

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**ÇOK DEPOLU EŞ ZAMANLI TOPLA DAĞIT YEŞİL ARAÇ
ROTALAMA PROBLEMİ İÇİN HİBRİT META SEZGİSEL
ALGORİTMA ÖNERİSİ VE BİR UYGULAMA**

**Hazırlayan
Erkan TURHAN**

**Danışman
Doç. Dr. Esra AYTAÇ ADALI**

**Ocak-2024
DENİZLİ**

**ÇOK DEPOLU EŞ ZAMANLI TOPLA DAĞIT YEŞİL ARAÇ
ROTALAMA PROBLEMİ İÇİN HİBRİT META SEZGİSEL
ALGORİTMA ÖNERİSİ VE BİR UYGULAMA**

**Pamukkale Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Doktora Tezi
İşletme Ana Bilim Dalı
Genel İşletme Doktora Programı**

Erkan TURHAN

Danışman: Doç. Dr. Esra AYTAÇ ADALI

**Ocak 2024
DENİZLİ**

ETİK SAYFASI

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

Erkan TURHAN

ÖN SÖZ

“Çok Depolu Eş Zamanlı Topla Dağıt Yeşil Araç Rotalama Problemi için Hibrit Meta Sezgisel Algoritma Önerisi ve Bir Uygulama” başlıklı tezimin hazırlanması sürecinde desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve sürekli yol gösteren danışman hocam Doç. Dr. Esra AYTAÇ ADALI’ya teşekkürlerimi sunarım. Tez İzleme Komitesinde Prof. Dr. Muhsin ÖZDEMİR ve Doç. Dr. Ayşegül TUŞ hocalarıma teşekkür ederim. Tez Savunma Sınavında desteklerini sunan Prof. Dr. Arzu ORGAN ve Doç.Dr. Algın OKURSOY hocalarıma teşekkür ederim.

Bana tezim ile ilgili değerli fikirler veren Doç Dr. Elifcan GÖÇMEN POLAT hocama teşekkür ederim. Bana destek olan kıymetli arkadaşlarım Dr. Onur KAÇAROĞLU ve Hakan ERSOY’a teşekkür ederim. Bana her zaman yardımcı olan değerli arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Yasal ÖZDEMİR’e teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde emekleri olan bana her türlü maddi manevi desteklerini sunan, her zaman yanımda olan aile büyüklerime şükranlarımı sunarım. Hayatımın her anında yanımda olan sevgili eşim Esen TURHAN’a bana gösterdiği anlayış ve sonsuz sabır için teşekkür ederim. Bu süreçte kendisine yeteri kadar zaman ayıramadığım biricik oğlum Kerem’e teşekkür ederim. Sizleri çok seviyorum.

ÖZET

ÇOK DEPOLU EŞ ZAMANLI TOPLA DAĞIT YEŞİL ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ İÇİN HİBRİT META SEZGİSEL ALGORİTMA ÖNERİSİ VE BİR UYGULAMA

TURHAN, Erkan

Doktora Tezi

İşletme ABD

Genel İşletme Doktora Programı

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Esra AYTAÇ ADALI

Ocak 2024, VIII + 166 Sayfa

Bu çalışma, yeşil lojistiğin ana konularından biri olan yeşil araç rotalama problemine odaklanmaktadır. Yeşil araç rotalama problemi ile işletmeler, rotalama faaliyetlerini sürdürürken çevreye verdiği zararı en küçüklemeyi hedefler. Bu tez çalışması kapsamında, Antalya’da ve Konya’da depoları olan madeni yağ sektöründe faaliyet gösteren bir işletme için çok depolu eş zamanlı topla dağıt yeşil araç rotalama problemi ele alınmıştır. Bu problemin çözümü için karma tamsayı matematiksel bir model geliştirilmiş, araçlar için en uygun rotaların belirlenmesi hedeflenmiş ve bu rotalar belirlenirken yakıt tüketimi ve değişken maliyet toplamının en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Matematiksel model oluşturulurken aracın hızı, aracın yakıt tüketim oranı, aracın kullandığı yakıt türü, müşterilerin servis süreleri, toplama talepleri ve dağıtım talepleri gibi birçok parametre göz önünde bulundurulmuştur. İşletmenin durumu gözetilerek küçük problem ve büyük problem olarak iki farklı senaryo ifade edilmiştir. İfade edilen problemler için GAMS yazılımı ile kesin çözüm, MATLAB dilinde kodlanmış probleme uyarlanmış en yakın komşuluk algoritması ve en yakın komşuluk, tabu arama, benzetimli tavlama ve yerel arama algoritmalarını içeren MATLAB dilinde yazılmış hibrit algoritma ile çözüm aranmıştır. Küçük problem için hibrit algoritma, optimal veya optimale yakın sonuç vermektedir. Büyük problemde ise GAMS yazılımı sonuç vermediği için önerilen hibrit algoritma, probleme uyarlanmış en yakın komşuluk algoritması ile karşılaştırılmıştır. Önerilen hibrit algoritma, mâkul zamanda daha iyi sonuç vermiştir. Bu çalışmada problem için geliştirilen matematiksel model, problemde kullanılan araçların teknik özelliklerinin aynı olmaması ve önerilen hibrit algoritma, çalışmanın farklılığını ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Araç Rotalama Problemi, Yeşil Lojistik, Yeşil Araç Rotalama Problemi, Meta Sezgiseller, Hibrit Algoritmalar.

ABSTRACT

A HYBRID META HEURISTIC ALGORITHM PROPOSAL AND AN APPLICATION FOR THE MULTI-DEPOT SIMULTANEOUS PICKUP AND DELIVERY GREEN VEHICLE ROUTING PROBLEM

TURHAN, Erkan

Doctoral Thesis

Business Administration Department

PhD. in Business Administration

Adviser of Thesis: Assoc. Prof. Esra AYTAÇ ADALI

January 2024, VIII + 166 Pages

This study focuses on the green vehicle routing problem, which is one of the fundamental topics in green logistics. With the green vehicle routing problem, businesses aim to minimize the damage to the environment while continuing their routing activities. Within the scope of this thesis, the multi-depot simultaneous pickup and delivery green vehicle routing problem for a company operating in the mineral oil sector with warehouses in Antalya and Konya is discussed. The mixed integer mathematical model was developed to solve this problem, aiming to determine the most suitable routes for vehicles and minimizing the sum of fuel consumption and variable costs while determining these routes. The mathematical model takes into account various parameters such as vehicle speed, fuel consumption rate, type of fuel used by the vehicle, customer service times, pickup requests, and distribution requests. Two different scenarios are considered for small and large problems, considering the situation of the business. For the problems expressed, a solution was sought with the exact solution in the GAMS software, the nearest neighbor algorithm adapted to the problem coded in MATLAB, and the hybrid algorithm written in MATLAB, which includes the nearest neighbor, tabu search, simulated annealing, and local search algorithms. For small problems, the hybrid algorithm gives optimal or approximate solution. Since the GAMS software did not yield results in the large problem, the proposed hybrid algorithm was compared with the nearest neighbor algorithm adapted to the problem. The proposed hybrid algorithm provided better results in reasonable time. The mathematical model developed for the problem in this study, the fact that the technical features of the tools used in the problem are not the same, and the proposed hybrid algorithm reveal the difference of the study.

Keywords: Vehicle Routing Problem, Green Logistics, Green Vehicle Routing Problem, Meta Heuristics, Hybrid Algorithms.

İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ	I
ÖZET.....	II
ABSTRACT.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
TABLolar DİZİNİ	VII
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM YEŞİL LOJİSTİK

1.1. “Yeşil Lojistik” Kavramı	4
1.1.1. Yeşil Taşımacılık	8
1.1.2. Yeşil Üretim.....	10
1.1.3. Yeşil Satın Alma	11
1.1.4. Tersine Lojistik	13
1.1.5. Yeşil Lojistik Uygulamaları.....	15
1.2. “Araç Rotalama” Kavramı	17
1.2.1. Turlayan Satıcı Problemi	17
1.2.2. Araç Rotalama Problemi.....	18
1.2.3. Araç Rotalama Problemi için Çözüm Yöntemleri	22
1.3. “Yeşil Araç Rotalama” Kavramı.....	24
1.3.1. Yeşil Araç Rotalama Problemi	24
1.3.2. Yeşil Araç Rotalama Problemi için Literatür Taraması.....	24

İKİNCİ BÖLÜM ÇDEZTDYARP’NİN ÇÖZÜMÜNE İLİŞKİN BİR HİBRİT META SEZGİSEL ALGORİTMA ÖNERİSİ

2.1. ÇDEZTDYARP için Geliştirilen Matematiksel Model	45
2.1.1. Matematiksel Modelin Formülasyonu	46
2.1.2. Matematiksel Modelin Karmaşıklığının Hesaplanması.....	49
2.2. ÇDEZTDYARP için Önerilen Hibrit Algoritma	51
2.2.1. Başlangıç Çözümün Oluşturulması.....	52
2.2.2. Ana Döngü Aşaması	53
2.2.2.1. Tabu Arama Algoritması	54
2.2.2.2. Benzetimli Tavlama Algoritması.....	59
2.2.2.3. Yerel Arama Algoritması.....	63
2.2.3. Algoritmanın Sonlandırılması.....	68

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ÇDEZTDYARP'YE İLİŞKİN

BİR UYGULAMA

3.1. Problemin Tanımı	69
3.2. Küçük Problem için Çözüm Yaklaşımları	70
3.2.1. GAMS ile Çözüm	71
3.2.2. PUEYKA ile Çözüm.....	72
3.2.3. Önerilen Hibrit Algoritma ile Çözüm	73
3.2.4. Elde Edilen Çözümlerin Karşılaştırılması.....	75
3.3. Büyük Problem için Çözüm Yaklaşımları	76
3.3.1. GAMS ile Çözüm	76
3.3.2. PUEYKA ile Çözüm.....	77
3.3.3. Önerilen Hibrit Algoritma ile Çözüm	79
3.3.4. Elde Edilen Çözümlerin Karşılaştırılması.....	84
3.4. Küçük ve Büyük Problemin Yeşil Lojistik Açısından İncelenmesi.....	85
3.5. Önerilen Hibrit Algoritmanın Test Problemleri ile Çalıştırılması	86
3.5.1. Test Problemlerinin Hazırlanması	86
3.5.2. Test Problemlerinin Sonuçları	88
3.6. Farklı Durumlar için Senaryo Analizi.....	90
SONUÇ VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR	98
EKLER.....	116

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Yeşil Lojistiğin Üç Bileşeni.....	7
Şekil 2. Bir Ürünün Yaşam Döngüsü.....	12
Şekil 3. ARP'nin Görsel Şekli	18
Şekil 4. ARP'nin Çözüm Yöntemleri.....	22
Şekil 5. Matematiksel Modele Ait Boyut Analizi.....	50
Şekil 6. Hibrit Algoritmanın Çözümünün Gösterilmesi	52
Şekil 7. En Yakın Komşuluk Algoritmasına İlişkin Sözde Kod.....	53
Şekil 8. Tabu Arama Algoritmasına ait Akış Şeması	55
Şekil 9. Yer Değişimi Operatörü.....	58
Şekil 10. Ters Çevirme Operatörü	58
Şekil 11. Araya Koyma Operatörü.....	59
Şekil 12. Benzetimli Tavlama Algoritmasının Akış Şeması.....	61
Şekil 13. Yer Değişimi Yerel Arama Algoritmasına İlişkin Sözde Kod	65
Şekil 14. Ters Çevirme Yerel Arama Algoritmasına İlişkin Sözde Kod	66
Şekil 15. Araya Ekleme Yerel Arama Algoritmasına İlişkin Sözde Kod	66
Şekil 16. 2-opt Yerel Arama Algoritmasına İlişkin Sözde Kod	67
Şekil 17. Komşuluk Yer Değişimi Yerel Arama Algoritmasına İlişkin Sözde Kod.....	67
Şekil 18. Küçük Problem için GAMS Sonuç Ekranı	72
Şekil 19. Küçük Problem için PUEYKA'nın Sonuç Ekranı	73
Şekil 20. Küçük Problem için Hibrit Algoritmanın Sonuç Ekranı	74
Şekil 21. Büyük Problem için GAMS Sonuç Ekranı	77
Şekil 22. Büyük Problem için PUEYKA'nın Sonuç Ekranı	77
Şekil 23. Büyük Problem için Taguchi Parametre Belirleme Yöntemi Sonuçları	80
Şekil 24. MATLAB Programında Seçilen Parametrelerin Gösterimi.....	81
Şekil 25. Büyük Problem için Hibrit Algoritmanın Sonuç Ekranı	82
Şekil 26. Müşteri ve Araç Sayılarının Ortalama Çözüm Değerine Etkisi.....	89
Şekil 27. Müşteri ve Araç Sayılarının Ortalama Süreye Etkisi.....	90
Şekil 28. Depo Sayısına Göre Senaryo Analizi	92

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Yeşil ARP için Literatür Taramasının Özeti.....	38
Tablo 2. Küçük ve Büyük Probleme Ait Boyut Analizi	51
Tablo 3. Termodinamik Benzetimi ile Benzetimli Tavlama Algoritması Arasındaki İlişki	60
Tablo 4. Küçük Problem için GAMS ile Bulunan Rotalar	72
Tablo 5. Küçük Problem için PUEYKA ile Bulunan Rotalar.....	73
Tablo 6. Küçük Problem için Hibrit Algoritma ile Bulunan Rotalar.....	74
Tablo 7. Hibrit Algoritmanın Küçük Problem için 10 Kez Çalıştırılması Sonucu Elde Edilen Çözüm Değerleri ve Süreleri.....	75
Tablo 8. Küçük Problem için Elde Edilen Çözümlerin Karşılaştırılması	75
Tablo 9. Büyük Problem için PUEYKA ile Bulunan Rotalar.....	78
Tablo 10. Hibrit Algoritma için Belirlenen Faktörler ve Seviyeleri	79
Tablo 11. Hibrit Algoritma için Taguchi Deney Tasarımı Sonuçları	80
Tablo 12. Büyük Problemin Hibrit Algoritma ile Bulunan Rotaları.....	83
Tablo 13. Hibrit Algoritmanın Büyük Problem için 10 Kez Çalıştırılması Sonucu Elde Edilen Çözüm Değerleri ve Süreleri.....	84
Tablo 14. Büyük Problem için Elde Edilen Çözümlerin Karşılaştırılması	84
Tablo 15. Küçük Problem için Algoritmaların Çevresel Sonuçları	85
Tablo 16. Büyük Problem için Algoritmaların Çevresel Sonuçları	86
Tablo 17. Test Örnekleri için Rastgele Oluşturma Parametreleri	88
Tablo 18. Problem Tiplerine Göre Ortalama Çözüm Değerlerinin ve Ortalama Sürelerinin Sonuçları.....	89
Tablo 19. Senaryo Analizinde Uygulanan Depo Koordinatları	91
Tablo 20. Senaryoların Çalıştırılmasına Göre Elde Edilen Çözüm Değerleri	91

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ARP	Araç Rotalama Problemi
BİST	Borsa İstanbul
CO ₂	Karbondioksit
CPLEX	Concert PL EXecutive
ÇDEZTDYARP	Çok Depolu Eş Zamanlı Topla Dağıt Yeşil Araç Rotalama Problemi
GAMS	General Algebraic Modeling System
MATLAB	MATrix LABoratory
NP-Zor	Nondeterministic Polynomial time-Zor
PUEYKA	Probleme Uyarlanmış En Yakın Komşuluk Algoritması
TDK	Türk Dil Kurumu
TSP	Turlayan Satıcı Problemi

GİRİŞ

Yunanca ‘Logistikos’tan gelen lojistik kelimesi, hesap bilimi anlamını taşımaktadır (Van Wassenhove, 2006: 476). Yakın bir geçmişe kadar daha çok taşımacılık terimi altında kullanılan lojistik, günümüzde bir faaliyet olarak iş dünyasında ürün veya hizmet akışının ilk aşamasından tüketim noktasına kadar olan yönetimini ifade etmektedir (Koçak, 2020: 247). Büyük İskender’in Yunanistan’dan Hindistan’a kadar sınırları olan imparatorluğu, lojistik üstünlüğü sayesinde kurulmuştur (Cuturela ve Manole, 2013: 194). Benzer şekilde günümüzde de faaliyet gösteren büyük market zincirleri, etkin bir lojistik yönetimi sayesinde Türkiye’deki bütün şubelerine ürün gönderimi yapabilmektedir.

Günümüzde, insanların faaliyetlerinin hızlı bir teknolojik değişimle sonuçlandığı görülmektedir. Bu değişim, insan hayatına kolaylık getirirken aynı zamanda çevreye önemli zararlar da vermektedir. Geçmişte çevre sorunları, bölgesel düzeyde kalırken içinde bulunan zaman diliminde bu sorunlar, küresel boyutta canlıların geleceğini tehdit eder duruma gelmiştir. Özellikle küresel ısınma ve iklim değişikliği, doğal yaşamı ciddi şekilde etkileyerek toplumları, işletmeleri ve devletleri daha bilinçli ve çözüm odaklı stratejiler üretmeye yönlendirmiştir (Pınar ve Yakışan, 2018: 98).

İşletmeler, operasyonel faaliyetlerini sürdürürken lojistik faaliyetlerini de yürütmek zorundadır. Bu lojistik faaliyetler, işletmelerin müşterilere daha etkin hizmet sunabilmek amacıyla fosil yakıtların kullanımını gerektirebilmektedir. Fosil yakıt tüketimi sonucunda araçlar tarafından salınan sera gazları, çevreye zarar veren unsurlar arasında yer almaktadır. Avrupa Birliği (AB)’nde sera gazı salınımının yaklaşık % 20’si, taşımacılık sektöründen kaynaklanmaktadır (Asghari ve Al-e-hashem, 2021: 1). Bu sebeple son yıllarda literatürde, özellikle kara yolundaki araçların çevreye verdiği etkilerin daha çok incelendiği görülmektedir (Moghdani vd., 2021: 1-2).

İşletmeler, lojistik faaliyetlerini sürdürürken toplum ve devletin baskısı sonucu çevreye verdiği zararı azaltma amacı gütmektedir. Bu amaçla ortaya çıkan yeşil lojistik kavramı, iki farklı anlamda ele alınmaktadır. Dar anlamıyla yeşil lojistik, yük taşıma süreçlerinde oluşabilecek emisyonların azaltılması ve bu süreçlerin etkin yönetimi gibi önlemleri içermektedir. Daha geniş bir anlamda ise yeşil lojistik, geleneksel ileri ve tersine lojistik faaliyetlerini kapsayarak lojistik süreçlerin çevresel etkilerinin azaltılması çabalarını tanımlar (Kwak vd., 2020: 2). İşletmeler, yeşil lojistik kapsamında emisyon

salınımını, yakıt tüketimini ve çevreye verilen gürültüyü azaltma amacıyla çalışmalar gerçekleştirmektedirler (Larina vd., 2021: 184).

Araç Rotalama Problemi (ARP), lojistiğin önemli bir parçasıdır ve işletmenin maliyetlerinin düşürülmesine, rekabet avantajı elde edilmesine, müşteri memnuniyetinin artırılmasına vb. yardımcı olmaktadır (Erdoğan ve Karabulut, 2022: 1602). Bu tez çalışmasında, ARP'nin bir türü olan yeşil ARP ile araçların, çevreye verdiği zararı en aza indirmeye odaklanılmıştır. ARP'de seyahat süresi, seyahat mesafesi ve toplam maliyet en küçüklenmeye çalışılırken; yeşil ARP'de akaryakıt tüketiminin, karbondioksit (CO₂) emisyonunun ve enerji tüketiminin en küçüklenmesi amaçlanır (Barbarosoğlu ve Özgür, 1999: 259; Ferreira vd., 2020: 14).

Yeşil ARP için geliştirilen çözüm yöntemleri, ARP'de olduğu gibi çeşitlilik göstermektedir. Bu problemlerin çözülmesi, problem boyutunun büyümesi ile imkânsız hale gelebilmektedir. Bu nedenle, meta sezgisel çözüm yaklaşımları önerilmiştir. Bu yaklaşımlar, mâkul bir zaman içinde optimal çözümü garanti etmemekte ancak optimal çözüme yakın sonuçlar elde etmeyi mümkün kılmaktadır (Zhang vd., 2015: 163).

Bu tez kapsamında, madeni yağ sektöründe faaliyet gösteren bir işletme için dağıtım ağının matematiksel modelinin kurulması ve bu modelin çözümlenmesi ele alınmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda, problemin Çok Depolu Eş Zamanlı Topla Dağıtım Yeşil Araç Rotalama Problemi (ÇDEZTDYARP) olduğu belirlenmiştir. Bu tez çalışmasının temel amacı; iki deposu ve heterojen araç filosu bulunan bir işletmenin gerçek verileri esas alınarak işletmenin dağıtım ağının optimizasyonu için yeşil ARP ile hem maliyete hem de çevreye duyarlı çözümler aramaktır. Bu temel amaca ek olarak problemin çözümünde, en uygun rotaların belirlenmesi ve bu rotaların belirlenmesinde yakıt tüketimi ve değişken maliyet dikkate alınarak toplam maliyetin en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Matematiksel model kurulurken aracın hızı, aracın yakıt tüketimi, aracın kullandığı yakıt türü, müşterilerin servis süreleri, toplama talepleri, dağıtım talepleri gibi birçok parametre göz önünde bulundurulmuştur. Geliştirilen matematiksel modelin etkinliğini değerlendirmek amacıyla işletmeden elde edilen gerçek veriler kullanılarak General Algebraic Modeling System (GAMS) programıyla kesin çözüm, ayrıca probleme uyarlanmış en yakın komşuluk algoritması (PUEYKA) ve hibrit algoritma ile çözüm aranmıştır. Bu problem için önerilen hibrit algoritma; en yakın komşuluk, tabu arama, benzetimli tavlama ve yerel arama algoritmaları içermektedir. Ayrıca çözüm yöntemlerinin, problemin büyüklüğüne göre nasıl bir davranış sergilediği araştırılmıştır.

Çalışma, giriş ve sonuç bölümleri dışında üç bölümden oluşmaktadır. *Birinci bölümde*; yeşil lojistik, araç rotalama ve yeşil araç rotalama kavramları incelenmiş ve konu ile ilgili detaylı literatür taraması sunulmuştur. *İkinci bölümde* geliştirilen matematiksel model tanıtılmış ve matematiksel modelin karmaşıklığı açıklanmıştır. Ardından problem için önerilen hibrit algoritma detaylı bir şekilde anlatılmıştır. *Üçüncü bölümde* ise önce problemin tanımı yapılmıştır. Küçük ve büyük problem olarak ifade edilen işletmenin iki problemi; GAMS, PUEYKA ve hibrit algoritma ile çözülmüştür. Ayrıca önerilen 25 adet test problemi ile üç çözüm yöntemi karşılaştırılmış ve senaryo analizinde depo sayısının değişiminin toplam maliyete olan etkisi araştırılmıştır. Sonuç bölümünde ise yapılan tez çalışması değerlendirilmiş, çalışmanın literatüre katkısı ifade edilmiş ve ileride yapılabilecek bilimsel çalışmalar okuyucuya sunulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

YEŞİL LOJİSTİK

Bir ürün için tedarik zinciri, hammadde kaynağından üretim ve dağıtım sistemi yoluyla tüketim noktasına ve ilgili tersine lojistiğe kadar uzanmaktadır. Lojistik, ürünleri tedarik zinciri boyunca taşımak için gereken tüm faaliyetlerin bütünleşmiş bir şekilde yönetimidir. Yük taşımacılığı, depolama, envanter yönetimi, malzeme elleçleme ve ilgili tüm bilgi işlemleri lojistik faaliyetler arasında yer almaktadır. Bu anlamda lojistiğin temel amacı, bu faaliyetleri müşteri gereksinimlerini minimum maliyetle karşılayacak şekilde koordine etmektir (Saroşa, 2014: 90). Yeşil lojistik ise çevresel ve sosyal faktörleri dikkate alarak, ürünlerin sürdürülebilir bir şekilde üretilmesi ve dağıtılması ile ilgilenmektedir. Yeşil lojistik faaliyetleri, farklı dağıtım stratejilerinin çevresel etkisinin ölçülmesini, lojistik faaliyetlerde enerji kullanımının azaltılmasını, atıkların azaltılmasını ve artırımının yönetilmesini içermektedir (Sbihi ve Eglese, 2007: 99). Son zamanlarda yeşil lojistik ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi incelemek, akademisyenlerden ekonomistlere, hükümet yetkililerinden birçok kesime kadar birçok tarafın ilgisini çekmektedir (Li vd., 2021: 30665).

1.1.“Yeşil Lojistik” Kavramı

İnsanlık tarihinde gelişimleri sağlayan başka bir deyişle toplumların bugünkü refah düzeylerine ulaşmalarını sağlayan birçok odak noktası bulunmaktadır. Geline bu refah seviyesini etkileyen odak noktalarından birisi de lojistiğin gelişmiş olmasıdır.

Yunan dilinden gelen lojistik kelimesi, “rasyonellik” anlamına da gelmektedir (Tanyaş, 2015: 15). Lojistiğin literatürde birçok tanımı vardır. Lojistiğin birçok tanımının olmasının sebebi, gelişen teknoloji ile toplum ihtiyaçlarının farklılaşması ve değişmesidir. Lambert vd. (1998)’e göre lojistik kelimesinin; işletme lojistiği, dağıtım lojistiği, endüstriyel lojistik, malzeme lojistiği, tedarik zinciri yönetimi gibi birçok alanda kullanıldığı görülmüştür. Literatürde lojistik için çeşitli tanımlar vardır. Bu tanımlardan bazılarını, şu şekilde vermek mümkündür:

- Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğüne göre lojistik; geri hizmet, geri hizmetle ilgili, modern mantık olarak açıklanmıştır (Türk Dil Kurumu, 2005: 1313).

- Lojistik, tedarik zinciri yönetiminin aksine, bir tedarik zinciri boyunca envanteri taşımak ve konumlandırmak için gereken iştir. Bu haliyle lojistik, tedarik zincirinin bir alt kümesidir ve daha geniş bir tedarik zinciri çerçevesinde gerçekleşir. Lojistik, envanteri zamanlayarak ve konumlandırarak değer yaratan süreçtir; bir tesis ağı boyunca entegre olarak bir firmanın sipariş yönetimi, envanter, nakliye, depolama, malzeme taşıma ve paketlemenin birleşimidir (Bowersox vd., 2002: 4).
- Lojistik; doğru ürünü, doğru miktarda, doğru koşulda, doğru yere, doğru zamanda, doğru maliyetle müşteriye teslim etmektir (Aghazadeh, 2004: 267).
- Lojistik, askeri kuvvetlerin hareketini ve bakımını, planlama ve yürütme bilimidir. Daha detaylı anlamıyla, askeri operasyonlara ilişkin malzemelerin tasarımı ve geliştirilmesi, edinimi, depolanması, taşınması, bakımı, tahliyesi ve imhası, personel taşımacılığı, tesislerin kurulumu, bakımı, işletilmesi ve elden çıkarılması, hizmetlerin temini veya sağlanması, tıbbi ve sağlık hizmeti desteği sağlanması alanlarını içerir (NATO, 2012: 20).
- Lojistik; müşteri gereksinimlerini sağlamak amacıyla, hizmetler dâhil olmak üzere malların ve ilgili bilgilerin başlangıç noktasından son nokta olan tüketim noktasına kadar etkili ve verimli bir şekilde taşınması ve depolanması için süreçlerin planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesidir (CSCMP, 2013: 117).
- Lojistik, işletmedeki aktivitelerin maliyetlerinin en küçüklenmesinin, kârlarının ise en büyüklenmesinin amaçlanmasıdır (Seroka-Stoolka, 2014: 303).
- Lojistik, bir ürün veya hizmetin üreticiden tüketiciye kadar tüm planlama, uygulama, nakliye, depolama, paketleme ve dağıtım süreçleridir (Büyüközkan ve Ilıcak, 2022: 1).

Günümüzün teknolojik ve ekonomik gelişmelerine paralel olarak, sanayileşmenin ve ülkeler arasındaki ticaret hacminin artmasıyla beraber daha fazla enerji talebi oluşmaya başlamıştır. Talep edilen enerjinin kullanımı için bugün hâlâ büyük çoğunlukla fosil enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. Bu fosil kaynakların kullanımı, çevre kirliliği ve iklim sorunu yaratmaktadır. Örneğin; dünya tarihinde nerdeyse hiç deniz yolu olarak kullanılmayan Kuzey Buz Denizi, küresel ısınmayla beraber önemli bir ticari geçiş noktası olacaktır (Murphy, 2018). Ayrıca küresel ısınma sebebiyle dünya üzerindeki tüm canlı türlerinin % 16'sı yok olacaktır (TRT, 2019). Bu olağan dışı durum sonucunda, toplumsal farkındalık oluşmuştur. Bu kapsamda ülkeler, vakıflar, dini kurumlar, dernekler, işletmeler, bireyler vb. bu duruma karşı önlem için çaba sarf etmeye

başlamışlardır. Bunun sonucunda çevreye duyarlı olmaya çalışılan yeşil hava limanı, yeşil üniversite, yeşil bina, yeşil turizm, yeşil hastane vb. kavramlar ortaya çıkmıştır. Bu kavramlardan biri de yeşil lojistikdir.

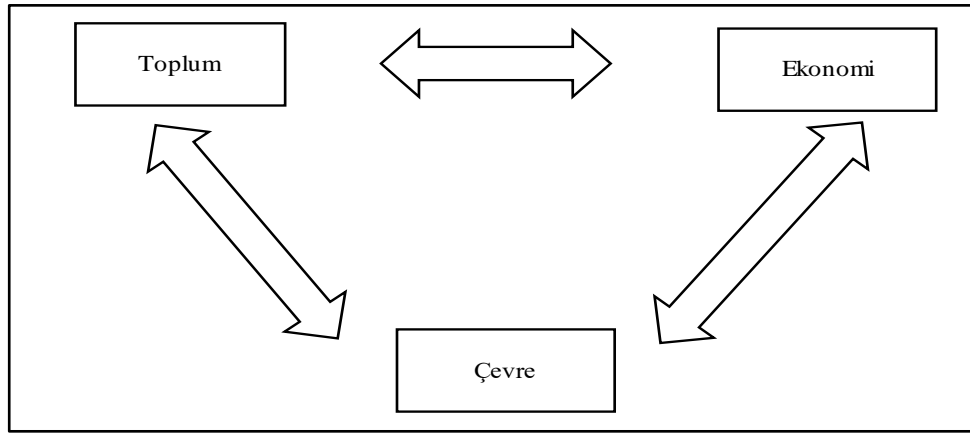
2010'lu yıllardan bu yana ilgi gören yeşil lojistik kavramı, aslında işletmenin lojistik faaliyetlerini “nasıl daha çevreci hale getirebilirim” sorusuna cevap aramaktadır. İncelenen çalışmalarda yeşil lojistiğin birçok tanımı olduğu görülmektedir. Bu tanımlardan bazıları şu şekilde verilebilir:

- Literatürde yeşil lojistik ile ilgili ilk tanım, Rogers ve Tibben-Lembke (2001) tarafından yapılmaktadır. Yazarlara göre ise yeşil lojistik, ekolojik lojistik olarak tanımlanmıştır. Ayrıca bu faaliyetlerin çevreye etkisinin hesaplanması ve minimize edilmesi olarak açıklanmaktadır.
- Başka bir çalışmada yeşil lojistiği tanımlamak için yeşil lojistik kelimesi, ikiye bölünmüştür. İlk kelime, çevresel duyarlılık olarak kabul edilirken, ikinci kelime organizasyonun derecesini vurgulamakta ve kullanıma hazır yük hareketlerinin etkisi altına alındığı kabul edilmektedir. Bu iki kelimenin birleşimi de çevre dostu ve verimli bir taşıma modeli olarak düşünülmektedir (Rodrigue vd., 2001: 339).
- de Brito (2003)'e göre yeşil lojistik, tersine lojistik kavramını öncelikli hâle getirerek yenilenemeyen doğal kaynakların tüketimi ile tehlikeli ve tehlikeli olmayan atıkların bertaraf edilmesidir.
- Yeşil lojistik; iklimin değişimi, gürültü ve hava kirliliğinin azaltılması ve çevre, ekonomi ve sosyal amaçlar arasında daha sürdürülebilir dengenin başarılması yollarının bulunmasıdır (Hans, 2011: 2-3).
- Xiu ve Chen (2012) ise yeşil lojistiği, lojistik kaynakların en iyi şekilde kullanılmasını sağlamak ve lojistik faaliyetler boyunca çevreye verilen zararı en küçükleme olarak tanımlamaktadır.
- Çevresel lojistik olarak da bilinen yeşil lojistik; ekonomik yönetim süreçlerin içine yeşil hizmetleri ekleyerek zaman ve yer arasındaki engelleri aşmada yeşil talep ve yeşil tedarik bağlantısı kurarak ürünlerin etkin ve verimli bir şekilde akışı olarak ifade edilir (Zhang ve Zhao, 2012: 901).
- Niwa (2014)'e göre yeşil lojistik, lojistik faaliyetlerde üretilen CO₂ emisyonunun azaltılması yaklaşımıdır.

- Alshubiri (2017)'ye göre yeşil lojistik, çevresel performansa katkı sağlayan tedarik zinciri yönetim unsurlarının birleşmesi yoluyla işletme faaliyetlerinin hesaplanması olarak ifade edilmektedir.

Tüm bu ifadelerden yola çıkarak yeşil lojistik; bakış açısı olarak işletme, toplum veya devlet olarak değil yer küredeki tüm canlıların yaşama hakkını düşünerek lojistik faaliyetleri sürdürülürken “ben nasıl tüm lojistik süreçlerimde daha az zarar veririm?” sorusunu sormak olarak tanımlanabilir.

Yeşil lojistik, Hans (2011) tarafından toplum, çevre ve ekonomi olmak üzere üç bileşene ayrılmıştır. Bu bileşenlerin, birbiri ile ahenkli ve dengeli olması gereklidir. Bu durum, Şekil 1’de açıklanmıştır.



Şekil 1. Yeşil Lojistiğin Üç Bileşeni
Kaynak: Hans (2011: 2)

Yeşil lojistik faaliyetlerinin toplum için çeşitli etkileri olabilir. Çünkü toplumlar, daima daha iyi çevrede ve daha iyi insani koşullarda yaşamak isterler. Yeşil lojistik faaliyetlerini uygulamaya çalışan firmaların çeşitli öncelikleri vardır. Bu önceliklerden biri, işletmelerde meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıkları sayısını en küçükmektir. Ayrıca yeşil lojistik uygulama çalışmaları, firmaların kurumsal itibarlarını artırmalarına yardımcı olmaktadır. Bu çalışmalara temiz tuvalet projesi, doğaya saygı projesi, gençlerin 19 proje fikrine destek projesi, lojistik firmalarının kadın tır şoförleri istihdam etme girişimi vb. örnek verilebilir. Çetinkaya (2022) çalışmasında, kamu otoritesi tarafından işletmelerin çevreye duyarlılığı artırmak için işletmelere yeşil lojistik belgesi verildiğini ifade etmektedir. Diğer yandan yeşil lojistik, çevreci yaklaşımlara son derece önem vermektedir. Bu çevreci yaklaşımları gerçekleştirmek için çeşitli önlemler alınmaktadır. Örneğin, dizel araçların lojistik faaliyetlerini sürdürürken ortaya çıkan CO₂

emisyollarının azaltılması için EURO5 ve EURO6 motorları kullanması teşvik edilmektedir. Benzer şekilde işletmelerin yönetimsel süreçlerini, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi, ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi ve ISO 14065 Sera Gazı Doğrulama ile sertifikalandırma eğilimleri çevreci yaklaşımlara örnek gösterilebilir. Yeşil lojistik ekonomiklik açısından da işletmelere, önemli katkılar sağlamaktadır. Ancak yeşil lojistik uygulamaları, ilk başta maliyetli olmasına karşın zaman geçtikçe işletmenin maliyetlerinin düşmesine olumlu katkı yapmaktadır. Örneğin, araçlar eurodiesel akaryakıt kullanarak daha fazla tasarruf edebilmektedirler. Benzer şekilde şoförlere verilen eğitimler ile hem doğaya daha az CO₂ emisyonu salınmakta hem de ekonomik olarak daha uygun olmaktadır. Örneğin, şoför aldıkları sürüş eğitimleriyle sonucu % 10 - % 20 arasında daha az yakıt tüketimi sağlanmaktadır (Bogner ve Jellinek, 2021: 1).

Başka bir bakış açısı ile Seroka-Stolka (2014) tarafından yeşil lojistik; işletmeler, müşteriler, kamu otoritesi ve toplum olmak üzere dört ana faktöre ayrılmıştır. Bu dört ana faktörün her birinin yeşil çözümleri etkileyebileceği sonucuna varılabilir. Müşterilerin bakış açısından, yeşil ürünler ve hizmetler için kendi gereksinimleri vardır. Özellikle çevre bilinci yüksek müşteriler, temiz araçlarla veya CO₂ emisyonunu en aza indirecek şekilde teslim edilen ürünleri talep edebilir ve kendi tedarikçilerini yeşil çözümlere gitmeye zorlayabilir. Bu durum, yeşil lojistik uygulamaları için önlem alan işletmeler için önemli bir itici güç olmaktadır. Müşterilerin yeşil lojistikteki önemli rolünü anlamak, işletme için de faydalı olabilir.

Yeşil lojistik literatürde; yeşil pazarlama, yeşil ambalaj, yeşil depolama vb. birçok alt başlıkta incelenmektedir. Bu tez çalışmasında ise yeşil taşımacılık, yeşil üretim, yeşil satın alma ve tersine lojistik olarak dört farklı şekilde ele alınmıştır.

1.1.1. Yeşil Taşımacılık

Yeşil taşımacılık, yeşil lojistiğin önemli bir ögesidir. Yeşil taşımacılık, dağıtılan malların çevresel ve enerji ayak izini azaltan tedariklerin (malzemeler ve ürünler) yönetimi olarak tanımlanır. Bu anlamda yeşil taşımacılık bir işletmenin, tedarikçilerin ve müşterilerin çevresel performansını değiştirmek için çevresel hususları dikkate alan ve bunu tedarik zinciri yönetimine entegre eden faaliyetlerini içermektedir (Klimecka-Tatar vd., 2021: 91). Yeşil taşımacılık, karayolu taşımacılığı emisyonlarının hava kirliliği üzerindeki etkisini azaltma sorununu çözmeyi amaçlamaktadır. Egzoz gazlarının miktarının, bileşiminin ve zararlılık derecesinin; motorun tasarımına, yakıtın tipine ve

kalitesine, aracın teknik durumuna ve çalışma şekline bağlı olduğu bilinmektedir (Larina vd., 2021: 184).

Lojistikte en bilinen ve önem verilen faaliyetlerden biri olan taşımacılık, dünyada üretilen CO₂ emisyonunun % 23'üne tekabül etmektedir (de Souza vd, 2022: 1). Dünyada ve Türkiye'de taşımacılığın önemli bir alt türü olan kara yolu taşımacılığı, Türkiye'de üretilen sera gazı emisyonunun % 93'ünden sorumludur (Aksoy ve Tezel, 2022: 133). Bu yüksek oranı azaltmak için AB, 2030 yılına kadar taşımacılık operasyonlarındaki 2020 yılında onaylanan yeşil mutabakat sözleşmesi ile % 55 oranında CO₂ emisyonunu azaltmayı hedeflemektedir (Ersoy Mirici ve Berberoğlu, 2022: 157)

Demiryolu ve denizyolu taşımacılığı, karayolu taşımacılığına göre çevreye daha duyarlı bir taşımacılıktır. Bu sebeple günümüzde, süreçlerinde demir yolu ve deniz yolu taşımacılığını en yüksek düzeyde kullanmaya çalışan kombine taşımacılık oldukça sık tercih edilmektedir. Havayolu taşımacılığındaki emisyon salınımı oldukça fazla olduğu için önümüzdeki yıllarda hava taşımacılığının daha fazla kullanılması istenmemektedir. Havayolu taşımacılığı daha çok, kıymetli ürünlerde ve numune gönderiminde kullanılmaktadır (Athanasios, 2019: 17-18)

Yük taşımacılığı kullanan kuruluşları, çevre dostu taşımacılık türlerini kullanmaya teşvik edebilecek bazı sebepler vardır. Bu sebepleri, şöyle belirtmek mümkündür (Harris vd., 2015: 136-137):

- İşletmeler, özellikle petrol fiyatlarının yüksek olduğu zamanlarda, kara yolu taşıma maliyetleri demir yoluna ve deniz yoluna göre daha fazla etkilediği için bu iki taşıma türünün kullanılması, çevresel etkileri azaltabilir ve maliyetlerden tasarruf sağlayabilir.
- Kara yolu taşımacılığı kullanıcıları, sıklıkla tıkanıklık sorunlarıyla karşı karşıya kaldıklarından demir ve deniz yollarının kullanılması, seyahat süresi konusunda avantaj sağlar.
- Teknolojinin hızlı gelişmesi sayesinde çevre dostu trenlerin, uçakların ve gemilerin üretilmesi imkânı oluşmuştur. Böylelikle daha yüksek taşıma kapasiteli araçların kullanılması, yollardaki kamyon trafiği miktarını azaltabilir, bu da güvenlik ve çevrenin korunması açısından faydalar sağlayabilir.
- Araçların aerodinamik yapısının iyileştirilmesi ve kapasitelerinin artırılması, araçların yakıt verimliliğini artırabilir. Araç üreticileri, son birkaç yılda kamyon

motorlarını yeniden tasarladığı için daha verimli ve daha çevreci araçların yollarda olmasını sağlamıştır.

1.1.2. Yeşil Üretim

Bilim insanları, 1990'lı yıllarda yeşil üretim araştırmaları alanına ilgi duymaya başlamıştır. İlk olarak bu kavram, “çevreye duyarlı üretim” olarak adlandırılmış, daha sonra 1995 yıllarında eşanlamlı “yeşil üretim” terimi tanımlanmıştır. Daha sonra, “sürdürülebilir üretim” adı verilen başka bir terim ortaya çıkmıştır. Amerika Birleşik Devletleri (ABD)’ne ait Çevre Koruma Ajansı tarafından ise “sürdürülebilir üretim, enerji ve doğal kaynakları korurken olumsuz çevresel etkileri en aza indiren, ekonomik olarak sağlam süreçlerle üretilen ürünlerin yaratılmasıdır” şeklinde tanımlanmıştır (Alvarez-Meaza vd., 2021: 2). Yeşil üretimin başka bir tanımı ise zamanın, enerjinin ve hammaddenin para olduğudur. Bu anlamda üretimi gerçekleştirmek için zaman, enerji ve hammadde kaynaklarının en az kullanılarak hem israfın önlenmesi hem de verimliliğin artırılması amaçlanmaktadır (Deif, 2011: 1554).

Küresel pazarda rekabetçi kalmak isteyen üreticiler, üretkenliği artırmak konusunda büyük bir baskı altındadır. Aynı zamanda çevreye duyarlılık ve sorumluluk artışının farkında olarak, çevreye duyarlı yeşil üretim yaklaşımı ortaya çıkmıştır (Ahmad vd., 2015: 445). Yeşil üretimin nihai hedefi; bir ürünün tasarım, sentez, işleme, paketlenme, taşıma ve imalat endüstrilerindeki kullanımını içeren yaşam döngüsü boyunca çevresel etkiyi ve kaynak tüketimini en aza indirmektir. Bu hedefe ulaşmak için daha az enerji kullanılarak üretime devam edilmesi, daha az karbon emisyonu kullanılması, çevreye daha az toksit madde yayılması ve üretim aşamasında daha çok geri dönüştürülmüş malzeme kullanılması gerekmektedir (Turhan, 2015: 40; Türkay, 2015: 26-27).

Yeşil üretim; malzemenin yeniden kullanımı, geri dönüşümü, yeniden üretimi, atık yönetimi, temiz suyun temini, çevrenin korunması, kirliliğin kontrolü gibi ilgili konuları ele almaktadır (Bergmiller, 2006: 51). İşletmelerin yeşil üretim yaklaşımına önem vermesi durumunda yeşil enerji, yeşil süreç ve yeşil ürün konularına odaklanmaları gerekmektedir (Shrivastava ve Shrivastava, 2017: 71):

- *Yeşil Enerji* kavramı günümüzde oldukça önemli hale gelmiştir. 2020 yılına göre ABD’deki üretim işletmelerinde yayılan CO₂ emisyonunun, ABD’nin yaydığı tüm CO₂ emisyonu oranı % 10,29’dur (IEA, 2023). Üretim işletmeleri, elektrik ve ısı üretim sektörlerinde ve taşımacılık sektörlerinde yayılan CO₂ emisyonundan sonra

üçüncü sektör olmaktadır. Yeşil enerji; güneş, rüzgâr, jeotermal gibi fosil yakıt kullanılmayan yenilebilir enerji kaynaklardan elde edilen enerji olarak adlandırılır (Midilli vd., 2006: 3623). Yeşil enerjinin kaynaklarından birisi olan güneş enerjisinin, enerji kaynakları içerisinde yakın gelecekte önemli bir yer elde edeceği ve 2050 yılına kadar güneş enerjisi üretiminin % 48'e çıkacağı öngörülmektedir (Maka ve Alabid, 2022: 477).

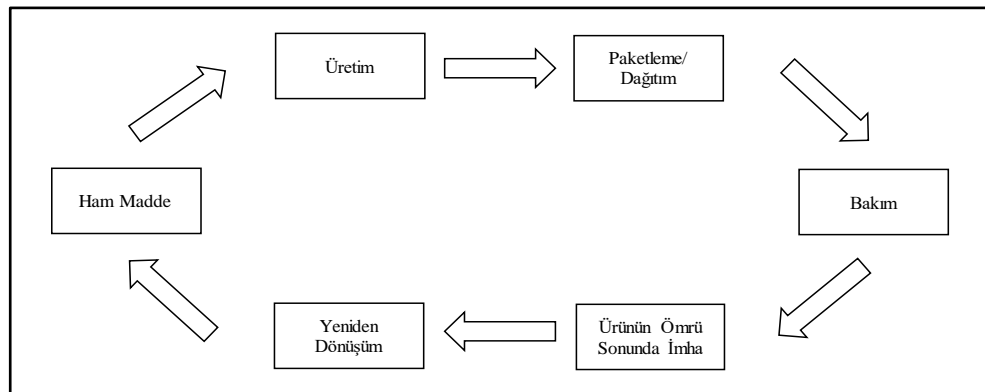
- *Yeşil Süreç* kavramı; iş süreçlerinin tasarımı, iyileştirilmesi, uygulanması veya işletme aşamalarında çevresel etkisini izlemeye yardımcı olan, tüm bilgi sistemlerini destekleyen yönetim faaliyetlerinin toplamı olarak tanımlanmaktadır (Sohns vd., 2023: 2). Yeşil sürecin temel amacı ise yalın süreçler sayesinde atık üretiminin azaltılması, karbon ayak izinin azaltılması ve su tasarrufunun sağlanması dolayısıyla verimliliğin artırılması ve maliyetlerin düşürülmesidir (Shrivastava ve Shrivastava, 2017: 71).
- *Yeşil Ürün* kavramı; çevreye duyarlı, geri dönüşümü olan ve doğal kaynakları minimum tüketen ürünler olarak ifade edilmektedir (Shamdasani vd., 1993: 488). Daha yeşil ürünlerin geliştirilmesi, çevre dostu ve etik değerlere yönelik bir dönüşümü başka bir aşamayı oluşturur. Bu aşamada, ürün inovasyonu ve tasarım süreçleri, çevresel etkileri en aza indiren ve kaynakları verimli kullanan ürünlerin oluşturulması hedeflenir. Ancak yeşil ürünlerin geliştirilmesi ve pazarlanması, geleneksel ürünlerle kıyaslandığında daha yüksek maliyetli bir durumu meydana getirebilmektedir.

1.1.3. Yeşil Satın Alma

Satın alma faaliyeti, işletme açısından önemli temel lojistik faaliyetlerinden biridir. Yeşil satın alma, aynı amaca hizmet eden ürünlerle ve/veya hizmetlerle karşılaştırıldığında insan sağlığı ve çevre üzerinde daha az etkisi olan ürünlerin ve/veya hizmetlerin satın alınması olarak ifade edilir. Bu karşılaştırma, ürünün veya hizmetin hammadde alımını, üretimini, imalatını, ambalajlanmasını, dağıtımını, yeniden kullanımını, işletimini, bakımını veya elden çıkarılmasını içerebilir. Erbaşı (2019)'a göre yeşil satın alma, işletmelerin çevre dostu tedarik eğilimi olarak tanımlanır. Başka bir tanımda ise malzemelerin yeniden kullanılmasını ve geri dönüştürülmesini kolaylaştırmak için satın alma departmanının, tedarik zinciri yönetiminin tüm faaliyetlerine katılması ve kaynak kullanımını mümkün olduğunca azaltılması için yeniden kullanılmış ve geri dönüştürülmüş malzemeleri satın almasıdır (Carter ve

Carter, 1998: 660).

Şekil 2’de bir ürünün yaşam döngüsü görülmektedir. Bir ürünün oluşturulmasının birçok aşaması vardır. Öncelikle ürün için gerekli hammaddeler elde edilir. Bu hammaddeler, üretim aşamasında bilgi ve teknoloji kullanılarak yeni ürüne dönüştürülür. Oluşan ürünü çeşitli etkenlerden korumak amacıyla paketlenerek dağıtım ile müşterilere ulaştırılır. Ürünün kullanım ömrü boyunca meydana gelebilecek arızalar için tamir ve bakım işlemleri gerçekleştirilir. Ürünün kullanım ömrü sona erdiğinde ise geri dönüştürülebilir malzemeleri elde etmek amacıyla ayrıştırılır ve bu malzemeler, çeşitli fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerden geçirilerek yeniden dönüşüm işlemine tabi tutulur. Sarkis (2003)’e göre yeşil satın alma kararı verebilmek için ürünün ya yeniden kullanılabilir ya geri dönüştürülebilir ya da geri dönüşümü yapılmış malzemeden yapılmış olması gerekmektedir. Örneğin Arçelik, 2014 yılında Bolu ve Eskişehir’de elektronik atık geri dönüşümü tesisi kurarak 1,3 milyon beyaz eşyayı geri dönüştürmüş ve 160.000 ton CO₂ salınımını önlemiştir (Arçelik, 2022).



Şekil 2. Bir Ürünün Yaşam Döngüsü
Kaynak: Kobayashi (2005: 2)

İşletmeler, rekabet üstünlüğü elde etmek için satın alma süreçlerine önem vermek zorundadır. Ürünler uygun bir fiyattan, uygun ödeme koşulları ile alınıyorsa işletme için önemli kazanç sağlanabilmektedir (Çam, 2009). Yine aynı şekilde daha çevreci bir işletme olmak isteniyorsa daha fazla yeşil satın alma uygulamalarını faaliyete geçirmesi gerekmektedir. Zsidisin ve Hendrick (1998), yeşil satın alma uygulamalarının işletmeye uyarlanabilir olması için şu beş uygulamanın eklenmesi gerektiğini belirtmiştir (Zsidisin ve Hendrick, 1998: 315):

- Tedarikçi tabanlı çevresel denetimleri; sadece işletme içinde değil, aynı zamanda tedarikçilerin de çevresel sorumluluklarını ve taahhütlerini yerine getirdiğini doğrulamak adına önemli bir araçtır.

- İşletme denetimleri, işletmenin çevresel performansının izlenmesine ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına destek olur. Bu denetimler aracılığıyla enerji ve su tüketimi, atık yönetimi, hava ve su kalitesi gibi çevresel parametrelerin etkisi değerlendirilir.
- Tedarikçilerle iş birliği, çevresel hedeflerin desteklenmesi amacıyla kurulur. Bu iş birliği ile sadece çevresel hedeflere değil, aynı zamanda tedarik zincirinin devamlılığına katkıda bulunmak amaçlanır. Tedarikçilerin sürdürülebilir uygulamaları benimsemesi, toplumsal ve ekonomik boyutta da olumlu etkiler yaratabilir.
- ISO 14000 çevre sertifikasyonu ile işletmenin çevresel etkileri yönetilirken uluslararası kabul görmüş standartların takip edilmesi sağlanır. Bu sertifikasyon sayesinde; çevresel risklerin belirlenmesi, yasal düzenlemelere uyum sağlanması, enerji ve kaynak verimliliğinin artırılması, atık yönetimi ve su kullanımının iyileştirilmesi gibi çeşitli alanlarda yönergeler ve çerçeveler sunulmaktadır.
- Tedariğe yönelik olarak satın alınacak ürünler için çevresel gereklilikleri içeren tasarım spesifikasyonlarının temin edilmesi amaçlanmaktadır. Bu yaklaşım ile ürünlerin çevre dostu tasarımı teşvik edilirken aynı zamanda tedarik zincirinin sürdürülebilirliğine de katkıda bulunulur. Çevresel gereksinimlerin tasarım sürecinde dikkate alınması, çevre üzerinde olumsuz etkileri azaltarak gelecek nesillere daha sağlıklı bir çevre bırakılması amaçlanır.
- Zsidisin ve Hendrick (1998)'e ek olarak başka bir uygulama, ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemleri'nin işletmeye uygulanmasıdır. Bu sertifikasyon sayesinde organizasyonlara enerji yönetimi konusunda yol gösterilir ve enerji kaynaklarının sürdürülebilir şekilde kullanılmasına katkıda bulunulur.

1.1.4. Tersine Lojistik

Tersine lojistik (reverse logistics); literatürde geri lojistik, ters lojistik olarak da adlandırılmaktadır. Lojistik, çalışmalarda daha çok ileri yönlü olarak anlaşılmaktadır. Ancak kaynakların miktarlarının azaldığı günümüz dünyasında, tersine lojistik kavramı büyük önem kazanmıştır. Tersine lojistik ile yeniden üretim, yeniden dönüşüm ve yok etme konuları ele alınmaktadır (Dowlathahi, 2000: 143). Tersine lojistik; hammadde, yarı mamul, nihai ürün ve ilgili bilgilerin tüketim noktasından kaynak noktasına doğru, değer kazanımı veya uygun şekilde yok edilmesini sağlamak amacı ile etkin akışının

planlama, uygulama ve kontrol aktivitesi olarak tanımlanmaktadır (Nakiboğlu, 2007: 182-183). Rogers ve Tibben-Lembke (2001)'e göre tersine lojistik, ürünlerin her zaman ileri yönde gittiği bir yolda, yanlış yönde bulunması şeklinde ifade edilmiştir (Rogers ve Tibben-Lembke, 2001: 130).

Tersine lojistik, günümüzde işletmeler arasında artan bir ilgi görmektedir. Bu ilgi, işletmelerin sadece ileri lojistikte değil, aynı zamanda tersine lojistikte de başarılı olmalarının, diğer işletmelere karşı rekabet üstünlüğü elde etmeleri için kritik olduğu gerçeğine dayanmaktadır. Bu başarı için bilim insanları tarafından çeşitli uygulamalar önerilmektedir. Bu bağlamda, Thierry vd. (1995) tarafından önerilen beş uygulama, tersine lojistiğin temelini oluşturan önemli çalışmalardan birisidir (Eyüboğlu ve Bastı, 2017: 284). Önerilen beş uygulama ile farklı ürün geri kazanım seçeneklerinin açıklanmasında geri dönüşüm süreçlerine odaklanılmaktadır:

- *Tamir (Reuse)*: Cam, palet, konteyner gibi atıkların toplanıp temizlenmesinin ardından herhangi bir işleme uğramadan, ekonomik ömrü tamamen sona erene kadar birden fazla kez kullanılması işlemidir (Fleischmann vd., 2000: 664).
- *Yamyamlaştırma (Cannibalization)*: Ürün yamyamlaştırma, geri dönüşüm sürecinde bir ürün veya bileşenin belirli bir bölümünün ayrılarak, başka bir ürünün onarımı veya yeniden üretimi için kullanılmasını ifade eder. Genellikle, montaj ürünlerde uygulanan bu yöntem, bir ürün veya bileşenin küçük bir kısmının çıkarılarak, bu kısmın yeniden kullanılmasını içerir (Wadhwa vd., 2009: 462). ABD'nin ordusunun yedek parça ihtiyacı için Arizona çölünde bulunan 4400 tane hava aracından alınan parçalar, yamyamlaştırmaya örnek gösterilebilir (Dearden, 2015).
- *Geri Dönüşüm (Recycling)*: Kullanılmış bir ürünün bileşenlerinin ve özelliklerinin yeniden kullanılmasının amaçlanmasını ifade etmektedir. Geri dönüşüm işlemlerinde, ürünün özellikleri ve işlevselliği genellikle değişir veya kaybolur. Geri dönüşümün temel amacı, kullanılmış ürünlerin bileşenlerinin ve malzemelerinin tekrar kullanılabilir hale getirilmesidir ve bu yaklaşım genellikle kâğıt, plastik, metal, cam gibi birçok ürün için uygulanabilir (Fleischmann vd., 1997: 3).
- *Ürün Yenileme (Refurbish)*: Kullanılmış bir ürünün kalitesini artırmak ve ömrünü uzatmak amacıyla, ayrıştırma işlemi ile kritik bileşenlerin muayene edilmesi, yenileriyle değiştirilmesi ve teknolojik geliştirmelerin eklenmesi gibi prosedürleri içeren bir süreçtir (Kumar ve Malegeant, 2006: 1129).

- *Yeniden Üretim* (Remanufacturing): Yeniden üretimin temel amacı, kullanılmış bir ürünü, yeni ürünlerin kalite standartlarına denk hale getirmektir. Yeniden üretilmiş ürünler, yeni hammaddeler kullanılarak üretilen yeni ürünlerle aynı özelliklere sahip olacak şekilde üretilir. Yeniden üretim sürecinde ürünler, tamamen parçalara ayrılır ve tüm modüller ve parçalar titizlikle incelenir. Tamir edilebilir durumda olanlar onarılıp ve detaylı testlere tabi tutulurken, teknolojik olarak eskimiş olan parçalar, yeni parçalarla değiştirilir (Thierry vd., 1995: 119).

Yeşil lojistik ve tersine lojistik, birbirlerine benzemelerine karşın belirgin farkları da bulunmaktadır. Tersine lojistik; ikinci el ürünlerinin kullanılması, geri iadeler gibi uygulamalara odaklanır. Yeşil lojistik ise gürültü ve gaz emisyonlarının azaltılmasını, paketlemenin azaltılmasını, işletmelerin ürünlerini taşıırken daha çevreci taşıma türlerini kullanmasını amaçlar. Ürünlerin yeniden üretilmesi, ürünlerin yeniden kullanılabilen ambalajlar ile müşteriye sunulması ve ürünlerin geri dönüşümü ise yeşil lojistiğin ve tersine lojistiğin ortak konularıdır (Rogers ve Tibben-Lembke, 2001: 131; Turhan, 2015: 43-44). İşletmeler, yeşil lojistiği benimseyerek sadece kâr elde etmeyi değil, aynı zamanda kurumsal imajını da düşünür. Tersine lojistik uygulamalarıyla birlikte, finansal kazançların yanı sıra rekabetçi avantajlar elde edilmesi mümkün olur (Zengin ve Akunal, 2017: 119).

1.1.5. Yeşil Lojistik Uygulamaları

Günümüzün rekabetçi dünyasında yeşil lojistik uygulamaları, işletmeler için gün geçtikçe daha çekici olmaktadır. Bu sebeple dünyada ve Türkiye’de birçok firma, yeşil lojistik uygulamalarını kendi bünyelerinde hayata geçirmişlerdir. Bu tez çalışması kapsamında, iki işletmenin (DHL ve Ekol Lojistik) yeşil lojistik uygulamaları kısaca anlatılmıştır.

DHL, dünyanın önemli lojistik servis sağlayıcılarından birisidir. DHL, 1969 yılında ABD’de kurulmuştur (Ramazanoğlu, 2021: 54). DHL, yeşil lojistik uygulamalarına önem veren bir işletmedir. Dünyada birçok yeşil lojistik uygulamasını ilk uygulayan işletmedir (Cosimato ve Troisi, 2015: 263). İşletme, 2007 yılında kendi hedeflerini belirleyerek DHL GOGREEN projesini uygulamıştır. Buna göre 2016’ya kadar CO₂ emisyonunu % 30 azaltmayı başaran işletme, 2025 yılında ise CO₂ emisyonunu % 50 azaltmayı planlamaktadır. DHL, 2050 yılında ise sıfır emisyonla geçmeyi planlamaktadır (Tran vd., 2019: 425). Ayrıca 2014 yılından beri Almanya’da StreetScooter isimli elektrikli kamyoneti, operasyonlarında kullanmaya başlamıştır.

Ayrıca operasyonlarını, daha çok kombine taşımacılığı kullanarak gerçekleştirmeye çalışmaktadır. Yine hava operasyonlarında DHL, daha çevreci uçak yakıtı kullanmaya başlamıştır (DHL, 2022).

Ekol Lojistik, İstanbul'da 1990 yılında kurulan taşımacılık, gümrük, dış ticaret, tedarik zinciri yönetimi alanında faaliyet bir Türk işletmesidir (Dursun, 2017: 42; Yıldız, 2020: 79). Ekol Lojistik, yeşil lojistik uygulamalarına önem vermektedir. Ekol Lojistik faaliyetlerinde, karayolu kullanımı azaltmakta, daha çok deniz yolu ve demir yolu kullanılan intermodal taşımacılık türünü tercih etmektedir (Ekol, 2023a). İşletme, ISO 14001 Çevre Yönetim Standartları ve ISO 14064-1 Sera Gazı Envanteri belgelerine sahiptir. Bu belgeler sayesinde süreçlerinin daha çevreci olması için gerekli adımlar atmış olmaktadır (Ekol, 2023b). Şirket, her sene filosuna EURO 5 ve EURO 6 motor özellikleri olan araçları katmaktadır (Ekol, 2023c).

Yukarıda verilen örneklerden de görüldüğü gibi yeşil lojistiğin, uygulayan işletmelere önemli faydaları vardır. Bu faydaları, şu şekilde sıralamak mümkündür (Srisorn, 2013: 2453-2454; Delice Ayan, 2020: 10-12; Jefimovaité ve Vienažindiené, 2021: 96):

- *Sürdürülebilirlik*: Yeşil lojistik uygulamaları, işletmelerin çevresel ayak izini azaltmalarına yardımcı olur. Daha çevre dostu taşıma yöntemlerinin kullanılması, enerji tasarrufu sağlanması, atık azaltılması ve karbon emisyonlarının düşürülmesi gibi faktörler, işletmeleri sürdürülebilirlik hedeflerine daha yakın hale getirebilir.
- *Rekabet Avantajı*: Yeşil lojistik uygulamaları, işletmelerin rekabetçi avantaj elde etmelerine yardımcı olabilir. Çevresel duyarlılık, müşteriler arasında tercih edilen bir özellik haline gelmektedir ve yeşil lojistik, işletmelerin pazarlama açısından cazip hale gelmesine katkıda bulunabilir.
- *Yasal Uyum*: Birçok ülke ve bölge, çevresel düzenlemelere uyum gereksinimlerini sıkılaştırmaktadır. Yeşil lojistik uygulamaları, işletmelerin bu yasal düzenlemelere uyum sağlamalarına ve potansiyel yaptırımlardan kaçınmalarına yardımcı olabilir.
- *İşletmenin İtibarı*: Yeşil lojistik, işletmelerin çevresel sorumluluklarını yerine getirme konusundaki taahhütlerini yansıtabilir. Bu da işletmenin, genel itibarını ve müşterilerinin sadakatini artırabilir.

- *Kaynakların Verimli Kullanılması*: Yeşil lojistik, kaynakların daha etkili bir şekilde kullanılmasına yardımcı olabilir. Atık azaltma, geri dönüşüm ve verimli kaynak kullanımı, işletmelerin daha sürdürülebilir ve verimli bir şekilde iş yapmalarına katkı sağlayabilir.
- *Müşteri Memnuniyeti*: Yeşil lojistik uygulamaları, çevre dostu bir yaklaşım benimseyen müşteriler için çekici olabilir. Bu da müşteri memnuniyetini ve müşteri sadakatini artırabilir.

1.2. “Araç Rotalama” Kavramı

Günümüzün rekabetçi ortamında araç rotalama veya araç yönlendirme, işletmeler için oldukça önemli bir konu olmuştur. Araç rotalama, birçok noktayı ziyaret etmek için kullanılan araçların en uygun rota planını oluşturma sürecidir. İşletme yöneticileri için araçlara en uygun ve en ekonomik şekilde rotalama yapılması, taktiksel veya operasyonel bir karardır (Toksoy, 2021: viii). Bu karar verilirken teslimat süreleri, araç kapasitesi, trafik durumu, yasal kısıtlamalar gibi birçok durum göz önüne alınır. Araç rotalama; taşımacılık, lojistik, filo yönetimi, üretim yönetimi, elektronik ticaret ve benzeri alanlarda sıkça kullanılan stratejik bir planlama sürecidir. Bu süreç; teslimat sürelerini optimize etmek, maliyetleri düşürmek, kaynakları verimli bir şekilde kullanmak, operasyonel verimliliği arttırmak, müşteri memnuniyetini sağlamak ve rekabet avantajı elde etmek amacıyla araçların en uygun ve etkin bir şekilde rotalama yapılmasını sağlar.

1.2.1. Turlayan Satıcı Problemi

Turlayan Satıcı Problemi (TSP), kombinatoriyal optimizasyon alanında en çok bilinen problemlerden biridir. Leonhard Euler'in 1759 yılında ve Alexandre-Théophile Vardemonde'un 1771 yılındaki çalışmaları, TSP'nin temellerinin atıldığı dönem olarak kabul edilir. Ayrıca, 18. yüzyılda Sir William Rowan Hamilton ve Thomas Penygton Kirkman tarafından da üzerinde çalışılmış bir problemdir (Süral, 2003: 37; Kızılateş, 2013: 18).

TSP'nin matematiksel modeli, ilk olarak 1932 yılında Karl Menger tarafından ortaya atılmıştır (Kızılateş, 2013: 18). TSP, önceden belirlenen N adet şehrin her birine yalnız bir defa uğrayarak tekrar ilk başladığı şehre dönmek isteyen satıcının problemidir. Bu problemde, satıcının seyahat ettiği toplam mesafeyi ya da süreyi en aza indirgenmesi istenir. N adet şehir için $(N-1)!/2$ adet olası çözüm vardır (Özdemir, 2023).

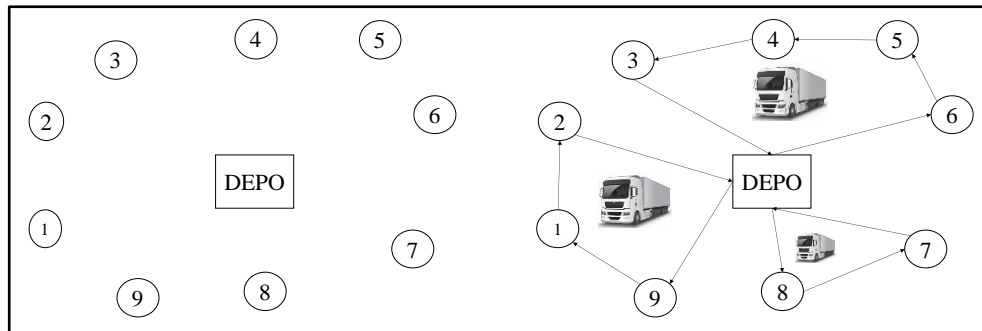
TSP, literatürde birçok uygulama alanına sahiptir. Bu uygulamalara örnek olarak rotalama, sınav ve ders programları, baz istasyonlarının yerleşim yerlerinin belirlenmesi, elektronik devre tasarımı vb. verilebilir (Kızılateş, 2013: 19).

1.2.2. Araç Rotalama Problemi

ARP, ilk olarak George Dantzig ve John Ramser tarafından 1959 yılında literatürde tanıtılmıştır. Dantzig ve Ramser (1959), benzin istasyonlarına benzin dağıtım problemi üzerinde odaklanmış ve problemi çözmek için ilk tam sayılı matematiksel modeli geliştirmişlerdir. Daha sonra, Clarke ve Wright (1964), Dantzig ve Ramser (1959) çalışmasına yeni bir sezgisel algoritma önermiş ve bu öneri, araç rotalamaya olan ilgiyi artırmıştır. Başlangıçta çok fazla dikkat çekmeyen ARP, günümüzde birçok disiplinde bilim adamlarının üzerinde çalıştığı ve çözümü için birçok farklı yöntemin geliştirildiği bir problem haline gelmiştir (Toth ve Vigo, 2002: 31).

ARP, bir veya birden çok depoya sahip olan işletmenin, farklı konumlarda bulunan müşterilere ürün dağıtırken seyahat mesafesini veya süresini en küçükmeyi hedefleyen rota oluşturma problemidir (Demircioğlu, 2009: 1). ARP'nin çözümünde en önemli amaç, dağıtım veya toplama yapılacak araçların müşterilere en az maliyetli ve en kısa mesafeli rotayı izleyerek ulaşmalarını sağlamaktır.

ARP, birçok alanda uygulanmakta olup kargo taşımacılığı, dağıtım işletmelerinde ve kamu hizmetlerinde araç rotalama problemleri bunlardan bazılarıdır. Doğru bir rota planlaması ve optimizasyonu ile işletmelere; maliyet tasarrufu, zaman yönetimi ve müşteri memnuniyeti gibi rekabet avantajı sağlanabilir. ARP'nin görsel bir temsili, Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3. ARP'nin Görsel Şekli
Kaynak: Keskinürk vd. (2016:79)

Günümüzde lojistik yönetiminin önemli konularından biri olan ARP, çeşitli faktörler tarafından karmaşık hale getirilmektedir. Sosyal sorumluluklar, değişen müşteri istekleri, teknolojik gelişmeler, hukuki kısıtlamalar, artan rekabet ortamı, çevresel koşullar ve operasyonel kısıtlar gibi birçok etken, bu problemin çözülmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle ARP'yi çözmek, giderek zorlaşmakta ve bu zorluğun üstesinden gelmek için alt kategorilere ayrılması gerekmektedir.

Literatürde ARP, çeşitli şekillerde sınıflandırılmıştır. Bu tez çalışmasında ARP, sürekli değişen ve dinamik yapıları nedeniyle altı temel türde sınıflandırılabilir. Bu sınıflamaya ilişkin gösterim, Ek 1'de verilmiştir. Bu sınıflama; kısıtlara (kapasite kısıtlı, mesafe kısıtlı, zaman pencereli, çok depolu ve yeşil ARP), yolların durumuna (asimetrik ve simetrik ARP), rotaların durumuna (açık ve kapalı uçlu ARP), filo tipine (homojen ve heterojen filoya sahip ARP), ulaştırma taleplerine (önce dağıt sonra topla, eş zamanlı topla dağıt ve karmaşık dağıtım ve toplama ARP) ve çevre durumuna (statik ve dinamik ARP) göre olarak belirtilebilir.

ARP'de müşteriler, taşınan ürünler, yol durumu, araçlar ve zaman gibi birçok değişkenler temelinde çeşitli kısıtlar mevcut olup bu kısıtların probleme dahil edilmesiyle, farklı temellere dayanan çeşitli araç rotalama problemlerini ortaya çıkarmaktadır. *Kapasite Kısıtlı ARP* literatürde sıkça kullanılan bir problemdir (Tümsekçalı, 2020: 5). Bu problemin temel özelliği, belirli bir yükleme kapasitesi olan araçların rotalamalarının yapılmasıdır. Mesafeyi dikkate alan *Mesafe Kısıtlı ARP*'nin özelliği ise aracın gidebileceği maksimum mesafe veya zaman kısıtının probleme eklenmesidir (Erdem Demirtaş, 2015: 11). Zamanı önceleyen *Zaman Pencereli ARP* ile dağıtım yapılacak müşteriye belirli zaman aralıkları arasında hizmet verilmesi sağlanır. Zaman Pencereli ARP, sıkı zaman pencereli ve esnek zaman pencereli ARP olmak üzere ikiye ayrılır (Cömert vd., 2018: 688). ARP'de depo sayısının değişimi, problemin çözümünü etkileyen önemli bir faktördür. Depo sayısı birden fazla ise *Çok Depolu ARP* ortaya çıkmaktadır. Depo sayısı tek iken çözümü zor olan ARP, depo sayısı arttığında çözümü çok daha zor hale gelmektedir (Şeker, 2007: 42). Diğer yandan günümüzün dünyasında sanayileşmenin artmasıyla beraber çevre kirliliği de artmaktadır. Bu sebeple yeşil kısıtları dikkate alan *Yeşil ARP* ortaya çıkmıştır. Yeşil ARP'nin temel amacı, araç rotalarını oluştururken toplam mesafe veya seyahat süresini en aza indirmek yerine, sera gazı salınımını azaltarak harcanan toplam enerjiyi ve yakıt tüketimini minimize etmektir (Lin vd., 2014: 1118).

Yolların durumuna göre ARP'den *Simetrik ARP*'de iki nokta arasındaki geliş ve gidiş maliyetleri eşittir. *Asimetrik ARP*'de ise geliş ve gidiş maliyetlerinin eşit olmayıp; asimetrik ARP, bu özelliğinden dolayı gerçek hayatı daha çok yansıtmaktadır.

Rotalama durumlarına göre ARP, araçların dağıtımına başladığı depolara geri dönüp dönmemesine göre iki başlık altında değerlendirilmektedir. *Kapalı uçlu ARP*, temel bir ARP olup bütün araçlar, aynı depodan başlayıp sevkiyatlarını sürdürüp yine araçların rotaları aynı depoda sonlanmaktadır. *Açık uçlu ARP*'de ise araçların sevkiyata depodan başlayıp, tekrar depoya dönmesi gerekmemektedir (Li vd., 2007: 2918). Bu ARP türü, daha çok gazete dağıtımında kullanılmaktadır.

Filo tipine göre ARP, filodaki araçların birbirleriyle aynı özellikte olup olmamasına göre iki şekilde sınıflandırılmaktadır. *Homojen filolu ARP*'de problemde yer alan araçlar, birbirleriyle aynıdır. Ancak lojistik sektöründe araçlar, müşteri taleplerinin özelleştirilmesi veya taşınan malzemenin çeşidine bağlı olarak farklı ekipmanlara sahip olabilirler. Bu nedenle, gerçek dünya uygulamalarında filonun her zaman aynı tipte araçlardan oluşması mümkün değildir. *Heterojen ARP*'de müşteri talepleri, farklı kapasitelerde ve farklı özelliklere sahip araçlarla karşılanır (Bulut, 2020: 12).

ARP'de sadece müşterilere dağıtım yapılamaz. Bazen müşterilerden de çeşitli mal veya ürünlerin toplanması gerekmektedir. Örneğin kola dağıtımını yapan bir işletme, müşterilerine kola dağıtımını yaparken, boş şişeleri de tekrar dolun yapılması için deposuna getirmek için toplayabilmektedir. Ulaştırma taleplerinin türüne göre üç tip ARP vardır (Atmaca, 2012:12; Öztaş, 2021: 8). *Önce Dağıt Sonra Topla ARP*'de önce dağıtım işlemi yapılır, dağıtım işlemi tamamlandıktan sonra toplama işlemine geçilir. *Eş Zamanlı Topla Dağıt ARP*'de ise aynı anda hem toplama hem de dağıtım işlemi yapılmaktadır. Son olarak *Karmaşık Dağıtım ve Toplama ARP*'de ise dağıtım ve toplama işlemi yapılırken herhangi bir sıralama ile işlem yapılmasına gerek yoktur.

Çevre durumuna göre ARP, talep vb. temel parametrelerinden herhangi birinin önceden bilinip bilinmemesine yani olasılıksal veya deterministik olmasına dayanmaktadır. *Dinamik ARP*'de ise problem içerisinde sabit olmayan değişkenler vardır başka bir deyişle belirsizlik içermektedir. Dinamik ARP'de ani bir şekilde gelişen durumlarda, hızlı bir şekilde yeniden karar almak gerekmektedir (Apak, 2018: 6-7). *Statik ARP*'de ise uygun bir rotalamanın gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan bilgiler, kısıtlar, araç kapasiteleri ve minimize edilmek istenen maliyet bilgileri önceden belirlenir ve rotalar oluşturulduktan sonra bu bilgilerde herhangi bir değişiklik yapılmaz (Erdem Demirtaş, 2015: 15).

ARP'nin önemli bir türü olan Kapasite Kısıtlı ARP'nin matematiksel modeli, ilk olarak Dantzig ve Ramser (1959) ortaya atılmıştır (Dantzig ve Ramser, 1959: 80; Clarke ve Wright, 1964: 568; Agárdi vd., 2022: 1). Bir *Kapasite Kısıtlı ARP*'nin matematiksel modeli, Eşitlik 1.1 – 1.7'de ifade edilmiştir (Erol, 2006: 5-7). Bu matematiksel modelin, depo ile müşterileri içeren noktalar ve araçlar olmak üzere iki unsuru vardır. Bu probleme ilişkin varsayımlar şu şekilde belirtilebilir: i) Dağıtıma çıkan araç, kendi taşıma kapasitesini aşmaması şartıyla müşterilerin dağıtım taleplerini karşılamak zorundadır. ii) Dağıtıma çıkan her bir aracın yine depoya dönmesi gerekmektedir. iii) Her bir müşteri, sadece bir kez ziyaret edilebilmektedir.

Bu matematiksel model, $G=(N,A)$ çizgesi üzerinde tanımlanır. Bu çizgede $N=\{0, 1, \dots, n\}$ düğümler kümesidir. Depoyu 0 düğümü, müşterileri ise diğer düğümler temsil etmektedir. Tüm müşterilerin kümesi $N_c=\{1, \dots, n\}$ 'dir. Araç sayısı q , araçlar homojendir ve araçların kapasiteleri Q 'dır. Araçların kümesi ise $V=\{1, \dots, q\}$ 'dir. Bu modelde kullanılan indisler, parametreler, karar değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlar şu şekildedir:

İndisler

N	Tüm noktaların kümesi
N_c	Tüm müşterilerin kümesi
V	Tüm araçların kümesi
i, j	Noktalarda kullanılacak indikatörler
k	Araçlarda kullanılacak indikatör

Parametreler

C_{ij}	i ile j noktaları arasındaki mesafe	$(i, j \in N)$
d_i	i . müşterinin dağıtım talebi	$(i \in N_c)$

Karar Değişkenleri

X_{ijk}	i . noktadan j . noktaya k . araç ile gidiliyorsa 1, yoksa 0
-----------	--

Amaç Fonksiyonu

$$Z_{min} = \sum_{k=1}^V \sum_{j=0}^N \sum_{\substack{i=0 \\ i \neq j}}^N C_{ij} * X_{ijk} \quad (1.1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{k=1}^V \sum_{j=1}^N X_{ijk} = q \quad i = 0 \quad (1.2)$$

$$\sum_{k=1}^V \sum_{i=0}^N X_{ijk} = 1 \quad \forall j \in N_c \quad (1.3)$$

$$\sum_{k=1}^V \sum_{j=0}^N X_{ijk} = 1 \quad \forall i \in N_c \quad (1.4)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{i0k} \leq 1 \quad \forall k \in V \quad (1.5)$$

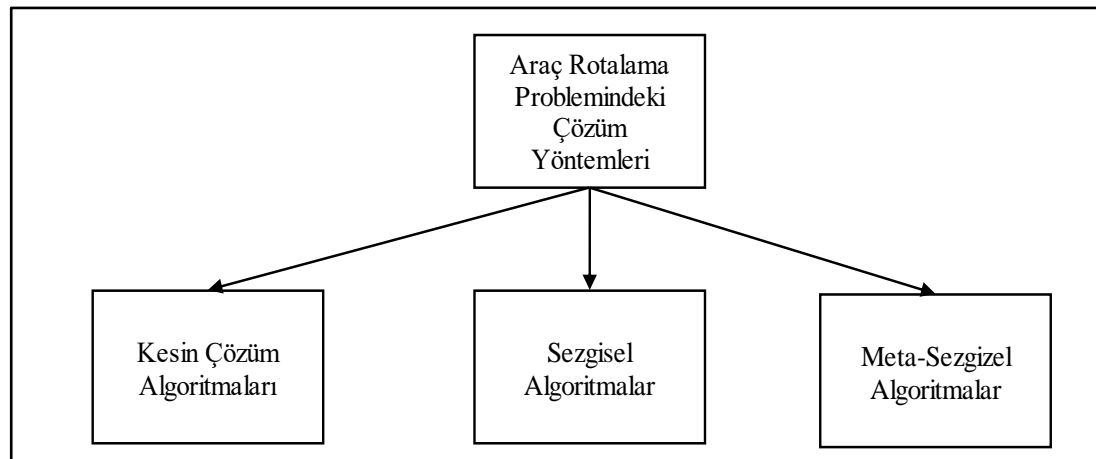
$$\sum_{i=1}^N d_i \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^N X_{ijk} \leq Q \quad \forall k \in V \quad (1.6)$$

$$X_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N, \forall k \in V \quad (1.7)$$

Eşitlik (1.1)'de ifade edilen amaç fonksiyonu, toplam gidilecek mesafenin minimize edilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Eşitlik (1.2), depodan çıkacak araç sayısının q adet olduğunu göstermektedir. Eşitlik (1.3) ve Eşitlik (1.4)'te bir müşterinin yalnız bir araç tarafından ziyaret edilmesiyle müşteriye gelen ve müşteriden çıkan yollardan sadece bir tanesinin kullanılmasının gerekli olduğunu ifade etmektedir. Eşitlik (1.5), bir aracın ancak bir defa depodan çıkacağı dolayısıyla rotalamada bir defa kullanılacağını açıklamaktadır. Eşitlik (1.6), araçlara yüklemelerin aracın kapasite değeri Q 'yi geçmemesini belirtmektedir. Eşitlik (1.7), karar değişkeninin 0 veya 1 değerini alabilen ikili değişken olduğunu göstermektedir (Erol, 2006: 6-7; Kurt, 2008: 4-5).

1.2.3. Araç Rotalama Problemi için Çözüm Yöntemleri

ARP, TSP'nin genel bir uyarlaması olduğu için NP-Zor (Nondeterministic Polynomial time-Zor) sınıfına dâhil edilir. Bu sebeple problem, belirli boyutlara kadar kesin yöntemlerle çözülebilir bir hâle gelir. Problemin büyüklüğü arttıkça, kesin yöntemler yerine sezgisel ve meta sezgisel yaklaşımlar kullanılarak optimal veya optimale yakın çözümler elde edilebilir. ARP'nin çözümünde kullanılan yöntemler; kesin çözüm algoritmaları, sezgisel algoritmalar ve meta sezgisel algoritmalar olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır ve bu sınıflandırma, Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. ARP'nin Çözüm Yöntemleri

Kaynak: Tan ve Yeh (2021: 15)

Kesin çözüm algoritmaları, her olası çözümün hesaplandığı ve en iyi çözüme ulaşıldığı noktada sonlandırıldığı yöntemlerdir. Bu tür algoritmalarda, tüm potansiyel çözümler üzerinde değerlendirme yaparak en üstün çözümün bulunması amaçlanır. Bu tez çalışmasında da kullanılan kesin çözüm algoritmaları, ARP'yi Tam Sayılı Doğrusal Programlama problemine dönüştürerek gerçekleştirir. Dal ve sınır yöntemi, öncelikle tüm çözüm alanını inceler ve işlem ya da sınırlama aşamasında problemi gevşetir. Bu sayede, pratik çözüm kümesinde bulunmayan çözümleri de kabul eder. Ancak bu gevşeme, ideal bir çözüm değerinin altında bir sınır sağlamaktadır (Çiçekli, 2012: 31-32; Çakır Esen, 2022: 63). Kesme düzlemi algoritması, dal-sınır algoritmasında olduğu gibi sürekli bir doğrusal programlama probleminin optimum çözümü ile başlar. Ancak bu yöntemde dallanma ve sınırlamadan ziyade, kesme adı verilen özel kısıtların ardı ardına oluşturularak çözüm uzayının düzenlenmesine odaklanılır (Aydoğmuş Yumurtacı, 2011: 41).

Sezgisel algoritmalar, problem bağımlı algoritmalar yani işleyiş kuralı probleme özgü olarak belirlenir. Bu algoritmalar, tur yapıcı ve tur geliştirici olmak üzere iki alt sınıfa ayrılabilir. Tur yapıcı sezgisel algoritmalar, örneğin ARP için başlangıç rotalarını oluşturabilecek türde algoritmalarlardır. Tur geliştirici algoritmalar ise var olan bir tur veya çözümün iyileştirilmesine yönelik algoritmalarlardır. Planlama periyodu boyunca yeni bir talep veya müşteri ortaya çıktığında sezgisel algoritmalar, tekrar tekrar çalıştırılarak çözüm geliştirilmeye çalışılır (Liu vd., 2023: 2-3). Yapıcı sezgisel algoritmalara en yakın komşuluk algoritması, Clarke-Wright Kazanma Algoritması, Süpürme Algoritması vb. örnek verilebilir (Ekmekçi, 2019: 29-32). Tur geliştirici algoritmalar; λ -opt yöntemi, araya koyma algoritması gibi yöntemlerle geliştirilebilir (Laporte vd., 2000: 290; Liu vd., 2023: 3).

Meta sezgisel yöntemler, zor kombinatoriyal optimizasyon problemleri için daha üst seviyede ve daha iyi kalitede çözümler elde etmek amacıyla geliştirilen sezgisel yaklaşımları yönlendiren prosedürlerdir (Tarantilis vd., 2005: 457). Meta sezgisel algoritmalar, aday çözümlere hem yoğunlaştırma hem de çeşitlendirme sağlamak için özel teknikler kullanır. Yoğunlaştırma, mevcut çözümleri kullanarak daha iyi yerel optimal çözümler elde etmeyi hedeflerken; çeşitlendirme, algoritmanın düşük kaliteli bir yerel optimal çözüme sıkışıp kalmaması için tüm çözüm alanını keşfetme sürecini ifade eder. ARP'nin çözümünde yaygın olarak benzetimli tavlama, genetik algoritmalar, karınca kolonisi algoritması, tabu arama algoritmaları vb. bazı meta sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır (Cordeau vd., 2002: 517).

1.3. “Yeşil Araç Rotalama” Kavramı

"Yeşil araç rotalama" terimi, lojistik ve taşımacılık alanında kullanılan bir kavramdır. Bu terim, çevresel etkileri en aza indirmeyi amaçlayan taşıma faaliyetlerini ifade eder. Yeşil araç rotalama, taşıma işleminde kullanılan araçların daha etkili bir şekilde yönetilmesi ve enerji tüketiminin, emisyonların ve diğer çevresel etkilerin azaltılmasını hedefler (Wang vd., 2019: 1005).

Yeşil araç rotalama, taşımacılık sektöründe hem çevresel sorumluluk hem de işletme verimliliği açısından önemli bir rol oynamaktadır. Bu yaklaşım, çevresel etkileri azaltırken aynı zamanda maliyet tasarrufu sağlayarak işletmelere rekabet avantajı sunar. Bu nedenle yeşil araç rotalama, taşıma ve lojistik alanında giderek daha fazla kullanılan bir strateji olmaya devam etmektedir.

1.3.1. Yeşil Araç Rotalama Problemi

Yeşil ARP, Erdoğan ve Miller-Hooks (2012) tarafından bilim dünyasına tanıtılmıştır. ARP’de yeni bir yaklaşım olan yeşil ARP, klasik problemlerden farklı olarak yalnızca toplam yol mesafesini değil, aynı anda ortaya çıkan yakıt tüketimi, CO₂ emisyonu, maliyet, filo seçimi, araç kapasiteleri vb. değişkenleri de dikkate alarak çevreye en az zarar verecek dağıtım planı için rota belirlemeyi hedeflemektedir. Rota oluşturulurken temel amaç ise gaz emisyonu, harcanan enerji ve yakıt tüketiminin etkilendiği, taşınan yük miktarı, araç ağırlığı, aracın hızı, yol eğimi, aracın markası, motor yapısı gibi kısıtları da dikkate alarak toplam maliyetlerini minimize etmeye çalışmaktır. Bu sayede araç rotalama faaliyetleri, daha az yakıt tüketimi kullanımıyla planlanabilir, yeşil bir yaklaşımı benimseyerek maliyetleri azaltabilir ve kârlılığı artırabilir, böylece daha yeşil bir işletme olabilecektir (Figliozzi, 2011: 766-767).

Zhang vd. (2020)’e göre yeşil ARP, üçe ayrılmıştır. Bunlardan birincisi, alternatif yakıtları kullanan araçlar ile ilgili olan ARP’dir. İkinci tip problemlerde ise amaç, aracın yaydığı emisyon, gürültü vb. kirliliğin minimize edilmesidir. Üçüncü problem ise tersine lojistikdir. Bu tez çalışmasında, ikinci ve üçüncü tip problemlerin çözümü ele alınmıştır.

1.3.2. Yeşil Araç Rotalama Problemi için Literatür Taraması

Üretim ve dağıtım için kurulan geleneksel lojistik modeller, operasyonel kısıtlamalara bağlı olarak maliyetleri en aza indirmeye odaklanmıştır. Ancak yeşil lojistik ile ilgili daha geniş konuların dikkate alınması, çeşitli türlerdeki operasyonel araştırma modelleri için yeni uygulamalar veya yeni kısıtlamalar ortaya koyan yeni çalışma

yöntemlerine ve modellere yol açmıştır (Sbihi ve Eglese, 2007: 112-113). Bu konuların başında ise yeşil lojistik ile ilgili olarak yeşil ARP gelmektedir. Yeşil ARP'nin çözümünde ise literatürde çoğunlukla meta sezgisel yöntemler kullanılmaktadır. Tez çalışmasının bu bölümünde ele alınan problem ile ilgili literatür taramasına yer verilmiştir. Tarama esnasında Elsevier, Springer, Taylor ve Francis, Emerald, Wiley, IEEEExplore, Scientific.Net ve Google Scholar vb. önde gelen bilimsel veri tabanlarından yararlanılmıştır. Literatür taramasında başlıkta, özetinde ve/veya anahtar kelimelerde “green logistics”, “green vehicle routing problem” ve “pollution routing problem” kelimeleri üzerinden tarama yapılmıştır. Bu taramaların sonucundan makale, bildiri ve kitap bölümünü içeren çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalar, şu şekilde özetlenebilir:

Apaydın ve Gönüllü (2008), Trabzon ili ve ilçelerindeki çöp kamyonlarının şehirdeki çöplerin toplanmasını ve çöp toplama merkezine gitmesini temel alan problemi incelemiştir. Problemden; bir çöp konteynerinden yararlanan kişi sayısı, bir konteynerin dolmuş hacmi vb. hesaplanmıştır. Yakıt bazlı emisyon modelini kullanılarak Route View Pro™ isimli yazılım vasıtasıyla en kısa yol problemi olarak araçların kat ettiği yolu, seyahat süresini, araçların yaydığı CO₂ miktarını en küçükmeye çalışmışlardır. Bu çalışma sonucunda, araçların kat ettiği mesafede ve seyahat süresinde sırasıyla % 24,6'lük ve % 44,3'lük ilerleme sağlanmıştır.

Figliozzi (2010), karbon emisyonunu en küçükmeye çalışan ARP'yi incelemiştir. Bu çalışmada, amaç fonksiyonu karbon emisyonunun en küçükmemesi olan aracın hızını, yükünü ve seyahat mesafesini dikkate alan yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir. Yazar, problemi tek amaçlı zaman pencereli ARP'nin uzantısı olarak kabul edip yinelemeli rota oluşturma ve iyileştirme algoritmasını uygulamıştır. Geliştirilen modeli test etmek için Solomon (1987)'nin çalışmasındaki veri setlerini trafiğin yoğunluk durumuna göre üçe ayırarak çözmüştür.

Bektaş ve Laporte (2011), zaman pencereli ARP'nin bir uzantısı olan kirlilik rotalama problemini ele almıştır. Bu problemi çözmek için mesafe, yakıt tüketimi, emisyon miktarı ve seyahat süresini en küçükleyen amaç fonksiyonlarını bir araya getirerek yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir. Geliştirdikleri matematiksel modelin çözümü için İngiltere'de 10, 15 ve 20 müşteriye sahip gerçek veri setleri oluşturmuşlardır. Bu çalışmada sırasıyla zaman pencereli olup olmaması, talep, aracın tipi, araçların boş ve yüklü ağırlığı ve filodaki araç sayısı gibi değişimler dikkate alınmıştır. Bu çalışma; önerilen modeli, araç hızını ve araç ağırlığını dikkate alan öncü bir çalışma olmuştur. Çalışmada, Concert PL EXecutive (CPLEX) çözücüsü ile kesin

çözüm aranmıştır.

Kuo ve Wang (2011) tarafından yapılan çalışma, araçların tükettikleri yakıtları en küçüklemeyi hedefleyen amaç fonksiyonuna sahip literatürdeki ilk çalışmalardandır. Çalışmada, problemin çözümü için tabu arama meta sezgisel algoritması kullanılmıştır. Tabu algoritmasında komşuluk yapısı olarak ikili yer değiştirme komşuluk yöntemi uygulanmıştır. Başlangıç çözüm olarak en kısa yol, en düşük tüketim esaslı yol, yükü önceleyen en kısa yol ve yükü önceleyen en düşük tüketim esaslı yol olmak üzere dört yöntem önerilmiştir. Çalışmada Solomon (1987)'ye ait veriler, test verileri olarak kullanılmıştır. Geliştirilen algoritmayla araçların kat ettiği mesafede % 4,05 ve tükettiği yakıtta % 8,29 oranında tasarruf sağlanmıştır.

Ubeda vd. (2011), İspanya'da faaliyet gösteren bir dağıtım firmasının rotalarının, daha çevreci ve daha ekonomik olmasını amaçlamıştır ve problemin çözümü için iki tane matematiksel model (yakıt bazlı emisyon modeli ve mesafe bazlı emisyon modeli) önermiştir. Kapasite kısıtlı ARP için MATrix LABoratory (MATLAB)'da kodlanan Mole ve Johnson algoritması kullanılmış, geri toplamalı ARP ise yine MATLAB'da kodlanan en yakın komşuluk algoritması ile çözümlenmiştir. Geliştirilen algoritmanın sonucunda mesafe olarak % 30'luk, karbon emisyon salınımı olarak da % 25,5'lik gelişme sağlanmıştır.

Demir vd. (2012) tarafından seyahat mesafesini, aracın yükünü, aracın hızını ve yolun eğimini dikkate alan zaman pencereli ARP'yi esas alan tam sayılı matematiksel model önerilmiştir. Önerilen model, uyarlanabilir geniş komşuluk araması meta sezgiseline dayanmaktadır. Bu meta sezgiselin başlangıç çözümü, probleme uyarlanmış Clarke-Wright kazanma algoritmasıyla elde edilmiştir. Bu algoritmanın; yıkım aşamasında 12, tamir aşamasında ise 5 operatörü olan iki temel safhası vardır. Bu algoritmayla 200 şehre kadar oldukça etkili sonuçlar alınabileceği görülmüştür.

Erdoğan ve Miller-Hooks (2012), yeşil ARP'nin matematiksel modelini tam sayılı doğrusal programlama olarak ifade etmiştir. Bu matematiksel model ile yakıt tüketilirken ve yenilenirken yakıt seviyesinin izlenmesindeki problemlerin üstesinden gelinmiştir. Bu problemi çözmek için Clarke-Wright kazanma ve yoğunluk tabanlı kümeleme algoritması geliştirilmiştir. Bu algoritmaların geçerliliğini kanıtlamak için veri setleri üretmişlerdir. Geliştirilen sezgisel algoritmalar bir tekstil firması için uygulanmış, başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Geliştirilen sezgisel algoritmalar, Java programlama dilinde kodlanmıştır.

Huang vd. (2012), Çin Halk Cumhuriyeti'nde kargo işletmesini inceleyen eş zamanlı topla-dağıt ARP'yi incelemiştir. Çalışmada, yakıt tüketimini, karbon emisyon salınım ve araç maliyetlerini içeren toplam maliyeti en küçükmeye çalışan iki indisli matematiksel bir model geliştirilmiştir. Bu modeli çözmek için gerçek veriler üzerinden 10 tane test problemi geliştirilmiş ve bu problemlere, XPRESS çözücüsünde kesin çözüm sağlanmıştır.

Xiao vd. (2012), amaç fonksiyonu yakıt tüketimini en küçükmek olan kapasiteli ARP'yi incelemiştir. Çalışmada daha önce literatürde incelenmeyen aracın yükü ile tükettiği yakıt arasındaki ilişkiyi açıklayan doğrusal bir fonksiyon önerilmiştir ve geliştirilen matematiksel modele entegre edilmiştir. Geliştirilen matematiksel modelin çözümü için C++ programlama dilinde benzetimli tavlama algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen benzetimli tavlama algoritmasının farklılığı ise komşuluk aramasında ikili yer değiştirme, ters çevirme ve 2-opt operatörlerinin olasılıksal orana göre kullanıldığı melez bir operatör önermesidir. Önerilen bu operatör, diğer üç operatöre göre daha başarılı sonuçlar üretmiştir. Çalışmada geliştirilen meta sezgisel algoritmanın geçerliliğini kanıtlamak için 27 test problemi çalıştırılmış, bunun sonucunda yakıt tüketiminde % 5 oranında iyileşme sağlanmıştır.

Franceschetti vd. (2013), zamana bağımlı kirlilik problemini incelemiştir. Aracın değişken hızını, trafiğin yoğunluğunu ve aracın yük durumunu dikkate alan matematiksel model geliştirilmiştir. Geliştirilen modele, kesin ve sezgisel yöntemlerle çözüm aranmıştır. Literatürden alınan verilerle, sunulan matematiksel model test edilmiştir.

Felipe vd. (2014), çoklu teknolojiler ve kısmı şarjları içeren elektrikli ARP'yi ele almıştır. Amaç fonksiyonu gece boyunca depoda şarj edilen araçların maliyetleri, gün boyunca istasyonlarda şarj edilen araçların maliyetleri ve pilin şarj edilmesiyle oluşan maliyetlerin toplamı olan yeni bir matematiksel model önerilmiştir. Önerilen matematiksel modelin çözümü için en yakın komşuluk algoritması başlangıç çözümü olan istasyonların yer değişimi, 2-opt ve yeniden ekleme operatörlerini içeren bir sezgisel ve benzetimli tavlama algoritmaları geliştirilmiştir. Algoritmalar, Fortran 95 dilinde kodlanıp, geliştirilen test problemlerinde benzetimli tavlama algoritmasının, geliştirilen sezgisel algoritmaya göre daha hızlı olduğu tespit edilmiştir.

Küçüköğlü vd. (2015), zaman pencereli yeşil ARP'yi incelemiştir. Çalışmada, önce yakıt tüketiminin hesaplanması için aracın taşıdığı yükleri, kat ettiği mesafeyi ve aracın teknik donanımlarını dikkate alan doğrusal olmayan bir matematiksel model geliştirilmiştir. Bu model daha sonra doğrusallaştırılarak, problem için geliştirilen hafıza

tabanlı benzetimli tavlama meta sezgisel algoritması geliştirilmiştir. Başlangıç çözüm için zamanı ve kapasiteleri dikkate alan en yakın komşuluk algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen meta sezgisel yerel aramayı güçlendirmek için λ takas yerel arama metodu önerilmiştir. Geliştirilen meta sezgiselin geçerliliğini kanıtlamak için amaç fonksiyonu katedilen mesafe yerine araçların yaydığı emisyon olarak belirlenip, test problemleri ile çalıştırılmıştır. Önerilen sistemin genel yapısında araçların teknik özellikleri, müşteri bilgileri ve zaman kısıtları girilerek araçların rotası, yakıt tüketimi ve CO₂ emisyon miktarı kullanıcıya çıktı olarak verilmiştir.

Xiao ve Konak (2015) çalışmasında toplam CO₂ salınımını, toplam seyahat mesafesini ve toplam seyahat süresini düşürmeyi amaçlamıştır. Çalışmada bu amaçları ağırlıklandırarak yeni bir zaman pencereli ARP'nin bir uzantısı olan yeşil ARP matematiksel modeli sunulmuştur. Bu model için test problemleri geliştirilip, küçük problemler için CPLEX yazılımında çözülmüştür. Büyük problemler için, C++ dilinde kodlanan benzetimli tavlama algoritması geliştirilmiş ve küçük test problemlerinde 30 örnekten 21'inde optimal sonuç bulmuştur. Geliştirilen model ile ortalama % 14,2 oranında CO₂ emisyon salınımında iyileşme sağlanmıştır.

Montoya vd. (2016), yeşil ARP'yi çoklu-aralıklı örnekleme sezgiseli ile çözmüştür. Çalışmada, yakıtları sınırlı araçların gerektiğinde alternatif yakıt istasyonlarını ziyaret edip tüm müşterilerin taleplerini karşılayarak en kısa yolun sağlanması amaçlanmıştır. Bu sezgisel, önce optimal bir alternatif kayıt ekleme prosedürü aracılığıyla bir rota havuzu oluşturur, ardından bu havuzda depolanan rotalar üzerinde bir dizi bölümlenme formülasyonunu çözerek bir yeşil ARP çözümü oluşturulur. Birinci aşamada Java programlama dili ve ikinci aşamada ise Gurobi Optimizer yazılımı kullanılarak literatürdeki 52 tane test verileri üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan 8 tanesinde, literatürdeki sonuçlardan daha iyi sonuçlara ulaşılmıştır. Ayrıca, literatürdeki tüm sonuçların ortalamasına göre % 4,10 daha iyi sonuca ulaşılmıştır.

Yu vd. (2017) çalışmasında yeşil ARP'nin bir türü olan hibrit ARP'ni incelemiştir. Çalışmalarda çoğunlukla tek tip yakıt kullanan araçlarla ilgili çalışmalar varken bu çalışmada hem elektrikli hem de dizel araçlarla dağıtım esas alınmıştır. Bununla ilgili yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir. Bu problemi çözmek için önemli meta sezgisel yöntemlerden birisi olan benzetimli tavlama algoritmasından yararlanılmıştır. Çalışmada Boltzmann fonksiyonu yerine, yeni bir kötü çözümü kabul etme fonksiyonu olan Cauchy fonksiyonu önerilmiştir. Bu fonksiyon ile yapılan deneyler sonucunda,

oldukça tatminkâr sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada başlangıç çözümün en yakın komşuluk algoritması olması, rastgele çözüm olmasına göre % 0,32'lik gelişme sağlanmıştır.

Niu vd. (2018), yeşil açık ARP üzerinde çalışmıştır. Pekin'deki gerçek yol koşullarına göre çözüm aranmıştır. Önce probleme çözüm için yeni bir matematiksel model sunulmuştur. Bu modeldeki amaç fonksiyonu, sürücü maliyetlerini ve emisyon maliyetlerini içermektedir. Bu problemin çözümü için hibrit tabu arama algoritması geliştirilmiştir. Algoritmada, başlangıç çözüm için en yakın komşuluk algoritması kullanılmıştır. Çalışmada komşuluk araması için rastgele değişim, yüksek maliyetli nokta ilerlemesi, uzun bekleme ilerlemesi, kısa rotalama olmak üzere dört hareket önerilmiştir. Daha sonra geliştirilen hibrit meta sezgisel algoritmanın etkinliğini araştırmak için 10, 20, 30, 60, 80, 100 ve 120 şehir içeren toplam 70 tane veri seti geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritmanın sonucunda hafif ticari arabaların kullanılmasının hem maliyet hem de çevresel açıdan daha iyi olduğu görülmüştür.

Poonthalir ve Nadarajan (2018), seyahat mesafesini ve yakıt tüketimini en küçükmeye çalışan çok amaçlı yeşil ARP'yi ele almıştır. Kurulan matematiksel modele, hedef programlama yöntemi ile iki amaç fonksiyonu eklenmiştir. Çalışmanın özgün özelliği olan değişken hız, matematiksel modelde yer almaktadır. Modelin çözümü için, parçacık sürü optimizasyonu meta sezgisel algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma, veri setleri ile çalıştırılarak test edilmiş ve rekabetçi sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada geliştirilen algoritma, MATLAB dilinde kodlanmıştır.

da Costa vd. (2018), İngiltere'nin Bristol şehrindeki bir kargo firmasının rotalarını ele almıştır. Çalışmada yeşil ARP olarak tespit edilen problem, Python programlama dilinde geliştirilen genetik algoritma meta sezgiseli ile çözülmüştür. Problemin modelinde, aracın hızı ve yolun eğimi de dikkate alınmıştır. Bununla ilgili olarak yola bağlı, hıza bağlı ve eğim-ağırlığa bağlı üç tane emisyon fonksiyonu geliştirilmiştir. Geliştirilen genetik algoritma başlangıç popülasyonunda en yakın komşuluk algoritması, Clarke-Wright Kazanma Algoritması, rastgele araya koyma algoritması kullanılmıştır. Çalışmada mutasyon kısmında ise yerel aramayı kuvvetlendirmek için 2-opt ve 3-opt yerel arama sezgiselleri kullanılmıştır. Gerçek veriler ile uygulama yapıldığında mevcut duruma göre % 17,91 yol mesafesi ve % 15,22 CO₂ emisyon miktarında iyileşme sağlanmıştır.

Bruglieri vd. (2019), sınırlı kapasiteye sahip alternatif yakıt istasyonlarını incelemiştir. Literatürde daha önce alternatif yakıt istasyonları kapasitesi sınırsız olarak incelenen problem, matematiksel olarak yeniden modellenmiştir ve arc ile path tabanlı olmak üzere iki model sunulmuştur. Sunulan bu model, XPRESS kesin yöntem çözücüsü ile özel ve kamunun kullanımına açık alternatif yakıt istasyonları olarak senaryoda iki farklı şekilde çalıştırılmıştır.

Karagül vd. (2019), yeşil ARP'yi ele alarak Xiao vd. (2012)'nin matematiksel modelini incelemiştir. Çalışmada, aracın deposunun seyahat sırasında azalacağı düşünülerek ikinci matematiksel model önerilmiştir. Bu modeli de içine alan yayılan karbon salınımı ve araçların katettiği mesafenin maliyetini içeren üçüncü matematiksel model sunulmuştur. Bu modelleri çözmek için benzetimli tavlama algoritması geliştirilmiştir. Bu algoritmanın başlangıç çözümü, rastgele üretilmiştir. Literatürdeki test problemleri probleme uyarlanarak benzetimli tavlama algoritmasına göre üç model, 10 defa çalıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar üzerinde yapılan istatistiksel analizlere göre istatistiksel olarak anlamlı çözümler ürettiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada çözüm için MATLAB programlama dilinde yazılım geliştirilmiştir.

Kırcı (2019) tarafından Marmara Bölgesi'ndeki bir kargo firması için en küçüklemeyi amaçlayan zaman pencereli ARP'nin çözümü için yeni bir model önerilmiştir. Çalışmada; araçların kat ettiği mesafenin, dağıtımda kullanılan araç sayısının, teslimat sürelerinin ve araçların yaydığı emisyonun en küçüklenmesi amaçlanmıştır. Bu modelin çözümü için başlangıç çözümde en kısa komşuluk algoritması kullanılarak tabu arama meta sezgisel algoritması geliştirilmiştir.

Peng vd. (2019), yeşil ARP'nin çözümü için çeşitlendirmeye ve yoğunlaştırmaya daha fazla öncelik veren memetik meta sezgisel algoritma geliştirmiştir. Bu algoritmanın başlangıç çözümünde, λ -Pseudo Aç Gözlü Yöntem kullanılmıştır. Yerel arama için ise sekiz adet komşuluk hareketi içeren uyarlanmış yerel arama algoritması ve çeşitlendirme aşaması için sırt tabanlı çaprazlama operatörü geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma, literatürdeki 80 test probleminden 75'inde bilinen en iyi sonuca ulaşmıştır. Çalışmada alternatif yakıt kullanan araçları içeren problemlere çözüm arandığı için ilk popülasyon tabanlı meta sezgiselin kullanıldığı çalışma olup, C++ programlama dilinde geliştirilmiştir.

Ren vd. (2020) tarafından iki amaçlı karma yakıt kullanan filolu zaman pencereli yeşil ARP geliştirilmiştir. Çalışmada, daha önceden filoların tek tür yakıt kullandığı ancak çok türlü yakıt kullanılarak filoların daha etkili ve verimli kullanılabileceği ifade

edilmiştir. Çalışmada, araçlardan çıkan tüm kirli gazların emisyonunu ve müşterilere yapılan sevkiyatlardaki gecikmeleri en küçükleyen iki amaç fonksiyonuna sahip matematiksel model geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modeli çözmek için MATLAB yazılımında değişken komşuluk araması meta sezgisel algoritması geliştirilmiştir. Bu algoritmada başlangıç çözüm için probleme uyarlanmış en yakın komşuluk algoritması kullanılmıştır. Yerel optimumdan kurtulma aşaması olan sarsım aşamasında, 1-1 değişim ve 1-0 öteleme operatörleri kullanılmıştır. Meta sezgiselin yerel arama aşamasında ise rota içi ve rota dışı olmak üzere sekiz tane operatör kullanılmıştır. Geliştirilen algoritma, literatürdeki test problemlerine uyarlanarak çözümlenmiştir. Elde edilen sonuçta ise işletmelerin, çok türlü yakıt filoları kullanarak daha çevreci olabilecekleri görülmüştür.

Su ve Fan (2020), tek depolu esnek zaman pencereli dinamik yeşil ARP'yi ele almıştır. Bu problem için yakıt tüketimini, karbon salınımını ve zaman penceresini ihlalden dolayı katlanılan maliyetlerin toplamını en küçükleyen matematiksel model geliştirilmiştir. Geliştirilen model, karınca kolonisi yöntemiyle literatürden alınan veri setleri değiştirilerek çözümlenmiştir.

Utama vd. (2020); yakıt tüketimini, karbon emisyonunu ve aracın kullanım maliyetini en küçüklemeyi amaçlayan bir matematiksel model ortaya koyarak bu modele, hibrit bir meta sezgisel algoritma ile çözüm aramıştır. Hibrit kelebek optimizasyon algoritması, tabu arama algoritması ve yerel arama algoritmasını beraber kullanarak en iyi çözümün daha iyi araştırılması amaçlanmıştır. Geliştirilen hibrit kelebek algoritmasıyla, diğer algoritmalara göre (benzetimli tavlama algoritması, tabu arama algoritması, karınca kolonisi algoritması, sürü algoritması, genetik algoritması) ortalama olarak % 27,33 oranında daha iyi sonuç elde edilmiştir. Geliştirilen algoritma, MATLAB yazılımında kodlanmıştır.

Zhang vd. (2020), alternatif yakıt kullanan araçlar için çok depolu yeşil ARP'yi incelemiştir. Çalışmada Erdoğan ve Miller-Hooks (2012)'nin çalışmasındaki matematiksel model, çok depolu ARP'ye uyarlanmıştır. Literatürde alternatif yakıtlı araçlarda amaç fonksiyonu katedilen mesafenin en küçüklenmesi iken, kirlilik rotalama probleminde ise emisyonun en küçüklenmesidir. Problemi çözmek için iki aşamalı bir karınca kolonisi algoritması meta sezgiseli geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritmanın birinci aşaması, müşterilerin depolara atanmasını; ikinci aşama ise atanan müşterilere göre araçların rotalamasını içermektedir. Geliştirilen meta sezgiselin geçerliliği kanıtlamak için 77 tane test problemi geliştirilmiştir ve elde edilen çözümlerin, tatminkâr olduğu görülmüştür. Bu çalışmada çözüm için, C++ dilinde yazılım geliştirilmiştir.

Alinaghian vd. (2021), kullanılan araçların sabit maliyetlerini, sürücü maliyetlerini, yakıt maliyetlerini ve karbon emisyon maliyetlerini içeren toplam maliyeti en küçüklemeye çalışan matematiksel model geliştirmiştir. Bu matematiksel modelde; aracın taşıdığı yük, aracın hızı, yolun eğimi ve trafik yoğunluğu aracın yaydığı karbon emisyonunu etkilemektedir. Bu problemin zorluğu, NP-Zor olarak ifade edilmiş ve MATLAB dilinde kodlanılarak, uyarlanmış geniş komşuluk araması algoritması geliştirilmiştir. Başlangıç çözümü için probleme özgü en yakın komşuluk algoritması kullanılmıştır. Geliştirilen algoritmanın geçerliliğini test etmek için değişken komşuluk araması ve uyarlanmış geniş komşuluk araması algoritmaları ile çalışma için geliştirilen test problemleriyle karşılaştırılmıştır. Küçük problemler için GAMS çözücüsü ile kesin sonuç bulunurken, geliştirilen algoritma ile ortalama % 0,18 yakın sonuç bulunmuştur. Büyük problemler ise iki meta sezgisel algoritma ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçların, Friedman testi % 95 oranında geçerli olduğu görülmüştür. Önerilen model için geliştirilen algoritmanın kullanılmasıyla heterojen filo kullanımında maliyetlerde, % 23,01'lik iyileşme sağlanmıştır.

Dewi ve Utama (2021); yakıt maliyetini, emisyon maliyetini ve araç kullanım maliyetini içeren toplam maliyeti en küçüklemeye çalışan tek depolu yeşil ARP için çözüm geliştirmeye çalışmıştır. Problemin çözümü için balina optimizasyon algoritması, tabu arama algoritması ve yerel arama algoritmasını içeren hibrit meta sezgisel algoritma önerilmiştir. Geliştirilen hibrit algoritmanın yerel arama kısmında, ikili yer değiştirme ve tersine çevirme operatörleri kullanılmıştır. Önerilen algoritma, literatürdeki test problemleri ile benzetimli tavlama algoritması, tabu arama algoritması, karınca kolonisi algoritması, genetik algoritma, parçacık sürü algoritması, balina optimizasyon algoritması ile karşılaştırılmış ve diğer algoritmalara göre oldukça iyi sonuçlara ulaşılmıştır. Geliştirilen algoritma, MATLAB programlama dilinde kodlanmıştır.

Sadati ve Çatay (2021), çok depolu yeşil ARP'yi değişken komşuluk arama ve tabu arama algoritmaları içeren hibrit bir algoritma ile çözmüştür. Çalışmada, alternatif yakıt kullanan araçların müşterilere hizmet verirken katettiği yol, yakıt tank seviyesi dikkate alınarak en küçüklemeye çalışılmaktadır. Yazar tarafından tabu arama algoritmasının kullanmasının sebebi, yerel optimumda takılmasını engellemektir. Tabu arama algoritmasında; 2-opt, istasyon ekleme, istasyon kaldırma, istasyon değişimi operatörleri kullanılmıştır. Yeni bir problem olması sebebiyle, Erdoğan ve Miller-Hooks (2012) çalışmasındaki veri setleri temel alınarak 40 tane küçük ve 12 tane büyük veri seti

geliştirilmiştir. Bu veri setlerinin önce, CPLEX çözücüsünde tam çözümü bulunmuş, sonra C# programlama dilinde yazılan algoritma ile çözülmüştür. Küçük veri setlerinde algoritma, tüm örneklerde tam sonuç bulmuştur; büyük veri setlerinde ise % 0,21'lik fark ile oldukça iyi sonuç elde edilmiştir. Çalışmada, 2-opt dışında geliştirdiği operatörlerin özgün olduğu belirtilmiştir. Sonuçların analiz kısmında yapılan değerlendirmede, depo sayısının artırılmasında kat edilen mesafe ve filo büyüklüğü azalırken, servis seviyesi değişmemiştir. İleriki çalışmalarda, heterojen araç filoları için çalışmalar yapılabileceğini belirtilmiştir.

Konstantakopoulos vd. (2021), Yunanistan'da dağıtım yapan işletmelerin iş birliğine dayanan ARP'yi ele almıştır. Bu çalışmada; heterojen araçların, zaman penceresinin, eş zamanlı toplamanın ve dağıtımın olduğu bir matematiksel model önerilmiştir. Önerilen bu model, Python dilinde kodlanan bir sezgisel algoritma ile çözümlenmiştir. Geliştirilen sezgisel algoritmaya önce Solomon (1987) tarafından geliştirilen zamana bağlı en yakın komşuluk algoritması ile başlangıç çözüm bulunmuştur. Başlangıç çözümü bulduktan sonra; araya ekleme, k-opt ve ikili yer değiştirme operatörlerinin 300 saniye boyunca belli bir sıra ile arama uzayında en iyi çözüm aranmıştır. Çalışmada, işletmelerin ayrı ayrı ve iş birliği içinde dağıtım yaptığı iki senaryo üzerinde durulmuştur. Buna göre ikinci senaryoda, birinci senaryoya göre maliyetlerde % 12 ve CO₂ emisyonunda ise % 9'luk bir iyileşme sağlanmıştır.

Olgun vd. (2021), amaç fonksiyonunda yakıt tüketim maliyetini en küçükmeye çalışan eş zamanlı topla dağıt ARP'yi ele almıştır. Yazar tarafından önce, Xiao vd. (2012) tarafından geliştirilen yakıt tüketim fonksiyonu, eş zamanlı topla dağıt ARP'ye uyarlanmıştır. Geliştirilen fonksiyon, matematiksel modele ilave edilerek yeni bir tam sayılı matematiksel model önerilmiştir. Bu modelin çözümü için iteratif yerel arama ve değişken komşu iniş tabanlı bir hipersezgisel algoritması geliştirilmiştir. Bu algoritmada; başlangıç çözümü en yakın komşuluk algoritması, sarsıntı ile yerel arama aşamasında daha iyi çözümler bulabilmek için rota içi ve rota dışı operatörler kullanılmıştır. Geliştirilen algoritmanın geçerliliğini sınamak için literatürdeki 43 tane test problemi çalıştırılmıştır. Geliştirilen bu algoritma ile oldukça rekabetçi sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada, C++ dilinde geliştirilmiş yazılım kullanılmıştır.

Şahin vd. (2021), heterojen filolu yeşil ARP'yi incelemiştir. Çalışmada, heterojen filoların faaliyetleri sırasında yaydığı karbon emisyonunun en küçükleme amaçlanmaktadır. Bu sebeple; yolu, toplam mesafeyi ve karbon emisyon değerini en küçükmeye çalışılan iki amaç fonksiyonu belirlenmiştir. Bu problemi çözebilmek için

Julia programlama dilinde benzetimli tavlama algoritması geliştirilmiştir. Benzetimli tavlama algoritması; başlangıçta rastgele çözüm ile başlamakta, sonrasında komşuluk hareketlerinde ise ikili yer değiştirme, ters çevirme ve araya ekleme yöntemleri kullanılmaktadır. Bu problemi çözümü için 19 tane gerçek veri seti geliştirilmiştir. Algoritma, iki amaç fonksiyonuna göre çözümlenmiştir ve tüm sonuçlara göre toplam mesafede % 38,5 ve karbon emisyon salınımlarında % 86,7 oranında iyileşme sağlanmıştır.

Tükenmez ve Kaya (2021); sosyal, çevresel ve ekonomik hedefleri amaçlayan yeni birçok amaçlı matematiksel model sunmuştur. Sosyal olarak sürücülerin çalışma saatlerinin, çevresel olarak araçların yaydıkları emisyon miktarının ve ekonomik olarak da dağıtım maliyetlerinin en küçüklenmesi amaçlanmıştır. Bu modelin çözümü için ağırlıklı toplam metoduyla melezlenmiş ölçeklendirme yöntemi kullanılarak üç amaç fonksiyonu arasındaki ilişki düzenlenmiştir. Bu modelin çözümü için probleme özgü veri setleri üretilerek GAMS programının CPLEX çözücüsü kullanılmıştır. Küçük problemlerde çözüm kolaylıkla bulunurken, büyük problemlerde ise yeterli zamanda çözüm bulunamamaktadır.

Bruglieri vd. (2022), sınırlı kapasiteli alternatif yakıt istasyonlarını içeren yeşil ARP'yi incelemiştir. Literatürdeki alternatif yakıt istasyonlarının kapasitelerini ve aynı anda hizmet verebileceği araç sayısını sınırlayıp, bir alternatif yakıt ile çalışan aracın gidebileceği mesafeyi ve süreyi sınırlandırarak, toplam araçların gidebileceği mesafeyi en küçüklemesi amaçlanmıştır. Bu modelin çözümü için açgözlü rassallaştırılmış uyarlanabilir arama prosedürü algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen meta sezgisel algoritmanın test edilmesi için literatürdeki test problemlerinden yararlanılmış, büyük problemler için ise yeni bir test problemi geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma, % 83 oranında kısa zamanda optimal sonuca ulaşmış ve büyük örneklerde ise 1 dakikalık süre içinde çözüme ulaşmıştır.

Cömert vd. (2022), Marmara Bölgesi'ndeki bir dağıtım işletmesinin 20 haftalık verilerini ele alan homojen filolu tek depolu yeşil ARP için çözüm önerisi sunmuştur. Çalışmada, önce k-ortalamlar ve k-merkezi nesne kümeleme algoritmaları kullanılarak araçlara müşteriler atanmıştır. Müşteriler atandıktan sonra Hopfield tipi yapay sinir ağları ile TSP'ye göre rotalama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara Friedman testi kullanılarak çözüm modelinin geçerliliği değerlendirilmiştir. Geliştirilen algoritma, Python dilinde kodlanmıştır.

Erdođdu ve Karabulut (2022), çok amaçlı tek depolu ARP'yi ele almıştır. Çalışmada önerilen matematiksel modeldeki amaç, araçların tükettiği yakıt miktarını ve araçların seyahat mesafesini en küçükleme olup iki amacın, belirli zamanlarda birbirleriyle çeliştiği ifade edilmiştir. Bu problemin çözümü için hibrit uyarlanmış geniş komşuluk arama algoritması geliştirilmiştir. Yerel arama kısmında, 2-opt ve literatürde bulunmayan daha hafif araçları boşaltmak ve müşterileri en iyi konumlarına taşımak için iki yeni sezgisel algoritma önerilmiştir. Literatürdeki test verileri kullanılarak algoritma, test edilmiş ve algoritmanın performansı değerlendirilmiştir. Çalışmada, C++ programlama dili kullanılmıştır.

Prakash ve Pushkar (2022) tarafından, zaman pencereli tek depolu yeşil ARP ele alınmıştır. Önerilen problemde araçlar, homojen ve alternatif yakıt tüketebilmekte ve seyahat sırasında alternatif yakıt istasyonlarına uğrayabilmektedirler. Bu problemin çözümü için MATLAB programlama dili kullanılarak değişken komşuluk araması, karınca kolonisi algoritması, tabu araması algoritması, açgözlü rassallaştırılmış uyarlamalı arama sezgiseli algoritması geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, karınca kolonisi algoritması ve açgözlü rassallaştırılmış uyarlamalı arama sezgiseli algoritması, diğer iki algoritmaya göre daha iyi sonuç vermiştir.

Yao vd. (2022) çalışmasında, taze tarım ürünlerinin müşterilere zamanında teslimatı için yeşil ARP'yi ele almıştır. Problemde araçların sabit maliyetleri, yakıt tüketim maliyeti, tarım ürünlerinin soğutma maliyetleri, tarım ürünlerinin bozulma maliyetleri ve müşteriye zamanında teslimat yapılmaması durumundaki ceza maliyetlerinin toplamını en küçüklemeyi amaçlayan matematiksel model geliştirilmiştir. Bu modelde geliştirilmiş sezgisel faktör, karınca durum geçiş stratejisi ve feromon güncelleme mekanizmasını içeren ilerletilmiş karınca kolonisi algoritması önerilmiştir. Geliştirilen algoritma, literatürdeki R108 problemine uygun şekilde uyarlanarak karınca kolonisi algoritması ve A* algoritması ile karşılaştırılmıştır. Geliştirilen meta sezgisel algoritma, tazelik kısıtlaması % 90 olduğunda toplam maliyeti karınca kolonisi yöntemine göre % 8,3 ve A* algoritmasına göre % 21,2 oranında iyileşme sağlamıştır.

Kabadurmuş ve Erdoğan (2023), çok amaçlı zaman pencereli yeşil ARP'yi ele almıştır. Çalışmada araçların yaydığı toplam emisyon ile müşterilere verilen hizmet seviyesini ölçmek için Erdoğan ve Miller-Hooks (2012)'nin matematiksel modelini temel alarak yeni bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Problemde homojen alternatif yakıt kullanan araç filosu, müşterilerine hizmet verdiği sürece alternatif yakıt istasyonlarından yakıt alabilmektedir. Problemde, araçların müşterilere hizmet verdiği süre içinde yaydığı

emisyona miktarını en küçüklemek ve diğere müşterilere yapılan ziyaret sırasında oluşan zaman penceresi ihlallerinin en küçüklenmesi olmak üzere iki tane zıt amaç vardır. Bu iki zıt amacı çözmek için k-ortalamlar kümeleme yöntemiyle kümelendiğı, sonra ϵ -kısıtı yöntemiyle çözüldüğü sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmayı test etmek için 7 tane varsayımsal test problemi geliştirilmiştir. Algoritmanın çalıştırılması sonucu, çelişen iki farklı amaca rağmen iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Amiri vd. (2023), dizel ve elektrikli kamyonlardan oluşan karma bir filo ile iki amaçlı bir yeşil ARP'yi ele almıştır. Problemin toplam taşıma maliyetini ve araçların yaydığı toplam emisyonu minimize etmeyi amaçlayan iki amaç fonksiyonuna sahip matematiksel bir model önerilmiştir. Önerilen matematiksel modelin çözümü için adaptif geniş komşuluk arama algoritması ile tabu arama algoritmasını ve adaptif geniş komşuluk arama algoritması ile benzetimli tavlama algoritmasını birleştiren iki hibrit algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen bu hibrit algoritmalar, Toronto'da faaliyet gösteren bir işletme üzerinde uygulanmıştır. Çalışma için C++ dilinde geliştirilmiş yazılım kullanılmıştır.

Kayij vd. (2023), iki amaçlı yeşil ARP'yi ele almış olup araçların kat ettiği yolun ve çevreye yaydığı emisyonun en aza indirgenmesinin hedeflendiğı bir matematiksel model geliştirmiştir. Bu matematiksel modelin çözümü için önce k-ortalama algoritması ile kümeleme yapılmış, sonra karınca kolonisi algoritmasını temel alan BicriterionAntAPE algoritması ile rotalama yapılmıştır. Çözüm için geliştirilen algoritma, gerçek vaka ve test problemleri ile çözülmüştür. Bu yöntem ile elde edilen sonuçlar, üç algoritma (BCAnt, NSGAI, SPEA2) ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, araçların toplam seyahat edilen mesafeyi minimize eden rotaların, CO₂ kirliliğini minimize eden rotalardan farklı olduğunu göstermektedir. Bu durum, iki amaç fonksiyonunun birbiriyle çeliştiğini açıkça ortaya koymaktadır. Geliştirilen algoritma sayesinde, ortalama olarak % 7,2'lik bir CO₂ salınım azaltımı sağlanmıştır. Algoritma, MATLAB dilinde kodlanmıştır.

Tiwari ve Sharma (2023), bozulabilen ürünlerin dağıtımını kapsayan toplam maliyeti en aza indirmeye çalışılan bir matematiksel model geliştirmiştir. Geliştirilen matematiksel modele; aç gözlü algoritma, rota içi yerel arama algoritması, rotalar arası yerel arama algoritması ve tabu arama algoritması kullanılarak çözüm aranmıştır. Bu dört algoritma arasından en iyi sonucu veren algoritmanın, tabu arama algoritması olduğu belirlenmiştir. Rotalar arası yerel arama algoritması ile, rota içi yerel arama algoritmasına göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Aç gözlü algoritmanın sonuçlarının ise en kötü sonuçlar olduğu tespit edilmiştir. Ancak programın çalışma süresi bakımından en kısa

sürede sonuca ulaşabilen algoritma aç gözlü algoritma iken, en uzun sürede ulaşan algoritma tabu arama algoritmasıdır. Bu algoritmalar, Java programla dili kullanılarak kodlanmıştır.

Literatürde taranan çalışmalara ait bilgiler, Tablo 1’de özetlenmektedir. Tabloda; çalışmalara ilişkin yazar (yıl) bilgisi, kullanılan matematiksel modelin amacı ve amaç sayısı, matematiksel modeldeki depo sayısı, matematiksel modeli çözmek kullanılan yöntem(ler), problemin veri anlamında yapısı (gerçek vaka/veri seti), kullanılan filonun türü (homojen/heterojen) gibi temel bilgiler verilmiştir.

Tablo 1. Yeşil ARP için Literatür Taramasının Özeti

Yazar (Yıl)	Matematiksel Modelin Amaç(ları)	Depo Sayısı		Çözüm Yöntemi				Uygulama		Filo Tipi	
		Tek	Çok	Kesin Çözüm	Sezgisel Yöntem	Meta Sezgisel Yöntem	Hibrit Yöntem	Gerçek Hayat	Veri Seti	Homojen	Heterojen
Apaydın ve Gönüllü (2008)	Karbon Emisyonu	X			X			X		X	
Figliozzi (2010)	Toplam Maliyet	X							X	X	
Bektaş ve Laporte (2011)	Toplam Maliyet	X		X				X		X	
Kuo ve Wang (2011)	Yakıt Tüketimi	X				X			X	X	
Jaramillo (2011)	Mesafe	X		X	X				X	X	
Ubeda vd. (2011)	Mesafe Karbon Emisyonu	X			X			X		X	
Demir vd. (2012)	Toplam Maliyet	X				X			X	X	
Erdoğan ve Miller-Hooks (2012)	Mesafe	X		X	X			X	X	X	
Huang vd. (2012)	Toplam Maliyet	X		X				X		X	
Jemai vd. (2012)	Mesafe Karbon Emisyonu	X				X			X	X	
Xiao vd. (2012)	Toplam Maliyet	X				X			X	X	
Franceschetti vd. (2013)	Toplam Maliyet	X		X	X				X	X	
Kopfer ve Kopfer (2013)	Yakıt Tüketimi	X		X				X			X
Adiba vd. (2014)	Karbon Emisyonu	X				X			X	X	
Ayadi vd. (2014)	Fazla Mesai Karbon Salınımı	X					X		X	X	
El Bouzekri El Idrissi ve Elhilali Alaoui (2014)	Karbon Emisyonu Mesafe	X				X			X	X	
Felipe vd. (2014)	Toplam Maliyet	X		X		X			X	X	
Moutaoukil vd. (2014)	Toplam Maliyet Karbon Emisyonu Araca İzin Verilen Yük Miktarı	X		X				X			X
Salimifard ve Raeesi (2014)	Karbon Emisyonu	X		X				X		X	
Tajik vd. (2014)	Toplam Maliyet	X		X					X	X	

Tablo 1. Yeşil ARP için Literatür Taramasının Özeti (*devam*)

Yazar (Yıl)	Matematiksel Modelin Amaç(ları)	Depo Sayısı		Çözüm Yöntemi				Uygulama		Filo Tipi	
		Tek	Çok	Kesin Çözüm	Sezgisel Yöntem	Meta Sezgisel Yöntem	Hibrit Yöntem	Gerçek Hayat	Veri Seti	Homojen	Heterojen
Alinaghian vd. (2015)	Toplam Maliyet	X		X	X	X			X	X	
Çınar vd. (2015)	Yakıt Tüketimi	X		X		X			X	X	
Jabir vd. (2015)	Tedarik Zinciri Maliyeti Karbon Emisyonu		X				X		X	X	
Küçükkoğlu vd. (2015)	Toplam Maliyet	X				X			X	X	
Suzuki ve Kabir (2015)	Yakıt Tüketimi	X			X				X	X	
Xiao ve Konak (2015)	Karbon Emisyonu Mesafe Toplam Seyahat Süresini	X				X			X	X	
Afshar-Bakeshloo vd. (2016)	Toplam Maliyet Müşteri Memnuniyeti	X		X					X		X
Bruglieri vd. (2016)	Mesafe	X		X					X	X	
Ene vd. (2016)	Yakıt Tüketimi	X					X		X		X
Lin vd. (2016)	Toplam Maliyet	X		X				X			X
Montoya vd. (2016)	Mesafe	X			X				X	X	
Teng ve Zhang (2016)	Yakıt Tüketimi	X		X		X			X	X	
Dabia vd. (2017)	Mesafe	X		X					X	X	
Mancini (2017)	Mesafe	X		X		X			X	X	
Patogh vd. (2017)	Toplam Maliyet	X		X		X			X	X	
Saka vd. (2017)	Toplam Maliyet	X			X				X		X
Sawik vd. (2017)	Mesafe	X		X				X		X	
Tunga vd. (2017)	Enerji Tüketimi Rota Dengelenmesi	X				X			X	X	

Tablo 1. Yeşil ARP için Literatür Taramasının Özeti (*devam*)

Yazar (Yıl)	Matematiksel Modelin Amaç(ları)	Depo Sayısı		Çözüm Yöntemi				Uygulama		Filo Tipi	
		Tek	Çok	Kesin Çözüm	Sezgisel Yöntem	Meta Sezgisel Yöntem	Hibrit Yöntem	Gerçek Hayat	Veri Seti	Homojen	Heterojen
Yavuz (2017)	Mesafe	X		X		X			X	X	
Yu vd. (2017)	Toplam Maliyet	X				X			X	X	
Affi vd. (2018)	Mesafe	X				X			X		
da Costa vd. (2018)	Karbon Emisyon	X				X		X	X	X	
Eshtehadi vd. (2018)	Toplam Maliyet	X				X			X	X	
Kancharla ve Ramadurai (2018)	Yakıt Tüketimi		X	X					X		X
Liu vd. (2018)	Toplam Maliyet	X					X		X	X	
Macrina ve Guerriero (2018)	Toplam Maliyet	X		X					X		X
Madankumar ve Rajendran (2018)	Toplam Maliyeti	X		X					X	X	
Nath vd. (2018)	Yakıt Tüketimi Mesafe	X				X			X	X	
Niu vd. (2018)	Toplam Maliyet	X				X			X	X	
Poonthalir ve Nadarajan (2018)	Rota Maliyeti Yakıt Tüketimi	X				X			X	X	
Wu vd. (2018)	Karbon Emisyonu Mesafe	X				X			X	X	
Zhang vd. (2018)	Mesafe	X		X	X	X			X	X	
Abdoli vd. (2019)	Mesafe	X		X					X	X	
Bruglieri vd. (2019)	Mesafe	X		X					X	X	
Kabadurmuş vd. (2019)	Seyahat Süresi Karbon Emisyonu	X		X				X		X	
Karagül vd. (2019)	Karbon Emisyonu	X				X			X	X	

Tablo 1. Yeşil ARP için Literatür Taramasının Özeti (*devam*)

Yazar (Yıl)	Matematiksel Modelin Amaç(ları)	Depo Sayısı		Çözüm Yöntemi				Uygulama		Filo Tipi	
		Tek	Çok	Kesin Çözüm	Sezgisel Yöntem	Meta Sezgisel Yöntem	Hibrit Yöntem	Gerçek Hayat	Veri Seti	Homojen	Heterojen
Kırcı (2019)	Karbon Emisyon	X				X		X		X	
Li vd. (2019)	Elde Edilen Gelir Toplam Maliyet Seyahat Süresi Karbon Emisyonu		X	X		X			X	X	
Macrina vd. (2019)	Toplam Maliyet	X		X			X		X		X
Normasari vd. (2019)	Mesafe	X				X			X	X	
Peng vd. (2019)	Seyahat Süresi	X				X			X	X	
Qin vd. (2019)	Toplam Maliyet	X				X			X	X	
Tan vd.(2019)	Toplam Maliyet	X					X	X	X	X	
Yu vd. (2019)	Toplam Maliyet	X				X			X		X
Zhu ve Hu (2019)	Toplam Maliyet	X		X			X		X	X	
Ren vd. (2020)	Karbon Emisyonu Toplam Gecikme Süresi	X				X			X	X	
Qiu vd. (2020)	Toplam Maliyet	X		X		X			X	X	
Su ve Fan (2020)	Toplam Maliyet	X				X			X	X	
Utama vd. (2020)	Toplam Maliyet	X					X		X	X	
Xiao vd. (2020)	Toplam Maliyet	X		X					X	X	
Yu vd. (2020)	Karbon Salınımı	X				X			X	X	
Zhang vd. (2020)	Karbon Emisyon		X	X		X			X	X	
Abdullahi vd. (2021)	Yakıt Tüketimi Karbon Emisyonu Kaza Riski Maliyeti	X					X		X	X	
Alinaghian vd. (2021)	Toplam Maliyet		X	X			X		X		X

Tablo 1. Yeşil ARP için Literatür Taramasının Özeti (*devam*)

Yazar (Yıl)	Matematiksel Modelin Amaç(ları)	Depo Sayısı		Çözüm Yöntemi				Uygulama		Filo Tipi	
		Tek	Çok	Kesin Çözüm	Sezgisel Yöntem	Meta Sezgisel Yöntem	Hibrit Yöntem	Gerçek Hayat	Veri Seti	Homojen	Heterojen
Dewi ve Utama (2021)	Toplam Maliyet	X					X		X	X	
Ferreira vd. (2021)	Karbon Emisyonu	X		X					X	X	
Ferreira ve Steiner (2021)	Karbon Salınımı Talep Farklılığı	X					X	X	X	X	
Konstantakopoulos vd. (2021)	Toplam Maliyet		X		X			X			X
Olgun vd. (2021)	Yakıt Tüketimi	X		X		X			X	X	
Ren vd. (2021)	Karbon Emisyonu Toplam Gecikme Zamanı	X				X			X	X	
Sadati ve Çatay (2021)	Mesafe		X	X			X		X	X	
Şahin vd. (2021)	Karbon Emisyon	X				X		X		X	
Tükenmez ve Kaya (2021)	Sürücülerin Çalışma Saatlerini Karbon Emisyon Dağıtım Maliyetleri	X		X					X	X	
Bruglieri vd (2022)	Mesafe	X							X	X	
Cantão vd. (2022)	Mesafe	X		X				X		X	
Chen vd. (2022)	Toplam Maliyet	X					X	X		X	
Cömert vd. (2022)	Karbon Emisyon	X					X	X		X	
Dutta vd. (2022)	Mesafe Karbon Salınımı	X				X			X	X	
Erdoğan ve Karabulut (2022)	Yakıt Tüketimi Mesafe	X							X	X	
Froger vd. (2022)	Toplam Süre	X		X		X			X	X	
Liu vd. (2022)	Toplam Maliyet	X		X		X	X		X	X	
Pu vd. (2022)	Toplam Lojistik Maliyetleri Mesafe		X			X			X	X	
Prakash ve Pushkar (2022)	Mesafe	X				X			X	X	

Tablo 1. Yeşil ARP için Literatür Taramasının Özeti (*devam*)

Yazar (Yıl)	Matematiksel Modelin Amaç(ları)	Depo Sayısı		Çözüm Yöntemi				Uygulama		Filo Tipi	
		Tek	Çok	Kesin Çözüm	Sezgisel Yöntem	Meta Sezgisel Yöntem	Hibrit Yöntem	Gerçek Hayat	Veri Seti	Homojen	Heterojen
Utama vd. (2022)	Toplam Maliyet	X				X		X		X	
Wang vd. (2022a)	Karbon Emisyonu		X	X					X	X	
Wang vd. (2022b)	Toplam Maliyet	X				X			X		X
Yao vd. (2022)	Toplam Maliyet	X				X			X	X	
Kabadurmuş ve Erdoğan (2023)	Karbon Emisyonu Zaman Penceresi İhlallerinin Toplamı	X		X				X		X	
Amiri vd. (2023)	Toplam Maliyet Karbon Emisyonu	X		X			X	X	X		X
Tiwari ve Sharma (2023)	Toplam Maliyet	X			X	X		X		X	
Kayij vd. (2023)	Mesafe Karbon Emisyonu	X					X	X	X		X

Günümüzde, "yeşil ARP" ve/veya "yeşil lojistik", oldukça ilgi gören bir konu haline gelmiştir (Koç ve Özceylan, 2018: 1042). Bu artan ilgi nedeniyle, yakın dönemde çeşitli literatür tarama çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda genellikle problem türlerine, problemin çözüm yöntemlerine ve geleceğe dair önerilere odaklanılmıştır.

Lin vd. (2014), 280'e yakın çalışma incelemiştir. Yapılan çalışmada enerji tüketimi, araçların yaydığı CO₂ emisyonlar ve tersine lojistikle ilgili çalışmalar gözden geçirilmiştir. Çalışmada yeşil ARP'yi; yeşil ARP, kirlilik rotalama problemi, tersine lojistik ARP olmak üzere üçe ayrılmıştır. Yeşil ARP sınıflandırılmış ve geleceğe yönelik öneriler sunulmuştur.

Asghari ve Al-e-hashem (2021), 2000 ile 2020 yılları arasında 313 çalışma incelemiş ve yeşil ARP'nin literatürü ve sınıflandırması hakkında güncel bilgiler sunulmasını amaçlamıştır. Çalışmada içten yanmalı motora sahip, alternatif yakıtlı ve hibrit elektrikli araçlar incelenmiştir.

Moghdani vd. (2021), 2006 ile 2019 yılları arasında 309 çalışmayı incelemiştir. Çalışmada tek amaçlı, iki amaçlı ve çok amaçlı problemler detaylıca incelenerek okuyucuya sunulmuştur. Yeşil araç rotalamaya ilişkin literatür, sekiz farklı kategoriye ayrılmış ve gelecekteki çalışmaların belirsizlik ve sürdürülebilirlik alanlarında olması gerektiği ifade edilmiştir. Gelecek çalışmalarda, yeni meta sezgisel ve hibrit algoritmaların kullanılması önerilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

ÇDEZTDYARP'NİN ÇÖZÜMÜNE

İLİŞKİN BİR HİBRİT META SEZGİSEL

ALGORİTMA ÖNERİSİ

Bu tez çalışması kapsamında ele alınan problem, bir yeşil ARP'dir. Yeşil ARP; işletmenin dağıtım faaliyetlerini sürdürürken, faaliyetlerin ekonomik olmasını ve doğaya da az zarar vermesini göz önünde bulundurur. Yeşil ARP, dünyamızın giderek daha kirlendiği bir süreçte işletmelerin önemli lojistik süreçlerinden biri olan dağıtım operasyonlarının çevreye daha duyarlı şekilde yapılması sebebiyle önem kazanmıştır. Literatürde yeşil ARP'yi çözmek için kesin çözüm, sezgisel algoritmalar ve meta sezgisel algoritmalar olmak üzere üç yöntem vardır (Asghari ve Al-e-hashem, 2021: 3). Yeşil ARP'nin, NP-Zor olduğu tespit edilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında, işletmeden alınan gerçek veriler ile küçük boyuttaki problemlerin bile GAMS yazılımı kullanılarak kesin yöntem ile çözülmesi işlemcinin çok fazla zamanını almaktadır. Bu sebeple büyük boyuttaki problemlerin kabul edilebilir sürede çözümü için hibrit bir meta sezgisel algoritma önerilmiştir. Bu bölümde tez çalışması için geliştirilen matematiksel model ve problemin etkili bir şekilde çözülmesi için önerilen hibrit meta sezgisel algoritmanın temel aşamaları detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Ayrıca hibrit meta sezgisel algoritmayı oluşturan yöntemlerin açıklamaları da bu bölümde verilmiştir.

2.1. ÇDEZTDYARP için Geliştirilen Matematiksel Model

Bu çalışmada, bir işletmenin dağıtım ağını modelleyen bir matematiksel modelin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu anlamda geliştirilen matematiksel model, ÇDEZTDYARP çözümüne uygundur. Geliştirilen matematiksel model yardımıyla, depolar ile müşteriler arasındaki en uygun dağıtım stratejisi ve optimal rotalar belirlenmektedir.

2.1.1 Matematiksel Modelin Formülasyonu

Bu tez çalışmasında, gerçek hayata ilişkin bir problem ele alınmıştır. Bu doğrultuda, işletmenin problemine uygun matematiksel model geliştirilmiştir. Geliştirilen matematiksel modelin çözümüne ilişkin varsayımlar şu şekildedir:

- Müşterilerin tüm taleplerine hizmet verilmesi gerekmektedir.
- Araçlar, heterojendir ve araçların taşıma kapasiteleri farklıdır.
- Araçların ortalama hızları birbirinden farklıdır.
- Araçların kullandığı yakıtların türleri, birbirinden farklıdır.
- Araçların yakıt tüketim oranları, birbirinden farklıdır.
- Depoların belirli arz kapasiteleri vardır ve bu kapasitenin aşılmaması gerekmektedir.
- Araçlar rotalarına, aynı depodan başlarlar ve dağıtım sonrasında tekrar aynı depoya dönerler.
- Taşımayı gerçekleştirecek araçlar, depolarda hazır olarak beklemektedir.
- Müşteri konumları, müşteriler arasındaki mesafeler ve müşterilerin toplama ve dağıtım talep miktarları önceden bilinir ve bu miktarlar sabittir.
- Müşteriler, dağıtımın ve talebin kesinlikle tek bir ziyarette yerine getirilmesini istemektedirler. Yani, dağıtım ve toplama talepleri bölünemez.
- Üçgen eşitsizliği kuralı sağlanmaktadır.
- Aynı taşıma talebine ait toplama ve dağıtım noktalarına, aynı araç uğramalıdır.
- Her deponun kendisine ait araç/araçları vardır. Her depo, sadece kendine ait araç/araçları kullanabilmektedir. Bu durum bu çalışmayı, diğer çalışmalardan ayıran varsayımlardan biridir.
- Olumsuz trafik durumu, yol koşulları, araç arızası ve sürücüden kaynaklanabilecek durumların vb. olmadığı varsayılmaktadır.

Matematiksel modelin yapısı, Ubeda vd. (2011) ve Xiao vd. (2012) çalışmalarından uyarlanarak oluşturulmuş başka bir deyişle ilgili çalışmaların matematiksel modeline ÇDEZTDYARP'e uygun amaç fonksiyonu, karar değişkenleri, kısıtlar eklenerek Eşitlik (2.1)-(2.24)'te verilen matematiksel model formülasyonu oluşturulmuştur. Bu matematiksel model; araçlar, depolar ve müşteriler olmak üzere üç unsurdan oluşmaktadır. Her müşteride toplama ve dağıtım işlemleri, eş zamanlı olarak yapılabilmektedir. Depolar ve müşterilerin her birisi, nokta olarak ifade edilmektedir. ÇDEZTDYARP, $G=(N,A)$ çizgesi üzerinde tanımlanır. Depo sayısı m , müşteri sayısı n ve araç sayısı q olarak ifade edilir. Toplam noktaların sayısı $N=\{1, 2, \dots, n, n+1,$

$n+2, \dots, n+m\}$, toplam müşteriler kümesi $N_c = \{1, 2, \dots, n\}$, toplam depolar kümesi $N_d = \{n+1, n+2, \dots, n+m\}$, toplam araçlar kümesi $V = \{1, 2, \dots, q\}$ ve A 'da bağlantı kümesidir. Bu tez çalışmasında kullanılan indisler, parametreler ve karar değişkenleri şu şekildedir:

İndisler

N	Tüm noktaların kümesi
N_d	Tüm depoların kümesi
N_c	Tüm müşterilerin kümesi
V	Tüm araçların kümesi
V_{N_d}	N_d depoya atanacak araçların kümesi
i, j, h	Noktalarda kullanılacak indikatörler
k	Araçlarda kullanılacak indikatör

Parametreler

C_{ij}	i ile j noktaları arasındaki mesafe	$(i, j \in N)$
d_i	i . müşterinin dağıtım talebi	$(i \in N_c)$
p_i	i . müşterinin toplama talebi	$(i \in N_c)$
Q_k	k . aracın kapasitesi	$(k \in V)$
S_i	i . müşteri için servis zamanı	$(i \in N_c)$
$DepoKap_i$	i . deponun arz kapasitesi	$(i \in N_d)$
$AkarFiyat_k$	k . aracın kullandığı yakıtın birim maliyeti	$(k \in V)$
$AkarOran_k$	k . aracın harcadığı birim mesafede ortalama yakıt	$(k \in V)$
$hız_k$	k . aracın trafik kurallarına göre ortalama hızı	$(k \in V)$
$DeğişkenMal_k$	k . aracına göre değişken maliyet	$(k \in V)$

Skalar İfadeler

N	Tüm noktaların sayısı
$AracSay$	İlgili depoya atanan araç sayısı

Karar Değişkenleri

X_{ijk}	i . noktadan j . noktaya k . araç ile gidiliyorsa 1, yoksa 0
y_{ij}	i . noktadan j . noktaya gelene kadar toplanan kümülatif yük miktarı

z_{ij}	i . noktadan j . noktaya gelene kadar dağıtılan kümülatif yük miktarı
$TurZaman_k$	k . aracın tur zamanı
u_i	Alt turları engelleyen karar değişkeni

Amaç Fonksiyonu

$$Z_{min} = Z_1 + Z_2 \quad (2.1)$$

$$Z_1 = \sum_{k=1}^V \sum_{j=1}^N \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N AkarFiyat_k * AkarOran_k * C_{ij} * X_{ijk} \quad (2.2)$$

$$Z_2 = \sum_{k=1}^V TurZaman_k * DeğişkenMal_k \quad (2.3)$$

Kısıtlar

$$\sum_{k=1}^V \sum_{i=1}^N X_{ijk} = 1 \quad \forall j \in N_c \quad (2.4)$$

$$\sum_{k=1}^V \sum_{j=1}^N X_{ijk} = 1 \quad \forall i \in N_c \quad (2.5)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{ihk} - \sum_{j=1}^N X_{hjk} = 0 \quad \forall h \in N, \forall k \in V \quad (2.6)$$

$$\sum_{i=1}^{N_d} \sum_{j=1}^{N_c} X_{ijk} \leq 1 \quad \forall k \in V \quad (2.7)$$

$$\sum_{j=1}^{N_d} \sum_{i=1}^{N_c} X_{ijk} \leq 1 \quad \forall k \in V \quad (2.8)$$

$$X_{ijk} = 0 \quad \forall i, j \in N, \forall k \in V, i = j \quad (2.9)$$

$$X_{ijk} = 0 \quad \forall i, j \in N_d, \forall k \in V \quad (2.10)$$

$$u_i - u_j + N * X_{ijk} \leq N - 1 \quad \forall i, j \in N_c, \forall k \in V, i \neq j \quad (2.11)$$

$$\sum_{i=1}^{N_d} y_{ij} = 0 \quad \forall j \in N_c \quad (2.12)$$

$$\sum_{j=1}^{N_d} z_{ij} = 0 \quad \forall i \in N_c \quad (2.13)$$

$$\sum_{i=1}^N z_{ij} - \sum_{i=1}^N z_{ji} = d_j \quad \forall j \in N_c \quad (2.14)$$

$$\sum_{i=1}^N y_{ji} - \sum_{i=1}^N y_{ij} = p_j \quad \forall j \in N_c \quad (2.15)$$

$$y_{ij} + z_{ij} \leq \sum_{k=1}^V Q_k * X_{ijk} \quad \forall i, j \in N \quad (2.16)$$

$$TurZaman_k - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left(\frac{C_{ij}}{huz_k} + S_i \right) * X_{ijk} = 0 \quad \forall k \in V \quad (2.17)$$

$$\sum_{k=1}^V \sum_{j=1}^N Q_k * X_{ijk} \leq DepoKap_i \quad \forall i \in N_d \quad (2.18)$$

$$\sum_{k=1}^{V_{Nd}} \sum_{j=1}^N X_{ijk} = AracSay \quad \forall i \in N_d \quad (2.19)$$

$$X_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N, \forall k \in V \quad (2.20)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \in N \quad (2.21)$$

$$z_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \in N \quad (2.22)$$

$$u_i \geq 0 \quad \forall i \in N_c \quad (2.23)$$

$$TurZaman_k \geq 0 \quad \forall k \in V \quad (2.24)$$

Eşitlik (2.1)'de ifade edilen modelin amaç fonksiyonu, Eşitlik (2.2)'de verilen araçların tükettiği toplam yakıtın maliyetinin ve Eşitlik (2.3)'te verilen araçların değişken maliyetlerin toplamını en küçükmeye çalışmaktadır. Eşitlik (2.2), araçların kat ettiği mesafenin, araçların ortalama zamanda tükettiği ortalama yakıtın ve araçların kullandığı yakıtın birim maliyetinin çarpımıyla elde edilir. Eşitlik (2.3) ise, araçların müşterilere sunduğu hizmet süresinin değişken maliyeti ile çarpımıdır. Eşitlik (2.4) ve (2.5)'te yer alan kısıtlar, her noktaya bir defa gidilmesini sağlar. Eşitlik (2.6)'ya göre turun sürekliliği sağlanarak aynı araç ile müşteriye hizmet verilir. Bu eşitlikte kullanılan h indisi ile bir müşteriye gelen aracın aynı müşteriden ayrılması dolayısıyla matematiksel modelin devamlılığı sağlanmaktadır. Eşitlik (2.7) ile aracın depodan çıkışı garanti altına alınırken, Eşitlik (2.8), aracın yaptığı turun ardından tekrar depoya dönüşünü sağlayan kısıtı ifade eder. Eşitlik (2.9)'da yer alan kısıt, aracın aynı noktaya tekrar ziyaret etmesini engellemektedir. Eşitlik (2.10), aracın depolar arasındaki ziyaretin engellemeyi sağlayan kısıttır. Eşitlik (2.11)'de yer alan kısıt ile alt tur oluşması engellenmektedir. Eşitlik (2.12)'de yer alan kısıt, aracın topladığı yükün, tur başında 0 ; Eşitlik (2.13)'te yer alan kısıt ise aracın dağıttığı yükün, tur sonunda 0 olması gerektiğini ifade etmektedir. Eşitlik (2.14)'te yer alan kısıt; aracın dağıttığı yükün, araç rotası boyunca azalarak izlenmesini, Eşitlik (2.15)'te yer alan kısıt ise aracın topladığı yükün, araç rotası boyunca artarak izlenmesini sağlamaktadır. Eşitlik (2.16), rota içindeki herhangi bir müşteride aracın kapasitesinin aşılmamasını göstermektedir. Eşitlik (2.17)'de aracın tur zamanı hesaplanırken; Eşitlik (2.18), ilgili depoya hizmet eden aracın depo kapasitesini aşmamasını sağlamaktadır. Eşitlik (2.19), her bir depoya ait araçların, ilgili depoya atanmasını göstermektedir. Eşitlik (2.20), karar değişkeninin 0 veya 1 değerini alabilen ikili değişken olduğunu gösterir. Eşitlik (2.21), (2.22), (2.23) ve (2.24)'te ifade edilen kısıtlar sırasıyla; toplanan yük miktarının, dağıtılan yük miktarının, alt turları engelleme kısıtının ve tur zamanının 0 veya $0'$ dan büyük olduğunu ifade etmektedir.

2.1.2 Matematiksel Modelin Karmaşıklığının Hesaplanması

Çalışmanın bu bölümünde Elbasan (2015) ve Göçmen (2019)'in çalışmalarında da gerçekleştirdiği gibi matematiksel modeldeki değişken ve kısıt sayısını belirleyebilmek için ayrıntılı boyut analizi çalışması yapılmış ve matematiksel modelin

probleminin zorluk seviyesi belirlenmeye çalışılmıştır. Gerçek probleme uygun olabilmesi için yapılan analizde depo sayısı 2, müşteri sayısı n ve dağıtımda kullanılacak araç sayısı k adet olarak varsayılmıştır. Bu varsayım altında probleme ilişkin boyut analizi sonuçları, Şekil 5'te sunulmuştur.

Açıklama	Denklemler	Değişken Sayısı	Kısıt Sayısı
Amaç	$\sum_{k=1}^V \sum_{j=1}^N \sum_{i=1, i \neq j}^N AkarFiyat_k * AkarOran_k * C_{ij} * X_{ijk} + \sum_{k=1}^V TurZaman_k * DeğişkenMal_k$	$(n+2)^2 * k$	1
Kısıt 1	$\sum_{k=1}^V \sum_{i=1}^N X_{ijk} = 1 \quad \forall j \in N_c$	$(n+2) * n * k$	n
Kısıt 2	$\sum_{k=1}^V \sum_{j=1}^N X_{ijk} = 1 \quad \forall i \in N_c$	$(n+2) * n * k$	n
Kısıt 3	$\sum_{i=1}^N X_{ihk} - \sum_{j=1}^N X_{hjk} = 0 \quad \forall h \in N, \forall k \in V$	$2 * (n+2)^2 * k$	$(n+2) * k$
Kısıt 4	$\sum_{i=1}^{N_d} \sum_{j=1}^{N_c} X_{ijk} \leq 1 \quad \forall k \in V$	$2 * n * k$	k
Kısıt 5	$\sum_{j=1}^{N_d} \sum_{i=1}^{N_c} X_{ijk} \leq 1 \quad \forall k \in V$	$2 * n * k$	k
Kısıt 6	$X_{ijk} = 0 \quad \forall i, j \in N, \forall k \in V, i = j$	$(n+2)^2 * k$	$(n+2)^2 * k$
Kısıt 7	$X_{ijk} = 0 \quad \forall i, j \in N_d, \forall k \in V$	$4 * k$	$4 * k$
Kısıt 8	$u_i - u_j + N * X_{ijk} \leq N - 1 \quad \forall i, j \in N_c, \forall k \in V, i \neq j$	$n^2 * k$	$n^2 * k$
Kısıt 9	$\sum_{i=1}^{N_d} y_{ij} = 0 \quad \forall j \in N_c$	$2 * n$	n
Kısıt 10	$\sum_{j=1}^{N_d} z_{ij} = 0 \quad \forall i \in N_c$	$2 * n$	n
Kısıt 11	$\sum_{i=1}^N z_{ij} - \sum_{i=1}^N z_{ji} = d_j \quad \forall j \in N_c$	$2 * (n+2) * n$	n
Kısıt 12	$\sum_{i=1}^N y_{ji} - \sum_{i=1}^N y_{ij} = p_j \quad \forall j \in N_c$	$2 * (n+2) * n$	n
Kısıt 13	$y_{ij} + z_{ij} \leq \sum_{k=1}^V Q_k * X_{ijk} \quad \forall i, j \in N, \forall k \in V$	$(n+2)^2 * k$	$(n+2)^2$
Kısıt 14	$TurZaman_k - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left(\frac{C_{ij}}{hiz_k} + S_i \right) * X_{ijk} = 0 \quad \forall k \in V$	$(n+2)^2 * k$	k
Kısıt 15	$\sum_{k=1}^V \sum_{j=1}^N Q_k * X_{ijk} \leq DepoKap_i \quad \forall i \in N_d$	$2 * (n+2) * k$	2
Kısıt 16	$\sum_{k=1}^{VNd} \sum_{j=1}^N X_{ijk} = AracSay \quad \forall i \in N_d$	$2 * (n+2) * k$	2
Toplam Değişken Sayısı:		$7 * n^2 + 4 * n^2 + 28 * n * k + 12 * n + 28 * k$	
Toplam Kısıt Sayısı:		$2 * n^2 * k + n^2 + 5 * n * k + 10 * n + 16 * k + 8$	

Şekil 5. Matematiksel Modele Ait Boyut Analizi

Şekil 5'te detaylı bir şekilde gösterilen analiz, Bölüm 3.2 ve Bölüm 3.3'te açıklanan ve küçük ve büyük ölçekli olarak nitelendirilen iki problem için yapılmıştır. Bu iki problem için elde edilen boyut analizi sonuçları, Tablo 2'de sunulmuştur. Bu hesaplamalar sonucunda küçük problemin çözümüne ilişkin matematiksel model, 2734 adet kısıt gerektirirken; büyük model ise 387833 adet kısıt gerektirmektedir. Ayrıca küçük problemin matematiksel modelinde 9912 adet değişken olmasına karşın, büyük problemin matematiksel modelinde ise 1378750 adet değişken vardır.

Tablo 2. Küçük ve Büyük Probleme Ait Boyut Analizi

Problem Adı	Depo Sayısı	Müşteri Sayısı	Araç Sayısı	Toplam Değişken Sayısı	Toplam Kısıt Sayısı
Küçük Problem	2	14	5	9912	2734
Büyük Problem	2	101	18	1378750	387833

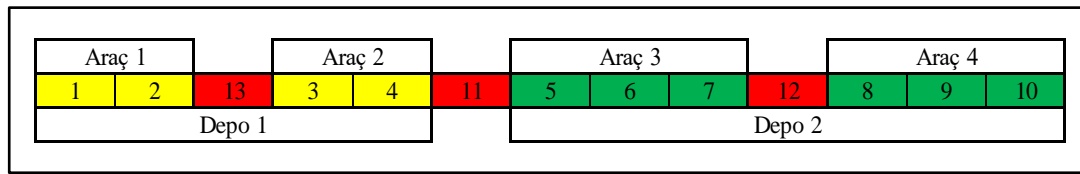
2.2. ÇDEZTDYARP için Önerilen Hibrit Algoritma

Meta sezgisel algoritmalar, bir problemi kısa sürede optimale yakın olarak çözebilmektedir. Meta sezgisel algoritmaların güçlü yönlerinin yanı sıra, zayıf yönleri de vardır. Bu nedenle, meta sezgisel algoritmaların güçlü yönlerini bir araya getiren hibrit algoritmalar geliştirilmiştir (Garip, 2018: 101).

Bu tez çalışmasında incelenen problem, çözüm uzayının büyüklüğü nedeniyle NP-Zor sınıfına ait bir karmaşıklık yapısına sahiptir. Bu problemin çözümü için en yakın komşuluk, tabu araması, benzetimli tavlama ve yerel arama algoritmalarını içeren hibrit algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma ile problemin çözümü için literatüre yeni bir hibrit algoritma sunulmaktadır. Önerilen hibrit algoritmada, Gajpal ve Abad (2009)'nin çalışmasındaki gibi başlangıç çözümü için en yakın komşuluk algoritması kullanılmıştır. Bu başlangıç algoritmasının kullanılmasının sebebi, kısa sürede problemin optimal çözümünü bulabilmek veya optimal çözüme yaklaşabilmektir. Önerilen hibrit algoritmanın temelinde, Osman ve Christofides (1994) ve Katsigiannis vd. (2012) çalışmalarındaki gibi tabu arama ve benzetimli tavlama algoritması kullanılmıştır. Bu algoritma ile yerel optimuma takılmalarının önleyerek, daha büyük arama uzayında uygun çözümün araştırılması amaçlanmıştır. Önerilen hibrit algoritmada belirli şartlara göre yerel arama yapılmıştır. Yerel arama ile çözüm alanını daha iyi araştırılarak daha iyi çözümler bulunması hedeflenmiştir. Önerilen hibrit algoritmaya ilişkin sözde kod, Ek 2'de gösterilmiştir.

Önerilen çözüm yaklaşımı, Eker (2020) ve Eker vd. (2022) çalışmalarından esinlenilerek geliştirilmiştir. Çözümün bir programlama dilinde kodlanabilmesi için önerilen hibrit algoritmada, literatürde sıkça kullanılan bir yöntem olan permütasyon kodlama kullanılmaktadır.

Permütasyon uzunluğu, L olarak ifade edilmekte ve $L = n + k - 1$ olarak gösterilmektedir. Burada n , müşteri sayısını, k ise araç sayısını ifade etmektedir. L , n 'den büyük olan sayılarla ayrılmaktadır. Şekil 6'da permütasyon kodlamaya ilişkin bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 6. Hibrit Algoritmanın Çözümünün Gösterilmesi

Şekil 6'da 13,11 ve 12 sayıları ayırıcıdır. Şekil 6 ile ifade edilen modelde Depo 1'e Araç 1 ve Araç 2 bağlıken Depo 2'ye Araç 3 ve Araç 4 bağlıdır. Araç 1'in rotası Müşteri 1-Müşteri 2, Araç 2'in rotası Müşteri 3-Müşteri 4, Araç 3'ün rotası Müşteri 5-Müşteri 6-Müşteri 7 iken Araç 4'ün rotası Müşteri 8-Müşteri 9-Müşteri 10'dur.

Önerilen hibrit algoritmanın Ek 2'de de görüldüğü gibi başlangıç çözümünün oluşturulması, ana döngü aşaması ve algoritmanın sonlandırılması olmak üzere üç tane temel aşaması vardır.

2.2.1. Başlangıç Çözümünün Oluşturulması

Başlangıç çözümünün oluşturulması, meta sezgisel algoritmalar açısından son derece önemlidir. İyi bir başlangıç çözümü, optimal çözüme ulaşma veya yaklaşma konusunda önemli bir rol oynar. Literatürde farklı yöntemlerle başlangıç çözümleri üretilebilir. Buna örnek olarak rastgele başlangıç yöntemi, Clarke-Wright kazanma algoritması yaklaşımı, süpürme algoritması, ağgözlü algoritma gibi yöntemler verilebilir (Öztaş, 2021: 29). En yakın komşuluk algoritması, başlangıç çözümü bulmak için sıklıkla kullanılan önemli bir algoritmadır (Alparslan, 2015: 32). Bu tez çalışmasında ise en yakın komşuluk algoritması (nearest neighbour algorithm) kullanılmaktadır. Önce depodan başlayarak, en yakın noktaya hareket edilir. Sonra yük kapasitesi aşılmadığı sürece en yakın noktaya hareket edilir yoksa depoya dönlür. Gajpal ve Abad (2009) çalışmasından

uyarlanarak önerilen en yakın komşuluk algoritmasına ilişkin sözde kod, Şekil 7’de gösterilmiştir.

```

Prosedür En Yakın Komşuluk Algoritması
  Model Verilerini Yükle
  K=Toplam Araç Sayısı
  GüncelYük=0
  Rota{K}=null
  for k=1:K
    Rota{k}(1)= k.Aracın Ait Olduğu Depoya En Yakın Komşu Müşteriyi Ata
    tekrar ET
    Rota{k}(i+1)= (i+1). Müşteriye En Yakın Komşu Müşteriyi Ata
    Eğer GüncelYÜK>Kapasite
      Rota{k}'dan i+1.Müşteri ÇIKAR
      Break
    Sonlandır
  durdurma koşulu sağlanıncaya Kadar
Sonlandır
  Çözümü VER
Sonlandır

```

Şekil 7. En Yakın Komşuluk Algoritmasına İlişkin Sözde Kod

2.2.2. Ana Döngü Aşaması

Bu tez çalışmasında kullanılan hibrit algoritmanın en önemli aşaması ana döngü aşamasıdır. Bu aşamada başlangıç çözümü, belirli kriterlere göre iterasyon sayısı artarak daha iyi hale getirilir. Ele alınan problemde arama uzayı oldukça büyüktür ve problem, karmaşık bir yapıda olup problemin çözümünde yerel optimumlara takılma gibi sorunlar bulunmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek, daha iyi sonuçlar elde etmek ve geliştirilen matematiksel modelin çözümü için tabu araması ve benzetimli tavlama algoritmalarının birlikte kullanıldığı hibrit bir algoritma geliştirilmiştir. Daha detaylı bir anlatım ile önerilen hibrit algoritmanın temel yapısı, tabu arama algoritmasını içermektedir. Tabu arama algoritması, yerel aramalar yoluyla yakınsama sağlayarak iyi çözümlere ulaşmayı hedefler. Ancak bu algoritma, yalnız başına yerel optimumlarda takılabilir ve global optimumdan uzaklaşabilir. Bu aşamada kullanılan benzetimli tavlama algoritması, global optimum çözümünü aramak için kullanılır ve algoritmanın daha geniş bir arama alanını keşfetmesini sağlar. Ayrıca, yoğunlaşma aşamasını gerçekleştirmek için yerel arama algoritması kullanılmıştır. Bu bölümde, kullanılan operatörlerle birlikte tabu arama, benzetimli tavlama ve yerel arama algoritması anlatılmıştır.

2.2.2.1. Tabu Arama Algoritması

Literatürde tabu search, yasaklı arama veya yasak arama algoritması olarak adı geçen tabu arama algoritması (tabu search algorithm), popülasyon tabanlı olmayan meta sezgisel bir algoritmadır. TDK sözlüğüne göre tabu kelimesi, kutsal sayılan insanlara, hayvanlara, nesnelere vb. dokunulmasını, bunların kullanılmasını yasaklayan, tersi yapıldığında zararı dokunacağı düşünülen inanç olarak tanımlanmaktadır (Türk Dil Kurumu, 2005: 1881). İlk defa Glover (1986) tarafından geliştirilmiş ve iş çizelgeleme problemi, TSP, ARP gibi kesikli problemlerde uygulanan bir meta sezgisel algoritmadır.

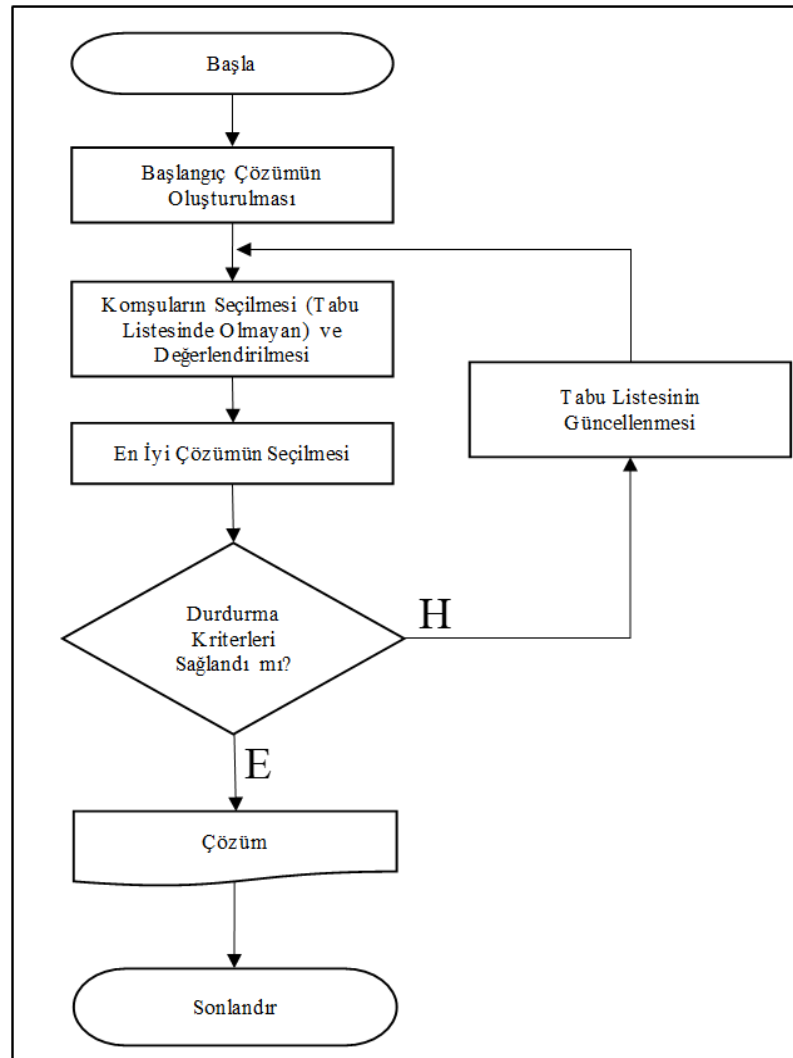
Tabu arama; yerel optimuma düşmekten kaçınmak için bir hafıza fonksiyonu kullanıp global optimumu hızlı bir şekilde aramada, bir veya daha çok yerel arama prosedürünü hiyerarşik olarak yönlendiren deterministik bir yöntemdir (Çivril, 2009: 12).

Algoritmanın temel işleyişi; yerel optimumda en iyi değere ulaşıldığında, mevcut çözümü iyileştirmeyen çözümün de kabul edilmesini ve çözüm uzayının araştırılmasını sağlamak için daha önce bulunan çözümlere dönülmesini önlemek amacıyla “tabu listesi” ismi verilen hafıza yapısı kullanılmasıdır. Tabu listesinin görevi, daha önce yapılan arama geçmişine ilişkin bilgileri kendi hafızasında tutmasıdır. Tabular, tabu arama algoritmasının kısa süreli hafızasını oluşturmaktadır (Onan, 2013: 117).

Tabu arama algoritması ile benzetimli tavlama algoritması birbirine benzemektedir. Benzetimli tavlama algoritması, kötü sonucu kabul ederken olasılıksal olarak hareket etmekte, tabu arama algoritması ise kötü sonucu yarı deterministik şekilde kabul etmektedir (Connor ve Shea, 2000: 287).

Tabu arama algoritması, bir başlangıç çözüm ile algoritma arama uzayında en iyi çözümü aramaya başlar. Algoritmanın her iterasyonunda, mevcut çözümün bütün komşulukları belirlenir. Bu komşuluklar arasından en büyük ilerlemeyi sağlayan komşu çözüm dikkate alınarak kabul edilir. Araştırmalarda bazen de tüm komşulukların araştırılması zaman kaybı yaratacağı için incelenecek komşu çözümlerin sayısı azaltılır. Komşu çözümün elde edilmesi için yapılan hareket, eğer tabu listesinde değilse veya aspirasyon koşullarını sağlıyorsa kabul edilir (Değertekin vd., 2006: 3919-3920). Bu hareket, tabu listesine eklenir ve bulunan bu çözüm, sonraki iterasyon için araştırma yapılacak çözüm olacaktır. Ancak komşu çözüm elde etmek için yapılan hareket tabu listesindeyse, tabu listesinde olmayan başka bir hareket değerlendirilecektir. Bu durum sayesinde, algoritmanın yerel optimumda takılması önlenir, arama uzayını genişleterek problemde farklı noktalarda daha iyi çözümlerin araştırılması sağlanır. Bu sürece, durdurma kriteri sağlanıncaya kadar devam edilir (Widmer vd., 2008: 46-47).

Meta sezgisel algoritmelerde, yoğunlaşma ve çeşitlendirme olmak üzere iki tip strateji uygulanmaktadır (Bekdaş ve Ersoy, 2022: 167). Tabu arama algoritmasındaki yoğunlaşma stratejisi, komşu çözümlerin değerlendirilmesinde daha önce bulunduğu en iyi çözümden kötü de olsa komşu çözümün kabul edilmesidir. Böylece yerel minimum bölge aşılabildiği diğer bölgelere doğru arama yapılabilir. Tabu araması, çeşitlendirme stratejisine uygun olarak da kötü çözümün seçilmesi belli durumlarda yerel optimumdan kurtulmak için yeterli olmayabilir. Bu durumda, arama uzayında araştırılan noktaların yeniden denenmemesi, yani kısır döngüye girmemek için geriye dönük denenilen noktaların bir listesi tutulmuştur. Bu tabu listenin uzunluğu seçilirken, çok küçük seçilmemesi gerekir. Çok küçük seçilirse, kısır döngüden çıkma ihtimali ortadan kalkmaktadır (Çivril, 2009: 12). Glover (1989) tarafından geliştirilen tabu arama algoritmasına ait sözde kodun, Hesar ve Houshmand (2023) tarafından önerilen akış şeması Şekil 8’de görülmektedir.



Şekil 8. Tabu Arama Algoritmasına ait Akış Şeması
Kaynak: Hesar ve Houshmand (2023: 4)

Tabu arama algoritması günümüzde araç rotalama problemleri, personel atama, proje planlama, üretim planlama, makine çizelgeleme, kuadratik atama problemleri vb. birçok alanda uygulanmaktadır (Glover, 1990: 75). Tabu arama algoritması, matematiksel olarak formüle etmeden birçok problemde rahatlıkla uygulanabilmektedir (Kundakçı, 2013: 97).

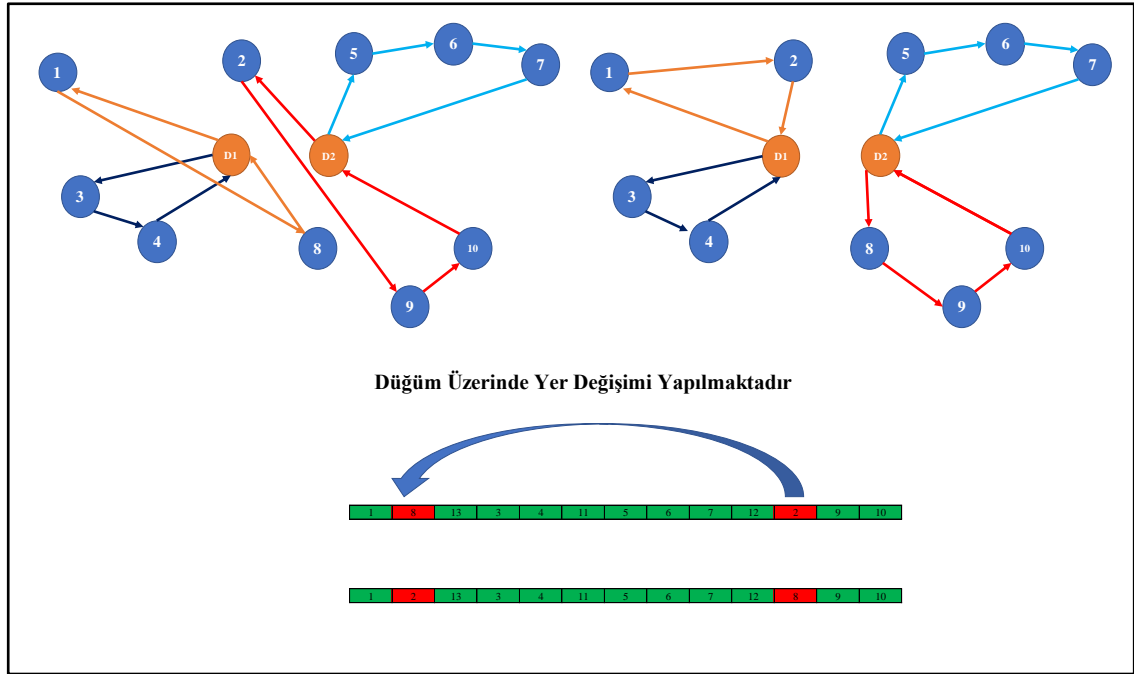
Tabu aramada kullanılan temel kavramlar, şu şekilde açıklanabilir:

- *Başlangıç Çözüm:* Bütün meta sezgisel algoritmalarda olduğu gibi tabu arama algoritmasında da bir başlangıç çözüm gereklidir (Arıkan, 2017: 1172). Bu çözüm, ya rastgele olarak ya da sezgisel algoritma ile üretilir. Başlangıç çözümünün rassal olarak belirlenmesi, arama uzayında global optimuma geç ulaşmayı sağlar.
- *Hareketler:* Tabu arama algoritması, komşulukların araştırma mekanizmasına dayalıdır. Bir çözümün komşuluğu, bu çözümden bir hareketle elde edilebilecek olası çözümlerin kümesini ifade etmektedir. Mevcut çözüm etrafında daha iyi ve yeni çözümlerin elde edilebilmesi için sistematik bir araştırma yapılmaktadır. Başlangıç çözümünün bulunmasıyla başlayan tabu arama algoritması, komşuluk arama mekanizmasının işletilmesiyle devam etmektedir (Bayrak, 2016: 50).
- *Hafıza:* Tabu arama algoritmasında, arama boyunca karşılaşılan durumlar hakkında bilgileri tutan bir hafıza kullanılır. Hafıza, algoritmanın temel elemanlarından birisidir. Tabu arama algoritması, esnek hafıza fonksiyonlarını kullanarak arama boyunca elde edilen geçmiş çözümlerin belli özelliklerini eski haline getiren hareketleri (çözümlerin arasındaki geçişleri) yasaklar. Literatürde kısa, orta ve uzun zamanlı hafızalar kullanılmaktadır (Onan, 2013: 118). Yapılması istenmeyen hareketler, “tabu” olarak adlandırılır ve “tabu listesi” ismi verilen bir liste üzerindeki hafızaya kaydedilir. Tabu listesindeki hareketler, belli bir zaman sonra tabu listesinden çıkarılır (Tosun vd., 2012: 19). Tabu arama algoritmasında döngüleri önlemek, yerel optimumda kalmamak ve arama uzayını daha iyi araştırmak amacıyla geçmiş çözümlerin belli özelliklerini eski haline getiren hareketler yasaklanır. İterasyona bir başlangıç çözüm ile başlayan tabu arama algoritmasında, her iterasyon içerisinde mevcut çözümün komşulukları içerisinde yasaklı olmayan bir hareketle elde edilen ve en uygun amaç fonksiyonu değerine sahip olan komşu çözüm seçilmektedir. Seçilen komşu çözüm, mevcut yeni çözüm olarak kabul edilir ve bu çözüme ulaşılması için yapılan hareket, tabu listesine kaydedilir. Tabu olan bir hareket, aspirasyon kriterlerini sağlıyorsa tabu olmasına karşın mevcut çözümü geliştirmek için seçilebilmektedir (Geyik, 2000: 82-83; Özden, 2016:

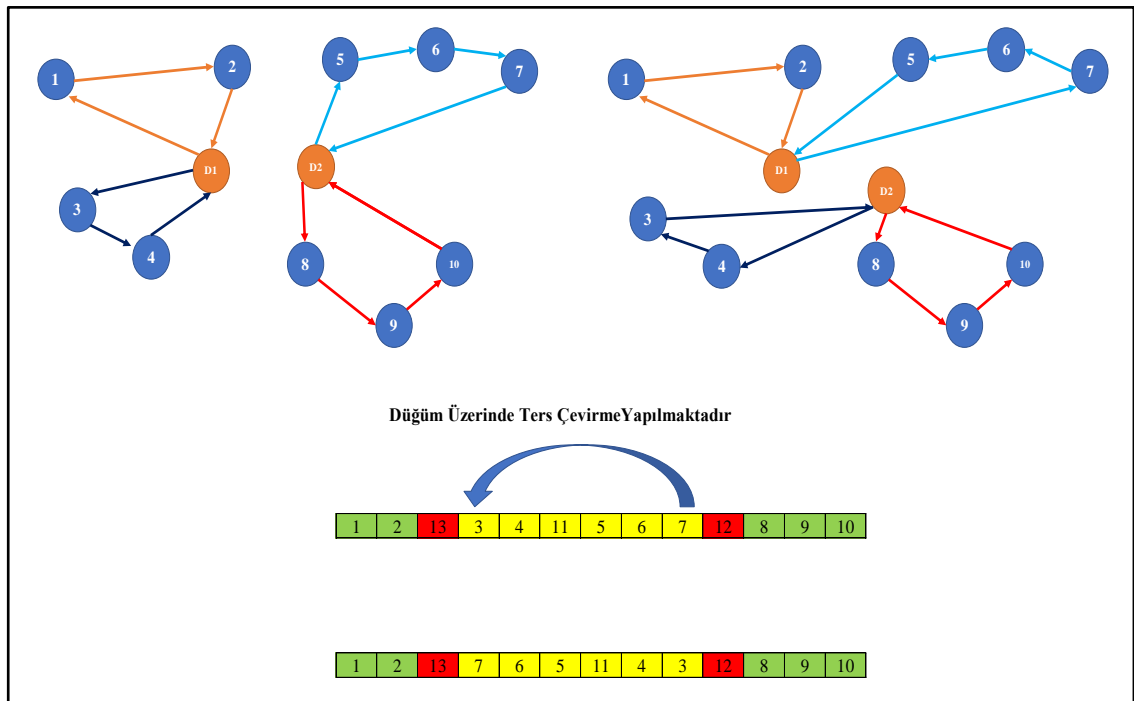
46-47; Çalışkan, 2020: 31-32).

- *Tabu Yıkma*: Tabu yıkma koşulu, tabu olan bir hareketin yasak olmasına karşın yapılabilecek durumları belirtmek için kullanılır. Bu durum, aspirasyon olarak da isimlendirilmektedir. Uygun tabu yıkma kriterlerinin kullanılması, tabu arama algoritmasının performansını oldukça etkilemektedir. Aspirasyon tekniği ile daha iyi çözümlere ulaşma imkânı doğmaktadır (Boyras, 2016: 52).
- *Sonlandırma Kriteri*: Teoride, problem için optimal değer önceden bilinmediği sürece, arama sonsuza kadar devam edebilir. Ancak pratik uygulamalarda en sık karşılaşılan sonlandırma kriterleri; algoritmanın en iyi çözümü bulması, izin verilen en büyük iterasyon sayısına ulaşılması, belirlenen süre sonunda mevcut çözümün iyileşmemesi olarak ifade edilebilir (Gendreau ve Potvin, 2014: 251).

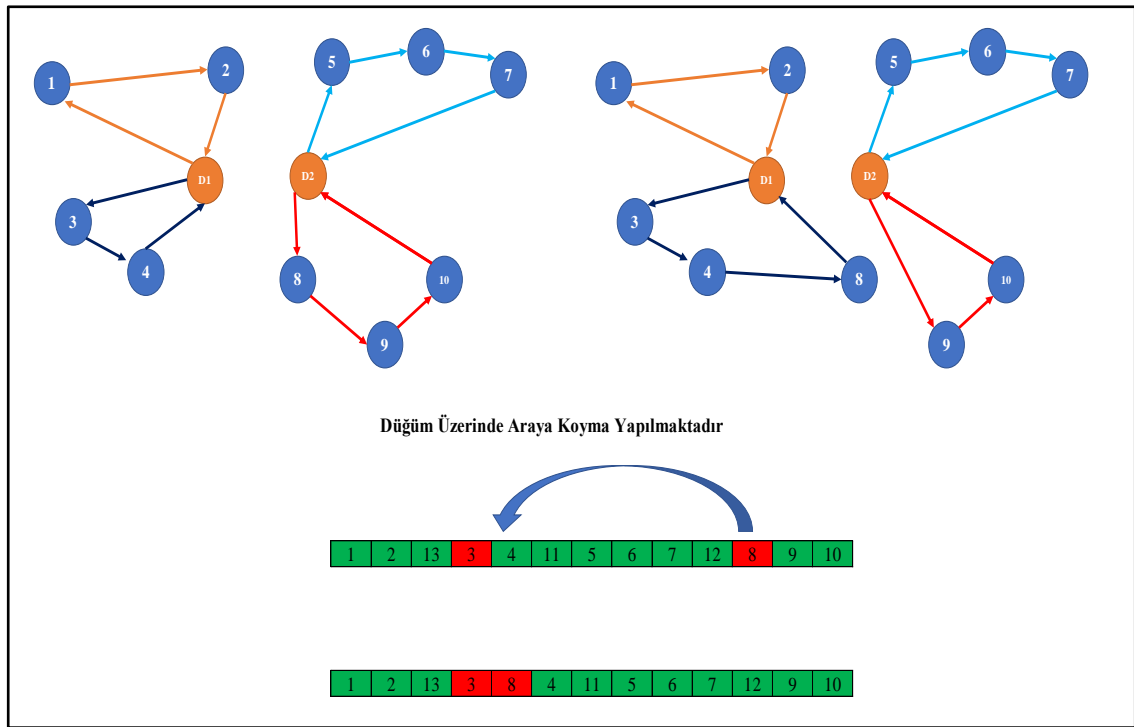
Önerilen hibrit algoritma, temel algoritma olarak tabu arama algoritmasını kullanmaktadır. Bu hibrit algoritma, literatürde bilinen ve uygulanan 4 farklı operatör yapısını içermektedir. Bu operatörler; literatürde sıklıkla kullanılan yer değişimi, ters çevirme, araya koyma ve 2-opt operatörleridir (Chen vd., 2010: 1621-1622). *Yer değişimi operatörü*, Şekil 9'da gösterilmektedir. Bu operatör, müşterilerin yerlerini değiştirerek daha iyi sonuçlar elde etmeyi amaçlar. Ancak bu operatörde, müşteri değişimi yanı sıra ayırıcı değişimi de göz önünde bulundurarak daha iyi sonuçlar elde edilebilir (Boz, 2022: 105). *Ters çevirme operatörü*, Şekil 10'da görülmektedir. Bu operatörde, iki müşteri belirlenir ve bu iki müşteri arasındaki noktalar ters çevrilerek daha iyi sonuçlar elde edilir (Şahin, 2014: 115). *Araya koyma operatörü*, Şekil 11'de gösterilmektedir. Bu operatörde belirlenen bir müşteri, aynı araçta veya farklı bir araçta başka bir müşterinin önüne veya arkasına eklenir ve bu işlem sonrasında daha iyi sonuçlar elde edilip edilmediği kontrol edilir (Akduran, 2020: 32). *2-opt operatörü*, Ek 3'te gösterilmektedir. Bu operatör, genellikle TSP'de hızlı bir çözüme ulaşmak için kullanılır. Bu operatör, çözümdeki iki müşterinin yollarını seçer ve bu yollar çaprazlanarak iki yeni yol oluşturulur. Bu iki yeni yolun, kesişme noktasından önceki kısımları birleştirilir ve kalan kısımlar yeniden birleştirilir. Eğer elde edilen çözüm, mevcut çözümden daha iyi bir maliyetle sonuçlanırsa, yeni çözüm kabul edilir (Özdemir, 2002: 41). Bu operatörler, tabu arama algoritmasının etkinliğini artırmak ve elde edilen sonucu iyileştirmek için kullanılır.



Şekil 9. Yer Değişimi Operatörü



Şekil 10. Ters Çevirme Operatörü



Şekil 11. Araya Koyma Operatörü

2.2.2.2. Benzetimli Tavlama Algoritması

Önerilen hibrit algorithma da çeşitlendirmeyi artırmak için benzetimli tavlama algoritması kullanılmıştır. Benzetimli tavlama (simulated annealing) algoritması, günümüzde ilgi gören bir meta sezgisel algoritma olup literatürde; tavlama benzetimi, benzetilmiş tavlama, ısı işlem algoritması olarak da adlandırılmaktadır.

Benzetimli tavlama, fiziksel metal tavlama olayını esas alan kombinatoriyal optimizasyon problemlerini çözmek için kullanılan meta sezgisel bir yöntemdir. İlk olarak 1983 yılında Scott Kirkpatrick tarafından ortaya atılmıştır. Benzetimli tavlama yaklaşımı, kombinatoriyal optimizasyon problemlerini termodinamik kanunlarıyla ve metropolis algoritmasıyla birlikte çözmeyi tasarlamaktadır (Çakar ve Özer, 2015: 36).

Daha önce de belirtildiği gibi benzetimli tavlama algoritması yaklaşımı, kombinatoriyal optimizasyon problemlerini tavlama prosesine benzeterek çözer. Soğutulmuş metal, katı duruma geçerken bu aşamadan sonra metalin atom yapısında bir değişiklik olmamaktadır. Metalin tavlama işlemine başlanırken, metalin ilk sıcaklığı ne kadar önemli ise soğutma sıcaklığı düşüşü ve metallerin, yerel en az enerji düzeyinde takılmaması da önemlidir (Simopoulos vd., 2006: 194). En düşük enerji düzeyini sağlamak için düzenli bir kafes yapısına ihtiyaç duyulmaktadır. Düzenli bir kafes yapısını sağlamak da soğumanın yavaş olmasını gerektirmektedir. Hızlı soğuma ile daha yüksek enerji düzeyine geçiş olamayacağından yerel bir noktada takılması beklenebilir. Yavaş

bir soğuma, sıcaklığın bir süre korunmasını ve çözüm uzayının bütününün incelenmesini sağlayacaktır. Böylelikle yerel optimumun çözüme takılması engellenecektir (Tekbaş, 2011: 58; Keçeci, 2014: 49-50).

Algoritmaya şöyle bir örnek verilebilir: Deniz seviyesine göre en düşük noktası aranan bir golf sahası vardır. Eğer sahanın eğimi yönünde ilerlemek istenirse yüksek ihtimalle golf topu deliklerden herhangi birine takılabilir. Benzetimli tavlama yöntemi, aslında sahaya bir golf topunu koyup araziye olduğu gibi sallamaktır. Golf topu, arada bir herhangi bir deliğe girse de sürekli sallandığı için bulunduğu delikten daha sonra çıkmaktadır. Sallama işlemi belli bir zaman sonra durdurulduğunda golf topunun, sahanın en düşük noktasında veya yakın bir noktasında olduğu varsayılır (Haznedar, 2017: 41-42).

Güncel hayatta meydana gelen pek çok sorunun çözümünde benzetimli tavlama algoritmasından yararlanılmaktadır. Benzetimli tavlama yöntemi; TSP, optimal kodlama, elektronik devre tasarımı, görüntü işleme, ARP, sırt çantası, atama, iş çizelgeleme ve benzeri pek çok problemin çözümünde kullanılabilir (Romeo ve Sangiovanni-Vincentelli, 1991: 302; Demir, 2002: 35; Karaboğa, 2011: 27).

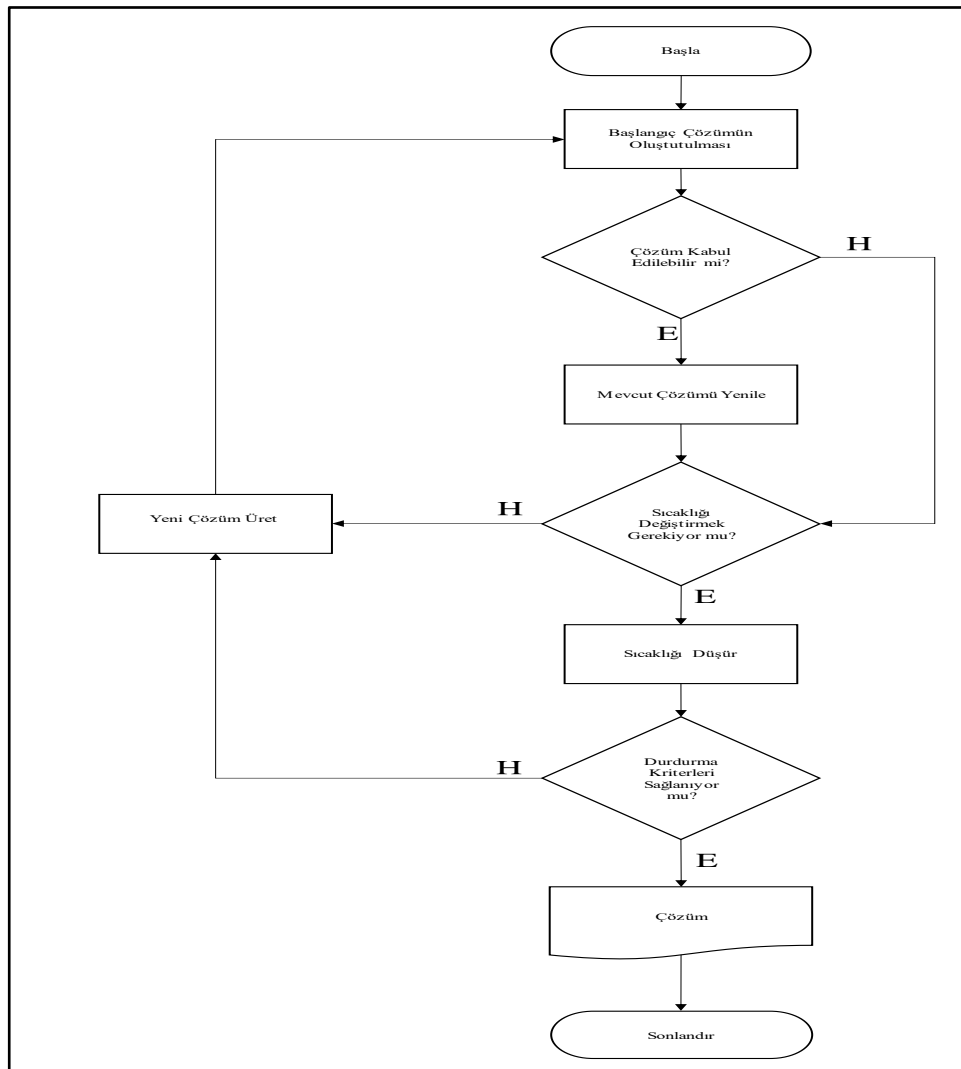
Algoritmanın temel prensibi, iyi çözümün yerine kötü çözümü kabul etme olasılığı olan P değerinin etkin bir şekilde ileriki iterasyonlarda azalması olarak ifade edilmektedir. Böylelikle bir geliştirme yapıldığında, problem çözümünün ilk kısımlarında çözüm bölgeleri arasında çok fazla sıçrayış olurken iterasyon sayısı artıp elde edilen çözümler oldukça iyi bir düzeye geldiğinde 0 'a yaklaşır. Böylece problemin arama uzayı daralmaktadır. Kötü çözümün seçilme olasılığında, sistemli bir şekilde sıcaklık azaltılır. Mevcut sıcaklık iterasyonuna bağlı bir ifade olarak kötü çözüm, kabul edilmektedir (Şahin ve Eroğlu, 2014: 345). Termodinamik benzetimi ile benzetimli tavlama algoritma arasındaki ilişki, Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Termodinamik Benzetimi ile Benzetimli Tavlama Algoritması Arasındaki İlişki

Kaynak: Gülsün vd. (2008: 71)

Termodinamik Benzetimi	Benzetimli Tavlama Algoritması
Sistem kararlı bir hal alır.	Uygun çözüm bulunur.
Enerji	Maliyet
Durum değişikliği	Komşu çözüm
Sıcaklık	Kontrol parametresi
Donmuş hâl	Sezgisel çözüm

Benzetimli tavlama algoritması ile problemin optimal çözümünü bulabilmek için öncelikle başlangıç sıcaklığı (T_0) ve başlangıç çözümü (S) oluşturulur. Mevcut çözüm, başlangıç çözümü olarak ($X=S$) ve mevcut sıcaklık, başlangıç sıcaklığı olarak ($T=T_0$) belirlenir. İkinci aşamada, komşu çözüm (S') hesaplanır. Üçüncü aşamada, mevcut çözüm ile komşu çözüm arasındaki fark $\Delta=C(S')-C(S)$ hesaplanır. Eğer üzerinde çalışılan problem, en küçükleme problemi için $\Delta < 0$ ise komşu çözüm mevcut çözüm olarak kabul edilir ve ikinci aşamaya dönlür. Ancak $\Delta > 0$ ise kabul olasılığı ($P=e^{-\Delta/T}$) hesaplanır. Sonraki aşamada, 0 ile 1 arasında rastgele bir sayı (r) üretilir. Buna göre $r > P$ ise kötü çözüm kabul edilir ya da reddedilir. Kötü çözüm kabul edilirse mevcut çözüm olarak kabul edilir, sıcaklık düşürülerek ikinci aşamaya dönlür. Bu döngü, son sıcaklığa (T_{min}) ulaşana kadar devam eder ve sonuç, çıktı olarak verilir (Al Gburi, 2018: 65-67; Ayhan, 2021: 50-51). Şekil 12’de benzetimli tavlama algoritmasının akış şeması görülmektedir.



Şekil 12. Benzetimli Tavlama Algoritmasının Akış Şeması
Kaynak: Çakar ve Özer (2015: 37)

Benzetimli tavlama algoritması, rastgele bir tabana dayalı bir yöntem olup bu algoritmanın etkinliğini artırmak için birçok bağımsız çalıştırmanın gerçekleştirilmesi ve bu çalıştırmaların ortalama performansının değerlendirilmesi önerilmektedir (Pirlot, 1996: 496). Benzetimli tavlama algoritmasının başarılı sonuçlar elde etmesi için dört önemli parametrenin (başlangıç sıcaklığı, soğutma fonksiyonu, iterasyon sayısı, durdurma kriteri) dikkatlice ayarlanması gerekmektedir (Bakır ve Altunkaynak, 2003: 443-444):

- *Başlangıç Sıcaklığı*: Benzetimli tavlama algoritmasında dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biri de başlangıç sıcaklığının belirlenmesidir. Başlangıç sıcaklığı, çok yüksek olduğunda amaç fonksiyonunda olumlu ilerlemeler olacaktır. Başlangıç sıcaklığının çok düşük seçilmesi, algoritmanın yerel optimuma takılmasına sebep olabilmektedir. Bunu önleyebilmek için yüksek bir başlangıç sıcaklığı ile algoritmaya başlanması önerilmektedir (Akkaş: 2016: 12; Ayhan, 2021: 51). Temel sorun, en uygun başlangıç sıcaklığının bulunmasıdır. Literatürde, benzetimli tavlama algoritması için uygun bir başlangıç sıcaklığı bulmak için bilinen bir yöntem yoktur (Kendall, 2016: 3). Kirkpatrick (1984) tarafından yapılan çalışmada, benzetimli tavlama algoritmasında başlangıç sıcaklığının belirlenmesi için çok sayıda deneme yapılması önerilmiştir. Önce keyfi bir sıcaklık ile başlanıp, çok sayıda deneme yapılarak ve kabul edilen hareketlerin oranı belirlenerek bir başlangıç sıcaklığının (T_o) bulunmasını önerilmiştir (Kirkpatrick, 1984: 978).
- *Soğutma sıcaklığı*: Mevcut çözümleri temsil eden mevcut sıcaklık (T), algoritmada belirli bir soğutma fonksiyonu ile derece derece düşürülmektedir. Literatürde önerilen çeşitli sıcaklık azaltma fonksiyonları vardır. Bunlar; aritmetik, geometrik ters ve logaritmik fonksiyon olarak ifade edilir (Şahin, 2004: 61). Kirkpatrick vd. (1983) tarafından önerilen ve literatürde en çok kullanılan soğutma fonksiyonu, geometrik fonksiyondur. Geometrik fonksiyon, $T_{k+1} = T_k * \alpha$ olarak ifade edilmektedir. Bu ifadede α , soğutma katsayısıdır ve 0 ile 1 arasında değer alan ($0 < \alpha < 1$) skalar bir değerdir. Kendall (2016), soğutma katsayısı 0,8 ile 0,99 arasında olduğunda algoritmanın uygun çözümlerinin bulunduğunu açıklamıştır. Ancak α değeri yüksek olduğunda, iterasyon sayısı da yüksek olacağından, mevcut sıcaklığın düşürülmesi çok uzun zaman alacaktır.
- *İterasyon Sayısı*: Her bir sıcaklık değerinde komşulukların oluşturulması için gerçekleştirilecek döngü miktarıdır. Her iterasyonda, yeni olası çözümler meydana gelmektedir. Eğer her sıcaklıkta araştırılacak komşulukların sayısı

sınırlandırılmazsa, algoritmanın sonsuz döngüye girme ihtimali doğar (Haznedar, 2017: 48; Ayhan, 2021: 52). Bu sonsuz döngüyle karşılaşılmasını önlemek amacıyla literatürde her sıcaklıkta üretilecek komşuluk veya iterasyon sayısının belirlenmesi için çeşitli fonksiyonlar geliştirilmiştir. Bunlar; sabit, aritmetik, geometrik, logaritmik ve üssel fonksiyonlardır (Uğraş, 2005: 35).

- **Durdurma Kriteri:** Benzetimli tavlama algoritmasının sonsuz döngüye girmesini önlemek için parametre veya skalar değer olarak durdurma kriterlerinin belirlenmesi gerekir. Benzetimli tavlama algoritmasında durdurma koşulları; istenen çözüm değerine ulaşıldığında, belirlenen hesaplama süresi aşıldığında, algoritmanın başında belirlenmiş son sıcaklığa ulaşıldığında (T_{min}) ve deneme sayısı için kabul edilen çözümlerin sayısına ulaşıldığında olmak üzere dört şekilde belirlenebilir (Uğraş, 2005: 36; Haznedar, 2017: 48; Ayhan, 2021: 52).

2.2.2.3. Yerel Arama Algoritması

Meta sezgisel algoritmaların, problemin global optimumunu bulmak için yoğunlaşma ve çeşitlendirme olmak üzere iki çeşit stratejileri vardır (Blum ve Roli, 2003: 268). Çeşitlendirme stratejisiyle çözüm uzayının başka noktalarına gidilerek global optimum çözümü araştırabilir. Yoğunlaşma stratejisiyle, komşuluk çözümleri araştırılarak en iyi yerel çözümler bulunabilir.

Yerel arama algoritmaları da yoğunlaşma stratejisine örnek gösterilebilir. Yerel arama algoritmaları (local search algorithms), kombinatoriyal optimizasyonda yaygın olarak kullanılan bir tekniktir (Groër vd., 2010: 81). Yerel arama algoritmaları, mevcut bir çözüm üzerinde çalışan ve bu çözümün tüm komşuluklarını inceleyen bir yaklaşımdır. Yerel arama algoritmalarının temel işleyişi; tüm komşulukların oluşturulması, bu komşuluklardan en iyisinin bulunması, durdurma kriterlerini sağlıyorsa algoritmanın durdurulması ve bunun listelenmesi, eğer en iyi çözüm bulunamıyorsa algoritmadan çıkılması şeklindedir (Yang ve Deb, 2009: 210).

Yerel arama algoritmaları, sistematik arama yapan algoritmalar olmamalarına karşın küçük miktarda hafıza kullanmaları ve bu sistematik arama yapan algoritmaların kullanılmasının uygun olmadığı koşullarda, sonsuz veya çok büyük arama uzayına sahip problemlere global optimuma yakın çözümler getirmeleri sebebiyle öne çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, yerel arama algoritmaları çok sayıda olası uygun çözümü kısa sürede bir hesaplama ve değerlendirebilme, birçok çeşit probleme kolayca uyarlanabilme, kolay bir biçimde anlaşılabilme ve uygulanabilme özelliklerine sahiptir (Onan, 2013: 116).

Yerel arama algoritmaları, bu avantajlarına rağmen dezavantajlara da sahiptir. İlk olarak, genellikle global optimal çözümü sağlayamazlar ve tipik olarak elde ettikleri çözümlerin kalitesine sınırlama getirmezler. İkincisi, tipik olarak arama uzayı kanıtlanabilir bir şekilde küçültülemez. Üçüncüsü, iyi tanımlanmış bir durdurma kriterine sahip değildir. Son olarak, yerel arama yöntemleri genellikle, çözüm uzayının uygun alanlarının bağlantısının kesildiği, oldukça kısıtlı problemlerle ilgili problemlere sahiptir. Pratikte ortaya çıkan bir diğer sorun ise nadir durumlar dışında, etkili genel amaçlı yerel arama çözümlerinin bulunmamasıdır (Dumitrescu ve Stützle, 2009: 105).

Elde edilen sonuçların doğruluğunu ve verimliliğini artırmak için yerel arama algoritmalarının, ARP'de yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Bu optimizasyon tekniği, yerel arama alanında özellikle etkili bir yöntemdir ve birçok özelliği sayesinde ARP'nin karmaşıklığını azaltır. Yerel arama algoritmaları, mevcut çözümü iteratif olarak iyileştirerek, daha iyi bir rotayı bulmaya çalışır. Böylece, araçların verimli bir şekilde yönetilmesi, rotaların en kısa zamanda tamamlanması ve kaynakların en iyi şekilde kullanılması hedeflenir (Dengiz, 2021: 56-57). Bu nedenle yerel arama algoritmaları, ARP'nin çözümünde büyük bir avantaj sağlar ve bu problemin etkin bir şekilde çözülmesine yardımcı olur.

Önerilen hibrit algoritma, ARP'de kullanılan birçok optimizasyon tekniği arasından seçilen yerel arama yöntemini içermektedir. Bu teknik, mevcut çözümü iteratif olarak geliştirerek daha iyi bir çözüm elde etmeye çalışır. Bu çalışmada, öncelikle mevcut bir çözüm ile başlanır ve daha sonra mevcut çözüm adım adım ilerletilerek optimal çözüm bulunmaya çalışılır. Bu adımlar, önceden belirlenmiş kurallara göre gerçekleştirilir. Önerilen hibrit algoritmada; yer değişimi, ters çevirme, araya koyma, 2-opt ve komşuluk yer değişimi yerel arama algoritması olmak üzere beş tane algoritma kullanılmıştır.

Yer değişimi yerel arama algoritması, yerel arama algoritmalarında sıklıkla kullanılan bir algoritmadır. Bu algoritma ile bir rotadaki iki müşteri yer değiştirerek yeni bir rota elde etmek sağlanır. Yer değişimi yerel arama algoritması, diğer birçok yerel arama algoritmaları gibi, yerel arama algoritmasının mevcut çözüm iteratif olarak iyileştirmesi için kullanılır. Algoritma mevcut rotayı alır, ardından yer değişimini belli bir kurala göre uygular ve yeni bir rota elde eder. Bu yeni rota, mevcut rota ile karşılaştırılır ve daha iyi olanı tutulur. Bu işlem, optimal bir rota elde edilene kadar tekrar edilir (Liu vd., 2021: 4). Sözde kodu, Şekil 13'te gösterilmiştir. *Ters çevirme yerel arama algoritması*, yerel arama algoritmaları için de etkili bir algoritmadır. Bu algoritma, bir başlangıç çözümünde bulunan rotaları tersine çevirerek yeni bir çözüm oluşturur ve

mevcut çözümün sıralama özelliğinden faydalanarak yeni bir çözüm geliştirir. Bu işlem, optimal bir rota elde edilene kadar tekrar edilir (İlhan, 2021: 7). Ters çevirme yerel arama algoritmasına ait sözde kod, Şekil 14’te gösterilmiştir. *Araya ekleme yerel arama algoritması*, yerel arama algoritmaları için önemli bir algoritmadır. Araya ekleme yerel arama algoritması, bir çözümdeki bir müşterinin başka bir yere taşınarak yeni bir çözüm oluşturulmasına dayanır. Bu süreç, optimal rota elde edilene kadar tekrar edilir (Gendreau vd., 1992: 1087-1088). Sözde kodu, Şekil 15’te gösterilmiştir. *2-opt yerel arama algoritması*, TSP ve ARP için önerilen bir yerel arama algoritmasıdır. Algoritmanın çalışma mantığı, mevcut rotada yer alan iki müşterinin seçilmesi ve bu iki müşterinin bağlantıları kesilerek yeni bir rota oluşturulmasıdır. Bu işlem, tüm müşteri çiftleri için tekrarlanır ve her seferinde rota daha kısa hale getirilmeye çalışılır. Bu işlem, rota daha kısala kadar devam eder (Liu vd., 2021: 4). Algoritmaya ait sözde kod, Şekil 16’da gösterilmiştir. *Komşuluk yer değişimi yerel arama algoritması*, optimizasyon problemlerinde kullanılan bir yerel arama algoritmasıdır. Bu algoritma, mevcut çözümde değişiklik yaparak daha iyi bir çözüm bulmayı amaçlar. Algoritmanın çalışma mantığı, mevcut rota üzerinde, ikili tüm komşulukların yerlerinin değiştirilmesidir (Zhu vd., 2022: 3). Sözde kodu, Şekil 17’de gösterilmiştir.

```

Prosedür Yerel Arama Yer Değişimi
I=Toplam Düğüm Sayısı
J=Toplam Düğüm Sayısı
BaşlangıçÇözümDeğeri=MaliyetHesapla(BaşlangıçÇözüm)
EnİyiÇözüm=BaşlangıçÇözüm
EnİyiÇözümDeğeri=BaşlangıçÇözümDeğeri
for i=1:I
    for j=1:J
        GüncelÇözüm=Swap(BaşlangıçÇözüm,i,j)
        GüncelDeğer=MaliyetHesapla(GüncelÇözüm)
        Eğer EnİyiÇözümDeğeri>GüncelDeğer
            EnİyiÇözüm=BaşlangıçÇözüm
            EnİyiÇözümDeğeri=BaşlangıçÇözümDeğeri
        Sonlandır
    Sonlandır
Sonlandır
EnİyiÇözümDeğeri Ver
Sonlandır

```

Şekil 13. Yer Değişimi Yerel Arama Algoritmasına İlişkin Sözde Kod

```

Prosedür Yerel Arama Ters Çevirme
I=Toplam Düğüm Sayısı
J=Toplam Düğüm Sayısı
BaşlangıçÇözümDeğeri=MaliyetHesapla(BaşlangıçÇözüm)
EnİyiÇözüm=BaşlangıçÇözüm
EnİyiÇözümDeğeri=BaşlangıçÇözümDeğeri
for i=1:I
    for j=1:J
        GüncelÇözüm=Reversion(BaşlangıçÇözüm,i,j)
        GüncelDeğer=MaliyetHesapla(GüncelÇözüm)
        Eğer EnİyiÇözümDeğeri>GüncelDeğer
            EnİyiÇözüm=BaşlangıçÇözüm
            EnİyiÇözümDeğeri=BaşlangıçÇözümDeğeri
        Sonlandır
    Sonlandır
Sonlandır
EnİyiÇözümDeğeri Ver
Sonlandır

```

Şekil 14. Ters Çevirme Yerel Arama Algoritmasına İlişkin Sözde Kod

```

Prosedür Yerel Arama Araya Koyma
I=Toplam Düğüm Sayısı
J=Toplam Düğüm Sayısı
BaşlangıçÇözümDeğeri=MaliyetHesapla(BaşlangıçÇözüm)
EnİyiÇözüm=BaşlangıçÇözüm
EnİyiÇözümDeğeri=BaşlangıçÇözümDeğeri
for i=1:I
    for j=1:J
        GüncelÇözüm=Insertion(BaşlangıçÇözüm,i,j)
        GüncelDeğer=MaliyetHesapla(GüncelÇözüm)
        Eğer EnİyiÇözümDeğeri>GüncelDeğer
            EnİyiÇözüm=BaşlangıçÇözüm
            EnİyiÇözümDeğeri=BaşlangıçÇözümDeğeri
        Sonlandır
    Sonlandır
Sonlandır
EnİyiÇözümDeğeri Ver
Sonlandır

```

Şekil 15. Araya Ekleme Yerel Arama Algoritmasına İlişkin Sözde Kod

```

Prosedür Yerel Arama 2-opt
K=Toplam Araç Sayısı
I=Çevrimdeki Toplam Müşteri Sayısı
J=Çevrimdeki Toplam Müşteri Sayısı
BaşlangıçÇözümDeğeri=MaliyetHesapla(BaşlangıçÇözüm)
EnİyiÇözüm=BaşlangıçÇözüm
EnİyiÇözümDeğeri=BaşlangıçÇözümDeğeri
for k=1:K
    for i=1:I
        for j=1:J
            GüncelÇözüm=2-opt(BaşlangıçÇözüm,i,j,k)
            GüncelDeğer=MaliyetHesapla(GüncelÇözüm)
            Eğer EnİyiÇözümDeğeri>GüncelDeğer
                EnİyiÇözüm=BaşlangıçÇözüm
                EnİyiÇözümDeğeri=BaşlangıçÇözümDeğeri
        Sonlandır
    Sonlandır
Sonlandır
    EnİyiÇözümDeğeri Ver
Sonlandır

```

Şekil 16. 2-opt Yerel Arama Algoritmasına İlişkin Sözde Kod

```

Prosedür Yerel Arama Komşuluk Yer Değişimi
I=Toplam Düğüm Sayısı
BaşlangıçÇözümDeğeri=MaliyetHesapla(BaşlangıçÇözüm)
EnİyiÇözüm=BaşlangıçÇözüm
EnİyiÇözümDeğeri=BaşlangıçÇözümDeğeri
for i=1:(I-1)
    GüncelÇözüm=Swap(BaşlangıçÇözüm,i,i+1)
    GüncelDeğer=MaliyetHesapla(GüncelÇözüm)
    Eğer EnİyiÇözümDeğeri>GüncelDeğer
        EnİyiÇözüm=BaşlangıçÇözüm
        EnİyiÇözümDeğeri=BaşlangıçÇözümDeğeri
    Sonlandır
Sonlandır
    EnİyiÇözümDeğeri Ver
Sonlandır

```

Şekil 17. Komşuluk Yer Değişimi Yerel Arama Algoritmasına İlişkin Sözde Kod

2.2.3. Algoritmanın Sonlandırılması

Önerilen hibrit algoritma, belirli bir iterasyon sayısı ile çözümün bulunmasını sağlar. Bu yaklaşım, algoritmanın kontrol altında tutulmasını ve sistem kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar. Bu yüzden doğru iterasyon sayısının belirlenmesi önemli olup yetersiz iterasyon sayısı, çözüm kalitesini etkileyebilir.

Önerilen hibrit algoritmada döngünün sonlandırılması için maksimum iterasyon sayısına ihtiyaç vardır. Bu sayı; deneme yanılma sonucunda elde edilen seviyelere göre, Bölüm 3.3.3'te ifade edilen Taguchi deney tasarımı ile belirlenmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ÇDEZTDYARP'YE İLİŞKİN

BİR UYGULAMA

Lojistik; mal ve hizmetlerin tedarikinden başlayarak taşıma, depolama ve dağıtım süreçlerine kadar olan faaliyetlerin planlanmasını, uygulanmasını ve kontrol edilmesini içeren önemli bir işlemdir. Lojistik; işletmelerin maliyetlerinin düşürülmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması, rekabet avantajının sağlanması konularında başarılı olmaları için önemli bir rol oynar ve birçok avantaj sunar (Sağdıç ve Sayın, 2020: 1583).

Yeşil lojistik ise işletmenin lojistik faaliyetlerini sürdürürken, çevreye zarar verecek operasyonlarını minimize etmeye çalışmasıdır. Yeşil lojistiğin uygulanması için toplumdan, devletten ve müşterilerden baskı gelmektedir. Yeşil lojistiğin uygulanmasıyla birlikte taşımacılık faaliyetlerinde yayılan emisyonların azaltılması, enerji verimliliğinin sağlanması, işletmenin ve ülkenin kaynaklarının verimli şekilde kullanılması, atık yönetimi ve geri dönüşüm faaliyetlerinin daha etkin uygulanması gibi avantajlar sağlanmaktadır (Turhan, 2015: 30-32; Mohsin vd., 2022: 1-2).

Yeşil lojistiğin uygulama alanlarından biri, ARP'dir. Yeşil ARP'nin çözümünde meta sezgisel algoritmalarından oldukça sık yararlanılmaktadır (Belbağ, 2017: 357). Bu tez çalışmasında ÇDEZTDYARP'nin çözümüne ilişkin geliştirilen matematiksel modelin çözümü için meta sezgisel algoritmalarından yararlanılmıştır. Bu anlamda, tez çalışmasının bu bölümünde öncelikle ele alınan yeşil lojistik problemi tanıtılmıştır. Ardından; küçük ve büyük olarak nitelendirilen problemler için çözüm yaklaşımı, önerilen algoritmanın test edilmesi ve farklı durumlar için senaryo analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.1. Problemin Tanımı

Bu çalışmanın ana amacı, madeni yağ dağıtımını yapan bir işletmenin gerçekleştirdiği dağıtım faaliyetleri için toplam maliyeti en küçükleyerek çevreye duyarlı uygun rotanın tespit edilmesidir. Bu amacı gerçekleştirmek ve geliştirilen modelin uygulanabilirliğini gösterebilmek amacıyla gerçek yeşil bir lojistik probleminin çözümüne odaklanılmıştır. Bu problemde, madenî yağ ticareti yapan bir işletme incelenmiştir. İşletmenin, Konya ve Antalya'da olmak üzere 2 deposu bulunmaktadır. İşletme, 101 müşteriye eş zamanlı olarak mal sevkiyatı yapmakta ve müşterilerin ürünlerini geri almaktadır. İşletmenin envanterinde Mercedes Sprinter Compact,

Mercedes Sprinter Ekstra Uzun, Iveco Daily ve Mercedes Actros markalı araçlar bulunmaktadır. İşletmenin filosundaki araçların taşıma kapasiteleri, ortalama hızları ve ortalama yakıt tüketimleri birbirinden farklıdır. Bütün araçların kullandıkları yakıt türü, motorindir. Bu araçlar; Antalya, Konya, Afyon, Burdur, Isparta, Niğde, Karaman illerindeki ve ilçelerindeki müşterilere hizmet sunmaktadır. İşletmenin müşterileri; akaryakıt istasyon bayileri, araç bakım işletmeleri ve yağ değişimi firmalarından oluşmaktadır.

İşletmenin müşterileriyle oluşturduğu tedarik zinciri, müşterilerin toplama ve dağıtım talepleriyle başlamaktadır. Müşterilerin toplama ve dağıtım talepleri, merkezde değerlendirildikten sonra uygun depodan uygun araç ile müşteriye iletilmektedir. İşletmenin depolarından müşterilere gerçekleştirilen dağıtım ve toplama süreçleri, bu tez çalışmasının odağını oluşturmaktadır. Bu kapsamda işletmeden elde edilen gerçek veriler kullanılarak, Antalya ve Konya'daki depolardan çevre illerdeki müşterilere eş zamanlı olarak toplama ve dağıtım yapacak bir matematiksel model geliştirilmiştir. Bu modelin amacı, araçların depolardan çıkış kapasitelerini ve müşterilerin dağıtım ve toplama taleplerini dikkate alarak, araçların toplam yakıt tüketimini ve kullanım süresine bağlı olarak değişen maliyeti en aza indirmek için çevreye duyarlı optimal rota planlaması yapmaktır. Bu plana göre işletmenin depolarından çıkan araç, belirlenen rotada müşteri taleplerini karşılayacak şekilde yüklenecek, dağıtım ve toplama taleplerini karşılayacak ve deposuna geri dönecektir.

Bu işletme için dağıtım ağı optimizasyonu probleminin özelliklerini taşıyan model, araç rotalama problemleri sınıflandırılmasında ÇDEZTDYARP kapsamında ele alınmaktadır. Bu problem, çözüm uzayının büyüklüğü nedeniyle NP-Zor sınıfına ait bir karmaşıklık yapısına sahiptir. Bu nedenle, büyük ölçekli problemlerin çözümü için hibrit algoritma önerilmiştir. Önerilen hibrit algoritma MATLAB'ın bir versiyonu olan MATLAB R2015a programında kodlanmış ve HP markalı Intel i3-6006U 2.00 GHz işlemci ve 4 GB RAM kullanan, Windows 10 işletim sistemine sahip bir bilgisayarda çalıştırılmıştır.

3.2. Küçük Problem için Çözüm Yaklaşımları

Bu tez çalışması, Türkiye'de faaliyet gösteren bir madeni yağ dağıtım işletmesinin gerçek verilerini kullanarak, çevre kirliliğini dikkate alan dağıtım ağının detaylı bir şekilde modellenmesini amaçlamaktadır. Bu modelleme süreci, işletmeden elde edilen gerçek verilere dayanarak gerçekleştirilmiştir. İşletmeden elde edilen veriler

doğrultusunda, küçük boyutlu bir problem oluşturulmuştur. Bu problem setinde, işletmenin 2 deposu (Antalya ve Konya), 14 müşterisi ve 5 aracı bulunmaktadır. Depoların ve müşterilerin birbirlerine olan uzaklıklarını belirlemek için Google Maps üzerinden ilgili koordinatlar alınmıştır. Ardından, MATLAB programında *Distance()* fonksiyonu kullanılarak bu koordinatlar temelinde bir mesafe matrisi oluşturulmuştur. Depolara ve müşterilere ait mesafe matrisi, Ek 4'te sunulmuştur. Müşterilere ait dağıtım ve toplama talepleri, Ek 5'te; dağıtım faaliyeti yapan araçlara ait veriler, Ek 6'da; işletmenin depolarının kapasitesi Ek 7'de ve işletmenin araçlarının hangi depoya ait olduğu Ek 8'de yer almaktadır. Bu bölümde öncelikle ilgili işletmenin ÇDEZTDYARP için optimal çözüm, GAMS programı ile aranmıştır. Ayrıca probleme uyarlanmış en yakın komşuluk algoritması (PUEYKA) ve hibrit algoritma kullanılarak da küçük problemin çözümleri araştırılmıştır. Bu yöntemlerin karşılaştırılmasıyla çevreye en duyarlı ve en etkin dağıtım stratejisinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Elde edilen çözüm değerleri ve çözüm süreleri dikkatle analiz edilmiş ve performans açısından karşılaştırılmıştır.

3.2.1. GAMS ile Çözüm

Bir optimizasyon problemiyle ilgili olarak, öncelikle kesin sonuç sağlayan yöntemlerle sonuca ulaşmak gerekmektedir. Geliştirilen matematiksel modelin çözümü NP-Zor problem türünde olup veri sayısının büyüklüğü ve problemin karmaşıklığı nedeniyle optimizasyon paket programlarıyla çözümü oldukça zor olabilir. Bu nedenle Bölüm 3.1.'de özellikleri belirtilen bilgisayarda kesin çözüm sağlayan optimizasyon programı GAMS kullanılarak, bu matematiksel model kodlanmış ve çalıştırılmıştır. Küçük olarak adlandırılan problemin, GAMS programında geliştirilen matematiksel modele göre çalıştırıldığında elde edilen çözüm değeri, Şekil 18'de gösterilmektedir.

```

Iteration log . . .
Iteration:      1   Dual objective      =           9791.348110
Fixed MIP status(1): optimal

Proven optimal solution.

MIP Solution:      9791.348110      (178284120 iterations, 1507706 nodes)
Final Solve:      9791.348110      (9 iterations)

Best possible:      9791.348110
Absolute gap:      0.000000
Relative gap:      0.000000

--- Restarting execution
--- KucukProblem.gms (352) 0 Mb
--- Reading solution for model KucukProblem
--- Executing after solve: elapsed 9:38:08.195
--- KucukProblem.gms (354) 3 Mb
*** Status: Normal completion
--- Job KucukProblem.gms Stop 06/08/23 08:30:12 elapsed 9:38:08.298

```

Şekil 18. Küçük Problem için GAMS Sonuç Ekranı

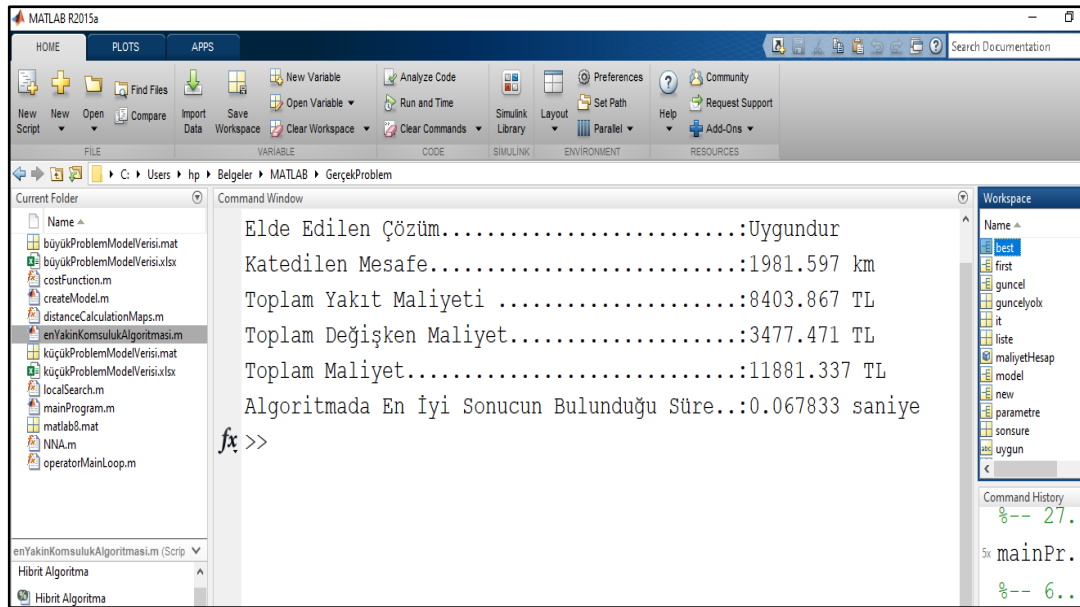
Şekil 18’de görüldüğü gibi amaç fonksiyonu değeri 9791,3481 TL’dir. Bu sonucu elde etme süresi ise 34688,298 saniyedir. Bu çözüme göre oluşan rotalar, Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Küçük Problem için GAMS ile Bulunan Rotalar

Araçlar	Rotalar
1.Araç	Antalya Depo - 11.Müşteri - Antalya Depo
2.Araç	Antalya Depo - 10.Müşteri -13.Müşteri - Antalya Depo
3.Araç	Antalya Depo - 8.Müşteri - 2.Müşteri - Antalya Depo
4.Araç	Konya Depo - 6.Müşteri - 5.Müşteri - 4.Müşteri - Konya Depo
5.Araç	Konya Depo - 12.Müşteri - 9.Müşteri - 3.Müşteri - 14.Müşteri - 7.Müşteri - 1.Müşteri - Konya Depo

3.2.2. PUEYKA ile Çözüm

Küçük problem, MATLAB programında ÇDEZTDYARP göre PUEYKA ile çözülmüştür ve elde edilen sonuçlar, Şekil 19’da gösterilmektedir.



Şekil 19. Küçük Problem için PUEYKA'nın Sonuç Ekranı

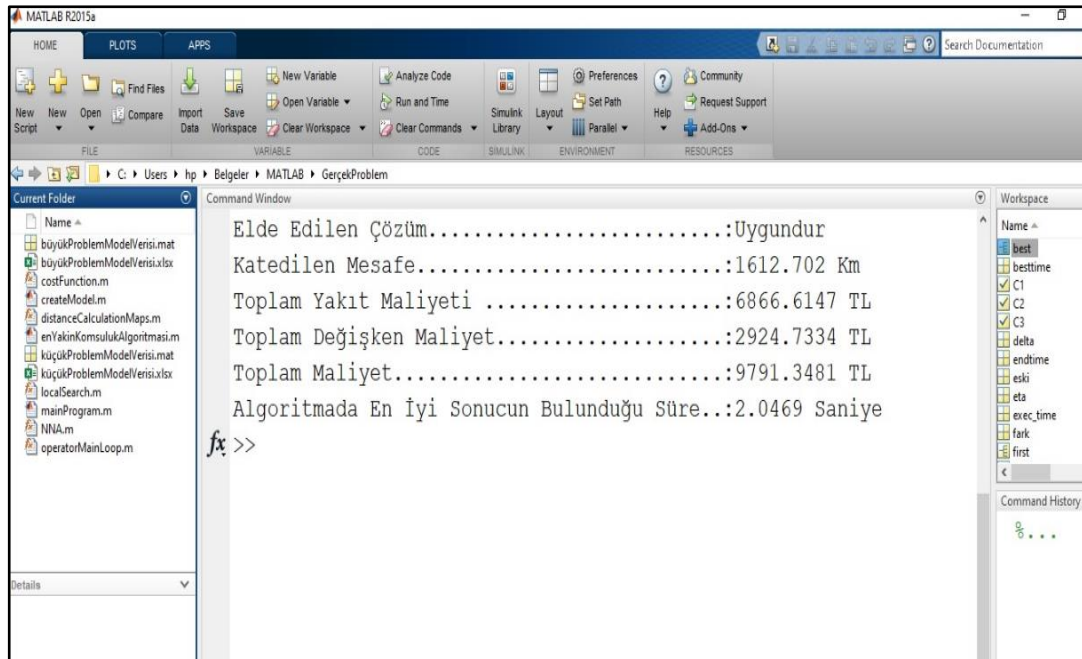
Şekil 19'da görüldüğü gibi, amaç fonksiyonu değeri, 11881,337 TL olarak hesaplanmıştır. Bu sonucu elde etme süresi ise 0,067833 saniyedir. Bu çözüme göre oluşan rotalar, Tablo 5'teki gibidir.

Tablo 5. Küçük Problem için PUEYKA ile Bulunan Rotalar

Araçlar	Rotalar
1.Araç	Antalya Depo - 8.Müşteri - Antalya Depo
2.Araç	Antalya Depo - 12.Müşteri -11.Müşteri - Antalya Depo
3.Araç	Antalya Depo - 10.Müşteri - 13.Müşteri - 7.Müşteri - Antalya Depo
4.Araç	Konya Depo - 5.Müşteri - 6.Müşteri - 14.Müşteri - Konya Depo
5.Araç	Konya Depo - 1.Müşteri - 3.Müşteri - 9.Müşteri - 2.Müşteri - 4.Müşteri - Konya Depo

3.2.3. Önerilen Hibrit Algoritma ile Çözüm

Küçük problem, önerilen hibrit algoritma ile MATLAB programında çözülmüştür ve elde edilen sonuçlar, Şekil 20'de gösterilmektedir.



Şekil 20. Küçük Problem için Hibrit Algoritmanın Sonuç Ekranı

Şekil 20’de görüldüğü gibi amaç fonksiyonu değeri, 9791,3481 TL.’dir. Bu sonucu elde etme süresi ise 2,0469 saniyedir. Elde edilen çözümün sonucunda oluşan rotalar, Tablo 6’daki gibidir.

Tablo 6. Küçük Problem için Hibrit Algoritma ile Bulunan Rotalar

Araçlar	Rotalar
1.Araç	Antalya Depo - 11.Müşteri - Antalya Depo
2.Araç	Antalya Depo - 13.Müşteri - 10.Müşteri - Antalya Depo
3.Araç	Antalya Depo - 2.Müşteri - 8.Müşteri - Antalya Depo
4.Araç	Konya Depo - 4.Müşteri - 5.Müşteri - 6.Müşteri - Konya Depo
5.Araç	Konya Depo - 1.Müşteri - 7.Müşteri - 14.Müşteri - 3.Müşteri - 9.Müşteri -12.Müşteri - Konya Depo

Hibrit algoritma ile GAMS aynı amaç fonksiyonu değerini bulmasına rağmen, Tablo 4 ve Tablo 6 arasında farklılıklar vardır. Buradan da anlaşılacağı üzere iki çözüm, seçenekli optimal çözümlerdir. Önerilen hibrit algoritmanın 10 kez çalıştırıldığında elde edilen amaç fonksiyonu değeri ve işlem sonucu, Tablo 7’deki gibidir.

Tablo 7. Hibrit Algoritmanın Küçük Problem için 10 Kez Çalıştırılması Sonucu Elde Edilen Çözüm Değerleri ve Süreleri

Deney No	Çözüm (TL)	Süre (sn)
1	9869,580	3,734
2	10336,198	2,156
3	9846,399	0,797
4	10336,198	1,609
5	9791,348	2,047
6	10037,940	4,313
7	9791,348	0,859
8	9846,399	1,406
9	10118,042	0,453
10	10232,234	4,375
Ortalama	10020,569	2,175

Tablo 7'de görüldüğü gibi önerilen hibrit algoritma, Deney 5 ve Deney 7'de optimal sonuca ulaşmıştır. Yapılan 10 deneyde, ortalama olarak 2,175 saniye sürede toplam maliyet, 10020,569 TL olarak belirlenmiştir.

3.2.4. Elde Edilen Çözümlerin Karşılaştırılması

Küçük problemin GAMS, PUEYKA ve hibrit algoritma ile çözümlerinden elde edilen sonuçları ve işlem süreleri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, Tablo 8'de gösterildiği gibidir.

Tablo 8. Küçük Problem için Elde Edilen Çözümlerin Karşılaştırılması

	GAMS	PUEYKA	Hibrit Algoritma
Çözüm (TL)	9791,3481	11881,337	9791,3481
Süre (sn)	34688,298	0,067833	2,047

Tablo 8'de görüldüğü gibi, GAMS ve hibrit algoritma optimal sonuca ulaşmıştır. PUEYKA algoritmasının ise optimal sonuca ulaşamadığı ancak çok kısa sürede sonuca ulaştığı görülmektedir. Ayrıca, GAMS programının neredeyse 10 saate yakın sürede optimal sonucu bulduğu, buna karşın hibrit algoritmanın ise 2,047 saniye gibi çok kısa sürede optimal sonucu bulduğu anlaşılmaktadır. Ancak hibrit algoritmanın

her zaman optimal sonucu garanti etmediği, fakat kabul edilebilir bir süre içinde iyi çözüm değerleri verdiği görülmektedir.

3.3. Büyük Problem için Çözüm Yaklaşımları

Bu bölümde, işletmeden elde edilen veriler doğrultusunda büyük olarak nitelendirilen problem oluşturulmuştur. Büyük probleme göre işletmenin 2 adet deposu, 101 adet müşterisi ve 18 adet aracı bulunmaktadır. Depoların ve müşterilerin birbirlerine olan uzaklıklarını belirlemek için Google Maps üzerinden ilgili koordinatlar alınmıştır. Ardından, MATLAB programında *Distance()* fonksiyonu kullanılarak bu koordinatlar temelinde bir mesafe matrisi oluşturulmuştur. Depolara ve müşterilere ait mesafe matrisi, Ek 9'da sunulmuştur. Müşterilere ait dağıtım talepleri, toplama talepleri ve servis süreleri, Ek 10'da dağıtım faaliyeti yapan araçlara ait veriler, Ek 11'de; işletmenin depolarının kapasitesi, Ek 12'de ve işletmenin araçlarının ait olduğu depolar, Ek 13'te yer almaktadır.

Bu bölümde, küçük problemde olduğu gibi GAMS, PUEYKA ve önerilen hibrit algoritma ile geliştirilen matematiksel modelin büyük problemdeki çözümü araştırılmıştır. Büyük problemin hibrit algoritma ile çözümünden en iyi sonucun elde edilmesi için parametre değerlerinin tespitinde Taguchi deney tasarımı kullanılmıştır. Tespit edilen bu parametreler ile hibrit algoritma çalıştırılarak büyük problemin çözümü araştırılmıştır. Bu bölümde son olarak, üç yöntemin çözüm değerleri ve süreleri karşılaştırılmıştır.

3.3.1. GAMS ile Çözüm

Büyük olarak adlandırılan problem, GAMS programında geliştirilen matematiksel modele göre çalıştırılmıştır. Ancak GAMS programı, 36000 saniye (10 saat) süre limitiyle çalıştırıldığında herhangi bir çözüm elde edilememiş ve Şekil 21'de gösterilen ekran ile karşılaşmıştır.

```

Cover cuts applied: 4
Implied bound cuts applied: 83
Flow cuts applied: 113
Mixed integer rounding cuts applied: 165
Zero-half cuts applied: 40
Gomory fractional cuts applied: 29
MIP status(108): time limit exceeded, no integer solution
CPLEX Error 1217: No solution exists.
Resource limit exceeded, no integer solution found.
--- Restarting execution
--- BuyukProblem.gms (765) 0 Mb
--- Reading solution for model BuyukProblem
--- Executing after solve: elapsed 10:01:03.649
--- BuyukProblem.gms (767) 11 Mb
*** Status: Normal completion
--- Job BuyukProblem.gms Stop 06/15/23 09:41:17 elapsed 10:01:03.704

```

Şekil 21. Büyük Problem için GAMS Sonuç Ekranı

Şekil 21’de de rahat bir şekilde görüldüğü gibi çok büyük problemlerde GAMS gibi optimal çözüm çözümleri etkin olarak çalışmamaktadır.

3.3.2. PUEYKA ile Çözüm

Büyük problem, MATLAB programında ÇDEZTDYARP’ye göre PUEYKA ile çözülmüştür ve elde edilen sonuçlar, Şekil 22’de gösterilmektedir.

```

MATLAB R2015a
HOME PLOTS APPS
New Script New Open Find Files Import Data Save Workspace Open Variable Analyze Code Run and Time Preferences Community
Clear Workspace Clear Commands Simulink Library Layout Set Path Help Request Support
FILE VARIABLE CODE SIMULINK ENVIRONMENT RESOURCES
Current Folder C:\Users\hp\Belgeler\MATLAB\GerçekProblem
Workspace
Name ^
best
first
guncel
guncelyok
it
liste
maliyetHesap
model
new
parametre
sonsure
uygun
Command History
load('..
load('..
%-- 9...
load('..
[39764

```

Şekil 22. Büyük Problem için PUEYKA’nın Sonuç Ekranı

Şekil 22’de görüldüğü gibi elde edilen amaç fonksiyonu değeri 46455,162 TL’dir. Bu sonucu elde etme süresi ise 0,37028 saniyedir. Elde edilen çözümün sonucunda oluşan rotalar, Tablo 9’daki gibidir.

Tablo 9. Büyük Problem için PUEYKA ile Bulunan Rotalar

Araçlar	Rotalar
1.Araç	Antalya Depo - 62.Müşteri - Antalya Depo
2.Araç	Konya Depo - 56.Müşteri - 98.Müşteri - 97.Müşteri- Konya Depo
3.Araç	Antalya Depo - 61.Müşteri - 59.Müşteri - 58.Müşteri - Antalya Depo
4.Araç	Konya Depo - 74.Müşteri - 75.Müşteri - 21.Müşteri - 23.Müşteri - 20.Müşteri - 22.Müşteri - Konya Depo
5.Araç	Antalya Depo - 92.Müşteri - 90.Müşteri - 91.Müşteri - 6.Müşteri - 4.Müşteri - 5.Müşteri - 60.Müşteri - Antalya Depo
6.Araç	Konya Depo - 84.Müşteri - 85.Müşteri - 87.Müşteri - 89.Müşteri - 88.Müşteri - 86.Müşteri - Konya Depo
7.Araç	Antalya Depo - 100.Müşteri - 101.Müşteri - 72. Müşteri - 71.Müşteri - 73.Müşteri - 3.Müşteri - Antalya Depo
8.Araç	Konya Depo - 67.Müşteri - 66.Müşteri - 65.Müşteri - 93.Müşteri - 94.Müşteri - 24.Müşteri - Konya Depo
9.Araç	Antalya Depo - 64.Müşteri - 63.Müşteri - 29.Müşteri - 46.Müşteri - 47.Müşteri - 49.Müşteri - 50.Müşteri - Antalya Depo
10.Araç	Konya Depo - 27.Müşteri - 17.Müşteri - 55.Müşteri - 16.Müşteri - 31.Müşteri - 30.Müşteri - Konya Depo
11.Araç	Antalya Depo - 70.Müşteri - 68.Müşteri - 69.Müşteri- 48.Müşteri - 2.Müşteri - 83.Müşteri - Antalya Depo
12.Araç	Konya Depo - 33.Müşteri - 38.Müşteri - 37.Müşteri - 39.Müşteri - 36.Müşteri - 35.Müşteri - Konya Depo
13.Araç	Antalya Depo - 1.Müşteri - 81.Müşteri - 82.Müşteri - 54.Müşteri - 99.Müşteri - 26.Müşteri - 25.Müşteri - Antalya Depo
14.Araç	Konya Depo - 34.Müşteri - 40.Müşteri - 41.Müşteri - 19.Müşteri - 18.Müşteri - 15.Müşteri - 45.Müşteri - Konya Depo
15.Araç	Antalya Depo - 79.Müşteri - 80.Müşteri - 28.Müşteri - 77.Müşteri - 78.Müşteri - 76.Müşteri - Antalya Depo
16.Araç	Konya Depo - 95.Müşteri - 96.Müşteri - 42.Müşteri - 43.Müşteri - 44.Müşteri - 53.Müşteri - Konya Depo
17.Araç	Antalya Depo - 14.Müşteri - 13.Müşteri - 12.Müşteri - 11.Müşteri - 10.Müşteri - 9.Müşteri - Antalya Depo
18.Araç	Konya Depo - 8.Müşteri - 7.Müşteri - 52.Müşteri - 51.Müşteri - 32.Müşteri - Konya Depo

3.3.3. Önerilen Hibrit Algoritma ile Çözüm

Meta sezgisel algoritmelerde öncelikle parametre belirlenmesi, oldukça önemli bir adımdır. Literatürde, tam faktöriyel tasarımı, fraksiyonel faktöriyel tasarımı, yanıt yüzey yöntemi, Box-Behnken tasarımı, Plackett-Burman tasarımı gibi birçok deney tasarım yöntemi bulunmaktadır (Akkuş ve Karabudak, 2020: 188). Meta sezgisel algoritmelerde parametrelerin belirlenmesi çok zor ve zaman alıcıdır (Leung vd., 2012: 3063). Mühendislik alanında az sayıda deney ile sonuç elde etmeyi amaçlayan Taguchi deney tasarımı yöntemi ise sıkça kullanılan bir yöntemdir (Morsi vd., 2004: 1; Oğuz ve Akarlan Kodaloğlu, 2022: 134). Bu sebeple, bu tez çalışmasında hibrit algoritmanın parametrelerinin belirlenmesi için Taguchi deney tasarımı yöntemi tercih edilmiştir.

Taguchi yöntemiyle problemin parametrelerini belirlemek için çözümlenmeler Minitab 18 yazılımıyla elde edilmiştir. Tablo 10'da problemin çözümündeki parametreleri belirlemek için Taguchi yöntemi ile test edilecek olan faktörler ve seviyeleri verilmektedir. Taguchi deney tasarımı için belirlenen faktörlerin seviyeleri, deneme yanılma yoluyla tespit edilmiştir.

Tablo 10. Hibrit Algoritma için Belirlenen Faktörler ve Seviyeleri

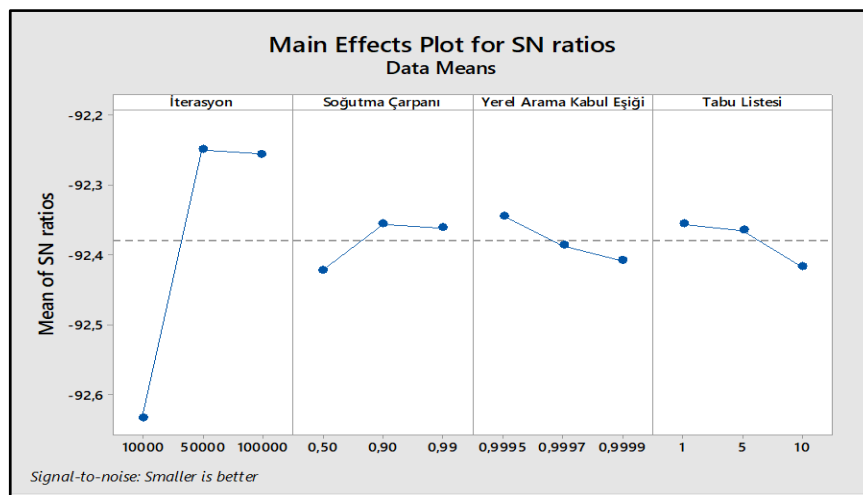
Faktörler	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
İterasyon	10000	50000	100000
Soğutma Çarpanı	0,5	0,9	0,99
Yerel Arama Kabul Eşiği	0,9995	0,9997	0,9999
Tabu Listesi	1	5	10

Seviye değeri uygulamadaki problem için 3, faktör sayısı ise 4 olarak seçilmiştir. Faktör olarak seçilenler, parametreleri yani iterasyon sayısı, soğutma çarpanı, yerel kabul eşiği ve tabu listesi sayısını ifade etmektedir. Seviye olarak seçilen değerler ise her bir faktörün deneylerde alacağı 3 farklı değeri belirtmektedir. Minitab 18 uygulamasında faktör ve seviye sayıları seçildikten sonra çözüm değerlerini girip analiz edebilmek için 9 adet deney seçeneği ile karşılaşılmıştır. Böylece 81 adet olarak yapılması gereken deney sayısı 9 gibi bir rakama düşerek kolaylık sağlanmıştır. 9 farklı parametre deneyinin her biri, MATLAB'da önerilen hibrit algoritmada deney parametre değerleri girilerek 10 kez çözdürülmüştür. Yani, toplamda 90 adet amaç fonksiyonu sonucu elde edilmiştir. Her deneyin 10 kez çözdürülmesiyle elde edilen sonuçların ortalaması alınarak Minitab 18 uygulamasında deney çözüm değeri olarak kabul edilmiştir. Deneyler için bu çözüm değerleri, Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Hibrit Algoritma için Taguchi Deney Tasarımı Sonuçları

S/N	İterasyon	Soğutma Çarpanı	Yerel Arama Kabul Eşiği	Tabu Listesi	Ortalama Çözüm (TL)
1	10000	0,5	0,9995	1	42736,54
2	10000	0,9	0,9997	5	42665,94
3	10000	0,99	0,9999	10	43061,51
4	50000	0,5	0,9997	10	41377,46
5	50000	0,9	0,9999	1	40882,89
6	50000	0,99	0,9995	5	40648,71
7	100000	0,5	0,9999	5	41267,36
8	100000	0,9	0,9995	10	40897,91
9	100000	0,99	0,9997	1	40835,45

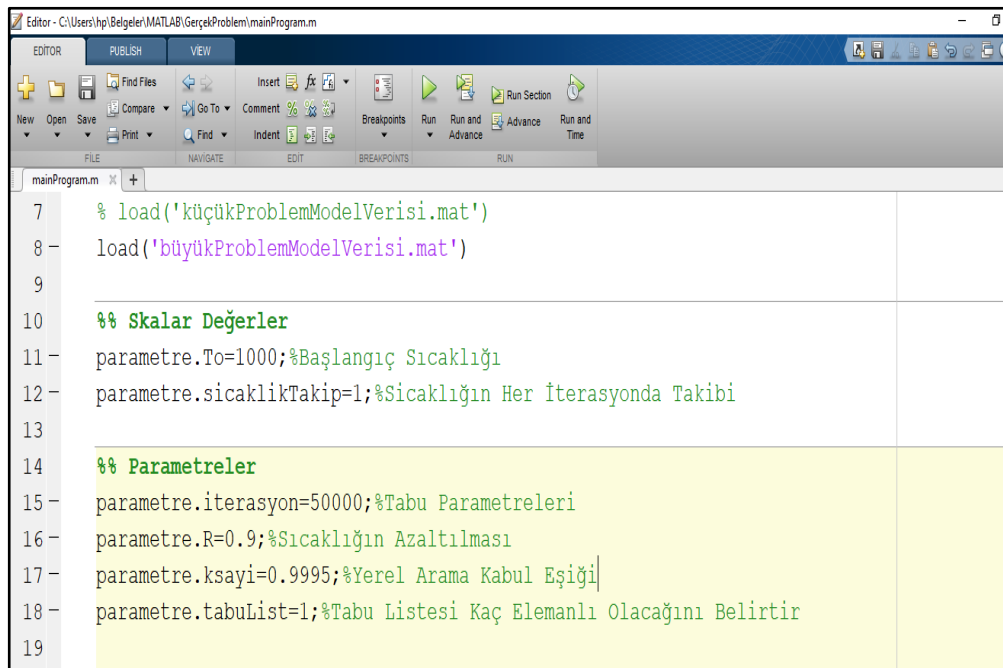
Farklı parametre değerleri için yapılan 9 deney setinin ortalama çözüm değerleri, Minitab 18 uygulamasında ilgili alana girilmiş ve analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılabilmesi için Stat sekmesinden sırasıyla *DOE*, *Taguchi*, *Analyze Taguchi Design* seçilmiştir. Açılan sayfada *Signal to Noise* analizi seçilmiş ve *options* butonundan da minimizasyon problemi gerçekleştirildiği için *Small is Better* seçeneği seçilmiş, ardından analiz gerçekleştirilmiştir. Minitab 18 uygulamasında yapılan analiz sonucu, Şekil 23'te gösterilmiştir.

**Şekil 23.** Büyük Problem için Taguchi Parametre Belirleme Yöntemi Sonuçları

Girilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda Taguchi parametre belirleme yöntemine göre en iyi çözümü elde etmek için aşağıdaki seviyeler önerilmektedir:

- İterasyon Sayısı: 50000
- Soğutma Çarpanı: 0,90
- Yerel Arama Kabul Eşiği: 0,9995
- Tabu Listesi: 1

Taguchi yöntemiyle elde edilen analiz sonuçlarına dayanarak önerilen parametre değerlerin kullanılması, problemin optimal çözümüne daha yakın sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir. Bu değerlerin MATLAB programında önerilen hibrit algorithmada arayüz ekranında gösterimi, Şekil 24'te verilmiştir.



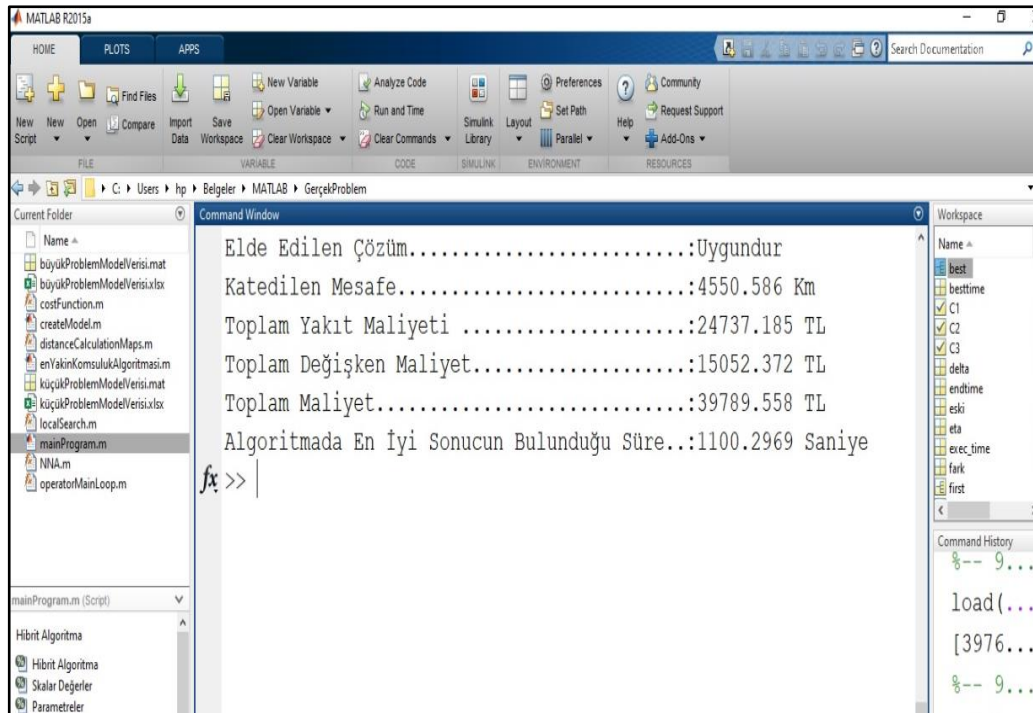
```

7   % load('küçükProblemModelVerisi.mat')
8   load('büyükProblemModelVerisi.mat')
9
10  %% Skalar Değerler
11  parametre.To=1000;%Başlangıç Sıcaklığı
12  parametre.sicaklikTakip=1;%Sıcaklığın Her İterasyonda Takibi
13
14  %% Parametreler
15  parametre.iterasyon=50000;%Tabu Parametreleri
16  parametre.R=0.9;%Sıcaklığın Azaltılması
17  parametre.ksayi=0.9995;%Yerel Arama Kabul Eşiği
18  parametre.tabuList=1;%Tabu Listesi Kaç Elemanlı Olacağını Belirtir
19

```

Şekil 24. MATLAB Programında Seçilen Parametrelerin Gösterimi

Büyük problem, MATLAB programında önerilen hibrit algoritma ile çözülmüştür. Bu çözüm esnasında Taguchi deney tasarımı ile elde edilen analiz sonuçlarına dayanarak önerilen parametre değerleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Şekil 25'te gösterilmektedir.



Şekil 25. Büyük Problem için Hibrit Algoritmanın Sonuç Ekranı

Şekil 25'teki sonuçlara göre elde edilen amaç fonksiyonu değeri, 39789,558 TL'dir. Bu sonucu elde etme süresi ise 1100,297 (yaklaşık olarak 18 dakika) saniyedir. Elde edilen çözümün sonucunda oluşan rotalar, Tablo 12'deki gibidir.

Tablo 12. Büyük Problemin Hibrit Algoritma ile Bulunan Rotaları

Araçlar	Rotalar
1.Araç	Antalya Depo - 61.Müşteri - Antalya Depo
2.Araç	Konya Depo - 56.Müşteri - 98.Müşteri- 97.Müşteri - Konya Depo
3.Araç	Antalya Depo - 54.Müşteri - 99.Müşteri - 25.Müşteri - 79.Müşteri - Antalya Depo
4.Araç	Konya Depo - 27.Müşteri - 17.Müşteri -16.Müşteri - 32.Müşteri - 30.Müşteri - 31.Müşteri - Konya Depo
5.Araç	Antalya Depo - 9.Müşteri - 10.Müşteri - 11.Müşteri - 12.Müşteri - 13.Müşteri - 14.Müşteri - Antalya Depo
6.Araç	Konya Depo - 53.Müşteri - 51.Müşteri - 52.Müşteri - 7.Müşteri - 8.Müşteri - 3.Müşteri - Konya Depo
7.Araç	Antalya Depo - 90.Müşteri - 5.Müşteri - 100.Müşteri - 101.Müşteri - 72.Müşteri - 71.Müşteri - 73.Müşteri - Antalya Depo
8.Araç	Konya Depo -74.Müşteri - 75.Müşteri - 22.Müşteri - 20.Müşteri - 23.Müşteri - 21.Müşteri - Konya Depo
9.Araç	Antalya Depo - 48.Müşteri - 69.Müşteri - 68.Müşteri - 70.Müşteri - 62.Müşteri - Antalya Depo
10.Araç	Konya Depo - 84.Müşteri - 85.Müşteri - 87.Müşteri - 89.Müşteri - 86.Müşteri - 88. Müşteri - Konya Depo
11.Araç	Antalya Depo - 28.Müşteri - 55.Müşteri - 78.Müşteri- 76.Müşteri - 77.Müşteri - 26.Müşteri - 80.Müşteri - Antalya Depo
12.Araç	Konya Depo - 33.Müşteri - 38.Müşteri - 37.Müşteri - 39.Müşteri - 36.Müşteri - 35.Müşteri - Konya Depo
13.Araç	Antalya Depo - 50.Müşteri - 49.Müşteri - 47.Müşteri - 46.Müşteri - 29.Müşteri - 63.Müşteri - 64.Müşteri - Antalya Depo
14.Araç	Konya Depo - 15.Müşteri - 18.Müşteri - 19.Müşteri - 41.Müşteri - 40.Müşteri - 34.Müşteri - Konya Depo
15.Araç	Antalya Depo - 2.Müşteri - 81.Müşteri - 82.Müşteri - 83.Müşteri - 1.Müşteri - 57.Müşteri - 60.Müşteri - Antalya Depo
16.Araç	Konya Depo - 95.Müşteri - 96.Müşteri - 44.Müşteri - 43.Müşteri - 45.Müşteri - 42.Müşteri - Konya Depo
17.Araç	Antalya Depo - 59.Müşteri - 4.Müşteri - 6.Müşteri -91.Müşteri - 92.Müşteri - 58.Müşteri - Antalya Depo
18.Araç	Konya Depo - 67.Müşteri - 65.Müşteri - 66.Müşteri - 93.Müşteri - 94.Müşteri - 24.Müşteri - Konya Depo

Önerilen hibrit algoritma, 10 kez çalıştırılmıştır. Elde edilen toplam maliyetler ve işlem süreleri, Tablo 13'teki gibidir.

Tablo 13. Hibrit Algoritmanın Büyük Problem için 10 Kez Çalıştırılması Sonucu Elde Edilen Çözüm Değerleri ve Süreleri

Deney No	Çözüm (TL)	Süre (sn)
1	40337,151	582,438
2	42046,734	876,453
3	40653,734	1110,313
4	40451,779	1304,344
5	40181,255	878,656
6	40521,302	694,406
7	42150,428	741,688
8	39789,558	1100,297
9	41170,547	825,297
10	41452,461	902,109
Ortalama	40875,495	901,600

Tablo 13'te görüldüğü gibi, önerilen hibrit algoritma ile 10 adet deney sonucunda Deney 8'de en iyi sonuç elde edilmiştir. Yapılan 10 deneyde, ortalama olarak 901,600 saniye sürede toplam maliyeti 40875,495 TL olarak belirlenmiştir.

3.3.4. Elde Edilen Çözümlerin Karşılaştırılması

Büyük problemin GAMS, PUEYKA ve hibrit algoritma ile çözümlerinden elde edilen sonuçlar ve işlem süreleri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, Tablo 14'te gösterildiği gibidir.

Tablo 14. Büyük Problem için Elde Edilen Çözümlerin Karşılaştırılması

	GAMS	PUEYKA	Hibrit Algoritma
Çözüm (TL)	-----	46455,162	39789,558
Süre (sn)	36000	0,37028	1100,297

GAMS programı, 10 saatlik bir çalışma süresine rağmen herhangi bir çözüm üretmekte başarısız olmuştur. PUEYKA ise kısa bir süre içerisinde (0,37028 saniye) 46455,162 TL'lik bir çözüm değerine ulaşmıştır. Hibrit algoritma ise 1100,297 saniye süresinde 39789,558 TL'lik bir çözüm değeri elde etmiştir. Bu tabloda da anlaşılacağı

üzere, hibrit algoritma büyük problemi makul bir sürede çözebilen ve uygun çözümler sunabilen bir algoritma olarak dikkat çekmektedir.

3.4. Küçük ve Büyük Problemin Yeşil Lojistik Açısından İncelenmesi

Yeşil lojistik alanında önemli bir konu olan yeşil ARP'nin literatürde yakıt ikmali maliyeti, bekleme maliyeti, yakıt tüketimi, emisyon salınımı, bekleme süresi, tekrar şarj süresi, operasyonel maliyet ve dağıtım maliyeti gibi birçok açıdan detaylı bir şekilde incelendiği gözlemlenmiştir (Asghari ve Al-e-hashem, 2021: 8). Bu bağlamda ele alınan iki problem; yeşil lojistik açısından toplam maliyet, toplam yakıt maliyeti, toplam yakıt tüketimi ve toplam CO₂ emisyon miktarına göre değerlendirilmiştir. Küçük problemin çözümünden elde edilen toplam maliyet, toplam yakıt maliyeti, toplam yakıt tüketimi ve toplam CO₂ emisyon miktarı Tablo 15'te sunulmuştur. Toplam yakıt tüketimi, toplam yakıt maliyetinin Ek 6'daki aracın kullandığı yakıtın fiyatına bölünerek hesaplanmaktadır. Toplam CO₂ emisyonu ise Sertsöz (2012) tarafından belirtilen 1 litre motorin tüketimi sonucu ortaya çıkan 2,65 kg CO₂ emisyonu ile toplam yakıt tüketiminin çarpılmasıyla elde edilmektedir.

Tablo 15. Küçük Problem için Algoritmaların Çevresel Sonuçları

	GAMS	PUEYKA	Hibrit Algoritma
Toplam Maliyet (TL)	9791,348	11881,337	9791,348
Toplam Yakıt Maliyeti (TL)	6866,615	8403,867	6866,615
Toplam Yakıt Tüketimi (lt)	296,358	362,705	296,358
Toplam CO₂ Emisyon (kg)	785,349	961,167	785,349

Bu tabloya göre GAMS tarafından toplam maliyet 9791,348 TL, toplam yakıt maliyeti 6866,615 TL, toplam yakıt tüketimi 296,358 lt ve toplam CO₂ emisyonu 785,349 kg olarak bulunmuştur. PUEYKA tarafından toplam maliyet 11881,337 TL, toplam yakıt maliyeti 8403,867 TL, toplam yakıt tüketimi 362,705 lt ve toplam CO₂ emisyonu 961,167 kg olarak hesaplanmıştır. Hibrit algoritma tarafından toplam maliyet 9791,348 TL, toplam yakıt maliyeti 6866,615 TL, toplam yakıt tüketimi 296,358 lt ve toplam CO₂ emisyonu 785,349 kg olarak elde edilmiştir.

Büyük problemin çözümünden elde edilen toplam maliyet, toplam yakıt maliyeti, toplam yakıt tüketimi ve çevreye salınan emisyon miktarı Tablo 16'da sunulmuştur. Toplam yakıt tüketimi, toplam yakıt maliyetinin Ek 11'deki aracın kullandığı yakıtın

fiyatına bölünerek hesaplanmaktadır. Toplam CO₂ emisyonu ise toplam yakıt tüketiminin, 2,65 kg/lt CO₂ emisyonu ile çarpılarak elde edilmektedir.

Tablo 16. Büyük Problem için Algoritmaların Çevresel Sonuçları

	GAMS	PUEYKA	Hibrit Algoritma
Toplam Maliyet (TL)	-----	46455,162	39789,558
Toplam Yakıt Maliyeti (TL)	-----	29452,181	24737,185
Toplam Yakıt Tüketimi (lt)	-----	1271,134	1067,639
Toplam CO₂ Emisyon (kg)	-----	3368,506	2829,242

Büyük problem için tabloya göre GAMS tarafından herhangi bir sonuca ulaşamamıştır. PUEYKA tarafından toplam maliyet 46455,162 TL, toplam yakıt maliyeti 29452,181 TL, toplam yakıt tüketimi 1271,134 lt ve toplam CO₂ emisyonu 3368,506 kg olarak hesaplanmıştır. Hibrit algoritma tarafından toplam maliyet 39789,558 TL, toplam yakıt maliyeti 24737,185 TL, toplam yakıt tüketimi 1067,639 lt ve toplam CO₂ emisyonu 2829,242 kg olarak elde edilmiştir.

3.5. Önerilen Hibrit Algoritmanın Test Problemleri ile Çalıştırılması

Test problemleri, önerilen algoritmanın performansını değerlendirmek ve karşılaştırmak için kullanılan veri setleridir. Test problemleri, önerilen algoritmanın farklı koşullar altında gösterdiği performansı ve algoritmanın sınırlarını belirlemek için kullanılır. Bu bölümde, test problemlerinin hazırlanması ve test problemlerinin sonuçları değerlendirilmiştir.

3.5.1. Test Problemlerinin Hazırlanması

Araştırmacılar için literatürde birçok test problemi oluşturulmuştur. Bu problemlerin optimal veya bilinen en iyi sonuçları mevcut olduğu için problemler, araştırmacıların geliştirdiği algoritmaları değerlendirmek ve karşılaştırmak için kullanılmaktadır.

Solomon (1987) tarafından önerilen test problemleri, tek depolu zaman pencereli araç rotalama problemleri için hazırlanmıştır. Bu problemler, coğrafi yayılımlarına göre üçe ayrılmaktadır. Birinci tür problemlerde müşteri koordinatları rastgele oluşturulmuş, ikinci tür problemlerde müşteri koordinatları kümelenmiş şekilde tasarlanmış, üçüncü tür problemler ise rastgele ve kümelenmiş problemlerin bir karışımı şeklindedir. Test problemlerinde depo, orta noktada yer almaktadır.

Augerat vd. (1995) tarafından oluşturulan test problemleri, tek depolu kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu test problemleri A, B ve P olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Bu test problemleri, literatürde kolaylıkla erişilebilir ve bulunabilir durumdadır. Bunun yanı sıra, bu problemlerde depo her zaman merkezi bir konumda yer almayabilir.

Golden vd. (1998) tarafından önerilen test problemleri ise coğrafi olarak orta noktada depo bulunan ve müşterilerin düzenli bir şekil içinde yerleştirildiği problemlerdir. Bu test problemlerinde, problemin boyutu 480 müşteriye kadar çıkabilmektedir. Bu test problemleri, tek depolu kapasite kısıtlı araç rotalama problemleri için kullanılmaktadır.

Dethloff (2001)'un çalışması, tek depolu eş zamanlı topla ve dağıt araç rotalama problemleri için önemli bir başvuru kaynağı olmuştur. Bu çalışmada önerilen test problemleri, değerlendirme ve karşılaştırma amacıyla kullanılmaktadır. Bu problemlerde müşteri sayısı 50'dir ve yazar tarafından iki tür alt problem geliştirilmiştir. Birinci tür problemlerde müşteriler coğrafi alanda rastgele dağılmış, ikinci tür problemlerde ise müşterilerin bir kısmı rastgele dağılmış, bir kısmı ise kümelenmiş şekilde yerleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında önerilen hibrit algoritmanın performansını değerlendirmek amacıyla mevcut test problemleri, geliştirilen matematiksel modele uygun olmadığından gerçek verilere uygun şekilde yeni test problemleri oluşturulmuştur. Bu tez çalışması için önerilen test problemleri kullanılarak hibrit algoritmanın davranışı gözlemlenmeye çalışılmıştır. Test problemleri için müşterilerin koordinatları, dağıtım talepleri, toplama talepleri, araç türleri ve sayısı, müşterilerin servis süreleri gibi parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır. Koordinatlar, dağıtım talepleri ve toplama talepleri rastgele olarak oluşturulmuştur. Ancak araç türleri ve sayısı, rastgele olarak belirlenmemiştir. Servis süreleri, tüm müşteriler için aynıdır. Tüm parametrelerin belirlenmesi ile ilgili detaylar, Tablo 17'de sunulmaktadır.

Tablo 17. Test Örnekleri için Rastgele Oluşturma Parametreleri

Test Verileri		
Koordinatlar	(xi , yi)	(RND[0,1000], RND[0,1000])
Dağıtım Talebi	(dj)	(RND[150,250]*10)
Toplama Talebi	(pj)	(RND[5,15]*10)
Araç Kapasitesi	(CAPk)	(3000 5000 7000 12000)
Servis Süresi	(Si)	(30)

3.5.2. Test Problemlerinin Sonuçları

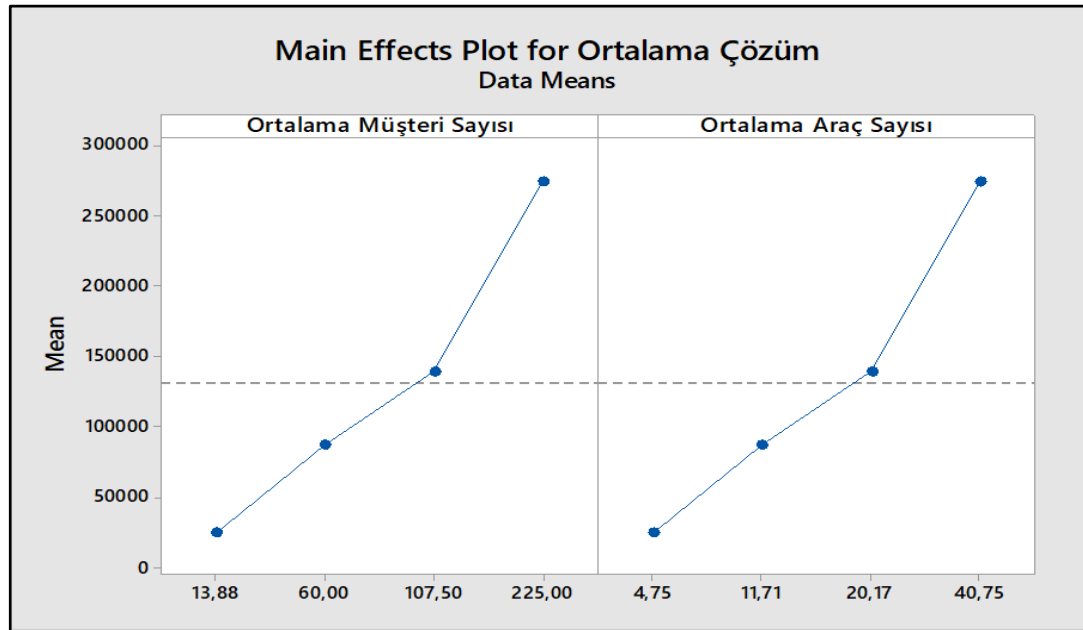
Önerilen hibrit algoritmanın etkinliğini ölçmek için 25 adet test problemi oluşturulmuştur. Bu test problemleri; *1.Tip Problem*, *2.Tip Problem*, *3.Tip Problem* ve *4.Tip Problem* olmak üzere dört kategoriye ayrılmıştır. *1.Tip problem*, müşteri sayısının en fazla 20 olduğu problemleri kapsamaktadır. Bu tür problemlerde kesin çözümler bulunabilmektedir. *2.Tip problem*, müşteri sayısının 90'a ve araç sayısının 17'ye kadar olduğu problemleri içermektedir. Bu problemler, hibrit algoritmanın etkili bir şekilde çözebildiği küçük ve orta ölçekli problemlerdir. *3.Tip problem*, müşteri sayısı 95 ile 120 ve araç sayısı ise 18 ile 22 arasında değişen, bu özellik bakımından Bölüm 3.3'te bahsedilen büyük probleme benzer özelliklere sahip problemleri içermektedir. *4.Tip problem*, müşteri sayısının 150 ile 300 ve araç sayısının 28 ile 54 arasında değiştiği problemleri ifade etmektedir. Bu tür problemler, büyük ölçekli ve çözümü zor problemler olarak nitelendirilebilir. Bu test problemleri, hibrit algoritmanın farklı ölçeklerdeki problemlerdeki performansını değerlendirmek ve karşılaştırmak amacıyla kullanılmıştır. Her bir test problemi için GAMS ile kesin çözümü, PUEYKA ile çözümü ve hibrit algoritma ile çözümü çalıştırılmıştır. Önerilen hibrit algoritma her çalışmada farklı sonuç bulabileceği sebebiyle her bir test problemi için 10 kez çalıştırılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda üç farklı yöntemden elde edilen sonuçlar, Ek 14'te gösterilmiştir.

Ek 14'e göre dört farklı problem tipi için müşteri sayıları, araç sayıları, hibrit algoritma tarafından elde edilen ortalama çözüm değerleri ve hibrit algoritmanın ortalama süreleri, Tablo 18'de sunulmuştur.

Tablo 18. Problem Tiplerine Göre Ortalama Çözüm Değerlerinin ve Ortalama Sürelerinin Sonuçları

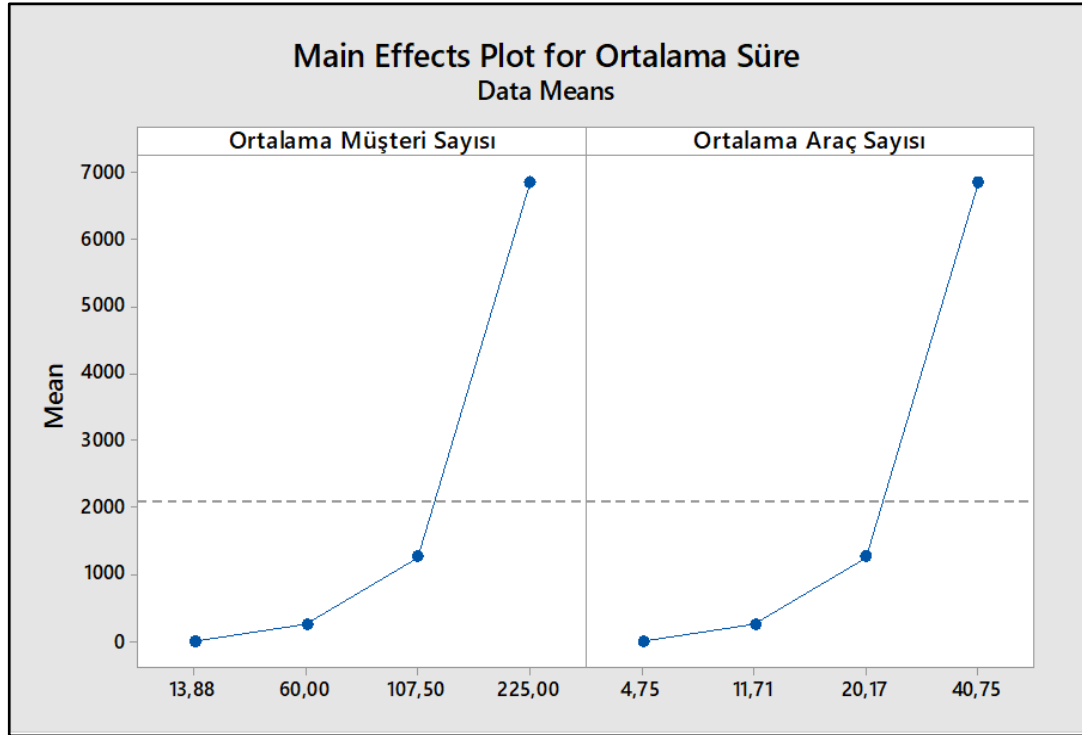
Problem	Ortalama Müşteri Sayısı	Ortalama Araç Sayısı	Ortalama Çözüm (TL)	Ortalama Süre (sn)
1.Tip Problem	13,88	4,75	25341,012	5,558
2.Tip Problem	60,00	11,71	87290,337	252,298
3.Tip Problem	107,50	20,17	138941,825	1264,289
4.Tip Problem	225,00	40,75	273161,670	6853,083

Tablo 18’den her problem tipinin farklı müşteri ve araç sayılarına sahip olduğunu ve hibrit algoritma tarafından elde edilen ortalama çözüm değerlerinin problem tipine bağlı olarak değiştiği, ayrıca hibrit algoritmanın ortalama sürelerinin problem büyüklüğüne bağlı olarak arttığı görülebilir. Minitab 18 programı kullanılarak dört problem tipi için müşteri sayısı ve araç sayısı değişkenlerine göre ortalama çözüm değerleri için *main effect plot* analizi yapılmıştır. Bu analiz, Şekil 26’da gösterilmiştir. Yapılan analize göre müşteri sayısı ve araç sayısı arttıkça çözüm değeri de artmaktadır.



Şekil 26. Müşteri ve Araç Sayılarının Ortalama Çözüm Değerine Etkisi

Yine Minitab 18 programı kullanılarak dört problem tipi için müşteri sayısı ve araç sayısı değişkenlerine göre ortalama süre için main effect plot analizi yapılmıştır. Bu analiz, Şekil 27'de görülmektedir. Yapılan analize göre 3. Tip Problem'den sonra çözüm süresinde büyük bir artışın meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 27. Müşteri ve Araç Sayılarının Ortalama Süreye Etkisi

3.6. Farklı Durumlar için Senaryo Analizi

Senaryo analizi, gelecekte bir olayın veya durumun olası gerçekleşmesini veya sonuçlarını tahmin etme yöntemidir. Senaryo analizinde, bir olgunun veya eğilimin gelecekte devam edeceği varsayımıyla bir nesnenin olası sonuçları tahmin edilir (Kishita vd., 2016: 617). Araç rotalama problemlerinde senaryo analizi; depo sayısının değiştirilmesi (Örneğin Zhou vd., 2018), araç sayısının değiştirilmesi (Örneğin Narasimha vd., 2013), tur menzilinün değiştirilmesi (Örneğin Erdoğan ve Miller-Hooks, 2012) gibi faktörlerin analizini içermektedir.

Bu tez çalışmasında, depo sayısının değişimi incelenmiştir. İşletmelerin yapacağı depo açılması kararı, işletme için stratejik bir karar olmaktadır (Şeker ve Alakaş, 2019: 844). Bu tez çalışmasında test problemlerinde ve gerçek problemlerde depo sayısı 2 olarak kabul edilmiştir. Çalışmanın bu bölümünde işletmenin depo sayısındaki değişimlere karşılık toplam maliyetteki değişim gözlemlenmiştir. Bu sebeple geliştirilen

test problemlerinden *test17* dikkate alınmış ve senaryo analizleri bu test problemi üzerinde uygulanmıştır. Bu senaryo analizi için hazırlanan depo sayıları ve depoların koordinatları, Tablo 19’da sunulmuştur.

Tablo 19. Senaryo Analizinde Uygulanan Depo Koordinatları

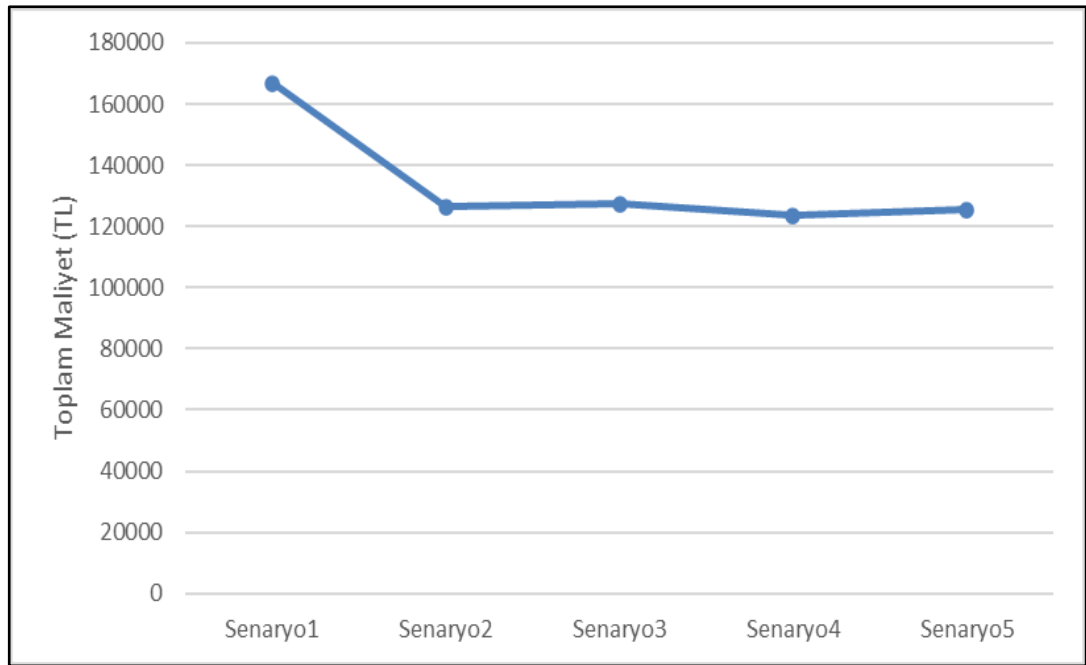
Senaryo Adı	Depo Sayısı	Depo Koordinatları
<i>Senaryo1</i>	1	(500,500)
<i>Senaryo2</i>	2	(250,500) (750,500)
<i>Senaryo3</i>	3	(250,500) (500,500) (750,500)
<i>Senaryo4</i>	4	(200,500) (400,500) (600,500) (800,500)
<i>Senaryo5</i>	5	(166,500) (333,500) (500,500) (666,500) (832,500)

Buna göre, tüm senaryolar 10 kez çalıştırılmış ve elde edilen en iyi çözüm değerleri, Tablo 20’de gösterilmiştir.

Tablo 20. Senaryoların Çalıştırılmasına Göre Elde Edilen Çözüm Değerleri

Senaryo Adı	Çözüm Değeri (TL)
<i>Senaryo1</i>	166737,037
<i>Senaryo2</i>	126335,443
<i>Senaryo3</i>	127338,811
<i>Senaryo4</i>	123509,858
<i>Senaryo5</i>	125516,965

Senaryolara göre toplam maliyetlerin değişim grafiği, Şekil 28’de gösterilmiştir. Bu şekle göre *Senaryo1*’de toplam maliyet 166737,037 TL iken, *Senaryo2*’de 126335,443 TL, *Senaryo3*’te 127338,811 TL, *Senaryo4*’te 123509,858 TL ve *Senaryo5*’te ise 125516,965 TL çözüm değeri elde edilmiştir. Şekil 28’de de görüldüğü gibi tek depolu olduğunda maliyet yüksek iken, depo sayısı 2 veya 2’in üzerinde olduğunda maliyetteki düşüş dikkat çekicidir.



Şekil 28. Depo Sayısına Göre Senaryo Analizi

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzün rekabetçi dünyasında, hızla artan nüfusun etkisiyle yeryüzünün canlı yaşamına sağladığı kaynaklar hızla tükenmekte ve bu durum, ciddi endişelere yol açmaktadır. Artık bu kaynakların yeterli olmaması, insanlık için kaygı verici bir durumu beraberinde getirmektedir. Bu kaygı sebebiyle toplumlar ve devletler, işletmelerden yürüttüğü süreçlerde daha çevreci politikaların uygulanmasını talep etmektedir. Özellikle lojistik süreçler, faaliyetlerini sürdüren işletmeler için daha çevreci yöntemlerin benimsenmesini gerektiren kritik bir alan olarak ön plana çıkmaktadır. Ancak işletmelerin, yoğun rekabet ortamında çevreci politikaları uygulamaları oldukça zorlu bir süreçtir. Bu zorluklara rağmen yeşil lojistik, işletmelerin lojistik faaliyetlerini sürdürürken çevreci politikaları benimsemelerini hedefleyen bir yaklaşım olarak önem kazanmaktadır.

Yeşil lojistiğin önemli konularından birisi, dağıtım faaliyetlerinin ekonomik ve çevre dostu bir şekilde yönetilmesidir. İşletmeler için verimli bir dağıtım süreci, rekabet avantajı sağlamak adına hayati öneme sahiptir. Bu bağlamda yeşil ARP, araçların etkin bir şekilde rotalaması yapılırken çevresel etkilerin minimize edilmesini amaçlayan önemli bir konu olarak öne çıkmaktadır.

Bu tez çalışmasında madeni yağ dağıtımını yapan bir işletme için yeşil lojistiğin önemli konusu olan yeşil ARP incelenmiştir. Bu işletmenin Antalya ve Konya'da iki deposu vardır. Tek depolu problem zor bir problem iken çok depolu bir ARP'nin daha zor bir problem olduğu açıktır. Bu çalışmada, işletmenin yakıt tüketimi ve değişken maliyetleri toplamını en küçükleyen karma tamsayılı matematiksel model geliştirilmiştir. İşletmeden alınan gerçek verilerle toplam maliyeti en küçüklemeye çalışan matematiksel model hem özgündür hem de bu probleme göre geliştirilmiştir. Matematiksel modelin kurulmasında, aracın gerçek hızı, yakıt tüketimi, kullanılan yakıt türü, müşterilerin servis süreleri, toplama talepleri, dağıtım talepleri gibi araca ait parametrelerin gerçek değerleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Ayrıca araçların homojen olmaması, problemin zorluğunu artıran önemli bir etkidir.

Tez çalışmasının çözüm yöntemleri, birinci olarak GAMS yazılımında geliştirilen matematiksel modelin kodlanması ve kesin çözüm aranmasıdır. İkinci olarak ise MATLAB programlama dilinde yazılmış, PUEYKA önerilmiştir. Üçüncü olarak da en yakın komşuluk, tabu arama, benzetimli tavlama ve yerel arama algoritmalarını içeren

MATLAB’da kodlanmış hibrit algoritma önerilmiştir. Hibrit algoritma, bu dört farklı algoritmanın birlikte kullanılmasıyla oluşturulmuş olup bu yaklaşım, çalışmanın farklılığını sağlamaktadır.

İşletmeden alınan gerçek verilerle küçük problem ve büyük problem olarak iki problem tanımlanmıştır. Küçük problemde Antalya ve Konya’da olmak üzere 2 depo, 14 müşteri ve birbiriyle aynı teknik özelliklere sahip olmayan 5 araç vardır. Küçük problem için önce GAMS’te kesin çözüm aranmış ve GAMS programı 10 saate yakın süre çalışması sonucunda toplam maliyeti 9791,3481 TL olarak optimal sonuca ulaşılmıştır. PUEYKA, 0,067833 saniyede çalışarak optimal sonuca göre % 21,35’lik sapma ile 11881,337 TL olarak bir sonuç üretmiştir. Önerilen hibrit algoritma ise 2,0469 saniyede 9791,3481 TL optimal sonuca ulaşmıştır. Küçük probleme göre elde edilen sonuçlar, hibrit algoritmanın kısa sürede optimal bir sonuca ulaşabildiğini veya optime yakın sonuçlar elde edebildiğini göstermektedir.

Büyük problemde Antalya ve Konya’da olmak üzere 2 depo, 101 müşteri ve birbiriyle aynı teknik özelliklere sahip olmayan 18 araç yer almaktadır. Büyük problem için 10 saat çalıştırılan GAMS programında kesin çözüm aranmış, ancak herhangi bir sonuca ulaşamamıştır. PUEYKA ile 0,37028 saniyede bulunan, elde edilen en iyi sonuca göre % 16,75’lik bir sapma ile 46455,162 TL olarak sonuca ulaşılmıştır. Önerilen hibrit algoritma ile 1100,297 saniyede 39789,558 TL sonuca ulaşılmıştır. Büyük problem için GAMS programında sonuç elde edilememesi sebebiyle önerilen hibrit algoritmanın başarısı test edilememiştir. Bu sebeple, elde edilen sonuçlara göre hibrit algoritma, PUEYKA’na göre mâkul sürede daha iyi sonuçlar ürettiği görülmektedir.

İncelenen küçük ve büyük problemin, önerilen hibrit algoritma ile çalıştırılması sonucunda çevreye duyarlı rotalar elde edilmiştir. Küçük problem için, toplam yakıt tüketiminde ve toplam CO₂ emisyonunda hibrit algoritma ile PUEYKA’ye göre % 22,38 daha iyi bir performans elde edilmiştir. Büyük problem için, toplam yakıt tüketiminde ve toplam CO₂ emisyonunda hibrit algoritma ile PUEYKA’ye göre % 19,06 daha iyi bir sonuç hesaplanmıştır. Bu bağlamda hibrit algoritma ile yeşil lojistiğin önemli konusu olan yeşil ARP için daha çevreci rotalar elde edilmiştir.

Geliştirilen algoritmanın farklı durumdaki davranışını gözlemlemek ve literatürde benzer test problemleri olmadığı için 25 tane probleme özgü test problemi geliştirilmiştir. Önerilen hibrit algoritmanın performansı geliştirilen test problemlerinde değerlendirilmiştir. Önerilen hibrit algoritma test problemlerinin 9’unda ya GAMS’ten daha iyi sonuç bulmuştur ya da GAMS ile aynı sonuca ulaşmıştır. Hibrit algoritma bütün

test problemlerinde, PUEYKA'dan daha iyi sonuç vermiştir. Ancak PUEYKA, her zaman çok kısa sürede sonuca ulaşabilmektedir.

Bu çalışmanın literatüre katkılarını şu şekilde özetlemek mümkündür:

- Literatürde tek depolu ARP'ye ilişkin oldukça fazla sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak problemdeki depo sayısı arttığında problem, daha karmaşık bir hâl almakta ve problemin çözümü zorlaşmaktadır. Bu çalışmada literatürde görece olarak az çalışılan bir konu olan çok depolu ARP üzerinde durulmuş ve bu probleme çözüm aranmıştır.
- Günümüzde küresel ısınma vb. nedenler ile “yeşil” kavramı ön plandadır. Bu anlamda bu çalışmada çevresel faktörleri de dikkate alan ve ARP'nin bir türü olan yeşil ARP üzerinde durulmuştur. Bu anlamda bu çalışmada çözüm aranan problem, güncel ve dünya için çözümü gerekli olan bir problemdir.
- Hem çok sayıda depoyu hem de yeşil ARP'yi dikkate alması bakımından bu çalışmada ÇDEZTDYARP için teorik alt yapı oluşturulmuş ve detaylı bir literatür taraması okuyucuya sunulmuştur. Ayrıca bu çalışmada ÇDEZTDYARP'nin farklı kısıtlarını dikkate alan yeni bir matematiksel model geliştirilmiştir.
- Çalışmada çözümü aranan ÇDEZTDYARP'de veri sayısı arttığında kullanılan kesin yöntemlerin optimal çözüm sağlamadığı görülmüştür. Bu nedenle çalışmada, bu tür problemlere çözüm sağlayan bir hibrit meta sezgisel algoritma önerilmiştir.
- ÇDEZTDYARP için geliştirilen matematiksel modelin ve önerilen hibrit meta sezgisel algoritmanın uygulanabilirliğini göstermek amacıyla gerçek bir uygulama yapılmıştır. Bu uygulamada heterojen araçlar kullanılmış ve araçlar, ait olduğu depoya bağlanarak gerçeğe uygun bir durum ortaya konulmuştur. Elde edilen çözüm sonuçlarının, işletmenin taktiksel ve operasyonel süreçlerinde uygulanabilir olduğu görülmüştür.
- Gerçek bir işletme uygulamasının yanı sıra probleme özgü test problemleri geliştirilmiştir. Bu test problemleri ile önerilen hibrit algoritmanın performansı değerlendirilmeye çalışılmıştır.
- Çalışmada depo sayısının değişimi karşısında önerilen hibrit meta sezgisel algoritmanın davranışındaki değişikliği test etmek üzere senaryo analizi gerçekleştirilmiştir.

Yapılan tez çalışmasının bazı sınırlılıkları mevcuttur. Matematiksel modelleme oluşturulurken her parametre kullanılamamaktadır, bundan dolayı bilgi kaybı kaçınılmaz

olmaktadır. Çalışmada iki nokta arası uzaklık olarak kuş uçuşu uzaklık kabul edilmiştir. Bu da her zaman uzaklığın doğru olacağı anlamına gelememektedir. Bölüm 2.1.1.'de belirtildiği gibi problemde trafik koşulları, araç arızası vb. olumsuz durumların olmadığı kabul edilmiştir. Ancak gerçek hayatta böyle durumlar sıklıkla karşılaşılmaktadır. Küçük ve büyük problemin kesin çözümünde GAMS programının süre kısıtlaması 10 saat, test problemlerinde ise 1 saat olarak ayarlandığından bazı problemlerin kesin çözümüne ulaşamamıştır.

Geliştirilen matematiksel model ve önerilen hibrit algoritma ile ilgili olarak, gelecekteki araştırmalar ve öneriler şu şekildedir:

- Matematiksel modele zaman penceresi eklenerek işletmenin yürüttüğü operasyonlarda zaman boyutu da incelenebilir.
- Elektrikli araçlar için şarj yapabileceği kısıtlar ve parametreler matematiksel modele dahil edilebilir, böylece çevresel açıdan daha sürdürülebilir ve ekonomik yönden daha etkin çözümler elde edilebilir.
- Çalışmada kullanılan uzaklıklar, kuş uçuşu ve simetrik uzaklıklardır. Önerilen matematiksel model, asimetrik uzaklıklar ile çalışabilmektedir. Ancak noktalar arasındaki mesafeler, gerçek hayattaki kısıtları da dikkate alarak yeniden değerlendirilmeli ve çözüm performansları karşılaştırılmalıdır.
- Statik olarak ifade edilen matematiksel model, dinamik bir problem olarak yeniden tanımlanabilir. Bu şekilde matematiksel model, daha esnek hale getirebilir.
- Yolun eğimi, aracın ivmesi, trafik yoğunluğu gibi kısıtlar eklenerek, matematiksel model geliştirilebilir. Bu gibi kısıtlamaların eklenmesi ile gerçek hayata daha yakın bir matematiksel model elde edilebilir. Böylelikle geliştirilen matematiksel model günlük hayatta kullanıcılar tarafından tercih edilebilir hale gelebilir.
- Önerilen hibrit algoritmanın önemli bir avantajı, zor olarak ifade edilebilen bir yeşil ARP'ye kısa sürede optimale yakın çözüm bulabilmesidir. Bu avantaj, matematiksel modelde güncellemeler yapılarak kullanılmalıdır. Örneğin işletmenin beklenmedik bir şekilde bir aracı bozulduğunda, eksik bir araçla hızlı bir şekilde yeni bir rotalama yapılabilir ve işletme, işlerine kaldığı yerden devam ederek müşteri memnuniyetini sağlayabilir olmalıdır.
- Popülasyon temelli meta sezgisel algoritmalar kullanılarak önerilen algoritma ile geliştirilen model çözülebilir ve bu tez çalışmasında önerilen hibrit algoritma ile performansları karşılaştırılabilir.

- Bu tez çalışmasında matematiksel modelde farklı araçların yakıt türü kullanılabilme imkanına olmasına karşın, gerçek bir problem olduğu için aynı yakıt türü kullanılmıştır. İleriki çalışmalarda matematiksel modelin amaç fonksiyonu, çevreye yayılan CO₂ emisyonunun en küçüklemesi olarak güncellenebilir. Böylece, farklı yakıt türlerinin çevreye verdiği zarar detaylı bir şekilde incelenebilir.
- Matematiksel modelin çözümü için kullanılan bilgisayarın özellikleri iyileştirilebilir veya çözüm için izin verilen sürede değişiklik yapılabilir. Tüm bu değişikliklerin, çözümün performansına etkisi incelenebilir.
- Tek amaç fonksiyonuna sahip matematiksel modelde, sosyal boyut gibi amaç fonksiyonları eklenerek daha kapsamlı ve çok amaçlı matematiksel model geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Abdoli, B., MirHassani, S. A. and Hooshmand, F. (2019). "On Different Formulations of Green Vehicle Routing Problem", *Journal of Information and Optimization Sciences*, 40/4, 883-903.
- Abdullahi, H., Reyes-Rubiano, L., Ouelhadj, D., Faulin, J. and Juan, A. A. (2021). "Modelling and Multi-Criteria Analysis of The Sustainability Dimensions for The Green Vehicle Routing Problem", *European Journal of Operational Research*, 292/1, 143-154.
- Adiba, E. E., Aahmed, E. A. and Youssef, B. (2014). "The Green Capacitated Vehicle Routing Problem: Optimizing of Emissions of Greenhouse Gas", *International Conference on Logistics Operations Management*, 161-167, Rabat, Fas.
- Affi, M., Derbel, H. and Jarboui, B. (2018). "Variable Neighborhood Search Algorithm for The Green Vehicle Routing Problem", *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 9/2, 195-204.
- Afshar-Bakeshloo, M., Mehrabi, A., Safari, H., Maleki, M. and Jolai, F. (2016). "A Green Vehicle Routing Problem with Customer Satisfaction Criteria", *Journal of Industrial Engineering International*, 12/4, 529-544.
- Agárdi, A., Kovács, L. and Bányai, T. (2022). "Mathematical Model for The Generalized VRP Model", *Sustainability*, 14/18, 1-22.
- Aghazadeh, S. M. (2004). "Improving Logistics Operations Across The Food Industry Supply Chain", *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 16/4, 263-268.
- Ahmad, S., Khan, T. A. and Mittal, A. (2015). "Green Manufacturing Helps to Control Global Warming: A Critical Review", *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 4/2, 444-449.
- Akduran, Y. (2020). *Genetik Algoritmaların Operatörleri ve Parametreleri İçin En İyi Ayarları Belirleme: Bir Metodoloji ve Gezgin Satıcı Probleminde Uygulaması*, (Basılmamış Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akkaş, S. (2016). *Karesel Atama Probleminin Tavlama Benzetimi ve Paralel Programlama Teknikleri Kullanarak Çözümü*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Akkuş, M. S. ve Karabudak, S. (2020). "Biyoproses Çalışmalarında Deneysel Tasarım Yönteminin Uygulanması", *İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi*, 1/2, 188-197.
- Aksoy, M. B. ve Tezel, İ. (2022). "Karayolu Taşımacılığında Yeşil Lojistik Uygulamaları". İçinde F. Tuna ve M. F. Buğan (Eds.), *Sosyal Bilimler Üzerine Araştırmalar: Ekonomi & Politika*, 131-148, Özgür Yayınları, Gaziantep.
- Al Gburi, I., S., J. (2018). *Metaheuristic Algorithms to Enhance Artificialneural Network for Medical Data Classification*, (Basılmamış Doktora Tezi), Altınbaş Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alinaghian, M., Kaviani, Z. and Khaledan, S. (2015). "A Novel Heuristic Algorithm Based on Clark and Wright Algorithm for Green Vehicle Routing Problem", *International Journal of Supply and Operations Management*, 2/2, 784-797.
- Alinaghian, M., Jamshidian, M. and Tirkolae, E. B. (2021). "The Time-Dependent Multi-Depot Fleet Size and Mix Green Vehicle Routing Problem: Improved Adaptive Large Neighbourhood Search", *Optimization*, 71/11, 1-29.

- Alparslan, M. (2015). *Araç Rotalama Problemleri için Matematiksel Modeller ve Çözüm Yöntemleri*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskisehir.
- Alshubiri, F. (2017). "The Impact of Green Logistics-Based Activities on The Sustainable Monetary Expansion Indicators of Oman". *Journal of Industrial Engineering and Management*, 10/1, 388-405.
- Alvarez-Meaza, I., Zarrabeitia-Bilbao, E., Rio-Belver, R. M. and Garechana-Anacabe, G. (2021). "Green Scheduling to Achieve Green Manufacturing: Pursuing A Research Agenda by Mapping Science", *Technology in Society*, 67/101758, 1-15.
- Amiri, A., Amin, S. H. and Zolfagharinia, H. (2023). "A Bi-Objective Green Vehicle Routing Problem with a Mixed Fleet of Conventional and Electric Trucks: Considering Charging Power and Density of Stations", *Expert Systems with Applications*, 213/Part C, 1-18.
- Apak, G. (2018). *Çoklu Depolu Araç Rotalama Probleminin Hibrid Algoritmalar Yöntemiyle Çözülmesi*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Apaydın, O. and Gönüllü, M. T. (2008). "Emission Control with Route Optimization in Solid Waste Collection Process: A Case Study", *Sadhana*, 33/2, 71-82.
- Arçelik, (2002). "Sürdürülebilirlik", *Arçelik A.Ş.*, <https://www.arcelikglobal.com/tr/surdurulebilirlik/intouch/areas/atik-elektrikli-ve-elektronik-ekipman-aeer-geri-donusumu/> (19.07.2022).
- Arıkan, M. (2017). "İş Yükü Dengelemeli İkinci Tip Basit Montaj Hattı Dengeleme Problemi için Bir Tabu Arama Algoritması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32/4, 1169-1180.
- Asghari, M. and Al-e-hashem, S. M. J. M. (2021). "Green Vehicle Routing Problem: A State-of-The-Art Review", *International Journal of Production Economics*, 231/107899, 1-28.
- Athanasios, T. (2019). *The Importance of Green Logistics for The Environmental and Economic Sustainability of The Firms*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Uluslararası Helenik Üniversitesi Ekonomi İşletme ve Hukuk Okulu, Selanik.
- Atmaca, E. (2012). "Bir Kargo Şirketinde Araç Rotalama Problemi ve Uygulaması", *TÜBAV Bilim Dergisi*, 5/2, 12-27.
- Augerat, P., Naddef, D., Belenguer, J. M., Benavent, E., Corberan, A., and Rinaldi, G. (1995). "Computational Results with a Branch and Cut Code for The Capacitated Vehicle Routing Problem", *Institute for Systems Analysis and Computer Science*, Fransa, 1-30.
- Ayadi, R., ElIdrissi, A. E., Benadada, Y. and Alaoui, A. E. H. (2014). "Evolutionary Algorithm for A Green Vehicle Routing Problem with Multiple Trips", *International Conference on Logistics Operations Management*, 148-154, Rabat, Fas.
- Aydoğmuş Yumurtacı, H. (2011). *Değişken Komşuluk Arama Sezgisel Yaklaşımı ve Tedarik Zinciri Yönetiminde Bir Uygulama*, (Basılmamış Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ayhan, E. (2021). *Kan Tedarik Zinciri Dağıtım Ağı Modellemesi ve Hibrit Genetik Algoritma ile Çözümü*, (Basılmamış Doktora Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bakır, M. ve Altunkaynak, B. (2003). *Tamsayılı Programlama Teori, Modeller ve Algoritmalar*, Nobel Yayınları, Ankara.

- Barbarosoğlu, G. and Özgür, D. (1999). "A Tabu Search Algorithm for The Vehicle Routing Problem", *Computers & Operations Research*, 26/3, 255-270.
- Bayrak, A. (2016). *Bölünmüş Talepli Eş Zamanlı Topla Dağıt Araç Rotalama Problemi ve Önerilen Çözüm Yaklaşımları*, (Basılmamış Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bekdaş, D. ve Ersoy, H. (2022). "Metasezgisel Algoritmalarla Portföy Optimizasyonu: BİST30 Uygulaması", *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7/1, 164-176.
- Bektaş, T. and Laporte, G. (2011). "The Pollution-Routing Problem", *Transportation Research Part B: Methodological*, 45/8, 1232-1250.
- Belbağ, S. (2017). "Yeşil Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi: Bir Literatür Taraması", *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19/1, 345-366.
- Bergmiller, G. G. (2006). *Lean Manufacturers Transcendence to Green Manufacturing: Correlating The Diffusion of Lean And Green Manufacturing*, (Basılmamış Doktora Tezi), University of South Florida College of Engineering, Florida.
- Blum, C. and Roli, A. (2003). "Metaheuristics in Combinatorial Optimization: Overview and Conceptual Comparison", *ACM*, 35/3, 268-308.
- Bogner, T. and Jellinek, R. (2021). "Eco-Driving Initiatives-The Key For Sustainable and Energy-Efficient Use of Motorized Vehicles", *The Odyssee-Mure Project*, October 2021/Policy Brief, 1-4.
- Bowersox, D. J., Closs D. J. and Cooper, M. B. (2002). *Supply Chain Logistics Management*, McGraw-Hill Press, Boston.
- Boyras, T. (2016). *Kimyasal Ajanla Kirletilmiş Bölgeden Felaketzede Tahliyesi İçin Tahliye Planlama Modeli*, (Basılmamış Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Boz, E. (2022). *Optimizasyon Algoritmaları ile Depolarda Sipariş Toplama Süreçleri Etkinliğinin Artırılması*, (Basılmamış Doktora Tezi), Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Bruglieri, M., Mancini, S., Pezzella, F. and Pisacane, O. (2016). "A New Mathematical Programming Model for The Green Vehicle Routing Problem", *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 55, 89-92.
- Bruglieri, M., Mancini, S. and Pisacane, O. (2019). "The Green Vehicle Routing Problem with Capacitated Alternative Fuel Stations", *Computers & Operations Research*, 112, 104759.
- Bruglieri, M., Ferone, D., Festa, P. and Pisacane, O. (2022). "A GRASP with Penalty Objective Function for The Green Vehicle Routing Problem with Private Capacitated Stations", *Computers & Operations Research*, 143, 1-11.
- Bulut, N. (2020). *Heterojen Filo Üzerinde Araç Rotalama Probleminin Melez Yaklaşımla Uyum Temalı Çözümü*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Büyüközkan, G. and Ilıcak, Ö. (2022). "Smart Urban Logistics: Literature Review and Future Directions", *Socio-Economic Planning Sciences*, 81/101197, 1-14.
- Cantão, L. A. P., Yamakami, A. and Cantão, R. F. (2022). "Capacited Vehicle Routing Problem with CO₂ Emission Minimization Considering Path Slopes", *Trends in Computational and Applied Mathematics*, 23/2, 439-469.
- Carter, C. R. and Carter, J. R. (1998). "Interorganizational Determinants of Environmental Purchasing: Initial Evidence from The Consumer Products Industries", *Decision Sciences*, 29/3, 659-684.

- Chen, P., Huang, H. K. and Dong, X. Y. (2010). "Iterated Variable Neighborhood Descent Algorithm for The Capacitated Vehicle Routing Problem", *Expert Systems with Applications*, 37/2, 1620-1627.
- Chen, L., Ma, H., Wang, Y. and Li, F. (2022). "Vehicle Routing Problem for The Simultaneous Pickup and Delivery of Lithium Batteries of Small Power Vehicles under Charging and Swapping Mode", *Sustainability*, 14/16, 1-23.
- Clarke, G. and Wright, J. W. (1964). "Scheduling of Vehicles From A Central Depot to A Number of Delivery Points", *Operations Research*, 12/4, 568-581.
- Connor, A.M. and Shea, K. (2000). "A Comparison of Semi-Deterministic and Stochastic Search Techniques". İçinde I.C. Parmee (Eds.), *Evolutionary Design and Manufacture*, 287-298, Springer, London.
- Cordeau, J. F., Gendreau, M., Laporte, G., Potvin, J. Y. and Semet, F. (2002). "A Guide to Vehicle Routing Heuristics", *Journal of The Operational Research Society*, 53/5, 512-522.
- Cosimato, S. and Troisi, O. (2015). "Green Supply Chain Management: Practices and Tools for Logistics Competitiveness and Sustainability. The DHL Case Study", *The TQM Journal*, 27/2, 256-276.
- Cömert, S. E., Yazgan, H. R., Sertvuran, İ. ve Şengül, H. (2018). "Sıkı Zaman Pencereli Araç Rotalama Probleminin Çözümü için Yeni Bir Yöntem Önerisi ve Bir Süpermarket Zincirinde Uygulanması", *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22/2, 685-694.
- Cömert, S., Yazgan, H. and Türk, G. (2022). "Hopfield Neural Network Based on Clustering Algorithms for Solving Green Vehicle Routing Problem", *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 13/4, 573-586.
- CSCMP, (2013). "Supply Chain Management Definitions and Glossary", *Council for Supply Chain Management Professionals*, https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx (07.07.2022).
- Cuturela, S. C. and Manole, A. (2013). "A Short Historical Perspective on The Evolution of Logistics and its Implications for Globalization", *Romanian Statistical Review*, 61/3, 188-198.
- Çakar, T. ve Özer S. (2015). "İmalat Sistemlerinin Tasarımında Nörotik Tavlama Benzetimi Yaklaşımının Kullanılması", *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16/1, 35-42.
- Çakır Esen, T. E. (2022). *Tedarik Zinciri Dağıtım Ağı Kapsamında Depo Yeri Seçimi Probleminin ve Araç Rotalama Probleminin Bütünleşik Çözümü*, (Basılmamış Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Çalışkan, G. (2020). *Uçak İniş Operasyonları için Meta Sezgisel Yaklaşımlar Kullanarak Online Çizelgeleme Uygulaması Çalışması*, (Basılmamış Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Çam, S. (2009). "Ürün Satın Alırken Kazanılır", *Dünya Gazetesi*, <https://www.dunya.com/gundem/urun-satin-alirken-kazanilir-haberi-67276> (31.08.2023).
- Çetinkaya, Z. (2022). "Çevre Dostu Taşımacılık için Destek Verilecek", *Anadolu Ajansı*, <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/cevre-dostu-tasimacilik-icin-destek-verilecek/2599155> (07.07.2022).
- Çınar, D., Gakis, K. and Pardalos, P. M. (2015). "Reduction of CO₂ Emissions in Cumulative Multi-Trip Vehicle Routing Problems with Limited Duration", *Environmental Modeling & Assessment*, 20/4, 273-284.

- Çiçekli, U. G. (2012). *Çok Kriterli Dağıtım Rotası Probleminin Melez Bir Model ile Optimizasyonu*, (Basılmamış Doktora Tezi), Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Çivril, H. (2009). *Hemşire Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma ile Çözümü*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Dabia, S., Demir, E. and Woensel, T. V. (2017). “An Exact Approach for a Variant of The Pollution-Routing Problem”, *Transportation Science*, 51/2, 607-628.
- Dantzig, G. B. and Ramser, J. H. (1959). “The Truck Dispatching Problem”, *Management Science*, 6/1, 80-91.
- Dearden, L. (2015). “World's Largest Plane Graveyard of US Military Fighters in Desert can Now be Explored Online in Amazing Interactive Map”, *The Independent*, <https://www.independent.co.uk/news/world/americas/world-s-largest-plane-graveyard-of-us-military-fighters-in-desert-can-now-be-explored-online-a151656.html> (03.09.2023).
- da Costa, P. R. D. O., Mauceri, S., Carroll, P. and Pallonetto, F. (2018). “A Genetic Algorithm For a Green Vehicle Routing Problem”, *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 64, 65-74.
- de Brito, M. (2003). “Managing Reverse Logistics or Reversing Logistics Management?”, *The Erasmus University Rotterdam*, https://repub.eur.nl/pub/1132/EPS2004035LIS_9058920585_DEBRITO.pdf (07.07.2022).
- de Souza, E. D., Kerber, J. C., Bouzon, M. and Rodriguez, C. M. T. (2022). “Performance Evaluation of Green Logistics: Paving The Way Towards Circular Economy”. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, Volume 3/100019, 1-12.
- Değertekin, S. Ö., Ülker, M. ve Hayalioğlu, M. S. (2006). “Uzay Çelik Çerçevelerin Tabu Arama ve Genetik Algoritma Yöntemleriyle Optimum Tasarımı”, *Teknik Dergi*, 17/83, 3917-3934.
- Deif, A. M. (2011). “A System Model for Green Manufacturing”, *Journal of Cleaner Production*, 19/14, 1553-1559.
- Delice Ayan, T. (2020). *Gıda Sektöründe Yeşil Lojistik Uygulamalarının İşletmelerin Lojistik Performansları Üzerindeki Etkisi*, (Basılmamış Doktora Tezi), Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Demir, A. S. (2002). *Tavlama Benzetimi Algoritması ile Tesis Yerleşim Düzenlemesi ve TÜVASAŞ Fabrikasında Bir Uygulama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Demir, E., Bektaş, T. and Laporte, G. (2012). “An Adaptive Large Neighborhood Search Heuristic for The Pollution-Routing Problem”, *European Journal of Operational Research*, 223/2, 346-359.
- Demircioğlu, M. (2009). *Araç Rotalama Probleminin Sezgisel Bir Yaklaşım ile Çözülmesi Üzerine Bir Uygulama*, (Basılmamış Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Dengiz, A. Ö. (2021). *Evde Sağlık Hizmetleri Çizelgeleme ve Rotalama Problemi: Matematiksel Modeller ve Meta-Sezgisel Algoritmalar*, (Basılmamış Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dethloff, J. (2001). “Vehicle Routing and Reverse Logistics: The Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-Up”, *OR-Spektrum*, 23/1, 79-96.
- Dewi, S. K. and Utama, D. M. (2021). “A New Hybrid Whale Optimization Algorithm for Green Vehicle Routing Problem”, *Systems Science & Control Engineering*, 9/1, 61-72.

- DHL, (2022). "Sustainability", *Deutsche Post DHL Express*, <https://www.dhl.com/gb-en/home/about-us/sustainability.html> (20.07.2022).
- Dowlatshahi, S. (2000). "Developing A Theory of Reverse Logistics", *Interfaces*, 30/3, 143-155.
- Dumitrescu, I. and Stützle, T. (2009). "Usage of Exact Algorithms to Enhance Stochastic Local Search Algorithms". İçinde V. Maniezzo, T. Stützle and S. Voß (Eds.), *Matheuristics. Annals of Information Systems*, 103-134, Springer, Boston.
- Dursun, Ö.O. (2017). *Havayolu ve Karayolu Araç Filosu ile Bir Araç Rotalama Problemi için Matematiksel Model Önerisi*, (Basılmamış Doktora Tezi), Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Dutta, J., Barma, P. S., Mukherjee, A., Kar, S., De, T., Pamučar, D. and Garbinčius, G. (2022). "Multi-Objective Green Mixed Vehicle Routing Problem under Rough Environment", *Transport*, 37/1, 51-63.
- Eker, A. F. (2020). *Bulanık C ve K-Ortalamalarla Başlangıç Çözümü Oluşturulmuş Tavlama Benzetimi Hibrit Algoritması ile Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Probleminin Çözümü*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Eker, A. F., Çil, A. Y. ve Çil İ. (2022). "Bulanık C-Ortalama Algoritması ile Başlangıç Çözümü İyileştirilmiş Tavlama Benzetimi Algoritması ile Kapasiteli Araç Rotalama Problemi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 37/2, 783-798.
- Ekmekçi, D. (2019). *Ağ ve Araç Rotalarının Optimizasyonu İçin Meta-Sezgisel Bir Çözüm Önerisi*, (Basılmamış Doktora Tezi), Karabük Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Karabük.
- Ekol, (2023a). "Yeşil Lojistik", *Ekol Lojistik*, <https://www.ekol.com/tr/lojistik/yesil-lojistik/> (23.09.2023).
- Ekol, (2023b). "Yeşil Lojistik", *Ekol Lojistik*, <https://www.ekol.com/tr/lojistik/yesil-lojistik/odul-belgeler/> (23.09.2023).
- Ekol, (2023c). "Yeşil Lojistik", *Ekol Lojistik*, <https://www.ekol.com/tr/lojistik/yesil-lojistik/filo/> (23.09.2023).
- Elbasan, S. (2015). *Karbon Ayak İzini Dikkate Alan Eşzamanlı Topla-Dağıt Araç Rotalama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- El Bouzekri El Idrissi, E. and Elhilali Alaoui, A. (2014). "Evolutionary Algorithm for The Bi-Objective Green Vehicle Routing Problem", *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5/9, 70-77.
- Erbaşı, A. (2019). "Yeşil Örgütsel Davranış Ölçeği: Bir Ölçek Geliştirme Çalışması", *Istanbul Management Journal*, 30/86, 1-23.
- Erdem Demirtaş, Y. (2015). *Dinamik Araç Rotalama Problemine Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması Çözüm Önerisi*, (Basılmamış Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Erdoğan, S. and Miller-Hooks, E. (2012). "A Green Vehicle Routing Problem", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48/1, 100-114.
- Erdoğan, K. and Karabulut, K. (2022). "Bi-Objective Green Vehicle Routing Problem", *International Transactions in Operational Research*, 29/3, 1602-1626.
- Erol, V. (2006). *Araç Rotalama Problemleri için Populasyon ve Komşuluk Tabanlı Metasezgisel Bir Algoritmanın Tasarımı ve Uygulaması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Ersoy Mirici, M. ve Berberoğlu, S. (2022). “Türkiye Perspektifinde Yeşil Mutabakat ve Karbon Ayak İzi: Tehdit Mi? Fırsat Mi?”, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8/1, 156-164.
- Ene, S., Küçüköğlü, İ., Aksoy, A. and Öztürk, N. (2016). “A Hybrid Metaheuristic Algorithm for The Green Vehicle Routing Problem with A Heterogeneous Fleet”, *International Journal of Vehicle Design*, 71/1-4, 75-102.
- Eshtehadi, R., Fathian, M., Pishvae, M. S. and Demir, E. (2018). “A Hybrid Metaheuristic Algorithm for The Robust Pollution-Routing Problem”, *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 11/1, 244-257.
- Eyüboğlu, G. ve Bastı, M. (2017). “Tersine Lojistikte Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri: Türk Gıda Sektörü Örneği”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16/31, 279-296.
- Felipe, Á., Ortuño, M. T., Righini, G. and Tirado, G. (2014). “A Heuristic Approach for The Green Vehicle Routing Problem with Multiple Technologies and Partial Recharges”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 71, 111-128.
- Ferreira, J. C., Steiner, M. T. A. and Canciglieri Junior, O. (2020). “Multi-Objective Optimization for The Green Vehicle Routing Problem: A Systematic Literature Review and Future Directions”, *Cogent Engineering*, 7/1, 1-33.
- Ferreira, K. M., de Queiroz, T. A. and Toledo, F. M. B. (2021). “An Exact Approach for The Green Vehicle Routing Problem with Two-Dimensional Loading Constraints and Split Delivery”, *Computers & Operations Research*, 136/105452, 1-27.
- Ferreira, J. C. and Steiner, M. T. A. (2021). “A Bi-Objective Green Vehicle Routing Problem: A New Hybrid Optimization Algorithm Applied to A Newspaper Distribution”, *Journal of Geographic Information System*, 13/4, 410-433.
- Figliozzi, M. A. (2010). “Vehicle Routing Problem for Emissions Minimization”, *Transportation Research Record*, 2197/1, 1-7.
- Figliozzi, M. A. (2011). “The Impacts of Congestion on Time-Definitive Urban Freight Distribution Networks CO₂ Emission Levels: Results from A Case Study in Portland, Oregon”, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19/5, 766-778.
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Van der Laan, E., Van Nunen, J. A. and Van Wassenhove, L. N. (1997). “Quantitative Models for Reverse Logistics: A Review”, *European Journal of Operational Research*, 103/1, 1-17.
- Fleischmann, M., Krikke, H. R., Dekker, R. and Flapper, S. D. P. (2000). “A Characterisation of Logistics Networks for Product Recovery”, *Omega*, 28/6, 653-666.
- Franceschetti, A., Honhon, D., Van Woensel, T., Bektaş, T. and Laporte, G. (2013). “The Time-Dependent Pollution-Routing Problem”, *Transportation Research Part B: Methodological*, 56/2013, 265-293.
- Froger, A., Jabali, O., Mendoza, J. E. and Laporte, G. (2022). “The Electric Vehicle Routing Problem with Capacitated Charging Stations”, *Transportation Science*, 56/2, 460-482.
- Gajpal, Y. and Abad, P. (2009). “An Ant Colony System (ACS) for Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup”, *Computers & Operations Research*, 36/12, 3215-3223.
- Garip, Z. (2018). *Mobil Robotların Yol Planması için Meta-Sezgisel Hibrit Algoritmalar Geliştirilmesi ve Uygulanması*, (Basılmamış Doktora Tezi), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

- Gendreau, M., Hertz, A. and Laporte, G. (1992). "New Insertion and Postoptimization Procedures for The Traveling Salesman Problem", *Operations Research*, 40/6, 1086-1094.
- Gendreau, M. and Potvin, J.Y. (2014). "Tabu Search". İçinde E.K. Burke and G. Kendall (Eds.), *Search Methodologies*, 252-263, Second Edition, Springer, Boston, MA.
- Geyik, F. (2000). *Atölye Tipi Çizelgeleme İçin Uzman-Tabu Arama Modeli*, (Basılmamış Doktora Tezi), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Glover, F. (1986). "Future Paths for Integer Programming and Links to Artificial Intelligence", *Computers & Operations Research*, 13/5, 533-549.
- Glover, F. (1989). "Tabu Search-Part I", *ORSA Journal on Computing*, 1/3, 190-206.
- Glover, F. (1990). "Tabu Search: A Tutorial", *Interfaces*, 20/4, 74-94.
- Golden, B. L., Wasil, E. A., Kelly, J. P. and Chao, I. M. (1998). "The Impact of Metaheuristics on Solving The Vehicle Routing Problem: Algorithms, Problem Sets, and Computational Results". İçinde T.G. Crainic and G. Laporte, *Fleet Management and Logistics*, 33-56, Springer, Boston, MA.
- Göçmen, E. (2019). *İntermodal Ağda Bütünleşik Yük Konsolidasyonu ve Taşıma Modu Seçimi Probleminin Optimizasyon Modelleri*, (Basılmamış Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Groër, C., Golden, B. and Wasil, E. (2010). "A Library of Local Search Heuristics for The Vehicle Routing Problem", *Mathematical Programming Computation*, 2/2, 79-101.
- Gülsün, B., Tuzkaya, G. and Bildik, E. (2008). "Reverse Logistics Network Design: A Simulated Annealing Approach", *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 26/1, 68-80.
- Hans, I. (2011). "Green Supply Chains: a New Priority for Supply Chain Managers", http://researchspace.csir.co.za/dspace/bitstream/handle/10204/5224/Ittmann_2011.pdf?sequence=1 (07.07.2022).
- Harris, I., Sanchez-Rodrigues V., Naim, M. and Mumford C. (2015). "Restructuring Road Freight Networks Within Supply Chains". İçinde A. McKinnon, M. Browne, A. Whiteing and M. Piecyk (Eds.), *Green Logistics: Improving The Environmental Sustainability of Logistics*, Kogan Page Publishers, London.
- Haznedar, B. (2017). *Benzetilmiş Tavlama Algoritması ile Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sisteminin (Anfis) Eğitilmesi*, (Basılmamış Doktora Tezi), Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Hesar, A. S. and Houshmand, M. (2023). "A Memetic Quantum-Inspired Genetic Algorithm Based on Tabu Search", *Evolutionary Intelligence*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s12065-023-00866-8>
- Huang, Y., Shi, C., Zhao, L. and Van Woensel, T. (2012). "A Study on Carbon Reduction in the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickups and Deliveries", *International Conference On Service Operations, Logistics and Informatics*, Suzhou, Çin, 302-307.
- IEA, (2023). "United States", *International Energy Agency*, <https://www.iea.org/countries/united-states> (28.08.2023).
- İlhan, İ. (2021). "An Improved Simulated Annealing Algorithm with Crossover Operator for Capacitated Vehicle Routing Problem", *Swarm and Evolutionary Computation*, 64/100911, 1-15.
- Jabir, E., Panicker, V. V. and Sridharan, R. (2015). "Multi-Objective Optimization Model for A Green Vehicle Routing Problem", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 189, 33-39.

- Jaramillo, J. R. (2011). "The Green Vehicle Routing Problem", *Southeastern INFORMS Proceedings*, South Carolina, Amerika Birleşik Devletleri, 470-477.
- Jefimovaitė, L. and Vienažindienė, M. (2021). "Modeling The Implementation of Green Logistics Principles: Theoretical Aspect", *Public Security and Public Order*, 26/2021, 93-107.
- Jemai, J., Zekri, M. and Mellouli, K. (2012). "An NSGA-II Algorithm for The Green Vehicle Routing Problem", *European Conference on Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization*, Berlin, Germany, 37-48.
- Kabadurmuş, Ö., Erdoğan, M. S., Özkan, Y. and Köseoğlu, M. (2019). "A Multi-Objective Solution of Green Vehicle Routing Problem", *Logistics, Supply Chain, Sustainability and Global Challenges*, 10/1, 31-44.
- Kabadurmuş, Ö. ve Erdoğan, M. S. (2023). "Karbon Salınımını Azaltan ve Hizmet Kalitesini Arttıran İki Amaçlı Yeşil Araç Rotalama Problemi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38/1, 103-112.
- Kancharla, S. R. and Ramadurai, G. (2018). "Incorporating Driving Cycle Based Fuel Consumption Estimation in Green Vehicle Routing Problems", *Sustainable Cities and Society*, 40, 214-221.
- Karaboğa, D. (2011). *Yapay Zekâ Optimizasyon Algoritmaları*, Nobel Akademi Yayıncılık, Ankara.
- Karagül, K., Şahin, Y., Aydemir, E. and Oral, A. (2019). "A Simulated Annealing Algorithm Based Solution Method for A Green Vehicle Routing Problem with Fuel Consumption". İçinde T. Paksoy, G.W. Weber and S. Huber (Eds.), *Lean and Green Supply Chain Management*, 161-187, Springer, Cham.
- Katsigiannis, Y. A., Georgilakis, P. S. and Karapidakis, E. S. (2012). "Hybrid Simulated Annealing-Tabu Search Method for Optimal Sizing of Autonomous Power Systems with Renewables", *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 3/3, 330-338.
- Kayij, E. N., Makubikua, J. L. and Busili, J. D. K. (2023). "New Hybrid Algorithm Based on BicriterionAnt for Solving Multiobjective Green Vehicle Routing Problem", *American Journal of Operations Research*, 13/3, 33-52.
- Keçeci, B. (2014). *Heterojen Eş-Zamanlı Topla-Dağıt Araç Rotalama Problemi için Matematiksel Modeller ve Sezgisel Yaklaşımlar*, (Basılmamış Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kendall, G. (2016). "AI Methods Simulated Annealing", *The University of Manchester*, <http://syllabus.cs.manchester.ac.uk/pgt/2017/COMP60342/lab3/Kendall-simulatedannealing.pdf> (01.08.2022).
- Keskintürk, T., Topuk, N. ve Özyeşil, O. (2016). "Araç Rotalama Problemleri ve Çözüm Yöntemleri", *İşletme Bilimi Dergisi*, 3/2, 77-107.
- Kızılateş, G. (2013). *Gezgin Satıcı Problemleri ve Çözüm Algoritmaları Üzerine*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kirkpatrick, S., Gelatt Jr, C. D. and Vecchi, M. P. (1983). "Optimization by Simulated Annealing", *Science*, 220/4598, 671-680.
- Kirkpatrick, S. (1984). "Optimization by Simulated Annealing: Quantitative Studies", *Journal of Statistical Physics*, 34/5, 975-986.
- Klimecka-Tatar, D., Ingaldi, M. and Obrecht, M. (2021). "Sustainable Development in Logistic-A Strategy for Management in Terms of Green Transport", *Management Systems in Production Engineering*, 29/2, 91-96.

- Kishita, Y., Ohishi, Y., Uwasu, M., Kuroda, M., Takeda, H. and Hara, K. (2016). "Evaluating The Life Cycle CO₂ Emissions and Costs of Thermoelectric Generators for Passenger Automobiles: A Scenario Analysis", *Journal of Cleaner Production*, 126, 607-619.
- Kobayashi, H. (2005). "Strategic Evolution of Eco-Products: A Product Life Cycle Planning Methodology", *Research in Engineering Design*, 16/2005, 1-16.
- Koç, Ç. ve Özceylan, E. (2018). "Yeşil ve Elektrikli Araç Rotalama Problemleri Üzerine Bir Literatür Taraması ve Araştırma Öngörülleri", *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 17/3, 1041-1053.
- Koçak, R. D. (2020). "Lojistiğin Tarihsel Gelişimi: Askeri Gereksinimden İşletme Lojistiğine ve Tedarik Zinciri Yönetimine Evrilme Süreci", *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 15/58, 246-258.
- Konstantakopoulos, G. D., Gayialis, S. P., Kechagias, E. P., Papadopoulos, G. A. and Tatsiopoulos, I. P. (2021). "An Algorithmic Approach for Sustainable and Collaborative Logistics: A Case Study in Greece", *International Journal of Information Management Data Insights*, 1/1, 1-7.
- Kopfer, H.W. and Kopfer, H. (2013). "Emissions Minimization Vehicle Routing Problem in Dependence of Different Vehicle Classes". İçinde H. J. Kreowski, B. Scholz-Reiter and K.D. Thoben (Eds.) *Dynamics in Logistics. Lecture Notes in Logistics*, 49-58, Springer, Berlin.
- Kumar, S. and Malegeant, P. (2006). "Strategic Alliance in A Closed-Loop Supply Chain, A Case of Manufacturer and Eco-Non-Profit Organization", *Technovation*, 26/10, 1127-1135.
- Kundakçı, N. (2013). *Üretim Sistemlerinde Dinamik İş Çizelgeleme Problemlerinin Sezgisel Yöntemlerle Çözülmesi*, (Basılmamış Doktora Tezi), Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Kuo, Y. and Wang, C. C. (2011). "Optimizing The VRP by Minimizing Fuel Consumption", *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 22/4, 440-450.
- Kurt, M. (2008). *Çoklu Depolu Araç Rotalama Problemleri için Bir Karınca Kolonisi Optimizasyonu Algoritmasının Tasarımı ve Uygulaması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Küçüköğlü, İ., Ene, S., Aksoy, A. and Öztürk, N. (2015). "A Memory Structure Adapted Simulated Annealing Algorithm for a Green Vehicle Routing Problem", *Environmental Science and Pollution Research*, 22/5, 3279-3297.
- Kwak, S. Y., Cho, W. S., Seok, G. A. and Yoo, S. G. (2020). "Intention to Use Sustainable Green Logistics Platforms", *Sustainability*, 12/8, 1-17.
- Lambert, D., Stock, J. R. and Ellram, L. M. (1998). *Fundamentals of Logistics Management*, McGraw-Hill Press, Boston.
- Laporte, G., Gendreau, M., Potvin, J. Y. and Semet, F. (2000). "Classical and Modern Heuristics for The Vehicle Routing Problem". *International Transactions in Operational Research*, 7/4-5, 285-300.
- Larina, I. V., Larin, A. N., Kiriliuk, O. and Ingaldi, M. (2021). "Green Logistics-Modern Transportation Process Technology", *Production Engineering Archives*, 27/3, 184-190.
- Leung, S. W., Yuen, S. Y. and Chow, C. K. (2012). "Parameter Control System of Evolutionary Algorithm that is Aided by The Entire Search History", *Applied Soft Computing*, 12/9, 3063-3078.

- Li, F., Golden, B. and Wasil, E. (2007). "The Open Vehicle Routing Problem: Algorithms, Large-Scale Test Problems, and Computational Results". *Computers & Operations Research*, 34/10, 2918-2930.
- Li, Y., Soleimani, H. and Zohal, M. (2019). "An Improved Ant Colony Optimization Algorithm for The Multi-Depot Green Vehicle Routing Problem with Multiple Objectives", *Journal of Cleaner Production*, 227, 1161-1172.
- Li, X., Sohail, S., Majeed, M. T. and Ahmad, W. (2021). "Green Logistics, Economic Growth, and Environmental Quality: Evidence from One Belt and Road Initiative Economies", *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 30664-30674.
- Lin, C., Choy, K. L., Ho, G. T., Chung, S. H. and Lam, H. Y. (2014). "Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and Future Trends", *Expert Systems with Applications*, 41/4, 1118-1138.
- Lin, J., Zhou, W. and Wolfson, O. (2016). "Electric Vehicle Routing Problem", *Transportation Research Procedia*, 12, 508-521.
- Liu, X. H., Shan, M. Y., Zhang, R. L. and Zhang, L. H. (2018). "Green Vehicle Routing Optimization Based on Carbon Emission and Multiobjective Hybrid Quantum Immune Algorithm", *Mathematical Problems in Engineering*, 2018, 1-10.
- Liu, X. X., Liu, D., Yang, Q., Liu, X. F., Yu, W. J. and Zhang, J. (2021). "Comparative Analysis of Five Local Search Operators on Visiting Constrained Multiple Traveling Salesmen Problem", *IEEE Symposium Series on Computational Intelligence*, 1-8, Florida, USA.
- Liu, Z., Chen, Y. and Qin, J. (2022). "The Pollution-Routing Problem with One General Period of Congestion", *Journal of Modelling in Management*, 18/5, 1529-1560.
- Liu, F., Lu, C., Gui, L., Zhang, Q., Tong, X. and Yuan, M. (2023). "Heuristics for Vehicle Routing Problem: A Survey and Recent Advances", *arXiv preprint arXiv*, 2303.04147, 1-67.
- Macrina, G. and Guerriero, F. (2018). "The Green Vehicle Routing Problem with Occasional Drivers", İcinde P. Daniele and L. Scrimali (Eds.), *New Trends in Emerging Complex Real Life Problems*, 357-366, Springer, Cham.
- Macrina, G., Laporte, G., Guerriero, F. and Pugliese, L. D. P. (2019). "An Energy-Efficient Green-Vehicle Routing Problem with Mixed Vehicle Fleet, Partial Battery Recharging and Time Windows", *European Journal of Operational Research*, 276/3, 971-982.
- Madankumar, S. and Rajendran, C. (2018). "Mathematical Models for Green Vehicle Routing Problems with Pickup and Delivery: A Case of Semiconductor Supply Chain", *Computers & Operations Research*, 89, 183-192.
- Maka, A. O. and Alabid, J. M. (2022). "Solar Energy Technology and Its Roles in Sustainable Development", *Clean Energy*, 6/3, 476-483.
- Mancini, S. (2017). "The Hybrid Vehicle Routing Problem", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 78, 1-12.
- Midilli, A., Dincer, I. and Ay, M. (2006). "Green Energy Strategies For Sustainable Development", *Energy Policy*, 34/18, 3623-3633.
- Mohsin, A. K. M., Tushar, H., Hossain, S. F. A., Chisty, K. K. S., Iqbal, M. M., Kamruzzaman, M. and Rahman, S. (2022). "Green Logistics and Environment, Economic Growth in The Context of The Belt and Road Initiative", *Heliyon*, 8/6, 1-7.
- Moghdani, R., Salimifard, K., Demir, E. and Benyettou, A. (2021). "The Green Vehicle Routing Problem: A Systematic Literature Review", *Journal of Cleaner Production*, 279/123691, 1-19.

- Montoya, A., Guéret, C., Mendoza, J. E. and Villegas, J. G. (2016). “A Multi-Space Sampling Heuristic for The Green Vehicle Routing Problem”, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 70, 113-128.
- Morsi, H., Yong, K. L. and Jewell, A. P. (2004). “Evaluation of The Taguchi Methods for The Simultaneous Assessment of The Effects of Multiple Variables in The Tumour Microenvironment”, *Int Semin Surg Oncol*, 20, 1-9.
- Moutaoukil, A., Neubert, G. and Derrouiche, R. (2014). “A Comparison of Homogeneous and Heterogeneous Vehicle Fleet Size in Green Vehicle Routing Problem”, *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, Ajaccio, France, 450-457.
- Murphy, J. (2018). “Is The Arctic Set to Become A Main Shipping Route?”, *British Broadcasting Corporation*, <https://www.bbc.com/news/business-45527531> (07.07.2022).
- Nakiboğlu, G. (2007). “Tersine Lojistik: Önemi ve Dünyadaki Uygulamaları”, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9/2, 181-196.
- Narasimha, K. V., Kivelevitch, E., Sharma, B. and Kumar, M. (2013). “An Ant Colony Optimization Technique for Solving Min–Max Multi-Depot Vehicle Routing Problem”, *Swarm and Evolutionary Computation*, 13/2013, 63-73.
- Nath, R., Rauniyar, A., Muhuri, P. K. and Shukla, A. K. (2018). “A Novel Bilevel Formulation for Pollution Routing Problem”, *IEEE Symposium Series on Computational Intelligence*, 586-562, Bangalore, Hindistan.
- NATO, (2012). *Logistics Handbook*, Brussels.
- Niu, Y., Yang, Z., Chen, P. and Xiao, J. (2018). “Optimizing The Green Open Vehicle Routing Problem with Time Windows by Minimizing Comprehensive Routing Cost”, *Journal of Cleaner Production*, 171, 962-971.
- Niwa, K. (2014). “Fujitsu Group’s Green Logistics Activities”, *Fujitsu Scientific&Technical Journal*, 50/4, 99-103.
- Normasari, N. M. E., Yu, V. F. and Bachtihar, C. (2019). “A Simulated Annealing Heuristic for The Capacitated Green Vehicle Routing Problem”, *Mathematical Problems in Engineering*, 2019, 1-18.
- Oğuz, N. S. and Akarslan Kodaloğlu, F. (2022). “Applications of Taguchi Experimental Design Method in The Field of Textile”, *International Journal of Engineering and Innovative Research*, 4/2, 134-142.
- Olgun, B., Koç, Ç. and Altıparmak, F. (2021). “A Hyper Heuristic for The Green Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery”, *Computers & Industrial Engineering*, 153/2021, 1-20.
- Onan, A. (2013). “Metasezgisel Yöntemler ve Uygulama Alanları”, *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17/2, 113-128.
- Osman, I. H. and Christofides, N. (1994). “Capacitated Clustering Problems by Hybrid Simulated Annealing and Tabu Search”, *International Transactions in Operational Research*, 1/3, 317-336.
- Özdemir, M. (2002). *Evolutionary Computing for Feature Selection and Predictive Data Mining*, Rensselaer Polytechnic Institute, Engineering Science, New York.
- Özdemir, M. (2023). “Turlayan Satıcı Problemi”, <https://sites.google.com/adu.edu.tr/ahm/turlayan-sat%C4%B1c%C4%B1-problemi-tsp> (23.07.2023).
- Özden, G., (2016). *Çapraz Sevkiyatta Kapı Atama ve Kamyon Çizelgeleme Problemine Yönelik Bir Karar Destek Sistemi*, (Basılmamış Doktora Tezi), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

- Öztaş, T. (2021). *Eş Zamanlı Topla Dağıt Araç Rotalama Probleminin Çözümü için Bir Hibrit Meta Sezgisel Algoritma Önerisi*, (Basılmamış Doktora Tezi), Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Patoghi, A., Shakeri, Z. and Setak, M. (2017). "A Time Dependent Pollution Routing Problem in Multi-Graph", *International Journal of Engineering*, 30/2, 234-242.
- Peng, B., Zhang, Y., Gajpal, Y. and Chen, X. (2019). "A Memetic Algorithm for The Green Vehicle Routing Problem", *Sustainability*, 11/21, 1-20.
- Pınar, E. ve Yakışan, M. (2018). "İlkokul Öğrencilerinin Çevre Kavramları ile İlgili Çizimlerinin Analizi", *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8/1, 97-113.
- Pirlot, M. (1996). "General Local Search Methods", *European Journal of Operational Research*, 92/3, 493-511.
- Poonthalir, G. and Nadarajan, R. (2018). "A Fuel Efficient Green Vehicle Routing Problem with Varying Speed Constraint (F-GVRP)", *Expert Systems with Applications*, 100, 131-144.
- Prakash, R. and Pushkar, S. (2022). "Green Vehicle Routing Problem: Metaheuristic Solution with Time Window", *Expert Systems*, e13007, 1-13.
- Pu, X., Lu, X. and Han, G. (2022). "An Improved Optimization Algorithm for A Multi-Depot Vehicle Routing Problem Considering Carbon Emissions", *Environmental Science and Pollution Research*, 29/36, 54940-54955.
- Qin, G. Y., Tao, F. M. and Li, L. X. (2019). "A Green Vehicle Routing Optimization Model with Adaptive Vehicle Speed Under Soft Time Window", *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 1-5, Macao, Çin.
- Qiu, R., Xu, J., Ke, R., Zeng, Z. and Wang, Y. (2020). "Carbon Pricing Initiatives-Based Bi-Level Pollution Routing Problem", *European Journal of Operational Research*, 286/1, 203-217.
- Ramazanoğlu, C. (2021). *Pandemi Döneminde Lojistik Yönetimi için RFID Uygulamasının Önemi*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Yeditepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Ren, X., Huang, H., Feng, S. and Liang, G. (2020). "An Improved Variable Neighborhood Search for Bi-Objective Mixed-Energy Fleet Vehicle Routing Problem", *Journal of Cleaner Production*, 275/2020, 1-16.
- Ren, X., Feng, S., Wu, X. and Qi, J. (2021). "Mixed-Energy Fleet Pollution-Routing Problem with Time Windows", *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 783-787, Singapur.
- Rodrigue, J. P., Slack, B. and Comtois, C. (2001). "Green Logistics". İçinde A.M. Brewer (Eds.), *Handbook of Logistics And Supply-Chain Management*, 339-350, Elsevier, Amsterdam.
- Rogers, D. S., and Tibben-Lembke, R. S. (2001). "An Examination of Reverse Logistics", *Journal of Business Logistics*, 2/6, 129-148.
- Romeo, F. and Sangiovanni-Vincentelli, A. (1991). "A Theoretical Framework for Simulated Annealing", *Algorithmica*, 6, 302-345.
- Sadati, M. E. H. and Çatay, B. (2021). "A Hybrid Variable Neighborhood Search Approach for The Multi-Depot Green Vehicle Routing Problem", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 149/2021, 1-17.
- Sağdıç, N. ve Sayın, A. A. (2020). "Lojistik Sektörü İş Gücü Profillinin Değerlendirilmesi: Karaman İli Örneği", *Turkish Studies- Economics, Finance, Politics*, 15/3, 1579-1606.

- Saka, O. C., Gürel, S. and Woensel, T. V. (2017). "Using Cost Change Estimates in A Local Search Heuristic for The Pollution Routing Problem", *OR Spectrum*, 39/2, 557-587.
- Salimifard, K. and Raeesi, R. (2014). "A Green Routing Problem: Optimising CO₂ Emissions and Costs from A Bi-Fuel Vehicle Fleet", *International Journal of Advanced Operations Management*, 6/1, 27-57.
- Sarkis, J. (2003). "A Strategic Decision Framework for Green Supply Chain Management", *Journal of Cleaner Production*, 11/4, 397-409.
- Saroaha, R. (2014). "Green Logistics & Its Significance in Modern Day Systems", *International Review of Applied Engineering Research*, 4/1, 89-92.
- Sawik, B., Faulin, J. and Pérez-Bernabeu, E. (2017). "Selected Multi-Criteria Green Vehicle Routing Problems". İçinde K.D. Lawrence and G. Kleinman (Eds.), *Applications of Management Science*, 57-83, Emerald Publishing Limited, UK.
- Sbihi, A. and Eglese, R. W. (2007). "Combinatorial Optimization and Green Logistics", *4OR*, 5/2, 99-116.
- Seroka-Stolka, O. (2014). "The Development of Green Logistics for Implementation Sustainable Development Strategy in Companies", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 151, 302-309.
- Sertsöz, M. (2012). *Raylı Sistemlerde Enerji Verimliliği*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Shamdasani, P., Chon-Lin, G. O. and Richmond, D. (1993). "Exploring Green Consumers in An Oriental Culture: Role of Personal and Marketing Mix Factors", *ACR North American Advances*, 20/1, 488-493.
- Shrivastava, S. and Shrivastava, R.L. (2017). "A Systematic Literature Review on Green Manufacturing Concepts in Cement Industries", *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34/1, 68-90.
- Simopoulos, D. N., Kavatza, S. D. and Vournas, C. D. (2006). "Unit Commitment by An Enhanced Simulated Annealing Algorithm", *IEEE Transactions on Power Systems*, 21/1, 193-201.
- Sohns, T. M., Aysolmaz, B., Figge, L. and Joshi, A. (2023). "Green Business Process Management for Business Sustainability: A Case Study of Manufacturing Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs) From Germany", *Journal of Cleaner Production*, 401/136667, 1-13.
- Solomon, M. M. (1987), "Algorithms for The Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints", *Operations Research*, 35/2, 254-265.
- Srisorn, W. (2013). "The Benefit of Green Logistics To Organization", *International Journal of Economics and Management Engineering*, 7/8, 2451-2454.
- Su, Y. and Fan, Q. M. (2020). "The Green Vehicle Routing Problem from A Smart Logistics Perspective", *IEEE Access*, 8, 839-846.
- Suzuki, Y. and Kabir, Q. S. (2015). "Green Vehicle Routing for Small Motor Carriers", *Transportation Journal*, 54/2, 186-212.
- Süral, H. (2003). "Gezgin Satıcı Problemi", *Matematik Dünyası*, 2/3, 37-40.
- Şahin, R. (2004). *Çok Kriterli Dinamik Tesis Düzenleme Probleminin Tavlama Benzetimi ile Çözülmesi*, (Basılmamış Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şahin, Y. ve Eroğlu, A. (2014). "Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi için Metasezgisel Yöntemler: Bilimsel Yazın Taraması", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19/4, 337-355.

- Şahin, Y. (2014). *Depo Operasyonları ve Sipariş Dağıtım Faaliyetlerinin Sezgisel Yöntemler Kullanarak Eş Zamanlı Optimizasyonu*, (Basılmamış Doktora Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Şahin, Y., Karagül, K. ve Aydemir, E. (2021). "Heterojen Filolu Yeşil Araç Rotalama Probleminin Tavlama Benzetimi Yöntemi ile Çözümü", *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9/6, 65-82.
- Şeker, Ö. ve Alakaş, H. M. (2019). "Bir Lojistik Firması için Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile İç Anadolu Bölgesinde Depo Yeri Seçimi", *Academic Perspective Procedia*, 2/3, 841-850.
- Şeker, Ş. (2007). *Araç Rotalama Problemleri ve Zaman Pencere Stokastik Araç Rotalama Problemine Genetik Algoritma Yaklaşımı*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tajik, N., Tavakkoli-Moghaddam, R., Vahdani, B. and Mousavi, S. M. (2014). "A Robust Optimization Approach for Pollution Routing Problem with Pickup and Delivery under Uncertainty", *Journal of Manufacturing Systems*, 33/2, 277-286.
- Tan, Y., Deng, L., Li, L. and Yuan, F. (2019). "The Capacitated Pollution Routing Problem with Pickup and Delivery in The Last Mile", *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 31/4, 1193-1215.
- Tan, S. Y. and Yeh, W. C. (2021). "The Vehicle Routing Problem: State-of-The-Art Classification and Review", *Applied Sciences*, 11/21, 1-28.
- Tarantilis, C. D., Ioannou, G. and Prastacos, G. (2005). "Advanced Vehicle Routing Algorithms for Complex Operations Management Problems", *Journal of Food Engineering*, 70/3, 455-471.
- Tanyaş, M (2015). *İstanbul Lojistik Sektör Analizi Raporu*, MÜSİAD Araştırma Raporları, Mavi Ofset, İstanbul.
- Tekbaş, H. (2011). *Esnek Sipariş Tipi Üretim Sistemlerinde Müşteri Siparişlerinin Çizelgelenmesi*, (Basılmamış Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Teng, L. and Zhang, Z. (2016). "Green Vehicle Routing Problem with Load Factor", *Advances in Transportation Studies*, 3/Special, 75-82.
- Thierry, M., Salomon, M., Van Nunen, J. and Van Wassenhove, L. (1995). "Strategic Issues in Product Recovery Management", *California Management Review*, 37/2, 114-136.
- Tiwari, K. V. and Sharma, S. K. (2023). "An Optimization Model for Vehicle Routing Problem in Last-Mile Delivery", *Expert Systems with Applications*, 222/2023, 1-15.
- Toksoy, M. S. (2021). *Kapasite Kısıtlı Yer Seçimi ve Araç Rotalama Problemi ve Bir Metasezgisel Çözüm Önerisi*, (Basılmamış Doktora Tezi), Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Tosun, S., Öztürk, A., Demir, H. ve Kuru, L. (2012). "Kuru Tip Transformatörün Tabu Arama Algoritması Yöntemi ile Ağırlık Optimizasyonu", *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 1/1, 17-26.
- Toth, P. and Vigo, D. (2002). "An Overview of Vehicle Routing Problems". İçinde P. Toth, and D. Vigo (Eds.), *The Vehicle Routing Problem*, 29-51, *SIAM Society for Industrial and Applied Mathematics*, Philadelphia.
- Tran, D. T., Wong, W. K., Moslehpour, M. and Xuan, Q. L. H. (2019). "Speculating Environmental Sustainability Strategy for Logistics Service Providers Based on DHL Experiences", *Journal of Management Information and Decision Sciences*, 22/4, 415-443.

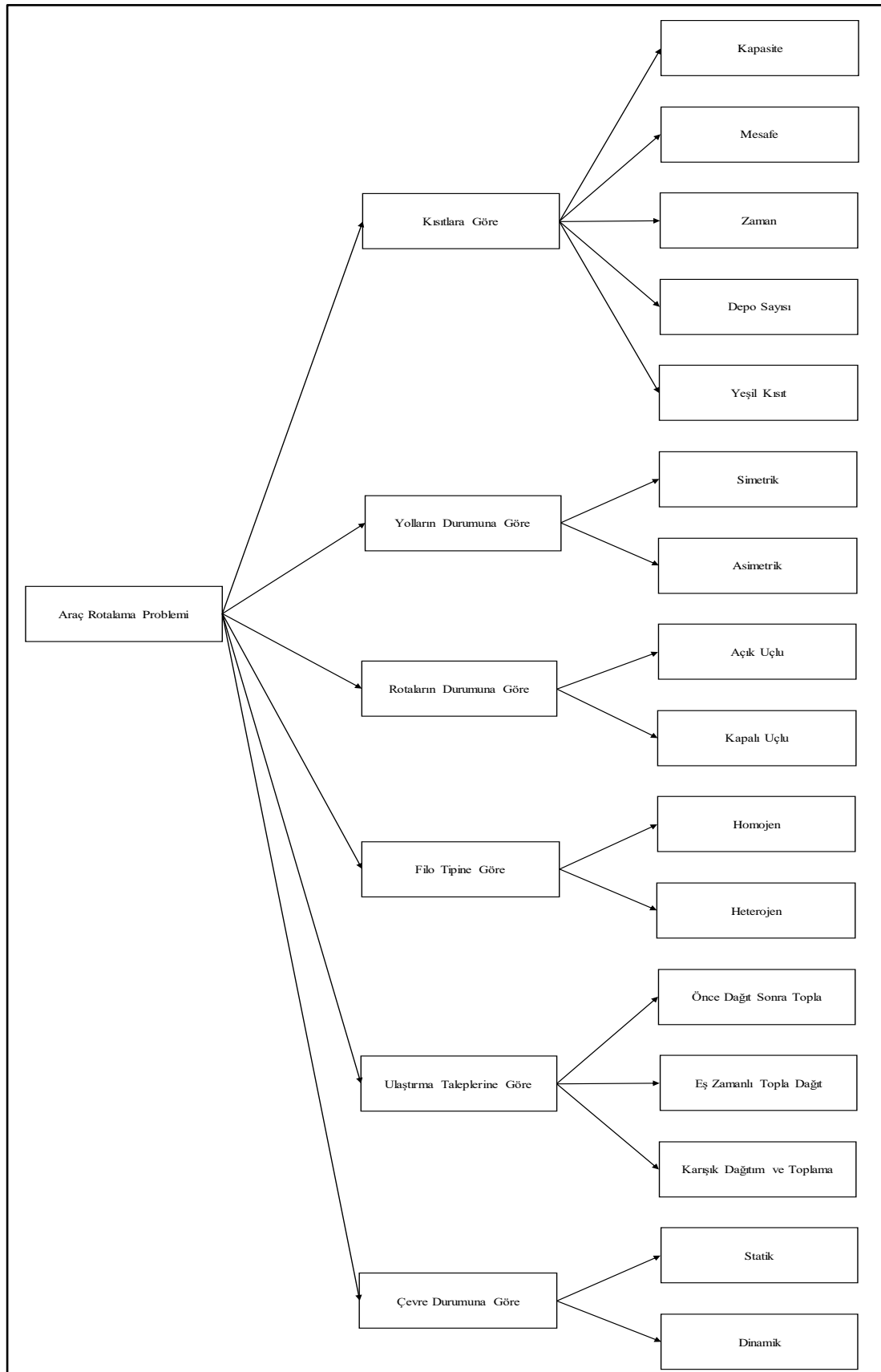
- TRT, (2019). “İklim Değişikliği ve Canlılar”, *Türk Radyo ve Televizyonu*, <https://interaktif.trthaber.com/2019/iklim/iklim-degisikligi-ve-canlilar/> (07.07.2022).
- Tunga, H., Bhaumik, A. and Kar, S. (2017). “A Method for Solving Bi-Objective Green Vehicle Routing Problem (G-VRP) Through Genetic Algorithm”, *Journal of The Association of Engineers*, 1/2, 33-48.
- Turhan, E. (2015). *Yeşil Lojistik ve Bir Örnek Uygulama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Tükenmez, İ. ve Kaya O. (2021). “Alternatif Yol ve Hız Seçimleri İçeren Sürdürülebilir Araç Rotalama Problemi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36/4, 2037-2052.
- Tümsekçali, E. (2020). *Heterojen Ürün Çeşitli ve Heterojen Araç Filolu Yeşil Araç Rotalama Problemi için Gıda Sektöründe Genetik Algoritma Uygulaması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Türk Dil Kurumu, (2005). *Türkçe Sözlük*, 10.Baskı, Ankara.
- Türkay, A.B. (2015). *Yeşil Satın Alma ve Yeşil Tedarikçi Seçimi*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ubeda, S., Arcelus, F. J. and Faulin, J. (2011). “Green Logistics at Eroski: A Case Study”, *International Journal of Production Economics*, 131/1, 44-51.
- Uğraş, S. (2005). *Hücreli İmalat Sisteminde Verimlilik Bazlı Etkili Bir Yaklaşım: Tavlama Benzetimi Uygulaması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Utama, D. M., Widodo, D. S., Ibrahim, M. F. and Dewi, S. K. (2020). “A New Hybrid Butterfly Optimization Algorithm for Green Vehicle Routing Problem”, *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 1-14.
- Utama, D. M., Safitri, W. O. N. and Garside, A. K. (2022). “A Modified Camel Algorithm for Optimizing Green Vehicle Routing Problem with Time Windows”, *Jurnal Teknik Industri*, 24/1, 23-35.
- Van Wassenhove, L. N. (2006). “Humanitarian Aid Logistics: Supply Chain Management in High Gear”, *Journal of The Operational Research Society*, 57/5, 475-489.
- Wadhwa, S., Madaan, J. and Chan, F. T. S. (2009). “Flexible Decision Modeling of Reverse Logistics System: A Value Adding MCDM Approach for Alternative Selection”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 25/2, 460-469.
- Wang, J., Yao, S., Sheng, J. and Yang, H. (2019). “Minimizing Total Carbon Emissions In an Integrated Machine Scheduling and Vehicle Routing Problem”, *Journal of Cleaner Production*, 229/2019, 1004-1017.
- Wang, S., Han, C., Yu, Y., Huang, M., Sun, W. and Kaku, I. (2022a). “Reducing Carbon Emissions for The Vehicle Routing Problem by Utilizing Multiple Depots”, *Sustainability*, 14/3, 1-18.
- Wang, H., Li, M., Wang, Z., Li, W., Hou, T., Yang, X., Zhao Z., Wang, Z. and Sun, T. (2022b). “Heterogeneous Fleets for Green Vehicle Routing Problem with Traffic Restrictions”, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 24/8, 8667-8676.
- Widmer, M., Hertz, A., and Costa, D. (2008). “Metaheuristics and Scheduling.”. İçinde P. Lopez and F. Roubellat (Eds.), *Production Scheduling*, 33-68, Wiley, London.
- Wu, C. Y., Visitarrom, T. and Chiang, T. C. (2018). “Green Vehicle Routing Problem: The Trade-Off Between Travel Distance and Carbon Emissions”, *15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision*, 1659-1664, Singapur.

- Xiao, Y., Zhao, Q., Kaku, I. and Xu, Y. (2012). "Development of A Fuel Consumption Optimization Model for The Capacitated Vehicle Routing Problem", *Computers & Operations Research*, 39/7, 1419-1431.
- Xiao, Y. and Konak, A. (2015). "A Simulating Annealing Algorithm to Solve The Green Vehicle Routing & Scheduling Problem with Hierarchical Objectives and Weighted Tardiness", *Applied Soft Computing*, 34, 372-388.
- Xiao, Y., Zuo, X., Huang, J., Konak, A. and Xu, Y. (2020). "The Continuous Pollution Routing Problem", *Applied Mathematics and Computation*, 387/2020, 1-19.
- Xiu, G. and Chen, X. (2012). "Research on Green Logistics Development at Home and Abroad". *Journal of Computers*, 7/11, 2765-2772.
- Yang, X. S. and Deb, S. (2009). "Cuckoo Search Via Lévy Flights", *2009 World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing (NaBIC)*, 210-214, Coimbatore, India.
- Yao, Q., Zhu, S. and Li, Y. (2022). "Green Vehicle-Routing Problem of Fresh Agricultural Products Considering Carbon Emission", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19/14, 1-17.
- Yavuz, M. (2017). "An Iterated Beam Search Algorithm for The Green Vehicle Routing Problem", *Networks*, 69/3, 317-328.
- Yıldız, C. (2020). *Lojistik Sektöründe Yalın 6 Sigma Uygulaması: Ekol Lojistik Örneği*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Okan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Yu, V. F., Perwira Redi, A. A. N., Hidayat, Y. A. and Wibowo, O., J. (2017). "A Simulated Annealing Heuristic for The Hybrid Vehicle Routing Problem", *Applied Soft Computing*, 53, 119-132.
- Yu, V. F., Redi, A. A. N., Jewpanya, P., Lathifah, A., Maghfiroh, M. F. and Masruroh, N. A. (2019). "A Simulated Annealing Heuristic for The Heterogeneous Fleet Pollution Routing Problem", İçinde X. Liu (Eds.), *Environmental Sustainability in Asian Logistics and Supply Chains*, 171-204, Springer, Singapur.
- Yu, Z., Zhang, P., Yu, Y., Sun, W. and Huang, M. (2020). "An Adaptive Large Neighborhood Search for The Larger-Scale Instances of Green Vehicle Routing Problem with Time Windows", *Complexity*, 2020, 1-14.
- Zengin, E. and Akunal, E. V. O. (2017). "Green Logistics Practices in Turkey", *Journal of Management Marketing and Logistics*, 4/2, 116-124.
- Zhang, G. and Zhao, Z. (2012). "Green Packaging Management of Logistics Enterprises", *Physics Procedia*, 24/2012, 900-905.
- Zhang, S., Lee, C. K., Chan, H. K., Choy, K. L. and Wu, Z. (2015). "Swarm Intelligence Applied in Green Logistics: A Literature Review", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 37/2015, 154-169.
- Zhang, S., Gajpal, Y. and Appadoo, S. S. (2018). "A Meta-Heuristic for Capacitated Green Vehicle Routing Problem", *Annals of Operations Research*, 269, 753-771.
- Zhang, W., Gajpal, Y., Appadoo, S. S. and Wei, Q. (2020). "Multi-Depot Green Vehicle Routing Problem to Minimize Carbon Emissions", *Sustainability*, 12/8, 1-19.
- Zhou, L., Baldacci, R., Vigo, D. and Wang, X. (2018). "A Multi-Depot Two-Echelon Vehicle Routing Problem with Delivery Options Arising in The Last Mile Distribution", *European Journal of Operational Research*, 265/2, 765-778.
- Zhu, L. and Hu, D. (2019). "Study on The Vehicle Routing Problem Considering Congestion and Emission Factors", *International Journal of Production Research*, 57/19, 6115-6129.

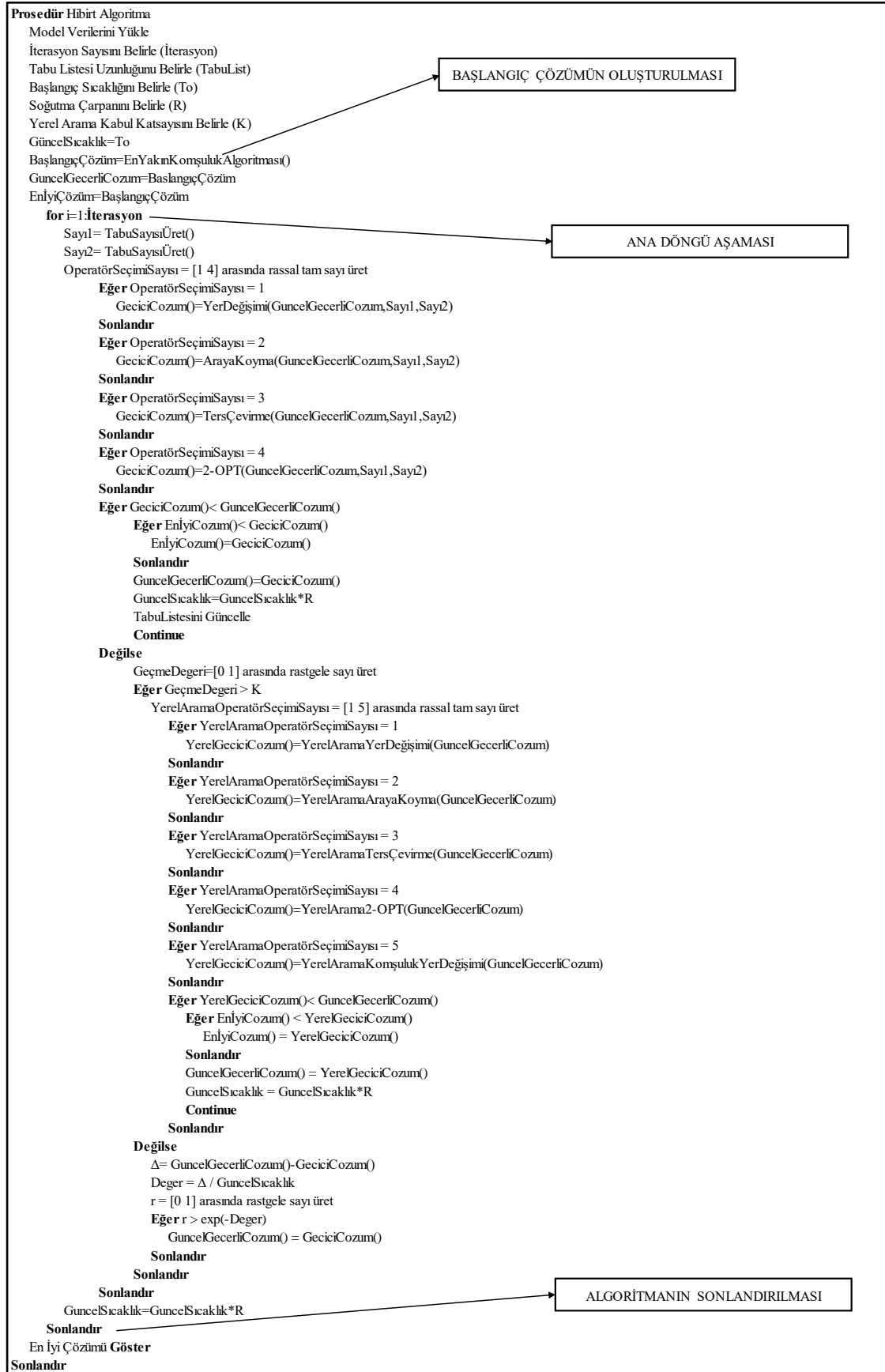
- Zhu, T., Boyles, S. D. and Unnikrishnan, A. (2022). "Electric Vehicle Traveling Salesman Problem with Drone with Partial Recharge Policy", *arXiv preprint arXiv*, 2205.13735, 1-34.
- Zsidisin, G. A. and Hendrick, T. E. (1998). "Purchasing's Involvement in Environmental Issues: A Multi-Country Perspective", *Industrial Management & Data Systems*, 98/7, 313-320.

EKLER

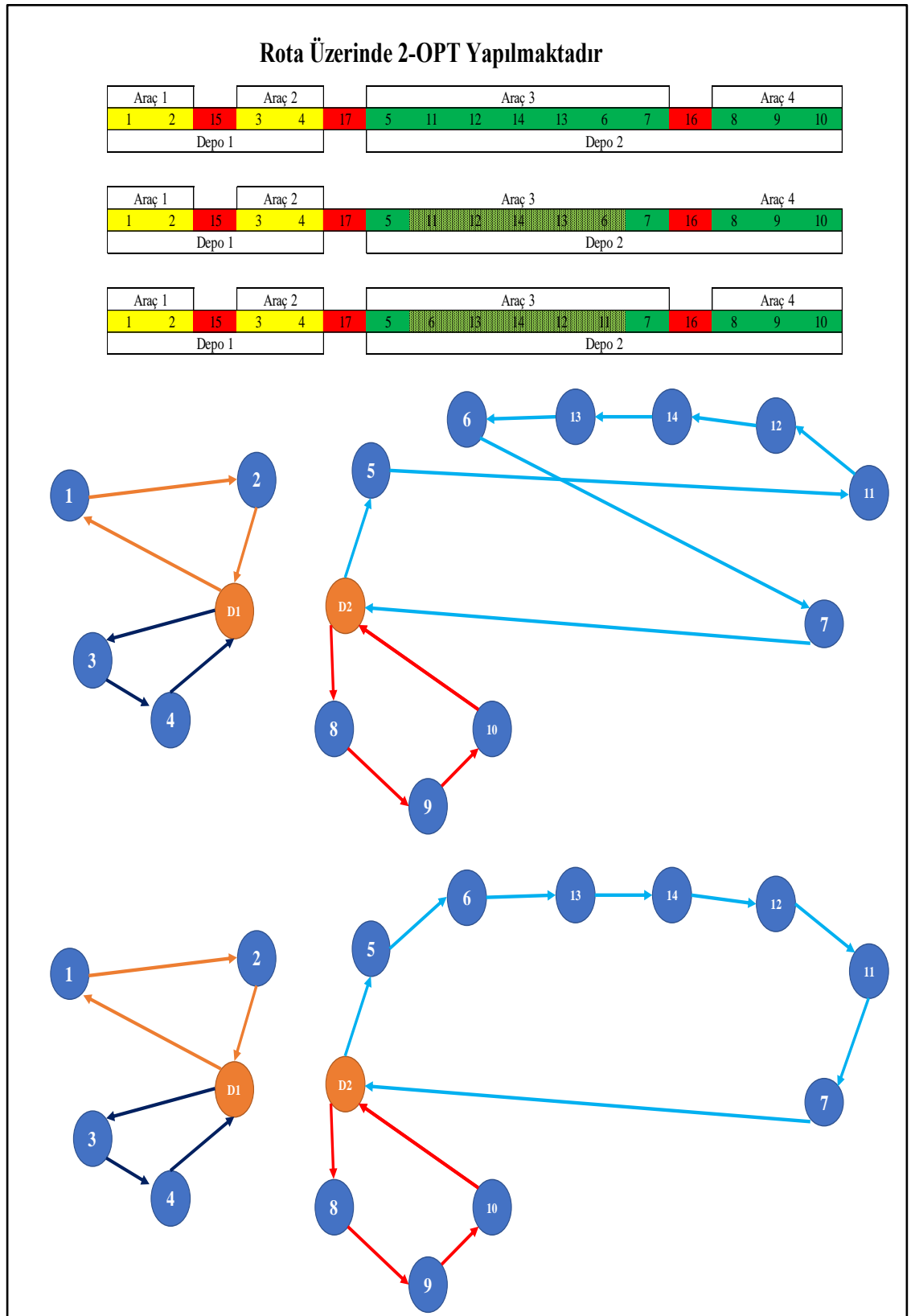
Ek 1. Araç Rotalama Problemleri Türleri



Ek 2. Hibrit Algoritmaya Ait Sözde Kod



Ek 3. 2-opt Operatörünün Gösterimi



Ek 4. Küçük Problem için Mesafe Matrisi (metre)

	Müşteri 1	Müşteri 2	Müşteri 3	Müşteri 4	Müşteri 5	Müşteri 6	Müşteri 7	Müşteri 8	Müşteri 9	Müşteri 10	Müşteri 11	Müşteri 12
Müşteri 1	0	330322	239090	360775	166925	166545	170611	322988	239822	395454	385620	306635
Müşteri 2	330322	0	188108	121836	165583	165853	244579	97023	185782	162467	159262	99447
Müşteri 3	239090	188108	0	291945	156247	155841	80241	117426	2345	165761	155575	103241
Müşteri 4	360775	121836	291945	0	201814	202342	329283	218284	289787	281708	279532	218614
Müşteri 5	166925	165583	156247	201814	0	585	149267	182651	155229	265105	256669	168444
Müşteri 6	166545	165853	155841	202342	585	0	148704	182607	154828	265022	256572	168371
Müşteri 7	170611	244579	80241	329283	149267	148704	0	192181	81884	245997	235811	176503
Müşteri 8	322988	97023	117426	218284	182651	182607	192181	0	115205	83746	76456	16516
Müşteri 9	239822	185782	2345	289787	155229	154828	81884	115205	0	164168	153983	100969
Müşteri 10	395454	162467	165761	281708	265105	265022	245997	83746	164168	0	10186	96741
Müşteri 11	385620	159262	155575	279532	256669	256572	235811	76456	153983	10186	0	88625
Müşteri 12	306635	99447	103241	218614	168444	168371	176503	16516	100969	96741	88625	0
Müşteri 13	402004	167557	171717	286226	271809	271727	251928	90305	170156	6731	16424	103425
Müşteri 14	170245	239470	77425	323881	144298	143737	5403	188105	78970	243135	232950	172331
Antalya Depo	341756	101402	132306	223197	200664	200636	208787	18809	130164	68055	61953	35140
Konya Depo	156011	179024	167822	208397	15221	15251	154497	197857	166934	280234	271758	183602

Ek 4. Küçük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 13	Müşteri 14	Antalya Depo	Konya Depo
Müşteri 1	402004	170245	341756	156011
Müşteri 2	167557	239470	101402	179024
Müşteri 3	171717	77425	132306	167822
Müşteri 4	286226	323881	223197	208397
Müşteri 5	271809	144298	200664	15221
Müşteri 6	271727	143737	200636	15251
Müşteri 7	251928	5403	208787	154497
Müşteri 8	90305	188105	18809	197857
Müşteri 9	170156	78970	130164	166934
Müşteri 10	6731	243135	68055	280234
Müşteri 11	16424	232950	61953	271758
Müşteri 12	103425	172331	35140	183602
Müşteri 13	0	249124	74363	286941
Müşteri 14	249124	0	204871	149753
Antalya Depo	74363	204871	0	320000
Konya Depo	286941	149753	320000	0

Ek 5. Küçük Problem için Müşterilere Ait Veriler

	Dağıtım Talebi (kg)	Toplama Talebi (kg)	Servis Zamanı (dk)
Müşteri 1	1800	120	30
Müşteri 2	2250	120	30
Müşteri 3	2500	80	30
Müşteri 4	1950	80	30
Müşteri 5	2200	80	30
Müşteri 6	2500	70	30
Müşteri 7	1500	120	30
Müşteri 8	2100	70	30
Müşteri 9	2000	60	30
Müşteri 10	1500	60	30
Müşteri 11	2500	70	30
Müşteri 12	2000	100	30
Müşteri 13	1790	70	30
Müşteri 14	2100	70	30

Ek 6. Küçük Problem için Araçlara Ait Veriler

	Taşıma Kapasitesi (kg)	Aracın Kullandığı Yakıtın Fiyatı (TL/litre)	Aracın Hızı (metre/dakika)	Aracın Yakıt Tüketim Oranı (litre/metre)	Aracın Değişken Maliyeti (TL/dakika)
Araç 1	3000	23,17	1416,333	0,000095	0,778
Araç 2	5000	23,17	1166,667	0,00012	0,916
Araç 3	5000	23,17	1166,667	0,00012	0,916
Araç 4	7000	23,17	1083,333	0,0001725	1,190
Araç 5	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832

Ek 7. Küçük Problem için Depolara Ait Arz Kapasitesi Verileri

	Arz Kapasitesi (kg)
Antalya Depo	13500
Konya Depo	19250

Ek 8. Küçük Problem için Araçların Buldukları Depolar

	Hangi Depoda Bulunduğu
Araç 1	Antalya Depo
Araç 2	Antalya Depo
Araç 3	Antalya Depo
Araç 4	Konya Depo
Araç 5	Konya Depo

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (metre)

	Müşteri 1	Müşteri 2	Müşteri 3	Müşteri 4	Müşteri 5	Müşteri 6	Müşteri 7	Müşteri 8	Müşteri 9	Müşteri 10	Müşteri 11	Müşteri 12
Müşteri 1	0	548	125592	82105	81704	85187	188675	180720	178679	178385	177072	176343
Müşteri 2	548	0	125754	81880	81504	84958	188755	180800	178760	178467	177153	176423
Müşteri 3	125592	125754	0	84169	80017	84340	67294	59626	57697	57308	56186	55565
Müşteri 4	82105	81880	84169	0	4306	3129	127699	120369	118474	118330	116981	116235
Müşteri 5	81704	81504	80017	4306	0	6019	124617	117214	115301	115146	113793	113045
Müşteri 6	85187	84958	84340	3129	6019	0	126329	119072	117196	117063	115718	114975
Müşteri 7	188675	188755	67294	127699	124617	126329	0	7960	9999	10307	11605	12332
Müşteri 8	180720	180800	59626	120369	117214	119072	7960	0	2040	2358	3647	4381
Müşteri 9	178679	178760	57697	118474	115301	117196	9999	2040	0	449	1607	2345
Müşteri 10	178385	178467	57308	118330	115146	117063	10307	2358	449	0	1360	2113
Müşteri 11	177072	177153	56186	116981	113793	115718	11605	3647	1607	1360	0	753
Müşteri 12	176343	176423	55565	116235	113045	114975	12332	4381	2345	2113	753	0
Müşteri 13	176090	176169	55382	115940	112751	114678	12586	4645	2615	2401	1043	300
Müşteri 14	175185	175265	54538	115099	111902	113847	13491	5548	3515	3279	1922	1171
Müşteri 15	330679	331156	254783	333860	329558	334916	261891	262174	262361	262050	262528	262788
Müşteri 16	152166	152577	233885	229594	227979	232709	300189	292896	291064	290650	289627	289056
Müşteri 17	125011	125465	201503	199733	197891	202825	267835	260528	258693	258280	257254	256681
Müşteri 18	348390	348854	266530	347350	343044	348237	268093	269052	269410	269127	269711	270029
Müşteri 19	348990	349449	265133	346427	342123	347259	265161	266291	266692	266418	267028	267361
Müşteri 20	152907	153205	46987	128853	124579	129437	80691	75844	74751	74307	73926	73717
Müşteri 21	153382	153682	47685	129528	125254	130116	81082	76280	75200	74756	74385	74181
Müşteri 22	152777	153075	46797	128669	124396	129252	80587	75728	74631	74187	73804	73593
Müşteri 23	153344	153643	47587	129443	125169	130029	80994	76188	75106	74662	74290	74086
Müşteri 24	190062	190578	232289	254093	251383	256990	292671	286418	284877	284433	283675	283250
Müşteri 25	62088	62134	184739	142053	142248	145019	249586	241629	239593	239279	237989	237272
Müşteri 26	71351	71555	186701	153408	153055	156476	253023	245112	243095	242754	241507	240814
Müşteri 27	108087	108627	155429	168822	166166	171735	220291	213265	211512	211086	210140	209612
Müşteri 28	30402	30927	128943	104609	103250	107735	195340	187443	185431	185085	183848	183159
Müşteri 29	91277	90743	160510	77235	81094	77840	202922	195962	194154	194053	192729	191997
Müşteri 30	170562	171005	242509	245410	243498	248495	307626	300592	298834	298408	297456	296924

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 13	Müşteri 14	Müşteri 15	Müşteri 16	Müşteri 17	Müşteri 18	Müşteri 19	Müşteri 20	Müşteri 21	Müşteri 22	Müşteri 23	Müşteri 24
Müşteri 1	176090	175185	330679	152166	125011	348390	348990	152907	153382	152777	153344	190062
Müşteri 2	176169	175265	331156	152577	125465	348854	349449	153205	153682	153075	153643	190578
Müşteri 3	55382	54538	254783	233885	201503	266530	265133	46987	47685	46797	47587	232289
Müşteri 4	115940	115099	333860	229594	199733	347350	346427	128853	129528	128669	129443	254093
Müşteri 5	112751	111902	329558	227979	197891	343044	342123	124579	125254	124396	125169	251383
Müşteri 6	114678	113847	334916	232709	202825	348237	347259	129437	130116	129252	130029	256990
Müşteri 7	12586	13491	261891	300189	267835	268093	265161	80691	81082	80587	80994	292671
Müşteri 8	4645	5548	262174	292896	260528	269052	266291	75844	76280	75728	76188	286418
Müşteri 9	2615	3515	262361	291064	258693	269410	266692	74751	75200	74631	75106	284877
Müşteri 10	2401	3279	262050	290650	258280	269127	266418	74307	74756	74187	74662	284433
Müşteri 11	1043	1922	262528	289627	257254	269711	267028	73926	74385	73804	74290	283675
Müşteri 12	300	1171	262788	289056	256681	270029	267361	73717	74181	73593	74086	283250
Müşteri 13	0	905	262973	288899	256524	270233	267570	73728	74194	73603	74098	283165
Müşteri 14	905	0	263077	288093	255717	270413	267769	73288	73760	73162	73664	282493
Müşteri 15	262973	263077	0	315336	296762	23501	28407	207799	207101	207989	207200	250744
Müşteri 16	288899	288093	315336	0	32383	338062	341370	231139	231166	231130	231201	74892
Müşteri 17	256524	255717	296762	32383	0	318912	321775	199490	199540	199475	199572	75883
Müşteri 18	270233	270413	23501	338062	318912	0	6453	219672	218977	219861	219072	274058
Müşteri 19	267570	267769	28407	341370	321775	6453	0	218383	217689	218571	217783	278051
Müşteri 20	73728	73288	207799	231139	199490	219672	218383	0	698	190	601	214589
Müşteri 21	74194	73760	207101	231166	199540	218977	217689	698	0	888	107	214389
Müşteri 22	73603	73162	207989	231130	199475	219861	218571	190	888	0	790	214642
Müşteri 23	74098	73664	207200	231201	199572	219072	217783	601	107	790	0	214455
Müşteri 24	283165	282493	250744	74892	75883	274058	278051	214589	214389	214642	214455	0
Müşteri 25	237029	236126	361186	115850	98933	381017	382535	205686	206059	205584	206039	174204
Müşteri 26	240587	239694	347595	94281	77323	368003	369813	202812	203121	202728	203112	152860
Müşteri 27	209478	208710	256610	82133	51246	277775	280041	149113	149125	149108	149163	85310
Müşteri 28	182936	182045	310296	125250	96467	329043	330090	147243	147608	147143	147590	159710
Müşteri 29	191698	190895	402897	236412	212689	418027	417620	203131	203778	202955	203701	280926
Müşteri 30	296788	296016	302577	23808	45823	325636	329277	235215	235172	235225	235217	55284

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 25	Müşteri 26	Müşteri 27	Müşteri 28	Müşteri 29	Müşteri 30	Müşteri 31	Müşteri 32	Müşteri 33	Müşteri 34	Müşteri 35	Müşteri 36
Müşteri 1	62088	71351	108087	30402	91277	170562	162735	183081	300974	304420	302654	304234
Müşteri 2	62134	71555	108627	30927	90743	171005	163183	183510	301398	304837	303075	304655
Müşteri 3	184739	186701	155429	128943	160510	242509	234344	257094	208373	209448	209164	210695
Müşteri 4	142053	153408	168822	104609	77235	245410	237226	258937	291047	292557	292011	293564
Müşteri 5	142248	153055	166166	103250	81094	243498	235292	257108	286763	288286	287732	289285
Müşteri 6	145019	156476	171735	107735	77840	248495	240307	262032	291671	293104	292606	294155
Müşteri 7	249586	253023	220291	195340	202922	307626	299570	322227	205600	204242	205448	206768
Müşteri 8	241629	245112	213265	187443	195962	300592	292512	315194	206805	205728	206764	208117
Müşteri 9	239593	243095	211512	185431	194154	298834	290747	313436	207235	206230	207223	208583
Müşteri 10	239279	242754	211086	185085	194053	298408	290322	313010	206966	205974	206959	208320
Müşteri 11	237989	241507	210140	183848	192729	297456	289364	312058	207597	206648	207607	208973
Müşteri 12	237272	240814	209612	183159	191997	296924	288829	311526	207942	207017	207961	209330
Müşteri 13	237029	240587	209478	182936	191698	296788	288691	311389	208155	207237	208177	209546
Müşteri 14	236126	239694	208710	182045	190895	296016	287916	310617	208370	207484	208404	209777
Müşteri 15	361186	347595	256610	310296	402897	302577	299122	311875	62024	67061	63606	62953
Müşteri 16	115850	94281	82133	125250	236412	23808	20339	32079	314603	320791	317219	318557
Müşteri 17	98933	77323	51246	96467	212689	45823	37806	59217	291039	296907	293553	294949
Müşteri 18	381017	368003	277775	329043	418027	325636	322064	335079	62807	65515	63377	62241
Müşteri 19	382535	369813	280041	330090	417620	329277	325583	338896	59573	61667	59884	58654
Müşteri 20	205686	202812	149113	147243	203131	235215	227506	249674	162239	163708	163171	164721
Müşteri 21	206059	203121	149125	147608	203778	235172	227472	249625	161558	163034	162492	164042
Müşteri 22	205584	202728	149108	147143	202955	235225	227514	249686	162424	163891	163355	164905
Müşteri 23	206039	203112	149163	147590	203701	235217	227516	249672	161646	163119	162579	164129
Müşteri 24	174204	152860	85310	159710	280926	55284	54914	61831	259776	266615	262582	263750
Müşteri 25	0	21818	110218	58499	124840	138425	132070	147839	340210	344603	342228	343774
Müşteri 26	21818	0	93109	57760	144234	116683	110270	126327	329728	334459	331863	333386
Müşteri 27	110218	93109	0	77952	199304	87335	79295	101936	244756	250231	247140	248592
Müşteri 28	58499	57760	77952	0	121633	142274	134268	155305	285006	289026	286890	288454
Müşteri 29	124840	144234	199304	121633	0	257005	249639	268316	364123	366174	365294	366866
Müşteri 30	138425	116683	87335	142274	257005	0	8304	14602	306107	312581	308810	310085

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 37	Müşteri 38	Müşteri 39	Müşteri 40	Müşteri 41	Müşteri 42	Müşteri 43	Müşteri 44	Müşteri 45	Müşteri 46	Müşteri 47	Müşteri 48
Müşteri 1	304768	303720	305044	328938	330531	232233	234817	237432	232398	138164	151001	151216
Müşteri 2	305191	304144	305467	329379	330972	232462	235040	237652	232623	137710	150557	150789
Müşteri 3	211903	210852	212131	239836	241468	109000	111170	113591	108867	157438	162469	156769
Müşteri 4	294658	293598	294896	322082	323720	189009	190575	192636	188505	80607	89472	86167
Müşteri 5	290376	289316	290615	317788	319426	185237	186842	188926	184755	84681	93349	89882
Müşteri 6	295270	294211	295506	322781	324418	188409	189921	191948	187873	78790	87351	83863
Müşteri 7	208504	207558	208660	237307	238839	73624	73555	74588	72299	179307	179229	171858
Müşteri 8	209799	208835	209964	238635	240185	77429	77701	78970	76251	173857	174244	166981
Müşteri 9	210251	209284	210419	239090	240644	78567	78918	80241	77425	172437	172943	165710
Müşteri 10	209986	209018	210155	238826	240380	78454	78825	80163	77321	172479	173021	165797
Müşteri 11	210630	209660	210800	239470	241027	79497	79908	81272	78383	171319	171921	164712
Müşteri 12	210983	210011	211153	239822	241381	80073	80507	81884	78970	170683	171318	164118
Müşteri 13	211198	210225	211368	240037	241596	80351	80789	82170	79250	170392	171034	163837
Müşteri 14	211422	210448	211594	240261	241822	80892	81362	82765	79806	169767	170463	163279
Müşteri 15	60747	61293	60749	40773	40453	197409	199634	200544	199364	411638	417208	411551
Müşteri 16	318011	317178	318302	332226	333481	312268	315805	318724	313351	289709	302798	303301
Müşteri 17	294561	293682	294855	310596	311926	281260	284759	287678	282290	263175	275983	275999
Müşteri 18	60282	61134	60171	32811	31621	200373	202233	202816	202254	423919	428882	422962
Müşteri 19	56798	57705	56662	28467	27116	196763	198536	199043	198624	422568	427342	421345
Müşteri 20	165834	164775	166070	193444	195080	83867	87078	89948	84569	204248	209450	203752
Müşteri 21	165154	164095	165390	192757	194393	83639	86864	89739	84356	204945	210148	204451
Müşteri 22	166019	164960	166255	193630	195267	83931	87138	90007	84629	204059	209260	203563
Müşteri 23	165241	164182	165477	192847	194483	83634	86857	89730	84348	204849	210050	204351
Müşteri 24	262836	262132	263116	272779	273862	286710	290427	293258	288162	325705	337686	336537
Müşteri 25	343983	342975	344271	365591	367113	288038	290887	293619	288412	183354	196952	199011
Müşteri 26	333470	332484	333762	354018	355506	286254	289276	292078	286778	201091	214579	216146
Müşteri 27	248382	247456	248676	266429	267840	230217	233738	236658	231278	241017	252780	251439
Müşteri 28	288797	287771	289081	311588	313147	229923	232835	235595	230350	167421	179981	179721
Müşteri 29	367813	366749	368064	394486	396121	266224	267756	269788	265703	62270	75728	79753
Müşteri 30	309387	308604	309676	321860	323043	314178	317794	320702	315387	308674	321562	321687

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 49	Müşteri 50	Müşteri 51	Müşteri 52	Müşteri 53	Müşteri 54	Müşteri 55	Müşteri 56	Müşteri 57	Müşteri 58	Müşteri 59	Müşteri 60
Müşteri 1	156382	151178	217020	216215	227653	33288	136521	168688	73463	85499	82310	73840
Müşteri 2	155946	150751	217092	216286	227727	33505	136899	169169	73192	85216	82021	73569
Müşteri 3	163465	156796	95529	94770	105720	152607	226383	117953	92491	93895	94882	92445
Müşteri 4	92686	86162	153619	152812	164127	115385	215808	182235	11239	10504	10756	10966
Müşteri 5	96440	89879	150799	149990	161345	114985	214463	178094	13917	14777	15019	13724
Müşteri 6	90423	83860	152009	151205	162483	118462	218936	183947	13556	9578	10802	13243
Müşteri 7	177716	171911	28519	27731	39043	217820	293343	160582	138533	134397	136738	138332
Müşteri 8	172958	167033	36456	35664	47000	209869	285858	156183	131131	127277	129554	130937
Müşteri 9	171717	165761	38485	37692	49036	207837	283972	155165	129216	125434	127694	129024
Müşteri 10	171811	165847	38812	38021	49350	207515	283571	154725	129061	125318	127570	128870
Müşteri 11	170741	164762	40084	39290	50640	206237	282491	154387	127708	123983	126230	127517
Müşteri 12	170156	164168	40794	39999	51358	205526	281889	154197	126959	123245	125489	126769
Müşteri 13	169877	163887	41033	40238	51604	205287	281715	154214	126665	122947	125192	126475
Müşteri 14	169332	163329	41934	41138	52507	204386	280884	153789	125816	122131	124368	125626
Müşteri 15	418243	411578	265302	265369	265209	336061	325446	162022	339259	344307	344390	339347
Müşteri 16	308334	303261	327383	326687	336821	123003	20121	184651	222984	235190	232252	223352
Müşteri 17	281294	275963	295080	294381	304558	98762	30403	157328	193703	205856	203025	194065
Müşteri 18	429603	422992	269050	269186	268026	355166	347824	180269	353287	357718	357985	353355
Müşteri 19	427968	421377	265521	265674	264285	356357	350844	181277	352538	356763	357089	352598
Müşteri 20	210444	203779	102783	102244	110536	173796	227592	80517	135951	139003	139598	135964
Müşteri 21	211142	204477	103052	102517	110760	174184	227680	80034	136614	139682	140273	136628
Müşteri 22	210254	203589	102712	102172	110478	173690	227567	80648	135771	138818	139415	135784
Müşteri 23	211043	204378	102977	102442	110691	174162	227706	80131	136532	139595	140188	136546
Müşteri 24	342390	336513	317022	316442	325090	169380	92159	147651	250413	261987	259616	250742
Müşteri 25	203054	198958	278055	277256	288628	32252	96517	202127	132292	143681	140352	132660
Müşteri 26	220523	216097	281535	280751	291964	38079	75201	191004	144444	156293	153032	144819
Müşteri 27	257364	251416	246866	246196	256023	94187	81002	108074	165122	176676	174314	165449
Müşteri 28	185142	179687	223843	223062	234248	27322	111218	148813	97736	109944	107002	98104
Müşteri 29	82217	79685	227265	226478	237454	114002	218486	244623	68044	68964	67056	68106
Müşteri 30	326929	321651	334133	333468	343208	143067	43877	181472	239497	251639	248822	239858

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 61	Müşteri 62	Müşteri 63	Müşteri 64	Müşteri 65	Müşteri 66	Müşteri 67	Müşteri 68	Müşteri 69	Müşteri 70	Müşteri 71	Müşteri 72
Müşteri 1	81719	88074	90916	72185	277745	267891	246704	149305	147745	146884	114892	115002
Müşteri 2	81413	87753	90382	71680	278292	268438	247250	148905	147341	146507	114879	114987
Müşteri 3	97736	101264	160391	138491	262564	261142	234401	147385	147290	138863	40210	40464
Müşteri 4	13572	18133	77157	56954	317139	311454	286661	79990	79032	74340	50739	50656
Müşteri 5	17792	22416	81007	60425	313364	307805	282930	83456	82550	77554	47260	47191
Müşteri 6	13725	17126	77776	58125	319382	313818	288948	77469	76552	71652	49882	49782
Müşteri 7	139576	140022	202912	184432	303433	305501	278355	161010	161737	151694	77983	77995
Müşteri 8	132408	133043	195944	177196	299778	301413	274264	156192	156847	146874	70384	70405
Müşteri 9	130553	131236	194135	175321	298936	300455	273309	154939	155575	145623	68427	68450
Müşteri 10	130431	131136	194034	175187	298505	300018	272871	155031	155661	145715	68244	68269
Müşteri 11	129092	129812	192708	173842	298289	299718	272573	153956	154577	144641	66885	66910
Müşteri 12	128352	129081	191976	173099	298164	299546	272403	153368	153983	144054	66133	66158
Müşteri 13	128054	128782	191677	172802	298208	299570	272428	153088	153702	143775	65843	65868
Müşteri 14	127232	127982	190874	171970	297852	299163	272023	152540	153145	143228	64976	65002
Müşteri 15	346948	351950	402671	379267	147933	165167	153335	402088	402037	393440	294969	295219
Müşteri 16	232173	238915	236027	221759	199929	182912	175486	301447	299900	298773	245310	245528
Müşteri 17	203137	209998	212307	196301	193410	178031	166045	273517	272041	270348	213435	213658
Müşteri 18	360616	365343	417815	394460	170827	188277	176819	413238	413285	404422	306509	306748
Müşteri 19	359743	364377	417413	394085	176258	193561	181566	411547	411624	402686	305008	305244
Müşteri 20	142352	146549	202972	180224	225046	225939	198810	194324	194251	185742	87172	87423
Müşteri 21	143025	147230	203619	180862	224512	225446	198314	195022	194949	186439	87871	88121
Müşteri 22	142168	146364	202796	180050	225189	226072	198944	194134	194061	185553	86983	87233
Müşteri 23	142940	147142	203542	180787	224614	225544	198412	194922	194849	186338	87771	88021
Müşteri 24	260360	267405	280555	262164	125591	108198	103139	332447	331191	327902	254965	255229
Müşteri 25	139168	144688	124458	114796	282995	269768	253215	199503	197729	198966	176924	177038
Müşteri 26	152179	158173	143849	132311	263824	250101	234443	215903	214190	214705	183543	183687
Müşteri 27	175080	182126	198947	179213	174213	162385	143839	247190	245951	242593	172841	173091
Müşteri 28	106949	113732	121270	102460	249305	238840	218372	177060	175594	173912	127621	127788
Müşteri 29	64136	62919	386	23646	366370	357537	335280	83752	81803	86816	127704	127598
Müşteri 30	248950	255817	256621	241384	180813	163217	158106	319302	317817	316169	257269	257502

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 73	Müşteri 74	Müşteri 75	Müşteri 76	Müşteri 77	Müşteri 78	Müşteri 79	Müşteri 80	Müşteri 81	Müşteri 82	Müşteri 83	Müşteri 84
Müşteri 1	125343	164123	164337	134207	127311	133803	36734	25946	15140	17385	11984	230493
Müşteri 2	125356	164600	164813	134511	127618	134109	36355	25715	15354	17690	12274	230848
Müşteri 3	34627	113234	112918	234847	228256	234263	159186	151303	137673	137384	133916	125449
Müşteri 4	62499	177132	177047	215671	208739	215236	101437	100749	97234	99330	94025	209309
Müşteri 5	59089	172992	172902	214780	207843	214336	102481	101180	96843	98797	93548	205086
Müşteri 6	61531	178845	178751	218791	211859	218357	104162	103665	100312	102425	97114	209653
Müşteri 7	66158	156933	156434	302133	295549	301547	219528	213597	201882	202042	198106	122522
Müşteri 8	58524	152386	151904	294468	287868	293885	211637	205657	193923	194084	190146	122959
Müşteri 9	56560	151330	150853	292528	285923	291945	209607	203618	191884	192048	188108	123229
Müşteri 10	56373	150888	150410	292143	285541	291561	209350	203337	191577	191734	187800	122933
Müşteri 11	55014	150521	150047	291003	284395	290422	208007	202011	190279	190445	186503	123474
Müşteri 12	54261	150315	149843	290368	283757	289787	207262	201275	189558	189729	185782	123771
Müşteri 13	53972	150326	149855	290177	283564	289596	206994	201016	189312	189485	185535	123968
Müşteri 14	53102	149883	149415	289320	282706	288740	206092	200111	188408	188583	184632	124125
Müşteri 15	287868	166556	166345	347602	344745	346979	366050	352231	332953	330016	330584	139369
Müşteri 16	252006	183566	184163	41313	43251	40946	158194	147190	138784	135491	140795	278483
Müşteri 17	219917	155750	156325	50919	48079	50286	136285	123835	112754	109195	114264	249872
Müşteri 18	298763	184584	184323	369805	366808	369177	384151	370544	351323	348495	348829	146355
Müşteri 19	297076	185494	185213	372688	369593	372057	384893	371382	352195	349415	349650	143889
Müşteri 20	80533	76598	76127	240295	234267	239662	189077	178670	162074	160765	158563	81352
Müşteri 21	81226	76136	75663	240441	234422	239808	189571	179135	162509	161187	159003	80722
Müşteri 22	80346	76722	76253	240255	234223	239622	188942	178543	161955	160649	158443	81523
Müşteri 23	81122	76231	75758	240459	234439	239826	189529	179099	162478	161159	158971	80794
Müşteri 24	258507	148596	149225	115392	115902	114940	208038	194494	180369	176563	180986	240934
Müşteri 25	187223	198392	198765	85432	79315	85240	46809	41716	47866	47546	51623	277925
Müşteri 26	193107	187623	188045	66095	59591	65821	65462	56976	56212	54423	59555	271397
Müşteri 27	177706	106009	106556	98258	93595	97597	132197	117690	100854	97026	100638	199153
Müşteri 28	136564	144636	144937	112575	105647	112087	57516	42951	24074	20529	23053	219955
Müşteri 29	139271	239630	239683	210039	203708	209810	78780	89267	100718	104481	99945	284383
Müşteri 30	263139	181040	181659	64616	66981	64301	179432	167776	157911	154441	159605	276167

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 85	Müşteri 86	Müşteri 87	Müşteri 88	Müşteri 89	Müşteri 90	Müşteri 91	Müşteri 92	Müşteri 93	Müşteri 94	Müşteri 95	Müşteri 96
Müşteri 1	235481	240620	236355	239279	237474	87942	88287	85629	199374	195879	207209	208733
Müşteri 2	235837	240975	236712	239636	237827	87664	88041	85347	199910	196417	207417	208937
Müşteri 3	130274	134961	131187	134064	131343	93105	87204	93608	225395	221205	82886	84220
Müşteri 4	214188	218948	215104	218005	215350	10927	7130	10288	256535	252557	162301	163217
Müşteri 5	209970	214738	210886	213789	211143	15001	10352	14549	253470	249476	158532	159472
Müşteri 6	214513	219245	215428	218321	215637	9267	4354	9303	259284	255298	161705	162586
Müşteri 7	125941	128950	126689	128840	125526	132539	127195	134080	282320	278179	51200	50737
Müşteri 8	126606	129867	127386	129659	126370	125470	120055	126959	276552	272399	53464	53295
Müşteri 9	126930	130253	127718	130020	126739	123640	118209	125117	275145	270989	54286	54188
Müşteri 10	126644	129978	127433	129740	126461	123531	118091	125000	274697	270540	54101	54018
Müşteri 11	127218	130589	128011	130336	127062	122200	116755	123665	274050	269891	54987	54942
Müşteri 12	127534	130925	128329	130664	127393	121464	116016	122928	273686	269526	55480	55456
Müşteri 13	127737	131135	128533	130871	127602	121166	115718	122629	273629	269469	55737	55719
Müşteri 14	127917	131341	128716	131066	127801	120356	114901	121813	273019	268857	56161	56172
Müşteri 15	136072	133467	135360	133390	136718	344159	338525	344065	222801	221392	211883	212852
Müşteri 16	282351	286794	282939	285165	285130	237419	236475	235262	101196	100660	294732	296730
Müşteri 17	253919	258505	254547	256882	256656	207999	206710	205908	96467	94626	263152	265138
Müşteri 18	142497	139199	141700	139394	142683	357428	351703	357466	246169	244713	217265	218037
Müşteri 19	139901	136440	139086	136704	139969	356427	350676	356507	250263	248728	214201	214923
Müşteri 20	86337	91297	87252	90201	87818	138492	132667	138734	202519	198415	63680	65656
Müşteri 21	85710	90675	86624	89574	87200	139174	133350	139413	202239	198138	63616	65599
Müşteri 22	86508	91467	87423	90372	87987	138306	132481	138549	202594	198490	63700	65675
Müşteri 23	85782	90745	86696	89646	87269	139085	133261	139326	202314	198213	63586	65567
Müşteri 24	243896	247587	244296	245987	246752	263760	261221	261969	28331	29356	274587	276637
Müşteri 25	282760	287866	283580	286399	285044	146244	147609	143865	191564	188972	264139	265798
Müşteri 26	276115	281163	276903	279647	278520	158794	159470	156445	170976	168522	263374	265126
Müşteri 27	203299	207965	203950	206349	206006	178451	175952	176659	91375	87822	212645	214648
Müşteri 28	224830	229953	225664	228510	227060	112186	111396	110018	169101	165645	206434	208141
Müşteri 29	289337	294221	290253	293188	290678	70597	76205	69280	290636	287121	239517	240414
Müşteri 30	279749	283962	280276	282331	282574	253769	252410	251689	83097	83287	298257	300286

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 97	Müşteri 98	Müşteri 99	Müşteri 100	Müşteri 101	Antalya Depo	Konya Depo
Müşteri 1	165794	166026	50717	93399	93665	89479	179699
Müşteri 2	166279	166510	51062	93310	93576	89150	180193
Müşteri 3	117836	117583	159675	59231	59190	102981	131885
Müşteri 4	180736	180699	131850	25537	25646	20132	195949
Müşteri 5	176619	176578	131000	21723	21853	24401	191828
Müşteri 6	182498	182452	134969	25274	25352	19009	197703
Müşteri 7	161852	161424	226257	103759	103564	141029	172904
Müşteri 8	157305	156894	218370	96212	96022	134100	168771
Müşteri 9	156247	155841	216362	94265	94075	132306	167822
Müşteri 10	155804	155398	216013	94088	93900	132212	167385
Müşteri 11	155436	155034	214781	92730	92542	130893	167097
Müşteri 12	155229	154828	214096	91978	91790	130164	166934
Müşteri 13	155239	154839	213874	91688	91500	129864	166962
Müşteri 14	154795	154398	212986	90824	90637	129070	166567
Müşteri 15	165013	164753	326248	311494	311525	353895	151775
Müşteri 16	180970	181535	102545	232253	232515	240510	185018
Müşteri 17	153589	154135	77976	201121	201380	211678	159210
Müşteri 18	183443	183140	346070	324293	324307	367246	170886
Müşteri 19	184519	184199	347598	323166	323174	366265	172277
Müşteri 20	81511	81111	175554	104930	104927	148376	93455
Müşteri 21	81051	80649	175871	105617	105614	149057	92941
Müşteri 22	81636	81236	175467	104743	104740	148191	93594
Müşteri 23	81146	80744	175861	105527	105524	148969	93041
Müşteri 24	144562	145140	149288	249135	249364	269303	142646
Müşteri 25	198672	199048	34950	155349	155613	145709	210274
Müşteri 26	187423	187841	27364	163845	164114	159390	198063
Müşteri 27	104316	104837	77432	164824	165062	184033	111703
Müşteri 28	145602	145909	30994	110170	110440	115364	158525
Müşteri 29	242409	242502	134795	102763	102877	61896	257375
Müşteri 30	177922	178502	122326	246078	246334	257499	180036

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 1	Müşteri 2	Müşteri 3	Müşteri 4	Müşteri 5	Müşteri 6	Müşteri 7	Müşteri 8	Müşteri 9	Müşteri 10	Müşteri 11	Müşteri 12
Müşteri 31	162735	163183	234344	237226	235292	240307	299570	292512	290747	290322	289364	288829
Müşteri 32	183081	183510	257094	258937	257108	262032	322227	315194	313436	313010	312058	311526
Müşteri 33	300974	301398	208373	291047	286763	291671	205600	206805	207235	206966	207597	207942
Müşteri 34	304420	304837	209448	292557	288286	293104	204242	205728	206230	205974	206648	207017
Müşteri 35	302654	303075	209164	292011	287732	292606	205448	206764	207223	206959	207607	207961
Müşteri 36	304234	304655	210695	293564	289285	294155	206768	208117	208583	208320	208973	209330
Müşteri 37	304768	305191	211903	294658	290376	295270	208504	209799	210251	209986	210630	210983
Müşteri 38	303720	304144	210852	293598	289316	294211	207558	208835	209284	209018	209660	210011
Müşteri 39	305044	305467	212131	294896	290615	295506	208660	209964	210419	210155	210800	211153
Müşteri 40	328938	329379	239836	322082	317788	322781	237307	238635	239090	238826	239470	239822
Müşteri 41	330531	330972	241468	323720	319426	324418	238839	240185	240644	240380	241027	241381
Müşteri 42	232233	232462	109000	189009	185237	188409	73624	77429	78567	78454	79497	80073
Müşteri 43	234817	235040	111170	190575	186842	189921	73555	77701	78918	78825	79908	80507
Müşteri 44	237432	237652	113591	192636	188926	191948	74588	78970	80241	80163	81272	81884
Müşteri 45	232398	232623	108867	188505	184755	187873	72299	76251	77425	77321	78383	78970
Müşteri 46	138164	137710	157438	80607	84681	78790	179307	173857	172437	172479	171319	170683
Müşteri 47	151001	150557	162469	89472	93349	87351	179229	174244	172943	173021	171921	171318
Müşteri 48	151216	150789	156769	86167	89882	83863	171858	166981	165710	165797	164712	164118
Müşteri 49	156382	155946	163465	92686	96440	90423	177716	172958	171717	171811	170741	170156
Müşteri 50	151178	150751	156796	86162	89879	83860	171911	167033	165761	165847	164762	164168
Müşteri 51	217020	217092	95529	153619	150799	152009	28519	36456	38485	38812	40084	40794
Müşteri 52	216215	216286	94770	152812	149990	151205	27731	35664	37692	38021	39290	39999
Müşteri 53	227653	227727	105720	164127	161345	162483	39043	47000	49036	49350	50640	51358
Müşteri 54	33288	33505	152607	115385	114985	118462	217820	209869	207837	207515	206237	205526
Müşteri 55	136521	136899	226383	215808	214463	218936	293343	285858	283972	283571	282491	281889
Müşteri 56	168688	169169	117953	182235	178094	183947	160582	156183	155165	154725	154387	154197
Müşteri 57	73463	73192	92491	11239	13917	13556	138533	131131	129216	129061	127708	126959
Müşteri 58	85499	85216	93895	10504	14777	9578	134397	127277	125434	125318	123983	123245
Müşteri 59	82310	82021	94882	10756	15019	10802	136738	129554	127694	127570	126230	125489
Müşteri 60	73840	73569	92445	10966	13724	13243	138332	130937	129024	128870	127517	126769

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 13	Müşteri 14	Müşteri 15	Müşteri 16	Müşteri 17	Müşteri 18	Müşteri 19	Müşteri 20	Müşteri 21	Müşteri 22	Müşteri 23	Müşteri 24
Müşteri 31	288691	287916	299122	20339	37806	322064	325583	227506	227472	227514	227516	54914
Müşteri 32	311389	310617	311875	32079	59217	335079	338896	249674	249625	249686	249672	61831
Müşteri 33	208155	208370	62024	314603	291039	62807	59573	162239	161558	162424	161646	259776
Müşteri 34	207237	207484	67061	320791	296907	65515	61667	163708	163034	163891	163119	266615
Müşteri 35	208177	208404	63606	317219	293553	63377	59884	163171	162492	163355	162579	262582
Müşteri 36	209546	209777	62953	318557	294949	62241	58654	164721	164042	164905	164129	263750
Müşteri 37	211198	211422	60747	318011	294561	60282	56798	165834	165154	166019	165241	262836
Müşteri 38	210225	210448	61293	317178	293682	61134	57705	164775	164095	164960	164182	262132
Müşteri 39	211368	211594	60749	318302	294855	60171	56662	166070	165390	166255	165477	263116
Müşteri 40	240037	240261	40773	332226	310596	32811	28467	193444	192757	193630	192847	272779
Müşteri 41	241596	241822	40453	333481	311926	31621	27116	195080	194393	195267	194483	273862
Müşteri 42	80351	80892	197409	312268	281260	200373	196763	83867	83639	83931	83634	286710
Müşteri 43	80789	81362	199634	315805	284759	202233	198536	87078	86864	87138	86857	290427
Müşteri 44	82170	82765	200544	318724	287678	202816	199043	89948	89739	90007	89730	293258
Müşteri 45	79250	79806	199364	313351	282290	202254	198624	84569	84356	84629	84348	288162
Müşteri 46	170392	169767	411638	289709	263175	423919	422568	204248	204945	204059	204849	325705
Müşteri 47	171034	170463	417208	302798	275983	428882	427342	209450	210148	209260	210050	337686
Müşteri 48	163837	163279	411551	303301	275999	422962	421345	203752	204451	203563	204351	336537
Müşteri 49	169877	169332	418243	308334	281294	429603	427968	210444	211142	210254	211043	342390
Müşteri 50	163887	163329	411578	303261	275963	422992	421377	203779	204477	203589	204378	336513
Müşteri 51	41033	41934	265302	327383	295080	269050	265521	102783	103052	102712	102977	317022
Müşteri 52	40238	41138	265369	326687	294381	269186	265674	102244	102517	102172	102442	316442
Müşteri 53	51604	52507	265209	336821	304558	268026	264285	110536	110760	110478	110691	325090
Müşteri 54	205287	204386	336061	123003	98762	355166	356357	173796	174184	173690	174162	169380
Müşteri 55	281715	280884	325446	20121	30403	347824	350844	227592	227680	227567	227706	92159
Müşteri 56	154214	153789	162022	184651	157328	180269	181277	80517	80034	80648	80131	147651
Müşteri 57	126665	125816	339259	222984	193703	353287	352538	135951	136614	135771	136532	250413
Müşteri 58	122947	122131	344307	235190	205856	357718	356763	139003	139682	138818	139595	261987
Müşteri 59	125192	124368	344390	232252	203025	357985	357089	139598	140273	139415	140188	259616
Müşteri 60	126475	125626	339347	223352	194065	353355	352598	135964	136628	135784	136546	250742

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 25	Müşteri 26	Müşteri 27	Müşteri 28	Müşteri 29	Müşteri 30	Müşteri 31	Müşteri 32	Müşteri 33	Müşteri 34	Müşteri 35	Müşteri 36
Müşteri 31	132070	110270	79295	134268	249639	8304	0	22766	301184	307574	303862	305157
Müşteri 32	147839	126327	101936	155305	268316	14602	22766	0	317460	324040	320194	321440
Müşteri 33	340210	329728	244756	285006	364123	306107	301184	317460	0	7496	2924	3981
Müşteri 34	344603	334459	250231	289026	366174	312581	307574	324040	7496	0	4619	4398
Müşteri 35	342228	331863	247140	286890	365294	308810	303862	320194	2924	4619	0	1585
Müşteri 36	343774	333386	248592	288454	366866	310085	305157	321440	3981	4398	1585	0
Müşteri 37	343983	333470	248382	288797	367813	309387	304506	320682	3796	6560	3095	2218
Müşteri 38	342975	332484	247456	287771	366749	308604	303706	319920	2766	6388	2327	2025
Müşteri 39	344271	333762	248676	289081	368064	309676	304795	320968	4077	6481	3222	2205
Müşteri 40	365591	354018	266429	311588	394486	321860	317549	332362	31963	33295	31872	30539
Müşteri 41	367113	355506	267840	313147	396121	323043	318757	333509	33554	34761	33422	32074
Müşteri 42	288038	286254	230217	229923	266224	314178	306830	328352	137629	135109	136999	138163
Müşteri 43	290887	289276	233738	232835	267756	317794	310434	331978	139555	136869	138859	139997
Müşteri 44	293619	292078	236658	235595	269788	320702	313345	334884	140214	137385	139461	140576
Müşteri 45	288412	286778	231278	230350	265703	315387	308018	329578	139523	136965	138878	140036
Müşteri 46	183354	201091	241017	167421	62270	308674	300883	320996	365594	366390	366293	367807
Müşteri 47	196952	214579	252780	179981	75728	321562	313730	333989	369831	370362	370428	371926
Müşteri 48	199011	216146	251439	179721	79753	321687	313789	334296	363639	364072	364199	365689
Müşteri 49	203054	220523	257364	185142	82217	326929	319065	339441	370210	370610	370757	372245
Müşteri 50	198958	216097	251416	179687	79685	321651	313753	334258	363673	364107	364233	365724
Müşteri 51	278055	281535	246866	223843	227265	334133	326148	348721	206257	203888	205703	206889
Müşteri 52	277256	280751	246196	223062	226478	333468	325480	348057	206389	204048	205846	207037
Müşteri 53	288628	291964	256023	234248	237454	343208	335263	357784	205358	202623	204656	205787
Müşteri 54	32252	38079	94187	27322	114002	143067	135647	154672	311998	316101	313912	315473
Müşteri 55	96517	75201	81002	111218	218486	43877	39471	51486	321158	327084	323691	325078
Müşteri 56	202127	191004	108074	148813	244623	181472	175016	194809	138768	143677	140949	142461
Müşteri 57	132292	144444	165122	97736	68044	239497	231375	252804	297811	299542	298859	300420
Müşteri 58	143681	156293	176676	109944	68964	251639	243508	264974	301233	302677	302174	303723
Müşteri 59	140352	153032	174314	107002	67056	248822	240704	262116	301781	303305	302751	304304
Müşteri 60	132660	144819	165449	98104	68106	239858	231736	253168	297845	299567	298889	300450

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 37	Müşteri 38	Müşteri 39	Müşteri 40	Müşteri 41	Müşteri 42	Müşteri 43	Müşteri 44	Müşteri 45	Müşteri 46	Müşteri 47	Müşteri 48
Müşteri 31	304506	303706	304795	317549	318757	306830	310434	313345	308018	300883	313730	313789
Müşteri 32	320682	319920	320968	332362	333509	328352	331978	334884	329578	320996	333989	334296
Müşteri 33	3796	2766	4077	31963	33554	137629	139555	140214	139523	365594	369831	363639
Müşteri 34	6560	6388	6481	33295	34761	135109	136869	137385	136965	366390	370362	364072
Müşteri 35	3095	2327	3222	31872	33422	136999	138859	139461	138878	366293	370428	364199
Müşteri 36	2218	2025	2205	30539	32074	138163	139997	140576	140036	367807	371926	365689
Müşteri 37	0	1065	295	28840	30400	140095	141954	142553	141974	369079	373261	367048
Müşteri 38	1065	0	1327	29814	31381	139240	141113	141726	141122	368034	372223	366013
Müşteri 39	295	1327	0	28671	30228	140210	142062	142656	142087	369300	373475	367259
Müşteri 40	28840	29814	28671	0	1638	168395	170130	170611	170245	397180	401564	395420
Müşteri 41	30400	31381	30228	1638	0	169839	171558	172026	171686	398810	403188	397041
Müşteri 42	140095	139240	140210	168395	169839	0	3731	6559	2020	250284	251318	244163
Müşteri 43	141954	141113	142062	170130	171558	3731	0	2920	2509	250989	251823	244619
Müşteri 44	142553	141726	142656	170611	172026	6559	2920	0	5403	252487	253183	245945
Müşteri 45	141974	141122	142087	170245	171686	2020	2509	5403	0	249323	250262	243085
Müşteri 46	369079	368034	369300	397180	398810	250284	250989	252487	249323	0	13657	17890
Müşteri 47	373261	372223	373475	401564	403188	251318	251823	253183	250262	13657	0	7919
Müşteri 48	367048	366013	367259	395420	397041	244163	244619	245945	243085	17890	7919	0
Müşteri 49	373611	372577	373822	402004	403624	250224	250634	251928	249124	20018	6539	6747
Müşteri 50	367082	366047	367294	395454	397075	244213	244670	245997	243135	17816	7848	79
Müşteri 51	208797	207928	208918	237180	238631	68811	67302	67205	66996	198562	196911	189242
Müşteri 52	208940	208068	209063	237342	238795	68994	67525	67461	67189	197857	196235	188570
Müşteri 53	207750	206913	207858	235856	237272	67829	65803	65246	65897	207620	205569	197841
Müşteri 54	315786	314764	316071	338291	339840	255881	258709	261434	256238	167030	180276	181215
Müşteri 55	324659	323789	324953	340282	341592	310080	313533	316450	311051	273042	286275	287091
Müşteri 56	142499	141520	142791	163466	164990	140011	143742	146508	141577	262729	270670	266305
Müşteri 57	301456	300394	301700	328609	330247	198711	200375	202492	198264	79249	89411	87049
Müşteri 58	304834	303775	305071	332327	333965	197489	198945	200937	196922	70317	79538	76570
Müşteri 59	305395	304334	305633	332796	334434	199208	200713	202736	198669	71380	81007	78315
Müşteri 60	301488	300426	301732	328653	330291	198598	200255	202369	198147	79007	89140	86756

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 49	Müşteri 50	Müşteri 51	Müşteri 52	Müşteri 53	Müşteri 54	Müşteri 55	Müşteri 56	Müşteri 57	Müşteri 58	Müşteri 59	Müşteri 60
Müşteri 31	319065	313753	326148	325480	335263	135647	39471	175016	231375	243508	240704	231736
Müşteri 32	339441	334258	348721	348057	357784	154672	51486	194809	252804	264974	262116	253168
Müşteri 33	370210	363673	206257	206389	205358	311998	321158	138768	297811	301233	301781	297845
Müşteri 34	370610	364107	203888	204048	202623	316101	327084	143677	299542	302677	303305	299567
Müşteri 35	370757	364233	205703	205846	204656	313912	323691	140949	298859	302174	302751	298889
Müşteri 36	372245	365724	206889	207037	205787	315473	325078	142461	300420	303723	304304	300450
Müşteri 37	373611	367082	208797	208940	207750	315786	324659	142499	301456	304834	305395	301488
Müşteri 38	372577	366047	207928	208068	206913	314764	323789	141520	300394	303775	304334	300426
Müşteri 39	373822	367294	208918	209063	207858	316071	324953	142791	301700	305071	305633	301732
Müşteri 40	402004	395454	237180	237342	235856	338291	340282	163466	328609	332327	332796	328653
Müşteri 41	403624	397075	238631	238795	237272	339840	341592	164990	330247	333965	334434	330291
Müşteri 42	250224	244213	68811	68994	67829	255881	310080	140011	198711	197489	199208	198598
Müşteri 43	250634	244670	67302	67525	65803	258709	313533	143742	200375	198945	200713	200255
Müşteri 44	251928	245997	67205	67461	65246	261434	316450	146508	202492	200937	202736	202369
Müşteri 45	249124	243135	66996	67189	65897	256238	311051	141577	198264	196922	198669	198147
Müşteri 46	20018	17816	198562	197857	207620	167030	273042	262729	79249	70317	71380	79007
Müşteri 47	6539	7848	196911	196235	205569	180276	286275	270670	89411	79538	81007	89140
Müşteri 48	6747	79	189242	188570	197841	181215	287091	266305	87049	76570	78315	86756
Müşteri 49	0	6731	194639	193977	203102	185978	291943	273026	93301	82996	84663	93015
Müşteri 50	6731	0	189302	188631	197903	181171	287049	266315	87035	76561	78303	86742
Müşteri 51	194639	189302	0	814	10683	246320	321011	180141	164658	159577	162123	164434
Müşteri 52	193977	188631	814	0	11496	245525	320292	179709	163850	158778	161321	163625
Müşteri 53	203102	197903	10683	11496	0	256859	330725	186490	175189	169966	172543	174961
Müşteri 54	185978	181171	246320	245525	256859	0	106013	175154	106585	118530	115300	106962
Müşteri 55	291943	287049	321011	320292	330725	106013	0	187719	208616	220825	217793	208989
Müşteri 56	273026	266315	180141	179709	186490	175154	187719	0	185382	192662	192018	185542
Müşteri 57	93301	87035	164658	163850	175189	106585	208616	185382	0	12214	9337	377
Müşteri 58	82996	76561	159577	158778	169966	118530	220825	192662	12214	0	3349	11843
Müşteri 59	84663	78303	162123	161321	172543	115300	217793	192018	9337	3349	0	8982
Müşteri 60	93015	86742	164434	163625	174961	106962	208989	185542	377	11843	8982	0

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 61	Müşteri 62	Müşteri 63	Müşteri 64	Müşteri 65	Müşteri 66	Müşteri 67	Müşteri 68	Müşteri 69	Müşteri 70	Müşteri 71	Müşteri 72
Müşteri 31	240853	247732	249255	233761	180336	163096	156617	311322	309846	308127	248968	249201
Müşteri 32	262174	269001	267931	253320	185797	167705	164809	332145	330633	329196	271594	271825
Müşteri 33	304511	308787	363939	340807	181386	195398	176338	353667	353817	344706	247801	248027
Müşteri 34	306059	310200	365996	342943	188879	202888	183761	354008	354199	344994	248597	248817
Müşteri 35	305491	309716	365112	342009	184269	198307	179262	354191	354356	345209	248491	248715
Müşteri 36	307045	311264	366684	343583	184857	198991	180090	355675	355843	346689	250006	250229
Müşteri 37	308129	312383	367629	344507	183161	197391	178658	357054	357213	348081	251281	251505
Müşteri 38	307068	311324	366565	343442	182872	197036	178199	356023	356180	347051	250235	250460
Müşteri 39	308368	312619	367880	344759	183375	197618	178903	357263	357423	348288	251501	251725
Müşteri 40	335499	339906	394292	371070	181246	197203	181682	385487	385620	376546	279422	279651
Müşteri 41	337137	341543	395927	372704	181784	197822	182475	387105	387240	378163	281051	281279
Müşteri 42	202131	204123	266153	245421	266737	272989	246734	233431	234030	224120	138662	138785
Müşteri 43	203636	205513	267689	247103	270230	276560	250333	233856	234484	224540	140107	140224
Müşteri 44	205657	207464	269724	249226	272482	278928	252745	235162	235811	225844	142106	142219
Müşteri 45	201592	203519	265633	244987	268656	274862	248586	232337	232950	223024	138086	138205
Müşteri 46	69560	63061	62597	68781	396923	390548	366244	25042	23249	32073	117802	117579
Müşteri 47	79491	72686	76061	82292	406562	400612	376018	18688	17637	27790	122379	122138
Müşteri 48	77043	70088	80068	84222	403240	397615	372809	10929	10135	20189	116588	116340
Müşteri 49	83313	76399	82549	88309	409803	404103	379347	16813	16424	26107	123274	123026
Müşteri 50	77028	70075	80000	84169	403238	397610	372806	10989	10186	20245	116615	116367
Müşteri 51	164889	164698	227282	209817	319847	323280	296241	178313	179275	169122	105057	105039
Müşteri 52	164088	163905	226495	209017	319533	322923	295878	177642	178599	168447	104243	104225
Müşteri 53	175296	174996	237477	220211	324616	328589	301633	186921	187941	177790	115715	115696
Müşteri 54	114564	120727	113619	98780	268254	256562	237675	180187	178542	178411	146389	146520
Müşteri 55	217534	224140	218101	204683	215698	199217	190006	285687	284090	283405	234825	235029
Müşteri 56	194221	200153	244364	221050	145186	145444	118331	258298	257801	250715	154887	155173
Müşteri 57	10019	17044	67933	46736	317681	311355	286995	82123	80941	77557	61106	61045
Müşteri 58	5458	7645	68920	50244	327030	321130	296482	70962	69886	65925	58838	58721
Müşteri 59	2924	8339	66996	47728	325674	319606	295070	73055	71919	68302	60649	60545
Müşteri 60	9718	16732	67997	46865	317919	311609	287238	81805	80626	77219	60939	60876

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 73	Müşteri 74	Müşteri 75	Müşteri 76	Müşteri 77	Müşteri 78	Müşteri 79	Müşteri 80	Müşteri 81	Müşteri 82	Müşteri 83	Müşteri 84
Müşteri 31	254856	174437	175052	61602	63180	61218	172346	160475	150240	146736	151866	269609
Müşteri 32	277563	194533	195156	69044	72664	68856	190221	179058	170062	166677	171917	289556
Müşteri 33	239369	142112	141699	341467	337522	340815	337492	324646	305806	303349	302960	84898
Müşteri 34	239913	146864	146432	347224	343198	346570	341013	328310	309560	307166	306662	84924
Müşteri 35	239962	144239	143819	343946	339975	343294	339200	326405	307596	305161	304731	85241
Müşteri 36	241460	145763	145345	345359	341400	344707	340779	327981	309170	306733	306306	86697
Müşteri 37	242795	145861	145449	345018	341096	344367	341287	328442	309602	307144	306756	88164
Müşteri 38	241757	144870	144458	344127	340194	343475	340242	327402	308565	306109	305717	87149
Müşteri 39	243009	146151	145740	345313	341390	344661	341564	328721	309883	307426	307036	88360
Müşteri 40	271126	167286	166937	361418	357888	360775	365227	352062	333034	330423	330322	116855
Müşteri 41	272748	168822	168475	362757	359243	362114	366814	353641	334609	331994	331900	118451
Müşteri 42	127388	138432	137810	323657	317739	323018	267146	258177	242871	241966	239223	63444
Müşteri 43	128739	142160	141538	327019	321083	326381	269602	260755	245573	244707	241914	66568
Müşteri 44	130684	144955	144333	329921	323981	329283	272152	263365	248242	247394	244579	68422
Müşteri 45	126758	139953	139332	324519	318581	323881	267217	258338	243127	242253	239470	65457
Müşteri 46	126757	257628	257530	267154	260554	266861	136545	144253	150950	154318	149096	281730
Müşteri 47	130467	265579	265455	280620	274002	280322	150144	157694	164014	167334	162074	285501
Müşteri 48	124302	261225	261085	282069	275395	281755	152262	159176	164601	167825	162507	279171
Müşteri 49	130905	267945	267807	286530	279891	286226	156254	163597	169565	172844	167557	285700
Müşteri 50	124335	261234	261095	282021	275348	281708	152209	159127	164560	167784	162467	279207
Müşteri 51	93419	176953	176411	330217	323668	329627	247457	241817	230320	230513	226545	127560
Müşteri 52	92605	176505	175964	329473	322922	328884	246644	241008	229519	229715	225744	127534
Müşteri 53	104092	183492	182935	340200	333678	339607	258139	252477	240915	241084	237138	128925
Müşteri 54	156319	171110	171434	101683	94852	101312	38771	25215	18152	16464	21484	247239
Müşteri 55	242205	186105	186677	23539	23864	23025	139909	129539	122558	119465	124855	280037
Müşteri 56	152112	5104	5222	206231	201667	205571	204058	190329	171084	168231	168641	94751
Müşteri 57	72958	180285	180238	207565	200652	207150	90778	90759	88487	90825	85445	216914
Müşteri 58	70323	187559	187478	219664	212756	219252	101194	102026	100471	102877	97483	219227
Müşteri 59	72255	186915	186845	216497	209592	216087	97850	98691	97257	99693	94292	220061
Müşteri 60	72786	180444	180395	207942	201029	207526	91124	91125	88864	91202	85822	216909

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 85	Müşteri 86	Müşteri 87	Müşteri 88	Müşteri 89	Müşteri 90	Müşteri 91	Müşteri 92	Müşteri 93	Müşteri 94	Müşteri 95	Müşteri 96
Müşteri 31	273256	277523	273797	275891	276073	245628	244233	243555	81858	81633	290654	292679
Müşteri 32	293065	297214	293576	295585	295898	267138	265906	265032	90160	90955	312639	314670
Müşteri 33	80707	77046	79868	77389	80616	300730	294902	300966	233909	231499	154628	155355
Müşteri 34	80499	76511	79629	77007	80143	302112	296261	302405	240885	238434	153113	153749
Müşteri 35	80955	77163	80103	77566	80761	301647	295810	301904	236751	234330	154404	155095
Müşteri 36	82392	78569	81537	78986	82173	303194	297355	303453	237868	235464	155705	156384
Müşteri 37	83909	80154	83061	80540	83745	304321	298489	304566	236862	234487	157470	158166
Müşteri 38	82905	79166	82058	79545	82754	303263	297431	303507	236196	233808	156536	157238
Müşteri 39	84098	80333	83249	80724	83927	304556	298723	304802	237139	234765	157621	158314
Müşteri 40	112670	108974	111829	109338	112556	331883	326079	332064	245743	243776	186239	186911
Müşteri 41	114256	110546	113414	110917	114131	333520	327716	333701	246785	244837	187760	188426
Müşteri 42	64774	65744	65214	66305	63170	196097	190306	197177	269948	266119	26708	25871
Müşteri 43	67738	68527	68150	69144	66051	197515	191747	198632	273679	269850	28443	27381
Müşteri 44	69425	70034	69809	70704	67657	199484	193731	200624	276444	272621	30748	29576
Müşteri 45	66794	67760	67234	68324	65190	195508	189730	196609	271509	267673	26263	25288
Müşteri 46	286383	290813	287283	290071	287153	69696	74703	70482	331389	327568	224430	224822
Müşteri 47	290063	294369	290953	293693	290706	78578	83101	79665	342785	338925	225890	226160
Müşteri 48	283697	287957	284584	287306	284295	75388	79548	76669	340995	337100	218862	219098
Müşteri 49	290213	294455	291098	293813	290793	81871	86119	83103	347103	343220	225028	225239
Müşteri 50	283734	287995	284621	287343	284332	75382	79546	76661	340977	337082	218909	219146
Müşteri 51	130080	132110	130694	132354	129054	157559	152478	159262	305285	301187	55333	53904
Müşteri 52	130081	132140	130700	132375	129071	156762	151678	158463	304754	300654	55213	53806
Müşteri 53	131080	132720	131637	133094	129839	167924	162890	169652	312755	308681	58462	56790
Müşteri 54	252121	257246	252957	255807	254340	121006	121517	118672	182552	179449	231903	233558
Müşteri 55	284124	288738	284760	287117	286850	223132	222554	220916	117013	115994	291253	293216
Müşteri 56	98278	102508	98804	100877	101105	193095	188029	192472	129937	126117	131156	133161
Müşteri 57	221835	226664	222752	225673	223094	14538	15378	12300	254054	250137	172018	172995
Müşteri 58	224086	228814	225001	227892	225205	2592	7244	317	265134	261188	170795	171642
Müşteri 59	224938	229694	225853	228754	226095	5939	9667	3567	263030	259099	172504	173382
Müşteri 60	221829	226655	222745	225665	223083	14163	15019	11928	254361	250443	171903	172876

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 97	Müşteri 98	Müşteri 99	Müşteri 100	Müşteri 101	Antalya Depo	Konya Depo
Müşteri 31	171430	172008	114870	237791	238046	249423	174012
Müşteri 32	191300	191882	134071	260091	260348	270653	192893
Müşteri 33	142392	141957	305652	267114	267104	310615	133111
Müşteri 34	147338	146888	310148	268398	268381	312004	138529
Müşteri 35	144587	144146	307704	267992	267978	311535	135466
Müşteri 36	146095	145656	309244	269533	269520	313082	136927
Müşteri 37	146118	145685	309417	270687	270675	314207	136761
Müşteri 38	145141	144707	308415	269631	269619	313149	135824
Müşteri 39	146410	145977	309707	270920	270908	314443	137055
Müşteri 40	166925	166545	330787	298374	298370	341756	156011
Müşteri 41	168443	168065	332303	300010	300006	343393	157486
Müşteri 42	142755	142193	258923	163518	163394	205490	148091
Müşteri 43	146486	145923	261935	165118	164990	206854	151812
Müşteri 44	149267	148704	264734	167204	167073	208787	154497
Müşteri 45	144298	143737	259437	163032	162906	204871	149753
Müşteri 46	261287	261242	187201	100372	100322	60980	276492
Müşteri 47	269374	269304	200346	107178	107098	70624	284538
Müşteri 48	265096	265013	201042	102518	102422	68068	280224
Müşteri 49	271809	271727	205952	109253	109158	74363	286941
Müşteri 50	265105	265022	201000	102530	102434	68055	280234
Müşteri 51	181826	181355	254749	130523	130313	165527	191560
Müşteri 52	181381	180911	253970	129710	129500	164736	191159
Müşteri 53	188329	187842	265129	141146	140934	175792	197517
Müşteri 54	171856	172187	20798	126014	126282	122030	184361
Müşteri 55	183978	184524	86078	220205	220471	225655	189569
Müşteri 56	3758	3246	167346	163847	163954	202212	14059
Müşteri 57	183682	183680	123811	35388	35540	19013	198898
Müşteri 58	191137	191105	135945	34752	34818	9628	206354
Müşteri 59	190435	190413	132807	36004	36092	10417	205656
Müşteri 60	183847	183844	124188	35242	35392	18709	199065

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 1	Müşteri 2	Müşteri 3	Müşteri 4	Müşteri 5	Müşteri 6	Müşteri 7	Müşteri 8	Müşteri 9	Müşteri 10	Müşteri 11	Müşteri 12
Müşteri 61	81719	81413	97736	13572	17792	13725	139576	132408	130553	130431	129092	128352
Müşteri 62	88074	87753	101264	18133	22416	17126	140022	133043	131236	131136	129812	129081
Müşteri 63	90916	90382	160391	77157	81007	77776	202912	195944	194135	194034	192708	191976
Müşteri 64	72185	71680	138491	56954	60425	58125	184432	177196	175321	175187	173842	173099
Müşteri 65	277745	278292	262564	317139	313364	319382	303433	299778	298936	298505	298289	298164
Müşteri 66	267891	268438	261142	311454	307805	313818	305501	301413	300455	300018	299718	299546
Müşteri 67	246704	247250	234401	286661	282930	288948	278355	274264	273309	272871	272573	272403
Müşteri 68	149305	148905	147385	79990	83456	77469	161010	156192	154939	155031	153956	153368
Müşteri 69	147745	147341	147290	79032	82550	76552	161737	156847	155575	155661	154577	153983
Müşteri 70	146884	146507	138863	74340	77554	71652	151694	146874	145623	145715	144641	144054
Müşteri 71	114892	114879	40210	50739	47260	49882	77983	70384	68427	68244	66885	66133
Müşteri 72	115002	114987	40464	50656	47191	49782	77995	70405	68450	68269	66910	66158
Müşteri 73	125343	125356	34627	62499	59089	61531	66158	58524	56560	56373	55014	54261
Müşteri 74	164123	164600	113234	177132	172992	178845	156933	152386	151330	150888	150521	150315
Müşteri 75	164337	164813	112918	177047	172902	178751	156434	151904	150853	150410	150047	149843
Müşteri 76	134207	134511	234847	215671	214780	218791	302133	294468	292528	292143	291003	290368
Müşteri 77	127311	127618	228256	208739	207843	211859	295549	287868	285923	285541	284395	283757
Müşteri 78	133803	134109	234263	215236	214336	218357	301547	293885	291945	291561	290422	289787
Müşteri 79	36734	36355	159186	101437	102481	104162	219528	211637	209607	209350	208007	207262
Müşteri 80	25946	25715	151303	100749	101180	103665	213597	205657	203618	203337	202011	201275
Müşteri 81	15140	15354	137673	97234	96843	100312	201882	193923	191884	191577	190279	189558
Müşteri 82	17385	17690	137384	99330	98797	102425	202042	194084	192048	191734	190445	189729
Müşteri 83	11984	12274	133916	94025	93548	97114	198106	190146	188108	187800	186503	185782
Müşteri 84	230493	230848	125449	209309	205086	209653	122522	122959	123229	122933	123474	123771
Müşteri 85	235481	235837	130274	214188	209970	214513	125941	126606	126930	126644	127218	127534
Müşteri 86	240620	240975	134961	218948	214738	219245	128950	129867	130253	129978	130589	130925
Müşteri 87	236355	236712	131187	215104	210886	215428	126689	127386	127718	127433	128011	128329
Müşteri 88	239279	239636	134064	218005	213789	218321	128840	129659	130020	129740	130336	130664
Müşteri 89	237474	237827	131343	215350	211143	215637	125526	126370	126739	126461	127062	127393
Müşteri 90	87942	87664	93105	10927	15001	9267	132539	125470	123640	123531	122200	121464

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 13	Müşteri 14	Müşteri 15	Müşteri 16	Müşteri 17	Müşteri 18	Müşteri 19	Müşteri 20	Müşteri 21	Müşteri 22	Müşteri 23	Müşteri 24
Müşteri 61	128054	127232	346948	232173	203137	360616	359743	142352	143025	142168	142940	260360
Müşteri 62	128782	127982	351950	238915	209998	365343	364377	146549	147230	146364	147142	267405
Müşteri 63	191677	190874	402671	236027	212307	417815	417413	202972	203619	202796	203542	280555
Müşteri 64	172802	171970	379267	221759	196301	394460	394085	180224	180862	180050	180787	262164
Müşteri 65	298208	297852	147933	199929	193410	170827	176258	225046	224512	225189	224614	125591
Müşteri 66	299570	299163	165167	182912	178031	188277	193561	225939	225446	226072	225544	108198
Müşteri 67	272428	272023	153335	175486	166045	176819	181566	198810	198314	198944	198412	103139
Müşteri 68	153088	152540	402088	301447	273517	413238	411547	194324	195022	194134	194922	332447
Müşteri 69	153702	153145	402037	299900	272041	413285	411624	194251	194949	194061	194849	331191
Müşteri 70	143775	143228	393440	298773	270348	404422	402686	185742	186439	185553	186338	327902
Müşteri 71	65843	64976	294969	245310	213435	306509	305008	87172	87871	86983	87771	254965
Müşteri 72	65868	65002	295219	245528	213658	306748	305244	87423	88121	87233	88021	255229
Müşteri 73	53972	53102	287868	252006	219917	298763	297076	80533	81226	80346	81122	258507
Müşteri 74	150326	149883	166556	183566	155750	184584	185494	76598	76136	76722	76231	148596
Müşteri 75	149855	149415	166345	184163	156325	184323	185213	76127	75663	76253	75758	149225
Müşteri 76	290177	289320	347602	41313	50919	369805	372688	240295	240441	240255	240459	115392
Müşteri 77	283564	282706	344745	43251	48079	366808	369593	234267	234422	234223	234439	115902
Müşteri 78	289596	288740	346979	40946	50286	369177	372057	239662	239808	239622	239826	114940
Müşteri 79	206994	206092	366050	158194	136285	384151	384893	189077	189571	188942	189529	208038
Müşteri 80	201016	200111	352231	147190	123835	370544	371382	178670	179135	178543	179099	194494
Müşteri 81	189312	188408	332953	138784	112754	351323	352195	162074	162509	161955	162478	180369
Müşteri 82	189485	188583	330016	135491	109195	348495	349415	160765	161187	160649	161159	176563
Müşteri 83	185535	184632	330584	140795	114264	348829	349650	158563	159003	158443	158971	180986
Müşteri 84	123968	124125	139369	278483	249872	146355	143889	81352	80722	81523	80794	240934
Müşteri 85	127737	127917	136072	282351	253919	142497	139901	86337	85710	86508	85782	243896
Müşteri 86	131135	131341	133467	286794	258505	139199	136440	91297	90675	91467	90745	247587
Müşteri 87	128533	128716	135360	282939	254547	141700	139086	87252	86624	87423	86696	244296
Müşteri 88	130871	131066	133390	285165	256882	139394	136704	90201	89574	90372	89646	245987
Müşteri 89	127602	127801	136718	285130	256656	142683	139969	87818	87200	87987	87269	246752
Müşteri 90	121166	120356	344159	237419	207999	357428	356427	138492	139174	138306	139085	263760

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 25	Müşteri 26	Müşteri 27	Müşteri 28	Müşteri 29	Müşteri 30	Müşteri 31	Müşteri 32	Müşteri 33	Müşteri 34	Müşteri 35	Müşteri 36
Müşteri 61	139168	152179	175080	106949	64136	248950	240853	262174	304511	306059	305491	307045
Müşteri 62	144688	158173	182126	113732	62919	255817	247732	269001	308787	310200	309716	311264
Müşteri 63	124458	143849	198947	121270	386	256621	249255	267931	363939	365996	365112	366684
Müşteri 64	114796	132311	179213	102460	23646	241384	233761	253320	340807	342943	342009	343583
Müşteri 65	282995	263824	174213	249305	366370	180813	180336	185797	181386	188879	184269	184857
Müşteri 66	269768	250101	162385	238840	357537	163217	163096	167705	195398	202888	198307	198991
Müşteri 67	253215	234443	143839	218372	335280	158106	156617	164809	176338	183761	179262	180090
Müşteri 68	199503	215903	247190	177060	83752	319302	311322	332145	353667	354008	354191	355675
Müşteri 69	197729	214190	245951	175594	81803	317817	309846	330633	353817	354199	354356	355843
Müşteri 70	198966	214705	242593	173912	86816	316169	308127	329196	344706	344994	345209	346689
Müşteri 71	176924	183543	172841	127621	127704	257269	248968	271594	247801	248597	248491	250006
Müşteri 72	177038	183687	173091	127788	127598	257502	249201	271825	248027	248817	248715	250229
Müşteri 73	187223	193107	177706	136564	139271	263139	254856	277563	239369	239913	239962	241460
Müşteri 74	198392	187623	106009	144636	239630	181040	174437	194533	142112	146864	144239	145763
Müşteri 75	198765	188045	106556	144937	239683	181659	175052	195156	141699	146432	143819	145345
Müşteri 76	85432	66095	98258	112575	210039	64616	61602	69044	341467	347224	343946	345359
Müşteri 77	79315	59591	93595	105647	203708	66981	63180	72664	337522	343198	339975	341400
Müşteri 78	85240	65821	97597	112087	209810	64301	61218	68856	340815	346570	343294	344707
Müşteri 79	46809	65462	132197	57516	78780	179432	172346	190221	337492	341013	339200	340779
Müşteri 80	41716	56976	117690	42951	89267	167776	160475	179058	324646	328310	326405	327981
Müşteri 81	47866	56212	100854	24074	100718	157911	150240	170062	305806	309560	307596	309170
Müşteri 82	47546	54423	97026	20529	104481	154441	146736	166677	303349	307166	305161	306733
Müşteri 83	51623	59555	100638	23053	99945	159605	151866	171917	302960	306662	304731	306306
Müşteri 84	277925	271397	199153	219955	284383	276167	269609	289556	84898	84924	85241	86697
Müşteri 85	282760	276115	203299	224830	289337	279749	273256	293065	80707	80499	80955	82392
Müşteri 86	287866	281163	207965	229953	294221	283962	277523	297214	77046	76511	77163	78569
Müşteri 87	283580	276903	203950	225664	290253	280276	273797	293576	79868	79629	80103	81537
Müşteri 88	286399	279647	206349	228510	293188	282331	275891	295585	77389	77007	77566	78986
Müşteri 89	285044	278520	206006	227060	290678	282574	276073	295898	80616	80143	80761	82173
Müşteri 90	146244	158794	178451	112186	70597	253769	245628	267138	300730	302112	301647	303194

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 37	Müşteri 38	Müşteri 39	Müşteri 40	Müşteri 41	Müşteri 42	Müşteri 43	Müşteri 44	Müşteri 45	Müşteri 46	Müşteri 47	Müşteri 48
Müşteri 61	308129	307068	308368	335499	337137	202131	203636	205657	201592	69560	79491	77043
Müşteri 62	312383	311324	312619	339906	341543	204123	205513	207464	203519	63061	72686	70088
Müşteri 63	367629	366565	367880	394292	395927	266153	267689	269724	265633	62597	76061	80068
Müşteri 64	344507	343442	344759	371070	372704	245421	247103	249226	244987	68781	82292	84222
Müşteri 65	183161	182872	183375	181246	181784	266737	270230	272482	268656	396923	406562	403240
Müşteri 66	197391	197036	197618	197203	197822	272989	276560	278928	274862	390548	400612	397615
Müşteri 67	178658	178199	178903	181682	182475	246734	250333	252745	248586	366244	376018	372809
Müşteri 68	357054	356023	357263	385487	387105	233431	233856	235162	232337	25042	18688	10929
Müşteri 69	357213	356180	357423	385620	387240	234030	234484	235811	232950	23249	17637	10135
Müşteri 70	348081	347051	348288	376546	378163	224120	224540	225844	223024	32073	27790	20189
Müşteri 71	251281	250235	251501	279422	281051	138662	140107	142106	138086	117802	122379	116588
Müşteri 72	251505	250460	251725	279651	281279	138785	140224	142219	138205	117579	122138	116340
Müşteri 73	242795	241757	243009	271126	272748	127388	128739	130684	126758	126757	130467	124302
Müşteri 74	145861	144870	146151	167286	168822	138432	142160	144955	139953	257628	265579	261225
Müşteri 75	145449	144458	145740	166937	168475	137810	141538	144333	139332	257530	265455	261085
Müşteri 76	345018	344127	345313	361418	362757	323657	327019	329921	324519	267154	280620	282069
Müşteri 77	341096	340194	341390	357888	359243	317739	321083	323981	318581	260554	274002	275395
Müşteri 78	344367	343475	344661	360775	362114	323018	326381	329283	323881	266861	280322	281755
Müşteri 79	341287	340242	341564	365227	366814	267146	269602	272152	267217	136545	150144	152262
Müşteri 80	328442	327402	328721	352062	353641	258177	260755	263365	258338	144253	157694	159176
Müşteri 81	309602	308565	309883	333034	334609	242871	245573	248242	243127	150950	164014	164601
Müşteri 82	307144	306109	307426	330423	331994	241966	244707	247394	242253	154318	167334	167825
Müşteri 83	306756	305717	307036	330322	331900	239223	241914	244579	239470	149096	162074	162507
Müşteri 84	88164	87149	88360	116855	118451	63444	66568	68422	65457	281730	285501	279171
Müşteri 85	83909	82905	84098	112670	114256	64774	67738	69425	66794	286383	290063	283697
Müşteri 86	80154	79166	80333	108974	110546	65744	68527	70034	67760	290813	294369	287957
Müşteri 87	83061	82058	83249	111829	113414	65214	68150	69809	67234	287283	290953	284584
Müşteri 88	80540	79545	80724	109338	110917	66305	69144	70704	68324	290071	293693	287306
Müşteri 89	83745	82754	83927	112556	114131	63170	66051	67657	65190	287153	290706	284295
Müşteri 90	304321	303263	304556	331883	333520	196097	197515	199484	195508	69696	78578	75388

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 49	Müşteri 50	Müşteri 51	Müşteri 52	Müşteri 53	Müşteri 54	Müşteri 55	Müşteri 56	Müşteri 57	Müşteri 58	Müşteri 59	Müşteri 60
Müşteri 61	83313	77028	164889	164088	175296	114564	217534	194221	10019	5458	2924	9718
Müşteri 62	76399	70075	164698	163905	174996	120727	224140	200153	17044	7645	8339	16732
Müşteri 63	82549	80000	227282	226495	237477	113619	218101	244364	67933	68920	66996	67997
Müşteri 64	88309	84169	209817	209017	220211	98780	204683	221050	46736	50244	47728	46865
Müşteri 65	409803	403238	319847	319533	324616	268254	215698	145186	317681	327030	325674	317919
Müşteri 66	404103	397610	323280	322923	328589	256562	199217	145444	311355	321130	319606	311609
Müşteri 67	379347	372806	296241	295878	301633	237675	190006	118331	286995	296482	295070	287238
Müşteri 68	16813	10989	178313	177642	186921	180187	285687	258298	82123	70962	73055	81805
Müşteri 69	16424	10186	179275	178599	187941	178542	284090	257801	80941	69886	71919	80626
Müşteri 70	26107	20245	169122	168447	177790	178411	283405	250715	77557	65925	68302	77219
Müşteri 71	123274	116615	105057	104243	115715	146389	234825	154887	61106	58838	60649	60939
Müşteri 72	123026	116367	105039	104225	115696	146520	235029	155173	61045	58721	60545	60876
Müşteri 73	130905	124335	93419	92605	104092	156319	242205	152112	72958	70323	72255	72786
Müşteri 74	267945	261234	176953	176505	183492	171110	186105	5104	180285	187559	186915	180444
Müşteri 75	267807	261095	176411	175964	182935	171434	186677	5222	180238	187478	186845	180395
Müşteri 76	286530	282021	330217	329473	340200	101683	23539	206231	207565	219664	216497	207942
Müşteri 77	279891	275348	323668	322922	333678	94852	23864	201667	200652	212756	209592	201029
Müşteri 78	286226	281708	329627	328884	339607	101312	23025	205571	207150	219252	216087	207526
Müşteri 79	156254	152209	247457	246644	258139	38771	139909	204058	90778	101194	97850	91124
Müşteri 80	163597	159127	241817	241008	252477	25215	129539	190329	90759	102026	98691	91125
Müşteri 81	169565	164560	230320	229519	240915	18152	122558	171084	88487	100471	97257	88864
Müşteri 82	172844	167784	230513	229715	241084	16464	119465	168231	90825	102877	99693	91202
Müşteri 83	167557	162467	226545	225744	237138	21484	124855	168641	85445	97483	94292	85822
Müşteri 84	285700	279207	127560	127534	128925	247239	280037	94751	216914	219227	220061	216909
Müşteri 85	290213	283734	130080	130081	131080	252121	284124	98278	221835	224086	224938	221829
Müşteri 86	294455	287995	132110	132140	132720	257246	288738	102508	226664	228814	229694	226655
Müşteri 87	291098	284621	130694	130700	131637	252957	284760	98804	222752	225001	225853	222745
Müşteri 88	293813	287343	132354	132375	133094	255807	287117	100877	225673	227892	228754	225665
Müşteri 89	290793	284332	129054	129071	129839	254340	286850	101105	223094	225205	226095	223083
Müşteri 90	81871	75382	157559	156762	167924	121006	223132	193095	14538	2592	5939	14163

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 61	Müşteri 62	Müşteri 63	Müşteri 64	Müşteri 65	Müşteri 66	Müşteri 67	Müşteri 68	Müşteri 69	Müşteri 70	Müşteri 71	Müşteri 72
Müşteri 61	0	7046	64077	44934	327385	321182	296739	72131	70936	67705	63568	63464
Müşteri 62	7046	0	62902	45690	334013	327932	303407	65087	63897	60693	65493	65360
Müşteri 63	64077	62902	0	23411	366045	357203	334955	84037	82089	87072	127645	127541
Müşteri 64	44934	45690	23411	0	344170	335754	313101	85224	83389	85756	107658	107582
Müşteri 65	327385	334013	366045	344170	0	18920	31093	396383	395624	389616	297721	298009
Müşteri 66	321182	327932	357203	335754	18920	0	27149	391155	390313	384694	294903	295191
Müşteri 67	296739	303407	334955	313101	31093	27149	0	366103	365311	359461	268631	268919
Müşteri 68	72131	65087	84037	85224	396383	391155	366103	0	1953	9319	107176	106921
Müşteri 69	70936	63897	82089	83389	395624	390313	365311	1953	0	10153	107083	106831
Müşteri 70	67705	60693	87072	85756	389616	384694	359461	9319	10153	0	98680	98421
Müşteri 71	63568	65493	127645	107658	297721	294903	268631	107176	107083	98680	0	288
Müşteri 72	63464	65360	127541	107582	298009	295191	268919	106921	106831	98421	288	0
Müşteri 73	75165	76780	139220	119447	296157	294089	267552	114478	114549	105674	11888	11930
Müşteri 74	189119	195050	239372	216050	149649	149552	122478	253235	252732	245666	149967	150253
Müşteri 75	189056	194974	239426	216098	150019	149985	122903	253077	252579	245495	149722	150007
Müşteri 76	215924	222231	209655	198379	239233	222711	213499	281550	279866	280018	239453	239637
Müşteri 77	209030	215349	203324	191791	238762	222526	212507	274806	273128	273223	232587	232770
Müşteri 78	215521	221836	209426	198089	238723	222219	212959	281214	279532	279663	238929	239113
Müşteri 79	96244	101045	78395	68042	305697	294491	274924	152994	151196	152806	143014	143072
Müşteri 80	97468	102973	88882	75515	291048	279916	260261	158983	157257	157983	138503	138590
Müşteri 81	96581	102828	100343	83549	273188	262493	242295	163146	161540	161059	129179	129300
Müşteri 82	99102	105439	104106	87121	269460	258717	238580	166225	164635	164007	130023	130151
Müşteri 83	93687	100015	99574	82145	272353	261875	241412	160847	159262	158595	125474	125595
Müşteri 84	222873	226656	284230	261553	205520	213172	187715	269089	269286	260071	164025	164238
Müşteri 85	227755	231505	289185	266524	205951	214012	188795	273582	273795	264544	168724	168935
Müşteri 86	232518	236216	294070	271443	207295	215754	190782	277799	278033	268737	173227	173435
Müşteri 87	228670	232419	290101	267440	205869	214005	188835	274465	274680	265425	169628	169838
Müşteri 88	231573	235305	293036	270383	206078	214453	189432	277169	277393	268119	172442	172651
Müşteri 89	228920	232602	290529	267923	208387	216562	191406	274138	274372	265077	169574	169782
Müşteri 90	7882	8177	70564	52320	328003	322234	297499	69496	68471	64224	57439	57313

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 73	Müşteri 74	Müşteri 75	Müşteri 76	Müşteri 77	Müşteri 78	Müşteri 79	Müşteri 80	Müşteri 81	Müşteri 82	Müşteri 83	Müşteri 84
Müşteri 61	75165	189119	189056	215924	209030	215521	96244	97468	96581	99102	93687	222873
Müşteri 62	76780	195050	194974	222231	215349	221836	101045	102973	102828	105439	100015	226656
Müşteri 63	139220	239372	239426	209655	203324	209426	78395	88882	100343	104106	99574	284230
Müşteri 64	119447	216050	216098	198379	191791	198089	68042	75515	83549	87121	82145	261553
Müşteri 65	296157	149649	150019	239233	238762	238723	305697	291048	273188	269460	272353	205520
Müşteri 66	294089	149552	149985	222711	222526	222219	294491	279916	262493	258717	261875	213172
Müşteri 67	267552	122478	122903	213499	212507	212959	274924	260261	242295	238580	241412	187715
Müşteri 68	114478	253235	253077	281550	274806	281214	152994	158983	163146	166225	160847	269089
Müşteri 69	114549	252732	252579	279866	273128	279532	151196	157257	161540	164635	159262	269286
Müşteri 70	105674	245666	245495	280018	273223	279663	152806	157983	161059	164007	158595	260071
Müşteri 71	11888	149967	149722	239453	232587	238929	143014	138503	129179	130023	125474	164025
Müşteri 72	11930	150253	150007	239637	232770	239113	143072	138590	129300	130151	125595	164238
Müşteri 73	0	147311	147021	247688	240863	247150	154286	149366	139383	140052	135647	155098
Müşteri 74	147311	0	631	204257	199574	203597	199620	185961	166740	163929	164252	95175
Müşteri 75	147021	631	0	204807	200116	204147	199864	186222	167006	164204	164508	94562
Müşteri 76	247688	204257	204807	0	6941	660	131387	122933	119412	116822	122237	296970
Müşteri 77	240863	199574	200116	6941	0	6498	124991	116307	112540	109928	115346	291836
Müşteri 78	247150	203597	204147	660	6498	0	131142	122631	119022	116420	121836	296312
Müşteri 79	154286	199620	199864	131387	124991	131142	0	14685	33601	36994	35568	267160
Müşteri 80	149366	185961	186222	122933	116307	122631	14685	0	19301	22488	21746	255659
Müşteri 81	139383	166740	167006	119412	112540	119022	33601	19301	0	3844	3777	237877
Müşteri 82	140052	163929	164204	116822	109928	116420	36994	22488	3844	0	5429	236027
Müşteri 83	135647	164252	164508	122237	115346	121836	35568	21746	3777	5429	0	234615
Müşteri 84	155098	95175	94562	296970	291836	296312	267160	255659	237877	236027	234615	0
Müşteri 85	159705	98885	98277	301214	296122	300555	272154	260631	242825	240962	239569	5024
Müşteri 86	164089	103257	102654	305946	300885	305287	277290	265772	247966	246102	244711	10135
Müşteri 87	160601	99449	98843	301886	296804	301227	273030	261497	243682	241815	240429	5927
Müşteri 88	163369	101626	101023	304337	299281	303678	275957	264408	246577	244701	243328	8885
Müşteri 89	160427	101688	101079	303889	298781	303231	274128	262674	244927	243091	241656	7126
Müşteri 90	68814	187992	187903	222083	215172	221669	103785	104596	102934	105316	99927	218512

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 85	Müşteri 86	Müşteri 87	Müşteri 88	Müşteri 89	Müşteri 90	Müşteri 91	Müşteri 92	Müşteri 93	Müşteri 94	Müşteri 95	Müşteri 96
Müşteri 61	227755	232518	228670	231573	228920	7882	12413	5755	264073	260156	175427	176305
Müşteri 62	231505	236216	232419	235305	232602	8177	14091	7885	271091	267171	177453	178259
Müşteri 63	289185	294070	290101	293036	290529	70564	76162	69236	290277	286763	239445	240345
Müşteri 64	266524	271443	267440	270383	267923	52320	57347	50559	270563	266950	218735	219722
Müşteri 65	205951	207295	205869	206078	208387	328003	323692	326900	98796	99708	266452	268257
Müşteri 66	214012	215754	214005	214453	216562	322234	318156	321016	82237	83572	270905	272773
Müşteri 67	188795	190782	188835	189432	191406	297499	293270	296357	75013	74985	244078	245960
Müşteri 68	273582	277799	274465	277169	274138	69496	73117	71022	336075	332136	208216	208429
Müşteri 69	273795	278033	274680	277393	274372	68471	72202	69953	334949	331017	208741	208973
Müşteri 70	264544	268737	265425	268119	265077	64224	67312	65949	330856	326885	198929	199135
Müşteri 71	168724	173227	169628	172442	169574	57439	51645	58525	251757	247597	111977	112809
Müşteri 72	168935	173435	169838	172651	169782	57313	51525	58408	252033	247872	112103	112931
Müşteri 73	159705	164089	160601	163369	160427	68814	63095	70008	254029	249850	100753	101517
Müşteri 74	98885	103257	99449	101626	101688	187992	182928	187368	131674	127793	128705	130723
Müşteri 75	98277	102654	98843	101023	101079	187903	182829	187287	132288	128408	128113	130131
Müşteri 76	301214	305946	301886	304337	303889	222083	222130	219787	140528	139531	303658	305576
Müşteri 77	296122	300885	296804	299281	298781	215172	215204	212878	140289	139092	297544	299454
Müşteri 78	300555	305287	301227	303678	303231	221669	221702	219374	140029	139019	303029	304948
Müşteri 79	272154	277290	273030	275957	274128	103785	106086	101417	221269	218134	241677	243120
Müşteri 80	260631	265772	261497	264408	262674	104596	106115	102215	207137	203952	233116	234631
Müşteri 81	242825	247966	243682	246577	244927	102934	103381	100608	191388	188056	218312	219900
Müşteri 82	240962	246102	241815	244701	243091	105316	105588	103006	187544	184212	217582	219192
Müşteri 83	239569	244711	240429	243328	241656	99927	100246	97613	191475	188093	214623	216206
Müşteri 84	5024	10135	5927	8885	7126	218512	212621	218945	220630	217135	72921	74055
Müşteri 85	0	5142	917	3867	2856	223357	217462	223804	223239	219790	75868	76906
Müşteri 86	5142	0	4290	1632	3663	228062	222163	228530	226625	223218	78460	79394
Müşteri 87	917	4290	0	2959	2582	224271	218376	224718	223569	220129	76555	77579
Müşteri 88	3867	1632	2959	0	3328	227155	221259	227609	225056	221643	78495	79467
Müşteri 89	2856	3663	2582	3328	0	224447	218547	224921	226083	222636	75167	76140
Müşteri 90	223357	228062	224271	227155	224447	0	5914	2382	266696	262739	169416	170239

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 97	Müşteri 98	Müşteri 99	Müşteri 100	Müşteri 101	Antalya Depo	Konya Depo
Müşteri 61	192604	192587	132327	38911	39002	8994	207825
Müşteri 62	198601	198574	138755	42044	42094	2082	213820
Müşteri 63	242147	242240	134413	102682	102797	61890	257109
Müşteri 64	218864	218951	119254	82091	82234	45272	233856
Müşteri 65	144912	145206	251494	302796	302948	336090	131713
Müşteri 66	144684	145042	239121	298390	298555	329998	132643
Müşteri 67	117621	117971	221244	272843	273001	305481	105494
Müşteri 68	257192	257092	199624	94482	94367	63162	272268
Müşteri 69	256669	256572	198021	93958	93848	61953	271758
Müşteri 70	249687	249574	197467	87123	86993	58890	264714
Müşteri 71	154315	154130	158255	25869	25689	66911	168942
Müşteri 72	154602	154416	158415	25832	25650	66773	169228
Müşteri 73	151823	151596	167404	37758	37577	78115	166107
Müşteri 74	4920	4517	163684	158776	158885	197108	19055
Müşteri 75	5427	4991	164068	158626	158733	197031	19253
Müşteri 76	202474	203002	83823	222745	223014	223588	209054
Müşteri 77	197909	198431	76894	215816	216086	216713	204850
Müşteri 78	201814	202342	83392	222257	222527	223197	208397
Müşteri 79	201037	201299	58835	118934	119180	101808	214560
Müşteri 80	187250	187525	45887	115610	115868	104003	200602
Müşteri 81	167989	168268	36482	108227	108494	104176	181306
Müşteri 82	165104	165390	33463	109551	109820	106829	178314
Müşteri 83	165583	165853	38882	104648	104916	101402	179024
Müşteri 84	98260	97679	245122	184658	184623	228398	98289
Müşteri 85	101834	101255	249889	189495	189458	233240	101285
Müşteri 86	106097	105521	254963	194191	194152	237941	105082
Müşteri 87	102369	101791	250690	190409	190372	234154	101704
Müşteri 88	104465	103889	253466	193290	193252	237037	103470
Müşteri 89	104656	104076	252248	190574	190534	234325	104142
Müşteri 90	191616	191576	138342	33878	33925	9893	206827

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 1	Müşteri 2	Müşteri 3	Müşteri 4	Müşteri 5	Müşteri 6	Müşteri 7	Müşteri 8	Müşteri 9	Müşteri 10	Müşteri 11	Müşteri 12
Müşteri 91	88287	88041	87204	7130	10352	4354	127195	120055	118209	118091	116755	116016
Müşteri 92	85629	85347	93608	10288	14549	9303	134080	126959	125117	125000	123665	122928
Müşteri 93	199374	199910	225395	256535	253470	259284	282320	276552	275145	274697	274050	273686
Müşteri 94	195879	196417	221205	252557	249476	255298	278179	272399	270989	270540	269891	269526
Müşteri 95	207209	207417	82886	162301	158532	161705	51200	53464	54286	54101	54987	55480
Müşteri 96	208733	208937	84220	163217	159472	162586	50737	53295	54188	54018	54942	55456
Müşteri 97	165794	166279	117836	180736	176619	182498	161852	157305	156247	155804	155436	155229
Müşteri 98	166026	166510	117583	180699	176578	182452	161424	156894	155841	155398	155034	154828
Müşteri 99	50717	51062	159675	131850	131000	134969	226257	218370	216362	216013	214781	214096
Müşteri 100	93399	93310	59231	25537	21723	25274	103759	96212	94265	94088	92730	91978
Müşteri 101	93665	93576	59190	25646	21853	25352	103564	96022	94075	93900	92542	91790
Antalya Depo	89479	89150	102981	20132	24401	19009	141029	134100	132306	132212	130893	130164
Konya Depo	179699	180193	131885	195949	191828	197703	172904	168771	167822	167385	167097	166934

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 13	Müşteri 14	Müşteri 15	Müşteri 16	Müşteri 17	Müşteri 18	Müşteri 19	Müşteri 20	Müşteri 21	Müşteri 22	Müşteri 23	Müşteri 24
Müşteri 91	115718	114901	338525	236475	206710	351703	350676	132667	133350	132481	133261	261221
Müşteri 92	122629	121813	344065	235262	205908	357466	356507	138734	139413	138549	139326	261969
Müşteri 93	273629	273019	222801	101196	96467	246169	250263	202519	202239	202594	202314	28331
Müşteri 94	269469	268857	221392	100660	94626	244713	248728	198415	198138	198490	198213	29356
Müşteri 95	55737	56161	211883	294732	263152	217265	214201	63680	63616	63700	63586	274587
Müşteri 96	55719	56172	212852	296730	265138	218037	214923	65656	65599	65675	65567	276637
Müşteri 97	155239	154795	165013	180970	153589	183443	184519	81511	81051	81636	81146	144562
Müşteri 98	154839	154398	164753	181535	154135	183140	184199	81111	80649	81236	80744	145140
Müşteri 99	213874	212986	326248	102545	77976	346070	347598	175554	175871	175467	175861	149288
Müşteri 100	91688	90824	311494	232253	201121	324293	323166	104930	105617	104743	105527	249135
Müşteri 101	91500	90637	311525	232515	201380	324307	323174	104927	105614	104740	105524	249364
Antalya Depo	129864	129070	353895	240510	211678	367246	366265	148376	149057	148191	148969	269303
Konya Depo	166962	166567	151775	185018	159210	170886	172277	93455	92941	93594	93041	142646

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 25	Müşteri 26	Müşteri 27	Müşteri 28	Müşteri 29	Müşteri 30	Müşteri 31	Müşteri 32	Müşteri 33	Müşteri 34	Müşteri 35	Müşteri 36
Müşteri 91	147609	159470	175952	111396	76205	252410	244233	265906	294902	296261	295810	297355
Müşteri 92	143865	156445	176659	110018	69280	251689	243555	265032	300966	302405	301904	303453
Müşteri 93	191564	170976	91375	169101	290636	83097	81858	90160	233909	240885	236751	237868
Müşteri 94	188972	168522	87822	165645	287121	83287	81633	90955	231499	238434	234330	235464
Müşteri 95	264139	263374	212645	206434	239517	298257	290654	312639	154628	153113	154404	155705
Müşteri 96	265798	265126	214648	208141	240414	300286	292679	314670	155355	153749	155095	156384
Müşteri 97	198672	187423	104316	145602	242409	177922	171430	191300	142392	147338	144587	146095
Müşteri 98	199048	187841	104837	145909	242502	178502	172008	191882	141957	146888	144146	145656
Müşteri 99	34950	27364	77432	30994	134795	122326	114870	134071	305652	310148	307704	309244
Müşteri 100	155349	163845	164824	110170	102763	246078	237791	260091	267114	268398	267992	269533
Müşteri 101	155613	164114	165062	110440	102877	246334	238046	260348	267104	268381	267978	269520
Antalya Depo	145709	159390	184033	115364	61896	257499	249423	270653	310615	312004	311535	313082
Konya Depo	210274	198063	111703	158525	257375	180036	174012	192893	133111	138529	135466	136927

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 37	Müşteri 38	Müşteri 39	Müşteri 40	Müşteri 41	Müşteri 42	Müşteri 43	Müşteri 44	Müşteri 45	Müşteri 46	Müşteri 47	Müşteri 48
Müşteri 91	298489	297431	298723	326079	327716	190306	191747	193731	189730	74703	83101	79548
Müşteri 92	304566	303507	304802	332064	333701	197177	198632	200624	196609	70482	79665	76669
Müşteri 93	236862	236196	237139	245743	246785	269948	273679	276444	271509	331389	342785	340995
Müşteri 94	234487	233808	234765	243776	244837	266119	269850	272621	267673	327568	338925	337100
Müşteri 95	157470	156536	157621	186239	187760	26708	28443	30748	26263	224430	225890	218862
Müşteri 96	158166	157238	158314	186911	188426	25871	27381	29576	25288	224822	226160	219098
Müşteri 97	146118	145141	146410	166925	168443	142755	146486	149267	144298	261287	269374	265096
Müşteri 98	145685	144707	145977	166545	168065	142193	145923	148704	143737	261242	269304	265013
Müşteri 99	309417	308415	309707	330787	332303	258923	261935	264734	259437	187201	200346	201042
Müşteri 100	270687	269631	270920	298374	300010	163518	165118	167204	163032	100372	107178	102518
Müşteri 101	270675	269619	270908	298370	300006	163394	164990	167073	162906	100322	107098	102422
Antalya Depo	314207	313149	314443	341756	343393	205490	206854	208787	204871	60980	70624	68068
Konya Depo	136761	135824	137055	156011	157486	148091	151812	154497	149753	276492	284538	280224

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 49	Müşteri 50	Müşteri 51	Müşteri 52	Müşteri 53	Müşteri 54	Müşteri 55	Müşteri 56	Müşteri 57	Müşteri 58	Müşteri 59	Müşteri 60
Müşteri 91	86119	79546	152478	151678	162890	121517	222554	188029	15378	7244	9667	15019
Müşteri 92	83103	76661	159262	158463	169652	118672	220916	192472	12300	317	3567	11928
Müşteri 93	347103	340977	305285	304754	312755	182552	117013	129937	254054	265134	263030	254361
Müşteri 94	343220	337082	301187	300654	308681	179449	115994	126117	250137	261188	259099	250443
Müşteri 95	225028	218909	55333	55213	58462	231903	291253	131156	172018	170795	172504	171903
Müşteri 96	225239	219146	53904	53806	56790	233558	293216	133161	172995	171642	173382	172876
Müşteri 97	271809	265105	181826	181381	188329	171856	183978	3758	183682	191137	190435	183847
Müşteri 98	271727	265022	181355	180911	187842	172187	184524	3246	183680	191105	190413	183844
Müşteri 99	205952	201000	254749	253970	265129	20798	86078	167346	123811	135945	132807	124188
Müşteri 100	109253	102530	130523	129710	141146	126014	220205	163847	35388	34752	36004	35242
Müşteri 101	109158	102434	130313	129500	140934	126282	220471	163954	35540	34818	36092	35392
Antalya Depo	74363	68055	165527	164736	175792	122030	225655	202212	19013	9628	10417	18709
Konya Depo	286941	280234	191560	191159	197517	184361	189569	14059	198898	206354	205656	199065

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 61	Müşteri 62	Müşteri 63	Müşteri 64	Müşteri 65	Müşteri 66	Müşteri 67	Müşteri 68	Müşteri 69	Müşteri 70	Müşteri 71	Müşteri 72
Müşteri 91	12413	14091	76162	57347	323692	318156	293270	73117	72202	67312	51645	51525
Müşteri 92	5755	7885	69236	50559	326900	321016	296357	71022	69953	65949	58525	58408
Müşteri 93	264073	271091	290277	270563	98796	82237	75013	336075	334949	330856	251757	252033
Müşteri 94	260156	267171	286763	266950	99708	83572	74985	332136	331017	326885	247597	247872
Müşteri 95	175427	177453	239445	218735	266452	270905	244078	208216	208741	198929	111977	112103
Müşteri 96	176305	178259	240345	219722	268257	272773	245960	208429	208973	199135	112809	112931
Müşteri 97	192604	198601	242147	218864	144912	144684	117621	257192	256669	249687	154315	154602
Müşteri 98	192587	198574	242240	218951	145206	145042	117971	257092	256572	249574	154130	154416
Müşteri 99	132327	138755	134413	119254	251494	239121	221244	199624	198021	197467	158255	158415
Müşteri 100	38911	42044	102682	82091	302796	298390	272843	94482	93958	87123	25869	25832
Müşteri 101	39002	42094	102797	82234	302948	298555	273001	94367	93848	86993	25689	25650
Antalya Depo	8994	2082	61890	45272	336090	329998	305481	63162	61953	58890	66911	66773
Konya Depo	207825	213820	257109	233856	131713	132643	105494	272268	271758	264714	168942	169228

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 73	Müşteri 74	Müşteri 75	Müşteri 76	Müşteri 77	Müşteri 78	Müşteri 79	Müşteri 80	Müşteri 81	Müşteri 82	Müşteri 83	Müşteri 84
Müşteri 91	63095	182928	182829	222130	215204	221702	106086	106115	103381	105588	100246	212621
Müşteri 92	70008	187368	187287	219787	212878	219374	101417	102215	100608	103006	97613	218945
Müşteri 93	254029	131674	132288	140528	140289	140029	221269	207137	191388	187544	191475	220630
Müşteri 94	249850	127793	128408	139531	139092	139019	218134	203952	188056	184212	188093	217135
Müşteri 95	100753	128705	128113	303658	297544	303029	241677	233116	218312	217582	214623	72921
Müşteri 96	101517	130723	130131	305576	299454	304948	243120	234631	219900	219192	216206	74055
Müşteri 97	151823	4920	5427	202474	197909	201814	201037	187250	167989	165104	165583	98260
Müşteri 98	151596	4517	4991	203002	198431	202342	201299	187525	168268	165390	165853	97679
Müşteri 99	167404	163684	164068	83823	76894	83392	58835	45887	36482	33463	38882	245122
Müşteri 100	37758	158776	158626	222745	215816	222257	118934	115610	108227	109551	104648	184658
Müşteri 101	37577	158885	158733	223014	216086	222527	119180	115868	108494	109820	104916	184623
Antalya Depo	78115	197108	197031	223588	216713	223197	101808	104003	104176	106829	101402	228398
Konya Depo	166107	19055	19253	209054	204850	208397	214560	200602	181306	178314	179024	98289

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 85	Müşteri 86	Müşteri 87	Müşteri 88	Müşteri 89	Müşteri 90	Müşteri 91	Müşteri 92	Müşteri 93	Müşteri 94	Müşteri 95	Müşteri 96
Müşteri 91	217462	222163	218376	221259	218547	5914	0	6928	263602	259619	163618	164454
Müşteri 92	223804	228530	224718	227609	224921	2382	6928	0	265083	261135	170484	171330
Müşteri 93	223239	226625	223569	225056	226083	266696	263602	265083	0	4190	259925	261961
Müşteri 94	219790	223218	220129	221643	222636	262739	259619	261135	4190	0	255954	257991
Müşteri 95	75868	78460	76555	78495	75167	169416	163618	170484	259925	255954	0	2050
Müşteri 96	76906	79394	77579	79467	76140	170239	164454	171330	261961	257991	2050	0
Müşteri 97	101834	106097	102369	104465	104656	191616	186607	190952	127235	123380	133385	135399
Müşteri 98	101255	105521	101791	103889	104076	191576	186557	190919	127791	123939	132861	134874
Müşteri 99	249889	254963	250690	253466	252248	138342	138311	136061	163487	160528	236010	237763
Müşteri 100	189495	194191	190409	193290	190574	33878	27973	34459	248798	244711	136812	137749
Müşteri 101	189458	194152	190372	193252	190534	33925	28018	34524	249010	244922	136688	137621
Antalya Depo	233240	237941	234154	237037	234325	9893	15778	9852	273067	269150	178832	179622
Konya Depo	101285	105082	101704	103470	104142	206827	201806	206168	122937	119305	141191	143159

Ek 9. Büyük Problem için Mesafe Matrisi (devam)

	Müşteri 97	Müşteri 98	Müşteri 99	Müşteri 100	Müşteri 101	Antalya Depo	Konya Depo
Müşteri 91	186607	186557	138311	27973	28018	15778	201806
Müşteri 92	190952	190919	136061	34459	34524	9852	206168
Müşteri 93	127235	127791	163487	248798	249010	273067	122937
Müşteri 94	123380	123939	160528	244711	244922	269150	119305
Müşteri 95	133385	132861	236010	136812	136688	178832	141191
Müşteri 96	135399	134874	237763	137749	137621	179622	143159
Müşteri 97	0	585	163865	162714	162827	200664	15221
Müşteri 98	585	0	164249	162616	162728	200636	15251
Müşteri 99	163865	164249	0	139844	140114	140181	175348
Müşteri 100	162714	162616	139844	0	270	43751	177800
Müşteri 101	162827	162728	140114	270	0	43793	177910
Antalya Depo	200664	200636	140181	43751	43793	0	500000
Konya Depo	15221	15251	175348	177800	177910	500000	0

Ek 10. Büyük Problem için Müşterilere Ait Veriler

	Dağıtım Talebi (kg)	Toplama Talebi (kg)	Servis Zamanı (dk)		Dağıtım Talebi (kg)	Toplama Talebi (kg)	Servis Zamanı (dk)		Dağıtım Talebi (kg)	Toplama Talebi (kg)	Servis Zamanı (dk)		Dağıtım Talebi (kg)	Toplama Talebi (kg)	Servis Zamanı (dk)
Müşteri 1	2000	50	30	Müşteri 27	2000	100	30	Müşteri 53	2500	50	30	Müşteri 79	2000	100	30
Müşteri 2	1500	50	30	Müşteri 28	2300	100	30	Müşteri 54	2000	100	30	Müşteri 80	2000	50	30
Müşteri 3	1500	50	30	Müşteri 29	1500	150	30	Müşteri 55	1500	100	30	Müşteri 81	1500	100	30
Müşteri 4	2000	100	30	Müşteri 30	1500	150	30	Müşteri 56	1500	100	30	Müşteri 82	1700	100	30
Müşteri 5	2000	50	30	Müşteri 31	2500	100	30	Müşteri 57	1500	100	30	Müşteri 83	1500	50	30
Müşteri 6	1500	110	30	Müşteri 32	1500	50	30	Müşteri 58	1500	50	30	Müşteri 84	2000	50	30
Müşteri 7	2000	150	30	Müşteri 33	1700	50	30	Müşteri 59	2000	50	30	Müşteri 85	2000	150	30
Müşteri 8	1500	50	30	Müşteri 34	1500	100	30	Müşteri 60	1500	50	30	Müşteri 86	2000	50	30
Müşteri 9	1500	100	30	Müşteri 35	2000	50	30	Müşteri 61	2400	100	30	Müşteri 87	1500	50	30
Müşteri 10	2500	100	30	Müşteri 36	2000	100	30	Müşteri 62	2000	50	30	Müşteri 88	1500	50	30
Müşteri 11	2000	100	30	Müşteri 37	1500	140	30	Müşteri 63	2000	50	30	Müşteri 89	1700	50	30
Müşteri 12	2000	120	30	Müşteri 38	2000	100	30	Müşteri 64	1500	50	30	Müşteri 90	1500	50	30
Müşteri 13	2000	100	30	Müşteri 39	1700	80	30	Müşteri 65	2000	50	30	Müşteri 91	1500	100	30
Müşteri 14	1500	50	30	Müşteri 40	2000	50	30	Müşteri 66	1500	100	30	Müşteri 92	2000	100	30
Müşteri 15	2000	50	30	Müşteri 41	2000	50	30	Müşteri 67	2000	100	30	Müşteri 93	2500	100	30
Müşteri 16	1700	150	30	Müşteri 42	2000	50	30	Müşteri 68	2300	100	30	Müşteri 94	2000	50	30
Müşteri 17	2000	50	30	Müşteri 43	1500	50	30	Müşteri 69	2000	100	30	Müşteri 95	1500	50	30
Müşteri 18	1500	50	30	Müşteri 44	2000	150	30	Müşteri 70	2000	50	30	Müşteri 96	1500	100	30
Müşteri 19	1500	50	30	Müşteri 45	1500	100	30	Müşteri 71	1500	100	30	Müşteri 97	2000	100	30
Müşteri 20	2500	50	30	Müşteri 46	1700	150	30	Müşteri 72	1500	50	30	Müşteri 98	1500	50	30
Müşteri 21	1500	100	30	Müşteri 47	1700	50	30	Müşteri 73	2500	80	30	Müşteri 99	1500	100	30
Müşteri 22	1500	100	30	Müşteri 48	2400	50	30	Müşteri 74	2000	50	30	Müşteri 100	1500	100	30
Müşteri 23	2000	150	30	Müşteri 49	1500	150	30	Müşteri 75	1500	150	30	Müşteri 101	1500	50	30
Müşteri 24	1500	50	30	Müşteri 50	2000	50	30	Müşteri 76	1500	150	30				
Müşteri 25	1500	100	30	Müşteri 51	2000	100	30	Müşteri 77	1500	100	30				
Müşteri 26	1500	100	30	Müşteri 52	1600	50	30	Müşteri 78	1500	50	30				

Ek 11. Büyük Problem için Araçlara Ait Veriler

	Taşıma Kapasitesi (kg)	Aracın Kullandığı Yakıtın Fiyatı (TL/litre)	Aracın Hızı (metre/dakika)	Aracın Yakıt Tüketim Oranı (litre/metre)	Aracın Değişken Maliyeti (TL/dakika)
Araç 1	3000	23,17	1416,333	0,000095	0,778
Araç 2	5000	23,17	1166,667	0,00012	0,916
Araç 3	7000	23,17	1083,333	0,000155	1,19
Araç 4	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832
Araç 5	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832
Araç 6	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832
Araç 7	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832
Araç 8	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832
Araç 9	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832
Araç 10	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832
Araç 11	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832
Araç 12	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832
Araç 13	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832
Araç 14	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832
Araç 15	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832
Araç 16	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832
Araç 17	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832
Araç 18	12000	23,17	833,333	0,00024	1,832

Ek 12. Büyük Problem için Depolara Ait Arz Kapasitesi Verileri

	Arz Kapasitesi (kg)
Antalya Depo	100000
Konya Depo	100000

Ek 13. Büyük Problem için Araçların Buldukları Depolar

	Hangi Depoda Bulunduğu
Araç 1	Antalya Depo
Araç 2	Konya Depo
Araç 3	Antalya Depo
Araç 4	Konya Depo
Araç 5	Antalya Depo
Araç 6	Konya Depo
Araç 7	Antalya Depo
Araç 8	Konya Depo
Araç 9	Antalya Depo
Araç 10	Konya Depo
Araç 11	Antalya Depo
Araç 12	Konya Depo
Araç 13	Antalya Depo
Araç 14	Konya Depo
Araç 15	Antalya Depo
Araç 16	Konya Depo
Araç 17	Antalya Depo
Araç 18	Konya Depo

Ek 14. Önerilen Test Problemlerinin Sonuçları

	Problem Adı	Parametreler			GAMS		PUEYKA			Hibrit Algoritma						
		Müşteri Sayısı	Depo Sayısı	Araç Sayısı	Sonuç (TL)	Süre (sn)	Sonuç (TL)	Yüzdesel Sapma (%)	Süre (sn)	Ortalama Sonuç (TL)	Ortalama Süre (sn)	Standart Sapma (TL)	En İyi Sonuç (TL)	En Kötü Sonuç (TL)	En Büyük Yüzdesel Sapma (%)	Ortalama Yüzdesel Sapma (%)
1.Tip Problem	Test1	10	2	4	17477,86	91,92	22578,41	29,18	0,12	17622,58	1,75	432,95	17477,86	18921,42	8,26	0,83
	Test2	11	2	4	22971,48	137,39	27617,78	20,23	0,15	23301,27	1,91	524,58	22971,48	24345,04	5,98	1,44
	Test3	12	2	4	25493,23	653,31	32672,86	28,16	0,12	25607,10	2,55	230,14	25493,23	26136,64	2,52	0,45
	Test4	13	2	5	25106,85	2390,48	36229,66	44,30	0,17	25546,15	5,57	758,66	25106,85	27165,87	8,20	1,75
	Test5	14	2	5	25683,65	3272,93	43593,83	69,73	0,10	25820,55	8,24	167,73	25683,65	26038,03	1,38	0,53
	Test6	15	2	5	25171,10	3373,56	38862,20	54,39	0,13	25304,42	8,10	399,96	25171,10	26504,28	5,30	0,53
	Test7	16	2	5	26242,33	3600	37848,60	44,23	0,12	26701,99	5,62	783,57	26242,33	28422,09	8,31	1,75
	Test8	20	2	6	32475,55	3600	43148,51	33,40	0,17	32824,04	10,72	464,15	32344,49	33989,70	5,09	1,48
2.Tip Problem	Test9	30	2	7	62504,36	3600	65446,81	38,81	0,20	48290,02	43,59	562,46	47147,68	49038,38	4,01	2,42
	Test10	40	2	8	-----	3600	74624,01	18,68	0,12	64246,44	47,26	734,59	62878,12	64963,24	3,32	2,18
	Test11	50	2	10	-----	3600	86017,71	18,93	0,11	74967,82	81,58	2707,51	72327,75	78982,81	9,20	3,65
	Test12	60	2	12	-----	3600	115290,41	33,92	0,15	89053,89	194,76	2167,51	86088,34	92652,65	7,63	3,45
	Test13	70	2	13	-----	3600	115611,67	11,63	0,18	104672,92	123,04	917,08	103567,37	106728,14	3,05	1,07
	Test14	80	2	15	-----	3600	112475,49	12,16	0,09	104892,44	441,43	1559,98	100280,79	105748,23	5,45	4,60
	Test15	90	2	17	-----	3600	156325,30	27,98	0,11	124908,84	834,42	1862,01	122146,01	127914,44	4,72	2,26
3.Tip Problem	Test16	95	2	18	-----	3600	139523,78	16,57	0,19	122809,22	1015,64	1971,15	119695,03	125925,62	5,21	2,60
	Test17	100	2	19	-----	3600	151683,93	20,06	0,13	128484,02	1157,38	1708,43	126335,44	131280,31	3,91	1,70
	Test18	105	2	20	-----	3600	163367,41	18,05	0,12	141753,65	1237,59	2150,87	138392,47	145532,64	5,16	2,43
	Test19	110	2	20	-----	3600	159714,34	16,67	0,17	140194,51	1219,81	1594,10	136891,56	142631,29	4,19	2,41
	Test20	115	2	22	-----	3600	167285,34	11,25	0,16	151016,28	1379,27	607,60	150375,21	152285,32	1,27	0,43
	Test21	120	2	22	-----	3600	174619,63	18,61	0,19	149393,28	1576,06	1741,94	147222,41	153496,78	4,26	1,47
4.Tip Problem	Test22	150	2	28	-----	3600	211671,13	14,99	0,15	190464,97	2839,83	2656,61	184073,08	195041,05	5,96	3,47
	Test23	200	2	36	-----	3600	271012,16	14,62	0,31	243863,66	3668,96	3141,88	236448,23	248424,35	5,07	3,14
	Test24	250	2	45	-----	3600	340552,06	13,53	0,40	303615,69	6265,88	2144,16	299974,66	306343,92	2,12	1,21
	Test25	300	2	54	-----	3600	380039,50	8,90	0,51	354702,37	14637,67	3234,02	348997,69	359263,27	2,94	1,63