

Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Hizmetlerinde
Sefer ve Sevkiyatların Planlanması için
bir Lojistik Karar Destek Sistemi

Ümit Ali Özkazanç

DOKTORA TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mart 2008

A Logistics Decision Support System
for the Planning of Trips and Shipments
at Third Party Logistics (3PL) Services

Ümit Ali Özkazanç

DOCTORAL DISSERTATION

Department of Industrial Engineering

March 2008

Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Hizmetlerinde
Sefer ve Sevkiyatların Planlanması için
bir Lojistik Karar Destek Sistemi

Ümit Ali Özkazanç

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Aydın Sipahioğlu

Mart 2008

Ümit Ali Özkazanç'ın DOKTORA tezi olarak hazırladığı “Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Hizmetlerinde Sefer ve Sevkiyatların Planlanması için bir Lojistik Karar Destek Sistemi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Yrd.Doç.Dr. Aydın Sipahioğlu (Danışman)

Üye : Prof.Dr. Nihat Yüzügüllü

Üye : Prof.Dr. Mehmet Tanyaş

Üye : Doç.Dr. Haldun Süral

Üye : Yrd.Doç.Dr. Servet Hasgöl

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÜÇÜNCÜ PARTİ LOJİSTİK (3PL) HİZMETLERİNDE
SEFER VE SEVKİYATLARIN PLANLANMASI İÇİN
BİR LOJİSTİK KARAR DESTEK SİSTEMİ

ÜMİT ALİ ÖZKAZANÇ

ÖZET

Üçüncü Parti Lojistik (3PL) hizmeti veren bir lojistik firmasında araç turlarının belirlenmesi problemi, tek başına araç turu belirleme, araç yükleme vb. bir problem olarak düşünülmemelidir. Burada iç içe geçmiş ve birbirini etkileyen bir dizi problem vardır. Benzer kutuların bir araca yüklenmesini sağlayacak şekilde müşterilerin gruplanması, araç içi yüklemenin ve yük dağılımının nasıl olacağının belirlenmesi ve sonuçta araç turlarını belirlerken daha önce belirlenmiş olan zaman aralıklarına uygun çözüm bulunması da gerekir. Bu çalışmada, sözü edilen problemleri sıralı bir yapıda ele alan ve senaryoların üretilebilmesine olanak tanıyan bir karar destek sistemi önerilmiştir. Önerilen yaklaşım test problemleri üzerinde sınanmış, sonuçlar karşılaştırılmış ve bir 3PL firmasının geçmiş dönemlerine ait gerçek veriler kullanılarak bir uygulama yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Lojistik, Üçüncü Parti Lojistik (3PL), Karar Destek Sistemleri, Gruplama, Grup Analizi, Araç Turu Belirleme Problemi, Paketleme Problemi.

A LOGISTICS DECISION SUPPORT SYSTEM
FOR THE PLANNING OF TRIPS AND SHIPMENTS
AT THIRD PARTY LOGISTICS (3PL) SERVICES

ÜMIT ALİ ÖZKAZANÇ

SUMMARY

Problems faced by a Third Party Logistics (3PL) service provider is not only a vehicle routing or a bin packing problem. It consists of clustering/grouping suppliers, loading trucks and routing vehicles depending on time windows. A sequential approach -focusing on all these three problems- is proposed for the planning of trips and shipments within a Decision Support System. Proposed approach is analyzed and compared by test problems of the literature and the past planned trips of a 3PL firm.

Keywords: Logistics, Third Party Logistics (3PL), Decision Support Systems, Clustering, Group Analysis, Vehicle Routing Problem, Bin Packing Problem.

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim süresince, gerek derslerimde gerek tez çalışmalarımda, bana danışmanlık ederek, fikirleriyle bana yol gösteren, beni yönlendiren, sabır gösteren, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve her türlü olanağı sağlayan danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Aydın Sipahioğlu'na, tez çalışma süresince yardımlarını esirgemeyen, zor dönemlerde gösterdiği anlayış, verdiği destek ile çalışmanın oluşmasında değerli katkıları bulunan sayın Ahmet Oğuzhan Kalabak'a, değerli görüşleri ve engin bilgisiyle yardım talebimi geri çevirmeyen, destek olan, bana vakit ayıran sayın Murat Büyükkal'a, her zaman yanımda desteklerini hissettiğim öğretim üyesi değerli hocalarıma ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma tüm kalbimle en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemi sağlayan, beni her konuda destekleyen, bana güvenen, bana inanan, her zaman yanımda olan, maddi ve manevi yardımlarını benden hiçbir zaman esirgelemeyen sevgili eşime, canım anneme, bir tane babama, biricik kızkardeşlerime, eşi bulunmaz baldızlarıma, kayınvalideme ve kayınpederime, tüm aileme sonsuz minnettarlığımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZETv
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. LOJİSTİK YÖNETİMİ VE LOJİSTİK FAALİYETLER	5
2.1. Lojistik Faaliyetleri.....	6
2.2. Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Hizmeti ve Karşılaşılan Problemler	12
3. GRUPLAMA, GRUP ANALİZİ, ARAÇ YÜKLEME VE ARAÇ TURU	
BELİRLEME PROBLEMLERİ	18
3.1. Gruplama ve Grup Analizi.....	18
3.1.1 Gruplama	18
3.1.2 Grup analizi.....	24
3.2. Paketleme / Araç Yükleme Problemleri	28
3.2.1 Paketleme ve onunla ilgili problemler	29
3.2.2 Paketleme problemi çeşitleri.....	30
3.3. Tur Belirleme Problemleri	43
3.3.1 Araç turu belirleme problemi (ATBP).....	44
3.3.2 Kapasiteli araç turu belirleme (Capacitated VRP).....	45
3.3.3 Zaman pencereci ATBP (VRP with time windows)	45
3.3.4 Dönemlik araç turu belirleme (Periodic VRP)	45
3.3.5 Kısmi taşınmalı ATBP (Split delivery VRP).....	46
3.3.6 Geri taşınmalı ATBP (VRP with backhauls).....	46
3.3.7 Dağıtım / Toplamalı ATBP (VRP with pickup and delivery)	46
3.3.8 ATBP için geliştirilmiş çözüm yöntemleri	47

İÇİNDEKİLER (devamı)**Sayfa**

4. KARAR DESTEK SİSTEMİ.....	52
4.1. Karar Destek Sisteminin Gelişimi	52
4.2. Karar Destek Sisteminin Yapısı ve Özellikleri.....	54
4.3. Bilgi Tabanlı KDS ve Grup KDS	57
4.4. Araç Turu Belirlemede Karar Destek Sistemi Uygulamaları	58
5. 3PL HİZMETLERİNDE SEFER VE SEVKİYAT PLANLAMASI İÇİN ÖNERİLEN ÇÖZÜM YAKLAŞIMI VE KARAR DESTEK SİSTEMİ.....	62
5.1. Problemin Tanımı	62
5.2. Önerilen Çözüm Yaklaşımı	67
5.3. Önerilen Yaklaşımın Test Problemleri Üzerindeki Başarısı.....	71
5.4. Geliştirilen Karar Destek Sisteminin Yapısı.....	83
5.5. Önerilen Yaklaşımın Gerçek Bir Problemdeki Başarısı	98
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	110
KAYNAKLAR DİZİNİ	114
EKLER	119
ÖZGEÇMİŞ	128

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Lojistik yönetiminde bilgi ve malzeme akışı.....	5
Şekil 2.2. Lojistik yönetiminin girdi ve çıktıları.....	6
Şekil 2.3. Lojistik planlama üçgeni	10
Şekil 3.1. Genel bir gruplama örneği.....	19
Şekil 3.2. Özel amaçlı gruplama örneği.....	21
Şekil 3.3. Yapay sinirsel ağ topolojisi	27
Şekil 3.4. Katman mantığı	32
Şekil 3.5. Farklı kutu tipi örnekleri.....	39
Şekil 3.6. Kutu adedi / tipleri ile yüklü aracın üstten görünüşü.....	40
Şekil 3.7. Araç içi yerleştirilebilirlik değerini (loadmeter) yansıtan araç yüklemesi	40
Şekil 3.8. Geliştirilmiş araç içi yerleştirilebilirlik değerini (loadmeter) yansıtan araç yüklemesi	41
Şekil 3.9. Geri taşınmalı ATBP	46
Şekil 4.1. KDS'nin bileşenleri	56
Şekil 5.1. Araç kapasitesinin tamamlanamaması.....	70
Şekil 5.2. Örnek bir test problemine ait veri sayfası.....	73
Şekil 5.3. Önerilen KDS'nin model tabanı	84
Şekil 5.4. Data erişim arayüzü	89
Şekil 5.5. Planlama erişim arayüzü.....	89
Şekil 5.6. Tarih bilgisi giriş arayüzü.....	90
Şekil 5.7. Yükleme yapılacak parça ve kutu bilgileri arayüzü	90

ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)**Sayfa**

Şekil 5.8. Geri dönüşümlü veya geri dönüşümsüz küçük kutular ile sevk edilen parçaların birleştirilmesi	91
Şekil 5.9. Gruplandırma arayüzü	92
Şekil 5.10. Sevkiyat deseni	93
Şekil 5.11. Araç yükleme bilgileri	94
Şekil 5.12. Sevkiyatların bir araya getirilmesi.....	95
Şekil 5.13. Araç turlarının belirlenmesi	95
Şekil 5.14. Planlama için arayüz görüntüsü.....	96
Şekil 5.15. Sevkiyat ayrıntılarının görüntülediği arayüz	97
Şekil 5.16. Sefer zaman aralıklarının görüntülediği arayüz.....	97
Şekil 5.17. İmalatçıların gruplandırılması	102
Şekil 5.18. Tedarikçi konumları	104

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Tedarik zinciri süreci ve karar seviyeleri	11
Çizelge 3.1. Örnek sevkiyat deseni.....	25
Çizelge 3.2. Köşegenleştirilmiş örnek sevkiyat deseni.....	26
Çizelge 5.1. Gendreau test problemlerinin karakteristikleri	72
Çizelge 5.2. Test problemlerinin çözüm sonuçları	74
Çizelge 5.3. Test problemlerini çözmeye uygulanacak sıra	75
Çizelge 5.4. Test problemlerinin önerilen KDS ile çözüm sonuçları	77
Çizelge 5.5. Test problemlerine ait sonuçlar	80
Çizelge 5.6. Packagingtype data tablosu	85
Çizelge 5.7. Plandata loadstovehicle tablosu.....	86
Çizelge 5.8. Plandata parts tablosu	86
Çizelge 5.9. Plandata load tablosu	87
Çizelge 5.10. Plandata partstoload tablosu	87
Çizelge 5.11. Plandata vehicle tablosu	87
Çizelge 5.12. Location data tablosu.....	88
Çizelge 5.13. Distance data tablosu	89
Çizelge 5.14. Kutu bilgileri.....	99
Çizelge 5.15. Parça paketleme bilgileri	100
Çizelge 5.16. Tedarikçi bilgileri	101
Çizelge 5.17. İmalatçı konum ve lojistik yetenek bilgileri	103

ÇİZELGELER DİZİNİ (devamı)**Sayfa**

Çizelge 5.18. Sevkiyat günleri.....	105
Çizelge 5.19. Sevkiyat alınacak kutular.....	105
Çizelge 5.20. Sefer sayıları.....	106
Çizelge 5.21. Sefer başına taşınan toplam ve ortalama ağırlık ve hacimler.....	107
Çizelge 5.22. Ortalama loadmeter değerleri.....	108
Çizelge 5.23. Özet tablo.....	109

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
3PL	Üçüncü Parti Lojistik
ATBP	Araç Turu Belirleme Problemi
BS	İkil Sıralama (Binary Sorting)
CNN	Rekabetçi Yapay Sinirsel Ağ (Competitive Artificial Neural Net)
DRP	Dağıtım Gereksinim Planlaması (Distribution Requirements Planning)
ERP	Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning)
EÜS	Esnek Üretim Sistemleri
GKA	Grafik Kullanıcı Arabirimi
GPS	Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
JIT	Tam Zamamında Üretim (Just In Time)
KDS	Karar Destek Sistemleri
KÖ	Kutu Öncelikli
KPI	Anahtar Performans Göstergeler (Key Performance Indicators)
LLP	Lider Lojistik Hizmet Sağlayıcı (Lead Logistics Provider)
MRP	Malzeme Gereksinim Planlaması (Materials Requirement Planning)
RFID	Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio Frequency Identification)
TÖ	Tedarikçi Öncelikli
UDS	Uzman Destek Sistemleri
ZDS	Zeki Destek Sistemleri

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzde işletmeler, asıl işleri olan üretime odaklanabilmek amacıyla, gerçekleştirilmesi gereken lojistik faaliyetlerini “3’ncü Parti Lojistik (3PL) Hizmet Sağlayıcı” olarak tanımlanan uzman firmalara bırakmayı tercih etmektedir. Söz konusu lojistik faaliyetleri genel olarak; araçlar, gemiler, yükleme/boşaltma yerleri ve elemanları gibi kaynakların en iyi şekilde planlanması, çizelgelenmesi ve etkin kullanımı olarak ifade edilebilir. Bu tür faaliyetleri üstlenen uzman bir 3PL ortağı, aslında daha çok üst seviyede veya stratejik anlamda “tedarik zinciri yönetimi”nin bir parçasını üstlenmiş olmaktadır.

Lojistik kararlar stratejik, taktik ve operasyonel olmak üzere üç sınıfa ayrılabilir. Stratejik kararlar, uzun süreli etkileri olan büyük maliyetli kararlardır ve lojistik sistemlerinin tasarımını içerir. Tesis yerleşiminin belirlenmesi, kurulacak depoların yerlerinin ve kapasitelerinin belirlenmesi, araç filosu büyüklüğünün belirlenmesi vb. gibi faaliyetler buna örnek olarak verilebilir. Taktik kararlar, orta dönemli kararlardır ve kaynaklarının işlemlere tahsis edilmesi, üretim ve dağıtım planlarının, sevkiyat sıklığının, depolama alanı büyüklüğünün belirlenmesi gibi konuları içerir. Operasyonel kararlar ise günlük veya kısa zaman aralıklarıyla sürekli verilmesi gereken kararlardır ve dar bir ufka/etkiye sahiptir. Araç turlarının belirlenmesi, müşteri sevkiyatlarının planlanması, araç içi ürün yerleşiminin belirlenmesi gibi faaliyetler örnek olarak verilebilir.

Uzman 3PL ortağı anlaşmaya göre bu faaliyetlerin bir kısmında görev alabilir. Ama bütün bu faaliyetleri etkin ve verimli olarak gerçekleştirebilmek için niceliksel yöntemlerin kullanılması gerekir. Bunun için eniyileme, benzetim, kıyaslama (benchmarking) gibi değişik teknikler kullanılabilir. Öte yandan bu tür niceliksel tekniklerin kullanıldığı bir karar destek sisteminin olması ise sistemin izlenmesi ve kontrolünü sağlayacak, genel olarak sistemdeki karar verme etkinliğini arttıracaktır.

Tam zamanında üretim gerçekleştirmeyi hedefleyen bir firma ve 3PL hizmeti veren bir servis sağlayıcı için en önemli lojistik problemlerinden biri, gerek duyulan hammadde ve yarı mamullerin tam zamanında işletmede olmasını sağlamaktır. Bu o kadar kritik bir konudur ki herhangi bir planlama hatasında üretimin durması gibi çok ciddi sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle de çok iyi bir planlama yapılmasını gerektirir. Bu aşamada birkaç tür problem ortaya çıkar. En önemlisi, araçların belli bir zaman aralığı içinde tedarikçilere uğrayarak istenen hammadde ve yarı mamulleri toplaması ve bunları yine istenen bir zaman aralığında firmaya getirmesidir. Yani hangi aracın, hangi tedarikçilere, hangi sırayla ve ne zaman uğraması gerektiğinin belirlenmesi gerekir. Literatürde bu tip problemler genel olarak araç turu belirleme (Vehicle Routing Problem-VRP) başlığında incelenmektedir. Ama problemin yapısına göre çeşitli alt başlıklar da tanımlanmıştır. Örneğin araçların hangi zaman aralıklarında nerelerde olması gerektiğinin belirlendiği problem, zaman pencereci araç turu belirleme problemi (Vehicle Routing Problem with Time Windows-VRPTW), talebin farklı araçlarla birkaç defada karşılandığı problem kısmi taşımali araç turu belirleme problemi (Split Delivery Vehicle Routing Problem) olarak isimlendirilmiştir.

Karşılaşılan diğer problemler ise, araç filosunun hangi araçlardan oluşması gerektiğinin belirlenmesi ve araçların taşıma ve hacim kapasitesi açısından en verimli şekilde kullanılmalarını sağlayacak yükleme planlarının belirlenmesidir. Bunlar da literatürde Fleet Composition ve Truck Loading veya Cargo Loading gibi isimlerle anılmaktadır. Ayrıca, araç içi yüklemelerde yükün araç içindeki dağılımının da dengeli olması, seyir güvenliği açısından bir gerekliliktir. Özellikle ürünlerin tedarikçilerden toplanmasının gerektiği lojistik probleminde bir de toplanacak kutuların veya kutuların üst üste konulabilirliği sorunu ortaya çıkar. Dolayısıyla, araç turlarını belirirken tedarikçilerin benzer veya üst üste konabilir kutulara sahip olmalarına da dikkat etmek gerekir. İşin asıl zor yanı, bu problemlerin bir 3PL için her gün çözülmesi gerekliliğidir ve ne yazık ki sözü edilen problem türlerinin hiç biri kolay çözülebilir problem değildir. Bunun yanısıra sistemde yüzlerce ürün, onlarca tedarikçi ve aracın olduğu düşünülürse, bütün bunların izlenmesi ve yönetilmesi için de güçlü bir bilgi sisteminin kullanılması gerekliliği açıktır. Sonuç olarak bütün bu problemleri güvenilir yöntemlerle çözecek ve

bilgi akışını düzenleyerek sistemin yönetilmesini sağlayacak bir karar destek sisteminin olması, bir 3PL için neredeyse hayati öneme sahip görünmektedir.

Günümüzde bir 3PL ortak için sözü edilen problemleri bir arada ele alan ve sıralı çözüm öneren bir yaklaşım görülmemekte, genellikle bu problemlerin araç yükleme planını belirleme, tur belirleme, filo kompozisyonunu belirleme veya araç içi yükleme planlarını belirleme gibi ayrı problemler halinde incelendiği görülmektedir. Ancak bu problemlerin hepsi NP-zor sınıfındadır. Bu yüzden daha önce sözü edilen koşulların hepsini dikkate alarak bir çözüm bulmak çok daha zor bir problemdir. Kısacası 3PL, zaman aralıklarının olduğu bir durumda hem araç turlarını belirlemeye ve hem de araç kapasitelerinin (ağırlık ve hacim olarak) mümkün olduğunca verimli kullanılmasını sağlamaya çalışmaktadır. Kutuların üst üste konulabilirliklerini gözeterek yüklemenin seyir güvenliğini tehdit etmeyecek şekilde olmasını garantilemek de bir diğer koşuldur.

Lojistik firmalarının karşılaştığı bir diğer önemli sorun da, sevkiyat deseninin genellikle çok dinamik ve öngörülemez olmasıdır. Çoğunlukla her gün farklı tipteki ve miktarlardaki malzemelerin farklı tedarikçilerden alınması (veya müşterilere gönderilmesi) gerekir ve genellikle de ortada tekrar eden bir desen yoktur. Bu nedenle eldeki bilgilerin izlenmesini sağlayacak ve hızlı çözümler üretebilecek bir bilgi sisteminin geliştirilmesi gerekliliği vardır.

Bu çalışmada 3PL hizmeti verecek lojistik firmaları için, yukarıda sözü edilen eksiklikleri giderecek şekilde, zaman tabanlı araç turu belirleme, araç yükleme ve müşteri gruplama problemlerini bir arada ele alarak çözümler öneren bir yaklaşım önerilmekte ve bunlar bir karar destek sistemi olarak sunulmaktadır.

Bu çalışmada ele alınan problem, “Lider Lojistik Hizmet Sağlayıcı” (LLP) kavramı dâhilinde yürütülen çok duraklı malzeme toplama süreci (milkrun) için günlük ihtiyacı aşmayacak şekilde, araç kapasitelerinin mümkün olduğunca iyi kullanılmasını sağlayan ve istenen zaman aralıkları ile uyumlu araç rotalarını/çizelgelerini oluşturmak” olarak ifade edilebilir. Bu düşünceyle, problem 3 ana safhada ele alınmıştır.

- o Fiziki yerleşim noktaları ile toplanacak ürünlerin benzerliklerini ve ürünlerin araç içinde yerleştirilebilirliklerini dikkate alarak, tedarikçilerin

gruplandırılması (böylece kutuların üst üste konulabilirlikleri dikkate alınmış olacaktır),

- o Gruplandırılan tedarikçiler için zaman aralıklarına uygun olarak araç turlarının ve araç içi yükleme planlarının belirlenmesi,
- o Gruplama, araç yükleme ve araç turlarını belirleme yöntemlerini bir arada kullanarak alternatifler üreten, sistemdeki veri ve bilgilerin etkin olarak izlenmesini sağlayan bir Karar Destek Sistemi'nin tasarlanması.

Bu sınıflandırmaya bağlı kalınarak çalışmanın ikinci bölümünde genel olarak lojistik ve 3PL kavramlarından söz edilmiş ve bir 3PL firması için söz konusu olabilecek problemler hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde öncelikle gruplandırma (clustering), grup analizi (köşegenleştirme), paketleme (araç yükleme problemi) ve daha sonra araç turu belirleme problemi incelenmiş, karar destek sisteminde kullanılacak algoritmalar tanıtılmıştır. Özellikle taşınacak ürünlerin araç içine nasıl yerleştirileceklerini belirlemede kullanılan loadmeter kavramının genişletilerek probleme nasıl uyarlandığı açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, genel olarak karar destek sisteminin özelliklerinden ve özelde lojistik alanında nasıl kullanıldığından bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde, ele alınan problem detaylı olarak tanımlanmış ve önerilen çözüm yaklaşımı açıklanmıştır. Ayrıca önerilen çözüm yaklaşımının literatürden elde edilen test problemleri üzerindeki başarısı gösterilmiş, bu çözümleri elde etmek için geliştirilen karar destek sisteminin bütün bileşenleri ayrıntısıyla açıklanmıştır. Son olarak, önerilen çözüm yaklaşımının ve geliştirilen karar destek sisteminin, bir 3PL firmasına ait gerçek veriler üzerinde uygulaması yapılmış ve elde edilen başarılı sonuçlar verilmiştir.

Altıncı ve son bölüm olan, sonuç ve önerilerde ise, elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirilmiş, sağlanan katkı belirtilerek, ileride yapılabilecek çalışmalar için öneriler verilmiştir.

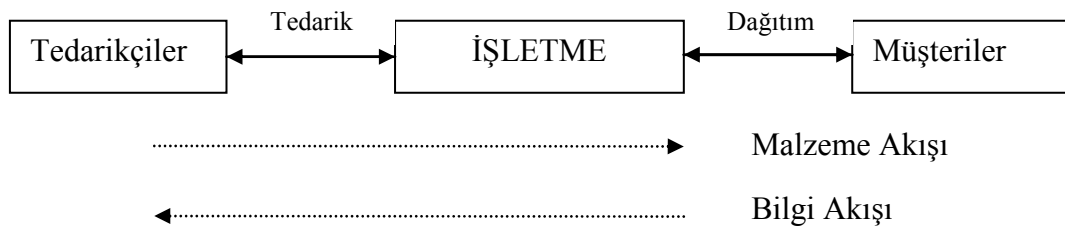
BÖLÜM 2

LOJİSTİK YÖNETİMİ VE LOJİSTİK FAALİYETLER

Lojistik; tedarikçiler ile müşteriler arasında, hammaddenin elde edilmişinden işlenmesine, tamamlanmış ürünün çevrimine veya yok edilmesine kadar olan tüm süreçte mal, bilgi ve ödeme akışı ile ilişkili faaliyetler bütünüdür. Tedarik zinciri ise tedarikçileri, tesisleri, depoları, müşterileri birbirine bağlayan fiziksel yapıdır ve bunlar arasında gerçekleşen mal ve bilgi akışını kapsar.

1962 yılında kurulmuş olan ve lojistik yöneticileri, eğitimcileri ve uygulamacılarından oluşan profesyonel bir organizasyon olan Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi'nin (Council of Supply Chain Management Professionals) lojistik tanımı ise şöyledir: “Müşteri gereksinimlerini karşılamak amacıyla malların, hizmetlerin ve ilgili bilginin başlangıç noktasından tüketim noktasına kadar etkin ve verimli akışının ve saklanması planlanması, uygulanması ve kontrolü sürecidir.” (Ballou, 2003).

Kısacası sistemde mal ve hizmet akışının yanısıra bilginin akışı da önemlidir. Bilgi ve hizmet akışının lojistik yönetimindeki rolü Şekil 2.1’de gösterilmiştir (Christopher, 1998).



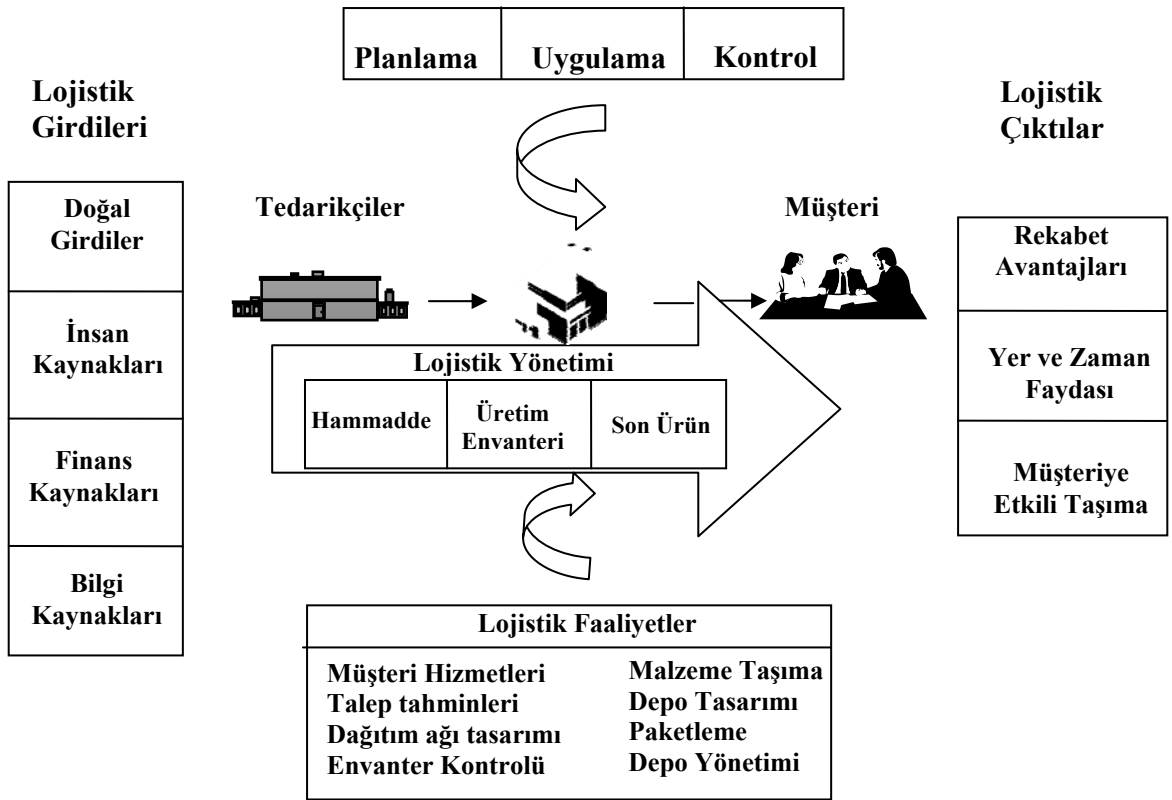
Şekil 2.1. Lojistik yönetimde bilgi ve malzeme akışı

Lojistik faaliyetler bütünlük ve kapsamlıdır. Tedarikçiler, stoklar, müşteriler, amaçlar, üretim birimleri, ülkeler, servis kanalları, ürünler, zaman aralıkları vb. lojistik

faaliyetlerin bileşenleri olarak sayılabilir ve her bir bileşen bir diğeri ile etkileşimlidir. Bir lojistik yönetimi sisteminde hem ürün hem de bilgi akışı söz konusudur ve her ikisinin de planlanması gerekir. Bu nedendir ki, lojistik, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için, ilk noktadan tüketimin gerçekleştiği noktaya kadar, etkili ve verimli bir şekilde mal, hizmet ve bununla ilgili tüm bilginin akışının ve depolanmasının planlanması, yürütülmesi ve kontrol edilmesi sürecidir (Lambert, et al., 1998).

2.1. Lojistik Faaliyetleri

Lojistik; müşteriler, tedarikçiler ve firmalar için “değer” yaratan faaliyetler bütünüdür. “Değer” ile kastedilen “zaman” ve “yer”dir. Ürünlerin veya hizmetlerin temel olarak doğru zamanda ve doğru yerde olmaları sağlanmadıkça bir değeri yoktur. Şekil 2.2 lojistik yönetimi sisteminin, girdi ve çıktılarını göstermektedir (Lambert, et al, 1998).



Şekil 2.2. Lojistik yönetiminin girdi ve çıktıları

Lojistik, doğal kaynakları, insan kaynaklarını, finansal kaynakları ve bilgi kaynaklarını kullanır. Tedarikçiler, işletme içerisinde hammadde, üretim içi stok ve son ürünler şeklinde sınıflandırılan malzemeleri sağlarlar. Yönetim faaliyetleri, lojistik faaliyetleri için planlama, uygulama ve kontrol süreçleriyle çatıyı oluşturur. İşletmenin rekabet avantajı sağlaması, zaman ve yer faydası ve müşteriye verimli hareketi de lojistiğin çıktılarıdır. Bu çıktıların sağlanabilmesi için de birtakım lojistik faaliyetlerin gerçekleştirilmesi gereklidir.

Lojistik, malzemelerin firmaya giriş hareketini, firma içerisindeki hareketini ve birtakım operasyonlardan sonra meydana gelen ürünlerin müşteriye ulaştırılması hareketini inceleyen oldukça dinamik ve geniş kapsamlı bir alandır. Tüm bu hareketlerin koordinasyonunun sağlanabilmesi için işletme içerisinde birçok faaliyet gerçekleştirilmektedir. Bunlar, ana faaliyetler ve destek faaliyetleri olarak sınıflandırılabilir (Ballou, 2003).

o Ana Faaliyetler

1. Müşteri Hizmet Standartları

- Müşteri istek ve ihtiyaçlarını tespit etmek
- Bir hizmete verilen müşteri tepkilerini takip etmek
- Müşteri hizmet seviyelerini tanımlamak

2. Taşıma

- Taşıma şekli ve sağlayıcı seçimi
- Nakliye konsolidasyonları kararı
- Araç rotalama
- Araç planlama
- Donatım ve ekipman seçimi
- Sigorta işlemleri
- Ücret, navlun bedellerinin kontrolleri

3. Envanter yönetimi

- Ham madde ve bitmiş ürün stok politikalarının belirlenmesi
- Kısa dönemli satış tahminlerinin yapılması
- Stok noktalarındaki ürün karışımlarının belirlenmesi
- Stok noktalarının hacimleri, sayıları ve yerlerinin tespiti
- Tam zamanında üretim, itme ve çekme sistemleri stratejilerinin seçimi

4. Bilgi akışı ve sipariş süreci yönetimi

- Satış talebi – envanter arayüzü prosedürlerinin belirlenmesi
- İş emri bilgilerinin aktarım metodunun seçimi
- İş emri kuralları tanımlanması

o Destek Faaliyetleri

1. Depolama

- Depo alanı-hacmi belirleme
- Stok alanı tasarımı ve dok dizaynı
- Depo konfigürasyonu
- Stok yerleşimi

2. Malzeme taşıma

- Ekipman seçimi
- Ekipman yenileme politikası
- Sipariş toplama prosedürleri
- Stok için yerleştirme tekrar bulup getirme

3. Satın alma

- Tedarik kaynağı seçimi

- Satın alma zamanlaması
- Satın alınan miktarların tespiti

4. Koruyucu paketleme

- Taşıma
- Stoklama
- Hasar ve kayıpları önleyen tasarımlar geliştirmek

5. Üretim ile işbirliği yaparak

- Toplam adetleri belirlemek
- Üretim çıktısının sıra ve zamanlamasını oluşturmak

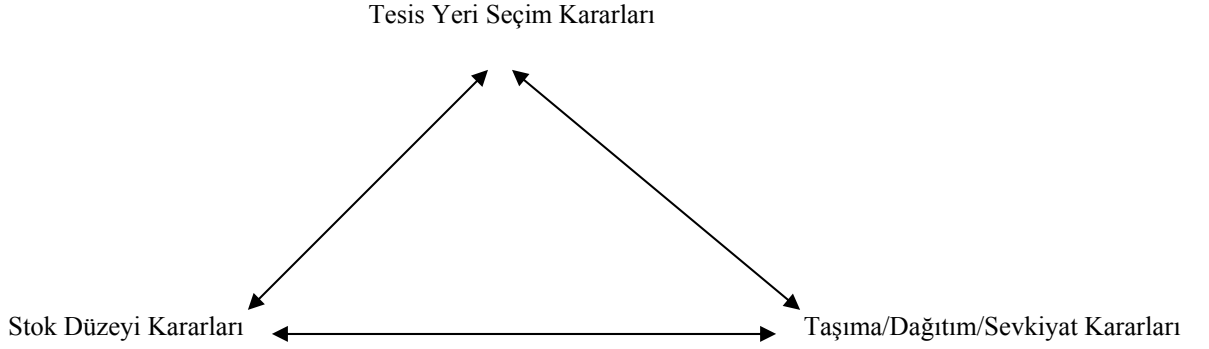
6. Bilgi yönetimi

- Bilgi toplama, depolama ve kullanma
- Veri analizleri
- Kontrol prosedürleri

Lojistik, farklı alanlarda karar verme gerekliliklerini de içerir. Genel olarak 3 ana başlık altında toplanabilecek kararlar şunlardır (Stadtler and Kilger, 2000):

- Tesis Yeri Seçim Kararları,
- Stok Düzeyi Kararları,
- Taşıma/Dağıtım/Sevkiyat Kararları.

Bu kararlar ayrıca kendi aralarında Şekil 2.3'de gösterilen lojistik planlama üçgeni ile de gösterilebilir.



Şekil 2.3. Lojistik planlama üçgeni

Bu kararlar, tesis içi ve tesisler arası olarak da kendi içinde sınıflandırılabilir.

Tesis içi kararlara örnek ;

- Depo içindeki malzeme taşıma sisteminin tümüne karar vermek,
- Depo içinde parçaların konacağı yerleri belirlemek,
- Ürünler için güvenlik stoğu seviyesini belirlemek.

Tesisler arası kararlara örnek;

- Depoların nereye kurulacağını belirlemek,
- Müşterilere dağıtım yapan / toplayan araçların rotalarını oluşturmak,
- Coğrafi yapıya uygun olarak hangi müşterinin malzemesinin, hangi depoda saklanacağını planlamak.

Farklı bir bakış açısından, lojistik kararların uygulama ve faaliyetler yönü ile ele alınan seviyeleri Çizelge 2.1’de gösterilmektedir (Gayialis and Tatsiopoulos, 2004).

Lojistik faaliyetler bütünü içinde karşılaşılan bu problemler, karmaşık ve çözümü zor problemlerdir. Doğru kararlar verilmesi ve/veya iyi çözümlerden hareketle faaliyetlerin yürütülmesi sayesinde, rekabetçi üstünlük, daha yüksek müşteri tatmini, düşük maliyet, yüksek hizmet ve ürün kalitesi sağlanabilecektir.

Karar verme süreci içinde, Lojistik Planlama Üçgeni’nde yer alan tüm bileşenler önemli olmakla birlikte, operasyonel düzeyde kaynakların doğru kullanılması adına taşıma/sevkiyat/dağıtım faaliyetlerinin doğru planlanması, çizelgelenmesi ayrı bir önem arz etmektedir ve diğerlerinden bir adım öne çıkmaktadır.

Çizelge 2.1. Tedarik zinciri süreci ve karar seviyeleri

	Tedarik Zinciri Planlama	Nakliye Planlaması	Sevkiyat Planlaması	Araç Rotalama	Depolama
Stratejik	Tesis Yeri Seçimi	Tesis Yeri Seçimi	Dış Kaynak Kullanımı	Filo Büyüklüğünün Belirlenmesi	Depo Yerleşimi
	Kapasite Büyüklüğü Belirleme	Filo Büyüklüğü Belirlenmesi	Maliyet Analizi	Hizmet Günlerinin Dengelenmesi	Malzeme Taşıma Sistemi Tasarımı
	Kaynak Kullanımı	Dağıtım Merkezlerinin Yerinin Belirlenmesi	Filo Büyüklüğü Belirlenmesi	Frekans Analizi	Kontrol Sistemleri
Taktik	Üretim Planlaması	Nakliye Stratejisi	Yük Birleştirme Stratejisi	Rotalama Stratejisi	Stoklama Alanı Tahsisi
	Kaynak Kullanımı	Dağıtım Ağının Belirlenmesi	Sevkiyat Frekansı Stratejisi	Alan Tahsisi	Sipariş Toplama/Alma Stratejileri
	Stok Planlama				
Operasyonel	Malzeme Gereksiniminin Planlanması - MRP	Yük Birleştirme	Sevkiyatların Dağıtımı	Araçların Sevkiyatlara Atanması	Sipariş Toplama/Alma
	Dağıtım Gereksiniminin Planlanması - DRP	Zamanlama ve Malzeme Hareketlerinin Zamanlaması ve Büyüklüğü			
	Kurumsal Kaynak Planlanması - ERP				

2.2. Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Hizmeti ve Karşılaşılan Problemler

Müşterilerin ve firmaların tedarik zinciri içinde temel lojistik faaliyetlerinden bir veya birkaçının başka bir firma tarafından üstlenilmesi ile ortaya çıkan hizmet, “3 ncü Parti Lojistik” olarak tanımlanmaktadır (Çancı ve Erdal, 2003). Üretici şirket açısından alınan hizmet “3 ncü Parti Lojistik” (3PL) olarak tanımlanan bir ortağa devredilmektedir.

3PL, üretimin gerçekleşmesi için gerekli her türlü malzeme akışının “sorumlu lojistik ortağı” tarafından gerçekleştirilmesidir. Burada, belli bir bölgede farklı noktalarda bulunan tedarikçilerden, günlük malzeme sevkiyatının doğru ve düzgün bir şekilde sağlanması önem arz etmektedir. Daha az stok tutma, buna bağlı olarak stoğa daha az para ve yer ayırma, üretim hattına düzgün ve istenen nitelik/miktarda malzemenin istenen zamanda akışını zorunlu kılmaktadır. Aslında, bu daha çok üst seviyede veya stratejik anlamda bir “tedarik zinciri yönetimi”nin bir parçasıdır. Operasyonel seviyede, araç filosunu kullanarak mevcut tedarikçilerden malzeme toplama işleminin en verimli şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu durum, çoğu kez bir “araç turu belirleme problemi” olan “çok duraklı malzeme toplama” süreci (milkrun) olarak karşımıza çıkmaktadır.

3PL şeklinde isimlendirilen lojistik sağlayıcılar deneyimleri, var olan fiziksel ve bilgi teknolojisi kaynakları gibi getirileriyle işletmelere esneklik, maliyet düşürme, rekabet gücü sağlama gibi faydalar sunmakta ve onları kendi asıl işlerini yapmaya itmektedir.

Lider Lojistik Hizmet Sağlayıcı (LLP), bir üçüncü parti lojistik hizmeti tedarikçisidir. Lojistik hizmet sağlayan ile hizmet alanının birlikte kurduğu bir stratejik iş ortaklığı sürecidir. En genel anlamda, verilen hizmetlerin tamamına yansıtılan üçüncü parti lojistiğinin (3PL) farklı bir algılama biçimidir. LLP kavramının özünde stratejik iş ortaklığı ve lojistik sağlayıcılara öncü olmak fikri vardır. Tüm süreç üzerinde bilgi sahibi olan sağlayıcı, JIT felsefesine uygun olarak hareket eder.

LLP sürecinde 3PL sağlayıcısının faaliyet alanı, inbound (üretim hattına) malzeme akışının sağlanmasıdır. Tüm bu süreç dâhilinde 3PL sağlayıcısının verdiği hizmetler şöyle sıralanabilir:

- Üretim birimlerine gelen (inbound) lojistik ağının planlanması
- Tam zamanında malzeme tedariki için güzergâhların bulunması
- Malzeme yükleme ve teslimatlar için zaman dilimlerinin oluşturulması
- Yükleme formlarının tedarikçilere dağıtılması
- Çizelgelenmiş taşımaların izlenmesi
- İkmal ve malzeme planlama koordinasyonu
- Tedarikçiler ve ana imalatçı için süreç performanslarının ölçülmesi
- Sistem geliştirme
- Sürekli iyileştirme
- Geri dönüşümlü konteyner / kutu yönetimi

3PL sağlayıcısının yalın lojistik dâhilinde uygulamaya koyduğu hizmetlerin başında, çok duraklı malzeme toplama (milkrun) gelir. Aslında milkrun LLP sisteminin kullandığı bir yöntemdir. Tedarikçilere ayrı ayrı araç gönderilerek gerekli parçaların toplanması yerine, tedarikçi gruplarından belirli rotalar ve sıralarda mümkün olduğunca en az araçla parça toplama işleminin gerçekleştirilmesidir (Simchi-Levi, et al., 2003).

Sürekli sevkiyat yapısında ana sanayinin hangi tedarikçiden ne kadarlık parça gereksinmesi duyduğu, bunu hangi aralıklarla yaptığı, tedarikçilerin coğrafi açıdan konumları, kullanılan taşıtların (kamyon, tır vb.) aldıkları hacimler gibi ölçüler kullanılarak öncelikle bir analiz yapılması kaçınılmazdır. Sonrasında tedarikçiler için araç rotaları – ki bu rotalarda geri dönen konteynerlerin yükleme ve boşaltılması da dikkate alınır- belirlenmeye çalışılmaktadır. Sonraki süreçte bu araçlar üretim noktasına varıncaya kadar izlenmektedir.

Milkrun yapısının uygulamaya konulmasının sistem üzerindeki avantajlarından bazıları şöyle sıralanabilir:

- Zaman kazancı
- Nakliye maliyeti tasarrufu

- Sistem içersinde paketlerin dönüşü
- Sevkiyat zamanları üzerinde kontrol
- Araç yükleme/boşaltma yerlerindeki birikmenin önlenmesi

Tam Zamanında Üretim (Just in Time) esaslarını benimsemiş bir ana sanayi, üretimini buna göre planlar ve aylık olarak bu üretim planlarını kendi internet ortamında tedarikçileri ve 3PL sağlayıcısı ile paylaşır. Ancak başta da belirtildiği gibi hazırlanan bu üretim planları tam zamanında üretimden dolayı sürekli olarak revize edilir ve tedarikçilerden yenilenen planlara göre malzeme çekilir.

3PL sağlayıcı ve tedarikçiler sevkiyat planlarını eş zamanlı olarak görürler, süreç içerisinde üretim planlarına dayanarak 3PL sağlayıcı planların sanal ortamda yayınlanması ile beraber tedarikçilerden malzeme istemeye, onlardan teyit almaya başlar. Bu arada konteyner dönüşleri de göz önüne alınarak araç rotalama işlemleri LLP tarafından yürütülmektedir. Araçların yol boyunca nerede oldukları, istenilen sürede üretim hattına ürün verebilme durumları sürekli olarak LLP ofis tarafından kontrol edilmektedir.

LLP sisteminin olmadığı sistemlerde sevkiyatlar tedarikçi kontrolünde, bu bağlamda da ana sanayi içerisinde daha kontrolsüz gerçekleşmektedir. Beslenen hattın durdurulması veya stok tutmak zorunda kalınması gibi dezavantajlar oluşabilir. LLP ile birlikte, tedarikçiler ve nakliye süreci sürekli kontrol altına tutularak, olası problemleri elimine edilmektedir.

Tedarikçi kontrolündeki sevkiyatta, malzemelerin hatta ulaşma sürelerindeki belirsizlik, lojistik hizmet sağlayıcının, süreci ve süreçteki birimleri sürekli izlemesi sonucunda, belirlenmiş zaman aralıkları ile haftalık yerine günlük ve saatlik programlı sevkiyatlar ile kontrol altına alınmaktadır.

Taşınan miktarların günlük ve saatlik oluşu taşınan parçanın hacimsel ve/veya sayısal olarak indirgenmesini, bu da doğal olarak stoklarda 10 günden 1-2 günlük stoklara gerilemeyi tetiklemektedir.

Üretim planlarına göre bir sonraki gün için oluşturulan yükleme formunun belirtilen saate kadar tedarikçiye 3PL hizmet sağlayıcı tarafından iletilmesi gereklidir.

Yükleme formunu alan tedarikçi kendi mevcut stok ve üretim durumuna göre formu doğrular veya yaşanan/yaşanabilecek aksilikle ilgili yine LLP ofisine bildirir. Herhangi problemlili bir durumun olmaması halinde aracın yüklenmesine eş zamanlı olarak 3PL hizmet sağlayıcıya ve hizmet verilen ana sanayine, bilgiler tedarikçi tarafından ayrı ayrı ulaştırılır.

Beklenen kazanımlar şöyle özetlenebilir:

- Günlük teslimat ortamında daha düşük taşıma maliyeti
- Kooperatif ve nakliyecili firmalarla koordinasyon ihtiyacının ortadan kalkması
- Belirlenmiş zaman aralıklarında yükleme
- Daha etkin kaynak kullanımı
- Kontrollü akış nedeniyle daha az acil gönderi
- Yükleme kontrol formu sayesinde daha basit miktar kontrolü
- Sürekli ürün akışı

Sistem ile ilgili ana performans (KPI-Key Performance Indicators) kriterlerinden birkaçı ise şöyledir:

- Zaman Aralığı Kriterleri (Time windows performance)
- Üretim merkezi zamansal performans ölçütleri (In plant time window performance)
 - Malzeme alım noktalarında harcanan zaman (Time spent at the receiving gate)
 - Boşaltma için harcanan zaman (Time spent for unloading material)
 - Boş konteynerleri yüklemek için harcanan zaman (Time spent for loading empty containers)
- Paketleme eniyileme etkinliği (Packaging optimization efficiency)

- Paketlemeden kaynaklanan taşıma kayıpları (Transportation volume lost due to packaging constraints)
 - Taşıma Etkinliği (Transportation efficiency)
 - Teslimat Sıklığı (Delivery frequency)

Bu noktada, LLP için sevkiyatların planlanması problemi tek başına bir araç yükleme (truck loading) veya araç turu belirleme (vehicle routing) problemi olarak düşünülemez. Yüklenecek kutulardan farklı olarak hangi noktalara uğranacağı da ortaya konmaktadır, problem sadece standart kutular ile araçta en az yer kalacak şekilde yükleme yapmak değildir, hangi müşterilerden hangi sıra ile alınacağı problemini de içinde barındırmaktadır.

Problem bu bağlamda, 3PL sağlayıcısının yalın lojistik faaliyetleri dâhilinde uygulamaya çalıştığı çok duraklı malzeme toplama (milkrun) süreci, kendi içinde 3 alt problemi içermektedir. Bunlar:

- Gruplama / Grup Analizi [Clustering / Group Analysis]
- Paketleme /Araç Yükleme [Bin Packing / Truck Loading]
- Araç Turu Belirleme / Rotalama [Vehicle Routing Problem]

Problemi, tüm bu noktaları ile birlikte ele alıp ortak bir zemine oturtan bir yapıya ve bunu temel alarak çözüm aşamasında arka planda akıllı algoritmalar kullanan karar destek sistemine olan ihtiyaç kaçınılmazdır.

Literatürde, araç turu belirleme ve araç yükleme problemini birlikte ele alan bazı çalışmalar vardır. Palekar (2004), Gendreau ve diğerleri (2006) ve Doerner ve diğerleri (2007) anılması gereken birkaç çalışmadır.

Palekar (2004), araç yükleme problemini 2 boyutlu olarak ele almış ve farklı firmaların yüklerinin kendi içinde birbirleri üzerine konamayacağını varsaymıştır. Bu bağlamda, problem, 2 boyutlu bir sırt çantası (knapsack) problemi olarak modellenmiş ve eş zamanlı olarak 100 şehirden oluşan araç turu belirleme problemine “column generation” yaklaşımı ile çözüm aranmıştır. Araç yükleme problemine sırt çantası (knapsack) mantığı temelinde yaklaşıldığı için yükler arasında üst üste konulabilirlik esaslı yakalanabilecek sinerji göz ardı edilmiştir.

Gendreau ve diğeri (2006) tarafından yapılan çalışmada, 2 boyutlu yükleme problemi kapsamında, yükleme kısıtları alt probleminin çözümü için bir yasaklı arama algoritması önerilmiştir. Benzer bir çalışma Doerner ve diğeri (2007) tarafından da yapılmıştır. Önerilen yaklaşım orman ürünleri imal eden bir firmanın gerçek hayat problemine uyarlanmıştır. Çalışmada yükleme kısıtlarını, paralel makine çizelgelemesi ile ilişkilendirerek dikkate alan yasaklı arama ve kazanım tabanlı (savings-based) karınca algoritması önerilmiştir. Her iki çalışmada da dikkati çeken noktalar sırasıyla şunlardır:

- Önce olası araç turları belirlenmekte, takiben tur içinde yer alan firma ve yüklerine bağlı yükleme kısıtlarına göre tur sırası veya tur içindeki firma sayısı güncellenmektedir.
- Araçlar için müşterilere uğramada uyulması gereken zaman aralıkları göz ardı edilmektedir.
- Farklı kasaların (kutuların) üst üste konulabilme koşulları (kutuların benzerliğinden yararlanma) göz ardı edilmektedir.
- Kutuların araç içine nasıl yerleştirileceği konusunda bir yöntem önerilmemektedir. Özellikle araç yük dağılımı ve belli noktalara istenenden fazla basınç gelmemesi sağlamak gibi koşullar dikkate alınmamaktadır.

Bu çalışmada problem, gruplama, araç yükleme ve rotalama başlıklarında 3 ayrı alt problemin birlikte düşünülmesi şeklinde ele alınmıştır. Amaç, tanımlanmış zaman aralıklarına uygun sevkiyatı sağlayacak araç turlarının belirlenmesidir. Ayrıca kutuların üst üste konulabilirliği, seyir güvenliğini sağlamak için araç içi dengeli yük dağılımının sağlanması, kutuların yükleme ve boşaltma sırasının belirlenmesi gibi alt problemlerin de çözümü hedeflenmiştir. Bütün bunlar için ve sistemdeki veri yönetimini sağlamak için bir karar destek sistemi geliştirilerek kodlanmış, sözü edilen tüm sorunlara cevap verecek şekilde çözümler üreten bir bilgi sistemi geliştirilmiştir.

BÖLÜM 3

GRUPLAMA, GRUP ANALİZİ, ARAÇ YÜKLEME VE ARAÇ TURU BELİRLEME PROBLEMLERİ

Bu bölümde, geliştirilen karar destek sisteminde problemin çözümü için kullanılması önerilen teknikler tanıtılmıştır. Bunun için de önerilen çözüm sürecinin daha önce de belirtilen ve Gruplama (Clustering / Group Analysis), Araç Yükleme (Bin Packing / Truck Loading) ve Araç Turu Belirleme (Vehicle Routing Problem) şeklinde belirlenen sırası dikkate alınmıştır. Gruplama, kutuların üst üste konulabilirliğini sağlamak için aynı veya benzer kutulara sahip tedarikçilerin gruplanmasını hedeflemekte, araç yükleme ise hem araç kapasitesini ağırlık ve hacim açısından iyi kullanmayı, hem de yükün düzgün dağıtılmasının sağlanmasını hedeflemektedir. Araç turu belirleme ise araçlar için istenen zaman aralıklarına uygun turların belirlenmesi için kullanılacaktır.

3.1. Gruplama ve Grup Analizi

3.1.1 Gruplama

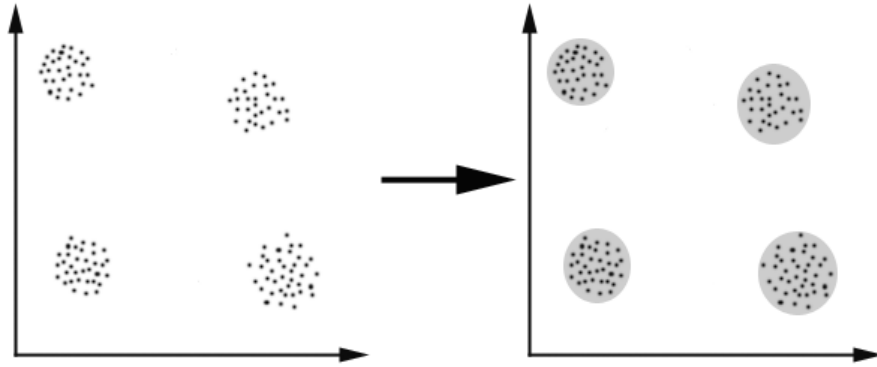
Gruplama (Clustering), denetimsiz bir öğrenme problemidir ve bir dizi veriyi tarayarak içinden anlamlı bir yapı oluşturmaya odaklanır (Jain and Dubes, 1988). Gruplama; “birbirine benzer nitelikteki nesnelere gruplara ayırarak düzenlemek” olarak da tanımlanabilir (Berkhin, 2002; Bilgin, 2003)

Her grup temsil ettiği nesnelere en iyi şekilde ifade edecek şekilde düzenlenir. Gruplama işleminin uygulandığı veri setindeki her bir veriye nesne adı verilir. Bu nesnelere iki boyutlu düzlem üzerinde noktalarla gösterilir (Mercer, 2003).

Grup birbirine “benzer” nesnelere oluşan bir topluluktur. Bir grup içinde bulunan nesnelere kendi aralarında benzerlikler taşırken; diğer gruplardaki nesnelere farklıdır (Johnson and Wichern, 1998). Bu durum Şekil 3.1’de gösterilmektedir.

Bu örnekte, verilerin, 4 ayrı grup şeklinde gruplanabildiği görülmektedir. Nesnelere arasındaki benzerlik kriteri ise “uzaklık”tır: Eğer aynı mesafeye sahiplerse, iki

ya da daha fazla nesnenin aynı gruba ait olduğunu görülür. Şekil 3.1'deki örnek, *mesafe-temelli* bir benzerlikten hareketle oluşturulmuş bir gruplamadır (Jain and Dubes, 1988).



Şekil 3.1. Genel bir gruplama örneği

Bir diğer gruplama türü ise *kavramsal* gruplamadır. Eğer bütün nesnelere için ortak bir kavramdan söz edilebiliyorsa, iki ya da daha fazla nesne aynı grup içinde yer alacaktır. Başka bir deyişle; tanımlayıcı kavramlarla örtüşen nesnelere aynı grupta toplanmıştır ve benzerlik unsuru aranmamaktadır (Jain and Dubes, 1988).

Gruplamanın amacı, dağınık veriler arasından aynı başlık altında toplananları gruplar halinde ayırmaktır. Fakat iyi bir gruplamanın nasıl yapılacağı esas sorudur. Aslında nihai amaca ulaşma yolunda, “en iyi” kriter olarak adlandırabilecek kesin bir ölçü yoktur. Gruplandırma işlemi sonucunda ortaya çıkacak gruplama kimin işine yarayacaksa, uygun kriteri bulup uygulamak da o kullanıcıya kalmış bir karar sürecidir (Boutsinas and Gnardellis, 2002).

Gruplama algoritmaları pek çok alanda uygulanabilir (Bilgin and Çamurcu, 2003). Örneğin:

- o Pazarlama: Tüketici niteliklerini ve geçmiş satınalma faaliyetlerini gösteren verilerden yola çıkarak benzer davranışlar sergileyen tüketicileri gruplandırmak

- Biyoloji: Bitkileri ve hayvanları özelliklerine göre sınıflandırmak
- Kütüphaneler: Kitapları sınıflandırmak
- Sigorta: Hasar tasfiye masrafları ortalamanın üstünde olan sigorta sahipleri grubunu tanımlamak
- Şehir Planlaması: Evleri türlerine, değerlerine ve coğrafi konumlarına göre sınıflandırmak
- Deprem Çalışmaları: Deprem merkezlerini tanımlayıp tehlikeli bölgeleri gruplamak
- WWW: Belge sınıflandırması; benzer erişim imkânı olan grupları verilerine göre gruplamak.

Bir gruplama algoritmasının karşılaması gereken gereksinimler şunlardır (Johnson and Wichern, 1998):

- Ölçeklenebilirlik
- Farklı davranış türleriyle ilgilenme
- Gelişigüzel gruplamaları keşfetme
- Girdi parametrelerini belirlemede kullanılan alan bilgisinin gerekliliklerini yerine getirme
- Karmaşa ve aykırılıklarla baş edebilme
- Girdi kayıtlarının sırasına karşı duyarsızlık
- Yüksek boyutluluk
- Yorumlanabilirlik ve kullanılabilirlik

Gruplama ile ilgili bir dizi problem vardır. Bu problemlerden bazılarını şu şekilde sıralamak mümkündür (Johnson and Wichern, 1998):

- Mevcut gruplama teknikleri tüm gereksinimleri yeterli ölçüde (ve eş zamanlı olarak) karşılamamaktadır

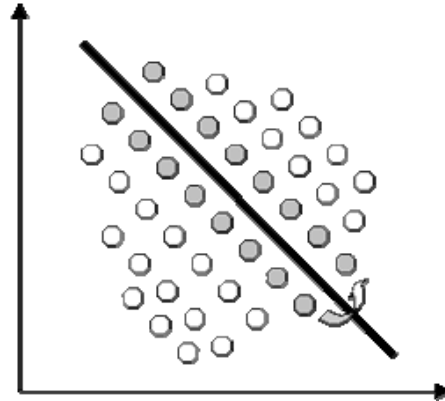
- Geniş boyutlarda ve fazla sayıda veri ile çalışmak ortaya çıkan karmaşa nedeniyle oldukça sorunlu olmaktadır
- Mesafe temelli gruplamalarda yöntemin ne derece etkili olacağı “mesafe” tanımının nasıl yapıldığına bağlıdır
- Eğer net bir mesafe ölçütü yoksa bu ölçütü “tanımlanması” gerekir; bu durum hiç kolay olmamakla beraber özellikle çok boyutlu uzaylarda daha da karmaşık bir hal almaktadır
- Gruplama algoritmasının sonucu farklı şekillerde yorumlanabilir.

Gruplama algoritmaları aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Jain and Dubes, 1988):

- Örtüşen Gruplama (non-exclusive / overlapping)
- Özel amaçlı Gruplama (exclusive)

Örtüşen gruplama, verileri gruplamak için belirsiz gruplardan yararlanmaktadır. Böylece, her bir nokta farklı üyelik dereceleri ile birden fazla gruba ait olabilir. Bu durumda, ele alınan veriler için bir üyelik değeri belirlenmektedir.

Özel amaçlı gruplamada ise belirli bir gruba uygun düşen yeni bir nesne gelirse; o nesne başka hiçbir gruba dâhil etmeden doğruca mevcut gruba yönlendirilir. Buna verilebilecek en basit örnek Şekil 3.2’de verilmiştir. Noktaların birbirinden ayrıldığı yer, iki boyutlu bir yüzey üzerinde düz bir çizgi ile gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Özel amaçlı gruplama örneği

Özel amaçlı gruplama sınıfı kendi içinde 2 alt başlığa ayrılmaktadır.

- Bölümleyici Gruplama (partitional)
- Hiyerarşik Gruplama (hierarchical)

Bu çalışmada 3PL firmasına ait araçların tedarikçilere belli zaman aralıklarında uğrayabilmelerini ve araçların zamanında geri dönmelerini sağlayabilmek için tedarikçilerin gruplanması gerektiği düşünülmüştür. Bunun için geliştirilen karar destek sisteminin ilk aşamasında tedarikçilerin gruplandırılması hedeflenmiştir. Gruplama için kullanılan 2 algoritma ise şunlardır:

- K-ortalama (K-means)
- Hiyerarşik Gruplama

3.1.1.1 K-ortalama gruplama (K-means)

K-Ortalaması (K-means) 1967'de MacQueen tarafından geliştirilmiş, çok bilinen ve basit algoritmalarından biridir. Bölümleyici kümeleme tekniklerinden birisi olan k-means, bilimsel ve endüstriyel uygulamalarda en yaygın olarak kullanılan kümeleme algoritmaları arasında yer alır (Berkhin, 2002).

Hesaplama süreci oldukça sade ve basittir. Belirli bir veri dizisi, daha önceden sabitlenen gruplara göre sınıflandırılır. Temel düşünce, her bir grup için k ağırlık merkezini tespit edebilmektir. Farklı yerleştirmeler farklı sonuçlara yol açtığı için bu ağırlık merkezlerinin çok dikkatli tespit edilmesi gerekir. Bu nedenle en iyi yöntem, ağırlık merkezlerini birbirlerinden mümkün olduğunca uzağa yerleştirmektir. Bir sonraki aşama ise belirli bir veri dizisine ait her bir noktayı alıp, ona en yakın ağırlık noktası ile ilişkilendirilerek ilk gruplandırma tamamlanır. Bu aşamada belirlenen grupların kendi ağırlık noktalarından hareketle yeni k ağırlık merkezleri hesaplanır. Tüm noktalar en az bir gruba atanıncaya kadar bir döngü içinde işlem devam ettirilir. Bu döngünün sonucunda ise k ağırlık merkezlerinin adım adım yer değiştirdikleri görülür ve değişiklik kalmayana dek süreç devam ettirilir. Başka bir deyişle ağırlık merkezleri sabitlenmiş olur. (Jain and Dubes, 1988).

Algoritma aşağıdaki adımlardan oluşur:

Adım1: K noktaları, gruplanan nesnelere temsil edilen boşluklara yerleştir. (Bu noktalar başlangıç grup merkezlerini temsil eder).

Adım 2: Her bir nesneyi kendisine en yakın ağırlık merkezi ile ilişkilendir.

Adım 3: Her bir nesneyi bir k ağırlık merkezi ile ilişkilendirildikten sonra, k ağırlık merkezlerinin konumları yeniden hesapla.

Adım 4: 2. ve 3. adımları, elde herhangi bir gruba dâhil edecek nokta kalmayınca kadar tekrar ettir.

Bu işlemlerin sonucunda, belirlenen ölçüte göre bütün nesnelere gruplara ayrılır.

3.1.1.2 **Hiyerarşik gruplama**

Hiyerarşik gruplama algoritması, birbirine en yakın nitelikte olan iki grubun birleştirilmesini ele alır. Başlangıç aşamasında her bir veriye uygun olarak gruplar ayarlanır. Birkaç tekrarlardan sonra istenilen sonuç grupları elde edilir.

Hiyerarşik gruplama metodunda, her grup bir veri setindeki her bir nesnenin dizindeki bir sonraki nesnenin içinde yer aldığı bir nesnelere dizisidir (Guha, et al., 2002). Bu dizinin en üst seviyesinde tüm nesnelere içeren tek bir küme ve en alt seviyesinde ise ayrı noktalardan oluşan tekil kümeler yer alır (Karypis, et al., 1999; Xiong, et al., 2004; Zhao and Karypis, 2002). Bu iki seviye arasında kalan her seviyedeki küme, bu küme ve bu kümenin bir alt (veya bir üst) seviyesindeki grubun birleşimidir (veya ayrışımıdır) (Halkidi, et al., 2001).

Gruplanacak n kadar nesne ve $n*n$ boyutlu bir mesafe (ya da benzerlik) matrisi belirlendikten sonra ortaya çıkan yapı için uygulanan temel hiyerarşik gruplamanın adımları şu şekildedir:

Adım 1: Her bir nesneyi bir gruba ilişkilendirerek başla. Böylece n adet nesne için n adet grup oluştur. Her biri sadece bir adet nesne içeren ve gruplar arasındaki mesafenin içerdikleri nesnelere arasındaki mesafeye eşit olduğunu varsay.

Adım 2: Birbirine en yakın (en benzer) bir çift grup tespit et ve ikisi birden tek bir grup oluşturacak şekilde birleştir.

Adım 3: Yeni grup ve eski gruplar arasındaki mesafeyi (benzerlikleri) yeniden hesapla.

Adım 4: 2 ve 3. aşamaları, bütün nesnelere n büyüklüğünde bir grupta toplanana dek tekrarlar.

Adım 3 farklı şekillerde de gerçekleştirilebilir. Çünkü bu aşama benzerlik hesaplamalarının *tek bağlantı*, *tam bağlantı* ve *ortalama bağlantı* esasına göre yapılması gruplar arasındaki farkı belirleyecektir (Johnson and Wichern, 1998).

Tek bağlantı (*bağlantısızlık* ya da *minimum*) gruplama tekniğinde, bir grup ile diğeri arasındaki mesafe, bir grubun üyesi ile diğeri bir grubun üyesi arasındaki en kısa mesafeye eşit olarak kabul edilir. Eğer veriler benzerlik içeriyorsa; bir grup ile başka bir grup arasındaki benzerlik, bir grubun üyesi ile başka bir grubun üyesi arasındaki en büyük benzerliğe eşit tutulur (Johnson and Wichern, 1998).

Tam bağlantı (*diyametre* ya da *maksimum*) gruplama tekniğinde, bir grup ile diğeri arasındaki mesafe, bir grup üyesi ile diğeri bir grubun üyesi arasındaki en büyük mesafeye eşit olarak kabul edilir (Johnson and Wichern, 1998).

Ortalama bağlantı gruplama tekniğinde; bir grup ile diğeri arasındaki mesafe, bir grubun üyesi ile diğeri bir grubun üyesi arasındaki ortalama mesafeye eşit olarak kabul edilir (Johnson and Wichern, 1998).

Bu çalışmada geliştirilen karar destek sisteminde, tanıtılan bu iki gruplama algoritması da kodlanmıştır.

3.1.2 Grup analizi

Grup Analizi, “gruplama”nın bir adım ötesinde, daha çok “esnek üretim sistemleri (EÜS) / grup teknolojisi” içinde ele alındığı şekli ile aynı özellikleri gösteren nesnelere benzer gruplar içine dâhil ederek “köşegen” gruplar oluşturmaya odaklanmaktadır.

Grup Analizi, veri indirgeme veya nesnelere doğal sınıflarını bulma gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır (Bilgin, 2003; Han and Kamber, 2001; Karypis, et al., 1999).

Hüresel imalat sisteminin ana fikri, imalat sistemini birçok hücreye bölerek benzer üretim işlemi özelliklerine sahip parçaların aynı hücre içerisinde işlenmesini sağlamak ve üretkenliği arttırmaktır. Bir imalat hücresi, belli bir grup parçanın imalatı için tasarlanmış ve düzenlenmiş makinelerden oluşan bir grup olarak tanımlanabilir.

Hücresel imalat sistemlerinin tasarımı oldukça karmaşık bir konudur. Tasarım problemi hücre oluşturma, hücre yerleşimlerinin belirlenmesi ve araç, teçhizat, parça taşıma donanımlarının seçimini kapsar. Hücre oluşturma, tasarımın ilk ve en önemli aşamasını oluşturur. Bu aşamada parça aileleri ile makine hücreleri belirlenir ve her parça ailesi uygun makine hücresine yerleştirilerek imalat hücreleri oluşturulur. Bugüne kadar hücre oluşturma amaçlı birçok araştırma yapılmış ve çok sayıda teknik geliştirilmiştir (Öztürk, et al., 2006; Saraç ve Özçelik, 2006).

Bir hücrenin oluşturulması sırasında, tasarımcıların en çok dikkate aldığı ölçütlerden bir tanesi, parça rotalarıdır (işlem sıralarıdır). Aynı parçanın üretiminde tek bir rota olmayıp, farklı tezgâh ve işlem sıralarının kullanımı ile alternatif rotalar oluşabilmekte (rotalama esnekliği) ve bu esneklik, hücre tasarım kararlarının etkinliğini arttırabilmektedir. Hücre oluşturma problemleri NP-tam olduğundan genellikle analitik yöntemler yerine hızlı ve iyi çözümler türetebilen sezgisel yaklaşımlar ve yapay zekâ teknikleri tercih edilmektedir (Saraç ve Özçelik, 2007)

Bu noktada, EÜS içinde karşımıza çıkan hücre oluşturma problemi, tedarikçiler arası ziyaret sırası, başka bir ifade ile bir tedarikçiden alınan paketlenmiş malzeme üzerine bir sonraki tedarikçiden alınacak paketlenmiş malzemelerin konulabilmesi “Üst üste konulabilirlik” kısıtlarının sağlanması problemi ile benzerlikler göstermektedir.

Parça-makine ilişkisine benzeyen bir durum, bu bağlamda, sevkiyat desenini temsil eden benzer bir matris ile tanımlanmaktadır. Sütunda paket tipleri ve satırda firmalar olmak üzere örnek bir sevkiyat deseni Çizelge 3.1.’de ve grup analizi uygulanarak oluşturulmuş yeni sevkiyat düzeni matrisi de Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Örnek sevkiyat deseni

Firmalar	Kasa Tipleri					
	K01	K02	K03	K04	K05	K06
A	1	1	1		1	
B			1	1		
C	1		1		1	
D	1				1	
E		1		1		1
F		1	1	1		1
G			1	1		
H			1		1	
I		1		1		1
J			1	1	1	

Çizelge 3.2. Köşegenleştirilmiş örnek sevkiyat deseni

Firmalar	Kasa Tipleri					
	K01	K05	K03	K04	K06	K02
A	1	1	1			1
D	1	1				
C	1	1	1			
H		1	1			
J		1	1	1		
B			1	1		
G			1	1		
F			1	1	1	1
E				1	1	1
I				1	1	1

Bu bağlamda, yakınlık ilişkilerinden hareketle “gruplama” yöntemleri kullanılarak coğrafi bölge sınıflarının, gruplarının oluşturulması hedeflenmektedir.

Oluşturulan coğrafi bölge grubu içinde kalan tedarikçilerde kendi içlerinde kutu benzerliği matrisi içinde köşegenleştirilecek ve ağırlık/hacim oranları dâhilinde bir yükleme deseni elde edilebilecektir. Kısacası kullanılacak herhangi bir gruplama yöntemi ile hem dolu araçlarla sevkiyat yapmaya imkân verecek hem de kutuların üst üste konulabilirliğinin dikkate alındığı bir sevkiyat planı belirlenebilecektir. Ayrıca araç içinde az yer kaplayan ama ağır olan kutularla, araç içinde kapladığı alan fazla olup hafif tonajlı olan kutuların aynı tur içinde gruplanarak, araç içi yük dağılımının da gözetilmesi mümkün olabilecektir. Bu amaçla önerilen karar destek sisteminde aşağıda verilen 2 farklı gruplama algoritması kullanılmıştır.

- İkili Sıralama (binary ordering, Askin, 1993).
- Yapay Sinirsel Ağ temelli Grup Analiz Yaklaşımı (competitive neural network based algorithm, Öztürk, et al., 2006)

Grup Analizi veya hücre oluşturma problemlerinde sıkça kullanılan yöntemlerden bir tanesi İkili Sıralama (binary ordering) yöntemidir. Yöntemde önce satırda daha sonra ise sütunda yürütülen işlemler ile sıralama yapılarak, eldeki matris köşegenleştirilmektedir (Askin, 1993). Algoritmanın adımları şu şekildedir:

Adım 1: Satırda firmaların, sütunlarda kutu tiplerinin olduğu bir matris oluştur. Matrisin hücrelerindeki 1 değeri ilgili tedarikçide sözü edilen kutu tipinden bulunduğunu simgeler.

Adım 2: Oluşturulan matris üzerinde k tane satır için, önce satırda, son satırdan başlayarak, sütunlara sırası ile 2^{k-1} değerlerini gir.

Adım 3: Sütünlara karşı gelen değerleri, satır karşılarında yer alan 2^{k-1} değerleri ile çarparak toplam al.

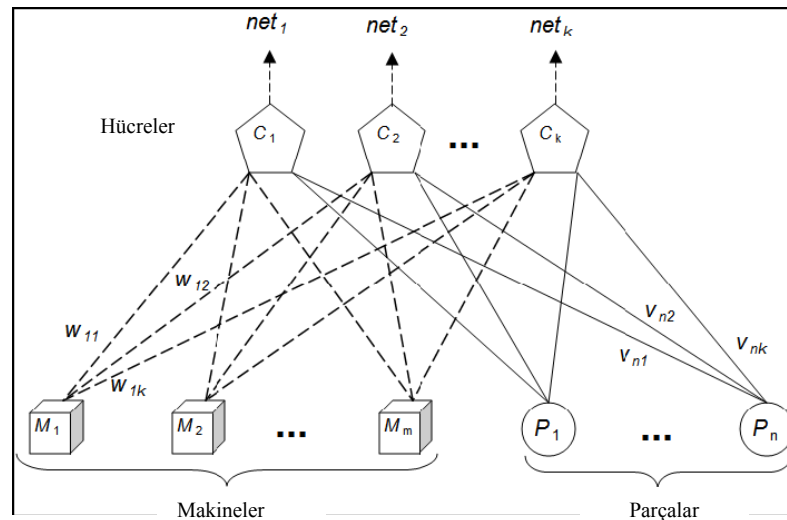
Adım 4: Hesaplanan toplam değerlerine göre satırları büyükten küçüğe sırala.

Adım 5: Sıralanan yeni matris üzerindeki k tane satır için, önce sütunda, son sütundan başlayarak, satırlara sırası ile 2^{k-1} değerlerini gir

Adım 6: Satırlara karşı gelen değerleri, sütun karşılarında yer alan 2^{k-1} değerleri ile çarparak toplam al.

Adım 7: Hesaplanan toplam değerlerine göre sütunları büyükten küçüğe doğru sırala. Elde edilen bu son matris gruplamayı gösterir.

Karar Destek Sistemi içinde kullanılacak bir diğer grup analiz algoritması Öztürk ve diğerleri (2006) tarafından geliştirilmiş olan yapay sinirsel ağ temelli algoritmadır. Algoritmanın benzerlerine göre daha iyi sonuçlar elde ettiği çalışmada örnek test problemleri üzerinde gösterilmiştir. Bu nedenle önerilen karar destek sisteminde kullanılabilir grup oluşturma algoritmalarından biri olarak önerilmiştir. Algoritmanın, yapay sinirsel ağ temellindeki topolojisi Şekil 3.3’de verilmiştir (Öztürk, et al., 2006.)



Şekil 3.3. Yapay sinirsel ağ topolojisi

Algoritmanın temel adımları özetle şu şekildedir:

- Adım 1: m firma sayısı ve n kutu sayısı olmak üzere $m+n$ uzunluğunda girdi desenleri (nöronlar) oluştur.
- Adım 2: C, hedeflenen hücre sayısı olmak üzere $(m+n) \times C$ elemanlı rassal başlangıç ağırlık matrisini oluştur.
- Adım 3: Girdi desenlerini (nöronları) rassal olarak sırala.
- Adım 4: Her nöron için en büyük çıktıyı veren ağırlığı belirle.
- Adım 5: Verilen öğrenme katsayısını kullanarak en büyük çıktıyı veren ağırlığı güncelle.
- Adım 6: İşlem gören nöron sayısı $(m+n)$ 'den küçükse, 4. adıma dön.
- Adım 7: Tekrar sayısı belirlenmiş ardıştırma (epoch) sayısından küçükse 3. adıma dön.
- Adım 8: Her nöron için en büyük çıktıyı veren hücreyi belirle.
- Adım 9: Çıktı desenini raporla.

Bu çalışmada geliştirilen karar destek sisteminde, tanıtılan bu iki grup analizi algoritması da kodlanmıştır.

Gruplama ve Grup Analizi'nin amacı, ilgilenilen problemin basitleştirilmesi, anlaşılabilirliğinin artırılması ve iyi bir başlangıç ile yola çıkılmasıdır. Ancak bu yeterli değildir. Gruplanan tedarikçilerden toplanacak ürünlerin araç içine yerleştirilebilirliklerinin de sağlanması, yani paketleme / araç yükleme yöntemlerinin devreye girmesi gerekir. İzleyen kısımda bu problem ele alınmıştır.

3.2. Paketleme / Araç Yükleme Problemleri

Bulmacalarda ve eğlenceli matematiksel oyunlarda sıkça karşılaşılan paketleme, parçalara ayırma ve mozaik problemleri insanların bu tip güçlüklerle olan ilgisini yansıtmaktadır. Abdul Wefa 10. yüzyılda İran'da günümüzde de hala karşılaştığımız kare şeklinde bir parçalara ayırma problemi tasarlamıştır. Henry Ernest Dudeney'in parçalı bulmacaları da aynı yüzyıl içinde ünlenen oyunlar arasındadır. Ayrıca yüzyılın ilk yarısında Piet Hein'in tasarladığı üç boyutlu Soma Küpü belki de bugüne dek gelmiş geçmiş en ilginç paketleme problemidir. Çünkü parçaları sadece bir küp oluşturacak

şekilde bir araya getirmek yeterli değil; aynı zamanda bir merkez nokta oluşturup parçaları dengeli biçimde dizmek gerekmektedir. (Dowland and Dowland, 1992).

Klasik anlamda paketleme problemi şu soruya yanıt aramaktadır: “Eğer elimizde bir dizi nesne ve sınırlı sayıda konteyner varsa, bu nesnelere konteynerlere nasıl yerleştiririz?”. Paketleme ile ilişkilendirilen eniyileme problemleri, nesnelere toplanması ve konteynerlere yerleştirilmesini içerir. Nesnelere konteyner içindeki tüm boş alan kapsayacak şekilde yerleştirilmelidir. Bu problem, NP-zor (NP-hard) problemdir ve bu nedenle $P=NP$ olmadığı sürece polinom zamanlı bir eniyileme algoritması bulmak oldukça zordur (Pisinger, 2002).

Problemin NP-zor olması, insanları konuyla ilgili pratik çözümlere yöneltmiştir. Bu tip problemler için polinom zamanlı bir yaklaşım olmamasına rağmen; pratik çözümler için “yeterince iyi” çözümler üretmek mümkündür. İşte bu noktada yakınsama ve yordamsal tekniklerden yararlanmanın faydalı olduğu kanıtlanmıştır (Papadimitriou, 1982; Dowland and Dowland, 1992; Pisinger, 2002).

Araç kapasitesinden en iyi şekilde faydalanmak ve kullanılan araç sayısını azaltmak ve bu bağlamda bir seferde daha çok ürünü sevk etmek için, kutuların eniyiye yakın bir şekilde yüklenmesi gerekir. Birçok çeşidi olan bu problem literatürde 3 boyutlu yerleştirme, paketleme, araç veya konteyner yükleme problemleri gibi isimlerle anılmaktadır.

3.2.1 Paketleme ve onunla ilgili problemler

Paketleme problemleri aslında klasik malzeme kesme problemi ve sırt çantası (knapsack) problemi ile yakından ilişkidir (Dowland and Dowland, 1992).

Klasik sırt çantası (knapsack) problemi, diğer pek çok alanda alt-problem olarak kendini gösterdiği için çok tanınan bir problem türüdür ve paketlenen parçaların değerini arttırmak için sabit uzunluklardaki materyalleri daha küçük uzunluklardaki materyallerle paketleme konusunu ele almaktadır. Yükleme problemleri de bu gibi farklı uzunluklardaki nesnelere bir arada paketlemeye çalışan problemler olarak karşımıza çıkmaktadır ve belirli bir kapasitesi olan araçların yüklenmesi problemine karşı gelmektedir (Martello, et al., 2000).

Problemin bu versiyonu tek boyutlu paketleme problemine benzerlik

göstermektedir. Yükleme problemleri, birden fazla boyuta sahip olabilir. Örneğin yük sınırlaması, kapasite sınırlamasının yanı sıra uygulamaya dâhil edilebilir. Fakat genellikle söz konusu boyutlar birbirinden bağımsızdır ve bu nedenle bir dizi kareyi daha büyük bir kare içine sığdırma problemleri bu yolla çözülemez. Kesme problemi, stok listesinden sipariş edilen gerekli parçaların kesilmesini içermektedir. Bu problem atık miktarını azaltırken stok listesinden verilen kesim siparişine uygun kesme desenlerinin belirlenmesini hedefler. Kesme probleminin teorik yönleri 1977’de Golden ve 1980’de Hinxman tarafından incelenmiştir. 1984’de Dychoff ve arkadaşları ise uygulamalı kesme problemlerinin bir sınıflandırmasını yapmış ve bu araştırma 1990’da Dyckhoff tarafından güncellenmiştir. Sırt çantası (Knapsack) problemleri üzerine ise 1990’da Martello ve Toth tarafından kapsamlı bir inceleme yürütülmüştür. 1971’de Eilon ve Christofides ve 1979’da Christofides, Mingozzi ve Toth’un çalışmalarında yükleme probleminin çeşitli yönleri ortaya konmuştur. Tek boyutlu (bin-packing) paketleme problemi ise 1984’de Coffman, Garey ve Johnson tarafından ele alınmıştır. Bu konuyla ilgili çalışmaları 1990 yılında Coffman ve Shor tarafında yayınlanan makelelerde görmek mümkündür (Dowland and Dowland, 1992).

3.2.2 Paketleme problemi çeşitleri

Paketleme problemleri, farklı veya aynı boyuttaki birçok paketin daha büyük bir kap (konteyner, palet vs.) içerisine en iyi şekilde yerleştirilmesini sağlayacak bir yerleşim planının bulunmasını hedefleyen eniyileme problemleridir. Değişik varsayımlarla ve kısıtlarla ele alınan bu problemlerin ortak amacı, kapta kullanılan hacmin en iyilenmesi ve böylece fire hacmin en küçüklenmesidir (Dereli vd., 2004).

Bu tipteki problemlerde yüklenecek/paketlenecek tüm paketler/kutuların tam listesi önceden hem bilinebilir hem de bilinemeyebilir. Bu nedenle problemin iki farklı çeşidi vardır. Eğer tam liste biliniyorsa, problem çevrim dışı (offline), tam liste başlangıçta bilinmiyorsa ve süreç çinde belli oluyorsa çevrim içi (online) olarak adlandırılır (Ghiani, et al., 2004)

Paketleme problemleri bir boyutlu, iki ve üç boyutlu paketleme problemleri olmak üzere de sınıflandırılmaktadırlar (Lodi, et al, 2002).

3.2.2.1 Bir boyutlu (1-D) paketleme problemi

Tek boyutlu paketleme probleminde amaç, n elemanlı bir grubu verilen kapasite değerini aşmayacak minimum sayıdaki alt gruba bölmektir.

Paketleme (bin packing) problemleri üzerine yayınlanan ilk eserler tek boyutlu örnekleri ele almaktadır. Klasik problem, bir dizi nesneyi tam sayı kapasitesi belirlenmiş bir alana minimum sayıda kutu kullanarak yerleştirmektir. Alternatif formülasyonlar ise kutuların sayısını sabitleyerek kapasiteyi azaltmayı ya da hem sayıyı hem de kapasiteyi sabitleyerek paketlenen parçaların değerini arttırmayı ele almaktadır.

Paketleme tek boyutlu olarak ele alındığında, konteynere bir nesne eklediğimizde, konteyner içinde o nesnenin büyüklüğü kadar bir alanı kaplamış olacaktır. Burada amaç nesnelerin düzenlenmesini konteyner sayısını azaltacak şekilde ayarlayabilmektir.

Tek boyutlu paketlemede kullanılan oldukça iyi algoritmalar vardır ve hatta bazıları her defasında mükemmel yakın sonuçlar elde etmektedir. Fakat kullanılan yaklaşımlar sadece tek boyutlu paketlemede etkili olmaktadır. En basit tek boyutlu paketleme algoritmaları, “Best Fit” ve “First Fit” algoritmalarıdır (Ghiani et al, 2004)

Johnson ve arkadaşları tarafından tanımlanan Best Fit algoritması belki de en basit algoritmadır. Bu algoritmada tek bir paket ele alınır ve içerisine en uygun olan nesne yerleştirilmeye çalışılır. Eğer paket içerisinde yer kalmamışsa, tamamen boş olan başka bir paket alınır ve nesne bu pakete yerleştirilir. Bu süreç her bir nesne için tekrarlanır. Fakat eldeki nesneye yetecek kadar yer olsa bile eski paketlere asla geri dönülmez. Nesneye en uygun paket, en son açılan pakettir (Coffman, et al., 1996).

First Fit algoritması ise eldeki nesnenin yerleştirilebileceği ilk paketi bulur. Ancak bütün paketler gözden geçirildikten sonra yeni paket açılır (Coffman, et al., 1996).

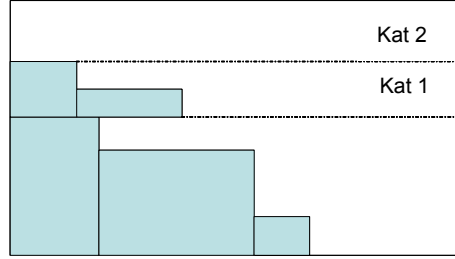
3.2.2.2 İki boyutlu (2-D) paketleme problemi

İki boyutlu paketleme problemi tek boyutlu paketleme probleminin uzantısıdır. Bu problemde paketlenen her cismin hem eni hem de boyu dikkate alınmaktadır.

Amacın bütün parçaları sığdırmak için kullanılacak kutu sayısını azaltmak

olduğu durumlarda, hangi kutunun kullanılacağına dair alınacak karar bir sonraki parçaya ve parçanın, içine yerleştirileceği yerin konuma göre belirlenir.

Bu türdeki çalışmaların büyük bir kısmı, raf ya da seviye düzenlemesinin yanı sıra tek boyutlu yöntemlerin kullanılabilirliğini arttırmak için yapılmıştır. İlk olarak tek boyutlu paketleme problemi çözülür ve daha sonra raflar veya seviyeler ele alınır. Şekil 3.4’de de gösterilmeye çalışıldığı üzere, raflar, kutuların sığdırılması gereken tek boyutlu parçalar olarak hesaplanır. İlk kutuyu sığdırmak, rafı enbüyük kapasiteyle doldurmak ya da rafı enküçük aralıklarla doldurmak gibi kurallar öne sürülebilir (Martello, et al., 2000).



Şekil 3.4. Katman mantığı

Eğer yerleştirme politikası rafları ya da seviyeleri kullanışlı hale getirmezse, nesnelere yerleştirmek oldukça zor olmaktadır. Tek bir rafı kullanışlı hale getirmek üzere tasarlanan planlar daha etkili olabilir. Rafları tek tek doldurup, sığdırılmayan parçalar için yeni raflar tayin etmek önerilebilir bir çözümdür. Fakat bu durumda ilave edilen raflara girecek parçalar önceliklere göre daha küçük olacaktır. Parçaların geniş olması halinde, algoritmalar daha yüksek oranlarda fayda sağlayabilir. Elde bulunun belli sayıda ve çeşitlikteki kitapların raf yüksekliği ayarlanabilir özellikteki bir kitaplığa yerleştirilmesi buna güzel bir örnektir (Coffman, et al., 1996).

Raf veya seviye başına düşen parça sayısı az ise, her bir rafı veya seviyeyi etkin biçimde yerleştirmek oldukça önemlidir. Çevrim dışı bir durumdayken ilk seviyeyi doldurma aşamasında bu hedefi gerçekleştirmek mümkündür. Fakat arta kalan parçaların rafa yerleştirilmesi istenen ölçütlerde gerçekleşemeyebilir. Bu duruma verilebilecek en iyi örneklerden biri 1982’de Bengtsson tarafından kullanılan

yöntemdir. Bu yöntemde parçalar rafın enine doğru yerleştirilir ve sıralar birbirine kesişir haldedir. Böylece her bir sıranın yüksekliği rafa yerleştirilen ilk parçanın yüksekliğini aşmaz. Öte yandan daha sonradan ilave edilecek olan parçalar ilk sıralardan arta kalan yerlere yerleştirileceği için uzunluklarında farklılıklar yaşanabilir. Bütün parçalar paketlenildikten sonra maksimum boşluk seviyesine ulaşan raf boşaltılır ve geri kalan raflar için mevcut nesnelere doldurma faaliyeti başlar. Bu işlem artık bir hamle daha yapılamayacak hale gelene kadar devam eder. Diğer tüm yerel eniyileme teknikleri gibi bu yaklaşımın da avantajları vardır. En büyük avantajı da bir hamle daha yapılamayacak hale gelene kadar ilerleme yapılmasına imkân tanınmasıdır ve belirlenen sürede kendiliğinden sona ermesidir. Böylece kullanıcı çözüm süresi ve elde edilen kalite arasında bir ölçüm yapılabilir (Dowland and Dowland, 1992)

İki boyutlu problemler için uygulanabilirliği oldukça yüksek bir dizi yaklaşık çözüm veren algoritma bulunmaktadır. Bu algoritmalarından bazıları üç boyutlu problemlerde de kullanılabilir (Coffman, et al., 1996).

İki boyutlu problemlere yönelik iki ilginç yaklaşım ise Corcoran ve arkadaşları tarafından tanımlanan “bottom left” ve “level” paketleme algoritmalarıdır. Bottom left yaklaşımı, dikdörtgen nesnelere mümkün olduğunca konteynerin sol alt köşesine yerleştirmeye çalışır. Eğer nesnelere herhangi bir boyutu (örn; genişliği) sabitse; problem tek boyutlu paketleme problemi şeklinde ele alınabilir. Level yaklaşımı ise nesnelere “seviyelerine” göre paketler. Her seviyenin yüksekliği, o seviye içindeki en uzun nesnenin boyuna göre belirlenir. Seviyenin yüksekliği belirlendikten sonra; o seviyedeki yerleştirme işlemleri tek boyutlu sisteme göre yapılır (Dowland and Dowland, 1992).

3.2.2.3 Üç boyutlu (3-D) paketleme problemi

Üç boyutlu paketleme problemlerinde amaç, bir grup cisim en az sayıda konteyner kullanarak en etkin şekilde paketlemektir. Bu problemlerin iki boyutlu paketleme problemlerinden farkı, cismin yüksekliğinin de göz önünde bulundurulmasıdır. (Dereli vd., 2004).

Problemde üç boyut olduğu için, araştırma sahasının kapsamı üç boyutlu olmayan problemleri de içeren yordamsal çözümler geliştirmeyi gerektirmektedir.

Önerilen algoritmanın, hesaplanabilirlik açısından esnek ve uygulanabilir olması gerekmektedir (Martello, et al., 2000).

Uygulamaya dayalı pek çok durumda farklı düzlemlerde paketleme yapmak ya mümkün değildir ya da kullanışlı değildir. Bu nedenle problemi üç boyutlu ele almak gerekir. Bu alanda yayınlanan çalışmaların çoğu, nakliye konteynerlerinin yerleştirilmesi ile ilgilenir ve çoğunlukla da konteyner kapasitesini ele alır. Bu problemin iki boyutlu kutular üzerinde yol açtığı kombinyonel karmaşa, gerçekçi çözümlerin bu alanda yetersiz kaldığı anlamına gelmektedir. Beasley tarafından ileri sürülen model gibi tüm iki boyutlu modeller teorik olarak üçüncü boyutu da kapsayacak biçimde genişletilebilir. Bu alanda 1989'da Mannchen, bir algoritma geliştirerek, birbirine benzemeyen kare parçaların iki ya da üç boyutta paketlenmesi üzerinde çalışmalar yürütmüştür (Martello, et al., 2000)

İki boyutlu kutularda olduğu gibi, farklı hedefleri hayata geçirmek mümkündür. Bunlardan en yaygın olanları şöyle sıralanabilir (Dereli vd., 2004):

- Belirli bir kargo tipi için gereken konteyner uzunluğunu minimum düzeyde tutmak.
- Belirli bir kargo türü için gereken konteyner sayısını minimum düzeyde tutmak.
- Paketlenen kargonun değerini maksimum düzeyde tutmak.

Problemin çözüm şekline verilecek yanıt “Bu kargo eldeki konteynere sığar mı?” sorusuna karşılık verebilmelidir. Eğer konteyneri 6 dikey duvarla çevrili bir alan olarak düşünürsek; üç boyutlu konteyneri doldurmaya bir duvardan başlamanın en uygun ve en yaygın yaklaşım olduğunu görülmektedir. Bu duvarlar konteynerin tek bir yüzünde olmalı ve L şeklinde düzenlemeler yapılmalıdır. Eğer kutular tek tipse iki boyutlu paketlemeler yapıp, bölmeler buna göre ayarlanabilir. Eğer bir duvarı doldurmaya yetmeyecek kadar az kutu varsa, boş kalan yerleri diğer kutularla doldurmak mümkündür. Fakat mevcut yükleme eşiğini aşmamak gerekir. Çok çeşitli (ama az sayıda) kutu türleri varsa, yerleştirme kuralları paketleme problemi iki boyutlu örneklerde olduğu gibi, bu yerleştirmeler tek geçişli algoritmalara dayanır ve bu nedenle

farklı yerleştirme ve düzenleme kuralları izlenerek birden fazla geçiş sağlanabilir (Dowland and Dowland, 1992).

Bütün yerleştirme kurallarının her çeşidini harmanlamak pek de mümkün değildir. Ayrıca hangilerinin belirli bir problem karşısında daha etkin bir çözüm getireceğini bilmek de oldukça zordur (Dowland and Dowland, 1992).

Paketleme problemleri zordur ve karmaşıklıkları eleman sayısı ile (kutu sayısı ile) beraber artar. Literatürde üç boyutlu paketleme problemleri NP-hard problemler sınıfındadır (Lodi, et al., 2002; Pisinger, 2002).

Geleneksel programlama teknikleriyle bu problemlere makul bir zamanda en iyi çözüm bulmak mümkün değildir. Bu nedenle paketleme problemleri, yöneylem araştırması ve lojistik literatüründe yoğun ilgi görmüştür. Problemi çözmek için, 1996'da Lai ve diğerleri, 1997'de Gehring ve diğerleri, Hopper ve diğerleri ve 2001'de Luenng ve diğerleri tarafından değişik veri yapıları, genetik algoritmalar, tavlama benzetimi gibi metasezgiseller kullanan birçok yöntem önerilmiştir. Bunun yanında pek çok sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Bu tekniklerin çoğu halen gelişim aşamasındadır (Pisinger, 2002; Dereli vd., 2004).

Yük sabitliği gibi uygulamada karşılaşılan kısıtlamalar daha da karmaşıktır. Ayrıca her durumda farklılık göstermesinin yanı sıra, yükleme düzenlemeleri yapıldıktan sonra ikinci kez üzerinden geçme olanağı da yoktur. Konteynerin farklı istasyonlarda doldurulması ya da boşaltılması, problemi daha da karmaşık bir hale sokmaktadır. Ayrıca hazırlanan bir düzenlemenin uygunluğunu bir bakışta tespit etmek de oldukça güçtür. Bu nedenle belirli bir uygulama üzerinde en uygun yordamsal yaklaşımı seçerken; uygulamada karşılaşılan kısıtlamaları hesaba katan bir yaklaşımı seçmeye oldukça dikkat etmek gerekir.

Üç boyutlu paketleme problemlerinden bazıları şunlardır (Dereli vd., 2004):

- Konteyner Yükleme Problemleri - Tüm kutular (box) yüksekliği sonsuz kabul edilen tek bir taşıma kutusuna (bin) yüklenmelidir. Bu problemde amaç, doldurulmuş taşıma kutusunun (bin) yüksekliğini en küçükleyecek uygun bir çözümün bulunmasıdır.

- Taşıma Kutusu Konteyner Yükleme Problemleri – Taşıma kutusuna her bir kutuyu yüklemenin farklı bir karı vardır ve amaç boyutları belli bir taşıma kutusuna karı maksimum yapacak kutuları paketlemektir.
- Minimum Derinlikli Konteyner Yükleme Problemleri – Amaç, boyu ve yüksekliği sabit fakat derinliği değişken bir taşıma kutusuna, derinliği minimize edecek şekilde tüm kutuların paketlenmesidir.
- Palet Paketleme Problemleri – İki tip palet paketleme problemi vardır. Biri Üretici'nin Palet Paketleme Problemi, diğeri ise Dağıtıcı'nın Palet Paketleme Problemidir. Üretici'nin Palet Paketleme Probleminde amaç aynı boyutlardaki dikdörtgen kutuların dikdörtgen şeklindeki bir palete yüklenebilmesi için eniyi yerleşim bulunması, Dağıtıcı'nın Palet Paketleme Probleminde ise değişik boyutlardaki kutuların mümkün olan en az sayıdaki palete yüklenmesidir.
- Kutu Paketleme Problemleri – Tüm paketler, belli büyüklükteki taşıma kutularına paketlenmelidirler. Amaç, probleme enküçük sayıda taşıma kutusu kullanarak bir çözüm bulmaktır. Kutular aynı veya farklı boyutlarda olabilirler. Paketleme problemleri zordur ve karmaşıklıkları eleman sayısı ile (kutu sayısı ile) beraber artar.

Uygulamada edinilen deneyimlere göre, hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın elle yapılan düzenlemelerden çok daha başarılı olacağını ve zamandan tasarruf ettireceğini de bilmek gerekir (Dowland ve Dowland, 1992).

Üç boyutlu paketleme problemlerine farklı kısıtlar altında çözümler önerilmektedir. Bu kısıtlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır (Dereli vd., 2004).

- Paketleme konteyner/büyük kabın sınırlarını aşmayacak şekilde yapılmalıdır.

- Paketlemenin yapılacağı büyük kap (konteyner, palet, vb.) ve paketlenen cisimler (kutular) aynı boyutta veya farklı boyutlarda olabilirler.
- Paketleme esnasında cisimler döndürülerek veya döndürülmeden paketlenabilirler.
- Paketlenen cisimler farklı ağırlıklarda olabilirler.
- Bir konteynere/büyük kaba bir sipariş veya birden fazla sipariş yüklenebilir.
- Taşıma kutusu içi yük dağılımı dikkate alınmalıdır.

3.2.2.4 Araç Yükleme Problemi

Araç yüklemenin probleminde amaç, bir araca çeşitli boyut, şekil ve ağırlıklardaki kutularla ulaşım açısından en uygun biçimde yüklemektir. Araca yüklenen ürünlerin ağırlık dağılımına da dikkat edilmesi gerekir. Araca yerleştirilecek her nesnenin yük taşıma kapasitesi ayrı bir kısıtlama konusudur. Çünkü yerleştirme yaparken hangi ürünlerin üzerine ağırlık konabileceğinin belirlenmesi gerekir.

Bütün bu hususları göz önünde bulundurarak bir yük düzeneği hazırlamak oldukça zordur. Potansiyel yerleştirme kombinasyonlarının sayısı arttıkça, araştırma sahası da genişlemektedir. Eğer araca yüklenmeye çalışılan nesnelere hakkında çıkarım yapılabilirse (Örneğin; nesnelere tüm nesnelere aynı boyda ya da ağırlıktaysa), problemin boyutunda bir azalma yaratabilir (Martello, et al., 2000).

3.2.2.5 Araç Yükleme Problemleri Üzerine Yapılan Son Dönem Araştırmalar

Paketlenen nesnelere uzunluk, ağırlık ve yükseklikleri değişiklik gösterdiği için genel araç yükleme problemleri de oldukça karmaşık bir hal almaktadır. Nesnelere araç içerisine yerleştirirken yük kısıtlamaları oldukça önem kazanmaktadır. Konteyner yüklemelerini ele alan ilk çalışmaların çoğu, yük kısıtlamalarını hiç hesaba katmamış, ya sadece enbüyük yük miktarının aşılması, ya da yük dağılımının düzgün yapıp yapılmadığı konusuna değinilmiştir (Meyer et al, 1990).

1993'te Pulat ve diğere tarafından ileri sürülen melez genetik algoritma, daha ağır nesnelere yükün en altına yerleştirilmesi gerektiğini öngören pratik bir yaklaşım

getirmektedir. Fakat bu da yeterli değildir, çünkü üzerine başka bir yük konamayacak pek çok ağır yük olabilir. Bir nesnenin yük taşıma kapasitesi fikri 1999'da Bischoff ve diğerleri tarafından ileri sürülmüştür. Aynı çalışmada, dikdörtgen konteynerler için, yük sarsılmazlığı ve ağırlık dağılımını algoritmanın önerdiği maksimum ağırlık ölçüsünde genişletebilecek melez genetik araç yükleme algoritmasını geliştirmişlerdir (Eberhard, et al., 1999).

Özellikle zor araç yükleme problemlerini çözerken, genetik algoritmalar oldukça faydalı olabilmektedir. Çünkü bu tarz durumlarda palet boyutlarında yüksek değişiklikler görülmekte ve bu nedenle araştırma sahası oldukça genişlemektedir. Eğer eldeki problemi basitleştirebiliyorsak açgözlü arama (greedy search), geri dönüşlü arama (backtracking search) ve hatta ayrıntılı arama (exhaustive search) gibi daha zor problem örneklerinde kullanılmayan tekniklerden faydalanabilir (Meyer et al, 1990).

Aç gözlü arama, büyük kısıtlamalara maruz kalmış bir problem üzerinde oldukça etkili olabilir. Bütün nesnelere aynı genişlik ve uzunluğa sahipse, açgözlü algoritma daha başarılı sonuçlar verebilir. Geri dönüşlü arama daha fazla zaman alabilir, çünkü çözümün kalitesini arttırmak için araştırma süresince geçilen bütün yolu geri gidip; yapılan bütün tercihleri geri alacaktır. En zaman alıcı seçenek ise ayrıntılı arama seçeneğidir. Yük içerisindeki her bir nesne için tek tek potansiyel yerleştirme alternatifleri araştırılmak zorunda kalınmaktadır (Martello, et al., 2000).

Birçok paketten oluşan bir siparişin araca yüklenmesi veya paletlere paketlenmesi çok karmaşık bir süreçtir. Bu sürece bir de araç turu belirleme problemi eklendiğinde problem daha karmaşık bir hal almaktadır. Paketleme problemi ile araç turu belirleme probleminin birlikte ele alınarak bütünlük bir çözüm arandığı durumlardan daha çok iki boyutlu yükleme kısıtları dikkate alan çalışmalar yapılmıştır (Gendreau, et al., 2006)

Yükleme / paketleme problemleri uygulamada belirlenen sınırlar çerçevesinde kolaylıkla çözülebilmektedir. Gözünen odur ki, belirli bir paketleme problemi olan bir kimse; mevcut yöntemlerin çeşitlenmesinden faydalanabilir. Bu yöntemler genelde birbirleriyle ilişkilidir ve asıl önemli olan kişinin gereksinimlerini tasarım ve imkânlarla eşleştirebilmesidir.

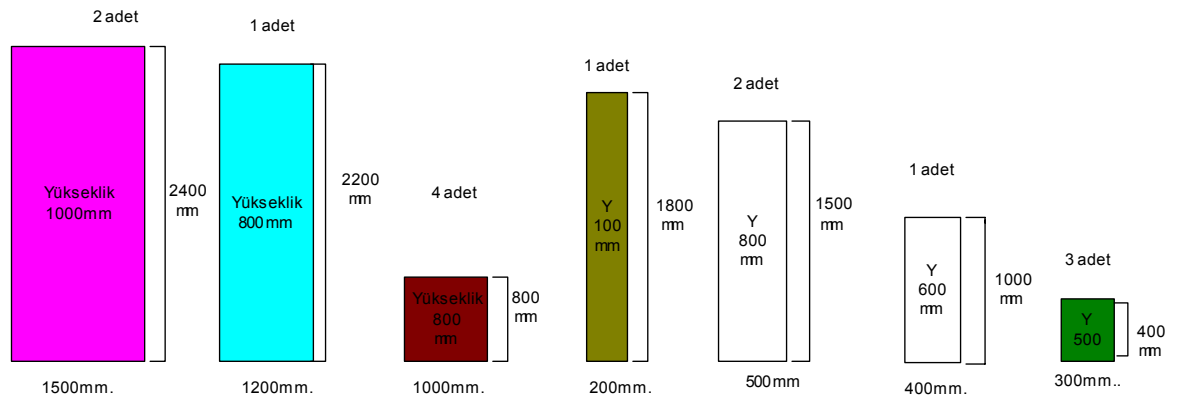
Dikkati çeken nokta; paketleme problemi ile araç turu belirleme problemine birlikte çözüm arandığı da düşünüldüğünde, karmaşıklığı azaltmak adına, paketleme problemin mümkün olduğunca 3D → 2D → 1D'ye doğru basitleştirilmesidir (Pisinger, 2005).

Önerilmesi/geliştirilmesi hedeflenen KDS'nin sınırı, araç yükleme ve araç turu belirleme problemlerinin çözümü odaklı olacaktır.

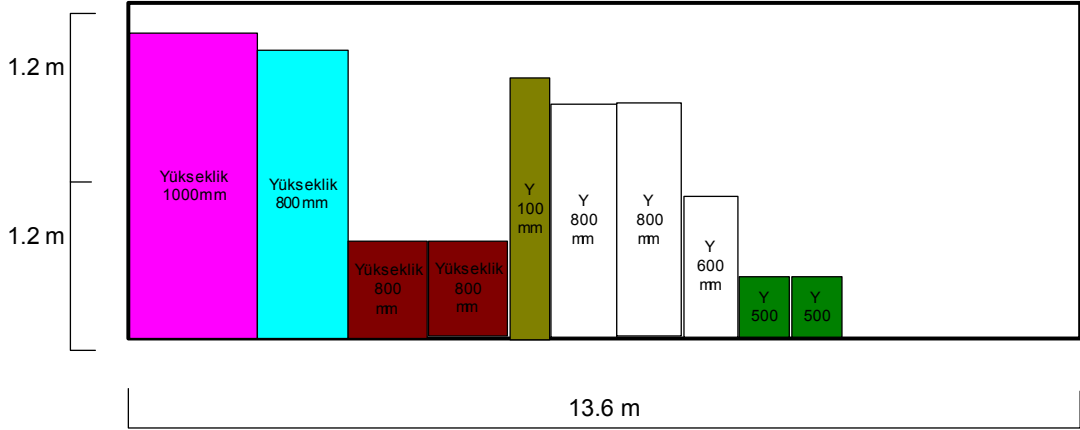
3.2.2.6 Paket Tipleri ve Sevkiyat Benzerliği Algoritması

Bu çalışmada sözü edilen algoritmalara ek olarak, karar destek sistemi içinde kullanılmak üzere araç içi yerleştirilebilirlik değerlerini (loadmeter) hesaplamak için kutuların üst üste konulabilirliğini esas alan “paket tipleri / sevkiyat benzerliği” algoritması geliştirilmiştir. Ancak algoritmadan önce loadmeter kavramının tanımlanması gerekir.

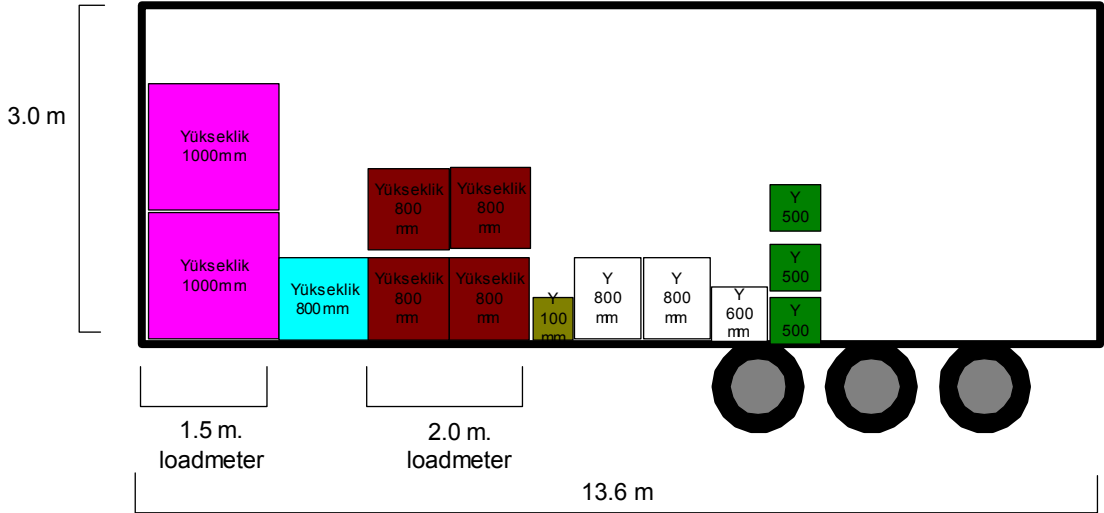
Loadmeter; tır, kamyon vb. araçların kasalarına yandan bakıldığında her kutu grubunun kapladığı yerin uzunluk cinsinden ölçüsüdür. Araç içi yerleştirilebilirlik değeri (loadmeter), aracın sadece uzunluk boyutunun dikkate alınarak belirlenmesiyle hesaplanır. Şekil 3.5’de örnek kutu tiplerinin üstten görünüşleri, Şekil 3.6’da kutuların araca yüklenmesi sonrasında oluşan durumun üstten/yandan görünüşü ve örnek olması bakımından yapılabilecek bir yüklemeye ait loadmeter değer ölçüsü Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Farklı kutu tipi örnekleri

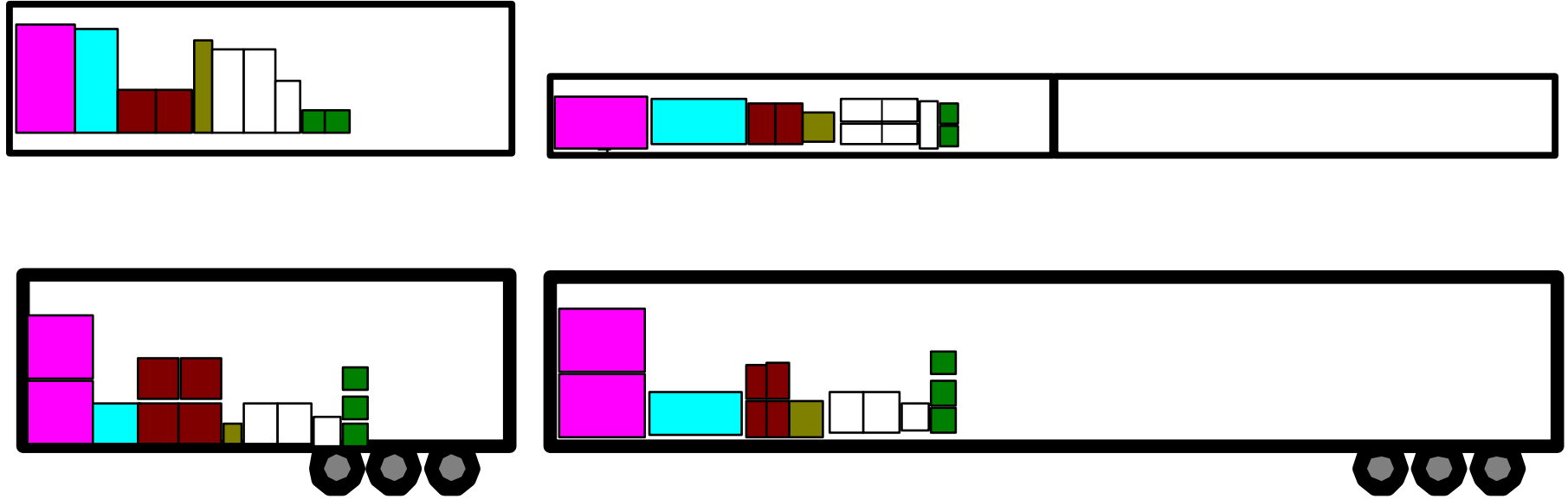


Şekil 3.6. Kutu adedi / tipleri ile yüklü aracın üstten görünüşü



Şekil 3.7. Araç içi yerleştirilebilirlik değerini (loadmeter) yansıtan araç yüklemesi

Paket çeşitliği ve boyutları düşünüldüğünde, aracın boş kalan yarı kısmını da etkin bir şekilde doldurabilmek için paket boyutlarının uzunluk ve genişlik ölçülerinde dönüşüm yapılmıştır. Bu noktada, gerçekte 13.6 m. uzunluğunda 2.4 m. genişliğinde olan araç ölçüleri de araç sanki 27.2 m uzunluğunda ve 1.2 m genişliğindeymiş gibi tanımlanmıştır. Bu yaklaşım Şekil 3.8’de gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Geliştirilmiş araç içi yerleştirilebilirlik değerini (loadmeter) yansıtan araç yüklemesi

Araç içi yerleştirilebilirlik değerlerinin (loadmeter) hesaplanması için geliştirilen algoritmanın adımları izleyen şekildedir:

Adım 1: Paketleme tiplerinin boyutlarına bağlı olarak dönüştürülmesi

Adım 1.1: Paket uzunluğu ve paket genişliği araç genişliğinden küçük ya da eşitse, uzunluk ve genişlik ölçülerini birbirleriyle karşılaştır.

Adım 1.1.1: Paket uzunluğu, paket genişliğinden büyük ya da eşitse, uzunluk ve genişlik ölçülerini yer değiştir

Adım 1.1.2: Paket uzunluğu, paket genişliğinden küçükse, değerleri değiştirme.

Adım 1.2: Eğer paket uzunluğu ve paket genişliği araç genişliğinden büyükse, genişlik ve uzunluk ikilisinin en büyük ve en küçük değerlerini araç genişliği ile karşılaştır.

Adım 1.2.1: Eğer paket uzunluğu ve paket genişliği ikilisinin en küçük değeri araç genişliğinden küçük ya da eşitse ve paket uzunluğu ve paket genişliği ikilisinin en büyük değeri araç genişliğinden büyükse, genişlik ve uzunluk ikilisinin en büyük değeri uzunluk, en küçük değeri genişlik olarak al.

Adım 1.2.2: Eğer paket uzunluğu ve paket genişliği ikilisinin en küçük değeri araç genişliğinden büyükse ve paket uzunluğu ve paket genişliği ikilisinin en büyük değeri araç genişliğinden küçük ya da eşitse, genişlik ve uzunluk ikilisinin en küçük değerinin yarısı uzunluk, en büyük değerinin yarısını genişlik olarak al.

Adım 1.3: Paketin kenar ölçülerinden bir tanesi araç genişliğinden büyük ve diğeri araç genişliğinden küçükse, küçük olan kenarı kasa genişliği, büyük olan kenarı kasa uzunluğu olarak al.

Adım 2: Verilen kutu tipi için, veritabanında kayıtlı olan ve daha önceden dönüştürülerek hesaplanmış üst üste konulabilirlik (stackability, [istiflenebilirlik]) ve birim loadmeter değerlerini al.

Adım 3: Kutunun araç içinde enlemesine - yan yana - kaç tane konabileceğine bak.

Adım 3.1: Kutu genişliği, araç genişliğine eşitse yan yana konabilirlik değeri olarak 1 al.

Adım 3.2: Kutu genişliği, araç genişliğinden küçükse, yan yana konabilirlik olarak (araç genişliği / kutu genişliği) değerinin tam sayı kısmını al.

Adım 4: Üst üste ve yan yana konabilirlik değerlerini çarparak birim uzunluğa kaç adet kutu konabileceğini hesapla.

Adım 5: Yüklenecek kutu sayısını, birim uzunluğa yüklenebilecek kutu sayısına bölünerek yukarı yuvarla ve yüklenecek kasaların kaç birim loadmeter yer kaplayacağını bul.

Adım 6: Yüklenecek kutuların kapladığı yeri ve kutunun loadmeter değerini çarparak toplam loadmeter değerini hesapla.

Grup analizi sonrasında elde edilen sevkiyat planındaki kutuların, geliştirilen bu algoritma ile araca nasıl yüklenmeleri gerektiği belirlenmektedir. Bu çalışmada algoritma, kodlanarak karar destek sistemi içine dâhil edilmiştir.

3.3. Tur Belirleme Problemleri

Tur Belirleme Problemi, karayolu taşımacılığında araçların (gezginlerin) izleyecekleri turların belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Ayrıca bir grup işin hangi sırayla yapılması gerektiğinin belirlenmesi de bir tur belirleme problemidir (Sipahioğlu, 1996).

Tur belirleme problemlerine; posta dağıtan veya toplayan postacı, gösterge vb. okuyan veya kontrol eden görevli, servis ekipleri, ürün taşıma aracı, personel servis aracı, gazete dağıtım araçları, banka kurye araçları, bir tezgâh veya kimyasal reaktör için iş sırasını belirleme, bir elektronik karta devreleri basma, örnek olarak verilebilir.

Tur belirleme problemleri, 4 bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; müşteriler, araçlar, ürünler, talepler. Tur belirleme problemleri, bu bileşenlere bağlı olarak farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Örneğin müşterilerin yerleşimleri tanımlanan serimde düğümlerde (Hamilton türü tur belirleme) veya ayrıtlarda (Euler türü turu belirleme) olabilir. Serim simetrik veya asimetrik (iki düğüm arasında gidiş geliş mesafesi farklı

veya tek yönde geçiş var) olabilir. Problemde sadece ürün taşıma veya toplama ya da her ikisi birden olabilir. Ayrıca araçların istenen yerlerden belli zaman aralıklarında bulunması da gerekebilir. Bütün bu özel durumlar tur belirleme problemi değiştirir ve farklı isimlerle anılmasına neden olur. Ayrıca çözüm açısından da zorlaştırır (Sipahioğlu, 1996).

3.3.1 Araç turu belirleme problemi (ATBP)

Bu bölümde, müşterilerin düğümlerde tanımlandığı Hamilton türü tur belirleme problemi için ATBP tanımlanarak çeşitleri ve çözüm yaklaşımları hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

Araç Turu Belirleme Problemi; yerleri bilinen müşterilere, eldeki araçlar ile istenen ürünün/ürünlerin dağıtımını veya toplanması için araç rotasının belirlenmesidir. Amaç; rota üzerinde belirlenen noktalardaki talepleri karşılayacak şekilde, araç kapasitesini aşmadan, araçların toplam kat ettikleri mesafeyi enküçüklemektir. Ancak başka amaçlar da olabilir. Örneğin:

- Katedilen toplam mesafenin enküçüklenmesi,
- Toplam taşıma maliyetinin enküçüklenmesi,
- Bir araç tarafından katedilen en büyük mesafenin enküçüklenmesi,
- Araç doluluk oranının enbüyüklenmesi,
- Araç sayısının enküçüklenmesi,
- Fazladan gerekecek araç sayısının enküçüklenmesi,
- Toplam gecikme süresinin enküçüklenmesi,
- Araçlar arasındaki tur dengesinin sağlanması,
- Darboğaz zamanının enküçüklenmesi,
- Taleplerin karşılanma süresinin enküçüklenmesi,
- Müşteri memnuniyetinin enbüyüklenmesi,

Problemin kısıtları da değişik biçimlerde olabilir. Örneğin;

- Araç taşıma kapasitesinin aşılmaması,

- Zaman aralıkları içinde dağıtım/toplama yapılması,
- Tur uzunluğunun belli bir değeri (kat edilen mesafe ve tur maliyeti veya durak sayısı açısından) geçmemesi, vb.

Problemin bileşenlerdeki değişiklikler, problemin farklı bir isimle anılmasına yol açar. İzleyen kısımda çok bilinen ve uygulanan araç turu belirleme problemlerine örnekler verilmiştir.

3.3.2 Kapasiteli araç turu belirleme (Capacitated VRP)

Aynı özelliklerdeki araç filosu ile bilinen bir noktadan müşteri taleplerini karşılayacak şekilde en düşük maliyet ile faaliyetlerin yürütülmesidir. ATBP'den farkı her bir aracın belli taşıma/toplama kapasitesini de dikkate alınmaktadır. ATBP'nin en genel halidir. Amaç, her bir rota için araç kapasitesini aşmayacak şekilde araç sayısını ve toplam kat edilen mesafeyi en küçükmektir. Her bir rotaya tahsis edilen aracın kapasitesini aşmayacak şekilde bulunan çözüm uygun bir çözümdür. Problem ilk defa, Dantzig ve Ramser tarafından 1959'da yapılan "Truck Dispatching Problem" isimli bir çalışma ile tanımlanmıştır, Sipahioğlu (1996) tarafından eniyi çözümü bulmak için etkin alt tur engelleme kısıtları içeren bir tamsayı programlama modeli önerilmiştir.

3.3.3 Zaman pencereli ATBP (VRP with time windows)

Toplama/dağıtım yapılan noktalar ilgili zamana/süreye ilişkin kısıtların bulunduğu durumları içermektedir. Rota üzerindeki aracın belirlenen zaman veya zaman aralığı içinde toplama/dağıtım noktasında olacak şekilde probleme çözüm aranmaktadır. Çoğu kez belli bir zaman aralığı tariflenebilir ve araç erken gelirse beklemektedir. Bazen, okul servislerinin belli saatlerde belli duraklarda olması gibi, zaman aralıklarının dışında kesin zaman değerlerinin istendiği durumlar da olabilir (Sipahioğlu, 1996).

3.3.4 Dönemlik araç turu belirleme (Periodic VRP)

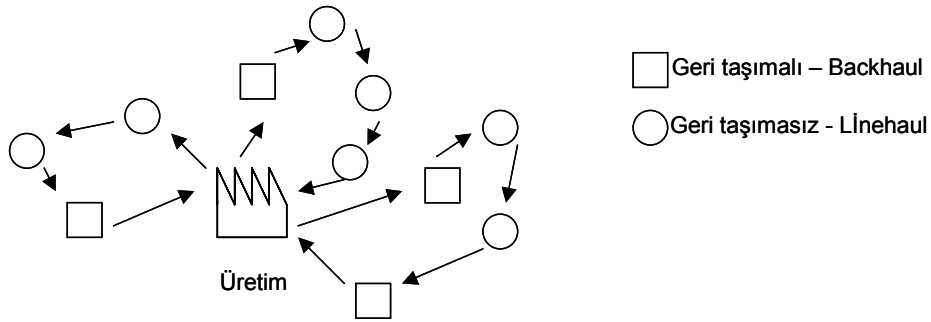
T günlük planlama dönemi boyunca, müşterilere n kez uğranması için gerekli araç turlarının belirlenmesidir. Amaç, araç sayısını ve yol süresini en küçükmektir. Dönem boyunca her müşteriye kaç defa uğranacağı ve bunun kaç günlük aralarla olacağı bellidir. Problem ilk defa, 1979'da Russel ve Igo tarafından tanımlanmıştır (Sipahioğlu, 1996).

3.3.5 Kısmi taşınmalı ATBP (Split delivery VRP)

Toplam maliyetlerde azalma sağlamak amacıyla aynı müşteriye farklı araçlar ile uğranmasına müsaade edilmektedir. Müşteri siparişleri bir araç kapasitesi büyüklüğünde olduğunda, gevşetme önem kazanmaktadır. Konuyla ilgili ilk çalışma 1987’de Dror ve Trudeau tarafından yapılarak genel tanım verilmiş ve bir yordam önerilmiştir (Sipahioğlu, 1996).

3.3.6 Geri taşınmalı ATBP (VRP with backhauls)

Müşterilerin hem talep ettiği, hem de bazı ürünleri geri gönderebildiği durumları içermektedir. Araçların müşteriye ürün taşıdıktan sonra, geri dönüşlerde başka ürünleri de geri taşımalarının gerektiği durumlar olabilir. Şekil 3.9’da geri taşınmalı bir sistem örneklenmiştir. Araçlar tam dolu değildir ve araç içindeki yüklemelerin yeniden düzenlenmesi söz konusu değildir. Dağıtılacak ve geri toplanacak miktarlar ve yerleri bilinmektedir (Sipahioğlu, 1996).



Şekil 3.9. Geri taşınmalı ATBP

3.3.7 Dağıtımlı / Toplamalı ATBP (VRP with pickup and delivery)

Müşterilerin bazı ürünlerini geri gönderebileceği de dikkate alınan problemlerdir. Dolayısıyla müşterilerin geri göndereceği ürünlerin araca sığacağına dikkate alınması gerekir. Bu durum planlama problemini daha zor bir hale sokar ve araç kapasitelerinin verimsiz kullanımı, artan araç ihtiyacı ve yol süresinin uzaması gibi durumlar karşımıza çıkmaktadır (Sipahioğlu, 1996).

Müşteriler arasında malzeme değiş tokuşu yoktur. Problemin gevşetilmesi için, her müşteriye bir kez uğranması veya toplama yapmadan önce tüm dağıtımların yapılması gerekebilir.

3.3.8 ATBP için geliştirilmiş çözüm yöntemleri

ATBP için öne çıkan çözüm yöntemleri, kesin çözüm yöntemleri, yordamlar ve metaheuristikler olmak üzere üç başlık altında toplanabilir. Kesin çözüm yöntemleri arasında matematiksel programlama, serim kuramı, dal-sınır yöntemleri, dinamik programlama, Lagrange gevşetmesi söylenebilir. Ama bu tür problemlerin çözümü çok zaman aldığından genellikle yordamların tercih edildiği bir gerçektir. Sezgiseller ise klasik ve metasezgiseller olarak ikiye ayrılabilir (Braysy and Gendreau, 2005 a)

Klasik sezgiseller arasında, kazanım algoritması (Savings) yaygın olarak bilinenlerden biridir. 1964'de Clarke ve Wright tarafından geliştirilmiştir. Temel mantık, her adımda eldeki turlar grubunu daha iyisiyle değiştirerek iyi bir çözüme ulaşmaktır. En önemli noktası, kazanım değerlerinin nasıl hesaplanacağıdır. Kazanım değerlerini hesaplamak için pek çok farklı formülasyon önerilmektedir (Sipahioğlu, 1996). Bundan başka 1969'da Newton ve Thomas tarafından önerilen önce rotala sonra grupla (Route first, cluster second), 1974'de Gillet ve Miller tarafından önerilen önce grupla sonra rotala (cluster first route second) algoritmasından (bu algoritma süpürme (sweep) adıyla da bilinir), 1958'de Croes tarafından önerilen k-opt algoritmasından söz edilmesi gerekir. İzleyen yıllarda bu algoritmaların her biri için yeni hesaplama teknikleri geliştirilerek daha iyi çözümler bulmalarını sağlayacak eklentiler yapılmıştır (Sipahioğlu, 1996).

1987'de Solomon, Clarke ve Wright'in geliştirdiği kazanım (savings) algoritmasına, turun toplam bekleme süresi kısıtını ekleyen yeni bir çalışma yapmıştır. 2000'de Dullaert ve 2003'de Dullaert ve Brasy, Solomon'un ekleme yöntemini, başlangıç noktası ve kısmi turun ilk noktası arasına ekleme yapmadığı için eleştirmiştir. Solomon'un 1987'de önerdiği bu zaman temeli tarama (time-oriented sweep) yöntemi, problemi rotalama ve çizelgeleme problemlerine ayırır. Rotalama için klasik tarama (sweep) algoritması kullanılır, ikinci aşamada da müşteriler sıralanır (Braysy and Gendreau, 2005 a).

1993'de Potvin ve Rousseau, Solomon'un yöntemine paralel olarak yeni bir yaklaşım geliştirmiştir. Bu yöntemde, başlangıç olarak m adet tur seçilir. Herhangi bir tura eklenecek yeni müşterinin seçimi, tüm turlar için hesaplanan bir reddedilme ölçüsüne göre yapılır (Braysy and Gendreau, 2005 a).

Ioannou ve diğerleri 2001'de içecek endüstrisinde karşılaşılan bazı teorik problemleri çözmek için Solomon'un sıralı ekleme yöntemini, farklı bir kriter ile kullandılar. Buna göre yeni eklenecek nokta, eklenmeyen noktaların, oluşturulan rota üzerindeki etkilerini minimize edecek şekilde seçilmelidir. Benzer bir yaklaşımla, Balakrishnan 1993'de zaman aralığı kısıtını da içeren 3 farklı sezgisel yöntem önermiştir. Bu yöntemler, temelde en yakın komşuluk ve kazanım (savings) algoritmasına dayanır ve sadece turdaki ilk müşterinin belirlenmesi ve eklenecek bir sonraki müşterinin belirlenmesinde kullanılacak kısıtta farklılık vardır (Braysy and Gendreau, 2005 a).

1996'da Bramel ve Simchi-Levi zaman aralığı kısıtlı problem için yeni bir yöntem önermiştir. Amaç, mevcut noktalar içerisinde mükün olan tüm alt noktalardan bir bölge seçmek ve her bölge için bir araç atayarak müşterileri bu araca koymaktır. Bu yöntemin zaman aralıklı uyarlamasında ise, lokasyon seçimi yerine, turların oluşturulmasında kullanılacak ilk noktaların seçimi esas alınır (Braysy and Gendreau, 2005 a).

Metasezgiseller ise son yıllarda geliştirilen tekniklerdir. Karınca kolonisi, genetik algoritma, yasaklı arama, tavlama benzetimi, yapay sinir ağı ve melez algoritmalar gibi.

Karınca algoritması, gerçek hayatta yiyecek arayan karıncalardan esinlenerek geliştirilmiştir. Karıncalar yiyecek ararken feromon (pheromone) adı verilen aromatik bir koku bırakırlar. Koku yoğunluğu yolun uzunluğuna ve yiyeceğin kalitesine bağlıdır. Bu koku diğer karıncalara bilgi verir. Yol kullanıldıkça daha fazla yiyecek taşındıkça daha baskın bir duruma gelir ve daha fazla koku ile işaretlenmiş olur (Toth and Vigo, 2001; Braysy and Gendreau, 2005 b)

Bu gözlemi gerçekleştiren Colomi, Dorigo ve Maniezzo 1991 yılında kombinatorik problemlerin çözümü için yeni bir metaheuristik önermişlerdir. Çözüm

arayan yapay karıncalar çevrelerinde yiyecek arayan gerçek karıncaları taklit etmekte, yiyecek kaynaklarının miktarı amaç fonksiyonu değeri ile ilişkilendirilmekte ve koku miktarı da hafızada kaydedilen çözüm değerlerini yansıtmaktadır. Bu yaklaşım Colorni vd. tarafından gezgin satıcı problemi için uygulanmıştır (Toth and Vigo, 2001; Braysy and Gendreau, 2005 b).

ATBP için ilk uygulama Kawamura tarafından 1998 yılında yapılmış, 2-opt iyileştirme yordamı ve tavlama benzetimi ile birlikte kullanılmıştır. 1999 yılında Gambardella yaptığı çalışma ile ATBP m-1 adet yeni başlangıç noktası eklenerek bir gezgin satıcı problemine dönüştürülmüştür. Zaman aralıkları da dikkate alınarak probleme çözüm aranmıştır. Bu çalışmada iki ayrı karınca kolonisi kullanılmış, birinci karınca kolonisi sadece araç kapasitelerine göre çözüm araştırırken ikinci karınca kolonisi zaman aralıklarını dikkate alan çözüme odaklanmıştır. Bu iki koloni arasında “koku bilgi akışı” ile probleme çözüm aranmıştır (Toth and Vigo, 2001; Braysy and Gendreau, 2005 b).

Yasaklı arama, her adımda ikincil en iyileme problemini çözen bir kısıtlı arama sürecidir. Araştırma sürecinin her adımında alt grupların çözüm uzayını bakılmaz. Bunlar bir yasak listesinde yer alır ve çözüm bu yasaklara uyularak araştırılır. ATBP için ilk uygulamalar 1989’da Williard, 1991’de Pureza ve França tarafından yapılmasına rağmen etkili sonuçlar elde edilememiştir. 1996’da Osman, 1993’de Tailard, 1994’te Gendreau, Hertz ve Laporte, 1996’da Xu ve Kelly, 1999’da Barbarosoğlu ve Özgür tarafından yapılan çalışmalar çok daha başarılı olmuştur. Gendreau, Hertz ve Laporte tarafından geliştirilen Tabu Route Algoritması Yasak listesi yerine yasak etiketleri (Tabu Tags) kullanmaktadır. Xu ve Kelly’nin algoritmalarında diğer yöntemlerden çok daha karmaşık bir komşuluk yapısı kullanılmaktadır. Rotanın en iyilenmesinde 3-opt değişimler ve yasaklı arama birlikte uygulanmaktadır. İyi çözümler bir havuzda toplanmakta ve iyi çözümler üzerinden yeni parametre değerleri araştırılmaktadır (Toth and Vigo, 2001; Braysy and Gendreau, 2005 b).

Genetik algoritmalar, problemlerin çözümü için doğal evrim sürecini taklit eden bir rassal arama tekniğidir. İlk defa 1975 yılında Holland tarafından ortaya atılmıştır. Başlangıç bir çözümünden hareketle daha iyi çözümler bulunmasına dayanır. Genetik algoritmaların en önemli özelliklerinden biri çözüm uzayında çok noktadan arama

yapmasıdır. ATBP'ndeki kısıtların karmaşıklığı zaman aralıklarına uyum gibi durumlar, etkin çözüm bulunmasını zorlaştırmaktadır. Bu noktada Genetik algoritmalar bir fırsat olarak karşımıza çıkmaktadır. ATBP için ilk uygulamalar 1993'te Blanton ve Wright ile başlar. 1996'da Potvin ve Bengio, 1995'te Thangiah ATB problemlerine genetik algoritmalar ile çözüm aramışlardır. Çalışmaları birbirinden farklı kılan başlangıç çözümleri elde edilmiş yöntemleri ve en iyi çözümü elde etmek adına kullanılan kromozom yapısı ve genetik operatörlerdir (Toth and Vigo, 2001; Braysy and Gendreau, 2005 b).

Tavlama benzetimi bir yerel eniyi araştırma algoritmasıdır. Yöntemin en önemli özelliği yerel en iyi çözümler bulduktan sonra da işleme devam ederek yeni çözümler aramasıdır. ATBP'ne ilk uygulamalar 1990'da Robuste, Daganzo ve Souleyrette ve 1991'de Alfa, Heragu ve Chen tarafından yapılanlardır. İlk çalışmada uygulamacılar bir kaç farklı durumu dikkate alan bir komşuluk yapısı tanımlamışlardır; rotanın bir kısmını aynı rotanın başka bir kısmına hareket ettirmek, iki rota arasındaki uç noktaları değiştirmek gibi. 80, 100, 120 ve 500 düğümlü serimler için çözüm aranmıştır. İkinci uygulamada ise önce rotala, sonra gruplandır yordamı kullanılarak bir başlangıç çözüm elde edilmiş, arama süreci için 3-opt değişimler uygulanmıştır. 30-50 ve 75 düğümlü problemler için çözüm aranmış ancak iyi sonuçlar elde edilememiştir. 1995'te Osman tarafından yapılan çalışma daha fazla kabul ve başarı elde etmiştir. İlk aşamada Clark ve Wright algoritması ile başlangıç bir çözüm bulunmuş. İkinci aşamada farklı bir soğutma çizelgesi ile probleme en iyi çözüm aranmıştır. Geleneksel tavlama benzetimi yönteminden farklı olarak sıcaklık, mevcut çözümde bir iyileşme olduğu takdirde düşürülmüştür (Toth and Vigo, 2001; Braysy and Gendreau, 2005 b).

Yapay sinirsel ağlar, akıl ve beynin basitleştirilmiş matematiksel modelleridir. Beynin yapısı ve işlevinden esinlenen bir hesaplama mimarisidir. Matematiksel modelde nöronlar işlem elemanları olarak temsil edilmekte, nöronlar arası bağlantılar girdi yolları olarak tanımlanmakta, sinyalleri birleştiren ve nöron çıktılarını gerçekleştirilen süreç bir transfer fonksiyonu içinde modellenmekte, her bir bağlantının şiddeti ağırlık olarak temsil edilmekte ve sinaptik şiddetteki değişme, öğrenme olarak tanımlanmaktadır (Özkazanç, 1999).

ATBP'ndeki uygulamalara ışık tutan çalışma ise 1985'te Hopfield ve Tank'in gezgin satıcı problemini yapay sinirsel ağları kullanarak çözmeleridir. ATBP'de

karşımıza çıkan kapasite, zaman aralıkları vb. kısıtların karmaşıklığı düşünüldüğünde konuyla ilgili çok fazla bir çalışma yoktur. En önemlisi 1997'de Ghaziri tarafından yapılan çalışmadır. İki aşamalı bir çözüm sunulmaktadır. İlk aşamada sadece bağlantıların dikkate alındığı bir çözüm bulunmakta ve bu çözümde mesafeler baskın rol oynamaktadır. İkinci aşamada ise kapasite kısıtını sağlamayan bağlantı noktaları devre dışı bırakılmaktadır. Diğer metaheuristikler ile karşılaştırıldığında çok iyi çözümler elde edilememiştir (Toth and Vigo, 2001; Braysy and Gendreau, 2005 b).

Melez Algoritmalar (Hybrid Algorithms), bilinen sezgisel yöntemler ve/veya metasezgisel algoritmaların birlikte kullanıldığı algoritmalarlardır. Bu tür algoritmaların temelinde yatan düşünce, algoritmaların üstün tarafları bir araya getirerek daha iyi çözümlerin bulunabileceğidir. Bu konuda yapılan çalışmalara Tan ve diğerleri (2001) tarafından yapılan ve tavlama benzetimi, yasaklı arama ve genetik algoritmanın bir arada kullanıldığı çalışma örnek olarak verilebilir.

ATBP üzerine yapılan çalışmaların önemli bir kısmı zaman aralıklı ATBP'leri üzerine yayınlanmıştır ve güncelliklerini korumaktadır. Ayrıca, çalışmaların önemli bir kısmında metasezgisel yöntemlerden yasaklı aramanın (Tabu Search) kullanıldığı görülmektedir (Braysy and Gendreau, 2005 b).

BÖLÜM 4

KARAR DESTEK SİSTEMİ

Karar Destek Sistemi (KDS), karar vericiye ihtiyacı olan bilgilerin düzenlenmesinde, analiz edilmesinde, alternatiflerin oluşturulmasında kullanılan ve bu sayede karar vericinin doğru, hızlı ve etkin karar vermesini sağlayan yardımcı bir sistemdir. KDS'deki temel yaklaşım, kullanıcılara sonuçları kabul ettirmek değil, kullanıcılara çözüm geliştirebilecekleri ortamlar oluşturmaktır. Bunun için karar verme sürecinin ayrıntılı belirlenmesi ve her düzeyde bilgisayarla desteklenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, karar destek sistemleri, bilgisayar destekli bilgi sistemlerinin alt kollarından biridir (Turban, 1995).

KDS, daha etkin karar seçeneklerini oluşturma, alternatifleri belirleme ve değerlendirme işlevlerine destek sağlayan ve doğru karar verme olasılığını arttıran sistemlerdir. Temel olarak KDS, karar vericinin karar vermesini gerektiren durumla ilgili olarak istediği, ihtiyaç duyduğu bilgileri derleyip, dilediğince değerlendirdiği ve daha bilgili olarak karar verebilmesi imkânının ortaya çıktığı bir ortam oluşturur. KDS, yöneticilerin kendi kararlarının kalitesini geliştirebilmeleri için bilgi eksikliğinin kapatılmasında da yardımcı olur (Turban, 1995).

KDS, yargıyı değiştirmek yerine desteklemeyi amaçlar, kendi başlarına karar verme özelliğine sahip değildir, sadece karar vermeyi kolaylaştırır. KDS, karmaşık problemlerin bilgisayar teknolojisi ve insan zekâsının birlikte kullanılması ile daha etkin çözümler üretilmesine yardımcı olan sistemlerdir (Eom, 2001).

4.1. Karar Destek Sisteminin Gelişimi

1940'ların başında ilk genel amaçlı elektronik bilgisayarlar kullanıma başlandığından beri, veri işleme teknikleri sürekli olarak gelişmektedir. 1950'lerin sonunda çok sayıda organizasyon maaş bordrosu, envanter ve faturalandırma gibi rutin ofis işlerini otomatik hale getirmek üzere hareket işleme sistemlerini ya da elektronik veri işleme sistemlerini kullanmaya başlamıştır. 1960'larda veri tabanı yönetim sistemlerinin veri toplama, düzenleme, depolama ve yeniden düzenleme alanında

gelişmesiyle birlikte yönetim bilgi sistemleri ortaya çıkmıştır. Yönetim Bilgi Sistemleri, hareket verilerini ve kullanıcı etkileşimini mümkün kılan yönetim sorgulamalarını bir araya getirip özetleyerek, değerli yönetim bilgilerini oluşturmak üzere geliştirilmiştir. Yönetim Bilgi Sistemlerine basit modelleme ve istatistik yöntemlerini dâhil ettikten sonra sistem, rutin kararları alır hale gelmiştir. Bu alanda çalışan bilim adamları 1970 yılında bilgisayar destekli bilgi sistemlerinin işletmecilerin yarı-yapılandırılmış ya da hiç yapılandırılmamış karar alma faaliyetlerinde önemli bir rol üstlendiğini fark etmeye başlamışlardır. 1970'lerden bu yana Karar Destek Sistemleri, Bilgisayar Destekli Bilgi Sistemlerinin önemli bir parçası olmuştur. 1980'lerde diğer bir bilgi teknolojisi akımı ortaya çıkmıştır: Yapay zekâyâ dayalı uzman sistemleri. Yapay zekâyâ dayalı uzman sistemler, belirli bir alanda tekrara dayalı kararlar alırken insanların yerine geçmek ve onların yerine karar almak üzere tasarlanmıştır. 1980'lerin ortalarında, üst düzey yöneticilerin bilgi ihtiyaçlarını karşılamak üzere üstyönetim bilişim sistemleri (ÜBS – executive information systems) ortaya çıkmıştır. ÜBS, takip ve kontrol amacıyla süzgeçten geçirilen ve sıkıştırılan güncel ve önemli bilgileri temin etmek üzere tasarlanmıştır. Bilgisayar destekli bilgi sistemlerinin en son parçası yapay sinir ağıdır. Sinir ağı hesaplaması, insan beyninin özelliklerini taklit eden zekâ sistemlerini içermektedir. Yapay sinir ağı insan beyninin paralel işletim yöntemini, bilgi işletim sürecinde gerçekleştirmeye çalışmaktadır. Böylelikle deneyimlerden yola çıkarak geçmiş örüntüleri tanıyacak ve çok sayıda veri arasından gerekli olanları hızla yeniden işleme sokacaktır. Bireysel, grup ve organizasyonel karar alma sürecini ilerletmek için sinir ağlarının yanı sıra kullanılacak diğer zekâ teknikleri; bulanık mantık, genetik algoritma ve zeki araçlardır. Üst yönetim bilişim sistemleri tarafından sağlanan önemli bilgiler, her departmanda karşılaşılan ve yanlış işleyen organizasyon faaliyetlerinin belirtilerini tanımlamak üzere kullanılabilir. Bu belirtiler yönetim sorunları teşhisinin temelini oluşturabilmektedir. Karar destek sistemleri, yönetim kararlarını desteklemek adına kullanılan insan-bilgisayar karar alma sistemleridir ve gerekli bilgiyi temin ederek, üretmek, eleştirmek ve karar alternatifleri sunarak yönetim sorunlarını çözme yolunda teşvik ederler. Organizasyonel sorunların çoğu, çok sayıda ve kaliteli veri işletim faaliyetleri gerektirir. Üst yönetim bilişim sistemleri, kaliteli veri işletim faaliyetleri ile çözülebilecek organizasyonel sorunlarla ilgilenir. Bilgisayar destekli bilgi sistemlerinin hareket işletim sistemleri ve yönetim bilgi sistemleri gibi diğer alt alanları,

KDS modelleriyle ve yönetim kararlarıyla işleme konulacak veriler sunmaktadır (Eom, 2001).

Her geçen gün problemlerin yapısalıktan yapısal olmayan/yarı yapısal yapıya doğru kayması, karmaşıklaşması, belirsizlik ortamının artması, Karar Destek Sistemlerine olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır.

4.2. Karar Destek Sisteminin Yapısı ve Özellikleri

Karar destek sistemleri üzerine önerilen çeşitli tanımlardan yola çıkarak, insan-bilgisayar etkileşimini mümkün kılan bir bilgisayar destekli karar alma sistemini şu şekilde tanımlayabilir (Eom, 2001):

- Karar vericinin yerine geçmekten ziyade onu destekler.
- Veri ve modelleri işleme sokar.
- Yapısal olarak çeşitli kademelerde görülen sorunları çözer: Özellikle; yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış karar problemlerinde kullanılır.
- Karar alma sürecinde yeterlilik üzerine değil, etkinlik üzerine odaklanır.

Bunların yanı sıra KDS'nin yararları şöyle sıralanabilir (Turban, 1995):

- KDS bağımsız ve sıralı kararlara destek verir.
- Esnek bir yapıya sahip olduğundan değişimlere çabuk uyum sağlar. Karar verici yenilikleri ekleyebilir, çıkartabilir, birleştirebilir. İstendiği zaman özel raporlar sunabilir.
- Kullanımın kolay olması için ekran arayüzleri anlaşılır biçimde hazırlanmıştır, güçlü grafik kapasitesine sahiptir.
- Kararların verimli olmasından çok etkin olmasını sağlar (doğruluk, çabukluk, kalite).
- KDS, karar durumlarını analiz etmek için genellikle modelleri kullanır. Modelleme ile değişik stratejiler değişik şekillerde deneme

imkânı verir. Böylece karmaşık problemlerin çözümünü mümkün kılar, yeni görüş açıları kazandırır.

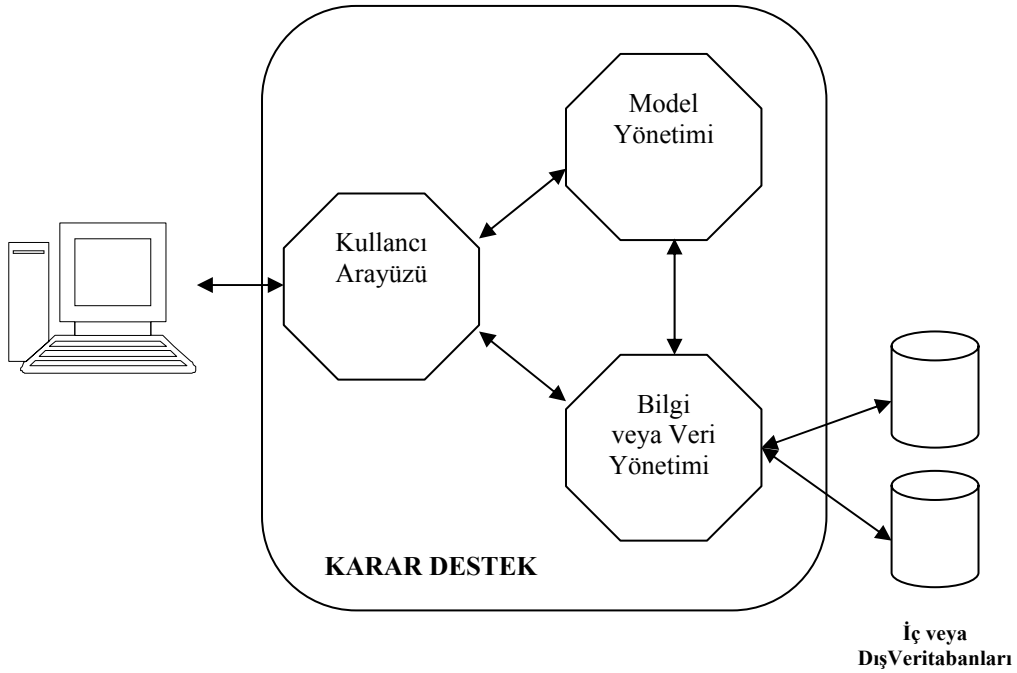
- Beklenmedik durumlar karşısında çabuk yanıt verebilir. Kısa sürede nicel analizler yapılabilir. Sıkça değişikliğe uğrayan karmaşık problemlerde kısa sürede objektif değerlendirmeler yapabilir.
- Kısa sürede objektif olarak değişik koşullarda, değişik stratejiler denenebilir.
- Kullanıcıya, duyarlılık analizleri ile çözüm sonrası analiz olanağı sağlar.
- Haberleşmeyi kolaylaştırır. Bilgilerin toplanması ve model kurma çalışmaları aktif kullanıcıların katılımı ile yapılır. Karar süreci çalışanların organizasyonun kararlarını desteklemesini sağlar.
- Yönetimin kontrolünü ve performansını artırır. KDS, harcamalar üzerindeki kontrolünü artırır ve organizasyonun performansını artırır.
- Maliyetleri düşürür. Yanlış kararların maliyetlerini azaltır.
- KDS ile oluşturulan kararlar daha tutarlı ve objektif olurlar.
- Karar vericiler daha az zamanda ve daha az çalışma yapmasını sağlayarak yönetimin etkinliğini artırır.
- Analiz yapanların verimliliğini artırır.

Bir karar destek sistemi;

- Karar vericiyi desteklemek, rapor üretmek veya işlemleri yürütmek için ihtiyaç duyulan bilgileri içeren veri tabanı,
- Senaryolar ve çözümleri türetmek için algoritma ve modelleri içeren model tabanı,
- Karar verici ile bilgisayar arasındaki iletişimi sağlayan iletişim birimi (kullanıcı-sistem ara yüzü)

olmak üzere 3 bileşenden oluşur. Bu bileşenler arasındaki ilişki Şekil 4.1'de verilmiştir (Turban, 1995).

KDS'nin model tabanı problemi esas çözen kısım olduğu için önemlidir. Arayüzler de kullanıcıyla sistem arasındaki veri iletimini sağladığı için ve bu da doğrudan etkinliği arttıracacağı için önemlidir. Elbette doğru çözümlere ulaşabilmek için doğru verilerin uygun veri yapılarında biriktirilmiş olması da gerekir.



Şekil 4.1. KDS'nin bileşenleri

Bir karar destek sistemi, iki temel alt sisteme sahiptir: insan (karar alıcılar) ve bilgisayar sistemleri. Karar destek sistemini sadece bir bilgisayar donanım ve yazılım sistemi olarak yorumlamak, çok sık karşılaşılan bir yanlış algılamadır. Örneğin; yapılandırılmamış (ya da yarı yapılandırılmış) bir kararı programa dökmek mümkün değildir. Çünkü kararın doğası ve yapısı belirsiz ve karmaşıktır. Karar destek sisteminin bir bileşeni olan karar alıcıların işlevi veritabanına veri girmek değildir. Söz konusu karar alıcıların temel işlevi, tüm karar alma süreci boyunca muhakeme ya da önsezileri hayata geçirmektir. Örneğin, beş yıllık bir üretim planlama kararı almak zorunda olan bir yönetici için karar alma sürecinin ilk adımı Microsoft Excel, Lotus 1-2-3, İnteraktif

Finansal Planlama Sistemleri/ Bireysel ya da Express/PC gibi bir karar destek programı (karar destek sistemi üretici) kullanarak karar destek modeli yaratmaktır.

Kullanıcı arabirimi alt sistemleri, hem veritabanı yönetim sistemlerine hem de model tabanlı yönetim sistemlerine giriş kapısı gibi algılanabilir. Veri tabanı işletim sistemleri ya bağımsız bir program biçimindedir ya da kullanıcıların karar destek sisteminde girdi olarak kullanılacak veritabanı dosyalarını oluşturabilmeleri için karar destek sistemi üretici içine yerleştirilir. Model tabanlı yönetim sistemi, kullanıcıların bir model oluşturma, düzenleme, güncelleme ve silmesini mümkün kılan karar destek sistemi üretici içine yerleştirilmiş bir dizi bilgisayar programıdır. Kullanıcılar temel kararları almak için modelleri ve onlara uygun veritabanı dosyalarını oluştururlar. Oluşturulan modeller ve veritabanları, sabit diskler gibi doğrudan erişimi mümkün olan depolama araçlarında bulunan model tabanlarında ve veritabanlarında saklanır. Kullanıcı gözüyle bakıldığında, kullanıcı arabirimi alt sistemleri kullanıcıların ilgilenmek zorunda olduğu karar destek sistemi bileşenlerinin sadece bir kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenle, etkin bir kullanıcı arabirimi alt sistemi oluştururken girdi ve çıktı araçlarının seçimi, ekran tasarımı, renk kullanımı, veri ve bilgi sunum formatı, farklı arabirim türlerinin kullanımı gibi pek çok önemli nokta göz önünde bulundurulmalıdır. Bugün kullanılan karar destek sistemi üretici, kullanıcılara geniş kapsamlı bir arabirim tarzı sunmaktadır: menü tabanlı etkileşim modu, komut dil tipi, sorular ve cevaplar, biçim etkileşimi, doğal dil işletim destekli iletiler ve grafik kullanıcı arabirimi (GKA). GKA'lar ikonlar, tuşlar, çekme menüler, çubuklar ve kutular kullanmaktadır ve en yaygın kullanılan tür haline gelmiştir (Eom, 2001).

4.3. Bilgi Tabanlı KDS ve Grup KDS

Bilgi tabanlı karar destek sistemleri, KDS ve uzman sistemlerinin birleşmesiyle oluşan bir melez sistemdir ve büyük ölçekli organizasyonel sorunların çözümünde kullanılır. KDS ve uzman sistemlerini birbirleriyle uyumlaştırırken, iki temel yaklaşım görülür: uzman destek sistemleri (UDS) ve zeki destek sistemleri (ZDS). Bu iki sistem arasındaki temel farklılık aşağıdaki gibi açıklanabilir (Eom, 2001).

UDS, insan uzmanların yerine makine uzmanları geçirirken ZDS insanların ve grupların hafızasını ve zekâsını aydınlatmak için tasarlanmıştır (King 1993). Gerçek

dünyada karşılaşılan çok geniş ölçekli yönetim sorunları, hem miktarı hem de kalitesi yüksek verilerin analiz edilmesiyle çözülebilir. Bazı gruplar KDS ve uzman sistemlerinin uyumlaştırılmasının önemli derecede fayda sağladığını ileri süren görüş üzerinde ayrılıklar yaşamaktadır. Elde edilen bu yeni sistem (UDS ya da ZDS), önemli organizasyon üyelerinin deneyimleriyle donatılarak karar alıcıları destekler hale getirilebilir (Eom, 2001).

Bireysel kullanıcıyı yanı sıra grup KDS de söz konusu olabilir ve ikisi arasında araç ve bileşenler (donanım, yazılım, insanlar, üreticiler) açısından çeşitli farklılıklar vardır. İlk olarak; Grup KDS, bir grup halinde çalışan karar alıcıların ileri sürdüğü yapılandırılmamış sorunlara çözüm bulmayı hedefler. Bireysel kullanıcı KDS ise, bir grup halinde çalışan karar alıcıların yerine “bir karar alıcının” gelmesi şeklinde tanımlanabilir. İkinci farklılık ise, grup KDS'nin bir grup halinde çalışan karar alıcıları desteklemek üzere donanım, yazılım, insanlar ve prosedürler üzerine de birtakım özel teknolojik gereksinimlere ihtiyaç duymasıdır. Grubun her bir üyesi genellikle bir bilgisayara sahiptir ve bu bilgisayar da grubun diğer üyelerinin bilgisayarlarına bağlıdır. Böylece her üye diğer üyelerin girdilerini takip edebilir ve diğerlerinin kendi yaptığı çalışmalarını görmesine izin verebilir. Bireysel kullanıcı KDS yazılımına ek olarak Grup KDS yazılımı da, kullanıcıların girdilerini anonim olarak kaydetmek, grup üyelerinin fikirlerini listelemek, karar alternatiflerini oylamak ve sıraya koymak gibi özel işlevsel becerilere de ihtiyaç duyar.

Grup faaliyetlerini destekleyen bilgisayar destekli bilgi sistemleri; grup karar destek sistemi, bilgisayar destekli kooperatif çalışma, grup destek sistemleri, işbirliği destek sistemleri ve elektronik toplantı sistemleri başlıkları altında ele alınır. Grup karar destek sistemi, karar alma/sorun çözme süreci üzerine odaklanırken; bilgisayar destekli kooperatif çalışma, daha verimli iletişim kurma yolları üzerine odaklanır. Fakat bu iki tür sistem de gittikçe birbirinden ayırt edilemez hale gelmektedir (Eom, 2001).

4.4. Araç Turu Belirlemede Karar Destek Sistemi Uygulamaları

KDS, hem kâr amaçlı (yaklaşık %74) hem de kâr amacı gütmeyen (yaklaşık %26) organizasyonlarda oldukça yaygın kullanılmaktadır (Eom, et al., 1998; Eom, et al., 2006). Şirketlerin işlevsel yönetim alanlarında içinde en çok uygulama sahası bulan

birim, üretim yönetimidir. Bunu takiben yönetim bilgi sistemleri, pazarlama, finans, stratejik yönetim bölümleri gelir. KDS uygulamaları açısından azınlıkta birkaç işlevsel alandan bazıları ise uluslararası işletme, denetim ve lojistik bölümleridir (Eom, 2001).

Lojistik Yönetimi içinde 3PL hizmet sağlayıcıları açısından araç turlarının belirlenmesi yönü ile ilgilenen çok fazla çalışma yoktur. Çalışmalar daha çok, bilgisayar teknolojilerinin gelişime de bağlı olarak 1990 ve sonrasında yoğunlaşmaktadır. Örnek vermek gerekirse, Keenan (1992) coğrafi bilgi sistemleri ile araç turu belirleme tekniklerini birleştiren bir KDS geliştirmiştir. Yaklaşık çözüm veren araç turu belirleme teknikleri, yol kısıtlarını da dikkate alacak şekilde çözüm üretmektedir.

Benzer bir çalışma, Zaman ve diğerleri (2002) tarafından yapılmıştır. Gerçek hayat probleminin çözümü odaklı ve coğrafi bilgi sistemi tabanlı çalışmaktadır. Dijkstra algoritması temelli, en kısa yol odaklı çözümler üretmektedir. Araç kapasiteleri bir sonraki adımda dikkate alınmaktadır.

Slater (2002) tarafından yapılan çalışma e-ticaret kapsamında, firmaların kendi sevkiyat zamanı belirlediği ve bunun onayını verdiği on-line bir sistem geliştirmiştir. Geliştirilen KDS, dinamik olarak araç turlarının belirlenmesini ve çizelgelenmesini içermektedir. On-line olarak gelen müşteri taleplerinin en uygun araç turu içine dahil edilmesine odaklanmaktadır.

Baker ve Carreto (2003) tarafından bir “Görsel etkileşimli araç turu belirleme” yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen KDS, açgözlü algoritma temelinde kullanıcının çözüme tecrübesini katabileceği durumları dikkate alan bir arayüz ve model tabanı sunmaktadır. Amaç, iyi ve hızlı çözümler elde etmektir.

Ruiz ve diğerleri tarafından (2004) geliştirilen KDS’nde ise, 2 aşamalı bir çözüm önerilmektedir. İlk aşamada olası tüm turlar belirlenmekte, ikinci adımda ise belirlenen bir süre içerisinde mümkün olan en iyi turu belirlemeye yönelik bir tamsayı model kullanılmaktadır.

Bir diğer çalışma ise, Gayialis ve Tatsiopoulos (2004) tarafından yapılmıştır. Kurumsal kaynak planlaması ve tedarik zinciri yönetimi kapsamında ele alınan araç turu ve çizelgeleme problemi, dağıtım ağı içinde en kısa turların belirlenmesine odaklanmaktadır.

Tüm bu çalışmalarda, araç kapasiteleri hem en kısa tur belirlendikten sonra dikkate alınmakta hem de firmalardan alınan araç yüklerinin üst üste konulabilirlik koşulları yok sayılmaktadır. Firma yükleri arasında üst üste konulabilirlik esaslı yakalanabilecek sinerji göz ardı edilmektedir. Bu açıdan, araç yüklerinin gerçek durumlarının göz önüne alınarak oluşturulacak araç turları daha anlamlı ve kaynakların doğru kullanımı adına daha verimli olacağı aşikârdır. Ayrıca çalışmalarda araç içi yükleme konusunda ve belirlenen zaman aralıklarına uyumlu olarak taşıma veya toplama yapılması konusunda birleşik çözümler öneren bir yaklaşım da yoktur.

Yeni araçlar ve teknolojiler, karar destek sistemlerinin gelişimine yeniden şekil vermektedir. Bu yeni imkânlar arasında yazılım ve donanım alanındaki ilerlemeler, yeni matematiksel ve sezgisel çözüm yaklaşımlarının geliştirilmesi, yapay zekâ teknikleri, veri deposu / çok boyutlu veritabanları, veri madenciliği, çevrimiçi analitik süreçler, girişimler için kaynak planlama sistemleri, zeki araçlar; World Wide Web (dünya çapında ağ), Internet ve şirket içi ağlar gibi telekomünikasyon teknolojileri yer almaktadır (Eom, 2001).

Bu gelişmelerin yeni geliştirilecek KDS'leri olumlu etkileyeceği açıktır. Ama literatür genel olarak incelendiğinde 3PL hizmeti veren firmalar için kutu benzerliği temelinde müşteri gruplayarak, üst üste konulabilirlik ve araç yükleme koşullarını dikkate alıp araç yükleme planlarını oluşturan ve tanımlanmış zaman aralıklarını gözetererek araç turlarını belirleyen KDS'lerin henüz geliştirilmediği görülmektedir. Oysa bu problemlerin birbirleriyle yakın ilişkisi olduğu açıktır. Örneğin bir araç için tur belirlenirken kutuların üst üste konulabilirliklerinden yararlanabilmek ve aracı daha iyi doldurabilmek için benzer kutulara sahip müşterilerin gruplanması (aynı araç turuna dâhil edilmesi) önemlidir. Öte yandan kutuların araç içindeki yük dağılımını dengeli yapacak şekilde önce hangi müşteriye daha sonra hangilerine uğranmasını gerektiğini belirlemek de çok önemlidir. Konunun sadece basit bir tur belirleme olarak algılanması bu tür özel durumların gözden kaçması ve pratik olarak uygulanabilir olamayan sonuçların bulunması anlamına gelecektir. Benzer şekilde kutuların dağıtımı veya toplanmasında belirlenmiş zaman aralıklarına uyulması zorunluluğu, kullanılabilir araçların farklı kapasite ve özelliklerde olması, her aracın her yolda hizmet verememesi

gibi gerçekte sıkça karşılaşılan sorunların da bir şekilde ve üstelik aynı yapı içinde ele alınması gerekmektedir.

İşte bütün bu gereksinimleri önemli ölçüde kapsayacak ve bunu belli bir yapı halinde sunacak bir karar destek sistemi, çok kullanışlı ve yararlı olacaktır. İzleyen kesimde buna dair önerilen karar destek sisteminin yapısı tanıtılmaktadır.

BÖLÜM 5

3PL HİZMETLERİNDE SEFER VE SEVKİYAT PLANLAMASI İÇİN ÖNERİLEN ÇÖZÜM YAKLAŞIMI VE KARAR DESTEK SİSTEMİ

3PL hizmeti veren bir lojistik firması için genel olarak iki tür lojistik işlemi olabilir: Gelen (Inbound) Lojistik ve Giden (Outbound) Lojistik. Bu iki türün sadece ürün toplama veya ürün dağıtma şeklinde algılanıp birbirlerine benzer olarak düşünülmesi mümkündür. Ama temelde gerektirdiği koşullar nedeniyle farklılıklar gösterir. Örneğin gelen lojistikte ürünlerin belli bir süre içinde toplanıp yerine ulaştırılması gerekir. Özellikle tam zamanında üretim felsefesini uygulayan işletmelere 3PL hizmetini veren lojistik firması için bu zaman kısıtı çok önemlidir. Oysa giden lojistik için çoğu zaman böyle bir gereksinim yoktur. Sadece bu koşul bile gelen lojistik için yapılacak faaliyetlerin çok daha hassas olmasını gerektirir. Bu çalışmanın temel motivasyonu da gelen lojistikten sorumlu bir 3PL firması için karşılaşılan lojistik problemlerini bir arada, belli bir sistemlikle ve kısa sürede çözümleyecek bir yaklaşımın belirlenmesi buna bağlı olarak bir bilgi sisteminin tasarlanmasıdır. Problemin doğası gereği yarı yapısal ve hatta yapısal olmayan kararlar bulunduğu için, bilgi sisteminin bir karar destek sistemi olarak tasarlanması gerekmiştir. Bu bölümde gelen lojistikten sorumlu bir 3PL firması için karşılaşılan problem tanımlanarak, çözüm için önceki bölümlerde açıklanan teknikleri sıralı olarak kullanan bir çözüm yaklaşımı önerilmiş ve bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Ayrıca literatürden elde edilen çeşitli test problemleri önerilen yaklaşımla çözümlenerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Son olarak önerilen yaklaşım gerçek bir problem üzerinde denenerek elde edilen sonuçlar verilmiştir.

5.1. Problemin Tanımı

Tam zamanında üretim felsefesini benimsemiş ve lojistik hizmetlerini de dış kaynak kullanımı şeklinde gerçekleştiren bir firma için, belirli bir bölgede farklı noktalarda bulunan tedarikçilerden, günlük malzeme sevkiyatının doğru ve düzgün bir şekilde sağlanması önem arz etmektedir. Daha az stok tutma, buna bağlı olarak stoğa

daha az para ve yer ayırma, üretim hattına düzgün ve istenen nitelikte, istenen miktarda malzemenin istenen zamanda akışını zorunlu kılmaktadır. Aslında, bu daha çok üst seviyede veya stratejik anlamda bir “tedarik zinciri yönetimi”nin bir parçasıdır. Operasyonel seviyede, araç filosunun kullanılarak mevcut tedarikçilerden en verimli şekilde malzeme toplama işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu durum, çoğu kez bir “tur belirleme problemi” olan “çok duraklı malzeme toplama” süreci (milkrun), olarak karşımıza çıkmaktadır.

Problemdeki en önemli noktalardan biri de, farklı tedarikçilerden toplanarak fabrikaya getirilmesi istenen ürünler için kesin bir zaman koşulunun olmasıdır. Yani tam zamanında üretim ilkesi gereği, tedarikçilerden toplanan ürünlerin hiçbir şekilde aksamadan istenen zamanda fabrikada olması gerekir. Aksi halde üretimin durma tehlikesi vardır ki bu, kabul edilemez. Diğer önemli nokta ise tedarikçilerin yerleşimleri ve çalışma saatleri gereği, tedarikçilere uğranabilmesi için de belli zaman aralıklarının bulunmasıdır.

Bu çerçevede bakıldığında problem, değişik amaçlarla tanımlanabilir. Örneğin

- Kullanılan araç sayısını enküçükmek
- Araç doluluklarını en büyükmek
- Toplam araç turu mesafesini en küçükmek

Problemle ilgili kabuller şunlardır:

- Kutular en-boy ekseninde 90 derece döndürülebilir. Ama yükseklik ekseninde döndürülemez (Kutular çevrilebilir, ama devrilemez). Her kutu yan yana konabilir, güvenlik vb. açılardan herhangi bir kısıtlama yoktur.
- Tedarikçilerden sadece kutu toplandığı, boşların geri götürülmediği varsayılmıştır.
- Her bir boşaltma ve yükleme sırasında tüm kutular hareket ettirilebilir, yeniden yüklenebilir.
- Araçların kasası her iki yandan açılabilir. Bu nedenle kutuların araçlara yüklenme şekli sorun oluşturmamaktadır.
- Bir tedarikçiden alınacak kutular tek veya çok sayıda araç ile alınabilir. (Bir tedarikçiye bir tane veya daha fazla sayıda araç uğrayabilir).

Ürünlerin toplanacağı tedarikçiler düğüm noktalarını, tedarikçiler arasındaki olası yollar da ayrıtları göstermek üzere problem, bir serim (network) modeli olarak tanımlanabilir. Böyle bir durumda aslında tedarikçiler ziyaret edileceği için düğümlerin gezilmesi problemi söz konusudur. Çok sayıda araç ve araçların da kapasiteleri olması nedeniyle problem, literatürdeki araç turu belirmeme problemleri sınıfına girer. Serim, $G(N,A)$ şeklinde tanımlanabilir.

$N=\{0,1,2,\dots,n\}$ düğümler kümesi (0. düğüm merkez olmak üzere)

$A=(i,j)$ düğümleri birbirine bağlayan ayrıtlar kümesi

$K=\{1,2,\dots,k\}$ kutu tipleri kümesi

$V=\{1,2,\dots,v\}$ araçlar kümesi

olmak üzere problemdeki parametreler şunlardır:

Araçlarla ilgili parametreler:

W_v : v. aracın genişliği,

L_v : v. aracın uzunluğu,

H_v : v. aracın yüksekliği,

D_v : v. aracın ağırlık kapasitesi

U_v : v. aracın hacim kapasitesi ($U_v=W_v*L_v*H_v$)

b_v : v. araç için izin verilen enbüyük yük basınç değeri (kg/m^2)

Kutularla ilgili parametreler:

w_{ik} : i. tedarikçiden alınacak k. kutunun genişliği

h_{ik} : i. tedarikçiden alınacak k. kutunun yüksekliği

l_{ik} : i. tedarikçiden alınacak k. kutunun uzunluğu

u_k : k. kutunun hacmi (Kutuların hacmi standarttır)

d_{ik} : i. tedarikçiden alınacak k. tipdeki kutunun ağırlığı (Standart kutu içine farklı ağırlıkta malzeme konabilir)

Tedarikçilerle ilgili parametreler:

q_{ik} : i. tedarikçiden alınacak k. tipdeki kutu sayısı

c_{ij} : i. düğümden j. düğüme geçişin maliyeti / mesafesi

$[t_i^-, t_i^+]$: i tedarikçi için kutuların alınabileceği zaman aralığı

T_i : i. tedarikçiden alınacak ürünler için termin zamanı (Ana sanayi teslim zamanı)

Kutuların üst üste konulabilirliği ile ilgili parametreler

$s_{ik,jk}$: i. tedarikçide bulunan k. tipdeki kutunun, j. tedarikçide bulunan k. tipdeki kutunu üzerine konabilmesi durumu (Değer 1 ise konabiliyor, 0 ise konamıyor)

Karar değişkenleri şunlardır:

x_{ikv} : i. tedarikçiden v. araçla, k. tip kutudan alınacak miktar (adet)

Buna ek olarak;

- 1) tedarikçilerin ziyaret sırasıyla ilgili karar değişkenleri
- 2) tedarikçilerin ziyaret edildiği zamanla ilgili karar değişkenleri
- 3) yükleme deseniyle ilgili karar değişkenleri

s_i : i.ürünün araca yüklenme sırası, $s_i \geq 0$ ve tamsayı

- 4) kısıtlar arasındaki ilişkilendirmeyi sağlayacak 0-1 tamsayı değişkenlerin

de tanımlanması ve kullanılması gerekir.

Problemlerle ilgili kısıtlar şöyle tanımlanabilir:

- 1) Kutular tedarikçilerden tanımlanan zaman aralığı içinde alınmak zorundadır.
- 2) Kutuların fabrikaya teslimi tanımlanmış kesin zaman değerinden sonraya kalamaz.
- 3) Araçlara yüklenen kutuların toplam ağırlığı araç taşıma kapasitesini geçemez.
- 4) Araç içine yüklenen kutuların toplam hacmi, aracın hacmini geçemez.
- 5) Herhangi bir kutunun eni, boyu veya yüksekliği, araç enini, boyunu veya yüksekliğini geçemez..
- 6) Araç içine yüklenen kutuların toplam en, boy ve yükseklik değerleri aracın en, boy ve yüksekliğini geçemez.
- 7) Araca yüklenen kutuların araç içindeki birim yüzeye yaptığı basınç (kg/m^2) belirlenen değeri geçemez.

- 8) Araca yüklenen kutular, üst üste konulabilirlik koşullarını sağlamak zorundadır (Üst üste yüklemde sadece aynı tipteki kutuların üst üste yüklenmesi söz konusu değildir. Eğer tasarımları uygunsa boyutları farklı bile olsa kutular üst üste konabilir. Bu durum üst üste konulabilirlik matrisinde tanımlanır).
- 9) Planlama periyodu içinde toplanması gereken bütün kutular eksiksiz olarak araçlara yüklenmiş olmalıdır. (Ürünlerin sonradan getirilmesine izin verilmemektedir).
- 10) Araçlar için oluşturulan turlar, alt tur içermemelidir.
- 11) Karar değişkenleri tamsayıdır.

Bu çerçevede $t=0$ anı olarak isimlendirilecek problemin başlangıç anı için elde olması gereken veriler şunlardır:

- Tedarikçilerin harita üzerindeki konumları ve buna bağlı olarak uzaklık matrisi.
- İşletmeden gelecek ve toplanacak ürün, miktar bilgilerini içeren sevkiyat planı.
- Tedarikçileri için zaman aralıkları, firma için istenen termin zamanı.
- Araçlara ait tanımlayıcı bilgiler (en, boy, uzunluk, taşıma kapasitesi, araç içi enbüyük basınç değeri)
- Kutulara ait tanımlayıcı bilgiler (en, boy, uzunluk, ağırlık, üst üste konulabilirlik bilgisi)

Görüldüğü gibi tanımlanan problemde sağlanması gereken kısıtları matematiksel olarak yazmak kolay değildir. Ayrıca böyle bir modelin tamsayılı değişkenleri olması nedeniyle çözümü de kolay olamayacaktır. Örneğin modeldeki tamsayı karar değişken sayısı $n*k*v$ tanedir. ATBP modelleri gereği yazılacak alt tur engelleme kısıtları, kutu boyutlarının araç içine sığıp sığmadığına dair yazılacak kontrol kısıtları ve özellikle de zaman aralıklarına uygunluk için yazılacak kısıtlar nedeniyle problemin daha karmaşık olacağı açıktır. Bu nedenle tanımlanan probleme ait bir matematiksel model yazılsa bile çözmek çok zordur. Bunun yerine tanımlanan parametre değerlerinin nasıl elde edileceği belirlenerek, problemi müdahale edilebilir alt parçalara bölmek ve sırayla çözmek etkili bir yöntem olacaktır. Bu çalışmada geliştirilen yaklaşımın izleyen

bölümde literatürden alınan örnek test problemleri üzerinde denenmesiyle, etkin çözümler bulabildiği, diğer sezgisel yaklaşımlarla mücadele edebildiği de gösterilmiştir.

5.2. Önerilen Çözüm Yaklaşımı

Önerilen çözüm yaklaşımı problemin 3 alt aşamada ele alınarak sırayla çözülmesi mantığına dayanmaktadır. Buna göre önce Gruplama (Clustering / Group Analysis), ikinci olarak Araç Yükleme (Bin Packing / Truck Loading) ve son aşamada Araç Turu Belirleme (Vehicle Routing Problem) probleminin çözümü esas alınmaktadır.

Gruplamada, k-ortlamama ve hiyerarşik gruplama yöntemleri kullanılmıştır. Tedarikçiler arasında deniz yolu gibi büyük engellerin olması, homojen bir dağılım olmaması halinde hiyerarşik gruplama (HG) daha uygun, bir merkez ve onun komşuluğunda, etrafında olan dağılımlarda ise k-ortalama (KM) daha uygun sonuçlar verebilmektedir.

Grup Analizi aşamasında, ikil sıralama (İS) ve yapay sinirsel ağ temelli bir grup analiz (YSA) yöntemleri kullanılmıştır.

Gruplama ve Grup Analizi'nin amacı, ilgilenilen problem için iyi bir başlangıç ile yola çıkılmasının sağlanmasıdır. Sevkiyat planında köşegenleştirme yapmadan önce izlenebilecek iki saf strateji vardır. Bunlar “yakınları al” ya da “aracı en iyi dolduranları al” şeklinde özetlenebilir. Yakınları al stratejisi kamyonu birbirlerine yakın tedarikçilerdeki kutuları dolduracak şekilde davranmak anlamındadır. Aracı en iyi dolduranı al stratejisi ise özellikle kutuların üst üste konulabilirliklerinden faydalanmak ve kamyonu daha iyi doldurabilmek için benzer kutulara sahip tedarikçileri gruplayıp onlardaki kutuları almak anlamındadır. Yukarıda sözü edilen grup analizi algoritmaları ile sevkiyat planı köşegenleştirilememekte ve aslında nihai araç turlarının belirlenmesi öncesi mevcut iki “saf” stratejinin birlikte ele alınmasına çalışılmaktadır. Bu çalışmada köşegenleştirme için de ikil sıralama ve yapay sinir ağı temelli yöntemler önerilmiş ama seçim karar vericiye bırakılmıştır. Önerilen sistem, eğer özel bir tercih belirtilmezse ikil sıralama yöntemini kullanmaktadır.

Araç yükleme aşamasında ise grup analizi sonuçlarından elde edilen köşegenleşmiş yükleme planları dâhilinde izlenebilecek iki strateji vardır. İlki tedarikçi öncelikli (TÖ) yerleştirme ve kutu öncelikli (KÖ) yerleştirme. Tedarikçi öncelikli

yerleştirme köşegenleşmiş matristeki tedarikçilere ait kutuların aynı araçta toplanması anlamındadır. Bir diğer deyişle bir tedarikçiye sadece bir aracın uğraması ve bütün alınacakların bir defada alınması anlamına gelir. Bu aşamada farklı kapasitedeki araçların kullanılması da mümkündür. Atamada birim taşıma maliyeti avantajı nedeniyle büyük araç kullanımı tercih edilir. Bütün araç atamaları yapıldıktan sonra elde kalan ürünler için büyük aracın yarısından daha azı doldurulabiliyorsa küçük araç tercih edilir. Kutu öncelikli yerleştirme ise köşegenleşmiş matriste benzer kutulara öncelik verilerek yerleştirme anlamındadır. Bu da bir tedarikçiye birden fazla aracın uğrayabilmesi yani toplanacak ürünlerin birkaç defada alınması anlamına gelir. Burada hangi stratejinin seçileceği karar vericiye bırakılmıştır. Eğer herhangi bir tercih belirtilmezse tedarikçi öncelikli yerleştirme yapılmakta ama araçlarda istenen doluluk oranı sağlanamamışsa (örneğin %75 gibi) kutu öncelikli yerleştirme strateji ile yeni bir çözüm üretilmektedir.

Çözüm yaklaşımının son aşamasında ise gruplanmış tedarikçiler için araçların tedarikçileri daha önce belirlenmiş olan zaman aralıklarına göre hangi sırayla ziyaret etmeleri gerektiğini belirleyen araç turları türetilmektedir. Bu aşamada daha önceki aşamaların bir sonucu olarak bir aracın uğraması gereken tedarikçi çok sayıda olmayacağı için araç turlarını belirlenmesinde kesin çözüm yöntemleri de kullanılabilir. Fakat özellikle zaman aralığının olduğu bu tür problemlerde kesin çözüm aramak zaman alıcı olacağı için ve zaten bu problem yeterince küçülmüş olduğu için en yakın komşuluk temelli basit bir sezgisel yaklaşımla turları belirlemek mümkündür. Yalnız burada zaman aralığı nedeniyle tedarikçiye uğranma aciliyeti önemlidir. Bu nedenle öncelikle zaman kısıtı, daha sonra fiziksel mesafe yakınlığı ve daha sonra da alınacak kutuların ağırlıkları dikkate alınmaktadır. Buna göre algoritmanın adımları şöyle ifade edilebilir:

1. Adım: Tedarikçileri zaman aralığı nedeniyle ilk uğranması gerekenden son uğranması gerekene göre sırala.
2. Adım: Sıralanmış listede aynı uğranma aciliyetine sahip tedarikçiler varsa aracın bulunduğu konuma göre en yakındakini öne alarak listeyi yeniden düzenle. Böyle bir durum yoksa 3. adıma geç.

3. Adım: Aynı uzaklığa sahip birden fazla sayıda tedarikçi varsa, aracın yakıt masrafını azaltmak ve seyir güvenliğini arttırmak için ağırlıkça hafif kutuların olduğu tedarikçiyi öne al. 4. adıma geç.

4. Adım: Sıralanmış listeye göre tedarikçilere uğra.

Bu algoritma ile zaman kısıtı en dar olanı önce al → yakına → hafiften ağır olana doğru sıralama yapılarak araç turları belirlenmiş olmaktadır.

Geliştirilen çözüm süreci sıralıdır. Bu sırayı izlemek tasarlanan mantık nedeniyle kaçınılmazdır. Özetlemek gerekirse problemin çözümü için önerilen yaklaşımın adımları şunlardır:

Adım 1: Tedarikçilerin coğrafi bölgeler bazında gruplanması (Gruplama).

Adım 2: Oluşturulan her bir coğrafi bölge gruplaması içinde kalan tedarikçilerin paket benzerliği temelli gruplandırılması (Köşegenleştirme, Grup analizi).

Adım 3: Gruplanan tedarikçilerin hacim/ağırlık/loadmeter değerleri incelenerek tedarikçi veya kutu öncelikli stratejilere göre büyük veya küçük araçlara atanması (Araç yükleme).

Adım 4: Araçların firmalara uğrama sırasının belirlenmesi (Zaman aralıklarını gözeterik önce en yakındakini ve mümkünse en hafif yükü verecek olanı ilk alacak şekilde tur belirleme).

Adım 3’de gruplanan tedarikçilerin hacim/ağırlık/loadmeter değerleri üzerinden ve büyük-küçük araç temelinde, kutuların araçlara atanmasında aşağıda verilen alt adımlar uygulanır.

Adım 3.1: Yükleme sırasını tedarikçi öncelikli olarak belirle.

Adım 3.2: Yükleme listesini oluştur.

Adım 3.3: Sıradaki tedarikçiyi / kutuyu al.

Adım 3.4: Tedarikçinin tipine göre yüklenebileceği aracı belirle (TIR, truck).

Adım 3.5: Bu tipte yüklemeye müsait araç yoksa, yeni bir araç oluştur.

Adım 3.6: Yüklenmeyi bekleyen kutular listesinden, izleyen en BÜYÜK kg/loadmeter oranına sahip kutuyu belirle.

Adım 3.7: Bu kutunun yüklenmesi durumunda araç kapasitesi aşılmayacaksa, araca yükle ve yüklenmeyi bekleyen kutular listesinden çıkar. Adım 3.9'a git.

Adım 3.8: Bu kutunun yüklenmesi durumunda araç kapasitesi aşılacaksa, adım 3.5'e git.

Adım 3.9: Yüklenmeyi bekleyen kutular listesinden, izleyen en küçük kg/loadmeter oranına sahip kasayı belirle.

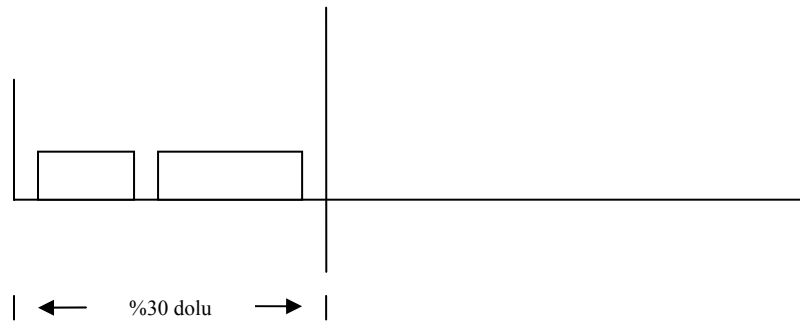
Adım 3.10: Bu kutunun yüklenmesi durumunda araç kapasitesi aşılmayacaksa, araca yükle ve yüklenmeyi bekleyen kutular listesinden çıkar. Adım 3.6'ya git.

Adım 3.11: Bu kutunun yüklenmesi durumunda araç kapasitesi aşılacaksa, Adım 3.9'a git.

Adım 3.12: Araç doluluk kurallarını sağlıyorsa, aracı kapat.

Adım 3.13: Yüklenmeyi bekleyen kasa varsa, Adım 3.3'e git.

Adım 3.14: Son grup için "miktar aşımı kuralı"nı uygula. Araç kapasite kısıtlarının yarısından az kalan bir grup varsa, Şekil 5.1'de de gösterilmeye çalışıldığı üzere, o gruba daha küçük bir araç [TIR değil, kamyon, kamyonet] tahsis et.



Şekil 5.1. Araç kapasitesinin tamamlanamaması

Adım 3.15: İstenen araç doluluk oranlarına ulaşılabildi ise, adım 3.16'e git, değilse Yükleme sırasını kutu öncelikli olarak belirle ve adım 3.2'e git.

Adım 3.16: Belirlenen araç-tedarikçi gruplarını raporla.

Önerilen yaklaşım geliştirilen KDS'de sözü edilen çözüm sırasını izleyecek şekilde kodlanmıştır. Ama KDS'nin olanakları gereği her aşamada kodlanmış olan farklı algoritmaları kullanarak problemi kısa sürede tekrar tekrar çözmek mümkündür. Bunların farklı kombinasyonlarının denenmesiyle değişik yapıdaki problemlerde nasıl sonuçlar elde edilebileceğine dair kolaylıkla analizler yapılabilir, alternatif çözümler türetilir ve çeşitli parametrelerin değişimlerine göre çözümün duyarlılığı incelenebilir.

5.3. Önerilen Yaklaşımın Test Problemleri Üzerindeki Başarısı

Bu çalışmada ele alınan problem, zaman aralıklarına uygun olarak araç turlarının belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Ancak olabildiğince az araç kullanılması, araçlara mümkün olabildiğince iyi yükleme yapılması, kutuların üst üste konulabilirliklerinin gözetilmesi ve üstelik araç içi yük basıncının istenen değerleri aşmayacak şekilde bir yüklemenin yapılması hedeflenmektedir. Kısaca gerçek hayatta karşılaşılan ve düşünülmemesi halinde ciddi sorunlara yol açabilecek koşulların da problemin çözümünde ele alınması amaçlanmıştır. Geliştirilen çözüm yaklaşımının geçerliliğini göstermek için literatür taranmış benzer çalışmalar ve özellikle de karşılaştırma amacıyla kullanılacak test problemleri araştırılmıştır. Fakat yapılan araştırma sonrasında, problemin bu çalışmada ele alındığı kapsamda inceleyen başka bir çalışmaya rastlanmamış, problemin genellikle sadece araç yükleme veya sadece araç turu belirleme problemi şeklinde incelendiği gözlenmiştir. Hatta araç yükleme problemlerinde de kutuların üstü üste konulabilirliğini ve araç içi yük basıncını gözetilen çalışmalara rastlanmamıştır. Buna rağmen 2006 yılında Gendreau ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmanın kısmen bu çalışmada ele alınan yapıyı andırdığı ve kendi çalışmalar için türettikleri test problemlerinin bu çalışmada da kullanılacağı sonucuna varılmıştır. Bu bölümde Gendreau ve diğerleri tarafından 2006 yılında türetilmiş olan test problemleri tanıtılarak önerilen çözüm yaklaşımının kodlandığı KDS ile bu test problemlerinin çözümü sonrasında elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Gendreau tarafından türetilmiş olan bu test problemlerinin 3 temel karakteristiği bulunmaktadır. Durak sayısı (n), kutu sayısı (m) ve araç sayısı (v). Problemlerde, durak sayısı 15 ile 100 arasında, kutu sayısı 32 ile 198 arasında, araç sayısı ise 5 ile 25

arasında değişmektedir. Toplamda 27 adet test problemi vardır. Problemlerin özellikleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Gendreau test problemlerinin karakteristikleri

		durak sayısı [Merkez hariç]	kutu sayısı	araç sayısı
		n	m	v
1	E016-03m	15	32	5
2	E016-05m	15	26	5
3	E021-04m	20	37	5
4	E021-06m	20	36	6
5	E022-04g	21	45	7
6	E022-06m	21	40	6
7	E023-03g	22	46	6
8	E023-05s	22	43	8
9	E026-08m	25	50	8
10	E030-03g	29	62	10
11	E030-04s	29	58	9
12	E031-09h	30	63	9
13	E033-03n	32	61	9
14	E033-04g	32	72	11
15	E033-05s	32	68	10
16	E036-11h	35	63	11
17	E041-14h	40	79	14
18	E045-04f	44	94	14
19	E051-05e	50	99	13
20	E072-04f	71	147	20
21	E076-07s	75	155	18
22	E076-08s	75	146	19
23	E076-10e	75	150	18
24	E076-14s	75	143	18
25	E101-08e	100	193	24
26	E101-10c	100	199	28
27	E101-14s	100	198	25

Çizelge 5.1’den görüldüğü gibi her bir test probleminin bir adı vardır. Test problemlerindeki durakların yerleşimleri ise $x - y$ koordinatları halinde tanımlanmıştır. Örnek bir test problemi sayfası Şekil 5.2’de verilmiştir. Dikkat edilebileceği gibi bu dosyada öncelikle problemin adı, temel karakteristikleri (n, m, v) ve durakların koordinatları ile o duraktan alınacak kutu sayıları verilmektedir. Ayrıca kutuların boyutları (h, w, l) ve fragility ifadesi ile kutuların kırılabilirlikleri tanımlanmıştır. Eğer kutu kırılabilir ise 1 ile işaretlenmiştir ve çalışmada bu tip kutuların en üste konması gerektiği belirtilmektedir. Öte yandan her bir düğümden alınacak kutular farklı boyutlarda olabileceği için kutuların boyut özellikleri ve kırılabilirlikleri de her bir düğüme ait satırda, ama ayrı ayrı belirtilmiştir. Örneğin 1 numaralı düğüme ait satırda

görülen ilk değer 3'tür ve bu 1 numaralı düğümde 3 çeşit kutu bulunduğunu ifade etmektedir. Aynı satırda yer alan 3 grup halindeki veriler ise her bir kutunun adedini ve kutunun yükseklik, en, boy olarak boyutlarını vermektedir.

```

Instance: E021-06m.dat
Class: 2
  20 --- number of customers (no depot)
   6 --- number of vehicles
  36 --- number of items
Capacity - height - width - length of vehicles
  58   30   25   60
Node - x - y - demand
0  30.0000  40.0000  0
1  42.0000  41.0000  19
2  31.0000  32.0000  29
3   5.0000  25.0000  23
4  12.0000  42.0000  21
5  36.0000  16.0000  10
6  52.0000  41.0000  15
7  27.0000  23.0000  3
8  17.0000  33.0000  41
9  13.0000  13.0000  9
10 57.0000  58.0000  28
11 62.0000  42.0000  8
12 42.0000  57.0000  8
13 16.0000  57.0000  16
14  8.0000  52.0000  10
15  7.0000  38.0000  28
16 27.0000  68.0000  7
17 30.0000  48.0000  15
18 43.0000  67.0000  14
19 58.0000  48.0000  6
20 58.0000  27.0000  19
Node - number of items - h - w - l - fragility for each item
0  0
1  3  17  6  19  0  10  15  30  1  17  8  18  1
2  1  12  10  30  0
3  2  11  14  34  0  16  6  29  0
4  1  9  12  22  0
5  2  16  8  36  0  9  7  33  0
6  2  14  6  19  0  14  6  25  1
7  1  18  14  21  1
8  1  14  7  32  0
9  1  16  7  15  0
10 2  10  12  30  0  7  6  16  0
11 3  13  13  34  0  11  7  32  0  10  11  12  0
12 1  7  12  20  0
13 2  18  8  29  0  13  8  19  1
14 3  16  12  30  0  12  10  22  0  15  15  16  1
15 3  16  12  29  0  9  13  30  0  12  10  22  0
16 1  9  10  13  1
17 1  8  8  16  0
18 3  11  14  15  0  6  10  20  0  6  7  15  0
19 2  7  13  13  0  11  10  14  1
20 1  8  9  24  0

```

Şekil 5.2. Örnek bir test problemine ait veri sayfası

Gendreau'nun tasarlandığı çözüm yönteminde yaptığı varsayımlar ise şöyledir:

- Bir firmaya ait tüm kutular aynı araç ile alınmalıdır, bölünmemelidir.
- Tüm kutular birbiri üstüne konabilir.
- Kutular döndürülebilir ancak devrilemez.
- Araçlar kapasitelerini aşacak şekilde yüklenemez.
- Yüklemelede herhangi bir öncelik veya sonralık ilişkisi söz konusu değildir.

Bu kabullerin yanı sıra Gendreau'nun çalışmasında araç için yük basınç değeri dikkate alınmamıştır. Gendreau bu varsayımlar ile bulduğu çözümlerde toplam kat edilen mesafeyi (z) ve kullanılan araç sayısını (v) belirlemiş, kendi yönteminin başarısını bu değerleri vererek göstermeye çalışmıştır. Gendreau'nun 27 test problemi için bulduğu sonuçlar Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Test problemlerinin çözüm sonuçları

	durak sayısı [Merkez hariç]	kutu sayısı	araç sayısı	Gendreau - 2006 sadece 3 boyutlu yükleme kısıtları ile elde ettiği sonuçlar			Problem Yapısı [ağırlık ve hacim açısından araç kapasitelerinin kullanımı]	
				Z	V	L	U (ağırlık)	U (hacim)
1 E016-03m	15	32	5	297,65	4	32,1	71,67%	53,54%
2 E016-05m	15	26	5	334,96	5	19,9	93,82%	33,22%
3 E021-04m	20	37	5	362,27	4	33,6	96,76%	56,02%
4 E021-06m	20	36	6	430,88	6	22,1	94,54%	36,86%
5 E022-04g	21	45	7	395,64	6	29,3	62,50%	48,91%
6 E022-06m	21	40	6	495,85	6	22,3	93,75%	37,23%
7 E023-03g	22	46	6	742,23	5	34,3	45,28%	57,23%
8 E023-05s	22	43	8	735,14	6	28,3	37,74%	47,16%
9 E026-08m	25	50	8	630,13	8	27,1	95,57%	45,18%
10 E030-03g	29	62	10	717,9	8	30,1	35,42%	50,25%
11 E030-04s	29	58	9	718,24	7	33,2	40,48%	55,37%
12 E031-09h	30	63	9	614,6	9	26,5	96,41%	44,09%
13 E033-03n	32	61	9	2316,56	7	32,2	37,05%	53,70%
14 E033-04g	32	72	11	1276,6	8	34,0	45,89%	56,65%
15 E033-05s	32	68	10	1196,55	7	37,3	52,45%	62,12%
16 E036-11h	35	63	11	698,61	11	20,3	94,84%	33,89%
17 E041-14h	40	79	14	906,42	14	20,4	95,00%	34,05%
18 E045-04f	44	94	14	1124,33	11	32,3	32,65%	53,87%
19 E051-05e	50	99	13	680,29	11	33,3	44,15%	55,45%
20 E072-04f	71	147	20	529	17	34,2	22,52%	57,04%
21 E076-07s	75	155	18	1004,4	17	32,3	36,47%	53,82%
22 E076-08s	75	146	19	1068,96	18	32,8	42,10%	54,72%
23 E076-10e	75	150	18	1012,51	17	33,3	57,31%	55,42%
24 E076-14s	75	143	18	1063,61	16	32,9	85,25%	54,78%
25 E101-08e	100	193	24	1371,32	20	35,7	36,45%	59,53%
26 E101-10c	100	199	28	1557,12	24	33,7	37,71%	56,20%
27 E101-14s	100	198	25	1378,52	23	34,4	56,60%	57,25%

Çizelge 5.2'deki son sütunda yer alan loadmeter (LM) değerleri, her bir test probleminin yükleme planları da belli olduğu için, bu çalışmada geliştirilen yöntemin sonuçlarıyla karşılaştırma yaparken kullanılmak amacıyla bizim tarafımızdan hesaplanmıştır. Çizelgeden bir örnek vermek gerekirse, 1 numaralı E016-03m isimli problemde elde edilen çözüm sonucunda araçların toplamda 297,65 birim yol kat edecekleri, problemde 5 araç kullanılabilir olarak tanımlandığı halde sadece 4 aracın kullanıldığı anlaşılmaktadır. Ayrıca bizim tarafımızdan hesaplanan loadmeter değeri de 32,1 olarak belirlenmiştir.

Kolayca görülebileceği gibi Gendreau'nun türettiği ve kullandığı test problemleri yapı olarak bu çalışmada ele alınan probleme tam olarak uygun değildir. Öncelikle Gendreau test problemlerinde bütün kutuların boyutlarına ve ağırlıklarına bakılmaksızın üst üste konulabildikleri varsayılmıştır. Bu, çok önemli bir varsayımdır. Bu varsayımla tedarikçilerin kutu tiplerine göre gruplanması ihtiyacı ortadan kalkmaktadır. Ayrıca araç içi yük basınç değeri de göz ardı edilmektedir.

Karşılaştırmanın yapılabilmesi için bu çalışmada öngörülen çözüm yaklaşımı test problemlerini çözebilecek yapıda değişikliklere uğratılmıştır. Öncelikle önerilen çözüm yaklaşımının 3 aşamalı olduğu ve her bir aşamada 2 farklı çözüm yaklaşımı önerildiği hatırlanmalıdır. Bunları kolayca anımsayabilmek için aşağıda verilen kodlama sistemi kullanılmıştır.

- Çözümün 1. aşaması olan gruplama için G, K-ortalama yöntemiyle gruplama algoritması için G1, hiyerarşik gruplama algoritması için G2 kullanılmıştır.
- Çözümün 2. aşaması olan köşegenleştirme K, ikili grup analizi algoritması için K1, yapay sinir ağı temelli grup analizi için K2 kullanılmıştır.
- Çözümün 3. aşaması olan araç yükleme için A, tedarikçi öncelikli araç yükleme için A1, kutu öncelikli araç yükleme için A2 kullanılmıştır.

Çözümün son aşaması olan araç turu belirleme kısmında zaten uygulanan tek bir yaklaşım olduğu için ayrıca belirtilmesine gerek yoktur. Her bir test probleminin KDS'de tanımlanan olası bütün algoritmalar ayrı ayrı kullanılarak çözülmesi planlanmıştır. Bunun için de Çizelge 5.3'de tanımlanan yapı tasarlanmıştır.

Çizelge 5.3. Test problemlerini çözmeye uygulanacak sıra

Kod	Gruplama (G)		Köşegenleştirme (K)		Araç Yükleme (A)	
	G1	G2	K1	K2	A1	A2
a	1	0	1	0	1	0
b	1	0	1	0	0	1
c	1	0	0	1	1	0
d	1	0	0	1	0	1
e	0	1	1	0	1	0
f	0	1	1	0	0	1
g	0	1	0	1	1	0
h	0	1	0	1	0	1

Çizelge 5.3'deki 1. satır, örnek bir test problemi geliştirilen KDS ile çözülürken, K-ortalama yöntemine göre gruplama yapılacağını, ikili grup analizi algoritması ile köşegenleştirme ve sonrasında tedarikçi öncelikli araç yüklemesi yapılacağını göstermektedir. Gendreau, tedarikçilerdeki kutuların farklı araçlarla birkaç defada toplanmasına izin vermediği için, bu çalışmada öngörülen kutu öncelikli araç yüklemesi yaklaşımının kullanılması mümkün değildir. Yapılacak karşılaştırmaların aynı koşullarda olabilmesi için Çizelge 5.3'de A2 sütununda 1 değerini alan 2, 4, 6 ve 8. satırlardaki deney planlarının uygulanmaması gerekir. Fakat her tedarikçiye sadece 1 araç uğramalı koşulu olmasaydı sonuç nasıl olurdu şeklinde bir analiz yapabilmek için Çizelge 5.3'de önerilen 8 deney planı da test problemlerinde uygulanmıştır. Her bir test stratejisi [a, b, c, d, e, f, g, h] ile elde edilen çözümler sırasıyla Ek.1, Ek.2, Ek.3, Ek.4, Ek.5, Ek.6, Ek.7 ve Ek.8'de verilmiştir. "a" ve "b" stratejilerine karşı gelen değerler daha iyi çözümler türetmektedir. Bu, "a" ve "b" stratejisi içinde ele alınan desenlere karşı gelen algoritmaların uyumlu çalışmasının bir sonucudur.

Böylece 27 farklı test probleminin her biri 8 kez, değişik algoritmaların kombinasyonları ile çözülmüştür. Bu çözümlere ait toplu sonuçlar Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.4'de test probleminin adı, karakteristikleri, Gendreau'nun elde ettiği çözüm sonuçları ve problemin 8 farklı deney planı ile çözülmesi sonucunda önerilen KDS ile elde edilen çözüm sonuçları bulunmaktadır. Örneğin, E016-03m test problemi için Gendreau kat edilecek mesafeyi 297,65 birim olarak bulmuşken, önerilen yaklaşımla en düşük 287,67 ve enbüyük 311,49 birim olarak belirlenmiştir. Yalnız Gendreau'nun yaklaşımı 4 araç kullanırken önerilen yaklaşım 6 araç gerektirmektedir. Dolayısıyla sadece bu test problemi için eğer toplamda katedilen mesafenin en küçük olması isteniyorsa önerilen yaklaşımın üstün olduğu, ama kullanılan araç sayısının en küçük olması isteniyorsa Gendreau'nun yaklaşımının üstün olduğu söylenebilir. Ama diğer test problemleri inceledikçe her iki yaklaşımın farklı problemlerde farklı üstünlükler sergilediği görülmüştür.

Çizelge 5.4. Test problemlerinin önerilen KDS ile çözüm sonuçları

	durak sayısı [merkez hariç]	n	kutu sayısı p	araç sayısı v	Gendreau - 2006			Önerilen Yaklaşım			Gruplama		Köşegenleştirme		Araç Yükleme			
					Z	V	L	Z	V	L	G1	G2	K1	K2	A1	A2		
1	E016-03m	15	32	5	297,65	4	32,13	287,67	6	24,71	1	0	1	0	1	0		
								307,37	6	23,48	b	1	0	1	0	1		
								289,32	6	23,97	c	1	0	0	1	1	0	
								307,37	6	23,48	d	1	0	0	1	0	1	
								294,92	6	22,48	e	0	1	1	0	1	0	
								311,49	6	23,38	f	0	1	1	0	0	1	
								291,39	6	24,17	g	0	1	0	1	1	0	
								311,49	6	23,38	h	0	1	0	1	0	1	
2	E016-05m	15	26	5	334,96	5	19,93	321,17	6	17,9	2	a	1	0	1	0	1	0
								328,92	6	18,23	b	1	0	1	0	0	1	
								348,43	6	17,87	c	1	0	0	1	1	0	
								339,42	6	17,89	d	1	0	0	1	0	1	
								331,47	6	17,39	e	0	1	1	0	1	0	
								342,67	6	17,9	f	0	1	1	0	0	1	
								339,18	6	17,92	g	0	1	0	1	1	0	
								337,37	6	17,68	h	0	1	0	1	0	1	
								352,09	5	30,1	3	a	1	0	1	0	1	0
								354,48	5	30,17	b	1	0	1	0	0	1	
								348,54	5	31,22	c	1	0	0	1	1	0	
								364,48	5	30,1	d	1	0	0	1	0	1	
								358,56	5	30,2	e	0	1	1	0	1	0	
								363,89	5	30,1	f	0	1	1	0	0	1	
								354,80	5	31,21	g	0	1	0	1	1	0	
								371,37	5	30,1	h	0	1	0	1	0	1	
								436,87	6	23,01	4	a	1	0	1	0	1	0
								465,18	6	22,43	b	1	0	1	0	0	1	
								439,78	6	23,01	c	1	0	0	1	1	0	
								478,29	6	22,43	d	1	0	0	1	0	1	
								441,13	6	23,01	e	0	1	1	0	1	0	
								489,19	6	20,43	f	0	1	1	0	0	1	
								436,48	6	23,01	g	0	1	0	1	1	0	
								461,18	6	21,23	h	0	1	0	1	0	1	
								427,51	6	30,15	5	a	1	0	1	0	1	0
								448,72	5	34,98	b	1	0	1	0	0	1	
								437,37	6	30,48	c	1	0	0	1	1	0	
								451,43	5	33,87	d	1	0	0	1	0	1	
								435,74	6	31,08	e	0	1	1	0	1	0	
								462,12	5	33,26	f	0	1	1	0	0	1	
								442,90	6	29,85	g	0	1	0	1	1	0	
								472,28	5	34,01	h	0	1	0	1	0	1	
								478,32	7	20,14	6	a	1	0	1	0	1	0
								501,27	7	20,32	b	1	0	1	0	0	1	
								474,45	7	20,1	c	1	0	0	1	1	0	
								521,87	7	21,09	d	1	0	0	1	0	1	
								482,38	7	20,41	e	0	1	1	0	1	0	
								539,24	7	20,98	f	0	1	1	0	0	1	
								487,04	7	20,08	g	0	1	0	1	1	0	
								567,12	7	20,43	h	0	1	0	1	0	1	
								764,83	4	38,17	7	a	1	0	1	0	1	0
								790,54	4	38,86	b	1	0	1	0	0	1	
								769,81	4	37,34	c	1	0	0	1	1	0	
								781,49	4	38,23	d	1	0	0	1	0	1	
								777,42	4	38,49	e	0	1	1	0	1	0	
								792,14	4	37,98	f	0	1	1	0	0	1	
								776,45	4	39,73	g	0	1	0	1	1	0	
								774,76	4	38,67	h	0	1	0	1	0	1	
								789,45	5	32,17	8	a	1	0	1	0	1	0
								821,32	4	36,78	b	1	0	1	0	0	1	
								783,42	5	32,17	c	1	0	0	1	1	0	
								848,89	4	38,2	d	1	0	0	1	0	1	
								794,76	5	32,17	e	0	1	1	0	1	0	
								803,56	5	34,98	f	0	1	1	0	0	1	
								791,49	5	32,17	g	0	1	0	1	1	0	
								798,47	5	33,32	h	0	1	0	1	0	1	
								654,23	8	28,34	9	a	1	0	1	0	1	0
								673,18	8	28,59	b	1	0	1	0	0	1	
								684,31	9	24,48	c	1	0	0	1	1	0	
								682,22	8	25,43	d	1	0	0	1	0	1	
								658,78	8	28,34	e	0	1	1	0	1	0	
								699,34	8	27,12	f	0	1	1	0	0	1	
								659,48	8	28,34	g	0	1	0	1	1	0	
								678,39	9	24,73	h	0	1	0	1	0	1	

Çizelge 5.4. Test problemlerinin önerilen KDS ile çözüm sonuçları (devamı)

	durak sayısı [merkez hariç]	n	q	v	Gendreau - 2006			Önerilen Yaklaşım			Gruplama		Köşegenleştirme		Araç Yükleme			
					Z	V	L	Z	V	L	G1	G2	K1	K2	A1	A2		
10	E030-03g	29	62	10	717,9	8	30,15	756,82	7	33,74	10	a	1	0	1	0	1	0
								843,28	6	38,34		b	1	0	1	0	0	1
								752,94	7	33,74		c	1	0	0	1	1	0
								827,36	6	39,03		d	1	0	0	1	0	1
								765,16	7	33,74		e	0	1	1	0	1	0
								777,14	7	34,05		f	0	1	1	0	0	1
								762,80	7	33,74		g	0	1	0	1	1	0
								798,42	7	33,78		h	0	1	0	1	0	1
11	E030-04s	29	58	9	718,24	7	33,22	773,45	6	36,67	11	a	1	0	1	0	1	0
								823,87	5	39,42		b	1	0	1	0	0	1
								779,18	6	36,67		c	1	0	0	1	1	0
								847,17	5	40,02		d	1	0	0	1	0	1
								792,72	6	36,67		e	0	1	1	0	1	0
								796,43	6	35,89		f	0	1	1	0	0	1
								788,47	6	36,67		g	0	1	0	1	1	0
								792,65	6	36,23		h	0	1	0	1	0	1
12	E031-09h	30	63	9	614,6	9	26,45	617,83	10	21,7	12	a	1	0	1	0	1	0
								556,48	11	18,23		b	1	0	1	0	0	1
								612,49	10	20,78		c	1	0	0	1	1	0
								648,74	10	21,67		d	1	0	0	1	0	1
								623,74	10	21,14		e	0	1	1	0	1	0
								572,45	11	19,49		f	0	1	1	0	0	1
								621,56	10	21,68		g	0	1	0	1	1	0
								644,32	10	20,34		h	0	1	0	1	0	1
13	E033-03n	32	61	9	2316,56	7	32,22	2434,12	6	33,91	13	a	1	0	1	0	1	0
								2634,27	5	38,77		b	1	0	1	0	0	1
								2428,58	6	34,78		c	1	0	0	1	1	0
								2652,11	5	38,56		d	1	0	0	1	0	1
								2462,78	6	34,56		e	0	1	1	0	1	0
								2478,23	6	24,67		f	0	1	1	0	0	1
								2444,57	6	33,45		g	0	1	0	1	1	0
								2745,98	5	35,21		h	0	1	0	1	0	1
14	E033-04g	32	72	11	1276,6	8	33,99	1421,23	7	26,72	14	a	1	0	1	0	1	0
								1503,47	6	28,34		b	1	0	1	0	0	1
								1412,19	7	25,88		c	1	0	0	1	1	0
								1524,41	6	37,94		d	1	0	0	1	0	1
								1428,94	7	27,19		e	0	1	1	0	1	0
								1451,32	7	28,17		f	0	1	1	0	0	1
								1301,43	8	32,98		g	0	1	0	1	1	0
								1478,56	7	27,98		h	0	1	0	1	0	1
15	E033-05s	32	68	10	1196,55	7	37,27	1204,56	7	36,46	15	a	1	0	1	0	1	0
								1376,45	6	41,23		b	1	0	1	0	0	1
								1217,51	7	35,29		c	1	0	0	1	1	0
								1258,45	7	34,56		d	1	0	0	1	0	1
								1278,13	7	36,51		e	0	1	1	0	1	0
								1323,93	7	35,71		f	0	1	1	0	0	1
								1251,39	7	36,74		g	0	1	0	1	1	0
								1302,45	7	35,53		h	0	1	0	1	0	1
16	E036-11h	35	63	11	698,61	11	20,33	678,90	12	19,72	16	a	1	0	1	0	1	0
								714,28	11	20,39		b	1	0	1	0	0	1
								685,23	12	19,78		c	1	0	0	1	1	0
								703,34	12	19,43		d	1	0	0	1	0	1
								681,82	12	19,23		e	0	1	1	0	1	0
								708,29	12	19,44		f	0	1	1	0	0	1
								696,32	12	18,92		g	0	1	0	1	1	0
								688,48	12	20,01		h	0	1	0	1	0	1
17	E041-14h	40	79	14	906,42	14	20,43	857,89	16	19,47	17	a	1	0	1	0	1	0
								872,29	16	18,84		b	1	0	1	0	0	1
								864,34	16	19,13		c	1	0	0	1	1	0
								888,73	16	18,98		d	1	0	0	1	0	1
								868,08	16	19,39		e	0	1	1	0	1	0
								902,29	16	19,02		f	0	1	1	0	0	1
								865,29	16	19,96		g	0	1	0	1	1	0
								871,34	16	18,34		h	0	1	0	1	0	1
18	E045-04f	44	94	14	1124,33	11	32,32	1198,40	10	34,31	18	a	1	0	1	0	1	0
								1304,28	9	38,23		b	1	0	1	0	0	1
								1213,61	10	34,28		c	1	0	0	1	1	0
								1256,72	10	33,78		d	1	0	0	1	0	1
								1204,83	10	34,92		e	0	1	1	0	1	0
								1298,28	9	37,11		f	0	1	1	0	0	1
								1218,55	11	32,12		g	0	1	0	1	1	0
								1284,43	10	33,97		h	0	1	0	1	0	1

Çizelge 5.4. Test problemlerinin önerilen KDS ile çözüm sonuçları (devamı)

	durak sayısı [merkez hariç]	kutu sayısı	araç sayısı	Gendreau - 2006			Önerilen Yaklaşım			Gruplama		Köşegenleştirme		Araç Yükleme				
				Z	V	L	Z	V	L	G1	G2	K1	K2	A1	A2			
19	E051-05e	50	99	13	680,29	11	33,27	701,59	10	38,98	19	a	1	0	1	0	1	0
								778,49	9	41,44		b	1	0	1	0	0	1
								712,41	10	39,43		c	1	0	0	1	1	0
								760,42	10	38,98		d	1	0	0	1	0	1
								709,76	10	40,08		e	0	1	1	0	1	0
								803,23	9	42,34		f	0	1	1	0	0	1
								717,11	10	40,22		g	0	1	0	1	1	0
								763,45	10	39,29		h	0	1	0	1	0	1
20	E072-04f	71	147	20	529	17	34,23	648,67	16	40,56	20	a	1	0	1	0	1	0
								712,43	15	44,23		b	1	0	1	0	0	1
								641,48	16	39,34		c	1	0	0	1	1	0
								648,45	16	40,22		d	1	0	0	1	0	1
								598,33	16	41,07		e	0	1	1	0	1	0
								717,57	15	43,98		f	0	1	1	0	0	1
								661,29	16	40,76		g	0	1	0	1	1	0
								700,38	16	40,25		h	0	1	0	1	0	1
21	E076-07s	75	155	18	1004,4	17	32,29	1098,34	16	34,67	21	a	1	0	1	0	1	0
								1245,65	15	41,34		b	1	0	1	0	0	1
								1143,88	16	34,67		c	1	0	0	1	1	0
								1158,39	16	35,78		d	1	0	0	1	0	1
								1102,92	16	34,67		e	0	1	1	0	1	0
								1305,23	15	40,78		f	0	1	1	0	0	1
								1132,79	16	34,67		g	0	1	0	1	1	0
								1241,33	16	35,67		h	0	1	0	1	0	1
22	E076-08s	75	146	19	1068,96	18	32,83	1211,78	17	39,48	22	a	1	0	1	0	1	0
								1535,31	16	42,56		b	1	0	1	0	0	1
								1325,39	17	39,48		c	1	0	0	1	1	0
								1278,43	17	40,08		d	1	0	0	1	0	1
								1319,49	17	39,48		e	0	1	1	0	1	0
								1598,23	16	43,87		f	0	1	1	0	0	1
								1134,91	18	39,48		g	0	1	0	1	1	0
								1298,49	17	40,02		h	0	1	0	1	0	1
23	E076-10e	75	150	18	1012,51	17	33,25	1048,37	17	33,48	23	a	1	0	1	0	1	0
								1267,73	16	38,56		b	1	0	1	0	0	1
								1059,49	17	33,48		c	1	0	0	1	1	0
								1092,33	17	32,52		d	1	0	0	1	0	1
								1101,13	17	33,48		e	0	1	1	0	1	0
								1116,47	17	32,56		f	0	1	1	0	0	1
								1089,28	17	33,48		g	0	1	0	1	1	0
								1132,59	17	32,93		h	0	1	0	1	0	1
24	E076-14s	75	143	18	1063,61	16	32,87	1032,70	17	30,41	24	a	1	0	1	0	1	0
								1204,42	16	36,72		b	1	0	1	0	0	1
								1047,37	17	31,55		c	1	0	0	1	1	0
								1142,94	17	30,54		d	1	0	0	1	0	1
								1079,19	17	30,23		e	0	1	1	0	1	0
								1110,34	17	31,04		f	0	1	1	0	0	1
								1062,93	17	29,87		g	0	1	0	1	1	0
								1302,40	17	30,58		h	0	1	0	1	0	1
25	E101-08e	100	193	24	1371,32	20	35,72	1479,36	19	42,7	25	a	1	0	1	0	1	0
								1763,74	18	48,22		b	1	0	1	0	0	1
								1488,56	19	42,7		c	1	0	0	1	1	0
								1798,51	18	42,09		d	1	0	0	1	0	1
								1486,44	19	42,7		e	0	1	1	0	1	0
								1903,93	18	41,92		f	0	1	1	0	0	1
								1507,39	19	42,7		g	0	1	0	1	1	0
								1806,34	18	47,34		h	0	1	0	1	0	1
26	E101-10c	100	199	28	1557,12	24	33,72	1701,20	23	38,3	26	a	1	0	1	0	1	0
								1867,92	22	44,72		b	1	0	1	0	0	1
								1689,68	23	38,3		c	1	0	0	1	1	0
								1911,45	22	43,98		d	1	0	0	1	0	1
								1724,97	23	38,3		e	0	1	1	0	1	0
								1892,56	22	44,02		f	0	1	1	0	0	1
								1716,18	23	38,3		g	0	1	0	1	1	0
								1890,33	22	43,91		h	0	1	0	1	0	1
27	E101-14s	100	198	25	1378,52	23	34,35	1516,80	22	37,34	27	a	1	0	1	0	1	0
								1817,42	21	42,91		b	1	0	1	0	0	1
								1529,14	23	33,31		c	1	0	0	1	1	0
								1643,66	22	37,45		d	1	0	0	1	0	1
								1486,48	23	34,56		e	0	1	1	0	1	0
								1698,34	22	38,12		f	0	1	1	0	0	1
								1479,24	23	33,98		g	0	1	0	1	1	0
								1717,66	22	38,23		h	0	1	0	1	0	1

Sonuçların daha iyi gözlenebilmesi için her test problemine ait olarak elde edilen 8 farklı sonuçtan sadece en iyi tur uzunluğu, araç sayısı ve loadmeter değerlerinin elde edildiği çözümler alınarak Çizelge 5.5 düzenlenmiştir.

Çizelge 5.5. Test problemlerine ait sonuçlar

	durak sayısı [merkez hariç]	kutu sayısı	araç sayısı	Gendreau - 2006			Önerilen Yaklaşım					
				Z	V	L	Z	V	L			
1	E016-03m	15	32	5	297,65	4	32,13	287,67	6	24,71	1	a
								289,32	6	23,97		c
2	E016-05m	15	26	5	334,96	5	19,93	321,17	6	17,9	2	a
								328,92	6	18,23		b
3	E021-04m	20	37	5	362,27	4	33,61	348,54	5	31,22	3	c
4	E021-06m	20	36	6	430,88	6	22,11	436,87	6	23,01	4	a
								461,18	6	21,23		h
5	E022-04g	21	45	7	395,64	6	29,35	427,51	6	30,15	5	a
								448,72	5	34,98		b
6	E022-06m	21	40	6	495,85	6	22,34	478,32	7	20,14	6	a
								501,27	7	20,32		b
7	E023-03g	22	46	6	742,23	5	34,34	764,83	4	38,17	7	a
								774,76	4	38,67		h
8	E023-05s	22	43	8	735,14	6	28,30	821,32	4	36,78	8	b
								783,42	5	32,17		c
9	E026-08m	25	50	8	630,13	8	27,11	654,23	8	28,34	9	a
10	E030-03g	29	62	10	717,9	8	30,15	843,28	6	38,34	10	b
								752,94	7	33,74		c
11	E030-04s	29	58	9	718,24	7	33,22	773,45	6	36,67	11	a
								823,87	5	39,42		b
12	E031-09h	30	63	9	614,6	9	26,45	612,49	10	20,78	12	c
								572,45	11	19,49		f
13	E033-03n	32	61	9	2316,56	7	32,22	2634,27	5	38,77	13	b
								2428,58	6	34,78		c
14	E033-04g	32	72	11	1276,6	8	33,99	1503,47	6	28,34	14	b
								1412,19	7	25,88		c
15	E033-05s	32	68	10	1196,55	7	37,27	1204,56	7	36,46	15	a
								1376,45	6	41,23		b
16	E036-11h	35	63	11	698,61	11	20,33	678,90	12	19,72	16	a
								714,28	11	20,39		b
17	E041-14h	40	79	14	906,42	14	20,43	857,89	16	19,47	17	a
								865,29	16	19,98		g
18	E045-04f	44	94	14	1124,33	11	32,32	1198,40	10	34,31	18	a
								1298,28	9	37,11		f
19	E051-05e	50	99	13	680,29	11	33,27	701,59	10	38,98	19	a
								778,49	9	41,44		b
20	E072-04f	71	147	20	529	17	34,23	712,43	15	44,23	20	b
								641,48	16	39,34		c
21	E076-07s	75	155	18	1004,4	17	32,29	1098,34	16	34,67	21	a
								1245,65	15	41,34		b
22	E076-08s	75	146	19	1068,96	18	32,83	1211,78	17	39,48	22	a
								1535,31	16	42,56		b
23	E076-10e	75	150	18	1012,51	17	33,25	1048,37	17	33,48	23	a
								1267,73	16	38,56		b
24	E076-14s	75	143	18	1063,61	16	32,87	1032,70	17	30,41	24	a
								1204,42	16	36,72		b
25	E101-08e	100	193	24	1371,32	20	35,72	1479,36	19	42,7	25	a
								1763,74	18	48,22		b
26	E101-10c	100	199	28	1557,12	24	33,72	1701,20	23	38,3	26	a
								1867,92	22	44,72		b
27	E101-14s	100	198	25	1378,52	23	34,35	1516,80	22	37,34	27	a
								1817,42	21	42,91		b

Çizelge 5.5’de incelenen test probleminin adı, karakteristikleri, Gendreau tarafından elede edilmiş olan çözüm sonuçları ve önerilen yaklaşımla elde edilen 8 çözüm arasından iyi olanları listelenmiştir. Örneğin ilk satırda yer alan E016-03m isimli test problemi için Gendreau’nun elde ettiği çözümün yanı sıra önerilen yaklaşımlar ile elde edilen 8 çözümden 2 tanesi seçilerek alt alta verilmiştir. Diğer bazı test problemleri için de bir veya iki tane iyi çözüm sonucu seçilerek tabloya eklenmiştir. Çizelgenin son sütununda bulunan 1a ve 1b tarzı ifadeler ise önerilen yaklaşım uygulanırken kullanılan deney planını göstermektedir. Örneğin 1a, 1 numaralı test probleminin G1, K1 ve A1 algoritmaları kullanılarak elde edilen çözümünü olduğunu göstermektedir.

Test problemlerinin çözüm sonuçları genel olarak karşılaştırıldığında ilk olarak söylenmesi gereken, yaklaşımların farklı problemlerde farklı göstergelere (tur uzunluğu, kullanılan araç sayısı ve loadmeter değeri) göre birbirlerine üstünlük sağladıklarıdır. Yani bazı test problemlerinde Gendreau’nun elde ettiği sonuçlar daha iyi iken diğerlerinde de önerilen yaklaşım daha iyi sonuçlar vermiştir. Sadece kat edilen mesafe açısından bakılacak olursa önerilen yaklaşım 27 test probleminin 8 tanesinde Gendreau’nun bulduğu çözümlerden daha iyi sonuçlar vermiştir. Fakat kullanılan araç sayısı açısından sonuçlar daha çarpıcıdır. Kullanılan araç sayılarına bakıldığında 27 test probleminden sadece 6 tanesinde Gendreau’nun yaklaşımının daha iyi sonuç verdiği, 4 tanesinde araç sayısının aynı değer olarak bulunduğu ve kalan 17 tanesinde ise önerilen yaklaşımın daha az sayıda araç kullanımı önererek bariz bir üstünlük sağladığı görülmektedir. Yani önerilen yaklaşım, 21 test probleminde Gendreau’nun sonuçlarından daha iyi veya ona eşit sonuçlar vermiştir. Özellikle problem boyutu büyüdükçe önerilen yaklaşımla 2 araç tasarruf edildiği durumlar ortaya çıkmaktadır.

Benzer bir durum loadmeter değerleri için de söz konusudur ki bu zaten beklenen bir durumdur. Çünkü bir araç ne kadar iyi yüklenirse o kadar yüksek loadmeter değeri elde edileceği açıktır. Dolayısıyla daha az araç kullanan plan, aslında daha yüksek loadmeter değeri sağlıyor demektir. Öte yandan daha az araç kullanmak demek, bir aracın daha fazla sayıda tedarikçiye uğraması anlamına gelir ki bu da toplamda araçların kat edecekleri mesafenin artacağı anlamına gelir. Nitekim tablo incelendiğinde genel olarak daha az araç ile ürün toplama planı belirlendiğinde araçların toplamda daha fazla yol kat etmeleri gerektiği görülmektedir. Bu da aslında katedilen

mesafe kriteri ile kullanılan araç sayısı kriteri arasında bir ödünleşme olduğunu göstermektedir. Yani karar verici daha az araçla daha fazla yol kat edilecek bir ürün toplama planını seçebilir veya daha çok araçla toplamda daha az yol katedilecek başka bir ürün toplama planını benimseyebilir. Aslında bu da 3PL'nin benimseyeceği filo yönetimi stratejisiyle yakından ilişkilidir. 3PL firması açısından araç filosu farklı şekillerde oluşturulabilir. Bunlar:

- Özmal araç kullanımı
- Kiralık araç kullanımı
- Sefer ödemeli araç kullanımı

şeklinde listelenebilir. Benimsenecek bu stratejilerin avantaj ve dezavantajları vardır. Örneğin firma bütün filoya özmal olarak sahip olursa, araç bakım ve kontrolleri, sürücü istihdamı ve eğitimi açılarından ayrıca ilgilenilmesi gereken sorunları olacaktır. Öte yandan kiralık araç kullanımı da ürün toplamada istenen esnekliği ve etkinliği sağlayamayacağı için kullanışlı sayılmaz. Sefer ödemeli araç kullanımı ise kiralık araç kullanımının bir diğer türüdür ve iyi bir planlamayla yukarda sözü edilen sakıncaları içermez. Sefer ödemeli araç kullanımında ise araçların toplamda ne kadar yol kat ettikleri değil, işi tamamlamak için ne kadar araç gerektiği önem kazanır. Böyle bir stratejiyi seçecek 3PL firması için önerilen yaklaşım, Gendreau'nun sonuçlarına göre daha az araç kullanımını sağladığı için tercih edilecek yöntem olacaktır.

Çizelge 5.5'deki sonuçlar başka bir açıdan daha değerlendirilebilir. Örneğin problemde kutu çeşitliliği ve durak sayısı arttıkça önerilen yaklaşımın özellikle kullanılacak araç sayısı açısından daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Özellikle kutu boyutlarının problemde çok farklı olması önerilen yaklaşımın lehinedir. Çünkü önerilen yaklaşım kutu benzerliğini dikkate alarak araçlara yükleme yapmaktadır. Ama taşınacak kutuların hacmi ile ağırlığı arasında ciddi oransızlık (uyumsuzluk) varsa önerilen yaklaşımın iyi sonuçlar vermediği gözlenmiştir. Burada kastedilen şudur. Taşınacak bir kutu az hacimli olmasına rağmen çok ağır olabilir. Ya da hafif ama havaleli kutular olabilir. Test problemlerindeki kutu boyutları, kutu ağırlıkları incelendiğinde hacmi ve ağırlığı dengeli olan kutuların bulunduğu test problemlerinde önerilen yaklaşımın başarılı sonuçlar verdiği gözlenirken, hacmi ve ağırlığı arasında

dengeless bir ilişkinin olduğu kutuların bulunduğu test problemlerinde başarılı sonuçlar bulamadığı gözlenmiştir. Gendreau'nun yöntemi araçları öncelikle kutuların ağırlıklarına göre yüklemeye çalıştığı için daha başarılı sonuçlar vermiştir. Önerilen yöntem ise benzer kutuların gruplanması ve yüklenmesinde daha başarılıdır.

Gendreau'nun çözüm yaklaşımının gerçek hayatta karşılaşılan bazı önemli durumları göz ardı ettiği için eleştirilmesi gereken yönleri vardır. Örneğin Gendreau'nun algoritması,

- Bütün kutuların üst üste konabildiğini (istiflenebildiğini) varsaymaktadır. Bu aslında özellikle tedarikçilerden ürün toplandığı gelen (inbound) lojistik için hiç de gerçekçi bir varsayım değildir.
- Kutuların araç içindeki dağılımını önemsememektedir. Bu, özellikle seyir güvenliği açısından sakıncalıdır.
- Kutuların araç içine nasıl yerleştirileceklerini belirlememektedir. Pratik olarak yüklemenin nasıl yapılacağının bilinmemesi de sorunlara ve zaman kaybına yol açar.
- Tedarikçilere uğramak için herhangi bir zaman aralığı tanımlanmamıştır. Bu da gerçek hayat problemlerinde sıkça karşılaşılan bir sorundur. Araçların tedarikçilere uğrarken hem bu zaman aralıklarına uyması hem de tedarikçiler arasındaki seyahat süresinin de dikkate alınmasını gerektirmektedir.

Sonuç olarak bu çalışmada önerilen yaklaşıma literatürde bulunabilen en yakın çalışma ve test problemleriyle yapılan karşılaştırmada, önerilen yaklaşımın literatürdeki sonuçlarla mücadele edebilecek yapıda olduğu ve hatta araç sayısı açısından daha üstün sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Önerilen yaklaşımın literatürdeki diğer çalışmalarda göz ardı edilen diğer bazı özellikleri de gözetiyor olması ayrıca değerini arttırmaktadır.

5.4. Geliştirilen Karar Destek Sisteminin Yapısı

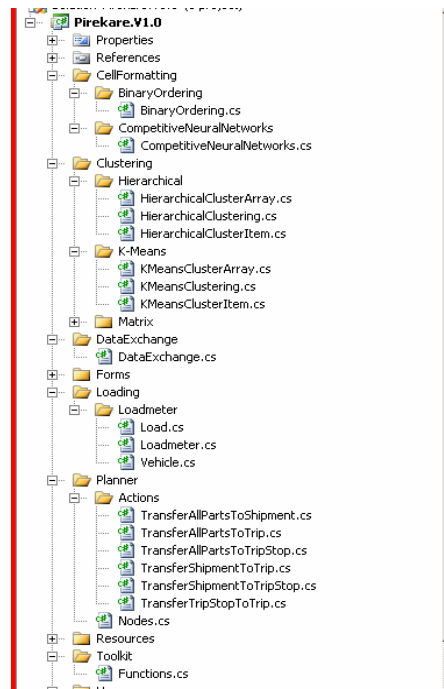
Çok duraklı malzeme toplama süreci içinde, her gün, farklı veya aynı tip ve miktarlarda malzeme farklı veya aynı tedarikçilerden alınması gerekmektedir. Bu nedenle sevkiyat deseni dinamiktir. Buna bir de, tedarikçilerden, belirlenen zaman

aralıkları içinde sevkiyat alınacak şekilde bir araç turu belirlemek gerektiği eklendiğinde, çözüm zorluğu ve karmaşıklık bir kat daha artmaktadır.

Bu noktadan hareketle geliştirilen KDS’de, problem çözüm yaklaşımında tasarlandığı şekliyle aşamalar halinde tasarlanmıştır. Böylece problemin karmaşıklığı azaltılarak, izlenebilir ve yönetilebilir bir yapı hedeflenmiştir. Her bir aşama için önerilen algoritmalar kodlanarak kullanıcıya sunulmuştur. Geliştirilen KDS, her aşama için istendiğinde yeni ve farklı algoritmaların da eklenmesine izin verecek yapıda modüler olarak tasarlanmıştır. Daha iyi çözüm bulacağı düşünülen gruplama, köşegenleştirme, araç yükleme veya araç turu belirleme yöntemleri kolaylıkla var olan yapıya eklenebilir. Yani önerilen KDS’nin model tabanında bu çalışmada önerilen 6 farklı algoritma ve bir araç turu belirleme yaklaşımı bulunmaktadır. İstenirse yeni yöntemleri eklemek de mümkündür.

Bilindiği üzere bir karar destek sistemi 3 kısımdan oluşur: Model tabanı, veri tabanı ve iletişim arayüzleri. Geliştirilen KDS’nin model tabanında daha önce sözü edildiği gibi toplam 7 algoritma bulunmaktadır.

Karar Destek Sistemi’nin model tabanını oluşturan dosya yapısı Şekil 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5.3. Önerilen KDS’nin model tabanı

JIT felsefesini benimsemiş bir üretim firması tarafından günlük olarak yayınlanan sevkiyat programına göre, kullanılan operasyonel yazılım ile hangi tedarikçiden hangi kutu tipi içerisinde ne kadar parça alacağı bilgisi belirlenmektedir. Belirlenen bu bilgiler bir arayüz ile – SQL Server ortamında bulunan saklı yordamlar (stored procedures) ve görünüm (Views) ile Karar Destek Sisteminin veritabanına aktarılmaktadır. Bu çalışmadaki KDS’de kullanılmak üzere 8 adet veritabanı tasarlanmıştır. Bunlar:

- **PACKAGINGTYPE_DATA TABLOSU:** Paketleme bilgilerinin bulunduğu tablodur. Paketleme bilgileri, paketin en uzun kenarı, araç genişliğine en yakın değeri alacak şekilde dönüştürülmektedir. Kullanılan veritabanı yapısı Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Packagingtype data tablosu

PACKAGINGTYPE_DATA TABLOSU			
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls
PACKAGINGTYPE_ID	int	4	0
PACKAGINGTYPE_PK_ID	int	4	1
PACKAGINGTYPEREFERENCE	nvarchar	50	0
LENGTH	float	8	0
WIDTH	float	8	0
HEIGHT	float	8	0
COLLAPSEHEIGHT	real	4	0
STACKABILITY	int	4	0
WEIGHT	float	8	0
RETURNABLE	char	10	1

- **PLANDATA_LOADSTOVEHICLE TABLOSU:** Herhangi bir araca yapılan yükleme bilgilerinin tutulduğu tablodur. Kullanılan veritabanı yapısı Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Plandata loadstovehicle tablosu

PLANDATA_LOADSTOVEHICLE TABLOSU			
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls
VEHICLE_ID	İnt	4	1
LOAD_ID	İnt	4	1

- **PLANDATA_PARTS TABLOSU:** Parça bilgilerinin bulunduğu tablodur. Kullanılan veritabanı yapısı Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Plandata parts tablosu

PLANDATA_PARTS TABLOSU			
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls
TRIP_ID	int	4	1
TRIPSTARTDATE	smalldatetime	4	1
SHIPMENT_ID	int	4	1
DESCRIPTION	nvarchar	50	1
STOPNUMBER	int	4	1
STOPTYPE	int	4	1
GSDB	nvarchar	50	1
LOCATION	nvarchar	50	1
PARTREFERENCE	nvarchar	50	1
PIECESPERKIT	int	4	1
WEIGHT	real	4	1
PLANQTY	int	4	1
CONFIRMEDQTY	int	4	1
PICKEDQTY	int	4	1
PACKAGINGTYPEREFERENCE	nvarchar	50	1
LENGTH	float	8	1
WIDTH	float	8	1
HEIGHT	float	8	1
STACKABILITY	int	4	1
PACK_WEIGHT	float	8	1
REVERSIBLE	char	10	1
STATUS	char	1	1

- **PLANDATA_LOAD TABLOSU:** Yükleme ve/veya sevkiyat bilgilerinin tutulduğu tablodur. Kullanılan veritabanı yapısı Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Plandata load tablosu

PLANDATA_LOAD TABLOSU			
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls
LOAD_ID	int	4	0
VEHICLE_ID	int	4	1
PACKAGINGTYPEREFERENCE	char	10	1
LOADED_QTY	int	4	1
AVAILABLE_QTY	int	4	1
LOADMETER	decimal	9	1
TOTAL_WEIGHT	decimal	9	1
STATUS	char	1	1

- **PLANDATA_PARTSTOLOAD TABLOSU:** Sevkiyat programına bağlı olarak aktarılan parça bilgilerinin bulunduğu tablodur. Kullanılan veritabanı yapısı Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Plandata partstoload tablosu

PLANDATA_PARTSTOLOAD TABLOSU			
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls
LOAD_ID	int	4	1
PLANDATA_PARTS_ID	int	4	1

- **PLANDATA_VEHICLE TABLOSU:** Araç bilgilerinin bulunduğu tablodur. Kullanılan veritabanı yapısı Çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Plandata vehicle tablosu

PLANDATA_VEHICLE TABLOSU			
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls
PLAN_VEHICLE_ID	int	4	0
TRIPSTARTDATE	smalldatetime	4	0
LICENSEPLATE	nvarchar	10	1
TYPE	nvarchar	50	1
LOADMETER	decimal	9	1
WEIGHT	decimal	9	1
STATUS	char	1	1

- **LOCATION_DATA TABLOSU:** İmalatçı bilgilerinin bulunduğu tablodur. Kullanılan veritabanı yapısı Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Location data tablosu

LOCATION_DATA TABLOSU			
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls
LOCATION_ID	int	4	0
LOCATIONCATEGORY_ID	int	4	0
COMPANY_ID	int	4	0
COUNTRY_ID	int	4	0
REGION_ID	int	4	0
TOWN_ID	int	4	0
LOCATIONCODE	nvarchar	50	0
LOCATION	nvarchar	50	1
ACTIVE	bit	1	0
MAINCONTACT	nvarchar	50	1
EMAIL	nvarchar	300	1
FAX	nvarchar	50	1
POBOX	nvarchar	50	1
STREET	nvarchar	50	1
TELEPHONE	nvarchar	50	1
WEB	nvarchar	50	1
OPENMFROM	nvarchar	5	0
OPENMOTO	nvarchar	5	0
MASTER_REGION	nvarchar	20	1
VEHICLE_TYPE	nvarchar	10	1
PRICE_TYPE	char	2	1
PRICE_REGION	nvarchar	20	1
GEOGRAPHICAL_REGION	nvarchar	50	1
DISTANCE	int	4	1

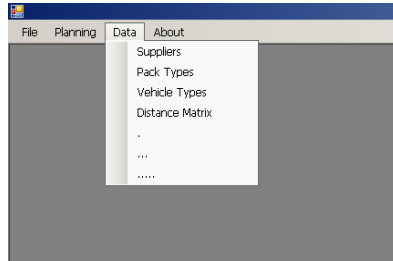
- **DISTANCE_DATA TABLOSU:** İmalatçılar arası mesafe bilgilerinin bulunduğu tablodur. Kullanılan veritabanı yapısı Çizelge 5.13’de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Distance data tablosu

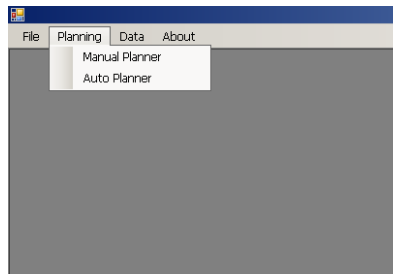
DISTANCE_DATA TABLOSU			
Column Name	Data Type	Length	Allow Nulls
FROMLOCATION	char	10	1
FROMLOCATION_ID	int	4	1
TOLOCATION	char	10	1
TOLOCATION_ID	int	4	1
DISTANCE	real	4	1

KDS'nin arayüzleri ise kullanıcının temel bilgileri kolayca girebileceği, çağırabileceği ve uygulanacak algoritmaları kolayca seçebileceği şekilde tasarlanmıştır.

Geliştirilen KDS için tasarlanan kullanıcı arayüzü öncelikle 2 temel alan sunmaktadır. Birincisi tedarici, paket tipleri, araç tipleri, tedarikçiler arası mesafe vb. verilerin (data) istendiğinde kullanıcı tarafından görüntülediği, ikincisi ise planlamann yaptırıldığı alanlardır. Sırası ile Şekil 5.4'de ve Şekil 5.5'de gösterilmektedir.

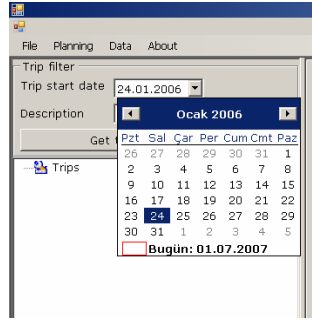


Şekil 5.4. Data erişim arayüzü



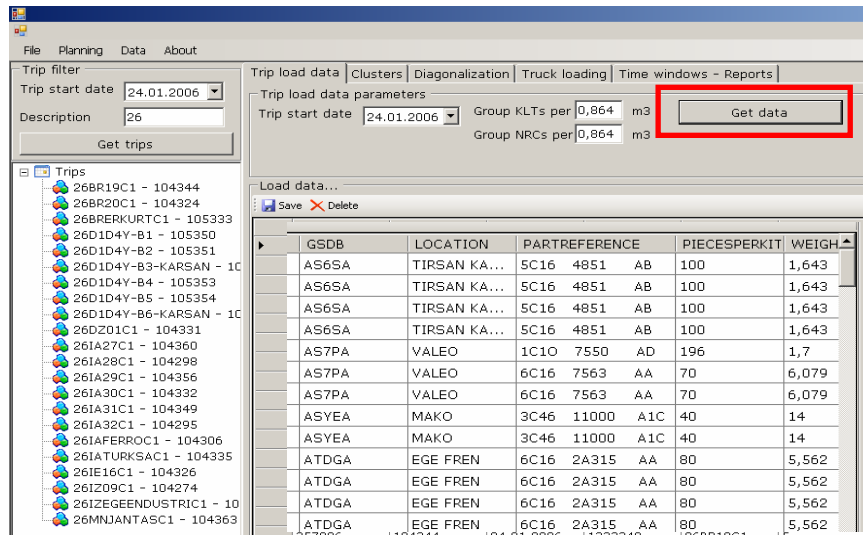
Şekil 5.5. Planlama erişim arayüzü

Öncelikle planlama veya bilgileri görüntülecek olan tarih bilgisinin seçilmesi gerekmektedir. Şekil 5.6'de gösterilmektedir.



Şekil 5.6. Tarih bilgisi giriş arayüzü

Planlama yaptırılacak tarih belirlendikten sonra, Şekil 5.7’de gösterildiği üzere planlama yapılacak güne ait parça / kutu bilgileri “get data” düğmesi ile listelenmektedir.



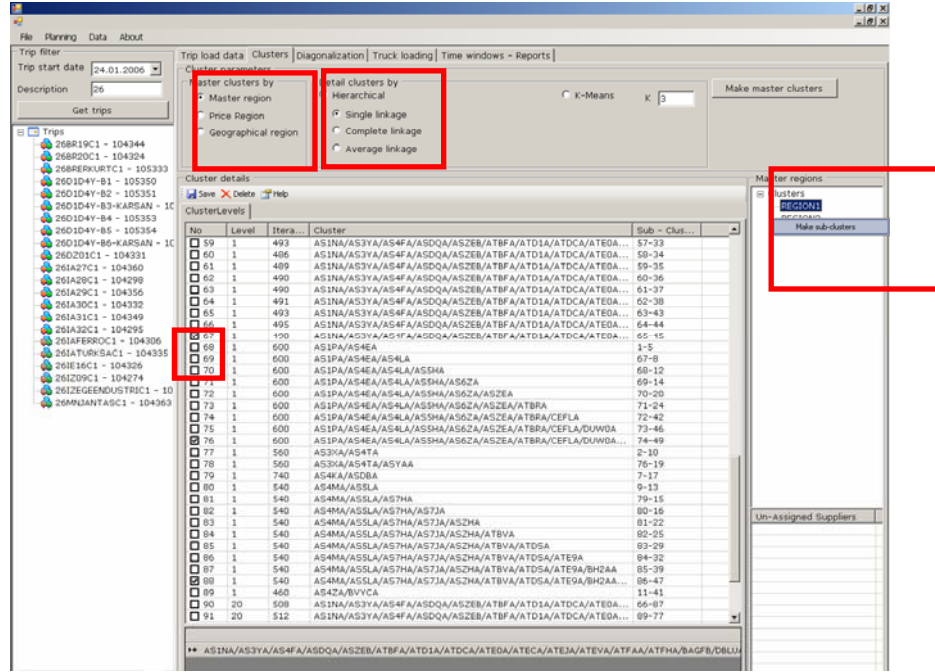
Şekil 5.7. Yükleme yapılacak parça ve kutu bilgileri arayüzü

Daha sonra arayüzden alınan parametrelere göre, geri dönüşümlü ve geri dönüşümsüz kutular (karton kutu, naylon poşet vb) ile sevk edilen malzemeler için palet dönüşümü yapılmaktadır. Şekil 5.8’de de gösterildiği üzere, geri dönüşümlü veya geri dönüşümsüz küçük kutular ile sevk edilen parçalarda, her 0,864 m³ için bir adet 80x120 Euro palet ile sevk edilen sanal “dummy” kutu tipleri ilave edilmektedir. Bir anlamda palet üzerinde sevk alınması gereken parçalar “üst üste konabilir” yapıda paketlenmiş olmaktadır.

YER	MARKEZ	Dummy	1	0,495	1	1	1	1	1	800	1200
ATEVA	HIZLANLAR	Dummy	1	0,495	1	1	1	1	1	800	1200
ATBRA	BİRİNCİ	Dummy	1	8,244	1	1	1	1	1	800	1200
ATBRA	BİRİNCİ	Dummy	1	8,244	1	1	1	1	1	800	1200
AS4UA	SESAN	Dummy	1	14,525	1	1	1	1	1	800	1200
DNSPA	ELATEK	Dummy	1	0,8103333	1	1	1	1	1	800	1200
DNSPA	ELATEK	Dummy	1	0,8103333	1	1	1	1	1	800	1200
DNSPA	ELATEK	Dummy	1	0,8103333	1	1	1	1	1	800	1200
BOCNA	ZF LEMEORDER	Dummy	1	3,0555	1	1	1	1	1	800	1200

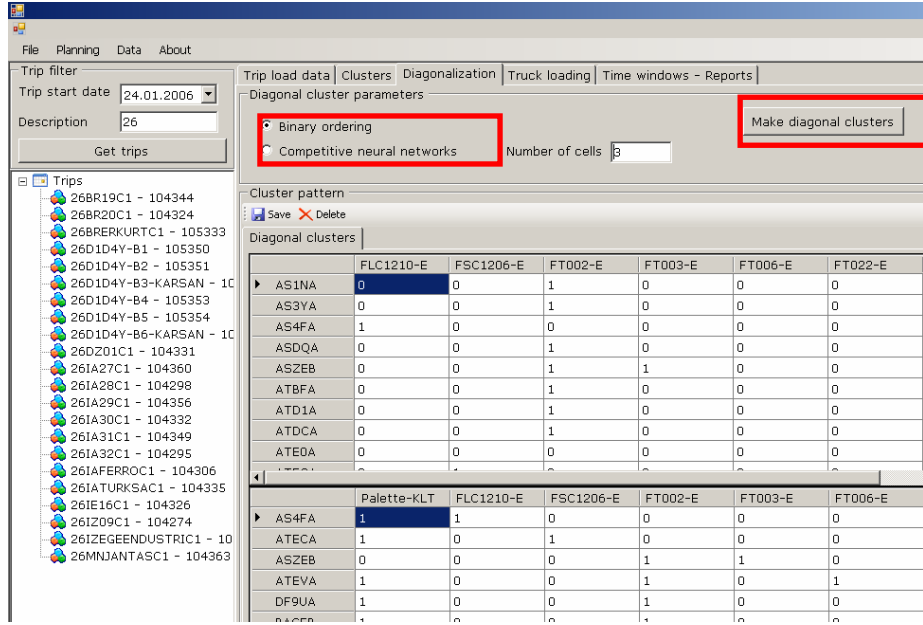
Şekil 5.8. Geri dönüşümlü veya geri dönüşümsüz küçük kutular ile sevk edilen parçaların birleştirilmesi

Uzaklık matrisinden hareketle, tedarikçiler gruplandırılma ihtiyaçlarının 3PL hizmeti veren lojistik firmalar açısından operasyonlara özel durumlar içerebileceği de göz önüne alındığında, gruplama öncesinde bölgelendirme (region) mantığının ve gruplama yönteminin seçilmesi gerekmektedir. Bu gruplandırma için, öncesinde, tedarikçiler için sevkiyat alınan bölgeler bazında özel kısıtlar oluşturmak istenebilmektedir. Fiziksel olarak aşılması mümkün olmayan veya aynı araç veya grup içinde yer alması istenmeyen tedarikçiler olabilmektedir. KDS’nde gereken esnekliği sağlayabilmek adına tedarikçiler için 1 nci bölge, 2 nci bölge, 3 ncü bölge gibi ön tanımlamalar yapılarak ne olursa olsun aynı araç ile sevkiyat alınmaması sağlanabilmektedir. Bir başka açıdan da, 3PL hizmet veren firma ile bu hizmeti satınalan kurum arasında belirlenmiş faturalandırma bölgeleri veya coğrafi bölgeler üzerinden de yapılması sağlanabilmektedir. Seçilen gruplama yönetime bağlı olarak oluşturulan gruplar, kullanıcı tarafından istendiğinde değiştirilebilir (checked - unchecked) bir yapıda raporlanmaktadır. Bu, kullanıcıya herhangi bir firmanın parçalarını ne olursa olsun aynı araca koymak isteyebileceği durumlar için bir seçenek oluşturmaktadır. Oluşturulacak bölge sayısı, tedarikçilerden toplanması gereken toplam kutu miktarının ağırlık ve hacim olarak gerekli enküçük büyük araç sayısı baz alınacak şekilde KDS tarafından önerilmektedir. Tüm bunların örneklendiği bir arayüz Şekil 5.9’de gösterilmektedir.



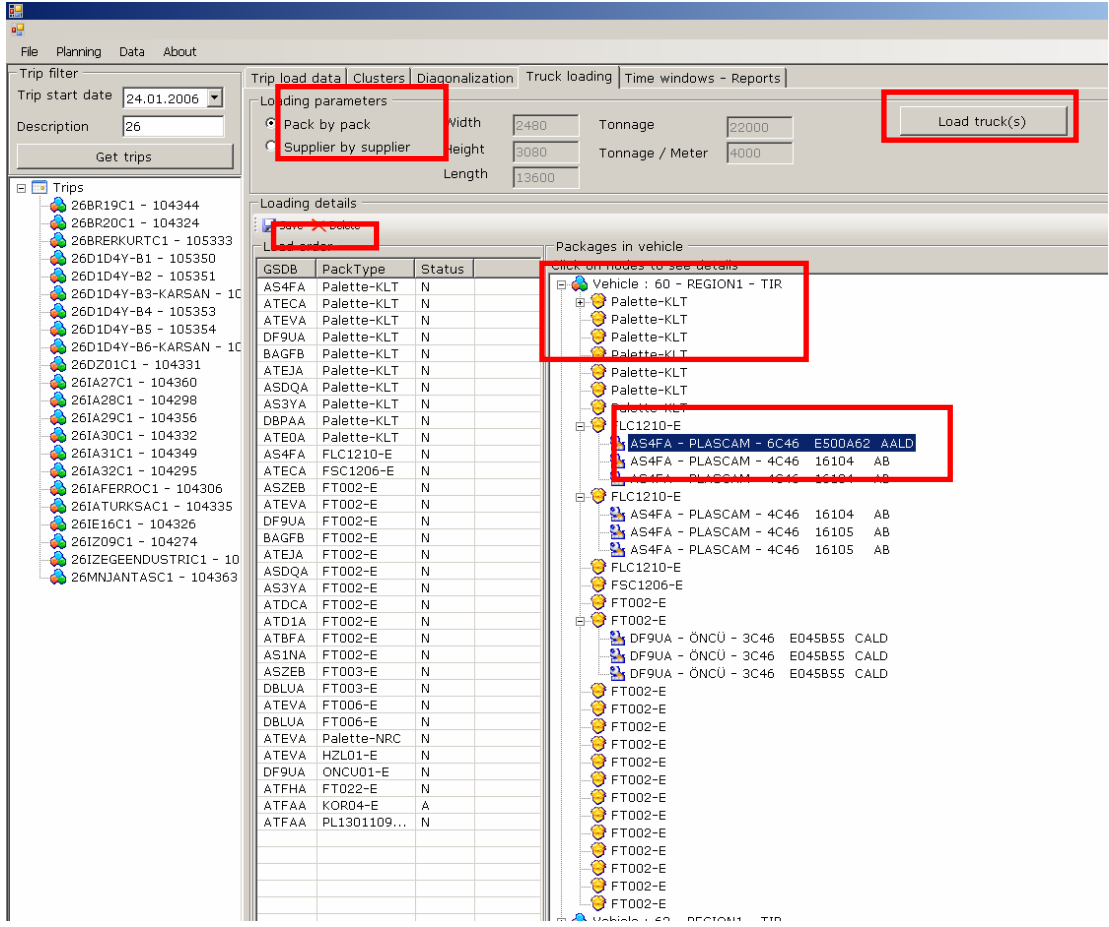
Şekil 5.9. Gruplandırma arayüzü

ATBP ile araç yükleme problemi (bin packing) arasında bir ilişki kurulabilir, öyle ki araç yükleme probleminde karşımıza çıkan, paketlerin üst üste konulabilirliği (stackability), ATBP probleminde de, tedarikçiler arası geçişlerde, araçların doluluk oranlarını arttırmada bize yol gösterici olabilmektedir. İmalatçılar arası ziyaret sırası, başka bir ifade ile bir tedarikçiden alınan paketlenmiş malzeme üzerine bir sonraki tedarikçiden alınacak paketlenmiş malzemelerin konulabilmesi “Üst üste konulabilirlik” dikkate alınırsa, araç için geçerli olan “loadmeter” değerleri arttırılabilmektedir. Bu sayede, daha tutarlı ve dolu araçlar planlamaya imkân veren bir gruplama sağlanabilmektedir. Bu çerçevede, sevkiyat desenini temsil eden bir matris tanımlanmaktadır. Sütunda paket tipleri ve satırda tedarikçiler olmak üzere arayüz üzerinden oluşturulan örnek bir sevkiyat deseni ve köşegenleştirilerek oluşturulmuş yeni sevkiyat düzeni matrisini temsil eden arayüz Şekil 5.10’da verilmektedir.



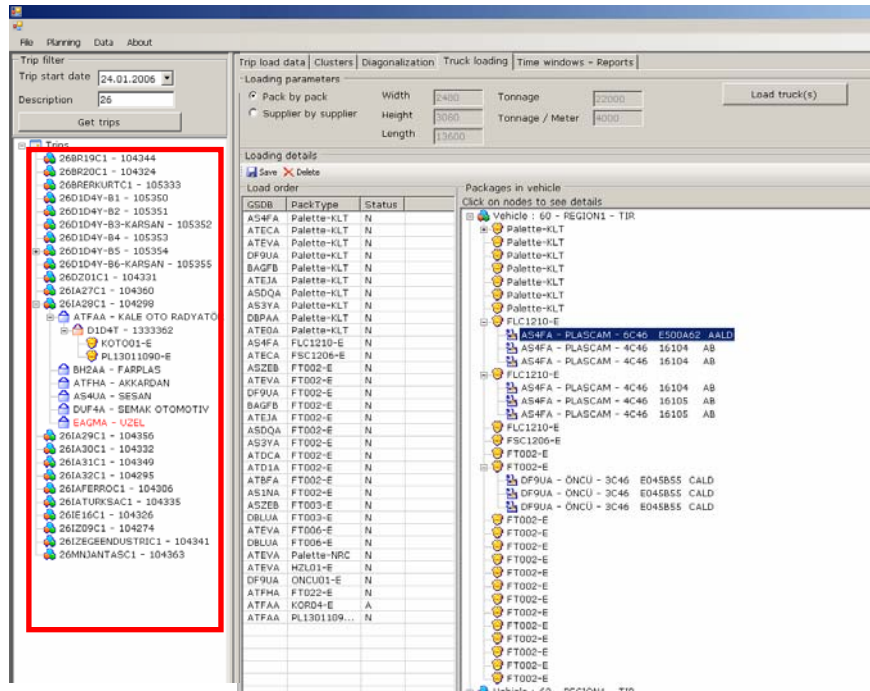
Şekil 5.10. Sevkiyat deseni

Yükleme kutu öncelikli olmak üzere yukarıdan aşağıya veya tedarikçinin mümkün olduğunca tüm kutularını aynı araca planlama öncelikli olmak üzere soldan sağa yapılabilmektedir. Tasarlanan arayüz Şekil 5.11’de de gösterilmektedir. Yükleme “load truck” düğmesi ile gerçekleştirilmektedir. Arayüzde kullanıcıya, yükleme sırası, yüklenen araç tipleri ve içinde yer alan firmalara ait paket ve parça bilgileri görüntülenmektedir.



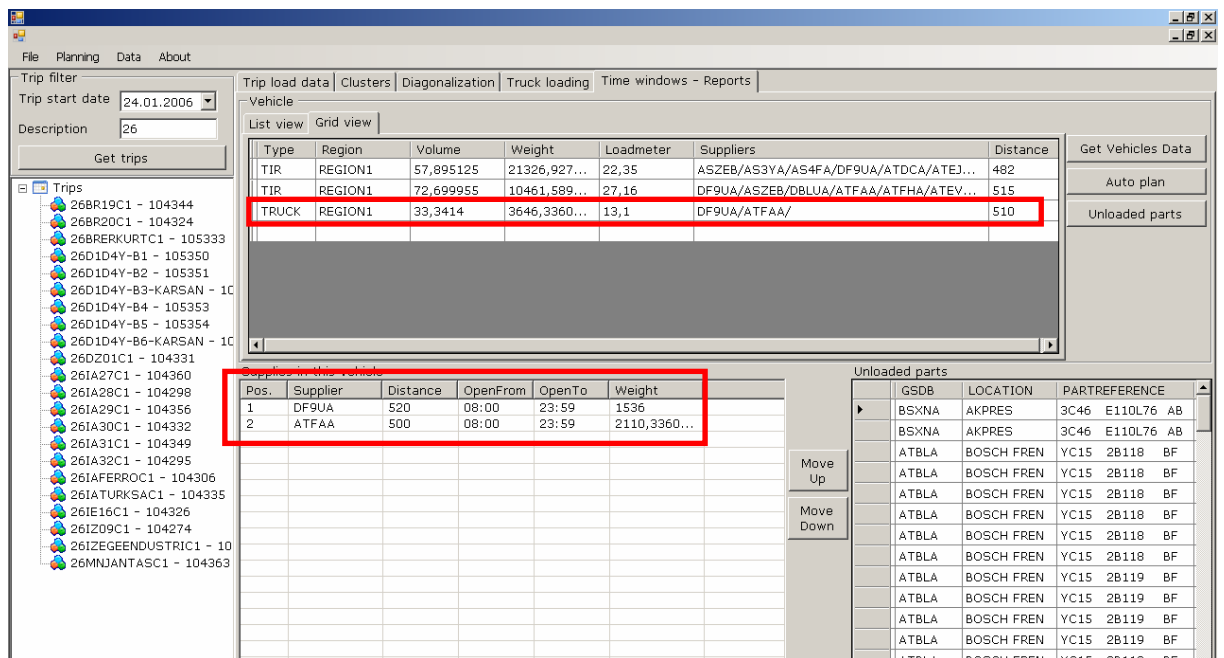
Şekil 5.11. Araç yükleme bilgileri

Elde edilen çözüme karşı gelecek şekilde sevkiyatların bir araya getirilmesi, Şekil 5.12’de de gösterilen arayüz kullanılarak, sol taraftaki pencere üzerindeki bilgiler “sürükle ve bırak” mantığı ile, sağ taraftaki araç yükleme planına uygun hale getirilebilmektedir.



Şekil 5.12. Sevkiyatların bir araya getirilmesi

Araçların firmalara uğranma sırasının belirlenmesi için, firmaların özel durumlarının dikkate alınarak tasarlanan arayüz Şekil 5.13’de gösterilmektedir.

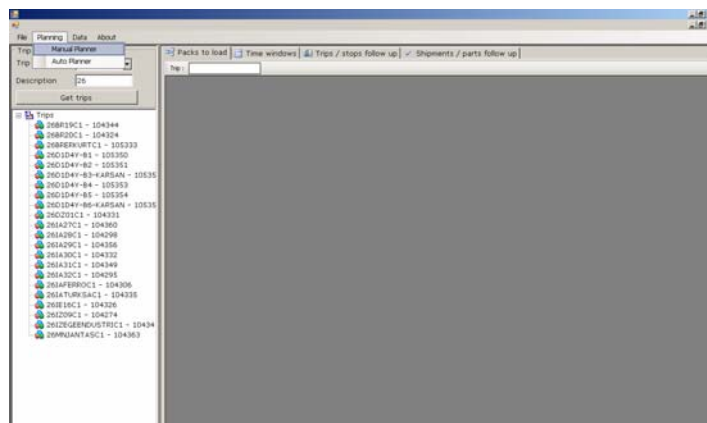


Şekil 5.13. Araç turlarının belirlenmesi

Çözüm için tüm bu arayüz veya adımların tek tek izlenmesi gerekmemektedir. Kullanıcının tercihi kalmakla birlikte, tasarlanan arayüzlerin herhangi bir aşamasından itibaren planlama yaptırılabilen, KDS, aktif konumdaki arayüze karşı gelen çözüm aşamasına kadar süreci otomatik olarak işletebilmektedir. Planlama süreci her bir alt aşamada ileri veya geriye doğru işletilebilir, ama çözüm sırası değiştirilemez. Yani gruplama ve grup analizi bitmeden araç yükleme aşamasına geçilemez, ama gruplamada seçilen yöntemle iyi bir sonuç elde edilememişse geri dönülerek başka bir yöntem seçilip gruplama çözümü yenilenebilir. Benzer şekilde araç turu belirleme aşamasına geçmek için gruplama ve araç yükleme alt aşamalarının bitmiş olması gerekir ama daha öncesinde bu iki aşamaya geri dönülüp farklı sonuçlar bulmak mümkündür.

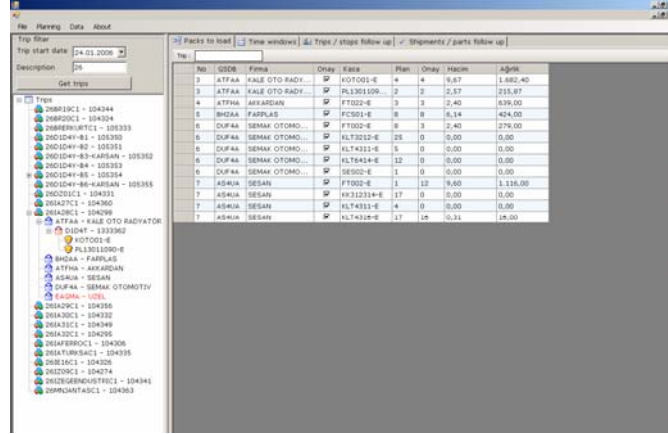
Bunun bir adım ötesinde, tüm bu süreç tamamlanıp, önerilen çözümün kullanıcı tarafından planlanması sonrasında oluşturulan sefer ve sevkiyatların takibi, kaydı ve görüntülenmesi için de yükleme bilgilerinin ve zaman aralığı planlamasının görüntülediği ve değiştirilebildiği, gerçekleşen plan zamanların işlendiği, sefer sırasında firmalardan sevk alınan malzemelerin kaydedildiği arayüzler de oluşturulmuştur. Güçlü bir bilgi sistemi ile verilerin izlenmesi, yönetilmesi sağlanmıştır.

Örnek bir arayüz Şekil 5.14'de verilmiştir. Bu arayüzde File, Planning, Data ve About olarak verilen 4 ana menüden Planing kısmı ve oradaki Manuel planner ile Auto planner seçenekleri görülmektedir. Bunlar kullanılacak algoritmaların seçimi için kullanıcının tercih yapması veya KDS'nin yapılmış hazır seçimlerini kullanması anlamındadır. Trips başlığında ise o anda var olan turların kodları görüntülenmektedir.



Şekil 5.14. Planlama için arayüz görüntüsü

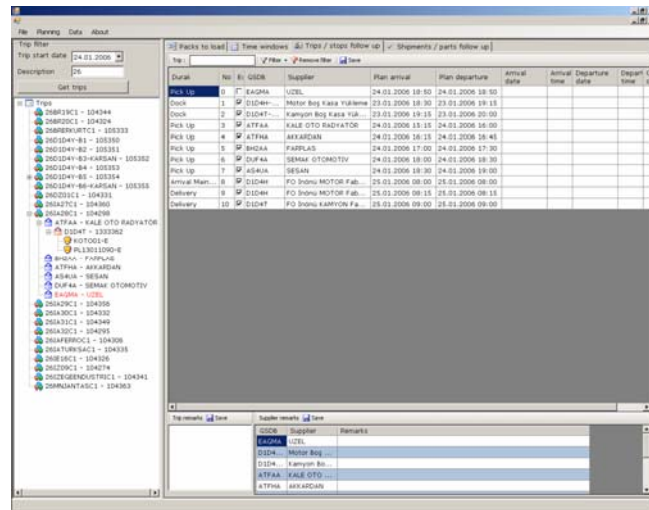
Bir diğer arayüz görüntüsü de Şekil 5.15’de verilmiştir. Bu sayfada da önceki tur görüntüsüne ek olarak seçilen bir turdaki kutu miktarları, kutunun alınacağı tedarikçinin ismi ve benzeri detaylı bilgiler bulunmaktadır. Buna kısaca sevkiyat planı detaylarının bulunduğu sayfa denebilir.



No	GS06	Firma	Orjnl	Kasa	Plan	Orjnl	Micim	sgmik
3	ATFAA	KALE OTO RADY...	PL130100-E	4	4	9,87	1.982,40	
3	ATFAA	KALE OTO RADY...	PL130100-E	2	2	2,37	215,87	
4	ATFAA	AKKARDAN	FT022-E	3	3	2,40	839,00	
5	BHDA	FAPPLAS	FT031-E	8	8	6,14	424,00	
6	DUFKA	SEMAM OTOMOTIV	FT002-E	8	3	2,40	279,00	
6	DUFKA	SEMAM OTOMOTIV	KL73012-E	28	0	0,00	0,00	
6	DUFKA	SEMAM OTOMOTIV	KL74311-E	5	0	0,00	0,00	
6	DUFKA	SEMAM OTOMOTIV	KL74314-E	12	0	0,00	0,00	
6	DUFKA	SEMAM OTOMOTIV	SE502-E	1	0	0,00	0,00	
7	ASAKA	SESAN	FT002-E	1	12	9,80	1.116,00	
7	ASAKA	SESAN	KL73114-E	17	0	0,00	0,00	
7	ASAKA	SESAN	KL74311-E	4	0	0,00	0,00	
7	ASAKA	SESAN	KL74312-E	17	16	0,31	16,00	

Şekil 5.15. Sevkiyat ayrıntılarının görüntülediği arayüz

Bir diğer arayüz görüntüsü de Şekil 5.16’da verilmiştir. Bu sayfada da önceki tur görüntüsüne ek olarak seçilen bir turdaki uğranması gereken tedarikçilere ait zaman aralıkları ve benzeri detaylı bilgiler bulunmaktadır. Buna kısaca seferlere ait zaman aralıklarının planlandığı sayfa da denebilir.



Durak	No	GS06	Supplier	Plan arrival	Plan departure	Actual arrival	Actual departure	Depart time
Pick Up	1	D1047	Motor Bos Kasa YIARMA	24.01.2008 18:30	24.01.2008 18:30			
Dock	2	D1047	Kamyon Bos Kasa vta	23.01.2008 19:15	23.01.2008 20:00			
Pick Up	3	ATFAA	KALE OTO RADYATOR	24.01.2008 15:15	24.01.2008 16:00			
Pick Up	4	ATFAA	AKKARDAN	24.01.2008 16:15	24.01.2008 16:45			
Pick Up	5	BHDA	FAPPLAS	24.01.2008 17:00	24.01.2008 17:30			
Pick Up	6	DUFKA	SEMAM OTOMOTIV	24.01.2008 18:00	24.01.2008 18:30			
Pick Up	7	ASAKA	SESAN	24.01.2008 18:30	24.01.2008 19:00			
Arrival Man.	8	D1044	FO Dönu MOTOR Fab.	25.01.2008 08:00	25.01.2008 08:00			
Delivery	9	D1044	FO Dönu MOTOR Fab.	25.01.2008 08:15	25.01.2008 08:15			
Delivery	10	D1047	FO Dönu KAMYON Fa.	25.01.2008 09:00	25.01.2008 09:00			

Şekil 5.16. Sefer zaman aralıklarının görüntülediği arayüz

Bu bağlamda, geliştirilen KDS, karar durumlarını analiz etmek için farklı algoritma modellerini kullanarak değişik stratejileri deneme imkânı vermektedir. Böylece ele alınan karmaşık probleme, hızlı çözüm veya çözümler bulmayı mümkün kılmakta, farklı bakış açıları kazandırmaktadır. Karar vericinin daha az zamanda ve daha az çalışma yapmasını sağlayarak etkinliğini artırmaktadır.

Sonuç olarak geliştirilen KDS'nin genel özellikleri de şöyle sıralanabilir: KDS içinde toplam 19 farklı arayüz tasarlanmıştır. Toplam 8 temel veritabanı ve toplam 7 farklı algortima kodlanmıştır. KDS, alt yapısı C# ile .NET teknolojisi ile oluşturulmuş, ayrıca SQL Server yazılımlarıyla etkileşimli çalışacak şekilde tasarlanmıştır. 6400 satır kod yazılmıştır. KDS, her gün 150 tedarikçiden ortalama 3500 çeşit parçanın 120 farklı kutu ile alınması problemini ortalama 120 saniyelerde çözebilmektedir.

Geliştirilen KDS'nin üstün yanları problem çözüme yaklaşımının sıralı olması nedeniyle önerilebilecek başka çözüm yaklaşımlarının da kolayca kodlanıp yapıya oturtulmasına izin verecek şekilde tasarlanmış olması ve alt aşamalarda geri dönerek sonuçları gözden geçirme fırsatı vermesidir.

5.5. Önerilen Yaklaşımın Gerçek Bir Problemdeki Başarısı

Bu çalışmada önerilen karar destek sistemi, bir lojistik firmasının karşılaştığı problemler temel alınarak geliştirilmiştir. Dolayısı ile problem çok duraklı malzeme toplama (milkrun) hizmeti veren tüm lojistik firmaları için ortaktır. Bu nedenle önerilen KDS, benzer yapıdaki hizmeti sunmaya çalışan bütün lojistik firmaları için geçerlidir. Çalışmada önerilen çözüm yaklaşımının etkinliği, tam zamanında üretim felsefesini benimsemiş ve lojistik hizmetlerini de dış kaynak kullanımı şeklinde gerçekleştiren bir firmanın gerçek verileri kullanılarak sınanmıştır.

Problem kısaca şöyle özetlenebilir. 3PL firmasının hizmet verdiği ana firmadan her gün için ürün istekleri alınmaktadır. Ana firmanın tedarikçilerinden 100 farklı kutuda (kasa) ürün alınmaktadır ve kutuların hepsi birbiriyle uyumlu olmadığı için yerleştirmede sorun çıkmaktadır. Kutuların üst üste konulabilirlik kurallarına dikkat edilerek araç içi yerleşimin tasarlanması gerekmektedir. Günde ortalama olarak 150 tedarikçiye uğranmakta, toplamda bir gün için 120 çeşit kutuda ortalama 3500 adet parça tedarikçilerden alınmaktadır. Bu miktar günde ortalama 15 büyük araçla

toplanabilmektedir. Araçların mümkün olduğunca dolu olarak yüklenmesi maliyet açısından istenen hedeflerden birisidir. Bu nedenle mümkün olduğunca birbirine yakın ve aynı ya da benzer kutuları verecek tedarikçilerin bir araya getirilip gruplanarak araçlara yüklenmesi tercih edilmektedir. Bu yapılırken tedarikçilere uğrama zaman aralıklarına ve aracın tam zamanında geri dönebilmesi için ne kadar yol gideceğine ve bunun ne kadar zaman alacağına dikkat etmek gerekmektedir. Yani problem, klasik araç turu belirleme problemi olarak değil, tedarikçi gruplama, kutu benzerliklerine göre araca yükleme, araç içi yerleşimi belirleme ve zaman aralıklarına uygun olarak araç turlarının belirlenmesi olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu çerçevede bilinen veri ve bilgiler şunlardır:

- Çok duraklı malzeme toplama sistemine dâhil olan tedarikçiler, tedarikçilere ait her türlü coğrafi konum ve sevkiyat kısıtları
- Bu tedarikçilerin sevk edecekleri parçalar ve parça ağırlık bilgileri
- Bu parçaların paketleme bilgileri, hangi tip geri dönüşümlü / dönüşümsüz kutu içerisinde kaç adet sevk edildikleri bilgisi, Çizelge 5.14’de verildiği gibi kutuların boyutları (en, boy, yükseklik, ağırlık) ve Çizelge 5.15’de verildiği gibi brüt ağırlık (parça ağırlığı * kutu içi miktarı + kutu ağırlığı) bilgileri

Çizelge 5.14. Kutu bilgileri

Paket Tipi	Uzunluk	Genişlik	Yükseklik	Ağırlık	Üst üste Konulabilirlik
ERK01-E	2080	1300	1050	230	2
ERKURT100-E	2150	1550	1000	193	2
ERKURT145-E	2150	1550	1450	205	2
FCS01-E	1180	800	850	14	3
FLC1210-E	1200	1000	1000	66	3
FSC1206-E	1200	1000	600	43	5
FT001-E	1200	1000	570	104	5
FT002-E	1050	850	930	93	3
FT003-E	2200	1200	1000	213	3
FT006-E	1530	850	930	107	3
FT066-E	1510	820	900	92,2	3
FTC01-E	870	560	650	52	4
GRM01-E	1860	1100	850	140	3
GVN01-E	2060	1000	1010	201	3
HME01-E	1600	850	950	115	2
HME02-E	960	800	650	24	2

Sistemdeki tedarikçilerin sevkiyat yapabilecekleri zaman aralıkları standart olarak tanımlıdır. Bazı tedarikçilerden günün her saatinde sevkiyat alınabilirken, bazı tedarikçilerden sadece mesai saatlerinde sevkiyat alınabilmektedir. Bazı tedarikçiler 4 saat sevkiyat yapabilecek imkânlarla sahip olmasına rağmen, malzemelerin genelde öğleden sonra hazır olması nedeniyle, belirli bir zaman aralığında sevkiyat yapabildikleri kabul edilmektedir. Buna dair bilgiler Çizelge 5.16’da verilmiştir. Bir tedarikçinin sevkiyat yapabileceği zaman aralığı, genel olarak belirli olmasına rağmen, çeşitli kontrol dışı sebepler nedeniyle, planlamanın yapılacağı gün için değişkenlik gösterebilir (Üretimde problem olması, tedarikçi yakınlarındaki yolların müsait olmaması vb.) Bu gibi değişkenlik gösteren durumlar, tedarikçiler tarafından onay sürecinde belirtilmektedir.

Çizelge 5.15. Parça paketleme bilgileri

Firma Kodu	Firma Adı	Parça No	Paket İçi Miktar	Parça Ağırlığı	Paket tipi	Paket_Boy	Paket_En	Paket_Yükseklik	Paket Ağırlığı
ATBLA	BOSCH FREN	YC15 2B118 BD	72	7,349	BFS01-E	1010	860	780	93
ATBLA	BOSCH FREN	YC15 2B119 BD	72	7,341	BFS01-E	1010	860	780	93
AS4UA	SESAN	YC1W 1126 ED	20	13	FT002-E	1050	850	930	93
AS6SA	TIRSAN KARDAN	2T14 3A238 AD	375	0,036	KLT4311-E	400	300	110	0,765
AS6SA	TIRSAN KARDAN	81VB 4851 AA	100	0,769	TS805560-E	800	550	600	30
AS7PA	VALEO	1C15 7563 HA	96	5,955	VLO01-E	1000	800	930	124
AS7PA	VALEO	1C1O 7550 AB	250	1,694	VLO01-E	1000	800	930	124
ASYEA	MAKO	976T 10346 AA	108	5,415	DS110095090-E	1100	950	900	124
ASYEA	MAKO	97CT 11000 BB	80	14,4	TS110100090-E	1100	1000	900	35
ASYEA	MAKO	JCT 11000 AA	30	14,4	TS100070055-E	1000	700	550	35
ATBGA	BELTAN	2950E 1187 B	60	0,003	KK352020-E	350	200	200	0,35
ATBGA	BELTAN	2C46 6D621 AA	70	0,093	KLT3212-E	300	200	120	0,52
ATBGA	BELTAN	826F 6571 DA	250	0,006	KK353030-E	350	300	300	0,5
ATBGA	BELTAN	E 854207 S	1500	0,001	KK302515-E	300	250	150	0,3
ATBLA	BOSCH FREN	YC15 2210 CH	70	5,776	BFS02-E	1220	1070	920	101
ATBLA	BOSCH FREN	YC15 2B118 BD	72	7,349	BFS01-E	1010	860	780	93
ATBLA	BOSCH FREN	YC15 2B118 BE	72	7,32	BFS01-E	1010	860	780	93
ATBLA	BOSCH FREN	YC15 2B119 BD	72	7,341	BFS01-E	1010	860	780	93
ATBLA	BOSCH FREN	YC15 2B119 BE	72	7,32	BFS01-E	1010	860	780	93
ATBXA	CEVHER DOKUM	88VT 7K400 R01	60	2,845	PK959580-E	950	950	800	15
ATBXA	CEVHER DOKUM	934F 6K010 R34	100	3,691	PK100100075-E	1000	1000	750	20
ATBXA	CEVHER DOKUM	966T 6059 R01	100	2,473	PK100100080-E	1000	1000	800	20
ATBXA	CEVHER DOKUM	RFYC1R 7K400 AD	80	2,582	PK12080100-E	1200	800	1000	25
ATDRA	ERKURT	2C46 6C735 AA	35	0,16	KLT6430-E	600	400	300	2,864
ATETA	HEMA ENDUSTRI	826F 6306 BBA	20	0,78	KK402020-E	400	200	200	0,35

Çizelge 5.16. Tedarikçi bilgileri

Firma Kodu	Firma Adı	P.tesi		Salı		Çar.		Perş.		Cuma		C.tesi		Pazar	
		OPENMFROM	OPENMOTO	OPENTUFROM	OPENTUTO	OPENWFROM	OPENWETO	OPENTHFROM	OPENTHTO	OPENFRFROM	OPENFRTO	OPENSAFROM	OPENSATO	OPENSUFROM	OPENSUTO
AS1MA	OLGUN CELIK	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00
AS4ZA	STANDARD PROFIL	00:00	23:59	00:00	23:59	00:00	23:59	00:00	23:59	00:00	23:59	00:00	23:59	00:00	23:59
ASYAA	KIPSAN	08:00	18:00	08:00	18:00	08:00	18:00	08:00	18:00	08:00	18:00	00:30	23:00	00:00	00:00
AS1NA	OMTAS-DOVME	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00
ASZAA	MARTUR	06:30	16:00	06:30	16:00	06:30	16:00	06:30	16:00	06:30	16:00	06:30	16:00	06:30	16:00
AS1PA	ONAYSAN	08:00	23:59	08:00	23:59	08:00	23:59	08:00	23:59	08:00	23:59	08:00	23:59	08:00	23:59
ASZHA	MUTLU AKU	08:00	17:30	08:00	17:30	08:00	17:30	08:00	17:30	08:00	17:30	08:00	17:30	08:00	17:00
ASZLA	NURSAN	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00
ATBBA	B PLAS	05:30	23:55	05:30	23:55	05:30	23:55	05:30	23:55	05:30	23:55	05:30	23:55	05:30	23:55
ATBCA	BANT BORU	08:30	18:30	08:30	18:30	08:30	18:30	08:30	18:30	08:30	18:30	08:30	19:00	08:30	19:00
AS6XA	TRAKYA CAM	00:01	23:59	00:01	23:59	00:01	23:59	00:01	23:59	00:01	23:59	00:01	23:59	00:01	23:59
AS3RA	ORVEN KAUCUK	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00
AS3VA	OZDEMIR KARDESLER	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00	05:30	23:00

Sevkiyat düzenlenmesi gereken tedarikçilerin fiziksel yerleşimleri, birbirlerine olan uzaklıkları belirlidir. Fiziksel yerleşimlerine bağlı olarak tedarikçiler 8 farklı ana bölgede gruplanabilir. Her ana bölge de aşağıda tanımlandığı şekliyle alt bölgelere ayrılmıştır.

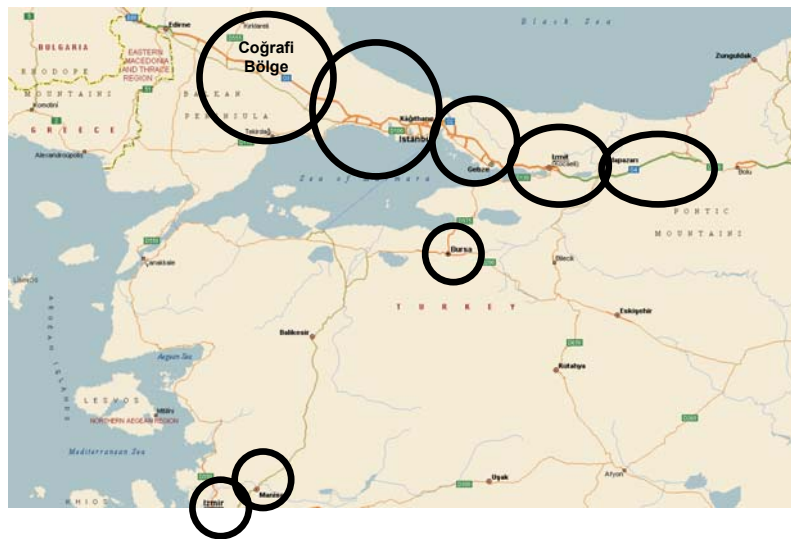
- Trakya
 - Lüleburgaz
 - Çerkezköy
- İstanbul Avrupa
 - Rami
 - Hadımköy
- İstanbul Asya
 - Gebze
 - Ümraniye
 - Şekerpınarı
 - Kartal
 - Tuzla
- İzmir - Manisa
 - Çiğli
 - Pınarbaşı
 - Atatürk Organize Sanayi
 - Akhisar

- Bursa
 - Demirtaş Organize Sanayi
 - Nilüfer Organize Sanayi
 - Çalı Organize Sanayi
- Bilecik
 - Osmaniye
 - Vezirhan
- Düzce
 - Çilimli
 - Konuralp

Genel prensip olarak her bir ana bölgedeki tedarikçiler, birbirleri ile gruplandırılmaya çalışılır. Ancak araç kapasitelerinin müsait olması durumunda,

- İstanbul Asya – Bilecik
- İstanbul Asya – Düzce
- Düzce – Bilecik
- Bursa – Bilecik
- İzmir – Manisa

bölgelerinde bulunan tedarikçiler, aynı rota içerisine dahil edilebilir. Yapı, Şekil 5.17’de de örneklenmiştir.



Şekil 5.17. İmalatçıların gruplandırılması

Tedarikçilerin bir diğer kısıtı da çevre yolların büyük araç ile sevkiyat düzenlenmesine elverişli olup olmadığıdır. Çizelge 5.17’de tedarikçi konum ve erişim yetenekleri verilmiştir.

Çizelge 5.17. İmalatçı konum ve lojistik yetenek bilgileri

GSDB	LOCATION	MASTER_REGION	PRICE_REGION	GEOGRAPHICAL_REGION	DISTANCE	VEHICLE_TYPE
AS1MA	OLGUN CELIK	2 nd REGION	MANISA	MANISA-OSB	850	TIR
AS1NA	OMTAS-DOVME	1 st REGION	ISTASYA	KOCAELI-Cayirova	500	TIR
AS1PA	ONAYSAN	1 st REGION	ISTASYA	IST-ASYA-Umraniye	600	TIR
AS3RA	ORVEN KAUCUK	2 nd REGION	BURSA	BURSA-Demirtas	280	TIR
AS3VA	OZDEMIR KARDESLER	1 st REGION	ISTASYA	IST-ASYA-Umraniye	600	TIR
AS3XA	OZGURSAN	1 st REGION	ISTASYA	IST-ASYA-Pendik	560	TIR
AS3YA	OZKURT OTOMOTIV	1 st REGION	ISTASYA	KOCAELI-Gebze	520	TIR
AS3ZA	OZLER PLASTIK-1	1 st REGION	ISTAVRUPA	IST-AVRUPA-Sefakoy	770	TIR
AS3ZB	OZLER PLASTIK-2	1 st REGION	ISTAVRUPA	IST-AVRUPA-Sefakoy	755	TIR
AS4CA	PEKERSAN KALIP	1 st REGION	ISTASYA	IST-ASYA-Umraniye	600	TIR
AS4DA	PETEK MAKINA	1 st REGION	ISTAVRUPA	IST-AVRUPA-Buyukcekmece	740	TIR
AS4EA	PIMS POLIURETAN	1 st REGION	ISTASYA	IST-ASYA-Umraniye	600	TIR
AS4FA	PLASCAM	1 st REGION	ISTASYA	KOCAELI-Gebze	520	TIR
AS4KA	PRESSAN	1 st REGION	ISTAVRUPA	IST-AVRUPA-Buyukcekmece	740	TIR
AS4LA	ROYAL CONTA	1 st REGION	ISTASYA	IST-ASYA-Umraniye	600	TIR
AS4MA	SABA - Tuzla	1 st REGION	ISTASYA	IST-ASYA-Tuzla	540	TIR
AS4NA	SAFAK MAKINA	1 st REGION	ISTASYA	IST-ASYA-Umraniye	600	TIR
AS4RA	SANEL İMALAT	1 st REGION	ISTASYA	IST-ASYA-Maltepe	600	TRUCK
AS4SA	SEGER	2 nd REGION	BURSA	BURSA-Demirtas	280	TIR
AS4TA	SEMBOL OTOMOTIV	1 st REGION	ISTASYA	IST-ASYA-Pendik	560	TIR
AS4UA	SESAN	1 st REGION	ISTASYA	IST-ASYA-Sekerpinari	540	TIR
AS4VA	SINAI İMALAT	1 st REGION	ISTASYA	IST-ASYA-Maltepe	600	TRUCK
AS4WA	SINTER METAL	1 st REGION	ISTASYA	IST-ASYA-Umraniye	600	TIR

Tedarikçilerin fiziksel yerleşimlerini değerlendirirken göz önünde bulundurulması gereken bir diğer noktada tedarikçiler arası geçişlerdir. A tedarikçisinden B tedarikçisine geçiş ile B tedarikçisinden A tedarikçisine geçiş, yol üzerindeki konumları, köprü / geçitlere bağlı olarak farklılık gösterebilir. Tedarikçilerin konumları Şekil 5.18’de görülmektedir.

Sevkiyatlarda kullanılmak üzere sabit bir araç parkı mevcuttur. Kullanılan araçlar büyük araçlar (TIRlar) ve küçük araçlar (TRUCKlar) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Büyük araç (TIR) ölçülerinde 1-2 cm’lik farklar olmasına rağmen tüm araç ölçüleri standart olarak kabul edilmektedir.

Benzer şekilde, bu tedarikçilerin sevkiyat frekansları yani hangi günlerde sevkiyat yaptıkları belirlidir. Bazı tedarikçilere hergün sevkiyat düzenlenebileceği gibi, bazı tedarikçilere iki ya da üç günde bir sevkiyat düzenlenebilir. Planlama yapılan her

tedarikçilerin vereceği toplam kutu miktarlarına göre araç sayısı ve araç turları belirlenmektedir.

Çizelge 5.18. Sevkiyat günleri

Firma Kodu	Bölge	İmalatçı	Faturalandırma Tipi	Faturalandırma Bölgesi	Sevkiyat Alınan Günler							
					Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar	
BPPUA	BILECIK-Osmaneli	REHAU	m3	BILECIK		1		1		1		
ATC5A	BILECIK-Vezirhan	DEMİSAS	kg	BILECIK	1	1	1	1	1	1		
EBQQA	BURSA-Cali	DOGRU DOKUM	kg	BURSA	1		1		1			
BSXJA	BURSA-Cali	KARAKOC	m3	BURSA	1		1		1			
BN5WA	BURSA-Demirtas	PROFIL SANAYI	kg	BURSA	1		1		1			
AS7MA	IST ASYA-Kartal	USTUN MAKINA	kg	ISTASYA		1		1			1	
AS7JA	IST ASYA-Kartal	UNSAI OTO	kg	ISTASYA	1	1	1	1	1	1		
ASYAA	IST ASYA-Kurtkoy	KIPSAN	kg	ISTASYA		1		1			1	
AS4NA	IST ASYA-Umraniye	SAFAK MAKINA	kg	ISTASYA	1		1		1			
AS4WA	IST ASYA-Umraniye	SINTER METAL	m3	ISTASYA		1		1			1	
AS5HA	IST ASYA-Umraniye	TEFAS	m3	ISTASYA		1		1			1	
AS5LA	IST ASYA-Umraniye	TEKİMSA	m3	ISTASYA		1		1			1	
AS6ZA	IST ASYA-Umraniye	TURKSA	m3	ISTASYA	1	1	1	1	1	1		

Çizelge 5.19. Sevkiyat alınacak kutular

Firma Kodu	Firma Adı	Parça No	Planlanan Parça Miktar	Paket Tipi	Planlanan Paket Tipi Miktarı
BPPUA	REHAU	81DB 2B423 BA	900	RH604040-E	3
BPPUA	REHAU	77HB 2B421 AA	1200	RH604040-E	2
ATC5A	DEMİSAŞ DÖKÜM	5C16 4K010 R01	1000	FTC01-E	5
ATEEA	GRAMMER	6C46 E60012 ABGR	36	GRM01-E	6
ATEEA	GRAMMER	6C46 E60016 AAGR	42	GRM01-E	7
ATDRA	ERKURT	3C46 E40398 ACLD	60	ERKURT100-E	1
ATDRA	ERKURT	3C46 E51917 BELD	20	ERKURT100-E	1
CFBKA	KIRPART	EDT 8575 AA	2	KK303030-E	0
CFBKA	KIRPART	6C16 8A586 AA	200	KLT6428-E	3
AS7PA	VALEO	6C16 7563 AA	70	FSC1206-E	1
AS7PA	VALEO	3C46 7550 AA	60	FT002-E	1
DYYA	AKP OTOMOTIV	4C46 2A443 AD	12	FT002-E	1
BPPQA	SAHINKUL	2C46 6675 AA	36	FLC1210-E	6
ASZAA	MARTUR	6C46 E314A52 AA	14	FT003-E	1
BWGNA	FICOSA-AYNA	3C46 17682 DC	45	FCS01-E	5

Örneğin A firmasından alınacak 2 adet FT002 kutu, araç içerisinde 0,8 metre bir yer kaplıyor olsun. B firmasından alınacak 4 adet FT002 kutu da, benzer şekilde araç içerisinde 0,8 metrelik bir yer kaplayacaktır. Ancak benzer kutuların üst üste

konulabilirlikleri değerlendirildiğinde (FT002 kutular, üst üste 3 sıra alınabilir) A ve B firmalarından alınacak toplam 6 adet FT002 tipi kutu, araç içerisinde 0,8 metrelik bir yer kaplar. Bu da 0.8 metrelik avantaj sağlanacağı anlamına gelmektedir.

Tüm bu yapı ve önerilen sistematik çözüm yaklaşımı, incelenen problemde geçmiş dönem verileri kullanılarak çözülmüş ve önceki sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Yapılan çözümler sonrasında elde edilen sefer sayıları, sefer başına taşınan toplam ve ortalama ağırlık ve hacimler, ortalama loadmeter değerleri aynı dönem için sezgisel olarak belirlenmiş çözümlerle karşılaştırmalı olarak Çizelge 5.20, Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.22’de verilmiştir.

Çizelge 5.20. Sefer sayıları

Araç Tipi	Eski Yöntem		Genel Toplam	TIR	TRUCK	Genel Toplam
	TIR	TRUCK				
gün 1	14	4	18	13	3	16
gün 2	16		16	11	2	13
gün 3	6	5	11	7	2	9
gün 4	3	2	5	2	2	4
gün 5	12	2	14	11	2	13
gün 6	10	2	12	8	3	11
gün 7	17		17	14	2	16
gün 8	13	2	15	12	4	16
gün 9	12	1	13	12	1	13
gün 10	7	1	8	7	3	10
gün 11	12	1	13	11	1	12
gün 12	13	4	17	13	3	16
gün 13	19		19	18	1	19
gün 14	11	2	13	11	4	15
gün 15	8	1	9	6	1	7
gün 16	6	3	9	7	1	8
gün 17	10		10	9	2	11
gün 18	17	2	19	17	3	20
gün 19	16	1	17	15	1	16
gün 20	18	3	21	18	2	20
gün 21	14	1	15	11	2	13
gün 22	11	3	14	12	1	13
gün 23	12	2	14	12	2	14
gün 24	14	3	17	15	2	17
gün 25	15		15	12	1	13
gün 26	17	4	21	15	3	18
gün 27	18	1	19	17		17
gün 28	9	3	12	9	2	11
gün 29	15		15	14		14
gün 30	15	2	17	13	2	15
gün 31	13	1	14	11	2	13
gün 32	11	3	14	11	3	14
gün 33	15	2	17	15	2	17
gün 34	13	3	16	13	2	15
gün 35	13	2	15	13		13
Genel Toplam	445	66	511	415	67	482
Ortalama	12,7	2,3	14,6	11,9	2,1	14,0

Çizelge 5.21. Sefer başına taşınan toplam ve ortalama ağırlık ve hacimler

Eski Yöntem								Önerilen Sistem															
gün	TIR		TRUCK		Genel Toplam Ağırlık	Genel Toplam Hacim		G1				G2											
	Toplam Ağırlık	Toplam Hacim	Toplam Ağırlık	Toplam Hacim				K1		K2		K1		K2									
								TIR	TRUCK	TIR	TRUCK	TIR	TRUCK	TIR	TRUCK								
Toplam Ağırlık	Toplam Hacim	Toplam Ağırlık	Toplam Hacim	Toplam Ağırlık	Toplam Hacim	Toplam Ağırlık	Toplam Hacim	Toplam Ağırlık	Toplam Hacim	Toplam Ağırlık	Toplam Hacim	Toplam Ağırlık	Toplam Hacim	Toplam Ağırlık	Toplam Hacim	Toplam Ağırlık	Toplam Hacim						
gün 1	226.393,6	635,4	6.468,4	37,4	232.862,0	672,8		225.846,0	628,6	7.016,0	44,2	225.092,1	636,5	7.769,8	36,3	227.257,2	636,0	5.604,7	37,8	225.979,5	642,1	6.882,5	30,7
gün 2	186.906,4	634,4			186.906,4	634,4		175.985,7	617,6	10.920,7	16,7	175.850,7	622,0	11.055,7	12,3	176.782,2	627,0	10.124,2	7,3	176.514,9	625,7	10.391,6	8,7
gün 3	123.693,6	341,2	7.451,4	43,7	131.145,0	385,0		120.696,8	339,4	10.448,1	45,6	124.707,7	354,3	6.437,3	30,6	120.800,2	340,9	10.344,8	44,0	125.138,4	360,2	6.006,6	24,8
gün 4	46.271,7	80,5	2.435,4	8,9	48.707,1	89,5		44.288,3	69,2	4.418,7	20,2	39.989,8	79,7	8.717,3	9,8	45.745,4	78,0	2.961,7	11,4	40.787,2	87,6	7.919,9	1,9
gün 5	161.596,9	637,6	2.938,1	23,6	164.535,0	661,2		160.834,6	638,1	3.700,4	23,1	163.032,8	647,5	1.502,2	13,7	162.425,8	644,2	2.109,3	17,0	163.319,1	652,5	1.215,9	8,7
gün 6	150.046,4	480,6	3.192,5	20,9	153.238,9	501,5		127.884,8	439,9	25.354,1	61,6	149.667,2	481,2	3.571,7	20,3	128.229,4	443,6	25.009,5	57,9	149.751,3	486,2	3.487,6	15,3
gün 7	257.100,5	726,1			257.100,5	726,1		247.772,2	703,2	9.328,3	22,9	238.280,1	697,8	18.820,4	28,3	248.859,9	703,8	8.240,5	22,2	238.858,6	700,3	18.241,9	25,8
gün 8	226.753,4	652,1	3.843,3	22,5	230.596,6	674,6		210.664,8	620,1	19.931,8	54,5	213.667,7	629,4	16.928,9	45,2	210.927,7	622,3	19.668,9	52,3	213.803,0	632,8	16.793,6	41,8
gün 9	182.446,5	679,7	1.771,3	13,3	184.217,8	693,0		176.784,0	674,9	7.433,8	18,1	179.143,3	686,8	5.074,4	6,1	178.360,4	678,4	5.857,3	14,6	179.399,4	688,5	4.818,4	4,5
gün 10	125.595,5	370,5	1.993,6	12,0	127.589,1	382,5		120.377,0	356,5	7.212,0	25,9	117.386,5	342,4	10.202,6	40,1	121.028,8	361,4	6.560,3	21,0	117.995,0	350,7	9.594,1	31,8
gün 11	214.259,9	509,7	2.080,2	10,0	216.340,1	519,7		209.910,5	510,8	6.429,8	8,9	206.685,2	507,0	9.654,8	12,8	210.511,5	518,7	5.828,6	1,0	207.563,4	514,1	8.776,7	5,6
gün 12	208.887,5	679,2	6.329,9	42,5	215.217,5	721,7		208.745,8	683,0	6.471,6	38,7	207.195,8	664,6	8.021,7	57,1	209.741,5	689,1	5.476,0	32,6	207.634,0	674,1	7.583,5	47,5
gün 13	320.131,8	869,5			320.131,8	869,5		318.358,3	866,2	1.773,5	3,3	320.131,8	869,5			318.617,7	862,5	1.514,2	7,0	318.481,1	867,5	1.650,8	2,0
gün 14	182.648,9	637,3	3.581,4	25,5	186.230,3	662,8		176.781,4	608,5	9.448,8	54,3	177.699,6	620,6	8.530,7	42,2	178.149,2	617,5	8.081,1	45,4	177.918,3	629,3	8.312,0	33,5
gün 15	109.799,4	309,2	1.546,5	8,8	111.345,9	318,0		104.395,9	288,0	6.949,9	30,1	105.692,8	297,9	5.653,1	20,1	105.661,5	297,6	5.684,3	20,5	105.862,5	307,4	5.483,4	10,6
gün 16	112.983,3	273,0	4.912,3	24,8	117.895,6	297,8		116.521,1	284,1	1.374,5	13,7	114.451,1	278,3	3.444,5	19,5	117.785,9	287,6	109,7	10,2	114.501,0	282,8	3.394,6	14,9
gün 17	161.877,1	515,6			161.877,1	515,6		148.619,8	493,5	13.257,3	22,1	133.596,8	475,2	28.280,3	40,4	150.228,0	493,5	11.649,1	22,1	134.129,1	484,2	27.748,0	31,5
gün 18	281.239,2	878,4	3.749,9	23,7	284.989,0	902,2		273.953,2	849,2	11.035,8	53,0	280.777,0	873,7	4.212,0	28,4	274.899,6	855,9	10.089,4	46,3	281.688,3	876,8	3.300,7	25,4
gün 19	269.377,3	772,1	1.995,4	11,5	271.372,7	783,7		269.742,7	775,0	1.630,0	8,7	270.322,0	772,0	1.050,7	11,7	271.372,7	780,0		3,7	270.593,7	774,1	779,0	9,6
gün 20	290.315,9	962,5	5.278,5	35,6	295.594,3	998,2		287.649,0	969,2	7.945,4	29,0	285.799,8	967,5	9.794,6	30,6	288.391,8	974,8	7.202,5	23,4	285.892,4	974,2	9.701,9	24,0
gün 21	197.686,2	638,8	1.661,2	10,8	199.347,4	649,6		180.969,7	611,3	18.377,8	38,3	189.239,0	640,0	10.108,4	9,6	181.855,8	612,6	17.491,6	37,0	190.126,4	642,8	9.221,1	6,8
gün 22	185.472,1	485,4	5.104,7	27,5	190.576,8	512,9		188.734,4	498,0	1.842,5	14,9	188.734,4	498,0	1.842,5	14,9	189.580,6	505,1	996,2	7,8	189.367,2	502,9	1.209,6	10,0
gün 23	189.199,4	695,0	3.440,0	25,7	192.639,4	720,7		182.601,8	675,9	10.037,6	44,8	190.736,0	695,9	1.903,4	24,8	183.447,5	680,6	9.191,9	40,1	191.246,3	700,0	1.393,2	20,7
gün 24	237.197,5	765,2	5.350,3	35,3	242.547,8	800,6		236.384,0	772,2	6.163,8	28,4	235.888,4	765,5	6.659,4	35,0	237.379,8	780,7	5.168,0	19,8	236.827,7	768,1	5.720,1	32,5
gün 25	211.034,5	664,1			211.034,5	664,1		206.308,0	659,5	4.726,5	4,6	197.619,4	651,6	13.415,2	12,5	206.495,5	663,2	4.539,0	0,9	198.131,8	652,7	12.902,7	11,4
gün 26	284.988,2	750,5	6.950,9	37,5	291.939,2	788,1		279.024,1	736,6	12.915,0	51,5	280.684,9	731,1	11.254,3	56,9	280.459,5	740,1	11.479,6	48,0	281.457,9	739,1	10.481,2	48,9
gün 27	285.000,3	862,1	1.887,4	11,5	286.887,8	873,6		286.887,8	873,6			281.499,0	844,5	5.388,8	29,1	286.887,8	873,6			282.160,1	853,8	4.727,6	19,8
gün 28	140.052,7	474,4	4.517,8	31,6	144.570,6	506,0		132.530,3	459,7	12.040,2	46,4	140.004,5	488,5	4.566,0	17,5	133.863,2	467,8	10.707,4	38,2	140.321,9	492,9	4.248,7	13,1
gün 29	216.508,2	783,7			216.508,2	783,7		216.508,2	783,7			216.508,2	783,7			216.508,2	783,7			216.508,2	783,7		
gün 30	241.201,3	635,6	3.600,0	19,3	244.801,3	654,8		237.411,7	618,8	7.389,7	36,1	225.284,2	579,6	19.517,1	75,3	238.337,3	621,9	6.464,0	32,9	225.426,1	586,0	19.375,2	68,8
gün 31	188.875,8	618,8	1.701,6	11,3	190.577,4	630,1		185.162,5	606,3	5.414,9	23,8	173.209,9	585,9	17.367,5	44,2	187.159,5	611,9	3.418,0	18,2	173.653,5	587,5	16.923,9	42,6
gün 32	167.004,3	585,9	4.596,4	33,2	171.600,7	619,1		165.737,2	585,3	5.863,6	33,8	166.520,2	587,2	5.080,6	31,9	167.011,8	592,5	4.588,9	26,6	167.189,2	592,0	4.411,5	27,1
gün 33	257.264,6	830,0	3.839,8	25,2	261.104,4	855,1		249.724,4	821,0	11.380,0	34,2	254.350,6	823,7	6.753,8	31,4	251.486,5	824,3	9.617,9	30,8	255.122,5	832,4	5.981,9	22,7
gün 34	225.578,9	665,0	5.413,9	32,7	230.992,8	697,7		212.472,4	654,6	18.520,4	43,1	224.729,6	674,8	6.263,3	22,8	212.811,6	664,2	18.181,3	33,4	225.128,9	676,3	5.863,9	21,4
gün 35	210.503,8	670,7	3.567,9	23,1	214.071,7	693,8		214.071,7	693,8			197.518,3	660,7	16.553,4	33,1	214.071,7	693,8			197.824,6	661,2	16.247,1	32,6
Genel Toplam	7.075.892,6	21.769,9	111.199,9	689,5	7.187.092,6	22.459,4		6.900.340,1	21.465,1	286.752,4	994,3	6.891.696,5	21.515,0	295.396,1	944,4	6.933.132,5	21.628,1	253.960,1	831,3	6.906.302,4	21.682,4	280.790,2	777,0
Ortalama	202.168,4	622,0	3.834,5	23,8	205.345,5	641,7		197.152,6	613,3	8.961,0	31,1	196.905,6	614,7	8.951,4	28,6	198.089,5	617,9	8.192,3	26,0	197.322,9	619,5	8.258,5	22,9

Çizelge 5.22. Ortalama loadmeter değerleri

	Eski Yöntem		Önerilen Sistem							
	TIR	TRUCK	G1				G2			
			K1		K2		K1		K2	
			TIR	TRUCK	TIR	TRUCK	TIR	TRUCK	TIR	TRUCK
LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM	
gün 1	22,7	5,0	23,9	8,9	24,6	6,5	24,1	8,0	24,7	6,1
gün 2	13,7		25,0	4,2	25,3	7,5	25,2	3,2	25,4	3,5
gün 3	14,8	1,9	21,9	12,2	23,0	7,2	21,9	12,1	23,3	6,0
gün 4	16,6	4,4	19,8	4,4	19,6	2,1	19,7	3,6	22,8	0,9
gün 5	22,3	7,2	28,5	7,2	26,0	3,0	27,9	5,3	24,1	2,6
gün 6	18,8	23,4	24,7	10,4	21,9	12,1	24,8	10,2	27,7	3,0
gün 7	16,6		21,8	6,0	22,2	5,1	22,0	4,5	22,3	4,3
gün 8	22,3	28,3	23,4	7,1	23,5	7,2	23,6	6,6	23,6	6,8
gün 9	27,1	11,4	31,6	11,4	33,3	4,1	30,8	9,1	31,4	2,2
gün 10	27,8	43,1	30,5	4,8	31,3	6,4	33,7	4,3	29,9	5,1
gün 11	20,0	4,6	24,9	4,6	23,9	4,8	24,1	1,9	21,3	1,1
gün 12	26,0	4,3	33,7	7,6	28,9	10,0	29,9	6,8	31,2	9,0
gün 13	20,6		21,2	4,5	21,6		21,4	1,7	21,6	
gün 14	24,7	27,6	29,0	6,9	25,1	6,0	28,0	6,9	25,3	5,5
gün 15	18,1	11,1	20,2	11,1	20,2	10,9	20,2	11,1	20,7	8,1
gün 16	22,0	0,9	24,8	7,7	26,5	6,8	27,9	7,0	26,8	10,5
gün 17	21,9		28,4	8,1	23,2	7,7	23,7	6,4	23,6	6,3
gün 18	24,3	18,1	32,6	8,0	33,2	5,2	29,6	7,9	29,3	4,7
gün 19	22,4	3,7	27,4	3,7	28,1	4,6	29,4	3,7	26,2	4,0
gün 20	24,6	2,7	26,9	6,1	27,7	6,5	25,1	4,5	27,8	5,9
gün 21	16,8	32,4	23,7	8,1	23,0	4,0	23,9	7,5	25,3	0,7
gün 22	27,9	0,9	30,2	8,3	29,3	8,3	31,3	6,4	33,4	7,6
gün 23	20,8	10,1	23,3	10,1	29,1	4,9	23,6	8,2	24,2	4,6
gün 24	28,4	3,2	22,9	7,2	23,8	11,2	23,0	6,5	22,5	9,3
gün 25	18,8		23,1	2,9	22,6	4,3	23,2	1,2	22,7	2,9
gün 26	18,7	4,2	21,8	7,5	20,8	11,9	21,9	7,0	22,4	6,9
gün 27	21,0	0,0	27,7		25,7	6,6	29,9		28,4	6,4
gün 28	25,9	5,0	27,6	11,3	27,9	9,6	28,9	9,7	27,6	3,4
gün 29	22,8		23,8		23,8		24,0		24,0	
gün 30	18,3	8,0	21,6	8,0	22,4	10,0	21,9	6,6	20,9	13,6
gün 31	22,8	32,6	24,4	8,1	24,4	10,0	24,4	8,1	24,7	8,0
gün 32	19,3	5,3	23,6	5,3	23,9	8,9	23,8	4,4	24,2	4,8
gün 33	20,5	7,7	24,5	7,7	24,5	11,1	24,7	6,4	24,7	4,2
gün 34	24,9	4,5	27,6	10,2	31,4	11,3	32,7	9,2	33,3	4,5
gün 35	22,0	0,0	29,7		32,4	13,4	32,8		28,6	13,1
Ortalama	21,6	10,7	25,6	7,5	25,6	7,6	25,8	6,4	25,6	5,6

Elde edilen çözüm değerlerine ait ortalama değerler Çizelge 5.23'de sunulmuştur. Büyük araçlar ile yapılan sevkiyatlarda araçların, ağırlıksal doluluklarında ortalama %6, hacimsel doluluklarında ise ortalama %7'lik bir iyileşme gözlenmiştir.

Çizelge 5.23. Özet tablo

	Eski		Önerilen Yaklaşım		iyileşme	
	TIR	TRUCK	TIR	TRUCK	TIR	TRUCK
Araç Doluluğu - ağırlık (kg.)	15551,4	1588,6	16429,4	4480,5	6%	182%
Araç Doluluğu - hacim (m3)	47,8	9,9	51,1	15,5	7%	58%
Araç Doluluğu - loadmeter (m.)	21,6	10,7	25,6	5,6	19%	-48%
Ortalama Sefer Sayısı (adet)	12,7	2,3	11,9	2,1	6%	9%
Sefer başına ortalama mesafe (km.)	615	648	584	657	5%	-1%

Açıkça görüldüğü gibi geliştirilen Karar Destek Sistemi ile sistemde şu anda kullanılmakta olan yöntemle göre daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. Büyük araçlarda eskiden ortalama 15 ton civarında olan yüklemeler, 16 tonlara çıkmış, büyük araçların kullanım etkinliği artmıştır. Günlük 1 büyük araca karşı gelecek bir fayda ortaya konmuştur. Çalışmanın bir diğer önemli katkısı, ortalama 120 dakikada gerçekleştirilen bütün bu planlamanın önerilen yaklaşımla artık 2 dakikanın altında bir sürede belirleniyor olmasıdır. Bu çok büyük bir zaman kazancıdır.

Ayrıca önerilen yaklaşım, her türlü değişiklik ve beklenmedik durumda yeni çözümleri hızla türetecek ve senaryolar türeterek alternatifleri sıralayabilecek kapasitededir. Bu da karar verme etkinliğini arttıracak en önemli kazançtır.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelen lojistik için 3PL hizmeti veren bir lojistik firmasında araç turlarının belirlenmesi problemi, tek başına araç turu belirleme veya araç yükleme gibi tek bir problem olarak düşünülmemelidir. Çünkü iç içe geçmiş ve birbirini etkileyen bir dizi problem vardır. Örneğin, benzer kutuların bir araca yüklenmesini sağlayacak şekilde müşterilerin gruplanması, araç içi yüklemenin ve yük dağılımının nasıl olacağına belirlenmesi ve sonuçta araç turlarını belirlerken daha önce belirlenmiş olan zaman aralıklarına uygun çözüm bulunması da gerekir. Bu çalışmada, sözü edilen problemleri sıralı olarak ele alan ve senaryoların üretilebilmesine olanak tanıyan bir karar destek sistemi önerilmiştir.

Önerilen yaklaşımın en önemli katkısı, literatürden anlaşıldığı kadarıyla, bu alanda problemi bu şekilde sıralı olarak ve bu kapsamda inceleyen başka bir yaklaşımın olmamasıdır. Literatürde genellikle problemlerin tek başına incelendiği, birlikte ele alınan bazı sınırlı sayıdaki çalışmada ise önemli varsayımların yapılmış olduğu görülmektedir. Bu çalışmadaysa gerçek hayatta karşılaşılabilecek bütün özel durumlar probleme dâhil edilmeye çalışılmış ve hepsi birlikte ele alınmıştır. Ayrıca oldukça esnek yapılı bir karar destek sistemi tasarlanmış ve kurulmuştur. Sistemde müşteriler, ürünler, yollar, kutu tipleri ve araçların özellikleri parametrik olarak tanımlanmış ve bu parametrelerdeki değişikliklerin çözüme nasıl yansıtılacağını inceleyecek bir yapı geliştirilmiştir. Bunun yanı sıra çözümün her aşamasında kullanılacak ikişer tane farklı algoritma kullanıcının seçebileceği şekilde sisteme konmuştur. Böylece önerilen sistemle senaryolar üretilebilmekte, sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenebilmektedir. Dahası, eğer istenirse tanımlanan alt problemleri çözmekte başarılı olacağına inanılan ve/veya en iyi çözümleri bulan başka algoritmaların da kolaylıkla kodlanıp sisteme dâhil edilebileceği bir yapı oluşturulmuştur.

Çalışmanın diğer önemli katkısı, tedarikçilerin gruplanması için paket tipleri / sevkiyat benzerliği yaklaşımını ve araç yük dağılımının dikkate alan loadmeter algoritmasının geliştirilmiş olmasıdır. Bu algoritmayla ağır olan kutularla hafif olanlar;

ağır olan kutularla hacimli olanlar bir araya getirilecek şekilde düzenlenme yapılmaktadır. Böylece araç içi yük dağılımına dikkat edilmekte seyir güvenliği arttırılmaktadır. Ayrıca esnek üretim sistemlerinde kullanılan köşegenleştirme mantığı ilk kez bir lojistik probleminde kullanılarak, kutuların üst üste konulabilirliği açısından avantajlı planlar türetilbileceği gösterilmiştir. Bunların yanı sıra araçların girebilecekleri ve giremeyecekleri yollara göre tura atanması, farklı kapasitelerdeki araçların kullanımı, tedarikçilere belli zaman aralıklarında uğrama, ürünlerin belli bir saate kadar ana üreticiye getirilmiş olması gibi gerçek hayatta daima dikkat edilmesi gereken hususlar da sisteme dâhil edilerek çözümde kullanılmıştır. Bunun bir adım ötesinde, araç yük dağılımını araç dingillerine denk gelecek yeni ve/veya farklı yapılar da geliştirilerek, mevcut sistem içinde kullanılabilir.

Gerçekleştirilen yaklaşım ile problem 3 aşamada çözülmüştür. Bunlar kısaca tedarikçilerin gruplanması ve köşegenleştirme, kutuların araçlara yüklenmesi ve araç turlarının belirlenmesidir. Problemin 3 aşamada tanımlanmış olması, her aşama için yeni ve daha iyi algoritmaların geliştirilmesine de olanak tanımaktadır. Bu çalışmayla daha önce literatürde tanımlanmamış olan Önce Grupla (Cluster First), Takiben Yükle (Load Second) ve Sonrasında Tur Belirle (Route Third) metodolojisi geliştirilmiştir. Tasarlanan yapı, gelişmeye de açıktır. Özellikle model tabanındaki algoritmaların değiştirilerek sistemin farklı algoritmalarla çalışması sağlanabilir (Farklı gruplama, köşegenleştirme, araç yükleme ve tur belirleme algoritmaları gibi). Önerilen yaklaşımın özellikle kullanılan araç sayısı açısından iyi sonuçlar verdiği literatürde var olan test problemleri üzerinde gösterilmiştir.

Geliştirilen KDS ile her gün ortalama olarak 150 tedarikçiden, 120 çeşit kutu, toplamda 3500 adet ürünün, 15 araçla nasıl toplanması gerektiği problemini çözmeye çalışan bir 3PL firması için, problemin 2 dakikadan daha az bir sürede çözülebildiği gösterilmiştir. Bu sistemle alternatiflerin türetilerek farklı senaryoların gözlenmesi ve nihai kararın verilebilmesi için kullanıcının tercihlerine bağlı olarak en çok 15 dakikanın yeterli olacağı görülmektedir. Zaman açısından sağlanan katkı, veri ve bilgilerin izlenebilirliğinin sağlanması, özellikle kayıtlarda ve dokümantasyonda sağlanacak doğruluk KDS'nin sağladığı yararlarıdır.

Geliştirilen karar destek sistemi, sadece gelen lojistik için değil küçük düzeltmelerle aynı zamanda giden lojistik için de kullanılabilir esnek bir yapıya sahiptir. Bu nedenle sadece örnek olarak ele alınan problem için değil 3PL hizmeti veren bütün lojistik firmaları için kullanılabilir yapıdadır.

Geliştirilen karar destek sistemi, aynı zamanda, yükleme kuralları ve/veya yükleme/boşaltma sırası ile ilgili yapılabilecek yeni düzenlemelerle, yan sanayiden ana sanayiye doğru sıralı ürün akışına imkan verecek yeni bir yapı sunabilecek esnekliktedir.

Öte yandan elde edilen çözümün en iyi çözüm olmadığı açıktır. Ancak bu kadar karmaşık ve iç içe geçmiş alt problemlerden oluşan bir problem için en iyi çözümü bulmanın hiç kolay olmayacağı açıktır. Ayrıca problem her gün yaşanmakta ve hızlı çözümlerin bulunmasını gerektirmektedir. İncelenen bütün alt problemlerin NP-zor olması nedeniyle bir matematiksel modelin kurularak en iyi çözümünün bulunmasının beklenemeyeceği, en azından bunun hiç gerçekçi olmayacağı ortadadır. Ancak probleme, genetik algoritma, karınca kolonisi, yasaklı arama ve tavlama benzetimi vb. metasezgisellerle çözüm bulunabileceği düşünülebilir. Literatürdeki çalışmalara bakılarak özellikle genetik algoritmanın diğerlerine göre iyi çözümler bulmakta daha fazla şansı var gibi görünmektedir. Bunun yerine önerilen 3 aşamalı bir metodoloji izlenerek gruplama, araç yükleme ve tur belirleme işleri için ayrı ayrı genetik algoritma yaklaşımları geliştirerek sistemde kullanılmaları önerilebilir.

Çalışmada önerilen loadmeter algoritmasının biraz daha geliştirilmesi ve özellikle ağırlık ve hacim açılarından kutuların önceden sınıflandırılarak işleme alınması şeklinde yeni bir yapılanma düşünülebilir. Özellikle küçük hacimli ama çok ağır veya çok hacimli ama hafif olan kutuların araç içi yüklemede bu özelliklerini dikkate alacak eklentilerin yapılması önerilen yaklaşımın performansını arttıracaktır. Benzer şekilde araçların ana firmaya geri dönerken yolu üstündeki başka tedarikçilere uğrayarak hala boş kalan kapasiteleri için fazladan kutu getirmelerinin sağlanması önerilen yaklaşımın performansını arttıracaktır.

Bunun dışında nerilen KDS'ye yeni modüller eklenerek, seferlere sürücü ve araç atanması problemi üzülebilir. KDS'nin grafik özellikleri geliştirilerek araç yk planlarının görsel olarak sunulması ve bazı istatistiksel sonuçları türetmesi mümkün olabilir. Son olarak RFID ve GPS/GPRS teknolojilerini de kullanarak anlık zmler sunabilen bir yapının ortaya konması önerilebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Askin R.G., 1993, Modeling and Analysis of Manufacturing Systems, Chapter 6: Group Technology, Wiley, 163-203.
- Baker B.M., Carreto C.A.C., 2003, A visual interactive approach to vehicle routing, Computers and Operations Research, 30, 321-337.
- Ballou R. H., 2003, Business Logistics/Supply Chain Management, Prentice Hall, U.S.A.
- Berkhin P., 2002, Survey of Clustering Data Mining Techniques, San Jose California, USA,
- Bilgin T. and Çamurcu Y., 2003, A Data Mining Application on Air temperature Database, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag.
- Bilgin T., 2003, Veri Madenciliginde Kümeleme Analizi Yöntemi Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar ve Kontrol Eğitimi.
- Boutsinas B. and Gnardellis T., 2002, On Distributing the Clustering Process, Pattern Recognition Letters 23, 999-1008.
- Braysy O., Gendreau M., 2005 a, Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part I: Route Construction and Local Search Algorithms, Transportation Science, Vol. 39, No. 1, 104-118.
- Braysy O., Gendreau M., 2005 b, Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part II: Metaheuristics, Transportation Science, Vol. 39, No. 1, 119-139.
- Christopher M., 1998, Logistics and Supply Chain Management, Prentice Hall, U.S.A.
- Coffman E.G., Garey M.R., Johnson D.S., 1996, Approximation Algorithms for Bin Packing: A Survey, PWS, 46-93

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Çancı M., Erdal M., 2003, Lojistik Yönetimi – Freight Forwarder El Kitabı, UTİKAD.
- Dereli T., Baykasoğlu A., Daş G.S., Göçken T., 2004, Üç Boyutlu Paketleme Problemlerine Analitik Yaklaşımlar, YA/EM'2004 - Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi, 15-18 Haziran 2004, Gaziantep - Adana
- Doerner K.F., Fuellerer G., Hartl R.F., Gronalt M., Iori M., 2007, Metaheuristics for the Vehicle Routing Problem with Loading Constraints, *Networks*, 49, 4, 294-307.
- Dowsland K.A., Dowsland W.B., 1992, Packing Problems, *European Journal of Operational Research*, 56, 2-14.
- Eberhard E., Bischoff A., Davies P., 1999, Weight distribution considerations in container loading, *European Journal of Operational Research*, 114, 509-527.
- Eom S.B., Lee S.M., Kim E.B., Somarajan C., 1998, A survey of decision support system applications (1988-1994), *Journal of the Operational Research Society*, 49, 109-120.
- Eom S., Kim E., 2006, A survey of decision support system applications (1995-2001), *Journal of the Operational Research Society*, 57, 1264-1278.
- Eom S.B., 2001, Decision Support Systems, *International Encyclopedia of Business and Management*, 2nd Edition, Edited by Malcolm Warner, International Thomson Business Publishing Co., London, England, 2001.
- Gayialis S.P., Tatsiopoulos I.P., 2004, Design of an IT-driven decision support system for vehicle routing and scheduling, *European Journal of Operational Research*, 152, 382-398.
- Gendreau M., Iori M., Laporte G., Martello S., 2006, A Tabu Search Heuristic Algorithm for a Routing and a Container Loading Problem, *Transportation Science*, 40, 3, 342-350.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Ghiani G., Guerriero F., Laporte G., Musmanno R., 2004, Introduction To Logistics Systems Planning And Control, Wiley.
- Guha S., Rastogi R. and Shim K., 2002, CURE: An Efficient Clustering Algorithm for Large Databases, Information Systems 26, 1, 35-58.
- Halkidi M., Batistakis Y. and Vazirgiannis M., 2001, On Clustering Validation Techniques, Kluwer Academic Publishers.
- Han J. and Kamber M., 2001, Data Mining Concepts and Techniques, Morgan Kauffmann Publishers Inc.
- Jain A. K., Dubes R. C., 1988, Algorithms for Clustering Data, Englewood Cliffs, New Jersey, 07632, Prentice Hall.
- Johnson R.A., Wichern D.W., 1998, Applied Multivariate Statistical Analysis, Prentice Hall
- Karypis G., Han E. H. and Kumar V., 1999, CHAMELEON: A Hierarchical Clustering Algorithm Using Dynamic Modeling, IEEE Computer 32, 8, 68-75.
- Keanen P.B., 1998, Spatial decision support systems for vehicle routing, Decision Support Systems, 22, 65-71
- Lambert, Douglas M., Stock, James R., Ellram, Lisa M., 1998, Fundamentals of Logistics Management, Mc-Graw Hill, U.S.A.
- Lodi A., Martello S., Vigo D., 2002, Heuristic algorithms for the three-dimensional bin packing problem, European Journal of Operational Research, 141, 410-420.
- Martello S., Pisinger D., Vigo D., 2000, The three-dimensional bin packing problem, Operations Research, 48, 256-267
- Mercer D. P., 2003, Clustering Large Datasets,
<http://www.stats.ox.ac.uk/~mercero/documents/transfer.pdf> (Son erişim Ocak.2008)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Meyer M., Gehring H., Menschner K., 1990, A computer based heuristic for packing pooled shipment containers, *European Journal of Operational Research*, 44, 277-288.
- Özkazanç Ü.A., 1999, Atelye Tipi Üretim Ortamında İşlerin Çizelgelenmesi için Yapay Sinirsel Ağ Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Öztürk G., Öztürk K.Z. and İşlier A.A., 2006, A Comparison of Competitive Neural Network with Other AI Techniques in Manufacturing Cell Formation, *Advances in Natural Computation, Second International Conference, ICNC 2006, Proceedings Part I. Lecture Notes in Computer Science 4221*, 575-583
- Palekar U., Conklin D., 2004, Joint Load Building and Vehicle Routing Problem, *Proceedings of International Material Handling Colloquim (IMHRC)*, 375-392.
- Papadimitriou C.H., 1982, *Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity*, Prentice Hall
- Pisinger D., 2002, Heuristics for the container loading problem, *European Journal of Operational Research*, 141, 382-392.
- Pisinger D., 2005, VRP combined with Packing Constraints, lecture notes, www.diku.dk/undervisning/2005e/426/vrppack4.pdf (Son erişim Ocak.2008)
- Ruiz R., Maroto C., Alcaraz J., 2004, A decision support system for a real vehicle routing problem, *European Journal of Operational Research*, 153, 593-606
- Saraç T., Özçelik F., 2006, Alternatif Rotaların Varlığında Üretim Hücrelerinin Genetik Algoritma Kullanılarak Oluşturulması, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, Cilt: 17, Sayı: 4, 22-36
- Simchi-Levi D., Kaminsky P., Simchi-Levi E., 2003, *Designing and Managing the Supply Chain*, McGraw-Hill.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Sipahioğlu A., 1996, Gezin Satıcı ve Araç Turu Belirleme Problemleri İçin Yeni Alt Tur Engelleme Kısıtları, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Slater A., 2002, Specification for a dynamic vehicle routing and scheduling system, International Journal of Transport Management, 1, 29-40
- Stadtler H., Kilger C., 2000, Supply Chain Management and Advanced Planning, Springer Verlag.
- Tan K.C., Lee L.H., Ou K., 2001, Artificial Intelligence Heuristics in Solving Vehicle Routing Problems with Time Window Constraints, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 14, 825-837.
- Toth P., Vigo D., 2001, The Vehicle Routing Problem, SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications, U.S.A.
- Turban E., 1995, Decision support and expert systems, Prentice Hall.
- Xiong H., Steinbach M., Tan P.-N. and Kumar V., 2004, HICAP: Hierarchical Clustering with Pattern Preservation, In Proc. of the Fourth SIAM International Conf. on Data Mining (SDM'04), Florida, USA.
- Zaman M.S.U., Chen Y., Miyagi H., 2002, GIS Oriented Platform For Solving Real World Logistic Vehicle Routing Problem, Proceedings of Open Source Free GIS – GRASS Users Conference – Italy.
- Zhao Y. and Karypis G., 2002, Clustering in Life Sciences., Technical Report, Department of Computer Science and Engineering University of Minnesota, TR 02-016.

EKLER

- Ek.1. “a” stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları
- Ek.2. “b” stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları
- Ek.3. “c” stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları
- Ek.4. “d” stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları
- Ek.5. “e” stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları
- Ek.6. “f” stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları
- Ek.7. “g” stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları
- Ek.8. “h” stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları

Ek.1. "a" stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları

		durak sayısı [merkez hariç]	kutu sayısı	araç sayısı	Gendreau - 2006			Önerilen Yaklaşım				
1	E016-03m	15	32	5	297,65	4	32,13	287,67	6	24,71	1	a
2	E016-05m	15	26	5	334,96	5	19,93	321,17	6	17,9	2	a
3	E021-04m	20	37	5	362,27	4	33,61	352,09	5	30,1	3	a
4	E021-06m	20	36	6	430,88	6	22,11	436,87	6	23,01	4	a
5	E022-04g	21	45	7	395,64	6	29,35	427,51	6	30,15	5	a
6	E022-06m	21	40	6	495,85	6	22,34	478,32	7	20,14	6	a
7	E023-03g	22	46	6	742,23	5	34,34	764,83	4	38,17	7	a
8	E023-05s	22	43	8	735,14	6	28,30	789,45	5	32,17	8	a
9	E026-08m	25	50	8	630,13	8	27,11	654,23	8	28,34	9	a
10	E030-03g	29	62	10	717,9	8	30,15	756,82	7	33,74	10	a
11	E030-04s	29	58	9	718,24	7	33,22	773,45	6	36,67	11	a
12	E031-09h	30	63	9	614,6	9	26,45	617,83	10	21,7	12	a
13	E033-03n	32	61	9	2316,56	7	32,22	2434,12	6	33,91	13	a
14	E033-04g	32	72	11	1276,6	8	33,99	1421,23	7	26,72	14	a
15	E033-05s	32	68	10	1196,55	7	37,27	1204,56	7	36,46	15	a
16	E036-11h	35	63	11	698,61	11	20,33	678,90	12	19,72	16	a
17	E041-14h	40	79	14	906,42	14	20,43	857,89	16	19,47	17	a
18	E045-04f	44	94	14	1124,33	11	32,32	1198,40	10	34,31	18	a
19	E051-05e	50	99	13	680,29	11	33,27	701,59	10	38,98	19	a
20	E072-04f	71	147	20	529	17	34,23	648,67	16	40,56	20	a
21	E076-07s	75	155	18	1004,4	17	32,29	1098,34	16	34,67	21	a
22	E076-08s	75	146	19	1068,96	18	32,83	1211,78	17	39,48	22	a
23	E076-10e	75	150	18	1012,51	17	33,25	1048,37	17	33,48	23	a
24	E076-14s	75	143	18	1063,61	16	32,87	1032,70	17	30,41	24	a
25	E101-08e	100	193	24	1371,32	20	35,72	1479,36	19	42,7	25	a
26	E101-10c	100	199	28	1557,12	24	33,72	1701,20	23	38,3	26	a
27	E101-14s	100	198	25	1378,52	23	34,35	1516,80	22	37,34	27	a

Ek.2. "b" stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları

		durak sayısı [merkez hariç]	kutu sayısı	araç sayısı							
1	E016-03m	15	32	5	Gendreau - 2006			Önerilen Yaklaşım			
2	E016-05m	15	26	5	297,65	4	32,13	307,37	6	23,48	1 b
3	E021-04m	20	37	5	334,96	5	19,93	328,92	6	18,23	2 b
4	E021-06m	20	36	6	362,27	4	33,61	354,48	5	30,17	3 b
5	E022-04g	21	45	7	430,88	6	22,11	465,18	6	22,43	4 b
6	E022-06m	21	40	6	395,64	6	29,35	448,72	5	34,98	5 b
7	E023-03g	22	46	6	495,85	6	22,34	501,27	7	20,32	6 b
8	E023-05s	22	43	8	742,23	5	34,34	790,54	4	38,86	7 b
9	E026-08m	25	50	8	735,14	6	28,30	821,32	4	36,78	8 b
10	E030-03g	29	62	10	630,13	8	27,11	673,18	8	28,59	9 b
11	E030-04s	29	58	9	717,9	8	30,15	843,28	6	38,34	10 b
12	E031-09h	30	63	9	718,24	7	33,22	823,87	5	39,42	11 b
13	E033-03n	32	61	9	614,6	9	26,45	556,48	11	18,23	12 b
14	E033-04g	32	72	11	2316,56	7	32,22	2634,27	5	38,77	13 b
15	E033-05s	32	68	10	1276,6	8	33,99	1503,47	6	28,34	14 b
16	E036-11h	35	63	11	1196,55	7	37,27	1376,45	6	41,23	15 b
17	E041-14h	40	79	14	698,61	11	20,33	714,28	11	20,39	16 b
18	E045-04f	44	94	14	906,42	14	20,43	872,29	16	18,84	17 b
19	E051-05e	50	99	13	1124,33	11	32,32	1304,28	9	38,23	18 b
20	E072-04f	71	147	20	680,29	11	33,27	778,49	9	41,44	19 b
21	E076-07s	75	155	18	529	17	34,23	712,43	15	44,23	20 b
22	E076-08s	75	146	19	1004,4	17	32,29	1245,65	15	41,34	21 b
23	E076-10e	75	150	18	1068,96	18	32,83	1535,31	16	42,56	22 b
24	E076-14s	75	143	18	1012,51	17	33,25	1267,73	16	38,56	23 b
25	E101-08e	100	193	24	1063,61	16	32,87	1204,42	16	36,72	24 b
26	E101-10c	100	199	28	1371,32	20	35,72	1763,74	18	48,22	25 b
27	E101-14s	100	198	25	1557,12	24	33,72	1867,92	22	44,72	26 b
					1378,52	23	34,35	1817,42	21	42,91	27 b

Ek.3. "c" stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları

		durak sayısı [merkez hariç]	kutu sayısı	araç sayısı	Gendreau - 2006			Önerilen Yaklaşım				
1	E016-03m	15	32	5	297,65	4	32,13	289,32	6	23,97	1	c
2	E016-05m	15	26	5	334,96	5	19,93	348,43	6	17,87	2	c
3	E021-04m	20	37	5	362,27	4	33,61	348,54	5	31,22	3	c
4	E021-06m	20	36	6	430,88	6	22,11	439,78	6	23,01	4	c
5	E022-04g	21	45	7	395,64	6	29,35	437,37	6	30,48	5	c
6	E022-06m	21	40	6	495,85	6	22,34	474,45	7	20,1	6	c
7	E023-03g	22	46	6	742,23	5	34,34	769,81	4	37,34	7	c
8	E023-05s	22	43	8	735,14	6	28,30	783,42	5	32,17	8	c
9	E026-08m	25	50	8	630,13	8	27,11	684,31	9	24,48	9	c
10	E030-03g	29	62	10	717,9	8	30,15	752,94	7	33,74	10	c
11	E030-04s	29	58	9	718,24	7	33,22	779,18	6	36,67	11	c
12	E031-09h	30	63	9	614,6	9	26,45	612,49	10	20,78	12	c
13	E033-03n	32	61	9	2316,56	7	32,22	2428,58	6	34,78	13	c
14	E033-04g	32	72	11	1276,6	8	33,99	1412,19	7	25,88	14	c
15	E033-05s	32	68	10	1196,55	7	37,27	1217,51	7	35,29	15	c
16	E036-11h	35	63	11	698,61	11	20,33	685,23	12	19,78	16	c
17	E041-14h	40	79	14	906,42	14	20,43	864,34	16	19,13	17	c
18	E045-04f	44	94	14	1124,33	11	32,32	1213,61	10	34,28	18	c
19	E051-05e	50	99	13	680,29	11	33,27	712,41	10	39,43	19	c
20	E072-04f	71	147	20	529	17	34,23	641,48	16	39,34	20	c
21	E076-07s	75	155	18	1004,4	17	32,29	1143,88	16	34,67	21	c
22	E076-08s	75	146	19	1068,96	18	32,83	1325,39	17	39,48	22	c
23	E076-10e	75	150	18	1012,51	17	33,25	1059,49	17	33,48	23	c
24	E076-14s	75	143	18	1063,61	16	32,87	1047,37	17	31,55	24	c
25	E101-08e	100	193	24	1371,32	20	35,72	1488,56	19	42,7	25	c
26	E101-10c	100	199	28	1557,12	24	33,72	1689,68	23	38,3	26	c
27	E101-14s	100	198	25	1378,52	23	34,35	1529,14	23	33,31	27	c

Ek.4. “d” stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları

		durak sayısı [merkez hariç]	kutu sayısı	araç sayısı							
					Gendreau - 2006			Önerilen Yaklaşım			
1	E016-03m	15	32	5	297,65	4	32,13	307,37	6	23,48	1 d
2	E016-05m	15	26	5	334,96	5	19,93	339,42	6	17,89	2 d
3	E021-04m	20	37	5	362,27	4	33,61	364,48	5	30,1	3 d
4	E021-06m	20	36	6	430,88	6	22,11	478,29	6	22,43	4 d
5	E022-04g	21	45	7	395,64	6	29,35	451,43	5	33,87	5 d
6	E022-06m	21	40	6	495,85	6	22,34	521,87	7	21,09	6 d
7	E023-03g	22	46	6	742,23	5	34,34	781,49	4	38,23	7 d
8	E023-05s	22	43	8	735,14	6	28,30	848,89	4	38,2	8 d
9	E026-08m	25	50	8	630,13	8	27,11	682,22	8	25,43	9 d
10	E030-03g	29	62	10	717,9	8	30,15	827,36	6	39,03	10 d
11	E030-04s	29	58	9	718,24	7	33,22	847,17	5	40,02	11 d
12	E031-09h	30	63	9	614,6	9	26,45	648,74	10	21,67	12 d
13	E033-03n	32	61	9	2316,56	7	32,22	2652,11	5	38,56	13 d
14	E033-04g	32	72	11	1276,6	8	33,99	1524,41	6	37,94	14 d
15	E033-05s	32	68	10	1196,55	7	37,27	1258,45	7	34,56	15 d
16	E036-11h	35	63	11	698,61	11	20,33	703,34	12	19,43	16 d
17	E041-14h	40	79	14	906,42	14	20,43	888,73	16	18,98	17 d
18	E045-04f	44	94	14	1124,33	11	32,32	1256,72	10	33,78	18 d
19	E051-05e	50	99	13	680,29	11	33,27	760,42	10	38,98	19 d
20	E072-04f	71	147	20	529	17	34,23	648,45	16	40,22	20 d
21	E076-07s	75	155	18	1004,4	17	32,29	1158,39	16	35,78	21 d
22	E076-08s	75	146	19	1068,96	18	32,83	1278,43	17	40,08	22 d
23	E076-10e	75	150	18	1012,51	17	33,25	1092,33	17	32,52	23 d
24	E076-14s	75	143	18	1063,61	16	32,87	1142,94	17	30,54	24 d
25	E101-08e	100	193	24	1371,32	20	35,72	1798,51	18	42,09	25 d
26	E101-10c	100	199	28	1557,12	24	33,72	1911,45	22	43,98	26 d
27	E101-14s	100	198	25	1378,52	23	34,35	1643,66	22	37,45	27 d

Ek.5. “e” stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları

		durak sayısı [merkez hariç]	kutu sayısı	araç sayısı								
1	E016-03m	15	32	5	Gendreau - 2006			Önerilen Yaklaşım			1	e
2	E016-05m	15	26	5	297,65	4	32,13	294,92	6	22,48	2	e
3	E021-04m	20	37	5	334,96	5	19,93	331,47	6	17,39	3	e
4	E021-06m	20	36	6	362,27	4	33,61	358,56	5	30,2	4	e
5	E022-04g	21	45	7	430,88	6	22,11	441,13	6	23,01	5	e
6	E022-06m	21	40	6	395,64	6	29,35	435,74	6	31,08	6	e
7	E023-03g	22	46	6	495,85	6	22,34	482,38	7	20,41	7	e
8	E023-05s	22	43	8	742,23	5	34,34	777,42	4	38,49	8	e
9	E026-08m	25	50	8	735,14	6	28,30	794,76	5	32,17	9	e
10	E030-03g	29	62	10	630,13	8	27,11	658,78	8	28,34	10	e
11	E030-04s	29	58	9	717,9	8	30,15	765,16	7	33,74	11	e
12	E031-09h	30	63	9	718,24	7	33,22	792,72	6	36,67	12	e
13	E033-03n	32	61	9	614,6	9	26,45	623,74	10	21,14	13	e
14	E033-04g	32	72	11	2316,56	7	32,22	2462,78	6	34,56	14	e
15	E033-05s	32	68	10	1276,6	8	33,99	1428,94	7	27,19	15	e
16	E036-11h	35	63	11	1196,55	7	37,27	1278,13	7	36,51	16	e
17	E041-14h	40	79	14	698,61	11	20,33	681,82	12	19,23	17	e
18	E045-04f	44	94	14	906,42	14	20,43	868,08	16	19,39	18	e
19	E051-05e	50	99	13	1124,33	11	32,32	1204,83	10	34,92	19	e
20	E072-04f	71	147	20	680,29	11	33,27	709,76	10	40,08	20	e
21	E076-07s	75	155	18	529	17	34,23	598,33	16	41,07	21	e
22	E076-08s	75	146	19	1004,4	17	32,29	1102,92	16	34,67	22	e
23	E076-10e	75	150	18	1068,96	18	32,83	1319,49	17	39,48	23	e
24	E076-14s	75	143	18	1012,51	17	33,25	1101,13	17	33,48	24	e
25	E101-08e	100	193	24	1063,61	16	32,87	1079,19	17	30,23	25	e
26	E101-10c	100	199	28	1371,32	20	35,72	1486,44	19	42,7	26	e
27	E101-14s	100	198	25	1557,12	24	33,72	1724,97	23	38,3	27	e
					1378,52	23	34,35	1486,48	23	34,56		

Ek.6. “F” stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları

		durak sayısı [merkez hariç]	kutu sayısı	araç sayısı							
1	E016-03m	15	32	5	Gendreau - 2006			Önerilen Yaklaşım			
2	E016-05m	15	26	5	297,65	4	32,13	311,49	6	23,38	1 f
3	E021-04m	20	37	5	334,96	5	19,93	342,67	6	17,9	2 f
4	E021-06m	20	36	6	362,27	4	33,61	363,89	5	30,1	3 f
5	E022-04g	21	45	7	430,88	6	22,11	489,19	6	20,43	4 f
6	E022-06m	21	40	6	395,64	6	29,35	462,12	5	33,26	5 f
7	E023-03g	22	46	6	495,85	6	22,34	539,24	7	20,98	6 f
8	E023-05s	22	43	8	742,23	5	34,34	792,14	4	37,98	7 f
9	E026-08m	25	50	8	735,14	6	28,30	803,56	5	34,98	8 f
10	E030-03g	29	62	10	630,13	8	27,11	699,34	8	27,12	9 f
11	E030-04s	29	58	9	717,9	8	30,15	777,14	7	34,05	10 f
12	E031-09h	30	63	9	718,24	7	33,22	796,43	6	35,89	11 f
13	E033-03n	32	61	9	614,6	9	26,45	572,45	11	19,49	12 f
14	E033-04g	32	72	11	2316,56	7	32,22	2478,23	6	24,67	13 f
15	E033-05s	32	68	10	1276,6	8	33,99	1451,32	7	28,17	14 f
16	E036-11h	35	63	11	1196,55	7	37,27	1323,93	7	35,71	15 f
17	E041-14h	40	79	14	698,61	11	20,33	708,29	12	19,44	16 f
18	E045-04f	44	94	14	906,42	14	20,43	902,29	16	19,02	17 f
19	E051-05e	50	99	13	1124,33	11	32,32	1298,28	9	37,11	18 f
20	E072-04f	71	147	20	680,29	11	33,27	803,23	9	42,34	19 f
21	E076-07s	75	155	18	529	17	34,23	717,57	15	43,98	20 f
22	E076-08s	75	146	19	1004,4	17	32,29	1305,23	15	40,78	21 f
23	E076-10e	75	150	18	1068,96	18	32,83	1598,23	16	43,87	22 f
24	E076-14s	75	143	18	1012,51	17	33,25	1116,47	17	32,56	23 f
25	E101-08e	100	193	24	1063,61	16	32,87	1110,34	17	31,04	24 f
26	E101-10c	100	199	28	1371,32	20	35,72	1903,93	18	41,92	25 f
27	E101-14s	100	198	25	1557,12	24	33,72	1892,56	22	44,02	26 f
					1378,52	23	34,35	1698,34	22	38,12	27 f

Ek.7. “g” stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları

		durak sayısı [merkez hariç]	kutu sayısı	araç sayısı	Gendreau - 2006			Önerilen Yaklaşım			
1	E016-03m	15	32	5	297,65	4	32,13	291,39	6	24,17	1 g
2	E016-05m	15	26	5	334,96	5	19,93	339,18	6	17,92	2 g
3	E021-04m	20	37	5	362,27	4	33,61	354,80	5	31,21	3 g
4	E021-06m	20	36	6	430,88	6	22,11	436,48	6	23,01	4 g
5	E022-04g	21	45	7	395,64	6	29,35	442,90	6	29,85	5 g
6	E022-06m	21	40	6	495,85	6	22,34	487,04	7	20,08	6 g
7	E023-03g	22	46	6	742,23	5	34,34	776,45	4	39,73	7 g
8	E023-05s	22	43	8	735,14	6	28,30	791,49	5	32,17	8 g
9	E026-08m	25	50	8	630,13	8	27,11	659,48	8	28,34	9 g
10	E030-03g	29	62	10	717,9	8	30,15	762,80	7	33,74	10 g
11	E030-04s	29	58	9	718,24	7	33,22	788,47	6	36,67	11 g
12	E031-09h	30	63	9	614,6	9	26,45	621,56	10	21,68	12 g
13	E033-03n	32	61	9	2316,56	7	32,22	2444,57	6	33,45	13 g
14	E033-04g	32	72	11	1276,6	8	33,99	1301,43	8	32,98	14 g
15	E033-05s	32	68	10	1196,55	7	37,27	1251,39	7	36,74	15 g
16	E036-11h	35	63	11	698,61	11	20,33	696,32	12	18,92	16 g
17	E041-14h	40	79	14	906,42	14	20,43	865,29	16	19,98	17 g
18	E045-04f	44	94	14	1124,33	11	32,32	1218,55	11	32,12	18 g
19	E051-05e	50	99	13	680,29	11	33,27	717,11	10	40,22	19 g
20	E072-04f	71	147	20	529	17	34,23	661,29	16	40,76	20 g
21	E076-07s	75	155	18	1004,4	17	32,29	1132,79	16	34,67	21 g
22	E076-08s	75	146	19	1068,96	18	32,83	1134,91	18	39,48	22 g
23	E076-10e	75	150	18	1012,51	17	33,25	1089,28	17	33,48	23 g
24	E076-14s	75	143	18	1063,61	16	32,87	1062,93	17	29,87	24 g
25	E101-08e	100	193	24	1371,32	20	35,72	1507,39	19	42,7	25 g
26	E101-10c	100	199	28	1557,12	24	33,72	1716,18	23	38,3	26 g
27	E101-14s	100	198	25	1378,52	23	34,35	1479,24	23	33,98	27 g

Ek.8. "h" stratejisi ile elde edilen çözüm sonuçları

		durak sayısı [merkez hariç]	kutu sayısı	araç sayısı	Gendreau - 2006			Önerilen Yaklaşım			
1	E016-03m	15	32	5	297,65	4	32,13	311,49	6	23,38	1 h
2	E016-05m	15	26	5	334,96	5	19,93	337,37	6	17,68	2 h
3	E021-04m	20	37	5	362,27	4	33,61	371,37	5	30,1	3 h
4	E021-06m	20	36	6	430,88	6	22,11	461,18	6	21,23	4 h
5	E022-04g	21	45	7	395,64	6	29,35	472,28	5	34,01	5 h
6	E022-06m	21	40	6	495,85	6	22,34	567,12	7	20,43	6 h
7	E023-03g	22	46	6	742,23	5	34,34	774,76	4	38,67	7 h
8	E023-05s	22	43	8	735,14	6	28,30	798,47	5	33,32	8 h
9	E026-08m	25	50	8	630,13	8	27,11	678,39	9	24,73	9 h
10	E030-03g	29	62	10	717,9	8	30,15	798,42	7	33,78	10 h
11	E030-04s	29	58	9	718,24	7	33,22	792,65	6	36,23	11 h
12	E031-09h	30	63	9	614,6	9	26,45	644,32	10	20,34	12 h
13	E033-03n	32	61	9	2316,56	7	32,22	2745,98	5	35,21	13 h
14	E033-04g	32	72	11	1276,6	8	33,99	1478,56	7	27,98	14 h
15	E033-05s	32	68	10	1196,55	7	37,27	1302,45	7	35,53	15 h
16	E036-11h	35	63	11	698,61	11	20,33	688,48	12	20,01	16 h
17	E041-14h	40	79	14	906,42	14	20,43	871,34	16	18,34	17 h
18	E045-04f	44	94	14	1124,33	11	32,32	1284,43	10	33,97	18 h
19	E051-05e	50	99	13	680,29	11	33,27	763,45	10	39,29	19 h
20	E072-04f	71	147	20	529	17	34,23	700,38	16	40,25	20 h
21	E076-07s	75	155	18	1004,4	17	32,29	1241,33	16	35,67	21 h
22	E076-08s	75	146	19	1068,96	18	32,83	1298,49	17	40,02	22 h
23	E076-10e	75	150	18	1012,51	17	33,25	1132,59	17	32,93	23 h
24	E076-14s	75	143	18	1063,61	16	32,87	1302,40	17	30,58	24 h
25	E101-08e	100	193	24	1371,32	20	35,72	1806,34	18	47,34	25 h
26	E101-10c	100	199	28	1557,12	24	33,72	1890,33	22	43,91	26 h
27	E101-14s	100	198	25	1378,52	23	34,35	1717,66	22	38,23	27 h

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Ankara’da dünyaya gelen Ümit Ali Özkazanç, ilk, orta ve lise öğrenimini Ankara’da tamamladı. 1992 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’ne girdi. 1996’da yılında bu bölümde lisans eğitimini tamamladı. 1996 yılında Osmangazi Üniversitesi’nde araştırma görevlisi olarak akademik hayata başladı. Aynı yıl Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisansa başladı. 1999 yılında Doç.Dr.A.Sermet Anagün danışmanlığında yürüttüğü “Atelye Tipi Üretim Ortamında İşlerin Çizelgelenmesi için Yapay Sinirsel Ağlar Yaklaşımı” başlıklı tezini savunarak yüksek lisansını tamamladı. Kasım 1999 - Mart 2001 tarihleri arasında askerlik görevini yaptı. 2001 yılında, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda doktora başladı. 2002 yılında araştırma görevliliğinden ayrılarak, özel bir lojistik şirketinde lojistik mühendisi olarak göreve başladı. Halen, özel bir lojistik firmasında, lojistik operasyonlar sorumlusu olarak görevine devam etmekte olan Ümit Ali Özkazanç, evli ve bir çocuk babasıdır.