

Heterojen Araç Filolu Eş Zamanlı Dağıtım-Toplamalı Araç Rotalama Problemi İçin Bir Karar Destek Sistemi

Suna ÇETİN, Emre ÖZKÜTÜK ve Cevriye GENCER

Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 71450, Türkiye
Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye
Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, 06570 Türkiye

Tel: +90 (312) 582 38 45; Fax: +90 (312) 230 84 34, sunaozel@gazi.edu.tr, emreozkutuk@hotmail.com, ctemel@gazi.edu.tr

Özet — Bu çalışmada heterojen araç filolu eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemlerinin çözümü için yeni bir sezgisel algoritma önerilmiş ve önerilen algoritmaya dayalı bir karar destek sistemi (KDS) oluşturulmuştur. Karar destek sistemi, tek bir depodan çeşitli noktalarda bulunan müşterilerin dağıtım ve toplama taleplerini minimum maliyetle yapabilecek uygun araç filosu karışımını ve bu araçların hangi güzergâhları kullanacağını gösteren rotaları belirlemekte ve karar vericiye sunmaktadır. Hazırlanan KDS'nin ara yüzleri Visual Basic 6.0 programlama diliyle, hesaplama algoritması ise C++ programlama diliyle kodlanmıştır. Literatürde karşılaştırma yapacak test problemlerinin olmaması sebebiyle algoritma, taşıma faaliyeti gösteren bir şirketin verileri alınarak denenmiş ve mevcut durumla mesafe ve maliyet açısından karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler—Araç rotalama problemleri (ARP), dağıtım toplamalı ARP, Eş zamanlı dağıtım toplamalı ARP, heterojen filolu ARP, Karar destek sistemi, Sezgisel algoritma.

Abstract — In this study a new heuristic algorithm is developed for the heterogeneous fleet vehicle routing problem with simultaneous delivery and pickup (heterogeneous fleet VRSPD). A decision support system (DSS), which is based on this algorithm, is composed. The decision support system determines the vehicle fleet composition and the routes, which are originated at a central depot and serve a set of customers with known pick up and delivery demand with minimum cost. Visual basic 6.0 is used to code the interface of DSS and C++ programming language is used to code the computation algorithm. Since there are not benchmarking problems in the literature, the algorithm is tested using the real data of a transportation firm and the results derived are compared to the current situation by distance and total cost.

Keywords: Vehicle routing problem (VRP); VRP with pick up and delivery; VRP with simultaneous pick up and delivery; Heterogeneous VRP; Decision support system; Heuristic algorithm.

I. GİRİŞ

Eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemleri, rota boyunca müşterilerin dağıtım ve toplama taleplerinin eş zamanlı olarak gerçekleştirildiği problemlerdir. Böylece müşteriler sadece bir defa ziyaret edilmiş olurlar.

Eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemleri ilk defa Min [1] tarafından ortaya atılmıştır. Min'in algoritması önce kümeleme sonra rotalama yöntemini temel almıştır.

Dethloff [2] eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemleri için ekleme temelli yeni bir sezgisel algoritma geliştirmiştir. Geliştirilen algoritma ile Min tarafından sunulan algoritmanın bulunduğu rotalardan daha iyi bir sonuca ulaşılmıştır.

Nagy ve Salhi [3] dağıtım-toplamalı araç rotalama problemleri için genel bir algoritma geliştirmiş ve bu algoritmayı hem karışık dağıtım-toplamalı araç rotalama problemlerinde hem de eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemlerine uygulamışlardır. Geliştirdikleri algoritmayı Min'in algoritması ile kıyaslamışlar ve daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemlerine olan ilginin son yıllarda arttığı gözlenmiştir [4-10]

Teoride çok sık karşılaşılmasına rağmen uygulamada kullanılan araç filoları genellikle homojen değildir. Yani araç filoları kapasite, sabit ve değişken maliyetler ya da özel konteynırlara sahip değişik araçlardan oluşmaktadırlar. Bu nedenle gerçek hayat uygulamalarında genellikle heterojen araç filolu araç rotalama problemleriyle karşılaşmaktadır. Fakat heterojen araç filolu araç rotalama problemlerinin çözümü zor olduğundan literatürde bu konuda çok daha çok sezgiseller yöntemlere yönelik çalışma yapılmıştır.

Literatürde üç tip heterojen araç filolu araç rotalama problemi üzerine çalışılmıştır. Bunlardan ilki, Golden ve diğerleri [11] tarafından sunulan her bir araç tipinin sınırsız olduğu varsayılan ve her bir araç tipi için aynı değişken maliyetlerin verildiği problemlerdir. Bu tip problemler aynı zamanda Karışık Araç Filolu, Filo Büyüklüğü ve Karışımı Araç Rotalama Problemi veya Filo Büyüklüğü ve Bileşimi Araç Rotalama Problemi olarak adlandırılmıştır.

İkinci tip, ilk tip problemlerde ihmal edilmiş olan araç tipine bağlı değişken maliyetlerin de düşünüldüğü problemlerdir. Üçüncü tip problemler ise her tipten araç sayısını sınırlandırmak suretiyle ikinci versiyonun geliştirilmiş halidir [12].

Heterojen araç filolu araç rotalama problemlerinin karmaşıklığı nedeniyle yapılan çalışmalarda genellikle sezgisel algoritmalar geliştirilmiştir [11,13-16].

Literatürde heterojen araç filolu araç rotalama problemlerinin çözümü için çeşitli metasezgisel algoritmalar da bulunmaktadır [16-18].

Bu çalışmada, heterojen araç filolu eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemlerinin çözümü için yeni bir sezgisel algoritma önerilmiştir.

II. ÖNERİLEN MODELİN MATEMATİKSEL MODELİ

Heterojen araç filolu eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemlerinin çözümü için önerilen matematiksel model aşağıda sunulmuştur.

Notasyon :

J : Müşteri noktaları ($i, j=1,2,\dots,J$),

J_0 : Depo dahil tüm noktalar kümesi ($i, j=0,1,2,\dots,J$),

V : Araçlar ($v=1,2,\dots,V$).

Parametreler :

C_v : v 'inci aracın kapasitesi,

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

D_j : j noktasının depodan talep ettiği malzeme miktarı,

n : Dağıtım yapılacak nokta sayısı,

P_j : j noktasından depoya geri gönderilecek malzeme miktarı,

M : Çok büyük pozitif bir sayı,

M_v : v 'inci aracın birim maliyeti.

Karar Değişkenleri :

l_v' : Depodan ayrılırken v 'inci aracın yükü,

l_{vj} : j noktasından ayrılırken v 'inci aracın yükü,

π_j : Alt tur oluşmasını engelleyen değişken,

$x_{ijv} = \begin{cases} 1, & v \text{ aracı } i \text{ ve } j \text{ arasında taşıma yapıyorsa,} \\ 0, & \text{diğer durumlarda.} \end{cases}$

Model :

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

Kısıtlar

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

$$\sum_{i \in J_0} x_{isv} = \sum_{j \in J_0} x_{sjv} \quad v = 1, 2, \dots, V \quad (3)$$

$$l_v' = \sum_{i \in J_0} \sum_{j \in J} D_j x_{ijv} \quad v = 1, 2, \dots, V \quad (4)$$

$$l_j \geq l_v' - D_j + P_j - M(1 - x_{0jv}) \quad v = 1, 2, \dots, V; j = 1, 2, \dots, J \quad (5)$$

$$l_j \geq l_i - D_j + P_j - M(1 - \sum_{v \in V} x_{ijv}) \quad i, j = 0, 1, 2, \dots, J \quad (6)$$

$$l_v' \leq C_v \quad v = 1, 2, \dots, V \quad (7)$$

$$l_{vj} \leq C_v \quad v = 1, 2, \dots, V; j = 1, 2, \dots, J \quad (8)$$

$$\pi_j \geq \pi_i + 1 - n(1 - \sum_{v \in V} x_{ijv}) \quad j = 1, 2, \dots, J; i = 1, 2, \dots, J \quad (9)$$

$$\pi_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (10)$$

$$x_{ijv} \in \{0,1\} \quad j = 1, 2, \dots, J; i = 1, 2, \dots, J; v = 1, 2, \dots, V \quad (11)$$

Modeldeki (1), eşitliği toplam maliyeti minimize eden amaç fonksiyonudur. (2) nolu kısıt, her müşterinin sadece bir kez ziyaret edilmesini, (3) nolu kısıt, her müşteriye aynı araçla varılmasını ve müşteriden aynı aracın ayrılmasını sağlamaktadır. (4) nolu kısıt, başlangıçtaki araç yüklerini; (5) nolu kısıt, ilk müşteriden sonraki araç yükünü; (6) nolu kısıt, rota boyunca araç yüklerini sınırlandırmaktadır. (7) ve (8) nolu kısıtlar, sırasıyla ilk müşteriden sonraki ve rota boyunca araç yüklerinin kullanılan araç kapasitesini geçmemesini sağlamaktadır. (9) ve (10) nolu kısıtlar, alt tur oluşmasını engellemektedir.

Eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemleri ve heterojen araç filolu araç rotalama problemleri çözümü zor yani NP-hard problemler sınıfına girmektedir. Bu nedenle bu iki tip problemin birleşiminden oluşan heterojen araç filolu eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemleri de NP-hard problem sınıfına girmektedir. Bu tip problemlerin çözümünde araç ve müşteri sayısı arttıkça problem çözüm zamanı büyümekte ya da imkânsızlaşmaktadır. Bu nedenle söz konusu çalışmada bu tip problemlerin daha kısa sürede çözümü için sezgisel bir algoritma önerilmiştir.

III. ÖNERİLEN ALGORİTMA

Önerilen algoritma, Taillard'ın [19] ve Dethloff'un [2] algoritmalarına dayanmaktadır. Algoritma araç filosu açısından; her tipten araç sayılarının sınırlandırıldığı ve her tip aracın maliyetinin de farklı olduğu heterojen araç filolu araç rotalama problemlerinin çözümüne yöneliktir. Algoritmanın araç filosu karışımının belirlenmesi kısmı Taillard'ın [19] algoritması temel alınarak geliştirilmiş ve maliyetlerin karşılaştırılması yöntemi uygulanmıştır. Eş zamanlı araç rotalama probleminin çözümünde ise Dethloff'un ekleme temelli sezgisel algoritması temel alınmıştır.

Geliştirilen algoritma üç ana aşamadan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi, algoritmada kullanılacak olan araç kombinasyonlarının belirlenmesi; ikincisi, ekleme temelli sezgisel algoritmanın uygulanarak araç rotaları kümelerinin oluşturulması ve sonucusu, bulunan rotaların maliyetlerinin hesaplanarak en az maliyetli rota kümesinin belirlenmesidir.

Algoritmanın adımları aşağıdadır:

Adım1: Rotalanacak noktaların nokta kümesini (J_0) oluştur.

Adım2:Her rota için kullanılacak araçların bütün kombinasyonlarını hesapla. Bu adımda her rotanın belirlenmesinde sırasıyla her tip aracın deneneceği düşünülerek kullanılacak araç tiplerine göre kombinasyonlar hesaplanır. Örneğin her rota için 30 ton-45 ton-60 tonluk araç tipleri sırasıyla denenecektir.

Adım3:Araç sıra listesini sıradaki kombinasyon için hesapla. Bu adımda da rotalar belirlenirken kullanılacak araç sırası listesi bulunmaktadır. Toplam $N!$ tane kombinasyon olacaktır. Örneğin ilk rota için 30 ton, ikinci rota için 30 ton ve üçüncü rota için 45 ton gibi.

Adım4:Araç sıra listesi dolu gelmişse Adım 5'e, boş gelmişse Adım 7'ye git.

Adım5:Araç sıra listesine uygun olarak Dethloff algoritmasını uygulayarak araç rotalarını belirle.

Adım6:Bulunan rota kümesi $R[]$ çözümü için maliyet hesabını yap. Eğer bulunan maliyet en düşük maliyet ise, bulunan rota çözümünü $R^*[]$ ve AracSırası $^*[]$ listesini sakla ve Adım 3'e git.

Adım7:Bulunan en düşük maliyetli rota çözümünü $R^*[]$ ve AracSırası $^*[]$ listesini dosyaya yaz.

Adım8:Dur.
Algoritmanın akış diyagramı Şekil-1'de verilmektedir.

IV: KDS'NİN OLUŞTURULMASI

Hazırlanan KDS'nin ara yüzleri Visual Basic 6.0 programlama diliyle, hesaplama algoritması ise C++ programlama diliyle kodlanmıştır. Program, verilerin girildiği ve sonuçların alındığı arayüz olmak üzere iki ana arayüzden oluşmaktadır.

Giriş arayüzü, kullanıcının verileri ve hesaplama kriterlerini girdiği arayüzdür. Bu arayüzde öncelikle dağıtım ve toplama yapılacak düğümler seçilerek, düğümlerin dağıtım ve toplama talepleri girilir. Bu talepler girildikçe rota bilgileri bölümünde toplam dağıtılan yük ve toplanan yük bilgileri otomatik olarak hesaplanarak kullanıcıya gösterilmektedir. "Kapasite seçimi" bölümünde rotalamada kullanılabilecek araçların tiplerine göre ayrı ayrı sayıları, kapasiteleri, değişken ve sabit maliyetleri girilir. Araçlar eklendikçe toplam araç sayısı ve toplam kapasite otomatik olarak hesaplanarak kullanıcıya gösterilmektedir. Eğer toplam dağıtılan ve toplanan yük miktarları toplam kapasiteden fazlaysa Rota Bilgileri bölümünde kırmızı harflerle "Toplam Araç Kapasitesi Yeterli Değil" ikazı verilmektedir ve program hesaplama yapmamaktadır. Malzeme ve araç bilgileri girildikten sonra hesaplama katsayıları bölümüne ceza ve ödül katsayıları GAMA ve LAMDA değerleri 0 ile 1 arasında olacak şekilde girilir ve "Hesaplama" düğmesine basılarak hesaplama işlemine başlanılır.

Kullanıcı tarafından sık sık tekrarlanan malzeme transferleri mevcutsa programın her kullanımında bu değerlerin tekrar tekrar girilmesini engellemek için program menüsüne "Program Sakla" ve "Program Yükle" butonları yerleştirilmiştir. Kullanıcı sık sık tekrarladığı malzeme transfer bilgilerini programa girdikten sonra "Program Sakla" butonuna basarak girilen verileri hafızaya alır ve daha sonraki kullanımında "Program Yükle" butonuyla bu verileri programa tekrar çağırabilir. Programın giriş arayüzü Şekil-2'de görülmektedir.

"Hesaplama" butonuna basıldığında kullanıcı depo düğümünü seçmemiş ise Şekil-3'deki hata mesajı ile karşılaşmaktadır.

Hesaplamalar tamamlandığında bulunan rotaların harita üzerinde çizilerek gösterildiği bir arayüz ile, bulunan rotaların detaylarının bulunduğu bir sonuç arayüzü ekrana yansımaktadır (Şekil-4). Bu sonuç arayüzünde bulunan rotalar, rotaların kullandığı güzergâhlar, rotada kullanılan araç tipi, rotanın toplam mesafesi, rotanın maliyeti ve dağıtılacak ve toplanacak malzeme miktarları görülebilmektedir.

V. UYGULAMA

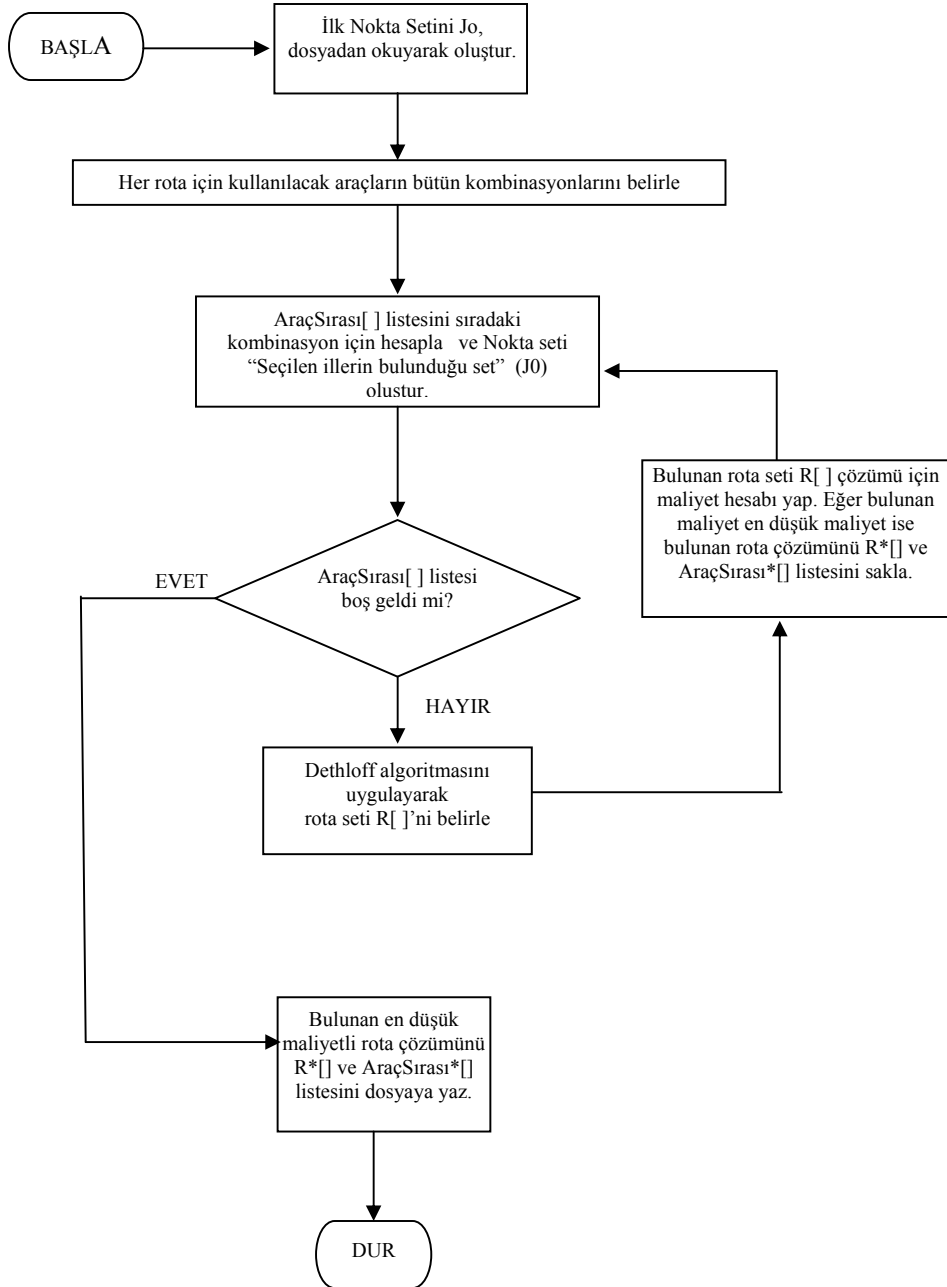
Literatürde heterojen araç filolu eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemlerinin çözümü için herhangi bir algoritma olmadığından karşılaştırma yapılabilecek test verileri de bulunmamaktadır. Bu nedenle geliştirilen algoritma bir taşıma şirketinin 6 haftalık verileri kullanılarak test edilmiş ve mevcut durumla karşılaştırılmıştır.

Şirkette taşımalar, belirlenmiş 7 rotaya göre yapılmaktadır. Belirlenmiş olan bu rotalar üzerindeki müşterilerden arz ve talepler haftalık olarak merkeze bildirilmekte ve tüm arz ve talepleri toplayan merkez, rotalara tahsis etmesi gereken araçların dağıtımını yapmaktadır. Rotalar standart olarak belirlendiği için, araç planlamasında toplam arz ve talepler hesaba katılmamakta ve bu nedenle gereksiz araç hareketleri, gereğinden fazla kat edilen mesafe ve maliyetlerle karşı karşıya kalınmaktadır. Bunun yanında hesaplamalar el ile yapıldığından personel ve zaman israfına da yol açmaktadır. Taşıma şirketinin karakteristik özellikleri Tablo-1'de verilmiştir.

TABLO-I
TAŞIMA ŞİRKETİNİN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

S. No	Özellikler	Durum
1	Mevcut Araç Sayısı	Çok araç
2	Mevcut Filo Tipi	Heterojen (birden fazla araç tipi)
3	Araçların Yerleşimi	Tek depoda
4	Taleplerin Yapısı	Deterministik (bilinen) talepler
5	Taleplerin Yerleşimi	Düğümlerde
6	Temel Şebeke Yapısı	Yönsüz
7	Araç Kapasite Kısıtları	Belirli (değişik araç kapasiteleri)
8	Maksimum Rota Süreleri	Belirsiz
9	Operasyonlar	Eş zamanlı dağıtım-toplama
10	Maliyet	Değişken veya rotalama maliyeti Sabit işletme veya araç maliyeti
11	Amaç	Toplam rotalama maliyetini minimize etmek Gerekli araç sayısını minimize etmek

Taşıma şirketinde, taşıma işlemleri farklı sayıda biri 75 m^3 , diğeri 53 m^3 taşıma kapasiteli 2 tip araç ile yapılmaktadır. Taşıma şirketinin kullandığı her iki aracın maliyeti $\$1/\text{km}$ 'dir.



Şekil-1 Önerilen algoritmanın akış diyagramı

En Kısa Rota Problemi

Program

	Dağıtım	Toplama		Dağıtım	Toplama		Dağıtım	Toplama
<input type="checkbox"/> ADANA-01	0	0	<input type="checkbox"/> EDİRNE-22	0	0	<input type="checkbox"/> KÜTAHYA-43	0	0
<input type="checkbox"/> ADYAMAN-02	0	0	<input checked="" type="checkbox"/> ELAZIĞ-23	18	13	<input checked="" type="checkbox"/> MALATYA-44	10	21
<input checked="" type="checkbox"/> AFYON-03	28	33	<input checked="" type="checkbox"/> ERZİNCAN-24	23	23	<input type="checkbox"/> MANİSA-45	0	0
<input type="checkbox"/> AĞRI-04	0	0	<input checked="" type="checkbox"/> ERZURUM-25	23	5	<input type="checkbox"/> MARDİN-47	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> AKSARAY-68	5	0	<input type="checkbox"/> ESKİŞEHİR-26	0	0	<input type="checkbox"/> MUĞLA-48	0	0
<input type="checkbox"/> AMASYA-05	0	0	<input type="checkbox"/> GAZİANTEP-27	0	0	<input type="checkbox"/> MUŞ-49	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> ANKARA-06	0	0	<input type="checkbox"/> GİRESUN-28	0	0	<input type="checkbox"/> NEVŞEHİR-50	0	0
<input type="checkbox"/> ANTALYA-07	0	0	<input type="checkbox"/> GÜMÜŞHANE-29	0	0	<input checked="" type="checkbox"/> NIĞDE-51	10	21
<input type="checkbox"/> ARDAHAN-75	0	0	<input type="checkbox"/> HAKKARİ-30	0	0	<input type="checkbox"/> ORDU-52	0	0
<input type="checkbox"/> ARTVİN-08	0	0	<input type="checkbox"/> HATAY-31	0	0	<input type="checkbox"/> OSMANİYE-80	0	0
<input type="checkbox"/> AYDIN-09	0	0	<input type="checkbox"/> İĞDİR-76	0	0	<input type="checkbox"/> RİZE-53	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> BALIKESİR-10	25	0	<input type="checkbox"/> İSPARTA-32	0	0	<input checked="" type="checkbox"/> SAKARYA-54	40	15
<input type="checkbox"/> BARTIN-74	0	0	<input checked="" type="checkbox"/> İÇEL-33	37	10	<input type="checkbox"/> SAMSUN-55	0	0
<input type="checkbox"/> BATMAN-72	0	0	<input checked="" type="checkbox"/> İSTANBUL-34	33	43	<input type="checkbox"/> SİRT-56	0	0
<input type="checkbox"/> BAYBURT-69	0	0	<input checked="" type="checkbox"/> İZMİR-35	37	53	<input type="checkbox"/> SİNOP-57	0	0
<input type="checkbox"/> BİLECİK-11	0	0	<input type="checkbox"/> K. MARAŞ-46	0	0	<input checked="" type="checkbox"/> SİVAS-58	10	0
<input type="checkbox"/> BİNGÖL-12	0	0	<input type="checkbox"/> KARABÜK-78	0	0	<input type="checkbox"/> ŞANLIURFA-63	0	0
<input type="checkbox"/> BİTLİS-13	0	0	<input type="checkbox"/> KARAMAN-70	0	0	<input type="checkbox"/> ŞİRİNAK-73	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> BOLU-14	3	0	<input type="checkbox"/> KARS-36	0	0	<input type="checkbox"/> TEKİRDAĞ-59	0	0
<input type="checkbox"/> BURDUR-15	0	0	<input type="checkbox"/> KASTAMONU-37	0	0	<input type="checkbox"/> TOKAT-60	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> BURSA-16	5	0	<input checked="" type="checkbox"/> KAYSERİ-38	53	30	<input type="checkbox"/> TRABZON-61	0	0
<input type="checkbox"/> ÇANAKKALE-17	0	0	<input type="checkbox"/> KIRIKKALE-71	0	0	<input type="checkbox"/> TUNCELİ-62	0	0
<input type="checkbox"/> ÇANKIRI-18	0	0	<input type="checkbox"/> KIRKLARELİ-39	0	0	<input type="checkbox"/> VAN-65	0	0
<input type="checkbox"/> ÇORUM-19	0	0	<input type="checkbox"/> KİRŞEHİR-40	0	0	<input type="checkbox"/> YALOVA-77	0	0
<input type="checkbox"/> DENİZLİ-20	0	0	<input type="checkbox"/> KIŞ-79	0	0	<input type="checkbox"/> YOZGAT-66	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> DİYARBAKIR-21	25	30	<input checked="" type="checkbox"/> KOCAELİ-41	2	12	<input type="checkbox"/> UŞAK-64	0	0
<input type="checkbox"/> DÜZCE-81	0	0	<input checked="" type="checkbox"/> KONYA-42	23	12	<input type="checkbox"/> ZONGULDAK-67	0	0

KAPASİTE SEÇİMİ

Araç Sayısı:

Kapasite:

Km Başına Maliyet (YTL):

Standart Maliyet (YTL):

4	75	1	1
4	55	1	1

Toplam Araç Sayısı:

Toplam Araç Kapasitesi:

HESAPLAMA KATSAYILARI

GAMMA:

LAMBDA:

Toplam Döngü Sayısı:

ROTA BİLGİLERİ

DEPO ŞEHİR NO:

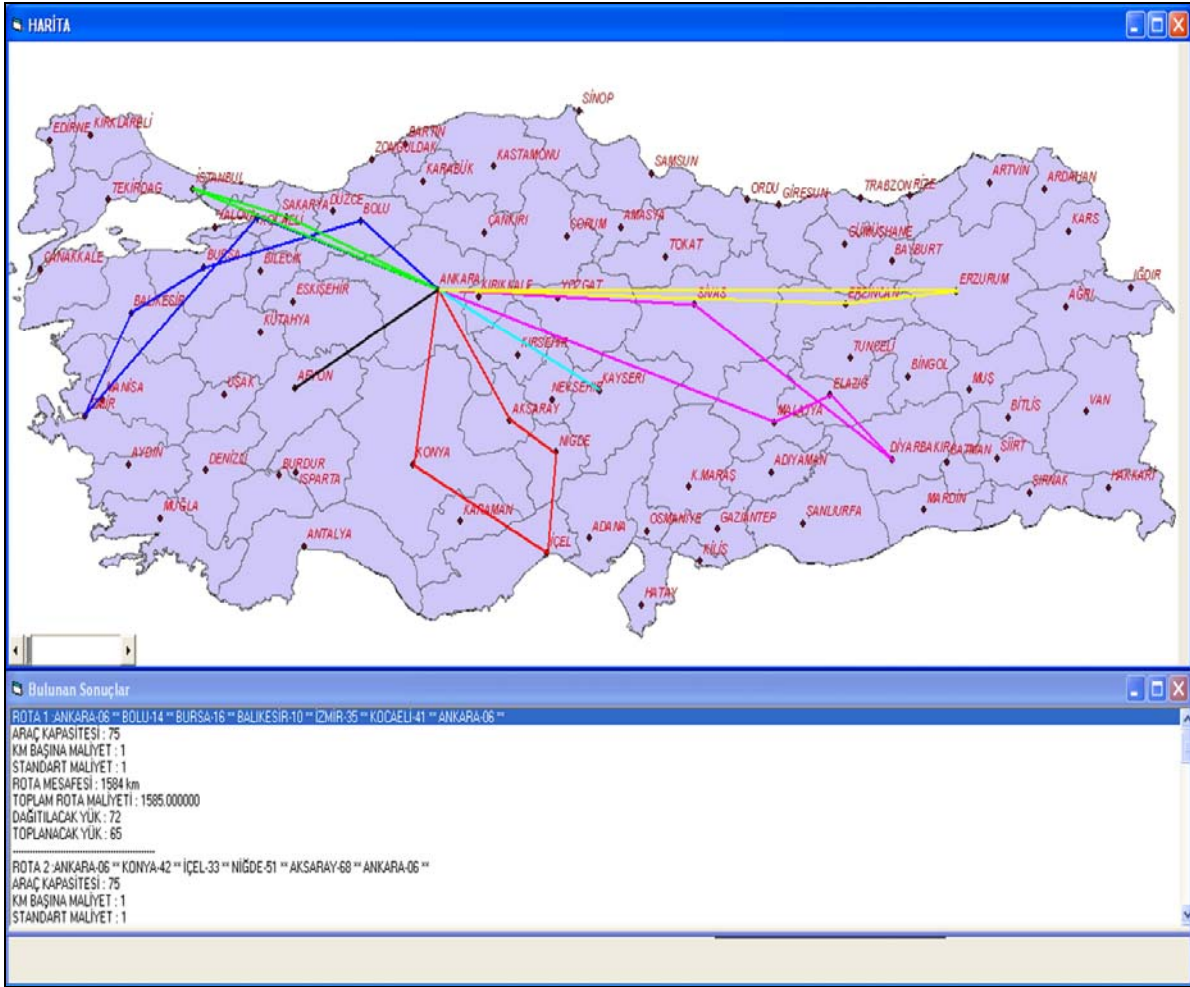
TOPLAM GİDEN YÜK:

TOPLAM GELEN YÜK:

Şekil-2 Karar Destek Sistemi Giriş Arayüzü



Şekil-3 Depo Şehri Seçilmemesi Hata Mesajı



Şekil-4 Sonuç Arayüzü

Bu çalışmada mevcut durumla bir karşılaştırma yapılacağından araç maliyetlerini her iki tip araç için \$1,35 olarak alınmıştır. Fakat önerilen algoritma farklı maliyetler için en iyi çözümü üretebilmektedir. Taşıma şirketinin 6 haftalık verileri Tablo-2'de verilmektedir.

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

Yaşa [20], Dethloff'un algoritmasını kullanarak yaptığı tez çalışmasında (0-1) arasında değer alabilen ceza ve ödül katsayılarını hangi değerler için daha iyi sonuç verdiğini araştırmış ve çok büyük farklılıklar olmamakla birlikte ceza değerinin küçük; ödül değerinin büyük olduğu durumlarda daha iyi sonuçlar elde edildiğini göstermiştir. Bu nedenle yapılan uygulamada ceza değeri 0,1 ve ödül değeri 0,9 olarak kullanılmıştır.

Tablo-II a ve b 'deki veriler kullanılarak KDS ile elde edilen sonuçların haftalara bazında kullanılan araçlar açısından karşılaştırması Tablo-III'de; kat edilen mesafelerin karşılaştırması Tablo-IV'de ve maliyetlerin karşılaştırılması Tablo-V'de verilmiştir.

TABLEO-II
a) TAŞIMA ŞİRKETİNE AİT İLK 3 HAFTALIK DAĞITIM-
TOPLAMA ÇİZELGESİ

Müşteriler / Hafta	1		2		3	
	D	T	D	T	D	T
A	28	33	27	45	6	32
B	5	0	0	0	3	30
C	25	0	55	10	40	0
D	3	0	1	0	8	0
E	5	0	1	0	8	66
F	25	30	0	30	5	30
G	18	13	40	15	15	0
H	23	23	19	13	25	28
I	23	5	10	10	30	25
J	33	43	19	50	32	45
K	37	70	36	41	54	14
L	57	30	43	30	46	30
M	0	0	0	0	2	0
N	2	12	11	5	8	5
O	23	12	14	11	16	12
P	10	21	20	15	20	10
Q	0	0	0	0	0	4
R	37	10	25	10	30	10
S	10	21	16	53	0	0
T	40	15	46	15	25	21
U	10	0	2	15	5	0
TOPLAM	414	338	385	368	378	362

TABLEO-II
b) TAŞIMA ŞİRKETİNE AİT İKİNCİ 3 HAFTALIK DAĞITIM-
TOPLAMA ÇİZELGESİ

Müşteriler / Hafta	4		5		6	
	D	T	D	D	T	D
A	75	30	60	75	30	60
B	1	0	0	1	0	0
C	35	3	38	35	3	38
D	2	0	4	2	0	4
E	5	30	22	5	30	22
F	0	30	2	0	30	2
G	30	0	38	30	0	38
H	23	30	30	23	30	30
I	30	15	30	30	15	30
J	37	65	37	37	65	37
K	58	56	30	58	56	30
L	64	30	30	64	30	30
M	2	0	0	2	0	0
N	10	16	4	10	16	4
O	20	0	25	20	0	25
P	16	28	20	16	28	20
Q	0	0	0	0	0	0
R	40	16	25	40	16	25
S	29	1	45	29	1	45
T	51	48	23	51	48	23
U	5	14	15	5	14	15
TOPLAM	533	412	478	533	412	478

TABLEO-III
HAFTALARA GÖRE KULLANILAN ARAÇLARIN
KARŞILAŞTIRILMASI

Haftalar	Mevcut Durum	Önerilen Algoritma	Tasarruf
1	8	6	2
2	7	6	1
3	7	6	1
4	9	9	0
5	8	8	0
6	10	6	4
Toplam	49	41	8

TABLEO-IV
HAFTALARA GÖRE KAT EDİLEN MESAFELERİN
KARŞILAŞTIRILMASI(KM.)

Haftalar	Mevcut Durum	Önerilen Algoritma	Tasarruf
1	11017	8088	2929
2	9185	8239	946
3	9185	8575	610
4	11380	9856	1524
5	10091	9371	720
6	13212	8238	4974
Toplam	64070	52367	11703

TABLE-V
HAFTALARA GÖRE MALİYETLERİN KARŞILAŞTIRILMASI (\$)

Haftalar	Mevcut Durum	Önerilen Algoritma	Tasarruf
1	14872,95	10918,8	3954,15
2	12399,75	11122,65	1277,1
3	12399,75	11576,25	823,5
4	15363	13305,6	2057,4
5	13622,85	12650,85	972
6	17836,2	11121,3	6714,9
Toplam	86494,5	70695,45	15799,05

Tablo-III incelendiğinde iki hafta hariç diğer haftalarda müşterilere daha az araçla hizmet edildiği görülmektedir. 6 haftalık periyotta toplam 8 araç tasarruf edilmiştir.

Tablo-IV incelendiğinde, önerilen algoritmanın kullanılması ile kat edilen mesafelerde de büyük tasarruflar sağlandığı görülmektedir.

Tablo-V incelendiğinde, önerilen algoritma ile maliyet açısından her hafta tasarruf edildiği görülmektedir. 6 haftada mevcut durumda toplam 86494,5 \$ harcanırken; önerilen algoritma ile toplam 70695,45 \$ harcanacaktır. Bu durumda önerilen algoritma 6 haftada toplam 15799,05 \$ tasarruf sağlamaktadır.

VI. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada heterojen araç filolu eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemlerinin çözümü için yeni bir sezgisel algoritma önerilmiştir. Literatürde karşılaştırma yapacak bir algoritma bulunmadığı için, önerilen algoritma bir taşıma şirketinin 6 haftalık verileri kullanılarak test edilmiş ve mevcut durumla karşılaştırılmıştır. Uygulama sonucunda önerilen algoritmanın mevcut durumundan daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Yapılan uygulama, kullanılan araç sayılarına, kat edilen mesafeye ve toplam maliyetlere göre karşılaştırılmıştır.

Uygulama sonucuna göre 6 haftalık periyotta toplamda, 8 araç; mesafede 11703km ve maliyette 15799.05\$ tasarruf edilmiştir.

Bu çalışmaya bağlı olarak ileride yapılacak çalışmalarda; müşteriler arası malzeme akışlı, heterojen araç filolu, eş zamanlı dağıtım-toplamalı, araç rotalama problemlerinin çözümü için bir algoritma geliştirilebilir.

Önerilen algoritmaya zaman penceresi kısıtı eklenmemiştir. Yine geliştirilen algoritmaya zaman penceresi kısıtı da eklenerek yeni bir algoritma geliştirilebilir.

Bu çalışmada araç filosunun tek depoda konuşlandığı ve araçların dağıtım-toplama hizmetinden sonra tekrar depoya döndüğü varsayılmıştır. Çoklu depo durumlarında heterojen araç filolu eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemleri için yeni bir algoritma geliştirilebilir.

VII.KAYNAKLAR

[1] Min, H., 1989, "The Multiple Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-Up Points", *Transportation Research-A*, 23A(5), 377-386.

[2] Dethloff, J., 2001, "Vehicle Routing and Reverse Logistics: The Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-Up", *OR Spektrum*, 23, 79-96.

[3] Nagy, G.; Salhi, S., 2003, "Heuristic Algorithms for Single and Multiple Depot Vehicle Routing Problems with Pickups and Deliveries", *European Journal of Operational Research*, 162, 126-141.

[4] Montane, F.A.T.; Galvao, R.D., 2006, "A Tabu Search Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick-Up and Delivery Service", *Computers and Operations Research*, 33, 595-619.

[5] Chen, P.; Huang, H.; Dong, X., 2007, An ant colony system based heuristic algorithm for the vehicle routing problem with simultaneous delivery and pickup, *ICIEA 2007: 2007 Second IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications*, 136-141.

[6] Zachariadis, E.E., Tarantilis, C.D. And Kiranoudis, C. T. "Hybrid metaheuristic algorithm for the vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up service", *Expert System with Applications*, 36: 1070-1081 (2009a).

[7] Zachariadis, E. E., Tarantilis, C. D. And Kiranoudis, C. T., "An adaptive memory methodology optimization for the vehicle routing problem with simultaneous pick-ups and deliveries", *European Journal of Operational Research*, 202(2): 401-411 (2009b).

[8] Subramanian, A., Drummond, L.M.A., Bentes C., Ochi, L.S. And Farias, R., "A parallel heuristic for the vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery", *Computers & Operations Research*, 37: 1899-1911 (2009).

[9] Gajpal Y, Abad P., "An ant colony system (ACS) for vehicle routing problem with simultaneous delivery and pickup", *Computers & Operations Research*, 36(12): 3215-3223 (2009).

[10] Ai, T., Kachitvichyanukul, V., "A particle swarm optimization for the vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery", *Computers & Operations Research*, 36: 1693-1702 (2009).

[11] Golden, B.; Assad, A.; Levy, L.; Gheysens, F., 1984, "The Fleet Size And Mix Vehicle Routing Problem", *Computers and Operations Research*, 11, 49-66.

[12] Choi, E.; Tcha, D.W., 2007, "A Column Generation Approach to the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem", *Computers and Operations Research*, 34, 2080-2095.

[13] Gheysens, F.; Golden, B.; Assad, A., 1984, "A Comparison of Techniques for Solving the Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem", *OR Spektrum*, 6, 207-216.

[14] Gheysens, F.; Golden, B.; Assad, A., 1986, "A New Heuristic for Determining Fleet Size and Composition", *Mathematical Programming Study*, 26, 233-236.

[15] Salhi, S., Rand, G.K., 1993, "Incorporating Vehicle Routing into the Vehicle Fleet Composition Problem", *European Journal of Operational Research*, 66, 313-360.

[16] Osman, I.; Salhi, S., 1996, Local search strategies for the vehicle fleet mix problem, in: V.J. , *Modern Heuristic Search Methods*, Wiley, 131-153.

[17] Gendreau, M., Laporte, G., Musaraganyi, C., Taillard, E.D., 1999, "A Tabu Search Heuristic for the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem", *Computers & Operations Research*, 26, 1153-1173.

[18] Taillard, E.D., 1999, "Heuristic Column Generation Method for the Heterogeneous Fleet VRP", *Recherche-Operationnelle* 33, 1-14.

[19] Taillard, E.D., 1996, "A Heuristic Column Generation Method for the Heterogeneous Fleet VRP", *Publication CRT*, 3, 1-13

[20] Yaşa, Ö., 2006, Ulaştırma Komutanlığı Ring Seferlerinin Eş Zamanlı Dağıtım Toplama Karar Destek Sistemi, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü.