



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YER SEÇİMİ ve ARAÇ ROTALAMA
PROBLEMİ: GIDA SEKTÖRÜNDE BİR
UYGULAMA

Esra YAŞAR

YÜKSEK LİSANS

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2017

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.

Esra YAŞAR

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YER SEÇİMİ ve ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ: GIDA SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Esra YAŞAR

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ahmet Reha BOTSALI

2017, Sayfa

Jüri

Yrd. Doç. Dr. Ahmet Reha BOTSALI
Prof. Dr. Mehmet AKTAN
Doç. Dr. İsmail Karaoğlan

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte günümüzde şirketlerin kâr marjlarını artırabilmeleri için tedarik zinciri süreçlerini çok iyi yönetmeleri ve bu süreç içerisinde kararlarını maliyetleri en aza indirgeyerek kesin ve hızlı bir şekilde vermeleri gerekmektedir.

Bu çalışmada gıda sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın verileri kullanılarak potansiyel depo yerlerinden şirketin müşterileri ve siparişleri doğrultusunda yönetilebilecek en verimli depolar matematiksel model ile belirlenmiş; seçilen depolara müşteriler atanmış ve belirlenen her depo ve ilgili müşteri grubu için kapasite kısıtlı araç rotalama problemi farklı yaklaşımlarla çözülmüştür. Çalıştığımız bu temel problem literatürde yer seçimi ve araç rotalama problemi olarak da tanımlanmaktadır. Gerçek veriler üzerinden çalışılan bu yer seçimi ve araç rotalama problemi için farklı yaklaşımlarla elde edilen sonuçlar kıyaslanmış ve öneriler getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi, Yer Seçimi ve Araç Rotalama Problemi, Tavlama Benzetimi

ABSTRACT

MS THESIS

LOCATION ROUTING PROBLEM AN APPLICATION IN FOOD INDUSTRY

Esra YASAR

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTIN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN INDUSTRIAL ENGINEERING**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Ahmet Reha BOTSALI

2017, Pages

Jury

Asst. Prof. Dr. Ahmet Reha BOTSALI

Prof. Dr. Mehmet AKTAN

Assoc. Prof. Dr. İsmail KARAOĞLAN

In today's world, in line with the technological development, the companies should manage supply chain process in the best way in order to increase their profit margin. Also in this process, it is necessary for the companies to have a good decision making mechanism that results in fast and minimum cost decisions.

In this study, using the data of a food processing company, the best warehouse locations and their assigned customers are determined via mathematical programming with respect to the location and customer requirement constraints. For each opened warehouse facility and its assigned customer group, capacitated vehicle routing problem is solved using different approaches. This integrated problem is referred in the literature as location-routing problem. For this location-routing problem with real life data, we compare solutions obtained by different approaches and provide suggestions.

Key Words: Capacitated Vehicle Routing Problem, Location Routing Problem, Simulated Annealing

ÖNSÖZ

Şirketler günümüzde mevcut müşterilerini korumak, geliştirmek ve müşterilerine daha iyi hizmet sağlayabilmek için maliyetlerini azaltma yoluna gitmektedirler. Bir ürün veya hizmet giderlerinde ise lojistik maliyeti önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmanın amacı ise şirketlere lojistik maliyetlerini azaltma konusunda yardım etmek, yer seçimi ve araç rotalama problemi çözümü ile depo yeri seçimi ve araç rotalama problemlerinin çözüm yönteminde şirketlere yol göstermektir.

Bu çalışma sürecinde öncelikle danışmanlık yaparak sorduğum tüm soruları sabırla cevaplayan, değerli bilgi ve desteğini esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet Reha BOTSALI' ya, jüri üyelerim olarak bu teze değerli katkılarda bulunan Sayın Prof. Dr. Mehmet AKTAN ve Sayın Doç. Dr. İsmail KARAOĞLAN' a, bu süreçte hep yanımda olan aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Esra YAŞAR
KONYA - 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Araç Rotalama Problemi (ARP)	4
2.2. Yer Seçimi ve Araç Rotalama Problemi (YSARP)	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	8
3.1. Materyal	8
3.1.1. Yer Seçimi ve Araç Rotalama Problemi	8
3.1.2. Yer Seçimi ve Araç Rotalama Problemi Çeşitleri	11
3.1.3. Araç Rotalama Problemi (ARP)	15
3.1.4. Araç Rotalama Problemi Çeşitleri	15
3.2. Metot	24
3.2.1. Problem tanımı.....	24
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	29
4.1. Verilerin Toplanması	29
4.2. Varsayımlar.....	29
4.3. Araştırma Bulguları	30
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	33
5.1. Sonuçlar ve Öneriler	33
KAYNAKLAR	35
EK-1 Sonuç Görüntüsü	38
EK-2 Depo ve Müşteri Çizimleri	39
EK-3 Program Ara Yüz Görüntüsü	40
EK-4 Program Ara Yüz Görüntüsü	41
EK-5 Depo ve Müşterilerin Gösterimi	42

EK-6 Maliyet ve İterasyon Grafiği.....	43
EK-7 Çözümün Müşteri ve Depo Ataması	44
ÖZGEÇMİŞ	45



SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

ARP	: Araç Rotalama Problemi
TDARP	: Topla Dağıt Araç Rotalama Problemi
GSP	: Gezgin Satıcı Problemi
GTARP	: Geri Toplamalı Araç Rotalama Problemi
KARP	: Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi
YSARP	: Yer Seçimi ve Araç Rotalama Problemi
MKARP	: Mesafe Kısıtlı Araç Rotalama Problemi



1. GİRİŞ

Günümüzde firmaların üretim teknolojileri gelişmekte ve standartlaşmaktadır. Bu yüzden şirketlerin kâr elde edebilecekleri ve rakipleriyle mücadele edebilecekleri alan olarak tedarik zinciri yönetimi, dolayısı ile lojistik bilimi önemini artırmış durumdadır. Şirketler bu kapsamda özellikle depo yeri seçimlerinde ve ürün dağıtım konularında doğru karar vermelidir. Müşteriye ürünü hızlı bir şekilde ve aynı kalitede ulaştırmak ve bu ulaşımı sağlarken de maliyetlerini doğru yönetebilmek şirketlerin asıl ve önemli görevlerindedir.

Müşteri kaybetmemek için şirketlerin sipariş alınan ürünü beklenen zamanda müşteriye teslim etmesi önemli bir etkidir. Müşterilere ürünleri hızlı bir şekilde ulaştırabilmek için depo ile müşteri arasındaki mesafenin kısa olması, bunun için de tüm müşteri konumlarının kontrol edilerek depoların müşteriler arasında uygun yerlere yerleştirilmesi gerekmektedir. Depoların yerlerinin belirlenmesi ve depolardan müşterilere sevkiyat yapılması tedarik zinciri yönetiminde yer seçimi ve rotalama problemi (location-routing problem) olarak adlandırılmaktadır. Alt problemlere depo yeri seçimi ve araç rotalama problemi olarak ayrılabilen yer seçimi ve araç rotalama probleminin çözümü şirketlerin depo yeri ve/veya tesis yeri seçimi ile ilgili yatırım kararlarını müşteri siparişlerini baz alarak şekillendirir.

Alınan ürün siparişlerinde bir müşterinin araç kapasitesi kadar sipariş vermesi durumunda herhangi bir sorunla karşılaşmaz. Ancak müşterinin siparişi araç kapasitesinin altında veya üstünde olduğu durumlarda diğer müşteri siparişleri de kontrol edilerek ürünleri birleştirme ve teslim etme yoluna gidilir. Bu durumda ise araç rotalama problemi önem arz eder.

Literatürde bu konularla ilgili ilk çalışılan konu gezgin satıcı problemi (GSP) olmuştur. GSP herhangi bir kısıt olmaksızın bir aracın müşteriler arasındaki rotasının belirlenmesidir. GSP'ye kısıtlar eklenerek ve araç sayısı artırılarak araç rotalama problemleri (ARP) bütününe dönüştürülür. Araç rotalama problemleri ise kısıtlar, yol durumu gibi özelliklerine göre sınıflara ayrılabilir.

Şirketler için lojistik maliyetleri giderek artmakta ve şirketlerin hem müşterilere daha hızlı ulaşabilmek hem de kâr marjlarını artırabilmek için tedarik zinciri birimlerini

güçlendirmeleri gerekmektedir. Bu yüzden lojistik maliyetlerini alandaki rakip firmalarla rekabet edebilmek için minimum düzeye indirmeleri gerekmektedir. ARP bu noktada önem kazanmaktadır.

Bu tezde Konya’da gıda sektöründe faaliyet gösteren bir şirketin müşterilerinin ortalama ürün siparişleri alınarak YSARP çözülmüş olup şirketin önermiş olduğu 7 depodan hangilerinin açılıp hangilerinin açılmayacağına karar verilmiştir. Böylelikle şirketin faaliyet gösterdiği şehir de depo olarak sunulduğu için merkezi depo seçimi de değerlendirilmiştir. Depolar belirlendikten sonra ise her depo için ARP çözülmektedir. Müşterilerin siparişleri şehirler üzerine kaydedilmiş ve müşteri adresleri yalnızca mevcut olduğu şehir olarak güncellenmiştir. Şirketin sahip olduğu 55.000 müşteri bu şekilde 77 müşteriye düşürülmüş, problem girdileri azaltılmıştır.

Literatürde YSARP için farklı çözüm yöntemleri bulunmaktadır. Tez kapsamında literatür incelenmiş olup çözüm yöntemleri sınıflandırmaları dikkate alınarak çözümler sağlanmıştır. Başlangıçta YSARP’nin alt problemi olan depo yeri seçimi için; problemimiz standart YSARP’ ye periyodiklik ve envanter eklenmiş olarak bir matematiksel model oluşturulmuş ve çözülmüştür. Belirlenen depolar üzerinden ARP incelenmiş, ikinci matematiksel model oluşturulmuş ve problem çözülmüştür. Son olarak ise YSARP bir bütün olarak incelenmiş, metasezgisel çözüm yöntemi olan tavlama benzetimi ile çözüme gidilmiştir. ARP konusu bir problem olarak ele alındığı için kaynakları incelenmiş ve çalışılmıştır.

Tez kapsamında ele alınan temel problem literatürde karşılığı olmayan bir problemdir ve genel anlamda bu probleme en yakın çalışılan konu YSARP olduğu için bu konu ele alınmıştır. Standart bir YSARP’ de yalnızca bir dönem siparişleri olur ve yer seçimi kararı ve araç rotalama konuları bu döneme göre değerlendirilir. Ancak bu tezdeki problemde birden fazla dönem vardır ve bu dönemlerin sonucu olarak yer seçimi kararı ve dönemlerin araç rotalama konuları vardır. Bu açıdan probleme en yakın problem periyodik YSARP’ dir. Periyot konusunun yanısıra tezde çalışılan problemde bir de envanter konusu vardır. Periyodik YSARP’ ye envanter konusunun eklenmesi gerekir. Bu yüzden literatürde buna ilişkin bir problem ve model bulunmamaktadır.

Genel problem hakkında bilgi veren bu birinci bölümün ardından ikinci bölümde kaynak araştırmasına yer verilmiştir. Bir bütün olarak ele alınan yer seçimi ve araç

rotalama problemi (YSARP) hakkında literatür araştırması yapılmış ve alt problem olarak ele alınan araç rotalama problemi ile ilgili çalışmalar hakkında da bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde YSARP ve ARP ile ilgili tanımlamalar yapılmış, literatüre göre sınıflandırmalara yer verilmiş ve kullanılan çözüm yöntemleri anlatılmıştır. Metot bölümünde ise kullanılan modeller hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde problem verilerinin toplanması, problem üzerindeki varsayımlar ifade edilmiş ve bulunan sonuçlar değerlendirilmiştir.

Son bölüm olan beşinci bölümde ise sonuçlar yeniden özet olarak değerlendirilmiş ve sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde yer seçimi ve araç rotalama problemi ve araç rotalama problemi tanıtarak bu problemlere ilişkin literatür taramaları sunulmuştur.

2.1. Araç Rotalama Problemi (ARP)

“Araç rotalama problemi, bir merkezi depoda yerleşmiş bulunan ve her biri aynı veya farklı kapasitelere sahip olan araçlar filosunun, her biri farklı bir yerleşime ve bilinen talebe sahip olan bir müşteriler kümesine toplam seyahat mesafesini veya süresini en küçükleyecek şekilde hizmet sunarak depoya geri dönmesi için gerekli rotaların belirlenmesi problemidir.” (Çetin ve Gencer, 2010) İlk defa 1959 yılında Dantzig ve Ramser tarafından “The Truck Dispatching Problem” adlı makalede literatüre sunulmuş ve ilk kez bu makalede matematiksel model kurulmuştur.

Laporte ve Nobert tarafından (1987) yılında yapılan çalışmada kesin çözüm yöntemleri incelenmiştir. Ağaç arama yöntemi, dinamik programlama ve tam sayılı doğrusal programlama olmak üzere 3 grup olarak sınıflandırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Osman (1993) çalışmasında tavlama benzetimi algoritması geliştirmiştir. Farklı bir soğutma tekniği kullanarak tavlama benzetimi algoritmasını kapasite kısıtlı araç rotalama problemine (KARP) uygulamıştır.

Gendrau ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada zaman pencereci araç rotalama problemi metasezgisel çözüm yöntemleri ile çözülmüştür.

Laport ve Semet (2002) çalışmalarında ARP çözüm yöntemlerinden klasik sezgisel çözüm yöntemlerini hız, kesinlik, basitlik ve esneklik olmak üzere 4 kriteri baz alarak kıyaslamışlardır.

Naddef ve Rinaldi (2002) KARP’yi dal ve kesme algoritması ile çözmüşlerdir. Çözümde elde edilen bazı alt sınırlar önceki çözülmüş olan sonuçlardan daha iyi çıkmıştır.

Toth ve Vigo (2002) çalışmalarında KARP’ de dal ve sınır algoritmasını incelemiş olup test problemleri ile sonuçlarını değerlendirmişlerdir.

Zeng ve ark. (2005) çalışmalarında önerilen bir yerel arama yöntemi için algoritma önerilmiş ve sonuçları tavlama benzetimi ile kıyaslanmıştır.

Baldacci ve ark. (2008) çalışmalarında KARP için yeni kesme kriterleri ve kümelemeye yönelik yeni bir kesin algoritma sunmuşlardır.

Leung ve ark. (2010) çalışmalarında iki boyutlu yükleme kısıtı olan KARP'yi tavlama benzetimi ile çözmüşlerdir. Problemin içerisinde yükleme bileşeni de vardır ve kombinatoriyal bir problemidir.

Xiao ve ark. (2013) çalışmalarında tavlama benzetimi ile değişken komşu arama yöntemini birlikte kullanmış ve araç rotalama problemini çözmüşlerdir.

Çizelge 2.1. ARP için Literatür Taraması

YIL	YAZAR	ÇÖZÜM YÖNTEMİ
1987	Laporte ve Nobert	Kesin Çözüm Yöntemleri
1993	Osman	Tavlama Benzetimi
2002	Toth ve Vigo	Dal ve Sınır Algoritması
2002	Naddef ve Rinaldi	Dal ve Kesme Algoritması
2002	Laporte ve Semet	Klasik Sezgiseller
2002	Gendrau ve ark.	Meta Sezgiseller
2005	Zeng ve ark.	Tavlama Benzetimi
2008	Baldacci ve ark.	Kesin Çözüm Yöntemleri
2010	Leung ve ark.	Tavlama Benzetimi
2013	Xiao ve ark.	Tavlama Benzetimi

2.2. Yer Seçimi ve Araç Rotalama Problemi (YSARP)

Literatürde mevcut olan yer seçimi ve araç rotalama ile ilgili problemler çeşitlilik göstermektedir. Bu problem farklı birçok yönden ele alınmış olup önce tesis-depo yerleşimini sonra da rotalama problemini ele alarak ayrı ayrı çözüm getiren çalışmalar mevcuttur.

Literatüre ilk kazandırılan çalışma Laporte ve Nobert tarafından 1981 yılında yapılmıştır. Bu çalışmada dal-sınır algoritması kullanılmış ve deponun yerleşim yerine karar verilmiştir.

Laporte ve ark. (1983) çalışmalarında 7 aday yerleşim yeri ve 40 müşterisi olan YSARP Gomory kesmeleri kullanılarak çözülmüştür.

Madsen ve ark. (1983) çalışmalarında 4500 müşterisi olan bir gazete dağıtım problemini ele almış, farklı sezgisel yöntemler oluşturarak çözüme ulaşmışlardır.

Perl-Daskin (1985) çalışmalarında YSARP çözümü için karışık tam sayılı programlama modeli kurmuş ve 3 aşamalı sezgisel bir metotla problemi çözmüştür. Veri boyutunun büyüklüğünden dolayı problemin çözümü için sezgisel algoritma kullanılmıştır.

Laporte ve ark. (1988) tarafından yapılan çalışmada ana problem 3 farklı gösterimine göre incelenmiştir. Bunlardan birincisi kapasite kısıtlı araç rotalama problemi, ikincisi maliyet kısıtlı araç rotalama problemi, üçüncüsü ise maliyet kısıtlı yer seçimi ve araç rotalama problemidir. 80 müşterili problem dal ve sınır algoritması ile çözülmüştür.

Tüzün ve Burke (1999) yalnızca araç kısıtı ve birden fazla aday yerleşim yeri olan YSARP' yi iki aşamaya ayırmış ve çözümünü de ayrı ayrı tabu arama algoritması ile yapmıştır.

Wu ve ark. (2002) ise çok depolu YSARP' yi birincisi yer seçimi ve araç rotalama problemi, ikincisi ise araç rotalama problemi olarak sınıflandırmış ve problemi çözmüştür. Her iki problemi de tavlama benzetimi sezgiseli ile çözmüşlerdir.

Albareda ve Sambola (2005) ise çalışmalarında kapasite kısıtlı YSARP, iki aşamalı bir tabu arama algoritmasıyla 30 müşteri için çözmüştür.

Belenguer ve ark. (2006) çalışmalarında kapasite kısıtlı YSARP çözümü için matematiksel model oluşturmuş, dal ve kesme algoritmasını kullanarak iki test probleminde test etmiş ve çözüme ulaşmışlardır.

Berger ve ark. (2007) çalışmalarında 100 müşteri ve 10 aday yerleşim yeri olan mesafe kısıtlı YSARP çözümünde matematiksel model oluşturulmuş ve dal ve fiyat algoritması (branch and price algorithm) kullanarak problemi çözmüş ve kesin sonuç bulunmuşlardır.

Karaoğlan ve Altıparmak (2011) yılında eş zamanlı topla-dağıt YSARP' yi genetik algoritma ve tavlama benzetimi algoritmaları ile birlikte çözmüşlerdir.

Jokar ve Sahraeian (2012) çalışmalarında kapasite kısıtlı YSARP üzerine çalışmışlardır. Başlangıç çözümünü greedy algoritması ile belirlemişler ve tavlama benzetimi algoritması ile de son çözümü bulmuşlardır.

Ting ve Chen (2013) ise kapasite kısıtlı YSARP' yi; yer seçimi, müşteri ataması ve araç rotalama problemi olmak üzere 3 alt probleme ayırmışlardır. 200 den fazla müşteriye sahip olan alt problemlerin hepsi karınca kolonileri algoritması çözülmüştür.

Escobar ve ark. (2014) çalışmalarında YSARP' yi tanecikli tabu arama algoritması ve komşu arama algoritmalarını birleştirerek yeni bir sezgisel algoritma geliştirmişlerdir.

Yu ve Lin (2015) çalışmalarında YSARP' den araçların müşterilerine ürünü dağıttıktan sonra dağıtım merkezi veya depoya geri dönmemesi konusu ile ayrılan açık yer seçimi ve araç rotalama problemini meta sezgisel çözüm yöntemi olan tavlama benzetimi ile çözmüşlerdir.

Golmohammadi ve ark. (2016) çalışmalarında YSARP için matematiksel model kurmuş ve sezgisel yöntemlerden yaylımcı rekabetçi algoritma ile çözülmüştür.

Nadizadeh ve ark. (2017) çalışmalarında kapasite kısıtlı YSARP' yi yeni bir karma sezgisel geliştirerek çözmüşlerdir. Bu sezgiselin birinci aşamasında başlangıç çözümü açgözlü kümeleme algoritması, ikinci aşaması ise genetik algoritma kullanılmıştır. Bu sezgisellerin birinci aşamasında 4 adım ve ikinci aşamasında 2 adım olmak üzere birleştirilmiş sezgisel toplamda 6 adımdan oluşmaktadır.

Çizelge 2.2. YSARP için Literatür Taraması

YIL	YAZAR	ÇÖZÜM YÖNTEMİ
1981	Laporte ve Nobert	Dal ve Sınır Algoritması
1983	Laporte ve ark.	Gomory Kesmeleri
1983	Madsen ve ark.	Sezgisel Yöntemler
1985	Perl-Daskin	Sezgisel Yöntemler
1988	Laporte ve ark.	Dal ve Sınır Algoritması
1999	Tüzün ve Burke	Tabu Arama
2002	Wu ve ark.	Tavlama Benzetimi
2005	Albareda ve Sambola	Tabu Arama
2006	Belenguer ve ark.	Dal ve Kesme Algoritması
2007	Berger ve ark.	Branch and Price (dal ve fiyat algoritması)
2011	Karaoğlan ve Altıparmak	Genetik Algoritma-Tavlama Benzetimi
2012	Jokar ve Sahraeian	Tavlama Benzetimi
2013	Ting ve Chen	Karınca Kolonileri
2014	Escobar ve ark.	Sezgisel Yöntemler
2015	Yu ve Lin	Tavlama Benzetimi
2016	Golmohammadi ve ark.	Sezgisel Yöntemler
2017	Nadizadeh ve ark.	Sezgisel Yöntemler

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde çalışmada kullanılan materyal ve yöntemler hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1. Materyal

Bu bölümde Yer Seçimi ve Araç Rotalama Problemi (YSARP) ve Araç Rotalama Problemi (ARP) ile ilgili genel bilgiler verilerek çeşitlerinden ve çözüm yöntemlerinden bahsedilecektir.

3.1.1. Yer Seçimi ve Araç Rotalama Problemi

YSARP; 1961 yılında Boventer tarafından kavram olarak ilk kez literatüre kazandırılmıştır. Laport ve Nobert tarafından 1981 yılında ilk kesin algoritma kurulmuştur.

YSARP temelde iki konunun bütünleşik halidir. Bunlardan birincisi yer seçimi konusu ikincisi ise rotalama problemidir. Literatürde iki alt problemi aynı anda çözen ve iki alt problemi farklı çözüm yollarıyla sıralı olarak çözen çalışmalar mevcuttur.

YSARP, NP (nondeterministic polynomial time)-zor problem sınıfında olup çözülmesi oldukça zordur. Boyutu büyük olan problemler için kesin çözüm yöntemleri etkili olmayabilir. Bu yüzden kesin çözüm yöntemleriyle çözüme ulaşılamayan durumlarda sezgisel yöntemlerle çözüm aranır.

Literatürde Hassanzadeh ve arkadaşlarının (2009) çalışmasında YSARP konusu ile ilgili bir model aşağıdaki gibi sunulmuştur.

L: Tedarik kaynaklar kümesi (ilk katman)

I: Muhtemel depolar kümesi (ikinci katman)

J: Müşteriler kümesi (üçüncü katman)

K: Araç rotaları kümesi

Parametreler:

m : izin verilen azami araç rotası sayısı

$C = (c_{ij})$, $(i, j \in I \cup J)$: mesafe matrisi

$T = (t_{ijk})$, $(i, j \in I \cup J; k \in K)$: tüm depo ve müşteriler için sırasıyla tur zamanı

g_i : i. deponun sabit kurulum maliyetleri

v_i : i. depoda her parti için gereken değişken maliyet

V_i : i. depodaki maksimum ürün hacmi

s_{ij} : j müşterisine ürün taşıma maliyeti

d_j : j müşterisinin talebi

T_{kj} : kullanılan k aracının j müşterisine ürün bırakma süresi

D_k : k rotasında kullanılan araç sayısı

E_k : k rotasının maksimum mesafe uzunluğu

T_k : k rotasında izin verilen maksimum durak sayısı

p_k : k rotasındaki aracın mesafe maliyeti

q_{ij} : i deposundan j müşterisine teslimat için katlanılan sabit maliyet

Değişkenler:

$$X_{ijk} : \begin{cases} 1 \text{ eğer } k \text{ aracı } j \text{ müşterisine giderse} \\ 0 \text{ aksi takdirde} \end{cases}$$

$$Y_j : \begin{cases} 1 \text{ j müşterisi } i \text{ deposundan ürün alırsa} \\ 0 \text{ aksi takdirde} \end{cases}$$

$$Z_{ij} : \begin{cases} 1 \text{ j müşterisi } i \text{ deposundan ürün alırsa} \\ 0 \text{ aksi takdirde} \end{cases}$$

$$W_{li} : \begin{cases} 1 \text{ i deposu } l \text{ kaynağından ürün alırsa} \\ 0 \text{ aksi takdirde} \end{cases}$$

Matematiksel Model

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{En Küçük } Z = \sum_{i \in I} g_i y_i + \sum_{l \in L} \sum_{i \in I} s_{li} w_{li} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (v_i d_j + q_{ij}) z_{ij} + \sum_{k \in K} \sum_{i \in (I \cup J)} \sum_{j \in (I \cup J)} p_k c_{ij} x_{ijk} \quad (3.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in (IUJ)} x_{ijk} = 1 \quad (j \in J) \quad (3.2)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in (IUJ)} d_j x_{ijk} \leq D_k \quad (k \in K) \quad (3.3)$$

$$\sum_{i \in (IUJ)} \sum_{j \in (IUJ)} c_{ij} x_{ijk} \leq E_k \quad (k \in K) \quad (3.4)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in (IUJ)} \tau_{kj} x_{ijk} + \sum_{i \in (IUJ)} \sum_{j \in (IUJ)} t_{ij} x_{ijk} \leq T_k \quad (k \in K) \quad (3.5)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in S} \sum_{j \in (IUJ) - S} x_{ijk} \geq 1 \quad (2 \leq |S| \leq |IUJ|; S \subseteq IUJ; S \cap J \neq \emptyset) \quad (3.6)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ijk} \leq 1 \quad (3.7)$$

$$\sum_{j \in (IUJ)} x_{jik} - \sum_{j \in (IUJ)} x_{ijk} = 0 \quad (k \in K, i \in IUJ) \quad (3.8)$$

$$\sum_{l \in L} w_{li} - \sum_{j \in J} d_j z_{ij} = 0 \quad (i \in I) \quad (3.9)$$

$$\sum_{l \in L} w_{li} \leq V_i y_i \quad (i \in I) \quad (3.10)$$

$$-z_{ij} + \sum_{u \in IUJ} (x_{iuk} + x_{ujk}) \leq 1 \quad (i \in I; j \in J, k \in K) \quad (3.11)$$

$$x_{ijk} = 0, 1 \quad (i \in I; j \in J, k \in K) \quad (3.12)$$

$$y_i = 0, 1 \quad (i \in I) \quad (3.13)$$

$$z_{ij} = 0, 1 \quad (i \in I, j \in J) \quad (3.14)$$

$$w_{li} \geq 0 \quad (l \in L; i \in I) \quad (3.15)$$

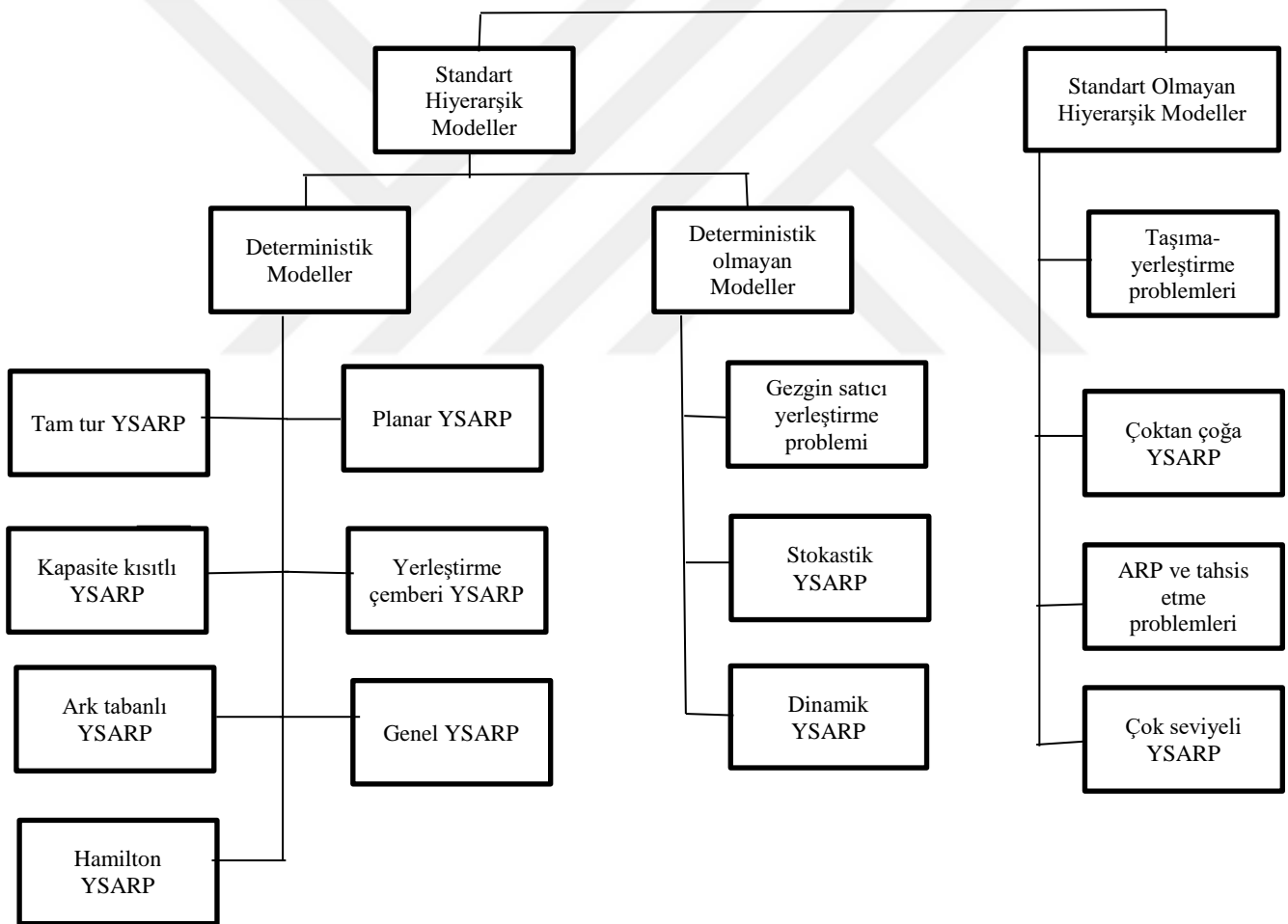
Amaç fonksiyonu (3.1) eşitsizliği ile verilmiş olup sırasıyla depo sabit maliyetleri, tedarik kaynak noktası teslimat maliyeti, değişken depolama ve teslimat maliyetleri toplamıdır. (3.2) numaralı kısıt bir müşteriye yalnızca bir aracın gitmesini sağlar. (3.3)-(3.5) numaralı denklemler sırasıyla araç kapasitesi, maksimum rota uzunluğu ve maksimum rota durak sayısı kısıtlarıdır. (3.6) numaralı kısıt her müşterinin bir depoya bağlanmasını sağlar. (3.7) numaralı kısıt ise akış kısıtıdır ve herhangi bir noktaya giren ve çıkan aracın aynı olmasını sağlar. (3.8) numaralı kısıt bir aracın yalnızca bir depodan çıkmasını sağlar. (3.9) numaralı kısıt depoya giren ve çıkan ürün miktarlarının eşit olmasını sağlar. (3.10) numaralı kısıt depo kapasite kısıtıdır. (3.11) numaralı kısıt i deposu

ve j müşterisi k aracını kullandığı durumda z_{ij} 1 eşit olma zorunluluğunu sağlar. (3.12)-(3.15) kısıtları ise değişkenlerin tam sayı olma ve negatif sayı olmama kısıtlarıdır.

3.1.2. Yer Seçimi ve Araç Rotalama Problemi Çeşitleri

Literatürde YSARP yi sınıflandıran pek çok çalışma mevcuttur. (Laporte ve ark.,1988; Berman ve ark., 1995; Nagy ve Salhi, 2007; Lopes ve ark. 2008)

Lopes ve ark. (2008) YSARP' yi yapısal olarak aşağıdaki şekildeki gibi gruplandırmıştır. Bu gruplandırmanın ardından her grubu kendi içinde çözüm yöntemleri ve amaç fonksiyonlarına göre gruplandırmıştır.



Şekil 3.1.YSARP Çeşitleri

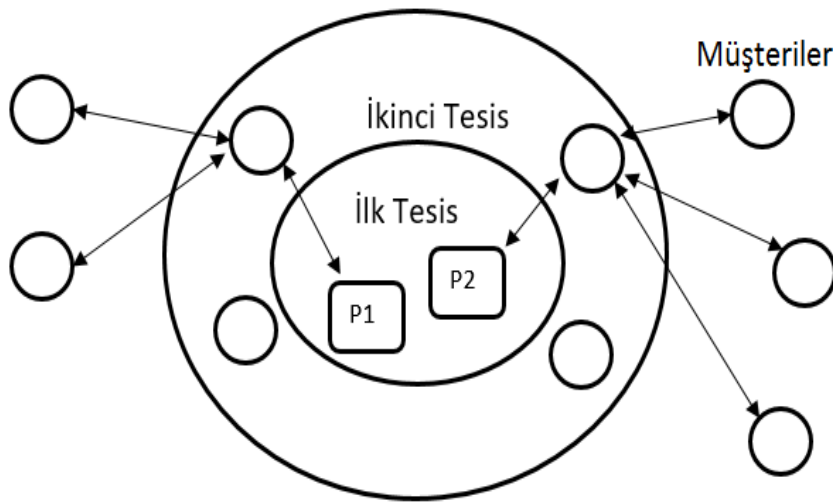
Min ve ark. (1998) ise literatürdeki çalışmalarını inceleyerek YSARP yi aşağıdaki gibi sınıflandırmışlardır.

- 1) Hiyerarşik seviye
 - a) Tek seviyeli
 - b) Çift seviyeli
- 2) Talep yapısı
 - a) Deterministik
 - b) Stokastik
- 3) Yerleşim yeri sayısı
 - a) Tek yerleşim yeri
 - b) Çoklu yerleşim yeri
- 4) Araç filosu büyüklüğü
 - a) Tek araç
 - b) Çok araç
- 5) Araç kapasitesi
 - a) Kapasitesiz
 - b) Kapasiteli
- 6) Yerleşim yeri kapasitesi
 - a) Kapasitesiz
 - b) Kapasiteli
- 7) Yerleşim yeri seviyesi
 - a) Birinci seviye
 - b) İkinci seviye
- 8) Planlama ufku
 - a) Tek periyot
 - b) Çoklu periyot
- 9) Zaman kısıtı
 - a) Son termin zamanı tanımlanmamış
 - b) Gevşek son teslim tarihi
 - c) Kesin son teslim tarihi
- 10) Amaç fonksiyonu
 - a) Tek amaçlı fonksiyon
 - b) Çok amaçlı fonksiyon
- 11) Model verileri

- a) Hipotek veri
- b) Gerçek hayat veri

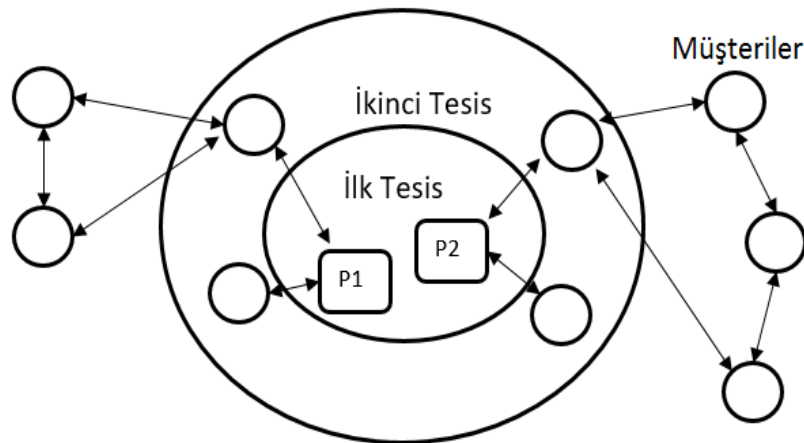
7. bölüm olan yerleşim yeri seviyesini Laporte (1988) aşağıdaki gibi 4 sınıfa ayırmıştır. Yapılan bu çalışmada temel süreç 3 katmana ayrılır, ilk katman fabrikayı, ikinci katman depoyu üçüncü katman ise müşteriyi temsil eder.

3/R/R: Genellikle hacimli ürünlerin tedarikinde tercih edilir, ikinci tesislerden müşterilere büyük yüklerin gönderimi sağlanır.



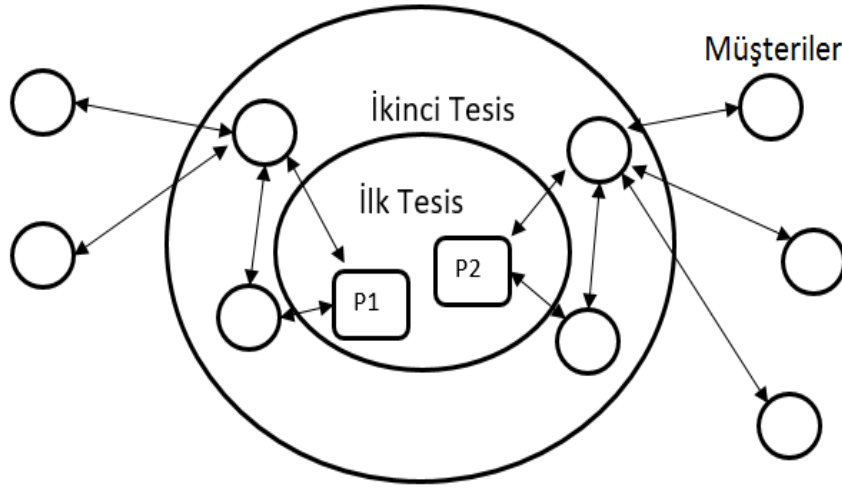
Şekil 3.2.3/R/R Katman Diyagramı (Laporte 1988)

3/R/T: İkinci katmanda büyük yükler müşterilerin talepleri doğrultusunda küçük yüklere ayrılarak müşterilere ulaştırılır.



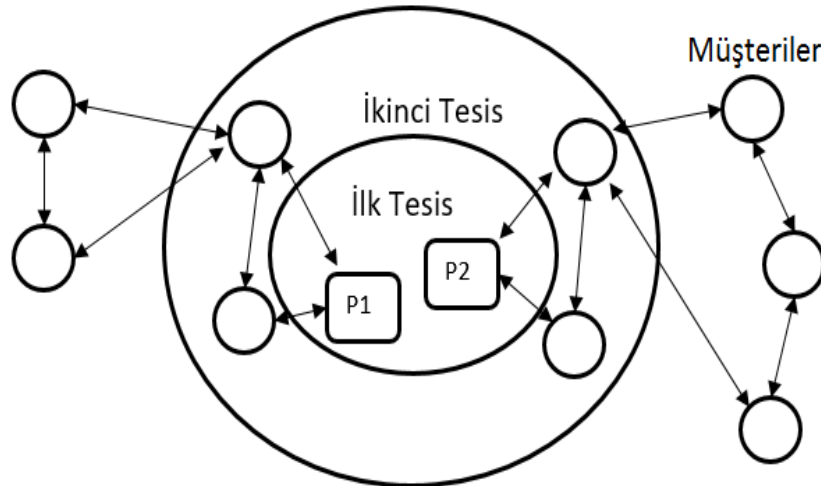
Şekil 3.3.3/R/T Katman Diyagramı (Laporte 1988)

3/T/R: Aşağıdaki şekilde ifade edildiği gibi ürünlerin birincil tesislere geri dönüşü yapılıır.



Şekil 3.4.3/T/R Katman Diyagramı (Laporte 1988)

3/T/T: Bu durumla genelde gazete dağıtımında karşılaşılır. Birincil tesislerden ürünler ikincil tesislere yönlendirilir ve buradan da müşterilere ürün dağıtımları gerçekleştirilir.



Şekil 3.5.3/T/T Katman Diyagramı (Laporte 1988)

Geleneksel bir araç rotalama problemi aşağıda verilmiş olan özellikleri taşımaktadır:

(Caccetta ve Hill, 2001)

1. Tek çeşit ürün, bir depodan, öncesinde verilmiş olan taleplerle müşterilere ulaştırılmaktadır.
2. Her müşterinin ürün talebi bir araç tarafından karşılanmaktadır.
3. Araçların taşıyabilecekleri ürün miktarı aynıdır ve her araç yalnızca bir tur yapmaktadır.
4. Gidilen toplam uzaklıkta bir aracın kapasitesi aşılamamaktadır.
5. Her müşteriye belirli bir zaman aralığında hizmet sunulmaktadır.
6. Araç rotalama probleminde temel amaç, araçların gideceği toplam mesafeyi en aza indirmektir.

ARP değişen amaçlar ve farklılaşan kısıtlar dolayısı ile çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir, ancak temelde; kapasite kısıtlı araç rotalama problemleri, mesafe kısıtlı araç rotalama problemleri, zaman pencereci araç rotalama problemleri, geri toplamalı araç rotalama problemleri, dağıtım ve toplamalı araç rotalama problemleri olarak sınıflandırılabilir.

3.1.4.1 Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi (KARP)

KARP' de tek merkez depodan veya belirli depolardan müşteri taleplerini en az maliyetle karşılamak için homojen araç filosundan her aracın bir rotayı oluşturabileceği şekilde çözülen ARP çeşididir. Bu çalışmada KARP çözüleceği için uygulama alanında detaylı anlatılacaktır.

3.1.4.2. Mesafe Kısıtlı Araç Rotalama Problemi (MKARP)

Araç kapasitesinin ve maksimum mesafe kısıtlarının birlikte bulunduğu ARP' ler mesafe-kapasite kısıtlı araç rotalama problemi olarak adlandırılır (Toth ve Vigo,2002). ARP'ye kısıt olarak en fazla mesafenin eklenmesi durumudur. Her bir rotanın uzunluğu probleme verilen mesafe değerini geçmemelidir. MKARP, uzun süre taşınamayan ürünlerin taşınması, kullanılan araç şoförlerinin uzun süre araç kullanamaması gibi durumlarda kullanılabilir.

3.1.4.3. Zaman Pencereci Araç Rotalama Problemi (ZPARP)

ZPARP'nde her müşterinin hizmet alacağı zaman aralıkları belirlidir ve kapasite kısıtına ilave olarak düğümlerin zamanlama kısıtları da probleme dahil edilir. “Günlük hayatta bu problemle ilgili birçok örnekle karşılaşabiliriz. Müşterilerin siparişlerini internet üzerinden vererek gün içerisinde teslim aldıkları e-market sistemleri bu probleme en güzel örneklerden biridir.” (Koç ve Karaoğlan, 2012)

3.1.4.4. Geri Toplamalı Araç Rotalama Problemi (GTARP)

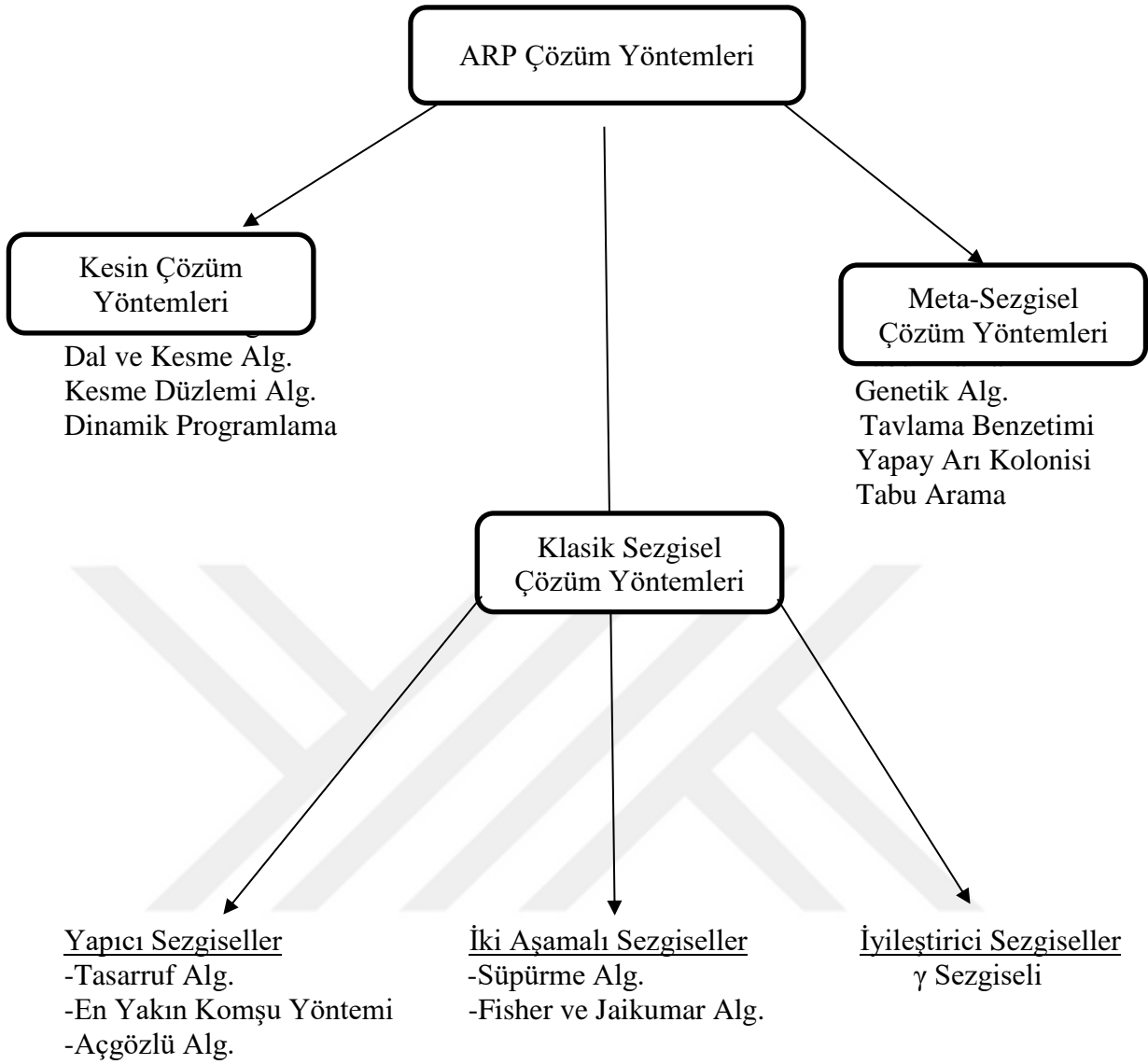
GTARP de ürün talebinde ya da iade ürün talebinde bulunabilirler. Aslında KARP' nin genişletilmiş hali olan GTARP de müşteriler iki alt grupta toplanırlar: ilk gruba ürün teslimatı yapılması gerekirken ikinci grup müşterilerden ürün toplanması yapılması gerekmektedir. (Daneshzand, 2011)

3.1.4.5. Topla Dağıt Araç Rotalama Problemi (TDARP)

TDARP' de müşterilere ürün dağıtımı yapılırken aynı zamanda toplama işlemi de gerçekleştirilir. Toplam ürün miktarı teslim edilecek ürün miktarından toplanacak ürün miktarının çıkarılmasıyla elde edilir, bu sonuç eksiye de düşebilir.

3.1.5. Araç Rotalama Problemleri Çözüm Yöntemleri

ARP çözüm yöntemleri optimum sonucu bulmalarına veya yaklaşık çözüm bulmalarına göre temelde kesin çözüm yöntemleri ve sezgisel çözüm yöntemleri olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Kesin çözüm yöntemlerinde problemin boyutu büyüdükçe çözüm bulma süresi artabilir ve optimum çözüm bulunabilmektedir. Sezgisel yöntemlerde ise boyutu büyük problemlerde daha kısa sürede optimuma yakın çözüme ulaşılabilir. Sezgisel yöntemler ise klasik sezgisel yöntemler ve meta sezgisel yöntemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.



Şekil 3.7 ARP Çözüm Yöntemleri

3.1.5.1. Kesin Çözüm Yöntemleri

ARP için uygulanan kesin çözüm yöntemleri, problemin temelinde de olduğu gibi GSP çözüm yöntemlerinin geliştirilmesi ile oluşmuştur. (Düzakın ve Demircioğlu, 2009)

Dal ve Sınır Algoritması:

Problem daha küçük alt problemlere ayrılır. Alt problemlerin alt ve üst sınırları belirlenir ve alt kümenin sınırları kontrol edilerek çözümü kapsama durumuna göre alt küme gruptan çıkarılır.

Dal ve Kesme Algoritması:

“Dal ve kesme yöntemi, dal-sınır ve kesme düzlemi yöntemlerinin bir birleşimidir.” (Kudva, 1994)

Kesme Düzlemi Algoritması:

Çözüme gevşetilmiş doğrusal programlama modelinin optimum çözümüyle başlanır. Kesme düzlemi algoritmasında tamsayılılığı sağlamak için kısıtlar eklenir.

Dinamik Programlama:

Dinamik programlamada mevcut problem alt problemlere ayrılır ve bu alt problemlerin çözümleri genel çözümle birleştirilerek mevcut problemin çözümü bulunmuş olur.

3.1.5.2. Klasik Sezgisel Çözüm Yöntemleri

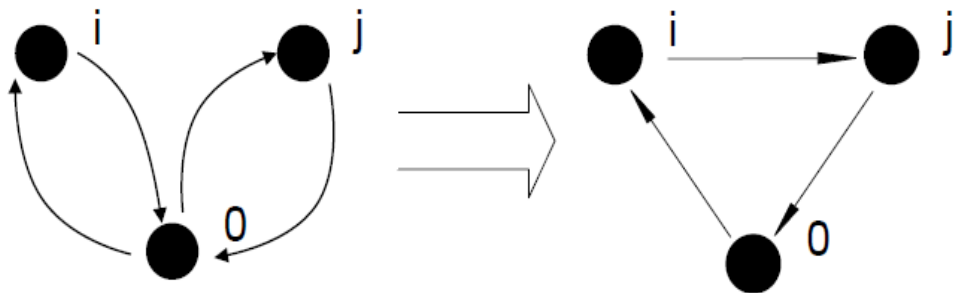
Boyutu büyük olan problemler kesin çözüm yöntemleri ile kısa sürede çözülemeyebilir. Bu şekildeki problemlerin çözümü için 1960 yılından itibaren sezgisel yöntemler geliştirilmektedir. Klasik ARP sezgisel çözüm yöntemleri 3 ana gruba ayrılmaktadır (Toth ve Vigo,2002).

3.1.5.2.1. Yapıcı Sezgiseller

Yapıcı sezgiseller ilk olarak mümkün olmayan çözümden başlar ve her defasında çözümü değiştirerek en mümkün olan çözüme ulaşır. “Bu sınıftaki sezgiseller ile elde edilen çözümlerin en iyi çözümden sapma oranı %10-15 aralığındadır.” (Yıldırım,2014) Aşağıda bazı yapıcı sezgiseller açıklanacaktır.

Tasarruf Algoritması:

1964 yılında Clarke ve Wright tarafından önerildiği için Clarke ve Wright algoritması olarak da bilinir (Celalettin,2013). Bu yöntemde müşteriler arasındaki mesafeler hesaplanır. Her müşteriye ayrı rotalarla ulaşmak yerine müşteriler tek rotalarda kapasiteler kontrol edilerek birleştirilmeye çalışılır ve bu mesafe maliyetleri kazanım olarak hesaplanır, problemde büyük kazanımlardan başlanır.



Şekil 3.8 ARP Çözüm Yöntemleri

En Yakın Komşu Yöntemi:

Bellmore ve Nemhauser tarafından 1966 yılında geliştirilen oldukça basit bir yöntemdir. Müşterilerin depoya ve birbirlerine olan uzaklıkları belirlenir ve depoya en yakın müşteriden başlanarak rota kurulur. Rotaya ilk eklenen müşteriye en yakın müşteriden ilerlenir ve kısıtlar kontrol edilerek rota depoda bitirilir.

Açgözlü Algoritma (Greedy Algorithm):

Bu çalışmada açgözlü algoritması problemin çözümü için bir alternatif olarak kullanılmış ve aşağıdaki gibi algoritma geliştirilmiştir.

Adım 1: Depoya en yakın müşteriye bul ve müşterinin siparişini al

Adım 2: Müşteri siparişini araç kapasitesinden çıkar, eğer araç dolu görünüyorsa bu müşteriye listeden çıkar ve 1. adıma dön

Adım 3: Aksi durumda, araç dolu görünmüyorsa müşteriye listeden çıkar ve bu müşteriye en yakın müşteriye bul

Adım 4: Listede müşteriler bitene kadar adım 1 den tekrar et.

3.1.5.2.2. İki Aşamalı Sezgiseller

İki aşamalı sezgiseller temelde iki alt probleme ayrılarak ARP için çözüm üretirler (Cordeau,2007). Birincisi kümeleme ikincisi ise rotalamadır. İki aşamalı sezgisellerdeki çözüm yöntemleri önce kümeleme sonra rotalama veya önce rotalama sonra kümeleme olarak yapılabilir. Aşağıda bazı iki aşamalı sezgisellerin açıklamaları verilmiştir.

Süpürme Algoritması:

Gillet ve Miller tarafından 1974 yılında önerilen önce kümele sonra rotala yöntemlerindedir. Önerilen algoritma aşağıdaki gibidir (Laporte, 1992):

Her bir nokta için polar koordinatlar belirlenir, başlangıç noktası depo olarak alınır.

Adım 1: Kullanılmamış k aracı seçilir.

Adım 2: En düşük açığa sahip kümelanmemiş bir nokta ile başlanarak, noktalar k araç kapasitesi doluncaya kadar k aracına eklenir. Rotalanmamış nokta kaldıysa adım 1 e dönülür.

Adım 3: Her araç rotası ayrı ayrı GSP yöntemlerinden biri ile optimize edilir.

Fisher ve Jaikumar Algoritması:

Fisher ve Jaikumar tarafından 1981 yılında önerilmiş olup ARP genelleştirilmiş atama metodu ile çözülür. Algoritma adımları aşağıdaki gibidir (Toth ve Vigo, 2002):

Adım 1: Her bir k kümesini başlatmak için V düğüm kümesinden j_k tohum düğümlerinin seçilmesi

Adım 2: Her bir k kümesi için her bir i müşterisinin atamasının $d_{ik} = \min\{c_{0i}+c_{ijk}+c_{jk0}, c_{ojk}+c_{jki}+c_{i0}\}-(c_{0jk}+c_{jk0})$ maliyetinin hesaplanması

Adım 3: d_{ij} maliyeti, q_i müşteri ağırlıkları ve Q araç kapasiteleri ile GAP' ın çözümü.

Adım 4: GAP çözümüne ilişkin her bir küme için ilgili GSP' nin çözümü.

3.1.5.2.3. İyileştirici Sezgiseller

ARP için çözüm bulan yapıcı sezgisel yöntemleri daha verimli sonuçlara ulaşmak için iyileştirmeye çalışan sezgisel yöntemlerdir. İyileştirme sezgiselleri komşuluk arama süreci olarak değerlendirilebilir. Çünkü her tur bir önceki tura göre daha iyi bir komşuluğun olup olmadığını test eder ve değerlendirir. Bu arama daha iyi bir komşuluk kalmayınca kadar devam eder. (Johnson ve McGeoch,1997)

3.1.5.3. Metasezgisel Yöntemler

Metasezgisel algoritmalar kombinatoriyal problemler için geliştirilmiş olan genel optimizasyon teknikleridir. Metasezgisel yöntemlerin en temel özelliği yalnızca belli bir standart problem tipi için değil, tüm kombinatoriyal problemlere uygulanabilir olmasıdır. Bir metasezgisel algoritmanın iyi sonuçlar üretebilmesi için yapılması gereken ilk işlem, yöntemin kavramlarının uygulanacak olan probleme iyi bir şekilde uyarlanmasıdır. (Hertz ve Widmer, 2003) Metasezgisel algoritmaların birçoğu fiziksel veya biyolojik süreçlerin ilkelerine dayanmaktadır. (Breedam,2001) Bu yöntemler temelde; lokal arama, popülasyon arama ve öğrenme mekanizması ile arama olmak üzere 3' e ayrılır.

Metasezgisel yöntemler ile ilgili aşağıdaki gibi genellemeler yapılmıştır (Blum-ve Roli, 2003).

- Metasezgisel yöntemler çözüm arama süreci sırasında kılavuzluk yapan stratejilerdir.
- Yöntemin kullanım amacı, arama uzayını etkin bir şekilde arayıp optimum veya optimuma yakın sonuç(lar) elde etmektir.
- Metasezgisel yöntemler, lokal arama yönteminden karmaşık öğrenme süreçlerine kadar geniş çerçevede uygulanabilirler.

- Yaklaşık yöntemlerdir ve çoğunlukla deterministik değildirler.
 - Arama uzayında lokal optimum çözüm noktalarına takılmayı engelleyecek olan mekanizmaları yöntemin içerisine dahil edebilirler.
 - Probleme özgü yöntemler değildirler, tüm kombinatoriyal problemlere uygulanabilirler.
 - Hafıza tabanlı süreçleri de bulunmaktadır.
- Aşağıda bazı metasezgisel çözüm yöntemlerinin açıklamaları verilmiştir.

Tavlama Benzetimi:

Tavlama benzetimi lokal arama sürecidir ve fiziksel süreçlerin ilkelerine dayanır. Adını katı cisimlerin tavlama işleminden alır. ARP için literatürde bulunan 1993 yılında Osman tarafından çalışılmış olan TB adımları aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Tasarruf yöntemi ile başlangıç S çözümünü oluştur.

Adım 2: Soğutmayı başlatma parametreleri: Amaç fonksiyonu değerlerinde Δ_{max} , Δ_{min} en büyük ve en küçük değişim değerlerini elde etmek ve N_{fes} olarak mevcut değişiklik toplamını değerlendirmek için başlangıç çözümü $N_1(S)$ komşu ara

$$T_s = \Delta_{max}, T_f = \Delta_{min}, T_r = T_s, a = n \times N_{fes}, \gamma = n, R = 3, S_b = S, k = 1$$

Adım 3: $S' \in N_1(S)$ kümesinden bir çözüm seç ve süreçteki değere göre $\Delta = C(S') - C(S)$ hesapla

Adım 4: Eğer $\{\Delta \leq 0\}$ ya da $\Delta > 0$ ve $e^{(-\Delta/T_k)} \geq Q$, Q rastgele seçilen bir sayıdır, $0 < Q < 1$

Yeni çözüm S' kabul et, sürece göre Δ değerini hesapla $S = S'$

Eğer $C(S') < C(S_b)$, $S_b = S'$ ve $T_b = T_k$, en iyi çözümdeki ısı değeri bulunmuş olur;

Aksi takdirde S yi tut.

Adım 5: Isı değerini aşağıdaki formüle göre güncelle:

Normal azalma kuralı

$$T_k = T_k / (1 + \beta_k T_k) \quad \beta_k = (T_s - T_f) / (\alpha + \gamma(k^{-1})) \quad T_s \quad T_f \quad \text{ya da}$$

Rastgele artış kuralı

Eğer döngü herhangi bir değişim hareketini kabul etmeden tamamlanırsa, formül aşağıdaki gibi güncellenir

$$T_r = \max\{T_r/2, T_b\} \quad \text{ve} \quad T_k = T_r$$

$$k = k + 1$$

Adım 6: Durdurma kriteri sağlandığı an en iyi çözüm olarak S_b ve hesaplama zamanını göster, aksi takdirde adım 3 e dön.

Tabu Arama Yöntemi:

TA yöntemi literatürde yasaklı arama olarak da geçer. Bulunan veya başlangıçta verilen çözümle yetinmeyip sürekli en iyi çözümü arayan bir metasezgisel çözüm yöntemidir. Ulaşılamayan noktaların kötü çözümler aracılığı ile ulaşılabilir olması için arama süresince en kötü çözümleri de değerlendirmeye alır. Algoritma adımları aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Başlangıç çözümü (S) kaydedilir ve parametrelere değerler atanır.

Adım 2: Komşu çözümler incelenir ve en iyi olanı (S_{eni}) seçilir.

Adım 3: Başlanılan çözüm en iyi olan çözümler değiştirilir ve tabu listesi yenilenir.

Adım 4: Durdurma kriteri sağlanana kadar önceki adımlar tekrar edilir. (Karaboğa, 2011)

Genetik Algoritma:

GA, popülasyon tabanlı, doğadan ilham alınarak oluşturulan bir metasezgisel algoritmadır. Algoritma adımları aşağıdaki gibidir: (Karaboğa, 2011)

Adım 1: Çözümlere karşılık gelen bir başlangıç popülasyonu oluştur.

Adım 2: Popülasyondaki her çözümün uygunluk değerini hesapla.

Adım 3: Durdurma kriteri sağlanıyorsa araştırmayı durdur. Yoksa aşağıdaki adımlara geç.

Adım 4: Doğal seçim işlemini uygula (uygunluk değerleri daha yüksek olan çözümler yeni popülasyonda daha fazla temsil edilirler.)

Adım 5: Çaprazlama işlemini uygula (mevcut iki çözümden yeni iki çözüm üretilir)

Adım 6: Mutasyon işlemini uygula (çözümlerde rastgele değişimler meydana getirilir). Yeni popülasyonu oluştur.

Adım 7: Adım 2 ye git.

Yapay Arı Kolonisi Algoritması:

Arıların davranışlarından esinlenilerek Sato ve Hagiwara tarafından 1997 yılında oluşturulmuştur. Algoritma adımları aşağıdaki gibidir. (Karaboğa, 2011)

Adım 1: Başlangıç yiyecek kaynağı bölgelerinin üretilmesi

Adım 2: Görevli arıların yiyecek kaynağı bölgelerine gönderilmesi

Adım 3: Olasılık tabanlı seleksiyonda kullanılacak olasılık değerlerinin görevli arılardan gelen bilgiye göre hesaplanması

Adım 4: Gözcü arıların olasılık değerlerine göre yiyecek kaynağı bölgesi seçmeleri

Adım 5: Bırakılacak kaynakların bırakılışı ve kaşif arı üretimi

Adım 6: Maksimum çevrim sayısına ulaşıncaya kadar Adım 2-5 tekrar et.

3.2. Metot

Bu bölümde problem tanımı yapılarak çözüm için oluşturulan tam sayılı lineer matematiksel modeller incelenecek ve çözüm yöntemleri sunulacaktır. Öncelikle depo yeri seçimi ve araç rotalama çalışma alanları olarak iki ayrı model kurulmuş, çözümleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Sonrasında ise iki süreç birleştirilerek meta sezgisel algoritma ile çözüme gidilmiştir.

3.2.1. Problem tanımı

Problemimizi süreçsel olarak ele alırsak; şirketin sahip olduğu müşteriler, mevcut depolar ve açılması muhtemel depolar vardır. Şirket burada hangi depoların açılmasının ve müşterilere hangi sıra ile siparişlerin hangi depodan gitmesinin maliyetinin daha uygun olacağını bilmek istemektedir. Bu yüzden problem YSARP olarak ele alınmıştır. Ancak literatürdeki genel YSARP' den farkı probleme periyodiklik ve envanter süreçleri eklenmiştir. Bununla birlikte yalnızca bir dönem için çözüm değerlendirilmez ve depolar için ödemesi yapılacak olan envanterlerin maliyetleri de probleme dahil edilmiş olup gerçek süreç problemde birebir ortaya konmuştur.

Öncelikli olarak depo yeri seçim sürecini ele alırsak problem şu şekilde tanımlanabilir:

$G=(V,T)$ bir şebeke olsun, burada $V=\{I \cup K\}$ I depo kümesini, K müşteri kümesini göstermektedir. T ise zamanlar düğümünü ifade etmektedir. Problemde araç kısıtı yoktur. Temel amacımız tanımlı olan müşterilere en az maliyetle ulaşabilmek için hangi illerdeki depoların açılması gerektiğine karar vermektir. Veri setinde 7 potansiyel depo yeri önerilmektedir. Her müşterinin siparişi yalnızca bir depodan karşılanıyor olmalı ve müşteri talepleri toplamı fabrikanın kapasitesini aşmamalıdır. Modelin çıktısı 77 müşterinin her birinin hangi depodan ürün alması gerektiğini vermelidir.

Değişkenler

X_{it} = fabrikadan i. depoya t zamanında giden ürün miktarı

Z_{ikt} = i. depodan k müşteriye t zamanında giden ürün miktarı

$Y_i: \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ deposu açılacaksa} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$

I_{it} = i. depoda t zamanında tutulan envanter

Parametreler

d_{kt} = müşteri k' nın t zamanındaki talebi

h_i = i. depodaki envanter

g_{ik} = i. depodan k müşteriye nakliye maliyeti

c_i = fabrikadan i. depoya giden ürün nakliye maliyeti

A_i = i. deponun açılma maliyeti

Ol_{it} =i deposunda t zamanında ekstra ödeme yapılacak olan envanter

I_{min} = i. depo için aylık envanter miktarı (min)

h_i = depo i deki birim envanter tutma maliyeti

N = periyod sayısı

K = fabrikanın kapasitesi

M =büyük bir sayı

Matematiksel Model:

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{En küçük } Z = \sum_{i \in I} A_i * y_i + \sum_{t=1}^N \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} Z_{ikt} * g_{ik} + \sum_{t=1}^N \sum_{i \in I} X_{it} * c_i + \sum_{t=1}^N Ol_{it} * h_i \quad (3.16)$$

Kısıtlar:

$$d_{kt} \leq \sum_{i \in I} Z_{ikt} \quad (\forall t \in T, \forall k \in K) \quad (3.17)$$

$$X_{it} \leq y_i * M \quad (\forall i \in I, \forall t \in T) \quad (3.18)$$

$$Z_{ikt} \leq y_i * M \quad (\forall t \in T, \forall k \in K, \forall i \in I) \quad (3.19)$$

$$I_{i0} = 0 \quad (\forall i \in I) \quad (3.20)$$

$$I_{it} = I_{i(t-1)} + X_{it} - \sum_{k \in K} Z_{ikt} \quad (\forall t \in T, \forall i \in I) \quad (3.21)$$

$$\sum_{i \in I} X_{it} \leq K \quad (\forall t \in T) \quad (3.22)$$

$$Ol_{it} \geq I_{it} - I_{min} \quad (\forall t \in T, \forall i \in I) \quad (3.23)$$

$$Ol_{it} \geq 0 \quad (\forall t \in T, \forall i \in I) \quad (3.24)$$

$$I_{it} \geq 0 \quad (\forall t \in T, \forall i \in I) \quad (3.25)$$

$$X_{it} \geq 0 \quad (\forall t \in T, \forall i \in I) \quad (3.26)$$

$$Z_{ikt} \geq 0 \quad (\forall t \in T, \forall i \in I) \quad (3.27)$$

$$I_{it} \geq 0 \quad (\forall t \in T, \forall i \in I) \quad (3.28)$$

$$Y_i \in \{0,1\} \quad (\forall i \in I) \quad (3.29)$$

Matematiksel modelde amaç fonksiyonu (3.16) eşitsizliği ile verilmiştir. Modelin amaç fonksiyonunda maliyeti minimize etmek amaçlanır. (3.17) numaralı kısıt müşterinin talep ettiği ürün miktarının müşteriye giden ürün miktarından fazla olmamasını sağlamaktadır. (3.18) ve (3.19) numaralı kısıtlar ile açılmayan depolar kullanılmamaktadır. (3.20) numaralı kısıt başlangıç zamanında ürün miktarı “0” olarak başlatılması içindir. (3.21) numaralı kısıt bir dönemdeki depoda tutulan miktarın bulunması içindir. (3.22) numaralı kısıt müşteriye giden ürünlerin toplamının fabrika kapasitesini aşmaması içindir. (3.23) numaralı kısıt depolar için ekstra ödenecek olan ürün miktarını belirler. (3.24)-(3.29) kısıtları ise işaret kısıtıdır.

İkinci aşama olarak KARP için Kurul (2013) tarafından yapılan çalışmada tam sayılı lineer matematiksel model aşağıdaki varsayımlara göre kurulmuş olup çalışmamızda ise birinci modelin verdiği sonuca göre girdiler verilerek çalıştırılmıştır.

- Her müşteri yalnızca bir araç tarafından ziyaret edilir.
- Her aracın rotası depoda başlar ve depoda son bulur.
- Rota üzerindeki toplam müşterilerin talepleri aracın kapasitesini aşamaz.

$G=(V,A)$ bir şebeke olsun, burada $V=\{0,1,\dots,N,N+1\}$ düğümleri, $A=\{(i,j):i, j \in V, i \neq j\}$ arkların kümesini ifade etmektedir. Bu modelde temel amacımız müşterilere ürünleri en az maliyetle ulaştırmaktır. Araç sayısı kadar rota oluşturulur ve bu rotalardan üzerinden müşterilerin her birine ulaşılır.

Değişkenler

$$X_{ijk} : \begin{cases} 1 & k \text{ aracı } i \text{ müşterisinden } j \text{ müşterisine giderse} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

Y_i : Alt tur oluşmasını engelleyen değişken

Parametreler

D_{ij} : i müşterisinden j müşterisine uzaklık

q_i : i müşterisinin talebi

C : araç kapasitesi

N : müşteri sayısı

M : araç sayısı

İndisler

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

$k : \{1, \dots, M\}$

Matematiksel Model:

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{En küçük } Z = \sum_{i=0}^{N+1} \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{N+1} \sum_{k=1}^M D_{ij} * X_{ijk} \quad (3.30)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^{N+1} X_{ijk} = M \quad i=0 \quad (3.31)$$

$$\sum_{i=0}^{N+1} X_{ipk} - \sum_{j=0}^{N+1} X_{pj k} = 0 \quad k=1, \dots, M \quad p=1, \dots, N \quad (3.32)$$

$$\sum_{k=1}^M \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{N+1} X_{ijk} = 1 \quad i=1, \dots, N \quad (3.33)$$

$$\sum_{j=1}^N X_{0, j k} = 1 \quad k=1, \dots, M \quad (3.34)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{i, N+1, k} = 1 \quad k=1, \dots, M \quad (3.35)$$

$$\sum_{i=0}^{N+1} \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{N+1} q_i * X_{ijk} \leq C \quad k=1, \dots, M \quad (3.36)$$

$$Y_j \geq Y_{i+1} - N \left(1 - \sum_{k=1}^M X_{ijk} \right) \quad i=1, \dots, N \quad (3.37)$$

$$j=1, \dots, N \quad i \neq j$$

$$Y_j \geq 0 \quad j=1, \dots, N \quad (3.38)$$

(3.30) numaralı amaç fonksiyonunda araçların toplam aldığı yol en aza indirgenmeye çalışılmaktadır. (3.31) numaralı kısıtta depodan çıkan araç sayısı M olarak belirlenmiştir. (3.32) numaralı kısıtta gidiş ve dönüş yolları eşitlenmiştir. (3.33) numaralı kısıtta müşteriye ulaşmak için yalnızca bir yolun kullanılması içindir. (3.34) ve (3.35) numaralı kısıtlar araçların rotaya depodan başladıklarını ve rotalarının depoda sonlanması içindir. (3.36) kısıtı aracın kapasitesinin aşılmaması içindir. (3.37) ve (3.38) numaralı kısıtlar ise alt turun oluşmasını engellemek içindir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Verilerin Toplanması

Şirketin güncel sipariş aldığı 55.000 müşterisi şehir başlıkları altında toplanmış ve 77 müşteriye düşürülmüştür. Bu müşterilerin 2014-2016 siparişleri tarih bazlı alınarak aylık olarak düzenlenmiş ve bu şekilde 77 müşteri - 28 dönem olarak sipariş verileri oluşturulmuştur.

Müşteri olarak kayıtlı olan şehirler arasındaki mesafe Google Earth aracılığı ile bulunmuş olup iki lokasyon arasındaki en kısa yol alınmıştır. Gidiş-dönüş yolları eşit olarak alınmış, böylelikle uzaklık matrisi simetrik olarak oluşturulmuştur.

Şirket toplamda 11 ürün kategorisine sahiptir. Bu tez kapsamında yalnızca bir ürün kategorisi incelenmiştir. Sipariş bilgileri alınırken bir ürün değil bir ürün kategorisi değerlendirilmiş olup araç kapasitesi ortalama ürün kategorisine göre hesaplanmıştır.

Problem çözümünde 28 dönemin siparişine göre açılması muhtemel olan depolara karar verilmiş sonrasında ikinci adım olan ARP 8 dönemin siparişi baz alınarak çözülmüş ve toplam maliyet ise bu iki çözümün sonucunda elde edilen maliyetler toplanarak elde edilmiştir. ARP için amaç fonksiyonu en kısa yolu bulmak olduğu için çözümün bize verdiği toplam katedilen mesafe maliyete dönüştürülmüştür.

4.2. Varsayımlar

Tez kapsamında problem çalışılırken bazı varsayımlar yapılmıştır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Şirketin sahip olduğu ürün kategorisinden yalnızca çikolata ürün grubu belirlenmiş olup ürünlerin siparişleri gruplanarak toplanmıştır.
- Araç sayısı sınırsız olarak kabul edilmiş, şirketin çözüm dahilinde verilecek olan araç sayısını kabul edeceği varsayılmıştır.
- Açılması muhtemel olan depo sayısı ile ilgili herhangi bir kısıt yoktur. Şirketin önermiş olduğu 7 açılması muhtemel deponun hepsinin açılması olarak çıkan bir çözüm kabul görür.
- Her müşterinin siparişi yalnızca bir depodan karşılanır.
- Araçların mesafeleriyle ilgili herhangi bir kısıt yoktur.

- Problemden zaman planı yapılmadığı için şoför ve/veya ikinci şoför maliyeti hesaba katılmamıştır.
- Toplam maliyetin içerisindeki yol masrafı araç sayısı*100+km olarak hesaplanmıştır.
- Maliyetler enflasyondan arındırılmış reel değerler üzerinden alınmıştır.

4.3 Araştırma Bulguları

Önerilen matematiksel modeller bilgisayar ortamında GAMS modelleme dili kullanılarak yazılmıştır. (Sonuç görüntüsü EK-1 olarak verilmiştir.) Aynı zamanda KARP için önerilmiş olan Fisher algoritması MATLAB programında kodlanmış (Algoritma için kullanılan merkez depo ve müşteri çizimleri EK-2 olarak gösterilmiştir.), Greedy algoritması (aç gözlü algoritma) C # programlama dilinde kodlanmış (Kurulan programın ara yüz görüntüleri EK-3-4 olarak verilmiştir.), KARP ve YSARP çözümü için tavlama benzetimi algoritması MATLAB programında kodlanmıştır. (MATLAB programında merkez depo ve müşterilerin gösterimi EK-5, maliyet ve iterasyon grafiği EK-6, bulunan çözümün müşteri ve depo ataması ise EK-7 ile gösterilmiştir.)

Potansiyel 7 depo yeri önerilen problemde, matematiksel model çözümü 4 yerde depo açılmasını optimal olarak bulmuştur. Önerilen 7 depo İstanbul, Ankara, İzmir, Antalya, Bursa, Diyarbakır, Konya' da bulunmakla birlikte; optimal çözümde kabul edilen depolar ise İstanbul, Ankara, Bursa ve Konya' da dır.

Çizelge 4.1.Matematiksel Model Çözümü Sonucu

Önerilen Depo Sayısı	7 (İstanbul, Ankara, İzmir, Antalya, Bursa, Diyarbakır, Konya)
Çözümde Açılması Uygun Bulunan Depo Sayısı	4 (İstanbul, Ankara, Bursa, Konya)
Maliyet	250.159.821

Bu sonuçtan elde edilen depo-müşteri atamasına göre 4 depo ve 8 dönem için KARP programı aşağıdaki çizelgede gösterildiği üzere çözülmüştür.

Çizelge 4.2. KARP için Elde Edilen Sonuçlar

Dönem	Depo	Fisher Çözümü				Greedy Çözümü				Matematiksel Modelleme Çözümü				Tavlama Benzetimi Çözümü			
		Kullanılan Araç Sayısı	Araç Doluluk Oranı	Toplam km	Toplam Maliyet	Kullanılan Araç Sayısı	Doluluk Oranı	Toplam km	Toplam Maliyet	Kullanılan Araç Sayısı	Araç Doluluk Oranı	Toplam km	Toplam Maliyet	Kullanılan Araç Sayısı	Doluluk Oranı	Toplam km	Toplam Maliyet
1	Ankara Depo	13	90%	19946	21246	13	90%	39877	41177	13	89%	14174	15474	13	92%	19883	21183
	Bursa Depo	21	90%	24536	26536	22	90%	19680	21880	21	94%	19257	21357	21	92%	21953	24053
	İstanbul Depo	3	87%	1085	1385	3	87%	1085	1385	3	87%	1085	1385	3	87%	1085	1385
	Konya Depo	3	79%	812	1112	3	79%	812	1112	3	79%	812	1112	3	79%	812	1112
2	Ankara Depo	14	92%	19154	20554	15	91%	18452	19952	13	92%	15645	16945	14	90%	17231	18631
	Bursa Depo	22	84%	25781	27981	22	83%	25175	27375	22	83%	21743	23943	22	84%	22678	24878
	İstanbul Depo	2	61%	1085	1285	2	61%	1085	1285	2	61%	1085	1285	2	61%	1085	1285
	Konya Depo	3	63%	1546	1846	3	63%	1546	1846	3	63%	1546	1846	3	63%	1546	1846
3	Ankara Depo	13	80%	18420	19720	13	79%	15425	16725	11	89%	13122	14222	12	85%	15452	16652
	Bursa Depo	23	85%	31256	33556	25	79%	30546	33046	22	87%	28655	30855	22	87%	28124	30324
	İstanbul Depo	1	96%	747	847	1	96%	747	847	1	96%	747	847	1	96%	747	847
	Konya Depo	3	87%	1131	1431	3	87%	1131	1431	3	87%	1131	1431	3	87%	1131	1431
4	Ankara Depo	20	76%	18536	20536	19	79%	15134	17034	16	81%	14655	16255	16	81%	16872	18472
	Bursa Depo	21	84%	23564	25664	21	85%	25697	27797	19	88%	20303	22203	20	85%	22000	24000
	İstanbul Depo	2	89%	784	984	2	89%	784	984	2	89%	784	984	2	89%	784	984
	Konya Depo	3	68%	750	1050	3	68%	750	1050	3	68%	750	1050	3	68%	750	1050
5	Ankara Depo	14	80%	19142	20942	14	79%	19771	21171	12	82%	17173	18373	12	82%	18542	19742
	Bursa Depo	23	85%	23222	25522	23	86%	26742	29042	21	89%	21882	23982	21	87%	23800	25900
	İstanbul Depo	2	78%	784	984	2	78%	784	984	2	78%	784	984	2	78%	784	984
	Konya Depo	3	64%	750	1050	3	64%	750	1050	3	64%	750	1050	3	64%	750	1050
6	Ankara Depo	16	88%	17445	19045	17	85%	19888	21588	14	95%	14885	16285	15	90%	16282	17782
	Bursa Depo	21	82%	25425	27925	20	83%	19555	21555	20	84%	18253	20253	20	84%	20153	22153
	İstanbul Depo	2	58%	1266	1466	2	58%	1266	1466	2	58%	1266	1466	2	58%	1266	1466
	Konya Depo	2	81%	837	1037	2	81%	837	1037	2	81%	837	1037	2	81%	837	1037
7	Ankara Depo	4	84%	10525	10925	4	84%	9858	10258	4	84%	8368	8768	4	84%	9526	9926
	Bursa Depo	8	18%	87	887	8	87%	18025	18825	8	87%	16178	16978	8	87%	17120	17920
	İstanbul Depo	3	76%	784	1084	3	76%	784	1084	3	76%	784	1084	3	76%	784	1084
	Konya Depo	3	65%	758	1058	3	65%	758	1058	3	65%	758	1058	3	65%	758	1058
8	Ankara Depo	12	90%	16120	17320	11	92%	16050	17150	11	92%	15121	16221	11	93%	15982	17082
	Bursa Depo	17	85%	18252	19952	17	85%	25141	26841	16	88%	22162	23762	16	88%	24156	25756
	İstanbul Depo	2	73%	784	984	2	73%	784	984	2	73%	784	984	2	73%	784	984
	Konya Depo	3	64%	750	1050	3	64%	750	1050	3	64%	750	1050	3	64%	750	1050
TOPLAM		302	82%	326064	356364	304	82%	359669	390069	283	83%	296249	324549	287	84%	324407	353107

İkinci çözüm olarak tavlama benzetimi ile YSARP, MATLAB programı üzerinde kodlanarak çözüldüğünde ise aşağıdaki sonuçlar elde edilmektedir.

Çizelge 4.3. YSARP-MATLAB Çözümü

Önerilen Depo Sayısı	7 (İstanbul, Ankara, İzmir, Antalya, Bursa, Diyarbakır, Konya)
Çözümde Açılması Uygun Bulunan Depo Sayısı	3 (İstanbul, İzmir, Bursa)
Maliyet	312.509.017

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar ve Öneriler

Bu tez kapsamında Konya’ da gıda sektöründe faaliyet gösteren bir şirketin sunduğu problemler olan YSARP ve ARP konuları için çözümler geliştirilmiştir. YSARP ve ARP kavramları, çeşitleri ve çözüm yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Uygulama bölümünde ise matematiksel modeller firmanın verileri üzerinde kullanılmıştır. Modeller farklı çözüm yöntemleri ile farklı programlarda çalıştırılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. YSARP için problemdeki süreçler dahil edilerek, envanter ve periyot eklenerek yeni bir model kurulmuş ve hem kesin çözüm yöntemi ile hem de meta-sezgisel çözüm yöntemi ile çözümlenerek kıyaslanmıştır. Çalışmanın literatüre katkısı gıda sektöründe gerçek bir problemde uygulanmış olması ve standart YSARP’ lerden farklı olarak yeni bir modelle çözülmüş olmasıdır.

Bu sonuçlara istinaden aşağıdaki özet tablo çıkarılmıştır.

Çizelge 5.1. ARP Çözümleri

	Matematiksel Modelleme	Tavlama Benzetimi	Fisher	Greedy
ARP Çözümü	324.549	353.107	356.264	390.069

Çizelge 5.2. YSARP Çözümleri

	Matematiksel Modelleme	Tavlama Benzetimi
YSARP Çözümü	250.485.370	312.509.017

Yukarıdaki çizelgelerde de görüldüğü gibi ARP’ de amaç fonksiyonumuz kilometreyi en aza indirmek, şirketin amacı da maliyetleri en aza indirmek olduğu için sonuç tablosunda kilometre maliyetleri kıyaslanmıştır. Buna göre 324.549 ile en az maliyetli çözüm matematiksel modelleme ile sağlanmıştır. Bu çözüme kıyasla ikinci olarak % 91,9 verim ile tavlama benzetimi algoritması çözümü, üçüncü olarak %91,10 verim ile Fisher algoritması çözümü, dördüncü olarak ise %82,20 verim ile Greedy algoritması çözümü verilmiştir.

Şirket bünyesinde depo yeri seçimi ve araç rotalama problemlerini çözmek için herhangi bir bilimsel yönteme dayalı program kullanılmadığı için yönetimsel olarak karar

verme konusunda zorluk çekilmektedir. Bunun çözümü olarak ise problem bilimsel açıdan incelenmiş olup şirkete hangi şehirlerde depo yeri açılması ve araçların rotaları ile ilgili bilgiler geri dönüş olarak sunulmuş olup, sonraki süreçler için ARP ve YSARP konularında şirketin kullanması gereken programların matematiksel modelleme çözüm sürecine dayanması gerektiği bilgisi verilmiştir.

Bu çalışmada ulaşılan sonuçlar ve kazanılan tecrübe ışığında gelecek çalışmalarda üretim kararları ve dağıtım kararları birleştirilerek yeni bir model veya ARP ve YSARP için verilen modellere üretim planlama da dahil edilerek çalışılabilir. Ayrıca bu modellerin kısıtları artırılarak çözümler alınmaya çalışılabilir.



KAYNAKLAR

- Albareda-Sambola, M., Díaz, J. A., & Fernández, E. (2005). A compact model and tight bounds for a combined location-routing problem. *Computers & Operations Research*, 32(3), 407-428.
- Augerat, P., Belenguer, J. M., Benavent, E., Corberán, A., Naddef, D., & Rinaldi, G. (1998). Computational results with a branch-and-cut code for the capacitated vehicle routing problem.
- Baldacci, R., Toth, P., & Vigo, D. (2007). Recent advances in vehicle routing exact algorithms. *4OR: A Quarterly Journal of Operations Research*, 5(4), 269-298.
- Bellmore, M., & Nemhauser, G. L. (1968). The traveling salesman problem: a survey. *Operations Research*, 16(3), 538-558.
- Belenguer, J. M., Benavent, E., Prins, C., Prodhon, C., & Wolfler-Calvo, R. (2006, October). A branch and cut method for the capacitated location-routing problem. In *Service Systems and Service Management, 2006 International Conference on* (Vol. 2, pp. 1541-1546). IEEE.
- Berger, R. T., Coullard, C. R., & Daskin, M. S. (2007). Location-routing problems with distance constraints. *Transportation Science*, 41(1), 29-43.
- Berman, O., Jaillet, P., & Simchi-Levi, D. (1995). Location-routing problems with uncertainty. *Facility location: a survey of applications and methods*, 106, 427-452.
- Blum, C., & Roli, A. (2003). Metaheuristics in combinatorial optimization: Overview and conceptual comparison. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 35(3), 268-308.
- Boventer, E. (1961). The relationship between transportation costs and location rent in transportation problems. *Journal of Regional Science*, 3(2), 27-40.
- Bräysy, O., & Gendreau, M. (2002). Tabu search heuristics for the vehicle routing problem with time windows. *Top*, 10(2), 211-237.
- Caccetta, L., & Hill, S. P. (2001). Branch and cut methods for network optimization. *Mathematical and computer modelling*, 33(4-5), 517-532.
- Cern, V. (1985). Thermodynamical approach to the traveling salesman problem: An efficient simulation algorithm. *Journal of optimization theory and applications*, 45(1), 41-51.
- Clarke, G., & 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., & Semet, F. (2002). A guide to vehicle routing heuristics. *Journal of the Operational Research society*, 53(5), 512-522.
- Cordeau, J. F., Laporte, G., Savelsbergh, M. W., & Vigo, D. (2007). Vehicle routing. *Handbooks in operations research and management science*, 14, 367-428.
- Çetin, S., & Gencer, C., 2010, Kesin Zaman Pencereli-Eş Zamanlı Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemi. *Gazi Üniv.Müh.Mim.Fak.Der.*, 579-585.
- Daneshzand, F. (2011). The vehicle-routing problem. *Logistics Operations and Management*, 8, 127-153.
- Dantzig, G. B. ve Ramser, J. H., 1959, The Truck Dispatching Problem, *Management Science*, 6 (1), 80-91.
- DÜZAKIN, E., & DEMİRCİOĞLU, M. (2009). Araç Rotalama Problemleri ve Çözüm Yöntemleri. *Iktisadi ve Idari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Çukurova Üniversitesi, Adana, Turkey.*
- Eryavuz, M., & Gencer, C. (2001). Araç rotalama problemine ait bir uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi BF Dergisi*, 6(1), 139-155.

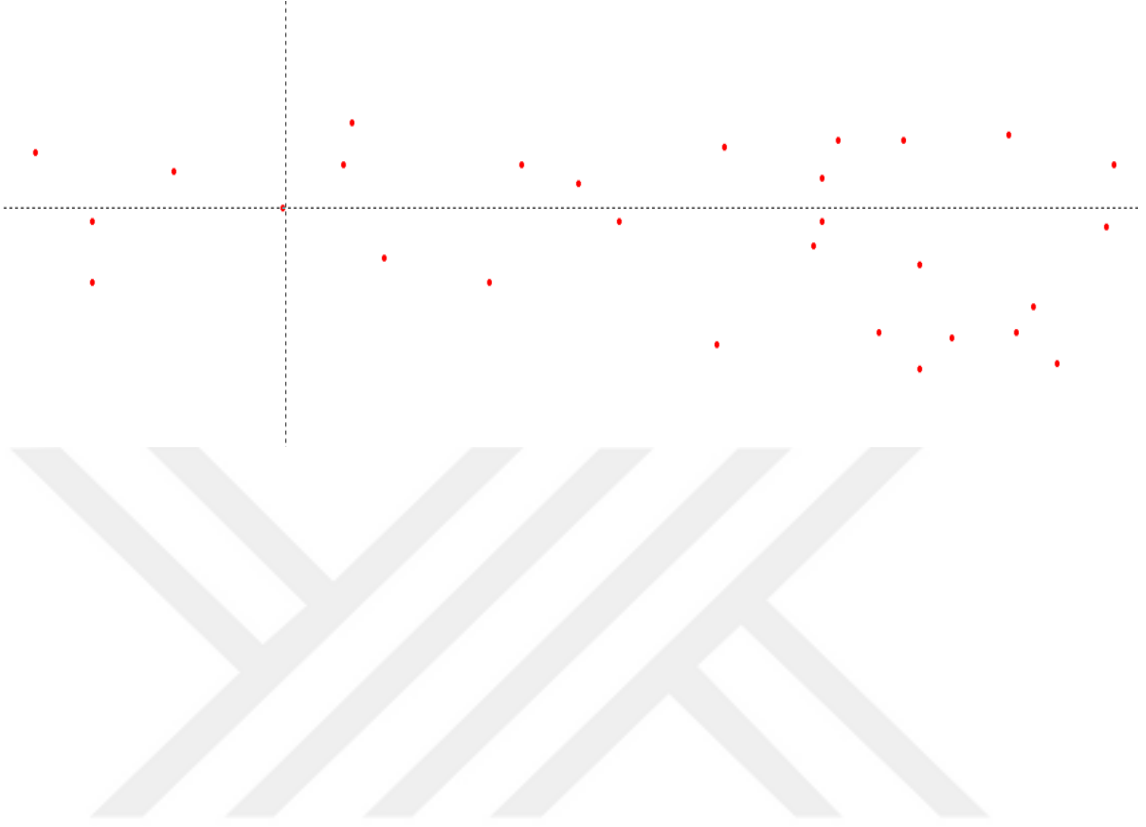
- Escobar, J. W., Linfati, R., Baldoquin, M. G., & Toth, P. (2014). A Granular Variable Tabu Neighborhood Search for the capacitated location-routing problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 67, 344-356.
- Fisher, M. L., & Jaikumar, R. (1981). A generalized assignment heuristic for vehicle routing. *Networks*, 11(2), 109-124.
- Gillett, B. E., & Miller, L. R. (1974). A heuristic algorithm for the vehicle-dispatch problem. *Operations research*, 22(2), 340-349.
- Golmohammadi, A., Bonab, S., & Parishani, A. (2016). A multi-objective location routing problem using imperialist competitive algorithm. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 7(3), 481-488.
- Hassanzadeh, A., Mohseninezhad, L., Tirdad, A., Dadgostari, F., & Zolfagharinia, H. (2009). Location-routing problem. In *Facility Location* (pp. 395-417). Physica-Verlag HD.
- Hertz, A., & Widmer, M. (2003). Guidelines for the use of meta-heuristics in combinatorial optimization. *European Journal of Operational Research*, 151(2), 247-252.
- Johnson, D. S., & McGeoch, L. A. (1997). The traveling salesman problem: A case study in local optimization. *Local search in combinatorial optimization*, 1, 215-310.
- Jokar, A., & Sahraeian, R. (2012). A heuristic based approach to solve a capacitated location-routing problem. *Journal of Management and Sustainability*, 2(2), 219.
- Karaboğa D., 2011, Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları, 2, Nobel Yayın Dağıtım, İstanbul, 47-67.
- Karaoglan, I., & Altıparmak, F. (2010, July). A hybrid genetic algorithm for the location-routing problem with simultaneous pickup and delivery. In *Computers and Industrial Engineering (CIE), 40th International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
- Koç, Ç., & KARAOĞLAN, Ğ. (2012). Çok Kullanımlı ve Zaman Pencereli Araç Rotalama Problemi İçin Bir Matematiksel Model. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 27(3).
- Kudva, G., Morin, T. L., & Pekny, J. F. (1994). A branch-and-cut algorithm for vehicle routing problems. *Annals of Operations Research*, 50(1), 37-59.
- Kurul C.F., 2013, Araç Rotalama Problemi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Laporte, Gilbert, and Yves Nobert. "An exact algorithm for minimizing routing and operating costs in depot location." *European Journal of Operational Research* 6.2 (1981): 224-226.
- Laporte, G., Nobert, Y., & Pelletier, P. (1983). Hamiltonian location problems. *European Journal of Operational Research*, 12(1), 82-89.
- Laporte, G., & Nobert, Y. (1987). Exact algorithms for the vehicle routing problem. *North-Holland Mathematics Studies*, 132, 147-184.
- Laporte, G., Nobert, Y., & Taillefer, S. (1988). Solving a family of multi-depot vehicle routing and location-routing problems. *Transportation science*, 22(3), 161-172.
- Laporte, G. (1992). The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European journal of operational research*, 59(3), 345-358.
- Leung, S. C., Zheng, J., Zhang, D., & Zhou, X. (2010). Simulated annealing for the vehicle routing problem with two-dimensional loading constraints. *Flexible services and manufacturing journal*, 22(1-2), 61-82.
- Lopes, R. B., Ferreira, C., Santos, B. S., & Barreto, S. (2013). A taxonomical analysis, current methods and objectives on location-routing problems. *International Transactions in Operational Research*, 20(6), 795-822.

- Machado, P., Tavares, J., Pereira, F. B., & Costa, E. (2002, July). Vehicle routing problem: Doing it the evolutionary way. *In Proceedings of the 4th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation* (pp. 690-690). Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Madsen, O. B. (1983). Methods for solving combined two level location-routing problems of realistic dimensions. *European Journal of Operational Research*, 12(3), 295-301.
- Nagy, G., & Salhi, S. (2007). Location-routing: Issues, models and methods. *European Journal of Operational Research*, 177(2), 649-672.
- Osman, I. H. (1993). Metastrategy simulated annealing and tabu search algorithms for the vehicle routing problem. *Annals of operations research*, 41(4), 421-451.
- Perl, J., & Daskin, M. S. (1984). A unified warehouse location-routing methodology. *Journal of Business Logistics*, 5(1), 92-111.
- Sadegheih, A. (2017). A hybrid heuristic algorithm to solve capacitated location-routing problem with fuzzy demands. *International Journal of Industrial Mathematics*, 9(1), 1-21.
- Sato, T., & Hagiwara, M. (1998). Bee system: finding solution by a concentrated search. *IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems*, 118(5), 721-726.
- Srivastava, R. (1993). Alternate solution procedures for the location-routing problem. *Omega*, 21(4), 497-506.
- Ting, C. J., & Chen, C. H. (2013). A multiple ant colony optimization algorithm for the capacitated location routing problem. *International Journal of Production Economics*, 141(1), 34-44.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). Models, relaxations and exact approaches for the capacitated vehicle routing problem. *Discrete Applied Mathematics*, 123(1), 487-512.
- Toth, P. ve Vigo, D., 2002, 1. An Overview of Vehicle Routing Problems, *In: The Vehicle Routing Problem, Eds*, p. 1-26.
- Tuzun, D., & Burke, L. I. (1999). A two-phase tabu search approach to the location routing problem. *European journal of operational research*, 116(1), 87-99.
- Van Breedam, A. (2001). Comparing descent heuristics and metaheuristics for the vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 28(4), 289-315.
- Vincent, F. Y., & Lin, S. Y. (2015). A simulated annealing heuristic for the open location-routing problem. *Computers & Operations Research*, 62, 184-196.
- Wu, T. H., Low, C., & Bai, J. W. (2002). Heuristic solutions to multi-depot location-routing problems. *Computers & Operations Research*, 29(10), 1393-1415.
- Xiao, Y., Zhao, Q., Kaku, I., & Mladenovic, N. (2014). Variable neighbourhood simulated annealing algorithm for capacitated vehicle routing problems. *Engineering Optimization*, 46(4), 562-579.
- Yıldırım, T., 2014, Simetrik Gezgin Satıcı Problemi için Yeni Bir Meta-Sezgisel: Kör Fare Algoritması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Zeng, L., Ong, H. L., & Ng, K. M. (2005). An assignment-based local search method for solving vehicle routing problems. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 22(01), 85-104.

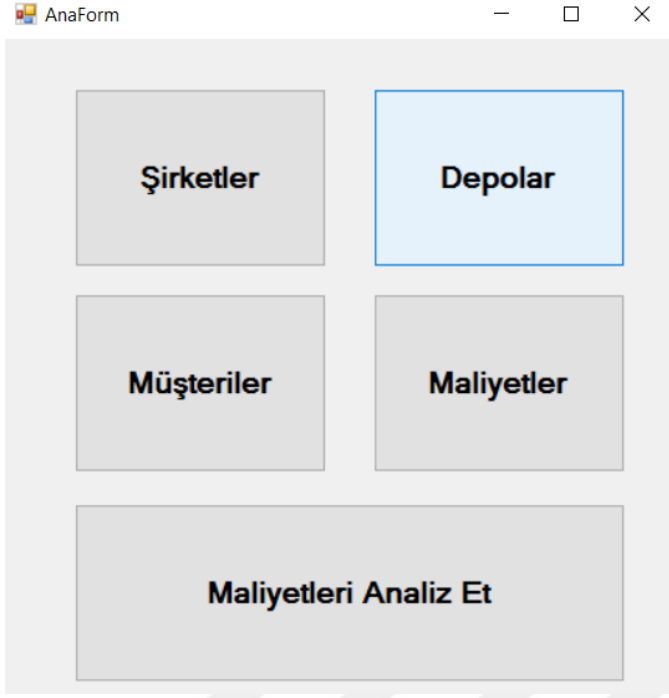
EK-1 Sonuç Görüntüsü

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR opt	-INF	2.5016E+8	+INF	.
---- VAR y				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1	.	1.000	1.000	2500.000
2	.	1.000	1.000	1800.000
3	.	.	1.000	1500.000
4	.	.	1.000	2000.000
5	.	1.000	1.000	1500.000
6	.	.	1.000	2000.000
7	.	1.000	1.000	2000.000



EK-2 Depo ve Müşteri Çizimleri

EK-3 Program Ara Yüz Görüntüsü



EK-4 Program Ara Yüz Görüntüsü

Object Explorer

Connect

LAPTOP-SN6KEH57\...-dbo.MALİYETLER x LAPTOP-SN6KEH5...-dbo.ANALİZSONUC

LAPTOP-SN6KEH57\SQLEXPRESS (SQL S)

Databases

System Databases

TEZ_DB

Database Diagrams

Tables

System Tables

FileTables

dbo.ANALİZSONUC

dbo.DEPOLAR

dbo.MALİYET_SONUC

dbo.MALİYETLER

dbo.MÜSTERİLER

dbo.SİRKETLER

dbo.TEST

Views

Synonyms

Programmability

Service Broker

Storage

Security

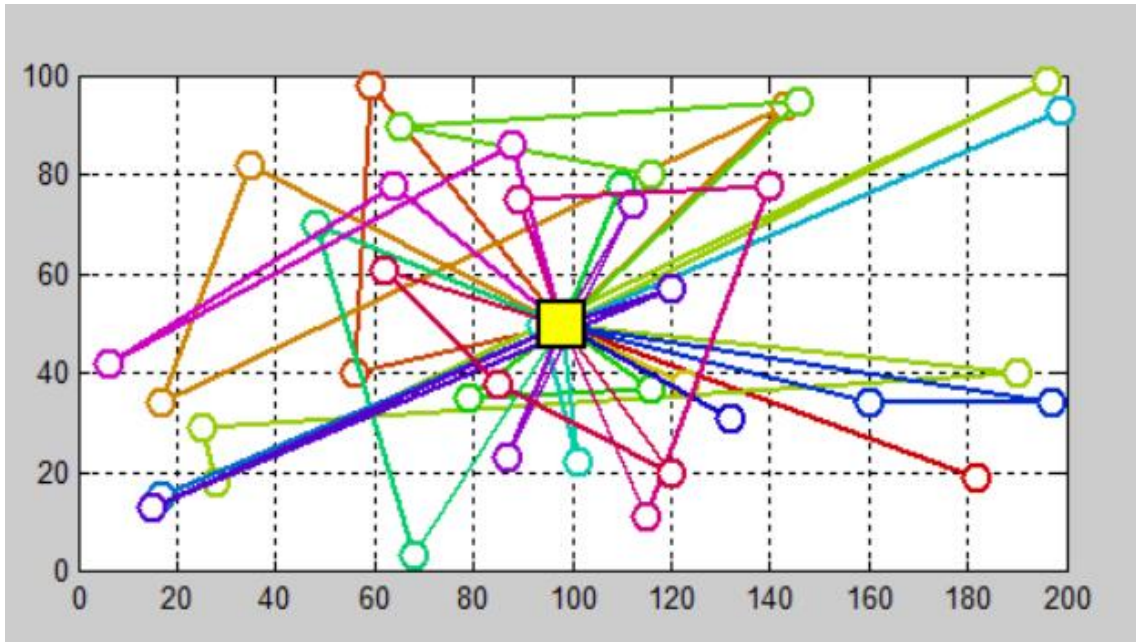
Security

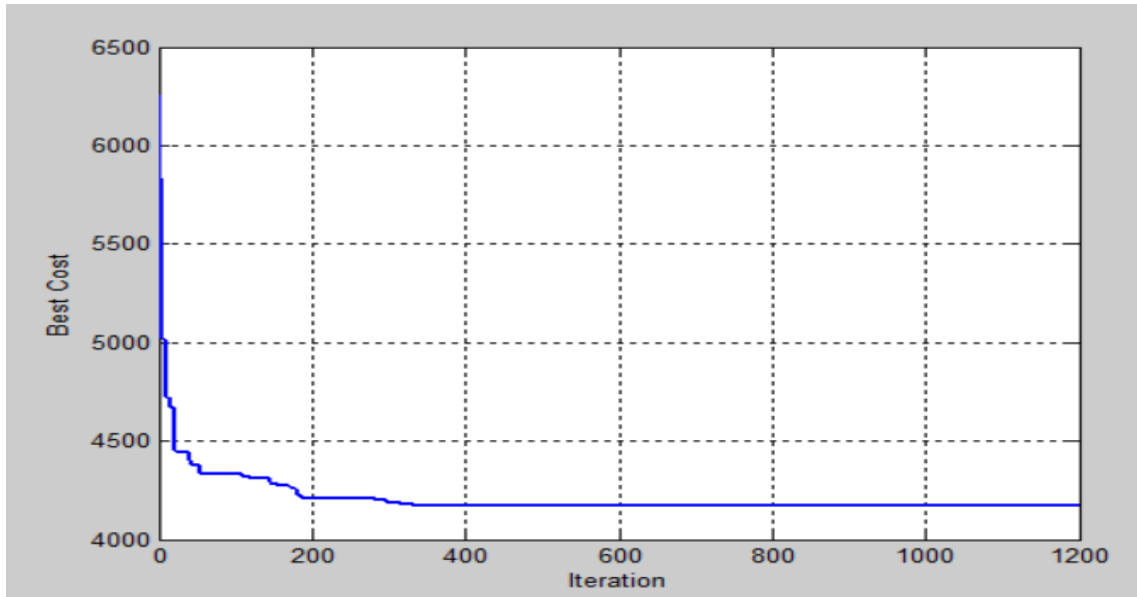
Server Objects

Replication

Management

SIRKET_KO...	SIRKET_ADI	DEPO_ADI	DEPO_KODU	DEPO_ACIL...	DEPO_EKS...	FABRIKAD...	FABRIKAD...	MALİYET_S...	ID	TALEP_EDIL...	MÜSTERİ_A...	MÜSTERİ_K...	DEPO_DUR...
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	45	2	189.924,88	Adana	1
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	46	2	44.011,98	Adıyaman	2
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	47	2	657,70	Afyon	3
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	48	2	76.711,29	Agri	4
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	49	2	406,45	Aksaray	5
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	50	2	134.234,54	Amasya	6
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	51	2	3.343.251,75	Ankara	7
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	52	2	370.664,19	Antalya	8
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	53	2	4.041,33	Artvin	9
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	54	2	207.497,63	Aydın	10
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	55	2	140,48	Balıkesir	11
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	56	2	89.026,01	Batman	12
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	57	2	358,28	Bayburt	13
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	58	2	56.903,37	Bingöl	14
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	59	2	2.104,00	Bitlis	15
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	60	2	32.925,06	Bolu	16
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	61	2	475.888,25	Bursa	17
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	62	2	800.018,37	Çanakkale	18
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	63	2	8.731,78	Çankırı	19
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	64	2	9.199,43	Çorum	20
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	65	2	477.224,55	Denizli	21
1	Çikolata	İstanbul	1	100	25	5	0,15	0,16	66	2	204.236,07	Diyarbakır	22

EK-5 Depo ve Müşterilerin Gösterimi

EK-6 Maliyet ve İterasyon Grafiği

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Esra YAŞAR
Uyruğu : TC
Doğum Yeri ve Tarihi : Çumra /22.01.1990
Telefon :
Faks :
E-mail : esrayasaarr@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Dolapoğlu Anadolu Lisesi	2007
Lisans	: Selçuk Üniversitesi	2012

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016-...	KTO Karatay Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

YABANCI DİLLER

İngilizce