP) ile kriterler ağırlıklandırılacak ve süreçlerdeki en uygun otomasyon sistemleri seçilecektir.* *Yapılan Odak Grup çalışması neticesinde depo otomasyon sistemleri süreç bazında sınıflandırılmış ve değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. "Otomasyon Sistemleri ve Değerlendirme Kriterleri" sayfasında listelenmiştir. Puanlamadan önce kriterlere göz atmanızı ve kriter açıklamalarını incelemenizi rica ederiz.* *Öncelikle değerlendirme kriterlerinin birbirlerine kıyasla önceliklendirilmesi ve puanlanması beklenmektedir. (Lütfen "0-Değerlendirme Kriterleri" sayfasına gidiniz ve doldurunuz.)* *Sonraki sayfalarda ise her bir süreç bazında otomasyon sistemlerinin değerlendirilmesi beklenmektedir. (Lütfen sayfa 1'den sayfa 6'ya kadar doldurunuz.)* Bu dosyayı doldurmanızın yaklaşık 20 dakikanızı alacaktır. KVKK kapsamında kişisel bilgi ve görüşler gizli tutulacaktır. Katılımınız için çok teşekkürler.
Katılımcının Adı-Soyadı: **Tecrübe Süresi (Yıl) :** **Tarih:**

! Dosyayı doldurmadan önce "File - Make a Copy" adımını kullanarak kopyayabilirsiniz.

Ek-4: AHP Uygulama Formu – Değerlendirme Kriterleri

		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Operasyonel Uygunluk	Finansal Uygunluk	X	9
Operasyonel Uygunluk	Esneklik ve Ölçeklenebilirlik		
Operasyonel Uygunluk	Sistem Sürdürülebilirlik		
Operasyonel Uygunluk	Çevresel ve Toplumsal Sürdürülebilirlik		
Finansal Uygunluk	Esneklik ve Ölçeklenebilirlik		
Finansal Uygunluk	Sistem Sürdürülebilirlik		
Finansal Uygunluk	Çevresel ve Toplumsal Sürdürülebilirlik		
Esneklik ve Ölçeklenebilirlik	Sistem Sürdürülebilirlik		
Esneklik ve Ölçeklenebilirlik	Çevresel ve Toplumsal Sürdürülebilirlik		
Sistem Sürdürülebilirlik	Çevresel ve Toplumsal Sürdürülebilirlik		

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit Önemde
3	Biraz Daha Önemli (Az Üstünlük)
5	Oldukça Önemli (Fazla Üstünlük)
7	Çok Önemli (Çok Üstünlük)
9	Son Derece Önemli (Kesin Üstünlük)
2, 4, 6 ve 8	Ara Değerler (Uzlaşma Değerleri)

Ek-5: AHP Uygulama Formu – Araç Boşaltma ve Yükleme Süreci

"Operasyonel Uygunluk" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Konveyor Sistemleri (Teleskopik)	Otomatik Yönlendirmeli Araç (OYA)	X	9
Konveyor Sistemleri (Teleskopik)	Robotik Araç Boşaltma ve Yükleme		
Otomatik Yönlendirmeli Araç (OYA)	Robotik Araç Boşaltma ve Yükleme		

"Finansal Uygunluk" Kriterine göre Kıyaslama			
X	Y		Puan (1-9)
Konveyor Sistemleri (Teleskopik)	Otomatik Yönlendirmeli Araç (OYA)		
Konveyor Sistemleri (Teleskopik)	Robotik Araç Boşaltma ve Yükleme		
Otomatik Yönlendirmeli Araç (OYA)	Robotik Araç Boşaltma ve Yükleme		

"Esneklik - Ölçeklenebilirlik" Kriterine göre Kıyaslama			
X	Y		Puan (1-9)
Konveyor Sistemleri (Teleskopik)	Otomatik Yönlendirmeli Araç (OYA)		
Konveyor Sistemleri (Teleskopik)	Robotik Araç Boşaltma ve Yükleme		
Otomatik Yönlendirmeli Araç (OYA)	Robotik Araç Boşaltma ve Yükleme		

"Sistem Sürdürülebilirliği" Kriterine göre Kıyaslama			
X	Y		Puan (1-9)
Konveyor Sistemleri (Teleskopik)	Otomatik Yönlendirmeli Araç (OYA)		
Konveyor Sistemleri (Teleskopik)	Robotik Araç Boşaltma ve Yükleme		
Otomatik Yönlendirmeli Araç (OYA)	Robotik Araç Boşaltma ve Yükleme		

"Çevresel - Toplumsal Sürdürülebilirlik" Kriterine göre Kıyaslama			
X	Y		Puan (1-9)
Konveyor Sistemleri (Teleskopik)	Otomatik Yönlendirmeli Araç (OYA)		
Konveyor Sistemleri (Teleskopik)	Robotik Araç Boşaltma ve Yükleme		
Otomatik Yönlendirmeli Araç (OYA)	Robotik Araç Boşaltma ve Yükleme		

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit Önemde
3	Biraz Daha Önemli (Az Üstünlük)
5	Oldukça Önemli (Fazla Üstünlük)
7	Çok Önemli (Çok Üstünlük)
9	Son Derece Önemli (Kesin Üstünlük)
2, 4, 6 ve 8	Ara Değerler (Uzlaşma Değerleri)

Ek-6: AHP Uygulama Formu – Adresleme ve Geri Çağırma Süreci

"Operasyonel Uygunluk" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	X	9
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Izgara tabanlı sistemler (Autostore)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Izgara tabanlı sistemler (Autostore)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)	Otonom Mobil Robot (OMR)		

"Finansal Uygunluk" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Izgara tabanlı sistemler (Autostore)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Izgara tabanlı sistemler (Autostore)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)	Otonom Mobil Robot (OMR)		

"Esneklik - Ölçeklenebilirlik" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Izgara tabanlı sistemler (Autostore)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Izgara tabanlı sistemler (Autostore)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)	Otonom Mobil Robot (OMR)		

"Sistem Sürdürülebilirliği" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Izgara tabanlı sistemler (Autostore)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Izgara tabanlı sistemler (Autostore)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)	Otonom Mobil Robot (OMR)		

"Çevresel - Toplumsal Sürdürülebilirlik" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Izgara tabanlı sistemler (Autostore)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Tam Otomatik Depo (Palet bazlı çözümler)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Izgara tabanlı sistemler (Autostore)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Koli / Sepet bazlı çözümler (Hafif Yük ODBS, Mekik Sistemler)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Izgara tabanlı sistemler (Autostore)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Vinç bazlı sistemler (Hafif Yük ODBS)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)		
Karusel Çözümleri (Dikey veya Yatak Karusel)	Otonom Mobil Robot (OMR)		
Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)	Otonom Mobil Robot (OMR)		

Ek-7: AHP Uygulama Formu – Sipariş Toplama Süreci

"Operasyonel Uygunluk" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)	X	9
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)		
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		
Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)	Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)		
Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		
Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		

"Finansal Uygunluk" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)		
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)		
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		
Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)	Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)		
Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		
Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		

"Esneklik - Ölçeklenebilirlik" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)		
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)		
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		
Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)	Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)		
Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		
Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		

"Sistem Sürdürülebilirliği" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)		
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)		
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		
Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)	Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)		
Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		
Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		

"Çevresel - Toplumsal Sürdürülebilirlik" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)		
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)		
Işıklı Toplama Sistemi (ITS)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		
Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)	Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)		
Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		
Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)		

Ek-8: AHP Uygulama Formu – Sipariş Ayrıştırma Süreci

"Operasyonel Uygunluk" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Palet bazlı ayrıştırma	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	X	9
Palet bazlı ayrıştırma	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Palet bazlı ayrıştırma	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Adet bazlı ayrıştırma - OMR	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		

"Finansal Uygunluk" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Palet bazlı ayrıştırma	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Palet bazlı ayrıştırma	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Palet bazlı ayrıştırma	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Adet bazlı ayrıştırma - OMR	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		

"Esneklik - Ölçeklenebilirlik" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Palet bazlı ayrıştırma	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Palet bazlı ayrıştırma	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Palet bazlı ayrıştırma	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Adet bazlı ayrıştırma - OMR	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		

"Sistem Sürdürülebilirliği" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Palet bazlı ayrıştırma	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Palet bazlı ayrıştırma	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Palet bazlı ayrıştırma	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Adet bazlı ayrıştırma - OMR	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		

"Çevresel - Toplumsal Sürdürülebilirlik" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Palet bazlı ayrıştırma	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Palet bazlı ayrıştırma	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Palet bazlı ayrıştırma	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Palet bazlı ayrıştırma	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Koli / Sepet bazlı ayrıştırma - OMR	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - OMR		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Adet bazlı ayrıştırma - Konveyör, Çapraz Kayıs, Eğitim veya İtmeli Tepsi	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - OMR	Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese		
Adet bazlı ayrıştırma - OMR	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		
Adet bazlı ayrıştırma - Askılı Kese	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)		

Ek-9: AHP Uygulama Formu – Sipariş Paketleme Süreci

"Operasyonel Uygunluk" Kriterine göre Kıyaslama		Hangisi Daha Önemli?	Ne Kadar Önemli?
X	Y		Puan (1-9)
Yarı Otomatik Paketleme Sistemi (YOPS)	Tam Otomatik Paketleme Sistemi (TOPS)	X	9

"Finansal Uygunluk" Kriterine göre Kıyaslama			
X	Y		Puan (1-9)
Yarı Otomatik Paketleme Sistemi (YOPS)	Tam Otomatik Paketleme Sistemi (TOPS)		

"Esneklik - Ölçeklenebilirlik" Kriterine göre Kıyaslama			
X	Y		Puan (1-9)
Yarı Otomatik Paketleme Sistemi (YOPS)	Tam Otomatik Paketleme Sistemi (TOPS)		

"Sistem Sürdürülebilirliği" Kriterine göre Kıyaslama			
X	Y		Puan (1-9)
Yarı Otomatik Paketleme Sistemi (YOPS)	Tam Otomatik Paketleme Sistemi (TOPS)		

"Çevresel - Toplumsal Sürdürülebilirlik" Kriterine göre Kıyaslama			
X	Y		Puan (1-9)
Yarı Otomatik Paketleme Sistemi (YOPS)	Tam Otomatik Paketleme Sistemi (TOPS)		

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit Önemde
3	Biraz Daha Önemli (Az Üstünlük)
5	Oldukça Önemli (Fazla Üstünlük)
7	Çok Önemli (Çok Üstünlük)
9	Son Derece Önemli (Kesin Üstünlük)
2, 4, 6 ve 8	Ara Değerler (Uzlaşma Değerleri)

Ek-10: HP Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – İşletim Maliyeti

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22
Karar Değişkenleri	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Amaç Fonk. Katsayısı																						
P Ağırlık Katsayısı																						
H1 Kısıt	3	4	5	8	8	7	6	5	4	6	5	9	10	7	6	7	8	8	9	5	5	7
H2 Kısıt	8	7	5	6	8	8	7	9	9	7	6	8	9	5	6	6	7	7	8	6	7	9
H3 Kısıt	10	4	6	9	8	6	7	5	5	7	4	6	9	9	7	5	7	3	6	5	6	8
H4 Kısıt	3	5	9	10	10	9	5	6	7	4	4	9	10	6	7	8	7	9	9	5	6	9
AHP Kısıt	5,80	2,53	1,67	0,76	3,03	1,13	1,52	1,59	1,99	4,25	1,96	1,71	2,08	0,57	1,19	1,04	1,32	1,71	2,28	1,89	5,78	4,22
Min Toplam Sapma	31																					
Mutlaka Seçim Yap																						
Araç Yükleme Boşaltma	1	=	1																			
Adresleme Geri Çağırma	1	=	1																			
Sipariş Toplama	1	=	1																			
Sipariş Ayrıştırma	1	=	1																			
Sipariş Paketleme	1	=	1																			

Ek-11: HP Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – Kapasite

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22
Karar Değişkenleri	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Amaç Fonk. Katsayısı																						
P Ağırlık Katsayısı																						
H1 Kısıt	3	4	5	8	8	7	6	5	4	6	5	9	10	7	6	7	8	8	9	5	5	7
H2 Kısıt	8	7	5	6	8	8	7	9	9	7	6	8	9	5	6	6	7	7	8	6	7	9
H3 Kısıt	10	4	6	9	8	6	7	5	5	7	4	6	9	9	7	5	7	3	6	5	6	8
H4 Kısıt	3	5	9	10	10	9	5	6	7	4	4	9	10	6	7	8	7	9	9	5	6	9
AHP Kısıt	5,80	2,53	1,67	0,76	3,03	1,13	1,52	1,59	1,99	4,25	1,96	1,71	2,08	0,57	1,19	1,04	1,32	1,71	2,28	1,89	5,78	4,22
Min Toplam Sapma	29																					
Mutlaka Seçim Yap																						
Araç Yükleme Boşaltma	1	=	1																			
Adresleme Geri Çağırma	1	=	1																			
Sipariş Toplama	1	=	1																			
Sipariş Ayrıştırma	1	=	1																			
Sipariş Paketleme	1	=	1																			

Ek-12: HP Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – Etkin Hacim Kullanımı

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22
Karar Değişkenleri	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Amaç Fonk. Katsayısı																						
P Ağırlık Katsayısı																						
H1 Kısıt	3	4	5	8	8	7	6	5	4	6	5	9	10	7	6	7	8	8	9	5	5	7
H2 Kısıt	8	7	5	6	8	8	7	9	9	7	6	8	9	5	6	6	7	7	8	6	7	9
H3 Kısıt	10	4	6	9	8	6	7	5	5	7	4	6	9	9	7	5	7	3	6	5	6	8
H4 Kısıt	3	5	9	10	10	9	5	6	7	4	4	9	10	6	7	8	7	9	9	5	6	9
AHP Kısıt	5,80	2,53	1,67	0,76	3,03	1,13	1,52	1,59	1,99	4,25	1,96	1,71	2,08	0,57	1,19	1,04	1,32	1,71	2,28	1,89	5,78	4,22
Min Toplam Sapma	30																					
Mutlaka Seçim Yap																						
Araç Yükleme Boşaltma	1	=	1																			
Adresleme Geri Çağırma	1	=	1																			
Sipariş Toplama	1	=	1																			
Sipariş Ayrıştırma	1	=	1																			
Sipariş Paketleme	1	=	1																			

Ek-13: HP Senaryo Analizi Sonuç Tablosu – Yatırım Maliyeti

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22
Karar Değişkenleri	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Amaç Fonk. Katsayısı																						
P Ağırlık Katsayısı																						
H1 Kısıt	3	4	5	8	8	7	6	5	4	6	5	9	10	7	6	7	8	8	9	5	5	7
H2 Kısıt	8	7	5	6	8	8	7	9	9	7	6	8	9	5	6	6	7	7	8	6	7	9
H3 Kısıt	10	4	6	9	8	6	7	5	5	7	4	6	9	9	7	5	7	3	6	5	6	8
H4 Kısıt	3	5	9	10	10	9	5	6	7	4	4	9	10	6	7	8	7	9	9	5	6	9
AHP Kısıt	5,80	2,53	1,67	0,76	3,03	1,13	1,52	1,59	1,99	4,25	1,96	1,71	2,08	0,57	1,19	1,04	1,32	1,71	2,28	1,89	5,78	4,22
Min Toplam Sapma	31																					
Mutlaka Seçim Yap																						
Araç Yükleme Boşaltma	1	=	1																			
Adresleme Geri Çağırma	1	=	1																			
Sipariş Toplama	1	=	1																			
Sipariş Ayrıştırma	1	=	1																			
Sipariş Paketleme	1	=	1																			

Ek-14: İngilizce – Türkçe Kullanılan Terimler Tablosu

İngilizce	Türkçe
Tanımlar	
Fulfillment Center (FC)	Sipariş Karşılama Merkezi
Robotic Mobile Fulfillment System (RMFS)	Robotik Mobil Sipariş İşleme Sistemi (RMSİS)
Pod	Mobil Raf
Depo Süreçleri	
Inbound	Mal Kabul
Addressing	Yerleştirme
Flowtrough	Hızlı Dağılım
Cross-dock	Çapraz Sevkiyat
Picking	Toplama
Sorting	Ayrıştırma
Handling	Elleçleme
Packing	Paketleme
Value Added Services (VAS)	Katma Değerli Hizmetler (KDH)
Outbound	Sevkiyat
Depo Otomasyon Sistemleri	
Automated Storage and Retrieval System (AS/RS)	Otomatik Depolama ve Besleme Sistemi (ODBS)
Automated Guided Vehicle (AGV)	Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (OYA)
Autonomous Mobile Robots (AMR)	Otonom Mobil Robot (OMR)
Automated Sorting Systems (ASS)	Otomatik Ayrıştırma Sistemleri (OAS)
Guided Picking System (GPS)	Yönlendirmeli Toplama Sistemleri (YTS)
Pick by Light (PBL)	Işıklı Toplama Sistemi (ITS)
Put to Light (PTL)	Işıklı Dağıtma Sistemi (IDS)
Voice Picking (VC)	Ses Yönlendirmeli Toplama (SYT)
Pick by Vision (PBV)	Artırılmış Gerçeklik Destekli Toplama (AGDT)
Robotic Picking (RP)	Robotik Ürün Toplama (RÜT)
Order Packing Systems (OPS)	Sipariş Paketleme Sistemleri (SPS)
Truck Loading and Unloading Systems (TLUS)	Araç Yükleme ve Boşaltma Sistemleri (AYBS)

ÖZ GEÇMİŞ

Ali Can ARICI

Eğitim

Yüksek Lisans	2013	İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme ve Teknoloji Yönetimi
Lisans	2011	Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği

İş/İstihdam

2014 - Devam	Ekol Lojistik - Metot Müh. ve Proje Yönetimi Departman Lideri Metot Mühendisliği Departman Lideri İş Geliştirme Uzmanı
2010 - 2013	Mars Lojistik - Süreç Geliştirme Uzman Yardımcısı

Mesleki Birlik/Dernek Üyelikleri

2022	LODER

Yayınlar ve Diğer Bilimsel Faaliyetler

Tajelipirbazari, N., Yildirimoglu Ç.U., Sabuncu, O., Arici, A.C, Ozen, I.H., Volkan Patoglu,V., Erdem, E. (2022, January 17-18). Multi-agent Pick and Delivery with Capacities: Action Planning Vs Path Finding. Practical Aspects of Declarative Languages, 24th International Symposium, PADL 2022. Philadelphia, USA. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94479-7_3

Yekdeş, B., Bayır, B., Malkoç, E., Kalender, Y., Arıcı, A.C., Demirel, D.F. (2021, Temmuz 5-7). Bir E-ticaret Deposu İçin Üç Aşamalı Yer Seçimi. 40. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi. İstanbul

Arıcı, A.C., ve Tanyaş, M. (2020, Ekim 15-15). Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef Programlama Hibrit Modeli Kullanılarak Depo Yeri Seçimi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. 9. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi (s.56-76). İstanbul.