

T.C.
KARA HARP OKULU
SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAREKÂT ARAŞTIRMASI ANA BİLİM DALI

MÜŞTERİLER ARASI MALZEME AKIŞLI
EŞ ZAMANLI DAĞITIM TOPLAMALI
ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ VE
UYGULAMALI BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
P. Ütğm. Yunus CAN

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Cevriye GENCER

ANKARA – 2009

Yazarın Notu: Bu tezde belirtilen görüş ve yorumlar yazana aittir. Türk Silahlı Kuvvetleri'nin ya da diğerk kamu kuruluşlarının görüşlerini yansıtmaz

Author's Note: The views and comments expressed in this thesis are the author's and do not necessarily reflect those of Turkish Armed Forces or other government agencies.

İmza (Signature)

TEZ TANITIM FORMU

TEZİN TARİHİ : 13.03.2009

TEZİN TİPİ : Yüksek Lisans Tezi

TEZİN BAŞLIĞI : Müşteriler arası malzeme akışlı eş zamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama problemleri ve uygulamalı bir karar destek sistemi

TEZİN YAPILDIĞI BİRİM : Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü
Harekat Araştırması Ana Bilim Dalı

SPONSOR KURULUŞ : -

DAĞITIM LİSTESİ : Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Tez Hazırlama, Onay, Dağıtım ve Muhafaza Esasları Kılavuzunda Belirtilen Yerlere

TEZİN ÖZETİ : Bu tezde, müşteriler arası malzeme akışlı eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemlerinin çözümü için mevcut algoritma yeniden düzenlenerek geliştirilmiş ve bu algoritmayı kullanan Karar Destek Sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan karar destek sistemi, Kara Kuvvetleri Lojistik Komutanlığı ring sefer verileri kullanılarak çalıştırılmış ve sonuçlar kullanılan araç sayısı, kat edilen mesafe ve toplam maliyetler açısından mevcut sistemle karşılaştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER : Araç Rotalama, Müşteriler arası malzeme akışı, Eş Zamanlı Dağıtım-Toplama, Karar Destek Sistemi

SAYFA SAYISI : 62

GİZLİLİK DERECESESİ : Tasnif Dışı

**T.C.
KARA HARP OKULU
SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAREKÂT ARAŞTIRMASI ANA BİLİM DALI**

**MÜŞTERİLER ARASI MALZEME AKIŞLI
EŞ ZAMANLI DAĞITIM TOPLAMALI
ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ VE
UYGULAMALI BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hazırlayan
P. Ütğm. Yunus CAN**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Cevriye GENCER**

ANKARA – 2009

KARA HARP OKULU

SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

P.Ütğm. Yunus CAN'ın, Müşteriler arası malzeme akışlı eş zamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama problemleri ve uygulamalı bir karar destek sistemi konulu tez çalışması, jürimiz tarafından HAREKÂT ARAŞTIRMASI Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Prof. Dr. Cevriye GENCER
(Danışman)

Üye

Altan ÖZKİL
Dr.Y.Müh.Alb.

Üye

Haluk AYGÜNEŞ
Dr.

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

13. / 03 / 2009

Taner ALTUNOK
Prof.Dr.Y.Müh.Alb.
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması boyunca geniş tecrübesi ile her zaman yanımda olan, tez süreci boyunca beni yönlendiren değerli tez danışmanım ve hocam Prof. Dr. Cevriye GENCER'e, gerek ders gerekse tez aşamasında ilgilerini eksik etmeyen ABD Başkanları Dr.Topçu Alb. Köksal HAZIR ve Doç.Dr.Topçu Alb. Güner GÜRSOY'a ve Enstitü Müdürü Prof.Dr.Taner ALTUNOK'a teşekkürlerimi sunarım.

Göstermiş olduğu sabır, anlayış ve desteği için sevgili eşime, en çok ilgiye ihtiyacı olduğu zamanda yeterli zamanı ayıramadığım ve bir an kapımdan ayrılmayan sevgili oğlum Burak'a ve yanımda olamasalar da manevi destek ve sevgilerini bir an olsun eksik etmeyen sevgili aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

T.C.
KARA HARP OKULU
SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAREKAT ARAŞTIRMASI ANA BİLİM DALI
ANKARA 2009

**MÜŞTERİLER ARASI MALZEME AKIŞLI
EŞ ZAMANLI DAĞITIM TOPLAMALI
ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ VE
UYGULAMALI BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yunus CAN

ÖZET

Müşteriler arası malzeme akışlı eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemi, malzemenin depodan talep eden müşterilere taşınması, buradan aynı zamanda depoya ve diğer müşterilere gidecek malzemelerin de alınarak, toplam katedilen yolu en küçük yaparak depoya dönen araç/araçların rotaların bulunması olarak tanımlanabilir.

Bu tezde, Gerdan tarafından önerilen algoritma yeniden düzenlenmiş, öncelik kısıtlarının belirlemesi için yeni bir algoritma önerilmiş ve Visual Basic 6.0 programlama dili ile bir KDS sistemi hazırlanarak, K.K. Loj. K.lığı beş haftalık ring seferlerine uygulanmış ve sonuçlar halihazır durumla karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Araç Rotalama, Müşteriler arası malzeme akışı, Eş Zamanlı Dağıtım-Toplama, Karar Destek Sistemi

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Cevriye GENCER

Sayfa Sayısı : 62

**T.C.
TURKISH MILITARY ACADEMY
DEFENSE SCIENCE INSTITUTE
DEPARTMENT OF OPERATION RESEARCH
ANKARA 2009**

**THE VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH SIMULTANEOUS
DELIVERY AND PICK-UP WITH MATERIAL FLOWS AMONG
CUSTOMERS AND A DECISION SUPPORT SYSTEM WITH
AN APPLICATION**

MASTER THESIS

Yunus CAN

ABSTRACT

Vehicle routing problem among customers with material flowing and simultaneous pick-up and delivery can be described as finding paths of vehicles back to depot which minimize the total distance gone for both carrying materials from depot to customers demanding materials and simultaneously gathering materials from customers to depot and other customers.

In this thesis, the algorithm proposed by Gerdan is rearranged, a new algorithm is proposed to determine priority constraints, and a decision support system is formed by using Visual Basic 6.0. This system is applied for the rings of the K.K. Loj. K.İği throughout five weeks and results are compared with the existing situation.

Keywords : Vehicle Routing, Simultaneous Delivery And Pick-Up, Decision Support System

Advisor : Prof. Dr. Cevriye GENCER

Number of Pages : 62

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR LİSTESİ	ix
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ

1. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN ÖZELLİKLERİ	2
a. Depo	2
b. Müşteriler	2
c. Araçlar	2
2. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN SINIFLANDIRILMASI	2
a. Kapasite ve Mesafe Kısıtlı Araç Rotalama Problemleri.....	3
b. Geri Toplamalı Araç Rotalama Problemleri.....	4
c. Zaman Pencerele Araç Rotalama Problemleri	5
d. Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemleri.....	5
3. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ.....	7
a. Dal-Sınır Yöntemi.....	7
b. Dal-Kesme Yöntemi	8
c. Küme Kaplama Tabanlı Algoritmalar	8
d. Klasik Hüristik Algoritmalar	8

e. Metahüristik algoritmalar.....	9
-----------------------------------	---

İKİNCİ BÖLÜM

DAĞITIM TOPLAMA PROBLEMLERİ

1. M-M PROBLEMLERİ	11
2. 1-1 PROBLEMLERİ	13
3. 1-M-1 PROBLEMLERİ	14

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MÜŞTERİLER ARASI MALZEME AKIŞLI EŞ ZAMANLI DAĞITIM TOPLAMALI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ

1. PROBLEMİN YAPISI	17
2. PROBLEMİN KARAKTERİSTİĞİ VE VARSAYIMLAR	18
3. PROBLEMİN DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ	18
4. M-M VRP_SDP SEZGİSEL ALGORİTMASI	21
a. Grupların Oluşturulması.....	27
b. Hizmet Önceliklerinin Belirlenmesi.....	28
5. M-M VRP_SDP algoritmasında yapılan düzenlemeler.....	30
6. ÖNCELİK KISITLARININ BELİRLENMESİNDE KULLANILABİLECEK BİR ALGORİTMA	33

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

KARAR DESTEK SİSTEMİ

1. KDS'NİN YETENEK VE ÖZELLİKLERİ.....	38
2. KDS'NİN TEMEL BİLEŞENLERİ.....	39
3. M-M VRP_SDP KARAR DESTEK SİSTEMİ	40

BEŞİNCİ BÖLÜM

K.K. LOJ. K.LİĞİ RİNG SEFERLERİNİN DÜZENLENMESİ

1. K.K.LOJ.K.LİĞİ RİNG SEFERLERİ ESASLARI	44
2. RİNG SEFERLERİNİN BELİRLENMESİ	45
3. UYGULAMA SONUÇLARI	56

ALTINCI BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

1. SONUÇLAR	58
2. ÖNERİLER	59
KAYNAKÇA	60

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo-1: M-M VRP_SDP nin özelliklerinin karşılaştırılması	17
Tablo-2: λ ve γ katsayılarının 0.1 artırım sonucu elde edilecek değerleri. .	24
Tablo-3: Hizmet öncelikleri.	29
Tablo-4: K.K. Loj. K.lığı Ring Seferlerine Ait 1'inci Hafta Yük Çizelgesi.....	46
Tablo-5: K.K. Loj. K.lığı Ring Seferlerine Ait 2'inci Hafta Yük Çizelgesi.....	47
Tablo-6: K.K. Loj. K.lığı Ring Seferlerine Ait 3'üncü Hafta Yük Çizelgesi ..	48
Tablo-7: K.K. Loj. K.lığı Ring Seferlerine Ait 4'üncü Hafta Yük Çizelgesi ..	49
Tablo-8: K.K. Loj. K.lığı Ring Seferlerine Ait 5'inci Hafta Yük Çizelgesi.....	50
Tablo-9: K.K. Loj. K.lığı 5 Haftalık Ring Maliyet Tablosu	52
Tablo-10: 1'inci Hafta KDS Çözümleri	53
Tablo-11: 2'inci Hafta KDS Çözümleri	53
Tablo-12: 3'üncü Hafta KDS Çözümleri.....	54
Tablo-13: 4'üncü Hafta KDS Çözümleri.....	54
Tablo-14: 5'inci Hafta KDS Çözümleri	55
Tablo-15: KDS 5 Haftalık Maliyet Tablosu.....	55
Tablo-16: Haftalara Göre Kullanılan araçların karşılaştırılması.	56
Tablo-17: Haftalara Göre Maliyetlerin Karşılaştırılması	57

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil-1: Araç Rotalama Probleminin Sınıflandırılması	3
Şekil-2: Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi.(D_i depodan müşteriye gönderilen malzeme miktarı)	4
Şekil-3: Geri toplamalı araç rotalama problemi.(P_i müşteriden depoya gönderilen malzeme miktarı)	4
Şekil-4: Zaman pencereci araç rotalama problemi	5
Şekil-5: Dağıtım toplamalı araç rotalama problemi	6
Şekil-6: M-M problem örneği	12
Şekil-7: M-M problemi optimal çözümü (Kapasite>15)	13
Şekil-8: 1-1 Problem Örneği	14
Şekil-9: 1-1 Problemi Çözümü	14
Şekil-10: M-M VRP_SDP örneği	18
Şekil-11: Gerdan tarafından önerilen algoritmanın akış diyagramı	26
Şekil-12: Müşteriler arası malzeme akışları	27
Şekil-13: i-j müşterileri arasına eklenebilecek müşteri kümesi	30
Şekil-14: Düzenlenmiş algoritma akış diyagramı	32
Şekil-15: Önceliklerin bulunması örnek problemi	34
Şekil-16: Karar Destek Sistemlerinin Temel Bileşenleri	40
Şekil-17: Başlangıç ve veri girme arayüzü	41
Şekil-18: Miktar girme arayüzü	41
Şekil-19: Silme onay ekranı	42
Şekil-20: Ayar menüsü	42
Şekil-21: Sonuç görme ekranı	43

KISALTMALAR LİSTESİ

K.K.LOJ.K.	:Kara Kuvvetleri Lojistik Komutanlığı
RP	:Araç rotalama problemleri
DCVRP	:Kapasite ve mesafe kısıtlı araç rotalama problemleri
VRPB	:Toplama da yapılan araç rotalama problemleri
VRP_DP	:Dağıtım ve toplamanın yapıldığı araç rotalama problemleri
VRPTW	:Zaman kısıtlı araç rotalama problemleri
VRP_SDP	:Dağıtım ve toplamanın eş zamanlı yapıldığı araç rotalama problemleri
PDPs	:Toplama ve dağıtım problemleri
M-M	:Bazılarından bazılarına (Many-to many)
1-M-1	:Birinden bazılarına ve oralardan birine
M-M VRP_SDP	:Müşteriler arası malzeme akışlı eş zamanlı dağıtım ve toplama problemleri
DARP	:Dial-a-ride problemleri
TSP	:Gezgin satıcı problemleri
KDS	:Karar Destek Sistemi

GİRİŞ

Üretilen bir malın piyasa fiyatının oluşmasında en büyük etkenlerden birinin hammaddenin üretim merkezine getirilmesi ve üretilen malın tüketiciye ulaştırılması esnasındaki taşıma maliyetleri olduğu görülmektedir. Taşıma maliyetlerinin düşürülmesi fiyatların düşmesine bu da üretici firmaların rekabet güçlerinin artmasına neden olacaktır. Bu amaçla 1959 yılından itibaren araç rotalama problemleri üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Klasik araç rotalama problemleri gezgin satıcı problemlerinin özel bir halidir. Amaç; maliyeti en düşük yapacak şekilde bir depodan başlayan aracın kapasitesini aşmadan, depodan müşteriye ve müşteriden depoya taşıma ihtiyaçlarını gidererek tekrar başlangıç deposuna dönülmesidir.

Araç rotalama problemleri incelendiğinde temel olarak üç ihtiyacın olduğu görülmektedir. Bunlar dağıtım olarak ifade edilen depodan müşteriye gönderilecek malzeme, toplama olarak ifade edilen müşteriden depoya gönderilecek malzeme ve müşteriden diğer müşterilere gönderilecek olan malzemelerdir.

Bu tezde, müşteriler arası akışlı eş zamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama problemi üzerine çalışılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde araç rotalama problemleri; ikinci bölümünde dağıtım toplama problemleri; üçüncü bölümünde müşteriler arası malzeme akışlı eş zamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama problemleri anlatılmıştır. Dördüncü bölümünde KDS'leri hakkında genel bilgi verildikten sonra müşteriler arası malzeme akışlı eş zamanlı dağıtım toplamalı ARP'leri için KDS hazırlanmıştır. Beşinci bölümünde hazırlanan KDS K.K.Loji. K.İği ring seferlerinin düzenlenmesinde kullanılmış ve mevcut durumla karşılaştırılmıştır. Son bölümde sonuç ve öneriler bulunmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ

Bu bölümde, araç rotalama problemlerinin özellikleri, sınıflandırılması ve bu problemlerin çözümlerinde kullanılan teknikler hakkında bilgi verilmektedir.

1. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN ÖZELLİKLERİ

Araç rotalama problemleri depo, müşteriler ve araçlardan oluşmaktadır.

a. Depo

Depo problemin yapısına göre bir veya daha fazla depodan oluşabilir. Müşterilere malzeme gönderecek ve müşterilerin gönderdikleri malzemelerin toplanacağı yerdir.

b. Müşteriler

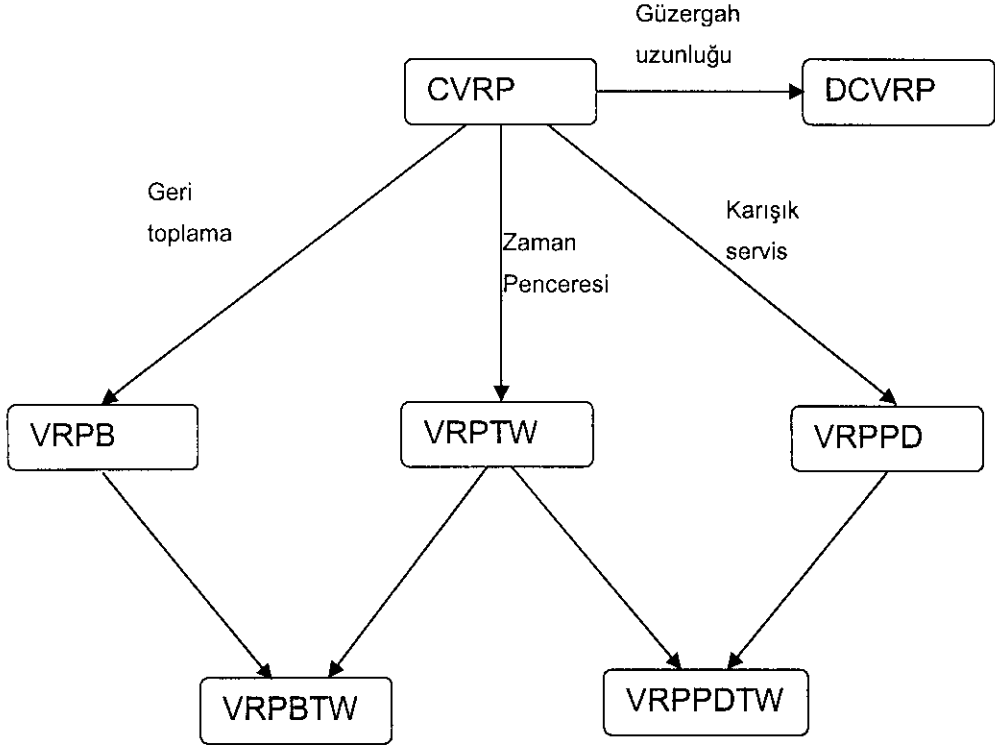
Deponun çeşitli malzeme göndereceği, depoya ve diğer müşterilere malzeme gönderecek şebeke elemanıdır.

c. Araçlar

Araçlar müşteriden-depoya, depodan-müşteriye, müşteriden-müşteriye malzemelerin taşınacağı vasıtaları ifade etmektedir. Problemin yapısına göre kapasiteleri homojen veya heterojen olabilir. Genellikle depolarda bulunurlar.

2. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN SINIFLANDIRILMASI

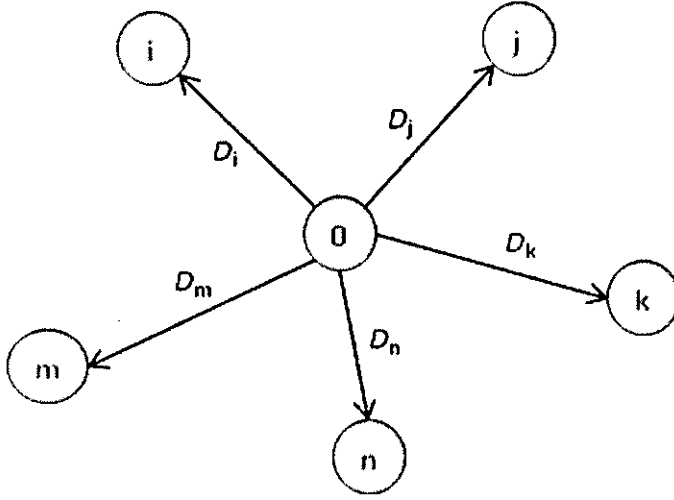
Araç rotalama problemlerinin sınıflandırılması Toth ve Vigo tarafından Şekil-1 deki gibi ifade edilmektedir.



Şekil-1: Araç Rotalama Probleminin Sınıflandırılması (Toth ve Vigo)

a. Kapasite ve Mesafe Kısıtlı Araç Rotalama Problemleri

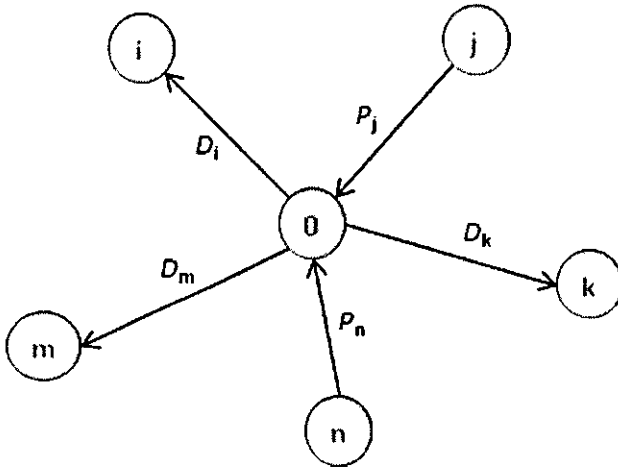
Kapasite ve Mesafe Kısıtlı Araç Rotalama Problemlerinde (DCVRP), araçlar depo/depolardan harekete başlar; müşterilerin ihtiyaçlarını karşılar ve tekrar depo/depolara dönerler. Araç başına depodan müşterilere gönderilecek yük araç kapasitesini aşamaz ve mesafe kısıtı varsa bir araç kısıtlanan mesafeden fazla yol gidemez. Her müşteriye sadece bir araç uğrar. Gösterimi Şekil-2'deki gibidir.



Şekil-2: Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi. (D_i depodan müşteriye gönderilen malzeme miktarı)

b. Geri Toplamalı Araç Rotalama Problemleri

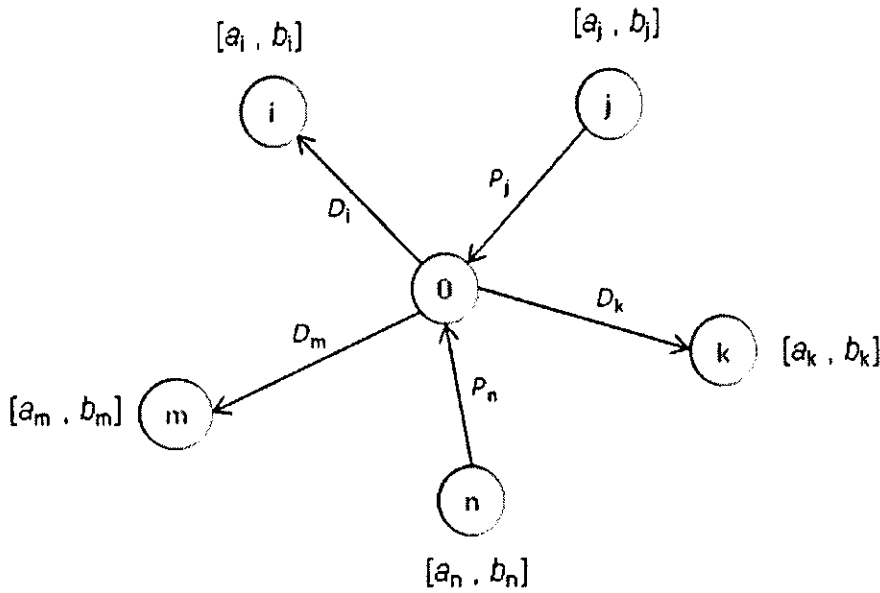
Geri Toplamalı Araç Rotalama Problemlerinde (VRPB), araçlar depo/depolardan harekete başlar; müşterilerin ihtiyaçlarını karşılar ve tekrar depo/depolara dönerler. Bazı müşterilere depodan malzeme gönderilir, bazı müşteriler ise depoya malzeme gönderirler. Dolayısıyla önce dağıtım daha sonra toplama yapılır. Her müşteriye sadece bir araç uğrar. Araç başına dağıtılacak veya toplanacak yük miktarı araç kapasitesini geçemez. Gösterimi Şekil-3'teki gibidir.



Şekil-3: Geri toplamalı araç rotalama problemi. (P_i müşteriden depoya gönderilen malzeme miktarı)

c. Zaman Pencereeli Araç Rotalama Problemleri

Zaman Pencereeli Araç Rotalama Problemlerinde (VRPTW), araçlar depo/depolardan harekete başlar; müşterilerin ihtiyaçlarını karşılar ve tekrar depo/depolara dönerler. Bazı müşterilere depodan malzeme gönderilir, bazı müşteriler ise depoya malzeme gönderirler. Her müşteriye sadece bir araç uğrar. Araç başına dağıtılacak veya toplanacak yük miktarı araç kapasitesini geçemez. Araçlar müşterilere uygun oldukları zaman diliminde uğrarlar. i müşterisine hizmet $[a_i, b_i]$ zaman diliminde verilmektedir. Burada a_i müşteriye uğranılacak en erken zamanı b_i ise en geç zamanı ifade etmektedir. Gösterimi Şekil-4'teki gibidir.



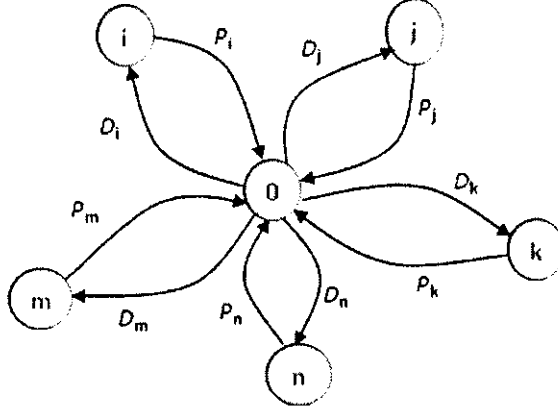
Şekil-4: Zaman pencereeli araç rotalama problemi

d. Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemleri

Dağıtım toplamalı araç rotalama problemlerinde (VRP_DP), depodan müşteriye ve aynı müşteriden de depoya malzeme gönderilmesi mümkündür. Dağıtım toplamalı araç rotalama problemleri şu başlıklar altında incelenebilir:

- Önce dağıtım sonra toplama yapılan araç rotalama problemleri,

- Karışık dağıtım-toplamalı araç rotalama problemleri,
- Eşzamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemleri.



Şekil-5: Dağıtım toplamalı araç rotalama problemi

(1) Önce Dağıtım Sonra Toplamalı Araç Rotalama Problemleri

Bu tür problemlerde araçlar önce müşterilerin depodan taleplerini karşılar daha sonra müşterilerin depoya gönderecekleri malları toplayarak depoya dönerler. Araçlar bir müşteriye depodan taleplerini ulaştırmak ve depoya gönderecekleri malları toplamak maksadıyla iki sefer uğranabilir.

(2) Karışık Dağıtım-Toplamalı Araç Rotalama Problemleri

Bu tür problemlerde araçlar müşterilerin dağıtım ve toplama taleplerini karışık olarak karşılarlar. Bir müşteriye bir veya iki sefer uğranır.

(3) Eş Zamanlı Dağıtım-Toplamalı Araç Rotalama Problemleri

Bu tür problemlerde araçlar uğradıkları müşterinin dağıtım ve toplama taleplerini eş zamanlı olarak karşılarlar. Dolayısıyla araç bir müşteriye sadece bir sefer uğrar.

İlk defa 1989 yılında Min (1989) tarafından ortaya atılan bu problemde aracın müşteriye sadece bir defa uğrayarak müşterinin fazla meşgul edilmemesi amaçlanmıştır. Min bu çalışmasında bir kütüphanenin 22

alt kütüphanesine çeşitli metaryalin dağıtılıp toplanmasını gerçekleştirecek bir algoritma geliştirmiştir. Bu algoritma önce kümeleme sonra rotalamayı temel alan bir algoritmadır.

2001 yılında aynı problem Dethloff tarafından ele alınmıştır. Dethloff (2001) ekleme sezgiselli bir rotalama algoritması önermiştir.

Bu çalışmada eş zamanlı dağıtım toplama problemi üzerine çalışılacaktır.

3. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemlerinin (CVRP) çözüm yöntemlerini Toth ve Vigo (2002) aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır;

- a. Dal-Sınır Yöntemi,
- b. Dal-Kesme Yöntemi,
- c. Küme Kaplama Tabanlı Algoritmalar,
- d. Klasik Hüristik Algoritmalar,
- e. Metahüristik Algoritmalar.

a. Dal-Sınır Yöntemi

Son yıllarda dal-sınır yöntemi CVRP'nin ve türevlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Asimetrik CVRP ve Mesafe kısıtlı CVRP gibi araç rotalama problemlerinde dal-sınır yöntemi kullanılabilir. Laporte ve Nobert 1987 yılında yaptıkları çalışmalarında araç rotalama problemlerinin optimal çözüm metotlarını araştırmışlar ve dal-sınır yöntemini detaylı olarak açıklamışlardır.

Daha öncede belirtildiği gibi CVRP gezgin satıcı problemlerinin bir türüdür. Bu yüzden optimal yaklaşımlarda gezgin satıcı problemlerine uygulanan yaklaşımların CVRP ye uyarlanmasıyla elde edilmiştir. Gezgin satıcı problemlerinin optimum çözümünde kullanılan temel yaklaşımda dal-sınır yöntemidir. Tam sayılı doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan bu yöntemde ana problem çözüm alanında alt

problemlere bölünür ve her bir alt problem alt ve üst sınırlar içerisinde çözülerek optimal çözüm bulunmaya çalışır.

b. Dal-Kesme Yöntemi

Bu yöntem büyük simetrik gezgin satıcı problemlerinin optimal çözümünün elde edilmesinde kullanılan başarılı bir yöntemdir (Lysgaard ve diğerleri, 2004). Dal-kesme yöntemi bütün bilinmeyenlerin veya bazı bilinmeyenlerin tamsayılı olduğu doğrusal programlama modelinin çözümü için birleştirilmiş bir optimizasyon modelidir. Dal-kesme metodu dal sınır metodu ve düzlem kesme metodlarının bir karmasıdır.

Bu yöntemde öncelikle doğrusal programlama modeli tamsayılı kısıtlar göz önüne alınmadan klasik simpleks metotla çözülür. Tam sayılı olması istenen değişkenlerin tamsayılı olmadığı optimal bir sonuca ulaşıldığında tamsayı olması istenipte kesirli olan değişkenlerin değerlerini bulmak için düzlem kesme algoritması uygulanır. Eşitsizlik probleme kısıt olara ilave edilir ve çözüm yine klasik simpleks metotla yapılır, bulunan sonuç daha az kesir ihtiva etmektedir. Bu işlem tamsayı kısıtları sağlanana kadar veya kesme düzlemi bulunmayana kadar devam ettirilir(Wikipedia [web], 2009).

c. Küme Kaplama Tabanlı Algoritmalar

İlk olarak Balinski ve Quandt tarafından önerilen algoritma CVRP yi çözmek için öncelikle küme kaplama problemi olarak formüle etmeye dayanmaktadır (Balinski ve Quandt, 1964). Daha sonra bu yöntem Cullen, Jarvis ve Ratliff tarafından VRP'nin Hüristik bir algoritma tasarlanmasında kullanılmıştır(Cullen, Jarvis ve Ratliff,1981). Bu yöntemi kullanan optimal algoritmalar ise Agarwal, Mathur, and Salkin (1989), Bixby (1998) ve Hadjiconstantinou, Christofides, and Mingozi(1995) tarafından geliştirilmiştir.

d. Klasik Hüristik Algoritmalar

Toth ve Vigo klasik VRP hüristiklerini üç kategoride sınıflandırmıştır. Bunlar yapıcı sezgiseller, iki aşamalı yöntemler ve iyileştirici yöntemlerdir.

Yapıcı sezgiseller kademeli olarak iyi bir çözüm ararlar fakat iyileştirme safhaları yoktur. İki çeşit çözüm yaklaşımı vardır birincisi bir tasarruf kriteri kullanarak rotaları birleştirme; ikincisi ise kademeli olarak rotaya yeni nokta eklemeyi sağlayan ekleme kriteridir.

İki aşamalı yöntemlerde problem iki doğal bileşene ayrılır. Birincisi noktaların kümelenmesi ve ikincisi ise rotanın oluşturulmasıdır. Problemlerin çözümünde iki temel yaklaşım vardır;

- Önce kümeleme sonra rotalama
- Önce rotalama sonra kümeleme

İlk yöntemde noktalar mümkün gruplara ayrılır ve her grup kendi içinde rotalanır; ikinci yöntemde ise bütün noktaları içeren bir rota bulunur ve bu rota parçalanarak çözüme gidilir.

Son olarak iyileştirici yöntemler ise bir çözümde daha iyi bir çözüm yapabilmek maksadıyla noktaların dizilişinde değişiklik yapılmasını temel alır.

e. Metahüristik algoritmalar

Bunlar daha iyi bir çözüm bulabilmek maksadıyla çözüm uzayını belirli bir mantık çerçevesinde tarayan hüristik algoritmalarlardır. Metahüristikleri klasik yaklaşımlardan ayıran fark daha kötü çözümlere veya kısıtları sağlamayan durumlara çözüme ulaşmak maksadıyla ara çözüm olarak izin vermesidir. Genellikle altı temel metahüristik VRP'nin çözümü için kullanılmaktadır. Bunlar

- Tavlama Benzetimi,
- Deterministik Tavlama,
- Tabu Arama,
- Genetik Algoritma,
- Karınca Koloni Algoritması,
- Yapay Sinir Ağları'dır.

İlk üç algoritmada, başlangıç çözümünden bir sonraki çözüme bir komşuluk fonksiyonu vasıtasıyla durma koşulu sağlanana kadar geçilir.

Dolaşılan çözüm uzayının en iyi çözümü algoritmanın çözümüdür. Eş zamanlı dağıtım toplama problemlerinin çözümünde tabu arama algoritması Montane ve Galvao (2006), tavlama benzetimi Anbuudayasankar, Ganesh, Mohendas (2009), tabu arama ve genetik algoritma hibrit olarak Wang, Jin, Deng (2008), karınca koloni algoritması Chen, Huang, Dong (2007) tarafından çalışılmıştır.

Genetik algortmada, oluşturulan popölasyonun en iyileri kendileri arasında çaprazlanarak daha iyi bir çözüm aranır. Kötü çözümler popölasyondan dışlanarak durma kriteri sağlanana kadar çözüm uzayı dolaşılır.

Karınca koloni algoritması karıncaların doğal hayatta yiyecek ve yuvaları arasında en kısa yolu bulmak için kullandıkları yönteme dayanmaktadır.

Yapay sinir ağıları ise kabul edilebilir bir çözüme ulaşana kadar kademeli olarak ağırlıklar kümesinin ayarlandığı öğrenme mekanizmasıdır.

Bu çalışmada klasik hüristik bir algoritma kullanılacaktır.

İKİNCİ BÖLÜM

DAĞITIM TOPLAMA PROBLEMLERİ

Dağıtım toplama problemleri, müşterilerin tüm dağıtım ve toplama taleplerinin giderildiği, bir depodan başlayıp yine aynı depoda biten, araç kapasitesini aşılmadığı, araç sayısının birden fazla kabul edildiği ve amacın katedilen mesafeyi minimum yapmak olduğu problemlerdir.

Dağıtım toplama problemleri Berbeglia ve diğerleri (2007) tarafından yapı, ziyaret tipi, araç sayısı olmak üzere üç ana bölümde sınıflandırılmış ve gösterimi [Yapı | Ziyaret tipi | Araç sayısı] şeklinde yapılmıştır. Örneğin eşzamanlı dağıtım toplamalı araç problemleri şu şekilde ifade edilmektedir [1-M-1|PD|m].

Birinci bölüm olan yapı bölümünde, taşınacak malların kaynak ve hedeflerinin sayısı belirtilmektedir. M-M (many to many) problemleri, 1-M-1 (one-to-many-to-one) problemleri, 1-1 (one-to-one) problemleri olabilir.

İkinci bölüm olan ziyaret tipi ise üç kategoriden oluşur. Birincisi bir müşteriye bir kere uğranılan ve dağıtımın eş zamanlı yapıldığı problemlerdir ve PD şeklinde gösterilir. İkinci kategori ise P-D ile gösterilir ve dağıtım ve toplama birlikte yapılabilirdiği gibi ayrı ayrı da yapılabilir. Son olarak P/D ile gösterilen her müşteriye ya dağıtım ya da toplanmanın yapıldığı ikisinin birlikte yapılamadığı kategoridir.

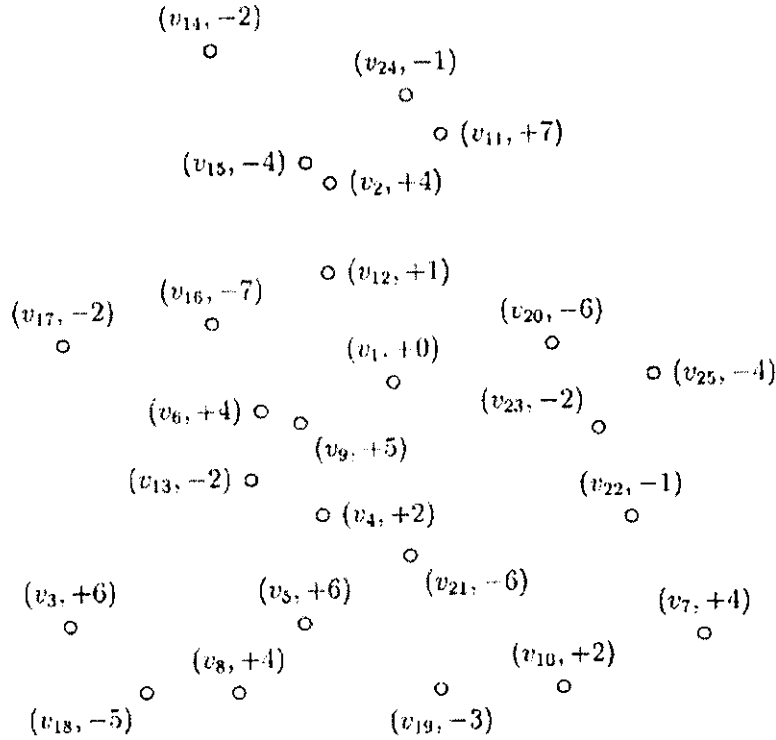
Son bölüm olan araç sayısı ise çözümde kullanılan araç sayısını ifade etmektedir. Gösterimlerde tanımlanmayan bölümler için “-” kullanılmaktadır.

1. M-M PROBLEMLERİ

M-M (many to many) problemlerinde her bir müşteri taşınan malların kaynağı veya hedefi olabilir. Problemde bir şehir depo ve diğer şehirler ise aldıkları hizmete göre dağıtım müşterisi veya toplama müşterisi olarak

tanımlanır. Her dağıtım ve toplama müşterisinin sıfır olmayan talepleri vardır. Problemin önemli bir özelliği toplama müşterisinden toplanan herhangi bir ürün dağıtım müşterisine gönderilebilir. Yani taşınan ürün tektir. Örneğin bir süt tankeri depo şehirden çıkar ve uğradığı müşteri toplama müşterisiyse toplanacak sütü toplar ve bir sonraki şehre hareket eder eğer uğranılan şehir dağıtım müşterisi ise sütün kaynağının neresi olduğuna bakmadan müşterinin talebini yerine getirir. Bütün müşterilerin talebi karşılandığında ise tekrar depo şehre döner.

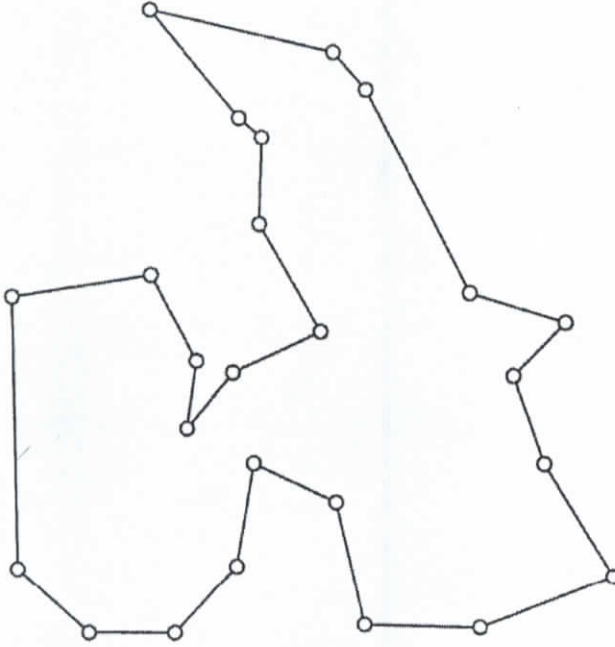
Hernandez ve diğerleri (2004) tarafından dal-kesme algoritmasıyla çözümü yapılmış olan tek-ürün dağıtım ve toplamalı gezgin satıcı problemleri (1-PDTSP) M-M problemlerine örnektir. Şekil-6'da M-M problem örneği, Şekil-7'de de çözümü verilmektedir.



Şekil-6: M-M problem örneği

Şekil-6 da v ler müşterileri, yanlarındaki rakamlar ise müşterilerin taleplerini ifade etmektedir. + lar toplama, - ise dağıtım müşterileridir. Örneğin

$(v_{14}, -2)$, 14 numaralı düğüme 2 birim malzeme taşınacağını; $(v_9, +5)$, 9 numaralı düğümden 5 birim mal alınacağını ifade etmektedir.

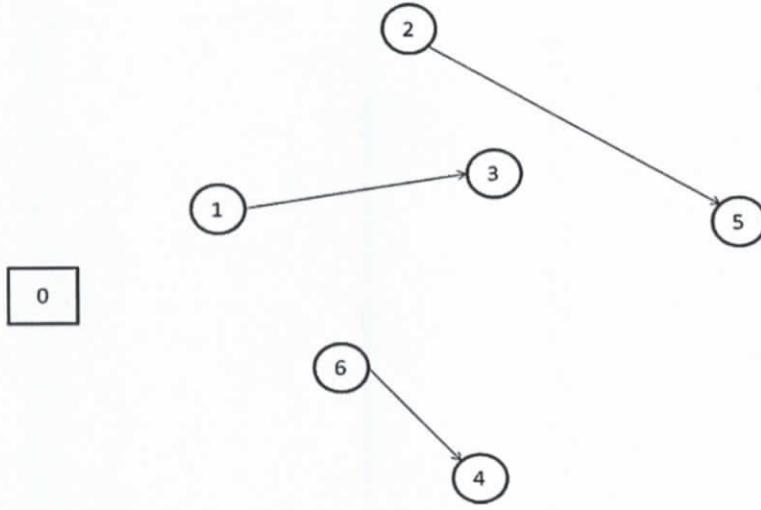


Şekil-7: M-M problemi optimal çözümü (Kapasite>15)

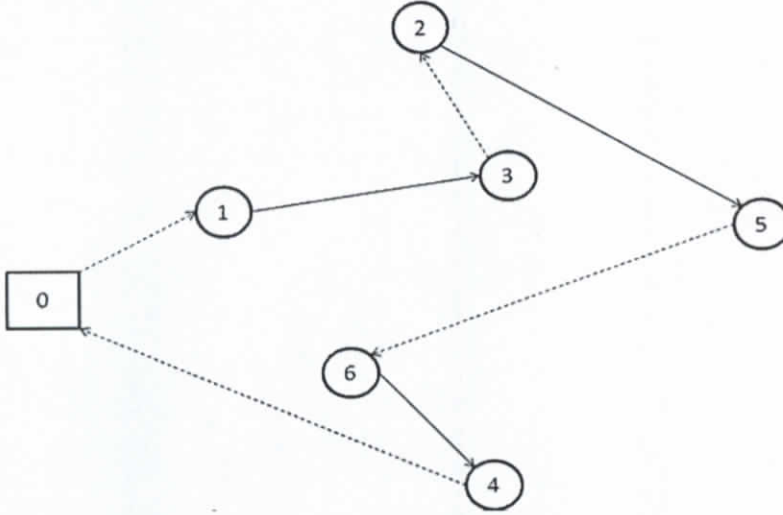
M-M problemlerine Aniliy ve Hassin(1992) tarafından ortaya atılan çok-ürün değiş tokuş problemleri [M-M|P-D|1], Chalasani ve Motwani (1999) tarafından ortaya atılan Q-Dağıtım gezgin satıcı problemi (Q-DTSP) [M-M|P/D|1] de örnek olarak gösterilebilir.

2. 1-1 PROBLELERİ

1-1 (one-to-one) problemlerinde, ürünlerin sadece bir toplama ve sadece bir dağıtım noktası vardır. Eğer taşınan ürün insan ise buna servis problemleri (DARP) denmektedir. Frederickson (1978) tarafından çalışılmış olan konteynır taşıma problemi (The stacker crane problem [1-1|P/D|1]) bu tür problemlere örnektir. Şekil-8'deki Frederickson'nun probleminde sadece 1'den 3'e; 2'den 5'e ve 6'dan 4'e taşıma yapılması istendiği görülmektedir. Bu problemin çözümü Şekil-9'da gösterilmiştir.



Şekil-8: 1-1 Problem Örneği



Şekil-9: 1-1 Problemi Çözümü

3. 1-M-1 PROBLEMLERİ

1-M-1 (one-to-many-to-one) problemlerinde başlangıçta depoda bulunan mallar müşterilere, müşterilerde bulunan mallar ise depoya taşınır. Deponun hedefi müşteriler, müşterilerin hedefi ise depolardır.

Bir depodan başlayıp tekrar aynı depoda sona eren, tur içerisinde müşterilerin sadece dağıtım veya toplama veya her iki taleplerinin de karşılandığı araç rotalama problemleridir. Eş zamanlı dağıtım toplama problemleri $[1-M-1 \mid PD \mid m]$ bu tür problemlere örnektir.

Bu çalışmada eř zamanlı dağıtım toplama problemlerinden Dethloff'un algoritması üzerine çalışılacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MÜŞTERİLER ARASI MALZEME AKIŞLI EŞ ZAMANLI DAĞITIM TOPLAMALI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİ

Müşteriler Arası Malzeme Akışlı Eş Zamanlı Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemleri (M-M VRP_SDP) ilk defa Gerdan (2007) tarafından tanımlanmıştır.

M-M VRP_SDP problemi eş zamanlı olarak müşteriye hizmet verilirken, müşteriler arasında da malzeme akışına izin veren problemlerdir. Bu tip problemler günlük hayatta sıkça karşılaşılan türdendir. Örneğin farklı semtlerde şubesi bulunan marketler zincirinin herhangi bir semtinde satılmayan bir ürün bir başka semte fazlasıyla talep görebilir. Böyle bir durumda ilgili ürünün talep görmeyen şubeden depoya; depodan da talep gören şubeye gönderilmesi yerine direk şubeden şubeye gönderilmesi zaman, iş gücü, aracın boşa kullanılması vb. kısaca maliyet açısından tasarruf sağlayacağı düşünülmektedir.

M-M VRP_SDP 'nin literatürde bulunan diğer dağıtım toplamalı problemlerle ilişkileri, Gerdan (2007) tarafından Tablo-1'deki gibi gösterilmiştir.

Tablo-1: M-M VRP_SDP nin özelliklerinin karşılaştırılması

Özellik	Problem Tipi			
	VRP_SDP	M-M	1-1	M-M VRP_SDP
Kapasite kısıtı	√	√	√	√
Öncelik kısıtı		√	√	√
Depodan müşteriye malzeme taşıma	√			√
Müşteriden depoya malzeme taşıma	√			√
Müşteriler arası malzeme akışı		√	√	√
Toplama ve dağıtımın eş zamanlı yapılması	√			√

1. PROBLEMİN YAPISI

M-M VRP_SDP'nin VRP_SDP den farkı, VRP_SDP de müşterilere malzeme akışı sadece depodan, müşterilerden malzeme akışı ise sadece depoya olabilmektedir. Fakat Gerdan (2007) tarafından önerilen M-M VRP_SDP probleminde müşterilerden müşterilere de malzeme akışı söz konusudur. Bu malzeme akışından dolayı karşımıza bir de öncelik kısıtı çıkmaktadır. Özetle M-M VRP_SDP probleminin VRP_SDP probleminden farkları müşteriden müşteriye malzeme akışı ve öncelik kısıtlarıdır.

M-M VRP_SDP probleminde:

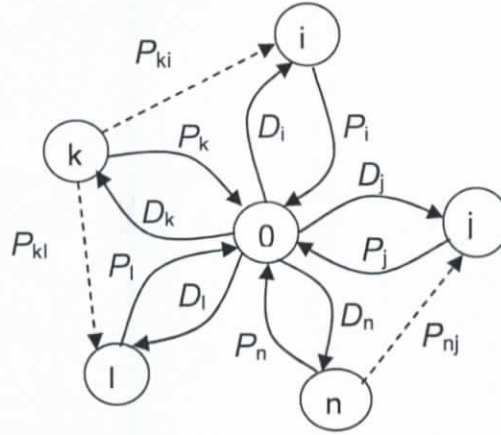
D_i : depodan i müşterisine gönderilecek malzeme miktarı,

P_i : müşteri i 'den depoya gönderilecek malzeme miktarı,

P_{ij} : i müşterisinden alınarak j müşterisine gönderilecek malzeme miktarı olarak tanımlanmıştır.

D_i , P_{ij} matrisinin $(1, i)$ elemanıdır.

M-M VRP_SDP Şekil 10'daki gibi gösterilebilir;



Şekil-10: M-M VRP_SDP örneği.

2. PROBLEMİN KARAKERİSTİĞİ VE VARSAYIMLAR

- Sadece bir depo mevcuttur.
- Depoda homojen araç filosu bulunmaktadır. Araçlar depoda park halindedir.
- Dağıtım ve toplama işlemi, eş zamanlı olarak yapılmaktadır.
- Araçların rotalarının başlangıç ve bitiş düğümü depodur.
- Her müşteriye sadece tek bir araç tarafından hizmet verilecektir.
- Mesafe matrisi simetrik veya asimetrik olabilir.
- Amaç araçların katettiği toplam mesafeyi en küçükmektir.
- Müşteriler arasında da malzeme gönderilebilmektedir.
- Döngüye müsaade edilmemektedir. Çünkü olması durumunda; döngü içinde herhangi bir müşteriye gelmeden önce, tüm talebin toplanması söz konusu olmayacaktır.

3. PROBLEMİN DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ

Önerilen problemin doğrusal programlama modelinde yer alan parametre ve karar değişkenleri aşağıda tanımlanmıştır.

Parametreler;

C : Araç kapasitesi,

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

D_j : j müşterisinin depodan talep ettiği malzeme miktarı,

n, m : Müşteri sayısı,

P_{ij} : i müşterisinden alınarak j müşterisine gönderilecek malzeme miktarı,

E_i : i müşterisinden sonra eklenebilecek müşteri kümesi,

$H_{i,j}$: i ve j müşterilerinden oluşan gruptaki müşteri sayısı,

S_q : q müşterisinden malzeme gönderilecek müşteri kümesi,

P_q : q müşterisine malzeme gönderecek müşteri kümesi,

M : Çok büyük pozitif bir sayı,

p : Araç sayısıdır.

Karar değişkenleri:

I_v : v aracının depodan ayrılırken yükü,

I_j : Aracın j müşterisine hizmet verdikten sonraki yükü,

π_j : Alt tur engellemede kullanılan değişken,

X_{ijv} : 0-1 tamsayıli değişken.

$$X_{ijv} = \begin{cases} 1, & i \text{ müşterisinden } j \text{ müşterisine } v \text{ aracı ile} \\ & \text{gidilirse,} \\ 0, & \text{diğer durumlarda.} \end{cases}$$

Amaç fonksiyonu;

$$Min z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{v=1}^p C_{ij} X_{ijv} \quad (1)$$

(Katedilen Mesafeyi minimum yap)

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m \sum_{v=1}^p X_{ijv} = 1 \quad j \in E_i \quad (2)$$

(Her müşteriye sadece bir kere uğrar)

$$\sum_{j=1}^n \sum_{v=1}^p X_{0jv} = 1 \quad (3)$$

(Alt tur depodan başlar)

$$\sum_{i=1}^m \sum_{v=1}^p X_{i0v} = 1 \quad (4)$$

(Alt tur depoda biter)

$$\sum_{i=1}^m X_{isv} = \sum_{j=1}^n X_{sjv} \quad s \in E_i, j \in E_s \quad (5)$$

(Her müşteriye aynı araçla gelip aynı araçla gidilir)

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ijv} = H_{i,j} \quad v = 1, 2, \dots, p \quad (6)$$

(Aynı gruptaki müşterilerin aynı alt turda yer almaları kısıtı)

$$l'_v = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D_j X_{ijv} \quad j \in E_i \quad (7)$$

(Araçların depodan ayrılırkenki yükleri)

$$l_q \geq l'_v - D_j - \sum_{i \in P_q} P_{iq} + \sum_{j \in S_q} P_{qj} - M(1 - X_{0jv}) \quad (8)$$

(İlk uğradığı müşteriden sonraki yük)

$$l_j \geq l_i - D_j - \sum_{i \in P_q} P_{iq} + \sum_{j \in S_q} P_{qj} - M(1 - \sum_{v=1}^p X_{ijv}) \quad j \in E_i \quad (9)$$

(Rota üzerindeki yük)

$$l'_v \leq C \quad (10)$$

(ilk müşteriden sonraki yükün araç kapasitesinden küçük olması)

$$l_j \leq C \quad (11)$$

(Rota üzerindeki yükün araç kapasitesinden küçük olması)

$$\pi_j \geq \pi_i + 1 - n(1 - \sum_{v=1}^p X_{ijv}) \quad (12)$$

(Alt tur oluşmasını engelleme kısıtı)

$$\pi_j \geq 0 \quad (13)$$

$$X_{ijv} = 0 \text{ veya } 1 \quad (14)$$

Eş zamanlı dağıtım toplama problemleri ve dağıtım toplama problemleri np-zor sınıfı problemlerdir. Dolayısıyla M-M VRP_SDP de np-zor sınıfı bir problemdir.

4. M-M VRP_SDP SEZGİSEL ALGORİTMASI

M-M VRP_SDP algoritması Gerdan tarafından Dethloff'un sezgisel algoritması temel alınarak hazırlanmıştır. Gerdan'ın algoritması aşağıda verilmiştir.

Algoritmanın adımları;

ADIM 1: Müşterileri grupla. (a. alt başlığında anlatılmaktadır.)

ADIM 2: İlk aracı al ve ADIM 4'e git.

ADIM 3: Yeni bir araç al.

ADIM 4: Depodan başlayan ve tekrar depoya dönen, gidilebilecek müşterilerin herbiri için bir alt tur oluştur. Bu alt turlar içinden, tur uzunluğu en küçük olanı seç.

ADIM 5: Eklenen yeni müşterinin bulunduğu grubu belirle ve bu grupta başka müşteri varsa, hizmet öncelik ve kapasite kısıtlarını dikkate alarak alt tura ekle. (Hizmet önceliklerinin belirlenmesi b. alt başlığında detaylı olarak verilmiştir.)

Alt turdaki tüm müşteriler için, RD ve RP değerlerini hesapla. Kapasite kısıtı dikkate alındığında, depodan alacağı miktarın $RD(i)$ 'den, depoya ve diğer müşterilere göndereceği malzeme toplamının $RP(i)$ 'den küçük olması durumunda eklenecek müşteri i müşterisinden sonra eklenebilir.

0 :Depo,

T :Alt tur,

$I(q)$: q müşterisini terk ederken aracın yükü,

D_s : s müşterisine depodan gönderilecek malzeme miktarı,

S_q : q müşterisinden malzeme gönderilecek müşteri kümesi,

P_q : q müşterisine malzeme gönderilecek müşteri kümesi,

S :Alt turda, sondan bir önceki müşteri,

V_s :Alt turda, s müşterisinden malzeme alacak müşteri kümesidir.

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

$$RD(q) = \min \{RD(\text{ÖNCEKİ}(q)), C - I_q\} \quad q \in T$$

$$I(q) = I(\text{ÖNCEKİ}(q)) - D(q) - \sum_{i \in P_q} P_{iq} + \sum_{j \in S_q} P_{qj}$$

$$RP(\text{önceki}(0)) = C - \sum_{s \in T} P_s$$

$$RP(q) = \min\{RP(\text{SONRAKİ}(q)), C - I_q\} \quad q \in T \setminus \text{ÖNCEKİ}\{0\}$$

Yeni alt turlar oluşturulduktan sonra, aşağıdaki (15), (16), (17) ve (18)'deki yeni müşteri ekleme kriterinden birini kullanarak, ekleme kriteri değeri en küçük olanı seç.

$$\Psi_{RCRS} = \Psi_{TD} + \lambda TC(2C_{\max} - C_{\min}) - \gamma(C_{0k} + C_{k0}) \quad (15)$$

$$\Psi_{RC} = \Psi_{TD} + \lambda TC(2C_{\max} - C_{\min}) \quad (16)$$

$$\Psi_{RS} = \Psi_{TD} - \gamma(C_{0k} + C_{k0}) \quad (17)$$

$$\Psi_{TD} = (C_{ik} + C_{kj} - C_{ij}) \quad (18)$$

(15)'de verilen yeni müşteri ekleme kriteri Ψ_{RCRS} 'de; yeni müşterinin tura dahil edilmesi sonucu turda meydana gelen en küçük artış, mesafeye dönüştürülmüş araç kapasitesi kullanım oranı ve düğümün depoya uzaklığı, (16)'da verilen yeni müşteri ekleme kriteri Ψ_{RC} 'de; yeni müşterinin tura dahil edilmesi sonucu turda meydana gelen en küçük artış ve mesafeye dönüştürülmüş araç kapasitesi kullanım oranı, (17)'de verilen yeni müşteri ekleme kriteri Ψ_{RS} 'de; yeni müşterinin tura dahil edilmesi sonucu turda meydana gelen en küçük artış ve düğümün depoya uzaklığı, (18)'de verilen yeni müşteri ekleme kriteri Ψ_{TD} 'de; sadece yeni müşterinin tura dahil edilmesi sonucu turda meydana gelen en küçük artış dikkate alınır.

λ ve γ 'nın, değerinin $[0 \ 1]$ arasında kalması şartıyla, belirlenecek artırım miktarı sonucu ortaya çıkacak tüm değerleri için yapılır. Tüm sonuçlar içinden toplam tur uzunluğunu en küçük yapan seçilir.

λ ve γ 'nın 0.1 birim arttığı varsayılırsa, tur uzunluklarını verecek değerler Tablo 2'deki gibi elde edilir.

Tablo-2: λ ve γ katsayılarının 0.1 artırımı sonucu elde edilecek değerleri.

		γ							
		0.0	0.1	0.2	.	.	.	0.9	1
λ	0.0								
	0.1								
	0.2								
	.								
	.								
	.								
	0.9								
	1								

Ekleme kriterlerinde bulunan talep ağırlıklı araç kapasitesi kullanım oranı, TC değerlerini bulmak için, RDT ve RPT değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bunların açıklamaları aşağıda gösterilmiştir.

RDT : Turun toplam mesafe ağırlıklı kalan dağıtım kapasitesi,

RPT : Turun toplam mesafe ağırlıklı kalan toplama kapasitesi,

$CD(s)$: Depodan s müşterisine gelmenin mesafesi(uzunluğu),

$CP(s)$: s müşterisinden depoya dönmenin mesafesidir.

DU : Daha sonra eklemeleri yapılacak müşteriler için, toplam dağıtılacak miktar,

PU : Daha sonra eklemeleri yapılacak müşteriler için, toplam toplanacak miktar,

- J : Depo hariç müşteri kümesi,
- E : Tüm müşterilerin oluşturduğu küme (depo dahil),
- λ : $[0 \ 1]$ arasında değer alan ceza katsayısı,
- γ : $[0 \ 1]$ arasında değer alan fayda katsayısıdır.

$$RDT = \left[\sum_{s \in TU \setminus \{0\}} RD(s) CD(SONRAKI(s)) \right] / \left[\sum_{s \in TU \setminus \{0\}} CD(SONRAKI(s)) \right]$$

$$RPT = \left[\sum_{s \in TU \setminus \{0\}} RP(s) CP(s) \right] / \left[\sum_{s \in TU \setminus \{0\}} CP(s) \right]$$

$$TC = \left[DU / \sum_{s \in J} D_s \right] (1 - RDT/C) + \left[PU / \sum_{s \in J} \sum_{t=1}^f P_{st} \right] (1 - RPT/C)$$

Eğer aynı gruptaki tüm müşteriler alt tura dahil edilmişse, ADIM 6'ya, daha sonra eklenen müşteri ve onların oluşturduğu grubun tüm elemanları eklenemiyorsa ADIM 7'e, eklenebilecek müşteri kalmadığında ve problemlili grup boş küme olduğunda ADIM 8'a git.

ADIM 6: Alt tura yeni bir müşteri ekle ve ADIM 5'e git.

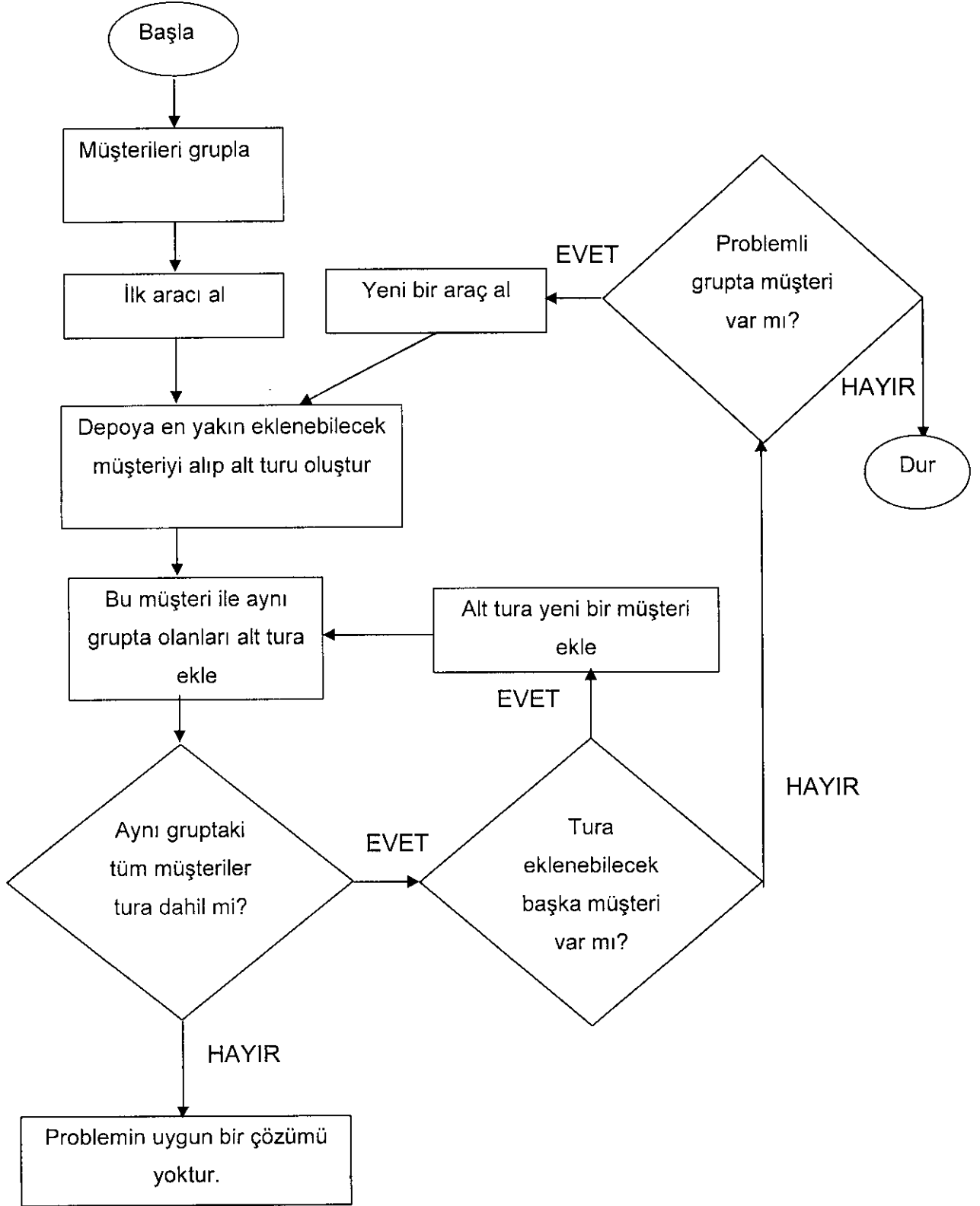
Eğer kalan müşteri kümesi boş küme ve problemlili grupta hala müşteri varsa problemlili grubu boş küme yap ve bu gruptakileri kalan müşteri kümesine ekle ADIM 3'e git.

ADIM 7: Aynı gruptaki müşteriler, aynı anda alt tura dahil edilemediği için problemin uygun bir çözümü yoktur.

ADIM 8: Bu grubun elemanlarını problemlili gruba ata ve eklenebilecek müşteri kümesinden çıkart, aracın rotasını yaz ve ADIM 3'e git.

ADIM 9: DUR.

Önerilen algoritmanın akış diyagramı Şekil-11 de verilmiştir.



Şekil-11: Gerdan tarafından önerilen algoritmanın akış diyagramı.

a. Grupların Oluşturulması

Problemin yapısı gereği birbirine malzeme gönderecek müşterilerin aynı grupta yer almaları gerekmektedir.

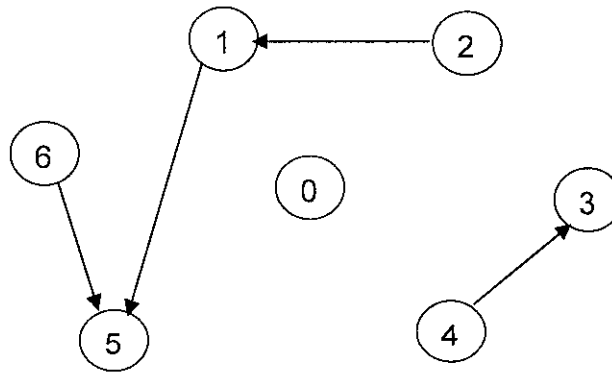
Gruplandırma işleminin yapılabilmesi için Gerdan (2007) tarafından aşağıdaki algoritma önerilmiştir.

ADIM 1: Müşterilerin tümünün bulunduğu kümeden (E), rasgele bir müşteriye seç ve bu müşteriye malzeme gönderen ve bu müşteriden malzeme giden müşterileri A kümesine ekle.

ADIM 2: A kümesinde bulunan, ADIM 1'de seçilen müşteriden sonraki diğer müşterilere malzeme gönderen ve bu müşterilerden malzeme gönderilen müşterileri B kümesine ekle. A kümesi ile B kümesinin elemanları aynı olana kadar $A=B$ yap ve ADIM 2'yi tekrarla. Daha sonra A kümesinin elemanlarını E kümesinin elemanlarından çıkart, bu grubu yaz ve ADIM 1'e git.

Eğer $A \setminus E = \emptyset$ ise, DUR.

Örnek: Müşteriler arasındaki malzeme akışının Şekil 12'deki gibi olduğu varsayalım.



Şekil-12: Müşteriler arası malzeme akışları.

Şekil 12'de verilen Örnek için gruplar aşağıdaki şekilde bulunur:

ADIM 1: $E=\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ ve ilk olarak 1 nci müşteriye seçersek $A=\{1, 2, 5\}$ olur.

ADIM 2: $B=\{1, 2, 5, 6\}$ olduğundan $A \neq B$ 'dir. $A=\{1, 2, 5, 6\}$ yapılır ve ADIM 2 tekrarlanırsa, $B=\{1, 2, 5, 6\}$ bulunur. $A=B$ olduğundan $E \setminus B$ ilk grup olarak yazılır.

Birinci grup= $\{1, 2, 5, 6\}$ 'dır. Tekrar ADIM 1'e gidilir.

ADIM 1: $E=\{3, 4\}$ olur. İlk olarak üçüncü müşteri seçilirse, $A=\{3, 4\}$ olur.

ADIM 2: $B=\{3, 4\}$ 'tür ve $A=B$ 'dir. $E \setminus B=\{\}$ olduğundan,

İkinci grup= $\{3, 4\}$ olur ve işlemler sona erer.

Sonuç olarak $\{1, 2, 5, 6\}$ ve $\{3, 4\}$ grupları elde edilir. Aynı grupta yer alan müşterilerinin malzemeleri aynı araçlara yüklenmelidir.

b. Hizmet Önceliklerinin Belirlenmesi

Hizmet önceliklerinin belirlenmesi araç müşteriye geldiğinde o müşterinin bütün dağıtım taleplerinin araca yüklenmiş olmasını garanti etmesi açısından önemlidir.

Müşteri çiftleri arasına eklenebilecek müşteriler belirlenirken öncelik sırasına dikkat edilmelidir. Bu nedenle Tablo-3 düzenlenmelidir. Depo olan "0" düğümü bu çizelgede bulunmamaktadır. Çünkü her araç, depodan bir defa çıkıp zaten tekrar depoya dönmektedir.

Tablo-3: Hizmet öncelikleri.

Müşteri	Müşteriye Malzeme Gönderen Müşteri/Müşteriler	Müşteriden Malzeme Gönderilecek Müşteri/Müşteriler
1	Sağına eklenmesi yasaklananlar	Soluna eklenmesi yasaklananlar
2		
.		
.		
m		

I_i^L : i müşterisinin soluna eklenmesi yasaklanmış müşteri kümesini,

I_i^R : i müşterisinin sağına eklenmesi yasaklanmış müşteri kümesini ifade etmektedir.

Tüm müşterilerin bulunduğu kümeye E , alt turda yer alan müşterilerin bulunduğu küme E' , alt turda yer almayan müşterilerin bulunduğu küme E'' , $(i-j)$ müşterileri arasına eklenebilecek müşterilerin bulunduğu küme A_{ij} olsun.

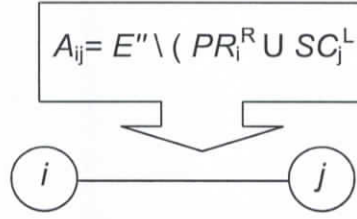
Dolayısıyla $E = E' + E''$ olacaktır.

Alt tur içindeki $i-j$ müşterileri arasına hizmet öncelikleri dikkate alınarak eklenebilecek müşteri/müşteriler aşağıdaki algoritma kullanılarak bulunabilir.

ADIM 1: Alt turdaki, i müşterisi ve ondan önceki müşterilerin sağ tarafına eklenemeyecek müşteri kümesini bul (PR_i^R).

ADIM 2: Alt turdaki, j müşterisi ve ondan sonraki müşterilerin sol tarafına eklenemeyecek müşteri kümesini bul (SC_j^L).

ADIM 3: $i-j$ müşterileri arasına eklenebilecek müşteriler A_{ij} 'yi, Şekil-13'teki gibi bul.



Şekil-13: . i - j müşterileri arasına eklenebilecek müşteri kümesi.

5. M-M VRP_SDP ALGORİTMASINDA YAPILAN DÜZENLEMELER

Gerdan tarafından önerilen algoritmada, bir grupta bulunan bütün müşterilerin yükleri aynı araçla kapasite sorunu nedeniyle taşınamaması durumunda başka bir ifadeyle (6) numaralı eşitlikteki kısıtın yerine getirilememesi problemi çözümsüzlüğe götürmektedir. Bu sorunu gidermek üzere algoritmada bazı düzenlemeler yapılmıştır.

Eş zamanlı dağıtım toplama probleminin diğer dağıtım-toplama problemlerinden farkı daha öncede ifade edildiği gibi müşteriye bir defa uğramaktır. Bu karakteristik özelliği bozmadan bir grupta bulunan bütün müşterilerin yüklerinin aynı araçla kapasite sorunu nedeniyle taşınamaması durumunda aynı rota için daha fazla sayıda araç tahsis edilmesi önerilmiştir. Yukarıda tanımlanan Gerdan'ın algoritmasında ADIM 1 ve ADIM 4 aşağıdaki gibi düzenlenmiş; çözümsüzlük durumu ortadan kalktığı için ADIM 7 de kaldırılmıştır.

ADIM 1: Müşterileri grupta. Sadece öncelik kısıtlarını dikkate alarak grupları depodan başlayıp depoda bitecek şekilde rotala ve rota üzerinde her bir nokta terk edilirken olan yükleri hesapla. En yüksek yük miktarı araç kapasitesinden büyükse o grubu kapasiteasanlar kümesine ekle.

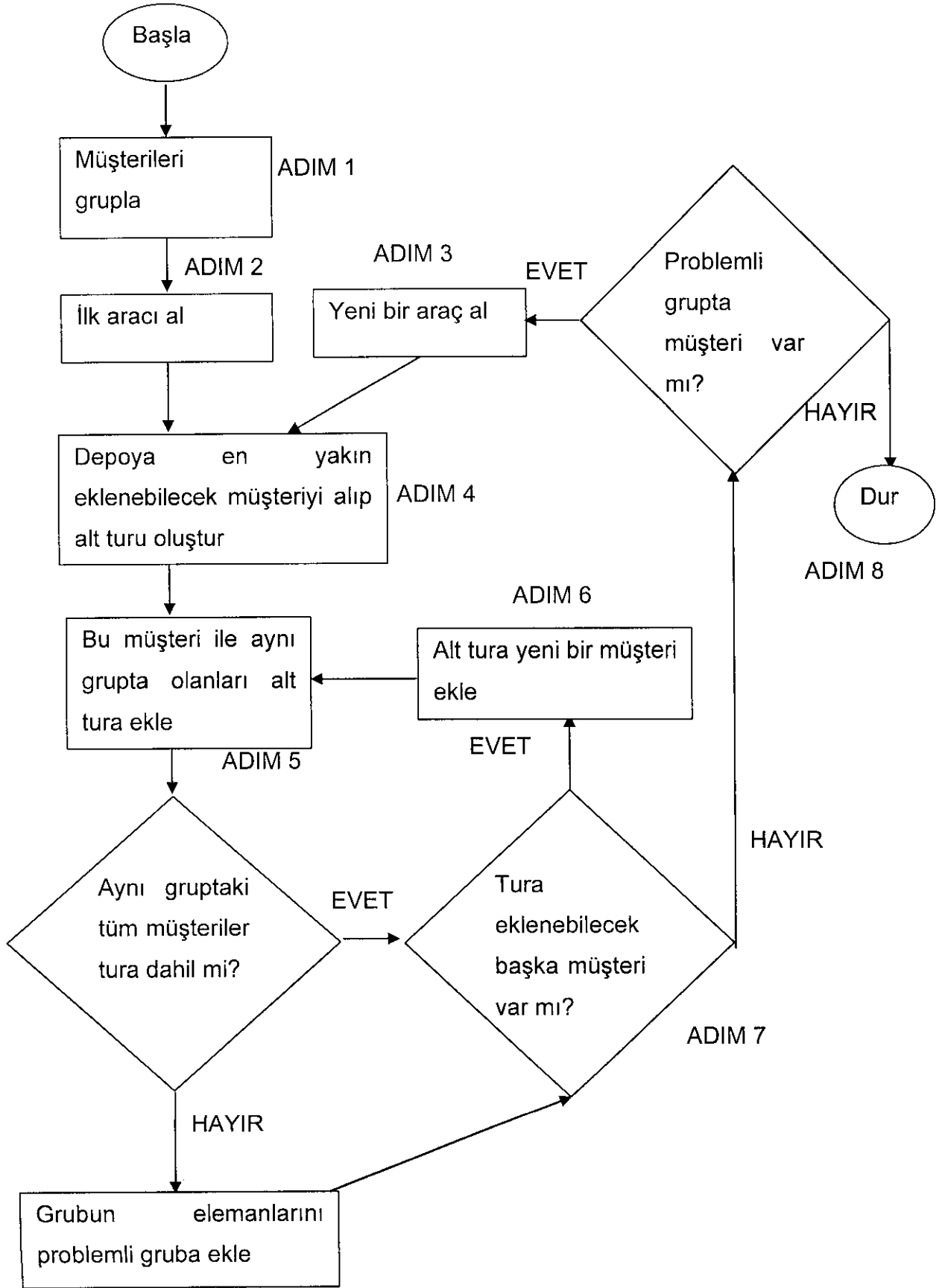
ADIM 4: Eğer kapasiteasanlar kümesi boş küme ise depodan başlayan ve tekrar depoya dönen, gidilebilecek müşterilerin her biri için bir alt tur oluştur. Bu alt turlar içinden, tur uzunluğu en küçük olanı seç. Kapasiteyi tek araç kapasitesi olarak al. Eğer kapasiteasanlar kümesi boş küme değilse depodan başlayan ve tekrar depoya dönen, kapasiteasanlar kümesinin üyesi olan gruplarda bulunan müşterilerin her biri için bir alt tur oluştur. Bu alt turlar

içinden, tur uzunluğu en küçük olanı seç. Seçilen müşterinin dahil olduğu grubun en yüksek yük miktarına göre kapasiteyi yeniden hesapla. Hesaplama,

$$\left[\text{Enyüksekyük} / \text{Araçkapasi tesi} \right] * \text{Araçkapasi tesi}$$

şeklinde yapılır.

Gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonraki algoritmanın akış diyagramı Şekil-14'te verilmektedir.



Şekil-14: Düzenlenmiş algoritma akış diyagramı

6. ÖNCELİK KISITLARININ BELİRLENMESİNDE KULLANILABİLECEK BİR ALGORİTMA

Gerdan çalışmasında hizmet önceliklerinin belirlenmesi için Tablo-3'ün hazırlanması gerektiğini ifade etmiş; ancak hazırlanabilmesi için öneride bulunmamıştır. Çalışmada hizmet önceliklerinin belirlenmesi için aşağıdaki algoritma önerilmektedir.

ADIM 1: Depo hariç tüm müşteriler arasında i müşterisinden j müşterisine malzeme gönderiliyorsa 1, aksi halde 0 olacak şekilde komşuluk matrisini oluştur.

ADIM 2: Komşuluk matrisinden başlangıç ve bitişleri belirle.

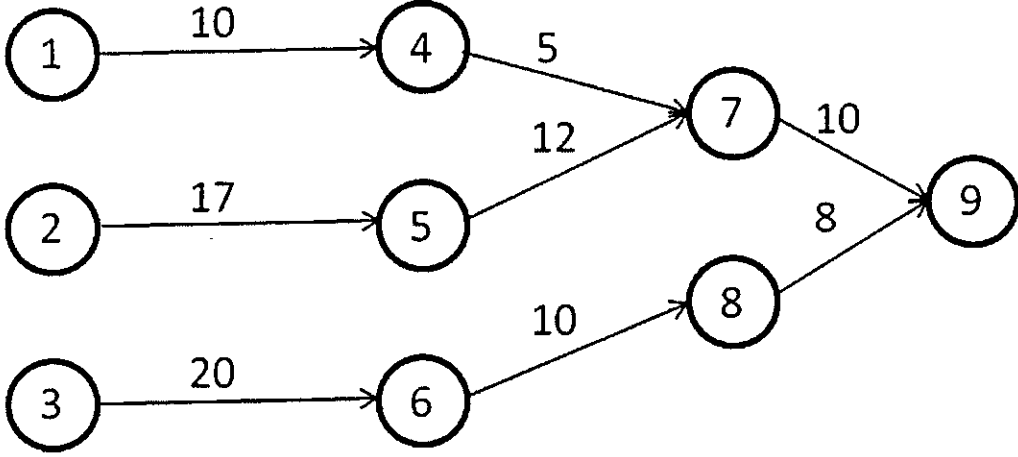
Başlangıçlar en kısa yol matrisinin 0 hariç değer bulundurmeyan sütunları, bitişler ise en kısa yol matrisinin 0 hariç değer bulundurmeyan satırlarıdır.

ADIM 3: Her başlangıçtan gidiş olan noktalara yol oluştur, eğer gidiş olan nokta bitişler kümesinin elemanıysa yolu tamamlanan yollar kümesine, bitişler kümesinin elemanı değilse tamamlanmayan yollar kümesine ekle.

ADIM 4: Komşuluk matrisinde tamamlanmayan yollar kümesinde eleman kalmayana kadar her yolun son elemanından gidişleri o yola ekle, eğer eklenen nokta bitişler kümesinin elemanıysa yolu tamamlanan yollar kümesine, bitişler kümesinin elemanı değilse tamamlanmayan yollar kümesine ekle.

ADIM 5: Tamamlanan yollar kümesindeki her yol için yolun ilk müşterisinden son müşterisine kadar müşterinin sağında kalanları o müşteri için soluna eklenemeyecekler, solunda kalanları ise sağına eklenemeyecekler kümesine al.

Örnek:



Şekil-15: Önceliklerin bulunması örnek problemi

Şekil-15'teki örnekte oklar müşteriler arasındaki geçişleri, okların üzerindeki rakamlar ise malzeme akış miktarlarını göstermektedir.

ADIM 1: Komşuluk matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ADIM 2: Başlangıçlar 0 hariç değer bulunmayan sütunlar olan 1,2,3 üncü sütunlardan oluşan {1,2,3} kümesidir. Bitiş ise 0 hariç değer bulunmayan satır olan 9'uncu satırdan oluşan {9} kümesidir.

ADIM 3: komşuluk matrisinde başlangıç düğümleri olan 1,2,3 ten, bitiş düğümü olmayan 4,5,6 ya malzeme akışı vardır. Dolayısıyla

tamamlanmayan yollar kümesi {1-4, 2-5, 3-6} tamamlanan yollar kümesi ise $\{\emptyset\}$ 'dir.

ADIM 4: Komşuluk matrisinde tamamlanmayan yollar kümesinin son elemanları olan 4 ve 5 ten; 7 ye ve 6 dan da 8 e gidiş vardır. 7 ve 8 bitişler kümesinin elemanı olmadığı için bütün yollarımız tamamlanmayan yollar kümesinin elemanı olarak kalmaya devam edeceklerdir. Yeni tamamlanmayan yollar kümesi {1-4-7, 2-5-7, 3-6-8}, tamamlanan yollar kümesi ise yine $\{\emptyset\}$ 'dir. Tamamlanmayan yollar kümemiz $\{\emptyset\}$ olmadığı için adım 4 te devam ediyoruz. Son elemanlarımız olan 7 ve 8 den 9 a gidiş vardır. 9 bitişler kümesi elemanı olduğu için yollar tamamlanmayan yollar kümesinden alınarak tamamlanan yollar kümesine eklenir. Tamamlanmayan yollar kümesi $\{\emptyset\}$ ve tamamlanan yollar kümesi ise {1-4-7-9, 2-5-7-9, 3-6-8-9} dur ve ADIM 5 e geçilir.

ADIM 5: tamamlanan yollar kümesi elemanları için E_i^L ile i müşterisinin soluna, E_i^R ile ise i müşterisinin sağına eklenemeyecekleri gösterecek olursak;

1 inci yol için:

$$1-4-7-9 \quad E_7^L = \{4,7,9\} \text{ ve } E_7^R = \{\emptyset\}$$

$$1-4-7-9 \quad E_4^L = \{7,9\} \text{ ve } E_4^R = \{1\}$$

$$1-4-7-9 \quad E_7^L = \{9\} \text{ ve } E_7^R = \{1,4\}$$

$$1-4-7-9 \quad E_9^L = \{\emptyset\} \text{ ve } E_9^R = \{1,4,7\}$$

2 inci yol için:

$$2-5-7-9 \quad E_7^L = \{5,7,9\} \text{ ve } E_7^R = \{\emptyset\}$$

$$2-5-7-9 \quad E_5^L = \{7,9\} \text{ ve } E_5^R = \{2\}$$

$$2-5-7-9 \quad E_7^L = \{9\} \text{ ve } E_7^R = \{1,4,2,5\}$$

$$2-5-7-9 \quad E_9^L = \{\emptyset\} \text{ ve } E_9^R = \{1,4,7,2,5\}$$

3 üncü yol için:

$$3-6-8-9 \quad E_3^L = \{6,8,9\} \text{ ve } E_3^R = \{\emptyset\}$$

$$3-6-8-9 \quad E_6^L = \{8,9\} \text{ ve } E_6^R = \{3\}$$

$$3-6-8-9 \quad E_8^L = \{9\} \text{ ve } E_8^R = \{3,6\}$$

$$3-6-8-9 \quad E_9^L = \{\emptyset\} \text{ ve } E_9^R = \{1,4,7,2,5,3,6,8\}$$

Sonuç olarak i müşterisinin sağına ve soluna eklenemeyecekler şu şekilde olur.

$$E_1^L = \{4,7,9\} \text{ ve } E_1^R = \{\emptyset\}$$

$$E_2^L = \{5,7,9\} \text{ ve } E_2^R = \{\emptyset\}$$

$$E_3^L = \{6,8,9\} \text{ ve } E_3^R = \{\emptyset\}$$

$$E_4^L = \{7,9\} \text{ ve } E_4^R = \{1\}$$

$$E_5^L = \{7,9\} \text{ ve } E_5^R = \{2\}$$

$$E_6^L = \{8,9\} \text{ ve } E_6^R = \{3\}$$

$$E_7^L = \{9\} \text{ ve } E_7^R = \{1,4,2,5\}$$

$$E_8^L = \{9\} \text{ ve } E_8^R = \{3,6\}$$

$$E_9^L = \{\emptyset\} \text{ ve } E_9^R = \{1,4,7,2,5,3,6,8\}$$

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

KARAR DESTEK SİSTEMİ

Karar destek sistemleri (KDS) temelde karar vericiye kararını verirken yardımcı olmak maksadıyla üretilmiş yazılımsal sistemlerdir. Gökçen (Gökçen, 2002) literatürde bulunan karar destek sistemleri tanımlarını şu şekilde toplamıştır:

- Bir KDS, kullanıcıya yarı-yapısal ve yapısal olmayan karar verme işlemlerinde destek sağlamak amacıyla, karar modellerine ve verilere kolay erişimi sağlayan etkileşimli bir sistemdir.
- KDS, kararın yapısal olmadığı durumlarda karar alma işlemine yardımcı olmak için tasarlanmış, esnek ve etkileşimli bilişim teknolojisi sistemleridir.
- KDS, karmaşık problemleri çözebilmek için insan zekası, bilgi teknolojisi ve yazılımın etkileşim içerisinde olacak şekilde harmanlandığı bir sistemdir.
- Karar verme sürecinde, yönetime destek vermek için hedeflenen bilginin üretilmesi ve sunulması için kullanıcı etkileşimli yazılım ve donanım vasıtalarının bütünleşik kümesinden oluşan etkileşimli bilgi sistemleridir.
- Karar vericinin yerine geçmesinden ziyade onun kararlarını destekleyen, yarı-yapısal ve yapısal olmayan problemlerin çözümü için karar vericiye karar vermesinde yardımcı olan etkileşimli sistemlerdir.

Yukarıdaki tanımlar incelendiğinde KDS'lerin dört temel karakteristiği ortaya çıkmaktadır. Bunlar KDS'nin, veri ve modelleri içerisine alması, yönetici hükümlerinin yerine geçmekten ziyade onlara destek vermesi, yöneticilere yarı-yapısal (veya yapısal olmayan) görevlerde yardımcı olması ve hangi kararlarla verimlik sağlandığı değil, verilen kararlardaki etkinliğin artırılması amacıdır (Turban, 1990) .

KDS'leri ikiye ayırmak mümkündür. Birincisi bir çeşitli modeller kullanarak organizasyonun veri tabanını kullanmayan model odaklı KDS ve organizasyonun veri tabanını kullanarak veri tabanının derinliklerinden çeşitli sonuçlar çıkaran veri odaklı KDS'dir.

1. KDS'NİN YETENEK VE ÖZELLİKLERİ

- KDS, yarı-yapılandırılmış ve yapılandırılmamış durumlarda insan yargıları ve bilgisayar kaynaklı bilgileri bir araya getirerek karar vericiler için karar desteği sağlarlar.
- KDS, veri inceleme ve çözüm üretmede analitik modeller kullanır.
- Üst kademe yöneticilerden alt kademe yöneticilere kadar, tüm yönetim seviyelerine karar desteği verirler.
- Gruplara olduğu kadar, bireylere de karar desteği verirler.
- KDS' ler, bağımsız ve/veya sıralı kararlar için karar desteği sağlarlar.
- KDS' ler karar verme süreçlerinin tüm aşamalarında karar desteği sağlar.
- KDS' ler farklı karar verme süreçleri ve tiplerine destek verirler.
- KDS, karar verici kişi ya da grubun karar verme yaklaşımındaki değişiklikleri göz önüne alarak buna uyumu sağlayacak nitelikte esneklik özelliğine sahip olabilmektedir.
- KDS kolay kullanımlı bir yapıda olmalıdır. Esneklik, güçlü grafik yetenekler ve kullanıcıyla uyumlu diyalog dili KDS' nin etkisini büyük ölçüde artırmaktadır.
- KDS, karar vermenin verimliliğinden (maliyet gibi) çok, karar vermenin etkinliğini (doğruluk, zamanlılık ve kalite gibi) iyileştirmeye çalışır.
- KDS, karar verici yerine geçmekten ziyade, karar vericiye destek olmayı amaçlamaktadır.
- KDS' nin kurulumu kolay olmalıdır (Akt. Tokaylı,2005).

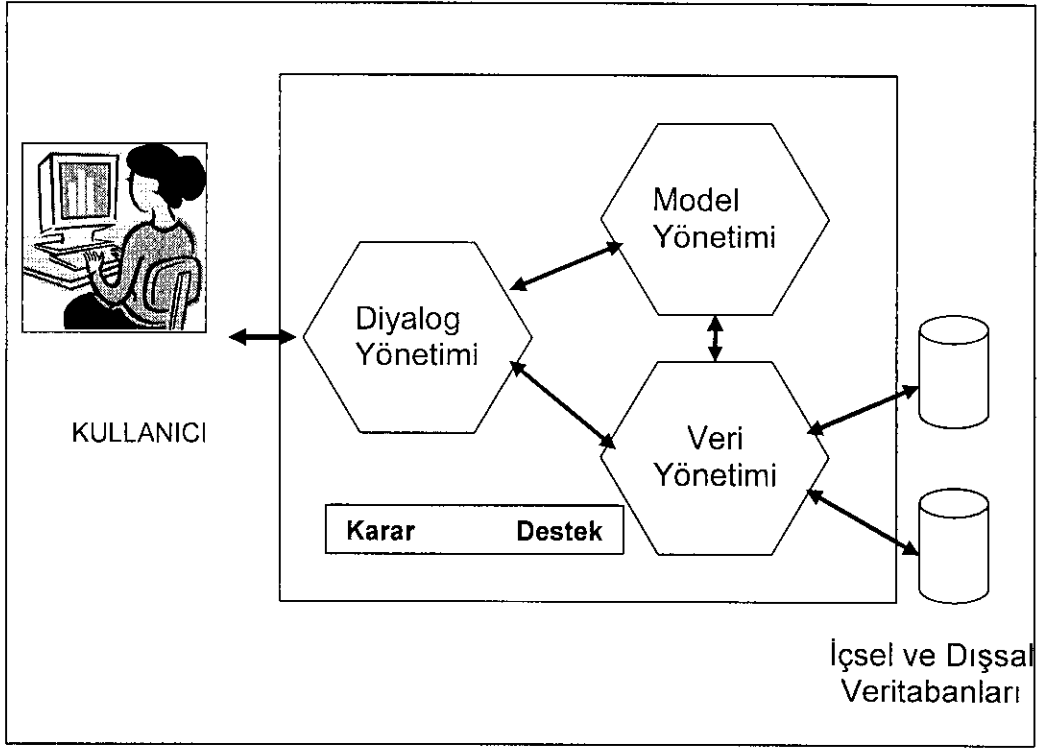
2. KDS'NİN TEMEL BİLEŞENLERİ

Tipik bir KDS üç bileşene sahiptir (Şekil-16). Bunlar, Veri yönetimi, Model Yönetimi ve Diyalog Yönetimidir.

Veri Yönetimi, karar vericinin belli bir kararı verebilmesi için, ilgili verinin getirilmesi, saklanması ve organize edilmesiyle ilgili değişik faaliyetlerin yerine getirilmesi, saklanması ve organize edilmesiyle ilgili değişik faaliyetlerin yerine getirildiği bir KDS bileşenidir. Bu bileşenin faaliyetlerini yerine getiren iki önemli alt sistem, veritabanı ve veritabanı yönetim sistemidir.

Model yönetimi, KDS için analitik yetenek sağlayan değişik kantitatif modellerin getirilmesi, saklanması ve organize edilmesiyle ilgili faaliyetlerin yerine getirildiği bir KDS bileşenidir. Bu bileşenin iki önemli alt sistemi, model tabanı ve model tabanı yönetim sistemidir.

Diyalog yönetimi, kullanıcı ile KDS'nin iletişimin sağlayan KDS bileşenidir. Kullanıcının sistemle doğrudan temasta bulunduğu tek bileşendir. Bu bileşen temel olarak girdi-çıkı araçları, konuşma-sorgulama dili işleyicisi, diyalog üretme ve yöneltme araçlarını içerir. Kullanıcıdan gelen işlem komutlarını bilgisayar programlarına dönüştürür. Bu programlar doğrultusunda model yönetimi ve veri yönetimi ile ilişki kurar ve kullanıcının istediği bilgileri oluşturur (Gökçen, 2002).



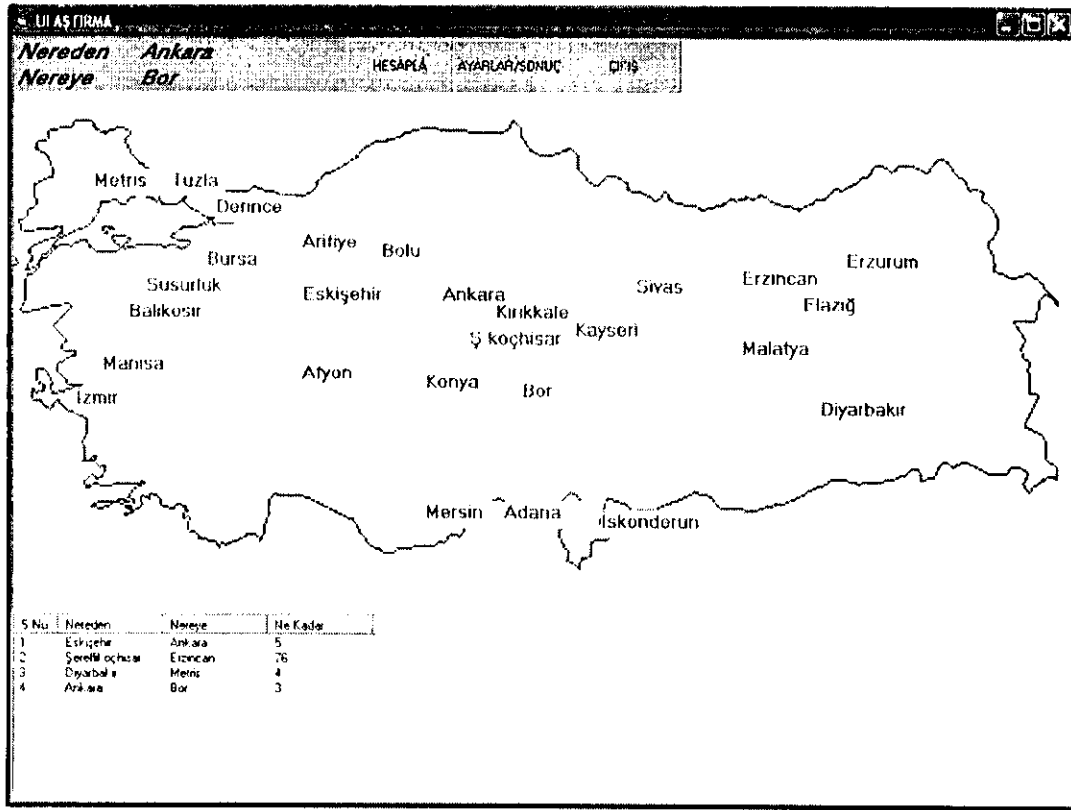
Şekil-16: Karar Destek Sistemlerinin Temel Bileşenleri (Gökçen, 2002)

3. M-M VRP_SDP KARAR DESTEK SİSTEMİ

Bu tezde K.K. Loj. K.lığı haftalık ring seferlerini düzenlemek amacıyla; müşteriler arası malzeme akışlı eş zamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama problemleri için Ψ_{RCRS} ekleme kriterini temel alan bir karar destek sistemi hazırlanmıştır. Hazırlanan karar destek sistemi, uygulamada kullanılan verilerin içerdiği yerleşim birimleri arasında taşınacak malzemelerin minimum maliyetle hangi güzergahtan, hangi araçlarla taşınacağını ve bu güzergahtan kaç aracın gideceğini hesaplayarak karar vericiye yardımcı olmaktadır.

Hazırlanan karar destek sistemi Visual Basic 6.0 programlama dilinde kodlanmış olup, iki ana arayüz ve bir adet yardımcı arayüzden oluşmaktadır.

Birinci ana arayüz Şekil-17'de gösterildiği gibi program çalıştığında başlayan arayüzdür. Bu arayüzde problemin verileri girilmektedir. Veri girişi şu şekilde yapılmaktadır. Arayüz üzerinde bulunan yerleşim merkezleri üzerine gelindiğinde fare ile sol tıklama yapıldığında tıklanan yerleşim merkezi yükün yükleneceği yer olarak, sağ tıklanıldığında ise yükün bırakılacağı yer olarak belirlenmektedir. Yükün yükleme ve indirme merkezi belirlendikten sonra farenin orta tuşuna basıldığında Şekil-18'de verilen ekrana yardımcı arayüz gelmektedir. Bu arayüzde de belirlenmiş yük yükleme noktasından indirme noktasına ne kadar yük gönderileceği yazılarak ENTER tuşuyla giriş işlemi tamamlanmakta ve girilen değerler arayüzün sol alt bölümünde bulunan listede görünmektedir.

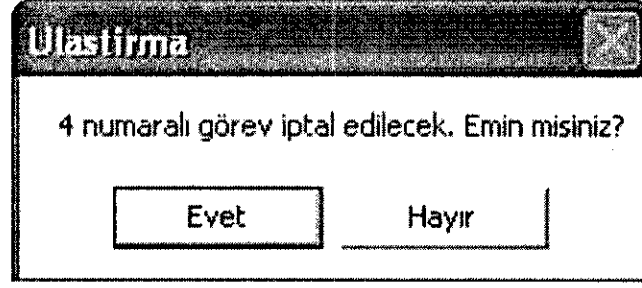


Şekil-17: Başlangıç ve veri girme arayüzü



Şekil-18: Miktar girme arayüzü

Yanlış girilen bir veri listede çift tıklanarak silinebilir. Çift tıklandığında ekrana Şekil-19 daki diyalog kutusu gelmektedir.



Şekil-19: Silme onay ekranı

Ana arayüzdeki AYARLAR/SONUÇ düğmesi tıklandığında ikinci ana arayüz ekrana Şekil-20 deki gibi gelmektedir. Bu ekranda tek bir aracın kapasitesi, aracın ortalama hızı ve yolda geçireceği (hareket halinde) maksimum süre girilerek Kaydet/Çık düğmesi tıklanarak ayarlar yapılır.

AYARLAR/SONUÇ								
Başlangıç:	Bitiş:	Toplam Süre:						
Gruplar		<table border="1"><thead><tr><th>Nokta</th><th>Yük</th><th>Rota Mesafesi</th></tr></thead><tbody><tr><td colspan="3"> </td></tr></tbody></table>	Nokta	Yük	Rota Mesafesi			
Nokta	Yük	Rota Mesafesi						
Araç Kapasitesi	75	Kaydet/Çık						
Ortalama Hız	60							
En Fazla Kaç Dakika Yolda Geçecek	12000							

Şekil-20: Ayar menüsü

Şekil-20 deki ikinci ana arayüz incelendiğinde ortalama hız ve en fazla kaç dakika yolda geçecek seçeneklerinin olduğu görülmektedir. Bu seçenekler rotalara mesafe kısıtı getirme imkanı sağlayabilmektedir. Değerleri yüksek tutulduğunda mesafe kısıtı ortadan kalkabilmektedir.

Hesapla butonuna basıldığında karar destek sistemi girilen verileri ilgili algoritmayı kullanarak hesaplamaya başlar ve her ceza veya ödül katsayısı değiştiğinde ilgili katsayılarla elde edilen rotaları ve o ana kadar bulunan en kısa rotayı ekrana yazar. Ceza ve ödül katsayıları 0-1 aralığında 0 dan başlayıp 0.1'er arttırılarak 1 e kadar hesaplanır. Bütün ceza ve ödül katsayıları denendiğinde algoritma sonlanır ve Şekil-21 deki arayüz ekrana gelir. Burada, oluşan gruplar, en iyi rotaları ve rotaların uzunluklarını, aracın müşteriye terk ederken ki yükünü ve o rotayı kaç araçla dolaştığını gösterilmektedir.

AYARLAR/SONUÇ

Başlangıç: 15:07:19
Bitiş: 15:07:20
Toplam Süre: 1

Grup:1=1,5,22,
Grup:2=2,
Grup:3=6,4,3,8,
Grup:4=10,9,13,
Grup:5=15,
Grup:6=17,14,20,
Grup:7=18,
Grup:8=19,16,
Grup:9=21,
Grup:10=23,
Grup:11=26,

Nokta	Yük	Rota Mesafesi
1'inci Rota	Araç Sayısı:2	2836
Ankara	117	
Bolu	119	
Derince	129	
Bursa	124	
Susurluk	99	
Balkesir	104	
İzmir	130	
Alıyon	130	
Şerelliköhisar	125	
Sivas	115	
Malatya	126	
Ankara	0	
2'inci Rota	Araç Sayısı:2	3190
Ankara	120	
Mersin	106	
Elazığ	120	
Kayseri	129	
Diyarbakır	106	
Bor	117	
Konya	106	
Ankara	0	
3'inci Rota	Araç Sayısı:2	3799
Ankara	100	

Araç Kapasitesi

Ortalama Hız

En Fazla Kaç Dakika Yolda Gececek

Kaydet/Çık

Şekil-21: Sonuç görme ekranı

BEŞİNCİ BÖLÜM

K.K. LOJ. K.LİĞİ RİNG SEFERLERİNİN DÜZENLENMESİ

1. K.K.LOJ.K.LİĞİ RİNG SEFERLERİ ESASLARI

Mevcut ulaştırma sistemleri ile gönderilmesi ekonomik olmayan ikmal maddelerinin, birlik, kurum, ikmal merkezi, bakım merkezi ve ulaştırma terminal birlikleri arasında emniyetle ve süratle taşınabilmesi için K.K.LoJ.K.lığı tarafından 1998 yılından itibaren ring taşımacılığı faaliyeti icra edilmektedir. K.K.LoJ.K.lığı tarafından planlanan ve Ankara'da konuşlu Ulaş.Orta Oto Tb.K.lığı araçları kullanılarak icra edilen bu ring taşımacılığı için Türkiye genelinde 7 adet ring güzergahı belirlenmiştir. Belirlenen ring güzergahları şu şekildedir:

1. İstanbul Ringi (906 Km.)
2. Ege Ringi (1289 Km.)
3. Marmara Ringi (1289 Km.)
4. Akdeniz Ringi (1317 Km.)
5. İç Anadolu Ringi (800 Km.)
6. Doğu Anadolu Ringi (1752 Km.)
7. Güneydoğu Ringi (1832 Km.)

Belirlenmiş olan bu güzergahlar üzerindeki birlikler taşıma taleplerini haftalık olarak K.K.LoJ.K.lığına bildirmektedir ve tüm talepleri toplayan K.K.LoJ.K.lığı güzergahlara tahsis etmesi gereken araçların tahsisini yapmaktadır. Güzergahlarda nadiren ufak değişiklikler yapılmakta genelde standart olarak belirlendiği için araç planlamasında toplam 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 (Özkütük,2008).

2. RİNG SEFERLERİNİN BELİRLENMESİ

Karar Destek Sisteminin uygulaması K.K.LoJ.K. ring seferlerinin 5 haftalık taşıma verileri kullanılarak yapılmıştır. K.K.LoJ.K. ring seferleri verileri incelendiğinde ring seferlerinin farklı sayıda 2 tip araç ile yapıldığı görülmektedir. Bunlar birisi 75 m³ taşıma kapasiteli MAN 33-372 (6X4) SEMİTRAYLER, diğeri 53 m³ taşıma kapasiteli 3335 MERCEDES ACTROS ÇEKİCİ aracıdır. Uygulamada genellikle 75 m³ taşıma kapasiteli araçlar kullanıldığından; bu çalışmada bütün araçların kapasitesi 75 m³ olarak kullanılmış ve maliyet hesapları buna göre düzenlenmiştir.

K.K.LoJ.K.'nın 5 haftalık taşıma verileri Tablo-4,5,6,7,8'de verilmiştir.

Tablo-4: K.K. Loj. K.lığı Ring Seferlerine Ait 1'inci Hafta Yük Çizelgesi

YÜK AKTARMA NOKTASI	AN- KARA	MET- RİS	BUR- SA	BALİ- KESİR	İZ- MİR	ARİ- FİYE	BO- LU	ESKİ- ŞEHİR	AF- YON	KON- YA	MER- SİN	ADA- NA	İSKEN- DERUN	BOR	KAY- SERİ	SI- VAS	ERZİN- CAN	ELA- ZİĞ	MA- LATYA	ERZÜ- RUM	DIYAR- BAKIR	DERİN- CE	TUZ- LA	SUSU R- LUK	MA- NİSA	KIRIK- KALE	Ş KOÇ- HİSAR
ANKARA		24	5		37	23	3		20	15	37			5	20	10	22	18	10	23	25	2	8	50			5
METRİS	15																										
BURSA																											
BALIKESİR																											
İZMİR	70																										
ARİFİYE	15	17																									
BOLU																											
ESKİŞEHİR																											
AFYON	33			5	3						8																
KONYA	12																										
MERSİN	10																										
ADANA																											
İSKENDERUN																											
BOR	10										5																
KAYSERİ	30																	19									
SİVAS																											
ERZİNCAN	23																			1							
ELAZİĞ	13																										
MALATYA	21																										
ERZURUM	5																										
DIYARBAKIR	20																										
DERİNCE	12																										
TUZLA	18	1																									
SUSURLUK																											
MANİSA																											
KIRIKKALE																											
Ş KOÇHİSAR																											

Tablo-5: K.K. Loj. K.İği Ring Seferlerine Ait 2'inci Hafta Yük Çizelgesi

YÜK AKTARMA NOKTASI	AN- KARA	MET- RİS	BUR- SA	BALİ- KESİR	İZ- MİR	İZ- MİR	ARI- FİYE	BO- LU	ESKİ- ŞEHİR	AF- YON	KON- YA	MER- SİN	ADA- NA	İSKEN- DERUN	BOR	KAY- SERİ	Sİ- VAS	ERZİN- CAN	ELA- ZİĞ	MA- LATYA	ERZU- RUM	DIYAR- BAKİR	DERİN- CE	TUZ- LA	SUSU R- LUK	MA- NİSA	KIRIK- KALE	Ş.KOÇ- HİSAR	
ANKARA		4	1	55	36	30	1			22	11	25			1	43	1	10	40	20	10		10	15					
METRİS	15																												
BURSA																													
BALIKESİR	10																												
İZMİR	41																												
ARIFIYE	15	16																											
BOLU																													
ESKİŞEHİR																													
AFYON	45				5							3																	
KONYA	11																												
MERSİN	10																												
ADANA																													
İSKENDERUN																													
BOR	50											15																	
KAYSERİ	30																												
SİVAS	15																					1							
ERZİNCAN	13																					9							
ELAZIĞ	15																												
MALATYA	15																												
ERZURUM	10																												
DIYARBAKIR	15																												
DERİNCE	5	1															15												
TUZLA	25																												
SUSURLUK																													
MANİSA																													
KIRIKKALE																													
Ş. KOÇHİSAR																													

Tablo-6: K.K. Loj. K.İği Ring Seferlerine Ait 3'üncü Hafta Yük Çizelgesi

YÜK AKTARMA NOKTASI	AN- KARA	MET- RİS	BUR- SA	BALI- KESİR	İZ- MİR	ARL- FİYE	BO- LU	ESKİ- ŞEHİR	AF- YON	KON- YA	MER- SİN	ADA- NA	İSKEN- DERÜN	BOR	KAY- SERİ	Sİ- VAS	ERZİN- CAN	ELA- ZİĞ	MA- LATYA	ERZU- RUM	DIYAR- BAKIR	DERİN- CE	TUZ- LA	SUSU R-LUK	MA- NİSA	KIRIK- KALE	Ş. KOÇ- HISAR
ANKARA			8	40	54	7	8			8	30				26	5	25	11	20	30	5	8	30			2	3
METRİS	15																										
BURSA	56																										
BALIKESİR																											
İZMİR	14																										
ARİFİYE	21	18																									
BÖLÜ																											
ESKİŞEHİR																											
AFYON	32		2																								
KONYA	12										8																
MERSİN	10																										
ADANA																											
İSKENDERÜN																											
BOR																											
KAYSERİ	30																	10									
SİVAS																											
ERZİNCAN	28																										
ELAZIĞ																											
MALATYA	10																										
ERZURUM	25																										
DIYARBAKIR	20																										
DERİNCE	5																										
TUZLA	20	2																									
SUSURLUK																											
MANİSA	3				1																						
KIRIKKALE																											
Ş. KOÇHISAR	30																										

Tablo-7: K.K. Loj. K.İği Ring Seferlerine Ait 4'üncü Hafta Yük Çizelgesi

YÜK AKTARMA NOKTASI	AN- KARA	MET- RİS	BUR- SA	BALİ- KESİR	İZ- MİR	ARL- FİYE	BO- LU	ESKİ- ŞEHİR	AF- YON	KON- YA	MER- SİN	ADA- NA	İSKEN- DERUN	BOR	KAY- SERİ	Sİ- VAS	ERZİN- CAN	ELA- ZİĞ	MA- LATYA	ERZÜ- RUM	DIYAR- BAKIR	DERİN- CE	TUZ- LA	SUSU R-LUK	MA- NİSA	KIRIK- KALE	Ş.KOÇ- HISAR
ANKARA			5	35	58		50		35	20	40			29	44	5	25	30	16	30			35			2	1
METRİS	13																										
BURSA	30																										
BALIKESİR																											
İZMİR	43								13																		
ARIFIYE	48	51																									
BOLU																											
ESKİŞEHİR																											
AFYON	30																										
KONYA																											
MERSİN	16																										
ADANA																											
İSKENDERUN																											
BOR	1																										
KAYSERİ	30																	10									
SIVAS	14																										
ERZİNCAN	45																										
ELAZIG																											
MALATYA	28																										
ERZURUM																											
DIYARBAKIR	20																										
DERİNCE																											
TUZLA	42	2																									
SUSURLUK	3																										
MANİSA																											
KIRIKKALE																											
Ş.KOÇHISAR																											

Tablo-8: K.K. Loj. K.İği Ring Seferlerine Ait 5'inci Hafta Yük Çizelgesi

YÜK AKTARMA NOKTASI	AN- KARA	MET- RİS	BUR- SA	BALİ- KESİR	İZ- MİR	ARİ- FİYE	BO- LU	ESKİ- ŞEHİR	AF- YON	KON- YA	MER- SİN	ADA- NA	İSKEN- DERİN	BOR	KAY- SERİ	Sİ- VAS	ERZİN- CAN	ELA- ZİĞ	MA- LATYA	ERZU- RUM	DIYAR- BAKIR	DERİN- CE	TUZ- LA	SUSU R-LUK	MA- NİSA	KIRIK- KALE	Ş KOÇ- HİSAR
ANKARA	15	15	82	38		7	4		30	20	25			25	30	15	15	38	20	30	2	4	20				30
METRİS	15																										
BURSA																											
BALIKESİR																											
İZMİR	42								5																		
ARIFIYE	19	16																									
BOLU																											
ESKİŞEHİR																											
AFYON	13																										
KONYA											5																
MERSİN	10																										
ADANA																											
İSKENDERUN																											
BOR	45																										
KAYSERİ	30										20																
SİVAS																											
ERZİNCAN																											
ELAZİĞ	17																										
MALATYA	6																										
ERZURUM	5																										
DIYARBAKIR	20																										
DERİNCE																											
TUZLA	51	2																									
SUSURLUK																											
MANİSA																											
KIRIKKALE																											
Ş KOÇHİSAR																											

Mevcut uygulama incelendiğinde bazı güzergahların araç kapasiteleri mevcut talepleri karşılamaya yetmediği için birden fazla araçla dolaşıldığı görülmektedir. 2007 yılı Ulaştırma Komutanlığı Ulaştırma Orta Oto Taburu Askeri Araçlar ile Taşıma Maliyetleri Hesaplama Esasları ve Sonuç Raporunda sunulan veriler kullanılarak araçların sabit ve değişken maliyetleri hesaplanmıştır. Uygulamada araç başına iki şoför ve güzergah başına bir sorumlu personel görevlendirilmektedir.

Maliyet hesabı aşağıdaki şekilde yapılmaktadır.

$(\text{Güzergah uzunluğu} \times \text{km. de birim maliyet}) + (\text{Güzergah uzunluğu} \times \text{km. de birim maliyet}) \times 10/100 + \text{maaş ve harcırah giderleri}.$

Bir sefer ortalama dört gün sürmektedir. Yukarıdaki esaslarla hesaplanan K.K.Loğ.K.lığının 5 haftalık ring maliyetleri Tablo-9'da verilmiştir.

Tablo-9:K.K. Loj. K.lığı 5 Haftalık Ring Maliyet Tablosu

	Güzer- gah	Mesafe	Personel Sayısı	Yakıt ve Amortisman Gideri	Personel Gideri	Toplam	Haftalık Genel Toplam
1'inci Hafta	1	886	3	711,458	720	1431,5	14128,963
	2	1313	3	1054,339	720	1774,3	
	3	1313	3	1054,339	720	1774,3	
	4	1193	3	957,979	720	1678	
	5	801	3	643,203	720	1363,2	
	6	1735	3	1393,205	720	2113,2	
	7	1740	5	2794,44	1200	3994,4	
2'inci Hafta	1	971	3	779,713	720	1499,7	12639,592
	2	1313	3	1054,339	720	1774,3	
	3	1313	3	1054,339	720	1774,3	
	4	1478	3	1186,834	720	1906,8	
	5	801	3	643,203	720	1363,2	
	6	1756	3	1410,068	720	2130,1	
	7	1832	3	1471,096	720	2191,1	
3'üncü Hafta	1	972	3	780,516	720	1500,5	12640,395
	2	1313	3	1054,339	720	1774,3	
	3	1313	3	1054,339	720	1774,3	
	4	1478	3	1186,834	720	1906,8	
	5	801	3	643,203	720	1363,2	
	6	1756	3	1410,068	720	2130,1	
	7	1832	3	1471,096	720	2191,1	
4'üncü Hafta	1	972	5	1561,032	1200	2761	15435,25
	2	1313	3	1054,339	720	1774,3	
	3	1313	5	2108,678	1200	3308,7	
	4	1478	3	1186,834	720	1906,8	
	5	801	3	643,203	720	1363,2	
	6	1756	3	1410,068	720	2130,1	
	7	1832	3	1471,096	720	2191,1	
5'inci Hafta	1	972	5	1561,032	1200	2761	13900,911
	2	1313	3	1054,339	720	1774,3	
	3	1313	3	1054,339	720	1774,3	
	4	1478	3	1186,834	720	1906,8	
	5	801	3	643,203	720	1363,2	
	6	1756	3	1410,068	720	2130,1	
	7	1832	3	1471,096	720	2191,1	

5 haftalık veriler kullanılarak elde edilen KDS rota çözümleri ve parametreleri Tablo 10-11-12-13-14'de; maliyetleri ise Tablo-15'te verilmiştir.

Tablo-10: 1'inci Hafta KDS Çözümleri

Güz. Nu.	Güzergah	Araç Sayısı	Güzergah Uzunluğu	Max. Güzergah Uzunluğu	λ	γ
1	Ankara-Ş.Koçhisar-Afyon-Susurluk-İzmir-Balıkesir-Bursa-Derince-Bolu-Ankara	2	1917	2400	0,1	0
2	Ankara-Kayseri-Sivas-Malatya-Elazığ-Diyarbakır-	2	1806			
3	Ankara-Konya-Bor-Mersin-Ankara	1	1095			
4	Ankara-Arifiye-Tuzla-Metris-Ankara	1	898			
5	Ankara-Erzincan-Erzurum-Ankara	1	1682			

Tablo-11: 2'inci Hafta KDS Çözümleri

Güz. Nu.	Güzergah	Araç Sayısı	Güzergah Uzunluğu	Max. Güzergah Uzunluğu	λ	γ
1	Ankara-Afyon-İzmir-Balıkesi-Bursa-Bolu-Ankara	2	1348	3000	0,1	0,8
2	Ankara-Konya-Bor-Mersin-Malatya-Sivas-Erzincan-	2	2615			
3	Ankara-Diyarbakır-Kayseri-Ankara	1	1704			
4	Ankara-Arifiye-Derince-Tuzla-Metris-Ankara	1	909			
5	Ankara-Elazığ-Ankara	1	1342			

Tablo-12: 3'üncü Hafta KDS Çözümleri

Güz. Nu.	Güzergah	Araç Sayısı	Güzergah Uzunluğu	Max. Güzergah Uzunluğu	λ	γ
1	Ankara-Afyon-Sivas-Manisa-İzmir-Balıkesir-Bursa-Bolu-Ankara	2	1860	2250	0,3	0,5
2	Ankara-Kırıkkale-Ş.Koçhisar-Konya-Mersin-Ankara	1	1221			
3	Ankara-Kayseri-Diyarbakır-Elazığ-Ankara	1	1722			
4	Ankara-Derince-Tuzla-Metris-Arifiye-Ankara	1	963			
5	Ankara-Malatya-Erzurum-Erzincan-Ankara	1	1342			

Tablo-13: 4'üncü Hafta KDS Çözümleri

Güz. Nu.	Güzergah	Araç Sayısı	Güzergah Uzunluğu	Max. Güzergah Uzunluğu	λ	γ
1	Ankara-Kırıkkale-Ş.Koçhisar-Susurluk-Balıkesir-İzmir-Bursa-Afyon-Ankara	2	1912	2700	0	1
2	Ankara-Bor-Kayseri-Malatya-Elazığ-Erzurum-Diyarbakır-	2	2344			
3	Ankara-Konya-Bolu-Tuzla-Arifiye-Metris-Ankara	2	1609			
4	Ankara-Mersin-Sivas-Erzincan-Ankara	1	1856			

Tablo-14: 5'inci Hafta KDS Çözümleri

Güz. Nu.	Güzergah	Araç Sayısı	Güzergah Uzunluğu	Max. Güzergah Uzunluğu	λ	γ
1	Ankara-Bolu-Derince-Balıkesir-İzmir-Afyon-Konya-Bor-Mersin-Kırıkkale-Ankara	2	2286	3000	0,2	0,3
2	Ankara-Sivas-Erzincan-Erzurum-Diyarbakır-Elazığ-	2	2079			
3	Ankara-Arifiye-Bursa-Tuzla-Metris-Ankara	2	1054			

Tablo-15: KDS 5 Haftalık Maliyet Tablosu

	Güzer-gah	Mesafe	Personel Sayısı	Yakıt ve Amortisman Gideri	Personel Gideri	Toplam	Haftalık Genel Toplam
1'inci Hafta	1	1917	5	3078,702	1200	4278,7	13490,163
	2	1806	5	2900,436	1200	4100,4	
	3	1095	3	879,285	720	1599,3	
	4	898	3	721,094	720	1441,1	
	5	1682	3	1350,646	720	2070,6	
2'inci Hafta	1	1348	5	2164,888	1200	3364,9	14100,443
	2	2615	5	4199,69	1200	5399,7	
	3	1704	3	1368,312	720	2088,3	
	4	909	3	729,927	720	1449,9	
	5	1342	3	1077,626	720	1797,6	
3'üncü Hafta	1	1860	5	2987,16	1200	4187,2	11711,712
	2	1221	3	980,463	720	1700,5	
	3	1722	3	1382,766	720	2102,8	
	4	963	3	773,289	720	1493,3	
	5	1878	3	1508,034	720	2228	
4'üncü Hafta	1	1912	5	3070,672	1200	4270,7	15229,558
	2	2344	5	3764,464	1200	4964,5	
	3	1609	5	2584,054	1200	3784,1	
	4	1856	3	1490,368	720	2210,4	
5'inci Hafta	1	2286	5	3671,316	1200	4871,3	12302,914
	2	2079	5	3338,874	1200	4538,9	
	3	1054	5	1692,724	1200	2892,7	

3. UYGULAMA SONUÇLARI

Haftalara göre kullanılan araçların karşılaştırılması Tablo-16'da sunulmuştur.

Tablo-16: Haftalara Göre Kullanılan araçların karşılaştırılması.

Haftalar	Mevcut Durum	KDS	Tasarruf
1	8	7	1
2	7	7	0
3	7	6	1
4	9	7	2
5	8	6	2
TOPLAM	39	33	6

Tablo-16 incelendiğinde birinci ve üçüncü haftada 1 araç tasarruf edildiği; 4ncü ve 5nci haftada 2 araç tasarruf edildiği; toplamda 6 araç tasarruf edildiği görülmektedir.

Haftalara göre maliyetlerin karşılaştırılması Tablo-17'de sunulmuştur

Tablo-17: Haftalara Göre Maliyetlerin Karşılaştırılması

Haftalar	Mevcut Durum	KDS	Tasarruf
1	14128,963	13490,163	638,8
2	12639,592	14100,443	-1460,85
3	12640,395	11711,712	928,683
4	15435,25	15229,558	205,692
5	13900,911	12302,914	1597,997
TOPLAM	68745,111	66834,79	1910,321

Tablo-17 incelendiğinde 2nci hafta hariç diğer haftalarda tasarruf sağlandığı görülmektedir. Toplam elde edilen tasarruf 1910.321 YTL. dir.

ALTINCI BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

1. SONUÇLAR

Bu tezde, müşteriler arası malzeme akışlı eş zamanlı dağıtım toplama yapılan araç rotalama problemine Gerdan tarafından önerilen algoritma yeniden düzenlenmiş, öncelik kısıtlarının belirlenmesi maksadıyla yeni bir algoritma önerilmiş ve bir KDS hazırlanarak K.K. Loj.K.lığı beş haftalık Ring seferlerine uygulanmış, sonuçlar halihazırdaki durumla karşılaştırılmıştır.

Uygulama sonucuna göre beş haftalık periyotta mevcut durumda 39 araç kullanılırken KDS ile 33 araç kullanılmakta ve toplam 6 araç tasarruf edilmektedir (Tablo-16). Kullanılan araç sayısına bağlı olarak 5 haftada 25 personel tasarrufu sağlanmıştır. Böylece bu tasarruf, dolaylı olarak sabit maliyetlerin düşmesini de sağlayacaktır.

5 haftalık periyotta ring seferlerinin maliyetleri karşılaştırıldığında mevcut durumda 68745,111 YTL. harcanırken, KDS ile toplam 66834,79 YTL. harcanmakta ve toplamda 1910,321 YTL. tutarında yaklaşık %2,8 lik tasarruf sağlanmaktadır.

Ekleme kriterinde amaç mevcut kapasiteyi tamamen kullanmak olmasından dolayı KDS kapasiteyi kullanırken bir grupta yapmamakta en uygun noktayı rotaya eklemektedir. Bu da bulunabilecek daha iyi sonuçlara engel olmaktadır. Örneğin üçüncü hafta birinci güzergah incelendiğinde aracın Ankara'dan Afyon'a oradan Sivas'a ve Sivas'tan da Manisa'ya gittiği görülmektedir. Bunun nedeni kapasitenin tam kullanımını sağlamaya çalışmaktır. Sivas araya eklenirken kalan müşterilerin konumu ve birbirine uzaklıkları göz önünde bulundurulmamış sadece kalan müşterilerden en uygunu alt tura eklenmiştir. Bunun önüne geçebilmek için uygulamada her bir araç için katedilebilecek maksimum mesafe kısıtı eklenmiştir. Karar verici

KDS'nin bir karar verici değil bir karar verme yardımcısı olduğunu göz önünde bulundurarak sonuçları inceleyip bu tür problemleri elle düzeltme yoluna giderse maliyetlerin çok daha aşağı çekileceği değerlendirilmektedir.

2. ÖNERİLER

İleride yapılacak çalışmalarda müşteriler birbirlerine uzaklıklarına göre önce gruplandırılmak sonra rotalamak suretiyle çözüm araştırılabilir. Probleme heterojen araç filosu uygulanabilir.

KAYNAKÇA

AGARWAL, Y. K. MATHUR ve H.M. SALKIN. "A Set-partitioning-based Exact Algorithm For The Vehicle Routing Problem." **Networks**, 19, 1989, 731-749.

Anbuudayasankar S.P., Ganesh K., Mohandas K., "Metaheuristic Approach for Simultaneous Delivery and Pick-Up Problem of Banking Industry", **The Icfai University Journal of Operations Management**, . VIII, No. 1, 2009, 6-34

ANILY, S ve R. HASSIN. "The Swapping Problem.", **Networks** 22, 1992, 419-433.

BALINSKI, M. ve R. QUANDT. "On an Integer Program For A Delivery Problem." **Operations Research**, 12, 1964,300-304.

BERBEGLIA, G. ve diğerleri. "Static Pickup and Delivery Problems: A Classification Scheme and Survey", 05.12.2008 [http://neumann.hec.ca/chairedistributique/common/PDP-TOP.pdf,\(2007\).](http://neumann.hec.ca/chairedistributique/common/PDP-TOP.pdf,(2007).)

BIXBY, A. **Polyhedral Analysis and Effective Algorithms for the Capacitated Vehicle Routing Problem**. Ph.D. dissertation, Northwestern University, Evanston, IL, 1998.

CASCO, D.O., B.L.GOLDEN ve E.A.WASIL. "Vehicle Routing with Backhauls: Models, Algorithms and Case Studies", BRUCE L.,G. ve A.A.ASSAD(Ed), **Vehicle Routing: Methods and Studies**, 1988, 127-147

CHALASANI, P. R. MOTWANI (1999) "Approximated capacitated routing and delivery problems.", **SIAM J Comput**, 28, 1999, 213-2149.

Chen P., Huang H., Dong X., "An Ant colony system based heuristic algorithm for the vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick up",

Second IEEE conference on Industrial Electronics and application, 136-141,2007.

CULLEN, F. J. JARVIS ve D. RATLIFF. "Set Partitioning Based Heuristics For Interactive Routing." **Networks**, 11, 1981,125-144.

DETHLOFF, Jan. "Vehicle Routing and Reverse Logistics: The Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-Up", **OR Spektrum**, 23, 2001, 79-96.

FREDERICKSON, G. M. HECHT. C. KIM. "Approximation Algorithms for Some Routing Problems." **Siam**, 1978.

GERDAN, Orhan. **Müşteriler Arası Malzeme Akışlı Eş Zamanlı DAğıtım-Toplama Yapılan Araç Rotalama Problemi ve Sezgisel Çözümü**, (Yayınlanmış Doktora Tezi), Ankara, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.

GÖKÇEN, Hadi. **Yönetim Bilgi Sistemleri**, Ankara, Epi Yayıncılık, 2002.

HADJICONSTANTINOU, E. N. CHIRISTOFIDES ve A. MINGOZZI. "A New Exact Algorithm For the Vehicle Routing Problem Based on q-paths and Shortest Paths Relaxations." **Annals of Operations Research**, 61, 1995, 21-43.

HERNANDEZ, ve diğerleri, "Heuristics for the One-commodity Pickup-and-delivery Traveling Salesman Problem", **Transportation Science**, 38 , 2004, 245-255.

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

Internet kaynağı: Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Branch_and_cut, Erişim tarihi: 23.02.2009.

LAPORTE, G. ve Y. NOBERT. "Exact algorithms for the vehicle routing problem.", **Annals of Discrete Mathematics**, 31, 1987, 147-184.

LYSGAARD J. ve diğeri, "A New Branch-and-Cut Algorithm for the Capacitated Vehicle Routing Problem", **Mathematical Programming**, 100, 2, 2004, 423-445.

Montane F.A.T, Galvao RD., "A Tabu Search Algorithm For The Vehicle Routing Problem With Simultaneous Pick Up And Delivery Service", **Computers&Operations Research**, 33, 2006, 595-619

ÖZKÜTÜK, Emre. **Heterojen Araç Filolu Eş Zamanlı Dağıtım-Toplamalı Rotalama Probleminin Çözümü İçin Sezgisel Bir Algoritma ve Uygulamalı Bir Karar Destek Sistemi**, (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), Ankara, Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü , 2008.

SALHI, S. G. NAGY. "A Cluster Insertion Heuristic for Single and Multiple Depot Vehicle Routing Problems with Backhauling", **Journal of the Operational Research Society**, 50, 1999, 1034–1042.

TOKAYLI, M.A. **Zaman Pencere Arak Rotalama Problemi İçin Bir Karar Destek Sistemi**, (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), Ankara, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.

TOTH,P., ve D.VIGO. **The Vehicle Routing Problem**, Siam, 2002.

TURBAN, E., "Decision Support Systems and Expert Systems: Management Support Systems 2nd ed.," **Macmillan Publishing Company**, New York, 6-30, 1990, 105-131.

Wang G., Jin C., Deng X., "Modeling and optimization on steel plate pick-up operation scheduling on stackyard of shipyard", **Automation and Logistics**, 2008. ICAL 2008. IEEE International Conference on 1-3 Sept., 2008, 548-553