



T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ

**OLASI BİR DEPREM FELAKETİ SONRASI ERZİNCAN İLİNE
YÖNELİK BİR LOJİSTİK DAĞITIM SİSTEMİ KURULMASI**

SBA-2016-377

Normal Araştırma Projesi

SONUÇ RAPORU

Dr. Öğr. Üyesi Kaya AĞIN
Lojistik Programı / M.Y.O. Yönetim ve Organizasyon Bölümü

Öğr. Gör. Mustafa Serdar TOKSOY
Lojistik Programı / M.Y.O. Yönetim ve Organizasyon Bölümü

Öğr. Gör. Oğuz Han AYKUT
Pazarlama Programı / M.Y.O. Pazarlama ve Dış Ticaret Bölümü

Ekim 2018

ERZİNCAN

Önsöz

Günümüzün rekabetçi ortamında, tüketim bilincinin artması ve kaynakların azalması nedeniyle firmaların ayakta kalabilmeleri için kaynakları verimli bir şekilde kullanarak, mal ve hizmeti kaliteli ve ucuz bir şekilde üretmeleri gerekmektedir. Bu amaca ulaşmak için etkin dağıtım ağları tasarlanırken genelde stratejik seviyeli tesis yeri seçimi ve bu tesisler üzerinden müşterilere ürünlerin ulaştırılmasını sağlayan operasyonel seviyeli araç rotalama problemidir. Etkin bir dağıtım ağı için bu problemlere yönelik eş zamanlı karar verilmesi gerekmektedir. Tesislerin yer seçimi kararı verilirken müşterilere gerçekleştirilecek taşımacılık işlemlerinin de göz önüne alındığı problemler olarak tanımlanan Yer Seçimi ve Araç Rotalama Problemi (YSARP), telekomünikasyon ağlarının tasarımından kargo taşımacılığına, dayanıksız tüketim ürünlerinin dağıtımından askeri ekipman lojistiğine kadar birçok sektörde uygulama alanı bulmaktadır. YSARP konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde, yaklaşık olarak yarısının gerçek hayat problemlerinin çözümüne yönelik olduğu, yani akademik çalışmalar ile sınırlandırılmadığı görülmektedir. Problemin gerçek hayat problemlerine uyarlanabilir olması, ilgili şirketleri ve diğer kamu kurumu benzeri kuruluşları bu yönde çalışmaya itmektedir.

Önerilen çalışmanın amacı, bu problem türünün en güncel çeşitlerinden olan deterministik, tek aşamalı, çok tesisli, çok araçlı, depo ve araç kapasiteli olarak sınıflandırılan YSARP çözümüne yönelik yeni bir sezgisel çözüm yaklaşımı getirerek, bu çözüm yaklaşımı ile Kuzey Anadolu Fay Hattında yer alan ve geçmişte yıkıcı deprem kayıpları ile karşılaşan Erzincan ilinin tüm yerleşim yerlerine ait nüfus ve coğrafi verilerini kullanarak olası bir deprem felaketi öncesinde bir eylem planı oluşturarak, ilgili literatüre katkıda bulunmaktır.

Bu çalışma Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi BAP Birimince desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

No	Sayfa
ÖNSÖZ.....	3
ÖZET.....	6
ABSTRACT.....	7
GİRİŞ.....	8
GENEL BİLGİLER.....	12
GEREÇ VE YÖNTEM.....	15
BULGULAR.....	18
TARTIŞMA VE SONUÇ.....	21
KAYNAKÇA.....	23

Tablo ve Şekil Listesi

Sayfa

No

Tablo 1. Problemin Yapısına Göre Sınıflandırma.....	12
Tablo 2 Çözüm Yöntemine Göre Sınıflandırma.....	13
Tablo 3 YSARP Çeşitleri.....	13
Tablo 4 YSARP ile ilgili 2007-2013 arası güncel çalışmalar.....	14
Tablo 5 Erzincan iline ait test problemleri.....	16
Tablo 6 Prodhon Verileri Sonuçları.....	18
Tablo 7 Erz_22-5 nolu veri mesafe cetveli.....	19
Tablo 8 Erz_22-5 nolu veri bilgileri.....	20
Tablo 9 Erz_22-5 nolu veri çözüm sonuçları.....	20
Şekil 1 YSARP Temsili Gösterim (Mehrjerdi ve Nadizadeh, 2013).....	11

Özet

Lojistik maliyetlerinin, toplam işletme maliyetlerinde önemli yer tuttuğu göz önüne alındığında, ilk kullanıcı ile son müşteri arasındaki tedarik zincirleri boyunca dağıtım süreçlerinde hammadde, yarı mamul ve mamulün etkin bir şekilde depolanması ve taşınması gereklidir. Literatürde bu amaçları kapsayan, yani müşteri ihtiyaçlarının karşılanacağı tesislerin nerelerde kurulması gerektiği ve hangi müşterinin hangi tesisten hizmet alacağını belirlenmesinden oluşan stratejik Tesis Yer Seçimi Problemi (TYSP) ile müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için bir araç filosu ile minimum maliyetli rotaların belirlenmesini amaçlayan taktiksel Araç Rotalama Probleminin (ARP) birleşiminden oluşan problemler; Yer Seçimi Araç Rotalama Problemleri (YSARP) olarak adlandırılır. Tedarik zinciri ve lojistik yönetimi ile ilgili literatür incelendiğinde, YSARP'nin, telekomünikasyon ağlarının tasarımından kargo taşımacılığına, dayanıksız tüketim mallarının dağıtımından askeri ekipman lojistiğine kadar birçok sektörde uygulama alanı bulduğu görülmektedir. NP-hard yapıya sahip olduğundan YSARP'nin çözüm yöntemlerinden biri de sezgisel algoritmalarlardır. Farklı durumlarını içeren birçok YSARP versiyonları mevcuttur.

Bu projede, Türkiye'nin birinci derece deprem bölgelerinden olan Kuzey Anadolu Deprem Kuşağı'nda ve geçmişte yıkıcı depremlere maruz kalan Erzincan iline yönelik, olası bir deprem felaketinden sonra felaketzedelere en kısa sürede ulaşılacak bir lojistik dağıtım planlaması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda, Erzincan iline ait güncel coğrafi ve nüfus verileri kullanılarak oluşturulacak bir YSARP modelinin etkin bir çözümü için sezgisel tabanlı algoritmaların kullanılması ve geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: yerleşim-rotalama problemleri, sezgisel algoritmalar, afet lojistiği

Abstract

In the view of logistic costs have a great amount in whole business costs throughout the supply chains between post and last customer; raw material, semifinished product and end product have to be stored and transported efficiently. For these aims, the Facility Location Problems (FLP) that consists of determining the facility locations that have to meet customer needs and determining which customer must to be serviced by which facility and the Vehicle Routing Problems (VRP) that targets to meet customer demands by minimum routing costs with a vehicle fleet are available in literature. Problems consists of two problem is called the Location-Routing Problems (LRP) which take a strategic decision about facility locations and an other tactical decision about transporting activities for customers, simultaneously. Because of NP-hard structure of the problem, heuristics are one of the solution methods for LRP. Many different versions of LRP is available for many different problem conditions.

In this project, a logistics distribution model is aimed for disaster victims after a potential earthquake with minimum times at the province of Erzincan which takes part in the North Anatolia Earthquake Belt that is one of the first degree earthquake regions and therefore exposed to destructive earthquakes in the past. In this respect, heuristics based algorithms are targeted to improve for an effective solution with using geographic datas of the province of Erzincan.

Keywords: *location-routing problems, heuristic algorithms, disaster logistic*

Giriş

Günümüzün rekabetçi ortamında, tüketim bilincinin artması ve kaynakların azalması nedeniyle firmaların ayakta kalabilmeleri için kaynakları verimli bir şekilde kullanarak, mal ve hizmeti kaliteli ve ucuz bir şekilde üretmeleri gerekmektedir. Bu amaca ulaşmakta kullanılacak yollardan birisi de, ilk kullanıcıdan son müşteriye kadar uzanan zincir boyunca fiziksel dağıtım ağları içerisinde hammadde, yarı ürün ve ürünün etkin bir şekilde depolanması ve taşınmasıdır.

Dağıtım Ağlarının Tasarlanırken uzun dönemli alınan kararlar genelde stratejik seviyeli kararlar olup, aşağıdaki sorulara çözüm aranır;

- Tesisler (fabrika ve depolar) nerelere yerleştirilecek ve bu tesislerden müşterilere ürünler nasıl gönderilecek?
- Ne, nerede, ne kadar üretilecek?
- Her aşamada ne kadar stok tutulacak?

Etkin bir dağıtım ağı için bu soruların tümüne eş zamanlı olarak karar verilmesi gerekmektedir. Bu kararlardan en önemlisi ise tesislerin nerelere yerleştirileceğidir. Çünkü tesis kurma işlemleri yüksek maliyetlere sahiptir ve kurulan tesisler uzun yıllar boyunca değişmemektedir.

Müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tesislerin yerlerinin ve hangi müşterinin hangi tesisten hizmet göreceğinin belirlenmesi olarak tanımlanan Tesis Yer Seçimi Problemi (TYSP), teorik ve pratik öneminden dolayı uzun yıllardır üzerinde çalışılan bir problem tipi olmuştur. TYSP'nin temel varsayımlarından birisi tesislerden müşterilere hizmetin doğrudan gerçekleşmesidir. Bu durum, müşteri taleplerinin taşıt kapasitesine eşit olduğunda (tam kapasite yüklü - full truck load) geçerlilik kazanmaktadır. Ana üretici ile bölge bayileri arasındaki taşımacılık, atık toplama merkezleri ile atık yok etme merkezleri arasındaki taşımacılık bu tür problemlere örnek olarak verilebilir.

Ancak pratikte, müşteri taleplerinin araç kapasitesinden küçük olduğu (küçük kapasite yüklü - less than truck load) ve taşımacılığın bir araç ya da araç filosu ile birden fazla müşteriye bir rota üzerinde gerçekleştiği durum ile sıklıkla karşılaşılmaktadır. Bölge bayilerinden perakendeci işletmelere mal taşımacılığı, perakendecilerden son kullanıcılara nihai ürün taşımacılığı bu duruma örnek olarak verilebilir.

Tesislerin yer seçimi kararı verilirken müşterilere gerçekleştirilecek taşımacılık işlemlerinin de göz önüne alındığı problemler olarak tanımlanan Yer Seçimi ve Araç Rotalama

Problemi (YSARP), telekomünikasyon ağlarının tasarımından kargo taşımacılığına, dayanıksız tüketim ürünlerinin dağıtımından askeri ekipman lojistiğine kadar birçok sektörde uygulama alanı bulmaktadır.

YSARP, isminden de anlaşılacağı gibi, iki ayrı problemin – (stratejik olarak tesis yer seçimi ve operasyonel-taktiksel olarak araç rotalama problemi- eş zamanlı incelenmesi ile ortaya çıkan bir problem tipidir.

NP-hard yapıya sahip iki problemin bileşiminde oluşan YSARP de NP-hard yapıya sahiptir. Kendi içerisinde değişik türleri mevcuttur. Dolayısıyla bütün bu türlerin kombinasyonları kadar YSARP incelemek mümkündür. YSARP konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde, yaklaşık olarak yarısının gerçek hayat problemlerinin çözümüne yönelik olduğu, yani akademik çalışmalar ile sınırlandırılmadığı görülmektedir. YSARP’da incelenen problem türleri, sınıflandırmalar ve çözüm yöntemleri hakkında detaylı bilgilerin bulunduğu literatür taraması çalışmalarında da bu çeşitlilikten bahsedilmektedir.

Problemin matematiksel yapısı incelendiğinde;

$G = (V, E)$; m kadar potansiyel depo alanının olduğu I alt kümesi ve n kadar müşterinin olduğu $J = V/I$ alt kümesinin oluşturduğu bir V düğüm kümesinin olduğu yönlendirilmemiş bir şebeke olsun. E ; V üzerindeki her bir düğüm çiftini bağlayan bir ayrıtlar kümesidir. Her bir $(i, j) \in E$ için c_{ij} taşıma maliyeti olsun. Her bir $i \in I$ olan depo alanı W_i kapasitesine ve O_i açılış maliyetine sahiptir. Her bir $j \in J$ müşterisinin tek bir araç tarafından karşılanması gerekli olan d_j talebi vardır. Özdeş araçların kümesi olan K ’nın mevcut kapasitesi Q kadardır. Her bir araç i deposu tarafından kullanıldığında depoya bağımlı olarak F_i sabit maliyetine neden olur ve tek bir tur gerçekleştirir. Her bir rota aynı depoda başlayıp aynı depoda bitmelidir ve rotadaki toplam yük miktarı araç kapasitesin aşmamalıdır. Tek bir depoya atanmış olan Rotaların toplam yükü depo kapasitesine uygun olmalıdır.

Problemde amaçlanan toplam maliyeti minimize etmek için hangi depoların açılacağı ve hangi rotaların oluşturulması gerektiğidir (Prins ve diğ., 2007).

İkili değişkenler;

$y_i = 1$ eğer depo açılırsa,

$f_{ij} = 1$ eğer j müşterisi i deposuna atanırsa,

$x_{jlk} = 1$ eğer (j, l) ayrıtında $k \in K$ aracı tarafından gerçekleştirilen rotada j den l ye geçilirse (traversed),

Problemin tamsayılı programlama formülasyonu aşağıdaki gibidir.

Amaç fonksiyonu,

$$\min z = \sum_{i \in I} O_i y_i + \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{k \in K} c_{ij} x_{ijk} + \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} F_i x_{ijk} \quad (1)$$

Kısıtlayıcılar;

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in V} x_{ijk} = 1 \quad \forall j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in V} d_j x_{ijk} = Q \quad \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{j \in J} d_j f_{ij} = W_i y_i \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ijk} - \sum_{j \in V} x_{jik} = 0 \quad \forall i \in V, k \in K \quad (5)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ijk} \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (6)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ijk} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subseteq J, k \in K \quad (7)$$

$$\sum_{u \in J} x_{iuk} + \sum_{u \in V \setminus \{j\}} x_{ujk} \leq 1 + f_{ij} \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K \quad (8)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K \quad (9)$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (10)$$

$$f_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in V \quad (11)$$

Amaç fonksiyonu (1) depo açma ve araç kullanımına bağlı olarak olarak dolaşım maliyetleri ve sabit maliyetleri içeren rotalama maliyetlerinin toplamıdır. (2). kısıt her bir müşterinin tamamen bir rotaya ait olduğunu ve her bir müşterinin rotada sadece bir kere öncelikli olduğunu garanti eder. (3). ve (4). kısıtlar sırasıyla rota ve depolara ilişkin kapasite kısıtlarıdır. (5). ve (6). kısıtlar her bir rotanın sürekliliğini garanti eder ve bu her bir rota rotanın başladığı yerde biter. (7). kısıt alt tur eleme kısıtlarıdır. (8). kısıt bir müşterinin eğer kendisini bir depoya bağlayan bir rota varsa o bağlantılı atanabilmesini garanti eder. Sonlardaki, (9). (10). ve (11). Kısıtlar formülasyonda kullanılan ikili değişkenleri tanımlar (Prins ve diğ., 2007).

Ele alınan problem, tanımlanan bu sistemde aşağıdaki amaçlar kısıtlara cevap arar.

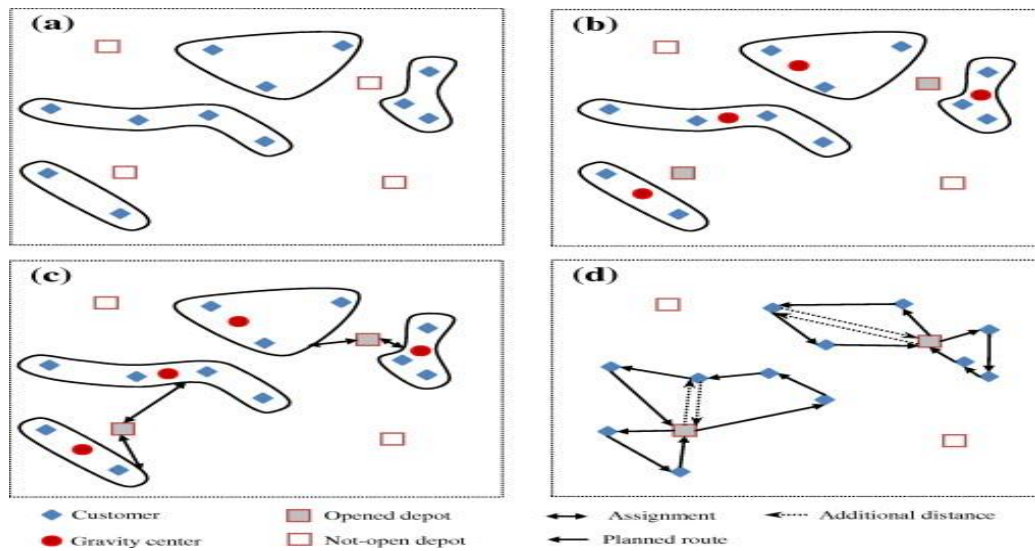
Amaçlar;

- ❖ Depoların nerelere kurulacağını,
- ❖ Müşterilerin kurulan depolardan hangisine atanacağını ve
- ❖ Kurulan depolara atanan müşterilere nasıl bir rota üzerinde hizmet verileceğinin en küçük maliyet ile belirlenmesi problemidir.

Kısıtlar

- ✓ Her müşteriye kesinlikle bir kez uğranmalı,
- ✓ Bir araç sadece bir kez kullanılmalı,
- ✓ Bir rota bir depodan başlamalı ve tekrar aynı depoda son bulmalı,
- ✓ Rota üzerindeki herhangi bir hat üzerinde taşınan yük miktarı araç kapasitesini geçmemeli,
- ✓ Depoya atanan müşterilerin talepleri toplamı depo kapasitesini geçmemeli.

Aşağıda Şekil 1.'de YSARP'nin çözümüne yönelik temsili bir gösterim görülmektedir



Şekil 1 YSARP Temsili Gösterim (Mehrjerdi ve Nadizadeh, 2013).

Genel Bilgiler

Kavramsal olarak 1960'lı yıllarda (Von Boventer, 1961; Maranzana, 1965; Webb, 1968; Lawrence ve Pengilly, 1969; Christofides ve Eilon, 1969) tartışılmaya başlanmasına rağmen, YSARP'nin matematiksel olarak incelenmesi 1970'li yılların başlarına denk gelmektedir. Watson-Gandy ve Dohrn (1973) YSARP üzerinde çalışan ilk araştırmacılarıdır (Karaoğlu, 1999).

Problemin karmaşıklığından dolayı bu konuda yapılan çalışmaların çok küçük bir kısmında kesin algoritmalar, büyük bir kısmında ise sezgisel yöntemler üzerinde yoğunlaşmıştır.

Literatür incelendiğinde YSARP çözümüne yönelik geçmişten günümüze yapılan çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların bir araya getirildiği, incelendiği, sınıflandırmaların yapıldığı başlıca literatür araştırması tarzı çalışmalar aşağıda görülmektedir.

- Laporte (1988), Min ve ark. (1998),
- Nagy ve Salhi (2007),
- Prodhon ve Prins (2014),
- Drexler ve Schneider (2015)

Min ve diğ. (1988) 1976 yılından itibaren yayınlanmış 33 yayını incelemiştir. Çalışmada problemin yapısına ve çözüm yöntemlerine göre iki tür temel alan sınıflandırma yapılmıştır (Tablo 1; Tablo 2). Tablo 3'de problemin literatürde yer alan isimlendirmeleri ve çözüm uzayının durumu (kesikli ya da sürekli) alanının durumu görülmektedir.

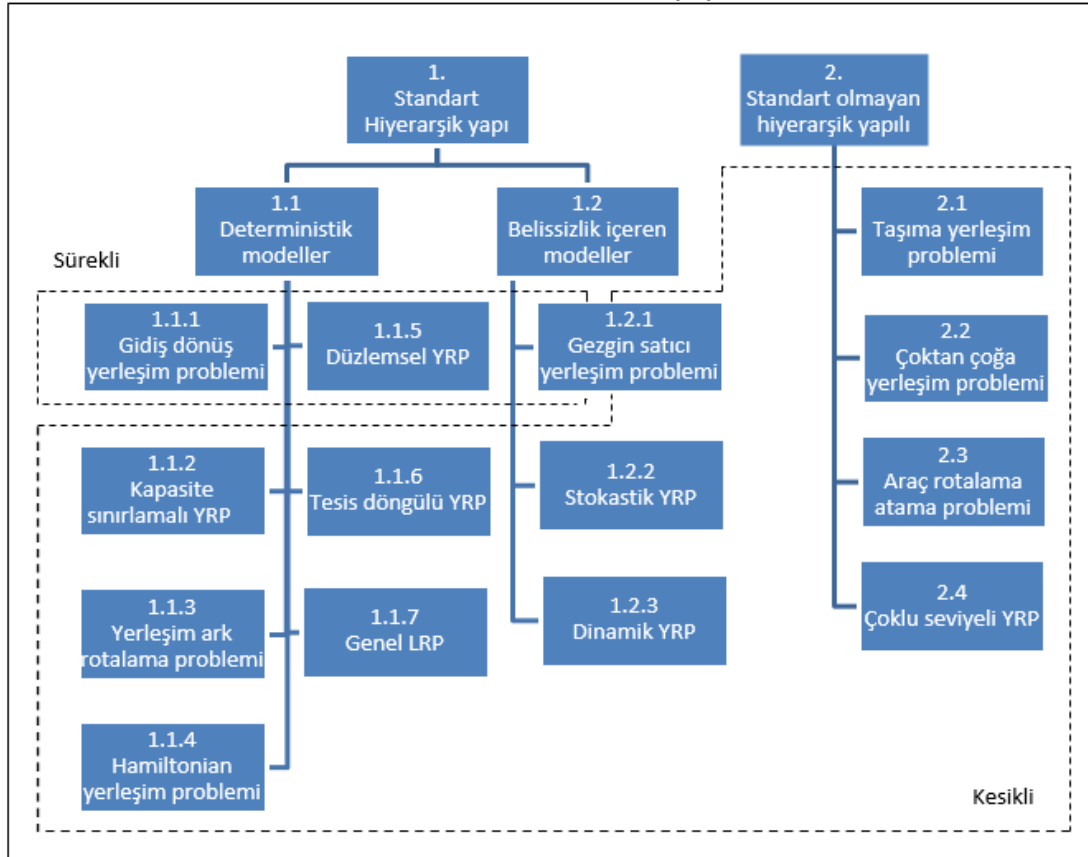
Tablo 1 Problemin Yapısına Göre Sınıflandırma

<u>Hiyerarşik Seviye</u> 1. Tek seviyeli 2. İki seviyeli	<u>Tesis seviyesi</u> 1. Birinci seviye 2. İkinci/ara seviye
<u>Talep/tedarik yapısı</u> 1. Deterministik 2. Stokastik	<u>Planlama ufku</u> 1. Tek periyot (statik) 2. Çoklu periyot (dinamik)
<u>Tesis sayısı</u> 1. Tek tesis 2. Çok tesis	<u>Tesis kapasitesi</u> 1. Kapasite kısıtlı 2. Kapasite kısıtsız
<u>Araç filosunun büyüklüğü</u> 1. Tek araçlı 2. Çok araçlı	<u>Amaç fonksiyonu</u> 1. Tek amaçlı fonksiyon 2. Çok amaçlı fonksiyon
<u>Araç kapasitesi</u> 1. Kapasite kısıtlı 2. Kapasite kısıtsız	<u>Model verileri</u> 1. Hipotetik veri 2. Gerçek-hayat verisi

Tablo 2 Çözüm Yöntemine Göre Sınıflandırma

Kesin Çözüm algoritmaları	Sezgisel algoritmalar
- Direkt ağaç araması/Dal sınır algoritması - Dinamik programlama - Tamsayılı programlama - Doğrusal olmayan programlama	- Yerleştirme atama önce, rotalama sonra - Rotalama önce yerleştirme sonra - Kazanç/ekleme yöntemi - Geliştirme/değiştirme yöntemlerini içeren sezgiseller

Tablo 3 YSARP Çeşitleri



Konu ile ilgili en güncel çalışmalardan biride Prodhon ve Prins (2014) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Nagy ve Salhi (2007) tarafından 2007 yılında yapılan literatür araştırması çalışmasından 2014 yılına kadar geçen süre zarfındaki 72 makale incelenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4 YSARP ile ilgili 2007-2013 arası güncel çalışmalar

YSARP Çeşitleri	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Toplam
Kapasite Sınırsız Araçlı YRP	1	0	0	1	0	1	1	4
Kapasite Sınırsız Depolu YRP	0	1	0	0	1	1	2	5
Kapasite Sınırlı YRP	2	1	1	2	4	2	6	18
İki Kademeli YRP	1	0	1	1	1	4	0	8
Kamyon ve Römork Rotalama Problemi	0	0	2	2	3	1	3	10
Özel ya da Amaçlı YRP	1	1	0	1	1	3	0	7
Düğüm ve araçlar üzerinde ilave özellikler	1	1	1	0	1	1	1	6
Çoklu periyodlu YRP	0	1	0	1	1	1	0	4
Envanter YRP	1	0	0	1	1	0	1	4
Belirsiz verili YRP	0	0	0	1	1	1	3	6
Toplam	7	5	5	10	14	15	16	72

YSARP'nin çözümünde rota kalitelerinin önemli rol oynadığı yadsınamaz bir gerçektir. Araç rotalama problemleri için en iyi çözüm, üretilecek olası rota kombinasyonlarından birisidir. Optimal sonucun sağlanabilmesi tüm rota olasılıklarının problemde denenmesi ile mümkün olabilir. Fakat tüm rota kombinasyonlarının denenmesi geniş ölçekli problemlerde çok fazla zamana ihtiyaç duyulduğundan pratik değildir. Bu nedenle kabul edilebilir çözümlere daha hızlı ulaşılması ihtiyacından dolayı sezgisel yöntemler geliştirilmiştir (Cordeau ve diğ., 2002; Bozyer ve diğ., 2014). Bu amaçla literatürde klasik sezgiseller ve meta-sezgisellerin yoğun bir biçimde kullanıldığı gözlenmektedir.

Gereç ve Yöntem

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, çözüm değişkenleri deterministik, tek aşamalı, çok tesisli, çok araçlı, depo ve araç kapasiteli olarak araştırılan ve ‘Kapasite Sınırlamalı Yer Seçimi ve Araç Rotalama Problemi’ olarak bilinen problemin güncel şekilde çalışıldığı, akademik çalışmaların yanı sıra gerçek hayat problemlerini çözümünde de kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmaların performansı literatürde bulunan ‘‘Prodhon kümesi’’ (Prodhon, 2006) olarak tanımlanan $n=20-200$ depodan ve $m=5-20$ müşteri arasında değişen problemlerin düşük ölçekli örnekleri üzerinde çözülmeye çalışılmıştır.

Rapor döneminde problemin matematiksel modeli MATLAB dilinde kodlanarak önceki rapor döneminde üzerinde çalışılacağı belirtilen Dağınık Arama Algoritması (Scatter Search) kullanılmıştır. Çalışmanın aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Başlangıç popülasyonun yarısı Genişletilmiş Clarke and Wright algoritması (1964) ile diğer yarısı ise kısıtlara uyarak rasgele oluşturulmuştur. Ancak elde edilen sonuçların kalitesinin geliştirilmesi açısından başlangıç çözümde kümeleme algoritmaları kullanılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla literatürde bu kullanılan ‘‘Fuzzy C Means Clustering Algorithm’’ (Bulanık K Ortalamalar Kümeleme Algoritması) kullanılmıştır. Kümelemeden sonra müşterilerin ağırlıklı ortalamalar yöntemi ile merkezleri bulunarak müşterilerin merkez depolara olan uzaklıklarına göre atamaları yapılmıştır.

- Müşterilerin hangi depolara atandığı belli olduktan sonra kromozomlar amaç fonksiyonuna gönderilmiştir. Bu aşama da depoya atanan müşterilerin gezilmesi ve alt rotaların oluşturulması için en kısa yol tekniklerinden Bellman-Ford Algoritması (1958) kullanılarak kromozomların uygunluk değerleri hesaplanmıştır.

- Her bir kromozom için yerel arama sürecine geçilerek literatürde yer alan komşuluk operatörleri olan RouteMove, CustMove, Swap, Merge, Opt her bir çözüme uygulanmıştır (Karaoğlu, 2015). Eğer çözümde üst üste 10 defa iyileşme görülmediği durumda diğer kromozoma geçilerek bu işlem tüm kromozomlar için gerçekleştirilmiştir.

- Dağınık Arama Algoritmasının başlangıç parametreleri ayarlanmıştır. Referans kümesinin yarısı en iyi sonuçlar diğer yarıda en fazla çeşitliliğe sahip kromozomlar seçilerek belirlenmiştir. Üç farklı çaprazlama tekniği ile referans kümesi içindeki kromozomlardan yeni çözümler üretilerek referans kümesi güncellenmiştir.

- Bu tarz problemlerin çözülmesinde kullanılan doğrusal programlama tekniği (doğrusal gevşetme) tekniği yerine Genetik Algoritmalar kullanılarak alt yolları değiştirmeden, bu alt yollar için daha uygun depo değerleri aranmaktadır. Eğer daha uygun bir sonuç bulunursa, alt yolların depo değerleri güncellenerek, tekrardan yerel arama işlemi gerçekleştirilmiştir.

- Elde edilen en iyi çözüme yerel arama işlemi uygulanmış ve durdurma kriteri sağlanana kadar bu işleme devam edilmiştir.

Sonuçlar <http://www.isima.fr/~lacomme/lrp/lrp.html> adresindeki online veri setleri kullanılarak elde edilmiş ve literatürdeki diğer sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Veri setlerinden Prodhon verileri olarak bilinen 30 test problemi kullanılmıştır.

Sonraki aşamada Erzincan iline ait veriler problemin yapısına uydurulmuştur. Bu amaçla, Erzincan iline ait nüfus verileri 2017 yılına ait olmak üzere TUIK tarafından elde edilmiştir. Bu doğrultuda, mahalle ve köy verilerinden oluşmak üzere 679 yerleşim birimi tespit edilmiş bu birimlere ait nüfus verileri alınarak YSARP için talep verisi olarak kullanılmıştır. Ayrıca, enlem ve boylamlara ilişkin coğrafi koordinatlar GOOGLEMAYS tarafından muhtarlıkların haritadaki işaretleri dikkate alınarak çıkarılmış ve daha sonra problemdeki mesafeleri temsil etmeleri açısından MATLAB programı kullanılarak mesafe matrisleri elde edilmiştir. Bu verilere ilişkin bilgiler Ek-1’de görülmektedir.

Daha sonra problemin çözümüne yönelik olarak 8 farklı senaryo oluşturularak bunlara ilişkin 8 farklı test problemi elde edilmiştir. Tablo da Erzincan verileri dikkate alınarak elde edilen test problemleri görülmektedir. Merkez olarak dikkate alınan lokasyon Türk Kızılayı Erzincan Afet Yönetim Merkezine ait koordinattır (enlem ve boylam verisidir). Test problemlerinin sayısal verileri içeren bilgileri Ek-2’de görülmektedir.

Tablo 5 Erzincan iline ait test problemleri

Veri No	Yapı	Depo Sayısı	Müşteri (yerleşim)	Araç Yapısı
Erz_22-5	Nüfusu 2000’den büyük	5	22	Homojen
Erz_30-5	Nüfusu 1500’den büyük	5	30	Homojen
Erz_48-5	Nüfusu 1000’den büyük	5	48	Homojen
Erz_58-5	Nüfusu 750’den büyük	5	58	Homojen
Erz_87-5	Nüfusu 500’den büyük	5	87	Homojen
Erz_101-10	Merkeze 15 km’den yakın	10	101	Homojen
Erz_139-10	Merkeze 20 km’den yakın	10	139	Homojen
Erz_165-10	Merkeze 25 km’den yakın	10	165	Homojen
Erz_178-10	Merkeze 30 km’den yakın	10	178	Homojen
Erz_191-10	Merkeze 35 km’den yakın	10	191	Homojen

Test problemlerinde kullanılacak depo merkezleri küme sayıları 5 ve 10 arasında değişmek üzere projenin ara rapor döneminde de belirtildiği gibi literatürde yaygın olarak kullanılan bulanık tabanlı bir yaklaşım olan “Bulanık C Ortalamalar Yöntemi” ile MATLAB yazılım dilinde elde edilmiştir. Belirlenen küme merkezlerine yakınlıklarına göre müşteriler (talep merkezleri) ilgili depoya atanmıştır. Daha sonra veriler geliştirilen Dağıtım Arama Meta sezgiseli tabanlı model ile çözülmüştür.

Bulgular

Önerilen modelin performansının test edilmesi için daha öncede belirtilen Prodhon tarafından erişimine izin verilen 30 veri kümesi kullanılmıştır. Elde edilen ilk sonuçlara göre (Tablo 6.), özellikle küçük ölçekli test problemleri olmak üzere kaliteli sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 6 Prodhon Verileri Sonuçları

Data	Optimal	LB	HS	GRASP	MAPM	LRGTS	Önerilen Model	Sapma (%)
20-5-1a	54793	*54793,00	55806	55021	*54793	55131	54793	0.00
20-5-1b	39104	*39104,00	39104	*39104	*39104	*39104	39104	0.00
20-5-2a	48908	*48908,00	49668	*48908	*48908	*48908	48908	0.00
20-5-2b	37542	*37542,00	37542	*37542	*37542	*37542	37542	0.00
50-5-1	90111	87109.64	98079	90632	90160	90160	90111	0.00
50-5-1b	63242	61595.22	72159	64761	63242	63256	63350	0.17
50-5-2	88298	86055.01	90188	88786	88298	88715	88643	0.39
50-5-2b	67340	65787.75	68675	68042	67893	67698	67897	0.82
50-5-2bis	84055	83439		84055	84055	84181	84055	0.00
50-5-2bbis	51822	*51822.00		52059	*51822	51992	51970	0.28
50-5-3	86203	84075.08	96756	87380	86203	86203	86203	0.00
50-5-3b	61830	61607.4	61844	61890	61830	61830	61844	0.02
100-5-1	275993	272082,37	284613	279437	281944	277935	280073	1.46
100-5-1b	214392	207037,38	218052	216159	216656	214885	216114	0.80
100-5-2	194598	186916,59	198041	199520	195568	196545	197264	1.35
100-5-2b	157173	153827,05	159812	159550	157325	157792	158779	1.01
100-5-3	200246	194202,03	204906	203999	201749	201952	202505	1.12
100-5-3b	152586	149985,58	155865	154596	153322	154709	154685	1.36
100-10-1	290429	258242,64	323438	323171	316575	291887	321318	9.61
100-10-1b	234641	218825,96	277678	271477	270251	235532	247196	5.08
100-10-2	244265	226904,99	292181	254087	245123	246708	247753	1.41
100-10-2b	203988	194627,72	246109	206555	205052	204435	208207	2.03
100-10-3	253344	222353,23	257932	270826	253669	258656	262477	3.48
100-10-3b	204597	189308,50	209339	216173	204815	205883	209037	2.12
200-10-1	479425		576134	490820	483497	481676	488850	1.93
200-10-1b	378773		402097	416753	380044	380613	391601	3.28
200-10-2	450468		551914	512679	451840	453353	462358	2.57
200-10-2b	374435		388975	379980	375019	377351	380710	1.65
200-10-3	472898		555006	496694	478132	476684	493699	4.21
200-10-3b	364178		449288	389016	364834	365250	371216	1.90

Tablo incelendiğinde, önerilen modelin 30 test probleminin 7'sinde (data1, data2, data3, data4, data5, data9 ve data11) optimal sonuca ulaşıldığı gözlenmiştir. Tüm 30 test problemi incelendiğinde ortalama sapmanın %1,6 olduğu ve bu durumda önerilen modelin kaliteli

Erzincan verileri üzerine uyarlanan senaryolar üzerine elde edilen veri kümelerinde önerilen model çalıştırılmış ve sonuçlar alınmıştır. Burada göz önünde bulundurulması gereken konulardan biride test problemlerinin kullanıcı isteğine göre uyarlanabilmesidir. Projede, küme sayıları (depo sayıları), bu kümelere atanacak müşteri (talep merkezi) sayıları, araç kapasiteleri ve depo kapasiteleri literatürde kullanılan test problemlerinin yapısının yanısıra kullanıcı isteklerine bağlı olarak değiştirilebilir. Test problemlerinin bu esnek yapısı değişik koşulların söz konusu olduğu gerçek hayat problemlerinin çözümünde kullanıcı kolaylığı sağlamaktadır.

Tablo 7 Erz_22-5 nolu veri mesafe cetveli

No	DEPOLAR					Müşteri Talep	MÜŞTERİLER																								
	1	268	282	346	429		269	270	271	273	274	275	276	278	280	283	285	287	288	290	291	292	299	308	338	339	342	347			
269	48.65	2.62	0.85	2.46	63.22	5642	0.00	1.49	1.22	1.76	2.45	0.92	1.78	2.62	1.69	3.13	0.95	3.68	3.59	0.89	0.44	2.26	3.66	8.15	1.48	1.62	4.48	4.11			
270	47.64	1.31	1.11	3.80	64.60	5005	1.49	0.00	1.98	1.33	1.61	0.79	2.95	1.18	1.83	1.66	1.97	2.22	3.15	2.24	1.15	1.17	4.83	9.64	2.98	3.05	3.30	5.60			
271	49.60	3.29	0.88	2.01	62.69	3629	1.22	1.98	0.00	2.81	1.99	1.86	1.05	3.13	0.74	3.26	2.14	4.12	2.64	0.86	1.51	3.07	2.86	8.24	1.85	1.50	5.27	4.19			
273	46.89	1.33	2.01	4.18	64.82	4537	1.76	1.33	2.81	0.00	2.93	0.95	3.53	1.64	2.94	2.57	1.50	2.53	4.47	2.64	1.34	0.85	5.42	9.37	2.98	3.32	2.83	5.48			
274	48.57	2.52	1.61	3.97	64.39	2749	2.45	1.61	1.99	2.93	0.00	2.24	2.99	2.11	1.31	1.65	3.27	2.78	1.59	2.72	2.34	2.61	4.57	10.22	3.70	3.47	4.34	6.17			
275	47.79	1.71	1.07	3.37	64.13	6580	0.92	0.79	1.86	0.95	2.24	0.00	2.64	1.77	2.02	2.43	1.18	2.82	3.67	1.79	0.48	1.35	4.54	8.96	2.34	2.54	3.57	4.95			
276	50.42	4.23	1.85	0.97	61.66	7081	1.78	2.95	1.05	3.53	2.99	2.64	0.00	4.12	1.69	4.31	2.46	5.14	3.33	0.92	2.19	3.96	1.90	7.27	1.43	0.81	6.18	3.27			
278	46.60	0.47	2.27	4.98	65.77	3833	2.62	1.18	3.13	1.64	2.11	1.77	4.12	0.00	2.85	1.01	2.88	1.05	3.68	3.41	2.23	0.85	5.99	10.73	4.10	4.21	2.26	6.72			
280	49.44	3.11	0.96	2.66	63.15	2715	1.69	1.83	0.74	2.94	1.31	2.02	1.69	2.85	0.00	2.77	2.63	3.76	1.94	1.59	1.83	3.00	3.30	8.95	2.58	2.24	5.09	4.91			
283	46.93	1.47	2.53	5.25	65.92	2725	3.13	1.66	3.26	2.57	1.65	2.43	4.31	1.01	2.77	0.00	3.61	1.17	3.03	3.76	2.81	1.84	6.07	11.27	4.60	4.58	2.86	7.21			
285	48.16	2.72	1.75	2.88	63.34	3638	0.95	1.97	2.14	1.50	3.27	1.18	2.46	2.88	2.63	3.61	0.00	3.89	4.52	1.56	0.93	2.27	4.22	7.90	1.54	2.01	4.32	3.98			
287	45.79	1.20	3.29	6.02	66.80	4067	3.68	2.22	4.12	2.53	2.78	2.82	5.14	1.05	3.76	1.17	3.89	0.00	4.20	4.45	3.28	1.68	6.98	11.77	5.15	5.26	1.73	7.77			
288	49.88	4.10	2.77	4.22	63.70	10230	3.59	3.15	2.64	4.47	1.59	3.67	3.33	3.68	1.94	3.03	4.52	4.20	0.00	3.50	3.64	4.20	4.33	10.50	4.48	4.05	5.85	6.59			
290	49.53	3.46	1.24	1.59	62.38	7953	0.89	2.24	0.86	2.64	2.72	1.79	0.92	3.41	1.59	3.76	1.56	4.45	3.50	0.00	1.32	3.13	2.78	7.55	1.00	0.82	5.35	3.48			
291	48.23	2.19	0.88	2.90	63.65	2426	0.44	1.15	1.51	1.34	2.34	0.48	2.19	2.23	1.83	2.81	0.93	3.28	3.64	1.32	0.00	1.83	4.09	8.51	1.87	2.06	4.04	4.49			
292	46.52	0.48	2.20	4.72	65.47	5669	2.26	1.17	3.07	0.85	2.61	1.35	3.96	0.85	3.00	1.84	2.27	1.68	4.20	3.13	1.83	0.00	5.86	10.16	3.65	3.89	2.22	6.22			
299	52.31	6.13	3.72	1.38	59.85	3671	3.66	4.83	2.86	5.42	4.57	4.54	1.90	5.99	3.30	6.07	4.22	6.98	4.33	2.78	4.09	5.86	0.00	6.35	2.81	2.22	8.08	2.94			
308	54.24	10.61	8.78	6.32	56.00	3545	8.15	9.64	8.24	9.37	10.22	8.96	7.27	10.73	8.95	11.27	7.90	11.77	10.50	7.55	8.51	10.16	6.35	0.00	6.67	6.76	12.11	4.07			
338	49.69	4.05	2.15	1.43	61.84	5399	1.48	2.98	1.85	2.98	3.70	2.34	1.43	4.10	2.58	4.60	1.54	5.15	4.48	1.00	1.87	3.65	2.81	6.67	0.00	0.66	5.81	2.62			
339	50.16	4.24	2.05	0.88	61.59	3708	1.62	3.05	1.50	3.32	3.47	2.54	0.81	4.21	2.24	4.58	2.01	5.26	4.05	0.82	2.06	3.89	2.22	6.76	0.66	0.00	6.10	2.69			
342	44.36	1.98	4.39	6.94	67.65	3427	4.48	3.30	5.27	2.83	4.34	3.57	6.18	2.26	5.09	2.86	4.32	1.73	5.85	5.35	4.04	2.22	8.08	12.11	5.81	6.10	0.00	8.30			
347	81.63	6.64	4.71	2.37	59.41	2317	4.11	5.60	4.19	5.48	6.17	4.95	3.27	6.72	4.91	7.21	3.98	7.77	6.59	3.48	4.49	6.22	2.94	4.07	2.62	2.69	8.30	0.00			

Toplam Talep	100546
Ortalama Talep	4570.27

Birim araç kapasitesi					20292
Birim depo kapasitesi					40630
Rota hazırlık maliyeti					539
Depo açma maliyeti					
Depo1	Depo2	Depo3	Depo4	Depo5	2693
1103	70	53	75	1392	

Problem çözüldüğünde aday tesisler olan 1-268-282-346-429 nolu tesisler Bulanık C Ortalamalar Yöntemine göre aday tesisler olarak belirlenmiştir. Sonrasında veri kümesi Dağıtık Arama Meta Sezgiseli tabanlı modele sokulduğunda, bu aday tesislerden 268-282 ve 346 numaralı coğrafi koordinatlara ait tesisler çözüme alınmaktadır. Elde edilen sonuçların aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 9 Erz_22-5 nolu veri çözüm sonuçları

Depo	Birinci Rota	İkinci Rota	Üçüncü Rota	Araç Sayısı
268	268-278-292-287-273-268	268-283-342-268	-	2
282	282-269-271-291-280-275-282	282-270-290-274-285-282	282-288-282	3
346	346-339-276-299-338-346	346-347-308-346	-	2

Tartışma ve Sonuç

Bu projede lojistik ve tedarik zinciri yönetimi ile ilgili literatürde üzerinde oldukça çalışılan ve problemlerin değişik versiyonları ile çalışılmaya devam eden Kapasite Kısıtlı Yer

Seçimi ve Araç Rotalama Probleminin çözümüne yönelik olarak bir MATLAB tabanlı bir yazılım geliştirilmesi planlanmış ve problemin Erzincan iline uyarlanması hedeflenmiştir. Bu amaçla “Olası Bir Deprem Felaketi sonrası Erzincan İline Yönelik Bir Lojistik Dağıtım Sistemi Kurulması” isimli bir proje oluşturulmuştur. Proje kabul sonrasında, öncelikle bir çalışma takvimi hazırlanarak proje içerisinde görev alanların sorumlulukları belirlenmiştir. Bu süreçte, Selçuk Üniversitesi Teknokentte bulunan bir firmadan ihale yolu ile yazılım hizmeti satın alınarak çalışma takvimi içerisindeki sürece göre planlama yapılmıştır. Öncelikle, YSARP probleminin çözümüne yönelik geniş literatür incelenmiştir. Bu incelemeler ışığında problemin çözümüne yönelik olarak kesin ve sezgisel algoritmaların kullanılması ile YSARP ve problemin değişik versiyonlarının çözüldüğü görülmüştür. Proje sürecinde problemin çözümüne yönelik olarak bir MATLAB dilinde bir sezgisel algoritma tabanlı model geliştirilmiştir.

Problemin çözümüne yönelik olarak model 3 aşamadan oluşturulmuştur.

➤ Birinci aşama başlangıç çözüm aşaması olup bu süreçte rapor döneminde de belirtildiği üzere Bulanık C ortalamalar Algoritması kullanılmıştır.

➤ İkinci aşamada yerel arama aşaması olup bu süreçte 5 farklı yerel arama tekniği kullanılmıştır. Bunlar sırası ile literatürde yer alan komşuluk operatörleri olan RouteMove, CustMove, Swap, Merge, 2-Opt teknikleridir.

➤ Üçüncü aşamada ilk iki süreç sonunda elde edilen değerler genetik operatörler olan mutasyon ve crossing-over tekniklerinin içerisinde kullanıldığı popülasyon tabanlı bir meta sezgisel olan Dağıtık Arama Sezgiseline (Scatter Search) aktararak problem çözülmüştür. Geliştirilen modelin performansı literatürde on-line şekilde elde edilebilen 30 Prodhon verisi kullanılarak test edilmiş ve etkili sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir.

Bu aşamadan sonra proje çalışma konusunda olan “Olası Bir Deprem Felaketi sonrası Erzincan İline Yönelik Bir Lojistik Dağıtım Sistemi Kurulması” için Erzincan iline ait 676 veri noktasına ait sırasıyla, enlem-boylam değerleri, diğer tüm lokasyonlara ait uzaklıklarının olduğu mesafe cetveli ve nüfus değerleri elde edilmiştir. Coğrafi ve nüfus verileri sırasıyla GOOGLEMAR ve TUIK 2017 verileri mevcut test problemlerine uyarlanmıştır. Problemin test problemlerine dönüştürülmesinde nüfusun ve uzaklıkların değişik amaçlar için yer aldığı senaryolar türetilmiştir. Bu senaryolar doğrultusunda 8 farklı test problemi elde edilmiştir. Bunlar sırası ile Erz_22-5, Erz_30-5, Erz_48-5, Erz_58-5, Erz_87-5, Erz_101-10, Erz_139-10, Erz_165-10, Erz_178-10 ve Erz_191-10 problemlerinden oluşmaktadır. Bu problemlerden Erz_22-5 nolu problemin çözümü bulgular bölümünde verilmektedir.

Probleme ait seneryoların kullanıcıların isteğine göre değiştirilebileceği aşıkardır. Bu tarz problemlerin literatürde zaman çerçevesi, eş zamanlı dağıtım-toplamalı, kapasite kısıtsız, belirsiz yada bulanık talepli, çoktan çoğa, çoklu depolu, iki yada üç aşamalı dağıtım gibi oldukça fazla versiyonu bulunmaktadır. Modelin esnek bir model olmasından dolayı bu tarz değişikliklere kolayca uyum sağlayabilmektedir. Modelin çalışma süreleri gerçek hayat problemlerinde birincil derecede önemli olmadığı için göz ardı edilmiştir. Ancak yine de CPU süresinin kabul edilebilir zamanlar içerisinde olduğu deneysel çalışmalar aşamasında gözlenmiştir.

Projenin önemli bir deprem kuşağında bulunan Erzincan ili için uyarlanmış olması afet lojistiği açısından oldukça önemlidir. Bu tarz durumlarda yapılması gereken afet öncesi eylem planları için model oldukça kullanışlıdır. Bu amaçla ilgili kurum ve kuruluşlar ile paylaşılması planlanmaktadır. Erzincan iline yönelik olarak kapsamlı bir afet planı oluşturulması sürecinde afet öncesi hazırlık sürecinde projeden faydalanılabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca sonraki süreçte proje konusu ile ilgili olarak uluslararası indeksli bir dergide makale çalışması hazırlanarak literatüre de katkıda bulunması planlanmaktadır.

Kaynakça

Beausoleil, R.P., “Multiobjective Scatter Search Applied to Non-linear Multiple Criteria Optimization”, *European Journal of Operational Research*, vol:169, 426- 449, (2006).

- Bellmore, M., Nemhauser G.L., “The Travelling Salesman Problem: A Survey”, **Operations Research**, vol: 16, no: 3, 538-558, (1966).
- Bellman, R.E. “On a Routing Problem”, **Quart. Appl. Math.** vol: 18, 87-90, (1958).
- Bezdek, J.C., Ehrlich, R., Full, W., “FCM: The Fuzzy c-means Clustering Algorithm”, **Computers & Geosciences**, vol:10, No:2-3, 191-203, (2003).
- Blazewicz, J., Glover, F., Kasprzak, M., “DNA Sequencing- Tabu and Scatter Search Combined”, **Inform Journal on Computing**, vol:16, no:3, 232-240, (2004).
- Bozyer, Z., Alkan, A., Fıçlalı, A., “Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Probleminin Çözümü için Önce Grupla Sonra Rotala Merkezli Sezgisel Algoritma Önerisi”, **Bilişim Teknolojileri Dergisi**, vol: 7, no:2, (2014).
- Cano, D.B., Santana, J.B., Rodriguez, C.C., Del Amo, I.J.G., Torres, M.G., Garcia, F.J.M., Batista, B.M., Perez, J.A.M., Vega, J.M.M., Martin, R.R., “Nature-inspired Components of the Scatter Search”, **Technical Report**, (2004).
- Caroline, P., Christian, P., “A Survey of Recent Research on Location-Routing Problems”, **European Journal of Operational Research**, vol:238, 1–17, (2014).
- Christofides, N., Mingozzi, A., Toth, P., “The Vehicle Routing Problem In Combinatorial Optimization”, **Wiley Chichester**, (1979).
- Clarke, G., Wright, J.W., “Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points”, **Operations Research**, vol: 12, 568-581, (1964).
- Coleman, R., “Single-Parameter Blackjack Betting Systems Inspired by Scatter Search”, **Proceedings of the International Conference on Information Technology : Coding and Computing**, 7695-2315-3, (2005).
- Cordan, O., Damas, S., Santamaria, J., “A Scatter Search Algorithm for the 3D Image Registration Problem”, (2002).
- Cordeau, J.F., Gendreau, M., Laporte, G., Potvin, J.Y., Semet, F., “A Guide to Vehicle Routing Heuristics”, **The Journal of the Operational Research Society**, vol: 53, no: 5, 512-522, (2002).
- Croes, G.A., “A Method for Solving Traveling-Salesman Problems”, **Operations Research**, Vol: 6, 791-812, (1958).
- Debels, D., Reyck, B.D., Leus, R., Vanhoucke, M., “A Hybrid Scatter Search / Electromagnetism Meta-heuristic for Project Scheduling”, **Vlerick Leuven Gent Working Paper Series**, 25, (2003).

Demircioğlu, M., “Araç Rotalama Probleminin Sezgisel Bir Yaklaşım İle Çözümlemesi Üzerine Bir Uygulama”, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı*, Doktora Tezi, (2009).

Diaz, B.A., Corbajal, S.G., Lozano, S., “An Empirical Investigation on Parallelization Strategies for Scatter Search”, *European Journal of Operational Research*, vol:169, 490-507, (2006).

Eryavuz, M., Gencer, C., “Araç Rotalama Problemlerine Ait Bir Uygulama”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol:6, no:1, 139-155, (2001).

Escobar, J.W., Linfati, R., Baldoquin, M.G., Toth, P., “A Granular Variable Tabu Neighborhood Search for the capacitated location-routing problem”, *Transportation Research Part B: Methodological*, vol:67, 344-356, (2014).

Fisher, M.L., Jaikumar, R., “A Generalized Assignment Heuristic For Vehicle Routing”, *Networks* 11, 109-124, (1981).

Fleurent, C., Glover, F., Michelon, P., Vali, Z., “A Scatter Search Approach for Unconstrained Continuous Optimization”, *IEEE*, 0-7803-2902-3, (1996).

Garcia, F., Melian, B., Moreno, J.A., Moreno-Vega, J.M., “Scatter Search for Multiple Objective p-facility Location Problems”, <http://www.lifl.fr/PM2O/Reunions/04112002/garcia.pdf> [erişilme tarihi Ağustos 2005], (2002).

Gaskell, T.J., “Basis For Vehicle Fleet Scheduling”, *Opl. Res. Q.*, 281, (1967).

Gharavani, M., Setak, M., “A Capacitated Location-Routing Problem with Semi Soft Time Window”, *Advanced Computational Techniques in Electromagnetics*, vol:2015, no:1, 26-40, (2015).

Gillett, B.E., Miller, L.R., “A Heuristic Algorithm For the Vehicle Dispatch Problem”, *Operation Research*, vol: 22, 340-349, (1971).

Greistorfer, P., “A Tabu Scatter Search Metaheuristic for the Arc Routing Problem”, *Elsevier Science*, (2002).

Herrera, F., Lozano, M., Molina, D., “Continuous Scatter Search: An analysis of the integration of some combination methods and improvement strategies”, *European Journal of Operational Research*, vol: 169, 450-476, (2006).

Hung, W.N.N., Song, X., “BDD Variable Ordering by Scatter Search”, *IEEE*. 0-7695- 1200-3, (2001).

Hung, W.N.N., Song, X., Aboulhamid, E.M., Driscoll, M.A., “BDD Minimization by Scatter Search”, *IEEE Transactions On Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, vol:21, no:8, (2002).

Karaoglan, I., Altiparmak, F., "A memetic algorithm for the capacitated location-routing problem with mixed backhauls", **Computers & Operations Research**, vol:55, 200-216, (2015).

Lopez, F.G., Torres, M.G., Batista, B.M., Perez, J.A.M., Vega, J.M.M., "Solving Feature Subset Selection Problem by a Paralel Scatter Search", **European Journal of Operational Research**, vol:169, 477-489, (2006).

Lopez, R. B., Ferreira, C., Santos, B.S., "A Simple And Effective Evolutionary Algorithm For The Capacitated Location–Routing Problem", **Computers & Operations Research**, vol:70, 155-162, (2016).

Lourenço, H., Marti, R., Laguna, M., "Assigning Proctors to Exams with Scatter Search. In Computing Tools for Modeling, Optimization and Simulation", **Interfaces in Computer Science and Operations Research**, M. Laguna and J. L. González-Velarde, Eds. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 215-227, (2000).

Lysgaard J., "Clarke & Wright's Savings Algorithm", **Department of Management Science and Logistics, The Aarhus School of Business**, Fuglesangs Allé 4, DK-8210 Aarhus V, September, (1997).

Marinakis, Y., "An improved particle swarm optimization algorithm for the capacitated location routing problem and for the location routing problem with stochastic demands", **Applied Soft Computing**, vol:7, 680-701, (2015).

Nadizadeh, A., Nasab, H.H., " Solving the dynamic capacitated location-routing problem with fuzzy demands by hybrid heuristic algorithm", **European Journal of Operational Research**, vol: 238, no:2, 458-470, (2014).

Nilsson, C., "Heuristics for the Traveling Salesman Problem", **Linköping University**, (2003).
Nowicki, E., Smutnicki, C., "Some Aspects of Scatter Search in the Flow-Shop Problem", **European Journal of Operational Research**, vol:169, 654-666, (2006).

Nurcahyo, G.W., Alias, R.A., Shamsuddin, S.M., Sap., M.N.M., (2002), "Sweep Algorithm in Vehicle Routing Problem For Public Transport", **Jurnal Antarabangsa (Teknologi Maklumat)** vol:2, 51-64, (2002).

Prodhon, C., Prins, C., "A Survey of Recent Search on Location-Routing Problems", **European Journal of Operation Research**, vol:238, no:1, 1-17, (2014).

Rand, G.K., "The life and times of the Savings Method for Vehicle Routing Problems", **Orion**, Vol: 25, 2(2), pp. 125–145, (2009).

Renaud, J., Boctor, F.F., Laporte, G., "An Improved Petal Heuristic for the Vehicle Routing Problem", **Journal of Operational Research Society**, vol: 47, 329-336, (1996).

Ropke, S., "Heuristic and exact algorithms for vehicle routing problems", (2005).
Russell, S., Norvig, P., "Artificial Intelligence- A Modern Approach", **Prentice Hall, Int, Ed**, (1995).

Russell, R.A., Chiang W.C., “Scatter Search for the Vehicle Routing Problem With Time Windows”, *European Journal of Operational Research*, vol:169, 606-622, (2006).

Sagarna, R., Lozano, J. A., “Scatter Search in Software Testing, Comparison and Collaboration with Estimation of Distribution Algorithms”, *European Journal of Operational Research*, vol:169, 392-412, (2006).

Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M., “Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I: Yapay Sinir Ağları”, *Ufuk Yayıncılık*, Kayseri, (2003).

Sampson, P.O.D., Şahin, F., “Structural Learning of Bayesian Networks from Complete Data Using the Scatter Search Documents”, *IEEE International Conference On Systems, Man and Cybernetics*, 7803-8566-7, (2004).

Scheuerer, S., Wendolsky, R., “A Scatter Search Heuristic For The Capacitated Clustering Problem”, *European Journal of Operational Research*, vol:169, 533-547, (2006).

Sevaux, M., Thomin, P., “Scatter Search and Genetic Algorithm: a one machine scheduling problem comparison”, *The sixteenth triennial conference of international federation of operational research societies*, IFORS, Edinburgh, UK, juillet, (2002).

Shan-Huen Huang, S-H., “Solving The Multi-Compartment Capacitated Location Routing Problem With Pickup–Delivery Routes And Stochastic Demands”, *Computers & Industrial Engineering*, vol:87, 104-113, (2015).

Silva, C.G.D., Climaco, J., Figueira, J., “A Scatter Search Method For The Bi-criteria Multi-dimensional $\{0,1\}$ -Knapsack Problem Using Surrogate Relaxation”, *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, forthcoming, (2003).

Silva, C.G.D., Climaco, J., Figueira, J., “A Scatter Search Method for Bi-criteria $\{0,1\}$ -Knapsack Problems”, *European Journal of Operational Research*, vol:169, 373-391, (2006).

Solomon, M.M., “Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints”, *Operations Research*, vol:35, no: 2, 254-265, (1987).

Ugray, Z., Lasdon, L., Plummer, J., Kelly, J., “OQNLP: A Scatter Search Multistart Approach for Solving Constrained Non-linear Global Optimization Problems”, *3rd Annual McMaster Optimization Conference: Theory and Applications (MOPTA 03)*, Hamilton, Ontario, (2003).

Vasconcelas, J.A., Maciel, J.H.R.D., Parreiras, R.O., “Scatter Search Techniques Applied to Electromagnetic Problems”, *IEEE Transactions On Magnetics*, vol:41, no:5, (2005).

Yamashita, D.S., Armentano, V.A., Laguna, M., “Scatter Search for Project Scheduling with Resource Availability Cost”, *European Journal of Operational Research*, 623-637, (2006).

Yellow, P., “A Computational Modification To The Savings Method Of Vehicle Scheduling”, *Operational Research Quarterly*, vol: 21, 281, (1970).

Zahedi, F., “Intelligent Systems for Business, Expert Systems With Neural Networks”, **Wadsworth**, USA, (1993).