

**OTOMATİK DEPOLAMA VE BOŞALTMA SİSTEMİNDE OPTİMUM
ÇEKME POLİTİKASININ BELİRLENMESİ**

Ayla ÖZTÜRK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2011

ANKARA

**OTOMATİK DEPOLAMA VE BOŞALTMA SİSTEMİNDE OPTİMUM
ÇEKME POLİTİKASININ BELİRLENMESİ**

Ayla ÖZTÜRK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2011

ANKARA

Ayla ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “OTOMATİK DEPOLAMA VE BOŞALTMA SİSTEMİNDE OPTİMUM ÇEKME POLİTİKASININ BELİRLENMESİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Ediz ATMACA

.....

Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Serpil EROL

.....

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. Nihat YÜZÜGÜLLÜ

.....

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, O.Ü

Yrd. Doç. Dr. Ediz ATMACA

.....

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Tarih: 15/06/2011

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ayla ÖZTÜRK

OTOMATİK DEPOLAMA VE BOŞALTMA SİSTEMİNDE OPTİMUM ÇEKME POLİTİKASININ BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Ayla ÖZTÜRK

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Haziran 2011

ÖZET

Gelişen teknoloji, değişken müşteri talepleri, ürün çeşitliliği ve üretim sistemlerinin hızlı bir gelişim içinde olması işletme faaliyetlerinde önemli yer tutan depolama faaliyetlerini kritik bir noktaya taşımıştır. Bu durum ise depolama sistemlerinin ve faaliyetlerinin etkinleştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Yapılan çalışmada bir firmada kullanılan otomatik depolama sistemi için stok ataması, depolama ve stoktan çekme maliyetlerini minimize eden matematiksel bir model hazırlanmıştır. Model küçük boyutlu problemler için çözülmüştür ve optimal sonuç elde edilmiştir. Ancak problemin kombinatoryal bir yapıya sahip olması, büyük boyutlu problemin matematiksel model yardımıyla çözümünü güçleştirmiştir. Bu nedenle büyük boyutlu problemin çözümünde metasezgisel bir teknik olan tavlama benzetimi yöntemi kullanılarak çözüm yapılmış ve firma için uygun bir sipariş çekme politikası önerilmiştir.

Bilim Kodu : 906.1.141

Anahtar Sözcükler: AS/RS, Tavlama Benzetimi, Sipariş Politikaları, Adanmış Stok Politikası

Sayfa Adedi : 160

Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Ediz ATMACA

**DEFINING OPTIMAL RETRIEVAL POLICY IN AN AUTOMATED
STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM**

(M.Sc. Thesis)

Ayla ÖZTÜRK

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

June 2011

ABSTRACT

Improving technology, variable customer demands, variety of products and increasing improvement of production systems has brought storage facilities, which has an important role on business operations, to a critical point. This circumstance has revealed the necessity on activating of storage systems and operations. In this study, mathematical model, which minimizes simultaneously storage allocation, storage retrieval and storage keeping costs, is generated for an AS/RS system of an enterprise. The mathematical model has runned for small solution space and optimal solution is obtained. The existing problem has an NP hard structure that's why this circumstance complicates to solve the existing problem with mathematical modelling in large solution space. That's why in this paper a simulated annealing algorithm, which is a metaheuristic technique, is presented for problems that have large solution space and an optimal order policy is proposed for handled firm.

Science Code : 906.1.141

Page Number: 160

**Key Words : AS/RS, Simulated Annealing, Order Policies, Dedicated Storage
Allocation**

Advisor : Assist. Prof. Dr. Ediz ATMACA

TEŞEKKÜR

Bu araştırmayı gerçekleştirmemde ve çalışmalarımda bana yol gösteren, tecrübelerini benimle paylaşan, çalışmam süresince benden hoşgörüsünü ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Ediz ATMACA'ya, yüksek lisans süresi boyunca okul izini kullanmam konusunda her zaman yardımcı olan amirim İffet ŞAHİN'e, bu çalışmada yardımlarını aldığım Endüstri Mühendisi arkadaşlarım Bülent ACARTÜRK ve Fethullah AYDOĞDU'ya, her zaman, her kararında yanımda olan ve beni her zaman motive edip destekleyen, bana benden çok güvenen canım annem Gülnaziye ÖZTÜRK ve canım babam Remzi ÖZTÜRK'e ve de bu süreçte kanser ameliyatı olmasına ve kendi sağlık durumunun hassasiyetine rağmen tezimi yazmam konusunda bana moral vermeye çalışan birtanecik ablam Dt. Asiye ÖZTÜRK'e candan teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİM LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. MALZEME TAŞIMA VE DEPOLAMA.....	4
2.1. Malzeme Taşıma.....	4
2.1.1. Malzeme taşıma sisteminin amacı.....	5
2.1.2. Malzeme taşıma sisteminde bulunması gereken özellikler.....	5
2.1.3. Malzeme taşıma sisteminde kullanılan araçlar.....	5
2.2. Depolama.....	6
2.2.1. Depolamanın tarihçesi.....	6
2.2.2. Depolama tanımı.....	7
2.2.3. Depoların sınıflandırılması.....	8
2.2.4. Depolamada kullanılan araçlar.....	10
2.2.5. Depolama türleri.....	11
3. AS/RS SİSTEMLERİ.....	25
3.1. Genel Özellikler.....	25
3.2. AS/RS Çeşitleri.....	26
3.3. AS/RS'nin Avantajları.....	30
3.4. AS/RS'nin Dezavantajları.....	30

4. DEPOLARDA SİPARİŞ TOPLAMA POLİTİKALARI.....	32
4.1. Sipariş Toplama Süreçlerinin Planlama Ve Kontrolündeki Konular.....	35
4.2. Sipariş Toplama Sistemlerinin Planlanması.....	35
4.3. Sipariş Toplama Prensipleri.....	36
4.4. Bir Sipariş Toplama Sistemi İçin İhtiyaçları.....	38
4.5. Sipariş Toplama Operasyonları.....	39
4.6. Sipariş Toplama Politikaları.....	40
4.6.1. Grup toplama politikası.....	40
4.6.2. Bölge toplama politikası.....	40
4.6.3. Dalga toplama politikası.....	41
4.6.4. Bölge grup toplama politikası	41
4.7. Sipariş Toplama Amaçları.....	41
4.8. Sipariş Toplama Sisteminde Kullanılan Teknikler.....	43
4.8.1. Matematiksel Modelleme.....	44
4.8.2. Benzetim.....	45
4.8.3. Metasezgiseller.....	47
5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	62
5.1. Sipariş Toplama Sistemlerinde Genel Yaklaşımlar Üzerine Literatür Araştırması.....	62
5.2. AS/RS Depolama Sistemlerinde Genel Yaklaşımlar Üzerine Literatür Araştırması.....	74
6. UYGULAMA ÇALIŞMASI: OTOMATİK DEPOLAMA VE BOŞALTMA SİSTEMİNDE OPTİMUM ÇEKME POLİTİKASININ BELİRLENMESİ.....	86
6.1. Firma Tanıtımı.....	86
6.2. Ele Alınan Sistemin Mevcut Özellikleri.....	87
6.2.1. ABC analizi.....	89
6.2.2. Adanmış stok politikası.....	91

Sayfa

6.3. Mevcut Problemin Tanımlanması.....	92
6.4. Uygulama ve Çözüm Önerileri.....	93
6.4.1. Adanmış stok politikası ile geliştirilen matematiksel model.....	94
6.4.2. Matematiksel model çözümü ve yorumu.....	99
6.4.3. Tavlama Benzetimi Yöntemi İle Çözüm.....	101
6.5. Çözüm Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	110
7. SONUÇ.....	113
KAYNAKLAR.....	116
EKLER.....	123
EK-1 Modifiye edilmiş adanmış stok politikası modeli kapalı yazım.....	124
EK-2 Modifiye edilmiş adanmış stok politikası modeli için gams kodu.....	125
EK-3 Modifiye edilmiş adanmış stok politikası modeli için gams çıktısı.....	141
EK-4 Tavlama benzetimi algoritması arayüz penceresi.....	142
EK-5 Tavlama benzetimi program kodu.....	143
EK-6 103 adet malzeme için tavlama benzetimi sonuç penceresi.....	159
ÖZGEÇMİŞ.....	160

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Raf sistemi kıyaslama değerleri.....	21
Çizelge 3.1. AS/RS alt sistemlerinin teknolojik gelişimi.....	25
Çizelge 4.1. Termodinamik simülasyonu ve kombinatoryal optimizasyon.....	51
Çizelge 5.1. Sipariş toplama sistemlerinde genel yaklaşımlar.....	72
Çizelge 5.2. AS/RS depolama sistemlerinde genel yaklaşımlar.....	82
Çizelge 5.3. Tavlama benzetimine literatürüne genel bakış.....	85
Çizelge 6.1. Kurulan modele ait tavlama benzetimi algoritması.....	103
Çizelge 6.2. 103 adet malzeme için matematiksel modelleme ve tavlama benzetimi karşılaştırması.....	106
Çizelge 6.3. Sıcaklık değişimine göre sonuçlar.....	107
Çizelge 6.4. Sıcaklık azaltım fonksiyonu değişimine göre sonuçlar.....	108
Çizelge 6.5. Tekrar sayısına göre sonuçlar.....	108
Çizelge 6.6. Matematiksel model ve tavlama benzetimi etkinliğinin karşılaştırılması.....	111
Çizelge 6.7. 10 adet malzeme için mevcut yerleşim örneği.....	112
Çizelge 6.8. 10 adet malzeme için tavlama benzetimi kullanılarak elde edilmiş yerleşim.....	112

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Malzeme akışı ve dolaşımına ait genel gösterim.....	4
Şekil 2.2. Depoda malzeme akış süreci.....	12
Şekil 2.3. Dinamik depolama.....	22
Şekil 2.4. Karoseller.....	23
Şekil 3.1. Küçük yük AS/RS	28
Şekil 3.2. İnsan-asansör AS/RS	29
Şekil 3.3. Derin düzlem AS/RS.....	29
Şekil 3.4. Otomatik malzeme taşıma ve depolama sistemlerinin ilişkili olduğu diğer sistemler.....	31
Şekil 4.1. Sipariş toplama sistemlerinin sınıflandırılması.....	32
Şekil 4.2. Sipariş toplama zaman yüzdeleri.....	42
Şekil 4.3. Benzetim algoritmaları eniyilemesi akış şeması.....	45
Şekil 4.4. Tavlama benzetimi algoritması temel adımları.....	54
Şekil 4.5. Tavlama benzetimi algoritması akış şeması.....	56
Şekil 4.6. Genetik algoritma akış şeması.....	57
Şekil 4.7 Tabu arama algoritması akış şeması.....	60
Şekil 6.1. Üretim holü ve depo genel gösterimi.....	87
Şekil 6.2. Üretim holü ve depo alanı ayrıntılı gösterimi.....	88
Şekil 6.3. ABC sınıflandırma sistemi.....	90
Şekil 6.4. Tavlama benzetimi çözüm arama süreci.....	102
Şekil 6.5. Kurulan tavlama benzetimi algoritmasına ait akış diyagramı.....	105

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Forklift.....	11
Resim 2.2. Sırt sırta depo sistemleri.....	14
Resim 2.3. İki derinlikli depo sistemleri.....	14
Resim 2.4. Tek paletli raf sistemleri.....	15
Resim 2.5. Giydirme raf sistemleri.....	17
Resim 2.6 Kayar raf sistemleri.....	18
Resim 2.7 Hareketli raf sistemleri.....	19
Resim 2.8. Konsollu tip raf sistemleri.....	20
Resim 2.9. Mezanin tip raf sistemleri.....	21
Resim 3.1. Otomatik depo sistemleri.....	26
Resim 3.2. Birim yük AS/RS.....	27

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
AGVS	Otomatik Yönlendirmeli Araç Sistemleri
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
AS/RS	Otomatik Depolama ve Çekme Sistemleri
CIM	Bilgisayar Destekli Üretim Sistemleri
COI	Birim Hacim Endeksi
CSP	Müşteri Servis Programları
DRP	Dağıtım Kaynakları Planlaması
DSS	Karar Destek Sistemleri
FIFO	İlk Giren İlk Çıkar
FMS	Esnek Üretim Sistemleri
GA	Genetik Algoritma
I/O	Girdi/Çıktı
LIFO	Son Giren İlk Çıkar
MIS	Yönetim Bilgi Sistemleri
MRP	Malzeme İhtiyaç Planlaması
NP	Deterministik Olmayan Polinomial Zaman
QC	Kalite Kontrol
SDF	Stok Doluluk Oranı
ST	Sipariş Toplama
S/R	Depolama ve Çekme
TA	Tabu Arama
TB	Tavlama Benzetimi

1. GİRİŞ

Günümüzde bilişim, ekonomi, hizmet sistemleri ve sosyokültürel alanlarda hızlı teknolojik değişimler ve gelişmeler gözlemlenmektedir. Bunun yanı sıra para, işgücü, ürün ve hizmet akışını sağlayan en temel alanlardan olan üretim sektöründe de pek çok gelişme ve iyileştirme kaydedilmektedir.

Bir işletmenin en temel amacı meydana getirdiği bir ürün veya hizmeti tüketicisine ulaştırıp çalıştığı, hizmet verdiği alanda gelir sağlamaktır. Küreselleşen dünyada sürekli teknolojik değişim, artan rakipler ve rekabet koşulları altında, işletmelerin varlıklarını devam ettirebilmeleri ve rekabet üstünlüğü sağlanabilmeleri için ellerindeki kaynakları yüksek verimlilikle kullanmaları, yüksek kalitede ve düşük maliyetle üretim yapmaları gerekmektedir. İşletmeler değişken müşteri taleplerine cevap veren esnek bir üretimi gerçekleştirebilmek ve tedarikçilerden nihai müşteriye kadar uzanan zincirdeki aksaklıkları düzeltmek zorundadır.

Diğer sektörlerin yanı sıra özellikle üretim sektöründe yaşanan birçok aksaklığın temelinde üretim süreçlerinin yanı sıra malzeme/yönetim taşıma ve depolama sistemlerinden kaynaklı faktörler yer almaktadır. Bir işletmede malzeme taşıma ve depolama faaliyetleri ve sistemleri; hammadde, yarı mamul, vb. gibi ürünlerin üretime aktarılmadan önce uygun koşullar altında muhafaza edilmesi, malzemelerin üretimde kullanılması ve iş istasyonları arasında aktarılması, bitmiş ürünlerin müşteriye teslimi gibi işletme çapındaki birçok işlemlerin yürütülmesinde kullanılmaktadır.

Malzeme yönetiminin; ürünün, üretim sisteminin optimal ve ekonomik bir şekilde işleyişini sağlayacak şekilde tedariği, taşınması, kontrolünü ve korunması gibi işlemleri kolaylıkla sağlayacak şekilde planlanması ve yürütülmesi gerekmektedir. Malzeme yönetimi ve malzeme akışında faaliyetlerinin eş zamanlı olarak yürütülmesinde depolama çok önemlidir. Hammadde, yarı mamul ve son ürün bozulmadan muhafaza edilmesinde depo tasarımı kritik faktördür. Depolama faaliyetleri toplam işletme maliyetlerinde önemli bir paya sahiptir. Depolama

maliyetlerinin yüksek olmasının nedeni ise zaman alıcı ve yoğun iş gücü kullanımı gerektiren sipariş toplama faaliyetlerinin depolama süreci içinde yer almasıdır. Bu çalışma ile sipariş toplama politikalarının malzeme yönetimi ve depolamada ne gibi bir etkiye sahip olduğuna ı ışık tutulmuştur.

1. bölüm giriş bölümüdür. 2. bölümde gerek üretim süreçleri, gerekse dağıtım ve lojistik süreçlerinde çok önemli bir yere sahip olan malzeme taşıma ve depolama konusu üzerinde durulmuştur. Malzeme taşımasının amaç ve özelliklerine değinilmiş, bunun yanı sıra depolama türleri, amaçları ve depolama ekipmanları gibi pek çok konudan bahsedilmiştir.

3. bölümde; çalışma konusunun otomatik depolama ve çekme sistemlerinde optimal sipariş miktarının belirlenmesi nedeniyle otomatik depolama sistemi olan AS/RS sistemlerinin özelliklerine, türlerine, avantaj ve dezavantajlarına ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

4. bölümde ise sipariş toplama sistemlerine geniş yer verilmiş ve sipariş toplama planlaması, sipariş planlama operasyonları, sipariş toplama politikaları ile ilgili alt başlıklar halinde konu ile ilgili kapsamlı bilgiler verilmiştir.

5. bölümde ise AS/RS, sipariş toplama ve sipariş toplama politikaları ile ilgili literatür araştırmasına yer verilmiştir. Gelişen teknoloji ve artan ihtiyaçlarla birlikte depolama sırasında metasezgisel yöntemlerin yaygınlaşmaya başladığı görülmüştür ve bu tekniklerde literatür araştırmasına dahil edilmiştir.

6. bölümde, seçilen firmada yapılan uygulama çalışması üzerinde durulmuştur. Mevcut sistemdeki problem tanımlanarak, problem için çözüm önerileri verilmiştir. Küçük boyutlu problemin çözümü için geliştirilen matematiksel model ve büyük boyutlu problemler için kullanılan tavlama benzetimi tekniği açıklanarak çözüm sonuçları yorumlanmıştır.

7. ve son bölüm, sonuç bölümüdür. Bu bölümde problemin çözümünde önerilen matematiksel model ve tavlama benzetimi algoritması kullanılarak bulunan sonuçlar yorumlanarak, çözüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Bunun yanı sıra yapılan çalışmanın literatüre olan katkısı açıklanmıştır.

- *Kontrol etme:* Malzeme kontrolü fiziksel kontrol ve durum kontrolünü gerektirmektedir. Fiziksel kontrol; yönlendirmenin sıralamanın ve malzemeler arası boşluğun kontrolüdür. Durum kontrolü ise; malzemenin o anki yerini, miktarını, gideceği yeri, kaynağını, kime ait olduğunu ve malzemenin çizelgelenmesinin kontrolüdür.

2.1.1. Malzeme taşıma sisteminin amacı

Bir fabrikadaki malzeme taşıma sisteminin amacı hammadde, yarı mamul, hazır parça, bitmiş ürün, yardımcı araç ve gereçlerin bir yerden başka bir yere taşınmasını sağlamaktır. Bu sistemler depolardaki yükleme, boşaltma faaliyetleri için de kullanılmaktadır. Malzeme taşıma maliyetleri toplama üretim maliyetleri içinde önemli bir paya sahiptir. Dolayısıyla sadece uygun malzeme taşıma sistemini seçmekle iş bitmemektedir, ardından bu sistemin de imalat operasyonları doğrultusunda uygun bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

2.1.2. Malzeme taşıma sisteminde bulunması gereken özellikler

- İş güvenliği ilkelerine uygun olmalıdır.
- Güvenilir olmalıdır (Doğru malzemelerin doğru yerlerde doğru miktarlarda bulunması).
- Malzemelere zarar vermemelidir.
- Verimli ve düşük maliyetle kullanılabilmelidir.
- Fabrika içi yerleşim düzenine uygun olmalıdır.

2.1.3. Malzeme taşıma sistemlerinde kullanılan araçlar

Bir malzeme taşıma sisteminde bulunabilecek araçlar şunlardır:

- Konveyör
- Konteyner
- Vinç

- Forklift
- Asansör
- Otomatik Yönlendirmeli Araç Sistemleri (AGVS)
- Otomatik Depolama ve Çekme Sistemleri (AS/RS)

Yeni taşıma araçlarının alınması veya mevcut olanların uygun bir şekilde kullanılması aşamalarında söz konusu araçların esneklik, çalışma boşluğu ihtiyacı, denetim ve kullanma kolaylığı, hız, güç, taşıma kapasitesi ve birim taşıma maliyeti gibi karakteristik özellikleri iyi analiz edilmeli ve birbiriyle karşılaştırılmalıdır.

2.2. Depolama

Depolama faaliyetleri temel olarak malzeme taşıma sisteminin dört temel elemanı olan taşıma, depolama, koruma ve kontrol etme faaliyetlerinden bir tanesidir. Yapılan bu çalışmada depolama faaliyetinin ayrıca ele alınmış olmasının nedeni malzeme taşıma faaliyetleri sırasında açığa çıkan maliyetin en büyük kısmını depolama faaliyetlerinin oluşturuyor olmasıdır.

2.2.1. Depolamanın tarihçesi

Depolama ihtiyacının ve işleminin varlığı çok eski zamanlara dayanmaktadır. İnsanlar ilk olarak temel ihtiyaç maddelerinin, yiyeceklerinin çevre ve iklim koşullarından nasıl etkilendiğine şahit olarak onları kapalı yerde korumak amacıyla depolama yoluna gitmişlerdir. Uygarlığın gelişimiyle birlikte de gerek uygulama ve kapsam, gerekse de amaçları açısından değişimlere ve gelişmelere uğramıştır.

Ticaretin ve rekabetin gelişmesiyle depolama, bir işlem olmanın yanı sıra teknik olma özelliğini kazanmıştır. Sonsuz sayıda tüketim malının üretildiği ve pazarlandığı yaşadığımız çağda ise her saniye değer kazanmıştır. Özellikle günümüz endüstrisinin ve ekonomisinin gelişim yönü karı yükselterek zaman kayıplarını en aza indirmeye ve daha üretken olmaya odaklıdır. Üretime giren hammadde ve üretimden çıkan yarı mamul ve mamulün taşınması sırasında bilgi ve tecrübe eksikliklerinden doğan

zararların tesisler için en aza indirilmesi, işletmeler için çok büyük bir önem taşımaktadır.

Depolama sistemlerinin ihtiyaçlarının belirlenmiş olması ve hangi malların nasıl depolanacağını bilmesi, malları depolarken ve depodan gerekli yerlere iletirken günümüz için çok önemli olan işgücü, zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmaktadır [1].

2.2.2. Depolama tanımı

Depolar; hammadde, üretim sürecine, üretim sürecinden nihai müşterilere teslim edilmesine kadar olan faaliyetler dizisinin gerçekleştirilmesi esnasında, ürünlerin bekletildikleri ve stratejik öneme sahip olan ara noktalardır [2]. Kavram olarak depolama; hammadde, yarı mamul, nihai ürün gibi malzemelerin ihtiyaçları karşılamak amacıyla gerektiğinde kullanılmak üzere belirli kalite ve standartlar altında muhafaza edilmesi anlamına gelmektedir.

Depolama nedenleri

Depolamanın nedenleri aşağıda sırasıyla verilmektedir:

- Tüketimdeki belirsizlikler
- Sadece belirli mevsimlerde üretim yapılması
- Üretim düzeyindeki değişimler
- Malların fiyatlarındaki belirsizlikler veya dalgalanmalar

Depolamanın hedefleri

Depolamanın hedefleri aşağıda sıralanmaktadır:

- Depo alanının verimliliğini arttırmak,
- Depo araç gereçlerinin kullanım verimliliğini arttırmak,
- Depo planına sadık kalmak,
- Ulaşılabilirliği maksimum kılmak,

2.2.3. Depoların sınıflandırılması

Taşınacak ve depolanacak malların tanımları iyi yapılmalıdır. Yapılacak bu tanımlamalar; taşınacak ve depolanacak mallara göre kurulacak taşıma ve depolama tesisinin konstrüktif özelliklerinin saplanmasında ve yapı türünün belirlenmesinde en önemli rolü oynarlar [1].

Parça (birim) mal depoları: Birim (parça) mallar, birbirlerinden ayrı şekilleri olan, boyutları farklılık gösteren mallardır. Parça malların taşınması ve depolanmasına etki eden faktörler parça malların boyutları, ağırlıkları, hacimleri, biçimleri vb. özellikleridir. Parça malların belirli bir şekli ve boyutlarının olması, depolama ve taşımayı dökme mallara göre daha zorlaştırır. Parça malların depolanmasında; paletler, raflar, modüler çekmeceler, kutular, konteynırlar, açık alanda istifleme, mobil raflar vb. kullanılır. Birim mal depolarını oluşturan yapıların başlıca görevi depo malını dış dünyanın etkilerine karşı korumaktır.

Stoklama Deposu: Stoklama depoları (yedek deposu, biriktirme deposu) genellikle hacimsel kapasiteleri ve uzun depolama süreleri ile diğerlerinden ayrılırlar. Bunlar, malları uzun süreler için stoklayıp, saklamakta kullanılırlar.

Geçiş Deposu: Geçiş depoları, depoya giren malların çıkışa kadar geçen kısa süre içinde ayrılmalrı için kullanılırlar. Depo malları aynı veya belirli aralıklarla yüklenir ve boşaltılır. Depolama zamanı genellikle çok kısadır.

Tasnif Deposu: Tasnif depoları malzeme akışı sırasında belli bir düzenlemenin ve ayırımın yapıldığı yerlerdir. Bu depoların çok kısa bir depolama süreleri vardır. Fazla miktardaki çeşitler söz konusu olduğunda bu tür depolar tam otomasyon için çok uygundur.

Satış Deposu: Daha önceleri kullanılmış olan en uygun depo sistemi alçak depolardır. Depolama işleminin karmaşık olmayışı, tesisin ucuza mal olması ve koridorların kolayca değiştirilebilmesi gibi olumlu özelliklere karşı, alçak depoların

istenmeyen yönleri daha fazla ve önemlidir. Depo mahallinin verimli kullanılmaması, malın depo zeminini tamamen kaplaması, sadece en üstte bulunan mal kümesi veya mal biriminin direkt olarak alınabilmesi, depolama işlemlerinin fazla zaman alması ve nihayet deponun otomatik düzenlere uygunluk göstermemesi gibi pek çok olumsuz özelliğe sahiptir [1].

Bu tür depolar, 7 metre yüksekliğe kadar ulaşabilen, geniş bir alan kaplayan depolardır. Depo malı tabana ya da alçak raflara depolanmıştır. Depolama için kullanılan yardımcı araçlar olarak kreyn sistemleri, bantlı konveyörler gibi sabit sürekli transport makineleri ve çeşitli koridor taşıyıcıları sayılabilir. Yüksek satıh depoların özellikleri satıh depolarla aynıdır. Ancak yükseklikleri 7 – 12 metre arasında değişir.

Çok Katlı Depo: Çok katlı depolar üst üste düzenlenmiş satıh depoların oluşturduğu depolardır. Bu tür depolar depo taban alanının az olduğu durumlarda depo kapasitesini arttırmak amacıyla düşünülmüşlerdir. Transport için kullanılan yardımcı araçlar satıh depolarda kullanılanlar ile aynı olmakla birlikte, çok katlı depolarda asansör gibi düşey taşıyıcılar da önem kazanırlar.

Yüksek Raflı Depo: Yüksek raflı depolarda yükseklik 12 metreden fazladır. Yükseklikleri 30 metreyi aşarken genişlikleri 120 metreye ulaşabilen çok büyük kapasiteli depolar da inşa edilmiştir. Rafları depo duvarından oluşturulmuş veya serbest duran tipte olabilir.

Hava Şişmeli Depo: Hava şişmeli depolar bir pnömatik konstrüksiyon türünün ürünüdür. Bu balonsu yapılarda şişirme sonucu 0,01 – 0,03 bar arası bir basınç oluşur. Şişme yapı plastik veya PVC den yapılmıştır.

Açık Depo: Açık depolarda hava şartlarına karşı koruyucu üst kısım bulunmaz. Bu yüzden, bu tip depolarda ne tür depo malının teknik olarak korunabileceğinin bilinmesi gerekmektedir. Kapalı ve naylon ya da plastik ile paketlenmiş depo malları, maliyeti düşürme açısından açık depolarda depolanabilirler.

2.2.4. Depolamada kullanılan araçlar

1. *Dar koridor istif araçları:* Raf sistemi kurulmuş depolarda yüklerin raflara yerleştirilmesinde kullanılır. Ortalama 15 metreye kadar yüksekliğe çıkabilen araçlardır. Yazılım programı olan depolarda stok giriş ve çıkışlarını takip etmek ve sevk edilecek malın irsaliyesine göre malın hazırlanması için, ana bilgisayarla irtibat kurabilecek terminal montajı yapılabilirler.

2. *Yatay malzeme hareketleri için transport araçları:* Yatay malzeme hareketlerinde kullanılan transport araçları, operatörlerce kullanılabilen yükün yerden temasını keserek başka bir yere taşınmasında kullanılan akülü araçlardır. Trans palet, yaya kumandalı yükseğe istif yapma araçları, bu grubun içinde yer almaktadır.

3. *Programlanmış operatörsüz yük taşıma ve istifleme sistemleri:* Bu araçlar depo içinde belli noktalar arasında malzemenin taşınması, üretim alanlarında değişik adreslerde montaj hatları arasında irtibatı sağlayabilen ve herhangi bir şekilde operatörün kumanda etmediği ancak gerektiği zamanlarda operatör ile de kullanılabilen araçlardır. Belli program çerçevesinde hareket eden robotlar ve istif araçları raf sistemi içinde otomatik stoklamayı gerçekleştirir. 30 metreye ve zaman zaman daha fazla yüksekliğe istif yapabilen ve kumanda merkezinden yönlendirilen sistemlerdir. Bu sistemler genelde konveyörle yük sevkine alternatif üretilmiştir [2].

Konveyörler monte edildiğinde başka araçların veya yürüme imkânını ortadan kaldırır. Bu araçlar zemine yerleştirilen kabloları okuyarak giderler ve belli adreslerde durması ve bu adreslerde yük alıp yük bırakması programlanmışsa bu işlemleri operatör kumandası olmaksızın yaparlar. Yürürken önlerinde gittikleri yönde bir engel varsa dururlar, bu engel kalktığı zaman yollarına devam edebilirler. Bu sistemdeki araçlar istenirse operatör tarafından kumanda edilir halde üretilir. Hem operatör ile hem de operatörsüz kullanılabilir.

4. *Depolarda kurulacak raf sistemleri için her tip istif ve stoklama araçları:* Konveyörler raf sistemleri müşterinin yüküne göre özel yapılmış istif araçları ve

ekipmanlarıdır. Operatörler tarafından kullanılabilen yatay taşıyıcı ve yüksekliğe istif yapan ve müşterilerin yüklerinin özelliğine göre üretilen araçlardır [2].

5. *Önden çatallı forkliftler:* Önden çatallı forkliftler, 1 ton ile 10 ton arasında kaldırma kapasitesi olan akü veya dizel ile çalışabilen lastik tekerlekli araçlardır [2]. Resim 2.1’de forklift örneği verilmektedir.



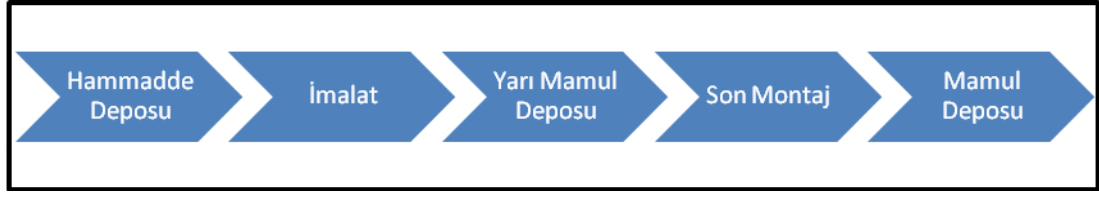
Resim 2.1. Forklift

2.2.5. Depolama türleri

Modern depolama teknikleri; malzeme akışı, tarih akışı ve işgücü akışı gibi faktörleri bir araya toplamıştır. Depolama sistemlerini statik ve dinamik depolama olarak ikiye ayırmak mümkündür.

a) *Statik depolama:* Statik depolamada hammadde, yarı mamul ve üretimi tamamlanmış ürün depoda uzun süre kalır. Statik depolama sistemleri daha çok “raf istifleme” adıyla anılan sistemlerdir.

Şekil 2.2’de bir depoda malzeme akışının genel gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.2. Depoda malzeme akış süreci

Blok istiflemeye, paletlerin üst üste yığılmasıyla, yüksek hacimler kapladığı bir sistem olduğundan, depolanan ürünlerin tekrar boşaltılması için gereken süre uzundur. Blok istifleme ucuzdur ve ürünlerin kırılma ve zedelenmesi önemli olmadığından yüksek yoğunluklu depolamaya izin verir [3].

Statik depolama sistemleri

- Sırt Sırta (Back to Back) Raf Sistemi,
- İkili Derinlikte (Double Deep) Raf Sistemi,
- Tek Paletli Raf Sistemi,
- İçine Girilebilir (Drive In/ Through) Raf Sistemi,
- Giydirme Raf Sistemleri,
- Kayar raf / Arkadan İtmeli (Push back) Sistemler,
- Hareketli (Mobile Rack) Raf Sistemleri,
- Dar Koridorlu Depolama Sistemleri,
- Konsollu tip raf sistemleri,
- Mezaninler.

1. Sırt sırta (back to back) depolama sistemleri: Özellikle çok sayıda malzeme çeşidi ve miktarda çalışan firmalar için kullanılan bu sistem alanın optimum kullanılması için efektif bir seçim olmaktır. Genellikle paletli ürünlerin depolanması için uygun olan bir sistem tüm malzemelere direkt ulaşım imkânı, serbest alan tertibi, manuel veya otomatik istif makineleri ile kullanım olanağı, raf yükseklik ve derinliğinde esneklik ve ilk giren ilk çıkar (FIFO) çalışma sistemine uyum gibi avantajlar sağlamaktadır. Rafların arasındaki mesafe istif makinelerinin tip ve özelliklerine göre

2,7 ile 3,3 metre arasında değişebilmektedir. Bu raflarda maksimum yükseklik 30 metredir. Bu depolama şekli ile depomuzu % 60-70 verimlilik sağlar.

Sırt sırta raf sistemleri, işletmelere azami depolama alanı yaratarak, depo alanında maksimum yer kullanımı amacını gütmektedir. Ayak yüksekliği ve travers uzunluğu müşterinin ihtiyaç ve taleplerine göre ayarlanabilen sırt sırta raf sistemleri, böylelikle en küçük antrepodan en büyük ve karmaşık dağıtım merkezlerine kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Sırt sırta raf sistemlerinin önemli bir diğer özelliği ise diğer raf sistemleri ile kombineli bir şekilde kullanılarak ürünlerin çok çeşitli amaçlarda stoklanmasına olanak sağlamasıdır [3].

Genel özellikleri

- En yaygın, ekonomik ve geniş kullanım alanına sahip olan depolama sistemidir.
- Bu sistem özellikle paletli olarak stoklanan ürünlerin depolanmasında kullanılır.
- Her palet birbirinden bağımsız olarak kolaylıkla yerleştirilebilir ve taşınabilir.
- Bu sistem tasarım ve de-monte yapısı ile pek çok endüstri dalında ve ürün çeşidinde kullanılabilir.
- Kullanılan raflar kuvvetli ve eğilmez bir yapıya sahiptir. Bu nedenle depolanan ürünler ezilme ve diğer zararlara karşı korumalıdır.
- Forklift ile çalışabilme olanağı sunmaktadır.
- Ayak ve traverslerin genişlik ve yüksekliğinde esneklik mevcuttur.
- Modüler yapısıyla maximum alan tasarrufu sağlamaktadır
- Kolay monte özelliği ile hızlı kurulum yapılmaktadır.
- Traversler kullanılan tırnaklı yapısı ile direklere güvenli bir şekilde bağlanabilmektedir [4].

Resim 2.2’de sırt sırta depo sistemleri için görsel bir örnek verilmektedir.



Resim 2.2. Sırt sırta depo sistemleri

2. *İki derinlikli (double deep) depolama sistemleri:* Özellikle çok sayıda malzeme çeşidi ve miktarda çalışan firmalar için kullanılan bu sistem sırt sırta sisteme benzemekte ve alanın optimum kullanılması için efektif bir seçim olmaktadır. Paletli ürünlerin depolanması için uygun bir sistem olan tüm malzemelere direkt ulaşım imkânı, serbest alan tertibi, otomatik istif makineleri ile kullanım olanağı, raf yükseklik ve derinliğinde esneklik ve son giren ilk çıkar (LIFO) – ilk giren ilk çıkar (FIFO) çalışma sistemine uyum gibi avantajları sağlamaktadır. Bu sistemde ek yatırım olarak istif makinelerine ek uzatma çatalı gerekmektedir. Bu ek çatal ile uzatılarak arkadaki malları rahatça alır. Çok hacimli fazla hareket etmeyen ürünler için idealdir. Resim 2.3'te iki derinlikli depo sistemleri gösterilmiştir.



Resim 2.3. İki derinlikli depo sistemleri

3. *Tek paletli raf sistemleri ile depolama:* Yüksek irtifada ağır içerikli örneğin dişli, makine parçaları, motor vb ürünlerin depolanması için kullanılan bu sistem, iki ayak arasında bir palet (genellikle sandık ve konteynır tip) istiflemeye imkân sağlayan bir sistemdir [3].

Genellikle yukarıda belirtilen sandık veya kafes tipi paletlerde istiflenen ürünlerin depolanması için uygun olan bir sistem tüm malzemelere direkt ulaşım imkânı, serbest alan tertibi, sipariş hazırlamada kolaylık, manuel veya otomatik istif makineleri ile kullanım olanağı, raf yükseklik ve derinliğinde esneklik ve ilk giren ilk çıkar (FIFO) çalışma sistemine uyum gibi avantajlar sağlamaktadır. Otomotiv sanayinde kullanılan bir sistemdir. Maliyetsel olarak dezavantajları vardır. Ağır ve hafif ürün yan yana koyulabilir. Ama sistem ağır ürünleri için tasarlandığı için hafif ürünler pahalıya depolanmış olur. Resim 2.4'te tek paletli raf sistemleri ile depolama gösterilmiştir.



Resim 2.4. Tek paletli raf sistemleri

4. *İçine girilebilir (drive in through) raf sistemleri:* İçine girilebilir ve koridor (magazin) içinde ilerlemeye müsaade eden raflar, özellikle malzeme sayısı az ve aynı zamanda miktarsal ağırlık olarak fazla olan paletli ürünlerin depolanması için kullanışlıdır. Ürünlerin paletli yapılarının aynı genişlik ve uzunlukta olması

gerekmektedir. Genelde 80x120 euro tip paletler kullanılır. İlk giren ilk çıkar (FIFO) yöntemine uygun bir sistemdir. Aradan mal çekmek istediğimizde çok mal boşaltmak gerekeceği için bu açıdan kullanışlı değildir.

Bu sistemin sağladığı avantajlar olarak mamulleri hasar görmeden blok şeklinde depolanması imkânı, mevsimsel ürünlerin belli bir sistematikte depolanması, demonte ve monte etmedeki kolaylık olarak sıralanabilir. Arabayla servis yapılan raflarında ön cephede bir giriş yönü bulunurken, diğer versiyonu olan Arabayla giriş yapılan raflarda ön ve arkada olmak üzere her mezanin için iki tane bulunmaktadır. Bu da ürünlerin bir cepheden yükleme diğer cepheden boşaltılmasında çok büyük faydalar sağlamaktadır. İstifleme araçları, bu giriş yönlerinden bir koridora girer gibi girmekte ve bu koridorlar arkadan öne doğru, istif aracının hareket yönünde doldurulmakta ve böylece ikinci bir istif aracına gerek kalmamaktadır. Her iki raf sistemi de, blok istifleme ve raf istiflemenin avantajlarını içermektedir [3].

5. Giydirme raf sistemleri: Bu sistem raf ihtiyacını karşılayacağı gibi, depo için gerekli olan çatı ve dış cephe ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Bu sistem, yüksek irtifalar için uygun olduğu gibi, kullanılacak alandan da maksimum faydayı sağlayarak yer kaybını önlemektedir. Ancak işlem için yüksek teknolojiye sahip istif makineleri gerektirmektedir. Kısacası bu sistem için önceden bir bina inşasına gerek duymazsınız. Silo sistemde istif makinesi olarak dar koridor istif makineleri veya reach truck gibi istif makinelerinden yararlanılmaktadır [5]. Resim 2.5'te Giydirme raf sistemleri gösterilmiştir.



Resim 2.5. Giydirme raf sistemleri

6. *Kayar raf / arkadan itmeli (push back) sistemler:* Arka arkaya sıralanmış, bir kanal oluşturan ayaklardan ve bu ayakların arasında bulunan makaralardan meydana gelen kayar raflarda bir yönden yükleme yapılırken, diğer yönden ise tahliye işlemi gerçekleştirilir. Sistem bilyeli veya eğimlidir.

Tahliyeye hazır pozisyonda duran palet ile hemen arkasındaki palet arasında bir ayırıcı sistem bulunmaktadır. Böylece tahliyedeki palet ağırlığında, arkasındaki ayırıcı sistem açılarak 2. palet tahliye pozisyonuna gelmektedir ve burada iki palet birbirlerine baskı yapmamaktadırlar. Maliyet açısından % 60-70 daha pahalı sistemdir.

- Sistemin en önemli avantajı eğimli bir yapıya sahip olması ve makaralardan oluşmasıdır.
- Makaraların kayma hızları kontrol altında tutulabilmektedir.
- Sistem ilk giren ilk çıkar (FIFO) mantığıyla çalışır.
- Bu Sistemde kutu tahliye olduktan sonra diğer kutu aşağıya doğru eğimli makaralar üzerinde kayarak çıkışa hazır hale gelir.
- Diğer depo ve raf sistemleri ile karşılaştırıldığında %30 alan tasarrufu ve koli veya pakete daha hızlı erişim sağlar.

- Basit ve esnek bir yapıya sahiptir, böylelikle diğer depo ve raf sistemleriyle uyumlu çalışabilir [3]. Resim 2.6’da kayar raf sistemlerine ait görsel bir örnek verilmiştir.



Resim 2.6. Kayar raf sistemleri

7. Hareketli (mobile rack) raf sistemleri: Arka arkaya sıralanmış, tekli raflardan oluşan ve sistemin ayaklar altında bir motor tahriki ile öne ve arkaya hareket verilen bu sistemde küçük sahalarda çok sayıda paletin istiflenmesi sağlanabilmektedir.

Bu sistemde stoklanacak ürünler az veya çok sayıda malzemeden oluşması önemli değildir. Önemli olan tek husus ürünlerin çok fazla malzeme olarak stoklanması durumunda tüm ürünlerin az hareketli olması gerekliliğidir. Az malzemeli olan ürünler için normal sevkiyat hızlarında önerilebilir. Ürün sayısı fazlaştığı zaman hareket sayısı da artacağı için maliyet artacaktır.

Hareketli yük rafları, özellikle hafif yük depolarında kullanımı uygun olan raf çeşitleridir. Ambar yeri ihtiyacına göre ve depolanacak parça veya malzemenin özelliğine ve boyutlarına göre, aralıklar arasına sac ilave edilerek esnek bir raf yerleştirme olanağı sağlarlar. Bu sistemin en önemli avantajı, tekerlekli olması nedeniyle istenilen yere taşınabilmesidir. Ayrıca yer tasarrufu sağlamaktadır [3]. Resim 2.7. hareketli raf sistemlerine örnek olarak verilmiştir.



Resim 2.7. Hareketli raf sistemleri

8. Konsollu tip raf sistemleri: İç ve dış mekânda kullanım imkânı sağlayan bu sistem ürün uzunluğu kısıtı olmaksızın bu ürünlerin depolanmasını sağlamaktadır. Bu özel raflar, bilhassa uzun malların (borular, profiller, ahşap malzemeler vs.) depolanmasında kullanılmaktadır. Bu raflar ilave elemanlar ile istenilen uzunluğa ayarlanabilir.

Konsol kollu raflar, uzun, düzensiz ve biçimsiz depo ve antrepolar için ideal bir depolama çözümüdür. Bu sistem düzensiz depo alanına sahip tüm işletmeler için pek çok avantajı içinde barındırmaktadır. Konsol kollu raflarda, her şeyden önce uzunluk sınırı yoktur. Bu raflar, müşterinin özel istek ve talepleri doğrultusunda ilave elemanlar-kollar-yardımlarıyla istenilen uzunluğa kolaylıkla ayarlanabilirler. Uzun, düzensiz ve biçimsiz depolar için mükemmel bir çözümdür.

- Tek ve çift yönlü konsol kolları ile çeşit değişikliğine uyum sağlar.
- Değişik malzeme boyutlarına göre ayarlanabilir bir sistemdir.

Bu sistemde; depo alanın küçük, büyük, uzun veya kısa olmasının bir önemi yoktur. Müşterinin istekleri doğrultusunda esnek bir sistemdir [6]. Resim 2.8. konsollu raf sistemlerine örnektir.



Resim 2.8. Konsollu tip raf sistemleri

9. *Mezanin tip (platformlu-balkonlu) raf sistemleri:* Özellikle küçük ve çok malzeme, yedek parça depolama için saha ihtiyacı düşünüldüğünde en ekonomik çözüm olarak bu sistem önerilmektedir.

Mal istiflemeyi veya toplamayı yapacak personel boyu ile sınırlı olan bu tür ve tipte ürünlerin depolanması için 2 veya daha çok katlı çözüm olarak sunulmaktadır. Ürünleri tiplerine veya hareket yoğunluğuna göre kat kat lokasyonlara ayrılmasına veya ikinci bir operasyon gerektiren ürünler için ekstra saha ihtiyacını karşılamaya yönelik ek saha imkânı yaratmasına fırsat tanıyan bu sistem özellikle otomotiv, elektrikli ürünler ve beyaz eşya sektöründe (yan sanayileri ile birlikte) tercih edilmektedir.

Optimal bir alan kullanımı için mezaninler depolama ve aynı anda çalışmak için idealdir. Bu sistemleri kullandığınız zaman aynı alan üzerinde ilave bir depolama veya çalışma alanı kazanırsınız. Soğuk veya sıcak haddelenmiş profillerden üretilen bu sistemler sorunsuzca monte edilir. Farklı yükler için özel isteklere göre mezaninler, yanlamasına veya uzunlamasına istek bağlı olarak genişletilebilir. Her katta en yüksek seviyede emniyet tabidir.

Katlar üzeri kaplama olarak tel ızgara, sunta, sac tava ve benzeri kaymayı engelleyecek materyaller kullanılmaktadır. Suntaların altı beyaz veya doğal olarak kaplıdır. Lokal kurallara göre yangın önleyiciler kullanılmaktadır. Sipariş hazırlama işlemine göre asma kat veya mezanin sistemlerde farklı şekillerdeki havalandırma

tesisleri mevcuttur. Asma kat veya mezanin sistemlerde emniyet, merdiven basamaklarında başlayıp korkuluklarda sona ermektedir. Yüksek taşıma kapasitesi gerektiren asma kat veya mezaninler için bize danışmanız faydalı olacaktır. Resim 2.9'da mezanin tipi raf sistemlerini örneklenmiştir.



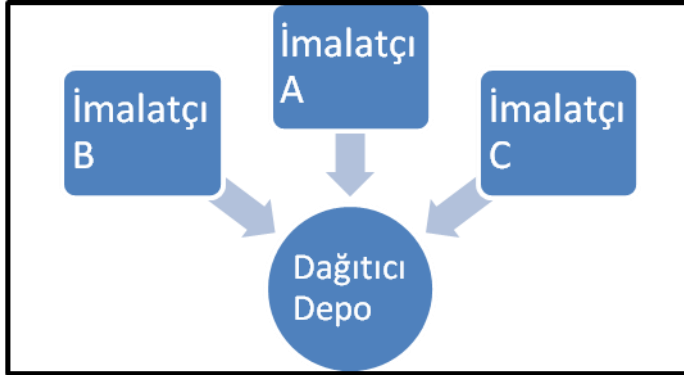
Resim 2.9. Mezanin tip raf sistemleri

Çizelge 2.1'de raf sistemleri kıyaslama değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Raf sistemleri kıyaslama değerleri [3]

	Zemin	Sırt sırta	Çift sıra	Dar Koridor	İçine Girilebilir	Magazınli Sistem	Dinamik	AS / RS
Hacim verimi	65%	45%	55%	57%	65%	85%	80%	62%
Yükseklik verimi	75%	100%	80%	100%	75%	90%	70%	95%
Yüke ulaşılabilirlik	10%	100%	50%	100%	30%	50%	50%	100%
Sipariş toplama	5%	100%	40%	100%	30%	30%	30%	100%
Fiziksel zarar riski	3%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%
Yük dengesi	90%	100%	100%	100%	99%	100%	95%	100%
Envanter kontrol	0%	95%	70%	95%	70%	70%	70%	100%
Envanter çevrim hızı	0%	60%	40%	70%	40%	90%	100%	95%

b) *Dinamik Depolama*: Dinamik depolar ise mamul malların kısa süreler için depolanmalarına hizmet eden tesislerdir. Bunların en belirgin yönleri, çok çeşitli mallara hizmet etmesidir. Dağıtıcı (distribütör) depolar, dinamik depolara örnek teşkil ederler. Şekil 2.3'te dinamik depolamanın genel gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.3. Dinamik depolama

Dinamik Depolama Sistemleri

- Yüksek yoğunluklu depolama sistemleri,
- Yatay ve düşey karoseller,
- Otomatik depolama sistemleridir.

a) *Yüksek Yoğunluklu Depolama Sistemleri*: Bu sistem çok çeşitli mal tiplerini yüksek yoğunlukta depolama işlemlerinde kullanılır. Daha çok hareketli yükleme / boşaltma makinaları ve de hareketli raf sistemleri ile uyumludur. Bunun nedeni de malların depolama ve boşaltma yöntemidir.

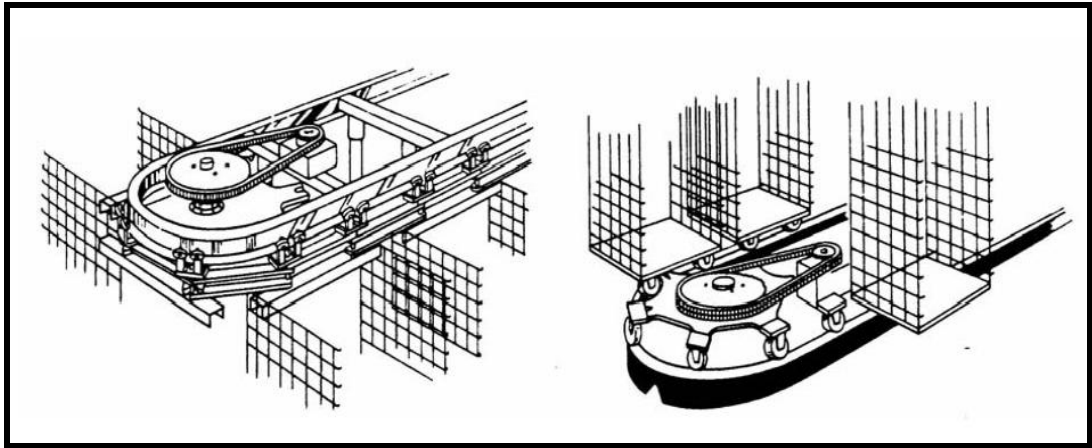
Bu sistemler üç çeşit alt sistemden oluşur:

- 1- Yükselen yükleme sistemi (trampa ile)
- 2- Yükleme / Boşaltma makinaları: Stok kayıtları için oldukça uygun, bilgisayar kontrollü sistemlerdir. Raf ve tabandan maksimum faydalanmaya izin verir. 23 metreye kadar sıra yüksekliğini mümkün kılar

3- Yüksek yoğunluk sistemi: Yükler belli bir sıralama ile yüklenir ve taşıyıcı mekanizma ve aparatlar, malları ilk giren ilk çıkar sırasıyla boşaltır.

b) Yatay ve düşey karoseller: Otomatik depolama sistemlerinden olan yatay ve düşey karoseller, hareketli raf ve sıralara sahiptir. Yükleme ve boşaltma işlemleri bu raf ve sıralara / sıralardan yapılır. Bütün raf ve sıra sistemi, istenen malın boşaltılacağı konuma ya da boş rafın yükleneceği konuma geleceği bir düzen içinde dönerler.

Yükleme ve boşaltma hareketi manuel veya otomatik olabilir. Manuel yükleme / boşaltma 20 kg'a kadar çıkan yükler, otomatik sistemlerde 50 kg'ye kadar olan yükler için kullanılırlar. Bu depolama sistemleri çok maksatlı olarak kullanılabilirler (yedek parça, alet, masterlar, kalıplar vs.) Şekil 2.4'te karoseller gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Karoseller

Karosellerin Avantajları

- 1- Ucuz, yalnız başına çalışabilen ve modüler depolama sistemleridir.
- 2- Her iki versiyonu da geniş bir yükseklik, uzunluk ve yükleme kapasitesi yelpazesine sahiptir.
- 3- Otomatik veya manuel olarak yüklenme / boşaltılma imkânına sahiptir.

c) Otomatik yükleme / boşaltma sistemleri: Otomatik yükleme / boşaltma sistemleri genel olarak ambarlama ve fabrika içi dağıtım ve depolama işlemlerinde kullanılırlar. Bu sistemler palet, fiç, koli gibi parça malların yüksek yoğunlukta ve miktarda depolanmasına yararlar.

Otomatik yükleme / boşaltma sistemleri yüksek hızlı ve elektrik tahrikli koridor içi hareketlere sahiptir. Çok koridorlu sistemlerde bulunan transfer mekanizmalarında, tek bir yükleme / boşaltma makinesi, birden çok koridorda çalışabilir.

Bu sistemlerle iyi bir stok kontrolü ve minimal düzeyde bir hasar riski sağlanır. Değişik otomatik transport makineleri ile beraber çalışabilen bu sistemler, şu avantajları vardır.

- 1- Özel ekipmanlar ile sağlanan ölçü kontrolü sayesinde
- 2- Alandan maksimum faydalanma, yükselen sistemler ve de yüksek raf sıraları ile sağlanabilir.
- 3- İşlem kapasitesi sınırsıza yakındır. Yükler ya da mallar, boyut, şekil veya bir kod ile tarif edildiğinde sistem her türlü yükleme / boşaltma işlemini yerine getirebilir.
- 4- Birçok farklı taşıma sistemiyle eş çalışabilir.

3. AS/RS SİSTEMLERİ

3.1. Genel Özellikler

AS / RS sistem ile mevcut ve potansiyel pazardan gelen her türlü mal ürün talebine kolaylıkla cevap vermek bilgisayar kontrol sistemi, tüm işlemlerin seri şekilde yapılması sağlandığından kolay olmakta ve aşırı veya yetersiz depolama riskini de minimize etmektedir. Böylece depolama ve lojistik ayağında etkin bir verimliliğe kavuşulmuş olur. İşletmenin çok çeşitli mal envanterine ve yüksek hızda mal sirkülasyonuna sahip olması otomatik bir depolama ve boşaltma sistemini kullanmasını gerektiren en önemli nedenleridir [4].

Çizelge 3.1’de AS/RS alt sistemlerinin teknolojik gelişimi verilmektedir.

Çizelge 3.1. AS/RS alt sistemlerinin teknolojik gelişimi

ALT GRUP	GEÇMİŞ TEKNOLOJİ	YENİ TEKNOLOJİ
Yapısal Tasarım	Max. 300-500 fpm. amacıyla tasarlanmıştır.	Max. 700-900 fpm. Amacıyla tasarlanmıştır.
Zemin Rayı	Bağlantı yerleri havayla temas eder. Izgaralarla desteklenmiştir.	Kaynaklı ek yerleri. Çelik tabakalar. Lastik hareket tabanı. Lastik köşebentler. Büzülme epoxy. Kimyasal bağlayıcılar.
Yük Taşıyıcı	Merkezi itme çekme. Yön değiştiricili. Mekanik hareketli.	Köşeden itme çekme. Ön-Hazırlamalı iki çift çıkarıcı. Kodla (elektronik) hareketli.
Yükleme Ünitesi	Hareketsiz askı dizaynı. Zincir tahrikli veya tel halat dizaynı. Mekanik hareketli.	Zincir tahrikli. Düşük ve yüksek güç ayarlı zincirler. Kodla (elektronik) hareketli.
Yükseltme tahriği	DC motor analog tahrik AC rotor motor özel analog kontrol.	AC Servo tahrik ve Motor -veya- AC kafes induksiyon Motor Dijital değişken frekanslı tahrik.
Yükseltme pozisyonu	Fotografik düzen -veya- açık devreli çözücü.	Optik çözücü, özelleştirilmiş kapalı devre sistem kontrolü
Kontrol	Yedek mantık -veya- mikro kontrol veya eski PLC teknolojisi.	Merdiven mantıklı, kullanıcı kontrollü PLC ve özgün sistem kontrolü .
Bilgisayar Kontrol	16-Bit Çoklu işlemci konfigrasyonu. Bağımsız data aktarımı. Günlük veri yedekleme ve On-Line denetleyici güncellemesi. T switch.	64-Bit Tekil işlemci konfigrasyonu. İşlemci/sunucu konfigrasyonu. Network bağlantı ve veriler. Isınma, aşırı sıcaklık ve hata toleranslı yedekleme konfigrasyonu. Açık sistem yazılım Bağlantılı veriler. Gelişmiş kullanıcı arayüzü ve yönetici raporları.
Bağlantı Haberleşme	Fiziksel bağlantılı zincir kablolar. -veya- iletken çubuklar DC akım-çevirici adaptörler	Geniş Spektrumlu hata-düzeltilici teknolojisi ile destekli Optik modem veya radyo frekanslı modem veya güç hatlı modem.

Günümüzde modern bir dağıtım merkezi kurmak, otomatik bir sipariş hazırlama sistemi gerektirdiği gibi, söz konusu sistemin karmaşık prosesleri basit ve pratik bir hale getirme zorunluluğu oluşmaktadır. AS/RS maksimum yer kullanımı, seri depolama ve boşaltma imkanı, en önemlisi de kusursuz bir envanter kontrolüne sahip olma avantajını sağlamaktadır. Resim 3.1’de otomatik depolama için üç boyutlu bir resim gösterilmektedir.



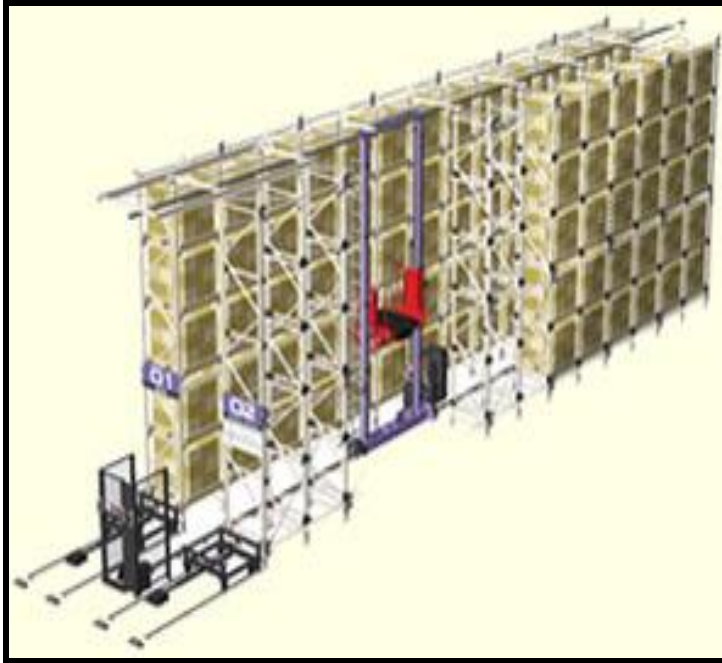
Resim 3.1. Otomatik depo sistemleri

3.2. AS/RS Çeşitleri

Ürün çeşitliliği ve miktara bağlı olarak çeşitli depolama sistemleri vardır.

- Birim yük AS/RS (Unit load AS/RS),
 - Küçük yük (Miniload AS/RS),
 - İnsan-Asansör AS/RS (Person-on-board AS/RS),
 - Derin düzlem AS/RS (Deeplane AS/RS),
 - Otomatik malzeme çekme sistemleri (Automated item retrieval system AS/RS)
- [7].

- a) Birim yük AS/RS (Unit load AS/RS): Bu sistemde ürünler; ahşap ve plastik palet, metal ve tel kafesli sandık, manuel taşıma araçları vb. yardımcı istifleme ekipmanları için uygundur.
- 500 lbs nin üzerinde paletlenmiş veya ünitelenmiş yükler için uygundur.
 - 130 ft yüksekliğe kadar yüklenebilir. Optimum yükseklik 60-85 ft dir.
 - Koridorlar 5-6 ft genişliğindedir. Tek veya çift derinlemesine raf olabilir.
 - Forkliftler yardımcı araç olarak kullanılabilir. Resim 3.2’de birim yük AS/RS gösterilmiştir.

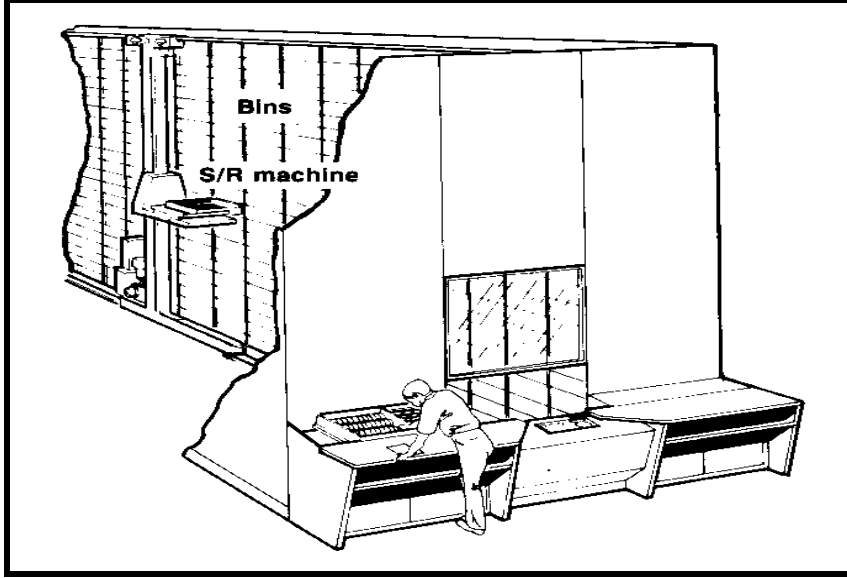


Resim 3.2. Birim yük AS/RS

- b) Küçük yük AS/RS (Miniload AS/RS): Küçük yük sisteminde ürünler; plastik ve karton kutu, tabla vb. yardımcı istifleme ekipmanları kullanılarak depolanabilir. Küçük hacimli ürünler için çok çeşitli sektörlerde, üretim prosesi sırasında ve sonrasında depolama amaçlı kullanılabilir.
- 200-700 lbs ağırlığındaki yüklerin depolanmasında uygundur.
 - 12-20 ft yüksekliğinde yüklenebilir.

- Küçük malzemeleri yüklemeye yönelik S/R makineleri kullanılır. S/R makineleri raflarla konteynırlar arasında yer alır. İstasyonlar arası yük dağıtımını sağlar.

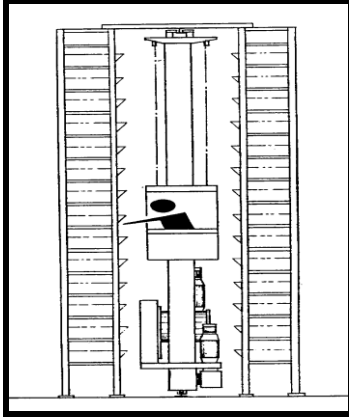
Şekil 3.1’de küçük yük AS/RS gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Küçük yük AS/RS

c) İnsan-Asansör AS/RS (Person-on-board AS/RS)

- Bu sistemde yüklenebilecek miktar diğerlerine göre daha azdır.
- Raf sistem yapısındadır farklı olarak yükleme boşaltma yapan S/R makinesi ve bunu kullanan bir operatör vardır.
- Çekmece veya raf yapısında olan depolama sisteminin koridorları arasında operatör yükleme ve boşaltma yapar.
- Operatör istenen malzemeyi seçip S/R makinesindeki modüle yerleştirir ve istenilen yere S/R makinesiyle taşınır. Şekil 3.2’de insan- asansör AS/RS gösterilmiştir.

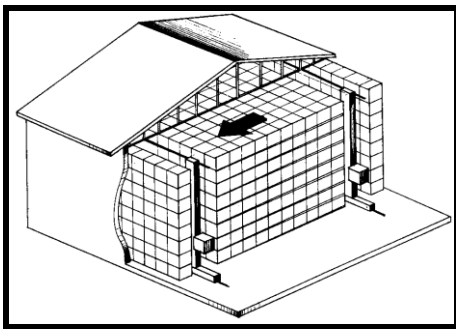


Şekil 3.2. İnsan-Asansör AS/RS

d) Derin düzlem AS/RS (Deepplane AS/RS)

- Ünitelenmiş ve paletlenmiş yüklerin depolanmasında kullanılır.
- Miktarın fazla çeşidin az olduğu durumlarda kullanılır.
- Depolama yoğunluğu yüksektir.
- Malzemelerin raflara yüklenmesi ve kontrolü S/R makineleri tarafından yapılır.
- S/R makineleri koridor boyunca hareket ederek yükleri ruck-entry aracına yükler. Ruck-entry raflardan yük alabilen ve yerleştirebilen makinalardır.

Şekil 3.3'te derin düzlem AS/RS gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Derin düzlem AS/RS

e) Otomatik malzeme çekme sistemleri (Automated item retrieval system AS/RS):

Bu sistem geri çağırma işlemleri için d izayn edilmiştir. Depolanmış ve

sonradan geri çağrılmak istenen malzemeyi bularak gerekli istasyona taşınmasını sağlar.

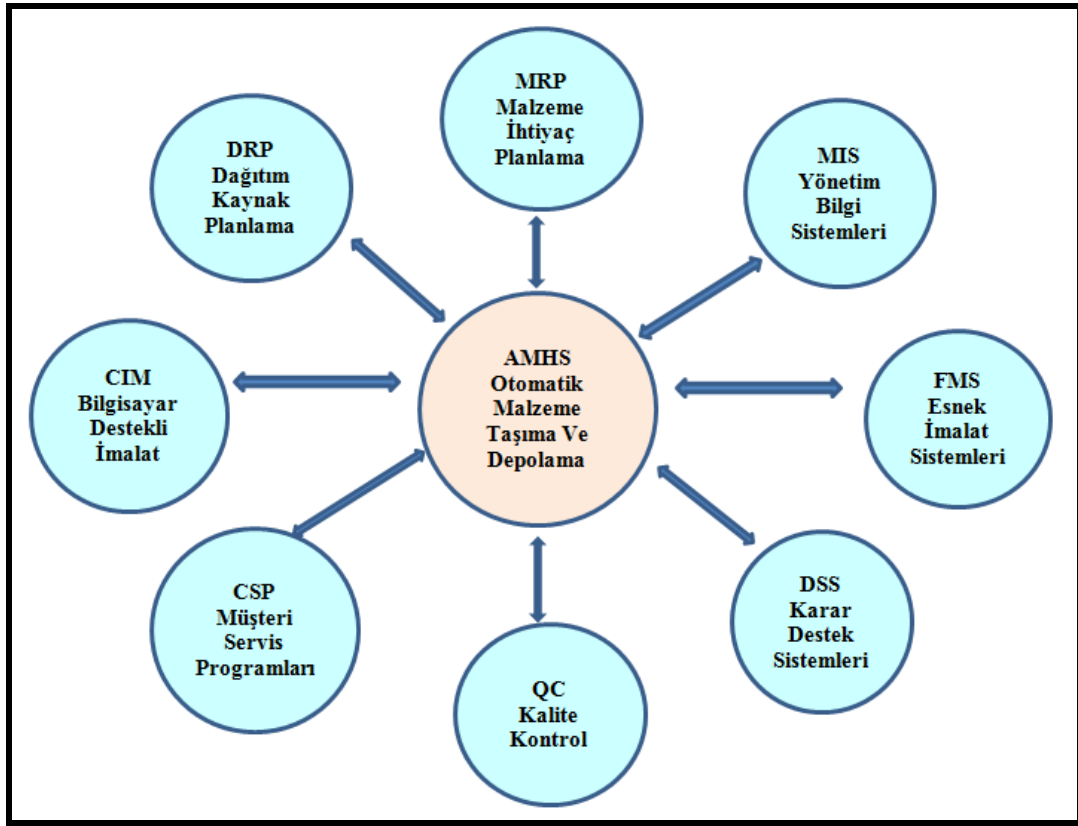
3.3.AS/RS'nin Avantajları

- a) Fabrikalarda, imalathanelerde, depolarda kullanılmak üzere her türlü yedek parçanın, aletlerin ve takımların, dosyaların, cihazların kontrollü bir biçimde depolanabilmesini sağlar.
- b) Kuruldukları alanı, 3 boyutlu ve efektif bir biçimde değerlendirme özelliği vasıtasıyla, azami yer tasarrufu sağlar.
- c) Özellikle elektronik devre elemanlarını güvenli bir şekilde depolanmasını sağlamak amacıyla tamamıyla antistatik bir yapı içermektedir.
- d) Otomatik depolama sistemi ile eşzamanlı çalışabilen lojistik denetim yazılımı, depolanan malzemeler hakkında her türlü bilgiyi bulundurup kullanıcıların bu verilere istedikleri an ulaşabilmesine imkân sağlar.
- e) Depolama sistemi içinde bulunan malzemeler büyüklüklerine göre en optimum şekilde yerleştirilerek, depo içi hacim en uygun biçimde kullanılır.
- f) Depolama sistemi içindeki malzemelere ait her türlü rapor, yazılım tarafından otomatik olarak oluşturulur.
- g) Birden fazla otomatik depolama sistemi birbirine entegre edilebilir, Çok kullanıcıli şebeke ortamları altında çalışmaya müsait bir yapıya sahip olan yazılım, modem veya internet vasıtasıyla uzak terminallerin haberleşebilmesine imkan tanır [7].

3.4. AS/RS'nin Dezavantajları

- a) Kurulacak sistemin maliyeti oldukça yüksektir.
- b) Sisteme tam uyum gösterebilecek yazılım geliştirmek güçtür.
- c) Sistemde çalışacak personel bulma ve bunları eğitme güçlüğü vardır.
- d) Otomasyon sonucu personel miktarında azalma olacaktır. Bu personeli tekrar istihdamında zorluklarla karşılaşılabilir.

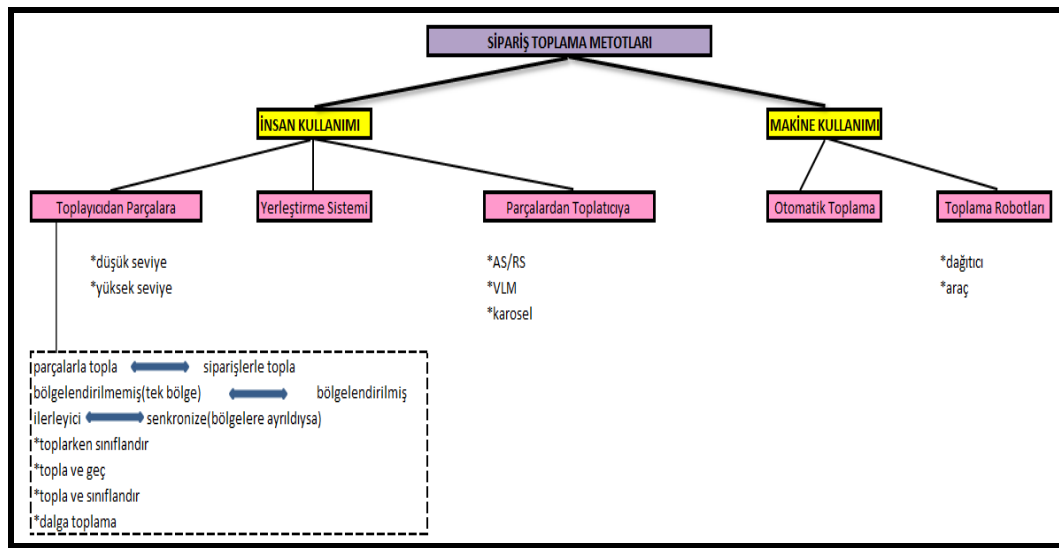
- e) Sermayesi yeterli olmadığından sistemi kuramayan işletmeler rekabet gücünü kaybedebilir.
- f) Teknolojik gelişmeler işletmeyi sık sık revizyona girmek durumunda bırakabilir [7].
- g) Şekil 3.4'te otomatik malzeme taşıma ve depolama sistemlerinin ilişkili olduğu diğer sistemler gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Otomatik malzeme taşıma ve depolama sistemlerinin ilişkili olduğu diğer sistemler

4. DEPOLARDA SİPARİŞ TOPLAMA POLİTİKALARI

Sipariş toplama müşteri siparişlerinin çizelgelenmesi ve kümelenmesi, siparişleri zemine bırakılması, stok lokasyonlarından parçaların toplanması ve siparişlerin elden çıkarılması proseslerini içermektedir. Şekil 4.1’de belirtildiği üzere depolarda birçok farklı sipariş toplama sistemi türüne rastlanabilir (genellikle çoklu sipariş toplama sistemleri bir depoda kullanılır).



Şekil 4.1. Sipariş toplama sistemlerinin sınıflandırılması [8]

Şekil 4.1’de sipariş toplama sistemlerinin sınıflandırılması verilmiştir; bu şekilde insan ya da makinelerin kullanıldığı sistemleri sınıflandırır. Depoların geneli sipariş toplama için insan gücünü kullanır. Bunların arasında, toplayıcının parçaları toplamak için koridorlar arasında yürüdüğü ve araç kullanıldığı, toplayıcılardan parçalara olan sistem en genel kullanılanıdır. Parçadan toplayıcıya olan sistemler düşük ve yüksek seviye toplama olmak üzere ikiye ayrılır. Düşük seviye sipariş toplama sistemlerinde toplayıcı talep edilen parçaları depo raflarından ya da sandıklarından (sandık raflı depo) elde eder. İşgücü yoğunluğu nedeniyle düşük seviye sipariş toplama sistemleri manuel toplama sistemleri olarak da adlandırılırlar [8, 9].

Bazı ST sistemleri yüksek depo raflarına sahiptir; sipariş toplayıcıları bu nedenle yükselebilen bir vagon ve ya vinç üzerinde lokasyonlardan toplama yapmak için seyahat ederler. Vinç otomatik olarak uygun toplama lokasyonunun önünde durur ve sipariş toplayıcının siparişi toplaması için bekler. Bu tip sistemler yüksek seviye ya da yüzey üzerinde insan sistemi olarak adlandırılmaktadır.

Parçadan toplayıcıya olan sistemler; bir ve ya daha çok birim yükü bulup getiren ve yükleri (küçük yük sistemleri, paletler) bir toplama pozisyonuna getiren (I/O noktası), koridora bağlı vinçleri kullanan otomatik depolama ve çekme sistemlerini (AS/RS) içermektedir. Bu durumda sipariş toplayıcı, geriye kalan yük depolandıktan sonra müşteri siparişiyle ihtiyaç duyulan parça sayılarını almaktadır. Bu tip sistemler aynı zamanda birim yük ya da koridorun sonu sistemler olarak da adlandırılır. Otomatik vinç (S/R sistemi) tekli, ikili, çoklu komut döngüsü gibi farklı operasyon modlarında çalışabilir. Tekli komut döngüsü bir yükün I/O noktasından bir raf lokasyonuna taşındığını ya da bir raf lokasyonundan bir I/O noktasına taşındığını ifade eder. İkili komut modu; ilk yük I/O noktasından bir raf lokasyonuna taşındığını ve bir diğerinin raftan bulup getirildiğini ifade etmektedir. Çoklu komut döngüsü ise; S/R makinelerinin birden fazla mekiği vardır ve I/O noktasında birçok yükü tek döngüde toplayabilir ya da raf lokasyonlarından bulup çıkarabilir. Örneğin dörtlü komut döngüsünde, S/R makinesi I/O noktasından stok yüküyle ayrılır, ilk yükü depolamak için ilk stok noktasına hareket eder. Daha sonra yakınlarda boşaltılmış olan mekiği bulup getirmek için, bir çekme noktasına ilerler ve kalan stok yükünü boşaltmak için bir sonraki stok lokasyonuna gider [9].

Sonrasında da ikinci yükü çekmek için toplama lokasyonuna ilerler. İki stoklama ve iki çekme işlemi sonunda I/O noktasına geri döner. Diğer sistemler; doğru miktarı almaktan sorumlu olan, n adet sipariş toplayıcısına birim yükleri veren modüler düşey kaldırma modüllerini ya da karoselleri kullanırlar.

Parçadan toplayıcıya ve toplayıcıdan parçaya olan sipariş toplama sistemlerinin prensiplerini birleştiren sistemler vardır. İlk önce; parçadan toplayıcıya ve toplayıcıdan parçaya sistemlerinde de var olan parça çekilmelidir. İkinci olarak

parçalarla birlikte taşıyıcı, müşteri siparişleri üzerinde parçalarlı dağıtan sipariş toplayıcıya verilir. Yerşeltirme sistemleri, kısa bir zaman aralığında fazla sayıda müşteri sipariş hatları olması durumunda genellikle kullanılır ve genelde küçük parçalarda sipariş toplama zamanı başına ortalama olarak 500 toplama ile sonuçlanır.

Manuel toplama yani parçadan toplayıcıya olan sistemler en genel kullanılan sistemlerdir. Temel değişkenler, parçayla toplama(grup toplama) ya da siparişle toplamayı (farklı toplama) içerir. Parçayla toplama durumunda, birden fazla müşteri siparişi(grup) bir sipariş toplayıcı tarafından ardışık olarak toplanır [8, 9].

Sipariş toplayıcı tarafından yapılan ani sınıflandırmanın(toplama kartında) takip ettiği çoklu sipariş toplama(toplarken sınıflandır) ya da toplama prosesi bitikten sonra sınıflandırma (topla ve sınıflandır) gibi birçok çeşiti vardır. Diğer temel çeşit; mantıksal stok alanının(bu palet stok alanı olabilir ama tüm depo değildir), her biri farklı siparişe sahip çoklu alanlara ayrıldığı bölgelemedir.

Toplama stratejisine bağlı olarak, bölgeleme ardışık bölgeleme ve ilerleyen bölgeleme olmak üzere iki türe sınıflandırılabilir. İlerleyen yada ardışık bölgeleme stratejilerinde her grup birim zamanda bir bölgede işleminden geçer; özel bir zamanda her bölge diğerlerinden farklı bir grup ile işlem görür. Bu yüzden bir grup, hat parçalarını içeren tüm bölgelere ardışık olarak uğradıktan sonra bitirilir. Eş zamanlı bölgeleme stratejisi altında tüm bölge toplayıcıları aynı zamanda aynı grupta çalışabilir. Bölge toplayıcıları tüm diğer toplayıcılar mevcut grubu bitirene kadar, beklerken boş vakit olabilir. Toplayıcıların bu eş zamanlılığı grupların karışmasını önlemek içindir ve böylece biriktirme ve sınıflandırma gibi izleyen adımların karmaşıklığını azaltmaktadır [8, 9].

Grup genişliği tüm grubu tamamen toplamak için ihtiyaç duyulan zamana(genellikle otuz dakika ve iki saat arasında) dayalı olarak belirlenir. Sipariş toplayıcıları kendi bölgelerinde talep edilen parçaları sürekli olarak toplamaktadır ve bir sonraki toplam dalgası bir önceki tamamlandığı zaman başlayabilir. Gerçek sipariş toplama sistemlerinin tasarımı, tasarım seçeneklerini etkileyen iç ve dış faktörlerin geniş

etkisi yüzünden karmaşıktır. Dış faktörler pazarlama kanalları, müşteri talep düzenleri, stok miktarları ve ekonomik gibi faktörlerden oluşur. İç faktörler, sistem karakteristikleri (mekanizasyon derecesi, bilgi uygunluğu, depo boyutları), organizasyon ve ST sistemlerinin operasyonel politikalarını içermektedir. Karar problemi bu faktörlere genellikle tasarım aşamasında katılır. Organizasyonel ve operasyonel politikalar rotalama, stoklama, bölgeleme, sipariş teslim etme olmak üzere beş faktörden oluşmaktadır [9].

4.1. Sipariş Toplama Süreçlerinin Planlama ve Kontrolündeki Konular

ST süreçlerinin kontrol ve planlamasındaki konular taktik ve ya operasyonel seviyede olabilir. Organizasyon açısından seviyelerdeki genel kararlar:

- Depo sisteminin yerleşim tasarımı ve yönlendirmesi,
- Stok atama,
- Gruplama ve bölgeleme,
- Rotalama,
- Sipariş biriktirme ve sınıflandırmadır.

4.2.Sipariş Toplama Sistemlerinin Planlanması

Sipariş toplama bir depodaki lojistik faaliyetlerinin merkezi fonksiyonudur ve üretim, dağıtım gibi alanlar üzerinde önemli etkiye sahiptir. Otomasyona yönelik bir eğilim olmasına rağmen sipariş toplama süreci modern lojistik sistemlerinin en maliyetli alanıdır. Bunun temel nedeni çok personel kullanıyor olmasıdır. Sipariş toplama sistemlerinde parça kümelerinin toplam miktarlarından müşteri isteğine göre sınıflandırma yapılır ve daha sonra miktarlar müşteriye gönderilir. Depo içi lojistiğin en zor kavramları bunlardır. Bu durum sipariş toplama sistemlerinin karmaşıklığından kaynaklanmaktadır, çünkü toplama konularını gerçekleştirmek için çok çeşitli yollar bulunmaktadır. Sipariş toplamanın ihtiyaçları yüzünden, sipariş toplama teknolojilerinin en etkili kombinasyonu seçilmelidir. Bu seçim yüksek bir dağıtım kalitesi ve aynı zamanda yüksek ekonomik etkinlik yaratabilmek için

önemlidir. Genellikle doğru çözüm sipariş spesifik toplama teknolojilerinin sadece birini içermez; ama kullanışlı bir kombinasyon şeklinde düzenlenebilecek bir, iki veya daha fazla sipariş toplama teknolojilerini içerebilir. Hibrit ya da heterojen sipariş toplama sistemleri tüm sistemi spesifik ihtiyaçlara adapte etmeye izin verir. Toplama için standart bir çözüm yoktur [10].

4.3. Sipariş Toplama Prensipleri

1. Gevşek toplamalara karşı çıkararak dolu palet için tasarım yapmak ve teşvik etmek.
 - a) Müşterileri palet miktarlarını dolu olarak düzenlemeye teşvik ederek, ya da çeyrek ve/ya yarım palet yükü oluşturarak, birçok manuel fiziksel yönetim ve sayım durumlarının oluşumu depolarda önlenabilir.
2. Depodan toplamak.
 - a) Toplama verimliliğini ve doğruluğunu attırmanın en etkili yollarından biri depo lokasyonlarını, tercih edilebilir depo lokasyonları, toplayıcıya getirmektir.
3. Mümkün olduğu zaman sipariş toplama konularını birleştirmek ya da elimine etmek.
 - a) Yolculuk
 - b) Ayırtırmak/Çıkarmak
 - c) Ulaşma ve bağlama
 - d) Dokumantasyon
 - e) Sınıflandırma
 - f) Paketleme
 - g) Araştırma
4. Toplam yolculuk mesafesini azaltmak için siparişleri gruplamak.
 - a) Bir toplama turu sırasında bir sipariş toplayıcı tarafından toplanan siparişlerin sayısı attırılarak, bir toplama başına yolculuk zamanı azaltılabilir.

- b) Tek sipariş toplamada her sipariş toplayıcı zaman başına bir sipariş tamamlar. Ana avantaj sipariş güvenilirliğinin hiç tehlikeye atılmamasıdır. Sonuç olarak hat başına parça için kat edilen mesafe yüksektir.
 - c) Grup toplamada bir toplama turu boyunca sipariş toplayıcıları, sipariş gruplarının toplanmasından sorumludur. Ana avantaj hat başına parça için kat edilen yolculuk zamanının azaltımıdır.
 - d) Bölge toplamada bir sipariş toplayıcı kendine atanan bölgedeki hat parçalarını toplamaya adanmıştır. Toplayıcılarının alanları tüm depodan küçük alanlara azaltıldığından beri bölge toplamının bir avantajı yolculuk zamanından edinilen kazanımlardır.
5. Toplama alanlarını tahsis etmek ve ayrı yerleştirmek.
- a) Popüler parçaların stoklarının bazılarını içeren, yoğunlaştırılmış bir toplama alanı kurulmalı.
6. En çok talep edilen parçaları depoda en kolay ulaşılabilecek lokasyonlara atamak.
- a) En çok talep edilen parçaları depoda ön kısımlara yerleştirerek sipariş toplayıcının ya da S/R makinesinin yolculuk mesafesi önemli derecede azaltılabilir.
7. Darboğazı azaltmak için toplama lokasyonları arasında toplama aktivitelerini dengelemek.
- a) Toplama aktivitesini geniş alanlar üzerinde yayarken darboğazı azaltmak için dikkat edilmeli, ama bu alan yolculuk zamanlarını önemli derecede arttıracak kadar büyük bir alan olmamalıdır.
 - b) Topla ve geç sipariş sistemlerinin “at nalı” konfigürasyonları bu durum gerçekleştirilmektedir.
8. Birlikte talep edilmesi olası olan parçaları aynı ve ya yakın lokasyonlara atamak.

- a) Parçaların, birlikte talep edilmesi olası olan parçaları içeren parça ailelerine kümelenmesini ve daha sonra toplama sıklığı ve küme ile ilişkili kaplanan alan baz alınarak parça ailelerini depo lokasyonlarına atamayı önermektedir.
 - b) Bir siparişte bir çiftin birlikte olduğu zamanların sayıları tabanında parça çiftlerini sıraya koymaktadır.
9. Yolculuk mesafesini azaltmak için toplama lokasyon ziyaretlerini sıralamak, düzenlemek.
 10. Araştırma zamanını ve hataları azaltmak için toplama dökümanlarını organize etmek.
 11. Sınıflandırma zamanını ve hataları minimize etmek ve toplayıcı konforunu arttırmak için toplayıcı araçların tasarımını yapmak.
 12. Sipariş toplama aktivitesinden kâğıt işlemlerini elimine etmek.

4.4. Bir Sipariş Toplama Sistemi İçin İhtiyaçlar

Bir sipariş toplama sistemi için ihtiyaçlar giderek artmaktadır. İhtiyaçlar yüksek dağıtım sıklığına sahip olan küçük bireysel siparişler yüzünden artmaktadır. Daha fazlası parçaların büyüyen çeşitliliği, malzeme uygunluğunun yüksek standartları ihtiyaçları arttırmaktadır. Bunlar sağlanırsa dağıtım zamanları ve ürün döngü zamanları azalacaktır. Müşteriler için ürünlerin markalanması gibi ek servisler de sipariş toplama sistemleri için ihtiyaçları arttıran faktörlerdendir [10].

Başarılı bir planlama için tam bir -miş gibi (as if) analizi ön koşuldur. As if (-miş gibi) analizi; planlama amacı ihtiyaçların ölçümünü ve planlama için oluşturulan miktar yapısını içerir. Bu veri sınıflandırma, malzeme, erişim düzen ve dağıtım yapısı olarak ayrıştırılabilir. Planlama ufkundan sonra sipariş toplama sisteminin ihtiyaçları hafifletilebilir. Planlamayla birlikte geliştirme de değerlendirilmelidir.

Çeşitli senaryolar ele alınarak ihtiyaçlar belirlenerek sipariş toplama tipine karar verilebilir [10].

4.5. Sipariş Toplama Operasyonları

Sipariş toplama süreçleri, klasik ve geleneksel biçimde, bir toplama listesine dayalı olarak depo yerlerinden malzemeleri toplayan toplayıcıların varlığını varsaymaktadır. Bilgi sistemlerinde bilgi girişinin manuel olduğu gibi toplama sürecinde de parçaların toplanması maneldir. Ürünleri otomatik toplanması; toplama araçları öneren bir dizi metodu varsaymaktadır [11].

Etkili bir sipariş toplama operasyonu geliştirmek için; hatlar boyunca ürün hareketini, durumları ve toplanan birimleri belirlemeyi içeren faaliyet profilini hesaba katmak gereklidir. Müşterinin küçük miktarlarda ve sıklıkla siparişe ihtiyaç duyduğu zamanlarda sipariş toplama süreci gereklidir.

Sipariş toplamanın etkinliğiyle ilişkili olarak en önemli adım uygun olan toplama ekipmanı ve teknolojisinin seçilmesidir. Bozuk durum toplaması ele alındığı zaman en genel toplama ekipmanı statik raflama, karton akış rafları, yatay ve dikey karoseller ve az yük taşıyan AS/RS ya da otomatik konveyör ve taşıma sistemleri kullanılabilir. Parça toplama e- ticaret ve yedek parça dağıtımında kullanılır. Durum toplama operasyonları AS/RS, karoseller, dar ve geniş koridora göre yapılandırılmış palet raflar gibi çok miktarda toplama ekipmanı gerektirir [11].

Bir sipariş toplama prosesi tasarlanırken her ürün için; etkili yer ayırma stratejilerine, gereken lokasyon ve dış yüzey sayısının hesabına önem vermek kullanışlıdır. Ürünlerin nasıl depolanacağı ihmal edilmiştir. Yerleşim ve bölge toplama tasarımı ürünlerin içe ve dışa giden akışlarıyla ilişkilendirilmelidir. Yönetilen ürünlerin karakteristiklerinin, sipariş başına toplamaların ve sipariş sayılarının, toplama türünün hesaba katılmasıyla toplama metotları geliştirilmektedir. Bu alanda; tek sipariş toplamadan bölge ve grup sipariş toplamaya, bu metotların küme toplama,

dalga toplama, bölge-grup dalga toplama ile kombinasyonlarına kadar geniş çeşitlilikte metotlar vardır.

4.6. Sipariş Toplama Politikaları

Sipariş toplama politikaları tarafından grup, dalga ve bölge sipariş toplama olmak üzere ayrılmıştır ve önerilen politikalar her duruma uygulanmıştır. Depolama ve üretim sistemin ihtiyaçlarına uygun olacak şekilde bu sipariş toplama politikalarının kombinasyonlarının uygulanması mümkündür. Geliştirilen bu politikaların tamamında temel amaç bir toplama turu boyunca servis ve toplama zamanlarını azaltmaktır [12].

4.6.1. Grup toplama politikası

Grup toplama; birleştirilmiş sipariş listesini kullanan, operatörün sipariş gruplarının bir sipariş grubunu aynı dakikada topladığı, sipariş toplamının tek geçişinde bir gruptaki siparişlerin toparlanması prensibine dayanan bir metottur. Bu metodun avantajı sipariş başına toplamaların sayısı azalınca yolculuk zamanının azalmasının mümkün oluşudur. Grup şeması toplam toplama zamanında önemli azalma sağlar ama bir sonraki aşamada siparişleri ayırmak ve izlemek için ek maliyete sebep olur. Bu metodun iki alternatifi vardır.

- Ürünlerin ortak bir taşımaya toplanması ve paketleme istasyonunda manuel sınıflandırma ve paketlenmesi
- Otomatik bir sınıflandırıcıya taşımak için hattaki parçaların farklı taşımalarla toplanması

4.6.2. Bölge toplama politikası

Bölge toplama politikası; toplayıcının deponun kendine ait bölgesindeki ürünler için sorumlu olduğu belirtilen toplama alanına bir toplayıcı atar. Bu şema hata olasılığını azaltır ama büyük bir parti için tüm toplama prosedüründe olası bir gecikme

mümkündür. Sipariş toplamayı iki gruba ayırılmıştır; grup bölge toplama ve bölge dalga toplama [12]. Ardışık bölge şemasında sipariş güvenilirliğinin korunduğu, grup bölgesinde her toplayıcının siparişleri bir bölgeden toplandığı ve siparişler birlikte gruplandırıldığı; dalga toplamada sipariş grupları tam bir zaman periyodunda programlanır [64].

4.6.3. Dalga toplama politikası

Dalga toplama kavramı, siparişler genel bir yerde(belli bir taşıyıcıyla sabit bir zamanda hareket etme) çoklu depo alanlarında toplama için ardışık olarak bırakılırsa kullanılır. Genelde grup toplama ile kombine edilir.

4.6.4. Bölge grup toplama politikası

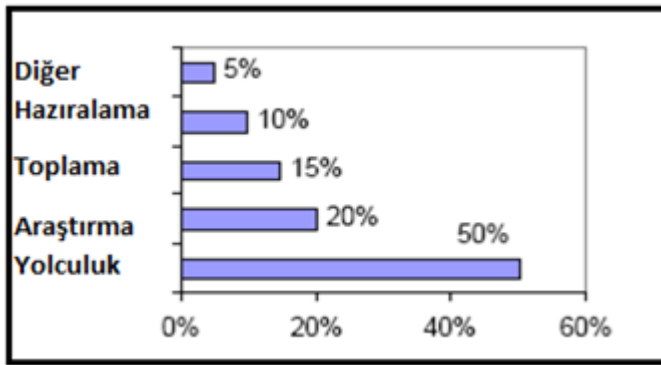
Bölge-grup-dalga toplama bölge-grup toplama metodu ile dalga toplama metodunun kombinasyonu olarak ele alınabilir. Bu metot şu kurala dayanmaktadır. Her operatör bir bölgeye atanmıştır ve atandığı bölgede depolanan siparişler için tüm hat boyunca toplama yapar. Ek olarak, birim zamanda birden fazla toplama yapar. Vardiya başına yeni çizelgeleme periyotları dikkate alınmalıdır. Bir sipariş toplama sisteminin tasarımında uygun malzeme yönetimi ekipmanının seçilmesinin önemi abartılmamalıdır. Bu süreçte; üretilebilirlik oranları, sağlık ve güvenlik kuralları, ürünlerin hassalığı, ürünün hacmi ve ağırlığı gibi direk olarak alakalı olan faktörler de hesaba katılmalıdır [11].

4.7. Sipariş Toplama Amaçları

ST sistemlerinin en genel amacı; işgücü, makineler ve anapara gibi kısıtları tasarruflu kullanmak için hizmet seviyesini maksimize etmektir. Hizmet seviyesi sipariş toplama zamanının ortalaması ve değişimi, sipariş güvenilirliği, doğruluğu gibi birçok faktörün çeşitliliğinden oluşmaktadır. Sipariş toplama ve hizmet seviyesi arasında kritik bir bağ vardır; sipariş ne kadar hızlı bulunup getirilirse, siparişin müşteriye nakledilmesi o kadar çabuk olarak mümkün olur. Eğer bir sipariş zaman

yüzünden müşteriye nakledilemezse, bir sonraki nakliyat periyoduna kadar beklenilir ya da sefer maliyetine katlanılır. Sipariş toplama(bulup getirme) zamanını minimize etmek bu yüzden herhangi bir ST sistemi için bir ihtiyaçtır. Aşağıdaki şekil tipik bir dağıtım merkezinde ST zaman bileşenlerini gösterir. ST zamanının hemen hemen %50'si sipariş seyahat zamanıdır.

Bir siparişi toplamak için kullanılan seyahat zamanı direk masraftır, ama sürece değer katmaz [13]. Bu sebeplerden dolayı pek çok sipariş toplama sisteminde seyahat zamanını minimize etmek geliştirme için seçilen bir amaçtır. Manuel-toplamalı sipariş toplama sistemleri için seyahat zamanının, seyahat mesafesinin artan bir fonksiyonu olduğu varsayılan bir gerçekliktir [44]. Sonuç olarak seyahat uzaklığı depo yerleşiminde, tasarımında ve optimizasyonunda birincil amaç olarak ele alınır. ST litaretüründe; bir turun ortalama seyahat uzaklığı (ortalama seyahat uzunluğu) ve toplam seyahat uzunluğu olmak üzere genellikle bu iki seyahat uzaklığı kullanılmaktadır. Yine de verilen bir toplama yükü için(siparişlerin kümesi) ortalama seyahat uzunluğunu minimize etmenin toplam seyahat uzunluğunu minimize etmekle denk olduğu unutulmamalıdır. Şekil 4.2'de sipariş toplama işlemi süresince gerçekleşen sipariş toplama işlemlerinin zaman yüzdeleri verilmiştir [8][9].



Şekil 4.2. Sipariş toplama zaman yüzdeleri

Ortalama seyahat uzaklığının minimizasyonu sipariş toplama sistemlerinde minimize edilmeye çalışılan birçok amaçtan sadece biridir. Diğer bir önemli amaç toplam maliyetin (bu hem operasyonel hem de yatırım maliyetlerini içerebilir)

minimizasyonudur. Diğer faktörler genellikle depo tasarımında ve optimizasyonunda ele alınan faktörlerdir.

- Bir siparişin üretilme zamanının minimizasyonu
 - Toplam üretilme zamanının minimizasyonu alan kullanımının maksimizasyonu
 - Ekipman kullanımının maksimizasyonu
 - İş gücü kullanımının maksimizasyonu
 - Tüm parçaların ulaşılabilirliğinin maksimizasyonu
- başlıca faktörlerdendir.

Tüm bu amaçlar belirli bir durum kendileri ile ilgili ise seçilebilir. Yinede tümü sipariş üretilme zamanıyla yakından ilişkilidir [8], [9].

4.8. Sipariş Toplama Sistemlerinde Kullanılan Teknikler

1995-2010 yılları arasında literatür incelendiği zaman sipariş toplama problemlerine matamatiksel modelleme, benzetim ve metasezgisel yöntemlerle çözüm arandığı görülmektedir. 1995-2005 yılları arasında yapılan çalışmalarda; genellikle karma tamsayılı programlama, dinamik programlama gibi matematisel model yöntemleriyle çözüm aranmıştır (Bkz. Çizelge 5.1.).

Fakat 2000’li yılların başlamasıyla birlikte hızla gelişen teknoloji, üretim sistemlerinin ihtiyaçlarının daha dinamik hale gelmesi, hızla değişen talep ve arzlar nedeniyle simülasyona dayalı çözüm tekniklerine yönelinmeye başlanmıştır. Bu çözüm tekniklerine yönelinmesinin başlıca bir diğer nedeni bu tekniklerin çözüm sürelerini oldukça kısaltması, zamandan tasarruf sağlaması ve düşük maliyetli olmasıdır. Benzetim ve metasezgisel yöntemler optimal sonuç vermemekle birlikte talep ve ihtiyaçlara cevaplayabilecek nitelikte, optimal çözüme yakın, oldukça etkili sonuçlar vermektedir.

2000’li yılların ortalarından sonra ise metasezgisel tekniklerle karşılaştırmalı çözüm yöntemleri daha popüler hale gelmiştir. Metasezgisel yöntemlerin simülasyon

tekniklerine göre daha tercih edilir olmasının asıl nedeni; sipariş politikası problemlerinde ele aldığı çözüm uzayının daha geniş olması ve sipariş toplama problemlerinin kombinatoriyal bir yapıda olmasıdır. Metasezgisel tekniklerle daha geniş çözüm uzayında sonuç aranması lokal optimuma takılmayı engeller ve optimal çözüme daha yakın çözüm elde edilmesini sağlar (Bkz. Çizelge 5.2.).

4.8.1, 4.8.2. ve 4.8.3. numaralı bölümlerde her tekniğin ayrıntısı verilmektedir. Yapılan bu çalışmada ilk olarak matematiksel modelleme tekniği ile çözüm aranmıştır. Fakat matematiksel modelin geniş boyutlu problemlerde optimal çözüm sağlamaması ve ele alınan sipariş politikası belirleme yönteminin NP zor bir problem olması nedeniyle metasezgisel çözüm yöntemleriyle çözüm aranmıştır.

4.8.1. Matematiksel modelleme

Matematiksel model, bir işlemi ve ya olayı matematiksel terimlerle açıklayan bir formüller dizisidir. Matematiksel modelleme ile gerçek dünya problemleri eşitliklerle ifade edilir.

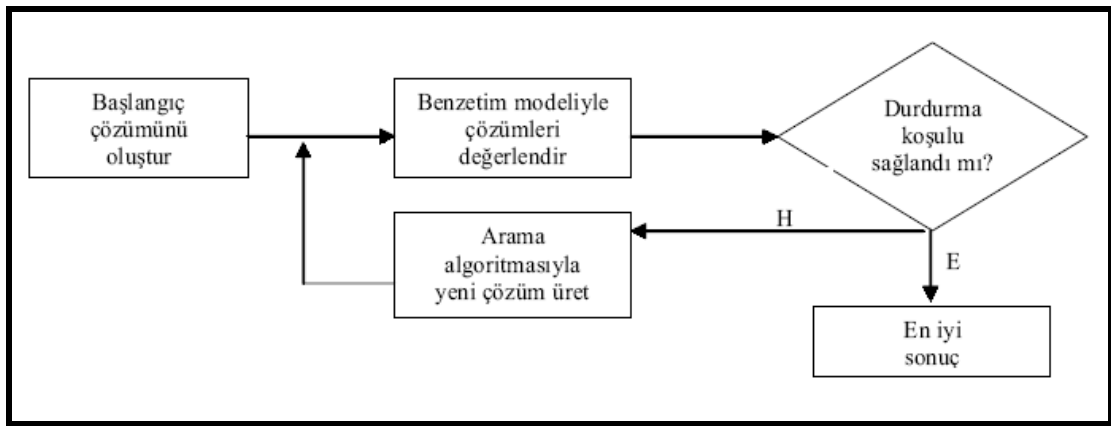
Gerçek hayatta ortaya çıkan bir olay, girdi ve çıktıları kompleks bir sistem olarak görülebilir. Matematiksel model, bu kompleks sistemi sayılara dökerek incelemeyi, sistemdeki şartları kâğıt üzerinde veya bilgisayar ortamında tekrar yaratarak veya değiştirerek üzerinde deneyler gerçekleştirmeyi mümkün kılan analitik tanımlamadır.

Bir olayın fiziksel gerçeğini anlamak ve olayı matematiksel olarak tanımlamak, diğer olaylardan ayırt etmek ve bir sistemin değişik koşullardaki davranışını öngörmede matematiksel modelleme kullanılmaktadır.

Literatür incelendiğinde matematiksel modellemenin son yıllarda yerini başka simülasyon ve sezgisel tekniklere bıraktığı görülmektedir [10], [28], [37], [65].

4.8.2.Benzetim

Benzetim, karmaşık sistemlerin tasarımı ve analizinde kullanılan en güçlü analiz araçlarından birisidir. Genel anlamda benzetim, zaman içinde sistemin işleyişinin taklididir. Benzetim, çeşitli koşullar altında sistemin tavrının gözlemlenebilmesi için, bu sistemin modellenmesi olarak da tanımlanabilir. Zaman içinde değişiklik gösteren bir sistemin tavrı, geliştirilen bir benzetim modeli ile incelenir. Bu model, sistemin çalışması ile ilgili kabuller setinden oluşur. Bu kabuller, sistemin ilgilenilen nesneleri arasındaki matematiksel, mantıksal ve sembolik ilişkiler ile ifade edilir [14]. Şekil 4.3'te benzetim eniyilemesi algoritmaları akış şeması gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Benzetim eniyilemesi algoritmaları akış şeması

Benzetim Nereelerde Kullanılır?

- Bir benzetim modeli geliştirildikten ve geçerliliği sağladıktan sonra, gerçek sistem hakkındaki çeşitli sorulara cevap aramak için kullanılır.
- Bir benzetim modeli; gerçek sistem üzerinde yapılacak değişikliklerin etkilerini, yeni kurulacak bir sistemin performansını tahmin etmek için analiz ve tasarım aracı olarak kullanılırlar.

Amaçları

Benzetim aşağıda verilen amaçlardan birisini veya bir kaçını gerçekleştirmek için kullanılır.

- Değerlendirme; belirlenen kriterlere göre önerilen sistemin ne kadar iyi çalıştığının gösterilmesi,
- Karşılaştırma; önerilen sistem tasarımlarının veya politikaların karşılaştırılması,
- Tahmin; önerilen koşullar altında sistemin performansının tahmin edilmesi,
- Duyarlılık Analizi; sistemin performansı üzerinde hangi faktörlerin etkili olduğunu belirlenmesi,
- Optimizasyon; en iyi performans değerini veren faktör düzeylerinin bir kombinasyonunun belirlenmesi,
- Darboğaz analizi; bir sistemde darboğazların belirlenmesi amacıyla benzetim kullanılır[14].

Ne Zaman Kullanılır?

- Üzerinde çalışacak sistem çalışmaya, deney yapmaya uygun değilse,
- Sistem henüz tasarım aşamasında ise,
- Problemin analitik çözümü mümkün değilse,
- Problemin analitik çözümü mümkün olmasına rağmen matematiksel modelin verebileceği sonuçlar dışında farklı sonuçlarla ilgileniliyorsa,
- Sistemin davranış analizi yapılacaksa benzetim kullanılır.

Avantajları

- Benzetim modeli kurulduktan sonra, önerilen yeni tasarımların veya yeni politikaların analizinde kullanılabilir.
- Yeni bir sistemin analizine yardımcı olmak için kullanılır.
- Veri elde etmek için kullanılır. Benzetim modelinden veri elde etmek, gerçek sistemden aynı verileri elde etmekten daha ucuzdur.
- Benzetim tekniği, analitik metotları uygulamaktan daha kolaydır.

- Analitik modellerde çözüme ulaşabilmek için birçok basitleştirici kabullerin yapılması gerekirken, benzetim modellerinde böyle bir kısıtlama yoktur.
- Analitik modeller ile kısıtlı sayıda performans ölçütleri hesaplanabilir. Benzetim modelleri ile akla gelebilen herhangi bir performans ölçütü tahmin edilebilir.
- Bazı durumlarda, benzetim, bir çözümün elde edilmesi için tek araçtır.[14]

Dezavantajları

- Benzetim modellerinin kurulması ve geçerliliğinin araştırılması, zaman alıcıdır. Bu nedenle bilgisayarlarda benzetim modellerinin koşum maliyeti yüksek olabilir.
- Maliyeti etkileyen diğer bir faktör benzetim modellerinin birden fazla (n kez) çalıştırılması ihtiyacıdır. Bu durumda bilgisayar maliyeti artmaktadır.
- Benzetimin analitik tekniklerin yeterli olabileceği durumlarda da zaman zaman kullanıldığı gözlenmektedir.
- Genel olarak, tüm benzetim modelleri, “girdi-çıkı” modelleri olarak adlandırılır. Verilen bir girdi seti için sistemin çıktısını elde ederler. Yani, benzetim modelleri matematiksel modellerde olduğu gibi çözülmezler, çalıştırılırlar.
- Belirli koşullar altında, sistemin tavrını incelemek için kullanılırlar [14].

4.8.3. Metasezgiseller

Literatürde ilk defa 1986 yılında Glover tarafından kullanılan “metasezgisel” terimi Yunanca’da “daha ilerisi, üst derecede olanı, daha modern” anlamına gelen “meta” öneki ile İngilizce’de “sezgisel, buluşsal” anlamına gelen “heuristic” kelimesinin birleşiminden oluşmuştur. “Heuristic” kelimesi ise Arsimet’in ünlü “Eureka!” (Buldum!) sözünden türetilmiştir. Literatürde “Metasezgisel” kavramı, “Modern Sezgisel” veya “Yapay Zeka Yaklaşımı” olarak da geçmektedir [56].

Metasezgisel yöntemler çözüm uzayında etkili bir şekilde arama yapmak için, farklı yapılarıdaki alt kademe sezgisel algoritmaların zekice birleştirilmesi ile oluşturulmuş iteratif problem çözme prosedürleridir. Bu yöntemler her iterasyonda bir çözümünden

veya çözüm koleksiyonunda yola çıkarak yeni çözümler üretirler. Çoğu metasezgisel yaklaşım çözüm uzayında stokastik fakat bilinçli bir şekilde arama yapar [57].

Metasezgisel algoritmalar, kombinatorial problemler için geliştirilmiş genel optimizasyon teknikleridir. Bu yöntemlerin en önemli özelliği sadece belli bir tip problem için değil, tüm kombinatorial problemlere uygulanabilir esneklikte olmasıdır. Bu sebeple literatürde bu tekniklerin birçok başarı hikâyesine rastlanmaktadır. Bir metasezgisel algoritmanın iyi sonuçlar üretmesi için yapılması gereken ilk işlem, yöntemin temel kavramlarının probleme iyi bir şekilde adapte edilmesidir [58].

Metasezgisel algoritmalarda amaç, arama uzayının en umut verici noktalarında arama yapıp yerel optimum noktalardan kurtularak, optimum çözüme yakın sonuçlar elde etmektir. Bu yöntemler karmaşık komşuluk arama kuralları, bellek yapıları ve çözümlerin kombinasyonundan yeni çözümler elde ederek sonuç üretmeye çalışırlar. Bu metotlarla üretilen sonuçlar, klasik sezgisel algoritmalarla üretilen sonuçlardan daha iyidir, fakat hesaplama işlemi klasik algoritmalara kıyasla daha uzun sürmektedir. Metasezgisel yöntemler problemin özelliklerine bağımlıdır, diğer bir deyişle problem tipine göre farklı parametreler gerekebilmektedir. Bu da diğer problemlere uygulanabilirliğini zor kılar. Metasezgisel algoritmalar, klasik sezgisel algoritmaların doğadan esinlenerek geliştirilmiş hali olarak görülebilir [59].

Çoğu sezgisel algoritmalar probleme bağımlı algoritmalarlardır. Diğer bir deyişle, bir problem için en iyi performans gösterirken diğer bir problem için aynı şekilde başarılı çözüm üretmeyebilir. Bunda dolayı çok daha genel olarak uygulanabilen algoritmaların geliştirilmesine yönelik çalışmaların sayısı her geçen gün hızlı bir şekilde artmaktadır. Geçen 30-40 yılda bu özelliğe sahip çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar sosyal, biyoloji, zooloji, fizik, bilgisayar ve karar verme gibi bilimler temel alınarak türetilmiştir.

Bundan dolayı bu tür yaklaşımlara modern sezgisel yaklaşımlar ya da yapay zeka yaklaşımları adı verilmektedir. Blum ve Roli(2003), metasezgisel yöntemler hakkında aşağıdaki genellemeleri yapmışlardır [57].

- Metasezgisel yöntemler arama prosesi sırasında kılavuzluk yapan stratejilerdir.
- Genel amaç, arama uzayını etkili bir şekilde araştırıp optimum veya optimuma yakın sonuçlar elde etmektir.
- Metasezgisel yöntemler lokal arama tekniklerinden, karmaşık öğrenme prosedürlerine kadar yaygınlık gösterir.
- Metasezgisel algoritmalar yaklaşık yöntemlerdir ve genellikle deterministik değildir.
- Arama uzayında lokal optimum noktalardan takılıp kalmayı engelleyecek mekanizmaları içinde barındırırlar.
- Metasezgisel teknikler probleme özel yöntemler değildirler. Genellikle tüm kombinatorial problemlere uygulanabilirler.
- Günümüzde gelişmiş metasezgisel algoritmalarda arama sırasında kılavuzluk etmesi için hafıza tabanlı süreçler bulunmaktadır.
- Metasezgisel algoritmalar kombinatorial optimizasyon problemlerinde iyi sonuçlar üretmek için ileri seviye sezgisel prosedürlerdir. Her metasezgisel yöntemin birden fazla parametreye sahip olması esneklik sağlar fakat bu durum problem tiplerine göre de değişiklik göstermektedir.

Çoğu metasezgisel algoritma paralel işlem için uyumludur. Metasezgisel algoritmaların sınıflandırılması aşağıdaki şekilde yapılabilir [60]:

- a) Doğadan esinlenerek geliştirilenler – Doğadan esinlenmeden geliştirilenler
- b) Populasyon tabanlı algoritmalar – Tek nokta (lokal arama) algoritmalar
- c) Dinamik amaç fonksiyonlu – Statik amaç fonksiyonlu algoritmalar
- d) Tek komşu yapılı – Çok komşu yapılı algoritmalar
- e) Hafıza kullanan – Hafıza kullanmayan algoritmalar

Metasezgisel algoritmaların lokal komşuluk ve popülasyon arama tabanlı iki türü vardır. Lokal komşuluk arama yöntemlerinde her iterasyonda bir çözüm ele alınıp uygun komşu çözümleri incelenerek arama uzayında belirli bir noktada yoğun bir tarama yapılır. Lokal arama yöntemine örnek olarak Tavlama Benzetimi ve Tabu Arama algoritması verilebilir.

Popülasyon tabanlı arama yöntemlerinde ise her iterasyonda bir çözüm havuzu içersinde bazı çözümler seçilip uygun bir şekilde birleştirilerek yeni çözümler elde edilir. Genetik Algoritma, iki çözümün rastgele seçilen parçaları birleştirilerek yeni çözüm elde edilen bu tip yöntemlere bir örnektir. Adaptif Hafıza prosedürlerinde ise birçok çözümden birden fazla yeni çözüm elde edilir.

Tavlama benzetimi algoritması

Tavlama metal malzemelerde katı halde sıcaklık değişimleri ile bir ya da birbirine bağlı birkaç işlemle amaca uygun özellik değişimlerinin sağlanması olayı şeklinde tanımlanır. Bu tanım gereği malzemenin belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılması, bu sıcaklıkta uygun bir süre tutulması ve belirli bir stratejiye göre sıcaklığın oda sıcaklığına kadar azaltılması sayesinde üç aşamada malzemede özellik değişimleri sağlanır. Metal malzemelerde ısıl işlemle özellik değişimleri sağlanırken, malzemenin kimyasal bileşiminde değişiklik yapılmadan kristal ya da kafes yapısında düzenlemeler yapılabilir.

Tavlama Benzetimi (TB), fiziksel tavlama prosesi ile kombinatoriyal optimizasyon problemlerinin benzeşiminden ortaya çıkarılmış bir yöntemdir. Fiziksel tavlama prosesi, ısı banyosu içerisindeki katı bir cismin düşük enerjilerini elde etmek için uygulanmaktadır. Eğer katı bir cisim erime noktasına kadar ısıtılır ve sonra hızla soğutulmaya başlanırsa, katı cismin moleküler yapısı (kristal yapı) soğutma oranına bağlı olarak değişir. TB, ilk olarak 1953 yılında Metropolis, Rosenbluth ve Teller tarafından bir ısı banyosu içindeki taneler kümesinin denge dağılımını hesaplamak amacıyla uygulanmıştır. Metropolis simülasyon yardımı ile enerjideki değişimi hesaplamıştır. Metropolis algoritmasının temel prensibi, soğutma prosesindeki enerji

değişimine göre belirlenir. Termodinamik kanuna göre, t . Durumdaki sıcaklığa bağlı olarak enerjideki azalma olasılığı Eş. 4.1’de verilmektedir.

$$P(\delta E) = \exp(\delta E/k.t) \quad (4.1)$$

Eş. 4.1’deki k , fiziksel sabit olup Boltzman sabiti olarak da bilinir. Eğer enerji azalır ise sistem yeni bir duruma geçer, enerji artar ise yeni durum kabul edilir. Bu işlemler donma noktasına kadar devam eder. Termodinamik simülasyonundaki Metropolis algoritması ve TB’nin optimizasyon problemlerine uygulanması ile ilgili Çizelge 4.1’de gösterilen benzerlikler bulunmaktadır. Çizelge 4.1’de termodinamik simülasyonu ve kombinatoriyal optimizasyon eşleştirmesi verilmektedir.

Çizelge 4.1. Termodinamik simülasyonu ve kombinatoriyal optimizasyon

Termodinamik Simülasyonu	Kombinatoriyal Optimizasyon
Sistem Durumu	Uygun Çözüm
Enerji	Maliyet
Durum Değişmesi	Komşuluk Aralığı Çözümü
Sıcaklık	Kontrol Parametreleri
Donma Noktası	Yaklaşık Çözüm

Tavlama Benzetimi (TB) orijini doğa tavlama işleminden almaktadır. Bu algoritmanın optimizasyon problemlerine uygulanması ile ilgili çalışmalar 1983 yılında Kirkpatrick ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışma ile başlamıştır. Algoritma metallerin tavlama işlemi ile bir optimizasyon problemine çözüm araştırma olayları arasındaki benzerlikten ilham alınarak ortaya konulmuştur. Burada metaldeki atomların durumları optimizasyon probleminin muhtemel çözümlerine ve durumların enerjileri de çözümlere ait amaç fonksiyon değerlerine karşılık gelmektedir. Hızlı soğutma işlemi ise bölgesel optimizasyon işlemine tekabül etmektedir. Dış sıcaklık sıfır olduğunda daha yüksek enerjili bir duruma geçiş mümkün olmaz. Böylece bölgesel optimizasyondaki gibi yukarı doğru hareketler yasaklanır ve araştırma bir bölgesel en küçüğe takılı kalır. Bu işlemde sıcaklık (T) çeşitli seviyeler boyunca yavaşça düşürülür. Enerji seviyesinden uzaklaşmamayı

sağlamak için mevcut sıcaklığı belirli bir süre muhafaza etmek suretiyle ve sıfır dereceye yaklaşıncaya kadar bu işlemlerin tekrarlanması bölgesel optimallikten kaçışı sağlayabilmektedir [61].

TB, bilinen en eski metasezgisel algoritma olup, lokal optimum noktalara takılmayı önleyici, belirgin bir stratejiye sahiptir. Algoritmanın ana mantığında, arama uzayında lokal noktalardan kurtulmak için mevcut çözümden daha kötü çözümlerin belirli bir olasılıkla kabul edilmesi yatar. Bu olasılık değeri iki çözümün amaç fonksiyon değerleri arasındaki farkla ve sıcaklık değeri ile hesaplanır. Kötü çözümlerin kabul edilme olasılığı arama süresince düşürülür ve bu düşürme işlemi de metallerin ve camların tavlama prosesine benzemektedir [62].

1.Tavlama benzetimi algoritma temel adımları

Tavlama Benzetimi (TB), karesel optimizasyon problemleri için iyi çözümler veren olasılıklı karar verme yöntemi olarak görülebilir. Kontrol parametresi “sıcaklık”tır ve minimizasyon problemleri için çözümün daha iyi bir çözüme ulaşmasının kabulü olasılığını değerlendirir. “Tavlama Benzetimi” ismi, katıların fiziksel tavlama süreci ile olan benzerlikten ileri gelmektedir. TB algoritması 1985’li yıllarda ortaya konmuştur. Günümüze kadar, bilgisayar tasarımı, görüntü işleme, moleküler fizik ve kimya, çizelgeleme gibi farklı alanlardaki bir çok optimizasyon problemine uygulanmıştır [17].

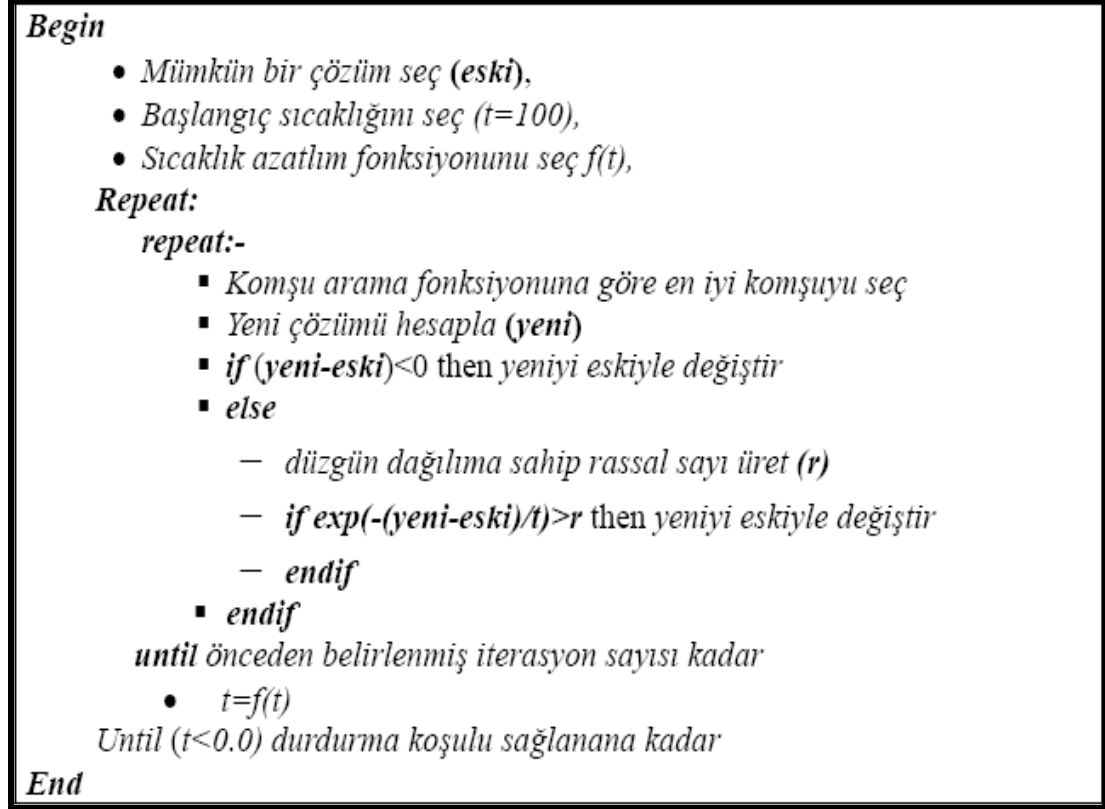
Tüm çözümlerin sonlu kümesi S çözüm uzayı ve S ’in üyeleri için tanımlanan maliyet değerleri f maliyet fonksiyonu ile tanımlanacak olursa, söz konusu problem, tüm S üzerinde f ’s’i enküçükleyen ve $s \in S$ olan bir s çözümünün veya durumunun bulunmasıdır. Varsayalım ki, s_n ve s_{n+1} n. iterasyonda bulunmuş çözümler ve $(n+1)$. iterasyona girecek çözümü (s_{n+1}) belirlenmek istensin. s_n , s_{n+1} ’in en iyi komşu çözümüdür ve komşuluk fonksiyonuyla elde edilir. Yeni en iyi çözüm aşağıdaki gibi Eş. 4.2.’de verilmektedir.

$$s_{n+1} \leftarrow \begin{cases} s'_n \\ s_n \\ s_n \end{cases} \quad \begin{aligned} &\Delta s < 0 \\ &e^{-\Delta s / t_n} > r_n \\ &\text{aksi halde} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Burada, $\Delta s = s'_n - s_n$, r_n yeni çözüme stokastik karar vermek için üretilmiş rassal sayı ve t_n ise sıcaklık fonksiyonuyla ($T = f(t_n)$) soğutulan başlangıç sıcaklığının n . iterasyondaki sıcaklık seviyesidir. Yani, yeni çözümü (s'_n) sonraki iterasyona taşımak istiyorsak, ya eski çözümünden (s_n) daha iyi olması ya da daha kötü olmasına rağmen stokastik kuralı tatmin etmesi gerekmektedir. Stokastik kuralın tatmin edilmesinin sebebi, optimizasyon sürecinin yerel minimumdan kurtulmasını sağlamasıdır. Bu da Tavlama Benzetiminin ana özelliklerinden birisidir. Çünkü, Tavlama Benzetimi'nde hedef yerel optimumdan kurtulup genel optimuma ulaşmaktır. Komşu çözüme giderken Δs kadar bir yükselmeye yol açan hareketin t_n sıcaklığındaki kabul edilme olasılığı, kabul fonksiyonu ($e^{-\Delta s / t_n}$) olarak adlandırılır.

Kabul fonksiyonuna göre, çözümde meydana gelen küçük artışların kabul edilme olasılığı, büyük artışların kabul edilme olasılığından daha fazladır. Ayrıca, T yüksek olduğunda hareketlerin çoğu kabul edilecektir. T sıfıra yaklaştığında ise, çözümde artışa yol açan hareketlerin çoğu reddedilecektir. Bu nedenle TB algoritmasında, yerel optimum tuzaklarına düşülmesini engellemek için göreceli olarak yüksek bir T değeri ile aramaya başlanır. TB algoritması, bir taraftan sıcaklık yavaş yavaş azaltılırken, her sıcaklık değerinde belli sayıda hareket deneyerek arama işlemini sürdürür. Tavlama Benzetimi algoritmasının adımları Şekil 4.4'te görülmektedir. Algoritma önceden tanımlanmış iterasyon sayısına bağlıdır. İlk önce rassal olarak başlangıç çözüm kümeleri üretilmekte ve kaç iterasyonda sonlandırılacağı belirlenmektedir. Daha sonra TB en yüksek ısı (100) ile başlamakta ve $t = 0.995t$ fonksiyonu ile ısı 0,01'den küçük olana kadar soğutulmaktadır. Böylece, seçilen ve işlenen çözüm kümesi, tekrardan çözüm kümeleri içine diğerleriyle kıyaslanmak için konmaktadır. Daha sonra çözüm kümeleri içindeki diğer herhangi bir çözüm rassal olarak seçilmekte ve işlenmektedir [17].

Şekil 4.4'te tavlama benzetimi algoritması temel adımları verilmiştir.



Şekil 4.4. Tavlama benzetimi algoritması temel adımları

2.Tavlama benzetimi işlem adımları

Güvenilir sezgisel bir araştırma algoritması başlangıç noktasına bağımlılığı az olan algoritmadır. TB'de çözüm uzayı taranırken yukarı doğru hareketler yani amaç değerinin aleyhine hareketler, değişen bir olasılık tabanlı fonksiyon ile kontrol edilir. TB genel olarak iteratif bir geliştirme algoritmasıdır. Standart bir TB algoritmasının temel adımları aşağıda verilmektedir:

Adım 1. Rasgele olarak bir başlangıç çözümü üret ve en iyi çözüm S olarak ata. Ayrıca t iterasyon indeksini 0 olarak ata.

Adım 2. Bir başlangıç sıcaklık değeri T_B belirle ve mevcut sıcaklık değeri $T_0 = T_B$ olarak ata.

Adım 3. En iyi çözümden hareketle rasgele komsu bir çözüm $S^1 \in N(S)$ oluştur.

Adım 4. Üretilen S^1 çözümüyle S çözümünün amaç fonksiyonu değerleri arasındaki farkı hesapla ($\delta = C(S^1) - C(S)$)

Adım 5. Eğer S^1 , S 'den daha iyi ($\delta < 0$) ise S çözümüne S^1 çözümünü ata. S^1 , S 'den daha kötü fakat mevcut T_t sıcaklığında ($e^{-\delta/T} > \theta$ sağlanıyorsa (θ , 0 ile 1 arasında rasgele üretilmiş bir sayıdır) S çözümü ile S^1 çözümünü yer değiştir. Yoksa S 'i mevcut çözüm olarak muhafaza et.

Adım 6. T sıcaklığını 4.3 veya 4.4'deki formüle göre değiştir.

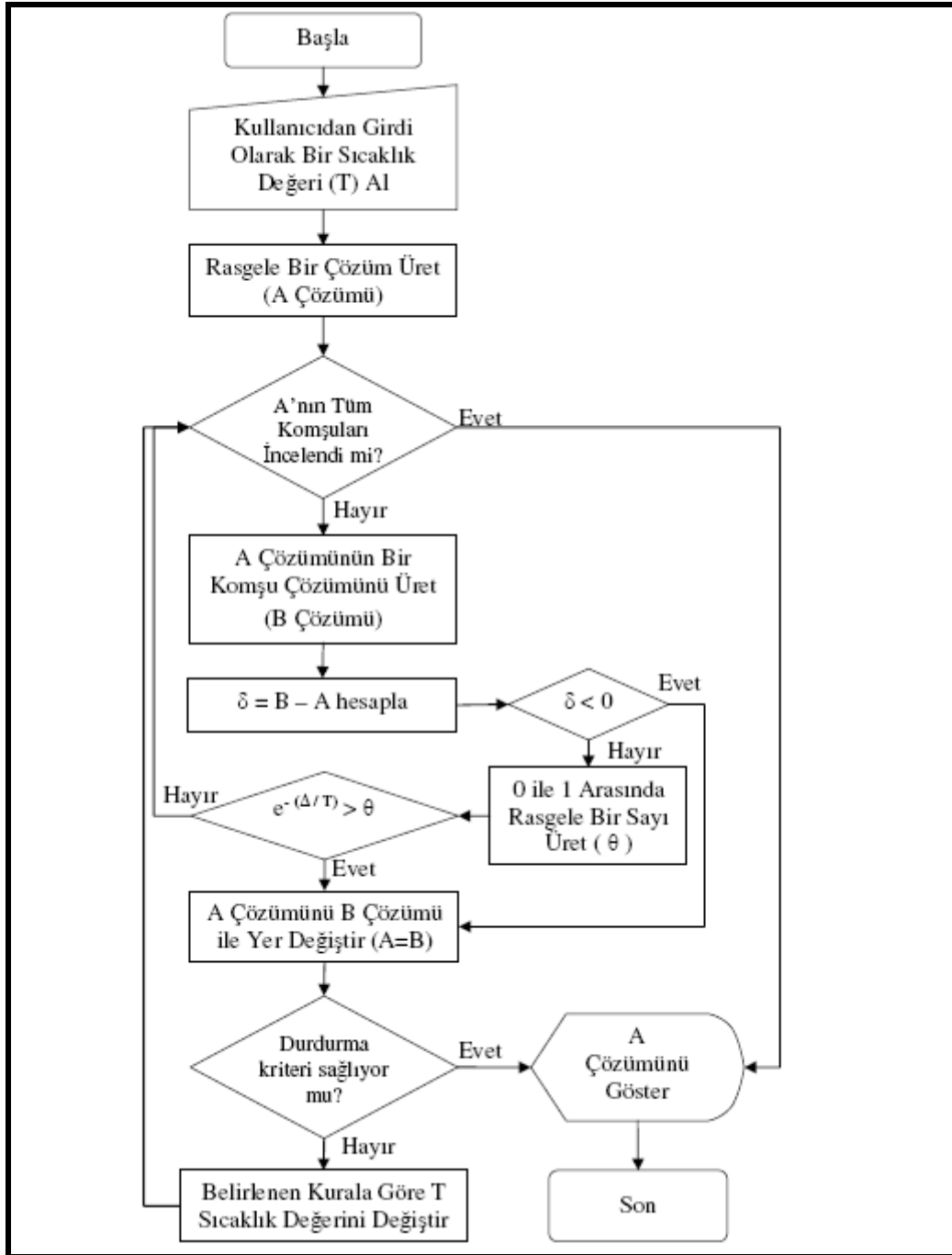
$$T_t = R \cdot T_{t-1} \quad (0 < R < 1) \quad (4.3)$$

$$T_t = t / (1 + \beta t) \quad (\beta \text{ uygun küçük bir değerdir}) \quad (4.4)$$

Adım 7. Durdurma kriteri sağlanıyorsa araştırmayı durdur, aksi halde iterasyon indeksi t 'yi bir artırarak üçüncü adıma git.

TB, bölgesel minimalardan uzaklaşmak için rastgele çıkış hareketleri kullanan modifiye edilmiş bir iteratif iniş algoritmasıdır. Yukarı doğru hareketlerin kabul seviyesi maliyet fonksiyonundaki artışın genliğine ve kontrol parametresi olarak adlandırılan sıcaklık T 'ye bağlıdır. Algoritmanın hesaplama zamanı, yukarıda verilen genel adımlara değişik fikirler ilave etmek suretiyle hızlandırılabilir. Örneğin, bunlar amaç fonksiyonundaki değişimin yaklaşık olarak hesaplanması alternatif metotların kullanılması, araştırma yapmak için iyi çözümlerin bulunduğu ümit verici araştırma bölgelerinin tanımlanması ve komşuluk büyüklüğünün belirlenmesi gibi olabilir[61].

Şekil 4.5'te tavlama benzetimi algoritması akış şeması gösterilmiştir.



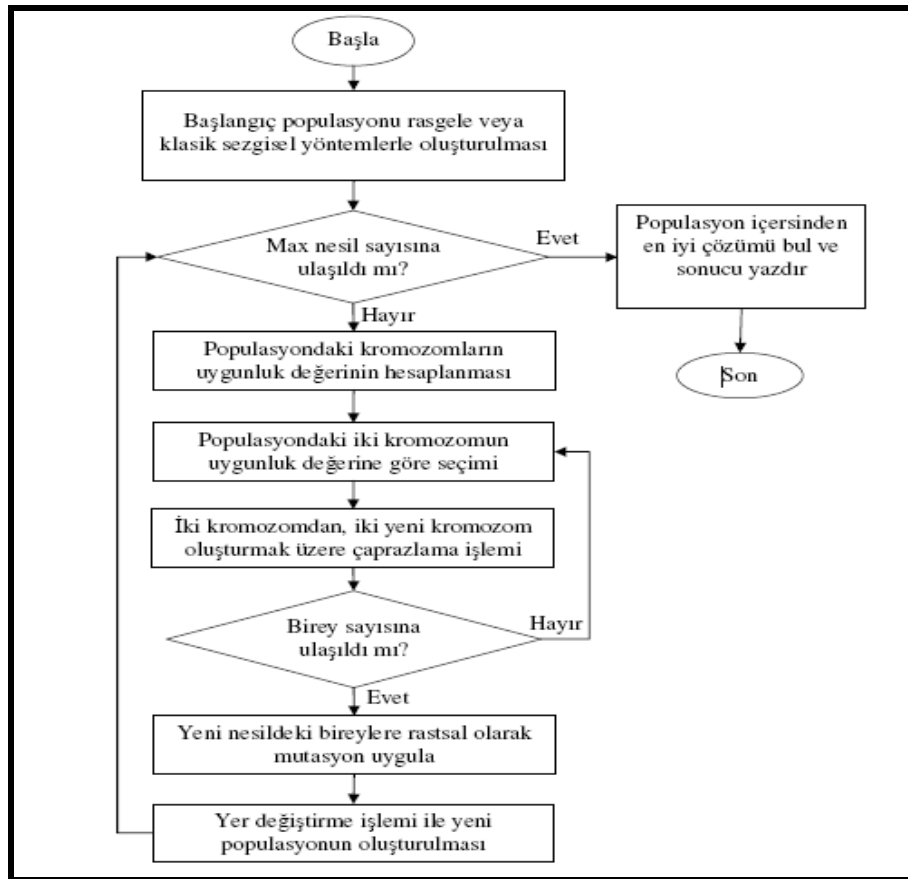
Şekil 4.5. Tavlama benzetimi algoritması akış şeması [61]

Genetik algoritmalar

GA, biyolojik sistemlerin doğal evrim mekanizmasının benzetimini yapan stokastik bir arama algoritmasıdır. GA ilk defa 1970'lerin başında John Holland tarafından

ortaya atılmıştır. Literatürde bulunan en iyileme metotları ile çözülmesi çok zor, kimi zaman da imkânsız olan ya da çözüm zamanı problemin büyüklüğü ile üstel olarak artan NP zor problemlerde kullanılan GA, en iyi ya da en iyiye yakın çözüm vermektedirler. Doğada geçerli olan "en iyinin yaşaması" prensibine dayalı olarak çalışan GA sürekli iyileşen çözümler üretir. Önceleri sadece doğrusal olmayan en iyileme problemlerine uygulanan GA, daha sonra karesel atama, çizelgeleme, gezgin satıcı, tesis yerleşimi, montaj hatta dengeleme ve şebeke tasarımı gibi kombinatoryal en iyileme problemlerine de başarıyla uygulanmıştır.

Şekil 4.6'da genetik algoritma algoritması akış süreci verilmiştir.



Şekil 4.6. Genetik algoritma akış şeması [61]

GA, yığın olarak adlandırılan, mümkün çözümlerin kodlandığı dizilerle biyolojik sistemlerin özelliğini benzeten operatörlerden oluşur. GA'nın ilk adımı başlangıç

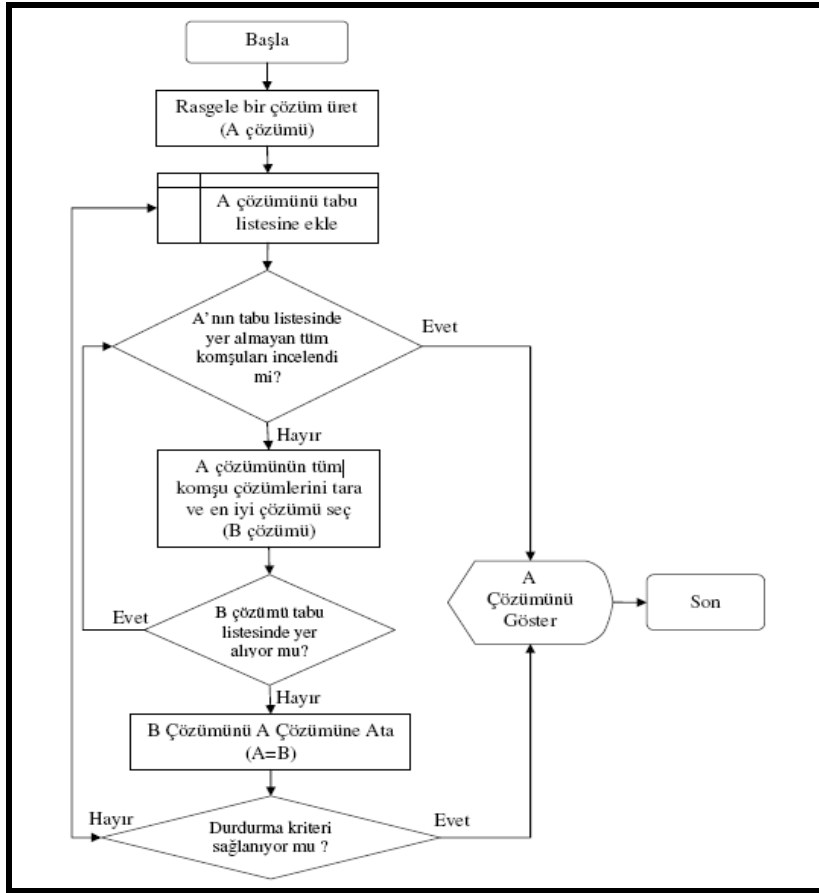
yığınının oluşturulmasıdır. Başlangıç yığını problemin tüm mümkün çözümlerinin bir alt kümesinden oluşmaktadır. Bu yığındaki her bir dizi bir kromozom olarak kodlanmaktadır. Yığın genişliğinin seçiminde problemin karmaşıklığı ve aramanın derinliği önemlidir. Bir yığında bulunan bireylerin ne kadar iyi olduğu "uygunluk fonksiyonu" ile değerlendirilir. Bu nedenle öncelikle dizilerin uygunluk değerleri hesaplanır. Basit bir GA'da probleme özgü çalışan tek kısım uygunluk fonksiyonudur. Uygunluk fonksiyonu, dizileri problemin parametreleri haline getirerek onların bir bakıma şifresini çözer ve bu parametreleri kullanarak dizilerin uygunluğunu bulur.

Çoğu zaman GA'nın başarısı bu fonksiyonun verimli ve hassas olmasına bağlıdır. İyi bir dizi, en büyükleme problemi için yüksek, en küçükleme problemi için düşük uygunluk değerine sahip olmalıdır. GA'da bir yığından gelecek ve yeni yığını oluşturacak bireyler bir seçim mekanizması ile seçilirler. Mevcut yığından gelecek yığına geçecek olan bireyler mevcut yığında en uygun değere sahip olan bireylerdir. GA'da bu işleme yeniden üretim işlemi denir. Yeni yığın oluşturulduktan sonra bu yığındaki bireyler çaprazlama ve mutasyon operatörleri kullanılarak değişime uğratılır. Bu operatörler, yeniden üretim işlemi ile seçilen yığındaki bireylerin bir kısmına belirli olasılık değerleri ile uygulanarak mevcut yığından farklı noktaların elde edilmesini sağlarlar. Çaprazlama operatörü farklı iki birey arasında bilgi değişimini, mutasyon operatörü ise bir bireyde rassal değişimi sağlayarak yeni bireylerin oluşmasına olanak verir. Bu işlem sonunda edilen dizilerin uygunluk değerleri tekrar hesaplanır. Belirlenen durdurma koşulu sağlandığında yığındaki en iyi uygunluk değerine sahip dizi problemin çözümü olarak alınır. Çaprazlama operatörü yığın içindeki farklı bireyler arasında gen değişiminin yapılarak, aynı yığın içinde farklı noktalara doğru aramanın gerçekleşmesini sağlar. Bir yığına çaprazlama operatörü (pcap) olasılığı ile uygulanır. Tek noktalı çaprazlama, 2 noktalı çaprazlama, standart çaprazlama çok sık kullanılan çaprazlama operatörleridir. GA son iterasyonlarda iyi çözümlere yakınsadığından dolayı yığındaki bireyler birbirine çok benzemektedir. Bu aşamada sadece çaprazlama operatörünün kullanılması yığındaki değişkenliği sağlayamamaktadır.

Mutasyon operatörü ise dizi içinden seçilen bir veya birkaç geni değiştirerek yığında değişkenliğin meydana gelmesine yardımcı olmaktadır. İkili düzende kodlamanın yapıldığı bir dizide rassal olarak seçilen bir veya birden fazla elemanın değeri 0 ise 1, 1 ise 0 yapılarak mutasyona uğrattılır. Böylece yeni bir birey elde edilmiş olur. Mutasyonun etkinliği özellikle algoritmanın son adımlarında kendini göstermektedir. Her yığına mutasyon operatörü (pmut) olasılığı ile uygulanır [16].

Tabu arama algoritması

TA algoritması, kombinatoriyal en iyileme problemlerini çözmek üzere geliştirilmiş ve tesis yerleşimi, çizelgeleme, ulaştırma, parti büyüklüğü gibi birçok kombinatoriyal en iyileme problemlerine başarıyla uygulanmıştır. TA algoritmasının bugünkü şekli, Glover tarafından 1989 yılında ortaya konulmuştur. TA algoritmasının en temel elemanları ve bunların işleyiş şekli aşağıda sırasıyla verilmektedir. Şekil 4.7’de tabu arama algoritması akış şeması verilmiştir.



Şekil 4.7. Standart tabu arama algoritması akış şeması [61]

1. Başlangıç Çözümünün Oluşturulması: En genel şekilde başlangıç çözümü rassal olarak elde edilir. Ancak, ilgilenilen problem için geliştirilmiş olan bir sezgisel algoritmadan yararlanarak da başlangıç çözümünün elde edilmesi mümkündür.
2. Hareket Mekanizması: Mevcut bir çözümde yapılan bir değişiklik ile yeni çözümün elde edilmesi hareket mekanizmasıyla gerçekleştirilir. Hareket mekanizmasındaki olası hareketler, mevcut çözümün komşularını oluşturur. Hareket mekanizması algoritmanın etkinliği açısından önemli olduğu için problemin yapısına bağlı olarak uygun bir şekilde seçilmelidir.
3. Aday Liste Stratejileri: TA algoritması yapılması mümkün olan, tabu olmayan ve amaç fonksiyonunun değeri açısından en iyi sonucu veren hareketlerin

seçilmesi kuralına dayalı olarak çalışır. Aday liste stratejileri mümkün hareket listeleridir. Bu listelerden hareketler belirli stratejilere göre seçilir.

4. Hafıza: TA algoritmasının temel elemanlarından birisi de hafızadır. Arama boyunca ortaya çıkan durumlar, H hafızasına kaydedilir. Bu hafıza kısa dönemli hafıza olarak adlandırılır. Yapılmasına izin verilmeyen hareketler "tabu" olarak adlandırılır ve esnek hafıza içinde "tabu listesi" adı altında kaydedilirler. Bu hareketler belli bir süre sonra tabu listesinden çıkarılır.
5. Tabu Yıkma Kriterleri: Tabu yıkma kriterleri, tabunun ortadan kalkabileceği durumları ifade etmektedir. En genel tabu yıkma kriteri, mevcut durumdan daha iyi bir sonuç verecek tabu hareketinin yapılmasına izin verilmesidir. Bu kriterin kullanılması TA algoritmasının etkinliğini artırmaktadır. Ayrıca, eğer tüm mümkün hareketler tabu ise bu hareketlerden tabu süresinin bitmesine en yakın olan bir tabu hareketine izin verilir.
6. Durdurma Koşulu: TA algoritması, bir veya birden fazla durdurma koşulunu sağlayıncaya kadar aramasını sürdürmektedir. Bu koşullardan bazıları aşağıda verilmiştir.

TA algoritması, bir başlangıç çözümü ile aramaya başlar. Algoritmanın her iterasyonunda tabu olmayan bir hareket ile mevcut çözümün komşuları içerisinde bir tanesi seçilerek değerlendirilir. Eğer amaç fonksiyonunun değerinde bir iyileştirme sağlanmışsa komşu çözüm, mevcut çözüm olarak dikkate alınır. Seçilen bir hareket tabu olmasına rağmen tabu yıkma kriterlerini sağlıyorsa, mevcut çözümü oluşturmak için uygulanabilir. Geriye dönüşleri önlemek için, bir takım hareketler tabu listesine kaydedilerek tekrar yapılması belirli bir süre için yasaklanır. Belirlenen bir durdurma koşuluna göre algoritmanın çalışması sonlanmaktadır [15].

5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, yapılan çalışmanın konusunu oluşturan sipariş toplama politikaları, AS/RS depolama sistemleri ve tavlama benzetimine ilişkin yapılan çalışmaların literatürdeki gelişimleri incelenmiştir.

Literatürde sipariş toplama sistemleri problemlerinde ve AS/RS depolama problemlerinde doğrusal programlamadan karma tamsayılı programlamaya, dinamik programlamadan analitik modellemeye simülasyondan sezgisel tekniklere kadar pek çok teknik ile çözüm arandığı gözlemlenmiştir. Özellikler son yıllarda bu problem alanlarında, programcılığın gelişmesiyle birlikte, metasezgisel yöntemlerle çözüm aranmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada literatürde kullanılan tekniklerden tavlama benzetimi tekniği kullanılarak çözüm yapılmıştır. Bu nedenle çalışmanın literatüre sağlayacağı katkı açısından sipariş toplama politikaları, AS/RS sistemleri ve TB literatürü ayrı ayrı incelenmiştir.

5.1. Sipariş Toplama Sistemlerinde Genel Yaklaşımlar Üzerine Literatür Araştırması

AS/RS sistemlerinde sipariş toplama problemleri genel olarak sezgisellerle çözülmüştür. Gudehus (1973) rafları iki eşit takıma ayırarak, alt takım ve üst takımdaki hareketlerin birbirlerine zıt olduğu takım sezgiselini kullanmıştır [18].

Paralel koridorlu sistemler de çalışmalar Ratliff ve diğerleri(1983) tarafından başlamıştır. Bu çalışmada optimal sonuca ulaşmak için optimal zamanlı dinamik programlama algoritması kullanılmıştır. Çalışmadaki varsayımlar ise, koridorlarının hepsinin dar ve uzunluklarının eşit olması, tek bir toplama alanının bulunması, sipariş yerlerinin belirgin olması ve koridorlar içerisinde geri dönüşlere izin verilmemesi şeklindedir [19].

Goetschalckx ve diğerleri (1990), tchebyshev metriğini kullanan konveks kabuk algoritmasını önermişlerdir. Algoritma tüm sipariş noktaları kapsayacak şekilde kurulur ve yeni sipariş noktalarının algoritmaya katılmasına izin vererek çalışır. Algoritma, kısa turlar için kullanışlıdır; ancak turlar uzadıkça çözüm güçleşmektedir [20].

Hall, Caron ve diğerleri (1993) tarafından yapılan çalışmalarda ise, koridorlar içerisinde geri dönüşlerin mümkün olabileceği göz önüne alınarak, birçok değişik algoritma türetilmiştir [21]. Bunlardan bazıları, Hall, Caron ve diğerleri (1993) tarafından oluşturulan analitik modele bağlı algoritma, bir diğeri ise Petersen ve diğerleri (1999) tarafından oluşturulan simülasyona dayalı algoritmadır [22].

De Koster ve diğerleri (1998) sipariş miktarına göre önceden belirlenen listelerle, raflardan üretime gönderilen tüm mümkün akış yollarını oluşturmuşlardır. Çalışmada dinamik programlamanın polinomiyal algoritmasını kullanılarak, sipariş teslim etme yolları minimize edilmeye çalışılmıştır. Bu yollar siparişe göre ileri ve geri gidişler şeklinde olmak üzere operatör tarafından belirlenmiştir. Optimal olan bu yaklaşımda malzemelerin toplandığı alan ile depolandığı alan arasındaki mesafenin sıfır olduğu varsayılmıştır. Sipariş miktarının çeşidine göre çalışmanın uygulama zorluğu doğru orantılı olarak değişmektedir [23].

McKendall vd. (1999) düzensiz şekilli departmanların bulunduğu bir depo içerisinde farklı formülasyonlar kullanarak elde tutma maliyetini minimize etmeye çalışmışlardır. Bu düzensiz yapıdaki L,O,U şeklindeki departmanlar birbirleriyle olan güçlü ve zayıf bağlarına göre Montreul'in karma tamsayılı programlama yaklaşımı kullanılarak ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. Böylece departmanlar daha düzenli bir hale gelmiş; taşıma maliyetleri minimize edilmeye çalışılmıştır [24].

Wäscher (2002) yaptığı bu çalışma ile sipariş toplama planlama problemleri ve metotları üzerine bir sınıflandırma incelemiştir. Bu çalışmada bir depo faaliyeti olan sipariş planlama bir tedarik zincirinin açık göstergesi için kritik olarak ele alınmıştır. Bu çalışmada planlama problemleri ve bunlara karşılık sunulan, maliyet azaltımı ve

toplayıcıdan ürüne olan sistemlerde müşteri servisini gelişimi için literatürde önerilen metotlara göz atılmaktadır. Bu makalede; parça lokasyonu, sipariş gruplama ve toplayıcı rotalama konuları ele alınmaktadır [25].

Zhang ve diğerleri (2002) farklı ürün tipleri için genetik algoritmaları kullanarak, verimli bir depo tasarımı oluşturmaya çalışmışlardır. Modelde, Heragu vd.'nin kullandığı varsayımlar kullanılmıştır. Depoya ürün girişinin tek bir yerden yapıldığı, taşıma ekipmanlarının kapasitesinin yeterli düzeyde olduğu ve ürün tiplerinin depo içindeki yerlerinin bilinmekte olduğu varsayımları ilave edilmiştir [26].

Molnar ve Lipovzski (2003) yaptıkları bu çalışma ile bir depodaki sipariş toplayıcılarının çizelgelenmesi ve çok amaçlı rotalanması ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Sipariş toplama süreçlerinin çizelgelenmesi ve planlanması için iki aşamalı bir model sunulmuştur. Çalışmaya göre birçok depolama sürecinde sipariş toplama süreçleri topla ve paketle prensibine göre organize edilmiştir. Bu çok kriterli optimizasyon problemi için pareto analizi tabanlı seçim yapan bir genetik algoritma geliştirilmiştir. Çizelgeleme modülünün girdileri sipariş listelerinin sonuçlarıdır. Listelerin başlangıç zamanları zaman kısıtlarını, erken/gecikme ceza maliyetlerini, ve derecelerden yararlanmayı dikkate alan simülasyon optimizasyon teknikleri ile belirlenmiştir. Sipariş toplama maliyetlerine depo maliyetlerinin hemen hemen %55'i olarak ulaşılmaktadır. Seyahat zamanları tam bir sipariş toplama turunun yarısını tüketmektedir. Bu durumda sipariş toplama süreçlerini optimize etmeye her zaman ihtiyaç vardır [81].

Broulias ve arkadaşları (2003) geliştirilmiş sipariş toplama performansı için depo yönetiminde orman endüstrisi için bir uygulama durum çalışmasını ele almıştır. Sunulan çalışma ile var olan fabrika deposunda sipariş toplama politikasını geliştirmek için düzenleme ve yönetim politikaları ele alınmıştır. Çalışmanın temel amacı, tam yönetim eksikliği ve depolanan malzemelerin türü yüzünden yüksek olan tüm toplama zamanını azaltmaktır [12].

Roodbergen ve diğerleri (2004) sipariş toplamaya ait iki farklı rota geliştirerek, taşıma mesafesini minimize etmeye çalışmışlardır. Yapılan çalışmada depo içindeki koridor sayısının optimal olduğu, ürünlerin üretime tek bir noktadan gönderildiği ve malzemelerin toplandığı alan ile depolandığı alan arasındaki mesafenin sıfır olduğu varsayılmıştır [28].

Heragu ve diğerleri (2005) depoyu beş ana bölüme ayırmışlardır. Bu bölümler; kabul, gönderme, raf depolama, ağır parça deposu, acil ve küçük parça deposu) şeklindedir. Depo alanı, ürünlerin raflarda bekleme zamanları, her bir akışta ürün taşıma maliyeti, yıllık ürün talep oranı ve kullanılan ekipmanların bilindiği varsayılarak, matematiksel modelleme yardımıyla, her bir ürünün akışı ve buna bağlı olarak fonksiyonel alanların büyüklüğü belirlenmeye çalışılmıştır [27].

Einstein (2006) yaptığı bu çalışma ile bir hat boyunca farklı sipariş toplama politikalarının optimal tasarımı ve analizini incelemiştir. Bu çalışmada farklı sipariş toplama ele alınmıştır. Farklı sipariş toplamada; bir çalışan tek bir müşteri siparişini tümünü doldurmak için gerekli olan parçaları toplamaya çalışmaktadır. Farklı sipariş toplama sadece basitliği, güvenilirliği için değil aynı zamanda verilen talimatlar doğrultusunda siparişleri çabucak topladığı için yaygındır. Bu çalışmada sipariş maliyetini azaltmak için iki yol önerilmiştir. İhtiyaç duyulan hareket mesafesini azaltmaya yardım etmek için teknoloji ilk yoldur, örneğin konveyör sistemleri ve/ya sipariş bilgisini iletmede mobil aletlerin kullanmaktır. İkinci yol ise depoların konumlandırılmasını ve ürünün en iyi yerleşimini sağlayan tasarımı düzenlemektir. Bu çalışmada üç konfigürasyonu (iki konfigürasyon genel kullanımlı, üçüncü konfigürasyon ise yeni önerilen bir algoritma) karşılaştırmak için bir stokastik model kurulur. Her üç konfigürasyon içinde optimal tasarım kurulmuştur. [82].

Roodbergen ve Koster (2007) depolarda sipariş toplamanın kontrol ve tasarımını incelemişlerdir. Bu çalışmada sipariş toplama hemen hemen her depo için en yoğun iş gücü gerektiren ve en maliyetli işlem olarak tanımlanmaktadır; sipariş toplama maliyeti, depo operasyon maliyetlerinin %55'i kadarını oluşturduğu tahmin edilmektedir. Manuel sipariş toplama sistemlerinin kontrol ve tasarımındaki tipik

karar problemleri üzerinde literatür özeti bu çalışmada verilmektedir. Bu makalede; optimal yerleşim tasarımı, stok atama metotları, rotalama metotları, sipariş gruplama ve bölgeleme konularına odaklanılmaktadır. Bu alandaki araştırmalar son zamanlarda hızla yayılmaya başlamıştır. Sipariş toplama sistemlerinde pratikte gerçekleşen gelişmeler yeni araştırma alanlarına öncülük etmektedir [8].

Galka ve arkadaşları(2007) analitik metotlar ve simülasyon ile sipariş toplama sistemleri için performans hesabı ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada müşteri servisi ve lojistik kalitesi ele alınmaktadır. Çünkü en yüksek maliyetler burada ortaya çıkmaktadır. Sipariş toplama sisteminin planlanması sistemin karmaşıklığı olarak ifade edilmektedir. Bu çalışma iki proje sonuçlarını kapsamaktadır. Bu iki araştırma projesinin amacı sipariş toplama sistemlerinin kaba planlaması için bir lojistik planlama metodu geliştirmektir. Bu nedenle iki farklı çözüm metodu incelenmiştir. İlk projede performans değerlendirilmesi sistemin simülasyonu ile yapılmıştır. İkinci projede performans değerlendirilmesi için analitik metotlar kullanılmıştır [10].

Parikh ve Meller (2007) bir dağıtım merkezinde bölge sipariş toplama ve parti sipariş toplama stratejileri arasında seçim yapmaya değinmişlerdir. Sipariş toplama stratejisi stok alanlarının yönünü belirlemektedir; bu nedenle problem için, her tipteki toplam stratejisinin maliyetini hesaplayan bir maliyet modeli önerilmiştir. Bu maliyet modelinde toplama oranı etkileri, toplama blokajı, iş yükü dengesizliği ve sınıflandırma sistem ihtiyaçları dikkate alınmıştır. Örnek bir problem aracılığıyla sistem girdilerinin, sipariş büyüklüklerinin, siparişlerdeki parça dağılımlarının ve dalga boyunun toplama stratejisi seçim kararını nasıl etkilediği gösterilmektedir [29].

Günümüzde hemen hemen tüm işletmeler, depolarında ve dağıtım merkezlerinde maliyetlerini azaltmak ve verimliliklerini artırmanın yollarını aramaktadırlar. Sipariş toplama işlemi, müşteri siparişlerinin gruplanması ve çizelgelenmesi, stokların siparişlere atanması, malzemelerin stok alanlarından toplanması ve toplanan malzemelerin hazırlanması gibi çeşitli alt işlemlerden oluşmaktadır. De Koster vd. (2007), sipariş toplama maliyetinin, toplam depo işletme maliyetinin yaklaşık %55

ini oluşturduğunu söyleyerek, sipariş toplamanın önemini vurgulamışlardır. Bu faaliyetlerde kat edilen mesafe, seyahat zamanı ve toplama işlem zamanlarının en küçüklenmesi gerektiğini belirterek, sipariş toplama maliyetinin de bu sayede en düşük seviyeye indirilmesi üzerinde çalışmışlardır [30].

Ho ve Su (2007) iki koridorlu olan bir sipariş toplama deposu için sipariş gruplama metotlarını ele almışlardır. Sipariş gruplama toplayıcıların yolculuk uzaklığını minimize etmek için depolarda kullanılan metotlardan biridir. Bu makalede, iki koridorlu ve köşelerin birinde I/O noktası olan bir sipariş toplama deposu için sipariş gruplama metotları üzerinde odaklanılmıştır. Bu metotların her biri tek kaynak-sipariş seçim kuralı ve bir eşlik eden-sipariş seçim kuralından oluşturulmuştur. On bir kaynak-sipariş seçim kuralı ve on dört eşlik eden-sipariş kuralları bu makalede ele alınmıştır. Bu kurallar daha önce ve bu makalede önerilen kuralları içermektedir. Diğer çalışmalarda önerilen kuralların, toplayıcıların yolculuk mesafesini minimize etmekte iyi sonuç verdiği gösterilmektedir. Bu kurallar amaç kıyaslaması için bu çalışmaya eklenmiştir. Daha önceki farklı çalışmalar sadece koridor ya da lokasyon tabanlı kurallar üzerine odaklanırken bu çalışma uzaklık ve alan tabanlı kurallar geliştirir. Ek olarak, iki farklı rota planlama metodu ve iki farklı koridor-toplama-frekans dağılımı bu makalede ele alınır. Bu çalışmanın amacı sadece kaynak-toplama seçim kuralları ve eşlik eden-toplama seçim kurallarının performansını araştırmak değildir aynı zamanda rota planlama metotları, koridor-toplama-frekans dağılımları, kaynak-toplama seçim kuralları ve eşlik eden-toplama seçim kurallarının karşılıklı etkileşimlerinin performansları üzerindeki etkisini ölçmektir. Bu çalışmanın sonucu yeni önerilen bu çalışmaların diğerlerinden daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir. Aynı zamanda kaynak-toplama seçim kuralları ve eşlik eden/toplama seçim kurallarının diğerlerinin performansları üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Son olarak kaynak-toplama seçim kuralları ve eşlik eden/toplama seçim kurallarının performans dereceleri; rota planlama metotları tarafından olmasa da koridor-toplama-frekans dağılımları tarafından etkilemektedir [31].

Tunç ve arkadaşları (2008) bu çalışma ile depo sisteminde sipariş toplama sürecinin iyileştirilmesi sürecini ele almışlardır. Yapılan çalışmada bir firma için; depo raf

sisteminden sipariş çekme politikası optimize edilmeye çalışılmıştır. Öncelikle parçaların raflar içerisindeki konumları incelenmiş, en uygun toplamayı gerçekleştirebilmek için mümkün rotalar belirlenmiştir. Taşıma zamanları ve maliyetleri en küçüklenecek şekilde optimal rotalar belirlenerek yeni bir depo sistemi önerilmiş ve sipariş toplama zamanlarında iyileştirmeler yapılmıştır [32].

Hsien Pan ve Wub (2008), topla ve geç depo sisteminde bir sipariş toplama hattı için stok atama problemini ele almışlardır. Bu çalışmada topla ve geç sistemleri için; toplama hattı boyunca toplayıcının kat ettiği yolu tahmin etmek amacıyla bir toplayıcının operasyonlarını Markov zinciri gibi tanımlayarak analitik bir model geliştirilmiştir. Yapılan çalışma stok atamanın özelliklerini ele almaktadır ve tek toplama bölgesi, eşit genişlikte olmayan bölgelere sahip bir toplama hattı, bir topla /geç sisteminde eşit olamayan genişlikte bölgelere sahip bir toplama hattı olması durumlarında parçaları stoğa optimal olarak yerleştiren üç algoritma önermektedir [32].

Rim ve Park (2008) yaptıkları sipariş dolum oranı maksimizasyonu için sipariş toplama planını ele almışlardır. Dağıtım merkezlerinde bazı siparişler stok yetersizliği nedeniyle tam doldurulamamaktadır. Bu çalışmada; bir siparişteki tüm parçaların stokta uygun olduğu zaman toplanması ve dağıtılması ile tam dolumu sağlanamayan siparişlerin yüksek öncelikle bir sonraki güne transfer edilme durumu dikkate alınmaktadır. Günlük stok ve bir gün boyunca ulaşan siparişlerin kümesi verildiğinde; problem, stok dolum oranını maksimize edebilecek şekilde stoğu siparişlere atamaktır. Bu problem doğrusal programlama problemi olarak formüle edilmiştir. Her siparişin önemini ifade edebilmek için ağırlıklandırılmış stok dolum oranı da ele alınmıştır. Simülasyon sonuçları; önerilen LP yaklaşımının varolan basit kuralları uyguladığı ve daha da önemlisi parça ve/ya sipariş sayısı arttıkça gelişme oranının da arttığını göstermektedir [34].

Parikh ve Meller (2008) raylı taşınabilir sipariş toplama politikası için bir uzaklık-zaman modelini incelemişlerdir. Bir dağıtım merkezindeki sipariş toplama sistemi tasarımı, anahtar kararın optimal depo sistem konfigürasyonunu(depo koridorlarının

sayı, uzunluk, yükseklik) belirlediği bir çok karara bağlı olduğu vurgulanmıştır. Bu çalışmada; depo koridorlarının verilen bir sayı ve uzunluğu için yatay uzaklık mesafesini dikkate alan ve böylelikle koridorların uzunluğunu da ele alabilinmesini sağlayacak olan öncelikli araştırma verilmiştir. Bu gibi bir model; bir sipariş toplayıcısının girdisinin daha doğru bir değerlendirmesini sağlayacak ve koridorların uzunluk ve yüksekliği arasındaki ilişkinin deneyine olanak sağlayacaktır. Girdiyi değerlendirmek için geliştirilen analitik model, olasılık modelleri ve rassal stoğu kabul eden sipariş istatistik sonuçlarına dayanmaktadır. Bu çalışma, insanın raylı sistemlerle sipariş toplama yaptığı sistemler için yapılmıştır ve tchebychev ile düz doğrusal uzaklıklar dikkate alınır. Bu makaledeki uzaklık-zaman modeli kullanımı; geliştirilen modelin içine, tek-palet-derinlik depo sistemlerini kurmak için, basit bir maliyet tabanlı optimizasyon modeli konularak anlatılmaktadır [35].

Pan ve Shih (2008) darboğaz durumunda birçok toplayıcı sipariş toplama sisteminin girdinin değerlendirilmesi durumunu incelemişlerdir. Bu çalışma bir depoda birçok toplayıcıyı içeren bir sipariş toplama sistemini araştırmaktadır. Toplama uzaklığı ve stok atama için darboğazdan kaynaklanan gecikmeleri elen alan bu gibi çoklu toplayıcı ortamı için toplama operasyonları performansını belirlemede bir girdi modeli bu makalede amaçlamaktadır. Önerilen model önce simülasyon deneyi ile geçerli kılınmıştır ve sonra sipariş toplama sisteminde stok birimlerinin farklı talep dağılımını kullanan iki popüler stok atama stratejisi altında depo girdilerini karşılaştırmada kullanılmıştır [36].

Koster ve Yu (2008) ile sipariş toplama sistem performansı üzerinde sipariş gruplamanın ve toplama alanını bölgelemenin etkisine değinmişlerdir. Bu makale; bir topla ve geç sipariş toplama sisteminde, sipariş gruplamanın ve toplama alanı bölgelemesinin ortalama sipariş giriş zamanındaki etkisini analiz etmek için kuyruk ağları teorisine dayalı bir yaklaşım modelini amaçlamışlardır. Model; siparişe göre tekrar grupları sınıflandırmak için gereken sınıflandırma süreçlerini eklemektedir [37].

Ştet (2008) depo sistemlerinde sipariş toplama operasyonlarını ele almıştır. Bir depo tasarımı ve uygun depo ekipmanının seçilmesi karışık bir karar sürecidir ve uzun süren stratejik bir karardır. Siparişlerin kabulü, kontrolü, paketlenmesi, depolanması gönderilmesi gibi fonksiyonların arasında; bir depo tasarımında en önemli fonksiyon siparişlerin toplanması prosesi olarak gösterilir. Etkili bir sipariş toplama operasyonunun geliştirilmesi ve bu toplama işlemi doğruluğunun arttırılması ürünlerin toplanması için uygun metotlarla kombine edilmiş yeni teknolojilerin bütünleştirilmesini gerektirmiştir. Klasik depo; müşteri talep ve türleri, büyük problemler yüzünden gün ve gün daha karmaşık hale gelmektedir. Bu çalışma ile depo tasarımında sipariş toplama sürecinin anlam ve önemine değinilmiştir [11].

Goyal ve Chang (2009) stoğa bağımlı talepli bir envanter için optimal toplama ve transfer politikasını ele almışlardır. Bu çalışma; perakendecinin optimal sipariş miktarı ve sipariş başına, depodan sergi alanına olan transfer sayısını belirlemek için toplama-transfer stok modeli üzerinedir. Sergi alanı miktarının sınırlandırılmış olduğu ve talep oranının sergi alanı stok seviyesine bağlı olduğu kabul edilmiştir. Amaç birim zaman başına perakendecinin elde edeceği ortalama karı maksimize etmektir. Önerilen modeller ve algoritmalar perakendecinin optimal stratejisini bulmak için geliştirilmiştir. Sayısal örnekler geliştirilen modelleri tasvir etmek için sunulmuştur ve duyarlılık analizleri yapılmıştır [38].

Meller ve Parikh (2010) dağıtım merkezindeki sipariş toplama sisteminin optimal stok sistem konfigürasyonunun belirlenmesinde anahtar bir karar olduğunu belirtmektedir. Bu kararı verirken yatay ve dikey mesafelerin ele alındığı bir girdi modeli gerekmektedir. Bu çalışma stok koridorlarının belli bir sayı ve uzunluğu için yatay uzaklıkların ele alındığı ve koridorların yüksekliklerinin de ele alındığı bir araştırma sunulmaktadır. Bu model sipariş toplayıcının girdileri için daha açık bir tahmin sağlayacaktır ve koridorların uzunluk ve genişliği arasında değiş tokuş yapılmasının denenmesine izin vermektedir. Girdiyi tahmin etmek için geliştirilen analitik model, olasılık modelleri ve rassal stoğu ele alan sipariş istatistik sonuçlarına dayanmaktadır. Bu çalışmada maliyet temelli optimizasyonu içeren seyahat zamanı modeli gösterilmektedir [74].

Hsieh ve Huang (2011) K ortalama partileme ve kendinden organize harita partileme isimli iki yeni sezgisel metodu kurmuş ve simülasyon deneyleriyle doğrulamıştır. Her iki algoritma da toplam seyahat zamanlarının performansında, ortalama toplamada araç tasarrufunda ve mikro işlemci kullanım süresinde üstün sonuçlar elde etmektedir. Bu çalışmada bunların yanı sıra stok atamayı içeren sipariş toplama sistemlerinin performansı ve farklı koşullar altında optimal politika kombinasyonlarını bulmak için toplayıcı rotalama ve sipariş gruplama konularını da araştırılmaktadır. Ayrıca operasyon yönetiminin performansının geliştirilmesi için çeşitli stratejilerin öneminin anlaşılması için duyarlılık analizleri yapılmıştır [75].

Felix ve Chan (2011) potansiyel binlerce ürün için kesin stok lokasyonlarının belirlenmesi yeni bir depo tasarımında ya da var olan bir faaliyetin yenilenmesinde depo yöneticisinin karşılaçağı ilk sorun olduğunu bu çalışma ile vurgulamışlardır. Stok atamasını etkileyen pek çok faktör vardır. Örneğin; sipariş toplama metodu, stok sisteminin genişliği ve düzeni, malzeme yönetim sistemi, ürün karakteristikleri, talep trendleri, işgücü değişim oranları ve alan ihtiyaçları bunlardan bir kaçıdır. Yukarıdaki etkenlere bağlı uygun stok atama politikalarının (rassal, adanmış ve sınıf tabanlı) ve rotalama metotlarını bu problemin üstesinden gelmek için uygun bir çözümdür. Fakat bu politikaların etkinliği birbirinden belirsizdir. Bu çalışma çoklu raf sistemine sahip ve elle toplamanın yapıldığı bir depo sisteminde stok atama problemine dayanan gerçek bir durum çalışmasının simülasyonunu amaçlamaktadır. Bu vakanın performansı taşıma uzaklıkları ve sipariş çekme süreleriyle ölçülür. Elde edilen sonuçlar stok atamasının etkili uygulamasının müşteri talebindeki malzeme çeşitleriyle depo stok sistemlerinin eşleştirilmesidir [76].

Andriansyah ve arkadaşları (2011) tarafından küçük yük iş istasyonu sipariş toplama sistemi için cebir tabanlı simülasyon dili kullanan modüler ayrık olay simülasyon modeli geliştirilmiştir. Önerilen model alanlar arası farklılıklarla sistematik olarak yapılandırılmıştır ve operasyon seviyeleri kolayca belirlenebilmektedir. Dahası alt sistemler ve dağıtılmış kontroller model yapısına uygulanmaktadır. Modelin modülerliği küçük yük sayısının ve sezgisel kontrollerin değiştirildiği deneylerle sağlanmaktadır. Simülasyon çalışması için gerçek bir endüstriyel ölçek dağıtım

merkezi referans olarak kullanılmıştır. Sonuçlanan model yapısı çeşitli sistem yapılarının ve tasarım parametrelerinin ve kontrol sezgisellerinin kolaylıkla uygulanmasına izin vermektedir [77]. Çizelge 5.1’de sipariş toplama sistemlerinde genel yaklaşımlar özetlenmektedir.

Çizelge 5.1. Sipariş toplama sistemlerinde genel yaklaşımlar

YIL	YAZAR	TEKNİK	AMAÇ /KARAR PROBLEMİ
1973	Gudehus	Sezgisel	Rafları iki eşit takıma ayırarak, alt takım ve üst takımdaki hareketlerin birbirlerine zıt olduğu durumda sipariş toplaması
1983	Ratliff ve Diğerleri	Dinamik Programlama	Belli kısıtlar ve varsayımlar altında optimal sipariş toplama politikasının belirlenmesi
1990	Goetschalckx ve Diğerleri	Chebyshev Metriğini	Kısa turlar için sipariş noktalarının belirlenmesi
1993	Hall	Analitik Modele Bağlı Algoritmalar	Koridorlar içerisinde geri dönüşlerin mümkün olabileceği varsayımı altında sipariş yolunun belirlenmesi
1998	Caron ve Diğerleri	Analitik Modele Bağlı Algoritmalar	Koridorlar içerisinde geri dönüşlerin mümkün olabileceği varsayımı altında sipariş yolunun belirlenmesi
1998	De Koster ve Diğerleri	Dinamik Programlama	Sipariş teslim etme yolları minimize edilmesi
1999	Petersen ve Diğerleri	Simülasyon	Koridorlar içerisinde geri dönüşlerin mümkün olabileceği varsayımı altında sipariş yolunun belirlenmesi
1999	McKendall	Formülasyonlar ve Karma Tamsayı Programlama	Taşıma ve elde tutma maliyetinin minimize edilmesi
2002	Wäscher	Literatür İncelemesi	Parça lokasyonu, sipariş gruplama ve toplayıcı rotalama konularının ele alınması
2002	Zhang ve Diğerleri	Genetik Algoritma	Verimli depo tasarımı
2003	Molnar ve Lipovzski	Genetik Algoritma	Bir depodaki sipariş toplayıcılarının çizelgelenmesi ve çok amaçlı rotilanması
2003	Broulias ve Diğerleri	Analitik Modelleme	Toplama zamanının azaltılması için sipariş toplama politikasını geliştirmesi
2004	Roodbergen ve Arkadaşları	Sezgisel	Sipariş toplamaya ait iki farklı rota geliştirerek, taşıma mesafesini minimize edilmesi
2005	Heragu ve Diğerleri	Matematiksel Modelleme	Depoda fonksiyonel alanların belirlenmesi
2006	Einstein	Stokastik modelleme	Sipariş maliyetinin azaltılması için optimal tasarımın araştırılması
2007	Roodbergen ve Koster	Literatür İncelemesi	Depolarda sipariş toplamının kontrol ve tasarımının incelenmesi

Çizelge 5.1.(Devam) Sipariş toplama sistemlerinde genel yaklaşımlar

YIL	YAZAR	TEKNİK	AMAÇ /KARAR PROBLEMİ
2007	Galka ve Diğerleri	Analitik Metot ve Simülasyon	Sipariş toplama sistemleri performans değerlendirilmesi
2007	Parikh ve Meller	Maliyet Modeli	Sipariş toplama stratejisinin maliyet minimizasyonu
2007	De Koster ve Diğerleri	Formülasyon ve Analitik modelleme	Taşıma ve işlem zamanının minimize edilmesi
2007	Ho ve Su	Analitik Modelleme	Rota planlama metotları, koridor-toplama-frekans dağılımları, kaynak-toplama seçim kuralları ve eşlik eden-toplama seçim kurallarının karşılıklı etkileşimlerinin incelenmesi
2008	Tunç ve Diğerleri	Rota Belirlenmesine Dayalı Algoritma	Depo sisteminde sipariş toplama sürecinin iyileştirilmesi
2008	Hsien Pan ve Wub	Markov Zinciri Temelli Analitik Modelleme	Stok atama probleminin çözülmesi
2008	Rim ve Park	Doğrusal Programlama	Sipariş dolum oranı maksimizasyonu
2008	Parikh ve Meller	Analitik Modelleme	Raylı taşımali sipariş toplama politikası için bir uzaklık-zaman modelinin belirlenmesi
2008	Pan ve Shih	Simülasyon ve Stok Atama Stratejileri	Darboğaz durumunda birçok toplayıcıli sipariş toplama sisteminin girdinin değerlendirilmesi
2008	Koster ve Yu	Kuyruk Teorisine Dayalı Simülasyon	Sipariş toplama sistem performansı üzerinde sipariş gruplamanın etkisi
2008	Ştet	Analitik Modelleme	Etkili bir sipariş toplama operasyonunun geliştirilmesi
2009	Goyal ve Chang	Toplama-Transfer Stok Modeli	Stoğa bağımlı talebe sahip bir envanter için optimal toplama ve transfer politikasının belirlenmesi
2010	Parikh ve Meller	Analitik modelleme ve Olasılık Modelleri	Person on board sipariş toplama sistemi için seyahat zamanı hesabı
2011	Hsieh ve Huang	Simülasyon	Sipariş toplama sistemlerinin performansının artırılması
2011	Felix ve Chan	Simülasyon	Çoklu raf ve elle depolama yapılan bir sistemde stok atama problemi
2011	Andriansyah	Simülasyon	Mini-Load iş istasyonu sipariş toplama sisteminin cebir tabanlı simülasyon modeli

5.2. AS/RS Depolama Sistemlerinde Genel Yaklaşımlar Üzerine Literatür Araştırması

Mansuri (1997) AS/RS sistemleri için döngü zamanı hesaplaması ve adanmış stok atamasını ele almaktadır. Bu makalede AS/RS sistemleri için adanmış stok politikası alternatiflerinin araştırılmasında bilgisayarda işletilen bir algoritma sunulmaktadır. Bu algoritma alan/ stok ataması ilişkilerinin araştırılmasını, sistem performansı üzerinde tümleşik ve bireysel etkilerinin araştırılmasını kolaylaştırmıştır [39].

Yamaguchi ve Shimoda (1997) sistem simülasyonunun kullanımıyla taşınabilir raf tipleri olan AS/RS için operasyon analizi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Üretim kaynakları için tasarlanmış olan taşınabilir raf tipli AS/RS sistemlerinin operasyon analizlerine bu çalışmada yer verilmektedir. Süreç zamanı ve süreç maliyeti her paleti kapsamaktadır. Analizler için sistem simülatörü kullanılmaktadır. İstifleyici kreynlerin hızı ve ya rafların hızı gibi operasyon durumları tam düzenlenmişse, sabit raf tipi durumuyla karşılaştırıldığında her paletin süreç zamanı çok artmayacağı açığa kavuşturulmuştur. Daha fazlası sermaye ile ilgili olan kabul edilen durumlarda; modüler raf tipli orta hızlı istif kreynlerine sahip AS/RS'lerin maliyet performansının sabit raf tipli yüksek hızlı istif kreynlerine sahip AS/RS sistemleriyle karşılaştırılabilir olduğu fark edilmiştir [40].

Lee ve Schaefer (1997) bir stok talebinin önceden bilindiği bir stok noktasına atandığı AS/RS sistemlerinde stoklama ve çekme işlemlerinin zaman bakımından sıralanmasının etkisini çalışmışlardır. Bu çalışmada benzersiz operasyon karakteristiklerini kullanarak, dinamik ve statik yaklaşımlarda optimal ve sezgisel birkaç zaman sıralaması metotları sunulmaktadır. Bu tip zaman sıralama metotlarının uygulanması adanmış stok politikalı birim yük AS/RS, küçük yük AS/RS ve özellikle rassal stok atamalı birim yük AS/RS'yi içermektedir. Zaman sıralama metotları bir stoklama ve çekme makinesinin seyahat zamanını önemli ölçüde azaltmaktadır. Böylece artan mal hareketi ve dinamik sezgisel metodun basit ve hızlı olması diğer yöntemlerden daha iyi performans göstermektedir [66].

Jacobs ve diğerleri (1998) karosel stoklarının servis düzeyinin maksimizasyonu için basit bir sezgisel yöntem öne sürmüşlerdir. İlgili çalışmada farklı malzemelerin depolandığı bir sistem ele alınmaktadır. Malzemeler gruplarda stoklardan ayrıştırılmaktadır. Bir grup her türdeki malzemenin belli bir miktarını içermektedir. Tamsayı maksimizasyon problemi, tekrar yükleme olmadan kaç malzeme grubunun çekilebileceğini maksimize etmek için kaç farklı durumda stoklama yapılması gerektiğini göstermektedir. Mümkün çözüme ulaşılmasını sağlayan ve hatalarının sınırlandırılmış olduğu basit bir sezgisel kullanılmaktadır. Metot doğrusal bir zaman almaktadır [41].

Berg ve Zijm(1999) depolama yönetimi için modeller ve örneklerin sınıflandırılmasını içeren bir literatür araştırmasına yer vermektedir. Bu makalede depolama sistemleri ve depolama yönetim problemlerinin sınıflandırılması tartışılmaktadır. Birkaç depolama sisteminin özet bir tanımlaması ve topolojisi ile makaleye başlanmaktadır. Daha sonra depolama sistemlerinin kurulması sırasında karşılaşılan; sınıflandırma, planlama, tasarım ve kontrol konularını içeren karar problemleri anlatılmaktadır. Ek olarak, her aşamada dağıtım sistem tasarımı, depo tasarımı, alan kısıtları altında stok yönetimi, stok atanması ve depolama operasyonlarının çizelgelenmesi ve atanması gibi karar vermeyi destekleyen model örnekleri ele alınmaktadır [43].

Malmberg ve Al-Tassan (2000) rassal stok atama yönetimini uygulandığı bir sistem için bütünleşik performans modeli üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmada birim yük sipariş toplama sistemlerinden daha ziyade malzeme, ekipman, stok konfigürasyonu ve faaliyet parametrelerinin önemini göstermek için bir matematiksel model formüle edilmiştir. Parti büyüklüğü düzenleme politikalarına dayalı stok alanı malzeme akış modelleri, rastgele stok sistemleri için toplam sipariş toplama/çekme alan ihtiyaçlarını oluşturulmasında sipariş toplama seyahat zamanı modelleri ile bütünleştirilmiştir. Bu sonuçlar tek ve çift komut sipariş toplama hareketleri için döngü zaman modellerini geliştirmek ve sistem performansı üzerinde alternatif dönüşümlü disiplinlerin etkisinin hesaplanması için kullanılmıştır. Birleştirilmiş model sipariş büyüklüğünün işlem performansının tahmininde, fiziksel stok alanı

ihtiyaçlarında, stok servis seviyeleri ve sistem esnekliğinde, malzemelerin sipariş toplama çıktı kapasitelerine dayanarak stok yönetimi düzenleme noktalarına uygulanmaktadır. Benzer bir problem bu modelin uygulamasının tasarım aracı gibi kullanımını tasvir etmek için beklenen sistem performansı üzerinde alternatif tasarım ve işletim senaryolarının etkisinin ölçümünde kullanılmaktadır [42].

Petersen ve Aase (2003) manuel sipariş toplama sistemlerinde toplama, stoklama ve rotalama politikalarının karşılaştırılmasını bu makalede ele almışlardır. Bu makale toplama, stoklama ve rotalama olmak üzere bu üç süreç kararının, sipariş toplamanın temel bir maliyet bileşeni olan sipariş toplayıcının seyahatinin üzerindeki etkisini incelemektedir. Yazarlar; birim zamanda bir sipariş toplayan, düzensiz stoklama yapan ve toplayıcıların rotalaması için basit bir prosedür kullanan bir dağıtım merkezinin operasyonlarına dayanan bir simülasyon modeli kullanmaktadır. Bazı toplama, stoklama ve rotalama politikaları temel politikalara bağlı olarak en büyük yüzde kazancını sağlayan süreç kararlarının belirlemek için hesaplanmaktadır. Bazı duyarlılık analizleri sipariş büyüklüklerinin etkisi, depo şekli, toplama boşaltma noktasının ve performans üzerindeki talep dağılımının incelenmesi için tamamlanmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki en büyük kazançlar küçük parti büyüklükleri yaygın olduğunda görülmektedir. Bununla birlikte sonuçlar göstermektedir ki; ortalama parti büyüklüğüne az duyarlı olmakla birlikte sınıflama tabanlı ya da hacim tabanlı stok politikalarının partileme sırasında hemen hemen aynı oranda kazanç sağlanmıştır [44].

Lee ve diğerleri (2004) M/G/1 kuyruk teorisinin kullanımıyla AS/RS için performans hesabı üzerinde çalışmışlardır. Söz konusu makalede AS/RS sistemlerinin performansının hesaplanması için bilgisayar simülasyon metodu ya da statik yaklaşımları kabul etmek genel bir yaklaşımdır. Pek çok araştırmada; yazarlar, depolama/çekme makinelerinin her operasyonda ya tek komut ya da çift komut sisteminde çalıştığını farz etmektedir ve gerçek sistemde yetersiz olan talep çeşitlerinin önceden bilindiğini kabul etmektedir. Bu makalede; bir servis ve iki kuyruklu bir kuyruk modeli olan M/G/1 modelinin kullanımıyla birim yük AS/RS sistem performansının hesabı için stokastik bir yaklaşım önerilir. Ayrıntılı olarak,

stok sayılarının ve kuyrukta bekleyen çekme komutlarının sabit durum olasılık dağılımı dönüşüm şekillerinden elde edilir. simülasyonla işlemsel karşılaştırmaya göre önerilen yaklaşım yüksek netlikle tatmin ile sonuçlanmaktadır [45].

Potrc ve arkadaşları (2004) AS/RS hızlı stoklama ve ürünlerin çekilmesi, stok alanından tasarruf sağlanması, Yüksek güvenilirlik ve daha iyi stok kontrolü, ürünlerin hasarlanmaması için arttırılmış güvenlik gibi pek çok avantajı olduğunu belirtmiştir. Bu yüzden etkin sistem çalışmasını sağlayabilmek için üretim, depolama ve dağıtımda kullanılan AS/RS'ler stoklama ve çekme işlemlerine çabuk cevap verecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu çalışmada tek ya da çok katlı depo sistemlerinde, yükseklikte eşit hacimli hücreli ve rassal stok atamanın yapıldığı bir sistemde sezgisel seyahat zamanı modellerini sunmaktadır. Önerilen modelin temel katkısı x stratejisinin uygulanması ve ortalama seyahat zamanları ile istif (S/R) makinelerinin hız profilleri ve yüksek stok raflarının farklı çeşitlerinin ilişkilerinin belirlenmesidir [68].

Kwon ve Kim (2005) bir sipariş toplayıcıya birden fazla koridorun hizmet ettiği durumlarda koridor sonu sipariş toplama sistemlerinin bir analizini incelemişlerdir. Bu makale asgari yük taşıyan istif (S/R) sistemlerinde koridor sonu sipariş toplama sistemiyle ilgilenmektedir. Sistem her koridorun önünde at nalı şeklinde bir tampona sahiptir. Konteynırları tampon noktalarına bir konveyör sistemi dağıtır. Önceki çalışmalar bir sipariş toplayıcının sadece bir koridorda çalıştığını varsaymaktadır. Genellikle bir sipariş toplayıcı işgücünden kazanç sağlamak için iki ya da daha fazla koridorda çalışmaktadır ve bu makale bir sipariş toplayıcının daha önceden hesaplanmış bir düzende birden fazla koridorda çalıştığını kabul etmektedir. Sistem sınırlı bir kuyruk uzunluğuyla bir kuyruk sistemi olarak modellenebilir ve bu makale uzun vadede sistem davranışlarını bulmak için ilave değişken teknikleriyle kuyruk modelini analiz eder. Ve daha sonra ptimal tampon miktarını bulmak için basit bir optimizasyon modeli önerir. Sonuçlar tasvir etmek için her bölümde örnekler eklenmiştir [46].

Lee ve diğerkleri (2005) AS/RS'lerdeki depolama hücrelerinin raf yapısının optimal tasarımı bu çalışma ile ele almaktadır. Bu makalede modüler hücrelerinin raflarıyla AS/RS modelleri anlatılmaktadır. Genellikle birim yük konsepti altında AS/RS sistemleri eşit ölçülü hücreli raflara sahiptir. Pek çok yazar eşit ölçülü hücreli raflara sahip AS/RS sistemlerinin tasarımını çalışmıştır. Yine de bugünkü iş yaşamında çeşitli hacimlerdeki müşteri taleplerinin karşılanmasında yetersiz ve verimsiz kalmaktadır. Modüler hücreli raflara sahip AS/RS lerin kullanımıyla depo stoklarının esnekliği ve kullanım etkinliği arttırılabilir. Önerilen modelin etkinliği ve bir karar değişkeni olarak modüler hücrelerin en iyi ölçüsü de bu makalede sunulmaktadır. Bu çalışmada geliştirilen model, ölçüsü daha esnek ve var olan raf yapısına göre yüksek alan kazancı sağlayan bir AS/RS biçimidir ve bununla birlikte bu model farklı birim yük ölçülerinin depolanması için çok kullanışlı bir alternatiftir [47].

Muppani ve Adil (2007) depo stok lokasyon ataması için stok sınıflarının verimli dizilişi için bir tavlama benzetimi yaklaşımını bu makale ile ele almaktadır. Sınıf tabanlı stok politikaları ürünleri belli bir sınıf sayısına dağıtır ve her sınıf için stok alanı olan bir bölge rezerve etmektedir. Üreticiler literatürde, stok sınıflarının dizilişinde sipariş toplama maliyetinin stok alan maliyeti yok sayılarak ele alındığını bildirmiştir. Üstelik bu prosedürlerde malzemeler sipariş indeksi başına küpleri temelinde düzenlenmektedir ve malzemeler bu sıralamayı içeren sınıflara bölünmektedir. Bu durum ikincil çözümlerle sonuçlanabilecek sınıfların oluşturulmasında pek çok mümkün ürün kombinasyonlarını ele almamaktadır. Bu makalede sınıf dizilişi için tamsayılı programlama modelinin çözmek ve bütün mümkün kombinasyonları ele alan, stok alan maliyeti ve sipariş toplama maliyetini de ele alan stok atamalarını da çözmek için tavlama benzetimi algoritması geliştirilmiştir. Rassal düzenlenmiş veri setleri üzerindeki işlemsel denemeler ve endüstriyel analizler birim yük hacmi (COI) düzenleme sınırlamasıyla sınıf dizilişi için dinamik programlamaya göre üstün sonuçlar verdiğini göstermektedir [48].

Roodbergen (2008) AS/RS sistemleri üzerine bir literatür araştırması ortaya koymuştur. Otomatik depolama ve çekme sistemleri (AS/RS) dağıtım ve üretim

çevrelerinde ürünlerin stoklanması ve stoktan çekilmesi için kullanılan sistemlerdir. Bu çalışma geçen 30 yılın çalışmaları üzerinde bir literatür taraması sağlamaktadır. AS/RS tasarımıındaki şimdiki durumun kapsamlı bir açıklaması; sistem konfigürasyonu, seyahat zamanı tahmini, stok ataması, yerleşim lokasyonu ve taleplerin sıraya dizilmesi gibi geniş konu aralığı için verilmektedir. Önerilen model ve çözüm yöntemlerinin büyük çoğunluğu sadece statik çizelgeleme ve tasarım problemlerine uygulanabilir. Artan dinamik doğadan kaynaklı giderek artan AS/RS ihtiyaçları için, geniş hesaplama zamanları ve sonlu planlama horizonları ve sistem performansını geliştirmek için yeni modellerle kurulmalıdır. AS/RS sistemlerinin tasarım ve kontrolünde gelecek araştırmaları için birkaç yeni yol da bu çalışmada tayin edilmektedir [50].

Kovacs (2009) milkrun lojistiğinin kullanıldığı bir depoda optimal stok atamasının bulunması çalışmasını bu makale ile ele almıştır. Bu çalışma çoklu komutlu sipariş toplamalarıyla karakterize edilen ve milkrun lojistiğinin kullanıldığı depolama sistemlerinde stok atama problemlerine işaret edilmektedir. Bu gibi lojistik sistemlerinde daha önceden tanımlanmış bir çizelgeye göre atölyenin üretim faaliyetleri ve depo arasında, sıklıkla farklı rotalarda farklı departmanlara hizmet eden araçlar dolaşmaktadır. Talep olasılığının; ilişkili stok atamaları problemlerinin özel durumlarına sebep olan her malzeme ve her döngüye atandığı varsayılır. Sınıf tabanlı stok politikasını bulmak için sipariş döngü zamanını, ortalama toplama çabasını, ve bu iki kriterin doğrusal bir kombinasyonunu minimize eden bir MİP modeli önerilmektedir. İşlemsel deneyler her kriter nazında klasik birim yük hacmi (COI) tabanlı stratejilere kıyasla bu makaledeki yaklaşımın %36-38 gelişme sağladığını göstermektedir [49].

Moccia ve diğerleri (2009) her göreve bir başlama ve bitiş zamanının eklendiği aralıklı zaman aralığının ele alan genelleştirilmiş dinamik atama modelini ele almaktadır. Depolamaya ilişkin ek kısıtlar da ele alınmaktadır. 3 tip tamsayı programlama modeli çalışılmıştır. En güçlü model küçük boyut ve uzaklıklarda kısa sürede çözülmektedir. Yine de bilgisayar ihtiyaçları nedeniyle büyük boyutta çözümsüz kalmaktadır. Bu yüzden doğrusal program relaksasyonunun

kullanılmasıyla düşük sınırların hesaplanmasında kolon oluşturma algoritması kullanılmaktadır. Sezgiselle entegre edilmiş olan kolon oluşturma algoritması uygun tamsayılı çözümleri bulmayı hedeflemektedir. Geniş boyutlu örneklerle yapılan işlemsel deneyler önerilen modelin etkinliğini göstermiştir [67].

Lerher, Potrc ve diğerleri (2010) koridor transferli çekme ve depolama makinası olan otomatik depolama sistemlerinde seyahat zamanının hesaplanması için seyahat zamanı modellerini sunmaktadır. Bu modeller çekme ve depolama makinelerinin hızlanma, yavaşlama ve maksimum hız gibi operasyon karakteristiklerini ele almaktadır. Düzgün dağılan stoklar, toplama koridorları ve olasılık teorisinin olduğu varsayımı altında ortalama seyahat zamanını hesaplayan kümülatif dağılım fonksiyonlarına ait ifadeler gösterilmektedir. Tek ve çift komut döngülerinde, çok koridorlu AS/RS sistemlerinin performansını ölçen işlemsel modeller ortalama seyahat zamanının hesaplanmasını sağlar. Önerilen analitik seyahat modellerinin performansını ölçmek için çoklu koridorlu AS/RS'lerin bir simülasyon modeli kurulmuştur. Çoklu koridorlu AS/RS sistemlerine ait tüm örneklerle dayanan analizler, analitik zaman modellerinde çıkan sonuçların çoklu koridorlu AS/RS simülasyon sonuçlarıyla uygun olduğunu göstermektedir. [69].

Hu ve Zhu ve Hsu (2010) AS/RS'ler stok hücrelerine rassal erişim imkânı sağlasa da öncesinde yüklerin sınıflandırılması çekme zamanını azaltmaktadır. Bu çalışmada yeni AS/RS sistemlerinde; yatay ve dikey hareketler için, ayrı ve bağımsız mekanizmaları olan yük karıştırma konusu ele alınmaktadır. Bu çalışmada bu tip AS/RS sistemleri için yük karıştırma algoritmaları sunulmaktadır ve gerekli olan çekme ve yük karıştırma zamanı analiz edilmektedir. Analizlerden ve nümerik deneylerden elde edilen sonuçlar karıştırma algoritmalarının gerçekten daha etkili olduğunu göstermektedir [70].

Pocket ve Starck (2010), bu makalenin amacı taktik depo ve stok kararlarının birbirine entegre edilmesinin sonuçları üzerinde durmuşlardır. Bu yüzden genel geçer bir depo ve stok modeli ele alınıp çözülmüştür. Bu matematiksel modeli çözmek için depo ve stok kararlarının farklı derecede entegre edildiği iki farklı çözüm

metodolojisi önerilmektedir. Sayısal testler, depo stok maliyetlerini ve depo kapasite limitlerinin değiştirilmesiyle oluşan çoklu senaryoları kullanan gerçek dünya verileriyle yapılmıştır. Bu çalışmada varılan karar stok ve depo maliyetlerinin toplamının, stok planlama kararlarında depo kapasite kısıtlarının hesaba katılmasıyla büyük oranda azalmıştır. Stok ve depo kararları için daha sofistike entegrasyon metotlarının kullanılmasıyla stok ve depolamada daha fazla kazanç sağlanabilmektedir [71].

Langevin ve Riopel (2011) tarafından ele alınan çalışmada malzemelerin depolarda yeniden yerleştirilmesi genellikle kullanılan makinalarda darboğaz olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Bu çalışma dinamik operasyon politikasının kullanıldığı bir depolama sisteminde malzemelerin yeniden yerleştirilmesinin optimizasyonunu ele almaktadır. Tamsayı programlama modeli önerilmektedir. Başlangıç çözümü elde etmek için iki aşamalı bir sezgisel model kurulmuştur. Çözümü geliştirmek için tabu arama algoritması kurulur. Yeniden düzenleme politikaları çalışmakta ve sonuç karşılaştırmaları verilmektedir [72].

Azzi ve diğerleri (2011) ele aldıkları bu çalışma ile modern üretim ve dağıtım sistemlerinde, işgücü maliyetlerini, depolama alanı ihtiyacını ve hata oranını azaltıp ürün uygunluğunu arttıran yüksek stok sistemi olan AS/RS'lerin 1950'li yıllardan beri yaygın olarak kullanıldığını belirtmektedirler. Yüksek yatırım maliyetleri yüzünden, yüksek etkinlik ve yüksek esnekliğe sahip AS/RS sistemlerinde sistemin performans hesabı teorik ve pratikte gerçekten önemlidir. Makalede seyahat zamanını hesaplayan yeni bir metot önerilmektedir. Seyahat zamanlarının hesaplanması için iki referans noktasının koordinat hesabında Monte Carlo benzetimi kullanılmaktadır. Daha önce belirtilen metotlarla ve literatürde yer alan Bozer ve White formülasyonlarından elde edilen sonuçlar karşılaştırma yapmak için Monte Carlo benzetimine aktarılır. Modelin geçerliliği birkaç endüstriyel uygulama ile ispatlanmıştır [73].

Çizelge 5.2'de AS/RS depolama sistemlerindeki genel yaklaşımlar özetlenmiştir.

Çizelge 5.2. AS/RS depolama sistemlerinde genel yaklaşımlar

YIL	YAZAR	TEKNİK	AMAÇ /KARAR PROBLEMİ
1997	Mansuri	Algoritma	AS/RS Sistemleri için Döngü Zamanı Hesaplaması ve Adanmış Stok Ataması
1997	Shimoda ve Yamaguchi	Simülasyon	AS/RS İçin Operasyon Analizi
1997	Lee ve Schaefer	Sezgisel	Adanmış stok politikalı AS/RS sistemini zaman bakımından sıralama
1998	Jacobs ve Diğerleri	Sezgisel	Karosel Stoklarının Servis Düzeyinin Maksimizasyonu
1999	Zjim ve Berg	Literatür İncelemesi	Dağıtım sistem tasarımı, depo tasarımı, alan kısıtları altında stok yönetimi, stok atanması ve depolama operasyonlarının çizelgelenmesi ve atanması gibi karar vermeyi destekleyen model örneklerinin incelenmesi
2000	Malmborg ve Al-Tassan	Matematiksel Modelleme	Rassal stok atamalı sipariş toplama sistemleri için bütünlük performans modeli
2003	Petersen ve Aase	Simülasyon	Manuel sipariş toplama sistemlerinde toplama, stokklama ve rotalama politikalarının karşılaştırılması
2004	Lee ve Diğerleri	Kuyruk Teorisine Dayalı Simülasyon	AS/RS sistemlerinin performansının hesaplanması
2004	Potrc ve Sraml	Simülasyon	Çok katlı AS/RS modellemesi
2005	Kwon ve Kim	Kuyruk Teorisine Dayalı Simülasyon	AS/RS sistemlerinde koridor sonu sipariş toplama sisteminin analizi
2005	Lee ve Diğerleri	Matematiksel Modelleme	Mevcut sistemden daha esnek ve mevcut raf yapısına göre yüksek alan kazancı sağlayan bir AS/RS tasarımı
2007	Adil ve Muppani	Tavlama Benzetimi	Sınıf dizilişi için tamsayılı programlama modelinin çözmek ve bütün mümkün kombinasyonları ele alan, stok alan maliyeti ve sipariş toplama maliyetini de ele alan stok atamalarının çözülmesi
2008	Roodbergen	Literatür İncelemesi	AS/RS tarihçesinin incelenmesi
2009	Kovacs ve Diğerleri	Karma Tamsayılı Programlama	Milkrun lojistiğinin kullanıldığı depolama sistemlerinde optimal stok atamasının bulunması

Çizelge 5.2.(Devam) AS/RS depolama sistemlerinde genel yaklaşımlar

YIL	YAZAR	TEKNİK	AMAÇ /KARAR PROBLEMİ
2009	Moccia ve Diğerleri	Sezgisel	Dinamik atama probleminin modellenmesi
2010	Lerher, Potrc ve Diğerleri	Analitik Modelleme ve Simülasyon	Otomatik depolama sisteminde sehayat zamanının hesaplanması
2010	Hu, Zhu ve Hsu	Algoritma	Yatay ve dikey hareketlerde bağımsız, yük toplama
2010	Pocket ve Starck	Matematiksel Modelleme	Depo ve stok planlaması
2011	Langevin ve Riopel	Tabu arama algoritması	Dinamik stok politikasının kullanıldığı bir sistemde yeniden yerleşim optimizasyonu
2011	Azzi ve arkadaşları	Monte Carlo Benzetimi	Seyahat zamanı hesaplanması

Tavlama Benzetimine Ait Genel Yaklaşımlar Üzerine Literatür Araştırması

Yapılan tez çalışmasında metasezgisel yöntemlerden biri olan tavlama benzetimi algoritması ile çözüm aranmıştır. Litaratür incelendiğinde, bu tez çalışmasında ele aldığımız problem olan otomatik depolama sistemlerinde tavlama benzetimine ilişkin spesifik çalışmalara ratlanmamıştır. Bu nedenle tavlama benzetiminin literatürde kullanımına örnek teşkil edecek birkaç çalışma aşağıda örneklendirilmiştir.

Bulgak ve Sanders (1988), eşzamansız montaj sisteminde ara stok seviyelerinin belirlenmesinde TB algoritmasını kullanmışlardır [51].

Haddock ve Mittenthal (1992), bir üretim sisteminde toplam beklenen kârı en büyük yapacak parametre düzeylerini bulmak için TB önermişlerdir [52].

Ahmed ve Alkhamis (1998), kesikli stokastik eniyileme problemlerini çözmek için TB ile sıralama ve seçim metotlarının birlikte kullanıldığı yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Önerilen algoritmada her seviye için belli sayıda arama yapılarak genel eniyi aranmaktadır. Bu algoritmada, TB algoritmasının her iterasyonunda sıralama ve seçim algoritması kullanılarak yeni komşular elde edilmektedir [53].

Barbarosoğlu ve Özdamar (2000) farklı komşuluk geçiş şemalarının analizini ve genel üretim yapısına sahip çok aşamalı kapasiteli parti büyüklüğü dinamik probleminin çözümünde genel tavlama benzetimi prosedürünün etkisini analiz etmektedirler. Her birinin farklı çözüm alanını ifade ettiği önerilen komşu geçiş şemaları değişik kısıt çeşitlerinin gevşetilmesine bağlıdır. Deneyler, çözüm alanını genişletmenin farklı kısıtların eliminasyonu sonucu açığa çıkan infizibilitiyi içeren etkisini göstermektedir. Deneyler TB performansının çözüm alanının darlığına bağlı olduğunu göstermektedir. Sonuçlar yapılan TB araştırma sayısının, sonuçları doğrusal olarak artan hesap zamanlarına rağmen geliştirdiğini göstermektedir [78].

Syam (2002) stok tutma, sipariş verme, taşıma gibi bazı lojistik maliyetlerini içeren özellikle geleneksel faaliyet yerleştirme modellerini ele almıştır. Yerleşim ve lojistik maliyetleri yüksek oranda ilişkili olduğu için bu makale optimal yerleşimi, akışları, sevk bileşenlerini ve sevk etme döngü sürelerini belirleyerek fiziksel dağıtım maliyetlerini minimize etmeyi amaçlar. Langarian relaksasyonuna dayanan iki sezgisel metot işlemsel deneylerle karşılaştırılmaktadır [79].

Tang (2004) tavlama benzetimi tekniklerine ve bu teknikleri parti büyüklüğü belirleme problemlerinde kullanımına geniş yer vermiştir. İkili matris kullanarak parti büyüklüğü kararlarını ifade etmiştir, bu model kombinatoriyal optmizasyon problemi gibi stok ve üretim problemlerini modellemeye hazırdır ve TB ile çözüm aramaktadır. Deneyler algoritmanın farklı durumlarının, özellikle tavlama çizelgesinin çözüm kalitesini nasıl, etkilediğini anlamak için yapılmıştır [80].

Çizelge 5.3'te tavlama benzetimi literatürü özet halde verilmiştir.

Çizelge 5.3. Tavlama benzetimi literatürüne genel bakış [63]

YIL	YAZAR	AMAÇ /KARAR PROBLEMİ	Tavlama Benzetimi Çalışması
1990	Eglese	Genel	Genel TB metodolojisinin tanımlanması
1990	Vernekar vd.	Şebeke Tasarımı	Bilgisayar şebekesi kaynak yeri için TB kullanımında bir ilk (dogrusal formülasyon)
1991	Feterolf ve Anandanlingham	Şebeke Tasarımı	Doğrusal olmayan formülasyon
1993	Lockwood ve Moore	Ormancılık	Ağaç biçmede operasyonel planlama
1996	Marin ve Salmeron	Demiryolu	Demiryolu taşımacılığı için şebeke tasarım modeli
1997	Bailey vd.	Personel Çizelgeleme	Hemşire çizelgeleme için optimal/yaklaşık optimal çözüm
1997	Campbell	Personel Çizelgeleme	Pilot uçuş çizelgeleri için sözleşme devretmeleri
1997	Gemmill	Projeler	Kaynak kısıtlı problemler için optimal ve yaklaşık optimal çözümler
1997	Lai	Cutting Stock	Büyük bir Çin yayın firmasında uygulama
1998	Foerster ve Wascher	Sıralama	Endüstriyel kesme operasyonları için minimum sipariş hızı
1998	Leonardo	Yerleşim	İşleme merkezlerinin akış yerleşimi
1998	Rhompson ve Downsland	Ders Programı Hazırlama	Üniversiteler için sınav çizelgeleme
2003	Jayaraman ve Ross	Şebeke Tasarımı	Dağıtım şebekesi tasarımı ve yönetimi
2006	Moghaddam ve Diğerleri	Kapasiteli Araç Rotalama	Toplam dolaşılacak uzaklık ve filo maliyetinin minimize edilmesi
2007	Moghaddam ve Diğerleri	Kapasiteli Araç Rotalama	Filo maliyetinin minimize ve kapasite kullanımının maksimize edilmesi
2007	Downsland ve Diğerleri	Nakliye	Depolama ve taşıma büyüklüklerinin belirlenmesi

6. UYGULAMA ÇALIŞMASI: OTOMATİK DEPOLAMA VE BOŞALTMA SİSTEMİNDE OPTİMUM ÇEKME POLİTİKASININ BELİRLENMESİ

6.1. Firma Tanıtımı

ASELSAN Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş. 1975 yılı sonunda Türk Silahlı Kuvvetleri' nin haberleşme ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla Kara Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı öncülüğünde bir anonim şirket olarak kurulmuş, Dr. M. Hâcim KAMOY' un Genel Müdür olarak atanmasını takiben yatırım çalışmalarını kısa sürede tamamlayarak ve 1979 yılı başlarında Ankara Macunköy Tesisleri' nde üretim faaliyetine geçmiştir.

ASELSAN kuruluşundan bu yana ileri teknolojiye dayalı olarak, programlı bir şekilde müşteri ve ürün yelpazesini genişletmiş olup, bugün modern elektronik cihaz ve sistemler geliştiren, üreten, tesis eden, pazarlayan ve satış sonrası hizmetlerini yürüten entegre bir elektronik sanayi kuruluşu haline gelmiştir.

ASELSAN, farklı yatırım ve üretim yapısı gerektiren proje konularına bağlı olarak;

- Haberleşme ve Bilgi Teknolojileri Grup Başkanlığı,
 - Savunma ve Sistem Teknolojileri Grup Başkanlığı,
 - Radar, Elektronik Harp ve İstihbarat Sistemleri Grup Başkanlığı,
 - Mikroelektronik, Güdüm ve Elektro-Optik Grup Başkanlığı
- olmak üzere dört ayrı grup başkanlığı bünyesinde örgütlenmiştir.

Ürünler

- Askeri Telsizler
- Taktik Haberleşme Sistemleri
- Kamu Güvenliği Haberleşme Sistemleri
- Aviyonik, Uydu ve Deniz Haberleşme Sistemleri
- Deniz Sistemleri
- Elektronik Harp ve İstihbarat

- Savunma ve Silah Sistemleri
- Komuta Kontrol Sistemleri
- Radar Sistemleri
- Elektro-Optik Sistemler
- İnsansız Sistemleri
- GÜDÜM ve Seyrüsefer
- Aviyonik Sistemler
- Mikroelektronik
- Trafik Sistemleri

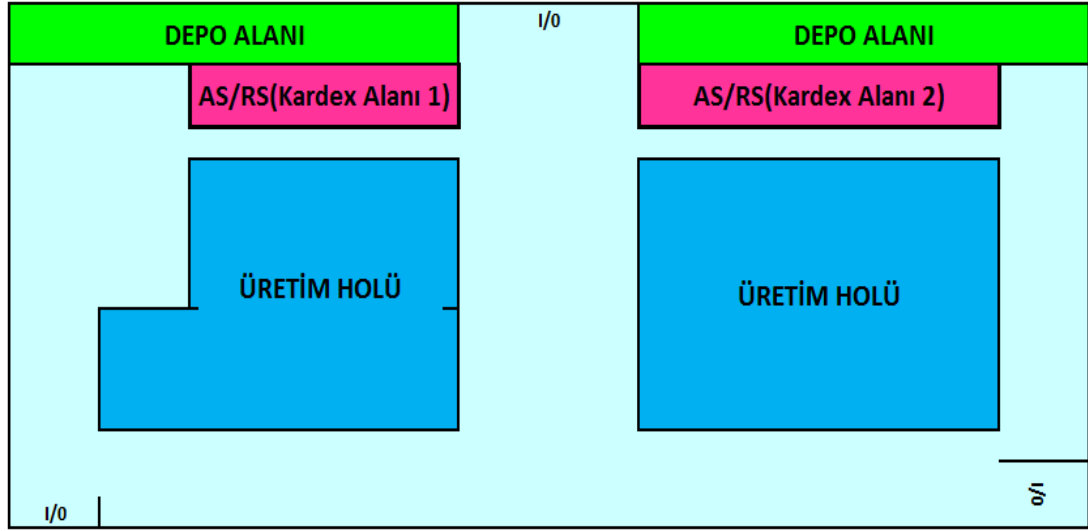
6.2. Ele Alınan Sistemin Mevcut Özellikleri

Yapılan çalışma ASELSAN A.Ş Akyurt Tesislerinde Üretim Planlama Müdürlüğü depolama alanında otomatik depolama sistemi olarak kullanılan Kardex(AS/RS) depo alanındaki eksikliklerden kaynaklanan problemlere çözüm getirmek amacıyla yapılmıştır.

Şekil 6.1’de çözüm aranılan problemin var olduğu depo alanının genel gösterimi verilmiştir. Şekil 6.2’de ise problemin ele alındığı depo alanının ayrıntılı gösterimi oluşturulmuştur.



Şekil 6.1. Üretim holü ve depo genel gösterimi



Şekil 6.2. Üretim holü ve depo alanı ayrıntılı gösterimi

Mevcut Depo Sistemin Özellikleri

- Mevcut sistemde tüm depo alanında olmak üzere, özellikle AS/RS (Kardex) alanında çok yoğun bir şekilde stok hareketi vardır; yani sipariş toplama faaliyetleri sıklıkla yürütülmektedir. AS/RS küçük yük tipte bir AS/RS'dir.
- Sipariş toplama sırasında kullanılan benimsenmiş bir sipariş politikası yoktur. Günlük talep ve ortaya çıkan ihtiyaçlar doğrultusunda sipariş toplaması gerçekleştirilmektedir.
- Sipariş toplama işlemi işgücü yoğun bir çalışmadır fakat mevcut işgücü sipariş toplama faaliyetlerini tam olarak karşılayabilecek sayıda değildir.
- Sipariş toplama işlemleri sırasında yoğun bir doküman dolaşımı vardır. Sipariş toplama için tutulan doküman verileri sürekli olarak bilgisayar sistemine işlenmektedir.
- Malzemeler AS/RS'ye adanmış stok politikasının özelliklerine uygun yerleştirilmektedir. Yani her ürünün depolanacağı yer önceden belirlidir.
- AS/RS'de depolanan malzemeler ABC analizine göre sınıflandırılmış malzemelerdir.

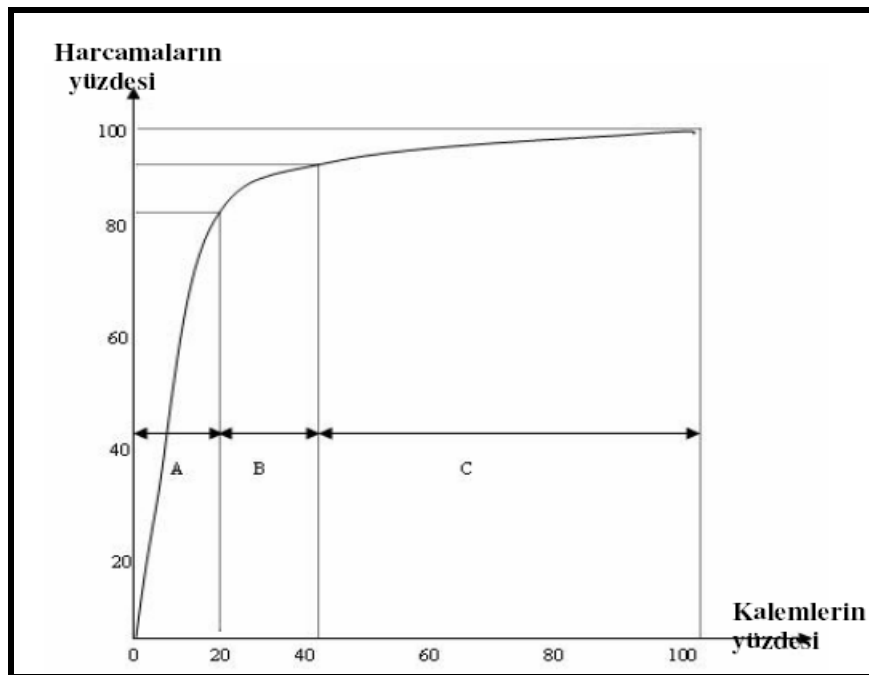
6.2.1 ABC analizi

Malzeme yönetimi, her yıl binlerce ve hatta milyonlarca işlemle uğraşmak zorundadır. Malzeme yöneticileri, işlerini etkin bir biçimde yapmak için önemsiz ayrıntılarla uğraşmaktansa önemli konular üzerinde yoğunlaşmalıdırlar.

Stok kontrol prosedürleri, çok yakın kontrol gerektiren kalemleri, az kontrol gerektirenlerden ayırmalıdır. Stok kalemlerinin sınıflandırılması Stok Kontrol Yönetimi'ne, dikkatini hangi noktada yoğunlaştırması gerektiğini gösteren bir çalışmadır.

Genellikle tüm stok kalemlerine çok ayrıntılı stok kontrol analizleri uygulamak ekonomik değildir. Stok kalemlerinin küçük bir kısmı, toplam stok değerinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Genellikle düşük maliyetli kalemleri büyük miktarlarda alıp bunların üzerinde az bir kontrol uygulamak ekonomik bir yaklaşımdır. Buna karşılık değerli kalemler az miktarlarda alınıp, bunlara çok yakın kontrol uygulanır.

Bu yöntemin temelini oluşturan ilke ilk kez General Elektrik firması araştırmacılarından H. Ford Dickie tarafından ortaya atılmıştır. ABC ilkesi olarak adlandırılan bu yöntem, stok kontrolünün yanı sıra; satış veya dağıtım, kalite kontrolü, ürün çeşidi, malzeme tedariki ve üretim plânlama sorunlarında da başarı ile uygulanma olanağı bulmuştur. Stok kalemlerinde ABC yöntemi, stok kalemlerinin toplam içindeki birikmiş yüzdelerine göre sınıflandırılmasından ibarettir. Stokları parasal değerlerine bağlı olarak üç sınıfta toplamak, işletme açısından yararlı bir yaklaşım olacaktır. Bu yaklaşım ABC analizidir. Şekil 6.3 ABC sınıflandırma sisteminin genel gösterimidir.



Şekil 6.3. ABC sınıflandırma sistemi

A Grubu: Bu tür stoklar, işletme açısından büyük önem taşımaları yanında, yüksek maliyetleri nedeniyle, görece düşük miktarlarına rağmen büyük yatırım maliyetine neden olan stoklardır. İşletmeler bu tür malzemeleri en az yeterlilik düzeyinde tutarken, stok kontrollerini en yüksek düzeyde sağlayarak, maliyetlerini azaltmaya çalışırlar. Toplam miktarın % 15-20'sini toplam değer %75-80'ini oluştururlar.

B Grubu: Orta dereceli maliyete ve öneme sahip malzemelerden oluşan stoklardır. Miktar olarak %20-25, değer olarak %10-15’lik payları vardır.

C Grubu: İşletme açısından en az öneme sahip olup maliyet olarak düşük düzeydeki stoklardır. İşletmeler bu tür malzemelerden ellerinde bol miktarda tutabildikleri gibi, yüksek düzeydeki bir stok kontrole gereksinim duymazlar. Miktar olarak %60-65, değer olarak salt %5-10'luk paya sahiptirler. ABC sınıflandırmasının esas amacı, dikkati, doğrudan yıllık en fazla harcamalara neden olan kalemlere toplamaktır. Eğer A sınıfı için stok düzeyleri azaltılabilirse, stok yatırımlarında çok önemli düşüşler sağlanabilir [54].

6.2.2. Adanmış stok politikası

Alternatif stok yerleşim sistemi politikaları, stok yerlerine atanmalarına göre sınıflara ayrılmıştır. Alternatif stok yerleşim sistemi politikaları dört sınıfa ayrılacak olursa; adanmış stok, rastgele stok, sınıf bazlı adanmış stok ve paylaşımlı stok alanları olarak listeleyebiliriz. Hem stok alanı gerekliliği, hem de malzemelerin stok alanlarına atanması dikkate alınmıştır. Adanmış stok, sabit stok boşluğu anlamına gelmektedir. Her stoklanacak ürün için, belirli stok yerleri veya stok adresleri atamasını içermektedir.

Adanmış stok politikası(atama modeli) genel gösterimi

Adanmış Depo Yerleşimi Politikası Atama Problemi'nin formülasyonu aşağıda sunulmuştur.

Parametreler:

s: Depo yerleşimlerinin sayısı

n: Depolanan ürünlerin sayısı

m: G/Ç noktalarının sayısı

S_j : Depo yerleşimlerinde belirtilen j ürün için depo gereksinimleri

T_j : Birim zamandaki depo erişimlerinin sayısı olarak açıklanan j ürün için üretilen ürün iş ya da faaliyet düzeyi

$P_{i,j}$: j ürünü için i girdi çıktı noktalarından yapılan depo erişim turlarının yüzdesi

$t_{i,k}$: i G/Ç noktaları ve k depo erişimi noktaları arasında yapılan turlar için gereken zaman [55].

Karar değişkeni:

$$X_{j,k} = \begin{cases} 1, & \text{eğer ürün } j \text{ depodaki } k. \text{ erişim yerine atanırsa} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

Formülasyon:

$$\text{Min } f(x) = \sum_{t=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s T_i / S_j (p_{i,j} * t_{i,k} * x_{j,k})$$

k.a,

$$\sum_{j=1}^n x_{j,k} \geq 1 \quad k=1 \dots s \text{ için} \quad (6.1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{j,k} \leq S_j \quad j=1 \dots n \text{ için} \quad (6.2)$$

$$0 \leq x_{j,k} \leq 1 \quad \text{her } j \text{ ve } k \text{ için} \quad (6.3)$$

6.3. Mevcut Problemin Tanımlanması

Var olan sistemde depo alanında bulunan otomatik depolama ve çekme (AS/RS) sistemlerinde kullanılan sipariş toplama politikası optimal sipariş miktarının toplanabilmesi ve çekilmesi için yetersiz kalmaktadır. Genellikle AS/RS' den bireysel siparişler toplanmaktadır, belli bir sipariş grubu oluşturarak sipariş toplama oranlarının doldurulması gibi bir hedef yoktur. Bir malzeme otomatik depodan çekilirken FIFO gibi bir prensip kullanılmamaktadır, talebe bağlı olarak malzeme otomatik depodan çekilmektedir.

AS/RS sistemindeki malzemeler; depoya adanmış stok politikasına göre yerleştirilmiştir ve toplama sıklığı yüksek olan malzemelerin hangi malzemeler oldukları hesaplanmamaktadır. Bu gibi nedenlerle AS/RS sisteminde, siparişler toplanırken işçinin boş beklemesi ve zaman kayıpları çoktur. Bu boş beklemlerin temelinde sıklıkla toplanan malzeme türlerinin hangi malzemeler olduğunun tam olarak bilinmemesi ve bu tarz malzemelerin AS/RS üzerinde birbirine uzak noktalarda konumlandırılmış olmaları, sistemin ihtiyaçlarını yüksek oranda karşılayacak bir sipariş toplama politikasının belirlenmemiş olması gibi faktörler yer almaktadır.

Bir depolama sistemindeki maliyetlerin %55'e yakın kısmına sipariş toplama zamanları neden olmaktadır. Bu durum da göz önüne alındığında işletmede sipariş toplama esnasında ortaya çıkan beklemlerin hem zaman hem maliyet hem de yapılan işin kalitesini önemli miktarlarda etkilediği gözlemlenmektedir. Ayrıca

sipariş toplama faaliyetlerinin işgücü yoğun bir faaliyet olması ve sipariş toplama sırasında ortaya çıkan boş beklemler nedeniyle işgücünün aşırı yüklenmesi durumu ortaya çıkan problemlerden bir diğeridir.

6.4. Uygulama ve Çözüm Önerileri

Bu tez çalışması ASELSAN A.Ş Akyurt tesislerinde ambarda bulunan otomatik depolama ve çekme sistemi (AS/RS) için yapılmıştır.

Firmada AS/RS’de malzemeler adanmış stok politikasına uygun olarak depolanmaktadır. Yani bir malzeme ambara yeni giriş yapıldığı zaman nerede depolanacağı önceden bellidir. Malzemeler AS/RS’de kullanım önceliği ya da kullanım sıklığına göre depolanmamaktadır.

Yapılan çalışmada adanmış stok politikasına temelinde matematiksel model önerilmiştir. Firmanın gereksinimleri göz önünde bulundurularak adanmış stok politikasının temel modeline atama maliyetinin yanı sıra bir takım maliyet kalemleri ve karar değişkenleri eklenmiştir. Çalışmada AS/RS sistemlerinde optimal sipariş miktarının bulunması hedeflenmektedir. Bu nedenle adanmış stok politikasında yer alan atama maliyetinin yanı sıra, malzeme çekme/talep maliyeti ve stoklama maliyeti de eklenmiştir. Geliştirilen bu model belirli malzeme sayısı ve belli zaman aralığında optimal sonuç vermektedir. Bu nedenle ele alınan AS/RS’lerde optimal sipariş miktarının bulunması probleminin NP zor bir yapısı olması nedeniyle, çözüm alanı büyüdükçe geliştirilen modelin fizibilitesini ve optimalliğini yitirmesi nedeniyle devam eden aşamada problem metasezgisel yöntemler ile çözülmeye çalışılmıştır.

Metasezgisel tekniklerle çözüm aranmasının pek çok sebebi vardır. Birincisi metasezgisel yöntemler optime yakın çözüm vermektedir. Bu yöntemleri kullanmak diğer yöntemlere oranla daha az maliyetlidir. Metasezgisel yöntemlerle çözüm bulma süresi daha kısadır. Mevcut probleme çözüm getirmek için tercih edilen teknik ise tavlama benzetimi tekniğidir. Tavlama benzetiminin tercih edilmesinin nedeni tavlama benzetiminin çözüm süresinin diğer metasezgisel

tekniklere göre daha kısa olmasıdır. Bunun yanı sıra tavlama benzetimi yerel optimumdan kurtulup genel optimuma ulaşmayı sağlayan bir yapıdadır. Bunun yanı sıra minimizasyon problemlerinde genellikle daha etkin çözüm vermektedir.

6.4.1. Adanmış stok politikası ve geliştirilen matematiksel model

Stoklama sistemlerinin kapasitesinin belirlenmesinde mevcut sistemde adanmış stok politikası uygulanmaktadır. Adanmış stok politikasında her ürüne atanmış bir stok alanı vardır. Bu durum kapasitenin yeterince kullanılmamasına sebep olmaktadır. Bunun yanı sıra stokların takibi ve bu politikanın uygulanması kolaydır.

Adanmış Stok Politikası Özellikleri

1. Her ürün kendine önceden atanmış yerlere yerleştirilir.
2. Stoklama alanının kapasitenin altında kullanımına yol açar.
3. Uygulanması ve stokların izlenmesi kolaydır.

Stoklama için gerekli alan sayısı;

$$M_d = \sum \max_t I_j(t) \quad j=1 \dots n$$

M_d = stoklama için gerekli alan sayısıdır.

AS/RS gibi otomatik depolama sistemlerinde stok alanı sayısı belirli olduğu için stoklama alan sayısının hesaplanmasına gerek yoktur.

Adanmış stok politikasına stokta tutma maliyetinin ve sipariş çekme maliyetinin eklendiği matematiksel model

Geliştirilen modelden optimum sonuç alabilmek için belirli varsayımlar kabul edilmiştir. Bu varsayımlar kabul edilerek kurulan modelin mevcut sistemin ihtiyaçlarını gerçek anlamda karşılaması hedeflenmiştir.

Mevcut sistemde, AS/RS sisteminde çok fazla sayıda ve çeşitte ürün depolanmaktadır. Bu nedenle her malzeme her stok noktasında depolanabilir. Bu

nedenle her stok noktası eşit kullanım oranına sahiptir. Her stoklama noktasında depolanacak maksimum stok miktarı bilinmektedir. İki kapılı sistem için çözüm aranmaktadır. AS/RS’de depolanan malzemelerin stoklama noktasına olan uzaklıkları bilinmektedir. Bu nedenle malzemelerin I/O kapısına olan uzaklıkları hesaplanmamıştır. Literatürde yer alan çalışmalarda, özellikle değişken stoklu sistemlerde I/O noktasına olan uzaklıklar hesaplanmıştır.

Modelde kullanılan varsayımlar

1. Her ürünün stoklama noktası ihtiyacı bilinmektedir.
2. Ürünlerin sevkiyatı için işlem gördüğü iki I/O kapısı bulunmaktadır.
3. Her stoklama noktası ile I/O kapısı arasındaki uzaklık bilinmektedir.
4. Tüm stoklama noktaları eşit kullanım oranlarına sahiptir. Bu her malzemenin her stok noktasına atanabilir olduğu anlamına gelmektedir.
5. Adanmış stok politikası uygulanmaktadır.

Notasyonlar;

j = malzeme tipi

k = stoklama noktası

r = I/O kapısı

a = Bir stoklama noktasındaki bölme sayısı (sistem özelliğine göre seçilecek raf bölmesi sayısı)

t = zaman kısıtı (ay)

m_{jt} = j ürününün t zamanında ürününün ihtiyaç duyduğu stoklama noktası sayısı

p_{jr} = j ürününün r I/O kapısı vasıtasıyla birim zaman başına ortalama taşıma (stoklama/çekme) miktarı

s_{rk} = r I/O kapısından k stoklama noktasına taşıma uzaklığı

c_{jkt} = j malzemesi k stoklama noktasına t zamanında atama maliyeti

h_{jkt} = j malzemesi k stoklama noktasına t zamanında depolama maliyeti

I_{jkt} = j malzemesinin k stoklama noktasında t zamanında stoklama miktarı

D_{jkt} = j malzemesinin k stoklama noktasından t zamanında çekilme miktarı

Q_{jkt} = j malzemelerinin k stoklama noktalarından aynı t zamanında çekilen miktar toplamı

Amaç= Stok atama maliyetinin, stok atamaları sırasında meydana gelen sipariş çekme ve stokta tutma maliyetlerinin minimize edilmesidir.

$$C_{jkt} = \sum_{r=1}^R (P_{jr}/M_{jt}) * s_{rk} \quad \forall j,k,t,r \text{ için} \quad (6.4)$$

P_{jr}/M_{jt} = taşıma sayısının

Karar Değişkenleri

$$x_{jkt} = \begin{cases} 1, & \text{Eğer j malzemesi k stoklama noktasına t zamanında atanmışsa} \\ 0, & \text{diğerde} \end{cases}$$

Kurulacak model karar değişkeninin yapısı itibariyle karma tamsayılı programlama(mixed integer programming) modelidir. Bu problem çok ürünlü sistemlerde t zaman aralığında stoklama ve çekmenin yapıldığı üretim sistemi modellerinin adanmış stok politikasına uyarlanmış halidir.

Matematiksel Model Kapalı Form

$$\text{Min } \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{md} \sum_{t=1}^T C_{jkt} * x_{jkt} + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{md} \sum_{t=1}^T C_{jkt} * D_{jkt} + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{md} \sum_{t=1}^T h_{jkt} * I_{jkt}$$

Kısıtları altında;

$$\sum_{k=1}^{md} x_{jkt} = m_{jt} \quad \forall j,k,t \text{ için} \quad (6.5)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T x_{jkt} \leq a \quad \forall j,k,t \text{ için} \quad (6.6)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{md} I_{jkt} = 0 \quad t=0 \text{ için} \quad (6.7)$$

$$\sum_{k=1}^{md} D_{jkt} = Q_{jkt} \quad \forall j,k,t \text{ için} \quad (6.8)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{md} \sum_{t=1}^T I_{jkt+1} - \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{md} \sum_{t=1}^T I_{jkt} - \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{md} \sum_{t=1}^T X_{jkt} + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{md} \sum_{t=1}^T D_{jkt} \leq a \quad \forall j,k,t \text{ için} \quad (6.9)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{md} \sum_{t=1}^T I_{jkt} \leq a \quad \forall j,k,t \text{ için} \quad (6.10)$$

$$X_{jkt} \in (0,1) \quad \forall j,k,t \text{ için} \quad (6.11)$$

$$I_{jkt}, D_{jkt}, h_{jkt} \geq 0 \quad \forall j,k,t \text{ için} \quad (6.12)$$

Amaç Fonksiyonu

Amaç fonksiyonunda 3 tip maliyet fonksiyonu yer almaktadır. Amaç fonksiyonunda maliyet minimizasyonu hedeflenmektedir.

1. Kısım

İlk kısımda adanmış stok politikasının temel maliyet kalemi olan stok atama maliyeti yer almaktadır. Bu kısım ile bir malzemeyi AS/RS de yer alan bir noktaya atamanın maliyeti minimize edilmektedir.

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{md} \sum_{t=1}^T C_{jkt} * X_{jkt}$$

2. Kısım

İkinci kısımda ise sipariş çekmenin maliyeti minimize edilmeye çalışılmaktadır. Mevcut problemimizde optimal sipariş politikasının bulunması hedeflenmektedir. Bunun için de temel şart sipariş çekme maliyetinin minimize edilmesidir.

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{md} \sum_{t=1}^T C_{jkt} * D_{jkt}$$

3. Kısım

Üçüncü kısımda ise temel atama problemine stokta tutma maliyeti de eklenmiştir. Çünkü mevcut sistemde malzemeler AS/RS sisteminde belli lokasyonlara atanmaktadır. Kesikli sipariş politikasına yani siparişe dayalı üretim yapıldığı için stoğa atanan malzemeler belli bir süre stokta beklemektedir. Bu kısım ile stokta tutma maliyetinin de hesaba katılması ve minimize edilmesi sağlanmaktadır.

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{md} \sum_{t=1}^T h_{jkt} * I_{jkt}$$

Eş. 6.4'te adanmış stok politikası için birim atama maliyetinin hesaplanması sağlanmaktadır. Matematiksel model formüle edilirken kapalı haliyle denkleme yazılmıştır.

Eş. 6.5'te adanmış stok politikası temelinde, stokta yer alan malzemeler için yapılacak atama sayısı toplamının depodaki stoklama noktası sayısına eşit olması sağlanır. Yani herhangi bir j ürününün t zamanında atandığı k alan sayısı toplamının herhangi bir j ürününün t zamanında ihtiyaç duyduğu stoklama noktası sayısına eşitler. Stoktaki tüm parçaların depoda bir noktaya atanmasını sağlar.

Eş. 6.6'da bir j ürününün herhangi t zamanında atandığı k stoklama noktasına en fazla a sayıda atanmasını, çekilmesini ve stokta tutulmasını sağlar. Çünkü mevcut AS/RS sisteminin fiziksel özellikleri göz önünde bulundurulduğunda bir rafın a bölmeli olması nedeniyle bir k depolama noktasına en fazla a defa atama yapılabilir.

Eş. 6.7'de başlangıç zamanı olan t=0 zamanında başlangıç herhangi bir j ürününden bir k stoklama noktasında başlangıç stoğu tutulmamasını sağlar.

Eş. 6.8'de kısıt herhangi bir j ürününden t zamanında k stoklama noktasından çekilen malzeme miktarının o çevrimdeki toplam sipariş miktarına eşit olmasını sağlar.

Eş. 6.9 denge denklemidir. t zamanında j malzemelerinin stoklanacağı ve çekileceği k stoklama noktası sayısının a 'yı geçmemesini sağlar. Çünkü her raf a bölmedir. Yani bir malzemeden stokta toplam tutulacak miktar ile talep miktarı arasındaki fark en fazla a kadar olabilir.

Eş. 6.10 herhangi bir j ürünü için t zamanında k stoklama noktasında a defadan fazla depolanma yapılmamasını sağlar. Mevcut sistemin özellikleri nedeniyle bu kısıt konmuştur. Geliştirilen model ile bir k noktasında a 'dan fazla depolama yapılması kısıtlanmaktadır.

Eş. 6.11 atama modelinin 0, 1 tamsayılı kısıtlamasıdır. Bu kısıt bir ürünün bir noktaya ya atanacağını ya da atanmayacağını 0, 1 ile ifade etmektedir.

Eş. 6.12 stoklama sayısı, çekme sayısı ve stoklama maliyetinin pozitif olma şartını sağlamaktadır.

6.4.2. Matematiksel model çözümü ve yorumu

Literatür incelendiğinde stok atama konusunun [67] ve adanmış stoklama politikasının [39], [66] ele alındığı pek çok çalışmaya rastlanmaktadır [76]. Bu çalışmalar ile adanmış stok politikasına farklı bakış açıları ile çözüm aranmıştır.

Mansuri'nin (1997) AS/RS sistemleri için döngü zamanı hesaplaması ve adanmış stok atamasını ele aldığı çalışmada kurulan algoritmalar ile stok politikası alternatifleri değerlendirilmektedir [39].

Lee ve Schaefer (1997) yaptıkları çalışma ile adanmış stok politikasına göre stoklama yapılan birim yük ve küçük yük AS/RS sistemlerinde stoklama ve çekme işlemlerinin zaman bakımından sıralanmasını incelemişlerdir.. Bu makalede benzersiz operasyon karakteristiklerini kullanarak, dinamik ve statik yaklaşımlarda optimal ve sezgisel birkaç zaman sıralaması metotları sunulmuştur. Zaman sıralama

metotları bir stoklama ve çekme makinesinin seyahat zamanını sezgisel tekniklerle azaltılmaya çalışılmıştır [66].

Felix ve Chan (2011) stok atamasını etkileyen faktörlerin üzerinde durmuşlardır. Stok atamasını etkileyen faktörlerin; sipariş toplama metodu, stok sisteminin genişliği ve düzeni, malzeme yönetim sistemi, ürün karakteristikleri, talep trendleri, işgücü değişim oranları ve alan ihtiyaçları olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada stok atamasını etkileyen faktörlere uygun stok atama politikalarının (rassal, adanmış ve sınıf tabanlı) ve rotalama metotlarının kullanılmasıyla stok atama problemine uygun çözümün bulunacağı öngörülmektedir. Yapılan çalışma ile çoklu raf sistemine sahip ve elle toplanan yapıldığı bir depo sisteminde stok atama problemine dayanan gerçek bir durum çalışmasının simülasyonu amaçlanmıştır [76].

Bu Çalışma İle Kurulan Modelin Literatüre Kazandırdıkları

[39], [66] ve [76] ile literatüre kazandırılan çalışmaların yanı sıra mevcut çalışmada adanmış stok politikası ile stoklama sistemine farklı bir bakış açısı kazandırılmıştır. Problemin ele alındığı gerçek sistemde adanmış stok politikası ile stok ataması yapılmaktadır. Temel stok atama modeli [55] sadece stok atama maliyetinin minimize edilmesini hesaplarken geliştirilen modele stokta tutma maliyetinin ve stoktan sipariş çekme maliyetinin minimize edilmesi amacı da eklenmiştir. Bunun dışında temel stok atama kısıtlarına eklenen denge denklemi kısıtı ve toplam talep sayısı kısıtı ile stok atama, stokta tutma ve stoktan çekme maliyetleri minimize edilirken aynı zamanda birim talep sayısının ve toplam stok çekme sayısının bulunması sağlanmıştır.

Geliştirilen matematiksel model karma tamsayılı doğrusal bir modeldir. Bu model küçük boyutta optimal çözüm vermektedir. Fakat çözüm zamanı arttırıldığında ve çözüm alanı genişletildiğinde model çözümsüz hale gelmektedir. Bu durum da ele aldığımız problemin NP zor yapıda bir problem olduğunu ispatlamaktadır.

Geliştirilen matematiksel model GAMS(22.6) programı kullanılarak çözülmüştür. GAMS programında veri olarak kullanılan değerler firmadan temin edilmiş değerlerdir. Model 6 birim zamanda koşturulduğunda 72 stoklama noktası ve 103 malzeme için 2466. iterasyonda optimal sonuç vermiştir. Minimize edilen maliyet toplamı ise 32044 birim TL olmuştur. Aynı model 7 birim zaman için koşturulduğunda ise çözüm bulunamamıştır. Modifiye edilmiş adanmış stok politikası modeli kapalı yazım EK-1, Modifiye edilmiş adanmış stok politikası modeli için gams kodu GAMS kodu EK-2, Modifiye edilmiş adanmış stok politikası modeli için gams çıktısı penceresi EK-3 'te verilmiştir.

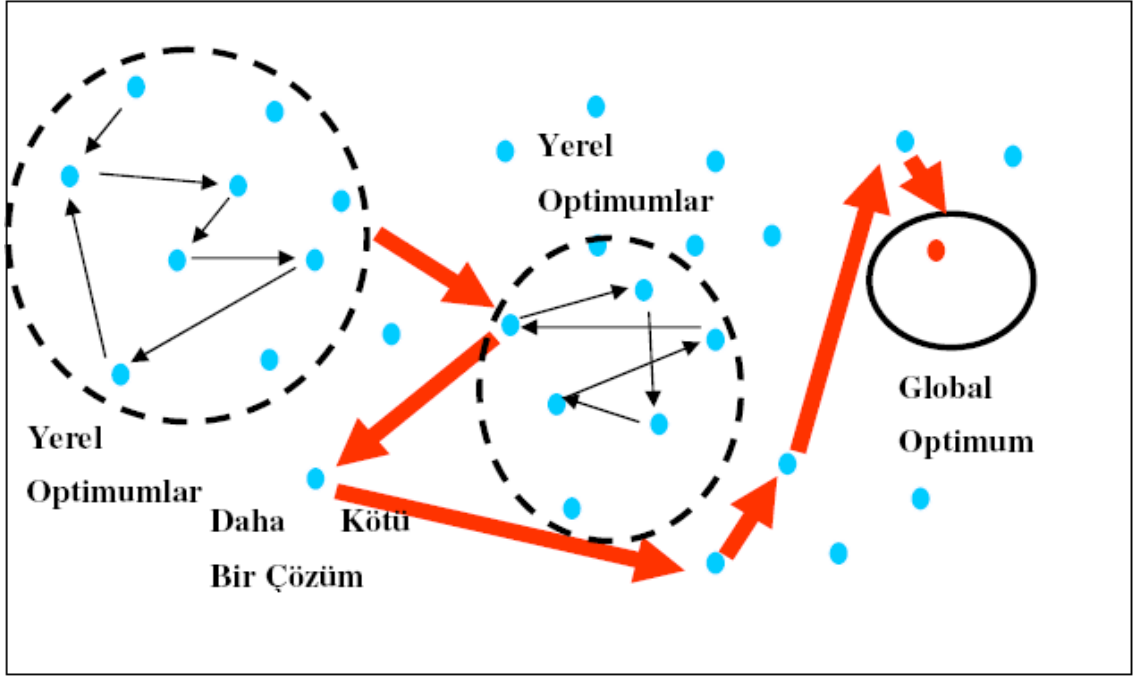
Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde sipariş politikalarına göre AS/RS'lerde optimal sipariş miktarının belirlenmesi NP zor bir problemdir [30]. Ayrıca yapılan çalışmalar incelendiğinde, problem boyutu büyüdüğünde doğrusal optimizasyonun yeterli sonuç veremediği ve bu nedenle sezgisel tekniklere geçiş yapıldığı da görülmektedir [44].

Matematiksel modelin çözümlerini değerlendirdiğimizde bu modelin uzun zaman aralığında ve malzeme sayısının arttığı durumlarda optimal çözüm veremediği gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra ele alınan firmaya ait sistemde siparişe dayalı üretim yapılıyor olması nedeniyle depodaki stoklama ve çekme miktarları çok değişkendir. Bu nedenle mevcut problemde çözüm ararken karar değişkenlerinin artması, problem boyutunun sürekli büyümesi, müşteri talep ve isteklerinin gelişen teknolojiyle birlikte artması nedeniyle metasezgisel bir teknik olan tavlama benzetimiyle çözüm aranmıştır.

6.4.3.Tavlama Benzetimi Yöntemi İle Çözüm

Modelin çözümünde sezgisel algoritmalarından Tavlama Benzetimi Algoritması kullanılmıştır. Şekil 6.4'te akış diyagramı verilen Tavlama Benzetimi Algoritması malzeme yoğunluklarının mevcut sistem verilerinin kullanılarak hesaplandığı ve benzetim algoritmasında girdi olarak kullanıldığı çok ürünli, çok dönemli ve çok

stoklama noktasına sahip bir AS/RS sisteminde maliyetlerin minimizasyonu için uygulanmıştır. Şekil 6.4'te tavlama benzetimi çözüm arama süreci gösterilmektedir.



Şekil 6.4. Tavlama benzetimi çözüm arama süreci

Tavlama Benzetimi Algoritması kısıtsız bir optimizasyon yöntemidir. Direkt olarak eşitlik ve eşitsizlik kısıtlarının uygulanmasını sağlayamaz. Ancak; ceza fonksiyonu yaklaşımı ile bu kısıtların amaç fonksiyonunu etkilemesini sağlar ve istenilen yönde çözüme ulaşılmasına yardımcı olur[62].

Tavlama Benzetimi Algoritması

Çizelge 6.1. Kurulan Modele Ait Tavlama Benzetimi Algoritması [62]

Begin
Başlangıç çözümü seç
Başlangıç sıcaklığı seç ($t=100$)
Sıcaklık azaltım fonksiyonu belirle
repeat
repeat
Yeni bir komşu çözüm üret
if (yeni - eski) < 0 then yeni çözümü seç
else begin
[0,1] aralığında rassal sayı üret (r)
if $\exp(-(yeni-eski)/t) > r$ then yeni çözümü seç
end
until iterasyon sayısına kadar
$t = f(t)$;
until ($t < 0$) veya uygun çözüm bulununcaya kadar
End

Çizelge 6.1’de verilen algoritma Visual Studio programlama dilinin içerdiği 5-6 alt platformdan biri olan C# programlama dili ile kodlanmıştır. Algoritma detayı aşağıdaki bölümlerde anlatılmıştır. Tavlama benzetimi arayüz ekranı EK-4’te sunulmuştur.

Hazırlanan tavlama benzetimi algoritmasında ilk olarak parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Yukarıda da bahsedilen parametrelerden ilki, başlangıç sıcaklığı olmuştur, yani hangi sıcaklık değerinden başlanarak soğutulacağını belirlenmiştir. Daha sonra da, bu sıcaklık değerinin nasıl azalacağını gösteren sıcaklık azaltım fonksiyonu belirlenmiştir. Ayrıca, her bir sıcaklık değerinde yapılması gereken arama sayısının da belirlenmesi gerekmektedir. Yani her sıcaklık değeri azaltımında belli sayıda yeni çözüm oluşturularak bunlar içerisindeki en iyi çözüm araştırılmaktadır. Durdurma koşulu ise sıcaklığın sıfıra inmesi olarak kabul

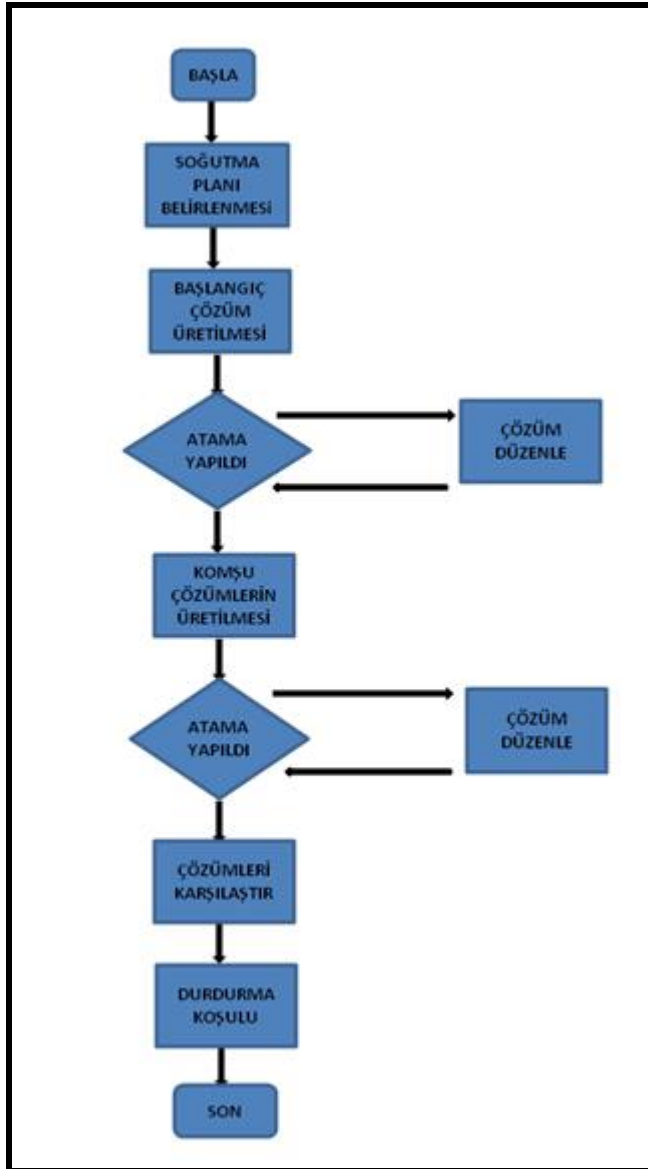
edilmiştir. Aşağıda, bu çalışmada geliştirilen tavlama benzetimi algoritması adımları anlatılmıştır.

Algoritma Adımları

1. Soğutma planı belirlenmiştir.
2. Toplam atama yapılabilecek tepsi sayısı belirlenmiştir.
3. Başlangıç çözüm üretilmiştir.
 - Başlangıç çözüm üretilirken malzeme taşıma yoğunluğu 1'den büyük olanlar en yakın olan rafa atanır.
 - Başlangıç çözümü belirlerken her malzeme atamasında 0-1 arası rassal bir değer atanır.
 - Malzeme taşıma yoğunluğu 0,5-1 arasında olanlardan A grubu malzemeler 0-0,75 arası olasılıkla, B grubu malzemeler 0,75-0,9 arası olasılıkla, C grubu malzemeler 0,9-1 arası olasılıkla yakın raflara atanır. Aksi halde orta raflara atanır.
 - Başlangıç çözümü eldeki "en iyi çözüm" olarak algoritma mevcut çözümüne atanır.
4. Daha sonra komşu çözüm üretilir. Eğer komşu çözüm "algoritma mevcut çözümünden" daha küçükse eldeki en iyi çözüm komşu çözümün değerini alır ve "en iyi çözüm" ile kıyaslanır. Ondan da küçükse en iyi çözüm olarak da atanır.
5. Belirlenen sıcaklık değerine ulaşıncaya kadar yeni çözüm üreterek eski çözümle karşılaştırma işlemi devam eder. Eğer komşu çözüm, "algoritma mevcut çözümünden" kötü ise 0-1 arası bir rassal değer atanır ve tavlama benzetimi exp formulasyonuna göre, komşu çözüm daha fazla maliyetli olmasına rağmen, kabul aralığında ise "algoritma mevcut çözümü" olarak atanır. Tavlama benzetiminin bir özelliği olarak, daha iyi olmayan bir çözüm de belli bir olasılıkla kabul edilebilmektedir. Bu olasılık değerinin hesaplanması eldeki en iyi çözüm ve bulunan yeni çözüm karşılaştırıldığında, elde edilen yeni çözüm eldeki en iyi çözümünden daha iyi olmadığı durumlarda ortaya çıkmaktadır. Bu durumda; belirlenmiş parametrelerle olasılık değeri hesaplanarak bu olasılık değerine göre, daha kötü olan bir çözüm kabul edilebilmiştir. Bu aşamanın amacı; yukarıda da bahsedildiği gibi yerel en iyi

çözümde takılıp kalmayı engelleyerek, kötü bir çözümden daha iyi bir çözüme atlayabilmeyi sağlamaktır.

6. Belirlenen sıcaklık değerine ulaşıldığında ve iterasyonlar tamamlandığında çözüm uzayının aranması bitmiş ve eldeki en iyi çözüm bulunan optimal çözüm olarak kabul edilmiştir.



Şekil 6.5. Kurulan tavlama benzetimi algoritmasına ait akış diyagramı

Modelin Çözümü

1.Aşama

Matematiksel model ile 103 malzeme için optimal çözüm elde edilmiştir. Tavlama benzetiminin etkinliğinin ölçülebilmesi açısından 103 malzeme için kurulan TB algoritması koşturulmuştur. Yapılan denemede; $T=200$ sıcaklığında $t=5$ sıcaklık azaltım fonksiyonu için $N=100$ deneme ile yapılan çalışmada minimize edilen maliyet toplamı 36000 TL olarak elde edilmiştir. Bu durum aynı boyuttaki çözüm alanında matematiksel model ile elde edilen maliyetin daha az olduğunu göstermektedir. Çizelge 6.2’de maliyet değeri, çözüm alanı, çözüm niteliği, çözüm süresi ve deneme sayısı bakımından matematiksel modelleme ve TB ile elde edilen çözümler karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 6.2. 103 adet malzeme için matematiksel modelleme ve tavlama benzetimi karşılaştırması

	MATEMATİKSEL MODEL	TAVLAMA BENZETİMİ 103 MALZEME İÇİN
MALİYET(MİN)	32044	36000
ÇÖZÜM ALANI	103 adet malzeme	103 adet malzeme
ÇÖZÜM NİTELİĞİ	Optimal	Optimale yakın
ÇÖZÜM SÜRESİ	7 sn	4 sn
DENEME SAYISI	2466 iterasyon	2000 iterasyon

2.Aşama

Mevcut sistemde 1660 kalem malzemenin depolanmakta olduğu AS/RS sisteminde stok atamalarının, bunun yanı sıra stokta tutma ve stoktan çekme maliyetinin minimize edilebilmesi için hazırlanan programda ilk olarak yukarıda bahsedilen parametreler girilmektedir. Bu parametrelerin farklı değerlerine göre, farklı denemelerde farklı sonuçlar elde edilmektedir. Yapılan çalışmada, her parametre sırayla değiştirilip, geriye kalanlar aynı tutularak denemeler yapılmıştır. Aşağıda elde

edilen sonuçlar yer almaktadır. Diğer parametreler sabit olmak ($f(t) = 0.995t$; her sıcaklıktaki tekrar sayısı: $N=100$) üzere, sıcaklık değerinin değişimine göre elde edilen bazı sonuçlar Çizelge 6.3'te verilmiştir.

Çizelge 6.3. Sıcaklık değişimine göre sonuçlar

DENEME	SICAKLIK	AMAÇ FONKSİYONU
1	100	85293,33
2	200	84758,33
3	300	84810,00
4	400	85890,00
5	500	86703,33

Çizelge 6.3'e göre gibi en düşük maliyet, $T=200$ 'de elde edilmistir. Bu aşama hangi sıcaklık değeri ile çözüm aranmasına devam edileceğini belirlemektedir.

Sıcaklık değerinin giderek artırılması yapılan aramaların sayısının artması anlamına gelmektedir. Bu sıcaklık değerlerine göre yapılan arama sayıları arasında oldukça büyük bir fark bulunmasına rağmen, arama sayısının artması aslında çözümü iyileştirmemiştir. Bunda, tavlama benzetiminin olasılıklı bir yaklaşım olmasının ve iteratif yapısının etkisi bulunmaktadır. Aynı şekilde, $T=400$ değerinde de, $T=300$ değerine göre daha kötü bir sonuç elde edilmiştir. Sonuçta en iyi amaç fonksiyonu değerini veren $T=200$ çözümü seçilmiştir.

Sıcaklık parametresinden sonra, sıcaklık azaltım fonksiyonunda değişiklik yapılmıştır. Elde edilen en iyi sıcaklık değeri, $T=200$ olduğu için bu değerde tutulup ve $N=100$ olarak sabitlenerek t değiştirildiğinde elde edilen sonuçlar Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Çizelge 6.4. Sıcaklık azaltım fonksiyonu değişimine göre sonuçlar

DENEME	t	AMAÇ FONKSİYONU
1	1	86060,00
2	2	85748,33
3	3	85516,67
4	4	84521,67
5	5	84161,67

Çizelge 6.4'e göre en düşük maliyet $t=5$ değerinde elde edilmiştir. Bu aşamada ile $T=200$ sıcaklığı ve $t=5$ sıcaklık azaltım fonksiyonuna sahip iken çözüm aranmasına devam edileceği belirlenmiştir.

Sıcaklık azaltım fonksiyonu, yukarıdaki bölümde de bahsedildiği gibi, belirlenen sıcaklık değerinin hangi aralıklarla azalarak durdurma koşuluna ulaşılabileceğini belirleyen fonksiyondur. Yani sıcaklık azaltım fonksiyonu da arama sayısını belirlemektedir. Burada, t değerinin artırılması aslında sıcaklığın daha hızlı azaltılması anlamına gelmektedir. Böylece, durdurma koşuluna daha çabuk ulaşılmaktadır. $t=5$ değerinde en düşük maliyetin elde edilmesi bu durumu kanıtlamaktadır.

Yukarıda elde edilen en iyi değerler, sıcaklık, $T=200$ ve $t=5$ olarak sabitlenip, n değiştirildiğinde elde edilen sonuçlar Çizelge 6.5'te görülmektedir. N değeri de ulaşılan her sıcaklık değerinde yapılacak arama sayısını göstermektedir. Bu nedenle, N değerinde yapılacak değişiklikler arama sayısını, dolayısıyla arama yapılan çözüm uzayının büyüklüğünü değiştirmektedir.

Çizelge 6.5. Tekrar sayısına göre sonuçlar

DENEME	TEKRAR SAYISI	AMAÇ FONKSİYONU
1	100	83341,67
2	200	83100,00
3	300	83003,33
4	400	81476,67
5	500	81016,67

Çizelge 6.5'te görüldüğü gibi tekrar sayısının artmasıyla, maliyette azalma sağlanmıştır. Tüm denemeler özetlenecek olursa maliyet azaltımına ilişkin elde edilen en iyi değer $T=200$ $t=5$ ve $N=500$ deneme iken toplam maliyetin 81016,67 TL olmasıyla elde edilmiştir. 200 derece sıcaklık azaltım fonksiyonu=5 ve deneme sayısı= 500 iken 1660 kalem malzeme için depolama yerleşimine ilişkin arayüz EK-4'te verilmektedir.

Tavlama benzetimi tekniğinin bir özelliği olan rassallık nedeniyle, yapılan çeşitli denemelerde dalgalanmalar olduğu görülmektedir. Yani TB algoritması, çözüm uzayının daha farklı bölgelerine giderek en iyi çözümü aramak için belli bir olasılıkla daha kötü bir çözüme atlayıp, daha önce geçtiği ve daha iyi olan çözümlere tekrar ulaşamamıştır. Bunun anlamı, farklı parametre değerlerinde değişiklik yapılması ve iterasyon sayısının artırılması, çözüm uzayının daha büyük bir bölgesinin aranmasını sağlasa da, daha iyi bir çözümü garanti etmemektedir. Hazırlanan programda bahsedilen bu parametreler değiştirilerek çeşitli denemeler yapılabilmektedir.

Elde Edilen Kazançlar

Geliştirilen matematiksel model temel adanmış stok politikasındaki atama maliyetinin minimize edilmesinin yanı sıra, stokta tutma ve stoktan çekme maliyetlerinin de minimize edilmesini sağlayacak şekilde geliştirilmiş matematiksel modeldir (bkz. 6.4.1 ve 6.4.2). Tavlama benzetimi de bu model esas alınarak geliştirildiği için tavlama benzetiminde AS/RS içerisinde malzemelerin yeniden yerleşimi aynı zamanda stokta tutma maliyetinin ve stoktan çekme maliyetlerinin de minimize edilmesini sağlayan yerleşimdir.

Tavlama benzetiminde matematiksel çözüme uygun olan çözümün yanı sıra, ele alınan depoda stoklanan ve çekilen 1660 kalem malzeme için 2010 yılı içerisindeki malzeme yoğunlukları ve malzeme gruplarına (A,B,C grubu) göre yerleşim yapılması sağlanmıştır. Mevcut sistemde malzemelerin atanacağı yerler önceden bellidir. Fakat geliştirilen matematiksel model ve tavlama benzetimi ile malzeme yoğunluklarına ve malzeme gruplarına göre yeniden yerleşim yapılarak iyileştirme

sağlanmıştır. Ele alınan firmanın savunma sanayi için üretim yapan bir firma olması nedeniyle mevcut yerleşim verilememektedir.

Bunun yanı sıra tavlama benzetimi mevcut sisteme uygulanabilir ve dinamik bir yapıya sahiptir. Malzeme yoğunluklarına ve malzeme gruplarına ilişkin değişimler Excel tablosu ile tavlama benzetimine girildiği takdirde ele alınan depolama içinde malzemelere ait yeni yerleşim elde edilmektedir. Böylelikle maliyeti minimize edecek şekilde malzeme yerleşiminin değiştirilebilir olması sağlanmaktadır.

Mevcut durumdaki depoda yer alan 1660 kalem malzemeye ait stok yerleşiminin maliyeti 221450 TL iken tavlama benzetimi ile aynı miktarda malzeme için elde ettiğimiz yerleşim, stok çekme ve atama maliyetleri 81016,67 TL'dir. Elde edilen kazanç oranı % 63,5 kadardır. Kazanç oranının bu kadar yüksek olmasının nedeni mevcut sistemde sadece stok yerleşim maliyeti söz önünde bulundurulurken yapılan çalışma ile stoktan çekme ve stokta tutma maliyetlerinin de eklenmesiyle birlikte maliyet minimizasyonunun yapılmış olmasıdır.

6.5. Çözüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Otomatik depolama ve boşaltma sisteminde optimum çekme politikasının geliştirilmesi için öncelikle matematiksel modelleme ile çözüm aranmıştır. Ele alınan sistem için GAMS 22.6 paket programı ile küçük boyutta optimal çözüm elde edilmiştir. Fakat çözüm alanı büyüdükçe geliştirilen matematiksel model çözüm vermemiştir.

İkinci aşamada matematiksel modelin en fazla 103 adet malzeme için optimal sonuç vermesi nedeniyle 103 adet malzeme için tavlama benzetimi algoritması çalıştırılmıştır. EK-6'da 103 adet malzeme için tavlama benzetimi sonuç penceresi verilmektedir. Çizelge 6.6'da görüleceği üzere tavlama benzetimi ile elde edilen maliyet minimizasyonu sonucu adanmış stok politikası temelinde geliştirilen matematiksel modelin GAMS programı ile elde edilen maliyet minimizasyonu

sonucuna çok yakındır. Bu durumda TB ile elde edilen sonucun optimal sonuca yakın bir sonuç olduğunu ispatlamaktadır.

Son aşamada geliştirilen matematiksel model, malzeme yoğunluklarını ve malzemelerin ait oldukları grupları hesaba katarak C # programı ile depoda stoklanan ve çekilen tüm malzemeler için stokta tutma, stoktan çekme ve stok atama maliyetini minimize edecek şekilde Tavlama Benzetimi algoritması temelinde kodlanmıştır.

Elde edilen tüm sonuçlar özetlendiğinde matematiksel modelleme ile en fazla 103 malzeme için 7 sn süre ve 2466. iterasyonda 32044 tl maliyette optimal çözüm elde edilmektedir. Optimal sonuç ile karşılaştırılabilirliğin sağlanması için 103 malzeme için tavlama benzetimi çalıştırıldığında 4 sn süre ve 2000 iterasyonda 36000 maliyetle optimal çözümden %12,4 sapma ile 36000 tl maliyette optima yakın çözüm elde edilir. Bu çalışmada amaç AS/RS’de depolanan 1660 kalem malzemenin tamamı için depolama, stoktan çekme ve stoğa atama maliyetlerinin minimize edilmesi olduğu için tavlama benzetimi tüm malzemeler için tekrar çalıştırılmıştır. 1660 kalem malzeme için 25 sn süre ve 10000 iterasyonda en küçüklenen topma maliyetin 81017 tl olduğu görülmektedir. Çizelge 6.6.’da elde edilen sonuçlar özetlenmektedir.

Çizelge 6.6. Matematiksel model ve tavlama benzetimi etkinliğinin karşılaştırılması

	MATEMATİKSEL MODEL	TAVLAMA BENZETİMİ 1	TAVLAMA BENZETİMİ 2
MALİYET(MİN)	32044	36000	81017
ÇÖZÜM ALANI	103 adet malzeme	103 adet malzeme	1660 adet malzeme
ÇÖZÜM SÜRESİ	7 sn	4 sn	25 sn
DENEME SAYISI	2466 iterasyon	2000 iterasyon	10000 iterasyon

Tavlama benzetimi ile malzemelerin otomatik depolama ve çekme sistemi olan AS/RS içerisinde talep yoğunluklarına ve malzeme türüne göre yeniden yerleşimi belirlenmektedir. Çizelge 6.7’de ele alınan 10 malzemenin mevcut yerleşimi verilmektedir. Tez çalışmasının yapıldığı firmanın savunma sanayine mensup bir

firma olması nedeniyle malzeme stok numaraları, malzeme tanım ver yerleşim bilgileri açıkça kullanılamamaktadır, bu nedenle malzemelere ilişkin bilgiler harflerle kodlanarak verilmektedir. Çizelge 6.8’de ele alınan 10 malzeme için tavlama benzetiminin kullanılarak elde edilen yeniden yerleşimi verilmektedir.

Çizelge 6.7. 10 adet malzeme için mevcut yerleşim örneği

TepsiAdi	BolmeAdi	Malzeme Adı
A1	A11	x1
A1	A12	x2
A1	A13	x3
A1	A14	x4
A1	A15	x5
A1	A16	x6
A1	A17	x7
A1	A18	x8
A1	A19	x9
A1	A110	x10

Çizelge 6.8. 10 adet malzeme için tavlama benzetimi kullanılarak elde edilmiş yerleşim

Form1

Seçilen Dosya: C:\Users\Ayla\Documents\Kırx_De Excel Dosyası Seç

T (Başlangıç Sıcaklığı): 200

t (Sıcaklık Azaltım Oranı %): 5

N (Dış İterasyon Sayısı): 100

n (İç İterasyon Sayısı): 20

Sonuç Maliyeti: 84730,0000000002 Hesapla

Sonuç Listesi:

	TepsiAdi	BolmeAdi	BolmeNo	MalzemeAdi	MalzemeID	Uzaklik	Yogunluk
►	C3	C383	803	x1	1	160	1,1666666666666...
	C3	C382	802	x2	2	160	0,75
	B3	B366	426	x3	3	140	0,25
	E1	E16	1206	x4	4	200	0,25
	E1	E15	1205	x5	5	200	0,5
	C3	C380	800	x6	6	160	1,4166666666666...
	E1	E12	1202	x7	7	200	0,0833333333333...
	B3	B370	430	x8	8	140	0,3333333333333...
	D2	D212	972	x9	9	180	0,25
	E1	E11	1201	x10	10	200	0,25

7. SONUÇ

Gelişen teknoloji, artan maliyetler, değişken müşteri talepleri, ürün çeşitliliği ve üretim sistemlerinin hızlı bir gelişim içinde olması işletme faaliyetlerinde önemli yer tutan depolama faaliyetlerini kritik bir noktaya taşımıştır. Bu durum da depolama sistemlerinin ve faaliyetlerinin etkinleştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Ortaya çıkan bu gereksinim firmaların faaliyet gösterdikleri alanlara uygun depolama, stok ve sipariş politikalarını seçmeye yönelik çalışmalar içerisine girmesine yol açmıştır. Literatür incelendiğinde otomatik depolama ve çekme sistemlerinde depolama, stok atama ve sipariş politikalarının genellikle etkileşim halinde olduğu sonucuna varılmaktadır. Sipariş toplama tedarik zincirinde en önemli fonksiyonlardan birisidir ve depo yönetiminde operasyon maliyetlerinin de büyük bir kısmını kapsamaktadır. Etkili depo yönetimi için sipariş toplama en kritik faktörlerden biridir. Sipariş toplama, stok atama ve stok çekme faaliyetleri hemen hemen her depo için en yoğun iş gücü gerektiren ve en maliyetli olan işlem kalemlerindendir. Yapılan literatür araştırmalarında sipariş toplama maliyetinin depo operasyon maliyetlerinin %55'i kadarını oluşturduğu tahmin edilmektedir.

Depolama ve sipariş politikalarına ilişkin literatür incelendiğinde ortaya çıkan problemlere, ilk olarak doğrusal optimizasyon teknikleriyle çözüm arandığı görülmektedir. Son yıllarda bu alanlarda karşılaşılan problemler için, doğrusal optimizasyon tekniklerine yer verilmekle birlikte pek çok çalışmada matematiksel modellemenin yanı sıra eş zamanlı olarak sezgisel yöntemler ve simülasyon ile çözüm aranmış ve elde edilen çözümler karşılaştırılmıştır. Günümüz çalışmaların da ise problem boyutlarının giderek artması, bu nedenle optimizasyon tekniklerinin artan çözüm süreleri gibi nedenlerle optimizasyon gerçek ve hipotetik sistemler için ihtiyaçları karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Yazılımın gelişmesi ve kısa sürede optimale yakın çözümler üreten tekniklerin gelişmesiyle birlikte sezgisel tekniklerin kullanımı hız kazanmıştır. Bu problemlere çözüm getirmede tabu arama, tavlama benzetimi ve genetik algoritmalar yoğun olarak başvurulan teknikler olmaktadır.

Uygulamada seçilen firma otomatik depolama ve çekme faaliyetleri açısından ele alınmıştır. Ele alınan sistemde, işletme faaliyetlerinde önemli bir yere sahip olan depolama ile önemli bir maliyet kalemlerini otomatik depolarda stok ataması, stokta tutma ve stoktan çekme maliyetlerini minimize etmek gerektiği belirlenmiştir.

Literatürde sipariş toplama politikaları ve otomatik depolama sistemleriyle bütünleşik olan stok atama ve optimal sipariş miktarının belirlenmesine yönelik çalışmalar incelenmiş ve temel adanmış stok politikasına geliştirmeler yapılarak sistemin öncelikle matematiksel modeli oluşturulmuştur. Küçük problem boyutunda matematiksel model ile optimal çözüm bulunmuş ve maliyet en küçüklenmiştir. Fakat yapılan denemelerde problem boyutunun artışı ile matematiksel model çözümsüz hale gelmiştir. Ele alınan problemin NP zor bir problem olması nedeniyle literatürde sezgisel tekniklerin kullanıldığı çalışmalar incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda otomatik depolamaya ilişkin sistem ihtiyaçlarının hızla artış göstermesi ve artan ürün çeşitliliği nedeniyle problem boyutunun büyüyeceği düşünülerek sezgisel tekniklerden tavlama benzetimi tekniği kullanılmıştır.

Diğer tekniklere nazaran lokal çözümlere takılmaması nedeniyle Tavlama Benzetimi tekniği optimale yakın ve iyi çözüm vermektedir. Tavlama Benzetimi algoritması uygulanarak elde edilen programda ilgili parametreler değiştirilerek farklı sonuçlar elde edilmiş ancak belli bir noktadan sonra bulunan maliyet değerinin değişmediği görülmüştür. Buna göre, iterasyon sayısı arttıkça çözümün doğruluğunun da arttığı sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmada, birbirleriyle etkileşim halinde olan otomatik depolama ve çekme sistemleri, sipariş toplama politikalarının içinde yer alan sipariş çekme miktarının belirlenmesi problemine yönelik kavramlar incelenmiştir. Literatürde karşılaşılan problemlerin çözümü için önerilen teknikler ve literatürdeki eğilimler de dikkate alınarak sezgisel tekniklerden tavlama benzetimi tekniği problemin çözümü için uygulanmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde uygun ve güvenilir sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Gelecekteki literatür çalışmalarında, adanmış stok politikası ile stoklama yapan sistemler için sipariş çekme miktarı belirlenirken mevcut sezgisel algoritmalar olan Genetik Algoritma, Tabu Arama Algoritması ile Tavlama Benzetimi Algoritmasının etkinliği karşılaştırılabilir. Bunun yanı sıra otomatik depolama ve çekme sistemlerinde optimal sipariş çekme politikasının bulunması için bulanık küme teorisi ile sezgisel tekniklerle çözüm aranması yoluna da gidilebilir.

KAYNAKLAR

1. Mulcahy, D. E., “Materials handling handbook”, **Mc Graw Hill**, New York, 1-300, (1999).
2. Kulwiec, R.A., “Materials handling handbook”, **Wiley**, New York, 1-1428, (1985).
3. Sayılı, U., “Depolama ekipmanları ve depolama”, **Lojistik Dergisi** , İstanbul, 29 :36-37 (2005)
4. Yıldıztekin, A., “Depo sistemleri ve depo tasarımı”, **Lojistik Dergisi**, İstanbul, 38 (34-35) : 24-27 (2005).
5. Salcan, C., “Depolama sistemleri ve depo yönetimi” , **Lojistik Dergisi**, İstanbul , 17-23 (2005).
6. Kul, M., “Depo sistemleri ve depo tasarımı”, **Lojistik Dergisi** , İstanbul, 37: 32-33 (2005).
7. Singh, N., “Systems approach to computer integrated design and manufacturing”, **Wiley**, New York, 58-135 (1996)
8. De Koster, R., Roodbergen, K. J., “Design and control of warehouse order picking: a literature review”, **European Journal Of Operational Research**, 182(2): 481-501 (2007).
9. De Luc, T., “Design and control of efficient order picking processes”, Doctora Thesis, **Erasmus Research Institute of Management**, Rotterdam, 1-141 (2005).
10. Galka, S., Ulbrich, A., Günthner, A. W., “Performance calculation for order systems by analytical methods and simulation”, **Technische Universitat München**, München, 1-10 (2007).
11. Ştet, M., “Order picking operations in warehouse systems”, **Fascicle Of Management And Technological Engineering**, 7 (2008).
12. Broulias, G. P., Marcoulaki, E. C., “Warehouse management for improved order picking performance: an application case study from the wood industry”, **Department of Industrial Management & Technology**, 1-7 (2003).
13. Bartholdi, J. H., Hackman, T. S., "Warehouse & Distribution Science", **Georgia Institute of Technology**, Atlanta, 1-294 (2006).
14. Pedgen, C. D., Shannon, R. E., Sadowski, R. P., “Introduction to Simulation Using SIMAN 2nd ed.”, **Mc Graw Hill**, New York, 34-89 (1995).

15. Güden, H., Vakvak, B., Özkan, E., Altıparmak, F., Dengiz, B., “Genel amaçlı arama algoritmaları ile benzetim eniyilemesi: en iyi kanban sayısının bulunması”, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 16 (2): 2-15 (2006).
16. Reeves, C., “Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems” , **Wiley**, New York, 1-320 (1993)
17. Yiğit V., Türkbey, O., “Tesis yerleşim problemlerine sezgisel metotlarla yaklaşım”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 18 (4): 45-56 (2003).
18. Gudehus, T., “Principles of order picking:Operations in distribution and warehousing systems”, **W. Girardet**, Essen, 35-123 (1973).
19. Ratliff, H. D., Rosenthal, A. S., "Order-picking in a rectangular warehouse: a solvable case of the traveling salesman problem", *Operations Research*, 31 (3): 507–521 (1983).
20. Goetschalckx, M., Ratliff, H. D., "Shared storage policies based on the duration stay of unit loads", *Management Science*, 36 (9): 1120–1132 (1990).
21. Hall, R. W., "Distance approximation for routing manual pickers in a warehouse", *IIE Transactions*, 25 (4): 76–87 (1993).
22. Petersen, C. G., Schmenner, R. W., "An evaluation of routing and volume based storage policies in an order picking operation", *Decision Science*, 30 (2):, 481–501 (1999).
23. De Koster, R., Van Der Poort, E., “Routing orderpickers in a warehouse: a comparison between optimal and heuristic solutions”, *IIE Transactions*, 30: 469-480 (1998).
24. McKendall, A. R., Noble, J. S., Klein, C. M., “Facility layout of irregular shaped departments using a nested approach”, *International Journal Of Production Research*, 37 (13): 2895-2914 (1999).
25. Wäscher, G., “Order picking: a survey of planning problems and methods”, *European Journal of Operational Research*, 182 (2): 481-501 (2002).
26. Zhang, G. Q., Xue, J., and Lai, K. K., “A class of genetic algorithms for multiple-level warehouse layout problems”, *International Journal of Production Research*, 40 (3): 731-744 (2002).
27. Kim, B. I., Heragu, S. S., Graves, R. J., Onge, A. S., “Clustering-based order-picking sequence algorithm for an automated warehouse”, *International Journal of Production Research*, 41 (15): 3445–3460 (2005).

28. Roodbergen, K. J., Meller, R. "Storage assignment policies for warehouses with multiple cross aisles", ***Progress in Material Handling Research***, 431-441 (2004).
29. Parikh, P. J., Meller, R. D., "Selecting between batch and zone order picking strategies in a distribution center", ***Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review***, 44 (5): 696-719 (2007).
30. Le Duc, T., De Koster, R., "Travel time estimation and order batching in a 2-block warehouse", ***European Journal of Operational Research***, 76 (1): 374-388 (2007).
31. Ho, Y. C., Su, T. S., "Order-batching methods for an order-picking warehouse with two cross aisles", ***Computers & Industrial Engineering***, 55 (2): 321-347 (2008).
32. Tunç, S., Kutlu, B., Zincidi, A. ve Atmaca, E., "Depo sisteminde sipariş toplama sürecinin iyileştirilmesi", ***Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.***, 23 (2): 357-364 (2008).
33. Pan, J. C., Wub, M. H., "A study of storage assignment problem for an order picking line in a pick-and-pass warehousing system", ***Computers & Industrial Engineering***, 57 (1): 261-268 (2008).
34. Rim, S. C., Park, I. S., "Order picking plan to maximize the order fill rate", ***Computers & Industrial Engineering***, 55 (3): 557-566 (2008).
35. Parikh, P. J., Meller, R. D., "A travel-time model for a person-onboard order picking system", ***European Journal Of Operational Research***, 200 (2): 385-394 (2008).
36. Pan, J. C., Shih, S., "Evaluation of the throughput of a multiple-picker order picking system with congestion consideration, ***Computers & Industrial Engineering***, 53 (11): 4825–4834 2008.
37. De Koster, R. B., Yu, M., "The impact of order batching and picking area zoning on order picking system performance" , ***European Journal Of Operational Research***, 198 (2): 480-490 (2008).
38. Goyal, S. K., Chang, C. T., "Optimal ordering and transfer policy for an inventory with stock dependent demand", ***Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review***, 46 (6): 963-974 (2009).
39. Mansuri, M., "Cycle time computation, and dedicatated storage assignment, for as/rs systems", ***European Journal Of Operational Research***, 33 (1-2): 307-310 (1997).

40. Yamaguchi, N., Shimoda, K., "An operation analysis of movable rack type as/rs by use of system simulator", **Computers & Industrial Engineering**, 33 (3-4): 677-680 (1997).
41. Jacobs, D., Davis, S., Peck, J. "A simple heuristic for maximizing service of carousel storage", **Computers & Operations Research**, 27 (13): 1351-1356 (1998).
42. Malmborg, C., Al-Tassan, K., "An integrated model for order picking systems with randomized storage", **Applied Mathematical Modeling**, 24 (2): 95-111 (2000).
43. Berg, J. P., Zijm, W. H. M., "Models for warehouse management: classification and examples ", **International Journal of Production Economics**, 59 (1-3): 519-528 (1999).
44. Petersen, C., G., Aase, G., "A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking", **International Journal of Production Economics**, 92 (1): 11-19 (2003).
45. Lee, Y., H., Lee, M. H., Hur., S., "A performance estimation model for AS/RS by M/G/1 queuing system", **Computers & Industrial Engineering**, 46 (2): 233-241 (2004).
46. Kwon, H., M., Kim, Y., J., Koh, S., G., "An analysis of the end of aisle order picking system: multi-aisle served by a single order picker ", **International Journal of Production Economics**, 98 (2): 162-171 (2005).
47. Lee, Y., H., Lee, M. H., Hur., S., "Optimal design of rack structure with modular cell in AS/RS", **International Journal of Production Economics**, 98 (2): 172-178 (2005).
48. Muppani, V. R., Adil, G. K., "Efficient formation of storage classes for warehouse storage location assignment: a simulated annealing approach", **Omega**, 36 (4): 609-618 (2007).
49. Kovacs, A., "Optimizing the storage assignment in a warehouse served by milkrun logistics", **International Journal of Production Economics**, 18 (1): 1-23 (2009).
50. Roodbergen, K. J., Iriis, F. A., "A survey of literature on automated storage and retrieval systems", **European Journal Of Operational Research**, 194 (2): 343-362 (2008).

51. Bulgak, A. A., and Sanders, J. L., “ Integrating a modified simulated annealing algorithm with the simulation of a manufacturing system to optimize buffer sizes in automatic assembly systems”, ***Proceedings of the 1988 Winter Simulation Conference***, New York, 684-690 (1988).
52. Haddock, J., Mittenthal, J., "Simulation optimization using simulated annealing", ***Computers and Industrial Engineering***, 22 (4): 387-395 (1992).
53. Ahmed, M. A., Alkhamis, T. M., "Simulation based optimization using simulated annealing with ranking and selection", ***Computers and Operation Research***, 29 (4): 387-402 (1998).
54. Selçuk, Ö., “Stok kontrol yöntemlerinin incelenmesi ve inşaat malzemeleri sektöründe bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, ***İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, 1-95 (2007).
55. Lambrecht, M., Segaert, A., “Buffer stock allocation in serial and assembly type of production lines”, ***International Journal of Production Management***, 10 (2): 47-61 (1990).
56. Nabiyeve, V. V., “Yapay zeka-problemler yöntemler algoritmalar”, ***Seçkin Yayınevi***, Ankara, 101-109 (2003).
57. Blum, C., Roli, A., “Metaheuristics in combinatorial optimization: overview and conceptual comparison”, ***ACM Computing Surveys***, 35 (3): 268-308 (2003).
58. Hertz, A., Widmer, M., “Guidelines for the use of meta-heuristics in combinatorial optimization”, ***European Journal of Operation Research***, 151 (2): 247-252 (2004).
59. Laporte, G., Gendreau, M., Potvin, J. Y., Semet, F., “Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem”, ***International Transactions in Operation Research***, 7 (4-5): 285-300 (2000).
60. Tarantilis, C. D., Ioannou, G., Prastacos, G., “Advanced vehicle routing algorithms for complex operations management problems”, ***Journal Of Food Engineering***, 70 (3): 455-471 (2004).
61. Erol, V., “Araç rotalama problemleri için populasyon ve komşuluk tabanlı metasezgisel bir algoritmanın tasarımı ve uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, ***Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, 1-173 (2006).
62. Şen, D., “A simulated annealing algorithm for mixed-integer non-linear global optimization”, Yüksek Lisans Tezi, ***Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, 58-67 (1999).

63. Jayaraman, V., Ross, A., "A simulated annealing methodology to distribution network design and management" , ***European Journal of Operation Research***, 144 (3): 629-645 (2003).
64. Petersen, C. G., "An evaluation of order picking policies for mail order companies", ***Production and Operations Management***, 9 (4): 319-335 (2000).
65. Makris, P. A., Giakoumakis, I. G., " K-interchange heuristic as an optimization procedure for material handling applications", ***Applied Mathematical Modelling***, 27(5): 345- 358 (2003).
66. Lee, F. H., Schaefer, K. S., "Sequencing methods for automated storage and retrieval systems with dedicated storage" ***Computers and Industrial Engineering***, 32 (2): 351-362 (1997).
67. Moccia, L., Cordeau, J. F., Laporte, G., Ropke, S., Valentini, M. P., "A column generation heuristic for a dynamic generalized assignment problem", ***Computers and Operations Research***, 36: 2670-2681 (2009).
68. Potrc, I., Lerher, T., Kramberger, J., Sraml, M., "Simulation model of multi-shuttle automated storage and retrieval systems", ***Journal of Materials Processing Technology***, 155-158: 236-244 (2004)
69. Potrc, I., Lerher, T., Sraml, M., Tollazi, T. "Travel time models for automated warehouses with aisle transferring storage and retrieval machine ",***European Journal of Operational Research***, 205: 571-583 (2010).
70. Hua, H. Y., Zhu, Z. D., Hsu, W. J., "Load shuffling algorithms for split-platform AS/RS", ***Robotics and Computer Integrated Manufacturing***, 26: 677-685 (2010).
71. Starck, G., Pochet, Y., "An integrated model for warehouse and inventory planning", ***European Journal of Operational Research***, 204: 35-50 (2010).
72. Chen, L., Langevin, A., Riopel, B., "A tabu search algorithm for the relocation problem in a warehousing system", ***International Journal of Production Economics***, 129: 147-156 (2011).
73. Azzi, A., Battini, D., Faccio, M., Persona, A., Sgarbossa, F., " Innovative travel time model for dual-shuttle automated storage/retrieval systems", ***Computers & Industrial Engineering***, 21 (14): 629-633 (2011).
74. Parikh, P. J, Meller, R. D, "A travel-time model for a person-onboard order picking system ", ***European Journal of Operational Research***, 200: 385-394 (2010).

75. Hsieh, F. L., Huang, Y. C., “New batch construction heuristics to optimise the performance of order picking”, *International Journal of Production Economics*, 131: 618-630 (2011).
76. Felix, T. S., Chan, H. K. , “Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage”, *Expert Systems with Applications*, 38: 2686-2700 (2011).
77. Andriansyah, R., De Koning, W. W. H., Jordan, R. M. E., Etman, L. P., Rooda, J. E., “A process algebra based simulation model of a miniload workstation order picking system”, *Computers in Industry*, 62: 292-300 (2011).
78. Barbarosoğlu, G., Özdamar, L., “Analysis of solution space-dependent performance of simulated annealing: the case of the multi-level capacitated lot sizing problem”, *Computers & Operations Research*, 27: 895-903 (2000).
79. Syam, S. S., “A model and methodologies for the location problem with logistical components”, *Computers and Operations Research*, 29: 1173-1193 (2002).
80. Tang, O., , “Simulated annealing in lot sizing problems “*International Journal of Production Economics*, 88: 173-181 (2004).
81. Molnar, B., Lipovszki, G., “Multi-objective routing and scheduling of order pickers in a warehouse”, *Budapest University of Technology and Economics*, Budapest, 1-11 (2003).
82. Einstein, D. D., “Analysis and optimal design of discrete order picking technologies along a line”, *Graduate School of Business*, Chicago, 1-23 (2006).

EKLER

EK-1 Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli Kapalı Yazım

$$\text{Min } \sum_{j=1}^{103} \sum_{k=1}^{72} \sum_{t=1}^6 C_{jkt} * X_{jkt} + \sum_{j=1}^{103} \sum_{k=1}^{72} \sum_{t=1}^6 C_{jkt} * D_{jkt} + \sum_{j=1}^{103} \sum_{k=1}^{72} \sum_{t=1}^6 h_{jkt} * I_{jkt}$$

Subject to ;

$$\sum_{k=1}^{72} x_{jkt} = m_{jt} \quad j=1,2,\dots,103 \\ t=1,2,\dots,6$$

$$\sum_{j=1}^{103} \sum_{t=1}^6 x_{jkt} \leq 6 \quad k=1,2,\dots,72$$

$$\sum_{j=1}^{103} \sum_{k=1}^{72} I_{jkt} = 0 \quad t=0 \text{ iken}$$

$$\sum_{k=1}^{72} D_{jkt} = Q_{jt} \quad j=1,2,\dots,103 \\ t=1,2,\dots,6$$

$$\sum_{j=1}^{103} \sum_{k=1}^{72} \sum_{t=1}^6 I_{jkt+1} - \sum_{j=1}^{103} \sum_{k=1}^{72} \sum_{t=1}^6 I_{jkt}$$

$$\sum_{j=1}^{103} \sum_{k=1}^{72} \sum_{t=1}^6 X_{jkt} + \sum_{j=1}^{103} \sum_{k=1}^{72} \sum_{t=1}^6 D_{jkt} \leq 6$$

$$\sum_{j=1}^{103} \sum_{k=1}^{72} \sum_{t=1}^6 I_{jkt} \leq 6$$

$$X_{jkt} \in (0,1) \quad j=1,2,\dots,103 \\ k=1,2,\dots,72 \\ t=1,2,\dots,6$$

$$I_{jkt}, D_{jkt}, h_{jkt} \geq 0 \quad j=1,2,\dots,103 \\ k=1,2,\dots,72 \\ t=1,2,\dots,6$$

EK-2 Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

Sets

j /1*103/

k /1*72/

r /1*2/

t /1*6/;

Table s(r,k)

```

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 3
1 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58
5 9 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72
1 1 1 3 4 3 2 9 8 7 6 4 3 4 5 6 7 3 2 1 2 3 7 8 9 6 5 4 3 5 4 3 7 6 5 4 3
2 4 2 4 5 6 7 8 5 3 4 5 4 5 6 7 8 8 9 3 4 5 6 4 3 2 4 5 6 6 7 8 9 2
4 3
2 1 1 2 2 7 5 3 3 4 5 6 7 3 2 1 2 3 7 8 9 6 5 2 3 7 8 9 6 5 3 7 6 5 4 3 2
4 2 4 5 6 7 8 5 4 5 6 7 8 8 9 3 4 5 6 4 5 4 5 6 7 8 8 9 3 4 5 6 5 4
5 6;
```

Table p(j,r)

```

1 2
1 2 4
2 4 3
3 1 2
4 2 3
5 4 3
6 3 6
7 1 6
8 1 2
9 8 9
10 2 4
11 1 2
```

EK-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

12 2 3

13 4 3

14 3 6

15 1 6

16 1 2

17 8 9

18 2 4

19 1 2

20 2 3

21 5 2

22 1 3

23 4 5

24 1 5

25 6 3

26 3 2

27 4 1

28 7 3

29 2 2

30 3 4

31 3 3

32 2 1

33 1 4

34 5 2

35 3 2

36 1 1

37 5 2

38 2 1

39 3 5

40 2 2

41 4 3

EK-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

42 6 4

43 2 4

44 3 5

45 4 5

46 2 3

47 4 6

48 5 4

49 6 6

50 4 4

51 1 2

52 4 2

53 6 7

54 8 5

55 3 2

56 1 4

57 1 5

58 1 6

59 6 3

60 3 2

61 6 3

62 5 3

63 6 2

64 2 3

65 1 3

66 6 5

67 3 2

68 3 4

69 5 1

70 5 2

71 3 5

EK-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

72 2 6

73 2 5

74 2 4

75 3 3

76 4 2

77 4 5

78 2 3

79 1 2

80 4 3

81 5 3

82 5 1

83 4 3

84 3 1

85 3 1

86 5 2

87 3 5

88 3 6

89 5 2

90 5 3

91 5 2

92 3 1

93 5 6

94 4 2

95 4 1

96 5 5

97 3 2

98 5 2

99 2 5

100 3 4

101 9 8

EK-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

102 8 7

103 4 5;

Table m(j,t)

1 2 3 4 5 6

1 2 3 2 1 5 8

2 2 3 2 2 3 5

3 4 1 3 2 4 3

4 2 3 2 1 5 8

5 2 3 2 2 3 5

6 1 5 8 7 2 1

7 2 2 3 5 4 3

8 2 3 5 4 2 3

9 2 1 1 8 7 2

10 5 8 7 2 1 1

11 2 3 4 5 1 2

12 9 8 7 6 5 4

13 5 5 6 7 8 3

14 9 8 7 1 2 3

15 1 2 2 3 3 4

16 6 7 5 6 4 5

17 4 5 6 9 8 7

18 2 3 4 5 6 7

19 2 9 4 8 1 7

20 2 5 6 9 6 7

21 2 2 3 6 4 3

22 1 4 6 3 2 6

23 3 1 5 5 4 5

24 6 3 1 7 3 3

25 2 6 3 1 1 5

26 4 5 3 2 1 3

EK-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

27 7 3 5 4 3 1
28 1 1 3 3 2 3
29 7 3 3 2 4 4
30 3 1 7 3 3 2
31 6 3 1 1 5 4
32 3 3 2 3 1 2
33 3 2 4 4 1 3
34 2 3 1 3 1 1
35 4 4 1 4 1 1
36 5 3 2 1 3 2
37 3 5 4 3 1 3
38 1 3 3 2 3 1
39 3 3 2 4 4 1
40 3 3 2 4 4 3
41 1 7 3 3 2 3
42 3 1 1 5 4 2
43 3 2 3 1 2 3
44 2 4 4 1 3 1
45 3 1 3 1 1 1
46 4 1 4 1 1 3
47 3 2 1 3 2 5
48 5 4 3 1 3 6
49 3 3 2 3 1 4
50 3 2 4 4 1 1
51 5 4 3 1 3 6
52 3 3 2 3 1 4
53 3 2 4 4 1 1
54 3 2 4 4 3 2
55 7 3 3 2 3 1
56 1 1 5 4 2 1

EK-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

57 2 3 1 2 3 4
58 4 4 1 3 1 3
59 1 3 1 1 1 4
60 1 4 1 1 3 3
61 2 1 3 2 5 1
62 4 3 1 3 6 2
63 3 2 3 1 4 3
64 2 4 4 1 1 4
65 3 2 3 1 4 3
66 2 4 4 1 1 4
67 2 4 4 3 2 1
68 3 3 2 3 1 1
69 1 5 4 2 3 1
70 3 1 2 3 4 5
71 4 1 3 1 3 3
72 3 1 1 1 4 5
73 4 1 1 3 3 3
74 1 3 2 5 1 2
75 3 1 3 6 2 3
76 2 3 1 4 3 4
77 4 1 1 4 5 2
78 3 1 4 3 4 3
79 4 1 1 4 5 2
80 4 3 2 1 4 7
81 2 3 1 1 6 4
82 4 2 1 5 1 3
83 2 3 4 5 6 2
84 3 1 3 3 1 1
85 1 1 4 5 6 5
86 1 3 3 3 5 5

EK-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

87 2 5 1 2 6 3
 88 3 6 2 3 4 4
 89 5 4 2 7 5 1
 90 3 3 2 6 5 6
 91 5 3 4 2 3 1
 92 3 3 5 3 5 6
 93 2 3 1 1 3 5
 94 3 2 1 5 1 3
 95 4 3 4 5 6 2
 96 2 1 3 3 1 1
 97 3 1 4 5 6 5
 98 2 3 3 3 5 5
 99 7 5 1 2 6 3
 100 4 6 2 3 4 4
 101 6 7 8 9 3 2
 102 3 4 2 1 4 8
 103 4 5 5 9 8 7 ;

Table Q(j,t)

2 3 4 5 6
 1 2 3 2 2 3
 2 3 4 2 1 2
 3 1 2 3 1 2
 4 2 3 2 2 3
 5 3 2 2 3 4
 6 2 3 2 2 3
 7 2 3 4 4 2
 8 2 1 2 2 4
 9 3 4 4 2 1
 10 5 3 2 2 3

EK-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

11 3 4 4 2 1
12 3 4 4 2 1
13 2 3 2 2 3
14 2 3 2 2 8
15 1 2 3 1 2
16 1 2 3 1 2
17 5 3 2 2 3
18 4 2 1 2 2
19 2 1 2 2 7
20 2 1 2 2 7
21 1 2 3 4 3
22 6 5 4 3 4
23 6 5 4 3 4
24 1 2 3 4 5
25 7 6 5 4 3
26 2 3 4 5 6
27 3 4 5 6 7
28 4 5 6 7 1
29 5 6 7 8 1
30 6 7 1 2 3
31 8 9 1 2 3
32 9 1 2 3 4
33 1 2 3 4 5
34 7 8 9 1 2
35 6 7 8 9 1
36 5 6 7 8 9
37 4 5 6 7 8
38 3 4 5 6 7
39 2 3 4 5 6
40 1 2 3 9 8

EK-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

41 1 2 1 3 1
42 2 3 2 4 2
43 3 4 3 5 3
44 4 5 4 6 4
45 5 6 5 7 5
46 6 7 6 8 6
47 7 8 7 9 7
48 8 9 9 8 1
49 8 7 6 5 4
50 7 6 5 4 3
51 6 5 4 3 2
52 5 4 3 2 1
53 4 3 2 1 9
54 3 2 1 9 5
55 2 1 9 8 7
56 9 1 2 8 7
57 1 9 2 8 3
58 5 6 4 7 3
59 2 3 4 3 2
60 1 2 3 1 2
61 7 8 9 6 7
62 1 2 3 2 3
63 4 5 6 7 8
64 1 2 3 4 5
65 6 5 4 3 2
66 5 4 3 2 1
67 3 4 5 6 7
68 8 7 6 5 4
69 4 5 6 7 8
70 2 4 4 6 6

EK-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

71 1 3 3 5 5

72 1 3 4 5 6

73 2 4 6 8 2

74 1 3 5 7 9

75 9 7 5 3 1

76 8 6 4 2 2

77 3 4 5 6 7

79 1 2 3 5 7

80 9 4 6 8 1

81 8 6 7 4 6

82 8 7 6 5 4

83 2 3 4 5 6

84 1 2 3 4 5

85 2 3 4 5 7

86 4 3 4 3 5

87 3 4 5 6 7

88 5 4 2 3 6

89 3 5 2 6 4

90 9 8 9 8 7

91 3 4 5 2 3

92 7 7 3 4 5

93 7 1 2 5 3

94 7 8 9 6 5

95 3 4 5 6 5

96 3 9 8 7 4

97 1 3 5 2 4

98 2 5 3 4 1

99 2 7 5 6 4

100 2 3 4 9 8

101 7 6 5 6 4

EK-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

102 1 2 3 4 5

103 2 8 8 9 9 ;

Table h(j,t)

1 2 3 4 5 6

1 2 3 4 5 6 7

2 4 5 3 2 1 6

3 9 8 7 6 5 4

4 1 1 2 2 3 3

5 6 6 7 7 8 8

6 3 2 1 4 5 6

7 9 1 2 8 3 7

8 2 3 9 8 7 6

9 1 9 2 8 3 7

10 4 5 6 7 8 9

11 2 4 6 8 9 6

12 1 3 5 7 9 7

13 3 4 5 6 7 8

14 1 2 3 4 5 4

15 6 5 4 3 9 8

16 3 4 8 7 6 9

17 5 3 5 7 5 9

18 2 3 4 5 6 7

19 4 5 6 8 7 6

20 3 2 1 3 4 5

21 5 6 7 8 9 3

22 7 7 6 5 2 4

23 1 2 3 5 8 7

24 3 4 6 7 9 8

25 5 4 3 6 5 4

EK-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

26 9 8 7 8 7 6
27 6 5 4 5 4 3
28 1 2 3 2 3 4
30 5 6 7 6 7 8
31 7 8 9 8 9 1
32 3 4 5 4 5 6
33 1 2 3 2 3 4
34 4 5 6 7 8 9
35 5 3 6 4 7 5
36 1 4 2 5 4 7
37 2 5 3 6 4 5
38 2 3 4 5 6 5
39 9 8 4 5 6 7
40 1 6 2 7 3 8
41 9 1 2 4 8 4
42 6 7 8 9 5 6
43 5 4 3 7 6 5
44 9 8 7 6 5 3
46 7 1 7 2 7 3
47 2 4 3 4 5 4
48 5 6 7 8 9 1
49 2 3 4 5 6 9
50 3 4 5 6 7 4
51 1 2 2 3 3 4
52 9 8 8 7 7 6
53 5 6 7 8 9 9
54 5 4 3 2 1 8
55 8 7 6 5 4 3
56 7 6 5 4 1 2
57 7 8 5 4 6 7

EK-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

58 1 2 3 4 5 6
59 8 6 4 2 2 4
60 5 3 1 7 5 3
61 1 2 3 4 5 6
62 9 8 7 6 5 4
63 7 6 5 4 3 4
64 5 5 5 7 7 8
65 5 3 2 5 1 5
66 5 3 3 7 7 8
67 5 5 5 6 7 7
68 2 8 8 2 1 2
69 3 1 2 4 1 8
70 5 3 2 6 9 6
71 5 3 2 2 6 2
72 2 8 8 4 1 2
73 5 4 4 9 8 7
74 8 7 9 7 6 5
75 6 7 5 7 8 9
76 5 4 3 2 1 9
77 9 2 9 1 9 3
78 8 2 8 3 8 5
79 8 8 3 4 5 6
80 5 1 2 3 4 6
81 3 3 4 8 7 6
82 5 6 7 8 9 3
83 4 5 6 7 8 9
84 2 3 4 9 8 7
85 3 4 5 5 8 7
86 9 5 6 7 5 8
87 1 6 7 8 9 5

EK-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

```

88 7 8 1 6 9 3
89 3 2 5 8 6 8
90 1 2 4 8 3 6
91 8 7 3 4 7 6
92 2 3 5 4 7 6
93 4 3 2 1 8 7
94 5 4 3 5 6 7
95 6 5 4 3 2 1
96 8 6 5 3 4 7
97 7 6 7 4 5 3
98 1 1 9 8 4 5
99 7 8 7 8 6 2
100 9 1 2 6 3 5
101 3 4 8 7 6 5
102 7 6 5 4 8 6
103 5 6 7 5 3 2;

```

```

binary variables x(j,k,t);
positive variables I(j,k,t),D(j,k,t);
variable z;

```

Equations

```

amac
kst1
kst2
kst3
kst4
kst5
kst6;

```

Ek-2 (Devam) Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Kodu

```
amac..z=e=sum((j,k,t),x(j,k,t)*sum(r,(p(j,r)/m(j,t))*s(r,k))+D(j,k,t)*sum(r,(p(j,r)/m(j,t)
    ))*s(r,k))+I(j,k,t)*h(j,t));
```

```
kst1(j,t).. sum(k, x(j,k,t))=e= m(j,t);
```

```
kst2(k,t).. sum(j, x(j,k,t))=l= 6;
```

```
kst3(j,k)..I(j,k,'1')=e= 0;
```

```
kst4(j,t)..sum(k,D(j,k,t))=e=Q(j,t);
```

```
kst5(k,t)..sum(j,I(j,k,t+1))-sum(j,I(j,k,t))-sum(j,x(j,k,t))+sum(j,D(j,k,t))=l=6;
```

```
kst6(k,t)..sum(j,I(j,k,t))=l=6;
```

```
Model ap assignment problem / all /;
```

```
Solve ap minimizing z using mip;
```

EK-3 Modifiye Edilmiş Adanmış Stok Politikası Modeli İçin Gams Çıktısı

```

IDE No active process
x
Iteration: 1442 Dual objective = 29118.256111
Iteration: 1599 Dual objective = 29687.752099
Iteration: 1740 Dual objective = 30373.852210
Iteration: 1865 Dual objective = 30906.897651
Iteration: 1995 Dual objective = 31510.413845
Iteration: 2099 Dual objective = 31515.909147
Iteration: 2236 Dual objective = 31927.642937
Iteration: 2343 Dual objective = 32043.755615

Proven optimal solution.

MIP Solution: 32044.556746 (9348 iterations, 0 nodes)
Final Solve: 32044.556746 (2466 iterations)

Best possible: 32044.556746
Absolute gap: 0.000000
Relative gap: 0.000000

--- Restarting execution
--- x.gms(465) 0 Mb
--- Reading solution for model ap
--- x.gms(465) 11 Mb
*** Status: Normal completion
--- Job x.gms Stop 01/01/04 17:19:14 elapsed 0:00:07.440

```

EK-4 Tavlama Benzetimi Algoritması Arayüz Penceresi

Form1

Seçilen Dosya: C:\Users\Ayla\Documents\Krdx_De Excel Dosyası Se

T (Başlangı Sıcaklığı): 200

t (Sıcaklık Azaltım Oranı %): 5

N (Dış İterasyon Sayısı): 500

n (İ İterasyon Sayısı): 20

Sonuç Maliyeti: 81016,6666666667 Hesapla

Sonuç Listesi:

	TepsiAdı	BolmeAdı	BolmeNo	MalzemeAdı	MalzemeID	Uzaklık	Yogunluk
▶	F1	F112	1572	x1	1	220	1,1666666666666...
	A1	A172	72	x2	2	120	0,75
	C1	C198	578	x3	3	160	0,25
	C3	C369	789	x4	4	160	0,25
	A1	A1111	111	x5	5	120	0,5
	B2	B282	322	x6	6	140	1,4166666666666...
	D3	D324	1104	x7	7	180	0,0833333333333...
	C1	C193	573	x8	8	160	0,3333333333333...
	C2	C286	686	x9	9	160	0,25
	C3	C363	783	x10	10	160	0,25
	E1	E156	1256	x11	11	200	0,3333333333333...
	C1	C191	571	x12	12	160	0,0833333333333...
	B2	B277	317	x13	13	140	0,1666666666666...
	C1	C188	568	x14	14	160	0,25
	E3	E369	1509	x15	15	200	0,0833333333333...
	B2	B275	315	x16	16	140	0,0833333333333...
	B2	B233	273	x17	17	140	0,0833333333333...

EK-5 Tavlama Benzetimi Program Kodu

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using Microsoft.Office.Interop.Excel;
using System.Data.OleDb;
using System.Runtime.InteropServices;
using System.Collections;

namespace KardexTavlama
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        public class Malzeme
        {
            private int malzemeID;
            private string malzemeAdi;

            private int hareketSayisi;
            private double yogunluk;
            private string abcGostergesi;

            public int MalzemeID
            {
                get { return malzemeID; }
                set { malzemeID = value; }
            }
        }
    }
}
```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```

    }

    public string MalzemeAdi
    {
        get { return malzemeAdi; }
        set { malzemeAdi = value; }
    }

    public int HareketSayisi
    {
        get { return hareketSayisi; }
        set { hareketSayisi = value; }
    }

    public double Yogunluk
    {
        get { return yogunluk; }
        set { yogunluk = value; }
    }

    public string ABCGostergesi
    {
        get { return abcGostergesi; }
        set { abcGostergesi = value; }
    }

}

public class TepsiBolme
{
    private int id;
    private string tepsiadi;
    private int bolmeno;
    private string bolmeadi;
    private double uzaklik;
    private int altid;

    public int ID
    {
        get { return id; }
    }
}

```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```

        set { id = value; }
    }
    public string TepsiAdi
    {
        get { return tepsiadi; }
        set { tepsiadi = value; }
    }
    public int BolmeNo
    {
        get { return bolmeno; }
        set { bolmeno = value; }
    }
    public string BolmeAdi
    {
        get { return bolmeadi; }
        set { bolmeadi = value; }
    }
    public double Uzaklik
    {
        get { return uzaklik; }
        set { uzaklik = value; }
    }
    public int AltID
    {
        get { return altid; }
        set { altid = value; }
    }
}

public class Sonuclar
{
    private int bolmeno;
    private string bolmeadi;
    private double uzaklik;
    private int malzemeno;

```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```
private string malzemeadi;  
private double yogunluk;  
private string tepsiadi;  
public string TepsiAdi  
{  
    get { return tepsiadi; }  
    set { tepsiadi = value; }  
}  
public string BolmeAdi  
{  
    get { return bolmeadi; }  
    set { bolmeadi = value; }  
}  
public int BolmeNo  
{  
    get { return bolmeno; }  
    set { bolmeno = value; }  
}  
public string MalzemeAdi  
{  
    get { return malzemeadi; }  
    set { malzemeadi = value; }  
}  
public int MalzemeID  
{  
    get { return malzemeno; }  
    set { malzemeno = value; }  
}  
public double Uzaklik  
{  
    get { return uzaklik; }  
    set { uzaklik = value; }  
}  
public double Yogunluk  
{  
    get { return yogunluk; }
```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```

set { yogunluk = value; }
    }
}

public System.Data.DataTable GetDataFromExcel(string
excelFilePath, string excelWorkSheetName)
{
    string constr = "Provider=Microsoft.JET.OLEDB.4.0;Data
Source=" + excelFilePath + "; Extended Properties=Excel 8.0";

    //Bağlantı nesnemizi oluşturup, Connection String
değişkenimizi veriyoruz.
    OleDbConnection con = new OleDbConnection(constr);

    con.Open(); //Bağlantımızı Açıyoruz

    //Excel sayfamızdan verileri alacak olan Sql sorgumuzu
yazıyoruz. [Sheet1$] kısmına dikkat ediniz.
    OleDbCommand komut = new OleDbCommand("select * from [" +
excelWorkSheetName + "$]", con);

    //DataAdaptır nesnemizi oluşturup, select komutumuzu
parametre olarak veriyoruz.
    OleDbDataAdapter da = new OleDbDataAdapter(komut);

    //Alınacak verileri saklamak için bir datatable örneği
türetiyoruz.
    System.Data.DataTable dt = new System.Data.DataTable();

    da.Fill(dt); // Select komutuna sahip olan dataadaptor
nesnesi ile Datatable nesnemizi dolduruyoruz.

    con.Close(); // Excel Bağlantımızı Kapatıyoruz.
    return dt;
}

private void btnsec_Click(object sender, EventArgs e)

```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```
{
    //openFileDialog1.ShowDialog();

    //MessageBox.Show(openFileDialog1.FileName.ToString());C:\\Krdx_Data
    si.xls

    System.Data.DataTable dtMazleme =
    GetDataFromExcel(openFileDialog1.FileName.ToString(), "Malzemeler");
    //Formumuzda ekli olan dagagridview1 adlı nesnemiziz,
    veri kaynağı olarak datatable nesnemizi atıyoruz.

    List<Malzeme> ml = new List<Malzeme>();

    for (int i = 0; i <= dtMazleme.Rows.Count - 1; i++)
    {
        Malzeme nwml = new Malzeme();
        nwml.MalzemeID =
        Convert.ToInt32(dtMazleme.Rows[i]["MalzemeID"].ToString());
        nwml.MalzemeAdi =
        dtMazleme.Rows[i]["MalzemeAdi"].ToString();
        nwml.HareketSayisi =
        Convert.ToInt32(dtMazleme.Rows[i]["HareketSayisi"].ToString());
        nwml.Yogunluk =
        Convert.ToDouble(dtMazleme.Rows[i]["Yogunluk"].ToString());
        nwml.ABCGostergesi =
        dtMazleme.Rows[i]["ABCGostergesi"].ToString();

        ml.Add(nwml);
    }

    System.Data.DataTable dtTepsiBolme =
    GetDataFromExcel(openFileDialog1.FileName.ToString(), "TepsiBolme");

    List<TepsiBolme> tbol = new List<TepsiBolme>();

    for (int i = 0; i <= dtTepsiBolme.Rows.Count - 1; i++)
    {
```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```

        TepsiBolme nwtbol = new TepsiBolme();
        nwtbol.ID =
Convert.ToInt32(dtTepsiBolme.Rows[i]["ID"].ToString());
        nwtbol.TepsiAdi =
dtTepsiBolme.Rows[i]["TepsiAdi"].ToString();
        nwtbol.BolmeNo =
Convert.ToInt32(dtTepsiBolme.Rows[i]["BolmeNo"].ToString());
        nwtbol.BolmeAdi =
dtTepsiBolme.Rows[i]["BolmeAdi"].ToString();
        nwtbol.AltID =
Convert.ToInt32(dtTepsiBolme.Rows[i]["AltID"].ToString());
        nwtbol.Uzaklik =
Convert.ToDouble(dtTepsiBolme.Rows[i]["Uzaklik"].ToString());

        tbol.Add(nwtbol);
    }

    int T, t, N, n;
    T = Convert.ToInt32(textTT.Text);
    t = Convert.ToInt32(textt.Text);
    N = Convert.ToInt32(textNN.Text);
    n = Convert.ToInt32(textn.Text);
    int[,] returnedArr = TavlamaCalistir(ml, tbol, T, t, N,
n);

    double maliyet;
    maliyet = MaliyetHesapla(ml, tbol, returnedArr,
returnedArr.Length/2);
    textMaliyet.Text = maliyet.ToString();

    //Sonuçları alıyoruz
    List<Sonuclar> snc = new List<Sonuclar>();

    for (int i = 0; i < (returnedArr.Length/2) - 1; i++)
    {
        Sonuclar newsnc = new Sonuclar();

```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```

        var mlzmler = ml.FindAll(m => m.MalzemeID ==
returnedArr[i,1]);
        var blmler = tbol.FindAll(te => te.BolmeNo ==
returnedArr[i, 0]);

        foreach (Malzeme mlz in mlzmler)
        {
            newsnc.MalzemeID = mlz.MalzemeID;
            newsnc.MalzemeAdi = mlz.MalzemeAdi;
            newsnc.Yogunluk = mlz.Yogunluk;
        }
        foreach (TepsiBolme tblm in blmler)
        {
            newsnc.BolmeNo = tblm.BolmeNo;
            newsnc.BolmeAdi = tblm.BolmeAdi;
            newsnc.Uzaklik = tblm.Uzaklik;
            newsnc.TepsiAdi = tblm.TepsiAdi;
        }
        snc.Add(newsync);
    }
    dataGridView1.DataSource = snc;

}

public int[,] TavlamaCalistir(List<Malzeme> ml,
List<TepsiBolme> tbol, int T, int t, int N, int n)
{
    int malzemeSayisi;
    malzemeSayisi = ml.Count;
    int tepsiSayisi;
    tepsiSayisi =
Convert.ToInt32(System.Math.Ceiling(Convert.ToDecimal(malzemeSayisi
/ 120))) + 1;

```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```

int bolmeSayisi;
bolmeSayisi = tepsiSayisi * 120;

ArrayList bolmeler = new ArrayList();
ArrayList malzemeler = new ArrayList();
//int[] bolmeler = new int[bolmeSayisi];
//int[] malzemeler = new int[malzemeSayisi];
for (int i = 0; i < bolmeSayisi; i++)
{
    bolmeler.Add(tbol[i].BolmeNo);
}
//for (int j = 0; j < malzemeSayisi; j++)
//{
//    malzemeler.Add(ml[j].MalzemeID);
//}

int[,] ilkCozum = new int[bolmeSayisi, 2];
//[satır,sütun]==>[TepsiBölmesi(sütun0)][MalzemeSayisi(sütun1)]

//Öncelikle Tepsi bölmelerini Random olarak sıralıyoruz
for (int bs = 0; bs < bolmeSayisi; bs++)
{
    Random rnd = new Random();
    int index = rnd.Next(0, bolmeler.Count - 1);
    ilkCozum[bs, 0] = Convert.ToInt32(bolmeler[index]);
    bolmeler.Remove(bolmeler[index]);
}
//Tepsi bölmeleri random dizildiği için Malzemeleri
direkt atama yapıyoruz
for (int bs1 = 0; bs1 < bolmeSayisi; bs1++)
{
    if (bs1 < malzemeSayisi)
    {
        ilkCozum[bs1, 1] = ml[bs1].MalzemeID;
    }
    Else

```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```

{
    ilkCozum[bs1, 1] = 0;
}

}
// ilk maliyeti Hesaplatıyoruz
double ilkMaliyet = MaliyetHesapla(ml, tbol, ilkCozum,
bolmeSayisi);

//Tavlama Benzetimi Algoritması Bu Kısımda işlemeye
başlıyor

int[,] eniyiCozum = new int[bolmeSayisi, 2];
eniyiCozum = ilkCozum;

double eniyiMaliyet;
eniyiMaliyet = ilkMaliyet;

int[,] superCozum = new int[bolmeSayisi, 2];
superCozum = ilkCozum;

double superMaliyet;
superMaliyet = ilkMaliyet;

for (int Nsayac = 1; Nsayac <= N; Nsayac++)
{
    for (int nsayac = 1; nsayac <= n; nsayac++)
    {
        //Rastgele 2 Bölme Seçtiriyoruz
        int[] blmNo = new int[2];
        blmNo = RastgeleBolmeNoGetir(eniyiCozum, tbol,
tepsiSayisi);

        double yeniMaliyet;
        double eskiilktekbolmeMaliyeti =
            TekMalzemeTekBolmeMaliyetHesapla(ml, tbol,
eniyiCozum[blmNo[0], 1], eniyiCozum[blmNo[0], 0]);

```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```

double eskiikincitekbolmeMaliyeti =
    TekMalzemeTekBolmeMaliyetHesapla(ml, tbol,
    eniyiCozum[blmNo[1], 1], eniyiCozum[blmNo[1], 0]);
    double degisenilktekbolmeMaliyeti =
    TekMalzemeTekBolmeMaliyetHesapla(ml, tbol,
    eniyiCozum[blmNo[0], 1], eniyiCozum[blmNo[1], 0]);
    double degisenikincitekbolmeMaliyeti =
    TekMalzemeTekBolmeMaliyetHesapla(ml, tbol,
    eniyiCozum[blmNo[1], 1], eniyiCozum[blmNo[0], 0]);

    yeniMaliyet = eniyiMaliyet -
    eskiilktekbolmeMaliyeti - eskiikincitekbolmeMaliyeti
    + degisenilktekbolmeMaliyeti +
    degisenikincitekbolmeMaliyeti;

    if (yeniMaliyet - eniyiMaliyet < 0)
    {
        //Yeni Çözüm Seçilir
        int[,] yeniCozum = new int[bolmeSayisi, 2];
        yeniCozum = eniyiCozum;
        yeniCozum[blmNo[0], 0] =
    eniyiCozum[blmNo[1], 0];
        yeniCozum[blmNo[1], 0] =
    eniyiCozum[blmNo[0], 0];
        yeniCozum = yeniCozum;
    }
    else
    {
        Random ran = new Random();
        double r = ran.NextDouble();

        if (System.Math.Exp(-(yeniMaliyet-
    eniyiMaliyet)/T)>r)
        {
            //Yeni Çözüm Seçilir

```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```

        int[,] yeniCozum = new int[bolmeSayisi,
2];

        yeniCozum = eniyiCozum;

        yeniCozum[blmNo[0], 0] =
eniyiCozum[blmNo[1], 0];
        yeniCozum[blmNo[1], 0] =
eniyiCozum[blmNo[0], 0];
        eniyiCozum = yeniCozum;
    }
}

    if (eniyiMaliyet < superMaliyet)
    {
        superMaliyet = eniyiMaliyet;
        superCozum = eniyiCozum;
    }

}

    T = T - (T * t / 100);
}

    return superCozum;
}

    public int[] RastgeleBolmeNoGetir(int[,]
Cozum, List<TepsiBolme> tbol, int tepsisayisi)
    {
        int[] blmNo = new int[2];
        //Rastgele ilk Bölme
        Random rnd1 = new Random();
        blmNo[0] = rnd1.Next(1, tepsisayisi*120); //14
        int ID1;
        ID1 = 0;

```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```

        var sonuclar1 = from val in tbol
                        where val.BolmeNo == Cozum[blmNo[0], 0]
                        select val.ID;
        foreach (var ID in sonuclar1)
        {
            ID1 = ID;
        }
        //Rastgele ikinci Bölme
        int ID2;
        ID2 = ID1;
        while (ID2==ID1)
        {
            Random rnd2 = new Random();
            blmNo[1] = rnd2.Next(1, tepsisayisi * 120); //14

            var sonuclar2 = from val in tbol
                            where val.BolmeNo == Cozum[blmNo[1],
0]
                            select val.ID;
            foreach (var ID in sonuclar2)
            {
                ID2 = ID;
            }
        }

        return blmNo;
    }

    public double TekMalzemeTekBolmeMaliyetHesapla(List<Malzeme>
ml, List<TepsiBolme> tbol, int malzemeID, int bolmeNo)
    {
        double maliyet;
        maliyet = 0;

        //Yoğunluğu buluyoruz
        double yog;

```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```

yog = 0;

var sonuclar = from val in ml
                where val.MalzemeID == malzemeID
                select val.Yogunluk;
foreach (double Yogunluk in sonuclar)
{
    if (Yogunluk == null)
    {
        yog = 0;
    }
    else
    {
        yog = Yogunluk;
    }
}
//uzaklığı buluyoruz
double uz;
uz = 0;
var sonuclar1 = from val in tbol
                 where val.BolmeNo == bolmeNo
                 select val.Uzaklik;
foreach (double Uzaklik in sonuclar1)
{
    uz = Uzaklik;
}
maliyet = (yog * uz);
return maliyet;
}

public double MaliyetHesapla(List<Malzeme> ml,
List<TepsiBolme> tbol, int[,] arr, int bolmesayisi)
{
    double maliyet;
    maliyet = 0;
    for (int i = 0; i < bolmesayisi - 1 ; i++)
    {
        //Yoğunluğu buluyoruz

```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```

double yog;

        yog = 0;
        var sonuclar = from val in ml
                        where val.MalzemeID ==
Convert.ToInt32(arr[i, 1])
                        select val.Yogunluk;

        foreach (double Yogunluk in sonuclar)
        {
            if (Yogunluk == null)
            {
                yog = 0;
            }
            else
            {
                yog = Yogunluk;
            }
        }
        //uzaklığı buluyoruz
        double uz;
        uz = 0;
        var sonuclar1 = from val in tbol
                        where val.BolmeNo ==
Convert.ToInt32(arr[i, 0])
                        select val.Uzaklik;

        foreach (double Uzaklik in sonuclar1)
        {
            uz = Uzaklik;
        }
        maliyet = maliyet + (yog * uz);

    }
    return maliyet;
}

```

Ek-5 (Devam) Tavlama Benzetimi Program Kodu

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    openFileDialog1.ShowDialog();
    textSecilen.Text = openFileDialog1.FileName;
}

}
```

EK-6 103 Malzeme İçin Tavlama Benzetimi Sonuç Penceresi

Form1

Seçilen Dosya: C:\Users\Ayla\Documents\103 mal. Excel Dosyası Seç

T (Başlangıç Sıcaklığı): 200

t (Sıcaklık Azaltım Oranı %): 5

N (Dış İterasyon Sayısı): 100

n (İç İterasyon Sayısı): 20

Sonuç Maliyeti: 36000 Hesapla

Sonuç Listesi:

	TepsiAdı	BolmeAdı	BolmeNo	MalzemeAdı	MalzemeID	Uzaklık	Yogunluk
►	A1	A12	2	x1	1	120	1,166666666666...
	A1	A13	3	x2	2	120	0,75
	A1	A14	4	x3	3	120	0,25
	A1	A15	5	x4	4	120	0,25
	A1	A16	6	x5	5	120	0,5
	A1	A17	7	x6	6	120	1,416666666666...
	A1	A18	8	x7	7	120	0,083333333333...
	A1	A19	9	x8	8	120	0,333333333333...
	A1	A110	10	x9	9	120	0,25
	A1	A111	11	x10	10	120	0,25
	A1	A112	12	x11	11	120	0,333333333333...
	A1	A113	13	x12	12	120	0,083333333333...
	A1	A114	14	x13	13	120	0,166666666666...
	A1	A115	15	x14	14	120	0,25
	A1	A116	16	x15	15	120	0,083333333333...
	A1	A117	17	x16	16	120	0,083333333333...
	A1	A118	18	x17	17	120	0,083333333333...

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZTÜRK, Ayla
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 10.12.985 Bulgaristan
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (555) 978 93 79
Faks : Yok
e-mail : aylaozturk85@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Endüstri Mühendisliği	2008
Lise	Kırklareli Anadolu Lisesi	2004

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-	ASELSAN	Mühendis

Yabancı Dil

Almanca, İngilizce

Hobiler

Eşli danslar, Türk sanat müziği, Kitap okumak, Spor yapmak