

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OTEL SEÇİMLİ ORYANTİRİNG PROBLEMİ İÇİN  
YENİ MATEMATİKSEL MODELLER**

**EZGİ GENCEL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**2019**



**OTEL SEÇİMLİ ORYANTİRİNG PROBLEMİ İÇİN YENİ  
MATEMATİKSEL MODELLER**

**NEW MATHEMATICAL MODELS FOR  
ORIENTEERING PROBLEM WITH HOTEL SELECTION**

**EZGİ GENCEL**

Başkent Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
ENDÜSTRİ Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak hazırlanmıştır.

2019

“Otel Seçimli Oryantiring Problemi İçin Yeni Matematiksel Modeller” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından, 31/01/2019 tarihinde, **ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr.Fulya ALTIPARMAK

Üye (Danışman) : Dr.Öğr.Üyesi Tusan DERYA

Üye : Dr.Öğr.Üyesi Barış KEÇECİ

**ONAY**

/ 02 /2019

Prof.Dr.Ömer Faruk ELALDI  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU**

Tarih: 05 / 02 / 2019

Öğrencinin Adı, Soyadı : Ezgi GENCEL

Öğrencinin Numarası : 21610320

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Programı : Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı : Dr. Öğr. Üyesi Tusan DERYA

Tez Başlığı : Otel Seçimli Oryantiring Problemi İçin Yeni Matematiksel Modeller

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 35 sayfalık kısmına ilişkin, 05 / 02 / 2019 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %13'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:

Onay

05 / 02 / 2019

Dr. Öğr. Üyesi Tusan DERYA

## **TEŐEKKÜR**

Sayın Hocam Dr. Öğr. Üyesi Tusan DERYA'ya tez süresince bana bilgi ve deneyimleri ile yol gösterdiği ve büyük destek olduğu için,

Sayın Hocam Dr. Öğr. Üyesi Barış KEÇECİ'ye tez süresinde bana sunduğu katkılar için, teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZ

### OTEL SEÇİMLİ ORYANTİRİNG PROBLEMİ İÇİN YENİ MATEMATİKSEL MODELLER

Ezgi GENCEL

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışmanın amacı, son yıllarda ele alınmaya başlanan Otel Seçimli Oryantiring Problemi (OSOP) çözümünde kullanılan matematiksel modellerde iyileştirme sağlamaktır. Adını Oryantiring sporundan alan Oryantiring Problemi (OP), Gezgin Satıcı Problemi'nin bir türü olan Seçici Gezgin Satıcı Problemi (SGSP) olarak da bilinmektedir. OP, her müşteriye/düğümüne uğrama zorunluluğu olmaksızın elde edilen skoru enbüyüklenmeye çalışan bir optimizasyon problemidir. OP'den farklı olarak, OSOP'da günlük süre kısıtı bulunmaktadır. Bu sebeple toplam tur birbirini takip eden birden fazla gezinin birleşiminden oluşmaktadır. Her gezi, otel olarak belirlenen düğümlerden en uygun olanda tamamlanır ve takip eden gezi aynı otelden başlar. Her müşteri için bir skor değeri atanır ancak otel noktalarının skor değeri bulunmamaktadır. Bu tez kapsamında, OSOP için literatürde yer alan matematiksel modeller dışında iki yeni model önerilmiştir. Matematiksel modellerin çözümünde CPLEX programı kullanılmıştır. Aynı test verileri ile matematiksel modeller farklı performans kriterlerine göre karşılaştırılmıştır.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Gezgin Satıcı Problemi, Oryantiring Problemi, Matematiksel Modeller

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi Tusan DERYA, Başkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

## **ABSTRACT**

### **NEW MATHEMATICAL MODELS FOR ORIENTEERING PROBLEM WITH HOTEL SELECTION**

Ezgi GENCEL

Başkent University, Institute of Science and Engineering

Department of Industrial Engineering

The aim of this study is to improve the mathematical models used in the solution of Orienteering Problem With Hotel Selection (OPHS) which has been studied in recent years. The Orienteering Problem (OP), which takes its name from the sport of Orienteering, is also known as Selective Traveling Salesman Problem (STSP), a type of Traveling Salesman Problem. OP is an optimization problem that tries to maximize the score obtained without having to visit each customer/node. Unlike OP, there are daily time limits in OPHS. For this reason, the total tour consists of a combination of several trips. Each trip ends at hotel and the following trip starts from the same hotel. A score value is assigned for each customer, but there is no score for hotel points. In this thesis, two new mathematical models have been proposed for OPHS. CPLEX program was used to solve mathematical models. The results obtained by using the same test data were compared according to different performance criteria.

**KEYWORDS:** Traveling Salesman Problem, Orienteering Problem, Mathematical Models

**Instructor:** Dr. Öğr. Üyesi Tusan DERYA, Başkent University, Industrial Engineering Department.



# İÇİNDEKİLER

ÖZ .....	i
ABSTRACT .....	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	iv
TABLolar LİSTESİ .....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	vi
<b>1 GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2 PROBLEM TANIMI .....</b>	<b>3</b>
<b>3 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>6</b>
<b>4 OTEL SEÇİMLİ ORYANTİRİNG PROBLEMİ (OSOP) İÇİN MATEMATİKSEL MODELLER .....</b>	<b>9</b>
4.1 DVC Modeli .....	10
4.2 DVCGG Modeli .....	12
4.3 DVCDST Modeli .....	13
<b>5 SAYISAL ANALİZLER .....</b>	<b>14</b>
5.1 Test Problemleri .....	14
5.2 Sayısal Sonuçlar .....	17
<b>6 SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>30</b>
KAYNAKLAR LİSTESİ .....	32
EKLER LİSTESİ .....	33

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Oryantiring Problemi Örnek Çözüm.....	3
Şekil 2 Otel Seçimli Oryantiring Problemi Örnek Çözüm.....	5
Şekil 3 32-65-1-2 Probleminin Çözümü.....	17

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1	SET-1 Problem Verileri.....	15
Tablo 2	SET-2 Problem Verileri.....	16
Tablo 3	SET-3 Problem Verileri.....	16
Tablo 4	SET-1 Optimal Değerler Tablosu .....	18
Tablo 5	SET-2 Optimal Değerler Tablosu .....	19
Tablo 6	SET-3 Optimal Değerler Tablosu .....	20
Tablo 7	SET-1 Çözüm Süreleri Tablosu (sn).....	21
Tablo 8	SET-2 Çözüm Süreleri Tablosu (sn).....	22
Tablo 9	SET-3 Çözüm Süreleri Tablosu (sn).....	23
Tablo 10	SET-1 İndirgenmiş Çözüm Değer Aralığı Yüzdesi (GAP) Tablosu .....	24
Tablo 11	SET-2 İndirgenmiş Çözüm Değer Aralığı Yüzdesi (GAP) Tablosu .....	25
Tablo 12	SET-3 İndirgenmiş Çözüm Değer Aralığı Yüzdesi (GAP) Tablosu .....	26
Tablo 13	SET-1 Model Karşılaştırma Tablosu.....	27
Tablo 14	SET-2 Model Karşılaştırma Tablosu.....	28
Tablo 15	SET-3 Model Karşılaştırma Tablosu.....	29

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

OP	Oryantiring Problemi
OSOP	Otel Seçimli Oryantiring Problemi
TOP	Takım Oryantiring Problemi
GSP	Gezgin Satıcı Problemi
GG	The Gavish and Graves Formülasyonu
DST	Düğüm Sıra Tabanlı Model
DVC	Divsalar, Vansteenwegen, Cattrysse
OPL	Optimizasyon Programlama Dili

# 1 GİRİŞ

Dünya genelinde rekabetin artışıyla birlikte işletmeler, daha az maliyetle ve daha az sürede daha çok fayda sağlamak üzere yeni arayışlara yönelmektedir. Bu arayışlara cevap bulmak adına literatürde yeni araştırmalar yapılmakta ve gün geçtikçe bu araştırmalara konu olan yeni problem türleri oluşmaktadır. Bunlardan birisi olan “Oryantiring Problemi (OP)”, problem çeşitliliği ve günlük hayatta oldukça fazla karşılaşılmaması sebebiyle son yıllarda araştırmacıların dikkatini çekmiştir.

Oryantiring terimi dünyada ilk defa 1886 yılında İsveç harp okulunda kullanılmış ve bilinmeyen bir bölgenin harita ve pusula yardımıyla geçilmesi anlamına gelmiştir. 1918 yılında Stockholm’de düzenlenen bir yarış ile de oryantiring sporunun başladığı varsayılmaktadır. Türkiye’de 1970’lerde başlayan bu spor, günümüzde giderek yaygınlaşmaktadır.

Oryantiring sporu daha çok bir yarışma gibi düzenleniyor olsa da bazı durumlarda çevreyi tanıtmaya amacıyla da kullanılabilir. Bu spor şartların değişiklik göstermesine göre farklılaşabilmektedir. Gece yapılan oryantiring, bisikletle yapılan oryantiring, bayrak oryantiringi bunlardan bazılarıdır. Ancak içlerinden skor oryantiringi yalnızca harita ve yön bulma değil aynı zamanda doğru karar verme yetisi de gerektirmektedir. Bu tipteki oryantiringde yarışmacı başlamadan önce ulaşacağı noktaların puanlarına göre bir rota çizmeli ve verilen süre içerisinde maksimum puanı toplayarak bitiş noktasına ulaşmalıdır.

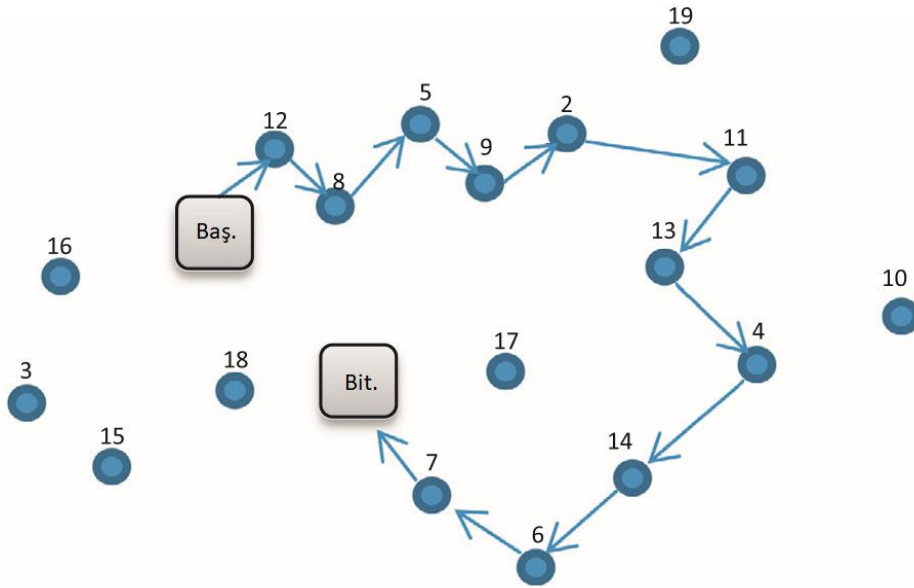
Skor oryantiringinden yola çıkarak gerçek hayatta buna benzer birçok problemle karşılaşıldığı görülmüştür. Literatürde bunlar maksimum getiriye amaçlayan optimizasyon problemleridir ve OP olarak adlandırılmaktadır. OP, başlangıç ve bitiş noktası belli olan, aynı zamanda uğrak noktaların getirileri önceden bilinen ve süre sınırı verilen bir problemdir. Bu problemde bir noktaya en fazla bir defa uğranabilir ve süre sınırı aşılmadan bitiş noktasına ulaşılmalıdır. Rota oluşturulurken noktalar arası mesafe/zaman baz alınarak bir anlamda fayda-maliyet çalışması yapılır.

Bu tez çalışmasında OSOP için literatürde bulunan modele alternatif olarak iki yeni matematiksel model önerilmiş ve performans karşılaştırmaları yapılmıştır. Tezin 2 numaralı başlığında problem tanımı, 3 numaralı başlığında literatür araştırması ve 4 numaralı başlığında incelenen matematiksel modeller verilmiştir. 5 numaralı başlıkta yapılan sayısal analizler ve 6 numaralı başlıkta sonuçlar ve öneriler yer almaktadır.

## 2 PROBLEM TANIMI

OP için bir süre sınırı verilmediği veya fazla tutulduğu durumda, yüksek skor elde etmek için tüm noktadaki puanlar toplanarak bitiş noktasına ulaşmaya çalışılır. Bu durumda problem, literatürde bulunan farklı bir problem olan Gezgin Satıcı Problemi'ne (GSP) benzemeye başlar. GSP, tüm müşterilere uğramak koşuluyla başlangıç noktasına en kısa yoldan dönmeyi amaçlayan bir optimizasyon problemidir. OP'den farklı olarak başlangıç noktası ile bitiş noktası GSP'de aynı olmak zorundadır, ancak OP'de başlangıç ve bitiş noktaları farklı olabilir. Gezgin Satıcı Probleminde amaç seyahat süresini veya mesafesini enküçükmek iken Oryantiring Probleminde toplam skor enbüyüklenmeye çalışılmaktadır [1].

Şekil-1'de örnek bir OP çözümü yer almaktadır. Bu problemde başlangıç ve bitiş noktaları hariç 17 nokta bulunmaktadır. Belirlenen süre sınırı dahilinde bu rota ile bitiş noktasına ulaşırsa maksimum getiri elde edilecektir.



**Şekil 1** Oryantiring Problemi Örnek Çözüm

Bu tezde, Oryantiring Probleminin özel bir çeşidi olan Otel Seçimli Oryantiring Problemi (OSOP) ele alınmıştır. Klasik oryantiringden farklı olarak süre sınırı ("Tur") kendi içinde bölünerek birden çok alt süre sınırı ("Kısa Tur") oluşturmaktadır. Bu alt süre sınırları sonunda skoru olmayan bir noktaya ulaşılması gerekmektedir. Daha sonra bu noktadan tekrardan alt süre sınırı

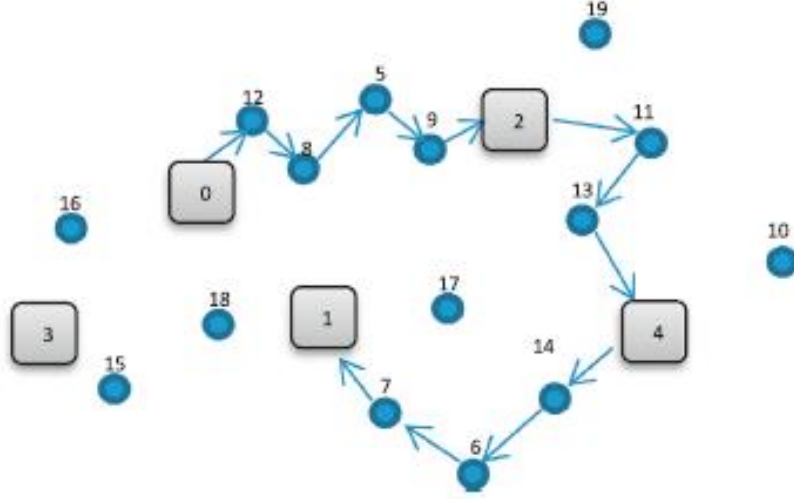
dahilinde bir rotaya başlanır. Toplam süre sınırı aşılmayacak şekilde parçalı olarak gerçekleştirilen bu gezideki skoru olmayan ara noktalar “Otel” olarak adlandırılır. Otellerin tümüne uğrama zorunluluğu yoktur. Amaç tüm geziyi yine en fazla skorla bitirmeye çalışmaktır, ancak noktalar seçilirken oteller de göz önünde bulundurulur ki alt süre sınırı bitmeden bir otele ulaşmak veya bir sonraki kısa tura başlamak için daha az maliyet/zaman harcansın. Bakıldığında OSOP, birden fazla OP'nin birleştirilmiş hali gibi görülebilir ancak OSOP'da kısa turlar arasındaki ardışıklık ve bütünsel bakış açısı problemin farkını ve yaklaşımını ortaya koymaktadır. Problemden farklı bir deyişle “Kısa Tur” için bir süre sınırı belirlenir ve her “Tur” birden çok “Kısa tur”dan oluşur. Belirlenen süre sonunda “Kısa Tur”lar otel olarak belirlenen noktalarda sonlanır ve bir sonraki “Kısa Tur” aynı otelden başlayarak devam eder. Amaç “Tur” sonunda toplam skoru enbüyüklemektir.

Gerçek hayat uygulamalarına bakıldığında birçok alanda OSOP kullanılmaktadır. Örneğin;

- Bir turist belirli bir bölgedeki birçok aktiviteyi içeren gezi planlamak istediğinde en fazla faydayı sağlayacak şekilde planlama yapar. Gezi birkaç gün sürecektir ve başlangıç noktası ile bitiş otelleri belirlenmiştir. Katılım sağlanacak aktiviteler belirlenirken başlangıç, bitiş ve gezi süresince konaklanacak olan oteller dikkate alınır. Konaklanılacak oteller o bölgedeki uygun oteller arasından seçilir ve bir günün sonlandığı otelden ertesi günün gezisi başlar.
- Uzun yol kamyon şoförlerinin limitli sürüş saatlerine göre seyahat etmeleri zorunludur. Toplama ve dağıtım noktaları arasında günlük seyahat yapılır ancak ertesi gün için en uygun otel noktasında konaklama sağlanır.
- Ardışık görevlerden oluşan bir sürveyans etkinliği gerçekleştiren bir denizaltı düşünülürse her görevden sonra veri saklama noktalarına ihtiyaç duyar. Denizaltı toplam faydayı en fazla yapacak şekildeki noktalar arasından seçim yapar. Sadece başlangıç ve bitiş noktaları belirlenmiştir.



Şekil-2'de örnek bir OSOP çözümü gösterilmiştir [2]. Bu problemde başlangıç (0) ve bitiş (1) otelleri hariç 3 otel ve 14 müşteri noktası bulunmaktadır. 0-2 otelleri arası 1.kısa tur, 2-4 otelleri arası 2.kısa tur, 4-1 otelleri arası 3.kısa turdur.



**Şekil 2** Otel Seçimli Oryantiring Problemi Örnek Çözüm

### 3 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde, Oryantiring problemi 1984 yılında ilk kez tanımlamıştır. Oryantiring Sporu ve Skor Toplamalı Oryantiring Sporu'ndan verilen örnekler ile problem tanımı yapılmış ve sezgisel yöntemlerin probleme uygulanması ile elde edilen sonuçların karşılaştırması yapılmıştır [3]. Oryantiring problemi, toplam skoru enbüyüklemeye çalışan Sırt Çantası Problemi ile seyahat mesafesini enküçüklemeye çalışan Gezgin Satıcı Problemi'nin bir kombinasyonu olarak ortaya çıkmıştır [1].

1987 yılında, Oryantiring Problemi'nin NP-zor problemler arasında yer aldığını kanıtlamak üzerine yapılan çalışmada sezgisel yöntemler kullanılmıştır [4]. NP-zor problem ifadesindeki P harfi "Polynomial", NP harfleri ise "Non-Deterministic Polynomial" ifadelerini temsil eder. NP-Hard, polinomsal zamanda bir çözümü olduğunu ispatlayamadığımız karar problemlerinin bir sınıfıdır.

1990 yılında, Gilbert Laporte ve Silvano Martello Oryantiring Problemi için ilk kesin sonuç veren algoritmayı önermiş ve sezgisel yöntemlerle elde edilmiş sonuçlar ile karşılaştırmıştır [5].

Literatürde OP'nin farklı türlerine rastlamak mümkündür. Örneğin;

- Getiri Yönlü Gezgin Satıcı Problemi (Traveling Salesman Problems with Profits), Gezgin Satıcı Probleminin bir genelleştirilmiş halidir. Her müşteri noktasının ziyaret edilme zorunluluğu bulunmamaktadır. Her noktaya belirli bir getiri puanı verilir. Amaç hem toplam seyahat maliyetinin hem de elde edilen faydanın optimizasyonunu sağlamaktır. Literatürde bu konuda hem sezgisel hem de kesin sonuç veren yöntemler uygulanmaktadır [6].
- Zaman ve Kapasite Bağımlı Karlı Tur Problemi (Profitable Tour Problem), kazanılan toplam fayda ile toplam seyahat maliyeti arasındaki farkı enbüyüklemeye çalışmaktadır. Araçlardaki boş kapasitenin en doğru şekilde kullanılması kentsel ulaşım sistemlerinin verimliliğinin arttırmak, trafik sıkışıklılığını azaltmak, yakıt tüketimini ve kirliliği azaltmakta önemli bir fırsattır. Ayrıca müşteriler 7/24 açık olmadığı için teslimatları planlarken

zaman bağımlılığı oluşmaktadır. Literatürde bu konuda geliştirilmiş algoritma ve matematiksel modeller kullanılmaktadır [7].

- Takım Oryantiring Probleminde, birkaç yarışmacıdan oluşan bir takım aynı noktadan başlar. Her üye, kontrol noktalarını belirlenmiş süre içinde ziyaret etmeye çalışır ve bitiş noktasında turu tamamlar. Bir takım üyesi bir noktaya gelir ve ilgili puanı alırsa diğer hiçbir ekip üyesine tekrar o noktadan puan verilmez. Böylece her üye en az örtüşme olacak şekilde bir alt kontrol nokta kümesi oluşturmak zorundadır. Amaç olarak toplam takım puanı enbüyüklenmeye çalışılmaktadır [8].
- Kapasite Kısıtlı Takım Oryantiring Probleminde, örnek olarak bir nakliye şirketi ele alınabilir. Firmalar nakliye hizmeti taleplerini web üzerinden belirli veritabanları ile alırlar. Genellikle firmalar belli bir araç filosuna ve düzenli müşterilere sahiptir. Ancak araçların kapasitesi tam olarak kullanılmıyorsa nakliyeciler web üzerinden spot müşteri de aramak isteyebilir. Bu durumda potansiyel müşteriler kümesi içinde kendisi için en uygun olanları seçer ve servis hizmeti sağlanır [9].
- Zaman Pencereli ve Kapasite Kısıtlı Takım Oryantiring Probleminde, her müşterinin talebinin ve bir zaman penceresinin bulunduğu bir Takım Oryantiring Problemi uzantısıdır. Müşteri verilen zaman penceresinde ziyaret edilmeli ve her aracın kapasite sınırı dikkate alınmalıdır. Problem, toplam kazancın enbüyüklenmesi için hangi müşterilerin seçileceğidir. Bu problem türünde kısıtlar farklı olduğu için klasik OP ve TOP algoritmaları kullanılamamaktadır. Bu kapsamda literatürde geliştirilen tamsayılı lineer programlama modelleri bulunmaktadır [10].
- Genelleştirilmiş Oryantiring Probleminde müşterilerin birkaçından oluşan bir küme belirlenir ve bu salkım olarak ele alınır. Gezgin satıcı, salkımlar ile ayrılan müşteriler kümelerini ziyaret eder. Literatürde birçok çözüm yönetimine rastlamak mümkündür [11].

Oryantiring Problemi'nin türlerine ilişkin literatürde yer alan farklı ve güncel çözüm yöntemlerinin incelendiği daha detaylı çalışmalara da rastlamak mümkündür [1], [12].

Oryantiring Problemi'nin yeni bir türü olan Otel Seçimli Oryantiring Problemi (OSOP) ilk olarak 2012 yılında ele alınmıştır. Oteller arasında gezi yapmak için belirlenen oteller kümesinden rastgele seçim yapmak üzere yerel arama algoritması kullanılmıştır [13]. Kullanılan komşuluk yapılarının sistematik biçimde değiştirilmesi esasına dayanan ve yerel arama algoritması kullanan yöntemler geliştirilmiştir [14]. Daha iyi performans alınan popülasyon bazlı ve çapraz geçiş prosedürlerini de içeren karma bir algoritma üzerine çalışmalar yürütülmüştür [2].

2017 yılında Açgözlü Rastgele Uyarlanabilir Arama Prosedürü (GRASP-Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) ile kümeleme analizi yapılan yeni bir melez algoritma önerisi sunulmuştur. Önerilen algoritma ikiye ayırılmış olup birinci safhada yerel arama algoritmasını kullanarak seçim yapılmış, ikinci safhada ise GRASP kullanarak kümeleme yapılmıştır [15].

## 4 OTEL SEÇİMLİ ORYANTİRİNG PROBLEMİ (OSOP) İÇİN MATEMATİKSEL MODELLER

OSOP'da  $H$  adet otel noktası için otel kümesi verilir ( $i=1, \dots, H$ ). Ayrıca  $S_i$  skor değerine sahip  $N$  adet müşteri noktası için müşteri kümesi verilir ( $i=H+1, \dots, H+N$ ). Otel noktalarının skor değeri bulunmamaktadır. Her  $i$ 'den  $j$  noktasına gidiş kombinasyonu için gereken süre  $t_{i,j}$  olarak tanımlanır. Her kısa tur için  $d=1, \dots, D$  aşılması gereken günlük süre kısıtı  $T_d$  parametre olarak verilir ve bu değeri aşmamak üzere her kısa tur'un süresi farklı hesaplanabilir. Problemin amacı toplam skor değerini en yüksek yapacak şekilde turu hesaplamaktır.

Tur,  $D$  adet kısa turun birleşiminden oluşur ve her müşterinin en fazla bir kez ziyaret edilmesi sağlanır. Toplam süre kısıtı olan  $T_{max}$ 'tan dolayı Her müşteriye gitme zorunluluğu bulunmamaktadır. Bu tezde ele alınan matematiksel modellerde kısa tur sayısı ( $D$ ) bir parametre olarak verilmektedir. Her kısa tur uygun olan otellerin birinde başlamak ve bitmek zorundadır. Başlangıç ve bitiş otelleri sırasıyla  $i=1$  ve  $i=2$  olarak belirlenmiştir [14].

Bu tezde üç farklı matematiksel model ele alınmıştır. İlk model literatürde daha önce çalışılmış [14] ve sonuçları bilindiği için referans model olarak ele alınmıştır. İlk modelin isimlendirmesinde kısaltma olarak referans verilen yayınlardaki yazarların baş harfleri DVC kullanılmıştır.

Ele alınan ikinci matematiksel model bu tez kapsamında geliştirilmiş olup, ilk modelin tüm kısıtları aynen alınmış ancak alt tur engelleme kısıtı için The Gavish and Graves (GG) Formülasyonu [16] kullanılmıştır. Bu modelin isimlendirilmesinde kısaltma olarak DVCGG kullanılmıştır.

Ele alınan üçüncü matematiksel model de bu tez kapsamında geliştirilmiş ve yine ilk modelin tüm kısıtları aynen alınmış ancak alt tur engelleme kısıtı olarak Seçici Genelleştirilmiş Gezgin Satıcı Problemi için önerilen Düşüm Sıra Tabanlı Formülasyon [17] kullanılmıştır. Bu modelin isimlendirilmesinde kısaltma olarak DVCDST kullanılmıştır.

Tüm modeller için ortak kullanılan simgeler, parametreler ve karar değişkenleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

### **Simgeler**

$i$  ve  $j$ : Düğüm indisleri

### **Parametreler**

$D$ : Toplam kısa tur sayısı

$H$ : Otel sayısı

$N$ : Müşteri sayısı

$S_i$ :  $i$ . düğümün skoru

$T_{i,j}$ :  $i$ . düğümünden  $j$ . düğüme gidiş süresi

$T_d$ : Her kısa tur için belirlenen süre kısıtı

### **Karar Değişkenleri**

$X_{i,j,d}$ :  $d$ . turda  $i$ . düğümünden  $j$ . düğüme gidilirse 1 diğer durumlarda 0

### **4.1 DVC Modeli**

Alt turları engellemek için kullanılan ilave yardımcı değişken  $u_i$ :  $i$ . düğüme hangi sırada gidileceğini belirlemek için kullanılır.

Ele alınan matematiksel modelin [14] amaç fonksiyonu ve kısıtları aşağıdaki gibidir;

### **Amaç Fonksiyonu;**

$$\text{Max} \sum_{d=1}^D \sum_{i=1}^{H+N} \sum_{j=1}^{H+N} X_{i,j,d} S_i \quad (4.1)$$

Amaç fonksiyonu (4.1) elde edilen toplam skoru enbüyüklemeye çalışmaktadır.

$$\sum_{j=2}^{H+N} x_{1,j,1} = 1 \quad (4.2)$$

$$\sum_{i=1}^{H+N} x_{i,2,D} = 1 \quad (4.3)$$

Kısıt (4.2) turun başlangıç otelinden başladığını ve kısıt (4.3) turun bitiş otelinde sonlandığını garanti eder.

$$\sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{H+N} x_{h,j,d} = 1 \quad d = 1, \dots, D \quad (4.4)$$

$$\sum_{h=1}^H \sum_{i=1}^{H+N} x_{i,h,d} = 1 \quad d = 1, \dots, D \quad (4.5)$$

Kısıt (4.4) ve kısıt (4.5) her kısa turun uygun bir otelde başlayıp uygun bir otelde bitmesini sağlar.

$$\sum_{i=1}^{H+N} x_{i,h,d} - \sum_{j=1}^{H+N} x_{h,j,d+1} = 0 \quad d = 1, \dots, D-1; h = 1, \dots, H \quad (4.6)$$

Kısıt (4.6) eğer bir kısa tur bir otelde biterse takip eden kısa turun da aynı otelden başlamasını sağlar.

$$\sum_{i=1}^{H+N} x_{i,k,d} - \sum_{j=1}^{H+N} x_{k,j,d} = 0 \quad k = H+1, \dots, H+N; d = 1, \dots, D \quad (4.7)$$

Kısıt (4.7) kısa tur içerisinde müşterilerin birbirini takip etmesini sağlar.

$$\sum_{d=1}^D \sum_{j=1}^{H+N} x_{i,j,d} \leq 1 \quad i = H+1, \dots, H+N \quad (4.8)$$

Kısıt (4.8) her müşterinin en fazla 1 kere ziyaret edilmesini sağlar.

$$\sum_{i=1}^{H+N} \sum_{j=1}^{H+N} x_{i,j,d} t_{i,j} - T_d \leq 0 \quad d = 1, \dots, D \quad (4.9)$$

Kısıt (4.9) her kısa tur için süre kısıtına uygunluğu sağlar.

#### Alt Tur Engelleme Kısıtı

$$u_i - u_j + 1 \leq N \left(1 - \sum_{d=1}^D x_{i,j,d}\right) \quad i = H + 1, \dots, H + N; j = H + 1, \dots, H + N \quad (4.10)$$

Kısıt (4.10) alt turların oluşmasını engeller.

$$x_{i,j,d} \in 0,1 \quad d = 1, \dots, D; i = 1, \dots, H + N; j = 1, \dots, H + N \quad (4.11)$$

Kısıt (4.11)  $x_{i,j,d}$  değerlerinin 1-0 değer almasını sağlar.

$$u_i \in 1, \dots, N \quad i = H + 1, \dots, H + N \quad (4.12)$$

Kısıt (4.12)  $u_i$  değerlerinin müşteri sayısı kadar değer almasını sağlar.

## 4.2 DVCGG Modeli

Bu modelde amaç fonksiyonu (4.1) ve kısıt (4.2) - (4.9) aynen kullanılmış ancak alt tur engelleme kısıtı değiştirilmiştir.

Karar değişkenleri ve parametreler tüm modeller için aynıdır. Alt turları engellemek için kullanılan ilave yardımcı değişken  $g_{i,j}$  :  $i$ . müşteriye hangi sırada gidileceğini belirlemek için kullanılır.

#### Alt Tur Engelleme Kısıtı

$$\sum_{j=1}^{H+N} g_{j,i} - \sum_{j=1}^{H+N} g_{i,j} = \sum_{j=1}^{H+N} \sum_{d=1}^D x_{i,j,d} \quad i = H + 1, \dots, H + N \quad (4.13)$$

$$g_{i,j} \leq N \sum_{d=1}^D x_{i,j,d} \quad i = 1, \dots, H + N; j = 1, \dots, H + N \quad (4.14)$$



Kısıt (4.13) ve kısıt (4.14) alt turların oluşmasını engeller.

$$x_{i,j,d} \in 0,1 \quad d = 1, \dots, D; i = 1, \dots, H + N; j = 1, \dots, H + N \quad (4.11)$$

Kısıt (4.11)  $x_{i,j,d}$  değerlerinin 1-0 değer almasını sağlar.

$$g_{i,j} \in 0, \dots, N - 1 \quad i = 1, \dots, H + N; j = 1, \dots, H + N \quad (4.15)$$

Kısıt (4.15)  $g_{i,j}$  değerlerinin müşteri sayısı kadar değer almasını sağlar.

### 4.3 DVCDST Modeli

Bu modelde amaç fonksiyonu (4.1) ve kısıt (4.2) - (4.9) aynen kullanılmış ancak alt tur engelleme kısıtı değiştirilmiştir.

#### Alt Tur Engelleme Kısıtı

$$u_i - u_j + (H + N + 1) \sum_{d=1}^D x_{i,j,d} + (H + N + 1) \sum_{d=1}^D x_{j,i,d} \leq H + N$$

$$d = 1, \dots, D; i = 1, \dots, H + N; j = 1, \dots, H + N \quad (4.16)$$

Kısıt (4.16) alt turların oluşmasını engeller.

$$x_{i,j,d} \in 0,1 \quad d = 1, \dots, D; i = 1, \dots, H + N; j = 1, \dots, H + N \quad (4.11)$$

Kısıt (4.11)  $x_{i,j,d}$  değerlerinin 1-0 değer almasını sağlar.

$$u_i \in 1, \dots, N \quad i = H + 1, \dots, H + N \quad (4.12)$$

Kısıt (4.12)  $u_i$  değerlerinin müşteri sayısı kadar değer almasını sağlar.

DVC, DVCGG ve DVCDST modellerinde  $O(n^3)$  sayıda karar değişkeni ve  $O(n^2)$  sayıda kısıt bulunmaktadır.

## 5 SAYISAL ANALİZLER

### 5.1 Test Problemleri

Bu tezde daha önceki çalışmalarda kullanılan test verileri [18] kullanılmıştır. SET-1'de 105 farklı veri seti, SET-2'de 70 farklı veri seti ve SET-3'te 44 farklı veri seti bulunmaktadır. SET-1 ve SET-2 içerisindeki müşteri sayıları 32-100 arası, toplam tur süresi 32-130 arası değişiklik göstermektedir. SET-1'deki her problem başlangıç ve bitiş otelleri hariç ekstra 1-3 arası otel içerirken bununla ilişkili olarak 2-4 arası kısa turdan oluşmaktadır. Ancak SET-2'deki problemler başlangıç ve bitiş otelleri hariç 5-6 arası otel ve bununla ilişkili 3-4 arası kısa turdan oluşmaktadır. SET-3 problemlerinin müşteri sayıları ise 62-98 arası olmakla beraber, problemler başlangıç ve bitiş otelleri hariç ekstra 10 otel 5 kısa tur, 12 otel 6 kısa turdan oluşmaktadır.

Veri setlerindeki problem isimlendirmeleri AAA-BBB-CC-D şeklinde yapılmıştır.

AAA : Başlangıç ve bitiş noktaları da dahil toplam müşteri sayısı

BBB : Toplam tur süresi

CC : Ekstra otel sayısı

D : Kısa tur sayısı

Problem setleri arasında görünen temel farklardan bir tanesi kısa tur sayılarına göre ekstra otel sayılarının farklı oranda değişmesidir. Örneğin SET-1 içerisinde 3 kısa tura sahip bir problem için ekstra otel sayısı 2 iken SET-2 için bu değer 5 ekstra otel olmaktadır. Benzer şekilde SET-2 için 4 kısa turlu bir problemde ekstra otel sayısı 6 iken, SET-3 için 10 olduğu görülmektedir.

Tüm veri setleri içerisinde müşteri sayısı dikkate alınırsa en büyük boyutlu veri seti 100 müşteriden, otel sayısı dikkate alınırsa başlangıç ve bitiş otelleri hariç 6 otelden oluşmaktadır. Müşteri sayısına göre en küçük boyutlu veri seti 30 müşteriden, otel sayısına göre başlangıç ve bitiş oteli hariç 1 otelden oluşmaktadır.

Veri setlerindeki problemlere göre müşteri sayısı ( $N$ ), toplam tur süresi ( $\sum T$ ), otel sayısı ( $H$ ) ve kısa tur sayısı ( $D$ ) Tablo-1, Tablo-2 ve Tablo-3'te gösterilmektedir. Ayrıca veri setlerinde yer alan müşteri ve otellerin X-Y koordinat bilgileri model içerisinde noktalar arası mesafe hesabında kullanılmıştır.

**Tablo 1 SET-1 Problem Verileri**

SET1- Problem	N	$\sum T$	H	D	SET1- Problem	N	$\sum T$	H	D	SET1- Problem	N	$\sum T$	H	D
100-30-1-2	98	30	3	2	64-70-3-4	62	70	5	4	32-73-2-3	30	73	4	3
100-30-2-3	98	30	4	3	64-75-1-2	62	75	3	2	32-73-3-4	30	73	5	4
100-30-3-4	98	30	5	4	64-75-2-3	62	75	4	3	32-75-1-2	30	75	3	2
100-35-1-2	98	35	3	2	64-75-3-4	62	75	5	4	32-75-2-3	30	75	4	3
100-35-2-3	98	35	4	3	64-80-1-2	62	80	3	2	32-75-3-4	30	75	5	4
100-35-3-4	98	35	5	4	64-80-2-3	62	80	4	3	32-80-1-2	30	80	3	2
100-40-1-2	98	40	3	2	64-80-3-4	62	80	5	4	32-80-2-3	30	80	4	3
100-40-2-3	98	40	4	3	66-125-1-2	64	125	3	2	32-80-3-4	30	80	5	4
100-40-3-4	98	40	5	4	66-125-2-3	64	125	4	3	32-85-1-2	30	85	3	2
100-45-1-2	98	45	3	2	66-125-3-4	64	125	5	4	32-85-2-3	30	85	4	3
100-45-2-3	98	45	4	3	66-130-1-2	64	130	3	2	32-85-3-4	30	85	5	4
100-45-3-4	98	45	5	4	66-130-2-3	64	130	4	3	33-100-1-2	31	100	3	2
102-50-1-2	100	50	3	2	66-130-3-4	64	130	5	4	33-100-2-3	31	100	4	3
102-50-2-3	100	50	4	3	66-40-1-2	64	40	3	2	33-100-3-4	31	100	5	4
102-50-3-4	100	50	5	4	66-40-2-3	64	40	4	3	33-105-1-2	31	105	3	2
102-60-1-2	100	60	3	2	66-40-3-4	64	40	5	4	33-105-2-3	31	105	4	3
102-60-2-3	100	60	4	3	66-45-1-2	64	45	3	2	33-105-3-4	31	105	5	4
102-60-3-4	100	60	5	4	66-45-2-3	64	45	4	3	33-65-1-2	31	65	3	2
64-45-1-2	62	45	3	2	66-45-3-4	64	45	5	4	33-65-2-3	31	65	4	3
64-45-2-3	62	45	4	3	66-50-1-2	64	50	3	2	33-65-3-4	31	65	5	4
64-45-3-4	62	45	5	4	66-50-2-3	64	50	4	3	33-75-1-2	31	75	3	2
64-50-1-2	62	50	3	2	66-50-3-4	64	50	5	4	33-75-2-3	31	75	4	3
64-50-2-3	62	50	4	3	66-55-1-2	64	55	3	2	33-75-3-4	31	75	5	4
64-50-3-4	62	50	5	4	66-55-2-3	64	55	4	3	33-80-1-2	31	80	3	2
64-55-1-2	62	55	3	2	66-55-3-4	64	55	5	4	33-80-2-3	31	80	4	3
64-55-2-3	62	55	4	3	66-60-1-2	64	60	3	2	33-80-3-4	31	80	5	4
64-55-3-4	62	55	5	4	66-60-2-3	64	60	4	3	33-85-1-2	31	85	3	2
64-60-1-2	62	60	3	2	66-60-3-4	64	60	5	4	33-85-2-3	31	85	4	3
64-60-2-3	62	60	4	3	32-65-1-2	30	65	3	2	33-85-3-4	31	85	5	4
64-60-3-4	62	60	5	4	32-65-2-3	30	65	4	3	33-90-1-2	31	90	3	2
64-65-1-2	62	65	3	2	32-65-3-4	30	65	5	4	33-90-2-3	31	90	4	3
64-65-2-3	62	65	4	3	32-70-1-2	30	70	3	2	33-90-3-4	31	90	5	4
64-65-3-4	62	65	5	4	32-70-2-3	30	70	4	3	33-95-1-2	31	95	3	2
64-70-1-2	62	70	3	2	32-70-3-4	30	70	5	4	33-95-2-3	31	95	4	3
64-70-2-3	62	70	4	3	32-73-1-2	30	73	3	2	33-95-3-4	31	95	5	4

**Tablo 2 SET-2 Problem Verileri**

SET2-Problem	N	$\Sigma T$	H	D	SET2-Problem	N	$\Sigma T$	H	D	SET2-Problem	N	$\Sigma T$	H	D
100-30-5-3	98	30	7	3	64-75-5-3	62	75	7	3	32-75-5-3	30	75	7	3
100-30-6-4	98	30	8	4	64-75-6-4	62	75	8	4	32-75-6-4	30	75	8	4
100-35-5-3	98	35	7	3	64-80-5-3	62	80	7	3	32-80-5-3	30	80	7	3
100-35-6-4	98	35	8	4	64-80-6-4	62	80	8	4	32-80-6-4	30	80	8	4
100-40-5-3	98	40	7	3	66-125-5-3	64	125	7	3	32-85-5-3	30	85	7	3
100-40-6-4	98	40	8	4	66-125-6-4	64	125	8	4	32-85-6-4	30	85	8	4
100-45-5-3	98	45	7	3	66-130-5-3	64	130	7	3	33-100-5-3	31	100	7	3
100-45-6-4	98	45	8	4	66-130-6-4	64	130	8	4	33-100-6-4	31	100	8	4
102-50-5-3	100	50	7	3	66-40-5-3	64	40	7	3	33-105-5-3	31	105	7	3
102-50-6-4	100	50	8	4	66-40-6-4	64	40	8	4	33-105-6-4	31	105	8	4
102-60-5-3	100	60	7	3	66-45-5-3	64	45	7	3	33-65-5-3	31	65	7	3
102-60-6-4	100	60	8	4	66-45-6-4	64	45	8	4	33-65-6-4	31	65	8	4
64-45-5-3	62	45	7	3	66-50-5-3	64	50	7	3	33-75-5-3	31	75	7	3
64-45-6-4	62	45	8	4	66-50-6-4	64	50	8	4	33-75-6-4	31	75	8	4
64-50-5-3	62	50	7	3	66-55-5-3	64	55	7	3	33-80-5-3	31	80	7	3
64-50-6-4	62	50	8	4	66-55-6-4	64	55	8	4	33-80-6-4	31	80	8	4
64-55-5-3	62	55	7	3	66-60-5-3	64	60	7	3	33-85-5-3	31	85	7	3
64-55-6-4	62	55	8	4	66-60-6-4	64	60	8	4	33-85-6-4	31	85	8	4
64-60-5-3	62	60	7	3	32-65-5-3	30	65	7	3	33-90-5-3	31	90	7	3
64-60-6-4	62	60	8	4	32-65-6-4	30	65	8	4	33-90-6-4	31	90	8	4
64-65-5-3	62	65	7	3	32-70-5-3	30	70	7	3	33-95-5-3	31	95	7	3
64-65-6-4	62	65	8	4	32-70-6-4	30	70	8	4	33-95-6-4	31	95	8	4
64-70-5-3	62	70	7	3	32-73-5-3	30	73	7	3					
64-70-6-4	62	70	8	4	32-73-6-4	30	73	8	4					

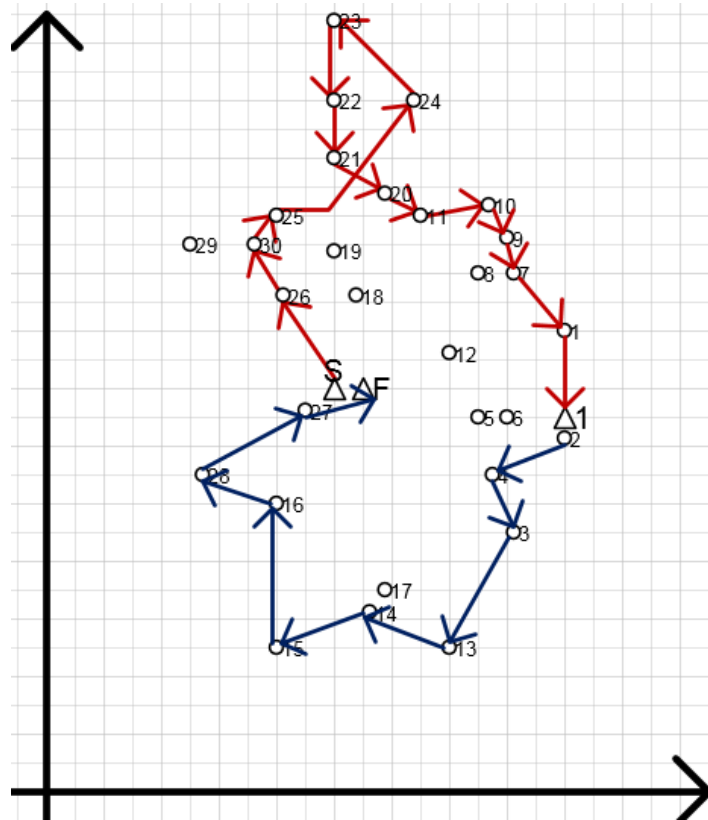
**Tablo 3 SET-3 Problem Verileri**

SET3-Problem	N	$\Sigma T$	H	D	SET3-Problem	N	$\Sigma T$	H	D	SET3-Problem	N	$\Sigma T$	H	D
100-100-10-4	98	100	12	4	100-170-12-5	98	14	14	5	100-70-10-4	98	70	12	4
100-100-12-5	98	100	14	5	100-180-10-4	98	12	12	4	100-70-12-5	98	70	14	5
100-110-10-4	98	110	12	4	100-180-12-5	98	14	14	5	100-80-10-4	98	80	12	4
100-110-12-5	98	110	14	5	100-190-10-4	98	12	12	4	100-80-12-5	98	80	14	5
100-120-10-4	98	120	12	4	100-190-12-5	98	14	14	5	100-90-10-4	98	90	12	4
100-120-12-5	98	120	14	5	100-200-10-4	98	12	12	4	100-90-12-5	98	90	14	5
100-132-10-4	98	130	12	4	100-200-12-5	98	14	14	5	64-75-10-4	62	75	12	4
100-132-12-5	98	130	14	5	100-210-10-4	98	12	12	4	64-75-12-5	62	75	14	5
100-140-10-4	98	140	12	4	100-210-12-5	98	14	14	5	64-80-10-4	62	80	12	4
100-140-12-5	98	140	14	5	100-240-10-4	98	12	12	4	64-80-12-5	62	80	14	5
100-150-10-4	98	150	12	4	100-240-12-5	98	14	14	5	66-125-10-4	64	125	12	4
100-150-12-5	98	150	14	5	100-50-10-4	98	12	12	4	66-125-12-5	64	125	14	5
100-160-10-4	98	160	12	4	100-50-12-5	98	14	14	5	66-132-10-4	64	130	12	4
100-160-12-5	98	160	14	5	100-60-10-4	98	12	12	4	66-132-12-5	64	130	14	5
100-170-10-4	98	170	12	4	100-60-12-5	98	14	14	5					

## 5.2 Sayısal Sonuçlar

Literatürden referans alınan ve önerilen matematiksel modeller IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 12.6.1.0 programı kullanılarak OPL ile kodlanmıştır. Literatürde bulunan DVC modelinin OPL kodları Ek-1’de, alternatif olarak geliştirilen DVCGG ve DVCDST modelleri ise Ek-2 ve Ek-3’de yer almaktadır. Modeller Intel Core i7-4470 CPU 3.40 GHz ve 8 GB Ram özellikli bilgisayar ile 10800 saniye zaman sınırı, 1024 MB kullanılabilir bellek sınırı ve düğüm dosyasının hard disk üzerine sıkıştırılmış biçimde yazılması için ilgili parametreler değiştirilerek CPLEX yardımıyla çözdürülmüştür. Bu parametreler dışında CPLEX’in mevcut parametrelerinde bir değişiklik yapılmamıştır.

Test verilerinden SET-1 içerisinde yer alan 32-65-1-2 probleminin çözümünün şekilsel gösterimi Şekil-3’deki gibidir. Görüleceği üzere kısa turlar farklı renklerle ayrıştirilmiştir. Başlangıç noktasından (S) başlayarak 1 nolu otelde son bulan ilk kısa tur, bitiş noktasında sonlanan 2.kısa tur ile devam etmekte ve tur sonlanmaktadır.



Şekil 3 32-65-1-2 Probleminin Çözümü

Problemlerin literatürde bilinen optimal sonuçları, DVC, DVCGG ve DVCDST modellerinin çözümleri ile birlikte Tablo-4, Tablo-5 ve Tablo-6'da gösterilmiştir. Belirlenen süre kısıtı dahilinde olası bir çözüme ulaşamadığı durumlar “-” ile ifade edilmiştir. Ayrıca tabloda koyu renk olarak belirtilenler çözümün optimal sonuca ulaştığını ifade etmektedir.

Tablo-4'te yer alan SET-1 için optimal değerlerin karşılaştırması incelendiğinde literatürde yer alan DVC modelinin 96, bu tez kapsamında yeni önerilen DVCGG modelinin 96 ve DVCDST modelinin 98 adet optimal çözüm elde ettiği görülmüştür. Optimal çözümlerin en küçüğü 173, en büyüğü ise 1680 değerini almıştır.

**Tablo 4** SET-1 Optimal Değerler Tablosu

SET1- Problem	OPT.	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)	SET1- Problem	OPT.	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)
100-32-1-2	173	<b>173</b>	<b>173</b>	<b>173</b>	66-45-3-4	650	<b>650</b>	<b>650</b>	<b>650</b>
100-32-2-3	173	<b>173</b>	<b>173</b>	<b>173</b>	66-50-1-2	730	<b>730</b>	<b>730</b>	<b>730</b>
100-32-3-4	173	<b>173</b>	<b>173</b>	<b>173</b>	66-50-2-3	730	<b>730</b>	<b>730</b>	<b>730</b>
100-35-1-2	241	<b>241</b>	<b>241</b>	<b>241</b>	66-50-3-4	730	<b>730</b>	<b>730</b>	<b>730</b>
100-35-2-3	241	<b>241</b>	<b>241</b>	<b>241</b>	66-55-1-2	825	<b>825</b>	<b>825</b>	<b>825</b>
100-35-3-4	241	<b>241</b>	<b>241</b>	<b>241</b>	66-55-2-3	825	<b>825</b>	<b>825</b>	<b>825</b>
100-40-1-2	299	<b>299</b>	<b>299</b>	<b>299</b>	66-55-3-4	825	<b>825</b>	<b>825</b>	<b>825</b>
100-40-2-3	299	<b>299</b>	<b>299</b>	<b>299</b>	66-60-1-2	915	<b>915</b>	<b>915</b>	<b>915</b>
100-40-3-4	299	<b>299</b>	<b>299</b>	<b>299</b>	66-60-2-3	915	<b>915</b>	<b>915</b>	<b>915</b>
100-45-1-2	367	<b>367</b>	<b>367</b>	<b>367</b>	66-60-3-4	915	<b>915</b>	<b>915</b>	<b>915</b>
100-45-2-3	367	<b>367</b>	<b>367</b>	<b>367</b>	32-65-1-2	240	<b>240</b>	<b>240</b>	<b>240</b>
100-45-3-4	367	<b>367</b>	<b>367</b>	<b>367</b>	32-65-2-3	240	<b>240</b>	<b>240</b>	<b>240</b>
102-50-1-2	181	<b>181</b>	<b>181</b>	<b>181</b>	32-65-3-4	240	<b>240</b>	<b>240</b>	<b>240</b>
102-50-2-3	181	<b>181</b>	<b>181</b>	<b>181</b>	32-70-1-2	260	<b>260</b>	<b>260</b>	<b>260</b>
102-50-3-4	181	<b>181</b>	<b>181</b>	<b>181</b>	32-70-2-3	260	<b>260</b>	<b>260</b>	<b>260</b>
102-60-1-2	243	219	<b>243</b>	<b>243</b>	32-70-3-4	260	<b>260</b>	<b>260</b>	<b>260</b>
102-60-2-3	243	243	<b>243</b>	<b>243</b>	32-73-1-2	265	<b>265</b>	<b>265</b>	<b>265</b>
102-60-3-4	243	<b>243</b>	<b>243</b>	<b>243</b>	32-73-2-3	265	<b>265</b>	<b>265</b>	<b>265</b>
64-45-1-2	816	<b>816</b>	<b>816</b>	<b>816</b>	32-73-3-4	265	<b>265</b>	<b>265</b>	<b>265</b>
64-45-2-3	816	<b>816</b>	<b>816</b>	<b>816</b>	32-75-1-2	270	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>270</b>
64-45-3-4	816	<b>816</b>	<b>816</b>	<b>816</b>	32-75-2-3	270	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>270</b>
64-50-1-2	900	<b>900</b>	<b>900</b>	<b>900</b>	32-75-3-4	270	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>270</b>
64-50-2-3	900	<b>900</b>	<b>900</b>	<b>900</b>	32-80-1-2	280	<b>280</b>	<b>280</b>	<b>280</b>
64-50-3-4	900	<b>900</b>	<b>900</b>	<b>900</b>	32-80-2-3	280	<b>280</b>	<b>280</b>	<b>280</b>
64-55-1-2	984	<b>984</b>	<b>984</b>	<b>984</b>	32-80-3-4	280	<b>280</b>	<b>280</b>	<b>280</b>
64-55-2-3	984	<b>984</b>	<b>984</b>	<b>984</b>	32-85-1-2	285	<b>285</b>	<b>285</b>	<b>285</b>
64-55-3-4	984	<b>984</b>	<b>984</b>	<b>984</b>	32-85-2-3	285	<b>285</b>	<b>285</b>	<b>285</b>
64-60-1-2	1062	<b>1062</b>	<b>1062</b>	<b>1062</b>	32-85-3-4	285	<b>285</b>	<b>285</b>	<b>285</b>
64-60-2-3	1062	<b>1062</b>	<b>1062</b>	<b>1062</b>	33-100-1-2	800	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b>
64-60-3-4	1062	<b>1062</b>	<b>1062</b>	<b>1062</b>	33-100-2-3	800	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b>
64-65-1-2	1116	<b>1116</b>	<b>1116</b>	<b>1116</b>	33-100-3-4	800	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b>
64-65-2-3	1116	<b>1116</b>	<b>1116</b>	<b>1116</b>	33-105-1-2	800	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b>
64-65-3-4	1116	<b>1116</b>	<b>1116</b>	<b>1116</b>	33-105-2-3	800	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b>

**Tablo 4 devam ediyor.**

64-70-1-2	1188	<b>1188</b>	<b>1188</b>	<b>1188</b>	33-105-3-4	800	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b>
64-70-2-3	1188	<b>1188</b>	<b>1188</b>	<b>1188</b>	33-65-1-2	610	<b>610</b>	<b>610</b>	<b>610</b>
64-70-3-4	1188	1152	1170	1170	33-65-2-3	610	<b>610</b>	<b>610</b>	<b>610</b>
64-75-1-2	1236	<b>1236</b>	<b>1236</b>	<b>1236</b>	33-65-3-4	610	<b>610</b>	<b>610</b>	<b>610</b>
64-75-2-3	1236	<b>1236</b>	1230	<b>1236</b>	33-75-1-2	670	<b>670</b>	<b>670</b>	<b>670</b>
64-75-3-4	1236	<b>1236</b>	1200	<b>1236</b>	33-75-2-3	670	<b>670</b>	<b>670</b>	<b>670</b>
64-80-1-2	1284	<b>1284</b>	<b>1284</b>	<b>1284</b>	33-75-3-4	670	<b>670</b>	<b>670</b>	<b>670</b>
64-80-2-3	1284	1260	1248	1260	33-80-1-2	710	<b>710</b>	<b>710</b>	<b>710</b>
64-80-3-4	1284	1272	1230	1260	33-80-2-3	710	<b>710</b>	<b>710</b>	<b>710</b>
66-125-1-2	1670	<b>1670</b>	<b>1670</b>	<b>1670</b>	33-80-3-4	710	<b>710</b>	<b>710</b>	<b>710</b>
66-125-2-3	1670	<b>1670</b>	<b>1670</b>	<b>1670</b>	33-85-1-2	740	<b>740</b>	<b>740</b>	<b>740</b>
66-125-3-4	1670	1510	1580	-	33-85-2-3	740	<b>740</b>	<b>740</b>	<b>740</b>
66-132-1-2	1680	<b>1680</b>	1675	1675	33-85-3-4	740	<b>740</b>	<b>740</b>	<b>740</b>
66-132-2-3	1680	1675	1640	1670	33-90-1-2	770	<b>770</b>	<b>770</b>	<b>770</b>
66-132-3-4	1680	1635	1510	1535	33-90-2-3	770	<b>770</b>	<b>770</b>	<b>770</b>
66-40-1-2	575	<b>575</b>	<b>575</b>	<b>575</b>	33-90-3-4	770	<b>770</b>	<b>770</b>	<b>770</b>
66-40-2-3	575	<b>575</b>	<b>575</b>	<b>575</b>	33-95-1-2	790	<b>790</b>	<b>790</b>	<b>790</b>
66-40-3-4	575	<b>575</b>	<b>575</b>	<b>575</b>	33-95-2-3	790	<b>790</b>	<b>790</b>	<b>790</b>
66-45-1-2	650	<b>650</b>	<b>650</b>	<b>650</b>	33-95-3-4	790	<b>790</b>	<b>790</b>	<b>790</b>
66-45-2-3	650	<b>650</b>	<b>650</b>	<b>650</b>					

Tablo-5'te yer alan SET-2 için optimal değerlerin karşılaştırması incelendiğinde literatürde yer alan DVC modelinin 62, bu tez kapsamında yeni önerilen DVCGG modelinin 64 ve DVCDST modelinin 62 adet optimal çözüm elde ettiği görülmüştür. Optimal çözümlerin en küçüğü 173, en büyüğü ise 1680 değerini almıştır. Tüm parametreler aynı iken toplam tur süresinin artması daha çok skor toplama imkanı sunduğu için optimal değer de artışını sağlamaktadır.

**Tablo 5 SET-2 Optimal Değerler Tablosu**

SET2-Problem	OPT.	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)	SET2-Problem	OPT.	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)
100-32-5-3	173	<b>173</b>	<b>173</b>	<b>173</b>	66-45-6-4	650	<b>650</b>	<b>650</b>	<b>650</b>
100-32-6-4	173	<b>173</b>	<b>173</b>	<b>173</b>	66-50-5-3	730	<b>730</b>	<b>730</b>	<b>730</b>
100-35-5-3	241	<b>241</b>	<b>241</b>	<b>241</b>	66-50-6-4	730	<b>730</b>	<b>730</b>	<b>730</b>
100-35-6-4	241	<b>241</b>	<b>241</b>	<b>241</b>	66-55-5-3	825	<b>825</b>	<b>825</b>	<b>825</b>
100-40-5-3	299	<b>299</b>	<b>299</b>	<b>299</b>	66-55-6-4	825	<b>825</b>	<b>825</b>	<b>825</b>
100-40-6-4	299	<b>299</b>	<b>299</b>	<b>299</b>	66-60-5-3	915	<b>915</b>	<b>915</b>	<b>915</b>
100-45-5-3	367	<b>367</b>	<b>367</b>	<b>367</b>	66-60-6-4	915	<b>915</b>	<b>915</b>	<b>915</b>
100-45-6-4	367	<b>367</b>	<b>367</b>	<b>367</b>	32-65-5-3	240	<b>240</b>	<b>240</b>	<b>240</b>
102-50-5-3	181	<b>181</b>	<b>181</b>	<b>181</b>	32-65-6-4	240	<b>240</b>	<b>240</b>	<b>240</b>
102-50-6-4	181	<b>181</b>	<b>181</b>	<b>181</b>	32-70-5-3	260	<b>260</b>	<b>260</b>	<b>260</b>
102-60-5-3	243	243	<b>243</b>	<b>243</b>	32-70-6-4	260	<b>260</b>	<b>260</b>	<b>260</b>
102-60-6-4	243	243	<b>243</b>	<b>243</b>	32-73-5-3	265	<b>265</b>	<b>265</b>	<b>265</b>
64-45-5-3	816	<b>816</b>	<b>816</b>	<b>816</b>	32-73-6-4	265	<b>265</b>	<b>265</b>	<b>265</b>
64-45-6-4	816	<b>816</b>	<b>816</b>	<b>816</b>	32-75-5-3	270	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>270</b>
64-50-5-3	900	<b>900</b>	<b>900</b>	<b>900</b>	32-75-6-4	270	<b>270</b>	<b>270</b>	<b>270</b>
64-50-6-4	900	<b>900</b>	<b>900</b>	<b>900</b>	32-80-5-3	280	<b>280</b>	<b>280</b>	<b>280</b>
64-55-5-3	984	<b>984</b>	<b>984</b>	<b>984</b>	32-80-6-4	280	<b>280</b>	<b>280</b>	<b>280</b>

**Tablo 5 devam ediyor.**

64-55-6-4	984	<b>984</b>	<b>984</b>	<b>984</b>	32-85-5-3	285	<b>285</b>	<b>285</b>	<b>285</b>
64-60-5-3	1062	<b>1062</b>	<b>1062</b>	<b>1062</b>	32-85-6-4	285	<b>285</b>	<b>285</b>	<b>285</b>
64-60-6-4	1062	<b>1062</b>	<b>1062</b>	<b>1062</b>	33-100-5-3	800	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b>
64-65-5-3	1116	1074	<b>1116</b>	<b>1116</b>	33-100-6-4	800	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b>
64-65-6-4	1116	<b>1116</b>	<b>1116</b>	<b>1116</b>	33-105-5-3	800	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b>
64-70-5-3	1188	<b>1188</b>	<b>1188</b>	<b>1188</b>	33-105-6-4	800	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b>
64-70-6-4	1188	<b>1188</b>	1152	<b>1188</b>	33-65-5-3	610	<b>610</b>	<b>610</b>	<b>610</b>
64-75-5-3	1236	<b>1236</b>	<b>1236</b>	1224	33-65-6-4	610	<b>610</b>	<b>610</b>	<b>610</b>
64-75-6-4	1236	1224	1170	1176	33-75-5-3	670	<b>670</b>	<b>670</b>	<b>670</b>
64-80-5-3	1284	<b>1284</b>	<b>1284</b>	1260	33-75-6-4	670	<b>670</b>	<b>670</b>	<b>670</b>
64-80-6-4	1284	<b>1284</b>	<b>1284</b>	1260	33-80-5-3	710	<b>710</b>	<b>710</b>	<b>710</b>
66-125-5-3	1670	1655	1615	1645	33-80-6-4	710	<b>710</b>	<b>710</b>	<b>710</b>
66-125-6-4	1670	1580	1595	1640	33-85-5-3	740	<b>740</b>	<b>740</b>	<b>740</b>
66-132-5-3	1680	1655	1670	1675	33-85-6-4	740	<b>740</b>	<b>740</b>	<b>740</b>
66-132-6-4	1680	1595	1640	1655	33-90-5-3	770	<b>770</b>	<b>770</b>	<b>770</b>
66-40-5-3	575	<b>575</b>	<b>575</b>	<b>575</b>	33-90-6-4	770	<b>770</b>	<b>770</b>	<b>770</b>
66-40-6-4	575	<b>575</b>	<b>575</b>	<b>575</b>	33-95-5-3	790	<b>790</b>	<b>790</b>	<b>790</b>
66-45-5-3	650	<b>650</b>	<b>650</b>	<b>650</b>	33-95-6-4	790	<b>790</b>	<b>790</b>	<b>790</b>

Tablo-6'da yer alan SET-3 için optimal değerlerin karşılaştırması incelendiğinde literatürde yer alan DVC modelinin 7, bu tez kapsamında yeni önerilen DVCGG modelinin 5 ve DVCDST modelinin 9 adet optimal çözüm elde ettiği görülmüştür. Optimal çözümlerin en küçüğü 412, en büyüğü ise 1680 değerini almıştır.

**Tablo 6 SET-3 Optimal Değerler Tablosu**

SET3-Problem	OPT.	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)	SET3-Problem	OPT.	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)
100-100-10-4	782	752	611	763	100-210-10-4	1284	1132	1067	1030
100-100-12-5	782	770	667	782	100-210-12-5	1284	1201	885	-
100-110-10-4	835	760	657	803	100-240-10-4	1306	1207	1145	1196
100-110-12-5	835	799	631	806	100-240-12-5	1306	1150	790	1167
100-120-10-4	894	828	679	806	100-50-10-4	412	<b>412</b>	<b>412</b>	<b>412</b>
100-120-12-5	894	768	628	841	100-50-12-5	412	<b>412</b>	<b>412</b>	<b>412</b>
100-132-10-4	956	858	661	862	100-60-10-4	504	<b>504</b>	<b>504</b>	<b>504</b>
100-132-12-5	956	836	707	850	100-60-12-5	504	<b>504</b>	<b>504</b>	<b>504</b>
100-140-10-4	1013	915	838	888	100-70-10-4	590	<b>590</b>	590	<b>590</b>
100-140-12-5	1013	872	677	873	100-70-12-5	590	<b>590</b>	590	<b>590</b>
100-150-10-4	1057	918	696	925	100-80-10-4	652	652	641	652
100-150-12-5	1057	889	753	942	100-80-12-5	652	652	632	652
100-160-10-4	1114	975	800	1011	100-90-10-4	725	725	642	725
100-160-12-5	1114	1014	836	966	100-90-12-5	725	725	684	725
100-170-10-4	1164	982	914	-	64-75-10-4	1236	1218	1200	<b>1236</b>
100-170-12-5	1164	1024	960	938	64-75-12-5	1236	<b>1236</b>	1152	1152
100-180-10-4	1201	1132	1024	1010	64-80-10-4	1284	1272	<b>1284</b>	<b>1284</b>
100-180-12-5	1201	961	926	1070	64-80-12-5	1284	1236	1266	1278
100-190-10-4	1234	1176	1055	1114	66-125-10-4	1670	1645	1515	<b>1670</b>
100-190-12-5	1234	1093	1021	1116	66-125-12-5	1670	1615	1590	1645
100-200-10-4	1261	1123	1164	1133	66-132-10-4	1680	1655	1555	1630
100-200-12-5	1261	1200	1071	1201	66-132-12-5	1680	1650	1555	1575



Veri setleri arasında en büyük boyutlu problemler SET-3'te olduğundan optimal değere ulaşmanın zorlaştığı görülmektedir.

Problemlerin DVC, DVCGG, DVCDST modelleri ile belirlenen süre kısıtı dahilindeki çözüm süreleri sırasıyla Tablo-7, Tablo-8 ve Tablo-9'da gösterilmiş olup olası bir çözüme ulaşılamadığı durumlar "-" ile ifade edilmiştir.

Tablo-7'de yer alan SET-1 için literatürde yer alan DVC modelinin en kısa çözüm süresi 1,9 saniyedir. Bu tez kapsamında önerilen DVCGG modelinin en kısa çözüm süresi 5,07 saniye ve DVCDST modelinin en kısa çözüm süresi 1,98 saniyedir.

**Tablo 7 SET-1 Çözüm Süreleri Tablosu (sn)**

SET1-Problem	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)	SET1-Problem	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)
100-32-1-2	5,38	16,05	5,99	66-45-3-4	67,10	312,16	28,60
100-32-2-3	2,12	6,10	2,46	66-50-1-2	2038	116,08	178,67
100-32-3-4	2	5,07	1,98	66-50-2-3	972,48	571,49	70,28
100-35-1-2	6,68	201,35	11,72	66-50-3-4	70,12	205,58	37,39
100-35-2-3	7,05	120,51	11,31	66-55-1-2	220,41	58,41	237,48
100-35-3-4	4,20	43,18	12,00	66-55-2-3	343,72	568,48	129,34
100-40-1-2	12,78	407,79	57,72	66-55-3-4	73,41	203,92	17,21
100-40-2-3	36,40	605,46	70,87	66-60-1-2	78,72	47,92	131,23
100-40-3-4	42,51	220,60	44,77	66-60-2-3	396,12	231,15	38,39
100-45-1-2	40,33	350,47	74,19	66-60-3-4	63,90	99,59	12,48
100-45-2-3	72,04	503,24	65,30	32-65-1-2	3,57	10,27	9,64
100-45-3-4	45,66	331,81	55,43	32-65-2-3	20,12	45,71	17,13
102-50-1-2	10800	1500,54	374,25	32-65-3-4	18,32	41,76	3,93
102-50-2-3	8499,25	172,55	101,34	32-70-1-2	1,90	16,51	5,83
102-50-3-4	9924,60	854,26	69,22	32-70-2-3	4,46	84,77	3,40
102-60-1-2	10800	273,67	125,50	32-70-3-4	6,51	42,28	12,34
102-60-2-3	10800	482,28	72,76	32-73-1-2	2,92	16,15	6,05
102-60-3-4	8125,52	614,69	29,91	32-73-2-3	12,99	47,72	12,18
64-45-1-2	27,07	12,93	19,05	32-73-3-4	20,22	103,83	6,33
64-45-2-3	1707,73	382,47	6,88	32-75-1-2	5,87	21,20	7,41
64-45-3-4	6,60	55,82	4,82	32-75-2-3	14,69	28,89	20,02
64-50-1-2	57,03	26,07	63,27	32-75-3-4	3,88	34,45	5,38
64-50-2-3	123,26	380,07	69,34	32-80-1-2	3,39	20,87	12,70
64-50-3-4	246,48	595,64	87,39	32-80-2-3	10,73	74,37	8,86
64-55-1-2	101,21	41,29	13,18	32-80-3-4	52,21	168,73	20,19
64-55-2-3	299,24	605,47	10,87	32-85-1-2	5,26	21,82	14,57
64-55-3-4	1814,29	681,27	186,62	32-85-2-3	76,89	92,57	3,64
64-60-1-2	623,63	130,12	32,90	32-85-3-4	145,08	39	46,30
64-60-2-3	359,32	1485,08	677,26	33-100-1-2	88,45	104,33	72,87
64-60-3-4	3510,12	2916,83	901,44	33-100-2-3	242,57	43,42	122,29
64-65-1-2	16,38	176,42	36,36	33-100-3-4	349,15	362,61	429,88
64-65-2-3	857,16	4602,78	281,44	33-105-1-2	316,15	768,91	123,24
64-65-3-4	633,82	495,72	243,55	33-105-2-3	36,66	3429,98	205,02
64-70-1-2	106,41	107,50	126,99	33-105-3-4	364,29	4108,83	2787,97
64-70-2-3	353,86	197,75	4235,51	33-65-1-2	55,80	161,31	18,80
64-70-3-4	10800	10800	10800	33-65-2-3	49,97	147,55	11,76
64-75-1-2	97,13	1078,90	462,42	33-65-3-4	91,78	419,58	66,68

**Tablo 7 devam ediyor.**

64-75-2-3	382,69	10800	2587,39	33-75-1-2	73,13	403,84	47,16
64-75-3-4	2633,50	10800	2235,48	33-75-2-3	141,49	330,78	154,93
64-80-1-2	7373,17	550,56	3098,96	33-75-3-4	348,82	1163,89	343,69
64-80-2-3	10800	10800	10800	33-80-1-2	97,50	47,99	31,98
64-80-3-4	10800	10800	10800	33-80-2-3	72,62	43,81	61,70
66-125-1-2	1288,16	1130,34	687,82	33-80-3-4	152,91	366,85	13,04
66-125-2-3	6658,37	2738,79	10338,30	33-85-1-2	44,04	39,67	19,53
66-125-3-4	10800	10800	-	33-85-2-3	161,17	99,03	89,55
66-132-1-2	1626,90	10800	10800	33-85-3-4	96,55	215,47	38,60
66-132-2-3	10800	10800	10800	33-90-1-2	29,58	55,38	23,99
66-132-3-4	10800	10800	10800	33-90-2-3	16,01	93,35	7,02
66-40-1-2	190,46	14,15	11,51	33-90-3-4	72,01	47,30	47,17
66-40-2-3	16,21	147,48	10,69	33-95-1-2	21,64	50,26	36,41
66-40-3-4	33,15	9,59	4,96	33-95-2-3	66,66	110,07	31,18
66-45-1-2	577,16	99,05	208,26	33-95-3-4	104,46	135,03	87,80
66-45-2-3	627,95	297,92	57,99				

Tablo-8'de yer alan SET-2 için literatürde yer alan DVC modelinin en kısa çözüm süresi 2,31 saniyedir. Bu tez kapsamında önerilen DVCGG modelinin en kısa çözüm süresi 5,18 saniye ve DVCDST modelinin en kısa çözüm süresi 2,90 saniyedir.

**Tablo 8 SET-2 Çözüm Süreleri Tablosu (sn)**

SET2-Problem	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)	SET2-Problem	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)
100-32-5-3	2,33	8,36	5,84	66-45-6-4	17,13	14,71	6,68
100-32-6-4	2,31	10,64	2,90	66-50-5-3	1580,91	544,44	90,75
100-35-5-3	15,88	143,47	11,53	66-50-6-4	52,46	12,79	25,54
100-35-6-4	6,21	43,34	19,88	66-55-5-3	4459,52	54,60	749,69
100-40-5-3	60,53	482,29	93,52	66-55-6-4	48,19	125,91	18,72
100-40-6-4	17,22	360,47	79,22	66-60-5-3	276,87	580,56	333,81
100-45-5-3	42,64	2836,77	147,14	66-60-6-4	26,72	137,45	27,52
100-45-6-4	50,54	3096,21	130,37	32-65-5-3	32,67	63,73	20,61
102-50-5-3	6133,10	164,47	51,53	32-65-6-4	42,36	95,18	136,41
102-50-6-4	9762,08	405,17	132,87	32-70-5-3	6,57	28,72	35,01
102-60-5-3	10800	744,06	160,68	32-70-6-4	12,31	25,87	37,04
102-60-6-4	10800	2148,51	313,83	32-73-5-3	16,32	51,96	42,90
64-45-5-3	124,86	274,67	48,55	32-73-6-4	5,13	40,55	21,31
64-45-6-4	248,99	227,90	15,18	32-75-5-3	21,58	42,26	42,84
64-50-5-3	1049,81	370,96	660,43	32-75-6-4	14,10	106,03	16,26
64-50-6-4	2449,04	501,95	841,05	32-80-5-3	30,23	57,41	70,47
64-55-5-3	1657,57	2092,24	10606,38	32-80-6-4	61,87	278,65	89,20
64-55-6-4	269,13	1258,10	6327,09	32-85-5-3	73,66	430,95	214,28
64-60-5-3	271,80	6630,62	4066,51	32-85-6-4	152,15	289,43	529,55
64-60-6-4	7487,36	1503,16	4378,18	33-100-5-3	181,91	50,37	873,23
64-65-5-3	10800	3372,63	2669,74	33-100-6-4	148,31	466,99	1500,93
64-65-6-4	574,44	2343,48	582,09	33-105-5-3	63,68	118,53	918,00
64-70-5-3	4808,92	1453,31	711,65	33-105-6-4	377,99	127,78	3319,92
64-70-6-4	9082,27	10800	3055,67	33-65-5-3	115,32	128,06	88,89

**Tablo 8 devam ediyor.**

64-75-5-3	6675,31	10152,92	10800	33-65-6-4	103,91	454,23	214,52
64-75-6-4	10800	10800	10800	33-75-5-3	193,54	343,90	205,28
64-80-5-3	3072,02	4648,86	10800	33-75-6-4	221,79	232,85	775,62
64-80-6-4	10271,61	2016,39	10800	33-80-5-3	43,26	277,53	151,71
66-125-5-3	10800	10800	10800	33-80-6-4	170,07	379,92	27,13
66-125-6-4	10800	10800	10800	33-85-5-3	214,03	139,45	942,07
66-132-5-3	10800	10800	10800	33-85-6-4	58,77	275,30	418,83
66-132-6-4	10800	10800	10800	33-90-5-3	66,57	98,81	58,03
66-40-5-3	17,57	7,21	14,13	33-90-6-4	34,04	206,75	133,26
66-40-6-4	5,94	5,18	18,47	33-95-5-3	64,13	257,25	157,80
66-45-5-3	7457,08	187,20	63,90	33-95-6-4	141,76	197,69	45,79

Tablo-9'da yer alan SET-3 için literatürde yer alan DVC modelinin en kısa çözüm süresi 64,41 saniyedir. Bu tez kapsamında önerilen DVCGG modelinin en kısa çözüm süresi 1551,63 saniye ve DVCDST modelinin en kısa çözüm süresi 81,76 saniyedir. SET-3 problem verileri en büyük boyutlu veriler olduğu için çözümlerin büyük kısmı CPLEX'te verilen süre sınırında çözüme ulaşamamış ve tamamlanmak zorunda kalmıştır.

**Tablo 9 SET-3 Çözüm Süreleri Tablosu (sn)**

SET3- Problem	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)	SET3- Problem	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)
100-100-10-4	10800	10800	10800	100-210-10-4	10800	10800	10800
100-100-12-5	10800	10800	10800	100-210-12-5	10800	10800	-
100-110-10-4	10800	10800	10800	100-240-10-4	10800	10800	10800
100-110-12-5	10800	10800	10800	100-240-12-5	10800	10800	10800
100-120-10-4	10800	10800	10800	100-50-10-4	160,71	3629,50	224,16
100-120-12-5	10800	10800	10800	100-50-12-5	64,41	7243,91	81,76
100-132-10-4	10800	10800	10800	100-60-10-4	352,02	3986,92	592,07
100-132-12-5	10800	10800	10800	100-60-12-5	373,30	1551,63	570,25
100-140-10-4	10800	10800	10800	100-70-10-4	1632,63	10800	5405,54
100-140-12-5	10800	10800	10800	100-70-12-5	3079,13	10800	4795,38
100-150-10-4	10800	10800	10800	100-80-10-4	10800	10800	10800
100-150-12-5	10800	10800	10800	100-80-12-5	10800	10800	10800
100-160-10-4	10800	10800	10800	100-90-10-4	10800	10800	10800
100-160-12-5	10800	10800	10800	100-90-12-5	10800	10800	10800
100-170-10-4	10800	10800	-	64-75-10-4	10800	10800	1066,35
100-170-12-5	10800	10800	10800	64-75-12-5	3658,60	10800	10800
100-180-10-4	10800	10800	10800	64-80-10-4	10800	9210,46	642,63
100-180-12-5	10800	10800	10800	64-80-12-5	10800	10800	10800
100-190-10-4	10800	10800	10800	66-125-10-4	10800	10800	2862,78
100-190-12-5	10800	10800	10800	66-125-12-5	10800	10800	10800
100-200-10-4	10800	10800	10800	66-132-10-4	10800	10800	10800
100-200-12-5	10800	10800	10800	66-132-12-5	10800	10800	10800

Belirlenen çözüm süresi dahilinde DVC, DVCGG, DVCDST modellerinin indirgenmiş çözüm değer aralığı yüzdesini (GAP) gösterir tablolar Tablo-10, Tablo-11 ve Tablo-12’de yer almaktadır. Olası bir çözüme ulaşamadığı durumlar “-” ile ifade edilmiştir.

Tablo-10’da yer alan SET-1 için hesaplanmış GAP değerleri, literatürde yer alan DVC modeli için 0.00% ile 21.91% arasında değişkenlik göstermiştir. Bu tez kapsamında önerilen DVCGG modelinde 0.00% ile 21.91% arasında değişkenlik göstermiş ve DVCDST modelinde 0.005 ile 8.63% arasında değişkenlik göstermiştir.

**Tablo 10** SET-1 İndirgenmiş Çözüm Değer Aralığı Yüzdesi (GAP) Tablosu

SET1- Problem	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)	SET1- Problem	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)
100-32-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	66-45-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
100-32-2-3	0.00%	0.00%	0.00%	66-50-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
100-32-3-4	0.00%	0.00%	0.00%	66-50-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
100-35-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	66-50-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
100-35-2-3	0.00%	0.00%	0.00%	66-55-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
100-35-3-4	0.00%	0.00%	0.00%	66-55-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
100-40-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	66-55-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
100-40-2-3	0.00%	0.00%	0.00%	66-60-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
100-40-3-4	0.00%	0.00%	0.00%	66-60-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
100-45-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	66-60-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
100-45-2-3	0.00%	0.00%	0.00%	32-65-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
100-45-3-4	0.00%	0.00%	0.00%	32-65-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
102-50-1-2	21.57%	0.00%	0.00%	32-65-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
102-50-2-3	0.00%	0.00%	0.00%	32-70-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
102-50-3-4	0.00%	0.00%	0.00%	32-70-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
102-60-1-2	21.91%	0.00%	0.00%	32-70-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
102-60-2-3	18.33%	0.00%	0.00%	32-73-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
102-60-3-4	0.00%	0.00%	0.00%	32-73-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-45-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	32-73-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-45-2-3	0.00%	0.00%	0.00%	32-75-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
64-45-3-4	0.00%	0.00%	0.00%	32-75-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-50-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	32-75-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-50-2-3	0.00%	0.00%	0.00%	32-80-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
64-50-3-4	0.00%	0.00%	0.00%	32-80-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-55-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	32-80-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-55-2-3	0.00%	0.00%	0.00%	32-85-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
64-55-3-4	0.00%	0.00%	0.00%	32-85-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-60-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	32-85-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-60-2-3	0.00%	0.00%	0.00%	33-100-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
64-60-3-4	0.00%	0.00%	0.00%	33-100-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-65-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	33-100-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-65-2-3	0.00%	0.00%	0.00%	33-105-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
64-65-3-4	0.00%	0.00%	0.00%	33-105-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-70-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	33-105-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-70-2-3	0.00%	0.00%	0.00%	33-65-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
64-70-3-4	3.03%	1.52%	1.66%	33-65-2-3	0.00%	0.00%	0.00%

**Tablo 10 devam ediyor.**

64-75-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	33-65-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-75-2-3	0.00%	0.49%	0.00%	33-75-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
64-75-3-4	0.00%	2.91%	0.06%	33-75-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-80-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	33-75-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-80-2-3	1.87%	2.80%	1.87%	33-80-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
64-80-3-4	0.93%	4.21%	1.87%	33-80-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
66-125-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	33-80-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
66-125-2-3	0.00%	0.00%	0.00%	33-85-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
66-125-3-4	9.58%	5.39%	-	33-85-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
66-132-1-2	0.00%	0.30%	0.30%	33-85-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
66-132-2-3	0.30%	2.38%	0.60%	33-90-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
66-132-3-4	2.68%	10.12%	8.63%	33-90-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
66-40-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	33-90-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
66-40-2-3	0.00%	0.00%	0.00%	33-95-1-2	0.00%	0.00%	0.00%
66-40-3-4	0.00%	0.00%	0.00%	33-95-2-3	0.00%	0.00%	0.00%
66-45-1-2	0.00%	0.00%	0.00%	33-95-3-4	0.00%	0.00%	0.00%
66-45-2-3	0.00%	0.00%	0.00%				

Tablo-11'de yer alan SET-2 için hesaplanmış GAP değerleri, literatürde yer alan DVC modeli için 0.00% ile 17.38% arasında değişkenlik göstermiştir. Bu tez kapsamında önerilen DVCGG modelinde 0.00% ile 5.34% arasında değişkenlik göstermiş ve DVCDST modelinde 0.005 ile 4.85% arasında değişkenlik göstermiştir.

**Tablo 11 SET-2 İndirgenmiş Çözüm Değer Aralığı Yüzdesi (GAP) Tablosu**

SET2- Problem	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)	SET2- Problem	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)
100-32-5-3	0.00%	0.00%	0.00%	66-45-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
100-32-6-4	0.00%	0.00%	0.00%	66-50-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
100-35-5-3	0.00%	0.00%	0.00%	66-50-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
100-35-6-4	0.00%	0.00%	0.00%	66-55-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
100-40-5-3	0.00%	0.00%	0.00%	66-55-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
100-40-6-4	0.00%	0.00%	0.00%	66-60-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
100-45-5-3	0.00%	0.00%	0.00%	66-60-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
100-45-6-4	0.00%	0.00%	0.00%	32-65-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
102-50-5-3	0.00%	0.00%	0.00%	32-65-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
102-50-6-4	0.00%	0.00%	0.00%	32-70-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
102-60-5-3	17.38%	0.00%	0.00%	32-70-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
102-60-6-4	1.53%	0.00%	0.00%	32-73-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-45-5-3	0.00%	0.00%	0.00%	32-73-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-45-6-4	0.00%	0.00%	0.00%	32-75-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-50-5-3	0.00%	0.00%	0.00%	32-75-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-50-6-4	0.00%	0.00%	0.00%	32-80-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-55-5-3	0.00%	0.00%	0.00%	32-80-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-55-6-4	0.00%	0.00%	0.00%	32-85-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-60-5-3	0.00%	0.00%	0.00%	32-85-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-60-6-4	0.00%	0.00%	0.00%	33-100-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-65-5-3	3.76%	0.00%	0.00%	33-100-6-4	0.00%	0.00%	0.00%

**Tablo 11 devam ediyor.**

64-65-6-4	0.00%	0.00%	0.00%	33-105-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-70-5-3	0.00%	0.00%	0.00%	33-105-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-70-6-4	0.00%	3.03%	0.00%	33-65-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-75-5-3	0.00%	0.00%	0.97%	33-65-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-75-6-4	0.97%	5.34%	4.85%	33-75-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
64-80-5-3	0.00%	0.00%	1.87%	33-75-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
64-80-6-4	0.00%	0.00%	1.87%	33-80-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
66-125-5-3	0.90%	3.29%	1.50%	33-80-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
66-125-6-4	5.39%	4.49%	1.80%	33-85-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
66-132-5-3	1.49%	0.60%	0.30%	33-85-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
66-132-6-4	5.06%	2.38%	1.49%	33-90-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
66-40-5-3	0.00%	0.00%	0.00%	33-90-6-4	0.00%	0.00%	0.00%
66-40-6-4	0.00%	0.00%	0.00%	33-95-5-3	0.00%	0.00%	0.00%
66-45-5-3	0.00%	0.00%	0.00%	33-95-6-4	0.00%	0.00%	0.00%

Tablo-12'de yer alan SET-3 için hesaplanmış GAP değerleri, literatürde yer alan DVC modeli için 0.00% ile 22.87% arasında değişkenlik göstermiştir. Bu tez kapsamında önerilen DVCGG modelinde 0.00% ile 42.97% arasında değişkenlik göstermiş ve DVCDST modelinde 0.005 ile 23.55% arasında değişkenlik göstermiştir. SET-3 en büyük boyutlu problemleri içerdiği için GAP değerlerinin yükseldiği gözlenmiştir.

**Tablo 12 SET-3 İndirgenmiş Çözüm Değer Aralığı Yüzdesi (GAP) Tablosu**

SET3-Problem	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)	SET3-Problem	DVC	DVCGG (Yeni)	DVCDST (Yeni)
100-100-10-4	10.14%	36.20%	10.12%	100-210-10-4	12.98%	18.30%	20.87%
100-100-12-5	9.63%	25.22%	11.07%	100-210-12-5	7.90%	32.24%	-
100-110-10-4	16.45%	35.38%	11.78%	100-240-10-4	7.58%	12.33%	8.42%
100-110-12-5	14.02%	36.35%	13.09%	100-240-12-5	11.94%	39.51%	10.64%
100-120-10-4	16.20%	38.97%	18.56%	100-50-10-4	0.00%	0.00%	0.00%
100-120-12-5	22.87%	42.59%	15.64%	100-50-12-5	0.00%	0.00%	0.00%
100-132-10-4	17.73%	38.92%	17.93%	100-60-10-4	0.00%	0.00%	0.00%
100-132-12-5	19.68%	37.01%	19.39%	100-60-12-5	0.00%	0.00%	0.00%
100-140-10-4	16.17%	27.47%	19.76%	100-70-10-4	0.00%	6.56%	0.00%
100-140-12-5	21.95%	41.88%	21.67%	100-70-12-5	0.00%	4.37%	0.00%
100-150-10-4	20.06%	42.97%	19.56%	100-80-10-4	1.61%	7.47%	1.82%
100-150-12-5	22.57%	37.73%	17.75%	100-80-12-5	4.04%	9.39%	5.44%
100-160-10-4	17.82%	35.65%	14.92%	100-90-10-4	3.34%	25.73%	6.34%
100-160-12-5	15.14%	33.20%	19.07%	100-90-12-5	3.91%	17.73%	7.25%
100-170-10-4	19.40%	27.98%	-	64-75-10-4	1.46%	2.91%	0.00%
100-170-12-5	16.07%	25.21%	23.55%	64-75-12-5	0.00%	6.80%	6.80%
100-180-10-4	8.89%	19.58%	18.88%	64-80-10-4	0.93%	0.00%	0.00%
100-180-12-5	23.12%	27.62%	14.32%	64-80-12-5	3.74%	1.53%	0.47%
100-190-10-4	7.14%	19.13%	12.32%	66-125-10-4	1.50%	9.28%	0.00%
100-190-12-5	13.72%	21.03%	12.04%	66-125-12-5	3.81%	5.26%	1.50%
100-200-10-4	12.94%	10.74%	11.90%	66-132-10-4	1.49%	7.44%	2.98%
100-200-12-5	6.85%	17.99%	7.01%	66-132-12-5	1.79%	7.44%	6.25%

Literatürden referans seçilen model ile geliştirilen alternatif modellerin Optimale Ulaşılan Veri Sayısı, Daha Kısa Sürede Optimale Ulaşılan Veri Sayısı, Optimale Ulaşamayıp Optimale Daha Yakın Sonuca Ulaşılan Veri Sayısı ve Ortalama Çözüm Süresi (sn) kriterleri altında performans karşılaştırması yapılmış olup Tablo 13, Tablo 14 ve Tablo 15'te özet olarak gösterilmiştir.

Tablo-13'e göre SET-1 için bu tez kapsamında önerilen DVCDST modeli 98 adet ile en fazla optimal sonuca ulaşan modeldir. DVC ve DVCGG modelleri aynı sayıda optimal çözüme ulaşmıştır. Ayrıca DVCDST modeli 58 adet veride diğer modellere göre daha kısa sürede optimal sonuca ulaşmıştır. DVCGG modeli diğer modellere göre optimal sonuca daha kısa sürede ulaşmada en düşük performansı göstermiştir. Tüm modeller arasında, verilen süre kısıtı sebebiyle optimal değere ulaşamamış ancak daha yakın sonuç elde etme açısından yüksek performansı gösteren model DVC olmuştur. Modellerin ortalama çözüm süreleri karşılaştırıldığında en yüksek performanslı modelin DVCDST olduğu, en düşük performanslı modelin DVC olduğu görülmüştür.

**Tablo 13** SET-1 Model Karşılaştırma Tablosu

<b>SET1</b>	<b>Optimale Ulaşılan Veri Sayısı</b>		
	<b>DVC</b>	<b>DVCGG (Yeni)</b>	<b>DVCDST (Yeni)</b>
	96	96	98
	<b>Daha Kısa Sürede Optimale Ulaşılan Veri Sayısı</b>		
	<b>DVC</b>	<b>DVCGG (Yeni)</b>	<b>DVCDST (Yeni)</b>
	30	11	58
	<b>Optimale Daha Yakın Sonuca Ulaşılan Veri Sayısı</b>		
	<b>DVC</b>	<b>DVCGG (Yeni)</b>	<b>DVCDST (Yeni)</b>
	3	2	1
	<b>Ortalama Çözüm Süresi (sn)</b>		
	<b>DVC</b>	<b>DVCGG (Yeni)</b>	<b>DVCDST (Yeni)</b>
	698	434	345

Tablo-14'e göre SET-2 için bu tez kapsamında önerilen DVCGG modeli en fazla optimal sonuca ulaşan modeldir. DVC ve DVCDST modelleri aynı sayıda optimal çözüme ulaşmıştır. DVC modeli 35 adet veride diğer modellere göre daha kısa sürede optimal sonuca ulaşmıştır. DVCGG modeli diğer modellere göre optimal sonuca daha kısa sürede ulaşmada en düşük performansı göstermiştir. Tüm modeller arasında, verilen süre kısıtı sebebiyle optimal değere ulaşamamış ancak daha yakın sonuç elde etme açısından yüksek performansı gösteren model DVCDST olmuştur. Modellerin ortalama çözüm süreleri karşılaştırıldığında en yüksek performanslı modelin DVCDST olduğu, en düşük performanslı modelin DVC olduğu görülmüştür.

**Tablo 14** SET-2 Model Karşılaştırma Tablosu

<b>SET2</b>	<b>Optimale Ulaşılan Veri Sayısı</b>		
	<b>DVC</b>	<b>DVCGG (Yeni)</b>	<b>DVCDST (Yeni)</b>
	62	64	62
	<b>Daha Kısa Sürede Optimale Ulaşılan Veri Sayısı</b>		
	<b>DVC</b>	<b>DVCGG (Yeni)</b>	<b>DVCDST (Yeni)</b>
	35	11	19
	<b>Optimale Daha Yakın Sonuca Ulaşılan Veri Sayısı</b>		
	<b>DVC</b>	<b>DVCGG (Yeni)</b>	<b>DVCDST (Yeni)</b>
	2	-	3
	<b>Ortalama Çözüm Süresi (sn)</b>		
	<b>DVC</b>	<b>DVCGG (Yeni)</b>	<b>DVCDST (Yeni)</b>
	1302	847	767

Tablo-15'e göre SET-3 için bu tez kapsamında önerilen DVCDST modeli en fazla optimal sonuca ulaşan modeldir. DVC modeli 7 adet veride diğer modellere göre daha kısa sürede optimal sonuca ulaşmıştır. DVCGG modeli diğer modellere göre optimal sonuca daha kısa sürede ulaşmada en düşük performansı göstermiştir. Tüm modeller arasında, verilen süre kısıtı sebebiyle optimal değere ulaşamamış ancak daha yakın sonuç elde etme açısından yüksek performansı gösteren model DVCDST olmuştur. Modellerin ortalama çözüm süreleri karşılaştırıldığında en yüksek performanslı modelin DVC olduğu, en düşük performanslı modelin DVCGG olduğu görülmüştür.



**Tablo 15** SET-3 Model Karşılaştırma Tablosu

<b>SET3</b>	<b>Optimale Ulaşılan Veri Sayısı</b>		
	<b>DVC</b>	<b>DVCGG (Yeni)</b>	<b>DVCDST (Yeni)</b>
	7	5	9
	<b>Daha Kısa Sürede Optimale Ulaşılan Veri Sayısı</b>		
	<b>DVC</b>	<b>DVCGG (Yeni)</b>	<b>DVCDST (Yeni)</b>
	7	-	3
	<b>Optimale Daha Yakın Sonuca Ulaşılan Veri Sayısı</b>		
	<b>DVC</b>	<b>DVCGG (Yeni)</b>	<b>DVCDST (Yeni)</b>
	15	1	18
	<b>Ortalama Çözüm Süresi (sn)</b>		
	<b>DVC</b>	<b>DVCGG (Yeni)</b>	<b>DVCDST (Yeni)</b>
	1331	5124	1804

## 6 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde Otel Seçimli Oryantiring Problemi ele alınarak literatürden referans seçilen modele (DVC) alternatif yeni matematiksel modeller (DVCGG, DVCDST) geliştirilmiştir.

Müşteri sayısı ve tur zamanı aynı olan veri setlerinde, içerisindeki ekstra otel sayısı ve kısa tur sayısı arasındaki orana göre modellerin çözüm performansları değişmektedir. Aynı kısa tur sayısına sahip ancak ekstra otel sayısı fazla olan problemlerin çözümünde kısa turların bitişinde ziyaret edilecek otel alternatifleri arttığı için oluşturulacak kısa tur alternatifleri çoğalmakta ve karar verme zorlaşmaktadır. Bu nedenle bu tarz problemleri büyük ölçekli problemler olarak adlandıracak olursak;

- Belirlenen süre sınırı dahilinde optimale ulaşılan veri sayısı kriter olarak alındığında; küçük ve büyük ölçekli problemlerde DVCDST modelinin, orta büyüklükteki problemlerde ise DVCGG modelinin diğer modellere göre daha etkin olduğu görülmüştür.
- Daha kısa sürede optimale ulaşılan veri sayısı kriter olarak alındığında; küçük ölçekli problemlerde DVCDST modelinin, orta ve büyük ölçekli problemlerde ise DVC modelinin daha etkin olduğu görülmüştür.
- Ortalama çözüm süresi kriter olarak alındığında; küçük ve orta ölçekli problemlerde DVCDST modelinin, büyük ölçekli problemlerde ise DVC modelinin daha etkin olduğu görülmüştür. Ortalama çözüm süreleri hesaplanırken süre sınırı dahilinde olası bir çözüme ulaşamamış olan sonuçlar dahil edilmemiştir.

Günlük hayatta karar verme sürecinde; stratejik karar verme (stratejik planlama), taktik karar verme (yönetimsel kontrol) ve operasyonel karar verme (operasyonel kontrol) olarak üç farklı karar çeşidi bulunmaktadır. Stratejik karar verme, geleceğe yöneliktir ve belirsizlik seviyesi yüksektir. Taktik karar verme, stratejik seviyede verilen kararların yerine getirilmesi, kaynakların etkili ve verimli kullanılması için verilen kararlardır. Operasyonel karar verme, taktik seviyedeki kararların

yürütülmesi için gerekli görevlerin etkin ve verimli bir biçimde yapılması için verilen kararlardır. Bu kapsamda karar vericiler süre ve sonuçlara ulaşma bakımından kendisi için alternatifler arasından en uygun modeli uygulayabilir.

Gelecek çalışmalarda matematiksel modeller genişletilerek otellerin maliyetleri de bir kısıt olarak eklenip, fayda-maliyet kriteri çerçevesinde karar verecek yeni modeller geliştirilebilir. Ayrıca çalışılacak problemlerde eğer müşterilerden fiziksel yer kaplayacak getiriler sağlanıyorsa geziciye kapasite eklenip kapasite dolduğunda bir otele uğrama zorunluluğu getirecek kısıtlar ile model genişletilebilir. Bunun yanında birden çok satıcının aynı anda planlanmasını sağlanarak modellerin uzantıları üzerinde çalışılabilir.

## KAYNAKLAR LİSTESİ

- [1] P. Vansteenwegen, W. Souffriau ve D. V. Oudheusden, «The orienteering problem: A survey,» *European Journal of Operational Research*, 2011.
- [2] A. Divsalar, P. Vansteenwegen, K. Sörensen ve D. Cattrysse, «A Memetic Algorithm For The Orienteering Problem With Hotel Selection,» *European Journal of Operational Research*, 2014.
- [3] T. TSILIGIRIDES, «Heuristic Methods Applied to Orienteering,» *Operational Research Society*, no. 35, 1984.
- [4] B. L. Golden, L. Levy ve R. Vohra, *The Orienteering Problem*, Maryland, 1987.
- [5] G. LAPORTE ve S. MARTELLO, *THE SELECTIVE TRAVELLING SALESMAN PROBLEM*, 1990.
- [6] D. Feillet, P. Dejax ve M. Gendreau, «Traveling Salesman Problems with Profits,» *Transportation Science*, 2005.
- [7] P. Sun, L. P. Veelenturf, S. Dabia ve T. V. Woensel, «The time-dependent capacitated profitable tour problem with time windows and precedence constraints,» *European Journal of Operational Research*, 2018.
- [8] I.-M. Chao, B. L. Golden ve E. A. Wasil, «Theory and Methodology The Team Orienteering Problem,» *European Journal of Operational Research*, 1996.
- [9] C. Archetti, D. Feillet, A. Hertz ve M. G. Speranza, *The Capacitated Team Orienteering and Profitable Tour Problems*, 2009.
- [10] Z. Li ve X. Hu, «The Team Orienteering Problem with Capacity Constraint and Time Window,» *The Tenth International Symposium on Operations Research and Its Applications*, Dunhuang, China, 2011.
- [11] Z. W. Geem, C.-L. Tseng ve Y. Park, *Harmony Search for Generalized Orienteering Problem: Best Touring in China*, 2005.
- [12] A. Gunawan, H. C. Lau ve P. Vansteenwegen, «Orienteering Problem: A survey of recent variants, solution approaches and applications,» *European Journal of Operational Research*, 2016.
- [13] C. Zhu, J. Hu, F. Wang ve Y. Xu, «On the tour planning problem,» *Ann Oper Res*, pp. 67-86, 2012.
- [14] A. Divsalar, P. Vansteenwegen ve D. Cattrysse, «A Variable Neighborhood Search Method For The Orienteering Problem with Hotel Selection,» *Int. J. Production Economics*, 2013.
- [15] S. Sohrabi, K. Ziarati ve M. Keshtkaran, «International Symposium on Computer Science and Software Engineering Conference (CSSE),» *A Novel Method for Solving the Orienteering Problem with Hotel Selection*, 2017.
- [16] T. Öncan, K. Altinel ve G. Laporte, «A Comparative Analysis of Several Asymmetric Traveling Salesman Problem Formulations,» *Computers & Operations Research*, 2009.
- [17] G. G. Altunsoy, *Genelleştirilmiş Seçici Gezgin Satıcı Problemleri İçin Yeni Matematiksel Modeller*, 2017.
- [18] «KU LEUVEN,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.mech.kuleuven.be/en/cib/op>. [15 Aralık 2018 tarihinde erişilmiştir].

## **EKLER LİSTESİ**

EK-1 Divsalar, Vansteenwegen, Cattrysse OPL KODU

EK-2 Gravis And Graves OPL KODU

EK-3 Dügüm Sıra Tabanlı OPL KODU

## EK-1 Divsalar, Vansteenwegen, Cattrysse OPL KODU

```
using CPLEX;

int D=...;
int H = ...;
int N = ...;
float XPos[1..H+N] = ...;
float YPos[1..H+N] = ...;
float t[1..(H+N)][1..(H+N)];
int S[1..(H+N)] = ...;
float T[1..D] = ...;
dvar boolean x[1..(H+N)][1..(H+N)][1..D];
dvar float+ u[(H+1)..(H+N)];
execute Compute_t
{
    for(var i=1; i<=H+N; i++)
        for(var j=1; j<=H+N; j++)
            {
                if(i==j)
                    t[i][j] = 100000;
                if(i!=j)
                    t[i][j] = Opl.trunc(Opl.sqrt( Opl.pow(XPos[i]-
XPos[j],2) + Opl.pow(YPos[i]-YPos[j],2) ) * 100)/100;
            }
}
maximize
    sum(d in 1..D, i in 1..(H+N), j in 1..(H+N): i!=j)
        S[i]*x[i,j,d];

subject to
{
    sum(l in 2..(H+N)) x[1,l,1]==1;

    sum(k in 1..(H+N)) x[k,2,D]==1;

    forall(d in 1..D)
        sum(h in 1..H, l in 1..(H+N)) x[h,l,d]==1;

    forall(d in 1..D)
        sum(h in 1..H, k in 1..(H+N)) x[k,h,d]==1;

    forall(d in 1..(D-1), h in 1..H)
        sum(k in 1..(H+N)) x[k,h,d]-sum(l in 1..(H+N)) x[h,l,(d+1)]==0;

    forall(k in (H+1)..(H+N), d in 1..D)
        sum(i in 1..(H+N)) x[i,k,d]-sum(j in 1..(H+N)) x[k,j,d]==0;

    forall(i in (H+1)..(H+N))
        sum(d in 1..D, j in 1..(H+N)) x[i,j,d]<=1;

    forall(d in 1..D)
        sum(i in 1..(H+N), j in 1..(H+N)) t[i,j]*x[i,j,d]-T[d]<=0;

    forall(i in (H+1)..(H+N), j in (H+1)..(H+N))
        u[i]-u[j]+1-((N)*(1-(sum(d in 1..D) x[i,j,d])))<=0;
}
```

## EK-2 Gravis And Graves OPL KODU

```

using CPLEX;
int D=...;
int H = ...;
int N = ...;
float XPos[1..H+N] = ...;
float YPos[1..H+N] = ...;
float t[1..(H+N)][1..(H+N)];
int S[1..(H+N)] = ...;
float T[1..D] = ...;
dvar boolean x[1..(H+N)][1..(H+N)][1..D];
dvar float+ g[1..(H+N)][1..(H+N)];
execute Compute_t
{for(var i=1; i<=H+N; i++)
    for(var j=1;j<=H+N; j++)
        {if(i==j)
            t[i][j] = 100000;
            if(i!=j)
                t[i][j] = Opl.trunc(Opl.sqrt( Opl.pow(XPos[i]-
XPos[j],2) + Opl.pow(YPos[i]-YPos[j],2) ) * 100)/100; }
}
maximize
    sum(d in 1..D, i in 1..(H+N), j in 1..(H+N): i!=j)
        S[i]*x[i,j,d];
subject to
{
    sum(l in 2..(H+N)) x[1,l,1]==1;

    sum(k in 1..(H+N)) x[k,2,D]==1;

    forall(d in 1..D)
        sum(h in 1..H, l in 1..(H+N)) x[h,l,d]==1;

    forall(d in 1..D)
        sum(h in 1..H, k in 1..(H+N)) x[k,h,d]==1;

    forall(d in 1..(D-1), h in 1..H)
        sum(k in 1..(H+N)) x[k,h,d]-sum(l in 1..(H+N)) x[h,l,(d+1)]==0;

    forall(k in (H+1)..(H+N), d in 1..D)
        sum(i in 1..(H+N)) x[i,k,d]-sum(j in 1..(H+N)) x[k,j,d]==0;

    forall(i in (H+1)..(H+N))
        sum(d in 1..D, j in 1..(H+N)) x[i,j,d]<=1;

    forall(d in 1..D)
        sum(i in 1..(H+N), j in 1..(H+N)) t[i,j]*x[i,j,d]-T[d]<=0;

    forall (i in H+1..H+N)
        sum(j in 1..H+N: i!=j) g[j,i]-sum(j in 1..H+N: i!=j) g[i,j]==sum(j in 1..H+N:
i!=j, d in 1..D) x[i,j,d];

    forall ( i in 1..H+N, j in 1..H+N: i!=j)
        g[i,j] <= (N)*sum(d in 1..D) x[i,j,d];
}

```

### EK-3 Düğüm Sıra Tabanlı OPL KODU

```
using CPLEX;

int D=...;
int H = ...;
int N = ...;
float XPos[1..H+N] = ...;
float YPos[1..H+N] = ...;
float t[1..(H+N)][1..(H+N)];
int S[1..(H+N)] = ...;
float T[1..D] = ...;

dvar boolean x[1..(H+N)][1..(H+N)][1..D];
dvar float+ u[(1)..(H+N)];
execute Compute_t
{
    for(var i=1; i<=H+N; i++)
        for(var j=1; j<=H+N; j++)
            {
                if(i==j)
                    t[i][j] = 100000;
                if(i!=j)
                    t[i][j] = Opl.trunc(Opl.sqrt( Opl.pow(XPos[i]-
XPos[j],2) + Opl.pow(YPos[i]-YPos[j],2) ) * 100)/100;
            }
}
maximize
    sum(d in 1..D, i in 1..(H+N), j in 1..(H+N): i!=j)
        S[i]*x[i,j,d];

subject to
{
    sum(l in 2..(H+N)) x[1,l,1]==1;

    sum(k in 1..(H+N)) x[k,2,D]==1;

    forall(d in 1..D)
        sum(h in 1..H, l in 1..(H+N)) x[h,l,d]==1;

    forall(d in 1..D)
        sum(h in 1..H, k in 1..(H+N)) x[k,h,d]==1;

    forall(d in 1..(D-1), h in 1..H)
        sum(k in 1..(H+N)) x[k,h,d]-sum(l in 1..(H+N)) x[h,l,(d+1)]==0;

    forall(k in (H+1)..(H+N), d in 1..D)
        sum(i in 1..(H+N)) x[i,k,d]-sum(j in 1..(H+N)) x[k,j,d]==0;

    forall(i in (H+1)..(H+N))
        sum(d in 1..D, j in 1..(H+N)) x[i,j,d]<=1;

    forall(d in 1..D)
        sum(i in 1..(H+N), j in 1..(H+N)) t[i,j]*x[i,j,d]-T[d]<=0;

    forall(d in 1..D, i in (1)..(H+N), j in (1)..(H+N))
        u[i]-u[j]+(H+N+1)*sum(d in 1..D)x[i,j,d]+(H+N-1)*sum(d in
1..D)x[j,i,d]<=H+N;}
}
```