

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET VE PAZARLAMA ANABİLİM DALI

**BİR GIDA DAĞITIM ŞİRKETİNE AİT ARAÇ ROTALAMA
PROBLEMİNİN KESİN VE SEZGİSEL YÖNTEMLER İLE
ÇÖZÜMÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NURHAYAT TOK

BALIKESİR, 2021

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET VE PAZARLAMA ANABİLİM DALI**

**BİR GIDA DAĞITIM ŞİRKETİNE AİT ARAÇ ROTALAMA
PROBLEMİNİN KESİN VE SEZGİSEL YÖNTEMLER İLE
ÇÖZÜMÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NURHAYAT TOK

TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ ŞERİFE ÖZKAR

BALIKESİR, 2021

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün Uluslararası Ticaret ve Pazarlama Anabilim Dalı'nda 201912555001 numaralı Nurhayat TOK'un hazırladığı "Bir Gıda Dağıtım Şirketine Ait Araç Rotalama Probleminin Kesin ve Sezgisel Yöntemler İle Çözümü" konulu YÜKSEK LİSANS tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 30.07.2021 tarihinde yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda tezin onayına OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile karar verilmiştir.

Üye (Başkan) Doç. Dr. Umay UZUNOĞLU KOÇER

İmza

Üye (Danışman) Dr. Öğr. Üyesi Şerife ÖZKAR

İmza

Üye Dr. Öğr. Üyesi Özlem KUVAT

İmza

.../.../...

Enstitü Onayı

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

..../..../2021

İmza

Adı Soyadı

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, günümüz koşullarında giderek artan taşıma maliyetlerinin örnek dağıtım şirketi aracılığıyla yolda geçen süre, kullanımda tutulan araç ve dolaylı olarak yakıt maliyetleri açısından iyileştirilmesi ve şirkete söz konusu dağıtım için alternatif araç-müşteri dağılımları sunmak amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, gidilen yol mesafesi şirketin mevcut durumuna kıyasla iyileştirilmiş ve yeni müşteri-arac dağılımlarının daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Yüksek lisans programına başvuru aşamamdan itibaren her daim desteğini hissettiğim, tezimi gerektiğinde benimle sabahlayacak kadar önemseyen ve bitmeyen sorularıma her zaman sabırla cevap veren çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Şerife ÖZKAR'a sabrı, anlayışı ve ilgisi için çok teşekkür ederim.

Lisans eğitimimi başarıyla tamamlamamda ve böylece yüksek lisans yapmamda, akademi hedeflerimin altını doldurmamda en önemli etken olan çok değerli dostum Mine CAN'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda olan ve her karamsarlığa düştüğümde bana destek sağlayan sevgili arkadaşım Mert Sabri YAVUZ'a ve her ihtiyacım olduğunda tereddüt etmeden bana evini açan Gözde ERKAN'a teşekkür ederim.

Tüm zorluklara rağmen her zaman bana inanan ve destek olan annem Naciye TOK ve babam Hasan TOK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

BALIKESİR, 2021

NURHAYAT TOK

ÖZET

BİR GIDA DAĞITIM ŞİRKETİNE AİT ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN KESİN VE SEZGİSEL YÖNTEMLER İLE ÇÖZÜMÜ

TOK, Nurhayat

Yüksek Lisans, Uluslararası Ticaret ve Pazarlama Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Şerife ÖZKAR

2021, 84 Sayfa

Günümüzde işletmeler için bir zorunluluk haline gelen rekabet avantajı sağlayabilmenin yolu, önce maliyet avantajı sağlamaktan geçmektedir. Bu çalışmada, fiziksel dağıtım maliyetleri içerisinde yer alan taşıma maliyetlerinin Araç Rotalama Problemleri çerçevesinde alınan yol açısından düşürülmesi amaçlanmış ve bu amaç doğrultusunda, bir gıda dağıtım şirketine ait gerçek hayat problemi ele alınmıştır. Söz konusu şirketin günlük ziyaret edilen sabit müşterileri ve müşterilerin talebini karşılayan yüksek kapasiteli sabit iki aracı vardır.

İlk olarak, şirketin mevcut durumu göz önünde bulundurularak iyileştirme yapılmıştır. *Uygulama-1*, şirketin dağıtım araçları oldukça yüksek kapasiteye sahip olduklarından ilgilenilen problem kapasite kısıtının bulunmadığı Gezgin Satıcı Problemi olarak değerlendirilmiş ve talep/kapasite kısıtlarının göz ardı edilebildiği En Yakın Komşu algoritması kullanılarak günlük alınan toplam mesafe kısaltılmıştır. *Uygulama-2*, şirket araçlarının kapasiteleri müşterilerin toplam günlük talebini aşmayacak bir büyüklükte düşünülerek problemin tamsayıli lineer matematiksel modeli GAMS programında çözülmüş ve elde edilen sonuçlar mevcut durumla karşılaştırıldığında iyileştirmenin yüksek oranda elde edildiği görülmüştür.

İkinci olarak, şirketin kullandığı araçlar ve dağıtım yapıları müşteri talepleri dikkate alınarak mevcut araç kapasiteleri yerine daha küçük kapasiteli araçların kullanılabileceği düşünülmüştür. Bu amaç doğrultusunda, günlük talepleri karşılamaya elverişli bir kapasite varsayımı yapılmıştır. *Uygulama-3*, müşterilerin ziyaret günleri sabit kalmak koşulu altında sabit araçların sabit müşteriye gitmesi göz ardı edilerek problem, Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi olarak

değerlendirilmiştir. Böylece mevcut müşteri-araç atamalarının da değiştirilmesi amaçlanmıştır. Kapasite varsayımı altında Fisher ve Jaikumar Yöntemi ile yeni araç-müşteri atamaları yapılmış ve atanmış müşteriler EYK Algoritması ile rotalanmıştır. *Uygulama-4*, *Uygulama-3*'te tanımlanan problem, ayrıca Tasarruf Algoritması kullanılarak çözülmüş ve sonuçlar şirketin mevcut durumu ile kıyaslanmıştır.

Bu tez kapsamında yapılan tüm uygulamalara ait sonuçlar incelendiğinde, şirketin mevcut durumundaki araç-müşteri dağılımını değiştirmemesi (*Uygulama-2*) halinde yeni rota planlamasına göre %18,13 oranında iyileştirme sağlanabileceği görülmüştür. Diğer yandan, araç-müşteri dağılımını değiştirme kararı almaları ve rota planlarını küçük kapasiteli araçlar kullanarak *Uygulama-4* sonuçlarına göre yapmaları halinde, toplam mesafe için %20,89 oranında iyileşme sağlayabilecekleri de kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gezgin Satıcı Problemi, Araç Rotalama Problemi, En Yakın Komşu Algoritması, Fisher ve Jaikumar Algoritması, Tasarruf Algoritması

ABSTRACT

SOLUTION OF VEHICLE ROUTING PROBLEM OF A FOOD DISTRIBUTION COMPANY WITH EXACT AND HEURISTIC METHODS

TOK, Nurhayat

Master Thesis, International Trade and Marketing

Advisor: Asst. Prof. Dr. Serife OZKAR

2021, 84 pages

Today, businesses must first provide cost advantage in order to gain competitive advantage, which has become a necessity. In this study, it is aimed to reduce the transportation costs, which are included in the physical distribution costs, in terms of the route taken within the framework of Vehicle Routing Problems, and for this purpose, a real life problem of a food distribution company is discussed. The company in question has fixed customers that are visited daily and two high-capacity fixed vehicles that meet the demands of the customers.

First of all, improvements were made considering the current situation of the company. *Application-1*, since the distribution vehicles of the company have very high capacity, the problem of interest is considered as the Traveling Salesman Problem, where there is no capacity constraint, and the total distance taken daily is shortened by using the Nearest Neighbor algorithm where the demand/capacity constraints can be ignored. In *Application-2*, the integer linear mathematical model of the problem was solved in the GAMS program, assuming that the capacities of the company vehicles would not exceed the total daily demand of the customers, and when the results obtained were compared with the current situation, it was seen that the improvement was achieved at a high rate.

Secondly, considering the vehicles used by the company and the customer demands distributed, it was thought that smaller capacity vehicles could be used instead of the existing vehicle capacities. For this purpose, a capacity assumption has been made to meet the daily demands. In *Application-3*, the problem is evaluated as the Capacity-Constrained Vehicle Routing Problem, ignoring that the fixed vehicles go to the fixed customers under the condition that the visit days of the customers

remain constant. Thus, it is aimed to change the existing customer-vehicle assignments. Under the capacity assumption, new vehicle-customer assignments were made with the Fisher and Jaikumar Method and the assigned customers were routed with the EYK Algorithm. The problem defined in *Application-4*, *Application-3* was also solved by using the Savings Algorithm and the results were compared with the current situation of the company.

When the results of all applications made within the scope of this thesis are examined, it is seen that if the company does not change the vehicle-customer distribution in its current situation (*Application-2*), an improvement of 18.13% can be achieved by using new route planning. On the other hand, it has also been proven that if they decide to change the vehicle-customer distribution and make their route plans according to the results of *Application-4* using small capacity vehicles, they can achieve an improvement of 20.89% for the total distance.

Keywords: Traveling Salesman Problem, Vehicle Routing Problem, Nearest-Neighbor Algorithm, Fisher and Jaikumar Algorithm, Savings Algorithm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Problemin Konusu	2
1.2. Çalışmanın Amacı	3
1.3. Çalışmanın Önemi	3
1.4. Çalışmanın Varsayımları	4
1.5. Çalışmanın Sınırlılıkları	4
1.6. Tanımlar.....	5
2. İLGİLİ ALANYAZIN	6
2.1. Kuramsal Çerçeve	6
2.1.1. Gezgin Satıcı Problemi	6
2.1.1.1. Simetrik ve Asimetrik Gezgin Satıcı Problemleri	7
2.1.1.2. Çoklu Gezgin Satıcı Problemi	7
2.1.2. Araç Rotalama Problemi.....	8
2.1.2.1. Araç Rotalama Problemi Türleri.....	9
2.1.2.1.1. Filo Yapısına Göre Araç Rotalama Problemleri	11
2.1.2.1.2. Yolların Durumlarına Göre Araç Rotalama Problemleri	11
2.1.2.1.3. Rotaların Durumuna Göre Araç Rotalama Problemleri.....	11
2.1.2.1.4. Kısıtlarına Göre Araç Rotalama Problemleri	12
2.1.2.1.5. Veriye Göre Araç Rotalama Problemleri	14
2.1.2.1.6. Özel Durumlarına Göre Araç Rotalama Problemleri.....	16
2.1.3. Gezgin Satıcı ve Araç Rotalama Problemleri İçin Çözüm Yöntemleri ..	19
2.1.3.1. En Yakın Komşu Algoritması.....	20
2.1.3.2. Fisher ve Jaikumar Algoritması	21
2.1.3.3. Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması	24

2.1.3.4. Uygulanacak Tamsayılı Lineer Matematiksel Model.....	26
2.2. İlgili Araştırmalar	28
3. YÖNTEM.....	33
3.1. Veri Toplama Aracı ve Teknikleri.....	33
3.2. Çalışmanın Örnekleme.....	33
3.3. Problemin Mevcut Durumu	33
4. BULGULAR VE YORUMLAR.....	38
4.1. Mesafe Matrislerinin Oluşturulması.....	38
4.2. Uygulama 1: En Yakın Komşu Algoritmasının Uygulanması.....	41
4.3. Uygulama 2: Tamsayılı Lineer Matematiksel Modelin Uygulanması	42
4.4. Kapasite Varsayımı	43
4.5. Uygulama 3: Fisher ve Jaikumar Algoritmasının Uygulanması	44
4.6. Uygulama 4: Tasarruf Algoritmasının Uygulanması.....	48
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	54
5.1. Sonuçlar.....	54
5.2. Öneriler.....	55
KAYNAKÇA	56
EK 1: M Aracına Ait Müşteri Kodları ve Koordinatları	62
EK 2: F Aracına Ait Müşteri Kodları ve Koordinatları.....	63
EK 3: M Aracı Müşterileri İçin Günlük Mesafe Matrisleri.....	64
EK 4: F Aracı Müşterileri İçin Günlük Mesafe Matrisleri	66
EK 5: Kullanılan GAMS Kodu (Pazartesi Örneği)	68
EK 6: Tüm Müşteriler İçin Günlük Mesafe Matrisleri.....	70
EK 7: M Aracı Müşterileri İçin Ziyaret Sayısı ve Satış Bilgileri.....	75
EK 8: F Aracı Müşterileri İçin Ziyaret Sayısı ve Satış Bilgileri	76
EK 9: Ekleme Maliyetleri ve Müşteri Atamaları	77
EK 10: Tüm Müşteriler İçin Tasarruf Matrisleri.....	80

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1: Araç Rotalama Problemi Türleri.....	10
Çizelge 2: Mevcut Problemin Yapısal Özellikleri	18
Çizelge 3: ARP İçin Algoritmaların Sınıflandırılması.....	20
Çizelge 4: Şirkete Ait Haftalık Araç-Müşteri Dağılımı	34
Çizelge 5: Ziyaret Başına Müşterilerin Talep Miktarları (kg)	35
Çizelge 6: M Aracı Müşterileri İçin Pazartesi Günü Mesafe Matrisi.....	39
Çizelge 7: F Aracı Müşterileri İçin Pazartesi Günü Mesafe Matrisi.....	39
Çizelge 8: Pazartesi Günü Müşterileri İçin Mesafe Matrisi.....	40
Çizelge 9: M Aracı İçin EYK İle Bulunan Rotalar ve Mesafeleri	41
Çizelge 10: F Aracı İçin EYK İle Bulunan Rotalar ve Mesafeleri	41
Çizelge 11: M Aracı İçin Matematiksel Modelin GAMS Sonuçları.....	42
Çizelge 12: F Aracı İçin Matematiksel Modelin GAMS Sonuçları.....	42
Çizelge 13: Pazartesi Günü Müşterileri İçin Ekleme Maliyetleri ve Araç-Müşteri Atamaları.....	47
Çizelge 14: İki Aşamalı Yöntemle Bulunan Rotalar ve Mesafeleri.....	48
Çizelge 15: Pazartesi Günü Müşterileri İçin Tasarruf Matrisi	49
Çizelge 16: Tasarruf Değerlerinin Büyükten Küçüğe Sıralanması.....	50
Çizelge 17: Tasarruf Algoritması ile Bulunan Rotalar ve Mesafeleri.....	52
Çizelge 18: Sonuçların Karşılaştırılması.....	53

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Klasik GSP Örnek Gösterimi.....	7
Şekil 2: ARP Örnek Gösterimi.....	8
Şekil 3: Tohum Müşteri-Depo Rotasına <i>i</i> . Müşterinin Eklenmesi.....	22
Şekil 5: Tasarruf Algoritması.....	24
Şekil 6: Depo ve Müşterilerin Şekilsel Dağılımı	34
Şekil 7: Pazartesi Günü Tohum Müşterileri	44
Şekil 8: Salı Günü Tohum Müşterileri	45
Şekil 9: Çarşamba Günü Tohum Müşterileri.....	45
Şekil 10: Perşembe Günü Tohum Müşterileri	45
Şekil 11: Cuma Günü Tohum Müşterileri	46
Şekil 12: Cumartesi Günü Tohum Müşterileri	46

KISALTMALAR LİSTESİ

ABARP	: Alan Bağımlı Araç Rotalama Problemi
ARP	: Araç Rotalama Problemi
BDARP	: Bölünmüş Dağıtımli Araç Rotalama Problemi
EYK	: En Yakın Komşu
FJA	: Fisher ve Jaikumar Algoritması
GAP	: Genel Atama Problemi
GSP	: Gezgin Satıcı Problemi
KKARP	: Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi
PARP	: Periyodik Araç Rotalama Problemi
SARP	: Stokastik Araç Rotalama Problemi
TA	: Tasarruf Algoritması
TDARP	: Topla-Dağıt Araç Rotalama Problemi
ZBARP	: Zaman Bağımlı Araç Rotalama Problemi
ZPARP	: Zaman Pencerele Araç Rotalama Problemi

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında işletmeler, artan rekabet ortamında varlıklarını sürdürebilmek için finansman, iş gücü, tedarik, üretim ve dağıtım maliyetleri gibi çeşitli maliyetlerle karşı karşıya kalmaktadır. Bu maliyetlerin önemli bir kısmı stratejik ve yerinde planlamalar yaparak düşürülebilecek maliyetlerdir. İşletmeler bir yandan bu maliyetleri doğru yönetmekle sorumluyken, diğer yandan mevcut pazar paylarını korumak ve artırmak amacı güderler. Bu noktada pazarlama yönetimi büyük önem taşır. Çünkü pazarlama, bilinen en genel haliyle malların, hizmetlerin ve/veya fikirlerin üretimi, fiyatlandırılması, dağıtımı ve tutundurma çabalarının bir bütünüdür. Son yıllarda dağıtım ilkesi, pazarlama faaliyetleri açısından oldukça önemsenmektedir. Armağan'a (2017) göre, teknolojik ilerlemelerin hız kazanması, müşteri istek ve ihtiyaçlarındaki değişim ve dağıtım çabalarının pazarlama çalışmaları içindeki payının giderek artması gibi gelişmeler bu durumun sebebi olarak gösterilebilir. Pazarlama faaliyetleri içinde dağıtım konusu ele alındığında, işletme açısından mal ve hizmetlerin alıcıya ulaştırılmasında önemli iki temel karar vardır. Bunlar Dağıtım Kanalları Yönetimi ve Lojistik yani Fiziksel Dağıtım Yönetimidir.

Lojistik en genel haliyle, doğru ürünün, doğru miktarda, doğru şartlarda, doğru yerde, doğru zamanda, doğru müşteriye, doğru fiyatla ulaştırılmasını sağlamak için yapılması gereken faaliyetler bütünüdür. Günümüzün değişen koşullarında, alıcılar için zaman ve maliyet kavramlarının her anlamda önem kazanması ulaştırma maliyetlerini doğrudan etkilemeye başlamıştır. Bu noktada yaşanan yoğun rekabet, işletmelere kâr maksimizasyonunu dayatırken, hedef pazar gelişimini de kâr maksimizasyonu kadar önemli hale getirmektedir. Dolayısıyla, artık mecburiyet haline gelen rekabet avantajı sağlayabilmenin yolu, maliyetleri olabildiğince minimize etmekten ve önce maliyet avantajı sağlamaktan geçmektedir. Önemli bir gider kalemi olan dağıtım maliyetlerinin minimizasyonu da bu açıdan oldukça rağbet gören bir konudur. Bu çalışmada, fiziksel dağıtım maliyetleri içerisinde yer alan taşıma maliyetlerinin Araç Rotalama Problemleri çerçevesinde alınan yol açısından düşürülmesi amaçlanmaktadır.

Araç Rotalama Problemleri (ARP), genel olarak merkezi bir depodan coğrafi olarak dağınık halde bulunan müşteri noktalarına yapılan dağıtıma ait güzergâhların, çeşitli koşullar ve hedefler çerçevesinde iyileştirilmesine yönelik çalışmaları ifade eder. İlk olarak Dantzig ve Ramser (1959) tarafından tanımlanan ARP, söz konusu dağıtım/toplama maliyetlerini genelde alınan yol bakımından düşürmeye, özeldense zaman yönetimi gibi çeşitli avantajlar sağlamaya yönelik oldukça etkili ve geniş bir uygulama alanıdır. ARP ile ilgili literatür incelendiğinde, müşterinin hizmet almak istediği zaman diliminin önemsendiği zaman pencereli problemlerden, karbon gazı emisyonunun önemsendiği yeşil araç rotalama problemlerine kadar, işletme için değer yaratan geniş bir çerçeve sunduğu görülmüştür. Bu sebeple işletmelerin taşıma maliyetlerini düşürme yolları ararken, dağıtım rotalarını planlamaları halinde göz ardı edilemeyecek düzeyde maliyet ve rekabet avantajı sağlayacakları düşünülmektedir.

Zamanla daha da spesifikleşen rotalama problemleri için farklı birçok çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Dantzig ve Ramser (1959) çalışmalarında matematiksel bir model sunarken, bu çalışmadan 5 yıl sonra Clarke ve Wright (1964) tarafından yapılan çalışmada probleme sezgisel bir yöntemle yaklaşmıştır. Çözüm yöntemleri genel olarak problem tipine göre, ihtiyaçları karşılamaya yönelik olarak geliştirilmiştir ve literatürde Kesin, Sezgisel ve Metasezgisel yöntemler olarak üç ana gruba ayrılmaktadır. Her zaman en iyi sonuçlara ulaşmak amaçlansa da büyük ölçekli problemlerde kesin sonuçlara ulaşmak çoğunlukla zaman alır ve bazen mümkün olmayabilir. Sezgisel ve Metasezgisel çözüm yöntemleri bu ihtiyaca karşılık veren, optimuma yakın sonuçlar elde etmeye yönelik çözüm yöntemleridir.

Bu tez çalışması kapsamında, bir gıda dağıtım şirketinin şehir içinde konumlanmış müşterilere yönelik haftalık dağıtım güzergâhlarının, alınan yol bakımından iyileştirilmesi ve şirkete farklı araç-müşteri dağılımları sunmak amaçlanmıştır.

1.1. Problemin Konusu

Bu çalışmada, Balıkesir şehir merkezinde deposu bulunan ve aynı bölgede iş ortaklığı kurduğu gıda firmalarına ait ürünlerin müşterilere ulaşımını sağlayan bir gıda dağıtım şirketine ait araçların güzergâhları Araç Rotalama Problemleri

çerçevesinde ele alınmıştır. Buradan hareketle problemin konusu, şirket araçlarının mevcut dağıtım rotasının iyileştirilmesi ve böylece taşıma maliyetlerinin düşürülmesidir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu araştırmanın temel amacı, fiziksel dağıtım maliyetleri içerisinde yer alan taşıma maliyetlerinin Araç Rotalama Problemleri çerçevesinde alınan yol açısından düşürülmesidir. Ayrıca çalışmaya konu olan gıda dağıtım şirketine söz konusu dağıtım için alternatif kapasite kullanımı sunmak amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda aşağıdaki sorulara yanıt bulunmaya çalışılacaktır.

- Ele alınan gerçek hayat problemi Gezgin Satıcı Problemleri çerçevesinde iyileştirilebilir mi?
- Şirketin mevcut durumunda yapılacak olası araç kapasitesi değişikliği daha avantajlı rotaların elde edilmesini sağlar mı?

1.3. Çalışmanın Önemi

Son yıllarda lojistik faaliyetler, rekabet ortamı içerisinde müşteri memnuniyetinin daha fazla önem kazanması, müşteri beklentilerinin giderek artması ve lojistik şirketlerine atfedilen görev tanımlarının giderek genişlemesi gibi sebeplerden ötürü oldukça dikkat çekici bir çalışma alanı yaratmıştır. Özellikle dağıtım şirketleri bir yandan rekabet ortamında fark yaratıp varlıklarını sürdürmeye çalışmakta, diğer taraftan artan tedarik, depolama, stoklama ve dağıtım maliyetleri gibi birçok maliyeti yönetmeye odaklanmaktadır. Sabit maliyetler genel olarak dağıtım şirketinin yeterince kontrol edebildiği esnek bir alan oluşturmazlar. Diğer taraftan değişken maliyetler çoğunlukla yakıt maliyetlerinden veya rota süresinden kaynaklanır ve güzergâhın uzunluğu, süresi gibi kontrol edilebilir faktörlerden etkilenirler.

Bu çalışma, ele alınan gerçek hayat probleminde mesafe ve beraberinde yakıt tasarrufu sağlayacak olması açısından işletmeler için oldukça önemlidir. Ayrıca, benzer koşullara sahip işletmeler için örnek teşkil edecek sonuçlar sunmaktadır.

1.4. Çalışmanın Varsayımları

Çalışmada, probleme iki ayrı çerçevede yaklaşmıştır. Kapasite kısıtının olmadığı mevcut durumda şirketten alınan veriler salt haliyle kullanılarak, kapasitenin aşılmadığı mevcut durumu iyileştirmeye yönelik bir sezgisel algoritma ve bir de kesin çözüm uygulanmıştır. Fakat çalışmaya Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi (KKARP) olarak yaklaşıldığı kısımda, kullanılacak çözüm yöntemleri için daha küçük kapasiteli araçlara ihtiyaç vardır. Bu doğrultuda problemin kapasite kısıtlı olarak düşünüldüğü bölümde dağıtım araçlarının *Pazartesi günü için 225 kg ve haftanın diğer günleri için 155 kg* kapasiteli oldukları varsayılmıştır.

Problemin çözümü için kullanılacak mesafe matrisleri oluşturulurken, iki nokta arası alınan yolun gidiş ve dönüşte eşit olduğu varsayılmıştır. Başka bir ifadeyle problem, *yolların durumuna göre simetrik* düşünülmüştür.

Koordinatları bilinen noktalar arası gerçek mesafeler zaman ve bütçe kısıtlarından dolayı *Google Haritalar* yardımı ile hesaplanmıştır. Söz konusu uygulama mesafeleri hesaplarırken anlık trafik durumunu da göz önünde bulundurur ve en uygun yolların kullanıldığını varsayar. Bu yüzden gerçek mesafe hesapları mesai saatleri içerisinde, uygulamanın sağladığı bilgiler doğrultusunda elde edilmiştir. Böylece alınan yol bilgilerinin gerçek mesafeleri verdiği varsayılmıştır.

1.5. Çalışmanın Sınırlılıkları

Çalışmada Balıkesir ilinde faaliyette bulunan bir dağıtım şirketine ait gerçek veriler kullanılmıştır. Dolayısıyla mevcut işleyiş; araç sayısı, müşteri sayısı, ziyaret günleri gibi algoritmaları yönlendiren parametreler şirkete özgüdür. Ayrıca koordinat dağılımı ve müşteri ağırlıkları Balıkesir ili şehir merkezinde yer alan Altıeylül ve Karesi ilçelerinde konumlanmış şirket müşterileri ile sınırlıdır.

İki nokta arası uzaklıkların yer aldığı mesafe matrisleri oluşturulurken, eğimlerin de dikkate alındığı *Haversine formülü* kullanılmıştır. Haversine formülü iki nokta arasındaki kuş uçuşu uzaklıkları verir. Gerçek uzaklıklar yalnızca, sonuçlarda elde edilen rotaların toplam mesafelerini tespit edebilmek için uygulamaların analiz edildiği kısımlarda hesaplanmıştır.

Kullanılan çözüm yöntemlerinin, geliştirilmiş farklı birçok versiyonu olabilir. Yapılan çalışmada başvuru alan işlemler, ilgili kuramsal çerçevede anlatılanlarla sınırlıdır.

1.6. Tanımlar

Bu bölümde çalışmada kullanılan temel kavramların tanımları yapılmıştır.

Gezgin Satıcı Problemi (GSP): Gezgin satıcı problemi, başlangıç ve bitiş şehirleri aynı olan ve her bir şehrin sadece bir kez ziyaret edildiği, en kısa mesafeli turu bulma amacı güden tanımlanması basit ancak çözülmesi zor olan klasik bir kombinatoriyal optimizasyon problemidir (Potvin, 1996; Rego, Gamboa, Glover ve Osterman, 2011).

Araç Rotalama Problemi (ARP): Araç Rotalama Problemi, genel olarak çeşitli yan koşullar altında, bir veya birkaç depodan coğrafi olarak dağınık bir dizi müşteriye en uygun teslimat veya toplama rotalarını tasarlama problemi olarak tanımlanır (Laporte, Norbert ve Taillefer, 1988).

En Yakın Komşu Algoritması: Bir başlangıç noktasından en yakın noktaya hareket edilmesi ile başlayan ve rotanın her defasında bir sonraki en yakın noktaya hareket edilerek şekillendirildiği, son olarak başlangıç noktasına geri dönen bir çözüm yöntemidir (Keskinürk, Topuk ve Özyeşil, 2015).

Fisher ve Jaikumar Yöntemi: İlk olarak Genel Atama Problemi (GAP) çözülerek uygulanabilir müşteri kümelerinin oluşturulduğu ve her bir kümede bir gezgin satıcı problemi algoritması ile araç rotasının belirlendiği iki aşamalı bir yöntemdir (Cordeau, Gendreau, Laporte, Potvin, ve Semet, 2002).

Tasarruf Algoritması: ARP'nin çözümü için Clarke ve Wright tarafından 1964 yılında geliştirilmiştir. Algoritmada genel olarak müşterilerin güzergâhlar arasındaki dağılımını, müşterilerin bir güzergâh üzerinde hangi sırayla ziyaret edileceğini ve hangi aracın hangi güzergâha atanacağını belirlemek amaçlanır (Lysgaard, 1997).

2. İLGİLİ ALANYAZIN

2.1. Kuramsal Çerçeve

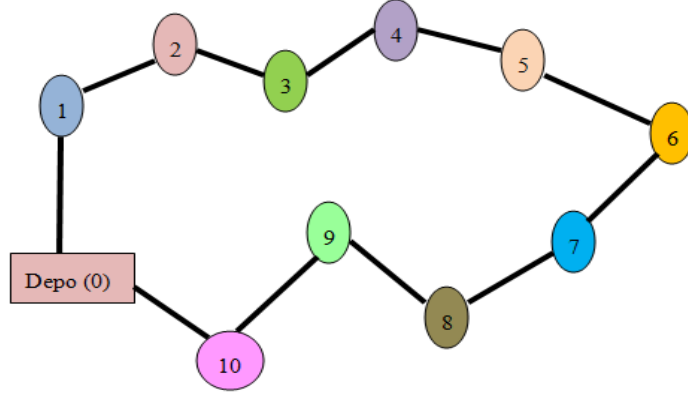
Bu bölümde çalışmanın temelini oluşturan Gezgin Satıcı Problemi ve Araç Rotalama Problemi ile ilgili kuramsal çerçeveye yer verilmiştir.

2.1.1. Gezgin Satıcı Problemi

Gezgin Satıcı Problemi (GSP) ilk olarak 18. yüzyılda İrlandalı matematikçi *Sir William Rowan Hamilton* ve İngiliz matematikçi *Thomas Penyngton Kirkman* tarafından incelenmiştir (Matai, Singh ve Mittal, 2010). Genel biçiminin 1930'lu yıllarda *Karl Mengel* tarafından matematiksel olarak tanımlandığı bilinmektedir (Çolak, 2010; Matai vd., 2010).

GSP ile merkezi bir depoda başlayan ve önceden belirlenmiş bir dizi noktayı yalnızca birer kez ziyaret eden tek bir satış görevlisinin rotası planlanmaya çalışılır. Bu problem türünde klasik olarak başlangıç ve bitiş noktaları aynı olan en kısa mesafeli turu bulmak amaçlanır. Modern bir gezgin satıcı turu, rota planlaması açısından çok karışık görünmese de genelliği açısından tipik bir “zor” kombinatoriyal optimizasyon problemidir. Ziyaret edilebilecek n tane nokta olduğunda, tüm noktaları kapsayan olası rotaların toplam sayısı GSP'nin bir dizi uygulanabilir çözümünü verir ve simetrik durumda $(n-1)! / 2$ şeklinde bulunur. Bu da problemi karmaşıklaştırmaktadır (Punnen, 2007; Matai vd., 2010).

Şekil 1'de örnek bir klasik GSP gösterilmiştir. Bu örnekte 1 tane satıcı (araç) ve 10 tane müşteri noktası bulunmaktadır. Araç tura depo noktasından başlamakta ve tüm müşterileri birer kez ziyaret ettikten sonra turunu depoda sonlandırmaktadır.



Şekil 1: Klasik GSP Örnek Gösterimi

Yapılan tanımlamalara bakıldığında klasik GSP için tek bir depo, konumları ve talepleri bilinen müşteriler kümesi, tek bir satıcı (araç) ve aşılmayan büyüklükte araç kapasitelerinin kabul edildiği görülmektedir. Bununla birlikte Matai vd., (2010) yaptıkları çalışmada gezgin satıcı problemini genel olarak *Simetrik GSP*, *Asimetrik GSP* ve *Çoklu GSP* şeklinde sınıflandırmaktadırlar.

2.1.1.1. Simetrik ve Asimetrik Gezgin Satıcı Problemleri

Simetrik GSP’de her müşteri çifti için bir dizi nokta ve noktalar arası mesafeler verildiğinde, i noktasından j noktasına olan mesafe j noktasından i noktasına olan mesafe ile aynıdır. Diğer yandan, Asimetrik Gezgin Satıcı Probleminde ise, i noktasından j noktasına ve j noktasından i noktasına mesafeler birbirinden farklı olabilir (Reinelt, 1991).

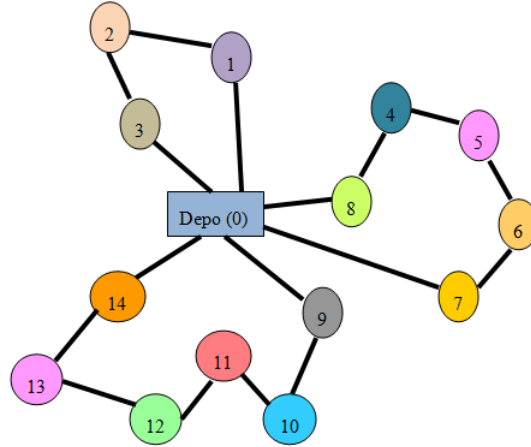
2.1.1.2. Çoklu Gezgin Satıcı Problemi

Çoklu GSP’de bir müşteriler kümesi verildiğinde, tek bir depoda bulunan m tane (birden fazla) satıcı (araç) olmasına izin verilir. Problem, hepsi depoda başlayan ve biten tüm m satıcıları için güzergâhları bulmayı gerektirir. Böylece her bir müşteri tam olarak bir kez ziyaret edilir ve tüm müşterileri ziyaret etmenin toplam maliyeti en aza indirilir. Maliyet ölçüsü olarak, mesafe, zaman vb. durumlar ele alınabilir (Bektaş, 2006).

2.1.2. Araç Rotalama Problemi

Araç Rotalama Problemleri, Gezgin Satıcı Probleminin birden fazla araç ve çeşitli kısıtlar ile genişletilmiş halidir. ARP'nin çözümü, aynı sayıda müşteri veya ziyaret noktasına sahip Gezgin Satıcı Problemine kıyasla çok daha zordur (Düzakın ve Demircioğlu, 2009). İlk olarak 1959 yılında Dantzig ve Ramser tarafından, belirli noktalardaki benzin istasyonlarına benzin dağıtımını yapılmasını ele alan bir çalışma ile "Kamyon Sevkiyat Problemi" şeklinde literatüre kazandırılmıştır. Bu tip problemler için 60 yıldan daha uzun zamandır birçok tanım geliştirilmiştir.

Klasik Araç Rotalama Problemi, merkezi bir depoda veya dağıtım merkezinde bulunan bir dizi araç tarafından ziyaret edilecek bir dizi teslimat noktasını içerir. Tüm teslimat noktalarına hizmet verecek şekilde bir dizi rota geliştirilir ve her rotaya atanan noktaların talepleri, rotaya hizmet veren aracın kapasitesini ihlal etmeyecek şekilde tüm araçların seyahat ettiği toplam mesafe en aza indirilmeye çalışılır (Goetschalckx ve Jacobs-Blecha, 1989). Başka bir tanıma göre ARP araç kapasitesi, rota uzunluğu, zaman pencereleri, müşteriler arasındaki öncelik ilişkileri gibi çeşitli kısıtlamalara tabi olarak, merkezi bir depodan coğrafi olarak dağınık bir dizi müşteriye en uygun teslimat veya toplama rotalarının tasarlanması ile oluşmaktadır (Laporte, 2007). Birbirinden farklı zamanlarda farklı kişilerce yapılmış tanımlardaki ortak nokta, probleme ait kısıtların sağlanması ve amaçlara uygun rotaların oluşturulması gerektiği şeklinde özetlenebilir.



Şekil 2: ARP Örnek Gösterimi

Araç rotalama problemlerinde iki temel amaç vardır (Christofides, 1976); (i) Mevcut araçlarla çıkılacak olan, müşteri taleplerini en az toplam değişken maliyet ile karşılayabilecek optimum rotaların bulunması, (ii) Tüm müşteri ihtiyaçlarını

karşılacak mümkün olan en az araç sayısı ve en kısa mesafeye sahip rotaların bulunması.

Klasik Araç Rotalama Problemi en düşük maliyetli araç rotalarını aşağıdaki gibi tasarlar (Laporte, 1992b):

- Her şehir bir araç tarafından yalnızca bir kez ziyaret edilmelidir,
- Her araç için rota depodan başlamalı ve yine depoda son bulmalıdır,
- Problemin türüne göre bazı yan koşullar eklemek mümkündür. En yaygın yan koşullar şu şekilde sıralanır:

Kapasite Kısıtı: Herhangi bir araç güzergâhının yük miktarı araç kapasitesini aşamaz.

Müşteri/Talep Kısıtı: Herhangi bir güzergâh üzerindeki talep noktası sayısının kısıtlanması durumudur.

Toplam Süre Kısıtı: Herhangi bir rotanın uzunluğu önceden belirlenmiş sınırı aşamaz.

Zaman Pencereleeri: Talep noktaları için ziyaretlerin belirli bir zaman aralığı içinde gerçekleştirilmesi durumudur.

Müşteri Çiftleri Arasında Öncelik İlişkileri: Talep noktaları arasında ziyaret önceliklerinin olması durumudur.

2.1.2.1. Araç Rotalama Problemi Türleri

Araç rotalama her zaman tanımlandığı kadar kolay değildir. Daha önce de bahsedildiği gibi, gerçek hayat problemleri incelendiğinde genellikle bir veya birkaç yan koşulla karşılaşılması olağandır. Müşteri beklentilerinden araç tiplerine varıncaya kadar çeşitlendirilebilecek bu koşullar aynı zamanda, araştırmacıları doğru çözüm yöntemine götürecek önemli noktalardır. Dolayısıyla karşılaşılan problemlerin kısıtları, yol durumları ve hatta çevre durumları gibi özel koşulların gözetildiği farklı birçok ARP çeşidi bulunmaktadır.

Crainic ve Laporte (1997) bir dizi faktöre, kısıtlamaya ve hedefe bağlı olarak problemin çeşitli versiyonlarının aşağıda listelenen sorulara verilen cevaplarla tanımlanabileceğini söylemektedirler:

- Problem dağıtımları, toplamaları veya her ikisinin de söz konusu olduğu kombinasyonu mu içermektedir? Dağıtım ve toplama arasında öncelik ilişkileri var mıdır?
- Dağıtım tek bir depodan mı yoksa birden fazla depodan mı yapılmaktadır?
- Kaç araç vardır? Bu sayı sabit mi yoksa bir karar değişkeni midir? Araç filosu homojen mi yoksa heterojen midir? Bu araçların kapasitesi, hızı, işletmeye maliyetleri nelerdir?
- Sürücülerin çalışma koşulları nelerdir? Ödeme yapısı nasıldır? Normal bir iş gününün uzunluğu nedir? Fazla mesai koşulları nelerdir? Günlük olarak birden fazla aynı rotaya izin verilir mi?
- Talep önceden bilinmekte midir yoksa operasyon sırasında öğrenme mi söz konusudur?
- Planlama döneminde her müşteri ne sıklıkta veya ne zaman ziyaret edilmelidir? Müşterilerin belirli bir günde veya belirli zaman aralıklarında ziyaret edilmesi gerekmekte midir?

Literatürde en sık rastlanılan ARP çeşitleri Çizelge 1’de gösterilmiş ve alt başlıklar halinde kısaca anlatılmıştır.

Çizelge 1: Araç Rotalama Problemi Türleri

Filo Yapısına Göre ARP	Homojen Yapılı ARP Heterojen Yapılı ARP
Yolların Durumuna Göre ARP	Simetrik ARP Asimetrik ARP
Rotaların Durumuna Göre ARP	Açık Uçlu ARP Kapalı Uçlu ARP
Kısıtlarına Göre ARP	Kapasite Kısıtlı ARP Mesafe Kısıtlı ARP Zaman Pencereci ARP Zaman Bağımlı ARP Alan Bağımlı ARP
Veriye Göre ARP	<u>Veri Kalitesi Açısından:</u> Deterministik ARP ve Stokastik ARP <u>Veri Gelişimi Açısından:</u> Dinamik ARP ve Statik ARP
Özel Durumlarına Göre ARP	Bölünmüş Dağıtımlı (Talepli) ARP Çok Depolu ARP Periyodik ARP Topla Dağıt ARP

2.1.2.1.1. Filo Yapısına Göre Araç Rotalama Problemleri

Araç rotalama problemlerinin çözüm kararında önemli etkiye sahip kısıtlardan biri filo yapısıdır. Bu noktada araçların özdeş veya farklı olması hali irdelenir. Heterojen araç filosuna sahip rotalama problemleri, klasik araç rotalama probleminin bir çeşididir. Çeşitli kapasitelere, sabit ve değişken maliyetlere sahip heterojen bir araç filosuyla ilgilenmesi açısından klasik ARP'den farklıdır (Choi ve Tcha, 2007).

Aynı işlemlere ve kapasiteye sahip özdeş araçların söz konusu olması durumunda ise araç filosu homojen yapıdadır. Literatürde heterojen araç filosunun kullanıldığı araç rotalama problemlerinin, homojen filolu problemlere kıyasla daha karmaşık ve zor olduğu sıklıkla vurgulanmıştır.

2.1.2.1.2. Yolların Durumlarına Göre Araç Rotalama Problemleri

Araç rotalamanın hemen hemen her çeşidinde en dikkat çekici kıyaslamalar mesafe üzerinden yapılmaktadır. Mesafe hesaplamalarında göz önünde bulundurulacak yolların durumuna göre ARP'ler, simetrik ARP ve asimetrik ARP olarak iki şekilde tanımlanabilir.

Genel olarak her bir müşteri çifti arasındaki mesafe, gidiş-dönüş her iki yönde de aynıdır. Yani ortaya çıkan mesafe matrisi simetriktir. Diğer yandan bazı uygulamalarda, tek yönlü yolların olduğu kentsel alanlardaki dağıtım için gidiş mesafesi ile dönüş mesafesi farklı olacaktır. Bu durumda mesafe matrisi asimetriktir (Toth ve Vigo, 2002).

2.1.2.1.3. Rotaların Durumuna Göre Araç Rotalama Problemleri

Rotaların durumuna göre ARP, müşteri ziyaretlerini gerçekleştiren araçların depoya geri dönmesi veya dönmemesi durumuna göre iki şekilde incelenir. Bunlar Açık Uçlu ARP'ler ve Kapalı Uçlu ARP'ler şeklinde adlandırılır.

Açık uçlu ARP'de her rota depoda başlar ve müşterilerden birinde bitecek şekilde planlanır. Klasik ARP ile arasındaki en büyük fark, araçların tur bittikten sonra depoya geri dönmemesidir. Bazı şirketler, genelde dağıtım işini kendi arabası olan bir sürücüye veya taşeronu verirler. Bu nedenle, araçların teslimatı bitirdiğinde

depoya geri dönmesi gerekmez. Açık Uçlu ARP'ye üçüncü parti lojistik firmaları, evlere gazete dağıtımını yapanlar ve okul otobüsü gibi pek çok alanda rastlanmaktadır (Wang, Wu, Zhao ve Feng, 2006).

Kapalı uçlu ARP'de depodan çıkan aracın turu yine depoda sonlandırdığı durum tanımlanır. Literatürde en sık kullanılan rotalama durumu kapalı uçlu olanıdır. Nitekim Klasik ARP'nin varsayımlarından biri de her araç için rotanın depoda başlaması ve depoda tamamlanması gerektiği şeklindedir.

2.1.2.1.4. Kısıtlarına Göre Araç Rotalama Problemleri

Bu alt bölümde ARP için çeşitli kısıtların göz önünde bulundurulduğu durumlar Kapasite Kısıtlı, Mesafe Kısıtlı, Zaman Pencere, Zaman Bağımlı, Alan Bağımlı Araç Rotalama Problemleri olarak sınıflandırılmıştır.

Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi (KKARP), ARP ailesinin en basit ve en çok çalışılan üyesidir. Müşterilere ortak bir depodan sınırlı kapasiteye sahip araçlar tarafından hizmet verilmesi gerektiğinde ortaya çıkar. KKARP'de, merkezi bir depoda bulunan özdeş araçlardan oluşan bir filonun, önceden bilinen talepleri bir dizi müşteriye ulaştırabilmesi için en uygun şekilde rotalanması gerekir. Her araç en fazla bir güzergâha atanabilir ve bir güzergâhta ziyaret edilen müşterilerin toplam talebi araç kapasitesini aşamaz (Haimovich ve Rinnooy Kan, 1985; Baldacci, Mingozzi ve Roberti, 2012).

KKARP için genel varsayımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Santos, Coutinho-Rodrigues ve Current, 2010):

- Her müşteri noktası yalnızca bir araç tarafından ziyaret edilmelidir.
- Her rota depoda başlamalı ve depoda son bulmalıdır.
- Herhangi bir aracın ziyaret ettiği müşterilerin toplam talepleri araç kapasitesini aşmamalıdır.
- Toplam rotalama maliyetleri en aza indirilmeye çalışmalıdır.

Mesafe Kısıtlı ARP'leri KKARP'den ayıran nokta, her aracın katedebileceği belirli bir mesafenin olmasıdır. Araç mesafelerinin mali açıdan yetkililerce sınırlandırılması, sürücülerin vardiyalı çalışması veya sürekli olarak belirli bir süreden fazla çalışmaması gerekiyorsa, taşınan ürünün belirli bir süreden sonra

bozulması gibi durumlar söz konusu ise mesafe kısıtı eklenmelidir. Bu durumlarda araç rotası verilen maksimum mesafe ile sınırlandırılacaktır (Dursun, 2009; Karakatic ve Podgorelec, 2015).

Zaman Pencereci Araç rotalama Problemi (ZPARP), hizmet verilecek her müşteri noktasının zaman penceresi olarak adlandırılan bir zaman aralığı ile ilişkilendirildiği durumu ifade edip, KKARP'nin bir uzantısıdır. Burada zaman pencereleri sıkı veya esnek olabilir. Sıkı zaman pencerelerinin söz konusu olması durumunda, bir müşteriye gelmesi gerekenden erken gelen araç müşteri hizmete başlamaya hazır olana kadar beklemelidir. Genel olarak, zaman penceresi başlamadan önce gelip beklemek ücrete tabi değildir. Esnek zaman pencereleri söz konusu olduğunda, her zaman penceresi bir ceza maliyeti olmaksızın ihlal edilebilir. Güvenlik devriyesi hizmeti, banka teslimatları, posta teslimatları, endüstriyel atık toplama, bakkal teslimatı, okul otobüsü güzergâhı ve kentsel gazete dağıtımı ZPARP için örnek verilebilir (Desaulniers, Madsen ve Ropke, 2014).

Badeau, Guertin, Gendreau, Potvin ve Taillard (1997) ZPARAP'nin uygulanabilir olması için, her rotanın şu üç tür kısıtlamayı da karşılaması gerektiğini belirtmişlerdir:

- Bir rotadaki toplam talep araç kapasitesini aşamaz.
- Her müşteri noktasında hizmetin başlama zamanı, zaman penceresinin üst sınırından önce gerçekleşmelidir. Ancak, bir araç alt sınırdan önce varabilir. Bu durumda, araç beklemeli ve böylece rotada bir bekleme süresi oluşturmalıdır.
- Her aracın rotasına, depo ile ilişkili zaman penceresi sınırları içinde hizmet verilmelidir.

Zaman pencerelerinin varlığında, toplam rota maliyetleri yalnızca toplam seyahat mesafesi ve süre maliyetlerini değil, aynı zamanda bir araç bir müşteri noktasına çok erken geldiğinde, araç yüklendiğinde/boşaltıldığında ortaya çıkan bekleme süresinin maliyetini de içerir (Solomon, 1987).

Klasik ARP'lerde düğümler arasındaki seyahat sürelerinin, aralarındaki mesafeye bağlı olduğu varsayılır. Bununla birlikte, iki nokta arasındaki seyahat süresi hava durumu, kaza ve trafik sıkışıklığı gibi farklı faktörlere bağlı olarak değişebilir. Seyahat süresi farklılığının göz ardı edilmesi, araçları sıkışık şehir içi

trafik koşullarına götüren rota planlarına sebep olabilir. Ayrıca, belirli zamanlarda talep noktalarının ziyaret edilmesi gerektiğinde, taahhüt edilen bu dağıtım veya toplama süreleri çoğunlukla planlandığı gibi gerçekleşmez. Bu da müşteriler ve dağıtım şirketi arasında koordinasyon sorunlarına yol açar. Buradan yola çıkarak Zaman Bağımlı Araç Rotalama Problemi (ZBARP), rotadaki ziyaret sürelerinin zamana bağlı olduğu durumunun dikkate alındığı bir ARP türüdür. Bu problemin amacı, seyahat sırasında karşılaşılabilecek olumsuz koşulları dikkate alarak toplam seyahat süresini ve rota maliyetini en aza indirmektir (Jung ve Haghani, 2001; Setak, Habibi, Karimi ve Abedzadeh, 2015).

Alan Bağımlı Araç Rotalama Problemi (ABARP)'nde heterojen bir araç filosu müşterilere hizmet vermektedir. Genel olarak tek bir depo, N tane müşteri ve her bir müşteriyle ilişkilendirilmiş bir dizi araç türü (küçük, orta ve büyük kapasiteli araçlar) vardır. Müşteriler ile araçlar arasında uyumluluk ilişkisi söz konusudur. Örneğin, kalabalık kentsel alanlarda bulunan bazı müşterilere yalnızca küçük kapasiteli araçlarla hizmet verilebilirken, belirli bölgelerde bulunan bazı müşterilere her tür araçla hizmet verilebilir. İki aşamalı bir problemdir. İlk aşamada her müşteri için bir araç tipi seçilmelidir. İkinci aşamada ise ARP çözülmeye çalışılır. Bu problem tipinin öne çıkan kısıtı her müşteriye tek tip araçla hizmet verilmesi olmasıdır. Her iki müşteriye de aynı tip araç tahsis edilmedikçe hiçbir araç bir müşteriden başka bir müşteriye seyahat edemez. Her tur depoda başlamalı ve bitmelidir. Araç kapasitesi ve herhangi bir araç tipinin mevcut sayısı aşılamaz (Chao, Golden ve Wasil, 1999)

2.1.2.1.5. Veriye Göre Araç Rotalama Problemleri

Psaraftis (1995) yaptığı çalışmada araç rotalama problemlerini veri kalitesi açısından deterministik ve stokastik, veri gelişimi açısından ise statik ve dinamik ARP'ler olarak sınıflandırmıştır. Pillac, Gendreau, Guéret ve Medaglia (2013) yaptıkları çalışmada ise bu kıstasların iç içe geçtiği hem statik hem deterministik problemler, hem statik hem stokastik problemler, hem dinamik hem deterministik problemler ve hem dinamik hem stokastik problemler şeklinde dört tip problemin varlığından söz etmişlerdir.

Statik ARP’de veriler, rotalama işlemi boyunca bilinir ve değişiklik yapılmaz. Statik rota planlamaları, hâlihazırda bilinen hedefler için görev öncesinde yapılır ve görev esnasında beklenmeyen durumlar ortaya çıksa dahi değiştirilmez. Dinamik ARP’de ise, gerekli bilgiler rotalama işlemi boyunca bilinmemektedir ve genellikle zaman geçtikçe netleşecek veya değişiklikler doğrultusunda güncellenecektir. Dinamik rota planlamalarında öngörülemeyen hedeflere göre kısıtlar göz önünde bulundurularak rotalar revize edilebilir (Psaraftis, 1995; Ercan ve Gencer, 2013).

Psaraftis (1988) yaptığı çalışmada Dinamik ARP ve Statik ARP arasındaki farkları aşağıdaki gibi sıralamıştır.

- Zaman kısıtlaması önemlidir.
- Problem açık uçlu olabilir.
- Geleceğe yönelik bilgiler bilinmiyor olabilir veya kesin olmayabilir.
- Kısa vadeli (yakın zamanda) gerçekleşen gelişmeler daha önemlidir.
- Bilgileri güncelleyen mekanizmalar gerekir.
- Yeniden sıralama ve tekrar atama kararları alınabilir.
- Daha hızlı hesaplama süreleri gerekir.
- Belirsiz erteleme mekanizmaları gereklidir.
- Amaç fonksiyonu farklı olabilir.
- Zaman kısıtlamaları farklı olabilir.
- Araç filosunu değiştirme esnekliği düşüktür.
- Kuyruk oluşturma hususları önemlidir.

Klasik ARP deterministik yapıdadır yani talep miktarı gibi planlamayı etkileyen önemli noktaların önceden bilindiği varsayılmıştır. Fakat Stokastik Araç Rotalama Problemleri (SARP), problemin bazı unsurları rastgele (değişken) olduğunda ortaya çıkar (Gendreau, Laporte, ve Séguin, 1996). Steawart ve Golden (1983)’a göre ARP’de yapılan aşağıdaki değişiklikler bir SARP oluşturur:

- Her teslimat noktasındaki müşteri talebi, bilinen bir olasılık dağılımına sahip rastgele bir değişkendir.
- Rotalar, gerçek talepler bilinmeden önce tasarlanır.
- Amaç, diğer ilgili maliyetleri göz önünde bulundurarak tahmini seyahat mesafesini en aza indirmektir.

Yaygın olarak, stokastik taleplerin ve stokastik seyahat sürelerinin söz konusu olduğu problemler ile karşılaşılır. Bazen ziyaret edilecek müşteri grubu kesin olarak bilinmeyebilir. Böyle bir durumda, her müşterinin ziyaret edilme olasılığı söz konusudur. SARP’de her dağıtım veya toplama konumundaki talep, görevli araç o konuma gelene kadar değeri bilinmeyen rastgele bir değişken olduğu için deterministik ARP’den farklıdır. Dolayısıyla çözüm kavramı da farklılık gösterir ve çözüm yolları önemli ölçüde daha karmaşıktır (Gentreau, Laporte ve Seguin, 1996; Stewart ve Golden, 1983).

Amaç yine seyahat maliyetlerini en aza indirmek olsa da bu tip problemlerde iki farklı maliyet türü ile karşılaşmak olasıdır. Stewart ve Golden, 1983 yılında yaptıkları çalışmada bu maliyetleri şu şekilde özetlemişlerdir:

- Birincisi, bitmemiş bir rotayı tamamlamak için ek bir araç gönderilmesi gerektiğinde ortaya çıkar. Müşteri taleplerinin aslında düşük olduğu ama belirsizlik dolayısıyla çok sayıda aracın kullanıldığı rotalarda, işletme için araç maliyetleri yüksek olacaktır. Toplam mesafe, genellikle rota sayısının fazlalığı sebebiyle artacaktır.
- İkinci tip maliyet ise, uygun şekilde hizmet almamış müşterilerin memnuniyetsizliğini dolayısıyla meydana gelir. Bu durum bir rotadaki stokastik toplam talebin, o rotaya atanan aracın kapasitesini aştığı ve talep noktalarına tam olarak hizmet verilemediğinde ortaya çıkacaktır.

2.1.2.1.6. Özel Durumlarına Göre Araç Rotalama Problemleri

Bu alt bölümde, diğerlerine kıyasla spesifik koşullar içeren bazı ARP çeşitleri Bölünmüş Dağıtım, Çok Depolu, Topla-Dağıt ve Periyodik ARP şeklinde açıklanmıştır.

Bölünmüş Dağıtım Araç Rotalama Problemi (BDARP), klasik ARP’den birkaç noktada ayrılmaktadır. Klasik ARP’nin varsaydığının aksine BDARP’de her müşteri birden fazla kez ziyaret edilebilmekte ve müşteri talepleri araç kapasitesinden daha fazla olabilmektedir. Burada mevcut araç sayısında herhangi bir kısıtlama dikkate alınmamaktadır. Başka bir deyişle bir müşteri birden fazla araç tarafından ziyaret edilebilir. Araçlar homojen olup, tek bir depodan çıkar ve tekrar depoya dönerler. Amaç, her turda teslim edilen miktarların araç kapasitesini

aşmayacak ve kat edilen toplam mesafeyi en aza indirecek şekilde tüm müşterilere hizmet veren bir dizi araç rotası bulabilmektir (Archetti, Hertz ve Speranza, 2006).

Çok Depolu ARP, araç filosunun yalnızca bir depo yerine birkaç depodan hizmet vermesi ve her aracın turunu aynı depodan başlayıp bitirmesi gerektiği bir ARP türüdür. Amacı, birden çok depodan müşteri noktalarına teslimatı kolaylaştırabilecek bir dizi minimum maliyetli rotayı bulmaktır (Yu, Yang ve Xie, 2011).

Ürünlerin depolanması için ek depolar söz konusu olduğunda karar vericiler, hangi müşterilere hangi depolar tarafından hizmet verileceğini de göz önünde bulundurmaya durumundadırlar. Her depo, müşteriler tarafından sipariş edilen tüm ürünleri depolamaya yetecek büyüklüktedir. Kapasiteli araç filosu ve her müşterinin bir araç tarafından yalnızca bir kez ziyaret edilme koşulu bu ARP türü için de geçerlidir (Ho, Ho, Ji ve Lau, 2008).

Topla-Dağıt Araç Rotalama Problemi (TDARP)'nde dağıtım şirketleri sadece malları müşterilere teslim etmekten değil, birçok durumda malları toplamaktan da sorumludur. Tersine lojistikte ortaya çıkan bu ihtiyaç, teslimatların ve alımların aynı anda gerçekleştirildiği ya da alımların, teslimatların bitiminden sonra gerçekleştirildiği durumlar göz önünde bulundurularak araştırılmaktadır (Konstantakopoulos, Gayialis ve Kechagias, 2020).

Topla-Dağıt veya Geri Toplamalı olarak adlandırılan bu ARP türünde, hem taleplerin depodan müşterilere dağıtılması hem de müşterilerden depoya gönderilecek ürünlerin toplanması durumu söz konusudur. Kısaca depo, her talebin çıkış ve varış noktasıdır. Genellikle homojen olduğu varsayılan sınırlı kapasiteye sahip belirli bir araç filosu kullanılır. Araçlar, turlarını bitirdikten sonra depoya geri dönmek zorundadırlar. Her iki durumda da amaç, müşterileri araçlara atamak ve araçların rotalarını, seyahat edilen toplam mesafenin en aza indirileceği şekilde belirlemektir. Dolu meşrubat şişelerinin teslim edilmesi ve boş şişelerin geri toplanması bu tür için örnek olarak gösterilebilir (Dethloff, 2001; Ganesh ve Narendran, 2008). Bununla birlikte TDARP, yıllar içinde işin işleyişine göre kendi içinde de çeşitlendirilmiştir. Öyleki, Nagy ve Salhi (2005) yaptıkları çalışmada TDARP'yi üç kategoriye ayırmışlardır. Bunlar:

- Eşzamanlı Topla-Dağıt ARP,

- Karma Topla-Dağıt ARP,
- Önce Dağıt Sonra Topla ARP.

Gerçek hayat problemlerinde bazı durumlarda, müşterilere sunulan hizmet süresi rekabet avantajı açısından oldukça önemlidir. Müşterilere rakiplerden daha geç hizmet ulaştırmak potansiyel satışın bir kısmının kaybedilmesine sebep olabilir. Bu nedenle dağıtım şirketleri, rakiplerin hizmet verme stratejilerini göz önünde bulundurarak araç rotalarını tanımlamak durumunda kalabilirler. Bu rekabet genelde, raf ömrü kısa olan ürünlerin söz konusu olduğu ve müşterilerin bunları saklamak için özel cihazlara ihtiyaç duyduğu durumlarda ortaya çıkmaktadır (Norouzi, Sadegh-Amalnick ve Alinaghiyan, 2015). Aynı zamanda daha büyük taleplere veya daha küçük depolama kapasitelerine sahip müşteriler, daha küçük talepleri veya daha büyük depolama kapasiteleri olan müşterilerden daha fazla ziyaret gerektirecektir. Periyodik ARP bu tip kısıtları önemsemeyi gerektirir. Bu problemlere bakkaliye, içecek endüstrisi, atık toplama gibi alanlarda sıklıkla rastlanır (Hemmelmayr, Doerner ve Hartl, 2009).

Periyodik Araç Rotalama Probleminde (PARP), belirli bir zaman diliminde bir dizi müşteri bir veya birkaç kez ziyaret edilmelidir. Bir aracın bir müşteriye hizmet verdiği günler önceden belirlenmiş değildir. Bunun yerine her müşteri olası ziyaret programları (ziyaret günleri) ile ilişkilendirilir. Bir araç filosu vardır ve her araç depodan ayrılır, bir dizi müşteriye hizmet verir, vardiyası veya görevi bittiğinde depoya geri döner. Problemin amacı, belirli periyotlarla hizmet veren araçların kat ettiği rotaların toplam uzunluğunun en aza indirilmesidir. Sorunu çözmek için, önce her müşteriye bir ziyaret programı atanmalıdır. Ardından tüm müşterilere hizmet verilecek şekilde, programın her günü için araç rotalarının belirlenmesi gerekmektedir (Angelelli ve Speranza, 2002).

Bu tez çalışmasında ele alınan gerçek hayat probleminin yapısı Çizelge 2’de gösterildiği gibidir.

Çizelge 2: Mevcut Problemin Yapısal Özellikleri

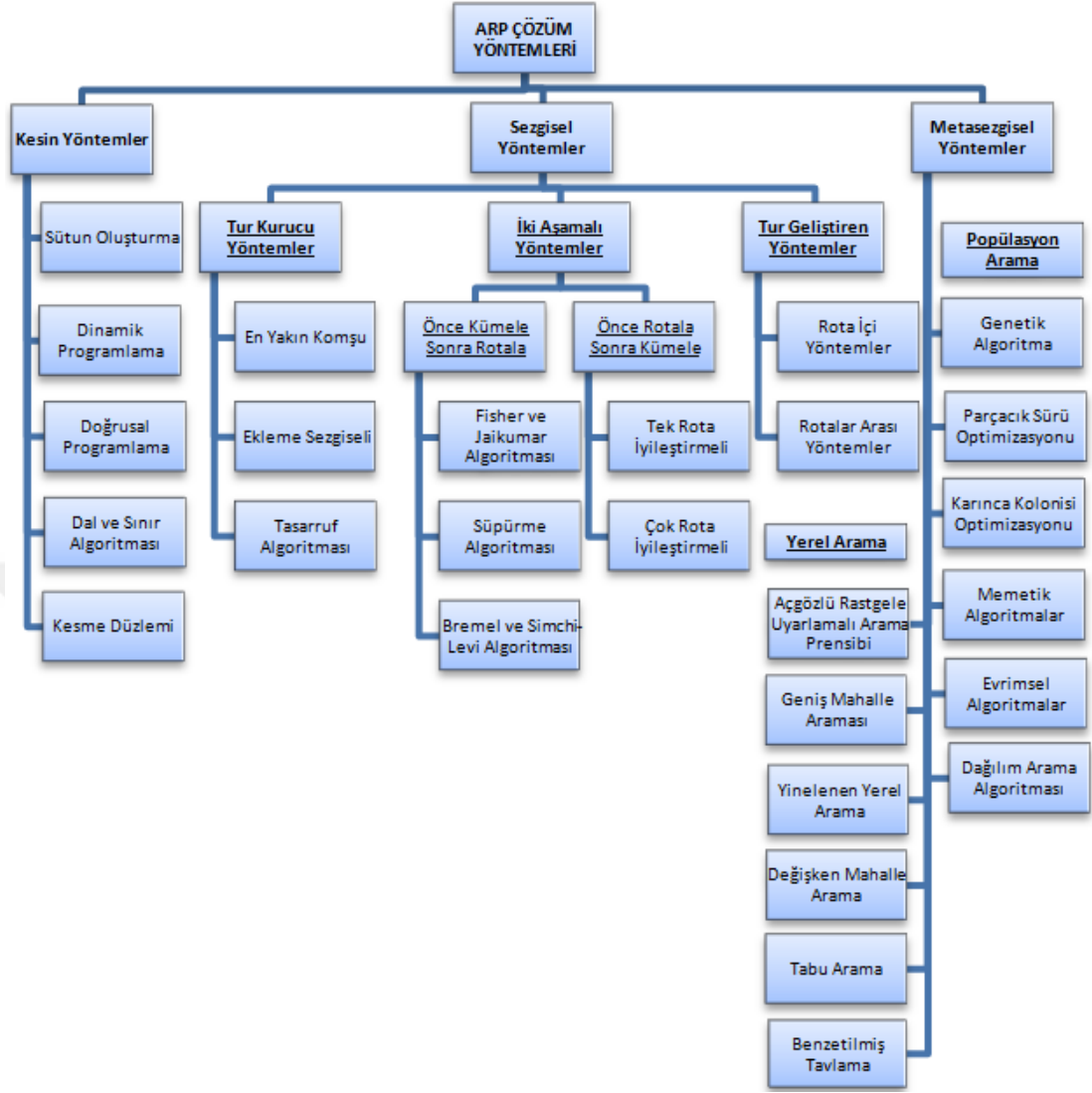
Kriter	Durum
Kısıtları	Kapasite Kısıtlı (<i>U-3 ve U-4</i>)
Filo Yapısı	Homojen
Yolların Durumu	Simetrik
Rotaların Durumu	Kapalı Uçlu
Veri Durumu	Veri Kalitesi: Deterministik Veri Gelişimi: Statik

2.1.3. Gezgin Satıcı ve Araç Rotalama Problemleri İçin Çözüm Yöntemleri

GSP ve ARP yapıları itibariyle ele alındığında, Çoklu GSP kapasite kısıtı kaldırılmış ARP olarak düşünülebilir. Bu aynı zamanda satış elemanlarına (araçlara) yeterince büyük kapasiteler atayarak, ARP için önerilen tüm formülasyonların ve çözüm yaklaşımlarının çoklu GSP için de geçerli olduğu anlamına gelir (Bektaş, 2006). Kullanılacak çözüm yöntemine karar verirken, ele alınan problemin mevcut yapısı (kapasite kısıtı, müşteri sayısı vb.) düşünülerek en uygun metotlar tercih edilmelidir.

Literatürde araç rotalama problemlerinin çözümüne yönelik çok sayıda farklı yöntem vardır. Bunların birlikte kullanıldığı hibrid yöntemlerin de geliştirilmesiyle birlikte, çözüm yollarına yönelik yelpaze oldukça genişlemiştir. Lin, Choy, Ho, Chung ve Lam (2014) yaptıkları çalışmalarında “ARP için algoritmalar ve ilişkileri” isimli bir çözüm yöntemleri tablosu oluşturmuşlardır. Konstantakopoulos, Gayialis ve Kechagias (2020) ise, yaptıkları araştırmada söz konusu çözüm tablosunu Labadie, Prins ve Prodhon (2016) tarafından yayınlanan kitabı referans göstererek genişletmişlerdir. Genişletilen tablo “ARP için algoritmaların sınıflandırılması” şeklinde adlandırılmış ve çeşitliliği gösterebilmek adına bu çalışmada da Çizelge 3’te olduğu gibi genişletilerek aktarılmıştır. Sayıcı fazla çözüm yöntemi olması sebebiyle, çizelgede yer alan yöntemlerden yalnızca çalışmada başvuru alan çözüm yöntemleri için kapsamlı açıklamalar yapılmıştır.

Çizelge 3: ARP İçin Algoritmaların Sınıflandırılması



Bu bölümde çalışmada kullanılan En Yakın Komşu Algoritması, Fisher ve Jaikumar Algoritması, Tasarruf Algoritması ve Tamsayılı Lineer Programlama Yöntemine yer verilmiştir.

2.1.3.1. En Yakın Komşu Algoritması

En Yakın Komşu Algoritması özellikle Gezgin Satıcı Problemleri için sıklıkla kullanılır ve bu algoritma, başlangıç noktasından (depo) en yakın noktaya hareket edilmesi ile başlar. Her defasında bir sonraki en yakın noktaya hareket edilecek şekilde rota şekillendirilir ve son olarak başlangıç noktasına geri dönlür (Keskintürk, Topuk ve Özyeşil, 2015). Bu çalışma prensibi uygulanırken ele alınan problemde zaman pencereleri, aracın depoya varış zamanı ve kapasite gibi kısıtlamalar varsa bunlara dikkat edilmelidir. Eğer sıradaki en yakın noktayı rotaya

eklemek söz konusu kısıtları aşacaksa depodan yeni bir rota başlatılmalıdır (Solomon, 1987).

2.1.3.2. Fisher ve Jaikumar Algoritması

Fisher ve Jaikumar tarafından 1981’de geliştirilmiş, ilk olarak Genel Atama Problemi (GAP) çözülerek uygulanabilir müşteri kümelerinin oluşturulduğu ve her bir kümede bir gezgin satıcı problemi (GSP) çözüm algoritması ile araç rotasının belirlendiği iki aşamalı bir yöntemdir (Cordeau vd., 2002).

Fisher ve Jaikumar (1981) yaptıkları çalışmada buldukları algoritmayı şu maddelerle açıklamaktadırlar:

- Müşteri siparişlerini karşılamak için araç filosunun merkezi bir depoda depolanan ürünleri teslim ettiği araç rotası problemini ele alır.
- Her aracın sabit bir kapasitesi vardır ve her sipariş araç kapasitesinin sabit bir bölümünü kullanır.
- Müşteriler siparişlerini her dönemin başlangıcından önce belirtirler ve daha sonra araçların dönem siparişlerini teslim edecek şekilde planlanması gerekir.
- Rotalama kararı, toplam teslimat maliyetini en aza indirmek için her bir aracın hangi talepleri karşılayacağını ve her aracın kendisine yüklenen talebe hizmet ederken hangi yolu izleyeceğini belirlemesi kararıdır.

Fisher ve Jaikumar’ın (1981) yaptıkları orijinal çalışmada ortaya koydukları işleyiş şu şekildedir:

Adım 1: Depo ve müşteriler için mesafeler hesaplanır.

Adım 2: Müşterilerin konumsal dağılımına bağlı olarak bir arada gösterildiği düzlem, açısız olarak toplam araç sayısı kadar koniye bölünür.

Adım 3: Müşterilerin araçlara atanması ile ilgili işlemlere yön verecek tohum müşteriler seçilir. Tohum müşterilerin seçiminde birçok farklı yöntem tercih edilebilir.

Fisher ve Jaikumar orijinal çalışmada geometrik bir yöntem kullanırken, talepleri en yüksek müşterilerin veya merkezi depoya en uzak olanların tohum müşteri olabileceklerinden söz etmişlerdir. Bunlara ek olarak Kesintürk, Topuk ve

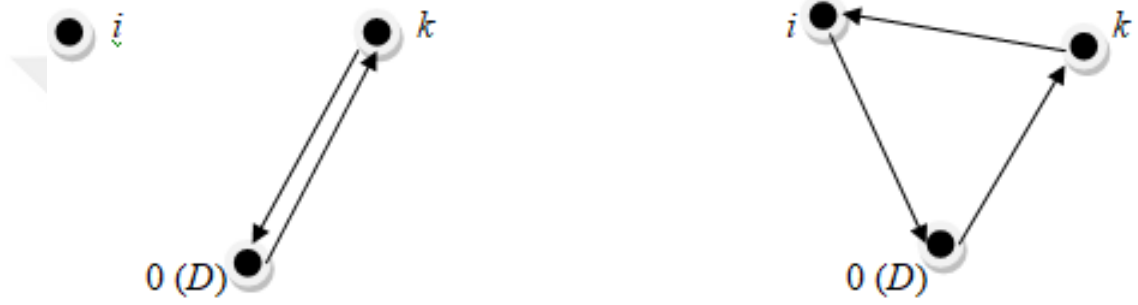
Özyeşil (2015)'e göre tohum müşteriler birbirlerine olan mesafeleri en uzak olanlardan da seçilebilir.

Adım 4: Tohum müşteriler (veya noktalar) ve diğerleri arasında *ekleme maliyetleri* hesaplanır. Ekleme maliyeti, *i* müşterisini tohum müşterisi ile depo arasında gidip gelen rotaya sokmanın maliyetidir.

Notasyonlar:

a_{ik} : *i* müşterisini *k*. araca (kümeye, tohum müşteriye) ekleme maliyeti

k : Araç sayısı (tohum müşteri sayısı)



Şekil 3: Tohum Müşteri-Depo Rotasına *i*. Müşterinin Eklenmesi

Kaynak: Sultana, T., Akhand, A.H. and Rahman, M.M.H. (2017). A variant fisher and jaikuamr algorithm to solve capacitated vehicle routing problem. 2017 8th International Conference on Information Technology (ICIT), Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), pp. 710-716.

Simetrik problemler için ekleme maliyeti formülü:

$$a_{ik} = D_i - D_k = D_{ki} + D_{i0} - D_k \quad (1)$$

Asimetrik problemler için ekleme maliyeti formülü:

$$\{a_{ik} = D_{i0} + D_{ki} + D_k, D_k + D_{ki} + D_{i0}\} - (2D_k) \quad (2)$$

Adım 5: Müşteriler ekleme maliyetleri, talep bilgileri ve araç kapasiteleri gibi özel durumlar dikkate alınarak araçlara atanır. Genel Atama Problemine ait matematiksel model şu şekildedir:

Diğer notasyonlar:

C: Araç kapasitesi

d_i : *i* müşterisinin talep miktarı

$$X_{ik} = \begin{cases} 1, & i \text{ müşterisi } k \text{ aracına atanırsa} \\ 0, & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad (3)$$

$$\min \sum_i \sum_k a_{ik} X_{ik} \quad (4)$$

$$\sum_k X_{ik} = 1 \quad \forall i \quad (5)$$

$$\sum_i d_i X_{ik} \leq C \quad \forall k \quad (6)$$

$$X_{ik} \in \{0,1\} \quad (7)$$

Amaç fonksiyonunu her bir araç için atama maliyetlerini minimize etmeye yöneliktir. (5) nolu denklem her bir müşterinin mutlaka bir araca (tohum müşteriye) atanması gerektiğini, (6) nolu denklem her bir küme için toplam talep miktarının araç kapasitesi ile sınırlı olduğunu gösterir.

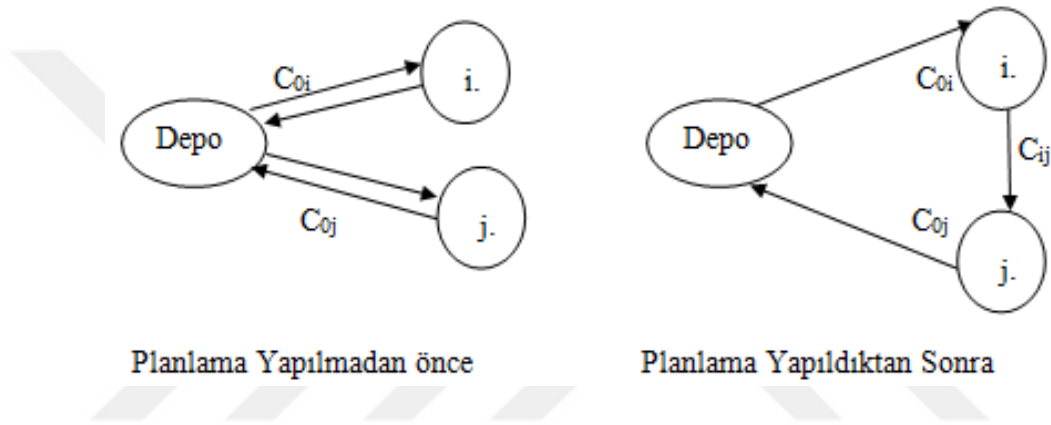
Adım 6: Araçlara atanan müşteri kümeleri belirlendikten sonra, optimum seyahat maliyetini sağlayacak seyahat sıralarını elde etmek için herhangi bir GSP çözüm yöntemi kullanılabilir.

Sultana, Akhand ve Rahman 2017 yılında yaptıkları çalışmada FJA'nın müşterileri dengeli dağıtmadığı gerekçesiyle düzlemi bölme şekliyle alakalı farklı bir versiyon geliştirmişlerdir. Çalışmanın çıkış noktası, her bir koninin eşit veya birbirine yakın sayılarda müşterilere sahip olabilecekleri şekilde oluşturulmasıdır. Müşterilerin ekleme maliyetlerinin hesaplanması ve atamaları orijinaliyle aynıdır. Bu versiyonun orijinalinden ayrıldığı nokta düzlemin bölünmesi hususuyla ilgilidir. Böylece **Adım 2**, "Düzlem araç sayısına bölünür, bölme işlemi yapılırken her bir koni eşit veya yakın sayıda müşteri noktasını kapsayacaktır" şeklinde değiştirilmiştir. Bu geliştirilmiş versiyonla, konilerde eşit veya yakın sayılarda müşteri noktası bulunur. Bu nedenle, eşit koni boyutuna sahip kısmın değiştirilmesi, işleyişi FJA'ya çevirecektir.

Bu tez çalışmasında, müşteri düzlemi bölünürken FJA'nın Sultana vd. (2017) tarafından geliştirilmiş versiyonu dikkate alınmıştır. Tohum seçiminde ise, birbirlerine en uzak mesafedeki müşteriler tohum müşteri olarak kabul edilmiştir.

2.1.3.3. Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması

ARP için kullanılan ve en bilinen sezgisel yöntemlerden biri, 1964 yılında Clarke ve Wright tarafından geliştirilmiş Tasarruf Algoritmasıdır. Algoritma, araç sayısının bir karar değişkeni olduğu problemler için uygundur. Paralel ve sıralı (seri) olmak üzere iki versiyonu mevcuttur (Laporte, Gendreau, Potvin ve Semet, 2000).



Şekil 5: Tasarruf Algoritması

Kaynak: Ulutaş, A., Bayrakçıl, A.O. ve Kutlu, M.B. (2017). Araç rotalama probleminin tasarruf algoritması ile çözümü: Sivas'ta bir ekmek fırını için uygulama. Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 18(1) 185-197.

Şekil 5'de görüldüğü gibi planlama yapılmadan önce müşterilerden i ve j ayrı rotalarda ziyaret edilmektedir. Ayrı rotalardaki iki müşteriyi, gösterildiği gibi $i - j$ dizisinde ziyaret etmek alternatif bir rota oluşturacaktır. C_{0i} depodan i müşterisine yolculuk yapmanın maliyetini, C_{0j} depodan j müşterisine yolculuk maliyetini ve C_{ij} i müşterisinden j müşterisine yolculuk maliyetini göstermektedir. Alternatif rotanın diğerine kıyasla sağladığı tasarruf aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Ulutaş vd., 2017).

$$S_{ij} = (C_{0i} + C_{0i} + C_{0j} + C_{0j}) - (C_{0i} + C_{0j} + C_{ij}) = C_{0i} + C_{0j} - C_{ij}$$

S_{ij} değerleri maliyetler açısından, i noktasından hemen sonra j noktasını ziyaret etmenin avantajlı olduğunu göstermektedir.

Algoritmanın adımları ise şöyledir:

Adım 1: Depo ve müşterilerin birbirleri arasındaki mesafeleri gösteren mesafe matrisi oluşturulur.

Adım 2: Tüm i ve j müşteri çiftleri için tasarruf değerleri şu şekilde hesaplanır:

$$S_{ij} = C_{0i} + C_{0j} - C_{ij} \quad (8)$$

Adım 3: Hesaplanan tasarruf değerleri (S_{ij}) büyükten küçüğe sıralanır.

Adım 4: Tasarruf listesinin en başındaki müşteri çiftine bakılır. Problem kısıtları (kapasite vb.) aşılmıyorsa ilk bağlantı ikisi arasında kurulur ve rota başlatılır.

- ✓ Her seferinde sıradaki müşteri, kısıtların aşılmaması koşuluyla halihazırda başlatılmış olan rotanın sağına veya soluna bağlanabilir.
- ✓ Bağlama sırasında daha önce bağlanmış müşteriler parçalanamaz, araya yeni müşteri düğümü eklenemez.

Adım 5: Tüm müşteri düğümleri rotaya eklendikten sonra, rotanın başına ve sonuna başlangıç ve bitiş noktası olarak depo (0) eklenir.

Lysgaard (1997) çalışmasında tasarruf algoritmasının iki farklı versiyonun rotaların oluşturulması aşamasında ayrıldığı noktaları bir örnek üzerinde şu şekilde açıklamıştır:

Paralel versiyonda:

- Listede karşılaşılan müşteri çiftinin, başlangıç rotasına eklenmesi mümkün değilse (açık rotada bağlanması mümkün bir düğüm yoksa), söz konusu müşteri çifti ile yeni bir rota başlatılabilir.
- Sonrasında, sıradaki müşteri çiftleri birden fazla rota için düşünülür.
- Tasarruf listesi aynı anda iki veya daha fazla rota için kullanılabilir.
- Farklı rotalar, koşullar elverişli olduğu müddetçe birleştirilebilir.

Sıralı versiyonda:

- İlk rotaya eklenemeyen müşteri çifti ile yeni rotaya başlanmaz. Önce ilk rota, uygun bağlantılarla tamamlanır.
- İlk rota için liste tamamlandıktan sonra eklenemeyen müşteri çiftleri için liste başına dönülür ve aynı işlemler tekrar eder.
- Sıralı versiyonda tek seferde yalnızca bir rota yapılabilir.

Bu tez çalışmasında tasarruf algoritmasının paralel versiyonu kullanılmıştır.

2.1.3.4. Uygulanacak Tamsayılı Lineer Matematiksel Model

Bu tez çalışmasında kesin çözüm yöntemi olarak Kurul (2013)'a ait çalışmada yer alan matematiksel model kullanılmıştır.

Kapasite kısıtlı bir araç rotalama problemi $G = (V, A)$ şebekesi üzerinde tanımlı olsun. Burada $V = \{0, 1, \dots, N, N + 1\}$ düğümleri, $A = \{(i, j) : i, j \in V, i \neq j\}$ arkların kümesini ifade etmektedir. Ele alınan araç rotalama probleminde amaç, araçların tura depodan başlayıp tekrar depoya dönecekleri rotaların var olan kısıtlar altında minimize edilmesidir. Problemden her müşteriye tek araçla hizmet verilmektedir. Model sonucu " M " araç sayısı kadar rota oluşturulmaktadır.

Parametreler:

"0"	: Depo
"1, ..., N"	: Müşteriler
"N + 1"	: Sanal Depo (Depo ile aynı konumda)
M	: Araç Sayısı
N	: Müşteri Sayısı
C	: Araç Kapasitesi
D_{ij}	: i 'müşterisinden j 'müşterisine uzaklık
q_i	: i müşterisinin talebi

İndisler:

i, j, p	: $\{0, 1, \dots, N, N + 1\}$
k	: $\{1, \dots, M\}$

Değişkenler:

X_{ijk}	: k aracı i 'müşterisinden j müşterisine giderse 1, aksi takdirde 0.
Y_i	: Alt tur oluşmasını engelleyen değişken

Amaç Fonksiyonu:

$$\min Z = \sum_{i=0}^{N+1} \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{N+1} \sum_{k=1}^M D_{ij} * X_{ijk} \quad (9)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^{N+1} X_{ijk} = M, \quad i = 0, \quad (10)$$

$$\sum_{i=0}^{N+1} X_{ipk} - \sum_{j=0}^{N+1} X_{pjk} = 0, \quad k = 1, \dots, M, \quad (11)$$
$$p = 1, \dots, N,$$

$$\sum_{k=1}^M \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{N+1} X_{ijk} = 1, \quad i = 1, \dots, N, \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^N X_{0jk} = 1, \quad k = 1, \dots, M, \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{i,N+1,k} = 1, \quad k = 1, \dots, M, \quad (14)$$

$$\sum_{i=0}^{N+1} \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{N+1} q_i * X_{ijk} \leq C, \quad k = 1, \dots, M, \quad (15)$$

$$Y_j \geq Y_i + 1 - N \left(1 - \sum_{k=1}^M X_{ijk} \right), \quad i \neq j, \quad i = 1, \dots, N, \quad (16)$$
$$j = 1, \dots, N,$$

$$Y_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, N. \quad (17)$$

Amaç fonksiyonu araçlar tarafından toplam kat edilen mesafenin minimize edilmesine yöneliktir. Kısıt (10) depodan çıkan araç sayısını belirtmektedir. Kısıt (11)' e göre bir düğüme giren ve çıkan yolların sayısı eşittir. Kısıt (12) düğümlerden çıkan yollardan sadece birinin mutlak kullanılması gerektiğini ifade eder. Kısıt (13) ve (14) sırasıyla her bir aracın depodan çıktığını ve depoya girdiğini gösterir. (15) numaralı kısıt araç kapasitesinin aşılamayacağını belirtir. Son olarak (16) ve (17) numaralı kısıtlar alt tur oluşumunu engelleyen kısıtlardır.

2.2. İlgili Araştırmalar

Literatürdeki ilk somut ARP örneği Dantzig ve Ramser (1959) tarafından çalışılan “Kamyon Sevkiyat Problemi”dir. Bu çalışmada yazarlar, homojen bir kamyon filosunun bir dizi benzin istasyonuna ait petrol talebini merkezi bir depodan, minimum mesafeyle nasıl karşılayabileceğini matematiksel olarak modellemişlerdir. Beş yıl sonra, Clarke ve Wright (1964) bu problemi, lojistik ve taşımacılık alanında yaygın olarak karşılaşılan doğrusal bir optimizasyon problemi olarak genelleştirmiş, kapasiteleri farklı heterojen araçlar için merkezi bir depodan yapılan dağıtımın rotalanması üzerinde durmuşlardır. Bu çalışma ile birlikte tasarruf algoritması da literatüre kazandırılmıştır. Ancak ARP son derece dinamik bir inceleme alanıdır. Gün geçtikçe değişen ve artan beklentiler, çeşitli gerçek hayat koşullarının ortaya çıkması gibi durumlar göz önünde bulundurulduğunda yeni yaklaşımlar geliştirmeyi gerektirmiş ve bu alanda farklı birçok çalışma yapılmıştır.

Literatür çalışmaları incelendiğinde, ARP literatürünün genellikle problem türü (Kapasite Kısıtlı ARP’ler, Heterojen Filolu ARP’ler vs.) veya çözümler (tabu algoritmaları, kesin algoritmalar vs.) çerçevesinde incelendiği görölmüştür. O yüzden bu bölümde önce, ARP literatürünü geniş çerçevede ele almış en bilindik literatür çalışmalarından bahsedilmiştir. Ardından son 10 yılda yapılmış, Gezgın Satıcı Problemleri, Kapasite Kısıtlı ARP ve çalışmada başvurulan çözümlerinin kullanıldığı bazı çalışmalara yer verilmiştir.

Bodin (1975) yaptığı çalışmada, statik araç rotalama ve çizelgeleme problemleri için bir sınıflandırma geliştirmiştir. Bu sınıflandırma araç rotalama ve çizelgeleme problemleri için geliştirilen algoritmaların, temel özelliklerine göre sınıflandırılabilirdiğini de göstermiştir. Bunun yanında çalışmada, söz konusu problemleri bilgisayar ortamında çözümlerinin yolları araştırılmıştır.

Bodin ve Golden (1981) yaptıkları çalışmada, çeşitli araç rotalama ve çizelgeleme problemlerini sunmuş ve bu problemler için bir sınıflandırma yapmışlardır. Burada en basit olandan son derece karmaşık olana doğru hareket eden bir çizelgeleme problemleri hiyerarşisi modellenmiştir. Bunun yanında araç rotalama için o dönemde mevcut olan çözümlerini de sınıflandırmışlardır. Çalışma Bodin’in 1975 yılında yaptığı araştırmanın genişletilmiş halini sunar.

Desrochers, Lenstra ve Savelsbergh (1990) yaptıkları çalışmada, araç rotalama ve çizelgeleme problemlerinin çok sayıda karakteristiğini açıklığa kavuşturmayı amaçlamışlardır. Araç rotalama ve çizelgeleme problemleri dört aşamada adresler (depo-müşteriler), araçlar (rotalar), problem karakteristikleri ve amaç fonksiyonları bazında ele alınmıştır. Böylece geniş bir sınıflandırma şeması önerilmiş ve literatürde ele alınmış bir dizi problem üzerinde gösterilmiştir.

Laporte (1992a) çalışmasında, gezgin satıcı problemi için bilinen bazı algoritmaları incelemiştir. İncelemede kesin ve sezgisel çözüm yöntemleri ele alınmıştır.

Laporte ve Osman (1995) çalışmalarında, dört klasik rotalama problemi hakkında yapılmış 500 çalışmayı alfabetik olarak sıralayan bir bibliyografi sunmuşlardır. Bunlar Gezgin Satıcı Problemi, Araç Rotalama Problemi, Çinli Postacı Problemi ve Kırsal Postacı Problemidir.

Marinakis ve Migdalas (2007) çalışmalarında, araç rotalama problemlerinin öne çıkan türleri ve çözüm yöntemleri üzerine bir araştırma yapmışlardır. Belli başlı ARP türlerini konu etmiş çalışmaların derlendiği bu bibliyografide, bahsi geçen ARP'leri çözmek için tercih edilmiş matematiksel modellerin, sezgisel ve metasezgisel yöntemlerin kullanıldığı önemli örnekler de sunulmuştur.

Ekşioğlu, Vural ve Reisman (2009) çalışmalarında, Araç Rotalama Problemi literatürünü sınıflandırmak için bir metodoloji sunmuşlardır. Bu çalışmada ARP için 1959-2008 yılları arasında yapılmış 1494 çalışmanın incelenmesiyle detaylı bir sınıflandırma yapılmıştır. Ayrıca problem türleri ve ilgili çalışmalar da tanıtılmıştır.

Lahyani, Khemakhem ve Semet (2015) yaptıkları çalışmada, çok kısıtlı problemler olarak bilinen Zengin Araç Rotalama Problemlerini incelemişlerdir. Bu çalışmada, bazı gerçek hayat problemlerine ilişkin Zengin ARP literatürü için genel bir sınıflandırma yapmak ve Zengin ARP'ye ayırt edici bir tanım önermek amaçlanmıştır.

Braekers, Ramaekers ve Van Nieuwenhuysse (2016) yaptıkları çalışmada, Ekşioğlu vd.'nin 2009 yılında ortaya koydukları literatürden sonra 2015 yılının Haziran ayına kadar geçen sürede yazılmış makaleleri incelemişlerdir. İngilizce olarak yazılmış 277 makale incelenmiş ve bir sınıflandırma sunulmuştur. Ayrıca

sınıflandırma sonuçları, hangi ARP türlerinin ve özel durumların popüler olduğunu, hangi konuların nispeten daha az çalışıldığını analiz etmek için de kullanılmıştır.

Tekin, Dündar ve Şahman (2011) çalışmalarında, Konya’da bir dondurma markasının şehir içi dağıtımını gerçekleştiren özel bir şirketten edinilen verileri Gezgin Satıcı Problemi olarak ele almışlardır. Çözüm yöntemi olarak En Yakın Komşu Sezgiseli, En Ucuz İlave Sezgiseli, İki-Yol Değişim Gelişim Sezgiseli ve Dal-Sınır Metodu kullanılmıştır. Sonuçlar kendi aralarında ve firmanın mevcut rotaları ile kıyaslanmış, en iyi çözüm İki-Yol Değişim Gelişim Sezgiseli ile elde edilmiş ve şirketin sağlayacağı avantajlar değerlendirilmiştir.

Kosif ve Ekmekçi (2012) yaptıkları çalışmada, bir lojistik firmasının deposundan 5 ayrı bölgede yer alan 13 farklı tedarikçiye yapılacak dağıtımını ele almış ve söz konusu firmanın milk-run toplamasını optimize etmeye çalışmışlardır. Uygulama için mesafe matrisleri Öklid formülü esas alınarak hesaplanmış, problem tasarruf algoritması ile çözülmüştür. Sonuçlar firmanın mevcut durumu ile karşılaştırıldığında 650 TL’lik yakıt tasarrufu sağlandığı görülmüştür.

Güvez, Dege ve Eren (2012) Kırıkkale’de faaliyet gösteren atık sektöründeki işletmenin, müşteri grubundaki sağlık kurumlarından tıbbi atık toplama işi için en uygun rotayı bulmayı ve maliyetleri azaltmayı amaçlamışlardır. Problemin çözümünde, tamsayılı programlama modeli kullanılmış, elde edilen sonuçlarla mevcut durum karşılaştırılmış ve önerilen modelin firmanın aylık toplam yol mesafesini %20,63 oranında iyileştirdiği görülmüştür.

Du ve He (2012) yaptıkları çalışmada, özellikle büyük ölçekli problemler için yeni bir yöntem tasarlamışlardır. Bu yöntem En Yakın Komşu yaklaşımı ve Tabu Arama'nın güçlü yönlerini iki aşamalı olarak birleştirme prensibine dayanmaktadır. Birinci aşamada ilk rotaları oluşturmak için En Yakın Komşu algoritması kullanılırken, ikinci aşamada rota içi ve rota arası optimizasyon için Tabu Araması kullanılmıştır. Suizhou şehrinin merkezinde ve mahallelerinde 5 bölgeye ayrılmış 6772 müşteriye yapılan dağıtım üzerinden elde edilen sonuçlar, yeni algoritmanın geleneksel EYK algoritmasına kıyasla önemli ölçüde performans artışı sağladığını göstermiştir.

Caccetta, Alameen ve Abdul-Niby (2013) yaptıkları çalışmada, Tasarruf Algoritmasının büyük problemlerde daha iyi sonuçlar vermesini amaçlayan yeni bir

yaklaşım sunmuşlardır. Clarke ve Wright Tasarruf Algoritmasının etki alanı azaltma işlemi ile birleştirildiği yaklaşım, etki alanını azaltmak için mesafe matrisinden bazı kriterlere göre belirlenmiş yüksek maliyetlerin (mesafelerin) çıkarılması ve böylece birtakım bağlantıların yasaklanmasını sağlamaktadır. Tasarruf Algoritmasının, etki alanı azaltma işleminden sonra uygulandığı bu çalışma 10 büyük ARP örneği üzerinde test edilmiş ve TA'nın tek başına kullanıldığı durumlara kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bozyer, Alkan ve Fığlalı (2014) kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerinin (KKARP) çözümü için önce grupla sonra rotala prensibine dayanan sezgisel bir yöntem önermişlerdir. Gruplandırma adımı bulanık c-ortalama algoritması kullanılmış, rotalama adımı ise sezgisel bir algoritma olan tabu arama prensiplerine dayanan bir arama algoritması ile rotalar iyileştirilmek istenmiştir. Sonuç olarak KKARP'lerinin gezgin satıcı problemine dönüştürülerek çözülebileceği görülmüştür. Önerilen yöntem literatürde yer alan test problemleri üzerinde uygulanmış, bazılarında en iyi sonuçlara ulaşılabildiğini saptamışlardır.

Hashi, Hasan ve Zaman (2015) bir yazılım şirketinde çalışan, Bangladeş'in Dhaka şehrinde dağınık halde ikametleri bulunan 50 kişinin ofise ulaşımını ele aldıkları bir çalışma yapmışlardır. 20 koltuk kapasiteli araçların söz konusu olduğu problemde, duraklar arası mesafelerin yanında duraklar arası geçen zaman da hesaplanmıştır. Zamanın maliyet olarak düşünüldüğü bu çalışmada, çözüm yöntemi olarak Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması kullanılmıştır. Sonuç olarak, eski duruma kıyasla hem araç sayısından hem de harcanan zamandan tasarruf sağlanabilmiştir.

Demirtaş ve Zengin (2016) yaptıkları çalışmada, Gezgin Satıcı Problemine yapay zeka tekniklerinden olan Guguk Kuşu Optimizasyon Algoritmasını (GOA) uyarlamışlardır. Çalışma, NET yazılım geliştirme ortamı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen rotalar simüle edilmiştir. GSP'nin rota mesafesi açısından performansı ve hesaplama süreleri incelenmiş, Genetik Algoritma sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar GOA'nın hem rota mesafesi hem de başarıım süresi yönünden genetik algoritmaya göre daha başarılı olduğunu göstermiştir.

Atan ve Şimşek (2017) çalışmalarında, Ankara il merkezinde bulunan bir kamu kurumunun personel servis ulaşım hizmetinin ve güzergâhının belirlenmesi ile ilgili problemi ele almışlardır. Problem için bir ulaştırma modeli oluşturulmuş, Vogel

Yaklaşım Yöntemi (VAM) kullanılarak en uygun çözüm bulunmuş ve optimallik durumu MODI yöntemi ile test edilmiştir. Mevcut durumda 20 araç ile 350 km yol katedilirken, önerilen çözümle 23 araç ile 68 km mesafe tasarrufu sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Araç sayısı artsa da %10,42 maliyet tasarrufu sağlanmıştır.

Palhares ve Araújo (2018) çalışmalarında, bir süt ürünleri şirketinin ürün dağıtım rotasını gezgin satıcı problemi olarak ele almış ve ürünlerin dağıtımını için lojistik prosedürlerini optimize etmeye çalışmışlardır. Problemin çözümünde en bilindik GSP algoritmalarından biri olan En Yakın Komşu algoritmasını kullanmışlardır. Elde edilen çözümler şirketin mevcut rota durumuyla karşılaştırılmış, verimlilik artışı ve şirket maliyetlerinde düşüş sağlandığı görülmüştür.

Benrahou ve Tairi (2019) yaptıkları çalışmada, Cezayir'de petrol pazarlaması ve dağıtımını için bir şirketin toplama sürecini optimize etmeye çalışmışlardır. Problem KKARP olarak ele alınmış ve En Yakın Ekleme Sezgiseline dayalı bir çözüm yöntemi kullanılmıştır. Model, MATLAB programı kullanılarak 26 düğümlü çözülmüştür. Sezgisel yöntemlerin çözüm verimliliği mevcut yöntemle karşılaştırılmış ve sonuç olarak mesafe %29,2 oranında azaltılmıştır.

Akbar ve Aurachmana (2020) yaptıkları çalışmada, maden suyu şirketi distribütörü için Topla-Dağıt Araç Rotalama Problemini ele almışlardır. Ayrıca problem, zaman pencereli ve kapasite kısıtlıdır. Çözüm yöntemi olarak Genetik Algoritma, Tabu Arama Algoritması ve ikisinin birlikte yer aldığı hibrit algoritma kullanılmıştır. Sonuçlar, hibrid yöntemle elde edilen rotanın mevcut rotaya kıyasla %15,99 oranında iyileşme sağladığını göstermiştir.

3. YÖNTEM

Bu bölümde çalışmaya konu olan problemin mevcut durumu, şirket ve müşterilerle ilgili veriler ve verilerin kullanılan çözüm yöntemlerine aktarımı anlatılmaktadır.

3.1. Veri Toplama Aracı ve Teknikleri

Çalışma kapsamında önce uygun dağıtım şirketi araştırılmış ve görüşme için kabul alınmıştır. Şirket yetkilileri ile görüşmeler yapılmış, örnek araç rotalama problemleri sunulmuş ve iş ortaklarından biri adına yaptıkları dağıtım yetkililerce verilen bilgiler ışığında ARP için uygun görülmüştür. Yapılan üç ayrı görüşme sonrası müşteri bilgileri (adres ve talep), araç bilgileri (model, kapasite, personel) ve araç personeli ile yapılan görüşme sonrası rota işleyişi ile ilgili bilgiler toplanmıştır. Çalışma tamamlandıktan sonra mevcut işleyişte kaydedilmiş haftalık mesafe bilgileri de alınarak görüşmeler sonlandırılmıştır.

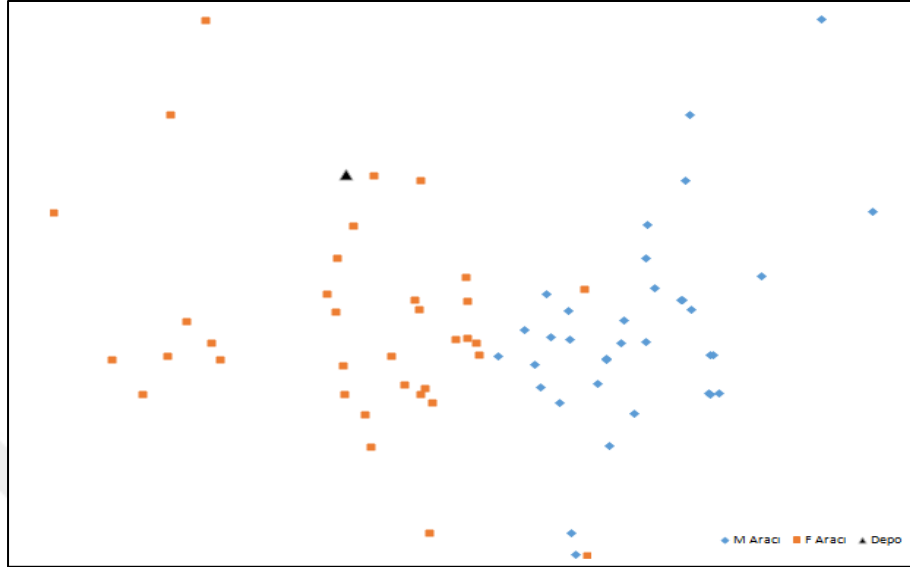
3.2. Çalışmanın Örnekleme

Çalışmada, Balıkesir ilinde faaliyet gösteren gıda dağıtım şirketinin iş ortaklarından birine ait müşterilere yaptıkları dağıtım incelenmiştir. Balıkesir şehir merkezinde bulunan Altıeylül ve Karesi ilçelerinde konumlanmış bu 70 adet müşteriye, 1700 kg kapasiteli iki adet homojen araçla hizmet verilmektedir. Söz konusu dağıtıma ait rotalar iyileştirilmeye çalışılacaktır.

3.3. Problemin Mevcut Durumu

Probleme konu olan gıda dağıtım şirketinin 24 farklı marka ile iş ortaklığı bulunmaktadır. Bu çalışmada şirketin iş ortaklarından birine ait ürünlerin dağıtımını ele alınmıştır. Markanın ürünleri, dağıtım şirketinin Balıkesir deposundan, yine şirkete ait araçlar ile haftanın 6 günü (Pazartesi, Salı, Çarşamba, Perşembe, Cuma, Cumartesi) Balıkesir ili Altıeylül ve Karesi merkez ilçelerinde yer alan müşterilere

ulaştırılmaktadır. Şirket markaya ait müşterileri talep, verimlilik gibi kriterlere göre belirli kategorilere ayırmaktadır. Bu müşterilerden ‘‘Plus müşteri’’ sınıfında yer alan 70 müşterinin ve dağıtım yapan deponun EK1 ve EK2’de tespit edilen konumları Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6: Depo ve Müşterilerin Şekilsel Dağılımı

Bu müşterilere dağıtım yapan iki adet homojen araç (M aracı ve F aracı) bulunmaktadır. Söz konusu araçlara her gün gerekli siparişler yüklenmekte ve tüm müşteriler ziyaret edildikten sonra araçlar depoya geri dönmektedir.

Söz konusu problemde 70 müşteri 2 araca, uygun görülen günlerde ziyaret edilmek üzere atanmıştır. Müşteriler önce, isimlerinin gizli tutulması adına şirketin görevlendirdiği araçlara verilen ismin baş harfi ve şirkete ait müşteri listesindeki sıralarına göre numaralandırılmıştır. Her bir aracın günlük ziyaret ettiği müşteriler Çizelge 4’de görülebilir.

Çizelge 4: Şirkete Ait Haftalık Araç-Müşteri Dağılımı

Gün	M Aracının Rotası	Müşteri Sayısı
Pazartesi	M1-M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9-M13-M16-M17-M18-M19-M28-M32-M34	17
Salı	M1-M2-M3-M10-M11-M20-M21-M22-M24-M27	10
Çarşamba	M12-M14-M15-M17-M18-M19-M23-M25-M26-M29-M30-M31-M33-M35	14
Perşembe	M1-M2-M3-M8-M9-M13-M16-M28-M32-M34	10
Cuma	M1-M2-M3-M10-M11-M17-M18-M19-M20-M21-M22-M24-M27	13
Cumartesi	M12-M14-M15-M23-M25-M26-M29-M30-M31-M33-M35	11

Çizelge 4: Şirkete Ait Haftalık Araç-Müşteri Dağılımı (Devamı)

Gün	F Aracının Rotası	Müşteri Sayısı
Pazartesi	F6-F7-F8-F9-F15-F14-F19-F27-F31-F35	10
Salı	F1-F4-F12-F13-F16-F17-F18-F21-F24-F25-F26-F32	12
Çarşamba	F2-F5-F10-F11-F20-F23-F28-F29-F33-F34	10
Perşembe	F1-F6-F7-F8-F9-F14-F19-F22-F27-F31-F35	11
Cuma	F4-F12-F13-F16-F17-F18-F21-F24-F25-F26-F32	11
Cumartesi	F1-F2-F3-F5-F10-F11-F20-F23-F30-F33-F34	11

Mevcut durumda günlük dağıtım rotası araç sürücülerinin inisiyatiflerine bırakılmış, herhangi bir rota planı uygulanmamıştır. Bu haliyle M aracı haftalık ortalama 23 km, F aracı ise ortalama 22 km mesafe katetmektedir. Herhangi bir zaman veya mesafe kısıtı bulunmamakla birlikte, şirketin görevlendirdiği araçlar markanın neredeyse bir haftalık satışını tek seferde taşıyabilecek kadar büyük kapasitelidir. Fakat siparişlerin farklı günlerde ulaştırılması gerektiği için mevcut kapasitenin çok az bir kısmı kullanılmaktadır. Bu sebeple şirketin, müşteri gruplarını belirlerken veya ziyaret sıraları ile ilgili kararlar alırken talep durumlarını önemsemedikleri görülmüştür. Matematiksel model kullanımında ve çalışmaya KKARP olarak yaklaşıldığı kısımda talepler göz önünde bulundurulacağı için şirketten alınan talep bilgileri de Çizelge 5’te gösterilmiştir.

Çizelge 5: Ziyaret Başına Müşterilerin Talep Miktarları (kg)

M Aracı Müşterileri için				F Aracı Müşterileri için			
Kod	Talep M.	Kod	Talep M.	Kod	Talep M.	Kod	Talep M.
M1	14,6	M19	5,01	F1	21,37	F19	32,89
M2	14,16	M20	3,3	F2	3,7	F20	12,45
M3	14,52	M21	24,91	F3	12,79	F21	7,61
M4	26,74	M22	20,82	F4	2,39	F22	14,67
M5	59,64	M23	5,93	F5	8,68	F23	8,34
M6	32,77	M24	11,77	F6	9,88	F24	58,34
M7	30,35	M25	7,52	F7	0,71	F25	7,69
M8	7,49	M26	8,5	F8	6,58	F26	9,93
M9	5,62	M27	7,85	F9	5,7	F27	7,27
M10	11,4	M28	8,94	F10	4,58	F28	17,68
M11	7,04	M29	14,12	F11	10,34	F29	58,99
M12	7,22	M30	7,34	F12	8,06	F30	14,59
M13	26,26	M31	9,86	F13	6,57	F31	11,36
M14	11,97	M32	16,73	F14	18,43	F32	10,57
M15	14,51	M33	24,94	F15	40,38	F33	6,58
M16	11,85	M34	9,93	F16	7,72	F34	16,11
M17	4,72	M35	12,15	F17	3,41	F35	22,55
M18	3,92	-	-	F18	15,09	-	-

3.4. Problemin Çözümü

Taşıma maliyetlerinin örnek dağıtım şirketi kanalıyla yolda geçen süre, kullanımda tutulan araç ve yakıt tasarrufu açısından iyileştirilmesi ve şirkete alternatif rotalar sunmak amacıyla yapılmış bu çalışmada probleme iki ayrı şekilde yaklaşmıştır. İlk yaklaşım, problemin şirketin mevcut durumunda olduğu gibi araç kapasite kısıtının olmadığı versiyonuyla GSP olarak çözülmesidir. İkinci yaklaşım ise, araçlara uygun bir kapasite varsayımı yapılması ve problemin KKARP olarak ele alınmasını içerir. Bu çerçevede yapılan uygulamalarda dört farklı çözüm yöntemi kullanılmıştır.

Uygulama-1: Kapasite kısıtının olmadığı ve şirket işleyişinin birebir korunduğu durumda problem GSP olarak düşünülmüş, talep durumları da önemsenmeksizin rotalar En Yakın Komşu Algoritması ile iyileştirilmiştir.

- Çizelge 6, Çizelge 7, EK 3 ve EK 4’de verilen araç bazında günlük mesafe matrisleri kullanılarak, “2.1.3.1” numaralı başlık altındaki algoritma adımları uygulanmıştır.

Uygulama-2: Kapasite kısıtının olmadığı (aşılmayacak kadar büyük) yaklaşımda şirketin mevcut durumu (9)-(17) arasında verilen Tamsayılı Lineer Programlama Modeli ile iyileştirilmiştir.

- Bu adımda, şirketin mevcut araç-müşteri kümelerini olduğu gibi kabul edip günlük bazda rotaların hesaplanması için matematiksel model tek araçlı haliyle ele alınmıştır.
- Çizelge 5’te verilen müşteri talepleri, Çizelge 6, Çizelge 7, EK 3 ve EK 4’de verilen mesafe matrisleri ve aşılmayacak şekilde düşünülen (300 kg) araç kapasite bilgileri kullanılarak GAMS programında çalıştırılmak üzere matematiksel modelin kodu yazılmıştır. EK 5’de verilen kod Pazartesi gününe aittir (Yazılan kod müşteri sayısı, talep ve mesafe matrisi verileri revize edilerek her gün ve her araç için ayrı ayrı çalıştırılmıştır).

Bir diğer yaklaşımda problem, alternatif rotalar sunabilmek için KKARP olarak ele alınmıştır. Bu sebeple **Uygulama-3** ve **Uygulama-4**’te dikkate alınmak üzere probleme kapasite kısıtı eklemek gerekmiştir. Yapılan incelemeler sonucu *Pazartesi günü için 225 kg, diğer beş gün için 155 kg kapasiteli araçlar*

düşünülmüştür. Ayrıca müşterilerin ziyaret günleri değiştirilmeyecek şekilde yeni müşteri-araç atamaları yapılmıştır.

Uygulama-3: Kapasite varsayımları altında rotalar İki Aşamalı yöntemle (FJA) iyileştirilmiştir.

- İlk aşamada, Çizelge 8 ve EK 6'da verilen günlük mesafe matrisleri kullanılarak (1)'de verilen ekleme maliyeti formülü uygulanmıştır. Ardından (3)-(7) arasında verilen Genel Atama Problemine ait matematiksel model, "Excel Çözdürücü" yardımı ile çözülmüştür. Her bir araca günlük dağıtım yapacağı yeni müşteri grupları atanmıştır.
- İkinci aşamada ise, GAP ile atanan müşteri kümeleri için En Yakın Komşu Algoritması uygulanmıştır.

Uygulama-4: Kapasite varsayımları altında rotalar Tasarruf Algoritması ile iyileştirilmiştir.

- Çizelge 8 ve EK 6'da verilen günlük mesafe matrisleri kullanılarak (8) nolu denklem Excel yardımı ile çözülmüş, müşterilere ait tasarruf matrisleri Çizelge 15 ve EK 10'daki gibi elde edilmiştir.
- Çalışmanın "2.1.3.3" numaralı alt başlığı altında anlatılan, Tasarruf Algoritmasının paralel versiyonuna ait işleyiş dikkate alınarak algoritma tamamlanmıştır.

4. BULGULAR VE YORUMLAR

Çalışmanın bu bölümünde, problem verileri üzerinde yapılan En Yakın Komşu Algoritması, İki Aşamalı Yöntem, Tasarruf Algoritması ve Tam Sayılı Matematiksel Modelin uygulanması sonucu elde edilen bulgular ve bu bulgulara dayanarak yapılan yorumlar yer almaktadır.

4.1. Mesafe Matrislerinin Oluşturulması

Çalışmanın bu bölümünde müşteri listelerinde yer alan adresler, Google Haritalar yardımı ile tespit edilmiş, elde edilen koordinat bilgileri ait oldukları müşterinin kodlarıyla birlikte Excel’de sıralanmıştır. Elde edilen koordinat bilgileri EK 1 ve EK 2’de görülebilir. Ardından koordinatlar kullanılarak, *Haversine formülü* yardımı ile müşterilerin depo ve birbirleri ile olan uzaklıkları hesaplanarak mesafe matrisleri elde edilmiştir. Hesaplama kullanılan *Haversine formülü* şu şekildedir (http-1):

$$\begin{aligned} &= ACOS(SIN(RADYAN(Enlem1)) * SIN(RADYAN(Enlem2)) \\ &\quad + COS(RADYAN(Enlem1)) * COS(RADYAN(Enlem2)) \\ &\quad * COS(RADYAN((Boylam1 - Boylam2))) * 6371 \end{aligned}$$

Günlük mesafe matrisleri iki farklı şekilde düşünülmüştür:

- **Uygulama-1** ve **Uygulama-2**’de kullanılacak olan ‘standartlaştırılmış müşteri/araç/ziyaret günleri’ Çizelge 4’teki haliyle ele alınmış, şirketin mevcut durumu için matrisler oluşturulmuştur. Pazartesi günü M ve F Aracı için mesafe matrisleri sırasıyla Çizelge 6 ve 7’de gösterildiği gibidir. Diğer günlere ait M ve F aracı için günlük mesafe matrisleri ise sırasıyla EK 3 ve 4’de verilmiştir.
- **Uygulama-3** ve **Uygulama-4**’te dikkate alınacak olan, yeni müşteri-araç eşleşmelerini elde edebilmek için araç ayrımı yapılmaksızın gün bazında gidilmesi gereken müşteriler düşünülerek günlük mesafe matrisleri güncellenmiştir. Pazartesi genel-günlük mesafe matrisi Çizelge 8’de gösterildiği gibidir. Diğer günlere ait matrisler EK 6’da verilmiştir.

Çizelge 6: M Aracı Müşterileri İçin Pazartesi Günü Mesafe Matrisi

	0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M13	M16	M17	M18	M19	M28	M32	M34
M1	3,49	0																
M2	3,18	0,33	0															
M3	3,23	0,66	0,49	0														
M4	4,35	0,87	1,19	1,38	0													
M5	3,53	0,61	0,60	0,30	1,17	0												
M6	4,09	0,63	0,91	0,97	0,47	0,72	0											
M7	3,34	0,43	0,50	0,98	1,06	1,01	0,98	0										
M8	3,01	1,03	0,80	0,38	1,76	0,63	1,34	1,30	0									
M9	3,31	0,23	0,27	0,74	1,04	0,77	0,85	0,24	1,07	0								
M13	3,19	1,14	1,14	1,63	1,60	1,71	1,65	0,72	1,88	0,94	0							
M16	2,67	0,83	0,55	0,87	1,67	1,09	1,45	0,69	0,99	0,64	0,97	0						
M17	4,37	0,89	1,22	1,40	0,02	1,18	0,47	1,08	1,78	1,06	1,62	1,70	0					
M18	3,52	0,62	0,60	0,29	1,17	0,01	0,73	1,01	0,62	0,77	1,71	1,09	1,19	0				
M19	4,11	0,66	0,94	0,98	0,48	0,73	0,04	1,02	1,35	0,89	1,69	1,48	0,49	0,73	0			
M28	5,01	2,68	2,71	2,27	2,71	2,11	2,34	3,10	2,22	2,87	3,81	3,14	2,71	2,11	2,31	0		
M32	3,66	0,59	0,65	0,43	1,04	0,14	0,59	1,01	0,76	0,78	1,72	1,17	1,06	0,15	0,59	2,09	0	
M34	4,43	0,95	1,27	1,43	0,11	1,20	0,48	1,15	1,81	1,12	1,70	1,76	0,08	1,20	0,48	2,66	1,07	0

Çizelge 7: F Aracı Müşterileri İçin Pazartesi Günü Mesafe Matrisi

	0	F6	F7	F8	F9	F15	F14	F19	F27	F31	F35
F6	1,66	0									
F7	2,12	2,86	0								
F8	1,64	2,36	0,52	0							
F9	2,08	1,53	1,81	1,47	0						
F15	1,35	0,35	2,77	2,25	1,65	0					
F14	0,76	1,38	2,82	2,31	2,36	1,03	0				
F19	0,77	1,70	2,89	2,40	2,62	1,35	0,32	0			
F27	2,68	1,42	2,81	2,46	1,00	1,71	2,69	3,00	0		
F31	2,82	1,86	2,48	2,22	0,79	2,10	2,98	3,26	0,61	0	
F35	3,28	3,42	1,41	1,70	1,93	3,46	3,86	4,02	2,72	2,17	0

Çizelge 8: Pazartesi Günü Müşterileri İçin Mesafe Matrisi

	0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M13	M16	M17	M18	M19	M28	M32	M34	F6	F7	F8	F9	F15	F14	F19	F27	F31
M1	3,49	0																									
M2	3,18	0,33	0																								
M3	3,23	0,66	0,49	0																							
M4	4,35	0,87	1,19	1,38	0																						
M5	3,53	0,61	0,60	0,30	1,17	0																					
M6	4,09	0,63	0,91	0,97	0,47	0,72	0																				
M7	3,34	0,43	0,50	0,98	1,06	1,01	0,98	0																			
M8	3,01	1,03	0,80	0,38	1,76	0,63	1,34	1,30	0																		
M9	3,31	0,23	0,27	0,74	1,04	0,77	0,85	0,24	1,07	0																	
M13	3,19	1,14	1,14	1,63	1,60	1,71	1,65	0,72	1,88	0,94	0																
M16	2,67	0,83	0,55	0,87	1,67	1,09	1,45	0,69	0,99	0,64	0,97	0															
M17	4,37	0,89	1,22	1,40	0,02	1,18	0,47	1,08	1,78	1,06	1,62	1,70	0														
M18	3,52	0,62	0,60	0,29	1,17	0,01	0,73	1,01	0,62	0,77	1,71	1,09	1,19	0													
M19	4,11	0,66	0,94	0,98	0,48	0,73	0,04	1,02	1,35	0,89	1,69	1,48	0,49	0,73	0												
M28	5,01	2,68	2,71	2,27	2,71	2,11	2,34	3,10	2,22	2,87	3,81	3,14	2,71	2,11	2,31	0											
M32	3,66	0,59	0,65	0,43	1,04	0,14	0,59	1,01	0,76	0,78	1,72	1,17	1,06	0,15	0,59	2,09	0										
M34	4,43	0,95	1,27	1,43	0,11	1,20	0,48	1,15	1,81	1,12	1,70	1,76	0,08	1,20	0,48	2,66	1,07	0									
F6	1,66	1,88	1,59	1,78	2,71	2,05	2,50	1,68	1,69	1,68	1,56	1,05	2,74	2,05	2,53	3,91	2,16	2,81	0								
F7	2,12	4,60	4,37	4,63	5,33	4,89	5,23	4,28	4,55	4,38	3,79	3,82	5,35	4,88	5,27	6,74	4,99	5,43	2,86	0							
F8	1,64	4,14	3,89	4,13	4,89	4,40	4,77	3,84	4,04	3,92	3,38	3,34	4,91	4,39	4,80	6,23	4,50	4,99	2,36	0,52	0						
F9	2,08	2,92	2,74	3,09	3,57	3,31	3,54	2,56	3,12	2,69	2,00	2,22	3,59	3,31	3,57	5,33	3,39	3,68	1,53	1,81	1,47	0					
F15	1,35	2,15	1,84	1,96	3,00	2,25	2,76	1,99	1,81	1,96	1,91	1,33	3,02	2,24	2,78	3,98	2,36	3,09	0,35	2,77	2,25	1,65	0				
F14	0,76	3,01	2,68	2,65	3,88	2,94	3,56	2,93	2,38	2,86	2,94	2,24	3,90	2,93	3,58	4,28	3,08	3,95	1,38	2,82	2,31	2,36	1,03	0			
F19	0,77	3,30	2,98	2,91	4,17	3,21	3,84	3,24	2,62	3,16	3,26	2,55	4,19	3,20	3,86	4,43	3,34	4,24	1,70	2,89	2,40	2,62	1,35	0,32	0		
F27	2,68	2,11	2,00	2,44	2,65	2,60	2,68	1,70	2,57	1,89	1,05	1,59	2,67	2,60	2,72	4,70	2,65	2,75	1,42	2,81	2,46	1,00	1,71	2,69	3,00	0	
F31	2,82	2,71	2,61	3,04	3,20	3,21	3,27	2,30	3,16	2,49	1,62	2,19	3,22	3,21	3,30	5,31	3,25	3,31	1,86	2,48	2,22	0,79	2,10	2,98	3,26	0,61	0
F35	3,28	4,81	4,65	5,02	5,37	5,23	5,40	4,42	5,04	4,58	3,77	4,15	5,39	5,23	5,43	7,26	5,30	5,47	3,42	1,41	1,70	1,93	3,46	3,86	4,02	2,72	2,17

4.2. Uygulama 1: En Yakın Komşu Algoritmasının Uygulanması

Mevcut durumda şirket 70 müşteriye yapılan ziyaretleri M Aracı ve F Aracı için standartlaştırmıştır ve araç personelleri Çizelge 4'te gösterildiği şekliyle sorumlu oldukları müşterileri kendi inisiyatiflerine göre ziyaret etmektedir.

Pazartesi gününden başlanarak her gün ve her araç için oluşturulmuş mesafe matrisleri üzerinden En Yakın Komşu Algoritması uygulanmıştır. M aracı ve F aracı için uygulama sonuçları sırasıyla Çizelge 9 ve Çizelge 10'da gösterildiği gibidir.

Çizelge 9: M Aracı İçin EYK İle Bulunan Rotalar ve Mesafeleri

Gün	Rotalar	Km
Pazartesi	0-16-2-9-1-7-13-4-17-34-6-19-32-5-18-3-8-28-0	21,8
Salı	0-10-21-24-11-22-3-2-1-20-27-0	21,4
Çarşamba	0-15-35-33-14-25-23-30-29-17-19-18-31-26-12-0	23,2
Perşembe	0-16-2-9-1-32-3-8-34-13-28-0	21,8
Cuma	0-10-21-24-11-22-18-3-2-1-20-27-19-17-0	26,1
Cumartesi	0-15-35-33-14-25-23-30-29-31-26-12-0	18,8
Haftalık Ortalama:		22,18

EYK sonuçları incelendiğinde M aracı, eğer ziyaret sıralarını şirketin mevcut işleyişi dahilinde EYK algoritmasına göre takip ederse haftalık ortalama 22,18 km yol katederek tüm talepleri karşılayabilecektir. Bu da söz konusu aracın mevcut durumda haftalık ortalama 23 km mesafe kaydettiği düşünüldüğünde, EYK ile elde edilen rotaların %3,57 oranında iyileşme sağlandığını göstermektedir.

Çizelge 10: F Aracı İçin EYK İle Bulunan Rotalar ve Mesafeleri

Gün	Rotalar	km
Pazartesi	0-14-19-15-6-27-31-9-8-7-35-0	16,2
Salı	0-26-24-1-18-32-17-16-12-25-21-4-13-0	24,1
Çarşamba	0-2-34-23-20-5-33-11-28-10-29-0	15,8
Perşembe	0-22-14-19-1-6-27-31-9-8-7-35-0	18,1
Cuma	0-26-24-18-32-17-16-12-25-21-4-13-0	23,7
Cumartesi	0-1-2-34-23-20-5-33-30-11-10-3-0	13,3
Haftalık Ortalama:		18,53

Diğer yandan F aracı ziyaret sıralarını En Yakın Komşu Algoritmasına göre takip ederse, haftalık ortalama 18,53 km yol katederek tüm müşteri taleplerini karşılayabilecektir. Şirketin F aracı için haftalık ortalama 22 km mesafe kaydettiği düşünüldüğünde, EYK ile elde edilen rotaların %15,77 oranında iyileşme sağlandığı görülmektedir.

4.3. Uygulama 2: Tamsayılı Lineer Matematiksel Modelin Uygulanması

Çalışmanın bu adımında, tamsayılı lineer matematiksel model kullanarak optimum sonuçlara ulaşmak amaçlanmıştır. Bu uygulama için şirketin mevcut araç-müşteri kümeleri Çizelge 4’te olduğu gibi sabit düşünülmüştür. Matematiksel modele ait kod, mesafe matrisi, müşteri talebi ve araç kapasitesi verileri kullanılarak GAMS programlama dili ile yazılmıştır. Pazartesi günü için yazılan kod EK 5’te örnek olarak verilmiştir.

Bu aşamada, Çizelge 5’te gösterilen müşteri taleplerinin de modele işlenmesi gerekmektedir. Mevcut durumda araç kapasitesi hiçbir şekilde aşılmadığı için şirketin karşıladığı günlük taleplere kıyasla büyük bir kapasite miktarı (300 kg) varsayılmıştır. Hesaplamalar, GAMS 35.1.0 özellikli programda gerekli veriler girilerek, Intel(R) Core™ İ3-5005U CPU @ 2.00 GHz 4 GB Ram 64 bit işletim sistemi özelliklerini taşıyan bilgisayarda yapılmıştır. Uygulama sonucunda elde edilen sonuçlar M aracı için Çizelge 11’de ve F aracı için Çizelge 12’de gösterilmiştir.

Çizelge 11: M Aracı İçin Matematiksel Modelin GAMS Sonuçları

Gün	Rotalar	Km
Pazartesi	0-16-13-7-9-2-1-4-17-34-6-19-28-32-5-18-3-8-0	19,7
Salı	0-27-20-1-2-3-22-11-24-21-10-0	20,3
Çarşamba	0-31-35-33-14-25-23-26-12-30-29-17-19-18-15-0	18,9
Perşembe	0-16-13-9-2-1-34-28-32-3-8-0	19,9
Cuma	0-24-11-21-10-3-18-22-19-17-1-2-20-27-0	24,5
Cumartesi	0-15-35-33-14-25-29-30-12-26-23-31-0	16,2
Haftalık Ortalama		19,92

M aracı için matematiksel modelin kullanıldığı GAMS sonuçları incelendiğinde, M aracı ile haftalık ortama 19,92 km yol katederek mevcut tüm müşterilere dağıtım yapılabileceği görülmüştür. Bu durumda matematiksel modelle elde edilen sonuçlar, mevcut durumla (23 km) kıyaslandığında %13,39 oranında iyileşme sağlandığı görülmektedir.

Çizelge 12: F Aracı İçin Matematiksel Modelin GAMS Sonuçları

Gün	Rotalar	Km
Pazartesi	0-8-7-35-9-31-27-6-15-14-19-0	15,3
Salı	0-26-24-4-13-32-17-16-12-25-21-18-1-0	20,9
Çarşamba	0-2-34-23-20-5-33-11-28-29-10-0	14,1
Perşembe	0-19-14-22-1-6-27-31-9-35-7-8-0	16,1
Cuma	0-18-21-25-12-16-17-32-13-4-24-26-0	18,8
Cumartesi	0-3-10-11-30-33-5-20-23-34-2-1-0	16,3
Haftalık Ortalama		16,92

F aracı için matematiksel modelin kullanıldığı GAMS sonuçları incelendiğinde, F aracı ile haftalık ortama 16,92 km yol katederek mevcut tüm müşterilere dağıtım yapılabileceği görülmüştür. Bu durumda matematiksel modelle elde edilen sonuçlar, mevcut durumla (22 km) kıyaslandığında %23,09 oranında iyileşme sağlandığı göstermiştir.

Bu sonuçlara bakarak, şirketin mevcut durumunun korunması halinde EYK algoritması belli oranda iyileşme sağlasa da beklenildiği gibi matematiksel model kullanılarak saptanan iyileşme çok daha büyük olmuştur.

4.4. Kapasite Varsayımı

Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi şirketin söz konusu marka için kullandığı araçların kapasiteleri 1700 kg olup, geçmiş 9 aylık satış listesi incelendiğinde halihazırda dağıtım yapılan müşteri talepleriyle karşılaştırıldığında oldukça büyüktür. Söz konusu 70 müşteriye ait 9 aylık (39 haftalık) satış listesi EK 7 ve EK 8'deki şekliyle ayrıntılı olarak incelenmiş ve ortalama talep durumları Çizelge 5'te gösterildiği gibi tespit edilmiştir.

Şirket talep-kapasite dengesizliği sebebiyle, müşterileri araçlara atarken talep miktarlarını göz ardı etmiştir. Bu durum söz konusu marka için katlanılan ulaşım maliyetlerini artırmaktadır. Bu sebeple, söz konusu müşteriler için yapılacak dağıtımda daha küçük kapasiteli araç kullanımının varsayılması uygun görülmüştür.

Kapasite varsayımı yapılması durumunda dahi müşterilerin ziyaret günlerinin değiştirilmesi mümkün olmadığından, çalışmanın bundan sonraki adımlarında talep durumları gözetilmekle birlikte başından beri bilinen ziyaret günleri değiştirilmeyecektir. **Uygulama-3** ve **Uygulama-4**'te ziyaret günleri sabit kalacak fakat standart bir gruba dahil olmadıkları düşünülecektir. Karışıklık yaşanmaması adına müşteri kodları değiştirilmeyecek, araç güzergâhları "Rota 1" ve "Rota 2" şeklinde adlandırılacaktır.

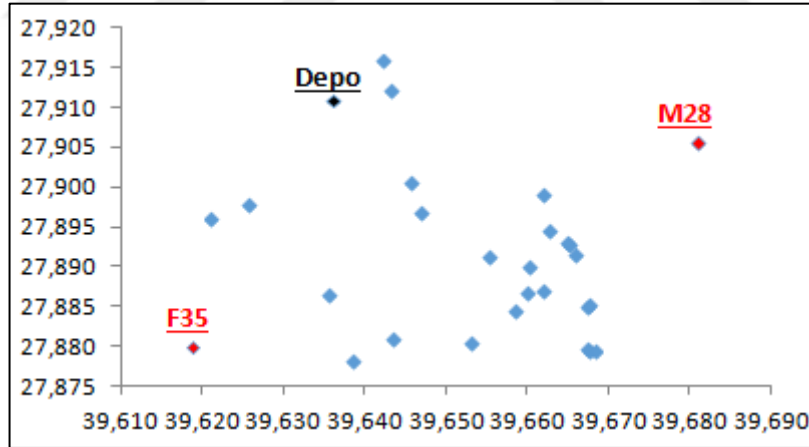
Yapılan incelemelerden sonra, Pazartesi haftanın en yoğun günü olması sebebiyle 225 kg ve diğer günler 155 kg kapasiteli araçlarla dağıtım yapılması önerilmiş ve uygun görülmüştür. Ziyaret günleri standart olduğundan, algoritmalar her gün için ayrı ayrı uygulanacaktır. Günlük dağıtım için yine iki homojen araç kullanılıyor olacak, bu da algoritmalar uygulanırken pazartesi günü farklı araçların

kullanılmasının önünde bir engel oluşturmayacaktır. **Uygulama-3** ve **Uygulama-4**'te başvurulan çözüm yöntemleri, bu varsayım altında çalıştırılmıştır.

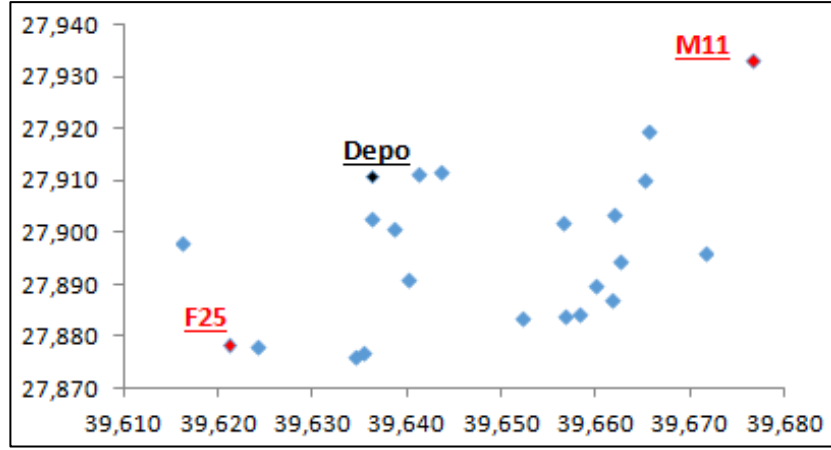
4.5. Uygulama 3: Fisher ve Jaikumar Algoritmasının Uygulanması

Uygulama 3'te iki aşamalı bir yöntem olan Fisher ve Jaikumar Algoritması kullanılmaktadır. Daha önce de bahsedildiği gibi ilk aşamada, müşterilerin söz konusu araçlara atanmaları gerekmektedir. İkinci aşamada ise Gezgin Satıcı Problemi çözüm yöntemlerinden biri kullanılarak rotalama yapılır. Bu çalışmada GSP çözüm yöntemi olarak tekrardan EYK algoritması kullanılmıştır.

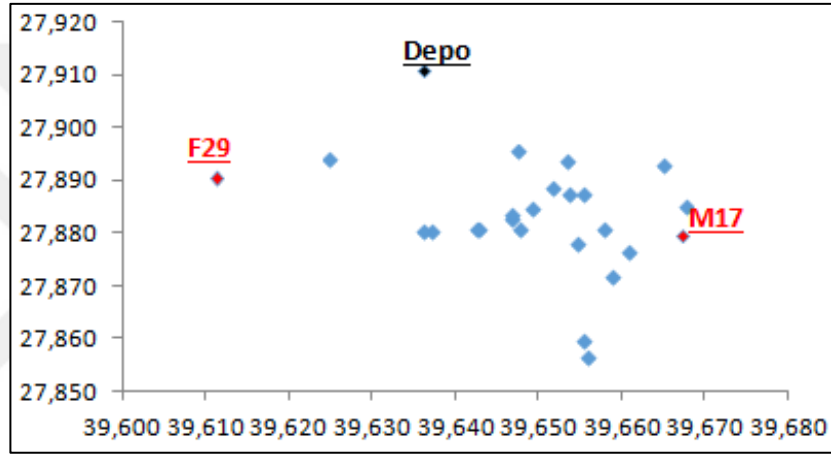
Atama işlemi için önce, Çizelge 8 ve EK 6'da verilen genel-günlük mesafe matrisleri dikkate alınarak müşteriler grafik üzerinde gösterilmiş ve birbirlerine en uzak müşteriler tohum müşteri olarak seçilmişlerdir. Tohum müşteri sayısı araç sayısı ile aynı olacağından her gün için ikişer tohum müşteri olmalıdır. Her gün için belirlenen tohum müşteriler Şekil 7 ve Şekil 12 arasında gösterildiği gibidir. Örneğin, pazartesi günü için M28 ve F35 noktaları tohum müşterileri göstermektedirler.



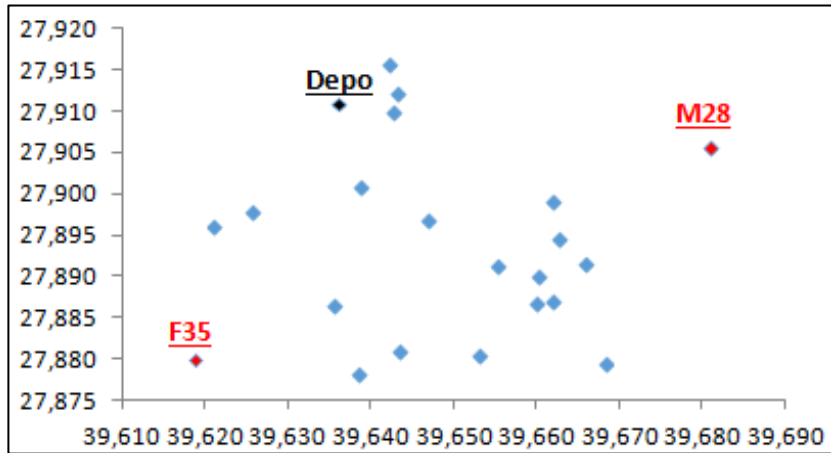
Şekil 7: Pazartesi Günü Tohum Müşterileri



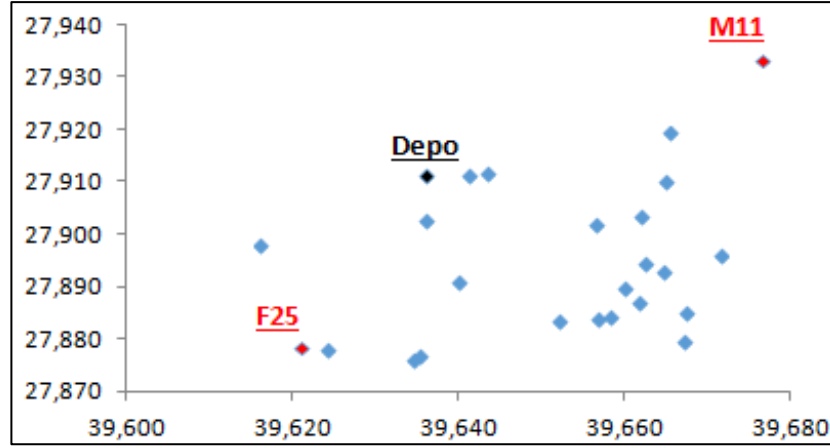
Şekil 8: Salı Günü Tohum Müşterileri



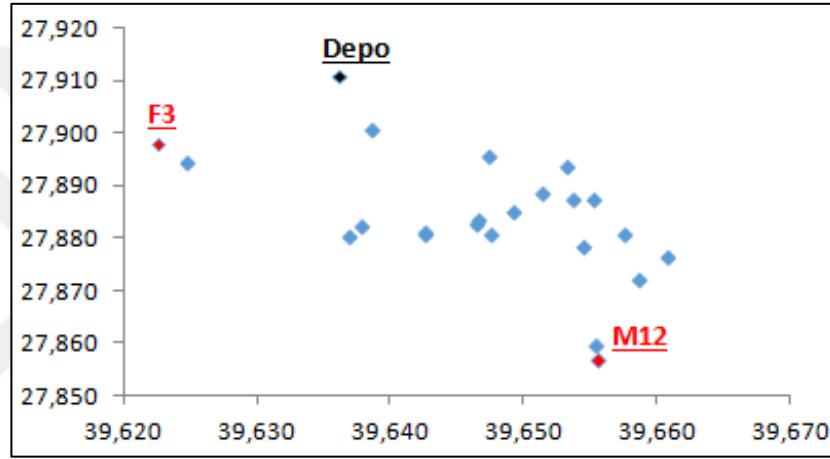
Şekil 9: Çarşamba Günü Tohum Müşterileri



Şekil 10: Perşembe Günü Tohum Müşterileri



Şekil 11: Cuma Günü Tohum Müşterileri



Şekil 12: Cumartesi Günü Tohum Müşterileri

Tohum müşteri seçimlerinin ardından, (1)'de verilen formülün Excel'de uygulanması ile tohum müşterilere diğerlerini eklemenin maliyetleri hesaplanmıştır. Ekleme maliyetlerinin hesaplanmasının ardından araçlara atanacak müşteri taleplerinin kapasiteyi aşmaması amacıyla kapasite kısıtları ve her müşteri için yalnız bir araca atanma koşulunu sağlamaya yönelik (3)-(7) arasında verilen GAP'a ait matematiksel model Excel'de çözdürülerek atamalar yapılmış, yeni müşteri kümeleri elde edilmiştir. Pazartesi günü müşterileri için ekleme maliyetleri ve atama listesi ile ilgili sonuçlar Çizelge 13'te gösterildiği gibidir. Diğer günlere ait söz konusu ekleme maliyetleri ve araçlara atanan müşteriler EK 9'da verilmiştir.

Tohum müşteriler aynı zamanda araç sayısını temsil ettiğinden atama başlıkları da Araç 1 ve Araç 2 şeklinde gösterilmiştir. Matematiksel model çözdürüldüğünde, "1" müşterinin araca atandığını ve "0" ise müşterinin araca

atanmadığını ifade etmektedir. Böylece rotalanmaya hazır müşteri kümeleri oluşturulmuştur.

Çizelge 13: Pazartesi Günü Müşterileri İçin Ekleme Maliyetleri ve Araç-Müşteri Atamaları

Müşteri Kodu	S1 (M28)	S2 (F35)	S1 (M28) (Araç 1)	S2 (F35) (Araç 2)
M1	1,16	5,01	1	0
M2	0,88	4,55	1	0
M3	0,49	4,97	1	0
M4	2,05	6,43	1	0
M5	0,63	5,48	0	1
M6	1,42	6,20	1	0
M7	1,43	4,47	1	0
M8	0,23	4,77	1	0
M9	1,18	4,61	1	0
M13	1,99	3,67	0	1
M16	0,81	3,54	1	0
M17	2,07	6,48	1	0
M18	0,62	5,47	1	0
M19	1,41	6,26	1	0
M28	0,00	8,99	1	0
M32	0,74	5,67	1	0
M34	2,08	6,62	1	0
F6	0,56	1,79	1	0
F7	3,86	0,25	0	1
F8	2,86	0,06	0	1
F9	2,41	0,73	0	1
F15	0,32	1,53	0	1
F14	0,03	1,33	0	1
F19	0,20	1,50	0	1
F27	2,38	2,12	1	0
F31	3,12	1,71	0	1
F35	5,54	0,00	0	1

Yöntemin ikinci aşamasında, atanmış müşteri kümelerinin rotalanması için En Yakın Komşu Algoritması tekrar uygulanmıştır. Uygulama sonuçları Çizelge 14’te gösterilmiştir.

Müşteriler artık mevcut durumda olduğundan farklı kümelendikleri ve yeni kümelerinde rotalandıkları için kıyaslama yaparken M Aracı ve F Aracına ait mesafeler üzerinden değil, alınan ortalama yol üzerinden kıyaslama yapmak daha doğru olacaktır. Mevcut durumda şirketin M Aracı haftalık ortalama 23 km ve F aracı haftalık ortalama 22 km yol katetmektedir. İkisinin ortalama 22,5 km yol gittiğini söylemek yanlış olmayacaktır. İki aşamalı yönteme ait sonuçlar incelendiğinde iki aracın haftalık ortalama mesafesi 20,27 km’dir. Mevcut durumla kıyaslandığında 2,23 km daha kısa mesafenin mümkün olabileceği, yani %9,91 iyileşme sağlanabileceği görülmüştür.

Çizelge 14: İki Aşamalı Yöntemle Bulunan Rotalar ve Mesafeleri

Gün	Rotalar		km
Pazartesi	ROTA1	0-F6-M16-M2-M9-M1-M7-M6-M19-M4-M17-M34-M32-M18-M3-M8-M28-F27-0	22,2
	ROTA2	0-F14-F19-F15-F9-F31-M13-M5-F8-F7-F35-0	24,9
Salı	ROTA1	0-F26-F4-M10-M21-M24-M11-M22-M3-M2-M1-M20-F13-M27-0	22,3
	ROTA2	0-F18-F1-F32-F17-F16-F12-F25-F21-F24-0	14,3
Çarşamba	ROTA1	0-F2-M15-M35-M31-F23-F20-F5-F33-M23-M25-M29-M30-M26-M12-M17-M19-M18-M14-0	25,0
	ROTA2	0-F10-F29-F28-F11-F34-M33-0	16,5
Perşembe	ROTA1	0-F22-F6-M16-M2-M9-M1-M32-M3-M8-M34-M13-M28-0	21,8
	ROTA2	0-F14-F19-F1-F9-F31-F27-F8-F7-F35-0	17,4
Cuma	ROTA1	0-F4-M10-M21-M24-M11-M22-M18-M3-M2-M1-M20-F13-M27-M19-M17-0	26,7
	ROTA2	0-F26-F24-F18-F32-F17-F16-F12-F25-F21-0	13,7
Cumartesi	ROTA1	0-F2-M15-M35-M31-F34-F23-F20-F5-F33-M23-M25-M29-M30-M26-M12-M14-0	21,5
	ROTA2	0-F1-F30-F11-F10-F3-M33-0	16,9
Ortalama:			20,27

4.6. Uygulama 4: Tasarruf Algoritmasının Uygulanması

İlk aşamada Çizelge 8 ve EK 6'da verilen günlük mesafe matrisleri üzerinden, (8)'deki formülün Excel'de uygulanmasıyla müşteriler arası tasarruf değerleri hesaplanmıştır. Pazartesi günü için tasarruf matrisi Çizelge 15'te ve diğer günlere ait tasarruf matrisleri EK 10'da verilmiştir.

Tasarruf matrisleri oluşturulduktan sonra, tasarruf değerleri ait oldukları müşteri ikilileri ile birlikte büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Örnek olarak Pazartesi günü için yapılan sıralamanın ilk 57 müşteri ikilisi Çizelge 16'da gösterildiği gibidir.

Çizelge 15: Pazartesi Günü Müşterileri İçin Tasarruf Matrisi

	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M13	M16	M17	M18	M19	M28	M32	M34	F6	F7	F8	F9	F15	F14	F19	F27	F31	F35
M1	6,35	6,06	6,97	6,41	6,95	6,40	5,47	6,57	5,54	5,34	6,97	6,40	6,94	5,82	6,56	6,98	3,27	1,01	0,99	2,65	2,69	1,24	0,96	4,06	3,60	1,97
M2	0	5,92	6,34	6,11	6,36	6,02	5,39	6,23	5,23	5,30	6,34	6,10	6,35	5,48	6,18	6,35	3,25	0,93	0,93	2,53	2,69	1,25	0,98	3,86	3,39	1,82
M3		0	6,20	6,46	6,35	5,59	5,86	5,81	4,79	5,03	6,20	6,46	6,36	5,97	6,46	6,24	3,12	0,73	0,74	2,22	2,62	1,34	1,09	3,47	3,01	1,50
M4			0	6,71	7,97	6,63	5,59	6,63	5,94	5,35	8,70	6,70	7,98	6,64	6,96	8,68	3,30	1,14	1,10	2,86	2,70	1,23	0,95	4,38	3,96	2,27
M5				0	6,89	5,85	5,91	6,07	5,00	5,11	6,72	7,04	6,91	6,43	7,04	6,77	3,14	0,76	0,77	2,30	2,63	1,34	1,09	3,61	3,14	1,58
M6					0	6,45	5,76	6,55	5,62	5,31	7,99	6,88	8,16	6,76	7,15	8,04	3,25	0,98	0,96	2,64	2,68	1,28	1,02	4,09	3,64	1,98
M7						0	5,05	6,41	5,81	5,32	6,63	5,84	6,43	5,24	5,98	6,62	3,32	1,17	1,14	2,86	2,70	1,16	0,87	4,31	3,86	2,21
M8							0	5,26	4,32	4,70	5,60	5,91	5,77	5,79	5,90	5,64	2,98	0,58	0,61	1,98	2,55	1,39	1,16	3,12	2,66	1,25
M9								0	5,56	5,35	6,63	6,06	6,54	5,45	6,19	6,62	3,29	1,06	1,03	2,70	2,70	1,21	0,92	4,11	3,64	2,02
M13									0	4,89	5,94	4,99	5,61	4,38	5,12	5,92	3,28	1,52	1,44	3,27	2,63	1,01	0,70	4,81	4,38	2,70
M16										0	5,35	5,11	5,31	4,54	5,16	5,35	3,29	0,98	0,97	2,53	2,70	1,19	0,90	3,77	3,31	1,81
M17											0	6,71	8,00	6,67	6,97	8,72	3,30	1,14	1,10	2,86	2,70	1,23	0,95	4,38	3,97	2,27
M18												0	6,90	6,42	7,03	6,75	3,14	0,76	0,77	2,30	2,63	1,34	1,09	3,60	3,13	1,57
M19													0	6,81	7,17	8,06	3,24	0,97	0,95	2,63	2,68	1,29	1,02	4,08	3,63	1,96
M28														0	6,57	6,79	2,76	0,39	0,42	1,76	2,38	1,49	1,35	2,99	2,52	1,03
M32															0	7,02	3,16	0,79	0,79	2,35	2,64	1,34	1,09	3,69	3,22	1,64
M34																0	3,29	1,13	1,08	2,84	2,70	1,24	0,96	4,36	3,94	2,25
F6																	0	0,92	0,94	2,22	2,66	1,04	0,73	2,93	2,62	1,53
F7																		0	3,24	2,40	0,71	0,06	0,00	1,99	2,46	4,00
F8																			0	2,25	0,74	0,09	0,01	1,86	2,24	3,22
F9																				0	1,78	0,48	0,24	3,77	4,11	3,44
F15																					0	1,07	0,77	2,32	2,07	1,17
F14																						0	1,21	0,75	0,60	0,18
F19																							0	0,46	0,33	0,04
F27																								0	4,89	3,24
F31																									0	3,93
F35																										0

Çizelge 16: Tasarruf Değerlerinin Büyükten Küçüğe Sıralanması

Sıra No	Müşteri Çifti	Tasarruf Değeri	İşlem	Talep (kg)
1	M17 M34	8,72	M17 ve M34 müşterileri birleştirilir	14,6516
2	M4 M17	8,70	M4 müşterisi rotaya eklenir	41,3896
3	M4 M34	8,68	Aynı Rotada	-
4	M6 M19	8,16	M6 ve M19 müşterileri yeni rotada	37,7827
5	M19 M34	8,06	M19 ve M34 birleştirilir- Tek rota	79,1723
6	M6 M34	8,04	Aynı Rotada	-
7	M17 M19	8,00	Aynı Rotada	-
8	M6 M17	7,99	Aynı Rotada	-
9	M4 M19	7,98	M19 rotada ve arada	-
10	M4 M6	7,97	Aynı Rotada	-
11	M19 M32	7,17	M19 rotada ve arada	-
12	M6 M32	7,15	M32 müşterisi M6 ile birleştirilir	95,8992
13	M5 M32	7,04	M5 müşterisi M32 ile birleştirilir	155,5349
14	M5 M18	7,04	M18 müşterisi M5 ile birleştirilir	159,4574
15	M18 M32	7,03	Aynı Rotada	-
16	M32 M34	7,02	Aynı Rotada	-
17	M1 M34	6,98	M34 rotada ve arada	-
18	M1 M17	6,97	M17 rotada ve arada	-
19	M17 M32	6,97	Aynı Rotada	-
20	M1 M4	6,97	M1 müşterisi M4 ile birleştirilir	174,0601
21	M4 M32	6,96	Aynı Rotada	-
22	M1 M6	6,95	Aynı Rotada	-
23	M1 M19	6,94	Aynı Rotada	-
24	M5 M19	6,91	Aynı Rotada	-
25	M18 M19	6,90	Aynı Rotada	-
26	M5 M6	6,89	Aynı Rotada	-
27	M6 M18	6,88	Aynı Rotada	-
28	M19 M28	6,81	M19 rotada ve arada	-
29	M28 M34	6,79	M34 rotada ve arada	-
30	M5 M34	6,77	Aynı Rotada	-
31	M6 M28	6,76	M6 rotada ve arada	-
32	M18 M34	6,75	Aynı Rotada	-
33	M5 M17	6,72	Aynı Rotada	-
34	M4 M5	6,71	Aynı Rotada	-
35	M17 M18	6,71	Aynı Rotada	-
36	M4 M18	6,70	Aynı Rotada	-
37	M17 M28	6,67	M17 rotada ve arada	-
38	M4 M28	6,64	M4 rotada ve arada	-
39	M4 M7	6,63	M4 rotada ve arada	-
40	M7 M17	6,63	M17 rotada ve arada	-
41	M4 M9	6,63	M4 rotada ve arada	-
42	M9 M17	6,63	M17 rotada ve arada	-
43	M9 M34	6,62	M34 rotada ve arada	-
44	M7 M34	6,62	M34 rotada ve arada	-
45	M1 M9	6,57	M9 müşterisi M1 ile birleştirilir	179,6771

Çizelge 16: Tasarruf Değerlerinin Büyükten Küçüğe Sıralanması (Devamı)

Sıra No	Müşteri Çifti	Tasarruf Değeri	İşlem	Talep (kg)
46	M28 M32	6,57	M32 rotada ve arada	-
47	M1 M32	6,56	Aynı Rotada	-
48	M6 M9	6,55	Aynı Rotada	-
49	M9 M19	6,54	Aynı Rotada	-
50	M3 M18	6,46	M3 müşterisi M18 ile birleştirilir	194,1922
51	M3 M5	6,46	Aynı Rotada	-
52	M3 M32	6,46	Aynı Rotada	-
53	M6 M7	6,45	M6 rotada ve arada	-
54	M7 M19	6,43	M19 rotada ve arada	-
55	M5 M28	6,43	M5 rotada ve arada	-
56	M18 M28	6,42	M18 rotada ve arada	-
57	M7 M9	6,41	M7 müşterisi M9 ile birleştirilir	224,5428

Pazartesi günü 27 müşteri ziyaret edildiği için tasarruf matrisinden de görülebileceği üzere toplam 351 tasarruf değeri bulunmuştur. Sıralamanın tamamını çalışmaya eklemek mümkün olmadığından, Rota 1'in tamamlandığı 57. sıraya kadar olan kısım çalışmaya eklenmiştir. Çizelgenin "İşlem" sütununda müşterilerin rotaya eklenme durumları kısaca açıklanmıştır.

Çizelge 16'da görüldüğü üzere, en büyük tasarruf değeri 8,72'dir. Bu tasarruf değeri M17 ve M34 kodlu müşteriler arasında hesaplanmıştır ve kapasite kısıtı aşılmıyorsa ilk rota bu müşteri ikilisi ile başlar. M17 ve M34 numaralı müşterilerinin ziyaret başına talepleri toplandığında $4,7206 (M17) + 9,9310 (M34) = 14,6516$ değeri bulunur ve bu değer pazartesi araç kapasitesi olan 225'ten küçüktür. O halde bu iki nokta birleştirilebilir ve ilk rota başlatılır. Algoritmaya devam edildiğinde, 8,70 tasarruf değerini sağlayan bağlantı M17 ile M4 numaralı müşteriler arasındaki bağlantıdır. Hatırlanacağı gibi M17 numaralı müşteri M34 numaralı müşteri ile aynı rotada birleştirilmişti ve bu iki noktanın toplam talebi 14,6516 olarak bulunmuştu. Bu toplam talebe M4 numaralı müşterinin de talebi eklendiğinde, yeni toplam talep miktarı 41,3896 kg olur ve bu değer araç kapasitesinden küçük olduğu için M4 numaralı müşteri de M17-M34 rotasına eklenir. M4-M34 artık rotada oldukları için 3. sıra "Aynı Rotada" olarak açıklanmış, 4. Sırada karşılaşılan M6 ve M19 müşterileri ilk rota ile birleştirilemediğinden ikinci bir rota başlatılmıştır. Burada artık aynı anda iki rota birden düşünülecektir. Fakat 5. Sırada M19-M34 ikilisi ile karşılaşıncı iki rota birleştirilmiştir. Sonraki sıralarda yeni rota oluşturacak bir durumla karşılaşılmanın, 57. sırada M7 ve M9 müşterilerinin birleştirilmesi ile birlikte toplamda 224,5428 kg talebi olan müşteriler rotaya eklenmiş ve Pazartesi

günü araç kapasitesi olan 225 kg ilerleyen sıralarda aşılacağı için ilk rota sonlandırılmıştır.

Kontroller en küçük değere kadar devam eder. Gerekli müşteri talebi 225’den fazla olursa işlem sütununa “Araç Kapasite Aşımı” yazılır ve bir sonraki sıraya geçilir. Rotalar oluşturulurken kapasite aşımına dikkat edilmesi çok önemlidir. Keza bu durum kimi zaman yüksek tasarruflu müşterilerin mevcut rotaya eklenmesinin önünde engel teşkil etmektedir. Pazartesi gününe ait ikinci rota da oluşturulduktan sonra, aynı işlemler haftanın tüm günleri için yapılmış ve Tasarruf Algoritmasına ait sonuçlar Çizelge 17’de gösterilmiştir.

Çizelge 17: Tasarruf Algoritması ile Bulunan Rotalar ve Mesafeleri

Gün	Rotalar		Talep	km
Pazartesi	ROTA1	0-M7-M9-M1-M4-M17-M34-M19-M6-M32-M5-M18-M3-0	224,54	12,5
	ROTA2	0-F19-F14-F15-F6-M8-M28-M2-M16-M13-F27-F31-F9-F35-F7-F8-0	224,45	24
Salı	ROTA1	0-F4-M10-M24-M11-M21-M22-M3-M2-M1-M20-F13-M27-0	139,33	23,3
	ROTA2	0-F26-F24-F18-F1-F32-F17-F16-F12-F25-F21-0	149,79	13,8
Çarşamba	ROTA1	0-M15-M18-M19-M17-M29-M12-M26-M23-M30-M25-M14-M33-M35-F2-0	131,55	20,8
	ROTA2	0-F10-F29-F28-F11-F33-F5-F34-F20-F23-M31-0	153,61	16
Perşembe	ROTA1	0-M8-M3-M28-M32-M34-M1-M9-M2-M16-M13-F27-F31-F9-0	154,42	20,9
	ROTA2	0-F8-F7-F35-F6-F1-F22-F14-F19-0	127,08	14,7
Cuma	ROTA1	0-M27-F13-M20-M1-M17-M19-M22-M18-M3-M2-M10-M21-M11-M24-F4-0	152,99	24,2
	ROTA2	0-F21-F25-F12-F16-F17-F32-F18-F24-F26-0	128,42	13,9
Cumartesi	ROTA1	0-F2-M35-M33-M14-M25-M29-M30-M12-M26-M23-F20-F23-F34-M31-0	150,15	16,8
	ROTA2	0-F1-M15-F5-F33-F11-F30-F10-F3-0	93,44	12,7
Ortalama:			17,8	

Tasarruf Algoritmasına ait sonuçlar incelendiğinde, her bir gün için iki rota elde edildiği görülmektedir. Diğer bir ifadeyle işletme, sahip olduğu 2 kapasiteli aracı kullanması halinde de tek seferde günlük talebi karşılayabilecektir. Şirketin halihazırda sürdürdüğü rotada araçların aldığı haftalık ortalama mesafe 22,5 km idi. Tasarruf Algoritması sonuçları incelendiğinde iki aracın haftalık ortalama mesafesi

17,8 km'dir. Mevcut durumla kıyaslandığında 4,7 km daha kısa mesafenin mümkün olabileceği, yani %20,89 oranında iyileşme sağlanabileceği görülmüştür.

Çizelge 18: Sonuçların Karşılaştırılması

		Haftalık Ortalama (KM)	Haftalık 2 Rota Ortalaması (KM)	İyileşme (%)
Mevcut Durum	M ARACI	23	22,5	-
	F ARACI	22		
Uygulama-1 (EYK)	M ARACI	22,18	20,36	%9,51
	F ARACI	18,53		
Uygulama-2 (TLP)	M ARACI	19,92	18,42	%18,13
	F ARACI	16,92		
Uygulama-3 (FJA-EYK)	ROTA 1	23,25	20,27	%9,91
	ROTA 2	17,28		
Uygulama-4 (C&WT)	ROTA 1	19,75	17,8	%20,89
	ROTA 2	15,85		

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın bu bölümünde, ortaya çıkan sonuçlar ile sektöre ve araştırmacılara yönelik öneriler yer almaktadır.

5.1. Sonuçlar

Son yıllarda lojistik faaliyetler, rekabet ortamı içerisinde müşteri memnuniyetinin daha fazla önem kazanması, müşteri beklentilerinin giderek artması ve lojistik şirketlerine atfedilen görev tanımlarının giderek genişlemesi gibi sebeplerden ötürü oldukça dikkat çekici bir çalışma alanı yaratmıştır. Lojistik şirketleri bir yandan rekabet ortamında fark yaratıp varlıklarını sürdürmeye çalışmakta, diğer taraftan artan tedarik, depolama, stoklama ve dağıtım maliyetleri gibi birçok maliyeti yönetmeye odaklanmaktadır.

Bu çalışmada dağıtım maliyetlerinin optimizasyonuna yönelik çalışılan Araç Rotalama Problemleri konu edilmiştir. Balıkesir’de faaliyet gösteren bir gıda dağıtım şirketinin, iş ortaklarından birine ait 70 plus müşteriye Balıkesir şehir merkezinde 2 araçla yaptığı dağıtım ele alınmış ve dört farklı çözüm yolu denenmiştir.

Çalışmanın birinci ve ikinci uygulamasına ait bulgular, şirketin mevcut araç-müşteri dağılımını değiştirmemesi halinde sağlanabilecek tasarrufları göstermektedir. Problem herhangi bir kısıtı bulunmayan şirket için **Uygulama-1**’de, mevcut koşullar dahilinde Gezgin Satıcı Problemi olarak değerlendirilmiş ve mevcut 2 araç günlük bazda sorumlu oldukları müşteriler için EYK Algoritması ile rotalanmışlardır. Sonuçlar EYK ile elde edilen rotaların mevcut duruma kıyasla M Aracı için %3,57 oranında, F Aracı için ise %15,77 oranında iyileşme sağladığını göstermiştir. **Uygulama-2**’de mevcut durum, tek araç için günlük bazda Tamsayılı Lineer Matematiksel Modelin GAMS programında çalıştırılması ile optimize edilmiştir. Uygulama sonuçları, matematiksel modelle elde edilen rotaların mevcut duruma kıyasla M Aracı için %13,39 ve F Aracı için %23,09 oranında iyileşme sağlandığını göstermiştir.

Ardından şirketin mevcut müşteri talepleri değerlendirilerek söz konusu müşteriler için daha küçük kapasiteli araçlar kullanılması uygun görülmüş, haftanın en yoğun günü olan Pazartesi günü için 225 kg'lık, diğer günler için 155 kg'lık kapasiteye sahip araçları kullanmalarının yeterli olacağı saptanmıştır. Probleme bu son iki uygulamada Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi olarak yaklaşmıştır.

Bu kapasite kısıtlamaları altında **Uygulama-3**'te, Fisher ve Jaikumar Yöntemi kullanılarak müşterilerin kendileri için standartlaştırılmış günlerde ve algoritmanın işleyişi çerçevesinde araçlara atamaları yapılmıştır. Ardından iki aşamalı bu yöntemin ikinci aşamasında, yeni müşteri kümelerine tekrar EYK Algoritması uygulanmıştır. **Uygulama-4**'te ise, aynı kapasite kısıtlamaları varsayımı altında Tasarruf Algoritmasının uygulanması için müşteriler arası tasarruf değerleri hesaplanmış ve araçlar standart günlerde ziyaret edilen müşteriler için rotalanmıştır.

Çalışmanın son iki uygulamasına ait bulgular ise, şirkete farklı araç-müşteri dağılımları sunmaktadır. Bu dağılımlara göre hareket edilmesi halinde, Fisher ve Jaikumar Algoritması kullanıldığında şirket mevcut durumuna kıyasla %9,91 oranında iyileşme sağlayabilecektir. Son uygulamada Tasarruf Algoritması ile elde edilen araç-müşteri dağılımları ve rotalar incelendiğinde, şirketin mevcut duruma kıyasla %20,89 oranında iyileşme sağlayabileceği görülmüştür. Bu oran, mevcut durumda matematiksel model yardımı ile sağlanabilen iyileşmenin de oldukça üstündedir. Böylece şirketin, standartlaştırdığı araç-müşteri dağılımlarını Tasarruf Algoritması doğrultusunda değiştirerek büyük avantaj sağlayabileceği görülmüştür.

5.2. Öneriler

Bu çalışmada ele alınan dağıtım şirketine, söz konusu marka için daha küçük kapasiteli araçlar kullanmaları ve müşteri-araç atamalarını revize etmeleri önerilmiş, bu durumda sağlayabilecekleri yol tasarrufu da kanıtlanmıştır.

Problem çıktıları, tez çalışması kapsamında ağırlıklı olarak basit sezgisel yöntemlerle iyileştirilmiştir. Problemi geliştirmek adına, gerek mevcut haliyle gerekse de belli varsayımlar altında farklı sezgiseller veya metasezgisel yöntemler kullanılabilir. Ayrıca matematiksel model iki araç için geliştirilirse, kapasite varsayımları altında optimum sonuçları verecek müşteri kümeleri de tespit edilebilir.

KAYNAKÇA

- Akbar, M.D. and Aurachmana, R. (2020). Hybrid genetic–tabu search algorithm to optimize the route for capacitated vehicle routing problem with time window. *International Journal of Industrial Optimization*, 1(1), 15-28.
- Angelelli, E. and Speranza, M.G. (2002). The vehicle routing problem with intermediate facilities. *European Journal of Operational Research*, 137 (2), 233–247.
- Archetti, C., Hertz, A. and Speranza, M.G. (2006). A tabu search algorithm for the split delivery vehicle routing problem. *Transportation Science*, 40(1), 64–73.
- Armağan, E. (2017). Dokuzuncu Bölüm: Dağıtım kanalları ve lojistik yönetimi. Marangoz M. (Editör), *Pazarlama Yönetimi* içinde (s. 341-384). İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Atan, M. ve Şimşek, P. (2017). Doğrusal programlama ile araç atama probleminin çözümlenmesi. *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(11), 339-358.
- Badeau, P., Guertin, F., Gendreau M., Potvin J.Y. and Taillard, E. (1997). A parallel tabu search heuristic for the vehicle routing problem with time windows. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 5(2), 109-122.
- Baldacci, R., Mingozzi, A. and Roberti, R. (2012). Recent exact algorithms for solving the vehicle routing problem under capacity and time window constraints. *European Journal of Operational Research*, 218 (1), 1-6.
- Bektaş, T. (2006). The multiple traveling salesman problem: an overview of formulations and solution procedures. *Omega*, 34(3), 209-219.
- Benrahou, F. and Tairi, A. (2019). Capacitated vehicle routing problem for collection waste lube oil in algiers. *Fresenius Environ. Bull*, 28(6), 4500-4505.
- Bodin, L.D. (1975). A taxonomic structure for vehicle routing and scheduling problems. *Computers & Urban Society*, 1(1), 11-29.
- Bodin, L., and Golden, B. (1981). Classification in vehicle routing and scheduling. *Networks*, 11(2), 97-108.
- Bozyer, Z., Alkan, A. ve FIĞLALI, A. (2014). Kapasite kısıtlı araç rotalama probleminin çözümü için önce grupla sonra rotala merkezli sezgisel algoritma önerisi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 7(2), 29-37.
- Braekers, K., Ramaekers, K., and Van Nieuwenhuysse, I. (2016). The vehicle routing problem: State of the art classification and review. *Computers & Industrial Engineering*, 99(2016), 300-313.
- Caccetta, L., Alameen, M. and Abdul-Niby, M. (2013). An improved Clarke and Wright algorithm to solve the capacitated vehicle routing problem. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 3(2), 413-415.

- Chao, I.M., Golden, B. and Wasil, E. (1999). A computational study of a new heuristic for the site-dependent vehicle routing problem. *Information Systems and Operational Research*, 37(3), 319–336.
- Choi, E. and Tcha, D.W. (2007). A column generation approach to the heterogeneous fleet vehicle routing problem. *Computers and Operations Research*, 34(7), 2080-2095.
- Christofides, N. (1976). The vehicle routing problem. *Recherche Operationnelle*, 10(2), 55-70.
- 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.
- Cordeau, J.F., Gendreau, M., Laporte, G., Potvin, J.Y. and Semet, F. (2002), A guide to vehicle routing heuristic. *Journal of the Operational Research Society*, 53(5), 512-522.
- Crainic, T.G. and Laporte, G. (1997). Planning models for freight transportation. *European Journal of Operational Research*, 97(3), 409-438.
- Çolak, S. (2010). Genetik algoritmalar yardımı ile gezgin satıcı probleminin çözümü üzerine bir uygulama. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(3), 423–438.
- Dantzig, G.B and Ramser, J.H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6(1), 80-91.
- Demirtaş, F. ve Zengin, K. (2016). Guguk Kuşu Algoritmasının Gezgin Satıcı Problemine Uygulanması ve Simülasyonu. *EEB 2016 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, 13 Mayıs 2016, Tokat TÜRKİYE* 396-399.
- Desaulniers, G., Madsen, O.B.G. and Ropke, S. (2014). Chapter 5: The vehicle routing problem with time windows. P. Toth and D. Vigo (Editors), *Vehicle routing: problems, methods and applications* in (s. 119-159). Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM).
- Desrochers, M., Lenstra, J.K. and Savelsbergh, M.W. (1990). A classification scheme for vehicle routing and scheduling problems. *European Journal of Operational Research*, 46(3), 322-332.
- Dethloff, J. (2001) Vehicle routing and reverse logistics: the vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up. *OR Spektrum*, 23(1), 79–96.
- Dursun P. (2009). *Zaman pencereci araç rotalama probleminin genetik algoritma ile modellenmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Du, L. and He, R. (2012). Combining nearest neighbor search with tabu search for large-scale vehicle routing problem. *Physics Procedia*, 25(2012), 1536-1546.
- Düzakın, E. ve Demircioğlu, M. (2009). Araç rotalama problemleri ve çözüm yöntemleri. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13(1), 68-87.
- Eksioglu, B., Vural, A.V. and Reisman, A. (2009). The vehicle routing problem: A taxonomic review. *Computers & Industrial Engineering*, 57(4), 1472-1483.

- Ercan, C. ve Gencer, C. (2013) İnsansız hava sistemleri rota planlaması dinamik çözüm metotları ve literatür araştırması. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(2), 51-72.
- Kurul, F.C. (2013). *Araç rotalama problemi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Fisher, M.L. and Jaikumar, R. (1981). A generalized assignment heuristic for vehicle routing. *Networks*, 11(2), 109–124.
- Ganesh K. and Narendran T.T. (2008). Taste: a two- phase heuristic to solve a routing problem with simultaneous delivery and pick-up. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 37(11), 1221-1231.
- Gendreau, M., Laporte, G. and Séguin, R.(1996). Stochastic vehicle routing. *European Journal of Operational Research*, 88(1), 3–12.
- Goetschalckx, M. and Jacobs-Blecha C. (1989). The vehicle routing problem with backhauls. *European Journal of Operational Research*, 42(1), 39-51.
- Güvez, H., Dege, M., ve Eren, T. (2012). Kırıkkale’de araç rotalama problemi ile tıbbi atıkların toplanması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(1), 41-45.
- Haimovich, M. and Rinnooy Kan, A.H.G. (1985). Bounds and heuristics for capacitated routing problems. *Mathematics of Operations Research*, 10(4), 527-542.
- Hashi, E.K., Hasan, M.R. and Zaman, M.S.U. (2015). A heuristic solution of the Vehicle Routing Problem to optimize the office bus routing and scheduling using Clarke & Wright's savings algorithm. In *2015 international conference on computer and information engineering (ICCIIE)*, Rajshahi, Bangladesh, 26-27 Nov. 2015, IEEE, pp. 13-16.
- Hemmelmayr, V.C., Doerner, K.F. and Hartl, R.F. (2009). A variable neighborhood search heuristic for periodic routing problems. *European Journal of Operational Research*, 195(3), 791-802.
- Ho, W., Ho, G.T.S., Ji, P. and Lau, H.C.W. (2008). A hybrid genetic algorithm for the multi-depot vehicle routing problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 21(4), 548-557.
- Jung, S. and Haghani A. (2001). Genetic algorithm for the time-dependent vehicle routing problem. *Journal of Transportation Research Board*, 1771(1), 164–171.
- Karakatic, S. and Podgorelec, V. (2015). A survey of genetic algorithms for solving multi-depot vehicle routing problem. *Applied Soft Computing*, 27(1), 519–532.
- Keskintürk, T., Topuk, N. ve Özyeşil, O. (2015). Araç rotalama problemleri ile çözüm yöntemlerinin sınıflandırılması ve bir uygulama. *İşletme Bilimi Dergisi*, 3(2), 77-107.
- Konstantakopoulos, G.D., Gayialis, S.P. and Kechagias, E.P. (2020). Vehicle routing problem and related algorithms for logistics distribution: A literature review and classification. *Operational Research*, 20, 1-30.

- Kosif, B. ve Ekmekçi, İ. (2012) Araç rotalama sistemleri ve tasarruf algoritması uygulaması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(21), 41-51.
- Labadie, N., Prins, C. and Prodhon, C. (2016). *Metaheuristics for vehicle routing problems*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Lahyani, R., Khemakhem, M. and Semet, F. (2015). Rich vehicle routing problems: From a taxonomy to a definition. *European Journal of Operational Research*, 241(1), 1-14.
- Laporte, G., Norbert, Y. and Taillefer, S. (1988). Solving a family of multi-depot vehicle routing and location-routing problems. *Transportation Science*, 22 (3), 161–172.
- Laporte, G. (1992a), The traveling salesman problem: an overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59(2), 231-247.
- Laporte, G. (1992b). The vehicle routing problem: an overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59 (3), 345-358.
- Laporte, G. and Osman, I.H. (1995). Routing problems: A bibliography. *Annals of operations research*, 61(1), 227-262.
- Laporte, G., Gendreau, M., Potvin, J.Y. and Semet, F. (2000). Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem. *International Transactions in Operation Research*, 7(5), 285-300.
- Laporte, G. (2007). What you should know about the vehicle routing problem. *Naval Research Logistics*, 54(8), 811–819.
- Lysgaard, J. (1997). Clarke & Wright's savings algorithm. Department of Management Science and Logistics, *The Aarhus School of Business*, 44, 1–7
- Lin, C., Choy, K.L., Ho, G.T.S., 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.
- Marinakis, Y. And Migdalas, A. (2007). Annotated bibliography in vehicle routing. *Operational Research*, 7(1), 27-46.
- Matai, R., Singh, S.P. and Mittal, M.L. (2010). Traveling salesman problem: an overview of applications, formulations and solution approaches. Davendra, D. (Editor), *Traveling Salesman Problem, Theory and Applications* in (s. 1-24). Rijeka: InTech.
- Nagy G. and Salhi S. (2005). Heuristic algorithms for single and multiple depot vehicle routing problems with pickups and deliveries. *European Journal of Operational Research*, 162(1), 126-141.
- Norouzi, N., Sadegh-Amalnick, M. and Alinaghiyan, M. (2015). Evaluating of the particle swarm optimization in a periodic vehicle routing problem. *Measurement*, 62(2), 162–169.
- Palhares, R.A. and Araújo, M.C.B. (2018). Vehicle routing: application of travelling salesman problem in a dairy. In *2018 International Conference on Industrial*

- Engineering and Engineering Management (IEEM)*, Bangkok, Thailand, 16-19 Dec. 2018, IEEE, pp. 1421-1425.
- Pillac, V., Gendreau, M., Guéret, C. and Medaglia, A.L. (2013). A review of dynamic vehicle routing problems, *European Journal of Operational Research*, 225(1), 1–11.
- Psaraftis, H.N. (1988). Dynamic vehicle routing problems. Golden, B. and Assas, A. (Editors), *Vehicle Routing: Methods and Studies* in (s.223-248). North-Holland: Elsevier Science Publishers B.V.
- Psaraftis, H.N. (1995). Dynamic vehicle routing: status and prospects. *Annals of Operations Research*, 61(1), 143–164.
- Potvin, J.Y. (1996). Genetic algorithms for the traveling salesman problem. *Annals of Operations Research*, 63(3), 337-370.
- Punnen, A.P. (2007). Chapter 1: the traveling salesman problem: applications, formulations and variations. Gutin, G. and Punnen, A.P. (Editors), *The traveling salesman problem and its variations* in (s.1-28). Boston: Springer.
- Rego, C., Gamboa, D., Glover, F. and Osterman, C. (2011) Traveling salesman problem heuristics: leading methods, implementations and latest advances. *European Journal of Operational Research*, 211(3), 427-441.
- Reinelt, G. (1991). TSPLIB-A Traveling salesman problem library. *ORSA Journal on Computing*, 3(4), 376–384.
- Santos, L., Coutinho-Rodrigues J. and Current, J.R. (2010). An improved ant colony optimization based algorithm for the capacitated arc routing problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(2), 246-266.
- Setak, M., Habibi, M., Karimi, H. and Abedzadeh, M. (2015). A time-dependent vehicle routing problem in multigraph with fifo property. *Journal of Manufacturing Systems*, 35, 37–45.
- Solomon, M.M. (1987). Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. *Operations Research*, 35(2), 254–265.
- Stewart, W. and Golden, B. (1983). Stochastic vehicle routing: a comprehensive approach. *European Journal of Operational Research*, 14(4), 371-385.
- Sultana, T., Akhand, A.H. and Rahman, M.M.H. (2017). A variant fisher and jaikumar algorithm to solve capacitated vehicle routing problem. *2017 8th International Conference on Information Technology (ICIT)*, Piscataway: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), pp. 710-716.
- Tekin, M., Dündar, A. O. ve Şahman, M.A. (2011). Şehir içi dağıtım şirketlerinde gezgin satıcı problemi uygulaması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi*, 825-834.
- Toth, P. and Vigo, D. (2002). Models, relaxations and exact approaches for the capacitated vehicle routing problem. *Discrete Applied Mathematics*, 123(1-3), 487–512.
- Ulutaş, A., Bayrakçıl, A.O. ve Kutlu, M.B. (2017). Araç rotalama probleminin tasarruf algoritması ile çözümü: Sivas'ta bir ekmek fırını için uygulama. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(1) 185-197.

Wang, W., Wu, B., Zhao, Y., and Feng, D. (2006). Particle swarm optimization for open vehicle routing problem. *Proceedings of the 2006 International Conference on Intelligent Computing: Part II*. Kunming, China, August 16-19, 2006, ICIC'06. pp. 999-1007. ISBN: 978-3-540-37274-5. Huang, D.S., Li, K. and Irwin, G.W. (Eds.).

Yu, B., Yang, Z.Z. and Xie, J.X. (2011). A parallel improved ant colony optimization for multidepot vehicle routing problem. *Journal of the Operational Research Society*, 62 (1), 183–188.

http-1:

<https://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>

(Erişim Tarihi: 17.06.2021)



EK 1: M Aracına Ait Müşteri Kodları ve Koordinatları

Müşteri	Müşteri Kodu	Enlem	Boylam
Depo	0	39,636***	27,910***
Ka*** Market	M1	39,661***	27,886***
Ka*** Market 2	M2	39,659***	27,889***
Ka*** Market 3	M3	39,662***	27,894***
Yö*** Market 1	M4	39,667***	27,879***
Yö*** Market 2	M5	39,664***	27,892***
Yö*** Market 3	M6	39,667***	27,884***
Yö*** Market 4	M7	39,658***	27,884***
Al*** Market 1	M8	39,661***	27,898***
Al*** Market 2	M9	39,659***	27,886***
En*** Market	M10	39,661***	27,903***
Ay*** Be***	M11	39,676***	27,933***
Ce*** Market	M12	39,655***	27,856***
Em*** Toptan Gıda	M13	39,652***	27,880***
Ta*** Market	M14	39,655***	27,887***
Ha*** Ca*** Ke***	M15	39,653***	27,893***
İl*** Ze***	M16	39,655***	27,891***
I*** Gr*** 1	M17	39,667***	27,879***
I*** Gr*** 2	M18	39,664***	27,892***
I*** Gr*** 3	M19	39,667***	27,885***
I** G*** 4	M20	39,658***	27,884***
Ka*** Si***/Ce*** To***	M21	39,665***	27,910***
Ka*** Si***/To***	M22	39,671***	27,896***
Ka*** Ar***	M23	39,654***	27,878***
Me*** Büfe	M24	39,665***	27,919***
Se*** Ma***	M25	39,657***	27,880***
Le*** Gıda	M26	39,655***	27,859***
Do*** Büfe	M27	39,652***	27,883***
Mu*** Gıda Büfe	M28	39,681***	27,905***
Mu*** Gıda	M29	39,660***	27,876***
Ok*** Ak***	M30	39,658***	27,871***
Ka*** Büfe	M31	39,649***	27,884***
To*** Market	M32	39,665***	27,891***
TE*** GR*** Market	M33	39,653***	27,887***
De*** Büfe	M34	39,668***	27,879***
İs*** Market	M35	39,651***	27,888***

EK 2: F Aracına Ait Müşteri Kodları ve Koordinatları

Müşteri	Müşteri Kodu	Enlem	Boylam
Depo	0	39,636***	27,910***
Ka*** Ma*** 4	F1	39,638***	27,900***
Gü*** Ekmek	F2	39,647***	27,895***
A*** Yı*** İn***	F3	39,622***	27,897***
Ay*** Market	F4	39,656***	27,901***
Çi*** Ev***	F5	39,642***	27,880***
A*** Market	F6	39,646***	27,896***
B*** Grup Pl***	F7	39,620***	27,896***
B*** Grup B***	F8	39,625***	27,897***
Bi*** Ka***	F9	39,635***	27,886***
Ce*** Market	F10	39,624***	27,894***
Ça*** Market	F11	39,636***	27,880***
Gö*** Market	F12	39,624***	27,877***
Er*** El***	F13	39,656***	27,884***
Yı*** Büfe	F14	39,643***	27,912***
Ön*** Ma***	F15	39,645***	27,900***
Me*** Market/De***	F16	39,634***	27,875***
Me*** Market/A*** Çe***	F17	39,635***	27,876***
Ha*** Market	F18	39,636***	27,902***
Ça*** Market	F19	39,642***	27,915***
Ha*** Çolak	F20	39,647***	27,880***
Ka*** En***	F21	39,616***	27,897***
Er*** Market	F22	39,642***	27,909***
Mu*** Özcan	F23	39,646***	27,882***
El*** Gıda Pazarı	F24	39,643***	27,911***
Eg*** Market	F25	39,621***	27,878***
Em*** Gıda	F26	39,641***	27,911***
Em*** Kuruyemiş	F27	39,643***	27,880***
Be*** Market	F28	39,636***	27,880***
O*** Kafe	F29	39,611***	27,890***
Se*** Şe***	F30	39,637***	27,882***
Ba*** Bakkaliyesi	F31	39,638***	27,878***
Ya*** Gö***	F32	39,640***	27,890***
Ya*** Ti***	F33	39,642***	27,880***
Za*** Öz***/Çarşı	F34	39,646***	27,883***
Za*** Öz***/G***	F35	39,618***	27,879***

EK 3: M Aracı Müşterileri İçin Günlük Mesafe Matrisleri

Salı											
	0	M1	M2	M3	M10	M11	M20	M21	M22	M24	M27
M1	3,49	0									
M2	3,18	0,33	0								
M3	3,23	0,66	0,49	0							
M10	2,92	1,43	1,19	0,77	0						
M11	4,89	4,29	4,14	3,65	3,01	0					
M20	3,34	0,43	0,50	0,99	1,69	4,64	0				
M21	3,20	2,02	1,82	1,36	0,65	2,36	2,32	0			
M22	4,12	1,36	1,40	1,02	1,24	3,20	1,79	1,38	0		
M24	3,33	2,81	2,60	2,15	1,41	1,72	3,10	0,80	2,09	0	
M27	2,93	1,09	1,01	1,48	2,02	5,04	0,68	2,68	2,41	3,40	0

Çarşamba															
	0	M12	M14	M15	M17	M18	M19	M23	M25	M26	M29	M30	M31	M33	M35
M12	5,13	0													
M14	2,92	2,64	0												
M15	2,39	3,21	0,59	0											
M17	4,37	2,35	1,50	1,98	0										
M18	3,52	3,28	1,16	1,28	1,19	0									
M19	4,11	2,78	1,38	1,75	0,49	0,73	0								
M23	3,44	1,87	0,79	1,34	1,44	1,71	1,58	0							
M25	3,49	2,10	0,61	1,20	1,09	1,30	1,16	0,42	0						
M26	4,87	0,27	2,37	2,93	2,16	3,04	2,57	1,60	1,84	0					
M29	4,00	1,81	1,10	1,69	0,77	1,47	1,05	0,72	0,51	1,57	0				
M30	4,15	1,37	1,37	1,96	1,15	1,92	1,49	0,72	0,77	1,12	0,46	0			
M31	2,64	2,54	0,71	0,89	2,07	1,87	2,04	0,81	1,00	2,27	1,47	1,53	0		
M33	2,77	2,67	0,18	0,53	1,67	1,32	1,56	0,80	0,72	2,40	1,23	1,45	0,55	0	
M35	2,54	2,80	0,44	0,48	1,93	1,53	1,81	0,95	0,95	2,52	1,46	1,64	0,41	0,26	0

Perşembe											
	0	M1	M2	M3	M8	M9	M13	M16	M28	M32	M34
M1	3,49	0									
M2	3,18	0,33	0								
M3	3,23	0,66	0,49	0							
M8	3,01	1,03	0,80	0,38	0						
M9	3,31	0,23	0,27	0,74	1,07	0					
M13	3,19	1,14	1,14	1,63	1,88	0,94	0				
M16	2,67	0,83	0,55	0,87	0,99	0,64	0,97	0			
M28	5,01	2,68	2,71	2,27	2,22	2,87	3,81	3,14	0		
M32	3,66	0,59	0,65	0,43	0,76	0,78	1,72	1,17	2,09	0	
M34	4,43	0,95	1,27	1,43	1,81	1,12	1,70	1,76	2,66	1,07	0

EK 3: M Aracı Müşterileri İçin Günlük Mesafe Matrisleri (Devamı)

Cuma														
	0	M1	M2	M3	M10	M11	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M24	M27
M1	3,49	0												
M2	3,18	0,33	0											
M3	3,23	0,66	0,49	0										
M10	2,92	1,43	1,19	0,77	0									
M11	4,89	4,29	4,14	3,65	3,01	0								
M17	4,37	0,89	1,22	1,40	2,15	4,71	0							
M18	3,52	0,62	0,60	0,29	0,97	3,69	1,19	0						
M19	4,11	0,66	0,94	0,98	1,70	4,23	0,49	0,73	0					
M20	3,34	0,43	0,50	0,99	1,69	4,64	1,08	1,02	1,02	0				
M21	3,20	2,02	1,82	1,36	0,65	2,36	2,63	1,47	2,15	2,32	0			
M22	4,12	1,36	1,40	1,02	1,24	3,20	1,52	0,81	1,06	1,79	1,38	0		
M24	3,33	2,81	2,60	2,15	1,41	1,72	3,43	2,27	2,95	3,10	0,80	2,09	0	
M27	2,93	1,09	1,01	1,48	2,02	5,04	1,71	1,61	1,70	0,68	2,68	2,41	3,40	0
Cumartesi														
	0	M12	M14	M15	M23	M25	M26	M29	M30	M31	M33	M35		
M12	5,13	0												
M14	2,92	2,64	0											
M15	2,39	3,21	0,59	0										
M23	3,44	1,87	0,79	1,34	0									
M25	3,49	2,10	0,61	1,20	0,42	0								
M26	4,87	0,27	2,37	2,93	1,60	1,84	0							
M29	4,00	1,81	1,10	1,69	0,72	0,51	1,57	0						
M30	4,15	1,37	1,37	1,96	0,72	0,77	1,12	0,46	0					
M31	2,64	2,54	0,71	0,89	0,81	1,00	2,27	1,47	1,53	0				
M33	2,77	2,67	0,18	0,53	0,80	0,72	2,40	1,23	1,45	0,55	0			
M35	2,54	2,80	0,44	0,48	0,95	0,95	2,52	1,46	1,64	0,41	0,26	0		

EK 4: F Aracı Müşterileri İçin Günlük Mesafe Matrisleri

Pazartesi											
	0	F6	F7	F8	F9	F15	F14	F19	F27	F31	F35
F6	1,66	0									
F7	2,12	2,86	0								
F8	1,64	2,36	0,52	0							
F9	2,08	1,53	1,81	1,47	0						
F15	1,35	0,35	2,77	2,25	1,65	0					
F14	0,76	1,38	2,82	2,31	2,36	1,03	0				
F19	0,77	1,70	2,89	2,40	2,62	1,35	0,32	0			
F27	2,68	1,42	2,81	2,46	1,00	1,71	2,69	3,00	0		
F31	2,82	1,86	2,48	2,22	0,79	2,10	2,98	3,26	0,61	0	
F35	3,28	3,42	1,41	1,70	1,93	3,46	3,86	4,02	2,72	2,17	0

Salı													
	0	F1	F4	F12	F13	F16	F17	F18	F21	F24	F25	F26	F32
F1	0,89	0											
F4	2,38	2,00	0										
F12	3,12	2,54	4,15	0									
F13	3,23	2,48	1,53	3,66	0								
F16	2,99	2,18	3,31	1,17	2,56	0							
F17	2,90	2,08	3,19	1,24	2,46	0,12	0						
F18	0,68	0,32	2,27	2,51	2,80	2,31	2,22	0					
F21	2,48	2,50	4,50	1,93	4,66	2,78	2,78	2,25	0				
F24	0,81	1,07	1,67	3,60	2,78	3,21	3,10	1,12	3,25	0			
F25	3,26	2,75	4,43	0,33	3,99	1,50	1,57	2,69	1,78	3,79	0		
F26	0,56	0,96	1,89	3,45	2,92	3,14	3,04	0,94	3,01	0,26	3,63	0	
F32	1,75	0,87	2,06	2,09	1,95	1,42	1,31	1,11	2,72	1,81	2,37	1,77	0

Çarşamba											
	0	F2	F5	F10	F11	F20	F23	F28	F29	F33	F34
F2	1,79	0									
F5	2,65	1,36	0								
F10	1,90	2,51	2,28	0							
F11	2,60	1,74	0,63	1,80	0						
F20	2,85	1,26	0,56	2,78	1,19	0					
F23	2,66	1,10	0,46	2,61	1,09	0,20	0				
F28	2,61	1,81	0,73	1,73	0,10	1,28	1,18	0			
F29	3,29	4,03	3,56	1,54	2,96	4,11	3,96	2,87	0		
F33	2,65	1,36	0,01	2,28	0,63	0,56	0,47	0,73	3,56	0	
F34	2,59	1,03	0,50	2,59	1,11	0,26	0,08	1,20	3,96	0,50	0

EK 4: F Aracı Müşterileri İçin Günlük Mesafe Matrisleri (Devamı)

Perşembe												
	0	F1	F6	F7	F8	F9	F14	F19	F22	F27	F31	F35
F1	0,89	0										
F6	1,66	0,96	0									
F7	2,12	2,01	2,86	0								
F8	1,64	1,49	2,36	0,52	0							
F9	2,08	1,29	1,53	1,81	1,47	0						
F14	0,76	1,08	1,38	2,82	2,31	2,36	0					
F19	0,77	1,33	1,70	2,89	2,40	2,62	0,32	0				
F22	0,70	0,87	1,20	2,67	2,16	2,15	0,22	0,52	0			
F27	2,68	1,79	1,42	2,81	2,46	1,00	2,69	3,00	2,48	0		
F31	2,82	1,96	1,86	2,48	2,22	0,79	2,98	3,26	2,76	0,61	0	
F35	3,28	2,85	3,42	1,41	1,70	1,93	3,86	4,02	3,68	2,72	2,17	0
Cuma												
	0	F4	F12	F13	F16	F17	F18	F21	F24	F25	F26	F32
F4	2,38	0										
F12	3,12	4,15	0									
F13	3,23	1,53	3,66	0								
F16	2,99	3,31	1,17	2,56	0							
F17	2,90	3,19	1,24	2,46	0,12	0						
F18	0,68	2,27	2,51	2,80	2,31	2,22	0					
F21	2,48	4,50	1,93	4,66	2,78	2,78	2,25	0				
F24	0,81	1,67	3,60	2,78	3,21	3,10	1,12	3,25	0			
F25	3,26	4,43	0,33	3,99	1,50	1,57	2,69	1,78	3,79	0		
F26	0,56	1,89	3,45	2,92	3,14	3,04	0,94	3,01	0,26	3,63	0	
F32	1,75	2,06	2,09	1,95	1,42	1,31	1,11	2,72	1,81	2,37	1,77	0
Cumartesi												
	0	F1	F2	F3	F5	F10	F11	F20	F23	F30	F33	F34
F1	0,89	0										
F2	1,79	1,07	0									
F3	1,88	1,80	2,75	0								
F5	2,65	1,76	1,36	2,65	0							
F10	1,90	1,64	2,51	0,39	2,28	0						
F11	2,60	1,77	1,74	2,18	0,63	1,80	0					
F20	2,85	1,98	1,26	3,13	0,56	2,78	1,19	0				
F23	2,66	1,79	1,10	2,96	0,46	2,61	1,09	0,20	0			
F30	2,45	1,60	1,55	2,16	0,54	1,78	0,19	1,09	0,97	0		
F33	2,65	1,77	1,36	2,65	0,01	2,28	0,63	0,56	0,47	0,54	0	
F34	2,59	1,72	1,03	2,93	0,50	2,59	1,11	0,26	0,08	0,98	0,50	0

EK 5: Kullanılan GAMS Kodu (Pazartesi Örneği)

```
set
    j    /0*18/
    k    /1/;
alias (i,j);
set subset1(j) /1*18/;
set subset2(i) /1*17/;
set subset3(j) /1*17/;

parameter
q(i)
/1 14.60
 2 14.16
 3 14.52
 4 26.74
 5 59.64
 6 32.77
 7 30.35
 8 7.49
 9 5.62
10 26.26
11 11.85
12 4.72
13 3.92
14 5.01
15 8.94
16 16.73
17 9.93/;

scalar c /300/;
table d(i,j)
$include muratpazartesi.txt;

variables x(i,j,k),y,z;
binary variables x(i,j,k);
positive variable y;

equations
amac
const1
con1
con2
con3
con4
con5
```

```

con6
con7
con8
con9
con10
con11
con12
con13
con14
con15
con16
con17
const2 subset2(i)
const3(k)
const4(k)
const5(k)
const6 subset2(i) subset3(j)
const7 subset3(j);

amac..    z=e=sum(k,sum((i,j)$ (not sameas(i,j)), d(i,j)*x(i,j,k)));
const1..  sum((k,subset1(j)),x('0',j,k))=e=1;
con1..    sum(i,x(i,'1','1'))-sum(j,x('1',j,'1'))=e=0;
con2..    sum(i,x(i,'2','1'))-sum(j,x('2',j,'1'))=e=0;
con3..    sum(i,x(i,'3','1'))-sum(j,x('3',j,'1'))=e=0;
con4..    sum(i,x(i,'4','1'))-sum(j,x('4',j,'1'))=e=0;
con5..    sum(i,x(i,'5','1'))-sum(j,x('5',j,'1'))=e=0;
con6..    sum(i,x(i,'6','1'))-sum(j,x('6',j,'1'))=e=0;
con7..    sum(i,x(i,'7','1'))-sum(j,x('7',j,'1'))=e=0;
con8..    sum(i,x(i,'8','1'))-sum(j,x('8',j,'1'))=e=0;
con9..    sum(i,x(i,'9','1'))-sum(j,x('9',j,'1'))=e=0;
con10..   sum(i,x(i,'10','1'))-sum(j,x('10',j,'1'))=e=0;
con11..   sum(i,x(i,'11','1'))-sum(j,x('11',j,'1'))=e=0;
con12..   sum(i,x(i,'12','1'))-sum(j,x('12',j,'1'))=e=0;
con13..   sum(i,x(i,'13','1'))-sum(j,x('13',j,'1'))=e=0;
con14..   sum(i,x(i,'14','1'))-sum(j,x('14',j,'1'))=e=0;
con15..   sum(i,x(i,'15','1'))-sum(j,x('15',j,'1'))=e=0;
con16..   sum(i,x(i,'16','1'))-sum(j,x('16',j,'1'))=e=0;
con17..   sum(i,x(i,'17','1'))-sum(j,x('17',j,'1'))=e=0;
const2(subset2(i))..  sum((k,j)$ (not sameas(i,j)),x(i,j,k))=e=1;
const3(k)..          sum(subset3(j),x('0',j,k))=e=1;
const4(k)..          sum(subset2(i),x(i,'18',k))=e=1;
const5(k)..          sum((i,j)$ (not sameas(i,j)),q(i)*x(i,j,k))=l=c;
const6(subset2(i),subset3(j))$ (not sameas(i,j))..  y(j)=g=y(i)+1-17*(1-sum(k,x(i,j,k)));
const7(subset3(j))..  y(j)=g=0;

```

```

Model transport /all/ ;
Solve transport using mip minimizing z;

```

EK 6: Tüm Müşteriler İçin Günlük Mesafe Matrisleri

Salı																							
	0	M1	M2	M3	M10	M11	M20	M21	M22	M24	M27	F1	F4	F12	F13	F16	F17	F18	F21	F24	F25	F26	F32
M1	3,49	0																					
M2	3,18	0,33	0																				
M3	3,23	0,66	0,49	0																			
M10	2,92	1,43	1,19	0,77	0																		
M11	4,89	4,29	4,14	3,65	3,01	0																	
M20	3,34	0,43	0,50	0,99	1,69	4,64	0																
M21	3,20	2,02	1,82	1,36	0,65	2,36	2,32	0															
M22	4,12	1,36	1,40	1,02	1,24	3,20	1,79	1,38	0														
M24	3,33	2,81	2,60	2,15	1,41	1,72	3,10	0,80	2,09	0													
M27	2,93	1,09	1,01	1,48	2,02	5,04	0,68	2,68	2,41	3,40	0												
F1	0,89	2,83	2,55	2,71	2,60	5,06	2,61	3,04	3,68	3,38	2,12	0											
F4	2,38	1,41	1,09	0,91	0,61	3,48	1,51	1,17	1,73	1,79	1,64	2,00	0										
F12	3,12	4,24	4,10	4,50	4,74	7,52	3,84	5,32	5,50	5,80	3,16	2,54	4,15	0									
F13	3,23	0,60	0,61	1,11	1,77	4,75	0,18	2,41	1,95	3,18	0,51	2,48	1,53	3,66	0								
F16	2,99	3,16	3,06	3,49	3,85	6,78	2,74	4,48	4,46	5,06	2,07	2,18	3,31	1,17	2,56	0							
F17	2,90	3,06	2,95	3,38	3,74	6,66	2,64	4,36	4,36	4,95	1,97	2,08	3,19	1,24	2,46	0,12	0						
F18	0,68	3,15	2,87	3,02	2,87	5,21	2,93	3,28	3,98	3,56	2,43	0,32	2,27	2,51	2,80	2,31	2,22	0					
F21	2,48	5,14	4,90	5,15	5,10	7,37	4,82	5,53	6,15	5,77	4,19	2,50	4,50	1,93	4,66	2,78	2,78	2,25	0				
F24	0,81	2,92	2,60	2,56	2,15	4,13	2,85	2,40	3,38	2,53	2,58	1,07	1,67	3,60	2,78	3,21	3,10	1,12	3,25	0			
F25	3,26	4,57	4,42	4,81	5,03	7,77	4,17	5,59	5,81	6,06	3,48	2,75	4,43	0,33	3,99	1,50	1,57	2,69	1,78	3,79	0		
F26	0,56	3,10	2,78	2,77	2,40	4,36	3,00	2,65	3,62	2,77	2,69	0,96	1,89	3,45	2,92	3,14	3,04	0,94	3,01	0,26	3,63	0	
F32	1,75	2,43	2,21	2,51	2,66	5,44	2,10	3,22	3,53	3,73	1,49	0,87	2,06	2,09	1,95	1,42	1,31	1,11	2,72	1,81	2,37	1,77	0

EK 6: Tüm Müşteriler İçin Günlük Mesafe Matrisleri (Devamı)

Çarşamba																									
	0	M12	M14	M15	M17	M18	M19	M23	M25	M26	M29	M30	M31	M33	M35	F2	F5	F10	F11	F20	F23	F28	F29	F33	F34
M12	5,13	0																							
M14	2,92	2,64	0																						
M15	2,39	3,21	0,59	0																					
M17	4,37	2,35	1,50	1,98	0																				
M18	3,52	3,28	1,16	1,28	1,19	0																			
M19	4,11	2,78	1,38	1,75	0,49	0,73	0																		
M23	3,44	1,87	0,79	1,34	1,44	1,71	1,58	0																	
M25	3,49	2,10	0,61	1,20	1,09	1,30	1,16	0,42	0																
M26	4,87	0,27	2,37	2,93	2,16	3,04	2,57	1,60	1,84	0															
M29	4,00	1,81	1,10	1,69	0,77	1,47	1,05	0,72	0,51	1,57	0														
M30	4,15	1,37	1,37	1,96	1,15	1,92	1,49	0,72	0,77	1,12	0,46	0													
M31	2,64	2,54	0,71	0,89	2,07	1,87	2,04	0,81	1,00	2,27	1,47	1,53	0												
M33	2,77	2,67	0,18	0,53	1,67	1,32	1,56	0,80	0,72	2,40	1,23	1,45	0,55	0											
M35	2,54	2,80	0,44	0,48	1,93	1,53	1,81	0,95	0,95	2,52	1,46	1,64	0,41	0,26	0										
F2	1,79	3,47	1,13	0,68	2,62	1,96	2,42	1,68	1,70	3,20	2,20	2,38	0,93	0,98	0,75	0									
F5	2,65	2,56	1,52	1,62	2,76	2,68	2,80	1,34	1,67	2,32	2,06	1,95	0,81	1,36	1,19	1,36	0								
F10	1,90	4,73	3,44	3,17	4,90	4,45	4,82	3,57	3,83	4,52	4,28	4,23	2,83	3,26	3,00	2,51	2,28	0							
F11	2,60	2,93	2,13	2,15	3,38	3,28	3,43	1,95	2,30	2,72	2,67	2,53	1,42	1,96	1,76	1,74	0,63	1,80	0						
F20	2,85	2,28	1,02	1,27	2,20	2,18	2,25	0,79	1,12	2,02	1,51	1,45	0,39	0,88	0,79	1,26	0,56	2,78	1,19	0					
F23	2,66	2,47	1,05	1,21	2,33	2,21	2,35	0,96	1,24	2,21	1,67	1,64	0,35	0,89	0,75	1,10	0,46	2,61	1,09	0,20	0				
F28	2,61	3,00	2,22	2,24	3,48	3,38	3,53	2,05	2,40	2,79	2,77	2,62	1,51	2,05	1,86	1,81	0,73	1,73	0,10	1,28	1,18	0			
F29	3,29	5,72	4,89	4,68	6,29	5,95	6,27	4,90	5,21	5,55	5,62	5,49	4,23	4,71	4,46	4,03	3,56	1,54	2,96	4,11	3,96	2,87	0		
F33	2,65	2,56	1,52	1,63	2,76	2,68	2,80	1,34	1,68	2,31	2,06	1,95	0,81	1,36	1,19	1,36	0,01	2,28	0,63	0,56	0,47	0,73	3,56	0	
F34	2,59	2,54	1,02	1,15	2,34	2,18	2,34	0,99	1,25	2,27	1,69	1,68	0,31	0,86	0,70	1,03	0,50	2,59	1,11	0,26	0,08	1,20	3,96	0,50	0

EK 6: Tüm Müşteriler İçin Günlük Mesafe Matrisleri (Devamı)

Perşembe																						
	0	M1	M2	M3	M8	M9	M13	M16	M28	M32	M34	F1	F6	F7	F8	F9	F14	F19	F22	F27	F31	F35
M1	3,49	0																				
M2	3,18	0,33	0																			
M3	3,23	0,66	0,49	0																		
M8	3,01	1,03	0,80	0,38	0																	
M9	3,31	0,23	0,27	0,74	1,07	0																
M13	3,19	1,14	1,14	1,63	1,88	0,94	0															
M16	2,67	0,83	0,55	0,87	0,99	0,64	0,97	0														
M28	5,01	2,68	2,71	2,27	2,22	2,87	3,81	3,14	0													
M32	3,66	0,59	0,65	0,43	0,76	0,78	1,72	1,17	2,09	0												
M34	4,43	0,95	1,27	1,43	1,81	1,12	1,70	1,76	2,66	1,07	0											
F1	0,89	2,83	2,55	2,71	2,58	2,63	2,36	2,00	4,74	3,11	3,75	0										
F6	1,66	1,88	1,59	1,78	1,69	1,68	1,56	1,05	3,91	2,16	2,81	0,96	0									
F7	2,12	4,60	4,37	4,63	4,55	4,38	3,79	3,82	6,74	4,99	5,43	2,01	2,86	0								
F8	1,64	4,14	3,89	4,13	4,04	3,92	3,38	3,34	6,23	4,50	4,99	1,49	2,36	0,52	0							
F9	2,08	2,92	2,74	3,09	3,12	2,69	2,00	2,22	5,33	3,39	3,68	1,29	1,53	1,81	1,47	0						
F14	0,76	3,01	2,68	2,65	2,38	2,86	2,94	2,24	4,28	3,08	3,95	1,08	1,38	2,82	2,31	2,36	0					
F19	0,77	3,30	2,98	2,91	2,62	3,16	3,26	2,55	4,43	3,34	4,24	1,33	1,70	2,89	2,40	2,62	0,32	0				
F22	0,70	2,89	2,57	2,57	2,33	2,74	2,76	2,11	4,30	3,00	3,84	0,87	1,20	2,67	2,16	2,15	0,22	0,52	0			
F27	2,68	2,11	2,00	2,44	2,57	1,89	1,05	1,59	4,70	2,65	2,75	1,79	1,42	2,81	2,46	1,00	2,69	3,00	2,48	0		
F31	2,82	2,71	2,61	3,04	3,16	2,49	1,62	2,19	5,31	3,25	3,31	1,96	1,86	2,48	2,22	0,79	2,98	3,26	2,76	0,61	0	
F35	3,28	4,81	4,65	5,02	5,04	4,58	3,77	4,15	7,26	5,30	5,47	2,85	3,42	1,41	1,70	1,93	3,86	4,02	3,68	2,72	2,17	0

EK 6: Tüm Müşteriler İçin Günlük Mesafe Matrisleri (Devamı)

Cuma																										
	0	M1	M2	M3	M10	M11	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M24	M27	F4	F12	F13	F16	F17	F18	F21	F24	F25	F26	F32	
M1	3,49	0																								
M2	3,18	0,33	0																							
M3	3,23	0,66	0,49	0																						
M10	2,92	1,43	1,19	0,77	0																					
M11	4,89	4,29	4,14	3,65	3,01	0																				
M17	4,37	0,89	1,22	1,40	2,15	4,71	0																			
M18	3,52	0,62	0,60	0,29	0,97	3,69	1,19	0																		
M19	4,11	0,66	0,94	0,98	1,70	4,23	0,49	0,73	0																	
M20	3,34	0,43	0,50	0,99	1,69	4,64	1,08	1,02	1,02	0																
M21	3,20	2,02	1,82	1,36	0,65	2,36	2,63	1,47	2,15	2,32	0															
M22	4,12	1,36	1,40	1,02	1,24	3,20	1,52	0,81	1,06	1,79	1,38	0														
M24	3,33	2,81	2,60	2,15	1,41	1,72	3,43	2,27	2,95	3,10	0,80	2,09	0													
M27	2,93	1,09	1,01	1,48	2,02	5,04	1,71	1,61	1,70	0,68	2,68	2,41	3,40	0												
F4	2,38	1,41	1,09	0,91	0,61	3,48	2,26	1,19	1,88	1,51	1,17	1,73	1,79	1,64	0											
F12	3,12	4,24	4,10	4,50	4,74	7,52	4,80	4,69	4,86	3,84	5,32	5,50	5,80	3,16	4,15	0										
F13	3,23	0,60	0,61	1,11	1,77	4,75	1,23	1,17	1,20	0,18	2,41	1,95	3,18	0,51	1,53	3,66	0									
F16	2,99	3,16	3,06	3,49	3,85	6,78	3,65	3,66	3,74	2,74	4,48	4,46	5,06	2,07	3,31	1,17	2,56	0								
F17	2,90	3,06	2,95	3,38	3,74	6,66	3,56	3,55	3,65	2,64	4,36	4,36	4,95	1,97	3,19	1,24	2,46	0,12	0							
F18	0,68	3,15	2,87	3,02	2,87	5,21	4,00	3,29	3,80	2,93	3,28	3,98	3,56	2,43	2,27	2,51	2,80	2,31	2,22	0						
F21	2,48	5,14	4,90	5,15	5,10	7,37	5,89	5,41	5,81	4,82	5,53	6,15	5,77	4,19	4,50	1,93	4,66	2,78	2,78	2,25	0					
F24	0,81	2,92	2,60	2,56	2,15	4,13	3,81	2,85	3,50	2,85	2,40	3,38	2,53	2,58	1,67	3,60	2,78	3,21	3,10	1,12	3,25	0				
F25	3,26	4,57	4,42	4,81	5,03	7,77	5,13	5,01	5,19	4,17	5,59	5,81	6,06	3,48	4,43	0,33	3,99	1,50	1,57	2,69	1,78	3,79	0			
F26	0,56	3,10	2,78	2,77	2,40	4,36	3,99	3,06	3,69	3,00	2,65	3,62	2,77	2,69	1,89	3,45	2,92	3,14	3,04	0,94	3,01	0,26	3,63	0		
F32	1,75	2,43	2,21	2,51	2,66	5,44	3,18	2,75	3,09	2,10	3,22	3,53	3,73	1,49	2,06	2,09	1,95	1,42	1,31	1,11	2,72	1,81	2,37	1,77	0	

EK 6: Tüm Müşteriler İçin Günlük Mesafe Matrisleri (Devamı)

Cumartesi																							
	0	M12	M14	M15	M23	M25	M26	M29	M30	M31	M33	M35	F1	F2	F3	F5	F10	F11	F20	F23	F30	F33	F34
M12	5,13	0																					
M14	2,92	2,64	0																				
M15	2,39	3,21	0,59	0																			
M23	3,44	1,87	0,79	1,34	0																		
M25	3,49	2,10	0,61	1,20	0,42	0																	
M26	4,87	0,27	2,37	2,93	1,60	1,84	0																
M29	4,00	1,81	1,10	1,69	0,72	0,51	1,57	0															
M30	4,15	1,37	1,37	1,96	0,72	0,77	1,12	0,46	0														
M31	2,64	2,54	0,71	0,89	0,81	1,00	2,27	1,47	1,53	0													
M33	2,77	2,67	0,18	0,53	0,80	0,72	2,40	1,23	1,45	0,55	0												
M35	2,54	2,80	0,44	0,48	0,95	0,95	2,52	1,46	1,64	0,41	0,26	0											
F1	0,89	4,25	2,18	1,74	2,61	2,72	3,99	3,22	3,33	1,80	2,02	1,77	0										
F2	1,79	3,47	1,13	0,68	1,68	1,70	3,20	2,20	2,38	0,93	0,98	0,75	1,07	0									
F3	1,88	5,12	3,74	3,43	3,91	4,15	4,90	4,62	4,59	3,15	3,56	3,30	1,80	2,75	0								
F5	2,65	2,56	1,52	1,62	1,34	1,67	2,32	2,06	1,95	0,81	1,36	1,19	1,76	1,36	2,65	0							
F10	1,90	4,73	3,44	3,17	3,57	3,83	4,52	4,28	4,23	2,83	3,26	3,00	1,64	2,51	0,39	2,28	0						
F11	2,60	2,93	2,13	2,15	1,95	2,30	2,72	2,67	2,53	1,42	1,96	1,76	1,77	1,74	2,18	0,63	1,80	0					
F20	2,85	2,28	1,02	1,27	0,79	1,12	2,02	1,51	1,45	0,39	0,88	0,79	1,98	1,26	3,13	0,56	2,78	1,19	0				
F23	2,66	2,47	1,05	1,21	0,96	1,24	2,21	1,67	1,64	0,35	0,89	0,75	1,79	1,10	2,96	0,46	2,61	1,09	0,20	0			
F30	2,45	2,98	1,99	1,98	1,88	2,20	2,75	2,60	2,48	1,28	1,82	1,61	1,60	1,55	2,16	0,54	1,78	0,19	1,09	0,97	0		
F33	2,65	2,56	1,52	1,63	1,34	1,68	2,31	2,06	1,95	0,81	1,36	1,19	1,77	1,36	2,65	0,01	2,28	0,63	0,56	0,47	0,54	0	
F34	2,59	2,54	1,02	1,15	0,99	1,25	2,27	1,69	1,68	0,31	0,86	0,70	1,72	1,03	2,93	0,50	2,59	1,11	0,26	0,08	0,98	0,50	0

EK 7: M Aracı Müşterileri İçin Ziyaret Sayısı ve Satış Bilgileri

Müşteri Kodu	Haftalık Ziyaret Sayısı	9 aylık Satış (39 Hafta)	Haftalık Satış (kg)	Ziyaret Başı (kg)
M1	4	2278,01	58,41051	14,60263
M2	4	2208,32	56,62359	14,1559
M3	4	2264,36	58,06051	14,51513
M4	1	1042,78	26,73795	26,73795
M5	1	2325,79	59,63564	59,63564
M6	1	1278,02	32,76974	32,76974
M7	1	1183,67	30,35051	30,35051
M8	2	583,97	14,97359	7,486795
M9	2	438,13	11,2341	5,617051
M10	2	889,41	22,80538	11,40269
M11	2	548,74	14,07026	7,035128
M12	2	563,02	14,43641	7,218205
M13	2	2048,63	52,52897	26,26449
M14	2	933,86	23,94513	11,97256
M15	2	1132,02	29,02615	14,51308
M16	2	924,43	23,70333	11,85167
M17	3	552,31	14,16179	4,720598
M18	3	458,94	11,76769	3,922564
M19	3	586,52	15,03897	5,012991
M20	2	257,44	6,601026	3,300513
M21	2	1943,32	49,82872	24,91436
M22	2	1624,27	41,64795	20,82397
M23	2	462,49	11,85872	5,929359
M24	2	918,21	23,54385	11,77192
M25	2	586,21	15,03103	7,515513
M26	2	662,67	16,99154	8,495769
M27	2	612,64	15,70872	7,854359
M28	2	696,94	17,87026	8,935128
M29	2	1101,66	28,24769	14,12385
M30	2	572,7	14,68462	7,342308
M31	2	769,3	19,72564	9,862821
M32	2	1304,7	33,45385	16,72692
M33	2	1945,04	49,87282	24,93641
M34	2	774,62	19,86205	9,931026
M35	2	947,84	24,30359	12,15179

EK 8: F Aracı Müşterileri İçin Ziyaret Sayısı ve Satış Bilgileri

Müşteri Kodu	Haftalık Ziyaret Sayısı	9 Aylık Satış (39 Hafta)	Haftalık Satış (kg)	Ziyaret Baş (kg)
F1	3	2499,98	64,10205	21,36735
F2	2	288,39	7,394615	3,697308
F3	1	498,85	12,79103	12,79103
F4	2	186,42	4,78	2,39
F5	2	676,76	17,35282	8,67641
F6	2	770,78	19,76359	9,881795
F7	2	55,58	1,425128	0,712564
F8	2	513,22	13,15949	6,579744
F9	2	444,51	11,39769	5,698846
F10	2	356,99	9,15359	4,576795
F11	2	806,63	20,68282	10,34141
F12	2	628,3	16,11026	8,055128
F13	2	512,3	13,1359	6,567949
F14	2	1437,53	36,85974	18,42987
F15	1	1574,65	40,37564	40,37564
F16	2	601,88	15,43282	7,71641
F17	2	265,77	6,814615	3,407308
F18	2	1177,33	30,18795	15,09397
F19	2	2565,72	65,78769	32,89385
F20	2	971,16	24,90154	12,45077
F21	2	593,4	15,21538	7,607692
F22	1	572,12	14,66974	14,66974
F23	2	650,79	16,68692	8,343462
F24	2	4550,9	116,6897	58,34487
F25	2	599,95	15,38333	7,691667
F26	2	774,63	19,86231	9,931154
F27	2	567,19	14,54333	7,271667
F28	1	689,4	17,67692	17,67692
F29	1	2300,55	58,98846	58,98846
F30	1	569,02	14,59026	14,59026
F31	2	886,46	22,72974	11,36487
F32	2	824,8	21,14872	10,57436
F33	2	513,44	13,16513	6,582564
F34	2	1256,81	32,2259	16,11295
F35	2	1758,76	45,09641	22,54821

EK 9: Ekleme Maliyetleri ve Müşteri Atamaları

SALI				
	S1 (M11)	S2 (F25)	S1(M11)(Araç 1)	S2(F25)(Araç 2)
M1	2,89	4,80	1	0
M2	2,43	4,34	1	0
M3	2,00	4,78	1	0
M10	1,04	4,69	1	0
M11	0,00	9,40	1	0
M20	3,09	4,24	1	0
M21	0,67	5,54	1	0
M22	2,43	6,67	1	0
M24	0,15	6,13	1	0
M27	3,08	3,15	1	0
F1	1,05	0,38	0	1
F4	0,98	3,56	1	0
F12	5,74	0,19	0	1
F13	3,09	3,96	1	0
F16	4,87	1,23	0	1
F17	4,67	1,22	0	1
F18	1,00	0,11	0	1
F21	4,96	1,00	0	1
F24	0,05	1,35	0	1
F25	6,13	0,00	0	1
F26	0,03	0,93	1	0
F32	2,30	0,86	0	1
ÇARŞAMBA				
	S1(M17)	S2(F29)	S1(M17)(Araç 1)	S2(F29)(Araç 2)
M12	3,11	7,56	1	0
M14	0,04	4,52	1	0
M15	0,00	3,77	1	0
M17	0,00	7,37	1	0
M18	0,34	6,18	1	0
M19	0,23	7,09	1	0
M23	0,51	5,04	1	0
M25	0,20	5,40	1	0
M26	2,65	7,13	1	0
M29	0,39	6,32	1	0
M30	0,93	6,36	1	0
M31	0,34	3,58	1	0
M33	0,07	4,19	0	1
M35	0,10	3,71	1	0
F2	0,04	2,53	1	0
F5	1,03	2,92	1	0
F10	2,43	0,15	0	1
F11	1,61	2,27	0	1
F20	0,68	3,67	1	0
F23	0,62	3,33	1	0
F28	1,72	2,19	0	1
F29	5,21	0,00	0	1
F33	1,04	2,92	1	0
F34	0,56	3,26	0	1

EK 9: Ekleme Maliyetleri ve Müşteri Atamaları (Devamı)

PERSEMBE				
	S1(M28)	S2(F35)	S1(M28)(Araç 1)	S2(F35)(Araç 2)
M1	1,16	5,01	1	0
M2	0,88	4,55	1	0
M3	0,49	4,97	1	0
M8	0,23	4,77	1	0
M9	1,18	4,61	1	0
M13	1,99	3,67	1	0
M16	0,81	3,54	1	0
M28	0,00	8,99	1	0
M32	0,74	5,67	1	0
M34	2,08	6,62	1	0
F1	0,62	0,45	0	1
F6	0,56	1,79	1	0
F7	3,86	0,25	0	1
F8	2,86	0,06	0	1
F9	2,41	0,73	0	1
F14	0,03	1,33	0	1
F19	0,20	1,50	0	1
F22	0,00	1,10	1	0
F27	2,38	2,12	0	1
F31	3,12	1,71	0	1
F35	5,54	0,00	0	1
CUMA				
	S1(M11)	S2(F25)	S1(M11)(Araç 1)	S2(F25)(Araç 2)
M1	2,89	4,80	1	0
M2	2,43	4,34	1	0
M3	2,00	4,78	1	0
M10	1,04	4,69	1	0
M11	0,00	9,40	1	0
M17	4,19	6,24	1	0
M18	2,32	5,27	1	0
M19	3,45	6,04	1	0
M20	3,09	4,24	1	0
M21	0,67	5,54	1	0
M22	2,43	6,67	1	0
M24	0,15	6,13	1	0
M27	3,08	3,15	1	0
F4	0,98	3,56	1	0
F12	5,74	0,19	0	1
F13	3,09	3,96	1	0
F16	4,87	1,23	0	1
F17	4,67	1,22	0	1
F18	1,00	0,11	0	1
F21	4,96	1,00	0	1
F24	0,05	1,35	0	1
F25	6,13	0,00	0	1
F26	0,03	0,93	0	1
F32	2,30	0,86	0	1

EK 9: Ekleme Maliyetleri ve Müşteri Atamaları (Devamı)

CUMARTESİ				
	S1(M12)	S2(F3)	S1(M12)(Araç 1)	S2(F3)(Araç 2)
M12	0,00	8,37	1	0
M14	0,43	4,78	1	0
M15	0,46	3,94	1	0
M23	0,18	5,48	1	0
M25	0,46	5,76	1	0
M26	0,01	7,89	1	0
M29	0,68	6,74	1	0
M30	0,39	6,86	1	0
M31	0,05	3,92	1	0
M33	0,31	4,46	0	1
M35	0,20	3,96	1	0
F1	0,01	0,81	0	1
F2	0,14	2,67	1	0
F3	1,86	0,00	0	1
F5	0,08	3,42	1	0
F10	1,50	0,42	0	1
F11	0,40	2,91	0	1
F20	0,00	4,11	1	0
F23	0,00	3,74	1	0
F30	0,29	2,73	0	1
F33	0,08	3,43	1	0
F34	0,00	3,64	1	0

EK 10: Tüm Müşteriler İçin Tasarruf Matrisleri

Salı																							
	M1	M2	M3	M10	M11	M20	M21	M22	M24	M27	F1	F4	F12	F13	F16	F17	F18	F21	F24	F25	F26	F32	
M1	0	6,35	6,06	4,98	4,09	6,39	4,68	6,25	4,01	5,33	1,54	4,47	2,37	6,12	3,32	3,33	1,02	0,83	1,38	2,18	0,95	2,82	
M2		0	5,92	4,90	3,93	6,01	4,57	5,89	3,91	5,10	1,52	4,47	2,20	5,80	3,11	3,13	1,00	0,76	1,40	2,02	0,96	2,73	
M3			0	5,38	4,47	5,58	5,08	6,33	4,41	4,68	1,41	4,70	1,86	5,36	2,73	2,75	0,90	0,56	1,49	1,68	1,02	2,47	
M10				0	4,80	4,56	5,47	5,79	4,84	3,82	1,20	4,69	1,30	4,38	2,05	2,08	0,73	0,30	1,58	1,15	1,08	2,01	
M11					0	3,58	5,74	5,81	6,50	2,78	0,72	3,79	0,49	3,38	1,10	1,13	0,37	0,00	1,58	0,38	1,09	1,20	
M20						0	4,22	5,67	3,56	5,58	1,62	4,21	2,62	6,39	3,59	3,60	1,09	1,00	1,30	2,43	0,89	2,98	
M21							0	5,94	5,73	3,45	1,05	4,41	1,01	4,03	1,72	1,75	0,61	0,16	1,62	0,87	1,11	1,73	
M22								0	5,35	4,64	1,32	4,77	1,74	5,40	2,64	2,66	0,82	0,45	1,55	1,56	1,06	2,34	
M24									0	2,86	0,84	3,92	0,64	3,38	1,26	1,28	0,46	0,04	1,62	0,53	1,11	1,35	
M27										0	1,70	3,67	2,89	5,65	3,85	3,86	1,18	1,22	1,16	2,70	0,80	3,19	
F1											0	1,27	1,47	1,64	1,69	1,70	1,25	0,87	0,64	1,40	0,49	1,77	
F4												0	1,35	4,08	2,07	2,09	0,79	0,37	1,53	1,21	1,05	2,08	
F12													0	2,69	4,94	4,78	1,29	3,67	0,34	6,05	0,23	2,78	
F13														0	3,66	3,67	1,11	1,05	1,27	2,50	0,87	3,04	
F16															0	5,77	1,37	2,70	0,59	4,75	0,41	3,32	
F17																0	1,37	2,60	0,61	4,59	0,42	3,34	
F18																	0	0,92	0,38	1,26	0,30	1,33	
F21																		0	0,04	3,96	0,03	1,52	
F24																				0	0,28	1,12	0,76
F25																					0	0,19	2,64
F26																						0	0,54
F32																							0

EK 10: Tüm Müşterileri İçin Tasarruf Matrisleri (Devamı)

Çarşamba																								
	M12	M14	M15	M17	M18	M19	M23	M25	M26	M29	M30	M31	M33	M35	F2	F5	F10	F11	F20	F23	F28	F29	F33	F34
M12	0	5,40	4,31	7,15	5,37	6,46	6,70	6,52	9,73	7,31	7,92	5,23	5,23	4,87	3,45	5,22	2,31	4,80	5,70	5,32	4,74	2,70	5,23	5,19
M14		0	4,71	5,79	5,28	5,65	5,57	5,80	5,41	5,81	5,70	4,84	5,50	5,01	3,58	4,05	1,38	3,39	4,75	4,52	3,30	1,31	4,05	4,48
M15			0	4,78	4,63	4,75	4,49	4,68	4,32	4,70	4,58	4,14	4,63	4,44	3,50	3,42	1,12	2,84	3,97	3,84	2,76	1,00	3,41	3,83
M17				0	6,71	8,00	6,37	6,77	7,08	7,60	7,37	4,94	5,47	4,98	3,55	4,27	1,38	3,59	5,02	4,70	3,50	1,37	4,27	4,63
M18					0	6,90	5,25	5,71	5,35	6,05	5,76	4,29	4,97	4,53	3,36	3,49	0,97	2,84	4,20	3,97	2,75	0,86	3,49	3,93
M19						0	5,98	6,44	6,41	7,06	6,77	4,71	5,33	4,83	3,49	3,96	1,20	3,28	4,71	4,43	3,19	1,14	3,96	4,37
M23							0	6,50	6,71	6,71	6,88	5,27	5,41	5,03	3,56	4,75	1,77	4,09	5,50	5,14	4,00	1,84	4,75	5,05
M25								0	6,52	6,98	6,87	5,13	5,54	5,07	3,59	4,47	1,57	3,79	5,22	4,91	3,70	1,57	4,47	4,83
M26									0	7,29	7,90	5,24	5,24	4,88	3,46	5,20	2,26	4,75	5,70	5,32	4,69	2,61	5,21	5,19
M29										0	7,69	5,17	5,54	5,07	3,59	4,59	1,62	3,93	5,34	4,99	3,84	1,67	4,59	4,90
M30											0	5,26	5,48	5,05	3,57	4,85	1,83	4,23	5,55	5,18	4,14	1,95	4,85	5,07
M31												0	4,87	4,77	3,50	4,48	1,72	3,83	5,11	4,95	3,74	1,70	4,48	4,92
M33													0	5,05	3,59	4,07	1,42	3,42	4,74	4,54	3,33	1,35	4,07	4,51
M35														0	3,58	4,00	1,44	3,38	4,60	4,45	3,29	1,37	4,00	4,43
F2															0	3,09	1,19	2,66	3,39	3,35	2,59	1,06	3,08	3,36
F5																0	2,27	4,62	4,95	4,85	4,53	2,38	5,30	4,75
F10																	0	2,71	1,97	1,95	2,78	3,66	2,27	1,91
F11																		0	4,27	4,18	5,11	2,93	4,63	4,09
F20																			0	5,32	4,18	2,04	4,95	5,19
F23																				0	4,09	1,99	4,85	5,18
F28																					0	3,03	4,54	4,00
F29																						0	2,39	1,93
F33																							0	4,75
F34																								0

EK 10: Tüm Müşterileri İçin Tasarruf Matrisleri (Devamı)

Perşembe																					
	M1	M2	M3	M8	M9	M13	M16	M28	M32	M34	F1	F6	F7	F8	F9	F14	F19	F22	F27	F31	F35
M1	0	6,35	6,06	5,47	6,57	5,54	5,34	5,82	6,56	6,98	1,54	3,27	1,01	0,99	2,65	1,24	0,96	1,30	4,06	3,60	1,97
M2		0	5,92	5,39	6,23	5,23	5,30	5,48	6,18	6,35	1,52	3,25	0,93	0,93	2,53	1,25	0,98	1,31	3,86	3,39	1,82
M3			0	5,86	5,81	4,79	5,03	5,97	6,46	6,24	1,41	3,12	0,73	0,74	2,22	1,34	1,09	1,36	3,47	3,01	1,50
M8				0	5,26	4,32	4,70	5,79	5,90	5,64	1,32	2,98	0,58	0,61	1,98	1,39	1,16	1,38	3,12	2,66	1,25
M9					0	5,56	5,35	5,45	6,19	6,62	1,57	3,29	1,06	1,03	2,70	1,21	0,92	1,28	4,11	3,64	2,02
M13						0	4,89	4,38	5,12	5,92	1,71	3,28	1,52	1,44	3,27	1,01	0,70	1,13	4,81	4,38	2,70
M16							0	4,54	5,16	5,35	1,56	3,29	0,98	0,97	2,53	1,19	0,90	1,27	3,77	3,31	1,81
M28								0	6,57	6,79	1,15	2,76	0,39	0,42	1,76	1,49	1,35	1,41	2,99	2,52	1,03
M32									0	7,02	1,44	3,16	0,79	0,79	2,35	1,34	1,09	1,36	3,69	3,22	1,64
M34										0	1,57	3,29	1,13	1,08	2,84	1,24	0,96	1,30	4,36	3,94	2,25
F1											0	1,59	1,00	1,04	1,69	0,56	0,33	0,71	1,77	1,74	1,32
F6												0	0,92	0,94	2,22	1,04	0,73	1,17	2,93	2,62	1,53
F7													0	3,24	2,40	0,06	0,00	0,15	1,99	2,46	4,00
F8														0	2,25	0,09	0,01	0,18	1,86	2,24	3,22
F9															0	0,48	0,24	0,64	3,77	4,11	3,44
F14																0	1,21	1,24	0,75	0,60	0,18
F19																	0	0,96	0,46	0,33	0,04
F22																		0	0,91	0,76	0,31
F27																			0	4,89	3,24
F31																				0	3,93
F35																					0

EK 10: Tüm Müşterileri İçin Tasarruf Matrisleri (Devamı)

Cuma																								
	M1	M2	M3	M10	M11	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M24	M27	F4	F12	F13	F16	F17	F18	F21	F24	F25	F26	F32
M1	0	6,35	6,06	4,98	4,09	6,97	6,40	6,94	6,39	4,68	6,25	4,01	5,33	4,47	2,37	6,12	3,32	3,33	1,02	0,83	1,38	2,18	0,95	2,82
M2		0	5,92	4,90	3,93	6,34	6,10	6,35	6,01	4,57	5,89	3,91	5,10	4,47	2,20	5,80	3,11	3,13	1,00	0,76	1,40	2,02	0,96	2,73
M3			0	5,38	4,47	6,20	6,46	6,36	5,58	5,08	6,33	4,41	4,68	4,70	1,86	5,36	2,73	2,75	0,90	0,56	1,49	1,68	1,02	2,47
M10				0	4,80	5,14	5,47	5,33	4,56	5,47	5,79	4,84	3,82	4,69	1,30	4,38	2,05	2,08	0,73	0,30	1,58	1,15	1,08	2,01
M11					0	4,55	4,73	4,77	3,58	5,74	5,81	6,50	2,78	3,79	0,49	3,38	1,10	1,13	0,37	0,00	1,58	0,38	1,09	1,20
M17						0	6,71	8,00	6,63	4,94	6,97	4,27	5,59	4,49	2,69	6,37	3,71	3,71	1,05	0,96	1,37	2,50	0,94	2,94
M18							0	6,90	5,83	5,26	6,83	4,58	4,84	4,71	1,95	5,58	2,85	2,87	0,91	0,59	1,49	1,77	1,01	2,52
M19								0	6,43	5,16	7,17	4,49	5,34	4,61	2,37	6,15	3,36	3,36	0,99	0,79	1,43	2,19	0,98	2,78
M20									0	4,22	5,67	3,56	5,58	4,21	2,62	6,39	3,59	3,60	1,09	1,00	1,30	2,43	0,89	2,98
M21										0	5,94	5,73	3,45	4,41	1,01	4,03	1,72	1,75	0,61	0,16	1,62	0,87	1,11	1,73
M22											0	5,35	4,64	4,77	1,74	5,40	2,64	2,66	0,82	0,45	1,55	1,56	1,06	2,34
M24												0	2,86	3,92	0,64	3,38	1,26	1,28	0,46	0,04	1,62	0,53	1,11	1,35
M27													0	3,67	2,89	5,65	3,85	3,86	1,18	1,22	1,16	2,70	0,80	3,19
F4														0	1,35	4,08	2,07	2,09	0,79	0,37	1,53	1,21	1,05	2,08
F12															0	2,69	4,94	4,78	1,29	3,67	0,34	6,05	0,23	2,78
F13																0	3,66	3,67	1,11	1,05	1,27	2,50	0,87	3,04
F16																	0	5,77	1,37	2,70	0,59	4,75	0,41	3,32
F17																		0	1,37	2,60	0,61	4,59	0,42	3,34
F18																			0	0,92	0,38	1,26	0,30	1,33
F21																				0	0,04	3,96	0,03	1,52
F24																					0	0,28	1,12	0,76
F25																						0	0,19	2,64
F26																							0	0,54
F32																								0

EK 10: Tüm Müşterileri İçin Tasarruf Matrisleri (Devamı)

Cumartesi																						
	M12	M14	M15	M23	M25	M26	M29	M30	M31	M33	M35	F1	F2	F3	F5	F10	F11	F20	F23	F30	F33	F34
M12	0	5,40	4,31	6,70	6,52	9,73	7,31	7,92	5,23	5,23	4,87	1,76	3,45	1,89	5,22	2,31	4,80	5,70	5,32	4,60	5,23	5,19
M14		0	4,71	5,57	5,80	5,41	5,81	5,70	4,84	5,50	5,01	1,62	3,58	1,05	4,05	1,38	3,39	4,75	4,52	3,37	4,05	4,48
M15			0	4,49	4,68	4,32	4,70	4,58	4,14	4,63	4,44	1,54	3,50	0,84	3,42	1,12	2,84	3,97	3,84	2,85	3,41	3,83
M23				0	6,50	6,71	6,71	6,88	5,27	5,41	5,03	1,71	3,56	1,40	4,75	1,77	4,09	5,50	5,14	4,01	4,75	5,05
M25					0	6,52	6,98	6,87	5,13	5,54	5,07	1,66	3,59	1,21	4,47	1,57	3,79	5,22	4,91	3,73	4,47	4,83
M26						0	7,29	7,90	5,24	5,24	4,88	1,76	3,46	1,85	5,20	2,26	4,75	5,70	5,32	4,57	5,21	5,19
M29							0	7,69	5,17	5,54	5,07	1,66	3,59	1,26	4,59	1,62	3,93	5,34	4,99	3,85	4,59	4,90
M30								0	5,26	5,48	5,05	1,71	3,57	1,45	4,85	1,83	4,23	5,55	5,18	4,12	4,85	5,07
M31									0	4,87	4,77	1,72	3,50	1,36	4,48	1,72	3,83	5,11	4,95	3,81	4,48	4,92
M33										0	5,05	1,64	3,59	1,09	4,07	1,42	3,42	4,74	4,54	3,40	4,07	4,51
M35											0	1,66	3,58	1,11	4,00	1,44	3,38	4,60	4,45	3,37	4,00	4,43
F1												0	1,61	0,96	1,77	1,15	1,72	1,76	1,76	1,74	1,77	1,76
F2													0	0,92	3,09	1,19	2,66	3,39	3,35	2,69	3,08	3,36
F3														0	1,88	3,39	2,30	1,60	1,58	2,17	1,88	1,54
F5															0	2,27	4,62	4,95	4,85	4,56	5,30	4,75
F10																0	2,71	1,97	1,95	2,57	2,27	1,91
F11																	0	4,27	4,18	4,86	4,63	4,09
F20																		0	5,32	4,21	4,95	5,19
F23																			0	4,14	4,85	5,18
F30																				0	4,56	4,07
F33																					0	4,75
F34																						0

