

**DEPO OPERASYONLARININ PLANLANMASI İÇİN GENETİK
ALGORİTMA ESASLI BİR MODEL**

**Pamukkale Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

Yusuf ŞAHİN

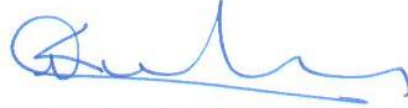
Danışman: Doç. Dr. Osman KULAK

Haziran, 2009

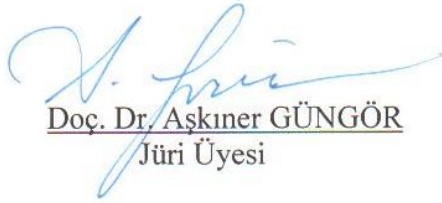
DENİZLİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

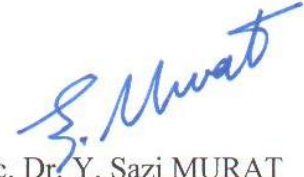
Yusuf ŞAHİN tarafından Doç. Dr. Osman KULAK yönetiminde hazırlanan “**Depo Operasyonlarının Planlanması İçin Genetik Algoritma Esaslı Bir Model**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Osman KULAK
Jüri Başkanı(Danışman)



Doç. Dr. Aşkiner GÜNGÖR
Jüri Üyesi



Doç. Dr. Y. Şazi MURAT
Jüri Üyesi

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 03/06/2009 tarih ve 13/30 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Halil KARAHAN
Müdür

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

İmza

:



Öğrenci Adı Soyadı : Yusuf ŞAHİN

TEŞEKKÜR

Çalışmanın her aşamasında, engin bilgi birikimi ile bana yol gösteren, ulusal ve uluslararası düzeyde yayın yapma konusunda beni her daim yüreklendiren, kendisinden almış olduğum dersler sayesinde yeni birçok şey öğrenmeme yardımcı olan, doktora eğitimim için Türkiye'nin önde gelen hocalarına hiç tereddüt etmeden benim için referans olan sayın hocam Doç. Dr. Osman KULAK'a,

Kişisel gelişim konusunda, gerek vermiş olduğu dersler gerekse de nasihatler ile üzerimde büyük emekleri olan, özgür çalışma ortamının daha verimli olduğunu düşünerek bizlere esnek çalışma koşulları sağlayan ve her daim destek olan değerli hocalarım Doç. Dr. Aşkîner GÜNGÖR ve Yrd. Doç. Dr. Özcan MUTLU'ya,

Yardımlarını asla unutmayacağım, ömrümüz olduğu sürece daha birçok bilimsel çalışmanın altına beraber imza atacağımızdan emin olduğum sevgili çalışma arkadaşlarım Can Berk KALAYCI'ya, Olcay POLAT'a ve Hasan AKYER'e,

Çeşitli şekillerde, tezin değişik kısımlarında yardımlarını benden esirgemeyen sevgili dostlarım, Mehmet KURT, Muhammed Ali HATİPOĞLU, Nevzat YEGİN, Çağlar YÜKSEL ve biricik adaşım Yusuf ŞAHİN'e,

Her şeyden önemlisi, benim bugünlere gelmemde en büyük emeği olan, her zaman her yerde ve her durumda bana güvenen, destek olan biricik anneme, babama ve kardeşime,

Eve iş götürmek durumunda kaldığım günlerde beni anlayışla karşılayan sevgili eşim Işıl ve bir gülümsemesi ile bütün stresimi alıp götüren biricik kızım Elif Nisa'ya çok teşekkür ederim.

Yusuf ŞAHİN

ÖZET

DEPO OPERASYONLARININ PLANLANMASI İÇİN GENETİK ALGORİTMA ESASLI BİR MODEL

Şahin, Yusuf
Yüksek Lisans Tezi, Endüstri Mühendisliği ABD
Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Osman KULAK

Mayıs 2009, 120 Sayfa

Günümüzde depo operasyonlarının etkin olarak yönetilmesi lojistik firmalarının en önemli hedeflerinden birisidir. Depo operasyonlarının yönetilmesi sırasında yoğun olarak iki tip problemle karşılaşmaktadır. Bunlardan birincisi sipariş hazırlıklarına yönelik siparişlerin gruplandırılması, ikincisi ise gruplanan siparişlere ait toplama aracı rotasının belirlenmesidir. Firmalarının etkin ve ekonomik sipariş toplama planlarını oluşturabilmeleri için bu problemlerin eş zamanlı olarak çözmeleri gerekmektedir. Bu çalışmada özellikle çapraz geçitli depo sistemleri için sipariş gruplarını ve ilgili gruplara ait araç rotalarını birlikte çözen yöntemler önerilmektedir. Bu amaçla GANN (Genetik Algoritma-En Yakın Komşu) ve GAS (Genetik Algoritma-Kazanç) olarak adlandırılan iki farklı yöntem geliştirilmiştir. Yöntemlerin etkinliğini belirlemek ve alternatifleri karşılaştırmak için farklı sipariş sayısı, hazırlık süresi, ağırlık ve toplama koordinatlarını içeren deney problemleri rastsal olarak oluşturulmuş ve test edilmiştir. Çalışmada sunulan yöntemlerin etkinliği GABM (Genetik Algoritma Gruplama Metodu) yöntemi ile klasik depo yerleşimi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, GANN yönteminin hem çapraz geçitli hem de klasik depo için GAS ve GABM yöntemlerinden daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Sipariş Gruplama, Genetik Algoritma, Kazanç, En Yakın Komşu Sezgiseli

Doç. Dr. Osman KULAK
Doç. Dr. Aşkın GÜNGÖR
Doç. Dr. Y. Şazi MURAT

ABSTRACT**A GENETIC ALGORITHM BASED APPROACH FOR PLANNING
WAREHOUSE OPERATIONS**

Şahin, Yusuf

M.Sc. Thesis in Industrial Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Osman KULAK

May 2009, 120 Sayfa

Nowadays one of the most important aims of logistic companies is to manage warehouse operations effectively. During the management of warehouse operations two types of problems are encountered densely. First one is to define order batches and second one is to determine a suitable vehicle route for batched orders. In order to compose effective and economic distribution plans, these problems should be solved simultaneously. In this study, novel cluster-based genetic algorithm approaches namely Genetic Algorithm-Nearest Neighbor (GANN) and Genetic Algorithm-Saving (GAS) are proposed to solve order batching and vehicle routing of relevant batch for cross aisle warehouse systems especially. Detailed numerical experiments are carried out to evaluate the performances of the proposed GAs. Various problem instances including the number of order, setup time, weight, and picking coordinates are generated randomly. The effectiveness of the methods was compared with GABM using classic warehouse layout in the study. As a result, it was determined that GANN method produced better solutions than GAS and GABM methods for both cross aisles and classic warehouse layout.

Keywords: Order Batching, Genetic Algorithm, Savings, Nearest Neighbor Heuristics

Assoc. Prof. Dr. Osman KULAK
Assoc. Prof. Dr. Aşkıner GÜNGÖR
Assoc. Prof. Dr. Y. Şazi MURAT

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU	i
BİLİMSEL ETİK SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. LOJİSTİK VE LOJİSTİK YÖNETİMİ	4
2.1 Lojistik Nedir?	4
2.2 Lojistiğin Tarihçesi	5
2.3 Lojistiğin Önemi	6
2.4 Türkiye ve Dünyada Lojistik	6
2.5 Lojistik Yönetimi	7
2.6 Lojistiğin Unsurları	7
3. DEPO YÖNETİMİ.....	10
3.1 Depo ve Depolama.....	10
3.2 Depoların Görevleri	11
3.3 Depo Türleri.....	12
3.4 Depo Operasyonları	14
3.4.1 Parçaları depo alanına atama.....	15
3.4.2 Depolama	16
3.4.3 Sipariş hazırlama.....	16
3.4.4 Sipariş birleştirme	18
3.4.5 Diğer konular	18
4. SİPARİŞ GRUPLAMA VE TOPLAMA PROBLEMLERİ	19
4.1 Problemlerin Tanımlanması	19
4.2 Depo İle İlgili Literatür Taraması	21
4.3 Sipariş Gruplama İle İlgili Literatür Taraması.....	22
4.4 Sipariş Toplama İle İlgili Literatür Taraması.....	24
4.5 Depo Yerleşimi	27
5. DEPO OPERASYONLARININ PLANLANMASI İÇİN GENETİK ALGORİTMA ESASLI BİR MODEL	29
5.1 Giriş.....	29
5.2 Genetik Algoritmanın Tarihçesi.....	29
5.3 Genetik Algoritmalara Giriş.....	30
5.4 Genetik Algoritmanın Çalışma Prensipleri	30
5.5 Genetik Algoritmanın Adımları	31
5.5.1 Başlatma.....	32
5.5.2 Yeniden üretim.....	32
5.5.3 Seçim.....	32
5.6 Genetik Operatörler.....	33
5.6.1 Çaprazlama operatörü	33
5.6.2 Mutasyon operatörü	33
5.7 Geliştirilen Yöntem.....	33

5.7.1	Çözümün kodlanması.....	34
5.7.2	İlk nüfusun oluşturulması.....	35
5.7.3	Uygunluk.....	37
5.7.3.1	Kazanç sezgiseli.....	37
5.7.3.2	En yakın komşu sezgiseli.....	38
5.7.3.3	Siparişler arası mesafenin hesabı.....	39
5.7.4	Kromozomların eşleştirme havuzuna alınması.....	40
5.7.5	Çaprazlanacak bireylerin seçilmesi.....	41
5.7.5.1	Rulet tekeri.....	41
5.7.5.2	Sıralama seçimi.....	42
5.7.5.3	Turnuva seçimi.....	43
5.7.6	Çaprazlama.....	43
5.7.6.1	Uniform çaprazlama.....	43
5.7.6.2	Enjeksiyon çaprazlama.....	44
5.7.7	Mutasyon.....	45
5.7.8	Elitizm.....	46
5.7.9	Tamir fonksiyonu.....	47
6.	DENEYSEL ÇALIŞMA.....	49
6.1	Geliştirilen Program ve Özellikleri.....	49
6.2	En İyi Parametre Setinin Belirlenmesi.....	51
6.2.1	Normallik testi.....	52
6.2.2	F testi.....	52
6.2.3	Çoklu karşılaştırma testleri.....	53
6.3	Geliştirilen Yöntemlerin Etkinliğinin Karşılaştırılması.....	54
6.4	Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	56
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	60
	KAYNAKLAR.....	62
	EKLER.....	68
	ÖZGEÇMİŞ.....	109

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Lojistiğin temel felsefesi	5
Şekil 2.2 Lojistik ağı	8
Şekil 2.3 Lojistik sisteminde yer alan maliyetler	9
Şekil 3.1 Bir dağıtım merkezinin fonksiyonel alanları	13
Şekil 3.2 Tipik depo fonksiyonları ve akışları	15
Şekil 3.3 Tek tek toplanma.....	17
Şekil 3.4 Grup toplama	17
Şekil 3.5 Zigzag	17
Şekil 3.6 En büyük boşluk	17
Şekil 3.7 Geri Dönüşlü.....	18
Şekil 3.8 Birleşik.....	18
Şekil 4.1 Sipariş toplama faaliyetinin düğüm şeklinde gösterimi.....	20
Şekil 4.2 Klasik depo gösterimi	28
Şekil 4.3 Çapraz geçitli depo	28
Şekil 5.1 GA'nın akışı	31
Şekil 5.2 Grup numarası gösterimine dayalı kromozom yapısı	35
Şekil 5.3 Sabit sipariş ataması.....	35
Şekil 5.4 Kazanç algoritması.....	38
Şekil 5.5 Kromozomların eşleştirme havuzuna alınması (Kulak 2007)	41
Şekil 5.6 Rulet tekeri seçimi	41
Şekil 5.7 Rulet tekerleği ile kromozom seçim süreci.....	42
Şekil 5.8 Uniform çaprazlama.....	43
Şekil 5.9 Gen yapısının değiştirilmesi	44
Şekil 5.10 Enjeksiyon çaprazlama	44
Şekil 5.11 İkili yer değiştirme yöntemi.....	45
Şekil 5.12 Yerine koyma yöntemi.....	45
Şekil 5.13 Sağa ve sola rotasyon yöntemleri	46
Şekil 5.14 Tersine çevirme yöntemi.....	46
Şekil 5.15 Yeni nesil seçimi (Kulak 2007)	47
Şekil 5.16 Tamir stratejisi	47
Şekil 5.17 Geliştirilen GA esaslı yöntemlerin iş akışı	48
Şekil 6.1 Depo özelliklerinin girilmesi	50
Şekil 6.2 GA parametrelerinin girilmesi	50
Şekil 6.3 Çözümün ilerleyişini gösteren alt pencere.....	50
Şekil 6.4 Sonuçlar sayfası	50

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 5.1 Seçim olasılığı ve uygunluk değeri.....	42
Tablo 6.1 Deneysel çalışmada kullanılan parametre değerleri	49
Tablo 6.2 ANOVA testi için seçilen parametre grupları.....	51
Tablo 6.3 Normallik testi sonuçları.....	52
Tablo 6.4 F-test istatistiği sonuçları	53
Tablo 6.5 Çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	53
Tablo 6.6 Kullanılacak GA parametreleri	54
Tablo 6.7 Sipariş listelerine ait bilgiler	54
Tablo 6.8 Deneysel çalışmada kullanılan depolara ilişkin bilgiler	55
Tablo 6.9 Klasik depo gösterimi için deney sonuçları	56
Tablo 6.10 Sonuç karşılaştırma için F Testi	57
Tablo 6.11 Çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	57
Tablo 6.12 Klasik depo yerleşimi için yöntemlerinin karşılaştırılması	58
Tablo 6.13 Çapraz geçitli depoda GANN ve GAS yöntemlerinin karşılaştırılması	58
Tablo 6.14 GANN ve GAS yöntemlerinin sonuçlarının karşılaştırılması	59

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

ÇED	Çevresel etki değerlendirmesi
OP	Order picking
ZP	Zone picking
S/R	Storage and retrieval
AS/RS	Automated storage and retrieval system
GSBM	Gipson and Sharp's Batching Method
SFC	Space filling curve
MAA	Minimum additional aisle
COG	Centre of gravity distance metric
SL	Small and large
TSP	Travelling Salesman Problem
P/D	Pickup / drop-off
GAS	Genetic Algorithm – Kazanç
GANN	Genetic Algorithm – En Yakın Komşu
GABM	Genetic Algorithm Batching Method
GA	Genetik Algoritma
D_i	Çekirdek sipariş S_i içerisindeki alt siparişlerin rota mesafesi
D_{yeni}	j siparişi i çekirdek siparişine atandıktan sonra elde edilen yeni rota mesafesi
S_{ij}	S_i çekirdek siparişine j siparişi eklendiğinde oluşan benzerlik faktörü
NS_i	i siparişi içerisindeki alt siparişlerin sayısı

1. GİRİŞ

Lojistik zinciri içerisinde yer alan hammadde, yarı mamul ve bitmiş ürünlerin fiziki olarak belirli bir yerden diğer bir yere taşınmaları gerekir. Bu süreç boyunca, belirtilen ürünler belirli noktalarda, belirli bir süre saklanıp bekletilirler. Ürünlerin müşteriden istek gelinceye kadar bekledikleri bu noktalar depolardır. Günümüzde depolar, sadece ürünlerin saklandığı ve depolandığı alanlar olmanın yanında, lojistik zincirinin esnekliğine büyük oranda etki eden kritik noktalardır. Depolar içerisinde birçok faaliyet gerçekleştirilir. Bu faaliyetlerden, müşteri isteklerini karşılamak için, siparişte yer alan parçaların depo içerisindeki özel stok alanlarından alınarak, sevkiyat noktasına getirildiği sipariş toplama (order picking) faaliyeti en kritik olanıdır. Sipariş toplama faaliyeti, bu faaliyetin insanlar tarafından yapıldığı sistemler için yüksek işçilik, otomatik olarak yapıldığı sistemler için ise yüksek yatırım maliyeti gerektiren bir faaliyettir (Goetschalckx ve Ashayeri 1989). İlk yatırım maliyetinin düşük olması nedeniyle sipariş toplamanın insanlar tarafından gerçekleştirildiği depolar (picker-to-part) daha yaygın kullanıma sahiptir.

Sipariş toplama faaliyeti depo içerisindeki işçilik maliyetinin yaklaşık olarak %60'lık kısmını oluşturmaktadır (Drury 1988). Diğer taraftan tipik bir depo için, sipariş toplama maliyeti toplam depo maliyetinin %55'lik kısmını oluşturmaktadır (Tompkins ve diğerleri 2003). Dolayısıyla, maliyetleri düşürmek isteyen depo yöneticileri ve depo konusunda çalışmalar yapan akademisyenler açısından sipariş toplama faaliyeti dikkat çekici bir maliyet kalemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Geçtiğimiz yüzyılda, elektronik ticaret, küreselleşen ekonomi ve müşteri odaklı pazar iş çevresinin önemli ölçüde değişmesine neden olmuştur. Bunların sonucu olarak depolama konusunda yeni eğilimler ortaya çıkmıştır. Günümüzde, depolar geçmişe nazaran daha fonksiyonel bir yapıda tasarlanmaktadır. Depolar asli görevleri olan ürün depolamanın yanında diğer katma değerli faaliyetlerinde yürütüldüğü alanlar olmuşlardır. Depo içerisinde yürütülen katma değerli faaliyetlere ürün birleştirme,

çapraz yükleme, kalite kontrol, son montaj, paketleme, ürün geri kazanımı, bilgi servisleri v.b. gibi faaliyetler örnek olarak verilebilir.

Depo kullanıcıları, güvenlik stoğunu düşürmek, yığın üretim sayesinde ekonomik kazanç sağlamak ve kanalların yönetimini basitleştirmek için dağıtım kanallarını birleştirme yoluna gitmektedirler. Birçok üretici ve toptancı asıl faaliyet alanlarına odaklanabilmek için depolama faaliyetlerini dış kaynak kullanımı ile gerçekleştirmektedir. Genellikle ürünler üçüncü parti lojistik sağlayıcılarına ait büyük depolarda depolanmaktadır. Dahası, e-ticarette yaşanan gelişmeler sayesinde, az sayıda parça içeren yüklü miktardaki siparişler bile kısa bir zamanda toplanabilmektedir. İlaveten, küçük üretim miktarları, isteğe bağlı ürün üretimi, kullanım noktası teslimi, duyarlı lojistik ve çevresel koruma gibi eğilimler de günümüzde söz konusu olmaktadır. Bir bütün olarak ele alındığında, bahsedilen yeni gelişmeler genelde depo operasyonlarını ve özellikle sipariş toplama faaliyetlerini daha karmaşık bir hale getirmekte ve depolama çalışmalarının hayati öneme sahip bir hal almasına neden olmaktadır.

Lojistik zincirinin önemli bir parçası olan sipariş toplama faaliyeti, zincirin performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Sipariş toplamadaki herhangi bir yetersizlik, müşteri memnuniyetsizliğine ve yüksek operasyon maliyetlerine yol açarken, tedarik zincirinin bütünü de önemli oranda etkilemektedir. Sipariş toplama faaliyetinin etkili bir şekilde yürütülebilmesi için, sipariş hazırlama sürecinin sağlıklı bir şekilde tasarlanması ve etkin olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu tez çalışması ile etkili bir sipariş toplama planı hazırlayan yeni yöntemlerin literatüre kazandırılması hedeflenmiştir. Bu çalışmada, sipariş gruplama (order batching) ve sipariş toplama (order picking) problemlerine eş zamanlı olarak çözüm aranmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde lojistik ve lojistik yönetimi konuları ele alınmaktadır. Lojistiğin tarihçesi, bileşenleri, önemi ve unsurları gibi konular bu bölüm kapsamında kısaca açıklanmıştır. Üçüncü bölümde depo ve depolama kavramları incelenmiştir. Depoların görevleri, türleri, depolarda yürütülen faaliyetler gibi konular bu bölümde açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde sipariş gruplama ve toplama problemleri tanımlanmış ve literatürde yer alan çözüm yöntemleri sunulmuştur. Ayrıca bu bölümde çalışma kapsamında kullanılan depo yerleşimlerinin şekilleri yer almaktadır.

Beşinci bölümde geliştirilen GA esaslı çözüm yöntemi açıklanmıştır. Kullanılan kromozom yapısı, seçim, çaprazlama, mutasyon yöntemleri ve sonlandırma kriterleri örneklerle detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Bir sonraki bölümde, yapılan deneysel çalışmalar ile geliştirilen yöntemlerin ve kullanılan depo yerleşimlerinin karşılaştırmaları sunulmuştur. Yedinci bölümde yapılan çalışma özetlenmesinin ardından sonuç ve öneriler sıralanmıştır.

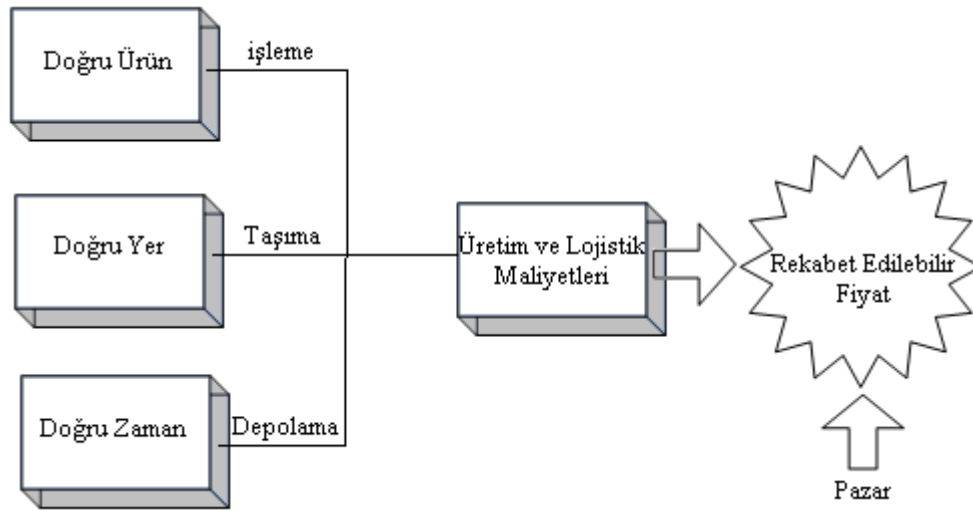
2. LOJİSTİK VE LOJİSTİK YÖNETİMİ

Lojistik kelimesi ilk olarak Silahlı Kuvvetlerde kullanılmıştır. 1905 yılında Albay Chauncey B. Baker tarafından “malzeme ve personelin taşıma, tedarik, bakım ve yenilenmesi” şeklinde askeri bir fonksiyonu tanımlamak amacı ile kullanıldığı bilinmektedir. Askeri anlamda lojistik, “muharip unsurlara strateji ve taktiğine uygun ve gerekli olan ikmal maddeleri ile hizmet desteğini sağlamak için yapılan faaliyetler” anlamına gelmektedir. Bu kapsamda “orduların erzak ve mühimmat desteğinin düşünülerek hareket ettirilmesi sanatı” olarak öngörülmektedir (Tanyaş 2003).

Lojistik kavramı, askeri yönetim için olduğu kadar, günümüz iş dünyasında işletme yönetimi için de oldukça önemli bir yere sahiptir. Lojistik, uzun süredir fiilen gerçekleştirilen bir faaliyet olmasına karşın ancak 1960 yılında ticari anlamda literatüre girmiştir. İletişim ve bilgi teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler ve her geçen gün artan rekabet; tüketici ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için hammadde, süreç içi envanter, nihai ürün veya bunlarla ilgili olan bilginin nihai tüketim merkezine etkin ve düşük maliyetle iletilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Oluşan bu ihtiyacı giderebilecek çözümler ise lojistik kavramı üzerinden tanımlanmaktadır.

2.1 Lojistik Nedir?

Lojistik, üreticinin üreticisinden, müşterinin müşterisine kadar olan bir zincirde, doğru malzemenin doğru zamanda bulundurulmasını sağlayan faaliyetlerin tümüdür (Kanalıcı 2005). Lojistiğin temel felsefesi Şekil 2.1’de özetlendiği üzere, müşterinin talep etmiş olduğu ürünü doğru şekilde, doğru yer ve zamanda, uygun kalitede ve düşük maliyetli olarak temin edileceği garantisinin verilmesidir. Lojistiğin ana hedefi yüksek müşteri memnuniyetine ulaşmaktır. Lojistik, yüksek kaliteli servisi düşük ya da kabul edilebilir maliyetle sağlamak zorundadır (Jones ve Towill 1999)



Şekil 2.1 Lojistiğin temel felsefesi

2.2 Lojistiğin Tarihçesi

Lojistik tarihine kısa bir göz atmak gelişiminin anlaşılması açısından aydınlatıcı bilgi sağlayacaktır. Antik Roma ve Yunan Krallıkları'nda, savaş zamanlarında kaynakların tedariki ve dağıtımı ile görevli askeri yetkililere “Logistikas” adı verilir. Bu kişiler, savaş sonucuna kritik biçimde etkileyen bir etmen olan askerlerin bir yerden diğer bir yere etkili bir şekilde hareketlerini sağlamakla görevliydi. Bu kişilerin görevleri arasında, düşmanın tedarik kaynaklarının vurmak suretiyle yok edilmesi ve kendi kaynaklarını düşman saldırılarına karşı korunması da vardı.

İkinci dünya savaşı sırasında (1939-1945), lojistik büyük bir gelişim gösterdi. Lojistiği etkin kullanmaları sayesinde Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve müttefikleri Almanya'ya karşı üstünlük sağladılar. Almanya, askeri kuvvetlerinin tedarik kaynakları ciddi kayıplar verirken, düşmanlarına aynı şekilde cevap veremedi. ABD ordusu, hizmetlerin doğru zamanda ve doğru yerde verilmesini sağladılar. Bu servislerin, her ne zaman ve nerede ihtiyaç duyulursa duyulsun en optimum ve ekonomik şekilde sağlanmasına çalışıldı. Bu görevi başarabilmek için en uygun seçenekler geliştirildi. Her ne kadar günümüzde çok daha gelişmişleri kullanılsa da, bu savaş birçok askeri lojistik tekniğin ortaya çıkmasına öncülük etmiştir.

Günümüzde lojistik sanat ve bilim gibi kendi kendine gelişmektedir. Ancak lojistik gerçek bir bilim dalı olarak ifade edilememektedir. Lojistik, önceden tanımlanmış tabloları takip etmediği gibi doğuştan kalıtsal özelliklere de dayanmamaktadır. Bir lojistik yöneticisi görev ve sorumluluklarını, eğitim düzeyi, becerileri, geçmiş

deneyimleri ve önsezilerine göre yerine getirir. Bu beceriler, kişi tarafından sürekli yapılan aynı uygulamalar tarafından beslenerek organizasyonun daha iyi bir konuma getirilmesi için kullanılır. Lojistik yöneticileri, etkili ve verimli bir lojistik yönetim sistemi ile şirketlerine önemli faydalar sağlarlar.

Lojistik, daha önce kendisinin bir yük olduğunu düşünen firmalara bir çeşit rahatlama sağlamıştır. Bu nedenle günümüzde firmalar, sürdürülebilir bir gelişim sağlamak için lojistik yönetimi konusunda gerekli donanıma sahip olmaları koşuluyla insanları işe almaktadırlar.

2.3 Lojistiğin Önemi

Günümüz iş dünyasında oluşan rekabet koşullarında, firmalar birim maliyeti düşürmek için milyonlarca dolarlık AR-GE yatırımı yapmaktadırlar. Örneğin, ülkemizde çamaşır makinesi üretimi konusunda faaliyet gösteren birçok firma bulunmaktadır. Bu firmalar, üretimde kullandıkları malzeme ve yarı mamullerin birçoğunu Çin gibi düşük maliyetle üretim yapan ülkelere taşıyıp montaj yaparak nihai ürünlerini piyasaya sunmaktadırlar. Sonuçta ortaya çıkan ürün çok küçük farklarla birbirinin aynısıdır. Bu firmaların ürettikleri ürünlerde kullanılan malzeme ile işgücü ve enerji maliyetleri eşit olduğu için birim ürün maliyeti aşağı yukarı eşit olmaktadır. İşte tam bu noktada lojistiğin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu aşamada, en uygun stok düzeyi ve optimum dağıtım kanalları konfigürasyonunu belirlemek için çeşitli faaliyetler gerçekleştirilmektedirler. Lojistik gelinen bu noktada üretici firmalar için bir çözüm olarak önem kazanmaktadır. Lojistik, hizmet ve operasyonların kontrolünü sağlamanın yanında üreticiye sağlıklı ve düşük maliyetle stok tutma imkânı da sağlamaktadır.

2.4 Türkiye ve Dünyada Lojistik

Lojistikle ilgili bazı verilere bakmak konunun öneminin anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Dünyada ve Türkiye’de lojistik sektörü önemli gelişmeler göstermektedir. 2002 yılında Amerikan ekonomisinin toplam lojistik harcaması 910 milyar \$ (GSYH’nin % 8.7 si) olarak tespit edilmiştir. Başlıca lojistik harcamaları nakliye maliyetleri (571 milyar \$), stok bulundurma maliyetleri (298 milyar \$) ve diğer maliyetlerden (41 milyar \$) oluşmaktadır. Çin’de ulaşım ve lojistik maliyetleri 2001 yılında 230 milyar \$ olup GSYH’nin %20’sine karşılık gelmekteydi. Türkiye’de yapılan

benzer bir araştırmada ise Türkiye’de firmaların lojistikle ilgili harcamaların toplam ciroları içindeki payı % 5 olarak tespit edilmiştir. Bu da yaklaşık 10 milyar \$ civarında bir lojistik pazarı olduğunu göstermektedir (Baki 2004)

2.5 Lojistik Yönetimi

Lojistik yönetimi, malzeme ve bilgi akısının koordinasyonu boyunca müşteri ihtiyaçlarının tatmin edilmesiyle, tedarikçilerin ötesinde firma ve firma operasyonları aracılığıyla pazaryerinden olan uzantıyı ifade etmektedir (Christopher 1998). Lojistik yönetimi, Lojistik Yönetimi Konseyi tarafından, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla mal ve hizmetlerin ve bunlara ilişkin bilginin etkin ve verimli olarak depolama ve aktarımının planlama ve kontrol etme süreci olarak tanımlanmıştır (Babacan 2003).

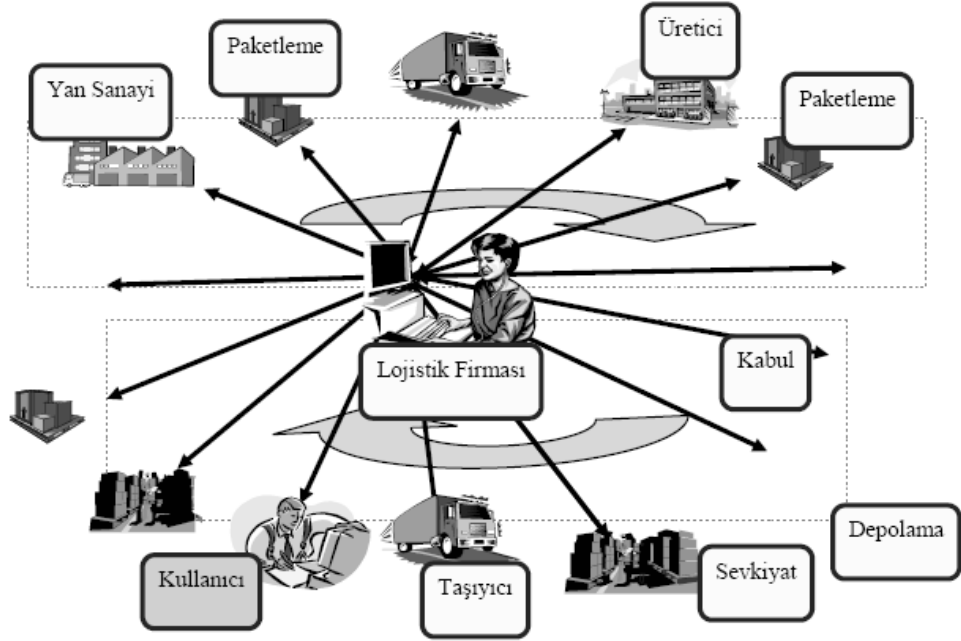
Bu tanımların yanında lojistik kavramının i içe olduğu bazı kavramlar mevcuttur. Bu kavramlardan ilki ‘‘Lojistik Yönetimi’’dir. Lambert ve Stock (1999) lojistik yönetimini, tedarik zinciri içerisindeki süreçte müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürün, hizmet ve bilgi akışının ve depolanmasının, başlangıç noktasından, ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan hareketinin, etkili ve verimli bir şekilde planlanması, uygulanması ve denetiminin gerçekleştirilmesi hizmeti olarak ifade etmektedir. Lojistik faaliyetlerinin etkin olarak yürütülebilmesi için iyi bir planlama ve planlanan faaliyetlerin operasyonel anlamda mümkün olduğunca verimli bir şekilde yerine getirilmesi son derece gereklidir. şekil 2.2’de klasik bir lojistik ağı gösterilmektedir (Kaya ve Dalgıç 2002). şekil 2.3’te lojistik sisteminde yer alan maliyetler şematize edilmiştir.

2.6 Lojistiğin Unsurları

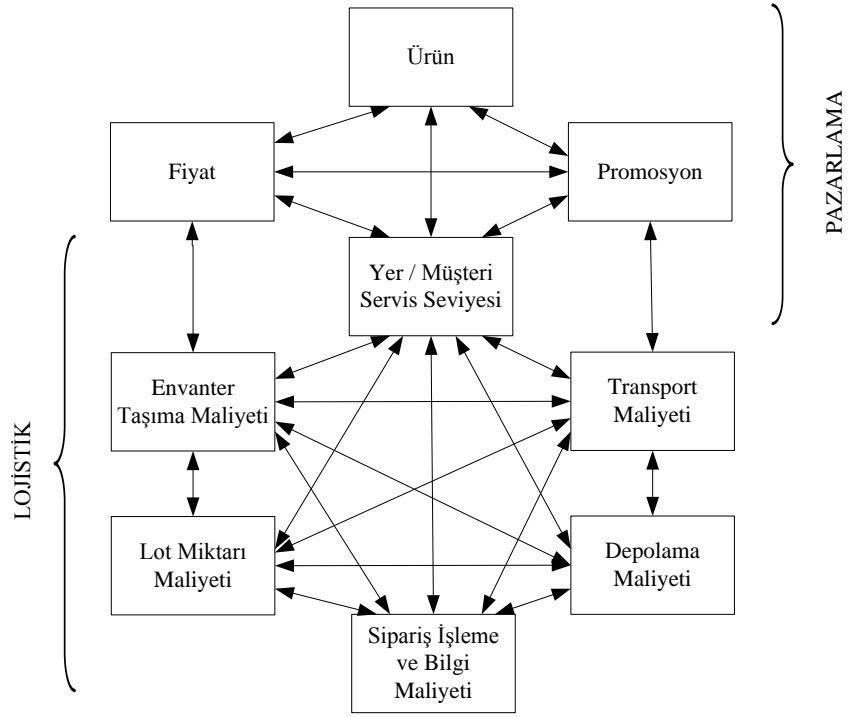
Lojistiğin unsurları, lojistiğin uygulandığı döneme ve sektöre göre farklılık gösterebilmektedir. Lojistik gereksinimler farklılařtıķa lojistik unsurlarda zaman içerisinde değişmiş, bazı yeni lojistik unsurlar eklenirken, bazıları da günümüzde kullanılmaz hale gelmiştir. Ancak genel olarak kabul gören ve tüm lojistik uygulamalarda görülmese bile çoğu için geçerli olabileceği değerlendirilen unsurlar şunlardır (Keskin 2006)

- Proje yönetim faaliyetleri (araştırma, tasarım, geliştirme, üretim süreci)

- Temin ve tedarik faaliyetleri (yedek parça, ihtiyaçların tespiti ve kaynakların planlanması)
- Ulaştırma faaliyetleri,
- Kalite faaliyetleri (kalite güvencenin sağlanması, kontrolünün temini, emniyet standartları, deneme testleri),
- Kodlandırma faaliyetleri (dokümantasyon ve kodlandırma),
- Son işlem faaliyetleri (ambalajlama, yükleme, depolama, nakliye ve dağıtım, muayene, test, kabul, teslim ve teslim faaliyetleri)
- İşletme desteği faaliyetleri (bakım, onarım, yenileştirme faaliyeti ve destek personeli ile bakım tesisleri)
- Sağlık yönetimi faaliyetleri (sıhhi tahliye ve tedavi),
- İnşaat-emlak faaliyetleri (istihkam, inşaat-emlak),
- Eğitim faaliyetleri (lojistik eğitim faaliyetleri ve eğitim desteği),
- Çevresel faaliyetler (çevrenin korunması ve atıkların ekonomiye kazandırılması, ÇED)
- Bilişim faaliyetleri (Bilgisayar benzeri bilişim teknolojisi ürünleri, veri tabanları) olarak sıralanabilir.



Şekil 2.2 Lojistik ağı



Şekil 2.3 Lojistik sisteminde yer alan maliyetler

3. DEPO YÖNETİMİ

3.1 Depo ve Depolama

Depolama kavram olarak, gereksinimlerin gerektiğinde kullanılmak üzere belirli esaslara göre bulundurulmasıdır. Üretim sektöründe depolama, ürünlerin ham madde ya da yarı mamul olarak sağlanmasından bitmiş hale getirilerek gereksinim sahiplerine dağıtılincaya kadar olan süreçte hazırda bekletilmesi anlamına gelmektedir. Saklanan malzemelerin her an kullanıma hazır olabilmesi için bakımlarının yapılması, varlıklarının her an bilinebilmesi için stok hareketlerinin takibi, fiziki emniyetlerinin sağlanarak saklanmaları gibi teknik konular, lojistik yönetiminde depo ve depolama kavramlarının tanımını genişletmektedir (Keskin 2006).

Depolama, günümüz pazar piyasası koşullarının gereği olarak karsımıza çıkan rekabet ortamında, maliyetlerin aşağıya çekilmesi, lojistik yönetim sürecinin aksamaması ve müşteri memnuniyetinin sağlanması adına büyük öneme sahiptir (Keskin 2006). Lojistik yönetim, depolama işlemlerinde, stratejik temelde; depolama hizmetinin satın alınarak mı, kiralanarak mı ya da her ikisini bir birleşimi şeklinde mi karşılanacağı konusunda, eylemsel temelde ise lojistik başarımın değerlendirilmesi konusunda cevaplar arar. Maliyetlere doğrudan yansıyan bir unsur olarak, satışların yüzde 6'sı ile 9'u arasında gerçekleşen depolama faaliyetleri işletme için maddi açıdan büyük önem taşır (Ölçer ve Önüt 2003).

Depolama, bütün lojistik sistemlerinin ayrılmaz bir parçasıdır. Dünya genelinde, profesyonel olarak yönetilen depoların yanında, şirketlerin sahip olduğu kişisel depolar ve hatta bahçe depoları da dâhil olmak üzere 750.000'den fazla depolama faaliyetinin yürütüldüğü tahmin edilmektedir. Depolar, arzu edilen müşteri servis seviyesinin mümkün olan en düşük maliyetle sağlanmasında hayati bir rol oynar (bakınız Şekil 3.1). Depolama faaliyeti, üretici ile müşteri arasında önemli bir bağlantıdır. Yıllar içerisinde depolama, firmaların lojistik sistemlerinin küçük bir parçası olmaktan bu sistemin en önemli faaliyeti olacak şekilde gelişim göstermiştir. (Lambert ve diğerleri 1998).

Depolamayı, başlangıç noktası ile nihai ihtiyaç noktası arasında ürünlerin (hammadde, parçalar, yarı mamul ve nihai ürün) depolandığı, yönetime durum hakkında bilgi sağlayan ve depolanan ürünlerin dağıtımının gerçekleştirildiği lojistik sistemi elemanı olarak tanımlayabiliriz. Dağıtım merkezi terimi zaman zaman kullanılsa da deponun türdeşi değildir. Depo daha uygun bir ifadedir (Lambert ve diğerleri 1998).

3.2 Depoların Görevleri

Depolar aşağıda belirtilen bir veya daha fazla görevi yerine getirmek için inşa edilirler (De Koster ve diğerleri 2007, Lambert ve diğerleri 1998);

1. Taşımada tasarruf sağlamak (örneğin bütünleşik nakliye, dolu konteynır yükü)
2. Üretimde tasarruf sağlamak (örneğin stoka üretim politikası)
3. Gelecekteki alımlar için miktar indirimi avantajından faydalanabilmek,
4. Tedarikin kaynağını sürdürmek,
5. Firmaların müşteri servis politikalarına destek olmak,
6. Pazarın durumundaki değişikliği ve belirsizlikleri ortadan kaldırmak (sezon etkisi, talep dalgalanmaları ve rekabet),
7. Üretici ve müşteri arasındaki alan ve zaman farklılıklarını ortadan kaldırmak,
8. Arzu edilen müşteri servis düzeyine uygun olarak en düşük toplam lojistik maliyetini elde etmek,
9. Tedarikçilerin ve müşterilerin tam zamanında üretim programlarına destek olmak,
10. Müşterilere her bir siparişte tek bir parça yerine, ürün karması şeklinde sipariş verme olanağı sağlamak,
11. Bertaraf etmek veya geri dönüşüm için malzemelere geçici depo alanı sağlamak,
12. Doğrudan gönderim için ara stok alanı oluşturma (çapraz sevkiyat)

Bazı özel durumlarda (Yalın üretim, sanal envanter, çapraz sevkiyat) tedarik zinciri içerisindeki stokta tutma fonksiyonları azaltılabilir. Yinede birçok tedarik zincirinde, hammaddeler, parçalar ve ürün envanterleri kritik rol oynayan depolarda bekletmeleri veya depolamaları firmaların lojistik hedeflerine ulaşmalarını sağlamaktadır. (De Koster ve diğerleri 2007)

Dağıtım şirketlerinin başarısını sağlayan en önemli etmenler envanter ve üretim kontrolü ile beraber depo yönetimidir. Malzeme taşıma ve depolama faaliyetlerinin fiziksel süreci de depolama olarak belirtilmektedir. Depolama faaliyetleri malzemelerin fiziksel depolama ve çekme işlemleri yanı sıra depolanmış ürüne ait bilgilerin takip edilmesi ile de ilgilidir. Genel olarak depolama aşağıdaki altı faaliyeti kapsar:

- Kabul
- Nakliye
- İşleme
- Depolama
- Paketleme
- Gönderime Hazırlama

Bu işlemlerin karmaşıklığının azaltılması için otomatik depolama ve çekme sistemlerinin kullanılması önerilmektedir. Ancak, ilk kurulum maliyetlerinin düşük olması ve de yüksek esnekliğe sahip olmaları nedeniyle uygulamada genellikle sipariş toplamının insanlar tarafından gerçekleştirildiği depolar kullanılmaktadır. Bu nedenle sipariş toplama konusunda literatürde bulunan çalışmaların birçoğu yürü-ve-topla tipi depo sistemlerini ele almaktadır.

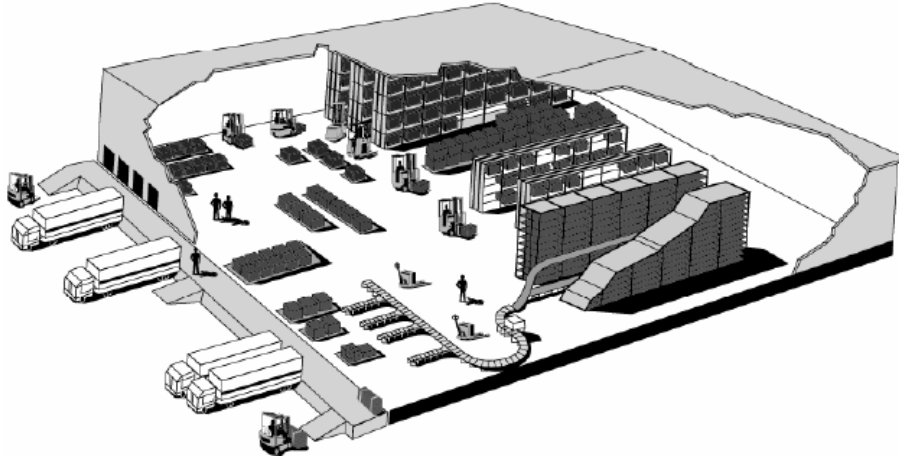
3.3 Depo Türleri

Depolar, hizmet verdikleri müşteriye göre sınıflandırılarak türlere ayrılabilir. Bu kısımda bazı önemli depo türlerinden bahsedilecektir.

Perakende Dağıtım Merkezleri: Genel olarak perakende mağazalara ürün dağıtımında kullanılan depo türüdür. Bu depoların en önemli müşterileri siparişlerini düzenli olarak çizelgelenen günlerde alan perakende mağazalardır. Tipik bir sipariş yüzlerce parça içerebilir ve dağıtım merkezi yüzlerce perakendeci mağazaya servis yaptığı için ürün akış bir hayli yüksektir. Ürünlerin maiyeti müşteri beğenisine ve pazarlama planlarına göre değişiklik gösterir.

Servis Parçaları Dağıtım Merkezleri: Bu tür dağıtım merkezleri, faaliyetleri yönetmenin en zor olduğu merkezlerdir. Otomobil, uçak, bilgisayar sistemleri ve tıbbi cihazlar gibi yüksek sermaye gerektiren donanımların depolandığı yerlerdir. Dolayısıyla bu

tip merkezlerde gerçekleştirilen faaliyetler parçaların pahalı olması ve bu tip ürünlerin yüzlerce parçadan oluşması sebebiyle oldukça büyük bir envanter yatırımını bünyelerinde barındırırlar. Şekil 3.1’de bir dağıtım merkezinin fonksiyonel alanları gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Bir dağıtım merkezinin fonksiyonel alanları

Katalog hazırlama veya E-ticaret Depoları: Bu tip merkezlere kişilerden telefon, faks veya internet yoluyla siparişler gelir. Genellikle bu siparişler 1 ile 3 arasında parçadan oluşan küçük siparişlerdir. Fakat çok fazla sipariş gelebilir ve bu siparişler müşteri isteği merkeze ulaştıktan sonra en kısa zamanda hazırlanarak müşteriye gönderilmelidirler.

3PL Depoları: Firmaların depolama faaliyetlerini dış kaynak kullanımı yoluyla yapmalarını olanak sağlayan depolardır. Üçüncü parti lojistik sağlayıcılar, bir tek yerde bulunan depolarından birden fazla müşteriye hizmet verebilmektedirler. Bu sayede ölçeğin büyük olmasının sağladığı ekonomik avantajlardan faydalanılabilmektedir.

Genel Eşya Depoları: Dünya üzerinde en yaygın olarak kullanılan depo şeklidir. Üreticiler, dağıtıcılar ve müşteriler tarafından herhangi bir ürünün depolanması için kullanılırlar.

Soğuk Hava Depoları: Meyve sebze gibi çeşitli gıda maddelerinin depolanması için uygun iklim koşulların klima sistemleri ile oluşturulduğu ve bu maddelerin uzun süre bozulmadan saklanabildiği depolardır.

Gümrük Antrepoları: Yurtdışından ithal edilen sigara, alkollü içecek gibi ürünlerin gerekli mercilerin kontrolünden geçinceye kadar bekledikleri gümrük depolarıdır. Bu ürünler ilgili pazara gönderilmeden önce çeşitli incelemeler gerçekleştirilir.

Şahsi Eşyası Depoları: Ticari eşyalardan çok kişilerin şahsi eşyalarının depolandığı depo türüdür. Kişilerin seyahatleri sırasında geçici konaklama gibi durumlarda kullanılan

depolardır. Üç çeşit depolama alternatifi mevcuttur. Birincisi, depo içerisinde açık bir alanda kişiye ayrılan kısımda eşyalar depolanabilir. Ev eşyaları bu tür depolarda bekletilebilir. İkinci durumda, kullanıcıya özel bir oda tahsis edilerek eşyalarının kilit altında güvenli bir şekilde saklanması sağlanır. Üçüncü durumda, kişilere tahsis edilen konteynırlarda eşyalarını paketleyerek saklayabileceği alanlar tahsis edilir. Konteynır kullanılarak sağlanan depolama açık alanda depolamaya göre daha iyi koruma sağlamaktadır.

Özel Ürün Depoları: Bu tip depolar, buğday, yün ve pamuk gibi tarımsal ürünlerin depolanması için kullanılır. Genellikle bir tür ürünün depolandığı bu depolarda, ürünün özelliğine göre özel servisler sunulur.

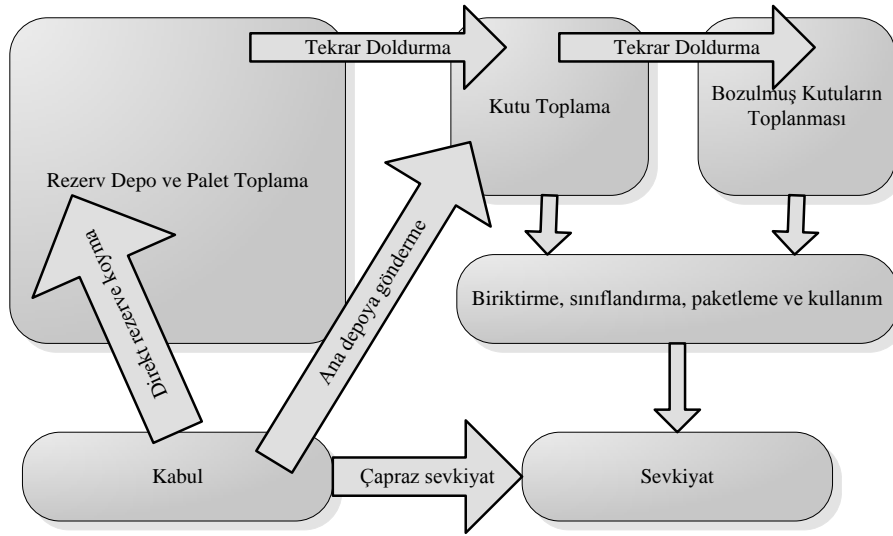
Hacim Depolama Depoları: Sıvı maddeler veya kömür, kum ve kimyasallar gibi kuru ürünlerin depolanması için kullanılan tankların bulunduğu depolardır. Bu tip depolar, tank içerisinde bulunan ürünlerin varillere doldurulması veya birden fazla ürünün karıştırılarak yeni ürünlerin ve karışımların elde edilmesi gibi özel servisler sağlayabilmektedir (Hazır beton gibi).

3.4 Depo Operasyonları

Başarılı bir depo yönetimi, müşteri ihtiyaçlarının, depo alanı kullanımının, stok düzeyinin, depo ve dağıtım maliyetlerinin, yeni bilgi teknolojilerinin sağlıklı bir şekilde yönlendirilmesi ile mümkün olduğu bilinmektedir. Etkin bir depo yönetimi için depolanacak olan hammadde, yarı mamul veya ürünün en uygun şekilde depolanması ve istek olması durumunda gerekli zamanda hazırlanması önemli bir olaydır. Bu nedenle parçanın depodan hızlı bir şekilde çekilmesi gereken durumlarda, depodan ürünlerin toplanma verimliliği, tüm lojistik zincirinin etkinliği üzerinde önemli bir rol oynamaktadır.

Şekil 3.2'de depo içerisindeki fonksiyonel alanlar ve akışlar gösterilmektedir. Üç önemli fonksiyon, taşıma, depolama ve veri transferidir. Hareket fonksiyonu; teslim alma, transfer ve bir yerlere koyma, sipariş toplama / seçme, biriktirme / sınıflandırma, ara depolama ve sevkiyat gibi alt işlemlerden oluşmaktadır. Teslim alma işleminde, depoya gelen ürün taşıma aracından indirilir, envanter kayıtları güncellenir, kalite veya sayı olarak herhangi bir tutarsızlığın olup olmadığı kontrol edilir. Transfer ve yerleştirme işleminde, gelen ürün ilgili depo alanına yerleştirilir. Bu işlem paketlerin

açılması ve fiziki transfer gibi adımları da içerir. Sipariş toplama ve seçimi, müşteri siparişinin karşılanması için doğru üründen doğru miktarda elde edilmesi faaliyetidir. Bu faaliyet birçok depoda en çok yürütülen faaliyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Toplanan siparişleri biriktirme / sınıflandırma işlemi, sipariş toplama işlemi gruplama suretiyle yapıldı ise gerçekleştirilmesi gereken bir faaliyettir. Çapraz sevkiyat, teslim alınan ürünlerin direkt olarak sevkiyat noktasına transfer edilmesi işlemidir. Bu işlemde kısa bekleme sürelerine veya servislere ihtiyaç duyulabilmesine rağmen sipariş toplama işlemi gerçekleştirilmez (Lambert ve diğerleri 1998).



Şekil 3.2 Tipik depo fonksiyonları ve akışları

Depolama fonksiyonu ürünlerin müşteri isteklerini beklerken fiziksel olarak bekletilmeleri anlamına gelmektedir. Depolama şekli, depolanan ürünün boyutu ve sayısı ile ürün işleme veya toplama karakteristiğine bağlıdır (Tompkins ve diğerleri 2003).

Bilgi transferi fonksiyonu, taşıma ve depolama fonksiyonları ile birlikte yürütülen üçüncü depo fonksiyonudur. Depolama bilgisi sadece depo yönetimi için değil aynı zamanda tedarik zincirinin bütünü için etkinliği için önemlidir.

3.4.1 Parçaları depo alanına atama

Ayrık depo yerleşiminde, parçaların depo alanına atanması mevcut depo alanlarının hangi şekilde yerleştirileceği kararları ile ilgili politikadır. Dikkat edilmesi gereken konu, parça-alan ataması kararı büyük ölçüde sipariş gruplama ve sipariş toplayıcı rotalama politikaları ile alakalıdır. Nitekim bu iki problemin eş zamanlı olarak çözümü

gerçek global optimumu bizlere sağlayacaktır. Fakat literatürde yer alan birçok çalışmada bu problemlerden birisi göz ardı edilmektedir. Göz ardı edilen problem ise genellikle sipariş toplayıcının rotasını belirleme problemidir. Bu problemin çözümü için genel rotalama metodlarından (Zigzag, en büyük boşluk, orta nokta v.b.) biri kullanılırken, sipariş gruplama probleminin çözümüne yoğunlaşmıştır.

Parçaların alanlara atanması problemi için devir hızı esaslı, talep sıklığı esaslı ve parçalar arası ilişki esaslı parça-alan atama yöntemlerinin literatürde bulunduğu bilinmektedir. Ancak çalışmanın konusu itibari ile atama ile ilgili daha detaylı araştırma yapılmamıştır.

3.4.2 Depolama

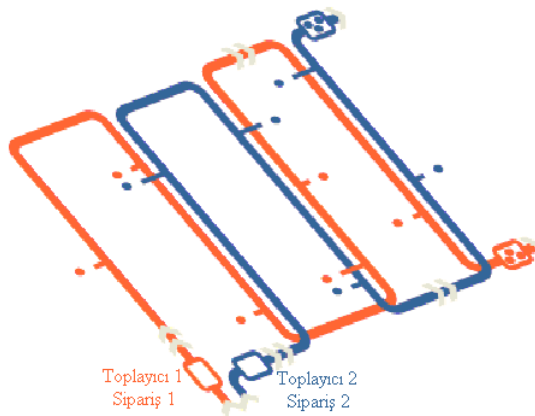
Depolama politikası, parçaların depo alanlarına ne şekilde depolanacağını kararının verildiği politikadır. Tahsis edilmiş depo yerleşiminde bütün ürünler sabit bir yere konurlar. Her bir parça, göreceli olarak uzun bir zaman periyodunda aynı yerde bulunabilir. Rastgele depolama politikası, gelen bir paletin o an için boş durumda olan bir stok alanına atanması şeklindedir. Zaman içerisinde aynı parça depo içerisinde farklı yerlerde bulunabilir. Geleneksel sipariş toplama sisteminde, sipariş toplayıcının parçanın yeri konusunda aşına olması ve sipariş toplama faaliyetinin etkinliğinin artması nedeniyle tahsis edilmiş depo yerleşimi kullanılır. Depolama politikalarına ilişkin literatürde birçok çalışma yer almaktadır (Heskett 1963, Bozer ve Sharp 1985, Hackman ve Rosenblatt 1990, Jarvis ve McDowell 1991, Frazelle ve diğ. 1994, Van Den Berg ve diğ. 1998).

3.4.3 Sipariş hazırlama

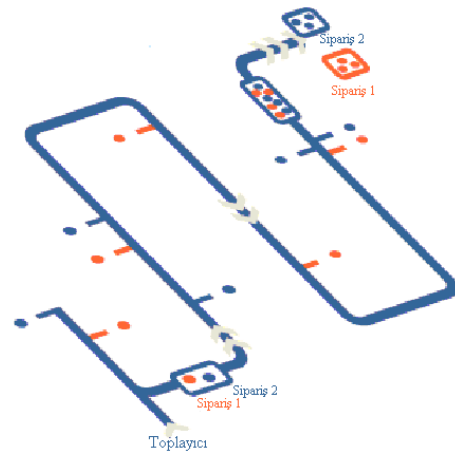
Sipariş hazırlama faaliyeti, sipariş toplayıcıya, deponun giriş-çıkış noktasında hangi siparişlerin hangi sıra ile toplayacağını gösteren sipariş listesinin ulaştırılması ile başlar. İstenen parçaların toplanması için sipariş toplayıcı, küçük sipariş toplama aracı veya tekerlekli kafes araba alır. Daha sonra ilgili parça alanlarını yürüyerek dolaşır ve istenen parçadan istenilen miktarda alarak tekrar giriş-çıkış noktasına gelir. Parçalar sipariş toplama aracı üzerine toplanarak, sipariş toplayıcının giriş-çıkış noktasına geri dönmeden birçok stok alanını dolaşması sağlanır. Şekil 3.3 ve 3.4'te sırasıyla siparişlerin tek tek ve grup halinde toplanması durumları gösterilmektedir. Siparişlerin

grup halinde toplanması toplama mesafesini kısalttığı için işgücü verimliliğinin artırılmasında oldukça önemli bir stratejidir.

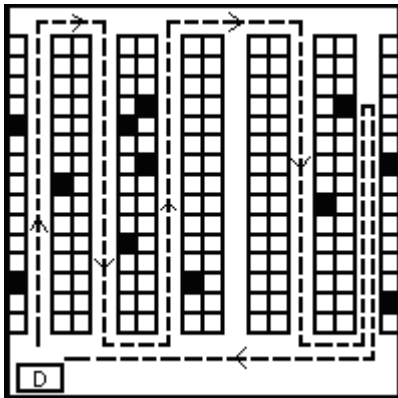
Sipariş hazırlama faaliyetinin diğer bileşeni ise sipariş toplama rotasının belirlenmesi faaliyetidir. Depo içerisinde sipariş toplama seferlerinin dizayn prensiplerini içerir. Bu aşamada siparişler içerisinde yer alan parçaların hangi sıraya göre toplanacağını belirlemek problemi ile karşılaşmaktadır (picker routing problem). Geçitlerin dolaşmak ve iki yönde de hareket edebilmek için yeterli genişlikte olduğu kabul edilir. Parçalar geçit içerisinde tek hareketle her iki yönden de toplanabilir (sipariş toplayıcı bulunduğu konumda önemli değişiklikler yapmak durumuna değildir). Rotalama konusunda en çok bilinen ve literatürde uygulanan stratejiler, zigzag, en büyük boşluk, geri dönüşlü ve birleşik stratejilerdir (Goetschalckx ve Ratliff, 1988, Hall 1993). Bu stratejiler sırasıyla Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de gösterilmektedir.



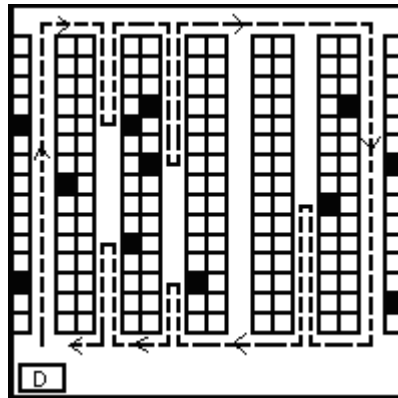
Şekil 3.3 Tek tek toplama



Şekil 3.4 Grup toplama



Şekil 3.5 Zigzag



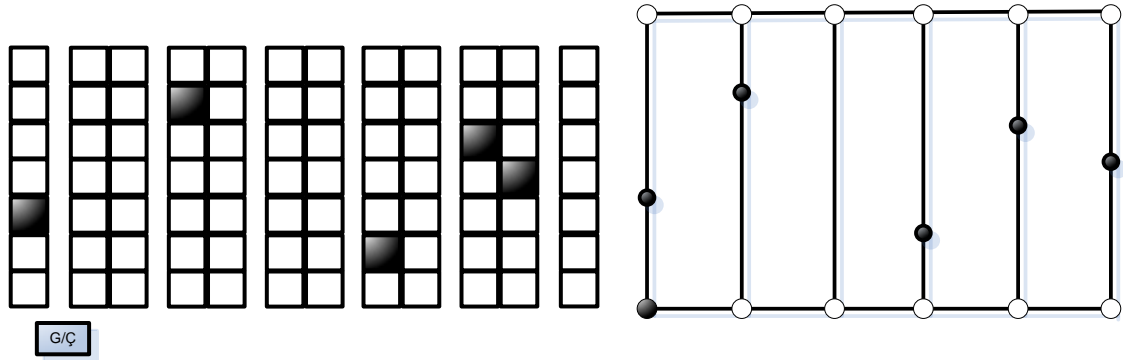
Şekil 3.6 En büyük boşluk

4. SİPARİŞ GRUPLAMA VE TOPLAMA PROBLEMLERİ

4.1 Problemlerin Tanımlanması

Siparişlerin oldukça büyük olması halinde her bir sipariş ayrı ayrı toplanabilir. Bu toplama şekli “*tek sipariş toplama*” veya “*ayrık toplama*” politikası olarak tanımlanır. Ancak, siparişlerin küçük olması durumunda, birden çok siparişi tek bir turda toplamak suretiyle seyahat mesafesini ve buna bağlı olarak da seyahat süresini düşürme konusunda bir potansiyelin mevcudiyeti söz konusudur. *Sipariş gruplama*, sipariş kümesinden her bir turda beraber toplanacak siparişleri birleştirmek suretiyle alt sipariş kümeleri oluşturmaktır. Choe ve Sharp (1991)’a göre gruplama için esas olarak iki kriter vardır: toplama noktalarının birbirine yakınlığı ve zaman pencereci gruplama. Birincisinde, gruplanacak siparişler toplama noktalarının birbirine olan mesafesine göre bir gruba atanırken, diğerinde siparişler geldikleri zaman dilimleri dikkate alınarak gruplanır.

Depo operasyonlarının yönetiminde karşılaşılan ikinci problem ise sipariş toplama problemidir. Geleneksel bir depo ortamında sipariş toplama problemi, bir tur veya gruba ait olan siparişlerin içerisinde bulunan parçaların depolandığı noktalardan alınırken izlenecek olan ziyaret sırasını belirleme problemidir ve bu özelliği nedeniyle Gezgin Satıcı Problem (TSP) olarak ele alınır. Bu TSP problemi, “sipariş toplayıcı veya toplama aracının, tur veya grupta yer alan siparişlere ait ürünleri ilgili alanlardan toplaması” şeklinde ifade edilebilir. Giriş-çıkış veya yükleme-boşlatma noktasında başlamak üzere, toplayıcı özel bir sıraya göre listede yer alan siparişleri toplayıp grupladıktan sonra tekrar giriş-çıkış noktasına geri döner. Depo yöneticileri, depo sisteminin çıktı miktarını artırabilmek için bir tur veya grupta bulunan siparişlerin toplanması için gerekli olan süreyi minimize etme adına en uygun sırayı belirlemeye çalışmaktadır (Heragu 1997, Goetschalckx ve Ratliff 1988a, 1988b, 1988c, Bozer ve diğerleri 1990, Heragu ve diğerleri 1994). Siparişlerin buldukları noktaların gösterildiği örnek bir depo yerleşimi ve bu noktaları gösteren bir grafik Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Sipariş toplama faaliyetinin düğüm şeklinde gösterimi

Depo içi operasyonların yönetimi ile ilgili sipariş gruplama ve rotalama problemlerinin analitik gösterimi aşağıda sunulmuştur.

Karar Değişkenleri ve Parametreler:

$$X_k^b = \begin{cases} 1, & \text{Eğer } k \text{ siparişi } b \text{ grubuna atanırsa,} \\ 0, & \text{Aksi takdirde,} \end{cases}$$

$$Y_{ij}^b = \begin{cases} 1, & \text{Eğer } b \text{ grubunda } i \text{ noktası } j \text{ noktasından hemen sonra ziyaret edilirse,} \\ 0, & \text{Aksi takdirde,} \end{cases}$$

C : Araç kapasitesi

w_k : k siparişinin ağırlığı

P_k : k siparişindeki parça sayısı

d_{ij}^b : i ve j noktaları arasındaki mesafe,

n : Sipariş sayısı

S_k : k siparişinin hazırlık süresi

MS_b : b grubu için maksimum hazırlık süresi

$$\min Z = \sum_{b=1}^B \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m d_{ij}^b y_{ij}^b \quad 4.1$$

ş.k.a.

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^m y_{ij}^b = 1 \quad \forall j, \forall b \quad 4.2$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m y_{ij}^b = 1 \quad \forall i, \forall b \quad 4.3$$

$$\sum_{k=1}^n w_k X_k^b \leq C \quad \forall b \quad 4.4$$

$$\sum_{k=1}^n S_k X_k^b \leq MS_b \quad \forall k, \forall b \quad 4.5$$

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^m \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m y_{ij}^b = \sum_{k=1}^n P_k X_k^b, \quad \forall b \quad 4.6$$

$$\sum_{k=1}^n X_k^b = 1 \quad \forall b \quad 4.7$$

$$y_{ij}^b X_k^b = 0 \text{ veya } 1 \quad 4.8$$

4.2 ve 4.3 numaralı eşitsizlikler her bir tur veya grubun tam olarak 2 bitiş noktası olduğunu göstermektedir. 4.4 numaralı kısıt bir grupta yer alan siparişlerin ağırlıkları toplamının toplama aracının kapasitesini geçemeyeceğini ifade etmektedir. 4.5 numaralı eşitsizlik hazırlık süresi ile ilgilidir. Bir grupta yer alan siparişlerin hazırlık süreleri toplamı grup için önceden belirlenmiş maksimum hazırlık süresini geçemez. 4.6 numaralı eşitlik ziyaret edilecek nokta sayısı ile toplanacak parça sayısının eşit olması gerektiğini göstermektedir. Son olarak 4.7 numaralı eşitlik ise kısıt her bir siparişin sadece bir grup içerisinde bulunacağını garanti etmektedir.

4.2 Depo İle İlgili Literatür Taraması

Graves ve diğerleri (1977), Hausman ve diğerleri (1976) ve Schwarz ve diğerleri (1978) depo sistemlerinin tasarımı, planlaması ve kontrolünü yeni bir araştırma konusu olarak ortaya koymuşlardır. Bu çalışmaların yapılmasından bu yana depo sistemlerde gerçekleştirilen operasyonlar literatürde oldukça geniş yer almıştır. Bunun sebebi, depo yönetimi kavramının yığın üretimden, verimlilik artışı sağlayarak envanterlerin azaltılması yönünde değişim göstermesidir.

Birçok yazar depolar ve dağıtım merkezleri konusunda literatür incelemesi sunmuş ve araştırmalar gerçekleştirmişlerdir. Matson ve diğerleri (1982), robotlar, konveyör teorisi, transfer hatları, esnek üretim sistemleri (Flexible Manufacturing Systems, FMS)

ve depolara uygulanabilecek modelleri içine alan malzeme işleme konusunda genel bir araştırma gerçekleştirmiştir. Asheyeri ve diğerleri (1985), özellikle depolama konusunu işlemişler ve depo yerleşiminin optimizasyonu için analitik metotlar ve simülasyon yaklaşımları konusunda bilgi toplamıştır. Cormier ve diğerleri (1992), depo yerleşim düzeni ve operasyonlarının optimizasyonu ile ilgili mevcut literatürü incelemiştir. Bu çalışmada, çıktı kapasitesi modelleri, depolama kapasitesi modelleri ve depo yerleşimi modelleri olmak üzere üç depolama modelinden bahsedilmektedir. Bu araştırma daha çok çıktı kapasitesi modeli ile ilgilidir. Çıktı kapasitesi modelleri, toplama politikaları, gruplama politikaları, depolama ve atama politikaları üzerine odaklanır. Van den Berg (1999), depo sistemlerinin planlaması ve kontrolü ile ilgili metot ve teknikler konusunda bir literatür araştırması sunmaktadır. Yazar taktik seviyede, depo alanına parçaların atanması problemi üzerine odaklanmış ve siparişlerin gruplanması, rotalama ve bekleme noktası konumlandırma problemlerinin kontrol konusu olduğundan bahsetmektedir. Yazar, literatürde seyahat süresini minimize etmek için önerilen birçok sezgisel yöntem olduğunu ve bu sezgisellerin büyük çoğunluğunun çekirdek sipariş ve yakınlığa dayalı gruplama metotlarını kullandığı ortaya koymaktadır.

4.3 Sipariş Gruplama İle İlgili Literatür Taraması

Vinod (1969), sipariş gruplama problemi için biri lineer diğeri ise kuadratik amaç fonksiyonuna sahip olan iki adet tam sayılı programlama formülasyonu sunmuştur. Armstrong ve diğerleri (1979), sabit grup büyüklüğü ile birlikte yakınlığa göre gruplamayı düşünerek bir tam sayılı programlama (Integer Programming, IP) modeli önermiştir. Yazarlar, tam gruplama için yapay siparişler kullanmışlar ve bir likör dağıtım merkezi için alan toplama (zone picking) operasyonlarını dikkate almışlardır. Kusiak (1986), gruplama probleminin tam sayılı ve Kuadratik programlama formülasyonlarını sunmuştur. Yakın çözümlerin bulunabilmesi için öz vektör esaslı (eigen vector) esaslı bir yaklaşım tanımlanmıştır.

Gademann ve diğerleri (2001), herhangi bir sipariş grubunun maksimum hazırlık zamanını minimum yapmak için bir dal-sınır algoritması önermiştir. Dal-sınır algoritması için başlangıç üst sınır 2-opt sezgiseli ile belirlenmiştir. Chen ve diğerleri (2005a), klasik depo yerleşiminde sipariş gruplama probleminin çözümü için veri madenciliği yöntemi ile oluşturulmuş bir kümelenme prosedürü geliştirmiştir. Chen ve Wu (2005), veri madenciliği ve tam sayılı programlama esaslı bir sipariş gruplama

yaklaşımı önermiş ve sonuçlarını Gipson ve Sharp (1992)'ın geliştirdiği GSBM (Gipson-Sharp Batching Method) ile karşılaştırmıştır.

Sipariş gruplama probleminin çözümüne yönelik olarak literatürde simülasyon esaslı çalışmalar da mevcuttur. Tang ve Chew (1997), sipariş gruplama ve depo yeri tahsis etme stratejilerini analiz eden bir yöntem önermiştir. Bu yöntemde, siparişler müşteri esaslı gruplanmakta ve toplanması için bir simülasyon modeli kullanılmaktadır. Chew ve Tang (1999), dikdörtgen şeklindeki depo için ayrık sipariş toplama sistemini incelemiştir. Yazarlar, gerçek zamanlı sistemde sipariş gruplarının büyüklüğünün etkilerini incelemişlerdir. Her bir siparişteki parça sayısını (grup büyüklüğünü) sabitlemek için bir olasılık modeli ve gelen siparişlerin toplanmadan önce kuyruğa alınması ve gruplanması için kuyruk modeli geliştirmişlerdir.

Birçok yazar siparişlerin gruplanması için sezgisel yöntemler önermişlerdir. Bu yöntemler basit olarak üç adım izler; 1) grup oluşturma metodu, 2) siparişlerin gruplara atanması metodu, 3) bir grubun ne zaman tamamlanacağına belirlendiği durdurma kriteri. Elsayed (1981), değişik siparişlerdeki parçaların ortak oldukları konum sayısını kullanarak siparişlerin yakınlığını ölçmüştür. Elsayed ve Stern (1983), otomatik depolama sistemlerinde siparişlerin işlenmesi için dört tane sezgisel algoritma önermiştir. Bu algoritmalar, depolama/toplama (Storage/Retrieval, S/R) makinesi veya toplama aracı ile dolaşılacak mesafenin minimize edilmesi için bir turda işlenecek olan siparişleri seçmektedirler. Burada sunulan algoritmaların hiçbirinin performansı S/R makinesinin kapasitesi veya siparişlerin yapısına bağlı değildir. Gipson ve Sharp (1992), sipariş toplama sisteminde siparişlerin gruplanması için iki yeni sipariş gruplama prosedürünü bilgisayarda simüle ederek ilk giren ilk çıkar (FIFO) temel yöntemiyle karşılaştırmıştır. Bartholdi ve Platzman (1988), sipariş gruplamak için birim daire üzerindeki noktayı birim kare üzerine eşleyen boşluk doldurma eğrilerini (Space Filling Curve, SFC) kullanan bir metod önermiştir.

Elsayed ve Lee (1996), amacı gecikmeyi minimize etmek olan gruplama prosedürünü tek geçitli depolama faaliyeti için sunmuştur. Yazarlar, teslim zamanları belirtilmiş siparişlerin toplanması sırasında gruplamanın otomatik depolama/toplama (Automated storage and retrieval system, AS/RS) sistemleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Siparişlerin bulunduğu her bir grubun toplam gecikmesini minimize

edilebilmesi için siparişlerin gruplanması ve toplama sırasıyla ilgili birçok kural geliştirmişlerdir.

Rosenwein (1996), çok geçitli depo sisteminde sipariş gruplama için değişik sezgisel yöntemler sunmuş ve karşılaştırmıştır. Yazar, iki siparişin göreceli yakınlığını tespit etmek için minimum ek geçit (minimum additional aisle, MAA) ve ağırlık merkezinin mesafe ölçüsü (center of gravity distance metric, COG) isimli bir çift ölçüm kullanmıştır. İlk ölçüm, yeni bir siparişin gruba eklenmesi ile ziyaret edilecek geçitlerin sayısındaki artışı ölçmektedir. İkincisi ise geçit numaralarının ortalamasını değerlendirerek bu ortalamalara yakınlığına göre siparişleri gruplandırmaktadır. Elsayed ve Ünal (1989), sipariş gruplama problemi için analitik yöntemler ile birlikte kesin çözüm sağlamayan 4 tane sezgisel yöntem önermiştir. Önerilen sezgisel yöntemlerden SL (short and large) sezgiseli en iyi sonuçları sağlamıştır. Sipariş toplama/dağıtma (S/R) aracının toplam seyahat süresini belirlemek için ziyaret edilmesi gereken yer sayısı ve deponun yapısal özelliklerinin bir fonksiyonu olarak analitik bir model çalışmada önerilmiştir. Aracın seyahat süresinin alt ve üst limitlerini belirten ifadelerde modelde yer almaktadır.

Pan ve Liu (1995), sipariş toplayıcıların toplama araçları üzerinde dolaştıkları sipariş toplama sisteminde 4 adet çekirdek sipariş seçim ve 4 adet siparişleri gruba atama kuralını kullanarak, toplam 16 sipariş gruplama algoritmasını birbiri ile karşılaştırmıştır. Bu algoritmaların yanında SL algoritması da çalışmada ele alınmıştır. Hsu ve diğerleri (2005), genetik algoritma ve S-Shape rotalama sezgiselinin birleşimden oluşan GABM isimli bir algoritma geliştirmiştir. Bu çalışmada ilk olarak GA ile sipariş grupları ve daha sonra da S-Shape sezgiseli kullanarak sipariş toplayıcının rotası belirlenmiştir. Diğer çalışmalarında olduğu gibi elde edilen sonuçlar Gipson ve Sharp (1992)'nin geliştirdiği GSBM yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Aynı veri seti ile her bir çalışmada GSBM kullanılarak nasıl farklı sonuçların elde edildiği ve bu sonuçların nasıl her seferinde önerilen yöntemlerin sonuçlarından daha kötü olduğu anlaşılamamıştır.

4.4 Sipariş Toplama İle İlgili Literatür Taraması

Jarvis ve McDowell (1991), paralel geçitlerde tek bir sipariş toplayıcının hareket ettiği ve tek bir giriş çıkış noktasının bulunduğu dikdörtgen bir depo sisteminde ürün yerleşiminin tasarımı problemi (product layout design problem) üzerinde durmuşlardır.

Bu çalışmada, eğer sipariş toplayıcı dikey bir geçide girmiş ise o geçidin sonuna kadar gitmek durumundadır. Giriş çıkış noktasının başlangıç geçidin bulunduğu noktada ve deponun merkezinde olduğu durumlar için en iyi yerleşim düzenin tespit etmiştir.

Depo içerisinde siparişlerin toplanması süreci ile ilgili olarak kullanılan en popüler iki metot, sipariş toplama ve alan toplamadır (Heragu, 1997). Alan (birden çok geçit) toplamada operatör atandığı alanda yer alan bütün siparişleri bir gruba toplamakla yükümlü iken, sipariş toplamada operatör veya sipariş toplama aracı bütün siparişleri bir grupta veya turda toplamakla yükümlüdür. Sipariş toplamamanın amacı, sipariş toplama aracının dolaşacağı toplam mesafeyi minimize etmek için parça lokasyonlarının ziyaret sırasının belirlenmesidir. Bu sayede sipariş toplama prosesindeki gereksiz sürelerden kurtulmak mümkündür. Bu tezde, sipariş gruplarının ve parça lokasyonlarının ziyaret sırasının belirlenmesi problemleri eş zamanlı olarak ele alınmaktadır.

Ratliff ve Rosenthal (1983), toplama turunu belirlemek için sipariş toplama grafiğinden seyahat mesafesini minimize eden bir prosedür geliştirmişlerdir. Elli geçitli bir depoda bir tur oluşturmak için yazarlar problemi TSP olarak ele almışlardır. Randolp (1993), sipariş toplayıcının rotalanması için kullanılan stratejileri basit bir depo sisteminde değerlendirmiş ve depo özelliğine göre rota mesafesi ile ilgili eşitlikler çıkarmıştır. İncelediği 4 rotalama stratejisi benzer simülasyon sonuçları vermiştir. Peterson (1997), Ratlif ve Rosenthal (1983)'ın algoritması ile karşılaştırmak için 5 adet rotalama sezgiselinin performansını değerlendirmiştir. Yerleşim şekli, giriş çıkış noktasının konumu ve toplama kapasitesi gibi çeşitli depo faktörleri için en iyisi optimalın üzerine %10 daha iyi sonuç vermiştir.

Goetschalckx ve Ratliff (1988c), geçit genişliğini dikkate alarak sipariş toplama için etkili bir prosedür önermişlerdir. Geniş geçitlerde iki yönlü seyahat ve parçaların kaldırılabilmesi için forklift araçlarının kullanımı mümkündür. Yazarlar, geçidin giderken bir tarafından geri dönüşte diğer tarafından toplamak yerine her iki tarafından aynı anda toplamak suretiyle %30'dan fazla kazanç sağlandığını öne sürmektedirler. Bu çalışmanın ardından Goetschalckx ve Ratliff (1990), sipariş toplayıcının her duruşunda çoklu toplamaya izin verilmesi durumu için optimal durma noktasını belirleme problemini ele almışlardır. Yazarlar, mevcut örnek için sipariş toplayıcının seyahat zamanının doğrulu metrik ile ölçüldüğü etkili bir dinamik programlama algoritması önermişlerdir.

Cormier (1987), siparişlerin son teslim tarihlerinden sonra toplama/boşaltma (pickup/dropoff-P/D) noktasına getirilmesi ile meydana gelen toplam ağırlıklı gecikmeyi minimize etmek için bir sipariş toplama problemi tanımlamışlardır. Sunulan dinamik programlama esaslı sezgisel yöntemde, her bir iş toplama aracının bir turudur ve her bir tur son teslim tarihi farklı fakat tamamlanma zamanı aynı olan parçalar içerir.

Roodbergen ve Koster (2001), paralel geçitli depo sisteminde ortalama sipariş toplama zamanının optimizasyonu için dinamik programlama esaslı bir algoritma önermiştir. Bozer ve Kile (2007), yürü-ve-topla esaslı sipariş gruplama probleminin bazı özel durumları için Karma Tamsayı (mixed integer) bir matematiksel çözüm yöntemi önermiştir.

Sipariş toplama operasyonların etkinliğini belirlemek için analitik yöntemlerle birlikte simülasyon esaslı çalışmalar da önerilmiştir. Lin ve Lu (1999), sipariş toplama stratejilerini belirlemek için simülasyon esaslı bir yöntem geliştirmiştir. Siparişler analitik bir yöntemle gruplara ayrıldıktan sonra her bir sipariş grubuna uygun toplama stratejisi simülasyon ile gerçekleştirilmektedir. Petersen ve Aase (2004), sipariş toplama mesafesini etkileyen farklı toplama, depolama ve rotalama stratejilerini karşılaştırmak için simülasyon esaslı bir model geliştirmiştir. Bu çalışmada özellikle grup esaslı toplama stratejisinin daha iyi sonuçlar sağladığı tespit edilmiştir. Hsieh ve Tsai (2006), sipariş toplamaya etki eden atama, toplama rotası ve sipariş birleştirme ile ilgili farklı politikaları değerlendiren simülasyon esaslı bir yöntem önermiştir. Ayrıca Roodbergen ve Vis (2006), farklı iki rotalama politikası için ortalama rota uzunluğunu hesaplayan analitik bir yöntem önermiştir. Analitik yöntemin sonuçları ile simülasyon çalışmasının sonuçları karşılaştırılmıştır.

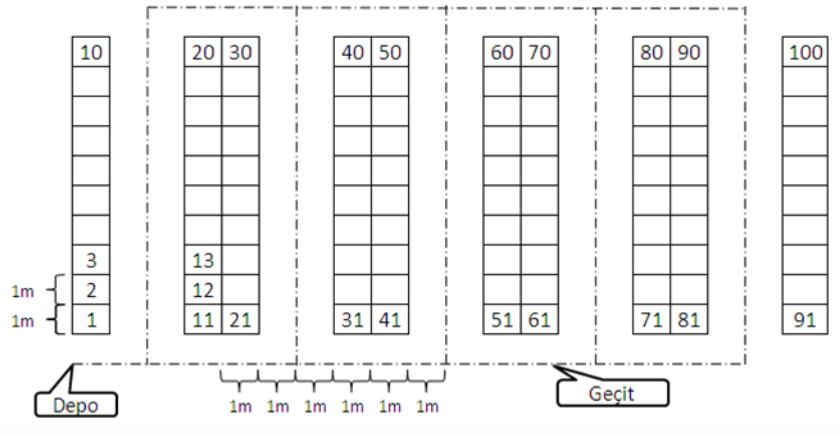
Büyük sipariş kümeleri için sipariş toplama probleminin NP-Zor sınıfı bir problem olması nedeniyle farklı meta sezgiseller geliştirilmiştir. Won ve Olafsson (2005), sipariş gruplama ve araç rotalama problemlerini hiyerarşik olarak çözen iki sezgisel yöntem önermiştir. Yazarlar sadece araç kullanım etkinliği ve sipariş toplama zamanı ile belirlenen depo verimliliğini artırmaya değil, aynı zamanda müşteri cevap süresinin optimizasyonunu sağlamaya çalışmışlardır. Tsai ve arkadaşları (2007), depo içi operasyonlarının optimizasyonu ile ilgili GA esaslı bir yöntem önermiştir. Sipariş grupları ve bu gruplara ait depo içi rotaların belirlenmesi için birbiri ile ilişkili iki farklı GA ile geliştirilmiştir. Rotaların belirlenmesi için de GA uygulanması nedeniyle zaman

performansı düşük çözümler elde edilmiş, bunu tolere etmek için çok büyük problem kümeleri için dahi nüfus hacmini zorunluluktan dolayı 20 kromozom olarak belirlemiştir. Zaman performansındaki düşüşü azaltmak isterken uygunluk değeri düşük çözümler elde edilmiştir.

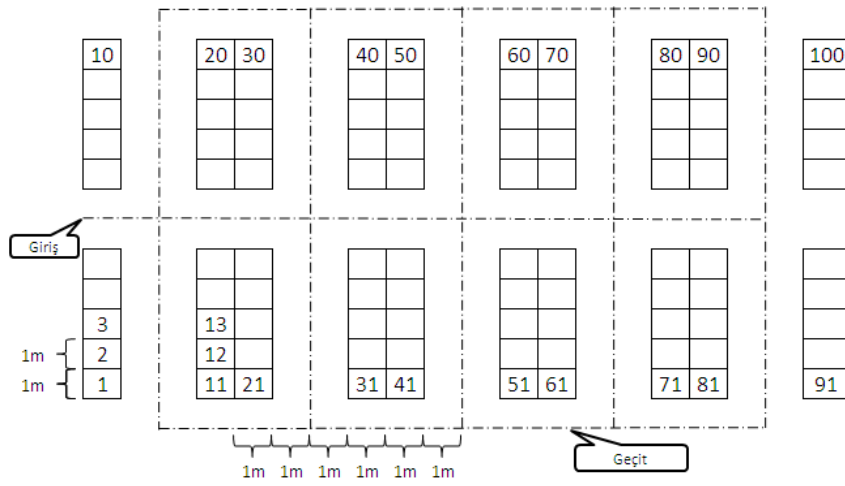
Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, mevcut çalışmaların çoğunun klasik depo yerleşimine yönelik olduğu görülmektedir. Bu çalışma ile literatürde ilk defa çapraz geçitli depo sistemleri için sipariş gruplama ve araç rotalama problemlerini eş zamanlı olarak etkin bir şekilde çözen yeni sezgisel yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler, toplam dolaşım mesafesini minimum yapmak için sipariş gruplama problemini GA, araç rotalama problemini ise kazanç ve en yakın komşu sezgiselleri ile bütünleşik çözümlerdir. Çalışma ile önerilen yöntemler, gruplanmış siparişlere ait maksimum sipariş hazırlık süresini aşan çözümler için penaltı uygulayan Genetik Algoritma-Kazanç (GAS) ve Genetik Algoritma - En Yakın Komşu (GANN) olarak isimlendirilmiştir.

4.5 Depo Yerleşimi

Standart bir depo, paralel geçitler, ön ve arka taraflarda konumlandırılmış çapraz geçitler ve faaliyetlerin yönetildiği bir merkezden oluşur. Sipariş gruplama konusunda literatürdeki çalışmaların büyük çoğunluğunda Şekil 4.2’de gösterilen 2 boyutlu klasik depo sistemleri kullanılmıştır. Günümüzde kullanılan modern depo sistemleri incelendiğinde artık klasik depo yerleşimlerinden ziyade çapraz geçitlerin bulunduğu depoların kullanıldığı görülmektedir. Yapılan araştırmalar depoda çapraz geçitlerin bulunmasının sipariş toplama etkinliği üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu göstermektedir. İki boyutlu çapraz geçitli depo yerleşim düzeni Şekil 4.3’de gösterilmektedir. Geliştirilen yöntemler belirtilen depoları üç boyutlu olarak da ele alabilmektedir. Vaughan ve Petersen (1999) çapraz geçit ilavesinin sipariş toplama mesafesine etkilerini incelemiştir. Yapılan çalışma neticesinde ideal çapraz geçit sayısının 3 olduğu belirlenmiştir. Çapraz geçit ilavesinin etkinliği artırması sebebiyle bu çalışmada klasik depo yerleşiminin yanı sıra çapraz geçitli depo yerleşimi içinde çözüm yöntemi geliştirilmiştir.



Şekil 4.2 Klasik depo gösterimi



Şekil 4.3 Çapraz geçitli depo

5. DEPO OPERASYONLARININ PLANLANMASI İÇİN GENETİK ALGORİTMA ESASLI BİR MODEL

5.1 Giriş

Geçtiğimiz 40 yıllık dönem içerisinde, evrimsel algoritmaların değişik ekolleri geliştirilmiştir. Genetik algoritmalar Holland (1975) tarafından Amerika’da, evrimsel stratejiler (Rechenberg 1973, Schwefwl 1981) ve evrimsel programlama Fogel (1966) tarafından Almanya’da geliştirilmiştir. Bu algoritmaların her biri ayrı bir yaklaşım üzerine inşa edilmiş olsa da hepsinde doğal evrimin prensiplerinden esinlenilmiştir.

5.2 Genetik Algoritmanın Tarihçesi

Michigan Üniversitesinde psikoloji ve bilgisayar bilimi uzmanı olan John Holland bu konuda ilk çalışmaları yapan kişidir. Mekanik öğrenme konusunda çalışan Holland, Darwin’in evrim kuramında etkilenerek canlılarda yaşanan genetik süreci bilgisayar ortamında gerçekleştirmeyi düşündü. Tek bir mekanik yapının öğrenme yeteneğini geliştirmek yerine böyle yapılarda oluşan bir topluluğun çoğalma, çiftleşme, mutasyon, vb. genetik süreçlerden geçerek başarılı (öğrenebilen) yeni bireyler oluşturabildiğini gördü.

Çalışmalarının sonucunu açıkladığını kitabının 1975’te yayınlanmasından sonra geliştirdiği yöntemin adı Genetik Algoritmalar (ya da kısaca GA) olarak yerleşti. Ancak 1985 yılında Holland’ın öğrencisi olarak doktorasını veren David E. Goldberg adlı inşaat mühendisi 1989’da konusunda bir klasik sayılan kitabını yayınlayana dek genetik algoritmaların pek pratik yararı olmayan bir araştırma konusu olduğu düşünülüyordu. Hâlbuki Goldberg’in gaz boru hatlarının denetimi üzerine yaptığı doktora tezi ona sadece 1985 National Science Foundation Genç Araştırmacı ödülünü kazandırmakla kalmadı, genetik algoritmaların pratik kullanımının da olabildiğini kanıtladı. Ayrıca kitabında genetik algoritmalara dayalı tam 83 uygulamaya yer vererek GA’nın dünyanın her yerinde çeşitli konularda kullanılmakta olduğunu gösterdi.

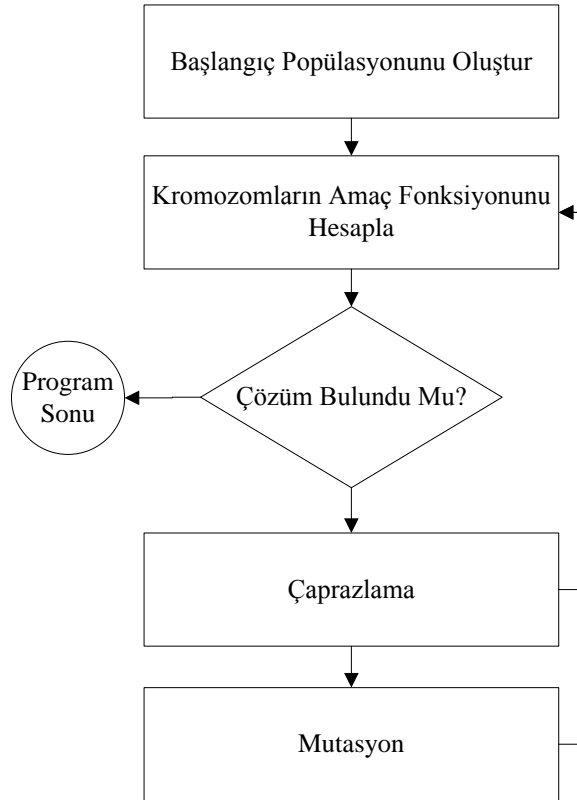
5.3 Genetik Algoritmalar Giriş

Genetik algoritmalar, doğal seçim ve en uygunun araştırma prensiplerine bağlı olarak biyolojik organizmaların evrim gibi genetik süreçlerini esas alan sezgisel arama algoritmasıdır. Doğal olarak, bir nüfus içerisinde yer alan her bir birey kaynaklar ve çiftleşmek için bir eşi cezbetmek için birbiriyle yarışır. Mevcut koşullara en uygun olan bireyler hayatta kalır ve genetik özelliklerini oğul bireylere (offspring) taşırlar. İyi özelliklere sahip bireylerin eşleşmesi ile süper donanımlı (super fit) oğul bireyler ortaya çıkar.

5.4 Genetik Algoritmanın Çalışma Prensibi

Genetik algoritma, belirli sayıdaki kromozomun rasgele oluşturulması ile çözüme başlar ve aşağıdaki adımları tekrar eder. Genetik algoritmanın akışı Şekil 5.1'de verilmektedir.

1. Başlangıç: n adet kromozom içeren popülasyonun oluşturulması (problemin uygun bir çözümü)
2. Uygunluk: Her x kromozomu için uygunluğun $f(x)$ değerlendirilmesi,
3. Yeni popülasyon: Yeni popülasyon oluşuncaya kadar aşağıdaki adımların tekrar edilmesi,
 1. Seçim: İki ebeveyn kromozomun uyumluluğuna göre seçimi (daha iyi uyum seçilme şansını artırır.),
 2. Çaprazlama: Yeni bir fert oluşturmak için ebeveynlerin bir çaprazlama olasılığına göre çaprazlanması. Eğer çaprazlama yapılmazsa yeni fert anne veya babanın kopyası olacaktır.
 3. Mutasyon: Yeni ferdin mutasyon olasılığına göre kromozom içindeki konumu değiştirilir.
 4. Ekleme: Yeni bireyin yeni popülasyona eklenmesi.
4. Değiştirme: Algoritmanın yeniden çalıştırılmasında oluşan yeni popülasyonun kullanılması,
5. Test: Eğer sonuç tatmin ediyorsa algoritmanın sona erdirilmesi ve son popülasyonun çözüm olarak sunulması.
6. Döngü: 2. adıma geri dönülmesi



Şekil 5.1 GA'nın akışı

5.5 Genetik Algoritmanın Adımları

Genetik algoritmalar doğal biyolojik evrimin özelliklerini taklit eden stokastik arama yöntemleridir. Genetik algoritmalar, potansiyel çözümlerden oluşan bir nüfus üzerinde, en iyiyi yaşatma prensibi doğrultusunda çalışarak kesin çözüme yakın çözümler elde etmeye çalışırlar. Her bir nesilde, bireyler uygunluk değerlerine göre seçilir ve doğal genetikten ilham alınarak ortaya konan operatörler yardımıyla birbirleriyle eşleştirilir. Bu süreç, tıpkı doğal adaptasyonda olduğu gibi nüfus içerisinde yer alan bireylerin mevcut durumlarına göre daha uygun bir çevreye taşınmasını sağlayarak nüfusun gelişimini sağlar.

Hesaplamanın başlamasının ardından, nüfusu meydana getiren bir grup birey oluşturulur. Bu bireylerin uygunluk değerlerinin hesaplanmasıyla ilk nesil oluşturulmuş olur. Eğer optimizasyon ölçütü sağlanamaz ise yeni nesil oluşturulur. Oğul bireylerin oluşturulması için uygunluk değerlerine göre ebeveynler seçilir. Bütün oğul bireyler belirli bir mutasyon oranına göre mutasyona tabi tutulur. Bu işlemin ardından oğul bireylerin uygunluk değerleri hesaplanır. Oğul bireyler, ebeveynlerin yerini almak

suretiyle nüfusa dâhil edilir. Bu çevrim optimizasyon ölçütü sağlanıncaya kadar devam eder.

Bu şekilde tek bir nüfustan oluşturulmuş genetik algoritma kuvvetlidir ve birçok problem türü için iyi sonuçlar üretir. Ancak, çoklu alt nüfusların tanımlanması ile daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Her bir alt nüfus, diğer alt nüfuslarla değişim yapmaması için izole edilir ve tıpkı tek nüfuslu genetik algoritma gibi işlem uygulanır. Çok nesilli genetik algoritmalar tek nesilli genetik algoritmalara nazaran doğal evrim kurallarına daha benzer yapıda faaliyet gösterir.

5.5.1 Başlatma

Algoritma nüfus adı verilen ve kromozomlarla temsil edilen bir çözüm kümesi ile başlamaktadır. Bir toplumdaki çözümler yeni toplumların üretilmesinde kullanılmaktadır. Bu işlem, yeni toplumun eskisinden daha iyi olacağı umuduyla yapılmaktadır. Yeni çözümler (oğul) üretmek için alınan çözümler uygunluklarına (fitness) göre seçilmektedir. Daha uygun olan tekrar üretim için daha fazla şansa sahiptir. Bu süreç belli bir durum (örneğin belli sayıda toplum veya en iyi çözümün gelişmesi) karşılanana kadar tekrar edilmektedir.

5.5.2 Yeniden üretim

Yeniden üretimde yapılan ilk işlem çaprazlamadır. Ebeveynler değişik yollarla eşleştirilerek tamamen yeni bireyler oluşturulur. Yeni oluşturulan bireyler daha sonra mutasyon işlemine tabi tutulabilirler. Mutasyonun anlamı, kromozomlar üzerinde değişikliklerin meydana gelmesidir. Bu değişiklikler, genellikle ebeveynlerden genlerin kopyalanması sırasında meydana gelir.

5.5.3 Seçim

Seçim, en temel genetik işlemdir ve ilk kez Darwin tarafından öne sürülen en uygun olanın yaşamını sürdürmesi esasına dayanır. Her bireye yeniden üremesi için fırsat veren bir işlemdir. Bir sonraki nüfusta üremeleri için nüfus içerisinde en yüksek uygunluğa sahip olan bireylerden birer kopya alınarak eşleştirme havuzuna atılır. Eşleştirme havuzunun boyutu nüfus boyutuyla aynıdır. İyi derecede uygunluğa sahip olmayan bireylerin üreme havuzuna kopyalarının alınması mümkün değildir. Kopyalama işleminden sonra, birey çiftleri eşleştirme havuzundan rasgele alınır ve

çiftleştirilir. Bu işlem, eşleştirme havuzunda birey kalmayınca kadar devam eder. Leitch (1995)'e göre, genetik algoritmanın seçim işlemindeki rolü üreme havuzuna gidecek bireylerin nasıl seçildiğine bağlıdır.

5.6 Genetik Operatörler

5.6.1 Çaprazlama operatörü

Çaprazlama, ebeveynlerden bazı genleri alarak yeni bireyler oluşturma işlemidir. Çaprazlama yapılacak konum rasgele seçilir. Oluşan yeni birey ebeveynlerinin bazı özelliklerini almış ve bir bakıma ikisinin kopyası olmuştur. Çaprazlama işlemi başka şekillerde de yapılabilir. Birden fazla çaprazlama noktası gibi daha iyi performans almak amacıyla değişik çaprazlamalar kullanılabilir (Kurt ve Semetay 2001).

5.6.2 Mutasyon operatörü

Canlılarda gen rekombinasyonlarının dışındaki diğer nedenlerle ve ani olarak meydana gelen kalıtsal değişimlere mutasyon denir. Mutasyon işlemi esnasında kromozomdaki gen sayısı değişmeyerek sabit kalır. Mutasyon frekansının büyüklüğü GA'nın performansını etkilemektedir. Mutasyon, kazara kaybolan gen değerlerini yeniden ortaya çıkarmaktan sorumlu, genetik yığılmayı önleyen ve rasgele aramada etkili bir operatördür (Beasley ve diğerleri 1993).

Mutasyonun asıl amacı, nüfus içerisinde yer alan bireylerin çeşitliliğinde artış sağlamaktır. İyi oluşturulamayan başlangıç nüfusu, çözüm kümesinde çeşitliliği sağlayamaz. Ayrıca evrim süresi içerisinde bireylerin bir noktada birbirine çok yaklaşmaları yani genetik yığılma da çeşitliliğin azalmasına neden olmaktadır. Çeşitliliğin sağlanması için mutasyon, seçim aşamasında veya çaprazlamadan sonra uygulanabilmektedir. Fakat yaygın olarak çaprazlama operatöründen sonra kullanılır.

5.7 Geliştirilen Yöntem

Genetik algoritmalar problemlerin çözümü için evrimsel süreci bilgisayar ortamında taklit ederler. Genetik algoritmalar diğer klasik arama tekniklerinden farklı olarak, topluluk olarak adlandırılan başlangıç rastsal çözümler kümesi ile çözüme başlarlar (Gen ve Cheng 1997). Problem için olası pek çok çözümü temsil eden bu küme genetik

algoritma terminolojisinde nüfus adını alır. Nüfuslar vektör, *kromozom* veya birey adı verilen sayı dizilerinden oluşur. Birey içindeki her bir elemana *gen* adı verilir.

Mevcut problem için bir çözümü temsil eden topluluktaki her bir birey kromozom olarak adlandırılır. Kromozomlar bir dizi kısımlardan oluşur ve her bir kısım gen olarak ifade edilmektedir. Kromozomlar başarılı iterasyonlar vasıtası ile evrim geçirirler ve yeni nesilleri oluştururlar. Her bir nesil ya da iterasyon için, topluluktaki her bir kromozom uygunluk fonksiyonu (fitness function) ile değerlendirilir. Çocuk (offspring) olarak adlandırılan yeni kromozomlar hem çaprazlama (crossover) operatörü kullanılarak mevcut nesildeki iki kromozomun eşleştirilmesi, hem de mutasyon (mutation) kullanılarak bir kromozomun modifikasyonu ile ortaya çıkarılırlar. Aile (parent) kromozomlarının ve oluşturulan çocukların bir kısmı uygunluk değerlerine göre seçilir. Geri kalanlar topluluk hacminin sabit tutulması için elenir. Bu uygulama sonucunda yeni bir nesil oluşturulur. Belli bir iterasyon sonucunda ilgili probleme en iyi çözüm üreten kromozomun ortaya çıkması sağlanır.

Genetik algoritmayı diğer arama tekniklerinden farklı kılan özellikleri şöyledir (Goldberg 1989):

1. Genetik algoritma, parametrelerin kendileri ile doğrudan ilgilenmez, parametre setlerinin kodları ile ilgilenir,
2. Genetik algoritmanın arama alanı, yığının veya nüfusun tamamıdır; tek nokta veya noktalarda arama yapmaz,
3. Genetik algoritmalarda amaç fonksiyonu kullanılır, sapma değerleri veya diğer hata faktörleri kullanılmaz,
4. Genetik algoritmaların uygulanmasında kullanılan operatörler stokastik yöntemlere dayanır, deterministik yöntemler kullanılmaz.

5.7.1 Çözümün kodlanması

Kodlama GA'nın çok önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Probleme GA uygulanmadan önce, verinin uygun şekilde kodlanması gerekir. Kurulan genetik modelin hızlı ve güvenilir çalışması için bu kodlamanın doğru yapılması çok önemlidir.

Daha önce belirtilen problemleri birlikte çözmek için, grup numarası esasına dayanan bir kromozom yapısı oluşturulmuştur. Her genin pozisyonu bir siparişe karşılık gelirken, genin içerisinde yer alan sayı grup numarasını ifade etmektedir. Burada grup

numarası, ilgili gruba karşılık gelen siparişleri bir araya getirmek için kullanılmıştır. Bu çalışma ile önerilen grup numarası bazlı kromozom gösterimi Şekil 5.2'de gösterilmektedir. Bu örnekte kromozom 3 grup ve 10 sipariştten oluşmaktadır. {2,4,7,9} numaralı siparişler 1 numaralı gruba, {3,6,8} numaralı siparişler 2 numaralı, {1,5,10} numaralı siparişler 3. gruba atanmıştır.

Sipariş No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Grup No	3	1	2	1	3	2	1	2	1	3

Şekil 5.2 Grup numarası gösterimine dayalı kromozom yapısı

Sabit sipariş-grup ataması gereken durumlarda, bu siparişler kromozom içerisinde sabitlenir ve diğer genler üzerinde GA operatörleri uygulanır. Bu durum aşağıdaki şekildeki gibi ifade edilebilir. Şekil 5.3'teki yapı, 3, 6, 10 numaralı siparişlerin sırasıyla sadece 3, 1 ve 2 numaralı gruplara atanmasını ifade etmektedir.

Sipariş No	3	6	10	1	2	4	5	7	8	9
Grup No	3	1	2	1	3	2	1	2	1	3

GA Operatörleri

Sipariş No	3	6	10	1	2	4	5	7	8	9
Grup No	3	1	2	2	1	1	3	1	2	3

Şekil 5.3 Sabit sipariş ataması

5.7.2 İlk nüfusun oluşturulması

Genetik algoritma kullanılarak yapılan çalışmalarda, başlangıç topluluğu olarak bilinen ve rastsal olarak belirlenmiş büyük bir kromozom kümesi ile çözüme başlar. Başlangıç çözümü, genetik algoritmanın çözüme ulaşmasında çok önemli bir etkidir. Bu nedenle probleme uygun bir "başlangıç nüfusu oluşturma yöntemi" seçilmelidir. Çok iyi uygunluk değerine sahip bir kromozomun başlangıç çözümünde üretilmesi rastsallıktan dolayı oldukça zordur. Bu yüzden, başlangıç nüfusunun ¼'lük kısmı Rota Benzerlik Metodu (Route Similarity Method) ile oluşturulurken geri kalan kısmı rastgele olarak oluşturulmuştur. Geliştirilen bu yöntem, küme kapasitesini

sınırlandırdığı ve siparişlere ait rotaların benzerliğin dikkate aldığı için literatürde bir ilktir.

Rota Benzerlik Metodu, rota benzerlik durumuna göre bazı pozisyonları küme merkezi olarak seçer ve kalan siparişleri bu kümelere pişmanlık değerlerine (regret value) göre atar. Önerilen kümeleme metodunun adımları şu şekildedir;

Adım1: Her bir sipariş (O_i) için En Yakın Komşu Algoritmasını kullanarak alt siparişlerin rotasını (R_i) belirle.

Adım 2: Her bir sipariş (O_i) için rota mesafesini (D_i) hesapla.

Adım 3: Her bir sipariş (O_i) için yoğunluk indeksi (DI_i)'yi belirle.

NS_i =i siparişi içindeki alt siparişlerin sayısı

$$DI_i = \left[\frac{D_i}{NS_i} \right] \quad 5.1$$

Adım 4: Azalan değere göre yoğunluk indeksi değerlerini (DI_i) sırala.

Adım 5: ilk olarak her bir siparişi çekirdek sipariş (S_i) olarak belirle ve diğer siparişleri her bir çekirdeğe atadıktan sonra aşağıdaki eşitliğe göre rota benzerlik faktörünü hesapla.

$$S_{ij} = \left[\frac{D_i}{D_{yeni}} \right] \quad 5.2$$

S_{ij} : S_i çekirdek siparişine j siparişi eklendiğinde oluşan yeni benzerlik faktörü.

D_i : Çekirdek sipariş (S_i) içerisindeki alt siparişlerin rota mesafesi,

D_{yeni} : j siparişi i çekirdek siparişine atandıktan sonra oluşan yeni rota mesafesi,

Adım 6. S_{ij} değerlerini azalan sıraya göre sırala ve daha iyi benzerlik değerleri için yeni O_i-O_j çiftleri oluştur.

Adım 7: O_i-O_j çiftleri için yoğunluk indeksini tekrar hesapla. Küçük yoğunluk indeksine sahip siparişler daha yüksek seçim şansı bulacak şekilde seçim olasılığı değerlerini (p_i) belirle.

Adım 8: O_i-O_j çiftlerini grup sayısı kadar rasgele seç.

Adım 9: Bütün siparişleri, araç kapasitesi ve pişmanlık değerlerine göre en yakın küme merkezlerine ata. O_i 'ye ait pişmanlık değeri, 8. adımda tanımlanan küme merkezlerinden kendisine en benzer olan sipariş merkezi ile ikinci en benzer küme merkezi arasındaki farkı ifade etmektedir.

Adım 10. Adım 8 ve 9'u başlangıç nüfusunun $\frac{1}{4}$ 'lük kısmı oluşturuluncaya kadar tekrar et.

Önerilen çözüm yönteminde, daha iyi uygunluk değerine sahip olan başlangıç nüfusunun yarısı kadarlık bir kısmı GA popülasyonu olarak seçilir (Kulak ve diğerleri 2008).

5.7.3 Uygunluk

Her nesil için topluluktaki tüm kromozomlar uygunluk fonksiyonu ile değerlendirilirler. Uygunluk değeri daha iyi olan kromozomlar yeni çocukları oluşturmak için eşleştirme havuzuna seçilirler. Uygunluk değeri daha iyi olan kromozomların eşleştirilmesi GA'nın çözüme daha kısa zamanda ulaşmasını sağlamaktadır. Geliştirilen GA'da uygunluk fonksiyonu oluşturulan gruplara ait rotaların toplam mesafesi olarak belirlenmiştir. Tüm kromozomlar içerisinde rotaların toplam mesafesini en az yapan kromozom en iyi çözüm olarak değerlendirilir. Her bir sipariş grubuna ait rota kısa sürede çözüm veren Kazanç ve En Yakın Komşu sezgiselleri ile belirlenmiştir. Ayrıca gruba atanan siparişlerin hazırlık süreleri toplamı aracın hazırlanması için önceden tanımlanmış süreden fazla ise ceza uygulaması yapılmaktadır. Buna göre geliştirilen çözüm yöntemi için uygunluk fonksiyonu Denklem 5.3'te gösterilmektedir.

$$F_i = \sum_{j=1}^k D_j + P \quad 5.3$$

k : Oluşturulan sipariş grubu sayısı ($i=1,2,3,\dots,k$)

D_j : j. sipariş grubu için depo içi dolaşım mesafesi ($j=1,2,3,\dots,k$)

P : Ceza (Penalty) Değeri

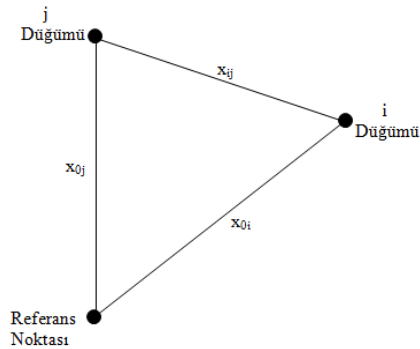
F_i : Uygunluk Fonksiyonu

5.7.3.1 Kazanç sezgiseli

Araç rotalama probleminin kesin çözümlerinin matematiksel olarak belirlenmesi oldukça karmaşık bir iştir. Bugüne kadar, bu problemin çözümü için birçok sezgisel yöntem önerilmiştir. Bu yöntemlerden özellikle Clarke ve Wright (1964)'ın geliştirdiği Kazanç sezgiseli, birçok uygulama alanına kolayca adapte edilebilen bir yöntemdir.

Kazanç sezgiseli, aracın bir siparişi müşteriye ulaştırılıp geri dönmesi yerine bir turda birden fazla müşteriye ait siparişin teslimi fikri üzerine inşa edilmiş bir sezgisel yöntemdir. Her bir müşteri çifti için seyahat zamanındaki azalmayı ifade eden kazanç değeri, dağıtım aracının turlarını bir tek turda birleştirmek suretiyle hesaplanır. Kazanç değeri, tura çıkacak olan belli bir kapasitedeki taşıma aracı için sipariş öncelik indeksini oluşturur.

Kazanç sezgiseli, en fazla kazancın sağlanacağı rotanın tespiti için kullanılan, karşılaştırmalı bir yöntemdir. Alınan bir başlangıç noktasından itibaren (bu çalışmada giriş çıkış noktası), bitişin tekrar başlangıç noktası olduğu en kazançlı çevrimin hesaplanması için kullanılır. Kazanç sezgiseli ile hesaplama yapmak için dikkate alınan bağlantılar Şekil 5.4’da gösterilmiştir.



Şekil 5.4 Kazanç algoritması

x_{0i} = referans noktası ile i düğümü arasındaki mesafe,

x_{0j} = referans noktası ile j düğümü arasındaki mesafe,

x_{ij} = i düğümü ile j düğümü arasındaki mesafe,

Bu verilere göre, i - j rotasındaki kazancımız şu şekilde bulunabilir;

$$S_{ij} = x_{0i} + x_{0j} - x_{ij} \quad \forall (i,j), i \neq j$$

5.7.3.2 En yakın komşu sezgiseli

Araç rotalarının belirlenmesi için kullanılan diğer bir yöntem ise En Yakın Komşu sezgiselidir. En yakın komşu sezgiseli, özellikle araç rotalama problemlerinde çözüm kurucu olarak görev yapan basit bir sezgisel yöntemdir. Bu yöntemin adımlarını şu şekilde sıralayabiliriz;

Adım1: Başlangıç noktasından en kısa mesafeli dağıtım noktasını belirle.

Adım2: İlk dağıtım noktasından diğer dağıtım noktalarına olan mesafeyi belirle;

Adım3: Mevcut mesafeler arasında en kısa olanı seç ve ikinci dağıtım noktasını belirle.

Adım4: Tüm dağıtım noktaları tamamlanana kadar Adım 2 ve 3 ü tekrar et.

Adım5: Dağıtım noktalarının belirlenme sırasına göre dağıtım noktalarını birleştir ve rotayı göster.

5.7.3.3 Siparişler arası mesafenin hesabı

Bu çalışmada, uygunluk fonksiyonu bu iki yöntemden biriyle elde edilen ve toplam mesafeyi en az yapan sipariş gruplarına ait rotaların uzunlukları toplamıdır. Kazanç ve en yakın komşu sezgisellerinin çalıştırılabilmesi için gerekli olan siparişler arası mesafeler Denklem 5.4, Denklem 5.5, Denklem 5.6 ve Denklem 5.7’de ifade edilmektedir.

L = Yarı Uzunluk = ortadaki çapraz geçitin alt ve üst taraftaki geçitlere uzaklığı

$$K = \frac{\text{İki paralel geçit arası mesafe}}{\text{Birbirini takip eden iki raf arası mesafe}}$$

Z_i = i. Siparişin geçit içerisindeki yeri

t =Koridor Numarası

P = Geçitin Uzunluğu olmak üzere from-to şeması için gerekli olan mesafeler aşağıdaki algoritmaya göre hesaplanmıştır;

Adım 1: Siparişlerin bulunduğu bölgeyi belirle,

Adım 2: Siparişlerin bulunduğu bölgeler için uygun olan formülasyonu kullan,

1. Eğer z_1 = başlangıç noktası ve $z_2 \geq L$ ise;

$$\text{Mesafe} = |z_1 - L| + |t_1 * K| + (K / 2) \quad 5.4$$

2. Eğer Siparişler Farklı Bölgelerde ise;

$$\text{Mesafe} = |z_1 - z_2| + 1 + |t_1 - t_2| * K \quad 5.5$$

3. Eğer siparişler aynı koridorda ise;

$$Mesafe = |z_1 - z_2| \quad 5.6$$

4. Eğer siparişler aynı bölge farklı koridorda ise;

$$Mesafe = \left(\frac{P}{1-P} + 1 - |z_1 + z_2 - 1 - P| \right) + \left(\frac{K}{1-t_2} \right) * K \quad 5.7$$

Adım 3: Bulduğun değeri fom-to tablosuna kaydet.

Adım 4: Bütün siparişler arası mesafeler hesaplandıysa algoritmayı sonlandır.

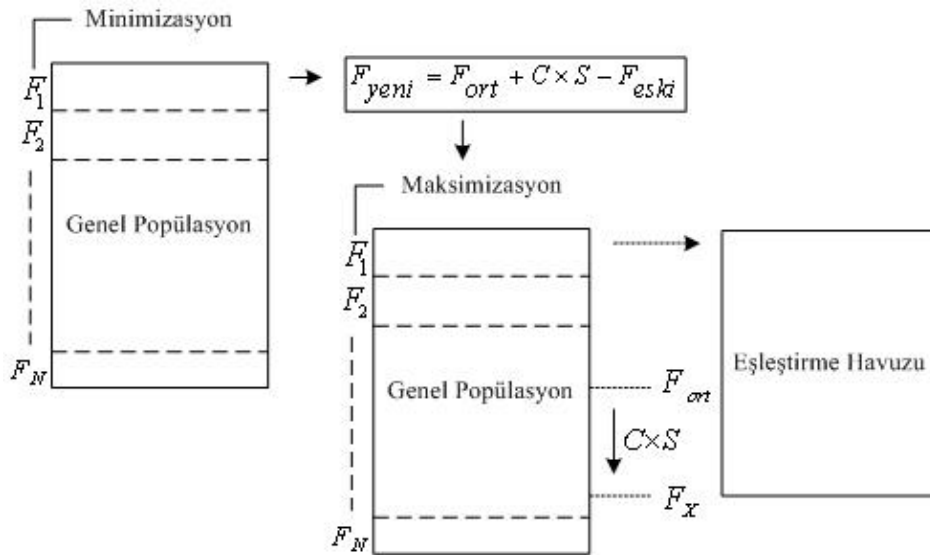
5.7.4 Kromozomların eşleştirme havuzuna alınması

Eşleştirme süreci ile seçilmiş aile kromozomlarından bir ya da daha fazla çocuk üretilmesi amaçlanmaktadır. Her nesil için eşleştirme havuzu oluşturulmadan belirtilen süreç gerçekleştirilemez. Topluluk içinden eşleştirme havuzuna seçilecek kromozomların belirlenmesi de GA'nın iyi performans vermesi açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada, eşleştirme havuzuna seçilecek kromozomların belirlenmesi için σ -truncation olarak adlandırılan uygunluk derecelendirme tekniği (fitness scaling technique) kullanılmıştır (Goldberg 1989). σ , nüfus içerisinde yer alan kromozomlara ait mesafelerin standart sapmasını ifade etmektedir ve yeniden derecelendirilmiş uygunluk fonksiyonu Denklem 5.8'de gösterilmiştir.

$$Uygunluk_{yeni} = (Uygunluk_{ort} + C \times S \tan \text{dart Sapma}) - Uygunluk_{eski}$$

$$F_{yeni} = (\bar{F} + C \cdot \sigma) - F_{eski} \quad 5.8$$

Şekil 5.5'te kromozomların eşleştirme havuzuna alınmadan önce gerçekleştirilen yeniden derecelendirme işlemi gösterilmektedir. Uygunluk değerleri yeniden derecelendirilen genel nüfusta, hangi bireylerin eşleştirme havuzuna alınacağı noktasında nüfus ortalamasının ne kadar altına inileceği c katsayısı ile belirlenir. Bu formülasyon sayesinde, belirlenen sınırın altında kalan çözümlerin yeni uygunluk değerleri sıfırın altında olacağı için bu çözümler, çözüm kümesi dışında bırakılmaktadır. Sadece eşleştirme havuzuna alınan bireylere çaprazlama uygulanır. Buradaki amaç, iyi çözümlerin birbirleri ile eşleştirilmesini sağlamaktır.



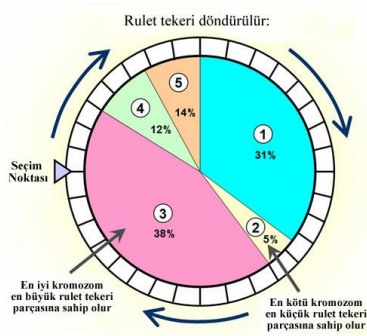
Şekil 5.5 Kromozomların eşleştirme havuzuna alınması (Kulak 2007)

5.7.5 Çaprazlanacak bireylerin seçilmesi

Yine çaprazlama operatörü uygulaması için eşleştirme havuzundan aile kromozom çiftlerinin belirlenmesi gerekir. Bu noktada kullanılan yöntemler, rulet tekeri, sıra esaslı ağırlıklandırma ve turnuva metotlarıdır.

5.7.5.1 Rulet tekeri

Rulet seçiminde kromozomlar uyumluluk fonksiyonuna göre bir rulet etrafına gruplanır. Uygunluk fonksiyonu herhangi bir ölçüte uyan bireylerin seçilmesi için kullanılır. Bu rulet üzerinden rastgele bir birey seçilir. Daha büyük alana sahip bireyin seçilmeansı daha fazla olacaktır.



Şekil 5.6 Rulet tekeri seçimi

Tablo 5.1’de 11 adet kromozomun uygunluk fonksiyonları ve seçim olasılıklarını göstermektedir. 1 numaralı kromozom en yüksek uygunluk değerine sahip olduğu için

rulet tekeri üzerinde en büyük alanı kaplayacaktır. 11 numaralı kromozomum seçim şansı bulunmamaktadır.

Tablo 5.1 Seçim olasılığı ve uygunluk değeri

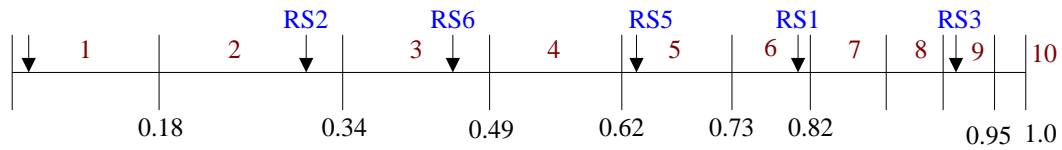
Kromozom No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Uygunluk	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0.0
Seçim Olasılığı	0.18	0.16	0.15	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.03	0.02	0.0

Bu kromozomlar arasından eşleştirme havuzuna seçim yapmak için 0 ile 1 arasında rasgele sayılar üretilir.

6 adet rasgele sayı örneği aşağıda sunulmuştur.

0.81, 0.32, 0.96, 0.01, 0.65, 0.42.

Şekil 5.7 rulet tekeri yöntemi ile kromozomların seçim sürecini göstermektedir.



Şekil 5.7 Rulet tekerleği ile kromozom seçim süreci

Seçimden sonra meydana gelen eşleştirme nüfusu 1, 2, 3, 5, 6, 9 olacaktır. Rulet tekeri seçim algoritması ön yargılı bir seçim yapmanın önüne geçer, ancak sapmanın minimum olmasını da garanti etmez.

5.7.5.2 Sıralama seçimi

Rulet tekeri basit bir yöntem olmasına karşın, eğer bireylerin uygunluk değerleri arasındaki fark çok fazla ise kötü çözümlere çok az bir seçim şansı tanımaktadır. Sıra esaslı seçim yönteminde ise en kötü çözüme 1 numaralı sıra verilerek en iyi çözüme kadar her bir çözüme 1 arttırarak N_{iyi} 'e kadar sıra numarası verilmektedir. Burada N_{iyi} eşleştirme havuzuna eşleştirilmek üzere seçilen kromozom sayısını ifade etmektedir. n ise bir kromozomun sıra numarasına karşılık gelmektedir. Tüm bu durumlar dikkate alındığında bir kromozomun seçim ihtimali (P_n) Denklem 5.9'daki eşitlik ile hesaplanır.

$$P_n = \frac{N_{iyi} - n + 1}{\sum_{n=1}^{N_{iyi}} n} \quad 5.9$$

5.7.5.3 Turnuva seçimi

Topluluktaki bireyler arasından rasgele belirli miktarda bireyler seçilerek aralarındaki uygunluk fonksiyonu yüksek olan birey tutulur geriye kalanlar atılır. Yeni topluluk bireyleri belli sayıdaki bireyler arasında yapılan yarışma sonucu oluşturulur. Yığın genişliğine ulaşıncaya kadar bu işlem devam eder. Bu yöntemin avantajı herhangi bir kromozomun süreç sırasında kaybedilme olasılığı rulet tekeri seçim tekniğine göre daha azdır.

5.7.6 Çaprazlama

Önerilen Genetik algoritma esaslı sipariş gruplama yaklaşımında, üniform (Gen ve Cheng, 1997) ve geliştirilmiş enjeksiyon (Kulak ve diğerleri 2008) çaprazlama yöntemleri kullanılmıştır.

5.7.6.1 Üniform çaprazlama

Üniform çaprazlama yönteminde, her bir gen için 0 veya 1 sayısından oluşan bir sayı üretilir. Üretilen rakam 1 ise, oluşturulacak gen için özellik birinci kromozomdan aksi takdirde ikinci kromozomdan alınacaktır. Üniform çaprazlama operatörünün ufak çaplı bir gösterimi Şekil 5.8'de gösterilmektedir.

	Rastgele Sayı	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1
Ebeveyn 1	Sipariş No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Grup No	3	1	2	2	3	3	1	2	1	3
Ebeveyn 2	Sipariş No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Grup No	1	2	1	3	2	1	3	1	2	2
Oğul	Sipariş No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Grup No	1	1	2	3	2	3	3	2	1	2

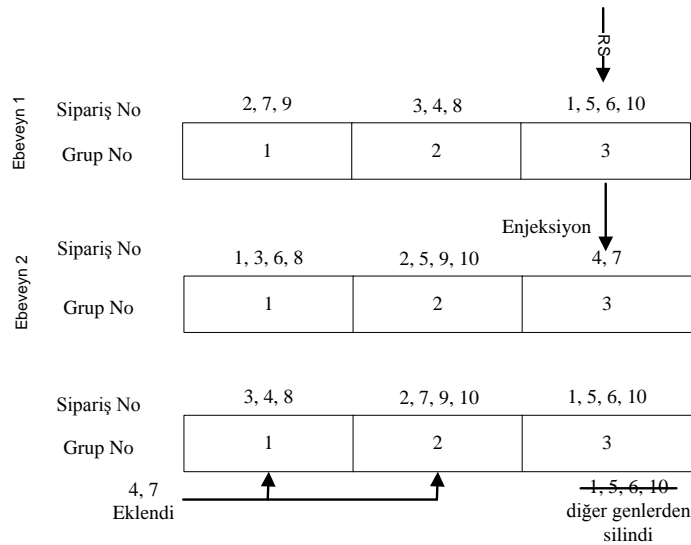
Şekil 5.8 Üniform çaprazlama

5.7.6.2 Enjeksiyon çaprazlama

Çalışmada kullanılan diğer bir çaprazlama yöntemi ise enjeksiyon çaprazlamadır. Bu yöntemde ilk olarak, Şekil 5.9’de gösterildiği üzere genin sipariş-numarası – grup numarası esaslı yapısı değişikliğe uğratılır. Daha sonra 1 numaralı ebeveynin rasgele seçilen geni diğer ebeveynin aynı numaralı geni içerisine Şekil 5.10’da gösterildiği gibi kopyalanır.

Ebeveyn 1	Sipariş No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Grup No	3	1	2	2	3	3	1	2	1	3
Dönüşüm	Sipariş No	2, 7, 9			3, 4, 8			1, 5, 6, 10			
	Grup No	1			2			3			
Ebeveyn 2	Sipariş No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Grup No	1	2	1	3	2	1	3	1	2	2
Dönüşüm	Sipariş No	1, 3, 6, 8			2, 5, 9, 10			4, 7			
	Grup No	1			2			3			

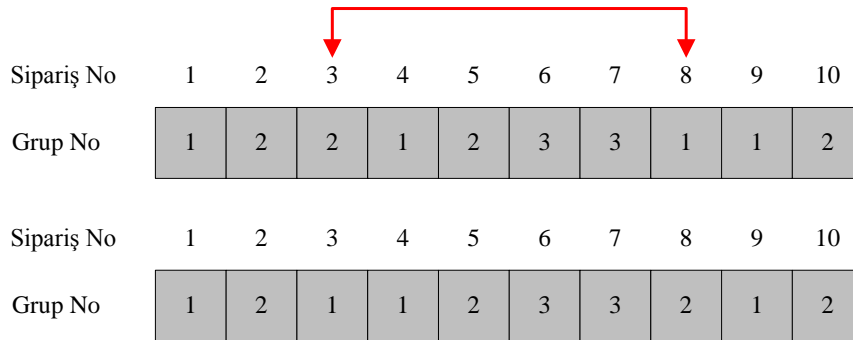
Şekil 5.9 Gen yapısının değiştirilmesi



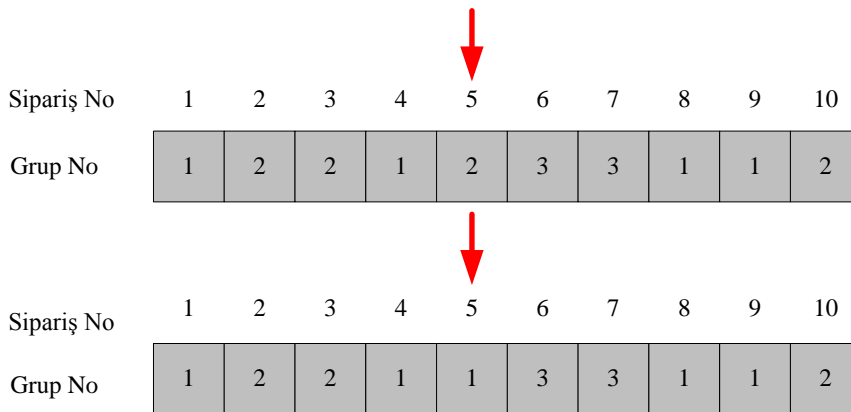
Şekil 5.10 Enjeksiyon çaprazlama

5.7.7 Mutasyon

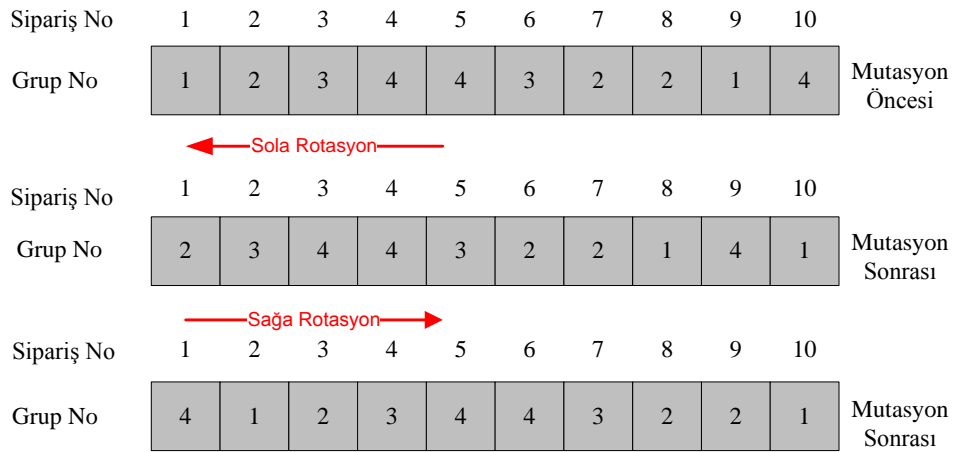
Seçim aşamasında veya çaprazlamadan sonra kullanılabilen mutasyon operatörü bu çalışmada çaprazlama işleminden sonra uygulanmıştır. Mutasyon ile bireyler rastsal olarak değiştirilirler. Bu değişimler (mutasyon adımları) genellikle küçüktür. Bireylerin değişkenlerine küçük bir olasılıkla (mutasyon olasılığı) uygulanırlar. Mutasyon operatörü olarak, ikili yer değiştirme (swap), yer değiştirme (replacement), sağa rotasyon (right rotation) ve sola rotasyon (left rotation) yöntemleri çalışmada kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan mutasyon yöntemlerinin probleme uygulanışı sırasıyla Şekil 5.11, Şekil 5.12., Şekil 5.13 ve Şekil 5.14'te gösterilmiştir.



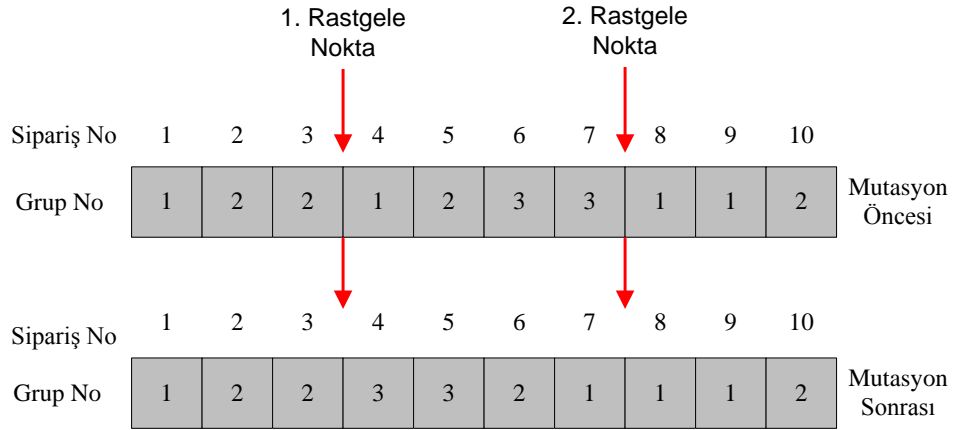
Şekil 5.11 İkili yer değiştirme yöntemi



Şekil 5.12 Yerine koyma yöntemi



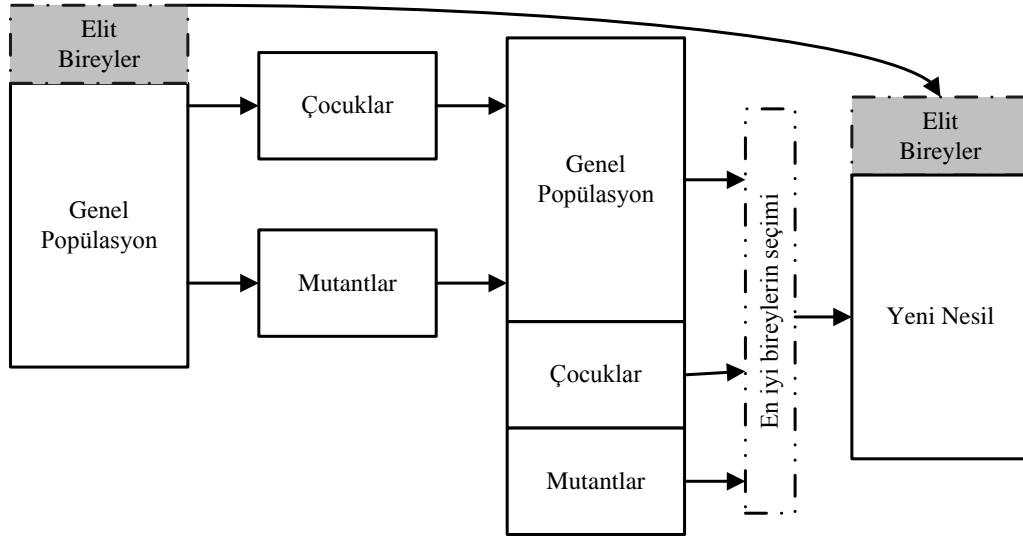
Şekil 5.13 Sağa ve sola rotasyon yöntemleri



Şekil 5.14 Tersine çevirme yöntemi

5.7.8 Elitizm

Çalışma kapsamında, yeni nüfusun oluşturulmasında Elitizm işlemi de uygulanmıştır. Elitizm, en iyi bir ya da daha fazla iyi çözümü yeni nesile kopyalama işlemi ifade eder. İyi çözümlerin kaybedilmesini önleyerek GA'nın hızlı çözüm vermesini sağlayan önemli bir yöntemdir. Elitler haricinde kalan nüfus çaprazlama ve mutasyon ile elde edilen oğul bireylerden uygunluk değerlerine göre seçilirler. En iyi kromozomların seçimi her nesilde bu şekilde devam eder. Yeni neslin seçimi Şekil 5.15'de gösterilmiştir.



Şekil 5.15 Yeni nesil seçimi (Kulak, 2007)

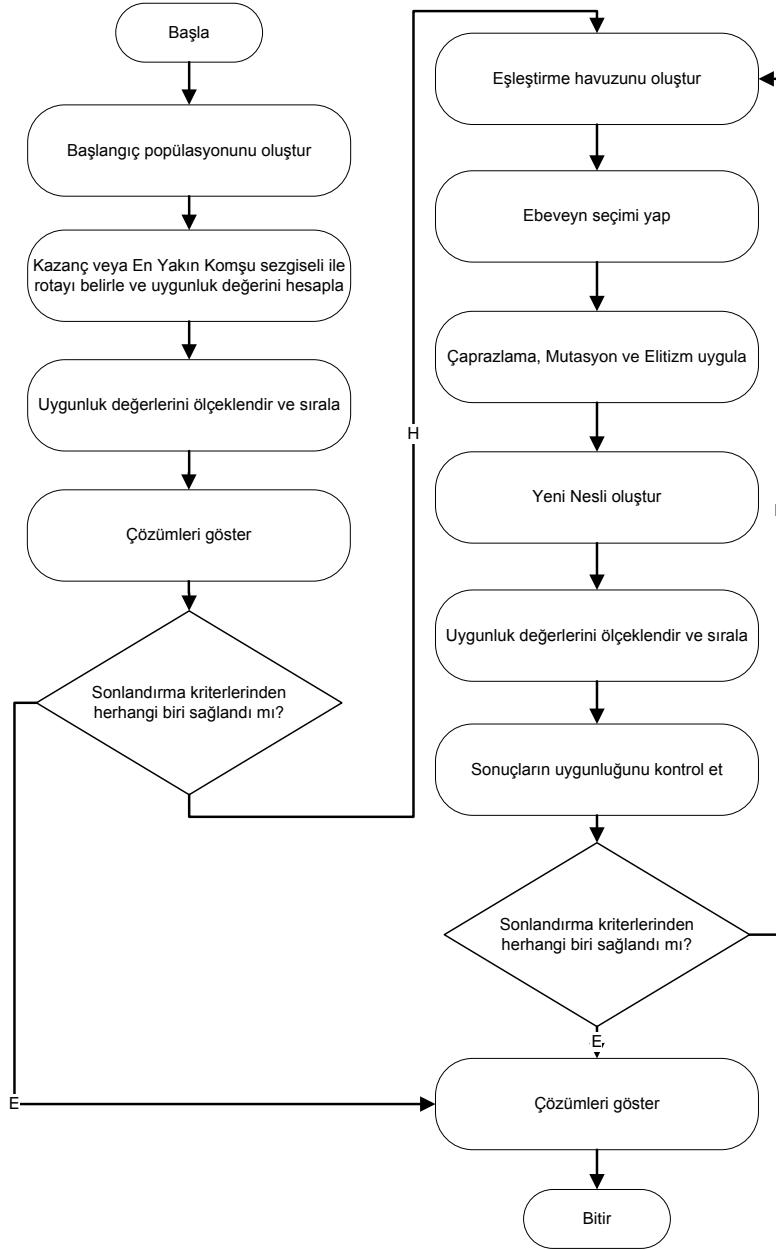
5.7.9 Tamir fonksiyonu

Yeni oluşturulan kromozomlar, bazı durumlarda dağıtım aracı kapasite ve/veya hazırlık süresi kısıtını karşılayamaz. Özellikle çaprazlama ve mutasyon operatörleri kullandıktan sonra bu şekilde çeşitli kısıtları karşılayamayan kromozomlar ortaya çıkmaktadır. Her kromozomun oluşturulmasından sonra bu kısıtlı sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmelidir. Şekil 5.16’da belirtilen durumlar için tamir stratejisini gösteren bir örnek sunulmuştur. 2 ve 7 nolu siparişlerin 1 ve 2 nolu gruplara atanması durumunda araç kapasitesi aşılmakta ve çözüm uygunsuz olmaktadır. Bu şekildeki kromozomların uygunsuzluğunu ortadan kaldırmak için tamir stratejisi uygulanır.

		Sipariş No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Uygun Olmayan Kromozom	Sipariş No											
	Grup No	3	1	2	1	3	2	2	2	1	3	
			Rasgele 2 veya 3				Rasgele 1 veya 3					
Tamir Edilmiş Kromozom	Sipariş No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Grup No	3	2	2	1	3	2	3	2	1	3	

Şekil 5.16 Tamir stratejisi

Geliştirilen yönteme ait akış Şekil 5.17’de gösterilmektedir.



Şekil 5.17 Geliştirilen GA esaslı yöntemlerin iş akışı

6. DENEYSEL ÇALIŞMA

6.1 Geliştirilen Program ve Özellikleri

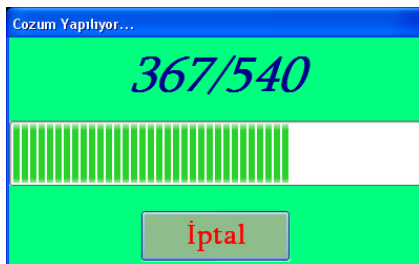
Deneysel çalışma için hazırlanan sipariş listesinde, sipariş sayısı, ağırlık, hazırlık süresi ve toplama koordinatları rasgele olarak oluşturulmuştur. Daha önceki bölümde sunulan GA yaklaşımları, Visual Studio.NET programlama dili ile kodlanmış ve hazırlanan program için bir arayüz tasarlanmıştır. Ara yüz yardımıyla, depo özellikleri ve genetik algoritmaya ait parametreler programa yüklenerek deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler neticesinde elde edilen çözümler, arayüzün “sonuçlar” bölümüne girilerek görülebilmektedir. Geliştirilen programa ait arayüzün bölümleri Şekil 6.1, 6.2, 6.3 ve 6.4’te gösterilmektedir. En uygun parametrelerin belirlenmesi için 2 GB RAM belleği olan ve 2.0 Ghz işlemcili standart bir bilgisayarda deneyler gerçekleştirilmiştir. ANOVA testinin uygulanarak en iyi parametre setinin belirlenebilmesi için farklı parametre değerleri kullanılarak toplam 43.200 deney yapılmıştır. Bu deneylerde kullanılan parametre değerleri Tablo 6.1’de özetlenmektedir.

Tablo 6.1 Deneysel çalışmada kullanılan parametre değerleri

Parametre	Kullanılan Değerler
Deney Tekrar Sayısı	5
Kromozom Sayısı	100 - 300 - 500
Çaprazlama Yöntemi	Uniform - Enjeksiyon
Çaprazlama Oranı	30 – 60 - 90
Kromozom Seçim Yöntemi	Sıra Esaslı - Rulet Tekeri - Turnuva
Mutasyon Yöntemi	Yerine Koyma - İkili Yer değiştirme - Ters Çevirme - Sağa Rotasyon - Sola Rotasyon
Mutasyon Yüzdesi	5 - 10
Mutasyon Azaltma Yöntemi	Üssel - Sabit
Mutasyon Azalma Oranı	25 - 50
Rotalama Yöntemi	Kazanç - En Yakın Komşu
C Değeri	1 - 2

Şekil 6.1 Depo özelliklerinin girilmesi

Şekil 6.2 GA parametrelerinin girilmesi



Şekil 6.3 Çözümün ilerleyişini gösteren alt pencere

Deney No	Fitness	Hesaplama Süresi	İterasyon Sayısı	Sonlandırma Türü	Araç Kapasitesi	Kapasite Aşım Yüzdesi	Depo Uzunluk
1	114	00:00:00.1875000	15	SonlandırmaOranı	30	0,1	10
2	94	00:00:00.0212500	6	SonlandırmaOranı	30	0,1	10
3	94	00:00:00.0156250	5	SonlandırmaOranı	30	0,1	10
4	110	00:00:00.2500000	19	SonlandırmaOranı	30	0,1	10
5	94	00:00:00.0156250	4	SonlandırmaOranı	30	0,1	10
6	94	00:00:00.0156250	6	SonlandırmaOranı	30	0,1	10
7	112	00:00:00.1718750	15	SonlandırmaOranı	30	0,1	10
8	94	00:00:00.0156250	7	SonlandırmaOranı	30	0,1	10
9	94	00:00:00.0156250	7	SonlandırmaOranı	30	0,1	10
10	110	00:00:00.1406250	13	SonlandırmaOranı	30	0,1	10
11	94	00:00:00.0156250	6	SonlandırmaOranı	30	0,1	10
12	94	00:00:00.0156250	6	SonlandırmaOranı	30	0,1	10

Şekil 6.4 Sonuçlar sayfası

6.2 En İyi Parametre Setinin Belirlenmesi

Tablo 6.1’de belirtilen parametre değerleri kullanılarak 5 tekrarlı deneylerin yapılmasının ardından, en iyi ortalama uygunluk değerine sahip 15 parametre seti seçilerek Tekyönlü Varyans Analizi (TANOVA) gerçekleştirilmiştir. Seçilen parametre grupları Tablo 6.2’de gösterilmektedir. Tablonu ilk sütununda bulunan “Parametre Grubu” ifadesi o parametre grubu ile yapılan deneylere karşılık gelmektedir. Özdamar (2004), Tekyönlü Varyans Analizini, normal dağılım gösteren k toplumdaki alınan k bağımsız grup denemelerinden elde edilen nicel verilerin analizinde yararlanılan bir yöntem olarak tarif etmektedir. Bu analiz k grup ortalamalarının birbirine eşitliğini test eder.

Tablo 6.2 ANOVA testi için seçilen parametre grupları

Parametre Grubu	Uygunluk	Parametre Grubu	Uygunluk	Parametre Grubu	Uygunluk
664	1890	150	2038	432	2072
664	1988	150	1910	432	1872
664	1992	150	1926	432	1956
664	1936	150	1926	432	1986
664	2008	150	2038	432	1948
190	1978	278	1946	74	1942
190	1974	278	1988	74	1910
190	1962	278	1952	74	1940
190	2008	278	1978	74	2012
190	1946	278	1944	74	1968
430	1888	370	1778	450	1952
430	1980	370	1840	450	1908
430	2016	370	1852	450	1932
430	2004	370	1798	450	1946
430	1858	370	1862	450	1984
162	1990	390	1928	460	1952
162	2062	390	1850	460	1950
162	1912	390	2008	460	1960
162	2036	390	1928	460	1930
162	1908	390	1884	460	1934
426	1848	174	1912	394	1944
426	1934	174	1852	394	1910
426	1920	174	1892	394	1912
426	2080	174	2002	394	1900
426	1954	174	1976	394	1996

6.2.1 Normallik testi

Tek yönlü ANOVA’da, k toplumun $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$ ortalamalı ve ortak σ^2 varyanslı normal dağılım gösterdiği varsayımı kabul edilir. Tek yönlü varyans analizini verilere uygulamadan önce grup verilerinin normal dağılım gösterip göstermediği normallik testlerinden uygun birisi ile (Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk, KS tek örnek v.b.) test edilmelidir (Özdamar, 2004). Veri analizi için SPSS 15 paket programı kullanıldığı için, bu testlerden Kolmogrov-Smirnov testi kullanılmıştır. Yapılan normallik testlerinin sonuçları Tablo 6.3’te verilmektedir. Bütün parametre grupları için anlamlılık değeri 0,05’ten büyük olduğu için verilerin normal dağılım gösterdiği söylenebilir.

Tablo 6.3 Normallik testi sonuçları

grup_no	Kolmogorov-Smirnov(a)		
	İstatistik	df	Anlamlılık
74	0,227279	5	0,20
150	0,340209	5	0,06
162	0,239004	5	0,20
174	0,195174	5	0,20
190	0,223844	5	0,20
278	0,283792	5	0,20
370	0,250332	5	0,20
390	0,24368	5	0,20
394	0,298601	5	0,17
426	0,267861	5	0,20
430	0,266576	5	0,20
432	0,197382	5	0,20
450	0,192548	5	0,20
460	0,247306	5	0,20
664	0,296992	5	0,17

6.2.2 F testi

ANOVA sonuçları, SPSS çıktı sayfasında ANOVA tablosu ile gösterilir. Tek yönlü ANOVA’da toplam varyasyon iki bileşen halinde bölümlendirilir. “Gruplar arası” grup ortalamaların genel ortalama etrafında değişimini ifade ederken, “Grup içi” ilgili grup içerisinde yer alan her bir değer için grup ortalaması etrafındaki çeşitliliğini ifade eder. Tabloda yer alan “Anlamlılık” ifadesi yapılan F testinin anlamlılık düzeyini göstermektedir. Küçük anlamlılık değerleri (<0.05) gruplar arasında farklılığın bulunduğu gösterir. Tablo 6.4’den de görüleceği üzere, Anlamlılık < 0,05 olduğu için “en az 1 parametre grubunu bulunduğu alan diğerlerinden farklıdır” denir.

Tablo 6.4 F-test istatistiği sonuçları

	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Anlamlılık
Gruplar arası	5390,320	14	385,023	10,406	,000
Grup içi	2220,000	60	37,000		
Toplam	7610,320	74			

6.2.3 Çoklu karşılaştırma testleri

Varyans analizi neticesinde F test istatistiği sonucu “önemli düzeyde farklılık var” şeklinde ortaya çıkmışsa, hangi grup ortalamasının farklı olduğu belirlemek ve ortalamaları farklı olan grupları bulmak için çoklu karşılaştırma testleri gerçekleştirilir. SPSS içerisinde yer alan testlerden Tukey HSD testi çoklu karşılaştırma testi olarak seçilmiştir. Yapılan karşılaştırma sonucu ortaya çıkan gruplar Tablo 6.5’te verilmektedir. 15 parametre seti 2 gruba ayrılmıştır. Bazı parametre setleri birden fazla grup içerisinde yer alırken, 370 numaralı parametre setinin oluşturulan diğer parametre setlerine ait gruplarla bağlantısı olmadığı için bu parametre seti en iyi parametre seti seçilmiştir.

Tablo 6.5 Çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Grup	N	1	2
370	5	1826	
390	5	1919,6	1919,6
174	5	1926,8	1926,8
394	5	1932,4	1932,4
450	5	1944,4	1944,4
460	5		1945,2
426	5		1947,2
430	5		1949,2
74	5		1954,4
278	5		1961,6
664	5		1962,8
432	5		1966,8
150	5		1967,6
190	5		1973,6
162	5		1981,6
370	5		1919,6
390	5		1926,8
174	5		1932,4
394	5		1944,4
450	5		1945,2
Anlamlılık		0,052175	0,870275

370 numaralı parametre setine ait parametre değerleri Tablo 6.6’de verilmiştir. En iyi parametre setinin belirlenmesinin ardından, 100, 200, 250 ve 300 siparişten oluşan sipariş listeleri hem klasik hem de çapraz geçitli depo sistemi için deneye tabi tutulmuştur.

Tablo 6.6 Kullanılacak GA parametreleri

Popülasyon Hacmi	Sipariş Sayısı x 10
Çaprazlama Metodu	Uniform
Çaprazlama Oranı	90%
Mutasyon Yöntemi	Yer Değiştirme
Mutasyon Stratejisi	Üssel azalma
Mutasyon Oranı	10%
Mutasyon Azalma Oranı	50%
Elitizim Oranı	10%
Aile Seçim Metodu	Rulet Tekerli

Tablo 6.7’de hazırlanan bu sipariş listelerinde yer alan siparişlere ait bilgiler yer almaktadır. Tabloda, siparişlerde bulunan toplam parça sayısı, siparişlerin toplam ağırlığı, toplama aracının kapasitesi, oluşturulabilecek minimum grup sayısı ve sipariş hazırlık süreleri belirtilmektedir.

Tablo 6.7 Sipariş listelerine ait bilgiler

	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5	DS6	DS7	DS8
Sipariş Sayısı (adet)	100	200	250	300	100	200	250	300
Toplam Parça Sayısı (adet)	345	694	873	1049	345	694	873	1049
Toplam Ağırlık (kg)	298	594	744	853	298	594	744	853
Araç Kapasitesi (kg)	20	25	30	40	20	25	30	40
Min. Grup Sayısı (adet)	15	24	30	22	15	24	30	22
Sip. Hazırlama Süresi (min)	5	5	5	5	5	5	5	5

6.3 Geliştirilen Yöntemlerin Etkinliğinin Karşılaştırılması

İlk etapta, önerilen GA esaslı yöntemlerin (GAS, GANN) etkinlikleri, Chen ve arkadaşlarının (2005) önerdiği GABM (Genetic Algorithm-S-Shape) yönteminin uyarlanmış hali ile karşılaştırmak suretiyle incelenmiştir. Bu karşılaştırma için klasik depo yerleşimi ile birlikte DS1-DS4 arasında bulunan sipariş listeleri kullanılmıştır. İkinci etapta, DS5-DS8 arasında yer alan sipariş listeleri kullanılarak, çapraz geçitli depo yerleşiminde hem iki hem de üç boyutlu durumlar için deneyler gerçekleştirilmiştir.

Deneysel çalışmalarda Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterilen depo yerleşimleri kullanılmıştır. Her iki depo gösteriminde de sipariş toplama faaliyetlerinin yürütüldüğü birden fazla paralel geçit mevcuttur. Klasik depo yerleşiminde, birbirine paralel geçitler ve bu geçitler arası geçişi sağlayan ön ve arka çapraz geçitler bulunmaktadır (bakınız Şekil 4.2). Çapraz geçitli depo yerleşiminde ise, klasik yerleşimde bulunan geçitlerin yanı sıra paralel geçitler arasında alternatif geçişlere olanak sağlayan 1 çapraz geçit daha bulunmaktadır (bakınız Şekil 4.3). Rafların ölçüleri her iki depo gösterimi içinde aynı alınmış olmasına rağmen, istenildiği takdirde hazırlanan programda depo ile ilgili bölüme farklı bilgilerin girilmesi suretiyle değişik depo yerleşimleri elde edilebilmektedir. Deneysel çalışmalarda kullanılan depo yerleşimlerine ilişkin bilgiler Tablo 6.8'de gösterilmiştir. Sipariş toplayıcılar, başlangıç noktasından itibaren Kazanç ve En Yakın Komşu rotalama yöntemlerinin yardımıyla turlarını tamamladıktan sonra tekrar başlangıç noktasına dönerler. Yapılan deneylerde aşağıdaki kabuller yapılmıştır;

1. Bir siparişe ait parçaların birden fazla gruba bölünmesi kesinlikle yasaktır.
2. Giriş noktası, klasik depo yerleşimi için sol alt köşede, çapraz geçitli depo yerleşimi için sol tarafta orta bölümde yer almaktadır (bakınız Şekil 4.3).
3. Sipariş toplayıcı geçit içerisindeki bir noktaya geldiğinde hem sağ hem de sol taraftan önemli bir yer değişimi gerçekleştirilmeden siparişleri toplayabilmektedir.
4. Sipariş toplayıcılar geçit içerisinde her iki yönde de hareket edebilmektedirler.

Tablo 6.8 Deneysel çalışmada kullanılan depolara ilişkin bilgiler

Depo Parametreleri	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5	DS6	DS7	DS8
Geçit Sayısı (adet)	170	165	170	170	57	55	57	57
Geçitteki Raf Sayısı (adet)	20	20	20	20	60	60	60	60
Toplam Yer Sayısı (adet)	345	694	873	1049	345	694	873	1049
Geçit Uzunluğu (m)	10	10	10	10	10	10	10	10
İki geçit arası mesafe (m)	4	4	4	4	4	4	4	4
Raf yüksekliği (m)	1	1	1	1	3	3	3	3

6.4 Deneysel Sonuçlarının Karşılaştırılması

Her bir problem için GA esaslı yöntemler kullanılarak deneyler 10 defa tekrarlanmıştır. Her bir deney seti için elde edilen minimum ve maksimum ([min, max]) değerler Tablo 6.9'da gösterilmektedir. Tabloda bulunan süre ile kastedilen en iyi çözüme ait süredir. Elde edilen sonuçlara göre, GA ve En Yakın Komşu sezgisellerinin birleşiminden oluşan GANN yöntemi bütün deneyler için en iyi sonuçları vermektedir. GABM yöntemi probleme hızlı bir şekilde çözüm sağlmasına rağmen GANN ve GAS yöntemlerine göre daha uzun grup mesafeleri ortaya koymaktadır. GABM yöntemi, GANN yöntemi ile elde edilen en iyi sonuçlardan %7.06 ile %15.28 arasında kötü sonuçlar üretmektedir (bakınız Tablo 6.10). Tablo 6.10'dan da görüleceği üzere, GANN yöntemi uygunluk değeri bakımında GABM yöntemine göre daha iyi sonuçlar verirken bazı deneylerde hesaplama süresi olarak daha iyi performansa sahiptir.

Tablo 6.9 Klasik depo gösterimi için deney sonuçları

Metot: GAS	DS1	DS2	DS3	DS4
Grup Sayısı	15	24	25	22
Toplam Mesafe (m)	[2502-2656]*	[4440-5376]	[6136-6590]	[6048-6306]
Ortalama Mesafe (m)	[166.8-177.0]	[185.0-224.0]	[245.4 -263.6]	[274.9-286.6]
Süre (saniye)	153	670	2456	2812
Metot: GANN	DS1	DS2	DS3	DS4
Grup Sayısı	15	24	25	22
Toplam Mesafe (m)	[2438-2772]	[4244-4540]	[5554-6456]	[5816-6684]
Ortalama Mesafe (m)	[162.5-184.8]	[176.8-189.1]	[222.1-258.2]	[264.3-303.8]
Süre (saniye)	56	221	932	896
Metot: GABM	DS1	DS2	DS3	DS4
Grup Sayısı	15	24	25	22
Toplam Mesafe (m)	[2878-2994]	[4748-4972]	[6307-6758]	[6258-7398]
Ortalama Mesafe (m)	[191.8-199.6]	[197.8-207.1]	[252.3-270.3]	[284.4-236.3]
Süre (saniye)	68	160	842	873

* [min, maks.] değerleri 10 deneme sonucunda elde edilen en düşük ve en yüksek değerleri ifade etmektedir. Belirtilen süre en iyi çözüme ait süredir.

Geliştirilen yöntemlerin etkinliğini ölçmek için en iyi GA çözümünden sapma değerinin dikkate alınmasının yanı sıra, bulunan bu farkın gerçekten anlamlı olup olmadığını test etmek için en büyük farkın olduğu ilk veri seti ile yapılmış deneylerin sonuçları ANOVA analizine tabi tutulmuştur. F Testi sonucu Tablo 6.10'da gösterilmektedir. Anlamlılık değeri 0 çıktığı için, çözüm yöntemlerinin vermiş oldukları sonuçlar arasında çok önemli düzeyde fark vardır. Bu farkın nereden kaynaklandığını bulmak için yapılan Tukey HSD çoklu karşılaştırma testinin sonuçları Tablo 6.11'de sunulmuştur. Bu testin sonucuna göre, 1 ve 2 numaralı veri gruplarını oluşturan En Yakın Komşu ve Kazanç sezgiselleri kullanan GA, GABM'den farklı bir grupta yer almaktadır. GAS ve GANN, GABM'ye göre anlamlı düzeyde iyi sonuçlar üretmiştir.

Tablo 6.10 Sonuç karşılaştırma için F Testi

	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Anlamlılık
Grup içi	388059.733	2	194029.867	27.926	.000
Gruplar arası	83376.000	12	6948.000		
Toplam	471435.733	14			

Tablo 6.11 Çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	ortalama_yon	N	Subset for alpha = .05	
			1	2
Tukey HSD(a)	2	5	2584.4	
	1	5	2585.2	
	3	5		2926
	Anlamlılık	1	1,00	1,00

İkinci karşılaştırma ise GANN ve GAS yöntemleri arasında çapraz geçitli depo gösterimi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. DS1-DS4 arasındaki veriler tek katlı raflardan oluşan depo sistemi için kullanılırken, DS5-DS8 arasındaki veriler üç katlı raflardan oluşan depo yerleşimi için kullanılmıştır. Literatürde ilk defa çapraz geçitli depo yerleşimi için GA esaslı çözüm yöntemleri geliştirilmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 6.12'de belirtilmektedir. Tablo 6.12'den de görüleceği üzere GANN yöntemi, bütün sipariş listeleri için daha iyi uygunluk değeri ve hesaplama süresi sunmaktadır.

Tablo 6.12 Klasik depo yerleşimi için yöntemlerinin karşılaştırılması

VERİ SETİ	Uygunluk Değeri (m)			En İyi GA Çözümünden Sapma Değeri (%)			Hesaplama Süresi (Saniye)		
	GAS	GANN	GABM	GAS	GANN	GABM	GAS	GANN	GABM
DS1	2502	2438	2878	2.55	0.00	15.28	153	56	68
DS2	4440	4244	4748	4.41	0.00	10.61	670	221	160
DS3	6136	5554	6307	9.48	0.00	11.93	2456	932	842
DS4	6048	5816	6258	3.83	0.00	7.06	2812	896	873

Tablo 6.13 Çapraz geçitli depoda GANN ve GAS yöntemlerinin karşılaştırılması

VERİ SETİ	GAS				GANN			
	Grup Sayısı	Top. Mes. (m)	Ortalama Mesafe (m)	Süre (sn)	Grup Sayısı	Top. Mes. (m)	Ort. Mes. (m)	Süre (sn)
DS1	15	[2398-2510]	[146,5-167,3]	215	15	[2164-2302]	[144,2-153,4]	40
DS2	24	[4280-4842]	[174,1-201,7]	2778	24	[4008-4410]	[175,3-183,7]	310
DS3	25	[4904-5090]	[196,1-203,6]	2149	25	[4664-5172]	[186,5-206,8]	821
DS4	22	[4800-5430]	[213,5-246,8]	4288	22	[4598-5006]	[218,1-227,5]	1368
DS5	15	[1002-1030]	[66,8-68,6]	187	15	[908-976]	[60,5-65,0]	54
DS6	24	[1866-2158]	[77,7-89,9]	1252	24	[1668-1880]	[69,5-78,3]	420
DS7	25	[2088-2162]	[83,5-86,4]	3075	25	[1898-2384]	[75,9-95,3]	1141
DS8	22	[2304-2620]	[103,4-117,1]	3542	22	[2124-2238]	[81,0-103,6]	1683

* [a, b] yapılan 10 deney neticesinde elde edilen en iyi ve en kötü çözümü ifade etmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre, çapraz geçitli depo gösterimi için GANN yöntemi, GAS yöntemine göre %4.20 ile %10.61 arasında daha iyi sonuç vermektedir. Karşılaştırma sonuçları Tablo 6.15'te verilmiştir. Deneylerde kullanılan sipariş listeleri ve elde edilen sipariş grubu ve rotalar eklerde sunulmuştur.

Tablo 6.14 GANN ve GAS yöntemlerinin sonuçlarının karşılaştırılması

Veri Seti	Uygunluk Değeri (m)		En iyi GA Çözümünden Sapma (%)		İşlem Süresi (Sn)	
	GAS	GANN	GAS	GANN	GAS	GANN
DS1	2398	2164	9.75	0.00	215	40
DS2	4280	4008	6.35	0.00	2778	310
DS3	4904	4664	4.89	0.00	2149	821
DS4	4800	4598	4.20	0.00	4288	1368
DS5	1002	908	9.38	0.00	187	54
DS6	1866	1668	10.61	0.00	1252	420
DS7	2088	1898	9.09	0.00	3075	1141
DS8	2304	2124	7.81	0.00	3542	1683

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, sipariş toplama mesafesinin minimizasyonu için kümelenendirme yaklaşımı kullanılan GA esaslı yeni yöntemler önerilmiştir. Günümüzde birbiri ile etkileşim içerisinde olan problemlere çözüm geliştirmek için bütünleşik çözüm üreten yaklaşımlar ortaya konmaktadır. Sipariş gruplama ve toplama birbiri ile ilişkili ve NP-Zor sınıfında yer alan problemler olduğu için GA ile bütünleştirilmiş Kazanç ve En Yakın komşu sezgiselleri kullanılarak bu iki probleme eş zamanlı olarak çözüm aranmıştır. Literatürde ilk defa, sipariş gruplama ve toplama problemlerini hiyerarşik olarak çözmek veya rotalama için literatürde sıkça rastlanan sipariş toplayıcı rotalama metotları kullanmak yerine GA ile Kazanç ve En Yakın Komşu sezgiselleri birleştirilmek suretiyle GAS ve GANN isimli iki çözüm yöntemi sunulmuştur. Geliştirilen yöntemler, başlangıç çözümünün oluşturulmasında Rota Benzerlik Metodu'nun kullanımı, problemlere eş zamanlı olarak çözüm sunması ve çapraz geçitli depo yerleşimine uygulanması açısından literatürde ilktir. Daha önce önerilen çalışmalarda, bu iki problemten birisi devre dışı bırakılarak diğeri üzerine yoğunlaşılırken, bu çalışmada belirtilen iki probleme eş zamanlı çözüm sunulmuştur. Çalışmada, grup esaslı kodlanan kromozomların uygunsuz sipariş-grup ataması içermemesi için penaltı değeri ve tamir stratejileri kullanılmıştır. Önerilen yöntemlerde kullanılacak parametre setinin belirlenmesi için Tekyönlü Varyans Analizi gerçekleştirilmiştir. En iyi parametre setinin belirlenmesinin ardından yöntemlerin etkinliği klasik depo yerleşiminde, Chen ve diğerleri (2005)'in önerdiği GABM yönteminin uyarlanmış şekliyle karşılaştırılmıştır. Önerilen yöntemler GA ve S-Shape rotalama yönteminin birleşiminden oluşan GABM yöntemine göre %2.45 ile %15.28 arasında değişen oranlarda daha iyi sonuçlar üretmiştir. GAS yöntemi kullanılarak elde edilen çözümlerin süresinin diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında daha uzun olduğu görülmektedir. Ancak bu yöntem çözüm değeri olarak GABM yöntemine nazaran daha iyi sonuçlar üretmiştir. GANN yöntemi, uygunluk değeri açısından en iyi çözümleri sunarken, zaman açısından da GABM yönteminden ya daha iyi ya da yakın çözümler ortaya koymuştur.

Çapraz geçitlerin sipariş toplama etkinliği üzerindeki etkisinden dolayı çapraz geçitli depo yerleşimi yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Çalışma kapsamında yapılan ikinci bir karşılaştırma ise Kazanç ve En Yakın komşu sezgisellerinin kullanıldığı yöntemlerin çapraz geçitli depo yerleşimi için karşılaştırılmasıdır. Çapraz geçitli depo yerleşiminde GANN yöntemi GAS yöntemine nazaran %4.20 ile %10.61 arasında değişen oranlarda daha iyi sonuçlar vermiştir. Hem klasik hem de çapraz geçitli depo yerleşimleri için yapılan deneylerde aynı sipariş listeleri kullanıldığı için, depoda çapraz geçit bulunmasının toplama mesafesini nasıl etkilediği Tablo 6.9 ve Tablo 6.14'te yer alan mesafelerin karşılaştırılmasıyla bulunabilir. Bu veriler GANN yöntemi için karşılaştırıldığında %5.6 ile %20.9 arasında değişen oranlarda toplama mesafesinden tasarruf sağlandığı görülmüştür.

Deneylerde kullanılan sipariş listelerinin büyüklükleri düşünüldüğünde, geliştirilen yöntemlerin gerçek sistemlere de uygulanabileceği görülmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalar için depo içi sipariş gruplama ve rotalama problemlerinin, tedarik zincirinin performansını arttırmak adına, depo dışı sipariş dağıtım problemi ile entegre bir şekilde çözümünün gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir. Diğer taraftan, sipariş gruplama ve rotalama problemleri parçaların depo alanına atanması problemi dikkate alarak çözülmesi durumunda, depo alanı atama politikalarının değerlendirildiği diğer bir çalışma gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Armstrong, R.D., Cook, W.D., and Saipé, A.L. (1979) Optimal batching in a semiautomated order picking system. *Journal of Operational Research Society*, 30: 8 711-720.
- Ashayari, J., Gelders, L. F., and Wessenhove, L. N. V. (1985) A Micro-Computer Based Optimization Model for Automated Warehouses. *International Journal of Production Research*, 23: 4, 825-839.
- Babacan, M. (2003) Lojistik Sektörünün Ülkemizdeki Gelisimi ve Rekabet Vizyonu. *Ege Akademik Bakış*, 3: 1-2, 8-15.
- Baki B. (2004) Lojistik Yönetimi ve Lojistik Sektör Analizi. *Lega Kitapevi*, Trabzon, 260.
- Bartholdi, J.J., and Platzman, L.K. (1988) Design of efficient bin-numbering schemes for warehouses. *Material Flow*: 4, 247-254.
- Beasley, D; Bull, D.R., Martin, R.R. (1993) An Overview of Genetic Algorithms: Part 2, Research Topics. *University Computing*, 15: 4 170-181
- Bozer, Y.A. and Sharp, G.P. (1985) An empirical evaluation of general purpose automated order accumulation and sortation system used in batch picking. *Material Flow*, 2:2 111-113.
- Bozer, Y.A., Schorn, E.C., and Sharp, G.P. (1990) Geometric approaches to solve the chebyshev traveling salesman problem. *IIE Transactions*, 22:3, 238-254.
- Bozer, Y.A. & Kile, J.W. (2007) Order batching in walk-and-pick order picking systems. *International Journal of Production Research*, 46:7, 1887–1909.
- Chen, M.C., Huang, C.L., Chen, K.Y., and Wu, H.P. (2005a) Aggregation of orders in distribution centers using data mining. *Expert Systems with Applications*, 28: 3, 453-460.
- Chen, M.C., and Wu, H.P. (2005) An association-based clustering approach to order batching considering customer demand patterns. *Omega International Journal of Management Science*, 33: 4, 333-343.
- Chew, E.P., and Tang, L.C. (1999) Travel time analysis for general item location assignment in a rectangular warehouse. *European Journal of Operational Research*, 112: 3 582-597.
- Christopher, M. (1998) Logistics and supply chain management : strategies for reducing cost and improving service, *Financial Times / Pitman*, England, 320.
- Cormier, G., and Gunn, E.A. 1992 A review of warehouse models. *European Journal of Operational Research*, 58:1 3-13.

- Cormier, G. (1987) On the scheduling of order-picking operations in single-aisle automated storage and retrieval systems, *Modern Production Management Systems* A. Kusiak (Ed.), *Elsevier*, North-Holland, pp. 75–87
- De Koster R., Le-Duc T., Roodbergen, K. J. (2007) Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182: 2, 481-501
- Drury, J. (1988) Towards more efficient order picking, *The Institute of Materials Management Report No. 1*, Cranfield, U.K.
- Elsayed, E.A. (1981), Algorithms for optimal material handling in automatic Warehousing systems, *International Journal of Production Research*, 19: 5 525-535.
- Elsayed, E.A., and Stern, R.G. (1983) Computerized algorithms for order processing in automated warehousing systems. *International Journal of Production Research*, 21: 4 579- 586.
- Elsayed, E.A., and Lee, M.K. (1996) Order processing in automated storage/retrieval systems with due dates. *IIE Transactions*, 28: 7 567-577.
- Elsayed, E.A., and Unal, O.I. (1989) Order batching algorithms and travel-time estimation for automated storage/retrieval systems. *International Journal of Production Research*, 27: 7 1097-1114.
- Fogel L.J., Owens A.J., Walsh M.J. (1966) Artificial Intelligence Through Simulated Evolution. *John Wiley*, New York, 170s.
- Frazelle, E.H., Hackman, S.T., Passy, U., and Platzman, L.K. (1994) The forward-reserve problem, in: Optimization in Industry 2, (Ciriani, T.C., Leachman, R.C., Eeds.), *Wiley*, 43-61.
- Frazelle, E.A. and Sharp, G.P. (1989) Correlated assignment strategy can improve orderpicking operation. *Industrial Engineering*, 21:4, 33-37.
- Gademann, A.J.R.M., Van den Berg, J.P., and Van der Hoff, H.H. (2001) An order batching algorithm for wave picking in a parallel-aisle warehouse. *IIE Transactions*, 33: 5, 385-398.
- Gen, M. & Cheng, R., (1997), Genetic Algorithms and Engineering Design, *John Willey&Sons*, New York, 436s.
- Gibson, D.R., and Sharp, G.P. (1992) Order batching procedures. *European Journal of Operational Research*, 58: 1, 57-67.
- Goetschalckx, M., Amirhosseini, M., Bodner, D., Govindaraj, T., McGinnis, L., Sharp, Gunter, (2000) “Warehousing System Dizayn”, <http://www2.isye.gatech.edu/~mgoetsch> (16.02.2009)
- Goetschalckx, M., and Ratliff, H.D. (1988a) Sequencing picking operations in a man-board order picking system. *Material Flow*, 4:4, 255-263.

- Goetschalckx, M., and Ratliff, H.D. (1988b) Order picking in an aisle. *IIE Transactions*, 20: 1 53-62.
- Goetschalckx, M., and Ratliff, H.D. (1988c) An efficient algorithm to cluster order picking items in a wide aisle. *Engineering Costs and Production Economics*, 13: 4 263-271.
- Goetschalckx, M. and Ashayeri J. (1989) Classification and design of order picking systems. *Logistics World*, June 99, 106.
- Goetschalckx, M., and Ratliff, H.D. (1990) Shared storage policies based on the duration stay of unit loads. *Management Science*, 36: 9, 1120-1132.
- Goldberg D.E. (1989) Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. Addison-Wesley, Reading
- Graves, S.C., Hausman, W.H., and Schwarz, L.B. (1977) Storage-retrieval interleaving in automatic warehousing systems. *Management Science*, 23: 9 935-945.
- Hackman, S.T., and Rosenblatt, M.J. (1990) Allocating items to an automated storage and retrieval system. *IIE Transactions* 22: 1 7-14.
- Hall, R.W. (1993) Distance approximations for routing manual pickers in a warehouse. *IIE Transactions*, 25: 4 76-87.
- Hausman, W.H., Schwarz, L.B., and Graves, S.C. (1976) Optimal storage assignment in automatic warehousing systems. *Management Science*, 22: 6, 629-638.
- Heragu, S.S., Mazacioglu, B., and Fuerst, K.D. (1994) Meta-heuristic algorithms for the order picking problem. *International Journal of Industrial Engineering*, 1: 1 67-76.
- Heragu S. S. (1997) Facilities Design. *Prentice Hall*, Boston, 800sf.
- Heskett, J.L. (1963), Cube-per-order index - a key to warehouse stock location. *Transportation and Distribution Management*, 3, 27-31.
- Holland, John H (1975) Adaptation in Natural and Artificial Systems. *University of Michigan Press*, Ann Arbor, 207s.
- Hsieh L., Tsai L. (2006) The optimum design of a warehouse system on order picking efficiency. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28:5-6 626-637.
- Hsu, C.M., Chen, K.Y., and Chen, M.C. (2005) Batching orders in warehouses by minimizing travel distance with genetic algorithms. *Computers in Industry*, 56: 2, 169-178.
- Jarvis, J.M., and McDowell, E.D. (1991) Optimal product layout in an order picking warehouse. *IIE Transactions*, 23: 1 93-102.

- Kanalıcı, Ö. (2005) "Türkiye ve Lojistik", *İzmir Ticaret Odası AR&GE Bülten*, İzmir, <http://www.izto.org.tr> (15.02.2009)
- Kaya, O., Dalgıç, N., (2002) Lojistik Sektöründe EM Uygulamaları. *Endüstri Mühendisliği Bahar Konferansları*, İzmir. http://www.mmo.org.tr/resimler/ekler/6d6e2d0f23cf07b_ek.pdf (12.01.2009)
- Keskin, H., (2006), "LOJİSTİK – Tedarik Zinciri Yönetimi, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara.
- Kulak, O., Yılmaz, I. O., Günther H. O. (2008) A GA-based solution approach for balancing printed circuit board assembly lines. *OR Spectrum*, 30: 3 469–491
- Kulak, O. (2007) Sezgisel Yöntemler ve Uygulamaları Ders Notları. *Pamukkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü*, Denizli.
- Kunder R. and Gudehus T. (1975) Mittlere Wegzeiten beim eindimensionalen Kommissionieren. *Mathematical Methods of Operations Research*, 19:2 53-72
- Kurt, M., Semetay, C. (2001) Genetik Algoritma ve Uygulama Alanları. *Mühendis ve Makina*, 42: 501, 19-24.
- Kusiak, A., Vannelli, A. , Kumar, R.K. (1986) Clustering analysis: models and algorithms. *Cybernetics*, 15: 2, pp.139-54.
- Lambert, D.M., Stock, J.R. and Ellram, L.M. (1998) Fundamentals of logistics management. *McGraw-Hill*, London.
- Lee, M.K. (1992) A storage assignment policy in a man-on-board automated storage/retrieval system. *International Journal of Production Research*, 30: 10 2281-2292.
- Leitch, D.D. (1995) A New Genetic Algorithm for the Evolution of Fuzzy Systems. Doktora Tezi, University of Oxford.
- Lin C.H., Lu I.Y. (1999) The procedure of determining the order picking strategies in distribution center. *International Journal of Production Economics*, 60-61 301-307.
- Mason-Jones R., Ve Towill D. (1999) Using The Information Decoupling Point To Improve Supply Chain Performance. *International Journal of Logistics Management*, 10: 2 13-26.
- Matson, J.O. (1982) The analysis of selected unit load storage systems. Ph.D. Thesis, *Georgia Institute of Technology*, Atlanta, GA.
- Ölçer, C., Önüt, S. (2003) Lojistik Sektörü Yönetiminde insan Kaynakları Yönetimi", *Uluslararası Lojistik Kongresi*, İstanbul, s. 1.
- Özdamar, K. (2004) Paket Programlar İle İstatistiksel Analiz-1. *Kaan Kitabevi*, Genişletilmiş 5. Baskı, Eskişehir, 649s.

- Pan, C.H., and Liu, S.Y. (1995) A comparative study of order batching algorithms. *Omega International Journal of Management Science*, 23: 6 691-700.
- Petersen, C.G. (1997) An evaluation of order picking routing policies. *International Journal of Operations & Production Management*, 17: 1 1096–1111.
- Petersen, C. G., Aase, G. (2004) A Comparison of picking, storage, and routing policies in manuel order picking. *International Journal of Production Economics*, 92 11-19.
- Randolph, W.H. (1993) Distance approximations for routing manual pickers in a warehouse. *IIE Transactions*, 25: 4 76–87.
- Ratliff, H.D., and Rosenthal, A.S. (1983) Orderpicking in a rectangular warehouse: a solvable case of the traveling salesman problem. *Operations Research*, 31: 3 507-521.
- Rechenberg I. (1973) Evolution strategie: Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution. *Fromman-Holzboog Verlag*, Stuttgart, 170s.
- Roodbergen, K.J., and De Koster, R. (2001) Routing order pickers in a warehouse with a middle aisle. *European Journal of Operational Research*, 133: 1 32-43.
- Roodbergen, K. J., Vis I. F. A. (2006) A model for warehouse layout. *IIE Transactions*, 38:10, 799-811.
- Rosenwein, M.B. (1994) An application of cluster analysis to the problem of locating items within a warehouse. *IIE Transactions*, 26: 1 101-103.
- Rosenwein, M.B. (1996) A comparison of heuristics for the problem of batching orders for warehouse selection. *International Journal of Production Research*, 34: 3 657-664.
- Ruben, R.A., and Jacobs, F.R. (1999) Batch construction heuristics and storage assignment strategies for walk/ride and pick systems. *Management Science*, 45: 4 575-596.
- Schwarz, L.B., Graves, S.C., and Hausman, W.H. (1978) Scheduling policies for automatic warehousing systems: simulation results. *AIIE Transactions*, 10: 3 260-270.
- Schwefel, H.-P. (1981) Numerical Optimization of Computer Models. *John Wiley & Sons*, New-York., 398s.
- Tang, L.C., and Chew, E.K. (1997) Order picking systems: batching and storage assignment strategies. *Computers & Industrial Engineering*, 33: 3-4 817-820.
- Tanyaş, M. (2003), Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi, *Otomasyon Dergisi*, Sayı 136.
- Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Frazelle, E.H. and Tanchoco, J.M.A. (2003) Facilities Planning. *John Wiley High Education*, 760s.
- Tsai, C.-Y., Liou, J.J.H., Huang, T.-M. (2007) Using a multiple-GA method to solve the batch picking problem: considering travel distance and order due time. *International Journal of Production Research*, 99999:1, 1 – 23.

- Van den Berg, J.P., Sharp, G.P., Gademann, A.J.R.M., and Pochet, Y (1998) Forwardreserve allocation in a warehouse with unit-load replenishments. *European Journal of Operational Research*, 111 98-113.
- Van Oudheusden, D.L., Tzen, Y.J.J., and Ko, H.T. (1988) Improving storage and order picking in a person-on-board AS/R system: a case study. *Engineering Costs and Production Economics*, 13: 4 273- 283.
- Vinod, H. (1969) Integer programming and the theory of grouping. *Journal of the American Statistical Association*, 64:1 506-517.
- Van den Berg, J.P. (1999) A literature survey on planning and control of Warehousing systems. *IIE Transactions*, 31:8 751-762.
- Van Oudheusden, D.L., and Zhu, W. (1992) Storage layout of AS/RS racks based on recurrent orders. *European Journal of Operational Research*, 58: 1 48-56.
- Won J., Olafsson S. (2005) Joint order batching and order picking in warehouse operations. *International Journal Of Production Research*, 43: 7 1427-1442.

EKLER

EK-1.A. 100 sipariştten oluşan sipariş listesi (DS1)

Sip. No	Hazırlık Süresi	Ağır.	P1	P2	P3	P4	Sip. No	Hazırlık Süresi	Ağır.	P1	P2	P3	P4
1	1	2	9	20	29	40	51	5	4	103	141	172	192
2	2	2	5	21	31		52	5	3	112	161	204	
3	2	3	2	23	41		53	2	2	41	131	142	
4	2	3	3	29	59	79	54	2	2	49	79	90	110
5	2	2	4	28	49	69	55	3	3	29	68	100	
6	5	3	1	21	41		56	3	3	20	89	118	
7	4	3	22	41	63		57	1	2	10	28	130	150
8	5	3	26	59	80	100	58	3	3	39	60	99	
9	5	4	8	30	58		59	3	3	29	50	110	130
10	3	3	7	28	78	98	60	5	4	49	70	98	
11	2	2	23	42	62		61	5	4	60	69	89	109
12	5	4	61	81	93	113	62	3	3	153	162	191	
13	1	2	43	62	71		63	3	3	132	163	182	202
14	4	3	42	82	91	111	64	2	2	113	121	152	
15	4	3	12	31	51		65	5	3	131	172	191	211
16	1	2	2	42	62	82	66	2	2	99	119	130	
17	5	3	2	21	63		67	3	3	89	129	159	
18	3	3	28	60	80	100	68	2	2	169	189	208	228
19	2	3	22	72	81		69	3	3	209	229	240	
20	4	3	62	81	102	132	70	4	3	208	259	279	
21	4	3	82	102	111		71	4	3	168	179	188	208
22	3	3	21	101	113	143	72	3	3	220	249	279	
23	1	2	1	41	101		73	2	2	260	289	300	
24	3	3	11	91	112	152	74	4	3	129	150	199	219
25	6	4	31	83	113		75	2	3	110	140	159	
26	1	2	62	121	142		76	3	3	102	132	182	202
27	5	4	71	102	113		77	2	2	204	251	282	
28	4	3	64	101	131		78	2	2	148	169	190	210
29	2	2	112	132	151	171	79	3	3	8	68	79	
30	5	4	120	1690	170		80	2	2	9	20	50	70
31	3	3	149	170	199		81	5	4	11	61	91	
32	6	4	121	142	172		82	6	4	12	42	72	92
33	3	3	113	131	142		83	3	3	23	43	82	102
34	6	4	151	172	183	203	84	3	3	22	52	92	
35	2	2	110	129	149		85	5	3	111	141	171	191
36	4	3	120	128	159	179	86	5	4	112	142	172	
37	6	4	108	129	150		87	2	3	142	162	181	201
38	4	3	102	123	172		88	6	4	50	70	90	
39	5	4	150	169	188		89	1	2	30	50	70	90
40	5	4	129	149	180	200	90	5	4	10	30	50	
41	5	4	103	131	152		91	2	3	20	40	60	80
42	5	4	162	181	201	221	92	4	3	60	80	100	
43	2	2	131	153	181		93	2	3	80	100	120	140
44	4	3	152	171	182	202	94	3	3	90	110	130	
45	4	3	142	202	221		95	6	4	150	170	190	210
46	2	2	161	203	222		96	2	2	160	180	200	
47	4	3	12	21	41	61	97	3	3	220	240	260	280
48	5	4	172	201	231		98	5	4	260	280	300	
49	2	2	151	202	211	231	99	3	3	120	140	160	180
50	4	3	191	221	251		100	5	3	100	120	140	

EK-1.B. 200 sipariştten oluşan sipariş listesi (DS2)													
Sip No	Hazırlık Süresi	Ağr.	P1	P2	P3	P4	Sip. No	Hazırlık Süresi	Ağr.	P1	P2	P3	P4
1	1	2	9	20	29	40	51	5	4	103	141	172	192
2	2	2	5	21	31		52	5	3	112	161	204	
3	2	3	2	23	41		53	2	2	41	131	142	
4	2	3	3	29	59	79	54	2	2	49	79	90	110
5	2	2	4	28	49	69	55	3	3	29	68	100	
6	5	3	1	21	41		56	3	3	20	89	118	
7	4	3	22	41	63		57	1	2	10	28	130	150
8	5	3	26	59	80	100	58	3	3	39	60	99	
9	5	4	8	30	58		59	3	3	29	50	110	130
10	3	3	7	28	78	98	60	5	4	49	70	98	
11	2	2	23	42	62		61	5	4	60	69	89	109
12	5	4	61	81	93	113	62	3	3	153	162	191	
13	1	2	43	62	71		63	3	3	132	163	182	202
14	4	3	42	82	91	111	64	2	2	113	121	152	
15	4	3	12	31	51		65	5	3	131	172	191	211
16	1	2	2	42	62	82	66	2	2	99	119	130	
17	5	3	2	21	63		67	3	3	89	129	159	
18	3	3	28	60	80	100	68	2	2	169	189	208	228
19	2	3	22	72	81		69	3	3	209	229	240	
20	4	3	62	81	102	132	70	4	3	208	259	279	
21	4	3	82	102	111		71	4	3	168	179	188	208
22	3	3	21	101	113	143	72	3	3	220	249	279	
23	1	2	1	41	101		73	2	2	260	289	300	
24	3	3	11	91	112	152	74	4	3	129	150	199	219
25	6	4	31	83	113		75	2	3	110	140	159	
26	1	2	62	121	142		76	3	3	102	132	182	202
27	5	4	71	102	113		77	2	2	204	251	282	
28	4	3	64	101	131		78	2	2	148	169	190	210
29	2	2	112	132	151	171	79	3	3	8	68	79	
30	5	4	120	1690	170		80	2	2	9	20	50	70
31	3	3	149	170	199		81	5	4	11	61	91	
32	6	4	121	142	172		82	6	4	12	42	72	92
33	3	3	113	131	142		83	3	3	23	43	82	102
34	6	4	151	172	183	203	84	3	3	22	52	92	
35	2	2	110	129	149		85	5	3	111	141	171	191
36	4	3	120	128	159	179	86	5	4	112	142	172	
37	6	4	108	129	150		87	2	3	142	162	181	201
38	4	3	102	123	172		88	6	4	50	70	90	
39	5	4	150	169	188		89	1	2	30	50	70	90
40	5	4	129	149	180	200	90	5	4	10	30	50	
41	5	4	103	131	152		91	2	3	20	40	60	80
42	5	4	162	181	201	221	92	4	3	60	80	100	
43	2	2	131	153	181		93	2	3	80	100	120	140
44	4	3	152	171	182	202	94	3	3	90	110	130	
45	4	3	142	202	221		95	6	4	150	170	190	210
46	2	2	161	203	222		96	2	2	160	180	200	
47	4	3	12	21	41	61	97	3	3	220	240	260	280
48	5	4	172	201	231		98	5	4	260	280	300	
49	2	2	151	202	211	231	99	3	3	120	140	160	180
50	4	3	191	221	251		100	5	3	100	120	140	

Sip No	Hazırlık Süresi	Ağır.	P1	P2	P3	P4	Sip. No	Hazırlık Süresi	Ağır.	P1	P2	P3	P4
101	1	1	300	320	340	360	151	3	3	46	80	90	108
102	4	4	299	319	339		152	4	4	49	79	99	
103	5	5	309	349	380	400	153	5	5	28	88	109	127
104	1	1	330	370	400		154	5	5	29	110	129	
105	4	4	301	321	341	361	155	2	2	56	80	90	119
106	5	5	341	361	371		156	4	4	59	89	109	
107	4	4	311	331	351	371	157	6	6	261	290	309	328
108	4	4	302	321	342		158	4	4	156	169	189	
109	3	3	303	333	363	383	159	2	2	152	162	192	211
110	2	2	302	332	362		160	3	3	161	189	210	
111	2	2	304	331	342	362	161	3	3	133	159	188	209
112	5	5	309	369	400		162	1	1	234	269	289	
113	5	5	319	329	358	368	163	2	2	291	310	329	347
114	1	1	339	379	388		164	2	2	135	148	169	
115	3	3	332	371	392	412	165	1	1	166	190	230	249
116	4	4	348	369	389		166	6	6	104	148	169	
117	4	4	310	330	370	390	167	5	5	115	139	170	189
118	1	1	360	370	390		168	4	4	113	131	152	
119	3	3	302	331	362	382	169	5	5	141	169	200	218
120	3	3	309	379	388		170	3	3	171	189	209	
121	1	1	336	359	370	390	171	1	1	137	159	180	197
122	5	5	341	368	378		172	4	4	126	150	170	
123	3	3	201	230	269		173	4	4	144	179	189	208
124	4	4	203	260	278	298	174	2	2	47	69	98	
125	3	3	204	229	249		175	4	4	1647	179	200	219
126	3	3	208	259	279	299	176	3	3	20	31	52	61
127	3	3	222	252	282		177	4	4	86	110	138	
128	1	1	264	290	310	330	178	2	2	142	161	192	213
129	4	4	235	249	269		179	3	3	102	119	130	150
130	3	3	304	340	350	369	180	5	5	122	149	180	
131	3	3	321	341	391		181	5	5	141	168	189	210
132	4	4	310	350	390	408	182	2	2	162	182	201	
133	5	5	352	380	400	419	183	5	5	132	190	202	220
134	5	5	342	369	389		184	2	2	187	207	229	
135	4	4	301	330	350	369	185	2	2	304	340	350	369
136	3	3	1	30	50		186	1	1	307	368	399	
137	6	6	5	29	59	78	187	3	3	361	369	390	409
138	1	1	9	48	68		188	2	2	226	249	280	
139	6	6	4	28	58	87	189	3	3	271	281	301	318
140	2	2	6	49	69	98	190	2	2	231	274	281	
141	5	5	7	79	89		191	2	2	206	228	269	290
142	2	2	2	59	70		192	1	1	209	240	260	279
143	2	2	3	28	49	68	193	4	4	221	261	281	
144	1	1	26	48	59		194	3	3	246	270	300	319
145	2	2	27	89	108		195	2	2	262	281	301	
146	4	4	36	49	68	89	196	3	3	250	270	290	308
147	5	5	5	37	109		197	6	6	210	229	249	
148	1	1	66	89	109		198	4	4	252	262	282	301
149	5	5	37	110	130	148	199	2	2	1	61	71	
150	2	2	38	58	69		200	5	5	3	42	92	111

EK-1.C. 250 siparişten oluşan sipariş listesi (DS3)													
Sip No	Hazırlık Süresi	Ağır.	P1	P2	P3	P4	Sip. No	Hazırlık Süresi	Ağır.	P1	P2	P3	P4
1	1	2	9	20	29	40	51	5	4	103	141	172	192
2	2	2	5	21	31		52	5	3	112	161	204	
3	2	3	2	23	41		53	2	2	41	131	142	
4	2	3	3	29	59	79	54	2	2	49	79	90	110
5	2	2	4	28	49	69	55	3	3	29	68	100	
6	5	3	1	21	41		56	3	3	20	89	118	
7	4	3	22	41	63		57	1	2	10	28	130	150
8	5	3	26	59	80	100	58	3	3	39	60	99	
9	5	4	8	30	58		59	3	3	29	50	110	130
10	3	3	7	28	78	98	60	5	4	49	70	98	
11	2	2	23	42	62		61	5	4	60	69	89	109
12	5	4	61	81	93	113	62	3	3	153	162	191	
13	1	2	43	62	71		63	3	3	132	163	182	202
14	4	3	42	82	91	111	64	2	2	113	121	152	
15	4	3	12	31	51		65	5	3	131	172	191	211
16	1	2	2	42	62	82	66	2	2	99	119	130	
17	5	3	2	21	63		67	3	3	89	129	159	
18	3	3	28	60	80	100	68	2	2	169	189	208	228
19	2	3	22	72	81		69	3	3	209	229	240	
20	4	3	62	81	102	132	70	4	3	208	259	279	
21	4	3	82	102	111		71	4	3	168	179	188	208
22	3	3	21	101	113	143	72	3	3	220	249	279	
23	1	2	1	41	101		73	2	2	260	289	300	
24	3	3	11	91	112	152	74	4	3	129	150	199	219
25	6	4	31	83	113		75	2	3	110	140	159	
26	1	2	62	121	142		76	3	3	102	132	182	202
27	5	4	71	102	113		77	2	2	204	251	282	
28	4	3	64	101	131		78	2	2	148	169	190	210
29	2	2	112	132	151	171	79	3	3	8	68	79	
30	5	4	120	1690	170		80	2	2	9	20	50	70
31	3	3	149	170	199		81	5	4	11	61	91	
32	6	4	121	142	172		82	6	4	12	42	72	92
33	3	3	113	131	142		83	3	3	23	43	82	102
34	6	4	151	172	183	203	84	3	3	22	52	92	
35	2	2	110	129	149		85	5	3	111	141	171	191
36	4	3	120	128	159	179	86	5	4	112	142	172	
37	6	4	108	129	150		87	2	3	142	162	181	201
38	4	3	102	123	172		88	6	4	50	70	90	
39	5	4	150	169	188		89	1	2	30	50	70	90
40	5	4	129	149	180	200	90	5	4	10	30	50	
41	5	4	103	131	152		91	2	3	20	40	60	80
42	5	4	162	181	201	221	92	4	3	60	80	100	
43	2	2	131	153	181		93	2	3	80	100	120	140
44	4	3	152	171	182	202	94	3	3	90	110	130	
45	4	3	142	202	221		95	6	4	150	170	190	210
46	2	2	161	203	222		96	2	2	160	180	200	
47	4	3	12	21	41	61	97	3	3	220	240	260	280
48	5	4	172	201	231		98	5	4	260	280	300	
49	2	2	151	202	211	231	99	3	3	120	140	160	180
50	4	3	191	221	251		100	5	3	100	120	140	

Sip No	Hazırlık Süresi	Ağır.	P1	P2	P3	P4	Sip. No	Hazırlık Süresi	Ağır.	P1	P2	P3	P4
101	1	1	300	320	340	360	151	3	3	46	80	90	108
102	4	4	299	319	339		152	4	4	49	79	99	
103	5	5	309	349	380	400	153	5	5	28	88	109	127
104	1	1	330	370	400		154	5	5	29	110	129	
105	4	4	301	321	341	361	155	2	2	56	80	90	119
106	5	5	341	361	371		156	4	4	59	89	109	
107	4	4	311	331	351	371	157	6	6	261	290	309	328
108	4	4	302	321	342		158	4	4	156	169	189	
109	3	3	303	333	363	383	159	2	2	152	162	192	211
110	2	2	302	332	362		160	3	3	161	189	210	
111	2	2	304	331	342	362	161	3	3	133	159	188	209
112	5	5	309	369	400		162	1	1	234	269	289	
113	5	5	319	329	358	368	163	2	2	291	310	329	347
114	1	1	339	379	388		164	2	2	135	148	169	
115	3	3	332	371	392	412	165	1	1	166	190	230	249
116	4	4	348	369	389		166	6	6	104	148	169	
117	4	4	310	330	370	390	167	5	5	115	139	170	189
118	1	1	360	370	390		168	4	4	113	131	152	
119	3	3	302	331	362	382	169	5	5	141	169	200	218
120	3	3	309	379	388		170	3	3	171	189	209	
121	1	1	336	359	370	390	171	1	1	137	159	180	197
122	5	5	341	368	378		172	4	4	126	150	170	
123	3	3	201	230	269		173	4	4	144	179	189	208
124	4	4	203	260	278	298	174	2	2	47	69	98	
125	3	3	204	229	249		175	4	4	1647	179	200	219
126	3	3	208	259	279	299	176	3	3	20	31	52	61
127	3	3	222	252	282		177	4	4	86	110	138	
128	1	1	264	290	310	330	178	2	2	142	161	192	213
129	4	4	235	249	269		179	3	3	102	119	130	150
130	3	3	304	340	350	369	180	5	5	122	149	180	
131	3	3	321	341	391		181	5	5	141	168	189	210
132	4	4	310	350	390	408	182	2	2	162	182	201	
133	5	5	352	380	400	419	183	5	5	132	190	202	220
134	5	5	342	369	389		184	2	2	187	207	229	
135	4	4	301	330	350	369	185	2	2	304	340	350	369
136	3	3	1	30	50		186	1	1	307	368	399	
137	6	6	5	29	59	78	187	3	3	361	369	390	409
138	1	1	9	48	68		188	2	2	226	249	280	
139	6	6	4	28	58	87	189	3	3	271	281	301	318
140	2	2	6	49	69	98	190	2	2	231	274	281	
141	5	5	7	79	89		191	2	2	206	228	269	290
142	2	2	2	59	70		192	1	1	209	240	260	279
143	2	2	3	28	49	68	193	4	4	221	261	281	
144	1	1	26	48	59		194	3	3	246	270	300	319
145	2	2	27	89	108		195	2	2	262	281	301	
146	4	4	36	49	68	89	196	3	3	250	270	290	308
147	5	5	5	37	109		197	6	6	210	229	249	
148	1	1	66	89	109		198	4	4	252	262	282	301
149	5	5	37	110	130	148	199	2	2	1	61	71	
150	2	2	38	58	69		200	5	5	3	42	92	111

Sip No	Hazırlık Süresi	Ağır.	P1	P2	P3	P4	Sip. No	Hazırlık Süresi	Ağır.	P1	P2	P3	P4
201	1	2	34	49	79	99	251	-	-	-	-	-	-
202	5	2	47	89	108		252	-	-	-	-	-	-
203	5	4	19	42	61	81	253	-	-	-	-	-	-
204	4	3	17	31	71		254	-	-	-	-	-	-
205	5	2	15	40	59	79	255	-	-	-	-	-	-
206	4	2	6	48	69		256	-	-	-	-	-	-
207	3	3	63	89	129	149	257	-	-	-	-	-	-
208	5	4	55	99	108		258	-	-	-	-	-	-
209	3	4	3	38	58	78	259	-	-	-	-	-	-
210	4	3	8	28	79		260	-	-	-	-	-	-
211	2	2	1	23	41	61	261	-	-	-	-	-	-
212	5	4	11	41	72		262	-	-	-	-	-	-
213	3	4	22	43	62	82	263	-	-	-	-	-	-
214	1	3	82	101	132		264	-	-	-	-	-	-
215	6	4	32	61	93	113	265	-	-	-	-	-	-
216	4	2	23	59	78		266	-	-	-	-	-	-
217	6	4	70	80	89	109	267	-	-	-	-	-	-
218	6	2	30	40	58		268	-	-	-	-	-	-
219	2	4	52	63	91	111	269	-	-	-	-	-	-
220	5	4	201	222	241		270	-	-	-	-	-	-
221	3	2	210	250	269	289	271	-	-	-	-	-	-
222	6	2	209	229	289		272	-	-	-	-	-	-
223	4	2	202	259	290	310	273	-	-	-	-	-	-
224	2	3	206	230	269		274	-	-	-	-	-	-
225	3	2	208	228	279	299	275	-	-	-	-	-	-
226	5	3	221	252	273		276	-	-	-	-	-	-
227	2	3	213	268	299		277	-	-	-	-	-	-
228	1	4	207	249	288	308	278	-	-	-	-	-	-
229	6	2	224	248	298		279	-	-	-	-	-	-
230	2	2	234	269	289	309	280	-	-	-	-	-	-
231	2	3	231	260	289		281	-	-	-	-	-	-
232	3	4	241	262	282	302	282	-	-	-	-	-	-
233	5	3	224	268	279		283	-	-	-	-	-	-
234	2	3	262	281	291	311	284	-	-	-	-	-	-
235	4	2	301	321	341		285	-	-	-	-	-	-
236	4	3	321	342	362	382	286	-	-	-	-	-	-
237	5	4	324	359	368	388	287	-	-	-	-	-	-
238	2	3	307	329	360		288	-	-	-	-	-	-
239	4	4	309	328	369	389	289	-	-	-	-	-	-
240	4	3	351	371	401		290	-	-	-	-	-	-
241	5	3	323	358	369	390	291	-	-	-	-	-	-
242	2	4	361	382	402	422	292	-	-	-	-	-	-
243	1	4	312	371	391		293	-	-	-	-	-	-
244	3	2	311	332	352	372	294	-	-	-	-	-	-
245	2	4	360	380	400		295	-	-	-	-	-	-
246	4	3	370	390	410	430	296	-	-	-	-	-	-
247	4	3	401	429	448		297	-	-	-	-	-	-
248	4	2	380	389	400		298	-	-	-	-	-	-
249	3	4	332	352	370		299	-	-	-	-	-	-
250	5	3	371	391	411		300	-	-	-	-	-	-

EK-1.D. 300 siparişten oluşan sipariş listesi (DS4)													
Sip No	Hazırlık Süresi	Ağır.	P1	P2	P3	P4	Sip. No	Hazırlık Süresi	Ağır.	P1	P2	P3	P4
1	1	2	9	20	29	40	51	5	4	103	141	172	192
2	2	2	5	21	31		52	5	3	112	161	204	
3	2	3	2	23	41		53	2	2	41	131	142	
4	2	3	3	29	59	79	54	2	2	49	79	90	110
5	2	2	4	28	49	69	55	3	3	29	68	100	
6	5	3	1	21	41		56	3	3	20	89	118	
7	4	3	22	41	63		57	1	2	10	28	130	150
8	5	3	26	59	80	100	58	3	3	39	60	99	
9	5	4	8	30	58		59	3	3	29	50	110	130
10	3	3	7	28	78	98	60	5	4	49	70	98	
11	2	2	23	42	62		61	5	4	60	69	89	109
12	5	4	61	81	93	113	62	3	3	153	162	191	
13	1	2	43	62	71		63	3	3	132	163	182	202
14	4	3	42	82	91	111	64	2	2	113	121	152	
15	4	3	12	31	51		65	5	3	131	172	191	211
16	1	2	2	42	62	82	66	2	2	99	119	130	
17	5	3	2	21	63		67	3	3	89	129	159	
18	3	3	28	60	80	100	68	2	2	169	189	208	228
19	2	3	22	72	81		69	3	3	209	229	240	
20	4	3	62	81	102	132	70	4	3	208	259	279	
21	4	3	82	102	111		71	4	3	168	179	188	208
22	3	3	21	101	113	143	72	3	3	220	249	279	
23	1	2	1	41	101		73	2	2	260	289	300	
24	3	3	11	91	112	152	74	4	3	129	150	199	219
25	6	4	31	83	113		75	2	3	110	140	159	
26	1	2	62	121	142		76	3	3	102	132	182	202
27	5	4	71	102	113		77	2	2	204	251	282	
28	4	3	64	101	131		78	2	2	148	169	190	210
29	2	2	112	132	151	171	79	3	3	8	68	79	
30	5	4	120	1690	170		80	2	2	9	20	50	70
31	3	3	149	170	199		81	5	4	11	61	91	
32	6	4	121	142	172		82	6	4	12	42	72	92
33	3	3	113	131	142		83	3	3	23	43	82	102
34	6	4	151	172	183	203	84	3	3	22	52	92	
35	2	2	110	129	149		85	5	3	111	141	171	191
36	4	3	120	128	159	179	86	5	4	112	142	172	
37	6	4	108	129	150		87	2	3	142	162	181	201
38	4	3	102	123	172		88	6	4	50	70	90	
39	5	4	150	169	188		89	1	2	30	50	70	90
40	5	4	129	149	180	200	90	5	4	10	30	50	
41	5	4	103	131	152		91	2	3	20	40	60	80
42	5	4	162	181	201	221	92	4	3	60	80	100	
43	2	2	131	153	181		93	2	3	80	100	120	140
44	4	3	152	171	182	202	94	3	3	90	110	130	
45	4	3	142	202	221		95	6	4	150	170	190	210
46	2	2	161	203	222		96	2	2	160	180	200	
47	4	3	12	21	41	61	97	3	3	220	240	260	280
48	5	4	172	201	231		98	5	4	260	280	300	
49	2	2	151	202	211	231	99	3	3	120	140	160	180
50	4	3	191	221	251		100	5	3	100	120	140	

Sip No	Hazırlık Süresi	Ağr.	P1	P2	P3	P4	Sip. No	Hazırlık Süresi	Ağr.	P1	P2	P3	P4
101	1	1	300	320	340	360	151	3	3	46	80	90	108
102	4	4	299	319	339		152	4	4	49	79	99	
103	5	5	309	349	380	400	153	5	5	28	88	109	127
104	1	1	330	370	400		154	5	5	29	110	129	
105	4	4	301	321	341	361	155	2	2	56	80	90	119
106	5	5	341	361	371		156	4	4	59	89	109	
107	4	4	311	331	351	371	157	6	6	261	290	309	328
108	4	4	302	321	342		158	4	4	156	169	189	
109	3	3	303	333	363	383	159	2	2	152	162	192	211
110	2	2	302	332	362		160	3	3	161	189	210	
111	2	2	304	331	342	362	161	3	3	133	159	188	209
112	5	5	309	369	400		162	1	1	234	269	289	
113	5	5	319	329	358	368	163	2	2	291	310	329	347
114	1	1	339	379	388		164	2	2	135	148	169	
115	3	3	332	371	392	412	165	1	1	166	190	230	249
116	4	4	348	369	389		166	6	6	104	148	169	
117	4	4	310	330	370	390	167	5	5	115	139	170	189
118	1	1	360	370	390		168	4	4	113	131	152	
119	3	3	302	331	362	382	169	5	5	141	169	200	218
120	3	3	309	379	388		170	3	3	171	189	209	
121	1	1	336	359	370	390	171	1	1	137	159	180	197
122	5	5	341	368	378		172	4	4	126	150	170	
123	3	3	201	230	269		173	4	4	144	179	189	208
124	4	4	203	260	278	298	174	2	2	47	69	98	
125	3	3	204	229	249		175	4	4	1647	179	200	219
126	3	3	208	259	279	299	176	3	3	20	31	52	61
127	3	3	222	252	282		177	4	4	86	110	138	
128	1	1	264	290	310	330	178	2	2	142	161	192	213
129	4	4	235	249	269		179	3	3	102	119	130	150
130	3	3	304	340	350	369	180	5	5	122	149	180	
131	3	3	321	341	391		181	5	5	141	168	189	210
132	4	4	310	350	390	408	182	2	2	162	182	201	
133	5	5	352	380	400	419	183	5	5	132	190	202	220
134	5	5	342	369	389		184	2	2	187	207	229	
135	4	4	301	330	350	369	185	2	2	304	340	350	369
136	3	3	1	30	50		186	1	1	307	368	399	
137	6	6	5	29	59	78	187	3	3	361	369	390	409
138	1	1	9	48	68		188	2	2	226	249	280	
139	6	6	4	28	58	87	189	3	3	271	281	301	318
140	2	2	6	49	69	98	190	2	2	231	274	281	
141	5	5	7	79	89		191	2	2	206	228	269	290
142	2	2	2	59	70		192	1	1	209	240	260	279
143	2	2	3	28	49	68	193	4	4	221	261	281	
144	1	1	26	48	59		194	3	3	246	270	300	319
145	2	2	27	89	108		195	2	2	262	281	301	
146	4	4	36	49	68	89	196	3	3	250	270	290	308
147	5	5	5	37	109		197	6	6	210	229	249	
148	1	1	66	89	109		198	4	4	252	262	282	301
149	5	5	37	110	130	148	199	2	2	1	61	71	
150	2	2	38	58	69		200	5	5	3	42	92	111

Sip No	Hazırlık Süresi	Ağır.	P1	P2	P3	P4	Sip. No	Hazırlık Süresi	Ağır.	P1	P2	P3	P4
201	1	2	34	49	79	99	251	1	3	31	41	62	73
202	5	2	47	89	108		252	3	3	1	22	22	61
203	5	4	19	42	61	81	253	4	2	301	361	361	
204	4	3	17	31	71		254	1	3	401	421	421	453
205	5	2	15	40	59	79	255	3	2	412	423	423	
206	4	2	6	48	69		256	4	3	331	342	342	381
207	3	3	63	89	129	149	257	4	4	340	360	360	
208	5	4	55	99	108		258	4	3	368	389	389	429
209	3	4	3	38	58	78	259	2	3	341	362	362	
210	4	3	8	28	79		260	2	3	234	249	249	398
211	2	2	1	23	41	61	261	2	3	362	382	382	
212	5	4	11	41	72		262	4	3	223	289	289	429
213	3	4	22	43	62	82	263	4	2	209	230	230	
214	1	3	82	101	132		264	1	4	254	268	268	318
215	6	4	32	61	93	113	265	2	3	1	23	23	
216	4	2	23	59	78		266	3	4	2	49	49	89
217	6	4	70	80	89	109	267	3	3	91	109	109	
218	6	2	30	40	58		268	1	4	21	44	44	81
219	2	4	52	63	91	111	269	2	2	51	59	59	
220	5	4	201	222	241		270	2	3	49	99	149	169
221	3	2	210	250	269	289	271	1	4	48	68	98	
222	6	2	209	229	289		272	4	3	44	198	208	228
223	4	2	202	259	290	310	273	3	2	2	101	121	
224	2	3	206	230	269		274	4	3	3	102	142	162
225	3	2	208	228	279	299	275	2	2	5	109	149	
226	5	3	221	252	273		276	3	4	8	219	238	258
227	2	3	213	268	299		277	3	3	15	118	138	
228	1	4	207	249	288	308	278	1	3	19	109	129	149
229	6	2	224	248	298		279	3	3	24	68	99	
230	2	2	234	269	289	309	280	3	3	36	49	169	189
231	2	3	231	260	289		281	3	3	59	98	198	
232	3	4	241	262	282	302	282	3	4	79	119	207	227
233	5	3	224	268	279		283	4	3	119	139	249	
234	2	3	262	281	291	311	284	4	2	169	209	259	279
235	4	2	301	321	341		285	4	3	301	331	362	
236	4	3	321	342	362	382	286	3	4	304	342	382	402
237	5	4	324	359	368	388	287	5	3	319	418	438	
238	2	3	307	329	360		288	1	3	117	218	248	268
239	4	4	309	328	369	389	289	5	2	201	241	262	
240	4	3	351	371	401		290	2	2	261	281	301	321
241	5	3	323	358	369	390	291	4	3	302	303	361	
242	2	4	361	382	402	422	292	2	3	1	3	31	51
243	1	4	312	371	391		293	2	3	2	4	49	
244	3	2	311	332	352	372	294	1	3	11	13	21	41
245	2	4	360	380	400		295	2	3	93	113	133	
246	4	3	370	390	410	430	296	4	4	98	199	209	229
247	4	3	401	429	448		297	4	2	158	198	218	
248	4	2	380	389	400		298	1	3	121	141	191	211
249	3	4	332	352	370		299	4	4	201	221	291	
250	5	3	371	391	411		300	2	3	1	5	7	27

EK-2.A. Yüz sipariş klasik iki boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1> 30-37-47-68-69-74-99

ROTA> 1-10-20-30-57-59(2)-69-68(2)-79(3)-89(2)-88-98(2)-108(2)-107-119-118-117-849

G2> 2-4-5-54-61-8-89-92

ROTA> 2-3-4-10(2)-15-17-18-19-29(3)-28(4)-39(3)-38(4)-49(4)-48-59-58

G3> 38-42-43-45-49-63-76

ROTA> 51(2)-60-61(2)-62-70-71-72-81(2)-82-90(2)-91(2)-100(2)-101(4)-110(3)

G4> 13-15-19-81-82

ROTA> 0-1(2)-10-11-20-21-22-30(2)-31(3)-40(2)-41

G5> 50-70-72-73-77-97-98

ROTA> 90-103-107-109(2)-119-129(3)-128(2)-139(2)-138(2)-149(2)-148-141-120(2)-110

G6> 12-23-25-27-83

ROTA> 0-10-12-20-22-30(2)-40-41-42(2)-50-51(2)-52(3)

G7> 100-56-66-79-80-93-94

ROTA>7-8-9(2)-29-39(2)-38-37-49(3)-48(2)-59(3)-58-57-69(4)

G8>11-16-17-3-6-7-84

ROTA> 0-1(3)-10(2)-11(2)-12(2)-20(3)-21(3)-31(2)-32(2)-41(2)

G9> 34-44-46-48-51-62-64

ROTA> 52(2)-60-70(2)-71(2)-72-80(2)-81(4)-90-91(2)-92-100-101-102(2)-110-111

G10> 14-29-32-52-65-87

ROTA> 21-40-41-50-51(2)-60(2)-61-70-71(2)-80(2)-81(3)-90(2)-100(2)-103

G11> 31-36-39-67-71-78-95

ROTA>48-59-68-67-79(2)-78(3)-77-89(2)-88(4)-87-99(2)-98-97(2)-109(2)-107

G12> 35-40-41-75-85-86-96

ROTA> 50-51-52-59(2)-69-68(2)-79-78(3)-89(2)-99(2)-90-80-81-71(2)-60

G13> 1-10-18-55-58-60-9

ROTA> 6-7-8-9-19(2)-18(3)-17(2)-29(2)-28-27-39(2)-37(2)-49(2)-49-47(2)

G14> 22-57-59-88-90-91

ROTA> 10-17-18-19(2)-9(3)-29(4)-39(2)-49-59-69(2)-79-72-50-52

G15> 20-21-24-26-28-33-53

ROTA> 0-20-31-33-40(2)-41-50(2)-51(3)-52-60(4)-61-71(4)

EK-2.B. Yüz sipariş klasik üç boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>17-58-61-79-80-82-92

ROTA>0-2(3)-3(2)-6(3)-9(3)-19-16(3)-13(3)-12(3)-10(2)

G2>100-20-26-29-32-35-41-64

ROTA>10(2)-13(2)-14-16(2)-17(2)-19-29-27(3)-26(2)-23(3)-22-20(6)

G3>27-75-86-93-94

ROTA>13(3)-16(3)-17(2)-19(2)-27(2)-26(2)-23-22

G4>31-44-45-63-65-74

ROTA>20-22-23(2)-24-26(2)-27(2)-29(2)-37(3)-36(2)-33(2)-32-30(3)

G5>34-43-46-48-52-69-95

ROTA>20(2)-23(3)-26-27(2)-29-39(3)-37(3)-36(3)-33(2)-30(2)-17

G6>33-49-51-76-85-87

ROTA>13-14-16-17-27(3)-26(3)-23(3)-20-30(3)-33(2)-36(2)-37(2)

G7>36-53-56-57-90-99

ROTA>3(3)-6(2)-9(2)-19(4)-29(3)-27-26-23(3)-22(2)

G8>1-14-55-7-83-84-91

ROTA>2-3(4)-4-6(2)-7(4)-9(3)-17(2)-16(2)-13(2)-12-10(3)

G9>39-40-42-62-71-78-96

ROTA>20-22-23(3)-25-26(2)-29(6)-39(2)-36(3)-33(3)-32(2)-30

G10>11-12-25-3-4-8

ROTA>0(3)-3(2)-7(2)-8-9(3)-17(3)-16(3)-13-10(3)

G11>13-15-16-23-54-6-89-9

ROTA>0(4)-2-3(4)-4-6(4)-9(3)-19(3)-17-16(2)-13(3)-10(2)

G12>50-70-72-73-77-97-98

ROTA>33(4)-37-39(2)-49(2)-46(4)-43(5)-42(3)

G13>21-28-30-37-66-67-68

ROTA>11-12-13(2)-15-16-17-19(3)-29-26(2)-23(2)-22(2)

G14>10-18-19-22-24-38-59

ROTA>2-3-6(2)-7-9(4)-17(2)-16(3)-15-13(4)-12-10-20(2)-23-27(2)

G15>2-47-5-60-81-88

ROTA>0-1(2)-3(3)-6(5)-9-19-13(2)-12(2)-10(3)

EK-2.C. İki yüz sipariş klasik iki boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>138-142-147-154-164-172-60-61

ROTA>1-4-8-18-16-29-28(2)-27-39(2)-38-37-48-47-59-58(2)-68-65-64-79-77-89-88

G2>137-140-15-16-174-176-47-55-6-92

ROTA>0-1(3)-4-5-9-18(2)-29-28(2)-26-21(2)-20(3)-10(4)-30(2)-31-37(2)-38(2)-39-49(2)-47(2)-41

G3> 182-32-45-48-62-65

ROTA>60(2)-71(2)-72-81(5)-90(2)-91-100(3)-101-110(2)

G4>144-151-171-3-35-36-40-9

ROTA>1-7-19-15-12-20-25-27(2)-28-39-49-59(2)-57-68(2)-67-66-78(4)-89-88-99-96

G5>159-22-38-44-51-52-63-64-87

ROTA>10-50-51(2)-52(3)-60-61-62-70-71(4)-72-80(2)-81(4)-82-90-91(4)-100(2)-101(2)-103

G6>100-160-167-177-283-29-56-66-75

ROTA>9-49-48(2)-45-59(3)-58-57-54-51-61(2)-67-68-69(3)-78-89-99-98(2)-109(2)-101-80(2)-70

G7>11-126-188-191-192-72-73

ROTA>12-21-31-105-107-108-109-117-115-129(2)-128(3)-139-138(4)-149(2)-148(2)

G8>161-166-173-178-31-34-39-43-85

ROTA>50-53-60-62-70(2)-71-72-73-77-78(2)-79-89-88(3)-81-80(2)-90(2)-91-92-97(2)-98(2)-108-107-102(2)

G9>165-168-181-24-27-33-86

ROTA>0-30-40-51(2)-52(3)-60(2)-70-71(4)-81-85-87-99-98-109-119-128

G10>19-200-26-41-53-82-83-84

ROTA>1-2-11(2)-12-20-21(3)-22-31(3)-40-41(4)-50-51-52-60(3)-71(3)

G11>102-162-184-196-46-78-97-98

ROTA>80-88-99-96-109(2)-106-102-111-113-118-119-129(3)-139(3)-138-149(2)-148(2)-158-157-77

G12>12-13-14-20-21-23-28-7

ROTA>0-11-20(2)-21-22-30(2)-31(2)-32-3-40(3)-41(2)-42-50(4)-51(2)-52-60-61

G13>149-153-37-59-67-79-91-93

ROTA>7-9-19-18-17-16-29(2)-39(2)-38-37-49-48-47-59(3)-58-57-69(3)-68(2)-66-79-78-77

G14>105-107-110-111-122-135-179-197-81

ROTA>0-30-40-51-58-69-79-109-118-128-169-179-188-187(2)-181(2)-180(2)-170(3)-171-160(3)-161-150(3)-151-53

G15>118-119-121-127-131-163-189-198-50

ROTA>90-110-111-120-121(2)-130-131-140(2)-141(2)-150(2)-151-157-159-168-165-160(2)-170-176-178-179-189(2)-199(2)-191-190-181

G16>101-104-108-133-134-158-185-187

ROTA>75-88-98-149-159-169(3)-179(2)-189(2)-188(3)-199(3)-198-208(2)-180-171(3)-160-151-153

G17>1-112-113-117-130-175-186-30-57-94

ROTA>8-9(2)-19-18-17-49-59(2)-69(2)-79-89-88-99-108-159-158(2)-156-153-169(2)-168-179-177-189-188(2)-187(2)-199(2)-198-826-849

G18>10-141-146-155-156-18-4-8-80

ROTA>2-6(2)-8-9-18-17(2)-15-29(2)-28(3)-25-39(3)-38(2)-37(2)-49(2)-48(3)-47-58(2)

G19>123-124-169-170-42-49-70-71-76

ROTA>51-61-70(2)-80-81-87-88(2)-99-98-97-91-90-100(3)-101(2)-102-107(3)-108-119-129-128-138(2)-137-147-110(2)

G20>136-139-143-150-17-5-8-88

ROTA>0-1-2-3(2)-10-15-17(4)-19-29(2)-28(3)-27(2)-39(2)-38(2)-37-32-49(2)-46

G21>114-125-128-129-157-190-193-194-195-77

ROTA>103(2)-110(2)-114-118-128(2)-125-120-130(2)-131-133(2)-138-139-149(3)-159-158(2)-169-168-167-188-197-150-140(3)-141

G22> 180-2-68-69-74-90-96-99

ROTA>4-9-19-29-59-69-68-79(3)-78-89(3)-88-99-98(2)-107-119-118-117-61-10(2)

G23>145-148-152-199-25-54-58-89

ROTA>0-10-16-18-19-29(2)-28(2)-39-38(2)-35-30(2)-42-48(4)-49(2)-59-58-57-52

G24>103-106-109-115-116-120-132-95

ROTA>79-89-99-109-159-158(2)-152-161-162-170-180(2)-182-188(2)-189-199(2)-198-197-192-191-201-207-179-178-177

EK-2.D. İki yüz sipariş klasik üç boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>10-11-142-143-146-155-23-55-83

ROTA>0(3)-1-2-3(2)-4-6(2)-7(2)-8-9(4)-19(3)-17-16-15-13(4)-12(4)-10

G2>164-172-183-34-49-68-72-78-95

ROTA>20(2)-21-23-24-26(5)-27-29(4)-39(3)-37(4)-36-35-33(5)-32-30(2)-42(2)

G3>124-169-177-188-190-64-65-70-93

ROTA>13-16(2)-17-18-19-27-26(3)-25-23-20(2)-30-32-33-35-36(2)-37-39-49-46(2)-43(2)-41

G4>123-125-127-162-192-193-197-73

ROTA>33(2)-36(4)-37(2)-39(3)-49(3)-46(5)-43(3)-42(3)

G5>126-129-170-178-191-40-50-69

ROTA>22-23-26-27-29(2)-39(4)-38(2)-36(2)-35-33(3)-32-42(2)-43-46(2)-49(3)

G6>136-150-151-25-58-88

ROTA>0(2)-2(2)-5-6(2)-9(3)-19(2)-17(2)-16-15-13-12(2)

G7>12-137-147-148-152-5-7-91

ROTA>1(3)-2-3(2)-6(3)-7-9(4)-19-17-16(5)-15-12(2)-11-10(3)

G8>104-109-111-112-115-118-130-135-185

ROTA>50(5)-51(3)-52-53(3)-56(3)-59(3)-69-67(2)-63(5)-64(4)-60(3)

G9>101-106-128-186-195-196-198-98

ROTA>43(5)-46(3)-47(3)-49(3)-59(2)-56-53(3)-52(2)-50(2)-60-62(2)-63

G10>175-182-199-30-42-48-71

ROTA>0-10-13-19-29(2)-27-26-25-23(2)-30(2)-33-36(5)-39-278-283

G11>16-17-18-37-45-74-76-96

ROTA>0(2)-3-6-9(2)-17-16-15-13(2)-10(2)-22(2)-23(2)-27-29(3)-37(2)-36(2)-32-30

G12>1-13-24-3-41-8-80-90

ROTA>0-2(2)-3(4)-6(4)-7-8-9(3)-17-16-14-13(3)-10(2)-20(2)-23

G13>14-140-153-154-156-176-19-89

ROTA> 0-1-3-6(3)-7(2)-9(4)-19(3)-17-16(5)-13(2)-12(2)-10(2)-22(2)

G14>15-47-54-56-6-79-82-9

ROTA>0(2)-2(2)-3(6)-6(5)-9(2)-19(3)-16(3)-13-12-10(2)

G15>141-160-174-184-2-22-53-61-67

ROTA>0-1-2-3-5-6(2)-9-19(3)-17-16(2)-13-12(3)-22(2)-23(2)-27(2)-39-38-36-32(2)

G16>138-139-145-200-60-81-84-92

ROTA>0-1-2-3(2)-5-6-7(2)-8-9(3)-13-18-16(2)-15-13(2)-12(2)-10(4)

G17>100-158-167-168-27-39-66-85

ROTA>12-13(3)-16-17(2)-18-19(2)-29-26(6)-23(2)-21-20-32(3)-33

G18>20-21-26-28-29-33-38-75

ROTA>10(2)-11-13(4)-16(3)-17(3)-27(3)-26(2)-23(4)-22-20(3)

G19>107-117-133-161-163-165-173-97

ROTA>22-24-25-27-29-39(3)-36-33(2)-42-43-46(2)-59(2)-57-56-55-53(3)-50-63(3)-
66-69(2)

G20>103-113-114-119-122-131-132-134

ROTA>50(2)-52(2)-53(4)-56(4)-59(2)-69(3)-67-66(2)-65(2)-63-62(3)-60(2)

G21>102-105-108-110-116-120-121-157-187-189-194

ROTA>40-41-43-46(2)-49(3)-59(2)-56(4)-55(2)-53(2)-52(3)-51-50(5)-60(3)-62(2)-63-
66(2)-69(4)

G22>159-166-179-180-35-36-43-52-62-87

ROTA>13-14-16-17-19(2)-29(6)-27-26-23(6)-22(3)-20(4)-30(3)-33(2)-36-37

G23>144-149-4-57-59-86-94-99

ROTA>0-2-3-5-6-8-9(5)-19(2)-17-16(4)-29(3)-27(2)-26-23(5)

G24>171-181-31-32-44-46-51-63

ROTA>20(2)-22-23(2)-24-25(2)-26(4)-27(3)-29(2)-39-37(3)-36-35-33(2)-32-30(2)-14

EK-2.E. İki yüz elli sipariş klasik iki boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>102-106-113-116-122-128-222-246-247-248-68-73

ROTA>88-98-108-107-118-117-129-149(2)-148(3)-159-158(2)-169-168(2)-177(2)-170(2)-180(2)-187(3)-188-189(2)-199-198(2)-209-219-218-227-200-133

G2>105-107-178-234-235-240-250-45-46-50

ROTA>71(2)-80(2)-90-91-101-102(2)-110(2)-111-120-131-140(2)-150(4)-160(3)-170(4)-180(4)-190-200(2)

G3>112-117-120-123-135-157-163-192-223-97

ROTA>100-101-108-109-119(3)-129(3)-128-139-138(2)-149(2)-159(3)

G4>103-109-111-115-119-131-186-236-237-241

ROTA>151-152-153-156-158-178(2)-177-171(2)-170-160(4)-161-162(2)-163-180-181(3)-182-187(2)-188-189-199(2)-198-197-192-193(3)-190-201

G5>158-159-160-167-170-173-183-62-65-87

ROTA>60-61-68-75-73-72-71(2)-80(2)-81(4)-90(3)-91-100(3)-101-107-108-109(2)-99-98(5)-89-88(2)-54

G6>136-144-147-150-205-5-57-9-91-96-99

ROTA>0-3-4(2)-7-9(2)-19(4)-17(3)-16-15-29(2)-28(3)-27(3)-39-38(3)-59-58-69(2)-79(3)-89(2)-99

G7>10-137-139-146-148-208-212-58-8

ROTA>0-3-4-6-18(2)-17(2)-15(2)-29-28(3)-27-24-20-31-35-37(3)-39-49-48(4)-47-46-58-57

G8>164-165-171-29-31-36-66-71-75-78-94

ROTA>51-58-59(3)-69(3)-67-66-64-61-70-80-85-87-88(4)-89(2)-99(2)-98-97-96-109-107-119-128-78(4)-77(2)-49-48

G9>11-12-138-140-176-200-201-203-204-83

ROTA>2-5-6-8(2)-9-28(2)-27-22-21(4)-30(4)-31-37-38(2)-48-47-42-41(2)-40(2)-50-51-52-10(2)-12(2)-13

G10>149-154-161-172-181-54-59-74-93-95

ROTA>16-18(2)-29-28-39-49(2)-59(5)-69(3)-68(2)-65-62-70-77-78-79(3)-89(2)-87-99-98(2)-97-109(2)-108(2)

G11>124-125-126-129-162-221-224-225-227-229-231

ROTA>102(2)-103-105-107(2)-109-119-118-117-114-113(2)-110-127-128(3)-129(3)-138(6)-137(2)-148(6)-147(2)

G12>13-15-152-16-174-21-211-23-3-4-84

ROTA>0-1(3)-2-10-11-12(2)-18-28(2)-26-22-21(2)-20(3)-30(2)-31(2)-33-38(3)-48-47-41(3)-50(2)-51-60

G13>184-188-190-220-226-233-32-44-49-70

ROTA>60-70-71(2)-80-81-91-96-107-106-101(2)-100(2)-110(3)-111-113-115-118-128(2)-139-138(2)-137-133-132-140-120-121

G14>14-215-24-25-26-43-47-51-6

ROTA>0(2)-1-10(3)-11-20(2)-21-30(2)-31-40(2)-41-42(2)-50-51-52(3)-60(2)-70-71(2)-72-81-90-91

G15>100-153-182-35-37-38-63-67-76-92

ROTA>17-29-39-49(2)-48-47-59(2)-58-57-51(2)-61(2)-62-66-68(3)-69-79-78(2)-82-81(2)-91(3)-100-101(2)

G16>145-151-155-156-216-217-218-55-60-89

ROTA>12-16-18-19(3)-29-28(3)-27-25(2)-39(6)-37(2)-49(4)-48(2)-47-58(3)-57(2)

G17>101-132-133-175-187-197-249-27-30

ROTA>30-51-52-59-89-99-109-108-118-128-149-159(2)-169-179(2)-189-188-199(3)-208(2)-207-201-191-180(2)-171-211-826-849

G18>1-168-209-42-48-85-88-90

ROTA>2-8-9(2)-19(2)-18-17-29(2)-27-39-37-49-52-50-60-70-71-80-81(2)-90(2)-100(2)-110(2)

G19>17-19-2-20-213-214-219-7-82

ROTA>1(2)-4-10(3)-11(3)-20-21(2)-22-31(4)-32(3)-40(3)-41(3)-50(2)-51-61

G20>108-114-118-134-185-243-245-249-81

ROTA>0-30-40-151(2)-153-160-161-168-169-179(3)-189(3)-188(3)-199(2)-198-197-190-180-171(3)

G21>127-169-191-196-198-228-230-232-77-98

ROTA>70-88-99-107-106-105-103-111-113-117-129(2)-128-139(2)-138(2)-149(3)-148-147-141(4)-150-151-157(2)-158-131(2)-120(2)-121(2)

G22>110-189-193-195-22-33-34-53-86

ROTA>10-20-50-51-52(2)-60(2)-70-71(3)-72-81(2)-92-102-110-130-131-140(3)-150(2)-151-157-161-181

G23>166-177-179-180-199-207-23-39-40-41-64

ROTA>0(2)-20-30(2)-32-50-51-52(2)-53-58-59-69-68(2)-67-61-60(2)-71(2)-77-78(3)-79(2)-89(2)-88(2)-99-97-48-45

G24>104-121-130-194-238-239-244-52-69-72

ROTA>51-80-103-108-109-119-118-128-125-139-138-149-158(2)-156-153-150-
161-165-167-168-169(2)-179(2)-178-189(2)-188(2)-199(2)-198-181-17

G25>141-142-143-18-202-206-210-56-61-79-80

ROTA>1-2-5-6-7(2)-8-9(2)-17(3)-29(3)-28(2)-27-26-39(3)-38(5)-37(2)-49-48(4)-58-
57(2)

EK-2.F. İki yüz elli sipariş klasik üç boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>136-146-148-209-210-211-213-90-92

ROTA>0(3)-1-2(2)-3(2)-4-6(3)-7(2)-9(5)-19(2)-17-16(3)-15-13-12-11-10(2)

G2>12-166-168-24-29-38-79-82-86-99

ROTA>2-3(3)-10(4)-12-13(2)-14-16(2)-17(5)-19-29(2)-27(3)-26(3)-23(3)-20(4)

G3>137-140-145-156-17-18-215-218-47-55

ROTA>0(2)-1(2)-3(3)-6(3)-8-9(8)-19(2)17-16(2)-15(2)-13(2)12(3)-10(4)

G4>123-127-222-226-227-231-233-46-49-69

ROTA>20-23-30(2)-33(3)-34-36(6)-37(2)-39(3)-49(4)-46(3)-43(3)42-40

G5>138-143-151-199-203-219-60-61-89

ROTA>0(2)-2-3-5(2)-6(4)-7-9(3)-19(3)-16(4)-15-13(3)-12(4)-10(4)

G6>108-112-121-128-187-196-221-230-232-249

ROTA>40-43(3)-46(4)-47(2)-49(3)-59(2)-57-56-53(2)-52(3)-51 50(3)-60-62(2)-63(3)-69(2)-39-37

G7>165-242-246-247-248-48-63-68-74-78

ROTA>22-23-24-25-26(2)-27-29(2)-39(2)-37-36(4)-35-33 (2)-32 (2)30-42-60-63(4)-66(2)-67-69(2)-73-72-70

G8>152-153-158-159-161-181-2-35-83-95

ROTA>0-1-4-6(2)-7-9-19-17-16(3)-13-12-20-21-22(3)-23-24-25-26(3)-25(2)-39(3)-33(2)-32(3)-30

G9>160-178-186-240-243-40-42-44-65

ROTA>20-22-23(4)-26-27(2)-29(2)-39-37-36(2)-33(3)-32-30(4)-52-5-56-60-62(2)-63-3

G10>149-167-26-37-51-52-53-62-66-84

ROTA>2-3-7(2)-19-18-17-16-15-14-12-10(2)-20(2)-22-23(5)-26(3)-27(3)-29(2)-37-33(2)-32

G11>1-150-19-208-25-4-6-81

ROTA>0(3)-2(2)-3(3)-6(2)-7-8-9(4)-17(2)-16(2)-15-13-12(2)-10(2)

G12>141-170-173-179-183-201-207-22-31-36-43

ROTA>1-2-6(2)-19(4)-17-16(2)-13(2)-12-10-20-22(3)-23(3)-26(2)-27(2)-29(5)-39(2)-37-36-33(2)-32(2)-30

G13>107-118-132-133-195-223-239-244-250-73

ROTA>43-46(4)-47-49-59(1)-57(2)-56(2)-53(4)-52-50(3)-60-62-63(5)-65-66(2)-69(4)-37

G14>101-113-119-122-129-134-157-225-50-77-97

ROTA>33(3)-35-37-38-39(2)-49(3)-46(3)-43(4)-42(2)-50(2)-52-53(3)-56(2)-59(4)-69-67-65-62(2)-60

G15>125-162-188-191-192-197-220-224-229-72

ROTA>33(2)-34-35(2)-36(4)-37(2)-38(2)-39(3)-49(4)-46(3)-43-42(7)-40

G16>110-114-116-117-131-135-185-235-241-245-

ROTA>50(4)-51-52-53(4)-55-56(4)-57-59(4)-69(4)-66(2)-63(2)-62(4)-60(2)

G17>171-175-184-20-28-30-33-39-41-96

ROTA>10-11-13(2)-14-16-17-19-29(4)-27-26(2)-25-23(5)-22-20-32(3)-35-36(3)-38-278-283

G18>10-14-16-176-200-205-212-216-27-56-64

ROTA>0(3)-2-3(6)-4-6(2)-7(2)-9(3)-19(2)-17(4)-16(3)-15(2)-13(3)-12-10(4)-20(2)

G19>100-13-139-174-180-54-58-59-7-80-93

ROTA>1-2(2)-3-4-5-6(4)-7-9(4)-19(3)-18-16(4)-13(4)-12(3)-10(2)-20-23-26(2)

G20>103-109-120-126-189-190-193-236-70-98

ROTA>33-36-39(2)-49(2)-46(4)-43(4)-42(2)-41-40-50(3)-52(2)-53-55-56(2)-65-67(2)-66(2)-60(2)

G21>169-177-182-32-45-76-85-87-94

ROTA>13-16(3)-18-19-27(4)-26(4)-25-23(4)-20-30(3)-32-33(2)-36(3)-37(2)

G22>102-124-163-194-198-228-234-238-34-71

ROTA>20-25-27-29-39-38-37(2)-32-30-41-42(2)-43(3)-45-46(3)-47-49(4)-59(3)-56(2)-55-53-52(3)-50

G23>144-154-164-172-202-204-21-214-57-67-75

ROTA>0-3-5(3)-8-9(3)-19(2)-17(2)-16(3)-15-13(3)-21-22(4)-23(2)-24-26(3)-29(3)

G24>104-105-106-111-115-130-142-206-237-88-91

ROTA>0-1-3-5-6(2)-9(2)-19-16-13(2)-12-50(3)-51(2)-53(4)-56(2)-5-59(2)-69-67-63(4)-62(2)-60(4)

G25>11-147-15-155-217-23-3-5-8-9

ROTA>0(3)-1(2)-2(2)-3(4)-6(2)-7(2)-8(2)-9(4)-19(3)-16(5)-13(3)-12-10

EK-2.G. Üç yüz sipariş klasik iki boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>104-116-117-124-125-129-162-227-248-287-298-42-77

ROTA>60-70-81-90(2)-100(2)-102(2)-103(2)-110-113-114-118-129-128(2)-120-141-147-148(2)-159-158-169(2)-177-189(3)-188-199(3)-198(2)-207-138(2)-137(2)

G2> 137-140-143-150-190-193-281-37-56-57-59-80-99

ROTA>2-4-8-9(3)-18(2)-17(3)-29(2)-28(4)-27-39-38(2)-37(2)-48-47(2)-59(2)-69(3)-68-79(3)-89-97-110(2)-130-133-140(2)

G3>101-128-157-163-179-196-221-238-541-249-284-41

ROTA>51-52-56-58-69-79-88-109-108-107-129(2)-128-127-139-138(2)-137-133-130-140-148-149(4)-159(3)-158-157-156-169(2)-168(2)-167-162-161-171-176-177-179(2)-189-188-199-71-60

G4>1-171-172-182-227-278-31-34-40-43-62-65-87-94

ROTA>4-8(2)-9-19-18-49-59-58-57-69-68(2)-67-66-65-60(2)-70-71-72(2)-78(4)-79-89(4)-99-98-96-92-91-90(4)-100(3)-102-81(5)

G5>159-160-161-166-178-183-273-274-32-44-51-53-63-85-96

ROTA>1-2-20-50(2)-51-52-53-60(3)-61(2)-62-70(2)-71(6)-77-78-79-89-88-82-81(4)-80(4)-90-91(5)-97-98-99(2)-109(2)-108-102-101(3)-100

G6>141-174-200-204-210-211-214-252-294-295-300-58-83-84

ROTA> 0(4)-2(2)-4-6(3)-7-18-17-16-12(2)-11(3)-10(2)-20(2)-21(2)-22-26-29-38(3)-48(2)-47-42-41(4)-50(2)-51-52-61-62-30(3)

G7>145-153-168-20-213-216-22-26-279-38-64-7-76-86

ROTA>10-11(2)-12-13-16-17-28-20-31(3)-32-37(2)-48(2)-47-41-40-50-51(4)-52(3)-57-58-66-62-61(2)-60(3)-71(4)-72-81(2)-91-101

G8>103-110-11-118-120-121-130-185-199-23-236-243-263-68-71

ROTA>0(2)-20-30(2)-50-87-88(2)-98-97-108-107(2)-119(2)-117-158(2)-153(3)-151(2)-160(2)-161-165-169(2)-179(3)-178(2)-189(2)-188(3)-199(3)-197-191-190-180-181(3)-171(2)

G9>151-155-177-180-208-212-212-268-270-55-6-60-75-93

ROTA>0(2)-10(2)-20(2)-23(2)-24-25(2)-28(2)-39(4)-37-31-40-45-47-48(2)-49(4)-59(3)-58-57(2)-69(2)-67-61-78(3)-89-88-18

G10>11-146-148-176-19-202-203-215-265-271-292-4-90

ROTA>0(2)-2(2)-8-9(2)-19-18-15-12(3)-11(2)-10(2)-20-21(3)-26-27-28(2)-29-38-37(2)-35-31(2)-30(3)-40(2)-42-47-48(3)-58-57-52

G11> 113-131-187-194-239-240-247-250-254-261-262-50

ROTA>90.110-112-120-125-139-149-148(2)-158(3)-168-167-160-170(2)-171-17-189-188(2)-187-181-180(3)-190(2)-191(2)-198-199(2)-208(2)-200(4)-210(2)-218(2)-227-222

G12>13-138-139-142-152-16-205-209-219-28-46-79-82-88

ROTA>1(3)-2-3-4-7-8-19-17(2)-29-28(3)-27(3)-22-21(3)-30-31(3)-32-33-37(3)-38(3)-39(2)-49-487-46-41(2)-40-50(2)-60-80-102-111

G13>100-136-147-149-154-206-217-266-267-275-54-61-66-91

ROTA>0-1-4(2)-5-9-19(2)-18-16(2)-29(3)-28(3)-27-39(3)-38(3)-49(2)-48(4)-59(4)-58(7)-69(3)-68-78-77-40

G14>127-15-165-169-17-173-181-207-229-276-282-35-67-70

ROTA>1(2)-7-10(2)-20-32(2)-38-48(2)-59-58-68(3)-78(3)-73-70(2)-95-97-88(2)-99(2)-98(2)-109-108-107(3)-106-119-117-116-113-111-121-127(2)-128(2)-138-147-141

G15>144-156-158-164-175-201-208-280-293-30-36-78-8-92-95

ROTA>1-3-13-15(3)-19(2)-29-28(6)-27(2)-39(2)-38-49(2)-48(2)-59(2)-58-67-64-79-78-77(2)-75-89(2)-88(6)-99(3)-98(2)-109(2)-108-826-849

G16>114-186-223-224-24-257-260-27-29-299-33-49-72-97

ROTA>0-30-40-51(3)-52(2)-60-61-70(2)-71(2)-80-100(2)-101(2)-105-109(2)-129-128(4)-139-138(2)-149-159-169-168-179(2)-188-187-198-197(2)-140-110(2)-113

G17>191-220-222-225-230-231-264-272-39-45-73-74-98

ROTA>23-68-79(2)-88-98-97(2)-108(2)-107(2)-105-101-100-110(2)-111-113(2)-117(3)-118-129(3)-118-129(3)-139-138(5)-137(3)-149(3)-148(5)-158-157-120-123-71

G18>106-108-109-192-195-198-226-234-244-253-296-69

ROTA>47-98-108(3)-119(2)-118(2)-129-138-132-131(3)-140(3)-141-150(5)-151-152-100(2)-161-162-170-171(4)-180(4)-181-182-190-192-121(2)-110

G19>102-123-126-135-189-228-232-245-246-255-290-48-52

ROTA>51-80-81-100(2)-103-106-107-119-128(2)-135(2)-131-130(2)-140(2)-141-147-148(2)-158-157(2)-151-150(3)-160-168-169-179(2)-189(2)-188-199(2)-209-219-212(2)-201-120-110

G20>105-107-167-170-184-188-197-21-259-283-291-297-81

ROTA>0-30-40-41-50-51-54-58-68(2)-77-89-98(2)-97-96-109-108-107-106-118(2)-115-128(3)-139-152-151-150-(2)-160(2)-170(3)-180(3)-181(2)-80

G21>10-12-14-18-2-25-251-269-3-47-5-89-9

ROTA>1(2)-3-4-6-7-19(2)-17(2)-12-10(5)-20(4)-21-27-28(3)-29(2)-39(2)-38-37-32-31-30(2)-40(2)-41-42(2)-47-49(2)-52(2)-50

G22>112-115-119-122-132-134-235-237-242-258-285-286-289

ROTA>100-120-131-150(2)-151-153-158-159-178-171(2)-170(2)-180(2)-181(2)-187(4)-
188(2)-199(2)-199(2)-198(3)-197-191(4)-201(3)-207-218-211-160(3)-161-163

EK-2.H Üç yüz sipariş klasik üç boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>14-150-153-183-190-204-225-227-288-297-49-54-67-73-76

ROTA>0-2-3-5-6-9(2)-19(3)-18-17-16(4)-13(2)-12-10-20-22(4)-23(2)-30(3)-32(2)-33(2)-35(2)-36(2)-37(3)-39-49(5)-46(2)-43-42(2)-41

G2>10-156-184-188-191-205-271-272-276-281-299-50-83

ROTA>2(2)-3-4(3)-5-7-9(4)-19-17-16(2)-15-13-12(4)-32(2)-33(3)-35(5)-36(2)-38(2)-39(2)-49-46(2)-43(2)-42

G3>110-112-114-118-119-124-132-134-194-228-234-253-264-97

ROTA>33-37-38-39-49(5)-47-46(3)-45-44-43(2)-42(2)-41-50(5)-52(3)-53(3)-55-56(2)-59-69(4)-67-66-65-63(2)-62(2)-60(4)

G4>144-15-164-17-177-21-23-24-251-28-57-58-59-6-7

ROTA>0(5)-2-3(7)-5-6(4)-7-8-9(4)-18-17(2)-16(3)-14-13(3)-12-11-10(4)-20-23(3)-24-25-26-29(2)

G5>106-107-108-109-121-133-237-239-240-248-249-250

ROTA>50(5)-51-52-53(3)-56(3)-57(3)-59(3)-69(5)-67-66(3)-63(9)-62(2)-60(3)

G6>111-115-117-120-135-185-186-235-242-246-247-254-255-258-287

ROTA>50(4)-51(2)-52(2)-53(4)-56(4)-59(2)-69(6)-67(3)-66(2)-63(6)-62(5)-60(3)-70(6)-72(2)-73-79

G7>137-16-167-171-19-201-26-270-3-34-39-62-81

ROTA>0(2)-1(2)-3(3)-6(2)-7(2)-9(2)-18-17-16(2)-15-13-12(2)-10(4)-20(3)-22-23-25-26(4)-27(2)-29(3)-37-35-33-32(2)-30

G8>127-162-182-192-193-197-200-221-224-226-46-70-98

ROTA>23(2)-30-33(5)-36(4)-37(2)-38-39(5)-49(4)-46(6)-43(6)-42(3)-40(2)

G9>136-158-178-296-35-42-43-45-68-71-89-93-95-96

ROTA>0-6(2)-9(2)-19(2)-16(2)-13(2)-12-20-21-22-23(4)-25-26(4)-27(2)-29(4)-39(4)-37-36(4)-35-33(4)-32(3)-30(3)

G10>13-161-2-277-280-282-298-44-51-52-53-65-78-85

ROTA>0-1(2)-3-4(2)-6(2)-19(2)-17-16(2)-14-13-10-20(2)-22-23(3)-24-25-26(7)-27(3)-29-39(2)-38-37(2)-35-33(5)-32(2)-30(3)

G11>1-11-18-206-293-4-47-5-8-82-84-9-90

ROTA>0(2)-1(3)-2(2)-3(7)-5-6(5)-7(3)-8-9(10)-16(3)-13(3)-12(2)-10(4)

G12>138-146-152-154-176-199-208-216-217-279-61-66-79-94

ROTA>0(2)-1-2(2)-5-6(3)-7(3)-8-9(3)-19(5)-16(7)-15(2)-13(2)-12(9)-10(2)-22-23(2)

G13>143-149-155-166-174-200-209-212-214-268-269-274-275-278

ROTA>0(4)-1-2(2)-3(3)-4(2)-5-6(4)-8-9(4)-19(2)-17-16(6)-15-14-13(3)-12(3)-10-22-23(3)-26-27-29(4)

G14>148-168-179-180-207-267-27-29-36-37-41-75-86

ROTA>10(2)-11-13(3)-14-15-16(4)-17(4)-19(4)-29(6)-27(2)-26(2)-23(4)-22(5)-20(4)

G15>101-116-126-129-163-187-232-233-241-260-285-72-77

ROTA>33-34-37(2)-38-39-49(4)-47-46(2)-43(3)-42(7)-40-50(3)-53(2)-55(2)-56-57-59(3)-69(3)-66-62(4)-60(2)

G16>139-142-147-210-219-292-294-300-55-60-80-91-92

ROTA>0(5)-1(3)-2(4)-3(3)-4-6(6)-7-8-9(7)-18-16(5)-13(5)-12(2)-10(2)

G17>12-175-20-263-278-30-32-33-38-40-63-64-99

ROTA>0-10(3)-13(3)-16(2)-17(3)-19(2)-29(4)-27(4)-26(2)-24-23(4)-22-20(5)-36(4)-37-39-278-283

G18>102-103-104-105-122-131-196-236-238-243-244-256-286

ROTA>43-46-49(2)-59(3)-57-56(5)-53(9)-52(4)-51-50(3)-60(4)-62-63(6)-65-66(2)-67(2)

G19>100-145-151-160-170-192-173-181-22-265-295-31-48

ROTA>0-5-6-7(2)-8-19(3)-17(2)-16-15(2)-13(2)-10-21-23-24-25-26(5)-27(3)-29(3)-39(4)-36(3)-32(4)

G20>128-159-165-169-189-195-223-231-257-283-284-289-74-87

ROTA>20-22-23(2)-25-26(4)-27-29-19-39-37-36(6)-33(2)-32(2)-30(2)-40(2)-42(3)-43(2)-46(6)-47(3)-59(3)-55-53(3)-50(2)

G21>140-141-202-203-211-213-215-218-25-252-266-56-88

ROTA>0(5)-1-2-3(3)-4-5-6(6)-7(4)-9(2)-19(6)-17(4)-16(2)-15-13-12(2)-10(6)

G22>113-123-125-130-157-198-222-229-230-245-259-261-262-290-29-69

ROTA>34(2)-36(5)-37(2)-39(3)-49(3)-47-46(7)-43(3)-42(2)-50(4)-51-52(2)-53(2)-56(3)-59(4)-67(2)-66-63-62(2)-60(4)-72

EK-2.I Yüz sipariş çapraz geçitli iki boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>31-39-40-74-95-96

ROTA>68(2)-79(4)-78(2)-89(4)-88-99(3)-98(2)-97-109-108

G2>22-43-45-50-68-69-71-78

ROTA>10-50-52-60-71-72(2)-77-88(3)-87-99-98-97-90(2)-101-110(2)-120-117-118-119-109-108-107(2)

G3>100-18-30-35-36-99

ROTA>17-29-39-49(2)-59(5)-69(2)-68-67-79-78(2)-89(2)-88-849

G4>54-58-60-61-66-93-94

ROTA>18-29(2)-28(2)-39(2)-38(2)-49(3)-47-59(3)-47-59(3)-58(2)-69(3)

G5>33-44-51-53-85-87

ROTA>20-50-52(2)-60(2)-70(2)-71(4)-80(2)-81(2)-90(2)-91(2)-100-101

G6>49-64-70-72-73-77-97-98

ROTA>52-60-70-71-100-101-103-107-109(2)-119-129(3)-128(2)-139(2)-138(2)-149(2)-148-141-120-110

G7>13-16-17-47-6-7-81

ROTA>1(3)-0(2)-10(3)-11-20(3)-21-22-30(3)-31(2)-32(2)-40-41

G8>23-24-32-38-41-86

ROTA>0(2)-20-40-50-51(3)-52-60(2)-62-71(4)-81(3)

G9>1-10-2-4-5-8-9

ROTA>4-3-2-6-7-8-9-19(2)-18(2)-17(2)-15-10(2)-27-28(3)-39(2)-37-49-47

G10>12-21-27-3-82-83

ROTA>1(2)-12(2)-20-21-22-30(2)-31-40-41(3)-42-50-51(3)-52(2)

G11>11-14-15-19-25-84

ROTA>1-10(2)-11(2)-12-20-21(3)-31(2)-40(2)-41(2)-42-50-52

G12>26-28-34-42-46-48

ROTA>33-31-50-60(2)-70-71-80-81(3)-90-92-100(2)-102(3)-110(2)-111

G13>20-29-52-62-63-65-76

ROTA>31-40-51(4)-60-61(4)-70-72-80(2)-81(2)-82-90(2)-91(2)-100-101(2)-103

G14>79-80-88-89-90-91-92

ROTA>7-8-9(3)-19(3)-29(6)-39(5)-38-37-49(3)

G15>37-55-56-57-59-67-75

ROTA>9(2)-18(2)-17-29-37-49-48(2)-59(2)-57(2)-69(3)-68(2)-79(2)-78(2)

EK-2.İ. Yüz sipariş çapraz geçitli üç boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>2-47-58-6-7-84-9

ROTA>3(4)-2(2)-1-0(2)-10(3)-12-6(3)-7(3)-9(3)

G2>1-11-21-23-55-8-81-89

ROTA>6(2)-7-8-9(4)-19-17-16(2)-13(5)-12-10(3)-0-2-3(4)

G3>43-52-63-65-85-86-96

ROTA>16-17(2)-24-23(5)-20-30(3)-33(2)-36-37(2)-29-27(3)-26(2)

G4>10-14-25-3-4-60

ROTA>3(2)-2-0(3)-10-12(2)-13-15-16(2)-17(3)-9(3)-7-6

G5>18-20-41-59-64-66-94

ROTA>6-9(3)-19(2)-17-16(4)-14-13(2)-12-10-20(3)-23(5)

G6>30-33-36-67-75-99

ROTA>16-17-19(4)-29(2)-27-26(3)-23(2)-22(5)-283

G7>54-56-83-88-90-92

ROTA>4-3-6(4)-7-9(2)-19(4)-17-16(3)-13(3)

G8>15-17-40-57-62-82

ROTA>3(4)-0(2)-10(2)-13-23(2)-22-20-33-36-29(3)-9-6(2)

G9>31-39-45-51-78-95

ROTA>14-26(5)-27(2)-29(4)-39(2)-37-36-33(4)-32

G10>12-16-19-5-61-91

ROTA>6(2)-7-9(3)-19-17(2)-16(4)-13-12(2)-10(3)-0-1-3(2)

G11>50-70-72-73-77-97-98

ROTA>33(4)-37-39(2)-49(2)-46(5)-43(5)-42(3)

G12>13-24-26-27-28-35-38-53

ROTA>4-3(2)-13(5)-11-10(3)-20(3)-22-23(2)-27(3)-29-17(2)-16

G13>34-44-46-48-68-74-76

ROTA>13-26(2)-27(2)-29-39-37(4)-36(3)-35-33-32(2)-30(3)-20(2)-22-23(2)

G14>100-22-29-37-79-80-93

ROTA>6(3)-2(2)-15-16(2)-17-19(2)-29-27-26(3)-23-22-20-12-13(4)

G15>32-42-49-69-71-87

ROTA>25-27(3)-29-39(3)-37-36(4)-33-32-30(3)-20(2)-23(2)

EK-2.J. İki yüz sipariş çapraz geçitli iki boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>11-145-154-156-168-174-24-25-81

ROTA>5-7-8-9(2)-19(2)-17(4)-16(2)-15-12(2)-10(4)-20(2)-22-23-3(3)-0

G2>167-180-51-52-67-75-76-93

ROTA>14-13(2)-16(2)-17-18-19(2)-29(2)-27-26(5)-23(2)-22(3)-20-30-32-33-37(2)

G3>171-172-178-184-42-49-63-63

ROTA>24-23(3)-22-21-20-30(4)-32-33(2)-35-36(4)-37(2)-38-39(2)-29(2)-27-26-25

G4>12-19-27-28-29-86-94

ROTA>7-19-17(4)-16(3)-13(4)-11-10(2)-20-23(3)-26-27(2)

G5>13-14-147-149-31-37-53-99

ROTA>4-3(2)-2(2)-1-10(2)-13-15-16(3)-17-19-29(4)-27-26(2)-23(3)-2-36

G6>158-160-161-170-183-43-71-74-96

ROTA>25-26(2)-29(3)-39(4)-37-36(2)-33(2)-32(6)-30-20-21-22(2)-23(4)-24

G7>110-113-117-118-121-122-131-133

ROTA>56(2)-57-59(5)-69(4)-66-65-63(4)-62(2)-60(2)-50(2)-51-53

G8>123-18-21-50-56-60-85-89

ROTA>6(3)-9(3)-19(3)-17-16(3)-13(4)-12-26(2)-33(3)-36(2)-43-49

G9>169-181-34-39-40-46-62-68-87

ROTA>25-26(5)-27(2)-29(3)-39(2)-37(2)-36(3)-35-33(2)-32(4)-30(2)-20(2)-23(3)

G10>102-109-116-128-130-134-135-157-90

ROTA>3-6-9-49-47-46(3)-55-56(3)-59(3)-69(2)-67-62(4)-60-50(3)-51-52(2)-53(3)

G11>103-105-107-112-115-120-175-189-30

ROTA>19-29-26-36-32-40-43-55-56(3)-53(2)-50(4)-60(2)-62-63(4)-66(2)-67-69-278-283

G12>129-162-188-190-191-97-98

ROTA>35(2)-36-37-38(2)-39-49(4)-43(4)-42(2)-41-33

G13>1-179-26-38-47-57-59-64-66-83

ROTA>4-3(4)-2-6(3)-7-9(3)-19(2)-17(2)-16-13(3)-12-10(2)-20(4)-23(4)-27(2)-29(2)

G14>54-55-58-7-82-88-9

ROTA>6(2)-7-9(4)-19(2)-16(2)-13(3)-12(2)-10(2)-2(2)-3(3)

G15>125-164-165-173-182-193-70-72-78

ROTA>24-23-25-26(2)-27-29(3)-39(3)-39(3)-37-36(3)-33(4)-32-30-42(5)-43-46(2)

G16>136-137-15-150-176-200-61-79

ROTA>3(2)-2(2)-1-0(4)-10(2)-12(3)-15-16(3)-19-9(5)-7-6(3)

G17>101-114-119-132-186-187-196-198-73

ROTA>46(3)-47-49(3)-59-56(2)-53(2)-52(3)-50(3)-60(2)-62(3)-65-66(2)-67-69(3)-43(3)

G18>138-140-142-143-17-2-4-6

ROTA>5-6(5)-9(4)-3-2-1(2)-0(6)-10-12(4)-13-16

G19>159-32-35-41-44-45-48

ROTA>14-16-26-27(4)-29-23(2)-22-20(4)-30(2)-33(2)-36(2)-37(2)

G20>100-146-152-16-166-20-22-33-36

ROTA>3-1-0-10(2)-12(2)-13(3)-14-16(2)-17(3)-19(3)-29(2)-27(2)-26(2)-23(2)-22(2)-6(3)

G21>104-106-108-111-163-185-194-195

ROTA>46-47-49(2)-59(2)-56(3)-55-53(5)-51(2)-50(3)-60(2)-62-63(3)-43-41

G22>10-139-148-199-23-5-8-84-92

ROTA>6-7(21-8-9-(6)-19-18-16(3)-15-13(4)-12(2)-11-10(2)-0(2)-1(2)-2-3

G23>124-126-127-192-197-65-77-95

ROTA>23-26-27-29-39(5)-37(2)-36-33(3)-30-42(4)-43(4)-46(3)-49(2)

G24>141-144-151-153-155-177-3-80-91

ROTA>5(2)-6(3)-7-8(2)-9(3)-19(5)-18-16(6)-15-13-25-22-0-2(2)-3(2)

EK-2.K. İki yüz sipariş çapraz geçitli üç boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>161-162-182-29-40-52-86

ROTA>17(3)-18-29(2)-27(2)-26(3)-24-23(3)-22(2)-20-30-32(2)-36(2)-37-39

G2>144-146-17-47-55-7-82-91

ROTA>5-6(4)-7-8-9(3)-19-1613(2)-12(2)-10(4)-0-1-3(6)

G3>123-124-128-188-191-70-97

ROTA>35(2)-36(2)-37-3839(2)-49(3)-47-46(5)-43(3)-42(3)-40-50-53-55-59-33

G4>11-15-152-19-21-27-8-9

ROTA>3(2)-2-0-12-13(5)-16(4)-17(2)-9(3)-8-7(2)-6(2)

G5>148-16-177-179-20-28-36-53

ROTA>3(2)-0-10(2)-11(2)-13(3)-14-16(3)-17-18-19(3)-29(3)-27-26-25-23(4)-22(2)

G6>141-149-175-183-30-33-34-45

ROTA> 2(2)-16(2)-17-19(2)-29(2)-27(3)-26-23(3)-20-30-32-33(3)-36-37(3)-278-283

G7>105-110-115-117-122-132-186-187

ROTA>56(2)-59-69(4)-67-66(2)-65(2)-63(2)-62(4)-60(4)-50(4)-52(2)-53(4)

G8>101-129-130-162-196-198-69-77

ROTA>36-37(2)-38-39(2)-49(4)-47-46(2)-43(5)-42-50-51-52-53(2)-56(2)-59-62

G9>136-138-140-142-143-199-58-90

ROTA>5-6(4)-9(5)-3-2(2)-1-0(4)-10-12(5)-13(2)

G10>150-176-200-25-3-4-5-54

ROTA>3(2)-2-1-0(5)-10(2)-12(2)-16(4)-17(2)-19-9(4)-7(2)-6(3)

G11>102 103-109-116-157-194-195-73-98

ROTA>46(5)-47-49(5)-59-56(3)-55-52(3)-50(3)-60-62-63-66-67-69-43(2)-41

G12>104-106-107-111-114-119-134-135-185

ROTA>53(5)-52-51(2)-50(5)-60(3)-62(3)-63(4)-66-67-69(2)-59(?) -56(3)

G13>154-170-171-31-37-56-67-96

ROTA>6-9-19(4)-16(2)-15-25-26(2)-29(4)-39-36(2)-35-32-23(2)-22(5)

G14>159-169-173-180-181-41-71-76-87

ROTA >14-13-25(2)-26(3)-27(2)-29(4)-39(3)-37-36(2)-33-32(4)-30(3)-20(3)-23(4)

G15>12-18-22-26-32-38-66-84

ROTA>6-7(2)-9(2)-19-17(2)-16(2)-13(3)-12-10(4)-20(3)-27(5)

G16>165-190-197-46-48-50-63-74

ROTA>24-23(2)-22-25-27-29-39-37(2)-36(6)-33(4)-32-30-41-42(2)-43(2)

G17>160-164-172-42-43-44-49-62-65

ROTA>24-23(5)-21-20(4)-30(5)-32-33(3)-36(2)-37(2)-39-29(2)-27-26

G18>125-126-158-192-68-72-95

ROTA>26(4)-29(2)-39(6)-37-36-35-33(4)-32(2)-46(3)-49-43-42(5)

G19>151-155-174-60-61-88-89-92

ROTA>5(2)-6(3)-8-9(3)-19(6)-15-13(4)-12(4)

G20>127168-178-35-39-64-75-99

ROTA>16(2)-17(2)-19(3)-27-26(3)-23(3)-22(2)-20(3)-30-32-33(2)-43(2)

G21>108-112-113-118-121-131-133-163

ROTA>46-55-56(3)-57-59(5)-69(3)-66-63(4)-62(2)-60-50-51-52-53(?)

G22>1-100-145-153-24-57-59-83-93

ROTA>4-3(3)-2-6(2)-7-8-9(4)-19(4)-17(2)-16-15-13(3)-10-22-23(2)-26(2)

G23>10-13-137-139-14-156-6-80

ROTA>4-3(2)-2(2)-1(2)-0-10(2)-12-13(2)-15(2)-16(2)-17-18-19-9(6)-6(3)

G24>147-184-2-23-51-79-81-85

ROTA>6-3(2)-2(2)-1(2)-0(2)-10(2)-12-13-14-16(3)-26(3)-27-33(2)-32-36-38

EK-2.L. İki yüz elli sipariş çapraz geçitli iki boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>128-157-163-189-222-238-79-95

ROTA>7-38-37-79-89-99-109-108-106-118-129-128-133-130(2)-140(2)-150-156-157(2)

G2>100-140-146-151-156-177-18-60-88

ROTA>5-15-17-29(2)-28(4)-25-37-38-39(4)-49(4)-48(2)-47(2)-45-57-58-59(2)-69-67

G3>139-19-199-20-212-213-214-81-82

ROTA>3-1-0(3)-11(2)-17-27-22-21-20-30(3)-31(5)-40(3)-41(3)-4651-50-61(2)

G4>115-122-193-235-242-247-56-59-80-91

ROTA>8-9(3)-19-18-29(3)-39(2)-48-59-57-69-110-130-140-150-16-161-170(2)-180(2)-180(2)-191(2)-200-201(2)-211-218-227-187(2)

G5>106-110-119-121-131-135-236-237-241

ROTA>151(2)-150-160(3)-161-162-163-165-169-179-178(2)-177-171-170(2)-180(2)-181(3)-190-191(2)-197-199(2)-189-188(2)-187

G6>148-15-155-201-204-205-206-211-47-61-8

ROTA>4-5-6-1(2)-0-10(3)-12-13-15-19-29-28(3)-27-25-20(3)-30(3)-35-38(4)-39(2)-49(2)-48(3)-58(3)

G7>129-154-162-224-31-40-67-68-78-98

ROTA>18-48-59-68(3)-78(3)-77-89(2)-88(2)-99(2)-98(2)-109-107-105-114-113-117-119-129-128-139-138(3)-149-148

G8>102-13-159-188-196-223-32-62-85-87

ROTA>22-30-31-50-60-70-71(3)-72-80-81(4)-90(3)-91-100(2)-101-115-128(2)-129-139(2)-149(2)-148-159-158-157-168

G9>11-14-161-167-181-219-22-25-28-64

ROTA>12-10(2)-21(3)-31-32-33-40(2)-41-42-50(4)-52(3)-54-62-60(2)-70-71-72-78-89-87-98(2)-97-109-108-68

G10>149-153-166-172-180-207-36-37-66-93

ROTA>16-17-39-49-48(2)-47-59(3)-58(2)-57-53-65-66-67-68(2)-69(3)-79(2)-78(3)-77(2)-89(2)-88(2)-61-32

G11>12-16-17-2-200-23-27-3-6-7

ROTA>4-2-1(3)-0(2)-10(4)-11-12-20(4)-21(2)-30(2)-31-32(2)-40-41(2)-42-50(2)-51-52(2)

G12>125-160-169-173-183-197-225-29-52-71-97

ROTA>51(2)-61(2)-70(2)-73-80(3)-87-88(3)-99(2)-97-109(4)-107(4)-103(2)-101-117-
 118(2)-119-129-128(2)-139-138-148
 G13>107-108-109-111-133-240-243-249-250
 ROTA>153-152-151(2)-150-160(3)-161-162-170(2)-171(4)-180(4)-181-182-189(2)-199-
 208-200(2)-190(2)-192
 G14>137-158-170-218-35-54-55-74-75-99
 ROTA>4-18(2)-19(2)-28(2)-27-38-37(2)-49(2)-59(4)-69(2)-68(2)-79(2)-78(2)-75-88-89-
 98(3)-108(2)-80
 G15>105-168-195-244-33-42-48-50-65-86
 ROTA>52(2)-51-60(3)-71(3)-81(4)-90(3)-100(3)-110(3)-120-131-140-150(3)-160-161-
 170-171-180-181
 G16>164-165-171-184-192-221-229-69-70-73-96
 ROTA>64-66-79-78-77-89(2)-88-85-96(2)-99(3)-109-108(2)-107-106-1113-118(2)-
 119(3)-129(3)-128(2)-127-138(3)-149-148-147
 G17>176-178-203-26-38-44-51-63-83-84
 ROTA>8-9-12-11-10-21(3)-22-30(2)-31-40-41(2)-51(2)-52-60-61-62-70-71(3)-80(2)-82-
 91(4)-101(2)-102
 G18>198-220-226-232-234-41-43-49-76-77
 ROTA>52-51-60(2)-61-70-71-72-90-91-100(2)-101(2)-103-110(2)-111-120(3)-121(2)-
 131(3)-132-140(2)-141(3)-150(2)-151
 G19>138-141-144-150-174-202-208-210-5-90
 ROTA>3-6-7-8-9-19-17(3)-15-24-26(2)-27(3)-28(2)-29-38(5)-37-48(3)-47-57(2)
 G20>136-179-182-21-24-34-45-46-53-57-94
 ROTA>0(2)-20-40-41-50-51(3)-60-70-71(3)-80-81(2)-91-92-100-101-102(2)-110-111-
 79(2)-69(3)-59-58-49-29-19-17-9
 G21>101-104-112-116-117-185-186-245-248
 ROTA>149-159(2)-158-156-153-169(4)-179(3)-177-189(4)-188(3)-187-199(2)
 G22>10-132-145-147-175-217-246-30-39-89
 ROTA>4-6-16(2)-17-19-29-39(3)-37-49-48(2)-47-59-58(2)-57-79-89-88(2)-99-97-108-
 159-179-189-199(2)-209-207-219-826-849
 G23>123-124-126-127-190-215-227-233-72
 ROTA>11-30-42-52-100-102(2)-107-109-119-129-128(2)-138(4)-137(3)-133-147-
 148(2)-141-140-121-110-111-113
 G24>1-142-143-152-209-216-4-58-9-92
 ROTA>2(3)-1-7-8-9-19(2)-18(3)-17(2)-12-27(2)-28(5)-29(2)-39(2)-38(2)-37(3)-49-48(2)

EK-2.M. İki yüz elli sipariş çapraz geçitli üç boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>101-125-132-190-194-195-198-225-231-237

ROTA>35-36(3)-37-39-49(4)-47(2)-46(2)-43(4)-42(2)-41(2)-50(2)-53(2)-56(3)-57-59(2)-69(2)-65-62

G2>193-224-33-36-37-43-52-85-94-98

ROTA>15-16(2)-17(2)-19(2)-29(2)-27-26(2)-23(4)-22(3)-20-30-33(2)-36-37-38-49(2)-46(2)-43(2)

G3>102-119-123-128-157-187-223-230-235-248-249

ROTA>36(2)-37(2)-49(3)-47-46(6)-56(2)-57-59(2)-69(2)-67-66(2)-63(2)-62-60(2)-50(4)-52(3)-53(3)

G4>172-178-217-27-51-75-86

ROTA>14-13(3)-16(3)-17(2)-19-29-27(4)-26(3)-23-22-21-30-33(2)

G5>129-136-142-192-200-222-227-58-70-84

ROTA>6-7(2)-9(3)-2-0(2)-10-12-13-36(2)-38-39(4)-49(3)-46(3)-42(3)-40-30-33

G6>146-149-164-166-179-214-215-79-81-93

ROTA>3-2(2)-1-0-10(4)-12(2)-13(3)-14-16(3)-17(2)-19(3)-29(4)-26(3)-24-23(3)-6

G7>14-161-175-18-19-30-47-56-82-96

ROTA>3(5)-6(2)-7-9(2)-19(3)-17-16(3)-13(3)-10(3)-22-23-24-26-29(2)-39-36(2)-278-283

G8>11-144-207-46-49-6-66-7-80-87-88

ROTA>5-6(4)-7(2)-8-9-19(3)-29-27(2)-2382)-22-20-30(2)-33-36(2)-37(2)-13(2)-12-10(3)-0-2-3(3)

G9>13-162-191-197-203-213-50-54-8-91

ROTA>4(2)-3(2)-6(3)-7-8-9(2)-19-17-16(5)-13(2)-10(3)-33(2)-35-36-37-38-39-49(2)-46(2)-43-42

G10>138-153-156-20-41-61-64-83-9

ROTA>4-2(2)-5-7-9(5)-19(3)-17(2)-16(4)-14-13(2)-12(2)-10-20(3)-22-23(2)

G11>1-10-15-16-17-2-23-25-4-5-89

ROTA>3(4)-2(2)-1(2)-0(7)-10(2)-12(2)-13(2)-15-16-17(3)-19-9(6)-6(6)

G12>112-115-133-186-221-228-69-72

ROTA>36-38-39(3)-49-46-45-43-42(3)-500-52(3)53-57-59-69(2)-67-66-63(4)-62(3)-60-33

G13>168-184-31-34-35-40-44-53-71-76

ROTA>3-16-17-13-25-26(2)-27(2)-29(5)-39-38-37(3)-36(3)-32(2)-30(3)-20(3)-22(2)-23(3)

G14>105-109-118-131-134-185-239-241-244

ROTA>56(3)-57(2)-59(3)-69(4)-67-63(2)-62(4)-60(3)-50(4)-51-52-53(5)

G15>124-126-127-165-188-226-229-232-73-77-97

ROTA>25-35-36-37(2)-39(2)-49(4)-47-46(5)-43(8)-42(5)-40(2)-50-33(4)-34

G16>12-140-143-148-201-204-205-209-211-3

ROTA>5-6(3)-7(2)-9(3)-19-17-16(4)-15-13-12(4)-11-10(3)-0(5)-1(2)-2-3(3)-4

G17>107-110-11-121-122-163-236-238-60

ROTA>6-13-12-46-55-56(2)-59(4)-69-67-65-63(2)-62-60(3)-50(4)-51(2)-52-53(5)

G18>137-141-145-151-152-155-174-176-200-206-218

ROTA>5(3)-6(2)-7-8(2)-9(4)-19(5)-16(5)-15(3)-12(4)-10(2)-0(2)-1(2)-2-3(2)

G19>103-104-114-189-196-233-234-242-246-247

ROTA>34-43(3)-42-40-50-52(3)-53-55-56-59-(2)-67-66(3)-63(6)-60-70-73-79-49(2)-47-46(2)

G20>159-170-171-183-42-48-63-68-74-95

ROTA 24-23(4)-22(2)-20-30(3)-32(3)-33(5)-35(2)-36(4)-37(2)-39(3)-29(3)-37-26(3)-25

G21>139-147-150-199-202-208-210-212-219

ROTA>5-7-8-9(4)-19-18-16(3)-15(2)-13(2)-12(2)-10(3)-0-1(2)-2(3)-3(2)

G22> 158-160-169-173-180-181-182-39-46-65-78

ROTA>25-26(6)-27(2)-29(5)-39(4)-37-36(2)-33(3)-32(6)-30(2)-20-21-23(4)

G23>100-167-26-28-29-32-55-59-62-67

ROTA>6-9(2)-19(2)-18-17-16-13(3)-12-11-10-20(4)-22(2)-23(4)-26(4)-27(3)-33-32

G24>154-177-21-216-22-24-38-57-90-92-99

ROTA> 6(2)-7-9(5)-19-18-17(3)-16(4)-15-13(4)-10-20(2)-22-23(2)-25-26-27(2)-29(2)-3(3)

G25>106-108-113-116-120-130-135-240-243-245-250

ROTA>55-56(5)-59(4)-69(2)-66(3)-63(6)-62(4)-60(3)-50(2)-51-52-53(4)

EK-2.N. Üç yüz sipariş çapraz geçitli iki boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>147-153-171-172-174-202-208-266-283-297-37-61-74

ROTA>107-108-128-98-97-96-89(2)-79(3)-78-77-68(3)-66(2)-65-57-58(4)-57(2)-48(4)-47(2)-38(2)-29-28(2)-26(2)-24-16-17-4-1

G2>15-17-200-214-252-265-268-28-292-295-82-83-84

ROTA>61-60-62-50(3)-51-52-40-41(5)-42-30-31-32-33-20(2)-21(3)-22-23(2)-10(4)-11(3)-12(3)-0(3)-1(3)-2(2)

G3>144-168-180-199-209-26-27-273-280-31-4-41-5-96

ROTA>99-98(2)-89(3)-88-79-78(2)-71(3)-60(4)-61-50-51-52(3)-30(3)-31-37-38(2)-28(4)-27(2)-18-17(2)-15(2)-0-1-2(2)-3

G4>10-11-13-137-14-16-2-211-23-3-60-79-8-88

ROTA>50(2)-40-41(2)-47(2)-49(2)-39(3)-38-37(3)-31(3)-30(2)-20(3)-21(3)-22-28(3)-29-18-17-15-12(3)-10(2)-0(2)-1(2)-4(2)-6-7

G5>101-102-128-130-135-178-189-220-238-289-33-44-62-86

ROTA>188(2)-179(4)-169(4)-168(2)-159(2)-158-157-156-153-150(2)-140-149(2)-148-133-130-131-120(2)-111-100(2)-101-102-90-91(2)-80-81(2)-71(4)-72-60-51-52

G6>159-182-20-204-21-22-24-51-52-53-63-76-85-87

ROTA>100(3)-101(2)-103-90(2)-91(5)-80(2)-81(4)-82-70(2)-71(4)-72-60-61(3)-50(3)-51(5)-52(2)-40(2)-41-30-31-20-10(2)-0-6

G7>158-160-161-173-213-215-251-274-39-47-7-71-95

ROTA>109(2)-108-107(2)-99-98(3)-97(3)-89-88(4)-87-80-81-71-73-79(2)-78-75-62-51-52-41-42-30(2)-31(2)-32(2)-20(3)-22-10(2)-11(3)-1-2

G8>1-154-177-193-207-277-278-281-299-35-59-66-75-91

ROTA>140(2)-130-110(2)-100-97-78(4)-69(3)-68(4)-67(2)-59(5)-58(2)-57-48(2)-47-32-39-29(2)-28-19(2)-18(3)-9(2)-8(2)-4

G9>138-141-143-152-156-18-210-293-300-55-56-80-9

ROTA>57-58-49(2)-48(4)-39(2)-38(3)-37(3)-29(2)-28(4)-27(2)-19-18-17(3)-16-9(2)-8(2)-7(2)-6(2)-2-1-0-3-4

G10>127-155-190-195-158-218-226-232-234-290-46-50-58-90

ROTA>150(4)-151-160-140(5)-141(3)-130-131(4)-132-133-120(2)-121(3)-110(3)-111(2)-102-90-80-58-49-48-39-29(2)-27-25-18-19(3)-9

G11>126-129-162-184-194-197-222-230-231-276-296-57-72-73

ROTA>158(2)-149(2)-148(6)-139-138(5)-129(2)-128(4)-127-125-114-113-110-118(4)-
117-109(2)-108(3)-107-106-96-98-79-69-47-17-9-7
G12>12-149-176-179-19-203-219-25-267-294-6-81
ROTA>77-79-69(2)-59-58(3)-52(2)-51-50-40(6)-42(2)-30(4)-31-32-20(2)-21(3)-10(4)-
11-16-9-8-0(3)-2
G13>100-115-236-240-242-244-247-254-255-259-275-287-93-94
ROTA>210(2)-211-212(2)-218-217-227-222-200(3)-201(3)-207-191(3)-180(3)-181(4)-
170(2)-171(2)-160-161(2)-150-158-78-69(3)-59(3)-58-49(3)-39-4
G14>123-165-169-170-181-183-191-192-227-229-263-284-288-38-70
ROTA>148-149-147-138(5)-137(2)-129-128(3)-127(2)-119(5)-117-113-101-102-107(2)-
108(4)-109(2)-107-105-99(3)-98(2)-98(2)-87-85-81-80-70(2)-61-62-51-56
G15>105-106-136-139-201-205-216-235-250-270-271-286-89-92
ROTA>201-200-190-191-180(4)-170(3)-171-160(2)-150(2)-153-88-78-49(2)-48-47-46-
39(2)-38(2)-37(2)-29(3)-28(4)-27(2)-19(3)-17-13-12-0-3-4
G16>103-113-117-120-132-133-186-187-228-245-246-258-260-262
ROTA>218(2)-219-209-208-207-199(7)-198(3)-197(2)-189(5)-188(2)-187(3)-180-171-
178-179(2)-177-169-168-159(2)-158(3)-157-156-147-148(2)-128(3)-113-112-106
G17>140-142-145-146-148-150-151-206-212-217-265-279-54
ROTA>59-58(2)-57(2)-49(2)-48(5)-47-39(4)-38(4)-37(2)-35-31-20(2)-28(6)-27(2)-25-16-
17-15-13-0-1-5
G18>132-134-237-241-249-298-42-43-45-48-49-65-77
ROTA>199-198-197-189-188(2)-187(3)-178-177-170-171(2)-161-162-163-141-120-
110(4)-100(5)-101(2)-103-90(4)-81(3)-70(2)-71-7-60(3)
G19>114-121-124-125-157-164-166-224-233-239-248-29-32-34-64
ROTA>199(2)-198(2)-197-189(2)-188(2)-178-168-167(2)-165-158(2)-149(2)-147-139-
138(2)-137(2)-130-129(2)-128-119-118-113-102(2)-103-105-92-80-81(2)-88(2)-77(2)-
70(2)-71(2)-60(2)-61-64-51-52
G20>107-108-111-119-131-223-243-253-256-261-36-67-99
ROTA>190(3)-191(3)-180(4)-181(3)-170(2)-171(4)-160(6)-150(2)-151(3)-153-159-149-
128-101-88-89-79-78(2)-69-68-67-59(2)-48
G21>109-110-175-188-196-221-225-282-285-291-30-68-69-97
ROTA>826-849-192-180-181(2)-182-160-161-162-150-151(2)-152(3)-157-149-148(2)-
139(3)-138(2)-129(3)-128-119(2)-118-117(2)-116-115-109-108(2)-107(2)-100-99-98-89-
88(2)-59-58-38

G22>104-112-116-118-163-167-185-257-264-272-40-78

ROTA>199(3)-198-189(2)-188(3)-179(4)-177-176-169(3)-168-159-158-157-153-140-
137(2)-123-117-109-107-99(2)-98-97-89(2)-88-78-77-68(2)-54-23

EK-2.O Üç yüz sipariş çapraz geçitli üç boyutlu depo için elde edilen sonuçlar

G1>140-167-202-212-24-282-38-5-57-66-71-90-95

ROTA>5-6(3)-9(3)-19(3)-18-17-16-15-13(2)-12(4)-10-20(2)-23(2)-25-26(3)-27-29(3)-39(2)-38-35-33-32(2)-1(2)-3(5)

G2>10-137-138-146-148-153-176-208-293-58-64-79-80

ROTA>5-6(5)-7-8-9(5)-19(3)-17-16(3)-15(3)-13-12(6)-11-10-20(2)-22-0(2)-1(3)-2(5)

G3>136-139-143-145-150-154-17-268-270-275-292-37-81

ROTA>4(2)-3-2-1(2)-0(6)-10(3)-12(3)-15(2)-16(3)-18-19-29(3)-26-22(2)-6(6)-8-9(6)

G4>111-122-130-15-206-235-252-256-261-265-269-290-300-50-9

ROTA>5-6(2)-7(4)-8-9(4)-3-2(2)-1(2)-0(4)-10-12-33(2)-43(2)-46-53-51(2)-50(4)-60(2)-62(2)-65-66-67(2)-56(3)

G5>1-155-18-204-211-214-215-279-32-6-88-91-93

ROTA>5-6(4)-7(2)8-9(4)-19(4)-17(2)-16(4)-13(5)-12(2)-10(3)-20-23-26-27(2)-3(4)-2-0(4)

G6>112-114-144-178-183-186-209-239-278-280-44-49-54-85

ROTA>5-6(3)-8-9(2)-19-16(4)-15-26(4)-27-29-23(2)-22-20(2)-30(3)-32-33(4)-36-37(3)-39-69(2)-66-63-62(4)-52(4)-0-1-2

G7>12-147-16-164-174-175-19-199-2-21-29-30-75-84-87

ROTA>5-6-7(3)-3-2-1(2)-0(3)-10(5)-12(2)-13(3)-16(5)-17(4)-19-29(2)-27-26(4)-24-23(2)-22-20-30-325-36(2)-278

G8> 106-11-119-14-156-205-213-238-245-249-8-82-89

ROTA> 4(2)-3(5)-6-7(2)-8-9(4)-19(2)-17(2)-17(2)-16(4)-13(3)-10(4)-50(3)-52-53-57-59(3)-67-66-63(3)-60(2)

G9>126-128-161-162-163-181-188-191-225-233-237-48-63

RATA> 24(2)-23-22(2)-25-26-27-39(4)-38-37(2)-36(2)-35(4)-34-33-32(3)-42(4)-43(2)-46(6)-47-49(5)-55-53(2)

G10>141-142-151-152-153-203-217-273-41-59-60-94

RATA> 5-6(4)-9(2)-19(4)-17-16(8)-15-14-13(6)-12(2)-10-20(2)-23(3)-3-2-0-(2)

G11>101-116-118-123-124-125-131-236-240-241-243-248-98

RATA>36(3)-37(2)-49(4)-46(2)-43-42(2)-55-56(4)-57-59(3)-69(4)-67-66-63(5)-62(2)-60(3)-53(4)

G12> 110-115-132-133-182-185-194-230-272-285-69-73-97

ROTA>4-23-35-(2)-36(2)-37-39(4)-49(5)-46(4)-43-41-50(5)-51-52(2)-53(2)-56(4)-57-69(2)-67-66-65-63(2)-62-60(3)-30-33

G13>104-109-120-129-135-157-160-184-187-189-196-221-250-291-7

ROTA> 23-36-38(2)-39(3)-49(3)-46(5)- 43(3)-42(2)-40()-50(6)-52(3)-55-56-59(3)-69(2)-67-66(3)-62(2)-60(4)-32(2)

G14>159-165-168-171-177-226-227-283-284-288-298-62-68-72-96

ROTA>16-17-18(2)-19-29(2)-26(4)-25(3)-23(4)-22-20(4)-30(3)-321-33(6)-35(2)-36(2)-39(2)-49(3)-46-43-42(6)-40

G15>173-192-197-193-22-228-232-263-289-296-299-77-86

RATA >17-12-27(3)-29-39(7)-38-37-36-(8)-33-32-45-46(3)-47(3)-43(5)-42(3)-40(2)-50(2)-52

G16>190-195-223-231-234-264-276-31-39-40-43-46-52

ROTA> 2-17-29(4)-26(2)-23(3)-22-20-30-32(2)-33-36(4)-37(3)-39-49(2)-47(2)-46(5)-45-44-43(3)-41-50-53(2)-55

G17>149-216-219-224-23-242-247-255-258-266-274-33-53-83

ROTA>4-3(2)-2-0(3)-10(2)-13(3)-15-16(2)-17(2)-19-29-27(3)-23(4)-36-38-49-69(2)-67(2)-63(2)-62-60-70(3)-72(2)-79-9-7(3)-6(2)

G18>166-207-218-22-277-28-294-295-35-36-47-55-56-61

ROTA>4(2)-3(5)-6(4)-9(4)-19(6)-17(2)-16(2)-14-13(3)-12(2)-11-10(3)-22(4)-23-24-25-26-27-29(4)

G19>100-13-169-170-179-180-210-271-3-34-4-42-51

ROTA> 4-3-2-0(2)-10-12(2)-13(3)-14-16(2)-19(2)-29(3)-27(2)-26(5)-23(2)-20(2)-30(2)-32(2)-33(2)-36(2)-37-39-9(3)-7-5

G20>103-107-108-113-117-134-158-172-237-246-45-65-74

ROTA>23-22-2(2)-26(2)-27(2)-29(2)-37-36-33(2)-30-50(2)-52-53(4)-57-59(4)-69(4)-66(2)-63(4)- 62(3)-73

G21>105-121-127-220-229-244-253-254-259-260-262-286-287

ROTA>34(2)-33(2)-36-37-49-46(2)-43(2)-42(3)-40-50(3)-51(2)-53(5)-56(2)-57-59(3)-69(2) 67-63(4)-62-60(5)-70(3)-72-75

G22>20-200-201-25-251-26-267-281-67-7-76-78-92-99

ROTA>3(3)-1-0(3)-10(6)-12(2)-13(3)-14-16(6)-17(2)-19(2)-29(2)-27-26(2)-23(3)-22(2)-20-30-35-37-39-9(2)-7-6

ÖZGEÇMİŞ

Yusuf Şahin 03 Ekim 1982 tarihinde Denizli’de doğdu. İlkokul eğitimini Denizli Hürriyet İlköğretim okulunda, ortaokul eğitimini Merkez İlköğretim okulunda tamamladı. Lise eğitimini Nazilli Anadolu Öğretmen Lisesi’nde tamamladıktan sonra 2000 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 2005 yılının Haziran ayında bu bölümden Endüstri Mühendisi olarak mezun olduktan sonra aynı yılın Temmuz ayında Denizli’de faaliyet gösteren bir firmada çalışmaya başladı. Özel sektörde çalışmaya devam ederken, 2006 yılı Eylül ayında Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Endüstri Mühendisliği anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2006 yılı Aralık ayından bu yana aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.