

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OTOMATİK DEPOLAMA VE ÇEKME SİSTEMLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR
VERME YÖNTEMLERİYLE SEÇİMİ VE UYGULAMASI**

ONUR YILMAZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
SİSTEM MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. BAHADIR GÜLSÜN**

İSTANBUL, 2011

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMATİK DEPOLAMA VE ÇEKME SİSTEMLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR
VERME YÖNTEMLERİYLE SEÇİMİ VE UYGULAMASI**

Onur YILMAZ tarafından hazırlanan tez çalışması 12.07.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Bahadır GÜLSÜN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Bahadır GÜLSÜN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Semih ÖNÜT
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. İbrahim EMİROĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasını yöneten, bu ve diğer çalışmalarımda beni sürekli teşvik eden ve yorumlarıyla yönlendiren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Bahadır GÜLSÜN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, bana olan desteklerini her zaman hissettiren aileme ve katkısı olan dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Mayıs, 2011

Onur YILMAZ

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Hipotez	4
BÖLÜM 2	
DEPOLAMA SİSTEMLERİ.....	6
2.1 Otomatik Depolama ve Çekme Sistemleri	6
2.1.1 Otomatik Depolama ve Çekme Sistemi Çeşitleri	8
2.1.1.1 Birim Yük (Unit Load) OD/ÇS.....	8
2.1.1.2 Derin (Deep Lane) OD/ÇS.....	9
2.1.1.3 Küçük Yük (Mini Load) OD/ÇS	10
2.1.1.4 Man-on-board OD/ÇS	11
2.1.1.5 Otomatik Parça Çekme Sistemi.....	11
2.1.1.6 Dikey Kaldırma Depolama Modülleri	12
2.1.2 Otomatik Depolama ve Çekme Sisteminin Avantajları ve Dezavantajları	13
2.1.3 Otomatik Depolama ve Çekme Sisteminin Bileşenleri	14
2.1.3.1 Depo Yapısı.....	15
2.1.3.2 D/Ç Makinesi	15
2.1.3.3 Depo Modülü	16
2.1.3.4 Yükleme ve Boşaltma İstasyonu.....	16

2.2	Carousel	16
2.2.1	Yatay Carousel	16
2.2.2	Dikey Carousel	17
2.3	Diğer Depolama Çeşitleri	18
2.3.1	Sırt Sırta (Back to Back) Raf Sistemi	18
2.3.2	Çift Derinlikli (Double Deep) Raf Sistemi	19
2.3.3	Tek Paletli Raf Sistemi	20
2.3.4	İçine Girilebilir (Drive In/Drive Through) Raf Sistemi	21
2.3.5	Hareketli Raf Sistemi (Mobile Rack)	21
2.3.6	Giydirme Raf Sistemi	23
2.3.7	Dar Koridorlu Raf Sistemi	24
2.3.8	Konsollu Raf Sistemi	25
2.3.9	Platformlu Raf Sistemi (Mezanin)	26

BÖLÜM 3

ELECTRE VE TOPSIS YÖNTEMLERİ	28
3.1 ELECTRE	28
3.1.1 Adım 1: Karar Matrisinin Normalize Edilmesi	28
3.1.2 Adım 2: Normalize Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması	29
3.1.3 Adım 3: Uyum ve Uyumsuzluk Setlerinin Belirlenmesi	29
3.1.4 Adım 4: Uyum ve Uyumsuzluk Matrislerinin Oluşturulması	30
3.1.5 Adım 5: Uyum Baskınlık ve Uyumsuzluk Baskınlık Matrislerinin Oluşturulması	30
3.1.6 Adım 6: Toplam Baskınlık Matrisinin Belirlenmesi	31
3.1.7 Adım 7: Daha Az Avantajlı Alternatiflerin Elenmesi	31
3.2 TOPSIS	32
3.2.1 Adım 1: Normalizasyon Oranlarının Hesaplanması	32
3.2.2 Adım 2: Ağırlıklandırılmış Normalizasyon Oranlarının Hesaplanması	32
3.2.3 Adım 3: Pozitif-ideal ve Negatif-ideal Çözümlerin Tespit Edilmesi	33
3.2.4 Adım 4: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması	33
3.2.5 Adım 5: Pozitif-ideal Çözüme Benzerliğin Hesaplanması	33

BÖLÜM 4

UYGULAMA	34
4.1 Uygulama Problemi	34
4.2 Kabuller	34
4.3 Alternatifler	35
4.3.1 Alternatif 1	35
4.3.2 Alternatif 2	35
4.3.3 Alternatif 3	35
4.4 Kriterler	36
4.4.1 Verimlilik	37
4.4.2 İlk Yatırım Maliyeti	37
4.4.3 Gerekli depo alanı	37

4.5	Alternatiflerin Kriterlere Göre Değerlendirilmesi	37
4.6	ELECTRE ile Çözüm	38
4.6.1	Karar Matrisinin Normalize Edilmesi	38
4.6.2	Normalize Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması	39
4.6.3	Uyum ve Uyumsuzluk Setlerinin Belirlenmesi	40
4.6.4	Uyum ve Uyumsuzluk Matrislerinin Oluşturulması	41
4.6.5	Uyum Baskınlık ve Uyumsuzluk Baskınlık Matrislerinin Oluşturulması	43
4.6.6	Toplam Baskınlık Matrisinin Belirlenmesi	44
4.6.7	Daha Az Avantajlı Alternatiflerin Elenmesi	44
4.6.8	Net Uyum ve Net Uyumsuzluk İndekslerinin Hesaplanması	44
4.7	TOPSIS ile Çözüm	46
4.7.1	Normalizasyon Oranlarının Hesaplanması	46
4.7.2	Ağırlıklandırılmış Normalizasyon Oranlarının Hesaplanması	47
4.7.3	Pozitif-ideal ve Negatif-ideal Çözümlerin Tespit Edilmesi	47
4.7.4	Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması	48
4.7.5	Pozitif-ideal Çözüme Benzerliğin Hesaplanması	48
 BÖLÜM 5		
SONUÇ VE ÖNERİLER		50
KAYNAKLAR		52
ÖZGEÇMİŞ		55

SİMGE LİSTESİ

A^-	Negatif-ideal
A^*	Pozitif-ideal
a_{ij}	i. alternatifin j. kritere göre aldığı değer
C_i^*	i. alternatifin pozitif-ideal çözüme benzerlik değeri
i	alternatif numarası
j	Kriter numarası
m	alternatiflerin sayısı
n	Kriterlerin sayısı
r_{ij}	i. alternatif ve j. kriter için normalizasyon oranı
S_i^-	i. alternatifin negatif-idealden uzaklığı
S_i^*	i. alternatifin pozitif-idealden uzaklığı
v_{ij}	i. alternatif ve j. kriter için ağırlıklandırılmış normalizasyon oranı
w_j	j. Kriterin önem ağırlığı
x_{ij}	i. alternatif ve j. kriter için normalize matris elemanı

KISALTMA LİSTESİ

OD/ÇS	Otomatik Depolama ve Çekme Sistemleri
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
D/Ç	Depolama ve Çekme
FİFO	First In First Out (İlk giren ilk çıkar)
LİFO	Last In First Out (Son giren ilk çıkar)
FEFO	First Expire date First Out (Son kullanma tarihi önce olan ilk çıkar)

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 Otomatik Depolama ve Çekme Sistemi [13]	7
Şekil 2. 2 Birim Yük OD/ÇS [18]	9
Şekil 2. 3 Derin OD/ÇS [19]	10
Şekil 2. 4 Küçük Yük OD/ÇS [19]	11
Şekil 2. 5 Man-on-board OD/ÇS [19]	12
Şekil 2. 6 Dikey Kaldırma Depolama Modülü [20]	13
Şekil 2. 7 Yatay Carousel [18]	17
Şekil 2. 8 Dikey Carousel [22]	18
Şekil 2. 9 Sırt Sırta Raf Sistemi [19]	19
Şekil 2. 10 Çift Derinlikli Raf Sistemi [25]	20
Şekil 2. 11 Tek Paletli Raf Sistemi [26]	21
Şekil 2. 12 İçine Girilebilir Raf Sistemi [19]	22
Şekil 2. 13 Hareketli Raf Sistemi [26]	23
Şekil 2. 14 Giydırme Raf Sistemi [11]	24
Şekil 2. 15 Dar Koridorlu Raf Sistemi [19]	25
Şekil 2. 16 Konsollu Raf Sistemi [19]	26
Şekil 2. 17 Bağımlı Tip Mezanin [19]	27
Şekil 4. 1 Birim yük OD/ÇS Alternatifleri	35

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 4. 1	Kriterlere Verilen Ağırlıklar 38
Çizelge 4. 2	Uzmanlarca yapılan değerlendirme 38
Çizelge 4. 3	Karar matrisi..... 38
Çizelge 4. 4	Net Uyum İndeksleri ve Net Uyumsuzluk İndeksleri 45

OTOMATİK DEPOLAMA VE ÇEKME SİSTEMLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE SEÇİMİ VE UYGULAMASI

Onur YILMAZ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Bahadır GÜLSÜN

Otomasyonun sağladığı verimin vazgeçilmez olduğu günümüzde, depolama sistemleri de bunun avantajlarının yansıdığı alanlardan biridir. Otomatik depolama ve çekme sistemleri, malzemelerin hızlı ve hatasız bir şekilde depolanıp, gerektiği zaman çekilmesine olanak veren sistemlerdir. Ülkemizde, özellikle lojistik sektörünün gelişmesi ve tedarik zinciri yönetimi konusuna ilginin artmasıyla birlikte otomatik depolama ve çekme sistemlerinin yaygınlığı artmaktadır.

Otomatik depolama ve çekme sistemleri seçimi, büyük bir yatırım olduğu için dikkatle ele alınması gereken bir konudur. Bu sistemlerin kurulumunu yapan firmalar, müşteri ihtiyaçları ve daha birçok faktörü göz önüne alarak müşterilerine çözüm sunmaktadır. Bu çalışmada, otomatik depolama ve çekme sistemi seçimi için çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Otomatik depolama ve çekme sistemleri kurulumu yapan bir firmadaki uzmanlarla görüşülerek, müşterilerin otomatik depolama ve çekme sistemi seçerken dikkat ettiği faktörler belirlenmiş ve üç alternatif üzerinden ELECTRE ve TOPSIS yöntemleriyle seçim gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Otomatik depolama ve çekme sistemleri, çok kriterli karar verme, ELECTRE, TOPSIS

**SELECTION OF AUTOMATED STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEMS WITH
MULTI CRITERIA DECISION MAKING METHODS AND AN APPLICATION**

Onur YILMAZ

Department of Industrial Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Bahadır GÜLSÜN

As today the throughput obtained by automation is indispensable, storage systems is one of the areas that's affected by its advantages. Automated storage and retrieval systems store items fast and faultlessly, and let them be retrieved when needed. In our country, especially with the development in logistics sector and the increase of interest towards supply chain management, automated storage and retrieval systems are getting more common.

Selecting automated storage and retrieval systems is a big investment that needs to be handled carefully. Companies that install these systems offer solution with taking their customers' needs and many other factors into consideration. In this study, multi criteria decision making methods are used for selection of automated storage and retrieval systems. Via conversations with experts of a company that installs these systems, factors that customers take into consideration when selecting automated storage and retrieval systems are determined and the selection is done with ELECTRE and TOPSIS methods and three alternatives.

Key words: Automated storage and retrieval systems, multi criteria decision making, ELECTRE, TOPSIS

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE

1.1 Literatür Özeti

Kültürel vd. [1] OD/ÇS'de¹ paylaşımcı depolama politikalarını incelemiştir. Bu çalışmada sürekli gözden geçirmeli sipariş miktarı, yeniden sipariş verme noktası envanter politikası uygulanmış, ürünleri ve depoyu sınıflara ayırma tekniğinin sistemin performansı üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir.

Lee ve Schaefer [2] bu çalışmada depolama ve çekme taleplerini sıralamanın otomatik depolama ve çekme sistemleri (OD/ÇS) üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmadaki depolama talebi önceden belirlenmiş bir hücreye atanmıştır. Depolama ve çekme taleplerini sıralamanın D/Ç makinesindeki yolculuk süresinin azaltılması üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. Uygulamalar küçük yük OD/ÇS'ler, belirlenmiş depolamalı birim yük OD/ÇS ve rastgele depolamalı birim yük OD/ÇS'yi içerir. Çalışmanın sonucunda farklı tip OD/ÇS'lerin farklı sıralamalara ihtiyacı olduğunu ve önerilen sıralama metodunun performansı önemli ölçüde etkilediğini bulmuşlardır. Önerilen sezgisel metot basit ve hızlıdır, buna karşılık D/Ç makinesinin yolculuk süresini kısaltmaktadır ve bu sayede daha fazla verimlilik elde edilmektedir.

Van den Berg [3] OD/ÇS'de durma noktasının belirlenmesi problemini ele almıştır. Çalışmadaki amaç bir sonraki operasyon için gereken pozisyona gitmek için gerekli yolculuk süresini minimize etmektir. Rastgele ve sınıf bazlı depolama politikaları için

¹ Söz konusu çalışmada "OD/ÇS" adı yerine "otomatik depolama boşaltma sistemi" adı kullanılmaktadır.

analitik ifadeler sunmuşlardır. Bu çalışmada durma noktası seçimi, doğrusal mesafeli tesis yeri seçimi problemi gibi ele alınmıştır.

Malmborg [4], ray kılavuzlu araç depolama ve çekme (rail guided vehicle storage and retrieval) sisteminin ön mühendislik tasarımını destekleyen analitik bir tasarım aracı geliştirmiştir. Ray kılavuzlu araç depolama ve çekme sistemleri ve geleneksel OD/ÇS'lerin performanslarını karşılaştırmıştır. Modeller araç filosunun büyüklüğü, asansörlerin sayısı, raf konfigürasyonu ve sistem maliyetine dayanmaktadır. Bu modellerin amacı, toplam sistem maliyeti ve işlem kapasitesi gibi tasarım değişkenlerinin performans çıkarımlarını doğru bir şekilde tahmin etmektir. Önerilen model maliyeti azaltmaktadır ve ray kılavuzlu araç depolama ve çekme sistemlerinin geleneksel OD/ÇS'lere karşı uygulanabilirliğini desteklemektedir.

Potrc vd. [5] eş yükseklikte hücreye sahip tekli ve çoklu mekik sistemli OD/ÇS'ler için sezgisel yolculuk süresi modelleri geliştirmiştir. Önerilen simülasyon modelinin amacı sezgisel bir strateji "Strategy x" ile tekli ve çoklu mekik sistemlerine karar vermektir. Modeller üç açıdan oluşturulmuştur. Birincisi raf geometrisidir. Bu kısımda beş farklı depo rafı vardır. İkinci bakış açısı D/Ç makinelerinin hız profilidir. Burada da yatay, dikey ve mekik hareketi olmak üzere birbirinden bağımsız üç tip hareket vardır. Üçüncü bakış açısı da depolama ve çekme talebine için oluşturulan "Strategy x" isimli sezgisel metottur.

Hu vd. [6] OD/ÇS üreticilerinden gelen katkılarla tasarlanmış yeni tip bir D/Ç mekanizması önermişlerdir. Bu SP-OD/ÇS'nin (ayrı platformlu OD/ÇS) avantajları, daha fazla gerçekleştirilen iş, yüksek kaldırma kapasitesi, esnek OD/ÇS raf konfigürasyonu ve yüksek hata toleransıdır. İstif vinçlerinden farklı olarak yeni D/Ç mekanizmasının bir OD/ÇS rafından N adet katına hizmet vermek için bir dikey platformu ve N adet yatay platformu vardır. Daha sonra durma noktası politikasına göre yolculuk süresi modeli geliştirmişlerdir (yani platformlar D/Ç işlemini tamamladıkları yerde kalmaktadırlar). Model bilgisayar simülasyonlarıyla doğrulanmıştır. Sonuçlar analitik modelin yeni bir OD/ÇS tasarımı için güvenli olduğunu göstermektedir.

Lee vd. [7] modüler hücreli raflara sahip OD/ÇS'ler için bir model geliştirmişlerdir. Sunulan modeli var olan modellerle esneklik ve alandan faydalanma açısından sayısal

örnekler yardımıyla karşılaştırmışlardır. En uygun hücre büyüklüğünü karar değişkeni olarak belirlemişler ve önerilen modelin etkinliğini göstermişlerdir. Bu çalışmada geliştirilen model OD/ÇS'lerin var olan raf sistemlerine göre daha esnek ve daha fazla alan kullanımı sağlayan bir tipidir. Hücre büyüklüğünün matematiksel modeli de her bir yük tipi için hücre hacimleri göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir. Önerilen modelin, önceki modellere karşı büyük avantajları olduğunu bulmuşlardır. Önerilen modelin o tarihte var olan sistemlerin karşılaştığı sorunları çözmede büyük kolaylık sağlayacağı sonucuna varmışlardır.

Koh vd. [8] küçük yük OD/ÇS'lerde koridor sonu sipariş hazırlama ile ilgilenmişlerdir. At nalı şeklinde küçük yük sistemi üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bu sistem sınırlı kuyruk uzunluğunda bir kuyruk ağı olarak modellenenebilir. Daha sonra da optimal tampon büyüklüğünü belirlemek için basit bir optimizasyon modeli kurulmuştur. Modelin doğruluğu C programla diliyle yazılan bir simülasyonla gösterilmiştir.

Lerher vd. [9] çok koridorlu OD/ÇS'li otomatik depolarda yolculuk süresi hesabı için analitik modeller geliştirmişlerdir. D/Ç makinelerinin çalışma prensiplerini göz önünde bulundurmuşlardır ve depolama ve çekme işlemlerinin rastgele seçilen iki koridorda (i ve j) gerçekleşeceğini varsaymışlardır. Önerilen analitik yolculuk süresi modelinin performansını ölçmek için çok koridorlu OD/ÇS'nin simülasyon modeli oluşturulmuştur. Analiz sonuçları göstermektedir ki, incelenen bütün çok koridorlu OD/ÇS tipleri dikkate alındığında önerilen analitik yolculuk süresi modelinin sonuçları, simülasyon modeli sonuçlarıyla ilişkilidir.

Van den Berg ve Gademann [10] bir OD/ÇS simülasyonu yaparak birçok kontrol politikasını incelemişlerdir. Yaptıkları kapsamlı simülasyon hem sadece çeşitli politikaların sonuçlarını göstermiş, hem de politika ve kurallardan oluşan birçok kombinasyonu karşılaştırmıştır.

Azzi vd. [11] OD/ÇS'lerin yeni bir çeşidi olan çok mekikli sistemlerin yolculuk süresinin tahmini için bir metot geliştirmişlerdir. Önerilen metot, Federation Européenne de la Manutention (F.E.M.) tarafından oluşturulan endüstriyel standarda dayanmaktadır. Çalışmanın amacı iki-mekikli OD/ÇS'lerin çıktısını hesaplayabilmek için F.E.M. 9851 standardını geliştirmektir ve literatürde olan modellerle sonuçları karşılaştırmaktır.

Yolculuk sürelerini tahmin etmek için Monte Carlo simülasyonu kullanmışlardır. Bu sayede F.E.M. standartlarında verilmeyen iki ek noktanın koordinatları belirlenmiştir. Daha sonra binin üzerinde farklı senaryo ile başka bir Monte Carlo simülasyonu kullanmışlardır. İkinci simülasyon ile de önerilen metodun sonuçlarıyla literatürde Bozer ve White'ın modellerine dayanan önceki metodların sonuçlarını karşılaştırmışlardır.

Son olarak Roodbergen ve Vis [12] OD/ÇS literatürü üzerine kapsamlı bir araştırma yapmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Literatür özetinde görüldüğü üzere OD/ÇS tasarımı ve verimliliğinin artırılması konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Ancak bu çalışmalar arasında, müşterinin nihai kararı verirken göz önüne aldığı çeşitli kriterler ve bu kriterlerin karar verme sürecindeki ağırlıklarını hesaba katan bir uygulamaya rastlanmamıştır.

Yatırım kararları uzun değerlendirme süreçleri sonunda verilmesi gereken ve uzun vadeli olması beklenen kararlardır. Bu tür kararlar verilirken olaya tek bir kriter açısından değil, karar sürecinde rol oynayan tüm kriterler ele alınarak yaklaşılmalıdır.

Bu tezin amacı, önem dereceleri çeşitlilik gösterebilen birçok kriterin ele alınmasını gerektiren bir yatırım olan OD/ÇS seçiminin çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleriyle yapılmaya uygun olduğunu göstermek ve bu alanda hem müşterilere, hem de OD/ÇS projeleri uygulayan firmalara yol göstermektir.

1.3 Hipotez

Bu tez OD/ÇS seçiminde birer ÇKKV yöntemi olan ELECTRE ve TOPSIS'in kullanılabileceğini önermektedir. Önce ELECTRE yöntemiyle yapılan seçim, sonucu doğrulama amacıyla ve aynı kriterler ve alternatifler kullanılarak TOPSIS yöntemiyle de test edilmiş ve böylelikle bir OD/ÇS seçimi uygulaması yapılmıştır. Uygulamanın sonunda, ELECTRE'nin az sayıda alternatifle uygulanmasının sonuçları görülmüş ve TOPSIS'in, alternatifleri sıralamak yerine ideale yakınlık derecesini bulma yoluna

gitmesinin daha etkili olduğu gösterilmiştir. Ayrıca nihai olarak ELECTRE ve TOPSIS yöntemlerinin aynı alternatifi işaret etmesiyle ilk yöntem doğrulanmıştır.

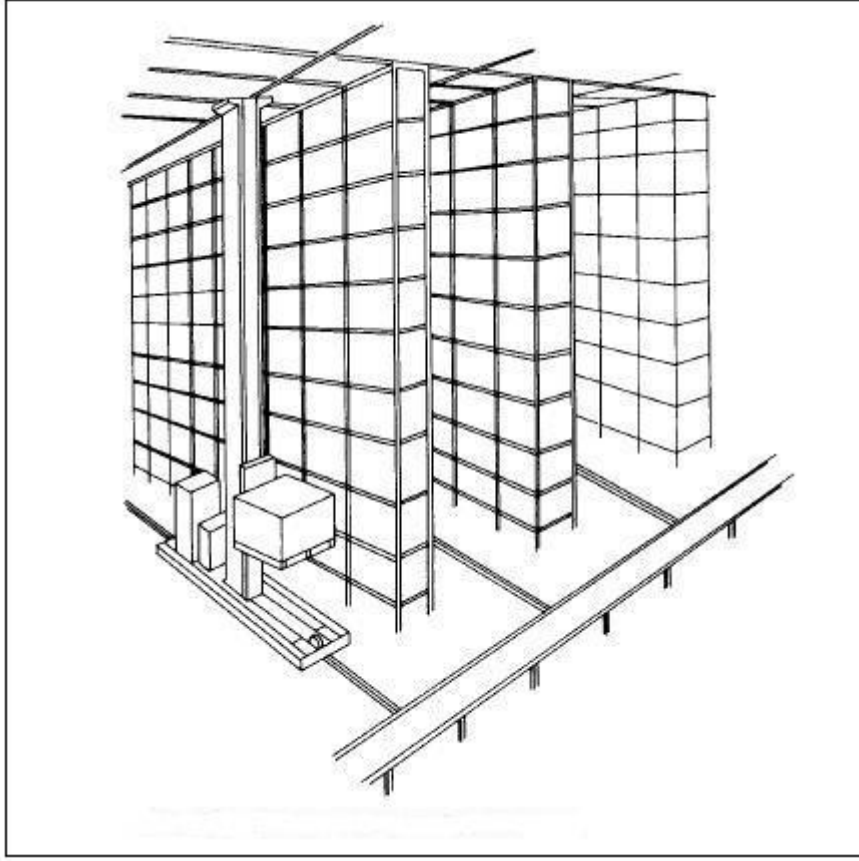
DEPOLAMA SİSTEMLERİ

Depolama, üretimi veya tedariki yapılmış bir malzemenin bir sonraki sürece geçmeden önce belirli bir alanda bekletilmesidir. Bu işlem; işletmeye gelen bir hammaddenin imalata girmeden önce depolanması, yarımamülün bir sonraki işleme girmeden önce depolanması, imalatı tamamlanmış mamülün sevkiyattan önce depolanması veya çeşitli yerlere dağıtılmak üzere dağıtım merkezlerine gelen malzemelerin depolanması şeklinde olabilir.

Gelişen endüstriyle birlikte firmaların çok farklı depolama ihtiyaçları ortaya çıkmış ve bu ihtiyaçlara cevap verebilmek için çeşitli depolama sistemleri geliştirilmiştir.

2.1 Otomatik Depolama ve Çekme Sistemleri

Otomatik depolama ve çekme sistemi (OD/ÇS) belirli bir seviyede otomasyonla depolama ve çekme işlemlerini hızlı ve doğru olarak yapan bir depolama sistemidir. OD/ÇS otomasyon seviyesi çok geniş bir aralıkta gerçekleşebilmektedir. Bu aralığın en gelişmiş ucunda işlemler tamamen otomatik, bilgisayar kontrolünde ve fabrika ve/veya depo işlemleriyle tamamen entegredir. Diğer uçtaysa, işçiler ekipmanı kontrol ederek depolama ve çekme işlemlerini gerçekleştirirler [18].



Şekil 2. 1 Otomatik Depolama ve Çekme Sistemi [13]

OD/ÇS ilk olarak 1965'te Avrupa'da ortaya çıkmıştır [14]. Bunun sebebi, İsveç ve İsviçre gibi Avrupa ülkelerinde alanın sınırlı ve işgücünün pahalı olmasıdır [15].

OD/ÇS çoğunlukla imalat ve depolama endüstrisinde kullanılır. Ancak OD/ÇS'nin kullanımı bununla sınırlı değildir; modern kütüphanelerde kitaplara hızlı erişim ve verimli depolama amacıyla da OD/ÇS kullanılmaktadır [16].

Bu kadar geniş kullanım alanına sahip olan OD/ÇS, farklı ihtiyaçları karşılayacak çeşitlere sahiptir.

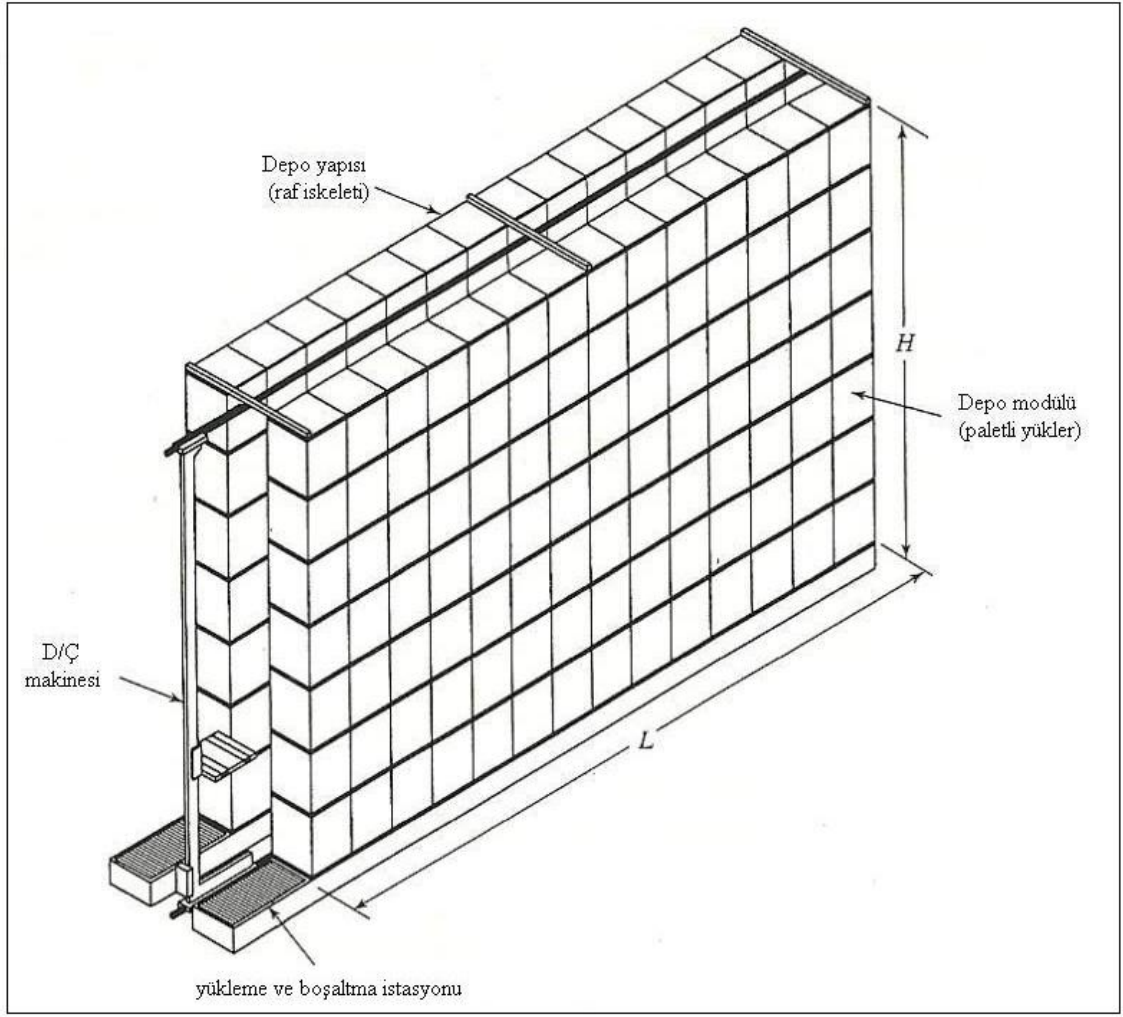
2.1.1 Otomatik Depolama ve Çekme Sistemi Çeşitleri

2.1.1.1 Birim Yük (Unit Load) OD/ÇS

Birim yük OD/ÇS (Şekil 2.2) kabaca 450 kg veya üzeri ağırlıktaki büyük yükleri depolamak için tasarlanmıştır. Bu yükler genelde paletlere veya palet ebadındaki konteynerlere yerleştirilirler. Bazı özel sistemler, mobilya veya uzun halı rulolarını depolayabilir [17].

Standart bir OD/ÇS, yükleri, özellikle OD/ÇS için tasarlanmış çelik bir palet rafında tutar. Aynı içine girilebilir raf gibi, bu raf da yükleri koridorlara dik durumda olan rayların üzerinde depolar. OD/ÇS rafları tek derinlikli, çift derinlikli veya birçok paletin arka arkaya depolandığı daha derin raflar olabilir.

Bir birim yük OD/ÇS'nin yük taşıyan mekanizması genellikle mekik adı verilen, teleskobik olarak uzayan bir araçtır. Bu araç, hücreye ulaşır, paletin altına girer ve paleti taşıyıcıya çeker. Daha az rastlanan taret (turret) tarzı D/Ç makineleri, mekik yerine, dönebilen bir çatal kullanır. Taret makineleri tipik D/Ç makinelerinden daha yavaştır ancak özel OD/ÇS rafı gerektirmek yerine standart palet rafıyla kullanılabilirler [17].



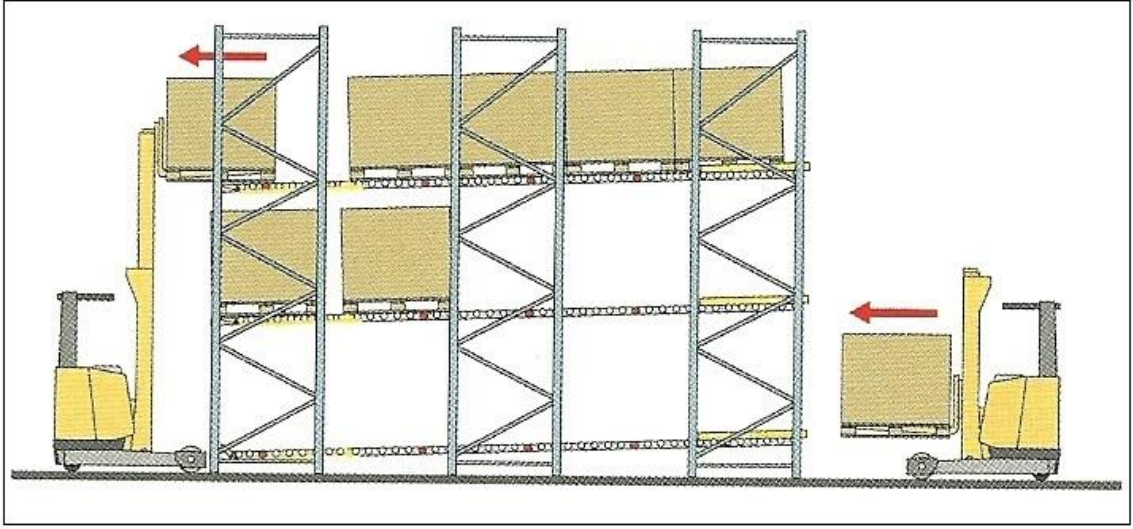
Şekil 2. 2 Birim Yük OD/ÇS [18]

2.1.1.2 Derin (Deep Lane) OD/ÇS

Yüksek miktarda stoğun depolandığı ancak farklı stok tipi sayısının görece küçük olduğu duruma uygun bir yüksek yoğunluklu birim yük depolama sistemidir (Şekil 2.3). Her bir birimi koridordan rahatlıkla ulaşılabilir şekilde (geleneksel birim yük sisteminde olduğu gibi) depolamak yerine, on veya daha fazla adet yükü aynı rafta, birbirini arkasına depolar. Her bir raf akış için tasarlanmıştır, girişi bir tarafta ve çıkışı diğer taraftadır. Yükler rafın bir tarafından D/Ç tipi bir makine tarafından alınır ve başka bir makine rafın giriş tarafından yükleri rafa koyar [18].

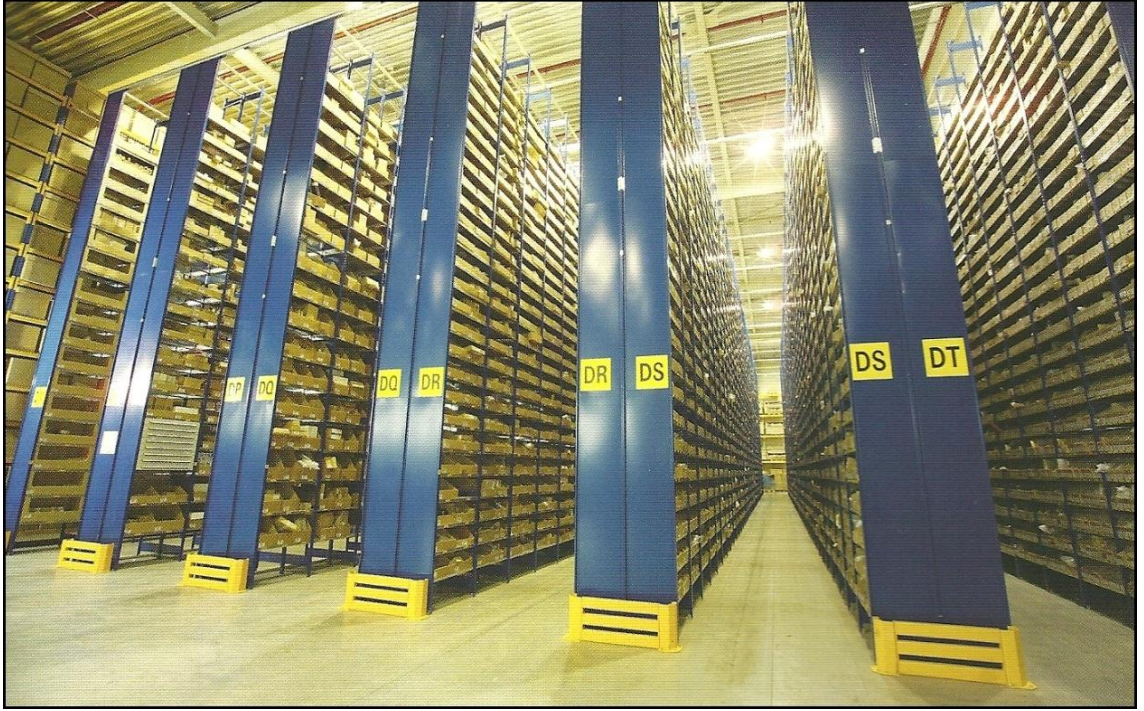
2.1.1.3 Küçük Yük (Mini Load) OD/ÇS

Genelde tepsi, sepet veya koliler içindeki 450 kg'dan daha hafif yükler için kullanılan küçük ölçekli sistemler, birden fazla adla bilinmektedir. Bazı tedarikçiler 45 kg'dan hafif yükler için kullanılan sistemleri “mikro yük OD/ÇS” olarak adlandırırken, 45-450 kg arası yükler için kullanılan sistemleri “küçük yük OD/ÇS” olarak adlandırmaktadır. Diğerleri ise tümünü küçük yük OD/ÇS olarak adlandırmaktadır. “Kutu elleçleme makinesi” ve “sepet istifleyici”, hafif yükle çalışan OD/ÇS için kullanılan diğer adlardır [17]. Şekil 2.4’te bir küçük yük OD/ÇS görülmektedir.



Şekil 2. 3 Derin OD/ÇS [19]

Tipik bir küçük yük OD/ÇS 3 – 12 m yüksekliğindedir. Küçük yük OD/ÇS'nin, bazıları üretim ve dağıtım endüstrilerinin dışında kalan birçok uygulama alanı vardır. Devlet daireleri evrak depolamak için, üniversitelerse kütüphanede kitap depolamak için küçük yük OD/ÇS kullanırlar. Ancak çoğunlukla fabrikalarda ve ambarlarda, küçük parçaları depolamak veya sipariş hazırlamak için kullanılmaktadır [17].



Şekil 2. 4 Küçük Yük OD/ÇS [19]

2.1.1.4 Man-on-board OD/ÇS

Parçaların depodan teker teker çekilmesi problemine alternatif bir yaklaşımdır. Bu sistemde, D/Ç makinesinin arabasında bir insan operatör taşınır (Şekil 2.5). Küçük yük sistemi tüm kutuyu koridor sonundaki toplama istasyonuna getirip ardından doğru hücreye götürmek zorundayken, bu sistemle işçi parçaları doğrudan hücrelerden alır, bu da sistem verimliliğini artırmayı sağlar [18].

2.1.1.5 Otomatik Parça Çekme Sistemi

Bu depolama sistemleri de teker teker parçaların veya küçük ürün kolilerinin çekilmesi için tasarlanmıştır; ancak, parçalar kutular veya çekmeceler yerine şeritlerde depolanır. Bir parça çekildiğinde, şeridinden doğru itilir ve toplama istasyonuna gönderilmek üzere bir konveyörün üzerine düşer. Her bir şeritteki parçaların stoğuna, parçaların akışını sağlamak için genellikle arka taraftan doğru, periyodik olarak ikmal yapılır, böylece ilk giren ilk çıkar envanter dönüşümüne olanak sağlanır [18].



Şekil 2. 5 Man-on-board OD/ÇS [19]

2.1.1.6 Dikey Kaldırma Depolama Modülleri

Bunlara dikey kaldırma OD/ÇS de denir. Yukarıdaki OD/ÇS çeşitlerinin hepsi yatay bir koridor etrafında tasarlanmıştır. Yüklere ulaşmak için merkezi bir koridor kullanma prensibi burada da vardır ancak buradaki koridor dikeydir (Şekil 2.6). Bazıları 10 metre veya daha fazla yüksekliğe sahip olan dikey kaldırma depolama modülleri, büyük envanterler tutarken fabrikada değerli olan yer alanından tasarruf etme yeteneğine sahiptirler [18].



Şekil 2. 6 Dikey Kaldırma Depolama Modülü [20]

2.1.2 Otomatik Depolama ve Çekme Sisteminin Avantajları ve Dezavantajları

OD/ÇS kullanmanın bir işletme için birçok avantajı vardır. Bunlardan bazıları [21]'de listelenmiştir:

- İşçilik maliyetinde azalma,
- Çıktı oranını artırma kabiliyeti,
- Hizmetin tutarlılığında iyileşme,
- Malzeme elleçlemede azalma,
- Daha az çalışan ihtiyacı,
- Artan hassasiyet seviyesi,
- Hizmet bulunurluğu,

- Hizmet hızında iyileşme.

Ayrıca, bu sistemler aracılığı ile artık sadece FIFO ve LIFO değil, aynı zamanda FEFO (First Expire date First Out) hareketleri takibiyle sağlıklı depo yönetimi yapılmaktadır. Böylece, ürünlerden son kullanma tarihine en az süre kalmış olanlar öncelikle kullanılır. Bu nokta çoğu kullanıcı tarafından göz ardı edilse de özellikle gıda ve sağlık sektöründe önemli bir kriter ve önceliklidir [23].

Tüm bu avantajlara karşın, OD/ÇS'nin dezavantajları da vardır. Bunlar [21]:

- İlk yatırım maliyeti,
- Durma süresi veya ekipman/bakım kesintilerinin güvenilirmezliği,
- Yazılımla alakalı sorunlar (örn. Kötü dokümantasyon, uyumsuzluk, hata),
- Kapasite sorunları,
- Değişen koşullara cevap verme esnekliğinin az olması,
- Bakım maliyetleri,
- Kullanıcı arayüzü ve eğitim,
- İşçilerin kabullenmesi,
- Teknolojinin eskimesidir.

2.1.3 Otomatik Depolama ve Çekme Sisteminin Bileşenleri

Bütün otomatik depolama ve çekme sistemleri bazı temel bileşenlerden oluşur [18].

Bunlar;

- Depo yapısı,
- D/Ç makinesi
- Depo modülü (örneğin, birim yükler için paletler),
- Bir veya daha fazla yükleme ve boşaltma istasyonudur.

2.1.3.1 Depo Yapısı

Depo yapısı, OD/ÇS'de bulunan yükleri taşıyan, işlenmiş çelikten yapılmış raf iskeletidir. Depo yapısı yeterli güç ve rijitliğe sahip olmalı, rafta depolanan yükler veya iskelete etki eden diğer kuvvetlerden önemli miktarda etkilenmemelidir. Hücreler, depolanan malzemelerini içeren depolama modüllerini barındırabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Depo yapısı ayrıca OD/ÇS'nin içinde bulunduğu binanın çatısını ve yan kaplamalarını desteklemek için kullanılabilir. Depo yapısının başka bir işlevi de, D/Ç makinelerini OD/ÇS'nin hücrelerine göre hizalamak için gerekli olan koridor donanımını desteklemektir. Bu donanım, yapının üstünde ve altında bulunan kılavuz rayların yanı sıra emniyetli çalışma için gerekli diğer parçaları kapsar [18].

2.1.3.2 D/Ç Makinesi

D/Ç makinesi; depolama işlemlerini gerçekleştirmek, yani yükleri giriş istasyonundan depoya ve depodan çıkış istasyonuna taşımak için kullanılır. D/Ç makinesi bu işlemleri yapabilmek için arabasını depo yapısındaki hücreyle hizalamak ve bunun için de dikey ve yatay hareket edebiliyor olmak zorundadır. D/Ç makinesi, rijit bir direk üzerine monte edilmiş, arabanın dikey hareketini sağlayan bir asansör sisteminden oluşur. Direğin koridor boyunca uzanan bir ray sistemi üzerinde yatay hareketini sağlamak için direğin tabanında tekerlekler bulunmaktadır. Depo yapısının tepesindeki paralel bir ray, direk ve arabanın depo yapısına göre hizalanmasını sağlar. Arabada yükleri hücrelere ve hücrelerden arabaya yüklemek için bir mekik mekanizması bulunur. Mekik sisteminin tasarımı, yüklerin D/Ç makinesinden yükleme ve boşaltma istasyonuna veya diğer OD/ÇS'li malzeme taşıma arayüzüne taşınmasına imkan verecek şekilde olmalıdır. Man-on-board D/Ç makineleri bir işçinin arabada gitmesine uygundur [18].

D/Ç makinelerinde istenilen hareketi sağlayabilmek için 3 tahrik sistemi gereklidir: direğin yatay hareketi, arabanın dikey hareketi ve arabayla bir hücre arasında mekik transferi. Modern bir D/Ç makinesinin koridor boyunca yatay hızı 200 m/da'ya ve dikey hızı 50 m/da'ya ulaşmaktadır. Bu hızlar, arabanın yükleme ve boşaltma istasyonundan depo koridorundaki belirli bir hücreye gitmesi için gereken süreyi belirler. İvmelenmenin yolculuk sürelerine etkisi kısa mesafede daha belirgindir [18].

2.1.3.3 Depo Modülü

Depo modülleri, birim yük konteynerlerde depolanmış malzemedir. Bunlar paletleri, çelik tel sepet ve konteynerleri ve küçük yük sistemlerinde kullanılan özel çekmeceleri kapsar. Depo modülleri genellikle D/Ç makinesinin araba mekiği tarafından otomatik olarak kavranabilecek standart bir taban boyutunda üretilir. Standart boyut ayrıca depo yapısının hücrelerine de sığacak şekilde tasarlanmıştır [18].

2.1.3.4 Yükleme ve Boşaltma İstasyonu

Yükleme ve boşaltma istasyonları, yüklerin OD/ÇS'lerden veya OD/ÇS'lere taşındığı yerlerdir. Genellikle, OD/ÇS'ye yük getiren ve OD/ÇS'den yükleri götüren harici taşıma sisteminin erişebilmesi için, koridorların sonunda bulunur. Yükleme istasyonları ve boşaltma istasyonları koridorun iki zıt uçlarında veya aynı yerde olabilirler. Bu, gelen yüklerin nereden geldiğine noktalarına ve giden yüklerin nereye gideceklerine bağlıdır. Bir yükleme ve boşaltma istasyonu hem D/Ç makinesiyle hem de harici taşıma sistemiyle uyumlu olmalıdır. Yükleme ve boşaltma istasyonlarında yükleri taşımak için kullanılan yaygın metotlar manüel yükleme/boşaltma, forklift, konveyör ve otomatik kılavuzlu araç sistemidir [18].

2.2 Carousel

Carousel, bir oval yatay hat üzerinde sandıkların ya da kasaların transferini sağlayan bir sistemdir. Bu sistem, ilk olarak askılara konmuş, havai taşıyıcılarda taşınan elbiseler için kullanılan sistemden esinlenerek geliştirilmiştir. Carousellerin avantajları; ucuz ve yalnız başına çalışabilen modüler depolama sistemleri olmaları, her iki versiyonunun da geniş bir yükseklik, uzunluk ve yükleme kapasitesi yelpazesine sahip olması ve otomatik veya manuel olarak yükleme-boşaltma imkanına sahip olmalarıdır [24]. Carouseller iki çeşittir.

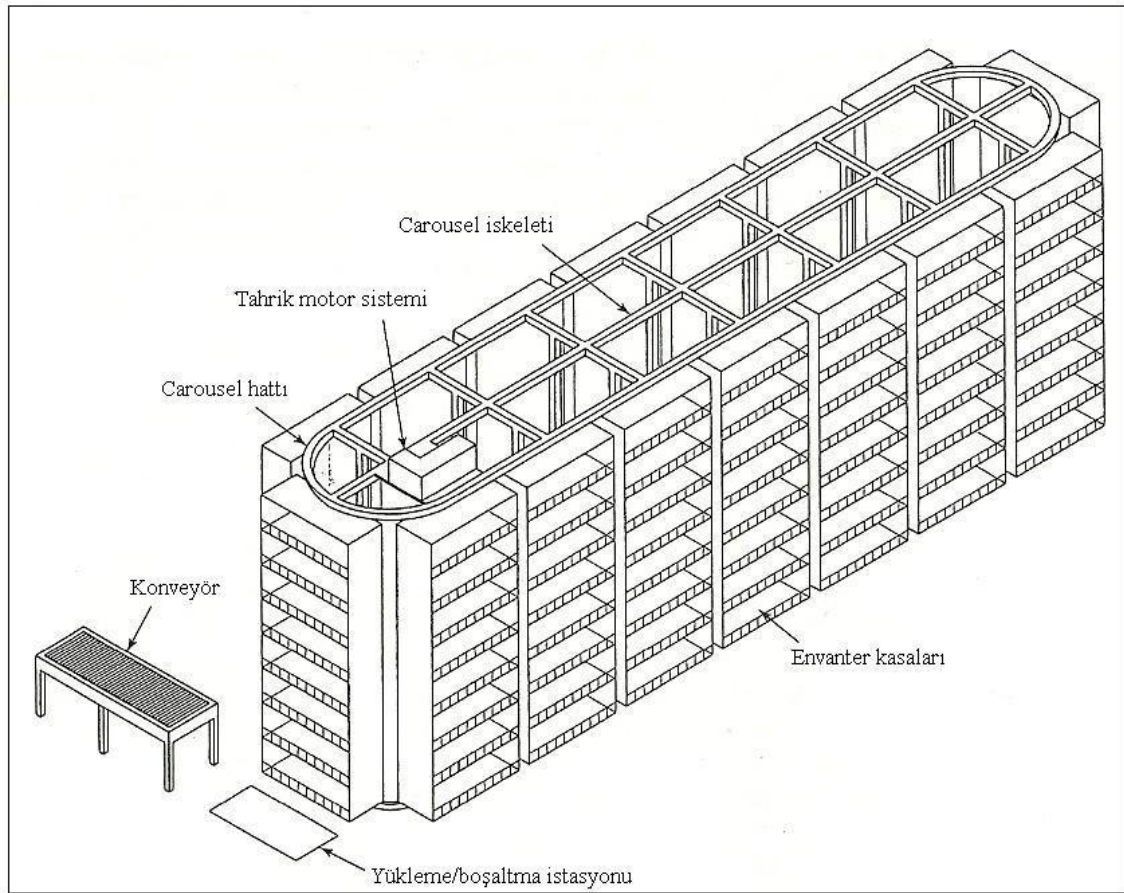
2.2.1 Yatay Carousel

Yatay carousel depolama sistemi; oval hat sistemini taşıyan, kaynakla birleştirilmiş çelik iskeletten oluşur (Şekil 2.7). Carousel sistemi bir baş hizası üstü sistem (üstten tahrikli ünite) veya yere monte bir sistem (alttan tahrikli ünite) olabilir. Üstten tahrikli ünite

iskeletin tepesine motorlu bir makaralı sistem monte edilmiştir ve bu sistem baş hizası üstü bir taşıyıcı sistemi tahrikler. Kasalar taşıyıcılara asılıdır. Alttan tahrikli ünite, makaralı tahrik sistemi iskeletin tabanına montedir ve taşıyıcı sistem tabandaki bir ray üzerinde çalışır. Bu, carousel sistemine daha fazla yük taşıma kapasitesi sağlar. Bu durum, üstten tahrikli ünitelerde görülen, depolanan malzemelere baş hizası üstü taşıyıcı sistemden yağ damlaması sorununu ortadan kaldırır [18].

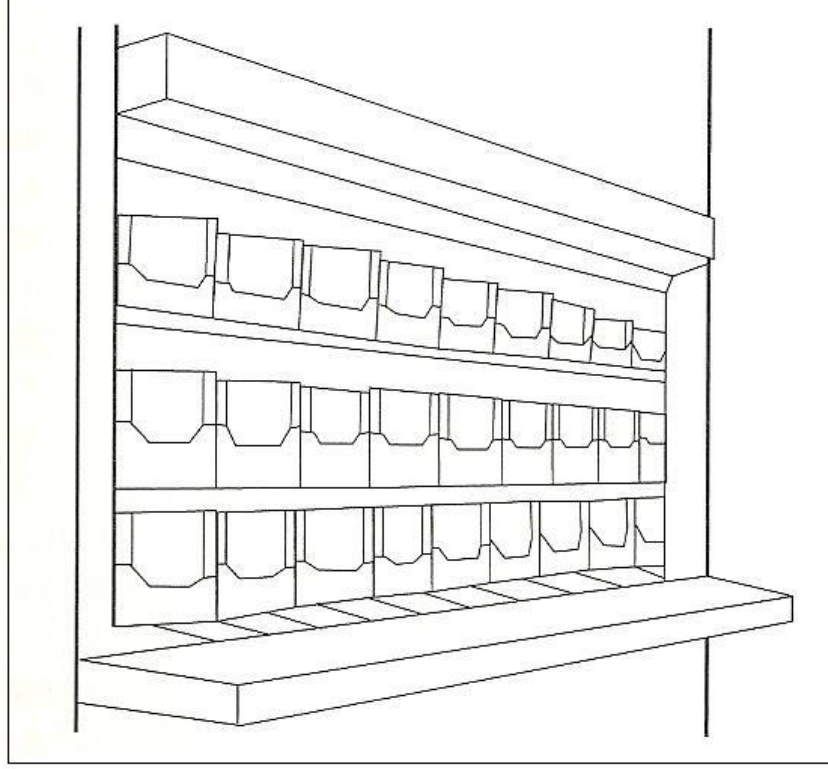
2.2.2 Dikey Carousel

Dikey carousel metal bir kabin içinde dikey bir oval hat üzerinde aşağı ve yukarı hareket eden raflar içerir. Bu raflarda genellikle küçük parçalar için kutular veya metal tepsiler bulunur (Şekil 2.8). İşçi, carouselin bilgisayar sisteminden bir parça talep ettiğinde carousel hareket ederek doğru rafı kabinin erişim bölgesine getirir [17].



Şekil 2. 7 Yatay Carousel [18]

Dikey carouseller, yatay konfigürasyona göre çok daha az yer alanı kaplar, ancak yeterli baş hizası üstü boşluğu gerektirirler. Binanın tavanı dikey carousellerin yüksekliğini sınırlar ve bu yüzden depolama kapasiteleri, ortalama bir yatay carouselinkinden genellikle daha azdır [18].



Şekil 2. 8 Dikey Carousel [22]

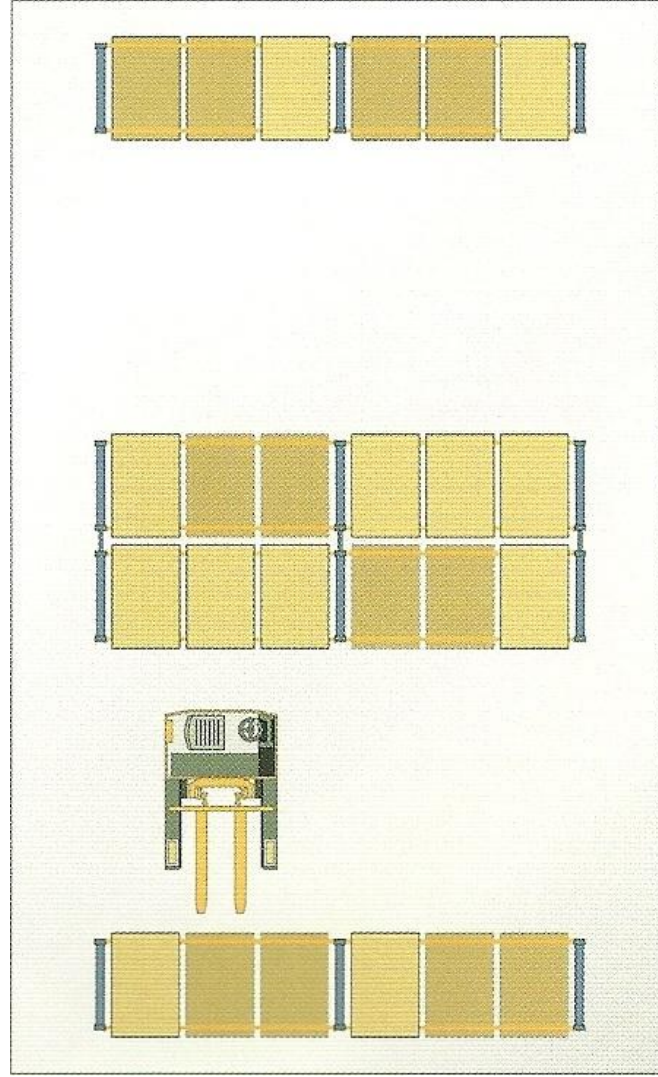
2.3 Diğer Depolama Çeşitleri

Yukarıda verilen OD/ÇS türlerinin dışında rafların ve depolama yöntemlerinin farklı fonksiyonlarına dayanan depolama çeşitleri aşağıda verilmiştir.

2.3.1 Sırt Sırta (Back to Back) Raf Sistemi

Sırtı sırta raflar, özellikle büyük miktarlardaki paletli ürünler için uygundur. Gerekli olduğunda paletler ve diğer yükler, sırt sırta bir konfigürasyonda depolanabilir. Genelde ayarlanabilir palet rafları 8 – 10 metreye kadar ulaşabilmekte ve 12 metre yüksekliğe kadar yekpare üretilebilmektedir.

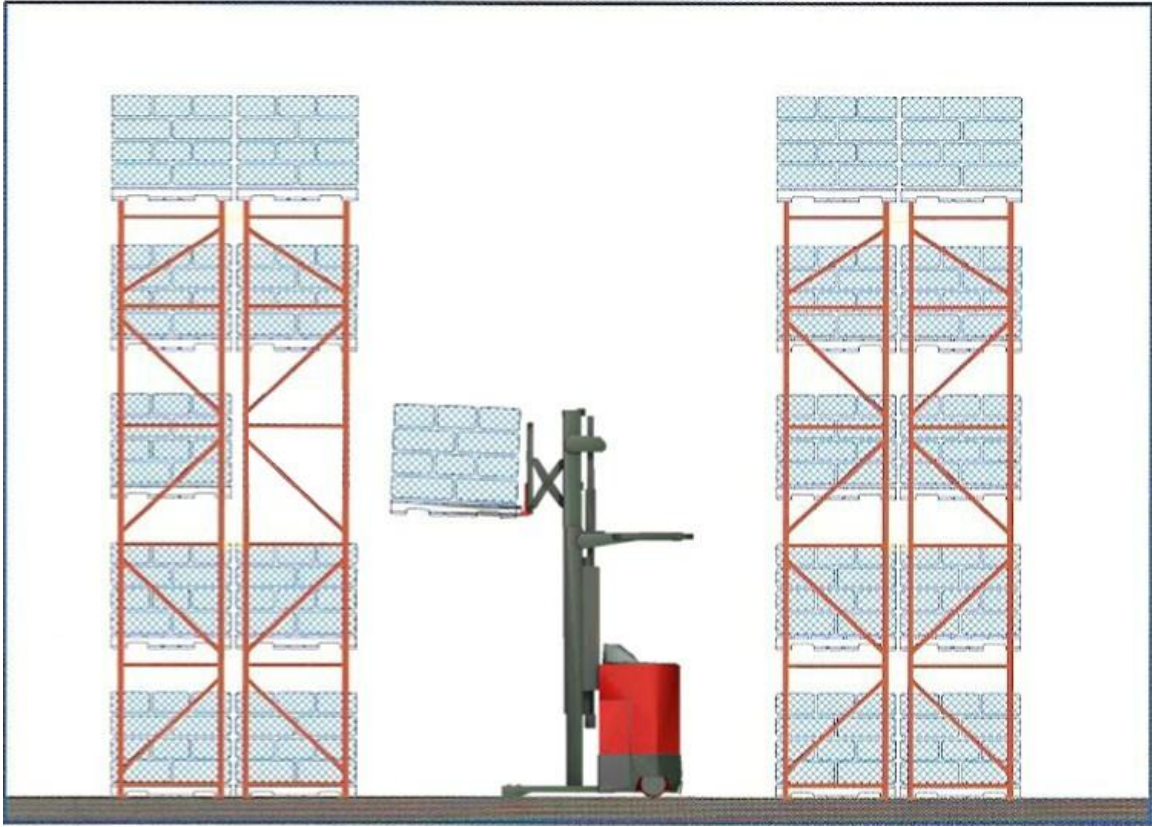
Bu yerleşim sayesinde belirli sayıda raf için az sayıda koridor kullanılarak alan kazancı sağlanmaktadır (Şekil 2.9).



Şekil 2. 9 Sirt Sirta Raf Sistemi [19]

2.3.2 Çift Derinlikli (Double Deep) Raf Sistemi

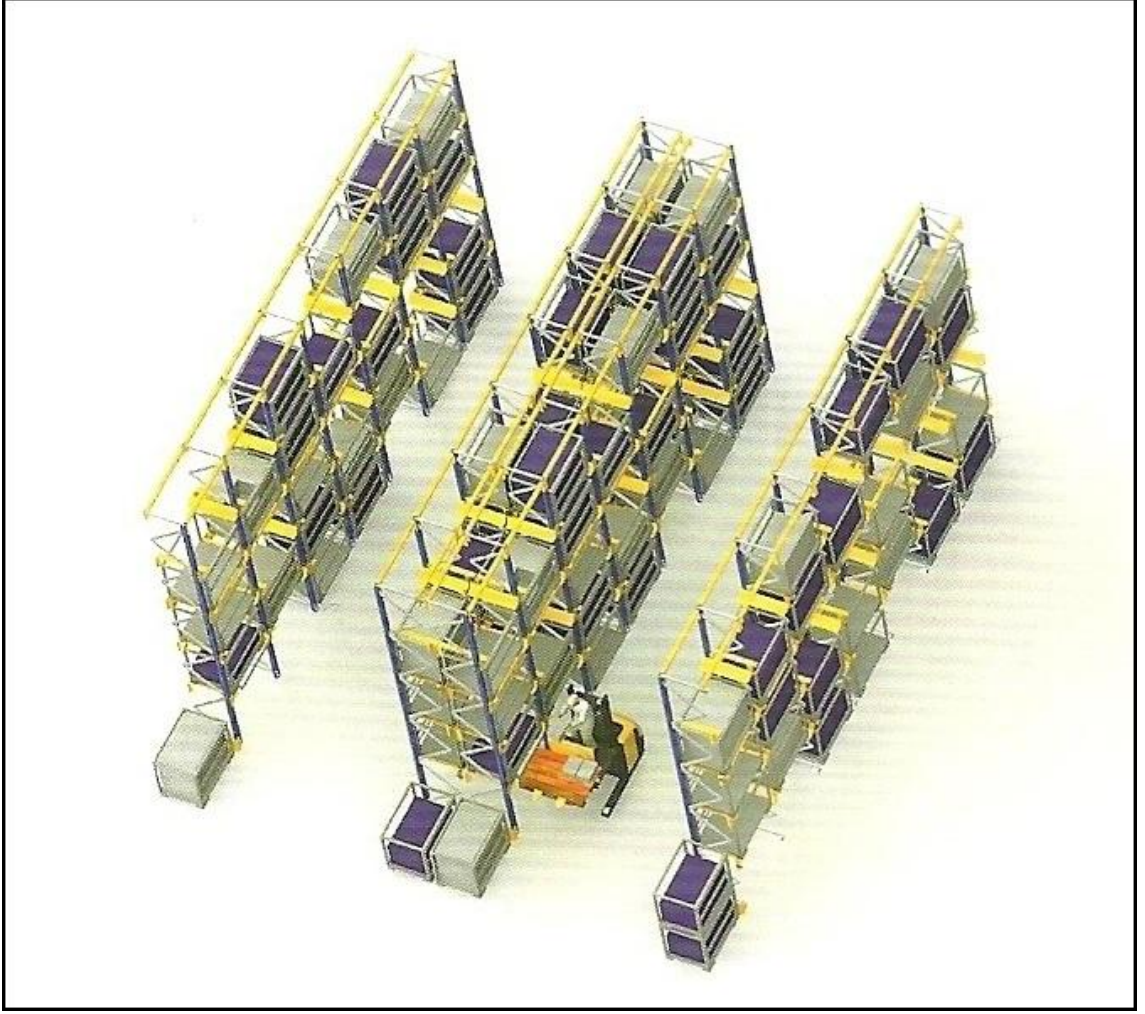
Bir rafta aynı yönden ulaşılan arka arkaya iki yükün depolanması esasına dayanan raf sistemidir (Şekil 2.10). İstifleme aracı, rafın içine doğru iki farklı derinlikte uzanabilmektedir. Böylece daha derindeki yük için teleskobik aygıtını daha fazla uzatarak, daha öndeki yük içinse aygıtını az uzatarak istiflemeyi gerçekleştirir. Bu sayede koridor sayısı azaltılarak alandan tasarruf sağlanır. Çift derinlikli raflarda istifleme aracı aygıtını normale göre daha fazla uzatmak zorunda olduğu için bu sistem ağır yükler için kullanılmaya uygun değildir.



Şekil 2. 10 Çift Derinlikli Raf Sistemi [25]

2.3.3 Tek Paletli Raf Sistemi

Tek bölüm rafları, her seviyede, her bölüm için bir paleti depolamaktadır (Şekil 2.11). Birim yükün en iyi şekilde yerleştirilmesiyle, tek bölümlü raflar yüklerin doğrudan paletten ya da raftan alınmasına imkan sağlar. Bu sistemler ağır yüklü paletler için kullanılır ve yüksek etkinliğe sahiptir. Ayrıca FIFO prensibiyle çalışmaya elverişlidir.



Şekil 2. 11 Tek Paletli Raf Sistemi [26]

2.3.4 İçine Girilebilir (Drive In/Drive Through) Raf Sistemi

Bu sistem aynı tipteki yüksek miktarda ürün depolaması için idealdir. İstifleme makinesi, raf iskeletinin içine girerek çalışır, böylece koridor ihtiyacı ortadan kaldırılarak alandan tasarruf sağlanır (Şekil 2.12). Yüksek istiflemelerde kompakt alan kullanımı ve depolanan ürünlerin korunması için ideal bir sistemdir. LİFO prensibi ile çalışmaya uygundur. İhtiyaca göre eklemeler kolaylıkla yapılabilir.

2.3.5 Hareketli Raf Sistemi (Mobile Rack)

Bu sistem, hareketli bir taban üzerinde palet rafları ya da konsollu raflardan oluşmaktadır. Bu metotla 9 ila 10 çalışma koridorundan tasarruf edilebilir ve yeni depolama alanı kazanılır. Bunlar ya lokal olarak tek raflarla ya da uzaktan kumanda ile

kontrol edilir. Her iki çalışma koridorunda da fotoselli hücreler herhangi bir engelle karşılaşıldığında acil durdurma mekanizmasını harekete geçirir (şekil 2.13).



şekil 2. 12 İçine Girilebilir Raf Sistemi [19]



Şekil 2. 13 Hareketli Raf Sistemi [26]

2.3.6 Giydirme Raf Sistemi

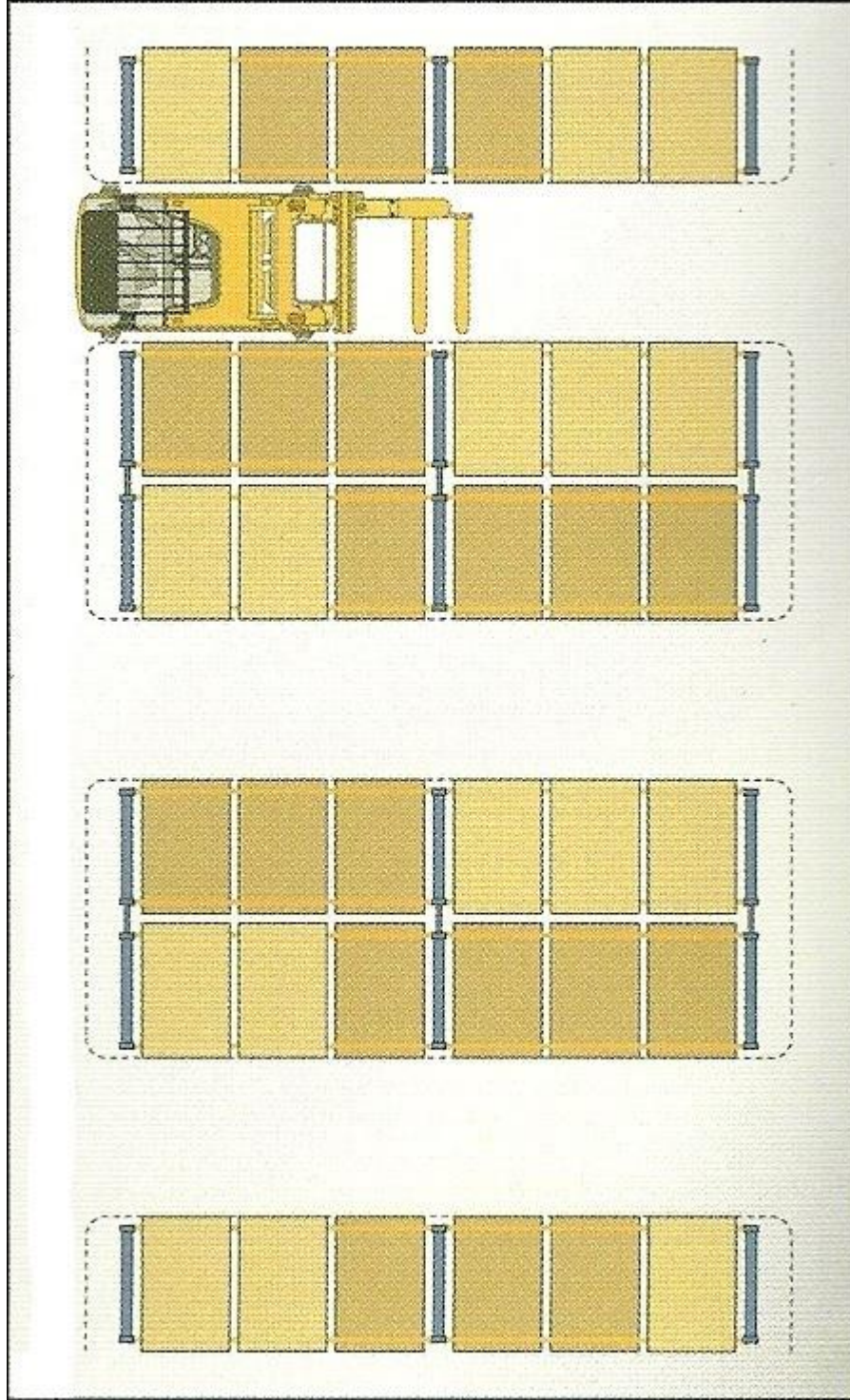
Bu raf sistemi aynı zamanda içinde bulunduğu binanın iskeletini de oluşturur. Raf sisteminin dış kısmına monte edilen paneller binanın dış yüzeyini teşkil eder, çatı ise sistemin tepesine yerleştirilir. Raf sistemi inşa edilirken kullanılacak malzeme, taşıyacağı bu fazladan yükler de hesaba katılarak belirlenir. Giydirme raf sistemleri çok katlı yüksek sistemler olup yeni depo binası yatırımı gerektirirler. Bu tür bir sistemin inşa aşamasındaki hali Şekil 2.14’te görülmektedir.



Şekil 2. 14 Giydirme Raf Sistemi [11]

2.3.7 Dar Koridorlu Raf Sistemi

Dar koridor sistemleri çok palet taşıyabilen ayarlanabilen palet raflarıdır (Şekil 2.15). Bunlar 12 metre üzerinde yükseklikte, dar koridor sistem forkliftleri veya istifleme araçlarına uyum sağlayan raf sistemleridir. Raf bloklarının başlarında palet bekleme konsolları bulunmaktadır. Maksimum yükseklik ve minimum alan gereksinimine sahiptir.

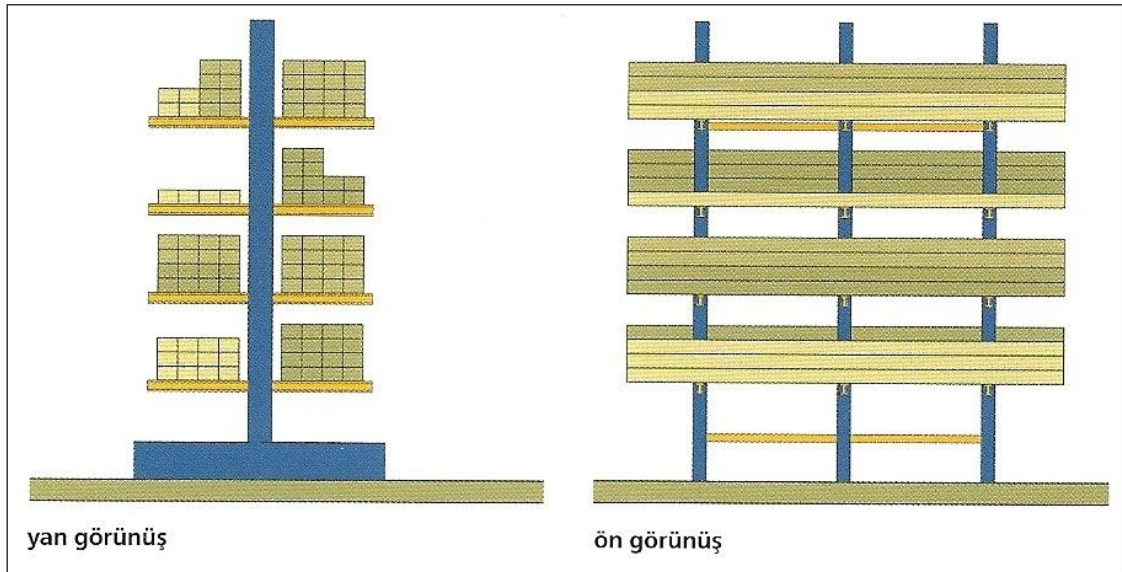


Şekil 2. 15 Dar Koridorlu Raf Sistemi [19]

2.3.8 Konsollu Raf Sistemi

Bu raf sistemleri profiller, borular ve paneller gibi uzun malzemelerin depolanması için kullanılır ve istenen uzunluğa ayarlanabilir (Şekil 2.16). Raflar dik olarak yükü taşıyan

birçok konsol çıkıntısıyla donatılmıştır. Raflar arasındaki mesafe depolanacak ürünün ağırlığına göre ayarlanabilir.



Şekil 2. 16 Konsollu Raf Sistemi [19]

2.3.9 Platformlu Raf Sistemi (Mezanin)

Mezaninler baş hizası üstü yüksekliğini, verimli depolama bölgelerine çevirirler ve değerli zemin bölgesinin daha önemli işler için ayırmasını sağlarlar. Bunlar, depolanan malları yükselterek, zemindeki yükleme-boşaltma veya üretim gibi faaliyetlerin trafiğini hafifletir, hacim kullanımını daha verimli hale getirerek enerji, bakım ve yatırım maliyetlerini azaltırlar. Emniyet nedeniyle sadece zemin kata kurulan mezaninler, en az 4 metre tavan yüksekliğine sahip yerlerde depolama alanını artırmak amacıyla kullanılmaktadır. Bağımsız ve bağımlı olmak üzere iki tip mezanin vardır. Bağımsız tip mezaninler depo tabanının herhangi bir alanının üstüne kurulabilir, genelde dört kenarı da korkuluklarla çevrili olup, bina ile taban haricinde hiçbir bağı yoktur. Bağımlı tip mezaninler depo binasının duvar veya kolonlarına bağlı olarak kurulur. Konstrüksiyon olarak daha ucuz olan bu mezaninler, ikinci veya üçüncü katların kurulmasına da izin verirler [24]. Şekil 2.17’de bağımlı tip mezanin görülmektedir.



Şekil 2. 17 Bağımlı Tip Mezanin [19]

ELECTRE VE TOPSIS YÖNTEMLERİ

OD/ÇS tasarımları değerlendirilirken birçok kriter göz önüne alınmaktadır. Bu yüzden, bu çalışmada sistem tasarımlarının değerlendirilmesi için birer çok kriterli karar verme yöntemi olan ELECTRE ve TOPSIS kullanılmıştır.

3.1 ELECTRE

Triantaphyllou [27] tarafından aktardığı üzere, ELECTRE yöntemi Benayoun ve arkadaşları tarafından 1966'da geliştirilmiştir. ELECTRE kelimesi, "Élimination Et Choix Traduisant la Réalité" (gerçeğe yönelik eleme ve seçim) adının kısaltılmasıyla oluşturulmuştur ve alternatiflerin, uygun kriterlere göre kendi aralarında ikili karşılaştırmalarla derecelendirilmelerine dayanır [28].

Bu yöntemle yakın dönemde yapılmış çalışmalar personel seçimi [29], tedarikçi seçimi [30] ve tesis yeri seçimi [31] gibi konuları kapsamaktadır. Yöntemin adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir [27].

3.1.1 Adım 1: Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Bu işlem karar matrisinin elemanlarını, aşağıdaki denklemi kullanarak boyutsuz karşılaştırılabilir elemanlara dönüştürür.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (3.1)$$

Böylece normalize X matrisi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & & & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix},$$

Burada m alternatiflerin sayısı, n kriterlerin sayısı ve x_{ij} i numaralı alternatifin j numaralı kriterine göre normalize öncelik değeridir.

3.1.2 Adım 2: Normalize Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması

Sonra, X matrisinin her bir kolonu, ilgili karar kriterinin önem ağırlığıyla çarpılır. ($w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$) olarak gösterilen bu ağırlıklar karar verici tarafından belirlenir. Y ile gösterilen ağırlıklandırılmış matris aşağıdaki gibidir:

$$Y = \begin{pmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & w_3 x_{13} & \cdots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & w_3 x_{23} & \cdots & w_n x_{2n} \\ \vdots & & & & \vdots \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & w_3 x_{m3} & \cdots & w_n x_{mn} \end{pmatrix}$$

Burada

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (3.2)$$

olmalıdır.

3.1.3 Adım 3: Uyum ve Uyumsuzluk Setlerinin Belirlenmesi

A_k ve A_l alternatiflerinin uyum seti olan C_{kl} , $m \geq k, l \geq 1$ olması koşuluyla, A_k alternatifinin A_l alternatifine tercih edildiği kriterlerin seti olarak tanımlanır. Bunun için aşağıdaki denklemin sağlanması gerekir:

$$C_{kl} = \{j, y_{kj} \geq y_{lj}\}, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.3)$$

Bunu tamamlayan alt küme ise uyumsuzluk seti olarak adlandırılır ve şu denklemle tanımlanır:

$$D_{kl} = \{j, y_{kj} < y_{lj}\}, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.4)$$

3.1.4 Adım 4: Uyum ve Uyumsuzluk Matrislerinin Oluşturulması

C uyum matrisinin elemanlarının göreceli değeri, uyum indeksi ile hesaplanır. c_{kl} uyum indeksi, uyum setindeki kriterlerin ağırlıklarının toplamıdır. Yani,

$$c_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.5)$$

Uyum indeksi A_k alternatifinin A_l alternatifine görece önemini belirtir. Görülmektedir ki, $0 \leq c_{kl} \leq 1$ olacaktır. Uyum matrisi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$C = \begin{pmatrix} - & c_{12} & c_{13} & \cdots & c_{1m} \\ c_{21} & - & c_{23} & \cdots & c_{2m} \\ \vdots & & & & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \cdots & - \end{pmatrix},$$

burada $k=l$ durumu için değer tanımlı değildir.

D uyumsuzluk matrisi, belirli bir A_k alternatifinin A_l alternatifinden ne kadar daha kötü olduğunu belirtir. Uyumsuzluk matrisinin elemanları (d_{kl}) aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max_j |y_{kj} - y_{lj}|} \quad (3.6)$$

Uyumsuzluk matrisi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$D = \begin{pmatrix} - & d_{12} & d_{13} & \cdots & d_{1m} \\ d_{21} & - & d_{23} & \cdots & d_{2m} \\ \vdots & & & & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & d_{m3} & \cdots & - \end{pmatrix},$$

C matrisinde olduğu gibi, D matrisinde de $k=l$ durumu için değer tanımlı değildir. Son olarak, önceki iki $m \times m$ matrisin simetrik olmadığına dikkat edilmelidir.

3.1.5 Adım 5: Uyum Baskınlık ve Uyumsuzluk Baskınlık Matrislerinin Oluşturulması

Uyum baskınlık matrisi, uyum indeksine ait bir eşik değeri kullanılarak oluşturulur. Örneğin, A_k alternatifinin A_l alternatife baskın gelmesinin tek yolu, ilgili uyum indeksi olan c_{kl} 'nin, $\underline{c}$ eşik değerine ulaşmasıdır. Yani $c_{kl} \geq \underline{c}$ olmalıdır.

$\underline{c}$ eşik değeri ortalama uyum indeksi olarak belirlenir. Bunun için aşağıdaki denklem kullanılır:

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{\substack{k=1 \\ \text{ve} \\ k \neq l}}^m \sum_{\substack{l=1 \\ \text{ve} \\ l \neq k}}^m c_{kl} \quad (3.7)$$

Eşik değerine bağlı olarak, uyum baskınlık matrisinin (F) elemanları şöyle belirlenir:

$$f_{kl} = 1, \text{ eğer } c_{kl} \geq \underline{c},$$

$$f_{kl} = 0, \text{ eğer } c_{kl} < \underline{c}.$$

Benzer şekilde, uyumsuzluk baskınlık matrisi (G), aşağıdaki gibi tanımlanabilen $\underline{d}$ eşik değeri kullanılarak tanımlanır:

$$\underline{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{\substack{k=1 \\ \text{ve} \\ k \neq l}}^m \sum_{\substack{l=1 \\ \text{ve} \\ l \neq k}}^m d_{kl} \quad (3.8)$$

$$\text{ve } g_{kl} = 1, \text{ eğer } d_{kl} \geq \underline{d},$$

$$g_{kl} = 0, \text{ eğer } d_{kl} < \underline{d}.$$

3.1.6 Adım 6: Toplam Baskınlık Matrisinin Belirlenmesi

Toplam baskınlık matrisinin (E) elemanları şöyle tanımlanır:

$$e_{kl} = f_{kl} \times g_{kl} \quad (3.9)$$

3.1.7 Adım 7: Daha Az Avantajlı Alternatiflerin Elenmesi

Toplam baskınlık matrisinden alternatiflerin kısmi bir tercih sıralaması elde edilebilir. Eğer $e_{kl} = 1$ ise bu, hem uyum hem de uyumsuzluk kriterleri kullanılarak, A_k alternatifinin A_l alternatifine tercih edildiğini gösterir.

Eğer toplam baskınlık matrisinin bir kolonu en az bir adet 1'e eşit elemana sahipse, bu kolona ilgili satır tarafından "ELECTREsel" olarak baskınlık kurulmuştur. Bu yüzden, 1'e eşit bir elemanı olan kolon(lar) kolayca elenebilir. Sonunda, en iyi alternatif, diğer tüm alternatiflere baskınlık kuran alternatiftir.

3.2 TOPSIS

“Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution” adının kısaltılmış haliyle anılan TOPSIS yöntemi, 1980’de Yoon ve Hwang tarafından, ELECTRE yöntemine bir alternatif olarak geliştirilmiştir [27]. Bu yöntemin çıkış noktası, seçilecek alternatife, ideal çözüme en yakın ve negatif-ideal çözüme en uzak olması gerekliliğidir.

Yakın geçmişteki literatür TOPSIS’in satış elemanı adayı değerlemesi [32], lojistik merkezi yeri seçimi [33] ve sürdürülebilir taşıma sistemleri değerlemesi [34] gibi alanlara uygulamalarını içermektedir.

Yöntemin adımları Kaya tarafından aşağıdaki gibi verilmiştir [35].

3.2.1 Adım 1: Normalizasyon Oranlarının Hesaplanması

r_{ij} normalize değerleri aşağıdaki denklemle hesaplanarak normalize karar matrisinin elemanlarını oluşturur.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, i = 1, \dots, m ; j = 1, \dots, n \quad (3.10)$$

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & & & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{m3} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

3.2.2 Adım 2: Ağırlıklandırılmış Normalizasyon Oranlarının Hesaplanması

Normalize karar matrisinin her bir elemanının, ilgili kriterin ELECTRE yöntemindeki gibi belirlenen kriter ağırlığı (w_j) ile çarpılmasıyla ağırlıklandırılmış normalizasyon oranları (v_{ij}) bulunur.

$$v_{ij} = w_j r_{ij}, i = 1, \dots, m ; j = 1, \dots, n \quad (3.11)$$

$$V = \begin{pmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & w_3 r_{13} & \cdots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & w_3 r_{23} & \cdots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & w_3 r_{m3} & \cdots & w_n r_{mn} \end{pmatrix}$$

3.2.3 Adım 3: Pozitif-ideal ve Negatif-ideal Çözümlerin Tespit Edilmesi

Ağırlıklandırılmış normalize matriste her sütunun en büyük elemanı pozitif-ideal (A^*) ve en küçük elemanı negatif-ideal (A^-) olarak belirlenir. Bunlar belirli bir kriter için alternatiflerin aldığı değerlerden sırasıyla en yüksek ve en düşük olanını gösterir.

$$A^* = v_1^*, \dots, v_n^* = \left\{ \left(\max_j v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\min_j v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, \dots, m \right\} \quad (3.12)$$

$$A^- = v_1^-, \dots, v_n^- = \left\{ \left(\min_j v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\max_j v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, \dots, m \right\} \quad (3.13)$$

Burada J_1 fayda kriterleri seti, J_2 ise maliyet kriterleri setidir.

3.2.4 Adım 4: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

Alternatifler arasındaki ayırım (mesafe) ölçülür. Her alternatifin pozitif-ideal çözümden olan mesafesi şu şekilde hesaplanır:

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}, i = 1, \dots, m \quad (3.14)$$

Aynı şekilde negatif-ideal çözümden olan mesafeler aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, i = 1, \dots, m \quad (3.15)$$

3.2.5 Adım 5: Pozitif-ideal Çözüme Benzerliğin Hesaplanması

Pozitif ideal çözüme benzerlik değeri (C_i^*) aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-}, i = 1, \dots, m \quad (3.16)$$

Sonunda en yüksek C^* değerine sahip olan alternatif seçilir.

UYGULAMA

OD/ÇS projelendirmesi ve satışı da yapan bir depolama sistemleri firmasından alınan veriler ışığında bir seçim problemi oluşturulmuş ve Bölüm 3'te adımları anlatılan yöntemlerle çözülmüştür.

4.1 Uygulama Problemi

Uygulama için bir birim yük OD/ÇS ele alınmıştır. Öncelikle literatürde ve endüstride sık karşılaşılan OD/ÇS tasarımları göz önüne alınarak alternatifler oluşturulmuştur. Daha sonra ilgili firmadan iki uzmanla görüşülerek müşterilerin OD/ÇS seçerken dikkat ettiği hususlar öğrenilmiş ve bunlar ile literatürde [12] belirtilen diğer kriterlerden yola çıkılarak kriterler oluşturulmuştur. Ayrıca yine uzmanlarla yapılan görüşmeler neticesinde alternatifler, bu kriterler açısından değerlendirilmiştir.

4.2 Kabuller

Uygulama problemini gereksiz öğelerden arındırmak için bazı kabuller yapılmıştır. Bu kabuller aşağıda listelenmiştir:

- Sistemin kurulacağı deponun boyunda sınıra ulaşılmıştır, yani depo alanının boyuna alabildiği kadar hücre yerleştirilmiştir. Bu yüzden alternatiflerin birbirlerinden boyutsal farkı yükseklik ve en (genişlik) temelinde olacaktır.
- Alternatiflerin bir boyutu eşit olacağından kapladıkları alan, genişlikleriyle doğru orantılı olacaktır.

- Sistemin kurulacağı deponun zemin özellikleri, yüksekliği ve genişliği tüm alternatiflere elverişlidir.
- Tüm alternatifler aynı depolama hacmine sahiptir ve müşterinin istediği verimliliği karşılamaktadır.

4.3 Alternatifler

Yüklü paletlerin yüksekliği 1,5 metredir. Emniyet boşluğu olarak 0,15 metre ve rafın kalınlığı olan 0,075 metre de hesaba katılırsa, bir hücrenin yaklaşık yüksekliği 1,725 metre olacaktır [15].

Alternatifler 12 katlı veya 24 katlıdır, bunlar da sırasıyla 20,7 metre ve 41,4 metre yüksekliğe tekabül eder. Bu yükseklikler istifleme vincinin çalışabildiği aralıktadır.

Problem için üç adet alternatif oluşturulmuştur. Bu alternatifler Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

4.3.1 Alternatif 1

Bir koridorun iki yanında bulunan 12 katlı ve çift derinlikli bir raf sistemine sahiptir. İstifleme vinci kullanılmaktadır. Çift derinlikli olması, birim yük istifleme süresinin tek derinliklilere göre daha uzun olmasına, yani veriminin daha az olmasına yol açmaktadır.

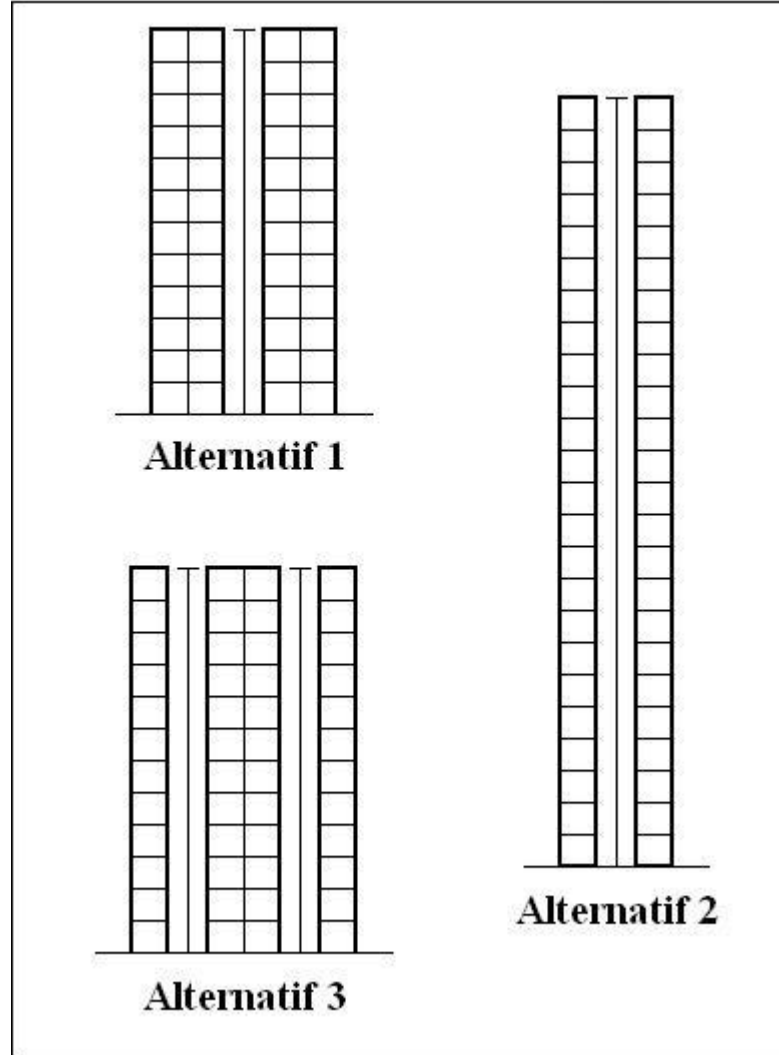
4.3.2 Alternatif 2

Bir koridorun iki yanında bulunan 24 katlı ve tek derinlikli bir raf sistemine sahiptir. İstifleme vinci kullanılmaktadır. Sadece iki sıra hücreye sahip olduğu için gerekli depo alanından kazanç sağlamaktadır.

4.3.3 Alternatif 3

Her koridorda birer adet olmak üzere toplam iki adet istifleme vincine sahip, 12 katlı sırt sırta sistemdir. İki istifleme vinci olduğundan büyük bir verimlilik avantajına sahipken ilk yatırım maliyeti yüksektir ve iki koridoru bulunduğu için daha fazla depo alanı gerektirmektedir. Bu durumdan [12]’de de, her koridorda bir adet vinci olan bir

sistemde, daha çok koridorun daha çok vinç gerektirerek verimi ve maliyeti artıracak şekilde bahsedilmiştir.



Şekil 4. 1 Birim yük OD/ÇS Alternatifleri

4.4 Kriterler

Uzmanlardan alınan görüşlerle belirlenen ve OD/ÇS seçimini etkileyen hususlardan bazıları kriter olarak problemde yer alırken, diğerleri problemin özelliklerinden dolayı kullanılmamıştır. Örneğin, bakım sıklığı, bakım süresi ve servis yeterliliği hususları, tüm alternatiflerde kullanılan istifleme vinçleri aynı üreticiden sağlandığından alternatifler arasında fark yaratmayan hususlardır.

Problemde kullanılan üç adet kriter aşağıda açıklanmıştır. Bu kriterlerden verimlilik, bir fayda kriteri iken; ilk yatırım maliyeti ve gerekli depo alanı birer maliyet kriteridir. Her

bir kritere, (3.2)'deki şart sağlanacak şekilde uzmanlar tarafından ağırlık verilmiştir. Bu ağırlıklar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

4.4.1 Verimlilik

Yukarıda da belirtildiği üzere tüm istifleme vinçleri aynı hızlara sahiptir. Ancak, istifleme yönteminin, depo yapısının ve vinç sayısının bazı alternatifler arasında farklılık göstermesi, birim yükün istiflenmesi için geçen süreyi ve dolayısıyla verimliliği etkilemektedir.

Verimlilik kriterinin ağırlığı 0,3 olarak belirlenmiştir.

4.4.2 İlk Yatırım Maliyeti

Tüm alternatiflerde hücre sayısı aynı olduğundan raf sistemleri ilk yatırım maliyeti açısından alternatifler arasında bir fark yaratmamaktadır.

Ancak, alternatiflerde kullanılan istifleme vinçlerinin sayısının ve özelliklerinin farklı olması, ilk yatırım maliyetlerinin farklı olmasına sebep olmaktadır.

İlk yatırım maliyeti kriterinin ağırlığı 0,2 olarak belirlenmiştir.

4.4.3 Gerekli depo alanı

Alternatiflerin boyuna yerleştirilen hücre sayısı aynıdır. Bu sebepten, alternatiflerin enine yerleştirilen hücre sayısı, koridor sayısı ve istifleme tipi (tek derinlik veya çift derinlik), gerekli depo alanının farklılık göstermesine yol açmaktadır.

Gerekli depo alanı kriterinin ağırlığı 0,5 olarak belirlenmiştir.

4.5 Alternatiflerin Kriterlere Göre Değerlendirilmesi

Firmadaki uzmanlar tarafından alternatifler, verimlilik ve ilk yatırım maliyeti kriterlerine göre 100 üzerinden puan verilerek değerlendirilmiştir. Gerekli depo alanına göre değerlendirme yapmak içinse alternatiflerin yaklaşık genişliğinin metre cinsinden ölçüsü kullanılmıştır.

Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi Çizelge 4.2'de görülmektedir.

Çizelge 4. 1 Kriterlere Verilen Ağırlıklar

	Verimlilik	İlk yatırım maliyeti	Gerekli depo alanı
Ağırlık	0,3	0,2	0,5

Çizelge 4. 2 Uzmanlarca yapılan değerlendirme

	Verimlilik	İlk yatırım maliyeti	Gerekli depo alanı
Alternatif 1	50	70	7,6
Alternatif 2	60	50	4,2
Alternatif 3	80	95	8,8

4.6 ELECTRE ile Çözüm

Öncelikle, alternatiflerin maliyet kriterleri için aldığı puanlar sağlıklı bir karşılaştırma yapılabilmesi için “-1.” dereceden kuvvetleri alınarak karar matrisi yeniden oluşturulur.

Çizelge 4. 3 Karar matrisi

	Verimlilik	İlk yatırım maliyeti	Gerekli depo alanı
Alternatif 1	50	0,014286	0,131579
Alternatif 2	60	0,020000	0,238095
Alternatif 3	80	0,010526	0,113636

4.6.1 Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

(3.1) denkleminde yararlanılarak aşağıdaki normalize karar matrisi oluşturulur.

$$x_{11} = \frac{50}{\sqrt{50^2 + 60^2 + 80^2}} = 0,447214$$

$$x_{12} = \frac{0,014286}{\sqrt{0,014286^2 + 0,020000^2 + 0,010526^2}} = 0,534298$$

$$x_{13} = \frac{0,131579}{\sqrt{0,131579^2 + 0,238095^2 + 0,113636^2}} = 0,446311$$

$$x_{21} = \frac{60}{\sqrt{50^2 + 60^2 + 80^2}} = 0,536656$$

$$x_{22} = \frac{0,020000}{\sqrt{0,014286^2 + 0,020000^2 + 0,010526^2}} = 0,748018$$

$$x_{23} = \frac{0,238095}{\sqrt{0,131579^2 + 0,238095^2 + 0,113636^2}} = 0,807610$$

$$x_{31} = \frac{80}{\sqrt{50^2 + 60^2 + 80^2}} = 0,715542$$

$$x_{32} = \frac{0,010526}{\sqrt{0,014286^2 + 0,020000^2 + 0,010526^2}} = 0,393694$$

$$x_{33} = \frac{0,113636}{\sqrt{0,131579^2 + 0,238095^2 + 0,113636^2}} = 0,385450$$

$$X = \begin{pmatrix} 0,447214 & 0,534298 & 0,446311 \\ 0,536656 & 0,748018 & 0,807610 \\ 0,715542 & 0,393694 & 0,385450 \end{pmatrix}$$

4.6.2 Normalize Karar Matrisinin Ağırlıklandırılması

Normalize karar matrisinin sütunları, o kritere karşılık gelen ağırlıkla çarpılarak aşağıdaki ağırlıklandırılmış matris elde edilir.

$$w_1x_{11} = 0,3 * 0,447214 = 0,134164$$

$$w_2x_{12} = 0,2 * 0,534298 = 0,106860$$

$$w_3x_{13} = 0,5 * 0,446311 = 0,223155$$

$$w_1x_{21} = 0,3 * 0,536656 = 0,160997$$

$$w_2x_{22} = 0,2 * 0,748018 = 0,149604$$

$$w_3x_{23} = 0,5 * 0,807610 = 0,403805$$

$$w_1x_{31} = 0,3 * 0,715542 = 0,214663$$

$$w_2x_{32} = 0,2 * 0,393694 = 0,078739$$

$$w_3x_{33} = 0,5 * 0,385450 = 0,192725$$

$$Y = \begin{pmatrix} 0,134164 & 0,106860 & 0,223155 \\ 0,160997 & 0,149604 & 0,403805 \\ 0,214663 & 0,078739 & 0,192725 \end{pmatrix}$$

4.6.3 Uyum ve Uyumsuzluk Setlerinin Belirlenmesi

(3.3) denkleminde yola çıkılarak uyum setleri ve (3.4)'ten yola çıkılarak uyumsuzluk setleri belirlenir.

$$C_{12} = \{ \} ; D_{12} = \{1, 2, 3\}$$

$$C_{13} = \{2, 3\} ; D_{13} = \{1\}$$

$$C_{21} = \{1, 2, 3\} ; D_{21} = \{ \}$$

$$C_{23} = \{2, 3\} ; D_{23} = \{1\}$$

$$C_{31} = \{1\} ; D_{31} = \{2, 3\}$$

$$C_{32} = \{1\} ; D_{32} = \{2, 3\}$$

4.6.4 Uyum ve Uyumsuzluk Matrislerinin Oluşturulması

(3.5)'teki denklemden yararlanarak c_{kl} uyum indeksleri hesaplanır. Bu uyum indeksleri, C uyum matrisinin elemanlarını oluşturur.

$$c_{12} = 0$$

$$c_{13} = w_2 + w_3 = 0,2 + 0,5 = 0,7$$

$$c_{21} = w_1 + w_2 + w_3 = 0,3 + 0,2 + 0,5 = 1$$

$$c_{23} = w_2 + w_3 = 0,2 + 0,5 = 0,7$$

$$c_{31} = w_1 = 0,3$$

$$c_{32} = w_1 = 0,3$$

$$C = \begin{pmatrix} - & 0 & 0,7 \\ 1 & - & 0,7 \\ 0,3 & 0,3 & - \end{pmatrix}$$

(3.6)'daki denklemden yararlanarak D uyumsuzluk matrisinin elemanları (d_{kl}) hesaplanır ve uyumsuzluk matrisi oluşturulur.

- $D_{12}=\{1, 2, 3\}$

$$j=1 \rightarrow |y_{11} - y_{21}|=0,026833$$

$$j=2 \rightarrow |y_{12} - y_{22}|=0,042744$$

$$j=3 \rightarrow |y_{13} - y_{23}|=0,180650$$

$$d_{12} = \frac{\max\{0,026833; 0,042744; 0,180650\}}{\max\{0,026833; 0,042744; 0,180650\}} = \frac{0,180650}{0,180650} = 1$$

- $D_{13}=\{1\}$

pay hesabı için,

$$j=1 \rightarrow |y_{11} - y_{31}|=0,080498$$

payda hesabı için,

$$j=1 \rightarrow |y_{11} - y_{31}|=0,080498$$

$$j=2 \rightarrow |y_{12} - y_{32}|=0,028121$$

$$j=3 \rightarrow |y_{13} - y_{33}| = 0,030430$$

$$d_{13} = \frac{\max\{0,080498\}}{\max\{0,080498; 0,028121; 0,030430\}} = \frac{0,080498}{0,080498} = 1$$

- $D_{21} = \{ \}$

$$d_{21} = 0$$

- $D_{23} = \{1\}$

pay hesabı için,

$$j=1 \rightarrow |y_{21} - y_{31}| = 0,053666$$

payda hesabı için,

$$j=1 \rightarrow |y_{21} - y_{31}| = 0,053666$$

$$j=2 \rightarrow |y_{22} - y_{32}| = 0,070865$$

$$j=3 \rightarrow |y_{23} - y_{33}| = 0,211080$$

$$d_{23} = \frac{\max\{0,053666\}}{\max\{0,053666; 0,070865; 0,211080\}} = \frac{0,053666}{0,211080} = 0,254243$$

- $D_{31} = \{2, 3\}$

pay hesabı için,

$$j=2 \rightarrow |y_{32} - y_{12}| = 0,028121$$

$$j=3 \rightarrow |y_{33} - y_{13}| = 0,030430$$

payda hesabı için,

$$j=1 \rightarrow |y_{31} - y_{11}| = 0,080498$$

$$j=2 \rightarrow |y_{32} - y_{12}| = 0,028121$$

$$j=3 \rightarrow |y_{33} - y_{13}| = 0,030430$$

$$d_{31} = \frac{\max\{0,028121; 0,030430\}}{\max\{0,080498; 0,028121; 0,030430\}} = \frac{0,030430}{0,080498} = 0,378023$$

- $D_{32} = \{2, 3\}$

pay hesabı için,

$$j=2 \rightarrow |y_{32} - y_{22}| = 0,070865$$

$$j=3 \rightarrow |y_{33} - y_{23}| = 0,211080$$

payda hesabı için,

$$j=1 \rightarrow |y_{31} - y_{21}| = 0,053666$$

$$j=2 \rightarrow |y_{32} - y_{22}| = 0,070865$$

$$j=3 \rightarrow |y_{33} - y_{23}| = 0,211080$$

$$d_{32} = \frac{\max\{0,070865; 0,211080\}}{\max\{0,053666; 0,070865; 0,211080\}} = \frac{0,211080}{0,211080} = 1$$

$$D = \begin{pmatrix} - & 1 & 1 \\ 0 & - & 0,254243 \\ 0,378023 & 1 & - \end{pmatrix}$$

4.6.5 Uyum Baskınlık ve Uyumsuzluk Baskınlık Matrislerinin Oluşturulması

Ortalama uyum indeksi olan $\underline{c}$ eşik değeri (3.7) denklemiyle elde edilir. Uyum baskınlık matrisi (F), eşik değerine eşit veya ondan büyük olan uyum indekslerinin yerine 1, eşik değerinden küçük indekslerin yerine 0 yazılarak oluşturulur.

$$\underline{c} = \frac{1}{3(3-1)}(0+0,7+1+0,7+0,3+0,3) = 0,5$$

$$0 < 0,5 \rightarrow f_{12}=0$$

$$0,7 > 0,5 \rightarrow f_{13}=1$$

$$1 > 0,5 \rightarrow f_{21}=1$$

$$0,7 > 0,5 \rightarrow f_{23}=1$$

$$0,3 < 0,5 \rightarrow f_{31}=0$$

$$0,3 < 0,5 \rightarrow f_{32}=0$$

$$F = \begin{pmatrix} - & 0 & 1 \\ 1 & - & 1 \\ 0 & 0 & - \end{pmatrix}$$

Benzer şekilde, uyumsuzluk baskınlık matrisi (G), (3.8)'de tanımlanan $\underline{d}$ eşik değeri kullanılarak oluşturulur.

$$\underline{d} = \frac{1}{3(3-1)}(1+1+0+0,25424+0,378023+1) = 0,605377$$

$$1 > 0,605377 \rightarrow g_{12}=1$$

$$1 > 0,605377 \rightarrow g_{13}=1$$

$$0 < 0,605377 \rightarrow g_{21}=0$$

$$0,254240 < 0,605377 \rightarrow g_{23}=0$$

$$0,378023 < 0,605377 \rightarrow g_{31}=0$$

$$1 > 0,605377 \rightarrow g_{32}=1$$

$$G = \begin{pmatrix} - & 1 & 1 \\ 0 & - & 0 \\ 0 & 1 & - \end{pmatrix}$$

4.6.6 Toplam Baskınlık Matrisinin Belirlenmesi

Toplam baskınlık matrisinin (E) elemanları (3.9)'daki gibi hesaplanır.

$$E = \begin{pmatrix} - & 0 & 1 \\ 0 & - & 0 \\ 0 & 0 & - \end{pmatrix}$$

4.6.7 Daha Az Avantajlı Alternatiflerin Elenmesi

$e_{13} = 1$ olarak bulunmuştur. Bu, hem uyum hem de uyumsuzluk kriterleri kullanılarak, Alternatif 1'in Alternatif 3'e tercih edildiğini gösterir. Yani Alternatif 3 elenir. Alternatif 2'nin kıyasıyla ilgili bir sonuç bulunmamıştır. Bu sebeple Alternatif 1 ve Alternatif 2 seçilebilecek alternatifler olarak belirlenir.

Alternatif 1 ve Alternatif 2'den hangisinin seçilmesi gerektiğinin tespiti içinse net uyum ve net uyumsuzluk indeksleri hesaplanır [36].

4.6.8 Net Uyum ve Net Uyumsuzluk İndekslerinin Hesaplanması

Net uyum indeksi (C_p) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$C_p = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^m C_{pk} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^m C_{kp} \quad , \quad p = 1, 2, \dots, m$$

$$C_1 = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 1}}^3 C_{1k} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 1}}^3 C_{k1}$$

$$C_1 = (C_{12} + C_{13}) - (C_{21} + C_{31}) = (0 + 0, 7) - (1 + 0, 3)$$

$$C_1 = -0,6$$

$$C_2 = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 2}}^3 C_{2k} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 2}}^3 C_{k2}$$

$$C_2 = (C_{21} + C_{23}) - (C_{12} + C_{32}) = (1 + 0, 7) - (0 + 0, 3)$$

$$C_2 = 1,4$$

$$C_3 = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 2}}^3 C_{3k} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 2}}^3 C_{k3}$$

$$C_3 = (C_{31} + C_{32}) - (C_{13} + C_{23}) = (0, 3 + 0, 3) - (0, 7 + 0, 7)$$

$$C_3 = -0,8$$

Daha sonra net uyumsuzluk indeksleri (D_p) hesaplanır.

$$D_p = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^m D_{pk} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^m D_{kp} \quad , \quad p = 1, 2, \dots, m$$

$$D_1 = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 1}}^3 D_{1k} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 1}}^3 D_{k1}$$

$$D_1 = (D_{12} + D_{13}) - (D_{21} + D_{31}) = (1 + 1) - (0 + 0, 378023)$$

$$D_1 = 1,621977$$

$$D_2 = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 2}}^3 D_{2k} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 2}}^3 D_{k2}$$

$$D_2 = (D_{21} + D_{23}) - (D_{12} + D_{32}) = (0 + 0,254243) - (1 + 1)$$

$$D_2 = -1,745760$$

$$D_3 = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 2}}^3 D_{3k} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 2}}^3 D_{k3}$$

$$D_3 = (D_{31} + D_{32}) - (D_{13} + D_{23}) = (0,378023 + 1) - (1 + 0,254243)$$

$$D_3 = 0,12378$$

Alternatifler için hesaplanan net uyum indeksleri ve net uyumsuzluk indeksleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4. 4 Net Uyum İndeksleri ve Net Uyumsuzluk İndeksleri

Alternatif	Net Uyum İndeksi (C_p)	Net Uyumsuzluk İndeksi (D_p)
1	-0,6	1,621977
2	1,4	-1,745760
3	0,8	0,12378

Bu durumda net uyum indeksi en büyük ($1,4 > 0,8 > -0,6$) ve net uyumsuzluk indeksi en küçük olan ($-1,745760 < 0,12378 < 1,621977$) alternatifin, Alternatif 2 olduğu görülmüştür. Bu sebeple Alternatif 2, seçilecek alternatiftir.

4.7 TOPSIS ile Çözüm

4.7.1 Normalizasyon Oranlarının Hesaplanması

Çizelge 4.2'deki karar matrisinden yola çıkarak r_{ij} normalize değerleri (3.10) denklemiyle hesaplanarak normalize karar matrisinin elemanlarını oluşturur.

$$r_{11} = \frac{50}{\sqrt{50^2 + 60^2 + 80^2}} = 0,447214$$

$$r_{12} = \frac{0,014286}{\sqrt{0,014286^2 + 0,02^2 + 0,010526^2}} = 0,534298$$

$$r_{13} = \frac{0,131579}{\sqrt{0,131579^2 + 0,238095^2 + 0,113636^2}} = 0,446311$$

$$r_{21} = \frac{60}{\sqrt{50^2 + 60^2 + 80^2}} = 0,536656$$

$$r_{22} = \frac{0,02}{\sqrt{0,014286^2 + 0,02^2 + 0,010526^2}} = 0,748018$$

$$r_{23} = \frac{0,238095}{\sqrt{0,131579^2 + 0,238095^2 + 0,113636^2}} = 0,807610$$

$$r_{31} = \frac{80}{\sqrt{50^2 + 60^2 + 80^2}} = 0,715542$$

$$r_{32} = \frac{0,010526}{\sqrt{0,014286^2 + 0,02^2 + 0,010526^2}} = 0,393694$$

$$r_{33} = \frac{0,113636}{\sqrt{0,131579^2 + 0,238095^2 + 0,113636^2}} = 0,385450$$

$$R = \begin{pmatrix} 0,447214 & 0,534298 & 0,446311 \\ 0,536656 & 0,748018 & 0,807610 \\ 0,715542 & 0,393694 & 0,385450 \end{pmatrix}$$

4.7.2 Ağırlıklandırılmış Normalizasyon Oranlarının Hesaplanması

Normalize karar matrisinin her bir elemanının (3.11)'deki gibi kriter ağırlığı (w_j) ile çarpılmasıyla ağırlıklandırılmış normalizasyon oranları (v_{ij}) bulunur.

$$v_{11} = w_1 r_{11} = 0,3 * 0,447214 = 0,134164$$

$$v_{12} = w_2 r_{12} = 0,2 * 0,534298 = 0,106860$$

$$v_{13} = w_3 r_{13} = 0,5 * 0,446311 = 0,223155$$

$$v_{21} = w_1 r_{21} = 0,3 * 0,536656 = 0,160997$$

$$v_{22} = w_2 r_{22} = 0,2 * 0,748018 = 0,149604$$

$$v_{23} = w_3 r_{23} = 0,5 * 0,807610 = 0,403805$$

$$v_{31} = w_1 r_{31} = 0,3 * 0,715542 = 0,214663$$

$$v_{32} = w_2 r_{32} = 0,2 * 0,393694 = 0,078739$$

$$v_{33} = w_3 r_{33} = 0,5 * 0,385450 = 0,192725$$

$$V = \begin{pmatrix} 0,134164 & 0,106860 & 0,223155 \\ 0,160997 & 0,149604 & 0,403805 \\ 0,214663 & 0,078739 & 0,192725 \end{pmatrix}$$

4.7.3 Pozitif-ideal ve Negatif-ideal Çözümlerin Tespit Edilmesi

Ağırlıklandırılmış normalize matriste her sütunun en büyük elemanı pozitif-ideal (A^*) ve en küçük elemanı negatif-ideal (A^-) olarak belirlenir.

$$A^* = \{\max(0,134164 ; 0,160997; 0,214663) ; \max(0,106860 ; 0,149604 ; 0,078739) ; \max(0,223155 ; 0,403805 ; 0,192725)\}$$

$$A^* = \{0,214663 ; 0,149604 ; 0,403805\}$$

$$A^- = \{\min(0,134164 ; 0,160997; 0,214663) ; \min(0,106860 ; 0,149604 ; 0,078739) ; \min(0,223155 ; 0,403805 ; 0,192725)\}$$

$$A^- = \{0,134164 ; 0,078739 ; 0,192725\}$$

4.7.4 Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

Alternatifler arasındaki ayırım (mesafe) ölçülür. Her alternatifin pozitif-ideal çözümünden olan mesafesi (3.14)'teki gibi hesaplanır.

$$S_1^* = \sqrt{(0,134164 - 0,214663)^2 + (0,106860 - 0,149604)^2 + (0,223155 - 0,403805)^2} = 0,202340$$

$$S_2^* = \sqrt{(0,160997 - 0,214663)^2 + (0,149604 - 0,149604)^2 + (0,403805 - 0,403805)^2} = 0,053666$$

$$S_3^* = \sqrt{(0,214663 - 0,214663)^2 + (0,078739 - 0,149604)^2 + (0,192725 - 0,403805)^2} = 0,222658$$

Aynı şekilde negatif-ideal çözümünden olan mesafeler (3.15) denklemiyle hesaplanır.

$$S_1^- = \sqrt{(0,134164 - 0,134164)^2 + (0,106860 - 0,078739)^2 + (0,223155 - 0,192725)^2} = 0,041434$$

$$S_2^- = \sqrt{(0,160997 - 0,134164)^2 + (0,149604 - 0,078739)^2 + (0,403805 - 0,192725)^2} = 0,224269$$

$$S_3^- = \sqrt{(0,214663 - 0,134164)^2 + (0,078739 - 0,078739)^2 + (0,192725 - 0,192725)^2} = 0,080498$$

4.7.5 Pozitif-ideal Çözüme Benzerliğin Hesaplanması

Pozitif-ideal çözüme benzerlik değeri (C_i^*) (3.16) denklemiyle hesaplanır.

$$C_1^* = \frac{0,041434}{0,202340 + 0,041434} = 0,169970$$

$$C_2^* = \frac{0,224269}{0,053666 + 0,224269} = 0,806913$$

$$C_3^* = \frac{0,080498}{0,222658 + 0,080498} = 0,265534$$

Yöntemin uygulanması sonucunda $C_2^* > C_3^* > C_1^*$ (0,806913>0,265534>0,169970) olduğu görülmüştür.

Alternatif 2, en yüksek C^* değerine sahip olduğundan seçilecek alternatiftir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada OD/ÇS seçiminde ÇKKV yöntemlerinden ELECTRE ve TOPSIS kullanılmıştır. Uygulama sonucunda ELECTRE ile çözümde seçilebilecek alternatifler olarak, üzerlerinde herhangi bir alternatif tarafından baskınlık kurulmamış olan Alternatif 1 ve Alternatif 2 bulunmuştur. Ancak en iyi alternatifin bulunması için, bu alternatiflerin net uyum indeksleri ve net uyumsuzluk indeksleri hesaplanmıştır. Bu hesaplar sonunda net uyum indeksi daha büyük ve net uyumsuzluk indeksi daha küçük olan Alternatif 2 en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. TOPSIS ile çözüm de en iyi alternatif olarak Alternatif 2'yi sunmuş ve böylece yapılan uygulamanın sonucunu doğrulamıştır.

ELECTRE ile çözüm, kötü olan alternatifi elemeye faydalı olmasına rağmen en iyi alternatifin bulunmasına ilk aşamada yardımcı olamamıştır. Triantaphyllou'nun [27] aktardığı üzere Lootsma, ELECTRE'nin az sayıda kriter ve çok sayıda alternatifin olduğu durumlara uygun olduğunu söylemiştir. Bu örnekte üç adet kriter ve üç adet alternatif bulunduğu göz önüne alınırsa, ELECTRE'nin bu yüzden ilk aşamada kesin bir sonuç vermediği söylenebilir.

TOPSIS ise alternatiflerin birbirlerine baskınlık durumunu incelemek yerine, ideale en yakın olan alternatifi bulmayı amaçladığı için en iyi alternatifi bulmada başarılı olmuştur.

OD/ÇS'nin seçiminde birçok faktörün rol oynamasına rağmen seçimi belirleyen çoğunlukla müşterinin bu faktörlerden hangisine ne kadar önem verdiğidir. Bu çalışmadaki uygulamada kullanılan kriterler yalnız bir karar vericinin görüşünü yansıtmaktadır. Bunun yanında, tüm karar vericilerin üzerinde hem fikir olacağı genel bir kriter derecelendirmesinden söz etmek güçtür. Zira, İstanbul gibi elverişli alanın az

miktarda ve pahalı olduğu bir şehirdeki karar vericinin, sistemin kapladığı alana vereceğı önem ile, Anadolu’da arazinin ucuz ve elverişli olduğu bir şehirdeki karar vericinin aynı kritere vereceğı önem çok farklı olacaktır. Bu yüzden bu yöntemde başarıya ulaşmanın yolu, müşterinin önceliklerini iyi anlamaktan geçmektedir.

Bu çalışma, OD/ÇS seçiminde ÇKKV yöntemlerinin uygulanabilirliğini göstermiştir. Bundan sonra, sanayi veya akademide bu alanda yapılacak çalışmalarda farklı kriterler veya kriterler için farklı ağırlıklar kullanılarak OD/ÇS seçimi uygulamaları yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Kültürel, Ş., Özdemirel, N. E. ve Sepil, C., (1978). “Sürekli Gözden Geçirmeli Envanter Politikası ile Çalışan Otomatik Depolama Boşaltma Sistemlerinde P aylaşımcı Depolama Politikalarının Deneysel İncelenmesi”, Yöneylem araştırması: 4. Ulusal kongresi, 21-23 Haziran 1978, İstanbul.
- [2] Lee, H. F. ve Schaefer, S. K., (1997). Sequencing Methods for Automated Storage and Retrieval Systems with Dedicated Storage”, Computers ind. Engng, 32 (2): 351-362.
- [3] Van den Berg, J. P., (2002). “Analytic expressions for the optimal dwell point in an automated storage/retrieval system”, International Journal of Production Economics, 76: 13–25.
- [4] Malmborg, C. J., (2003). “Design optimization models for storage and retrieval systems using rail guided vehicles”, Applied Mathematical Modelling, 27: 929–941.
- [5] Potrc, I., Lerher, T., Kramberger, J. ve Sraml, M., (2004). “Simulation model of multi-shuttle automated storage and retrieval systems”, Journal of Materials Processing Technology, 157–158: 236–244.
- [6] Hu, Y. H., Shell, Y., H., Chen, C., Hsu, W. J., Toh, A. C., Loh, C. K. ve Song, T., (2005). “Travel time analysis of a new automated storage and retrieval system”, Computers & Operations Research, 32: 1515–1544.
- [7] Lee, Y. H., Lee, M. H. ve Hur, S., (2005). “Optimal design of rack structure with modular cell in AS/RS”, International Journal of Production Economics, 98: 172-178.
- [8] Koh, S. G., Kwon, H. M. ve Kim, Y. J., (2005). “An analysis of the end-of-aisle order picking system: Multi-aisle served by a single order picker”, International Journal of Production Economics, 98: 162–171.
- [9] Lerher, T., Potrc, I., Šraml, M. ve Tollazzi, T., (2010). “Travel time models for automated warehouses with aisle transferring storage and retrieval machine”, European Journal of Operational Research, 205: 571–583.
- [10] Van den Berg, J. P. ve Gademann, A. J. R. M., (2010). “Simulation Study of an Automated Storage/Retrieval System”, International Journal of Production Research, 38: 6, 1339–1356.

- [11] Azzi, A., Batini, D., Faccio, M., Persona, A. ve Sgarbossa, F., (2011). "Innovative travel time model for dual-shuttle automated storage/retrieval systems", Computers & Industrial Engineering, doi:10.1016/j.cie.2011.04.015.
- [12] Roodbergen, K. J. ve Vis, I. F. A., 2009. "A Survey of Literature on Automated Storage and Retrieval Systems", European Journal of Operational Research, 194, 343–362.
- [13] Rosaler, R. C., (2002). Standard Handbook of Plant Engineering, McGraw-Hill Professional Publishing, New York.
- [14] Yabanova, İ., (2007). Otomatik Stoklama ve Stok Yenileme Sistemlerinin İncelenmesi ve Mermer Sektörüne Yönelik Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- [15] Falconer, P. ve Drury, J., (1975). Building and Planning for Industrial Storage and Distribution, First ed., John Wiley & Sons Inc., New York.
- [16] Bullard, R. ve Wrosch, J., (2009). "Eastern Michigan University's Automated Storage and Retrieval System: 10 Years Later", Journal of Access Services, 6, 388–395.
- [17] Kator, C., (2007)., Automated Storage and Retrieval System (AS/RS) Basics, <http://www.agilistics.com.au/newsletter/links/Automatedstorageandretrievalsystem.pdf> , 22 Nisan 2011.
- [18] Groover, M. P., (2001). Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing, 2nd ed., Prentice Hall, NJ.
- [19] Jungheinrich Raf Sistemleri Ürün Kataloğu, (2011), İstanbul.
- [20] Mecalux Vertical Lift Module "Clasimat", <http://www.directindustry.com/prod/mecalux/vertical-lift-modules-vlm-12590-377217.html>, 28 Mart 2011.
- [21] Lambert, D. M., Stock, J. R. ve Ellram, L. M., (1998). Fundamentals of Logistics Management, McGraw-Hill, Boston.
- [22] Bowersox, D. J., Closs, D. J. ve Cooper, M. B., (2002). Supply Chain Logistics Management.
- [23] AS/RS (Automated Storage/Retrieval System) Robotik Yükleme / Boşaltma Sistemleri, <http://www.sonartr.com/ASRS.htm>, 16 Mart 2011.
- [24] İmrak, C. E. ve Gerdemeli, İ., "Endüstriyel Depolama Teknikleri", Transport Tekniği Ders Notları, <http://transport.itu.edu.tr/mak419/>, 7 Nisan 2011.
- [25] Econo-Rack Double Deep, http://www.econorack.com/double_deep, 28 Mart 2011.
- [26] Jungheinrich Depo İçi Makinalar, Raflar ve Lojistik Sistemleri Kataloğu, (2011), İstanbul.
- [27] Triantaphyllou, E., (2000). Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study, Kluwer Academic Publishers, Boston.

- [28] Ermatita, Hartati, S., Wardoyo, R. ve Harjoko, A., (2011). "ELECTRE Methods in Solving Group Decision Support System Bioinformatics on Gene Mutation Detection Simulation", Journal of Computer Science & Information Technology, 3 (1): 40–52.
- [29] Afshari, A. R., Mojahed, M., Yusuf, R. M., Hong, T. S. ve Ismail, M. Y., (2010). "Personel Selection using ELECTRE", Journal of Applied Sciences, 10 (23): 3068-3075.
- [30] Birgün, S. ve Cihan, E., (2010). "Supplier Selection Process using ELECTRE Method", International Conference on Intelligent Systems and Knowledge Engineering, 15-16 Kasım 2010, Hangzhou.
- [31] Gündoğdu, C. E., (2011). "Selection of Facility Location under Environmental Damage Priority and using ELECTRE Method", Journal of Environmental Biology, 32: 221-225.
- [32] Başkaya, Z. ve Öztürk, B., (2011). "Bulanık TOPSIS ile Satış Elemanı Adaylarının Değerlemesi", Business & Economics Research Journal, 2 (2): 77-100.
- [33] Li, Y., Liu, X. ve Chen, Y., (2011). "Selection of logistics center location using Axiomatic Fuzzy Set and TOPSIS methodology in logistics management", Expert Systems with Applications, 38 (6): 7901-7908.
- [34] Awasthi, A., Chauhan, S. S. ve Omrani, H., (2011). "Application of fuzzy TOPSIS in evaluating sustainable transportation systems", Expert Systems with Applications, 38 (10): 12270-12280.
- [35] Kaya, Y., Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemlerinden TOPSIS ve ELECTRE Yöntemlerinin Karşılaştırılması, [http://www.hho.edu.tr/huten/2003-2004_SEMINER_INTERNET/YILMAZ_KAYA/YILMAZ_KAYA\[WORD\].pdf](http://www.hho.edu.tr/huten/2003-2004_SEMINER_INTERNET/YILMAZ_KAYA/YILMAZ_KAYA[WORD].pdf), 9 Şubat 2011.
- [36] Erdin, C., (2007). Bulanık Hedef Programlama ve İşletme Yönetiminde Bir Uygulama, Doktora Tezi, T.C. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Onur YILMAZ
Doğum Tarihi ve Yeri : 24.08.1984 - Kadıköy
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : onyilmaz@yildiz.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Endüstri Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2007
Lise	Fen	Ümraniye Anadolu Lisesi	2002

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2010 - ...	Yıldız Teknik Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2008	Vitra Karo A.Ş.	Üretim Planlama Uz.Yrd.

YAYINLARI

Bildiri

1. **Yilmaz, O.**, Gülsün, B., Güneri, A. F., Özgürler, Ş., (2010). "A Solution

to Customer Selection Problem in Logistics Using the Analytic
Network Process (ANP)”, TMT 2010, 11-18 September 2010