

ULAŞTIRMA KOMUTANLIĞI RİNG SEFERLERİNİN EŞ ZAMANLI DAĞITIM TOPLAMA KARAR DESTEK SİSTEMİ

Cevriye GENCER ve Ömer YAŞA

End. Müh. Böl., Müh-Mim. Fak., Gazi Üniversitesi., 06570 Maltepe, Ankara
Savunma Bilimleri Enstitüsü, KHO Ankara
ctemel@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 24.08.2006; Kabul/Accepted: 05.04.2007)

ÖZET

Bu çalışmada, Ulaştırma Komutanlığına gelen yurtiçi taşıma isteklerinin en düşük maliyetle karşılanabilmesi hedeflenmiştir. Eş zamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama modeli esas alınmıştır. Taleplerin değişken olmasından dolayı rotaların dinamik olarak belirlenmesini kolaylaştırmak için karar destek yazılımı (VRP 2.0) oluşturulmuştur. Bu yazılımda, ara yüzler Visual Basic 6.0 programlama diliyle; hesaplamalar ise C++ 6.0 dilinde kodlanan bir program aracılığıyla elde edilmektedir. Yazılım seçilen depoya, dağıtım veya toplama yapılacak toplam miktara ve araç kapasitesine göre rotaları; rotalara bağlı olarak mesafeyi ve kullanılacak araç sayısını belirlemektedir. Yazılım 10 haftalık verilere uygulanmış ve sonuçlar mevcut durumla kat edilen yol, kullanılan araç sayısı ve maliyet açısından karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Araç rotalama problemi, eş zamanlı dağıtım toplama problemi, karar destek sistemi.

SIMULTANEOUS PICK-UP AND DELIVERY DECISION SUPPORT SYSTEMS OF TRANSPORTATION COMMAND SHUTTLE TOUR'S

ABSTRACT

In this study, in order to satisfy transportation demands with cheapest cost, a decision support application relying on a simultaneous pick-up and delivery type vehicle routing models and algorithms, is used. Since the demand parameters are variable, a decision support coding (VRP 2.0) is constructed to simplify routing problem in a dynamic way. In this coding, interfaces are written in Visual Basic 6.0, and computations are executed by a program coded in C++ 6.0. On point of travel distance, numbers of vehicles used and their respective costs are determined; results are compared with the current transportation systems used.

Keywords: Vehicle routing problems, simultaneous pick-up and delivery, decision support systems.

1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

Araç rotalama problemleri (ARP) gezgin satıcı problemlerinin genel halidir [1-3]. İlk defa 1959 yılında Dantzig ve Ramster [4] tarafından ortaya atılmıştır. Araç rotalama problemi en basit tanımıyla; bir merkezde bulunan araçların, talepleri bilinen müşteri kümesine hizmet edip tekrar merkeze dönmesini sağlayacak en kısa rotaların bulunması problemidir.

Araç rotalama problemleri çeşitli kısıtlara ve özelliklere göre birçok sınıfa ayrılmaktadır. Değişen

her kısıt veya özellik için araç rotalama problem türü de değişmektedir.

Araç rotalama problemlerinin temel türleri, literatürde geçen kısaltmaları ile aşağıda gösterilmiştir[1]:

- CVRP, Kapasiteli Araç Rotalama Problemleri
- DCVRP, Mesafe Kısıtlı Araç Rotalama Problemleri
- VRPB, Geri Toplamalı Araç Rotalama Problemleri
- VRPTW, Zaman Pencere Araç Rotalama Problemleri

- VRPPD, Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemleri
- VRPBTW, Geri Toplamalı ve Zaman Pencere Araç Rotalama Problemleri
- VRPPDTW, Dağıtım Toplamalı ve Zaman Pencere Araç Rotalama Problemleri

Çalışmada dağıtım toplamalı araç rotalama problemi üzerinde çalışılmıştır.

1.1. Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemleri (VRP with Pickup and Delivery)

Araçlar depolardan çıkıp tekrar depolara dönerler. Her müşteriye bir araç gider. Rotadaki dağıtılacak ve toplanacak yük miktarı araç kapasitesini geçemez. Her müşteride dağıtım ve toplama yapılır. Kat edilen yol minimize edilmeye çalışılır [5-9]. Bu işlem üç şekilde yapılabilir. Bu aynı zamanda dağıtım toplama problemlerinin de çeşitlerini ifade eder.

- Önce dağıtım sonra toplama problemleri,
- Karışık dağıtım ve toplama problemleri,
- Eşzamanlı dağıtım ve toplama problemleri.

1.1.1. Önce Dağıtım Sonra Toplamalı Araç Rotalama Problemleri (VRP with Delivery and Backhauls)

Müşteriler dağıtım ve toplama hattı olmak üzere ikiye ayrılır. Araçlar depolardan çıkarak önce dağıtım hattındaki müşterilere gidip dağıtım yapar, sonra toplama hattına geçerek müşterilerden toplama işlemi yaparak depoya döner [5,7,8]. Zaman penceresi [6]; tek ve/veya çok depolu [9] ve heterojen ve homojen araç filosu kısıtları ilave edilebilir.

1.1.2. Karışık Dağıtım ve Toplamalı Araç Rotalama Problemleri (VRP with mixed Pickup and Delivery)

Müşteriler dağıtım ve toplama hattı olmak üzere ikiye ayrılırlar. Araçların önce dağıtım sonra toplama yapması gibi bir kısıt yoktur. Bunu karışık olarak da yapabilirler [3,5,8,10,11].

1.1.3. Eş Zamanlı Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemleri (VRP with simultaneous Pickup and Delivery)

Bu modelde, müşteriler eşzamanlı olarak mal alıp gönderebilirler. Burada eş zamanlı ifadesinden anlatılmak istenen müşteriye uğrandığında, dağıtılacağı bırakıp toplanacağı almaktır. Dolayısıyla müşteriler herhangi bir ayrıma tabi tutulmazlar. Araçlar her müşteriye bir defa gider ve toplama dağıtım işlemini yaparak müşteriden ayrılır [12-14].

Min [12], bir halk kütüphanesindeki problemi, bir depo, iki araç ve 22 müşteri ile çözerek, eş zamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama problemleriyle uğraşan ilk kişidir. Müşterileri önce gruplara

ayrıştırmış ve sonra her bir grup gezgin satıcı problemiyle çözmüştür. Mümkün olmayan yollar uzunlukları sonsuza dönüştürülerek cezalandırılmış, gezgin satıcı problemleri yeniden çözülmüştür.

Salhi and Nagy [13], Casco, Golden and Wasil [3]'in ekleme metodunu toplamaların birer birer değil de gruplar halinde eklenmesine imkân vererek geliştirmişlerdir. Bu yaklaşım, gelişmeler sağlamakla birlikte, ilave hesap yükü getirmektedir. Ayrıca eşzamanlı problemleri de çözebilmektedir.

Dethloff [14] eş zamanlı dağıtım toplama problemlerini çözmek için boş kapasiteleri dikkate alan ekleme temelli sezgisel bir yaklaşım geliştirmiştir.

Bu çalışmada Dethloff [14]'un modeli esas alınmış ve karar destek sistemine dönüştürülmüştür.

2. PROBLEMİN TANIMI (PROBLEM DEFINITION)

2001 yılı itibarıyla Kara Kuvvetleri Lojistik Komutanlığı bünyesinde yük aktarma bölüğü ve ordular bölgesinde yük aktarma takımları kurularak ring seferleri uygulanmaya başlanmıştır. Ring seferlerinde amaç, İç Tedarik Bölge Başkanlıkları'ndan veya fabrika komutanlıklarından birliklere dağıtım yapılması gereken malzemenin dağıtımını sağlamaktır. Aynı zamanda birliklerden fabrika komutanlıklarına taşınması gereken malzeme varsa bunları da taşımaktır.

Bu amaçlara yönelik olarak Kara Kuvvetleri Lojistik Komutanlığı bünyesinde ülke çapında yedi adet sabit ring güzergâhı belirlenmiş ve haftalık olarak bu güzergâhlarda taşıma hizmeti planlanmıştır. Belirlenen sabit ring güzergâhları aşağıdadır (ring güzergâhlarının isimleri gizlilik nedeniyle alfabetik sıraya göre verilmiştir):

1. A ringi (1860 Km.)
2. B ringi (2030 Km.)
3. C ringi (824 Km.)
4. D ringi (1920 Km.)
5. E ringi (1570 Km.)
6. F ringi (1550 Km.)
7. G ringi (983 Km.)

Taşıma istekleri ulaştırma komutanlığına iletilmekte, gelen istekler haftalık olarak değerlendirilip istenilen güzergâhta taşıma yapacak araçlarla taşınmaktadır.

Güzergâhlar tecrübeye dayalı olarak her güzergâh üzerinde fabrika komutanlığı veya ordu yük aktarma noktası olacak şekilde belirlenmiş ve talep miktarı dikkate alınmamıştır. Dolayısıyla araç kapasitesinden azami yararlanmak için hiç bir tedbir geliştirilmemiştir. Bu durum araçların gereksiz olarak fazla mesafe kat etmelerine yol açmaktadır.

Oysa aynı faaliyetler daha az araçla daha az mesafe kat edilerek yapılabilir.

Bu çalışmada da amaç, ring seferleri için kat edilen mesafeyi ve kullanılan araç sayısını azaltacak VRP2.0 Rota programı karar destek sistemini oluşturmaktır.

Ring seferleri rotalarının belirlenmesi probleminin, araç rotalama problemi karakteristikleri açısından incelenmesi Tablo 1’de sunulmuştur.

2.1. Problemin Varsayımları (Problems Assumptions)

- Talepler önceden (araçlar rotalarına başlamadan önce) biliniyor.
- Talepler tek depodan karşılanıyor.
- Rota üzerindeki noktalar arasında yük taşınması yapılmıyor.
- Taşıma işlemini yapacak yeterli araç bulunmaktadır.
- Taşıma işlemi barış şartlarında yapılmaktadır.
- Yük şekilleri istifleme sırasında araç kapasitesini tümüyle kullanmaya engel teşkil etmemektedir (istiflendiğinde şekli yüzünden araç içinde boş alan yaratmamaktadır).

2.2. Matematiksel Model (Mathematical Model)

Eş zamanlı dağıtım toplama problemlerinin matematiksel modeli aşağıdadır [14].

Modelde kullanılan notasyon ve parametreler aşağıdadır:

J : Malzeme taşınacak yerler (birlik, fabrika, yük aktarma noktası vs.),

V : Araçlar,

C : Araç kapasitesi,

C_{ij} : i ve j noktaları arasındaki mesafe,

D_j : J noktasına dağıtım yapılacak malzeme miktarı,

n : Dağıtım yapılacak nokta sayısı,

P_j : J noktasından toplama yapılacak malzeme miktarı,

M : büyük bir sayı,

PRI(q): q noktasından önce rotaya eklenecek nokta,

SUI(q): q noktasından sonra rotaya eklenecek nokta,

CD(i) : depodan i noktasına kadar olan rota mesafesi,

CP(i) : i noktasından depoya kadar olan rota mesafesi,

C_{max} : Mesafe matrisindeki en büyük değer,

C_{min} : Mesafe matrisindeki en küçük değer.

Modelin karar değişkenleri aşağıdadır:

l'_v : Aracın depodan çıkarkenki yükü,

l_j : Aracın J noktasından sonraki yükü,

π_j : Alt tur oluşmasını engelleyen değişken,

x_{ijv} : V aracının i noktasından j noktasına gidip gitmeyeceğini belirten değişken,

RD(i) : i noktasından sonra eklenecek nokta için depodan taşınabilecek azami yük miktarı,

RP(i) : i noktasından sonra eklenecek noktadan depoya taşımak üzere toplanabilecek azami yük miktarı,

RDT(i) : Aracın i noktasını terk ederkenki boş kapasitesinin, depodan i+1 noktasına kadar olan rota uzunluğu ile çarpımının, her noktanın depoya olan mesafesinin toplamına oranı,

RPT(i) : Aracın i noktasını terk ederkenki boş kapasitesinin, i noktasından ileriye depoya doğru kat ettiği mesafe ile çarpımının, her noktanın rotada ileriye doğru depoya olan mesafelerinin toplamına oranı,

Tablo 1. Ring Seferlerinin Karakteristikleri (Characteristics of Shuttle Tour's)

KARAKTERİSTİKLER	OLABİLECEK SEÇENEKLER
Mevcut filonun hacmi	Çok araç
Mevcut filonun tipi	Heterojen (ancak program tek tip araç için çözmekte araç seçimini kullanıcıya bırakmaktadır. Araçlar kapasiteleri esas alınarak sınıflandırılmıştır.)
Taleplerin yapısı	Deterministik talepler
Talep yerleşimleri	Düğümelerde
Temel şebeke	Yönsüz
Araç kapasite kısıtları	Var (farklı kapasiteler)
Maksimum rota süreleri	Yok
Operasyonlar	Karışık_(Eş Zamanlı Olarak Dağıtım ve Toplama)
Maliyetler	Değişken veya rotalama maliyetleri Sabit işlem maliyetleri Ortak taşıyıcı maliyetleri (hizmet verilmeyenler için)
Amaçlar	Toplam kat edilen yolu minimize etmek. Kullanılan araç sayısını minimize etmek

Ψ_{TD} : Rotaya eklenecek k noktası rota uzunluğunu ne kadar arttırdığı. ($\Psi_{TD} := C_{ik} + C_{kj} - C_{ij}$)

Amaç fonksiyonu,

$$\text{Min } z = \sum_{i \in J_0} \sum_{j \in J_0} \sum_{v \in V} C_{ij} x_{ijv} \quad (1)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{i \in J_0} \sum_{v \in V} x_{ijv} = 1 \quad (j \in J) \quad (2)$$

$$\sum_{i \in J_0} x_{isv} = \sum_{j \in J_0} x_{sjv} \quad (s \in J, v \in V) \quad (3)$$

$$l'_v = \sum_{i \in J_0} \sum_{j \in J_0} D_j x_{ijv} \quad (v \in V) \quad (4)$$

$$l_j \geq l'_v - D_j + P_j - M(1 - x_{0jv}) \quad (j \in J, v \in V) \quad (5)$$

$$l_j \geq l'_i - D_j + P_j - M(1 - \sum_{v \in V} x_{ijv}) \quad (i \in J, j \in J, j \neq i) \quad (6)$$

$$l'_v \leq C \quad (v \in V) \quad (7)$$

$$l_j \leq C \quad (j \in J) \quad (8)$$

$$\pi_j \geq \pi_i + 1 - n \left(1 - \sum_{v \in V} x_{ijv} \right) \quad (i \in J, j \in J, j \neq i) \quad (9)$$

$$\pi_j \geq 0 \quad (j \in J) \quad (10)$$

$$x_{ijv} \in \{0,1\} \quad (i \in J_0, j \in J_0, v \in V) \quad (11)$$

Modelde (1); toplam mesafeyi minimize eden amaç fonksiyonudur. (2) nolu kısıt; bütün noktalara bir defa gidilmesini sağlar. Varılan noktayı aynı araçla terk etmeyi sağlayan (3) nolu kısıttır. Araçların başlangıçtaki yükleri (4) nolu kısıttır. Araçların başlangıçtaki yükleri (4), ilk noktadan sonra araç yükleri (5), rota boyunca noktalardan sonraki araç yükleri (6) nolu kısıtlarla sınırlandırılmıştır. İlk noktadan sonraki ve rota boyunca araç kapasitesi (7,8) nolu kısıtlarla kontrol edilmektedir. (9,10) nolu kısıtlar alt tur oluşmasını engelleyen kısıtlardır. (11) Karar değişkenini ifade eder.

Dethloff yukarıdaki modele aşağıdaki ilaveleri yaparak sezgisel bir algoritma önermiştir. Dethloff (14);

$$RD(0) = C - \sum_{s \in T} D_s \quad (12)$$

$$RD(q) = \min \{ RD(PRI(q)), C - l_q \} \quad (13)$$

$$RP(PRI(0)) = C - \sum_{s \in T} P_s \quad (14)$$

$$RP(q) = \min \{ RP(SUI(q)), C - l_q \} \quad (15)$$

$$RDT = \left[\sum_{s \in T \cup \{0\}} RD(s) \cdot CD(SUI(s)) \right] / \left[\sum_{s \in T \cup \{0\}} CD(SUI(s)) \right] \quad (16)$$

$$RPT = \left[\sum_{s \in T \cup \{0\}} RP(s) \cdot CP(s) \right] / \left[\sum_{s \in T \cup \{0\}} CP(s) \right] \quad (17)$$

$$TC = \left[DU / \sum_{s \in J} D_s \right] (1 - RDT / C) + \left[PU / \sum_{s \in J} P_s \right] (1 - RPT / C) \quad (18)$$

$$\Psi_{RCRS} = \Psi_{TD} + \lambda TC (2C_{\max} - C_{\min}) - \gamma (C_{0k} + C_{k0}) \quad (19)$$

Dethloff'un önerdiği model ekleme temelli sezgisel bir modeldir. Ekleme temelli modellerde eklenecek noktanın seçimi ve ekleneceği yerin seçimi iyi bir çözüm elde edebilmek için önemlidir. Modeldeki (12,13,14,15) nolu kısıtlar başlangıçtan itibaren her noktadan sonra araçta kalan boş kapasiteyi kontrol eden kısıtlardır. Bu kısıtlara göre i noktasından sonra eklenecek i+1 noktasının dağıtım miktarı D_{i+1} , $RD(i)$ 'den ve toplama miktarı P_{i+1} , $RP(i)$ 'den küçük olmalıdır. Doğal olarak bu kısıtlar dağıtılacak ve toplanacak malzeme miktarı araçta kalan boş kapasiteyi geçmeyen noktalar arasından seçim yapılmasını sağlayacaklardır.

Ekleme kriteri, modelin amacına uygun olarak rota uzunluğunu en az arttıran noktayı rotaya eklemektedir. Nokta ekleme işlemi araç kapasitesi dolana kadar devam etmektedir. Dethloff sadece mesafeyi esas alan bu kriterin iki yönden zafiyeti olduğunu düşünmektedir. Bunlar;

- Ekleme yapılırken, sonraki eklemeler düşünülerek aracın boş kapasitesinin dikkate alınmaması,
- Depoya uzak mesafeli noktaların sonradan eklenmesinden dolayı kat edilmek zorunda kalınan fazla mesafenin engellenememesi.

Dethloff ekleme kriterinin bu zafiyetlerini; uzak mesafedeki noktaların eklenmesini ödül katsayısı ile ödüllendirerek ve aracın kapasitesini daha rotanın başında dolduracak noktaların eklenmesini ceza katsayısı ile cezalandırarak gidermeye çalışmıştır. (16,17) nolu kısıtlarda aracın boş kapasitesi rota uzunluğuna bölünerek; kat edilen mesafe başına boş kapasite oranı bulunur. Bu değer yüksek olması boş kapasitenin daha etkin kullanılabileceğini gösterir. (18,19) nolu kısıtlarda ekleme kriterini tanımlamaktadır. Kısıtlar, eklenecek noktanın mevcut rota uzunluğunu ne kadar arttırdığını, aracın boş kapasitesini ne kadar kullandığını ve depoya uzakta olan bir noktanın rotaya eklenmesinin ödüllendirilmesinden oluşmaktadır.

2.3. Çözüm Algoritmasında Yapılan İyileştirmeler (Improvements In Solution Algorithm)

Dethloff'un algoritmasında ilk ilin seçimi rastsaldir. Dolayısıyla aynı problemde daha kısa mesafeli rotayı bulabilmek için algoritma tekrar tekrar çalıştırılmalıdır. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için çeşitli denemeler yapılmıştır. Bu denemelerin ilki, çözüme başlarken seçilen ilk ilin rastsal olarak seçilmesi yerine en yakın veya en uzak il seçerek çözüme başlamaktır. Örneğin depoya (mesela Ankara) mesafesi 250km'nin altında 10 adet ve 1000km'nin üstünde 10 adet olmak üzere toplam 20

adet il seçelim. En yakın veya en uzak illerin seçilmesi durumunda rota uzunluklarının nasıl oluştuğu Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2’de görüldüğü gibi depoya en yakın il olan Çankırı seçilerek başlanan çözüm sekizinci kısa rotadır. Benzer şekilde en uzak il olan Hakkâri seçilerek başlanan çözümde de rota mesafesi en kısa rota değil 19ncu kısa rotadır. En kısa rota ise depoya yakınlıkta 16ncı il olan Ardahan seçilerek başlanan çözümden elde edilmiştir. Dolayısıyla hangi ilin seçilerek başlanması durumunda en kısa rotayı bulacağımız bilinmemektedir. Bu yüzden bütün iller sırayla başlangıç ili olarak seçilip denenmelidir.

VRP2.0 Rota programı kodlanırken algoritmada bu yönde iyileştirme yapılmıştır. Bütün iller denenerek en kısa çözüm bulunmaya çalışılmaktadır. Ancak nokta sayısı arttığında işlem süresi de artmaktadır bu yüzden bu işlem sadece ilk rotanın belirlenmesinde yapılmaktadır. İkinci ve diğer rotaların belirlenmesinde yine ilk nokta rastsal olarak seçilmektedir

Dethloff çalışmasında farklı ödül ve ceza katsayılarıyla denemeler yapmış ve küçük ceza, büyük ödül değerlerinde daha iyi sonuçlar elde edildiğini ifade etmiştir.

Yapılan ikinci iyileştirme, algoritmanın değişik ceza ve ödül katsayıları ile tekrar tekrar çalıştırılarak en kısa rotanın bulunmasıdır. Ceza ve ödül katsayıları kutularına girilen değerler 0 – 1 aralığında artırılarak

denenmektedir. Bu işlemde hassasiyeti artırırken aynı zaman da hesaplama süresini de artırmaktadır. Ceza ve ödül katsayıları ile ilgili analiz çözüm parametrelerinin analizi bölümünde sunulmuştur.

Yapılan iyileştirmeleri gösteren akış diyagramı Şekil-1’de verilmiştir.

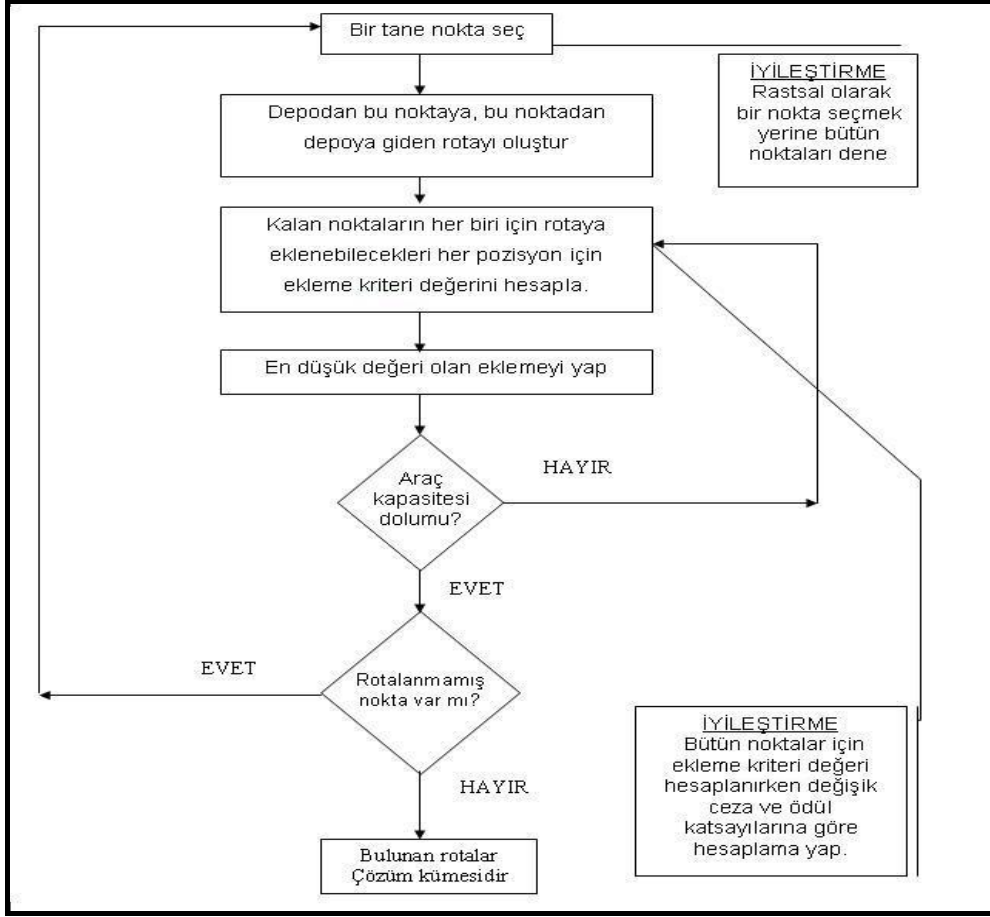
3. ULAŞTIRMA KOMUTANLIĞI RİNG SEFERLERİ İÇİN ROTA PROGRAMI VRP 2.0 (VRP 2.0 ROUTE PROGRAM FOR TRANSPORTATION COMMAND SHUTTLE TOUR’S)

Terim olarak Karar Destek Sistemleri (KDS)’nin kullanıldığı ilk çalışma Gorry ve Scott Morton (1971)’a aittir. KDS yöneticilerin zamanında ve doğru karar vermelerinde yardımcı olan sistemlerdir. Diğer bir deyişle verilmesi gereken kararlar ilgili veriyi daha iyi anlayarak, daha etkin karar seçeneklerini oluşturma alternatifleri belirleme ve değerlendirme işlevlerinde destek sağlayan ve doğru karar verme olasılığını artıran 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 [15].

Karar Destek Sisteminin yukarıdaki tanımına uygun olarak geliştirilen rota programı, ring seferi rotalarını belirleyen karar vericiye birçok alternatifi değerlendi-

Tablo 2. En Yakın ve En Uzak Mesafelerin Seçilmesi Durumunda Rota Mesafeleri
(Route Distance According To Choosing The Nearest Or The Farest Way)

S.No	Seçilen İl	Depo - İl Mesafesi	Rota Uzunluğu (Km)	Rota Kısalık Derecesi	Seçilen İlin Yakınlık Derecesi
1	<u>Çankırı</u>	<u>131</u>	<u>5030</u>	<u>8</u>	<u>1</u>
2	Kırşehir	186	5075	11	2
3	Bolu	191	5030	7	3
4	Karabük	215	5120	16	4
5	Yozgat	218	5075	12	5
6	Aksaray	225	5165	17	6
7	Eskişehir	233	5030	9	7
8	Düzce	236	5120	15	8
9	Çorum	244	5165	18	9
10	Kastamonu	245	5030	10	10
11	Batman	1012	4954	3	11
12	Muş	1015	4954	4	12
13	Ağrı	1057	5195	20	13
14	Kars	1076	5085	14	14
15	Siirt	1099	4954	5	15
16	<u>Ardahan</u>	<u>1110</u>	<u>4752</u>	<u>1</u>	<u>16</u>
17	Iğdır	1167	5085	13	17
18	Şirnak	1176	4954	6	18
19	Van	1238	4851	2	19
20	<u>Hakkâri</u>	<u>1366</u>	<u>5176</u>	<u>19</u>	<u>20</u>



Şekil 1. Rota Programı Akış Diyagramı (Flow Chart Of Route Program)

rerek çözümler sunmakta ve daha sağlıklı karar vermesine yardımcı olmaktadır.

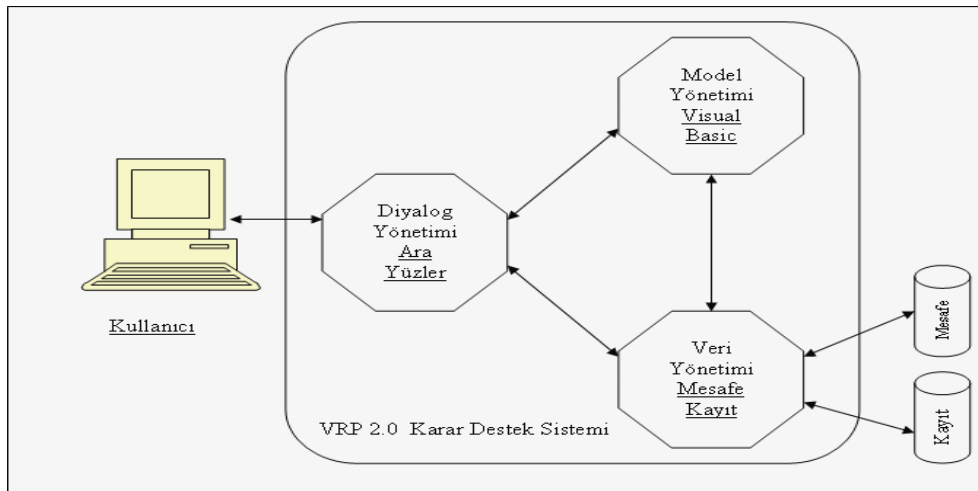
VRP 2.0 Rota programının KDS temel bileşenleri Şekil 2'de gösterilmiştir.

3.1. Rota Programı (Route Program)

VRP2.0 programı, giriş, en kısa rotaların bulunması

ve rotaların ekranda gösterilmesini sağlayan üç ara yüzden oluşmaktadır. Giriş ara yüzü Şekil 3'de görüldüğü gibi programın isminin yer aldığı ara yüzüdür.

İkinci ara yüz, verilerin ve hesaplama kriterlerinin girildiği ara yüzüdür. Bu ara yüzde illere dağıtılacak ve illerden toplanacak malzeme miktarları ve kullanılacak aracın kapasitesi girilir. Programda araç



Şekil 2. VRP 2.0 Rota Programının KDS Temel Bileşenleri (DSS's Main Components of the VRP 2.0 Route Program)



Şekil 3. VRP2.0 Programı Giriş Ara yüzü (Entrance Interface of the VRP2.0 Program)

kapasiteleri (m^3 olarak) 15, 30 (konteynır), 45, 60 (çift konteynır ikincisi çekili) olan araçlar için hazır kutular vardır. İleride envantere girecek araçların kapasitesi farklı olabileceğinden dolayı araç kapasitesini elle girmeye imkân sağlayan diğer seçeneği ilave edilmiştir.

Veriler girilirken program otomatik olarak o zamana kadar girilen dağıtım ve toplama miktarlarını “dağıtılacak yük” ve “toplanacak yük” kutularında toplar. Ceza ve ödül katsayılarını gösteren GAMA ve LAMDA değerleri 0 ile 1 arasında olacak şekilde girilir. Bütün veriler ve hesaplama kriterleri girildikten sonra hesaplama butonuna tıklanarak

hesaplama işlemi başlatılır. Programın hesaplama ara yüzü Şekil 4’de görülmektedir.

Hesaplamalar tamamlandığında sonuçlar Şekil 5’deki son ara yüzde ekrana gelir. Bu ara yüzde rota sayısı ve rotanın sırasıyla hangi illerden oluştuğu, o rotanın uzunluğu ve rota üzerindeki toplam dağıtılacak ve toplanacak yük miktarı bilgileri; bunların yanında bütün rotaların toplam uzunluğu ve rotaların bulunduğu ceza ve ödül katsayıları yer alır.

Son ara yüzde herhangi bir satır üzerine çift tıklatıldığında o satır ekrana mesaj kutusu formatında gelir. Örneğin Şekil 6 birinci rotanın sırasıyla hangi

	Dağıtım	Toplama		Dağıtım	Toplama		Dağıtım	Toplama		Dağıtım	Toplama
<input checked="" type="checkbox"/> ADANA-01	5	3	<input checked="" type="checkbox"/> DİYARBAKIR-21	1	1	<input checked="" type="checkbox"/> KIRŞEHİR-40	1	6	<input checked="" type="checkbox"/> TUNCELİ-62	1	6
<input checked="" type="checkbox"/> ADIYAMAN-02	3	5	<input checked="" type="checkbox"/> DÜZCE-81	3	3	<input checked="" type="checkbox"/> KİLİS-79	2	3	<input checked="" type="checkbox"/> VAN-65	2	6
<input checked="" type="checkbox"/> AFYON-03	2	7	<input checked="" type="checkbox"/> EDİRNE-22	5	5	<input checked="" type="checkbox"/> KOCAELİ-41	3	1	<input checked="" type="checkbox"/> YALOVA-77	3	6
<input checked="" type="checkbox"/> AĞRI-04	4	6	<input checked="" type="checkbox"/> ELAZIĞ-23	6	7	<input checked="" type="checkbox"/> KONYA-42	4	7	<input checked="" type="checkbox"/> YOZGAT-66	4	3
<input checked="" type="checkbox"/> AKSARAY-68	2	7	<input checked="" type="checkbox"/> ERZINCAN-24	4	9	<input checked="" type="checkbox"/> KÜTAHYA-43	5	6	<input checked="" type="checkbox"/> UŞAK-64	5	4
<input checked="" type="checkbox"/> AMASYA-05	1	4	<input checked="" type="checkbox"/> ERZURUM-25	4	2	<input checked="" type="checkbox"/> MALATYA-44	6	3	<input checked="" type="checkbox"/> ZONGULDAK-67	5	5
<input checked="" type="checkbox"/> ANKARA-06	5	6	<input checked="" type="checkbox"/> ESKİŞEHİR-26	6	1	<input checked="" type="checkbox"/> MANİSA-45	7	4			
<input checked="" type="checkbox"/> ANTALYA-07	4	5	<input checked="" type="checkbox"/> GAZİANTEP-27	3	4	<input checked="" type="checkbox"/> MARDİN-47	8	5			
<input checked="" type="checkbox"/> ARDAHAN-75	6	3	<input checked="" type="checkbox"/> GİRESUN-28	5	2	<input checked="" type="checkbox"/> MUĞLA-48	9	7			
<input checked="" type="checkbox"/> ARTVİN-08	8	2	<input checked="" type="checkbox"/> GÜMÜŞHANE-29	6	4	<input checked="" type="checkbox"/> MUŞ-49	9	6			
<input checked="" type="checkbox"/> AYDIN-09	5	1	<input checked="" type="checkbox"/> HAKKARİ-30	7	5	<input checked="" type="checkbox"/> NEVŞEHİR-50	8	5			
<input checked="" type="checkbox"/> BALIKESİR-10	4	7	<input checked="" type="checkbox"/> HATAY-31	6	6	<input checked="" type="checkbox"/> NIĞDE-51	7	4			
<input checked="" type="checkbox"/> BARTIN-74	2	5	<input checked="" type="checkbox"/> İĞDIR-76	4	1	<input checked="" type="checkbox"/> ORDU-52	6	2			
<input checked="" type="checkbox"/> BATMAN-72	3	6	<input checked="" type="checkbox"/> İSPARTA-32	6	2	<input checked="" type="checkbox"/> OSMANIYE-80	6	3			
<input checked="" type="checkbox"/> BAYBURT-69	4	4	<input checked="" type="checkbox"/> İÇEL-33	1	5	<input checked="" type="checkbox"/> RİZE-53	5	4			
<input checked="" type="checkbox"/> BİLECİK-11	5	3	<input checked="" type="checkbox"/> İSTANBUL-34	5	7	<input checked="" type="checkbox"/> SAKARYA-54	5	5			
<input checked="" type="checkbox"/> BİNGÖL-12	7	2	<input checked="" type="checkbox"/> İZMİR-35	7	1	<input checked="" type="checkbox"/> SAMSUN-55	4	6			
<input checked="" type="checkbox"/> BITLİS-13	4	8	<input checked="" type="checkbox"/> K. MARAŞ-46	5	3	<input checked="" type="checkbox"/> SIIRT-56	3	7			
<input checked="" type="checkbox"/> BOLU-14	3	9	<input checked="" type="checkbox"/> KARABÜK-78	4	5	<input checked="" type="checkbox"/> SİNOP-57	2	8			
<input checked="" type="checkbox"/> BURDUR-15	4	5	<input checked="" type="checkbox"/> KARAMAN-70	2	7	<input checked="" type="checkbox"/> SİVAS-58	1	9			
<input checked="" type="checkbox"/> BURSA-16	6	4	<input checked="" type="checkbox"/> KARS-36	5	9	<input checked="" type="checkbox"/> ŞANLIURFA-63	1	8			
<input checked="" type="checkbox"/> ÇANAKKALE-17	5	3	<input checked="" type="checkbox"/> KASTAMONU-37	6	2	<input checked="" type="checkbox"/> ŞİRNAK-73	1	7			
<input checked="" type="checkbox"/> ÇANKIRI-18	3	5	<input checked="" type="checkbox"/> KAYSERİ-38	9	4	<input checked="" type="checkbox"/> TEKİRDAĞ-59	2	6			
<input checked="" type="checkbox"/> ÇORUM-19	2	6	<input checked="" type="checkbox"/> KIRIKKALE-71	4	6	<input checked="" type="checkbox"/> TOKAT-60	3	6			
<input checked="" type="checkbox"/> DENİZLİ-20	6	3	<input checked="" type="checkbox"/> KIRKLARELİ-39	3	8	<input checked="" type="checkbox"/> TRABZON-61	4	5			

KAPASİTE SEÇİMİ

15 45
 30 60
 DİĞER:

HESAPLAMA KATSAYILARI

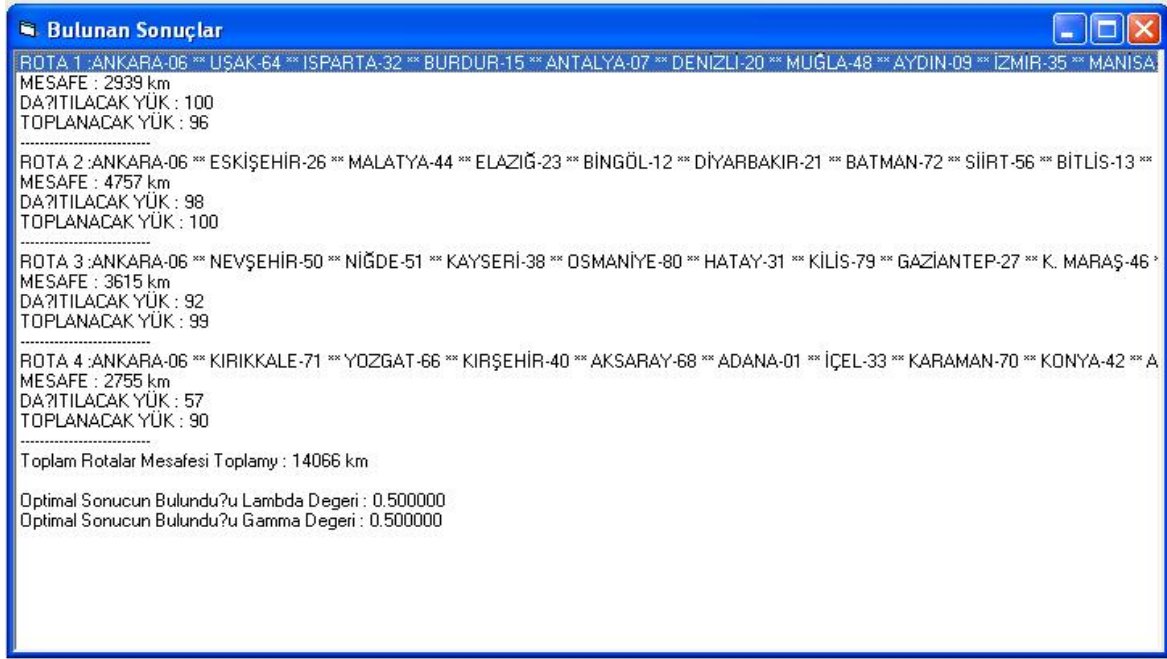
Delta GAMMA:
Delta LAMBDA:
Toplam Döngü Sayısı:

ROTA BİLGİLERİ

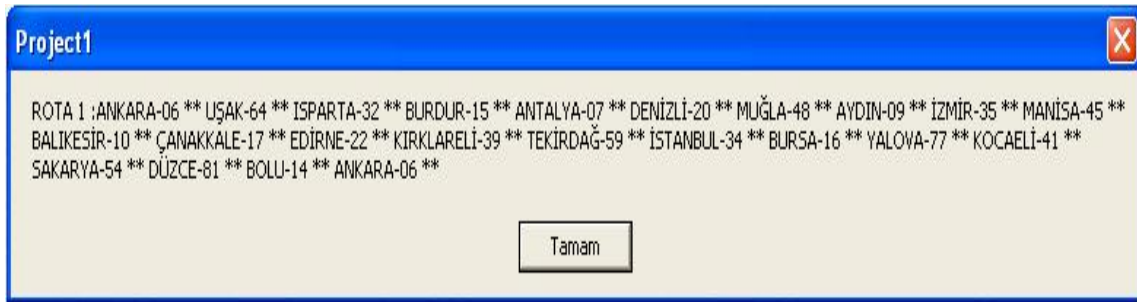
DEPO ŞEHİR NO:
TOPLAM GİDEN YÜK:
TOPLAM GELEN YÜK:

HESAPLA

Şekil 4. VRP 2.0 Programı Hesaplama Ara yüzü (Computation Interface of the VRP 2.0 Program)



Şekil 5. VRP2.0 Programı Sonuç Ara Yüzü (Conclusion Interface of the VRP2.0 Program)



Şekil 6. VRP2.0 Programı Rota Mesaj Kutusu (Route Message Box of the VRP2.0 Program)

şehirlerden oluştuğunu göstermektedir.

Birinci Rota: Ankara - Uşak - Isparta - Burdur - Antalya - Denizli - Muğla - Aydın - İzmir - Manisa - Balıkesir - Çanakkale - Edirne - Kırklareli - Tekirdağ - İstanbul - Bursa - Yalova - Kocaeli - Sakarya - Düzce - Bolu - Ankara.'dır.

3.2. Uygulama (Applications)

Geliştirilen VRP2.0 Karar Destek Sistemi yazılımı çeşitli örnek durumlar üzerinde denenmiştir. Ring seferlerine ait on haftalık, illere göre dağıtım ve toplama yapılacak miktarlar Tablo 3'tedir. Araç kapasitesi 30m³ olarak alınmıştır. Her hafta ayrı ayrı programa girilmiştir. Program 1.5 GHz. 600 MHz. Pentium Mobile işlemcili, 384 Mb. bellekli bir bilgisayarda çalıştırılmıştır. 10 haftaya ait bulunan rotalar ve bilgileri Tablo 4 - 13'de verilmiştir.

3.3. Çözüm parametrelerinin analizi (The Analysis of Solution Parameters)

Ceza katsayısı, daha rotanın başlangıcında araç kapasitesini dolduracak noktaların eklenmemesi için;

ödül katsayısı da, depoya uzak noktaların sonlarda eklenmesinden doğacak uzun rotaların oluşmaması için modelde, ekleme kriteri içinde yer almaktadır. Daha önce de ifade edildiği gibi Ceza ve Ödül Katsayıları 0-1 Arasında değer alabilmekteydi. On haftalık verilerin analizinde en kısa rotaları oluşturan lamda - gama değerleri Tablo 14'de verilmiştir.

Tablo 14 incelendiğinde en kısa rota değerlerinin oluştuğu ceza ve ödül katsayılarının aynı olmadığı ve belli değerlerde sıklık göstermediği görülmektedir. Bu nedenle veriler değişik ceza ve ödül katsayılarıyla çözümlenmelidir. VRP2.0 Rota programı kodlanırken algoritmada bu yönde iyileştirme yapılmıştır. Program ceza ve ödül katsayılarını girilen aralıklarla deneyerek en kısa rotayı bulmaya çalışmaktadır. Bu nedenle her haftanın ceza ve ödül katsayıları farklıdır.

Dokuzuncu haftaya ait veriler, 0,01 den 0,99'a kadar değişen ceza ve ödül katsayılarıyla (toplam 9801adet) denenerek çözülmüştür. Denemeler incelendiğinde, dokuzuncu hafta verileri için en kısa rota uzunluğunun 5670 olduğu görülmüştür. Bu değer farklı ceza ve ödül katsayılarında elde edilebilmektedir.

Tablo 3. Ring Seferlerine Ait 10 Adet Senaryo (10 Scenarios for Shuttle Tour)

İLLER	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		
	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T	D	T	
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
Ankara																					
İstanbul	4	4	8	2	-	-	-	-	2	1	4	3	3	4	2	3	4	3	8	4	
Yalova	-	-	5	2	4	4	3	2	1	1	-	-	1	1	-	-	3	2	5	4	
Kocaeli	6	6	2	-	-	-	3	3	-	2	2	1	2	2	1	1	3	3	6	6	
Bolu	-	-	3	5	6	7	2	1	1	-	-	-	1	-	3	-	3	4	6	7	
Eskişehir	4	1	-	-	7	5	5	3	1	-	-	-	1	1	1	2	3	2	7	5	
Bursa	4	4	3	4	-	-	5	4	2	1	-	-	2	1	-	-	3	3	5	4	
Balıkesir	6	6	4	6	8	9	-	-	-	3	2	2	1	2	2	2	4	4	8	9	
İzmir	3	3	6	6	6	5	3	3	3	2	-	-	3	3	1	1	4	3	6	6	
Uşak	7	7	-	-	-	-	3	4	1	1	2	3	1	1	-	-	3	3	7	7	
Afyon	-	-	3	2	9	6	-	-	2	2	2	2	1	-	-	-	3	3	9	6	
Sivas	-	-	5	6	5	5	4	1	3	1	1	2	1	-	1	-	3	3	5	6	
Erzincan	2	1	-	-	-	-	-	-	-	2	2	1	-	2	3	2	2	2	3	2	
Erzurum	6	6	4	4	7	7	2	2	2	2	2	3	2	2	2	1	3	3	7	7	
Konya	8	8	-	-	-	-	6	3	1	-	-	-	1	-	-	1	4	4	8	8	
Bor	-	-	3	3	-	-	5	2	-	1	1	1	1	1	2	-	2	2	5	2	
İçel	5	5	-	-	9	7	-	-	3	-	4	3	-	2	1	3	4	4	9	7	
İskenderun	-	-	2	2	5	5	4	5	2	1	2	1	-	1	-	-	3	3	5	5	
Kayseri	-	-	5	7	7	7	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	4	5	7	7	
Malatya	7	7	9	5	6	6	10	8	3	1	10	8	2	4	5	3	7	5	10	8	
Elazığ	7	7	7	7	-	-	-	-	2	2	1	1	2	1	-	1	4	3	7	7	
Diyarbakır	5	5	7	6	11	7	9	10	5	5	9	10	7	-	8	6	8	7	11	10	
TOPLAM	74	70	76	67	90	80	64	51	35	28	44	41	33	29	32	26	77	71	144	127	

D: Dağıtım Yapılacak Malzeme Miktarı T: Toplama Yapılacak Malzeme Miktarı

Tablo 4. Birinci Haftaya Ait Rota, Mesafe, Yük Bilgileri (Route, Distance, Loads for the 1st week)

Rota No	İller	Mesafe	Dağıtım	Toplama
1	Ankara - İstanbul - Kocaeli - Bursa - Balıkesir - İzmir - Uşak - Ankara	1599	30	30
2	Ankara - Erzincan - Erzurum - Diyarbakır - Elazığ - Malatya - Ankara	2112	27	26
3	Ankara - Eskişehir - Konya - İçel - Ankara	1402	17	14
Lamda:0,1 Gama:0,5		Toplam	5113	74

Tablo 5. İkinci Haftaya Ait Rota, Mesafe, Yük Bilgileri (Route,Distance,Loads for the 2nd week)

Rota No	İller	Mesafe	Dağıtım	Toplama
1	Ankara - Erzurum - Diyarbakır - Elazığ - Malatya - Hatay - Ankara	2511	29	24
2	Ankara - Bolu - Kocaeli - Yalova - Bursa - Balıkesir - İzmir - Afyon - Ankara	1385	26	25
3	Ankara - İstanbul - Niğde - Kayseri - Sivas - Ankara	2014	21	18
Lamda:0,1 Gama:0,4		Toplam	5910	76

Tablo 6. Üçüncü Haftaya Ait Rota, Mesafe, Yük Bilgileri (Route,Distance,Loads for the 3rd week)

Rota No	İller	Mesafe	Dağıtım	Toplama
1	Ankara - Sivas - Erzurum - Diyarbakır - Malatya - Ankara	2112	29	25
2	Ankara - Afyon - İçel - Hatay - Kayseri - Ankara	1851	30	25
3	Ankara - İzmir - Balıkesir - Yalova - Eskişehir - Ankara	1411	25	23
4	Ankara - Bolu - Ankara	382	6	7
Lamda:0,5 Gama:0,1		Toplam	5756	90

Tablo 7. Dördüncü Haftaya Ait Rota, Mesafe, Yük Bilgileri (Route,Distance,Loads for the 4th week)

Rota No	İller	Mesafe	Dağıtım	Toplama
1	Ankara - Niğde - Konya - Uşak - İzmir - Bursa - Yalova - Kocaeli - Bolu - Ankara	1950	30	22
2	Ankara - Sivas - Erzurum - Diyarbakır - Malatya - Hatay - Ankara	2511	29	26
3	Ankara - Eskişehir - Ankara	466	5	3
Lamda:0,9 Gama:0,4		Toplam	4927	64

Tablo 8. Beşinci Haftaya Ait Rota, Mesafe, Yük Bilgileri (Route,Distance,Loads for the 5th week)

Rota No	İller	Mesafe	Dağıtım	Toplama
1	Ankara - Kayseri - Sivas - Erzincan - Erzurum - Diyarbakır - Elazığ - Malatya - Hatay - İçel - Niğde - Konya - Afyon - Uşak - İzmir - Balıkesir - Bursa - Kocaeli - Ankara	3966	30	26
2	Ankara - Bolu - İstanbul - Yalova - Eskişehir - Ankara	1068	5	2
Lamda:0,2 Gama:0,9		Toplam	5034	35

Tablo 9. Altıncı Haftaya Ait Rota, Mesafe, Yük Bilgileri (Route,Distance,Loads for the 6th week)

Rota No	İller	Mesafe	Dağıtım	Toplama
1	Ankara - Sivas - Erzincan - Erzurum - Diyarbakır - Elazığ - Malatya - Hatay - Niğde - Ankara	2572	28	27
2	Ankara - İçel - Afyon - Uşak - Balıkesir - Kocaeli - İstanbul - Ankara	2236	16	14
Lamda:0,3 Gama:0,2		Toplam	4808	44

Tablo 10. Yedinci Haftaya Ait Rota, Mesafe, Yük Bilgileri (Route,Distance,Loads for the 7th week)

Rota No	İller	Mesafe	Dağıtım	Toplama
1	Ankara - Kayseri - Sivas - Erzincan - Erzurum - Diyarbakır - Elazığ - Malatya - Hatay - İçel - Niğde - Konya - Afyon - Uşak - İzmir - Balıkesir - Bursa - Yalova - Kocaeli - Bolu - Ankara	3968	29	24
2	Ankara - İstanbul - Eskişehir - Ankara	1016	4	5
Lamda:0,6 Gama:0,1		Toplam	4984	33

Tablo 11. Sekizinci Haftaya Ait Rota, Mesafe, Yük Bilgileri (Route,Distance,Loads for the 8th week)

Rota No	İller	Mesafe	Dağıtım	Toplama
1	Ankara - Sivas - Erzincan - Erzurum - Diyarbakır - Elazığ - Malatya - İçel - Niğde - Konya - İzmir - Balıkesir - İstanbul - Kocaeli - Eskişehir - Ankara	4043	29	26
2	Ankara - Bolu - Ankara	382	3	0
Lamda:0,4 Gama:0,5		Toplam	4425	32

Tablo 12. Dokuzuncu Haftaya Ait Rota, Mesafe, Yük Bilgileri (Route,Distance,Loads for the 9th week)

Rota No	İller	Mesafe	Dağıtım	Toplama
1	Ankara - Sivas - Erzincan - Erzurum - Diyarbakır - Elazığ - Malatya - Hatay - Ankara	2511	30	26
2	Ankara - Eskişehir - Uşak - İzmir - Balıkesir - Bursa - Yalova - Kocaeli - İstanbul - Bolu - Ankara	1685	30	27
3	Ankara - Afyon - Konya - İçel - Niğde - Kayseri - Ankara	1474	17	18
Lamda:0,1 Gama:0,4		Toplam	5670	77

Tablo 13. Onuncu Haftaya Ait Rota, Mesafe, Yük Bilgileri (Route,Distance,Loads for the 10th week)

Rota No	İller	Mesafe	Dağıtım	Toplama
1	Ankara - Bursa - Yalova - İstanbul - Kocaeli - Bolu - Ankara	1080	30	25
2	Ankara - Erzincan - Erzurum - Diyarbakır - Elazığ - Ankara	2112	28	26
3	Ankara - İçel - Hatay - Malatya - Sivas - Ankara	1811	29	26
4	Ankara - Afyon - Konya - Niğde - Kayseri - Ankara	1183	29	23
5	Ankara - Uşak - İzmir - Balıkesir - Eskişehir - Ankara	1282	28	27
Lamda:0,6 Gama:0,2		Toplam	7468	144

Tablo 14. En Kısa Rotaları Oluşturan Lamda-Gama Değerleri ve Rota Sayıları (The Shortest Route And Route Quantities For The Given Lamda, Gamma)

Hafta No	Lamda - Gama	Rota Uzunluğu	Rota Sayısı
1	0,1 - 0,5	5113	3
2	0,1 - 0,4	5910	3
3	0,5 - 0,1	5120	4
4	0,9 - 0,4	4927	3
5	0,2 - 0,9	5034	2
6	0,3 - 0,2	5210	2
7	0,6 - 0,1	4885	2
8	0,4 - 0,5	4425	2
9	0,1 - 0,4	5670	3
10	0,6 - 0,2	7468	5

Ancak programın 0,01 hassasiyetle çalıştırılması özellikle nokta sayısının fazla olduğu durumlarda çözüm süresini üssel olarak arttırdığı için tercih edilmemelidir. Çünkü 0,1 hassasiyetle çalıştırılrsa dahi en kısa rota değeri olan 5670 değerini bulabilmektedir.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Hazırlanan VRP2.0 programında 10 haftalık veriler girilmiş, bulunan sonuçların mevcut sistemle mesafece karşılaştırmaları yapılarak Tablo 15’de sunulmuştur.

Tablo 15 incelendiğinde 10 haftalık süreç içinde her hafta tasarruf edildiği görülmektedir. Özellikle talep miktarının en fazla olduğu 10ncu haftada bile %30 tasarruf edilmesi dikkat çekicidir.

VRP2.0 Programı ile sadece kat edilen mesafelerde değil aynı zamanda kullanılan araç sayısında da tasarruf sağlanmaktadır. Mevcut sistemle, VRP 2.0 sonuçlarının kullanılan araç sayısı bakımından karşılaştırılması Tablo 16’da sunulmuştur.

Tasarruf edilen miktarlar hesaplanırken aracın 1Km’yi kat etme maliyeti; 1.2 YTL ve aracın standart maliyeti; 2.604 YTL. olarak alınmıştır. Tasarruf edilen

miktarlar örneğin dokuzuncu hafta değerlerine göre yıllık olarak hesaplanırsa;

$6080 \times 52 = 316.181$ YTL kısalan mesafeden,
 $10.416 \times 52 = 541.632$ YTL kullanılmayan araçtan ve toplam; 857.813 YTL tasarruf edilmiş olur.

Tasarruf edilen miktarlar en fazla talebin olduğu onuncu haftaya göre hesaplanırsa;

$3923 \times 52 = 203.486$ YTL kısalan mesafeden,
 $5.208 \times 52 = 270.816$ YTL kullanılmayan araçtan ve toplam; 474.802 YTL tasarruf edilmiş olur.

Görüldüğü gibi VRP2.0 ile hem kullanılmayan araçtan hem de kısalan mesafeden oldukça fazla tasarruf edilebilmektedir. Bu hesaplamaların yıl bazında yapıldığı düşünülürse rakamların daha da büyüyeceği aşikardır.

10 haftalık verilere göre VRP2.0 programı ile mevcut sistemin mesafece karşılaştırılması Şekil 7’de; kullanılan araç sayısı bakımından karşılaştırılması Şekil 8’de görülmektedir.

NOT: Bu çalışma 2006 yılında KHO Savunma Bilimleri Enstitüsü 1. Savunma Bilimleri Araştırma Teşvik Ödülü Tez Kategorisinde 3 üncülük derecesi almıştır.

SEMBOLLER (LIST OF SYMBOLS)

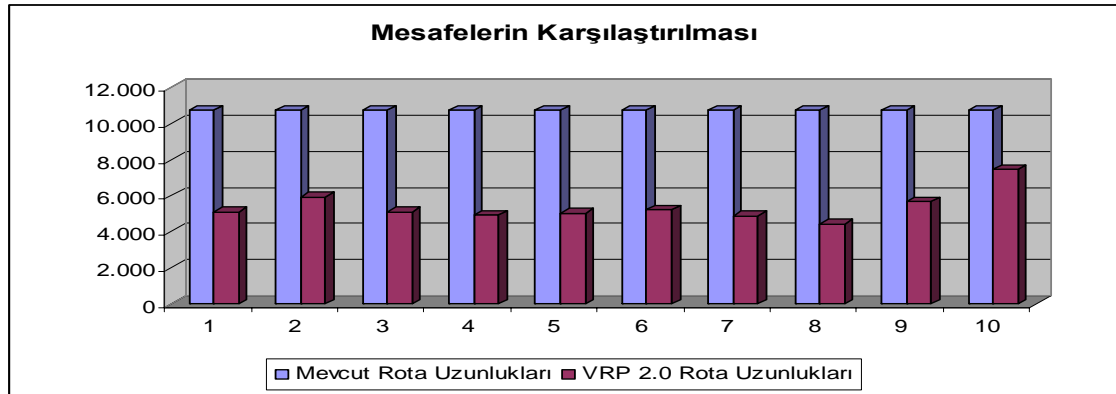
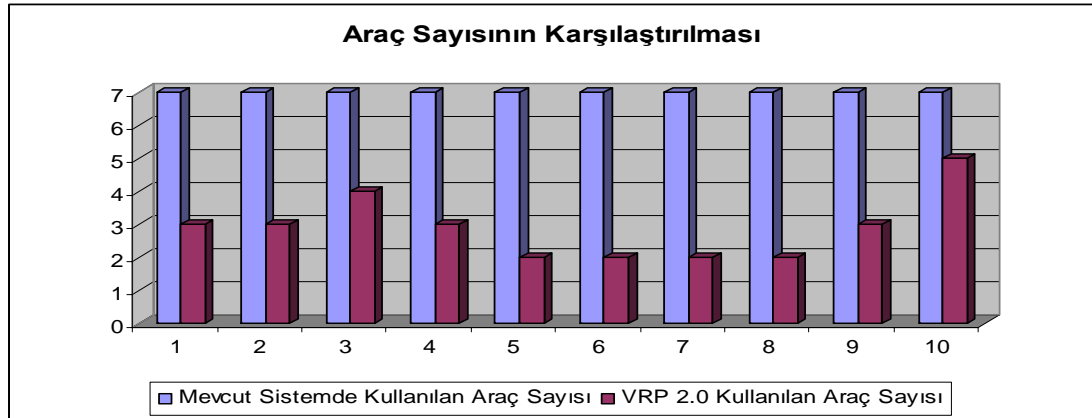
J	: Malzeme taşınacak yerler (birlik, fabrika, yük aktarma noktası vs.),
V	: Araçlar,
C	: Araç kapasitesi,
C_{ij}	: i ve j noktaları arasındaki mesafe,
D_j	: J noktasına dağıtım yapılacak malzeme miktarı,
n	: Dağıtım yapılacak nokta sayısı,
P_j	: J noktasından toplama yapılacak malzeme miktarı,
M	: büyük sayı,
PRI(q)	: q noktasından önce rotaya eklenecek nokta,
SUI(q)	: q noktasından sonra rotaya eklenecek nokta,

Tablo 15. Haftalara Göre Rotaların Mesafece Karşılaştırılması (Distance Comparison According To Weeks)

HAFTALAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MEVCUT SİSTEM	10.737	10.737	10.737	10.737	10.737	10.737	10.737	10.737	10.737	10.737
VRP 2.0 PROGRAMI	5.113	5.910	5.120	4.927	5.034	5.210	4.885	4.425	5.670	7.468
TASARRUF EDİLEN MESAFE (Km)	5.624	4.827	5.617	5.810	5.703	5.527	5.852	6.312	5.067	3.269
TASARRUF EDİLEN PARA (YTL)	6.749	5.792	6.740	6.972	6.844	6.632	7.022	7.574	6.080	3.923
TOPLAM	64.330 YTL Tasarruf Edilmiştir.									

Tablo 16. Haftalara Göre Rotaların Kullanılan Araç Sayısı Bakımından Karşılaştırılması (Comparing Vehicle Quantity According To Weeks)

HAFTALAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MEVCUT SİSTEM	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
VRP 2.0 PROGRAMI	3	3	4	3	2	2	2	2	3	5
TASARRUF EDİLEN	4	4	3	4	5	5	5	5	4	2
TASARRUF EDİLEN PARA (YTL)	10.416	10.416	7.812	10.416	13.020	13.020	13.020	13.020	10.416	5.208
TOPLAM	106.764 YTL Tasarruf Edilmiştir.									

**Şekil 7.** Rota Uzunluklarının Karşılaştırılması (Comparisons According to Route Length)**Şekil 8.** Kullanılan Araç Sayısı Bakımından Karşılaştırma (Comparisons According To Vehicle Quantity)

CD(i)	: depodan i noktasına kadar olan rota mesafesi,
CP(i)	: i noktasından depoya kadar olan rota mesafesi,
C_{max}	: Mesafe matrisindeki en büyük değer,
C_{min}	: Mesafe matrisindeki en küçük değer.
l'_v	: Aracın depodan çıkarkenki yükü,
l_j	: Aracın J noktasından sonraki yükü,
π_j	: Alt tur oluşmasını engelleyen değişken,
x_{ijv}	: V aracının i noktasından j noktasına gidip gitmeyeceğini belirten değişken,
RD(i)	: i noktasından sonra eklenecek nokta için depodan taşınabilecek azami yük miktarı,
RP(i)	: i noktasından sonra eklenecek noktadan depoya taşımak üzere toplanabilecek azami yük miktarı,
RDT(i)	: Aracın i noktasını terk ederkenki boş kapasitesinin, depodan i+1 noktasına kadar olan rota uzunluğu ile çarpımının, her noktanın depoya olan mesafesinin toplamına oranı,
RPT(i)	: Aracın i noktasını terk ederkenki boş kapasitesinin, i noktasından ileriye depoya doğru kat ettiği mesafe ile çarpımının, her noktanın rotada ileriye doğru depoya olan mesafelerinin toplamına oranı,
Ψ_{TD}	: Rotaya eklenecek k noktası rota uzunluğunu ne kadar arttırdığı.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Toth, P. and Vigo, D., **The Vehicle Routing Problem**, Philadelphia, SIAM, 2002.
- Bachem A., Hochstattler, W. and Malich, M., "The Simulated Trading Heuristic for Solving Vehicle Routing Problems", **Report No 93.139** Mathematisches Institut Universit at zu Koln, 1993.
- Casco, D., Golden, L. and Wasil, E.A., **Vehicle Routing: Methods and Studies**, Elsevier-Amsterdam 1988.
- Dantzig, G.B. and Ramser, Jh., "The Truck Dispatching Problem", **Management Science**, 6, 80-91, 1959.
- Anily, S. and Mosheiov, G., "The Traveling Salesman Problem with Delivery and Backhauls", **Operations Research Letters**, 16, 11-18, 1994.
- Dumas, Y., Desrosiers, J. Vd., "The Pick Up And Delivery Problem ith Time Windows", **European Journal Of Operation Research**, 54, 7-22, 1991.
- Gendreau M., G. Laporte and Vigo, D., "Heuristics for the Traveling Salesman Problem with Pickup and Delivery", **Computers & Operations Research**, 26, 699-714, 1999.
- Mosheiov G., "The Travelling Salesman Problem with Pick-Up and Delivery", **European Journal of Operational Research**, 79, 299-310, 1994.
- Nagy, G., Salhi, S., "Heuristic Algorithms for Single and Multiple Depot Vehicle Routing Problems with Pickups and Deliveries", **European Journal of Operational Research**, 162, 126-141, 2005.
- Golden B.L., Baker E. K., Alfaro J. L. and Schaffer J. R., "The Vehicle Routing Problem with Backhauling: Two Approaches", **Working Paper**, University of Maryland, College Park, 17, 1985.
- Salhi, S., Nagy, G., "A Cluster Insertion Heuristic for Single and Multiple Depot Vehicle Routing Problems with Backhauling", **Journal of the Operational Research Society** 50, 1034-1042, 1999.
- Min, H., "The Multiple Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-up Points", **Transportation Research**, 23A, 377-386, 1989.
- Salhi, E., Nagy, D., "The Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick Up and Delivery", **European Journal of Operation Research**, IX, 3, 84-102, 2002.
- Dethloff, J., "Vehicle Routing And Reverse Logistics: The Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-Up", **OR Spektrum**, 23, 79-96, 2001.
- Gökçen, H., **Yönetim Bilgi Sistemleri**, Ankara, Epi Yayıncılık, 2002.

