

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ZAMANA BAĞLI ORYANTİRİNG PROBLEMİNİN GENETİK
ALGORİTMA KULLANILARAK ÇÖZÜMÜ**

Mahsa BEHDADNIA

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2016**

Her hakkı saklıdır

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

24.03.2016

Mahsa BEHDADNIA

ÖZET

Yüksek lisans tezi

ZAMANA BAĞLI ORYANTİRİNG PROBLEMİNİN GENETİK ALGORİTMA KULLANILARAK ÇÖZÜMÜ

Mahsa BEHDADNIA

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İman ASKERBEYLİ

Günümüzde turizm dünyada giderek gelişen bir endüstri haline gelmiştir. Dünya turizminde önemli bir yere sahip olan ve her yıl milyonlarca turist çeken İstanbul, bu pazarda büyük bir paya sahiptir. Bu turistlerin çoğu kentin tarihi ve kültürel yerlerini ziyaret etmek amacıyla gelmektedirler. Bir yandan yüksek ilgi puanı (POI) diğer yandan yoğun trafik problemi göz önünde bulundurulursa şehrin bu cazibe merkezlerini ziyaret etmek için kısıtlı zamanda uygulanabilir bir gezi planı yapmayı zorlaştırmaktadır. Bu tez bahsi geçen problemi özellikle sabah ve akşam saatlerindeki şehrin yoğun trafik sorununu dikkate alarak bu kısıtlı zaman süresince en iyi (optimal) tur programını veren Zamana Bağlı Yön Bulma (Orienteering) ile çözmeyi hedeflemektedir. Yön Bulma Problemi (OP) ve Zamana Bağlı Yön Bulma Problemi (TDOP) birçok makalede ele alınmış olmasına rağmen, değişken başlangıç noktalı TDOP daha önce ele alınmamıştır ve bildiğimiz kadarıyla literatürde başlangıç noktalarını değişken olarak kabul ederek maksimum skoru bulmaya çalışan TDOP metoduyla yaklaşılacak ilk problemi teşkil etmektedir. Model girdileri toplanan dataya göre türetilmiştir ve bu veri gerçek yaşam problemi olan İstanbul şehrine uyarlanarak ve farklı ilgi puanları ve oteller göz önüne alınarak bir çözüm algoritması geliştirilmiştir. Problem matematiksel olarak modellendikten sonra, meta sezgisel yöntemini kullanmak suretiyle bir genetik algoritmayla çözülmüştür. Elde edilen tüm sonuçlar sıralanmıştır ve farklı zaman bütçeleri, ayrılma zamanı ve başlangıç noktaları dikkate alınarak hassasiyet analizi yapılmıştır.

Mart 2016, 46 sayfa

Anahtar Kelimeler: yol planlama, zamana bağlı, optimuma yakın algoritma, oryantiring problemi, genetik algoritma, meta sezgisel algoritma

ABSTRACT

Master thesis

A GENETIC ALGORITHM FOR SOLVING TIME-DEPENDENT ORIENTEERING PROBLEM

Mahsa BEHDADNIA

University of Ankara
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Computer Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Iman ASKERBEYLI

Tourism is actually deemed as a growing sector all over the world. Istanbul, just as an undoubtedly one of the most notable metropolis in world tourism with millions of visitors annually, offers wonderful quota as a part of this particular sector. Numerous of tourists come to the city with the purpose to visit historical as well as cultural places. Great number of Points of Interest (POIs) in one hand and the crowded traffic of the city on the other hand, cause a manageable plan to visit the regarding tourist attractions in the available time period a challenging task. This paper resolved the mentioned problem through the use of a metaheuristic method in Time Dependent Orienteering Problem (TDOP), which not just offers near optimal tour plan during the limited time budget, but additionally considers traffic of the city, specifically in the morning and evening hours. Even though the Orienteering Problem (OP) have been researched in numerous papers, the TDOP with a dynamic starting point has not been assumed previously, and this TDOP problem concerns initial points changeable and aims to find out the highest of scores relating to that with metaheuristic methods. Due to the fact that OP is NPhard, i.e. no polynomial time algorithm could be designed to solve this problem to optimality. Genetic algorithm is employed to solve this case for the city of Istanbul. A variety of POIs as visiting points and Hotels as initials points are considered to deal with this problem. After mathematically modeling the problem, it is solved near optimally with a modified genetic algorithm. All results are achieved and sensitivity analysis was done by considering different time budget and initial points.

March 2016, 46 pages

Key Words: itinerary planning, time-dependent, near-optimal algorithm, orienteering problem, genetic algorithm, metaheuristic algorithm

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Söz konusu tez çalışmasının yürütülmesinde başından sonuna kadar araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek tez danışmanım ve değerli hocam Sayın Prof. Dr. İman ASKERBEYLİ'ye, (Ankara Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı) sonsuz şükranlarımı ve saygılarımı sunarım.

Yardımlarını esirgemeyen Ankara Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı hocalarıma,

Her daim ve özellikle de yüksek lisans süreci boyunca manevi desteklerini benden esirgemeyen ve yanımda olan Hira Ertuğrul ve onun çok değerli ailesine ve kardeşlerim Nesa ve Tohid BEHDADNIA'ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Son olarak bugüne ulaşmamı sağlayan, hayatımın her anında yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen Annem Nahid HADİYAN ve Babam Shamsollah BEHDADNIA'ya teşekkür ediyorum. İyi ki varsınız...

Mahsa BEHDADNIA

Ankara, Mart 2016

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Dünya Turizm İstatistikleri ve Sıralamaları	1
1.2 Fırsatları ve Yatırım Alanları.....	2
1.3 Çalışmanın Amacı ve Problem Beyanı.....	4
2. LİTERATÜR TARAMA.....	5
2.1 Oryantiring Problemi	5
2.1.1 Takım Oryantiring Problemi (TOP)	6
2.1.2 Oryantiring Problemi Zaman Penceresi ile (OPTW).....	6
2.1.3 Zamana Bağlı Oryantiring Problemi (TDOP)	6
2.1.4 Kümeleneş Oryantiring Problemi (COP).....	7
2.1.5 Stokastik Kar ile Oryantiring Problemi (OPSP).....	7
2.1.6 Çok Nesnel Oryantiring Problemi.....	7
2.1.7 Kapasiteli Oryantiring Problemi.....	7
2.1.8 Takım Kapasiteli Oryantiring Problemi.....	8
2.1.9 Arc Oryantiring Problemi (AOP).....	8
2.2 Çözüm Yöntemleri	8
2.3 Genetik Algoritmanın Temelleri.....	9
2.3.1 Çaprazlama (Crossover).....	12
2.3.2 Mutasyon.....	13
2.3.3 GA'nın ek parametreler	14
2.3.4 Özet.....	14

3. METODOLOJİ.....	16
3.1 Çalışma Alanı Açıklaması	16
3.1.1 Mesafeler	17
3.1.2 Hız Matrisleri	17
3.1.3 İlgili Noktaları	18
3.2 Tur Elemanları	19
3.3 Matematiksel Model	19
4. PROBLEM TANITIM.....	22
4.1 Çözüm Algoritması	22
4.2 Kodlama	24
4.3 İlk Nüfus Oluşturma	25
4.4 Uygunluk Değerin Hesaplaması	25
4.5 Üreme Süreci Uygulanması.....	26
4.6 Rulet Tekerleği ile Birey seçme.....	26
4.7 Çaprazlama Uygulanması	27
4.8 Mutasyon Uygulanması	28
5. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	29
5.1 Karşılaştırma	36
6. SONUÇ.....	42
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ.....	46

SİMGELER DİZİNİ

a_i	i noktasına ulaşma zamanı
v_{ti}	her noktanın ziyaret süresi
t_{ei}	i noktasından ayrılma saati
u_i	i noktası için yarar puanı
$T_{\max}$	Zaman bütçesi
$D_{i,j,t}$	i dan j noktasın kadar seyahat süresi, t zaman dilimin den başlayan
X_{ijt}	1 eğer seyahat i noktasından j noktasına, t zaman dilimi de gerçekleşmiş olsa; aksi halde 0

Kısaltmalar

UNWTO	United Nations World Tourism Organisation
KP	Knapsack Problem
TSP	Travelling Salesperson Problem
GA	Genetic Algorithm
OP	Orienteering Problem
TOP	Team Orienteering Problem
OPTW	Orienteering Problem with Time Windows
TOPTW	Team Orienteering Problem with Time Windows
TDOP	Time Dependent Orienteering Problem
COP	Clustered Orienteering Problem
OPSP	Orienteering Problem with Stochastic Profits
AOP	Arc Orienteering Problem
POI	Points of Interest
TD	Time Dependent
TDTSP	Time Dependent Traveling Salesman Problem
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
SA	Simulted Annealing
ACO	Ant Colony Optimization

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 En çok ziyaret edilen ülkeler)	2
Şekil 1.2 Türkiye’deki oteller	4
Şekil 3.1 Oteller ve POI lar için bir coğrafi dağılımı	16
Şekil 3.2 Tur elemanları	19
Şekil 4.1 Kodlamanın bir örneği ni göstermektedir	24
Şekil 4.2 Rulet tekerleği ile birey seçme.....	27
Şekil 4.3 Mutasyon işlevi.....	28
Şekil 5.1 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 480 dakika; Başlangıç noktası Sultanahmet	30
Şekil 5.2 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 540 dakika; Başlangıç noktası Sultanahmet	30
Şekil 5.3 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 480 dakika; Başlangıç noktası Sultanahmet	32
Şekil 5.4 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 540 dakika; Başlangıç noktası Sultanahmet	32
Şekil 5.5 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 480 dakika; Başlangıç noktası Sultanahmet	34
Şekil 5.6 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 480 dakika; Başlangıç noktası Taksim.....	34
Şekil 5.7 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 540 dakika; Başlangıç noktası Beşiktaş	35
Şekil 5.8 Genetik algoritma tekrarlama örnekleri	36
Şekil 5.9 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 480 dakika	38
Şekil 5.10 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 540 dakika	39
Şekil 5.11 480 dakika Zaman bütçesi kapsamında tur süresi.....	40
Şekil 5.12 540 dakika Zaman bütçesi kapsamında tur süresi.....	40
Şekil 5.13 Algoritma çalışma süresi.....	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Dünya turizm istatistikleri ve sıralamaları	2
Çizelge 2.1 Literatür tarama.....	9
Çizelge 2.2 Problem kodlama teknikleri	11
Çizelge 2.3 Çaprazlama teknikleri	12
Çizelge 2.4 Mutasyon teknikleri	13
Çizelge 3.1 Hız matrisi.....	17
Çizelge 3.2 İlgili noktaları.....	18
Çizelge 3.3 Parametreleri ve karar değişkenleri	20
Çizelge 5.1 5-Nokta; Hareket saati =8	29
Çizelge 5.2 6-Nokta; Hareket saati =8	31
Çizelge 5.3 7-Nokta; Hareket saati =8	33

1. GİRİŞ

Turizm sınırlı bir süre için, eğlence, dini, aile ziyaret veya iş amaçlı yapılan seyahatlere denir. Turizm genellikle uluslararası seyahatlerle ilişkilendirilir fakat aynı ülke içerisinde de yapılan seyahatler turizm kapsamındadır. Dünya turizm örgütü turistleri seyahat eğlence iş veya diğer amaçlarla bir yıldan daha uzun olmamak şartıyla her zamanki ortamlarının dışında yaşayan insanlar olarak tanımlamaktadır (Anonymous 1995). Turizm dünya çapında popüler bir eğlence aktivitesi haline gelmektedir. Turizm yurtiçi ve uluslararası olabilir ve uluslararası turizm ülkelerin gelir gider dengesini etkilemektedir. Turizm birçok ülke için ana gelir kaynağı durumundadır. Aynı zamanda Turist kaynağı ve ev sahibi olan her iki ülkenin ekonomisini etkileyerek bazı durumlarda hayati önem taşımaktadır. Turizm birçok ülke için hayati önem taşıyan bir gelir kaynağıdır ve turistlere yapılan hizmetler ve satılan mallar karşılığında alınan ücretler şeklinde yerel ekonomiye büyük oranda gelir sağlamaktadır. Aynı zamanda turizm hizmet sektöründe iş alanı yaratarak ekonomiye katkı sağlamaktadır (Anonymous 2014). Hizmet endüstrisi havayolları, yolcu gemileri ve taksiler gibi ulaşım hizmetleri, otel ve tatil köylerini içeren konaklama gibi ağırlama hizmetleri ve gazino alışveriş merkezleri, müzik mekânları ve tiyatrolar gibi eğlence hizmetleri olarak turizmden faydalanmaktadır. Ayrıca hediyelik eşya, kıyafet ve diğer birçok malların satışıyla turizmden faydalanılmaktadır.

1.1 Dünya Turizm İstatistikleri ve Sıralamaları

Dünya turizm sıralaması dünya turizm barometre yayının bir parçası olarak Birleşmiş Milletler Dünya Turizm Örgütü (UNWTO) tarafından belirlenmektedir (Anonymous 2007). Yayında Birleşmiş milletler bölgeleri ve alt bölgeler uluslararası gelen ziyaretçi sayısı, gelen turistler tarafından oluşturulan turizm gelirleri ve giden turistlerin harcamalarına göre sıralanmaktadır. Şekil 1.1 de dünya turizm örgütünün raporuna göre uluslararası turist sayısı bakımından en çok ziyaret edilen 10 ülke gösterilmektedir.



Şekil 1.1 En çok ziyaret edilen ülkeler (Anonymous 2015)

Çizelge 1.1'e göre Türkiye turistler tarafından ziyaret edilen 6. popüler ülke konumundadır ve ziyaretçi sayısı gittikçe artmaktadır. 2007 yılından 2012 yılına kadar uluslararası turist sayısı %37 oranında artarak 31.5 milyonu aşkın yabancı ziyaretçi sayısına ulaşmıştır (Anonymous 2015).

Çizelge 1.1 Dünya turizm istatistikleri ve sıralamaları (Anonymous 2014)

Rank *	Country *	UNWTO Region ^[5] *	International tourist arrivals (2013) ^[4] *	International tourist arrivals (2012) ^[4] *	Change (2012 to 2013) (%) *	Change (2011 to 2012) (%) *
1	France	Europe	84.7 million	83.0 million	▲ 2.0	▲ 1.8
2	United States	North America	69.8 million	66.7 million	▲ 4.7	▲ 6.3
3	Spain	Europe	60.7 million	57.5 million	▲ 5.6	▲ 2.3
4	China	Asia	55.7 million	57.7 million	▼ 3.5	▲ 0.3
5	Italy	Europe	47.7 million	46.4 million	▲ 2.9	▲ 0.5
6	Turkey	Europe	37.8 million	35.7 million	▲ 5.9	▲ 3.0
7	Germany	Europe	31.5 million	30.4 million	▲ 3.7	▲ 7.3
8	United Kingdom	Europe	31.2 million	29.3 million	▲ 6.4	▼ 0.1
9	Russia	Europe	28.4 million	24.7 million	▲ 11.2	▲ 13.5
10	Thailand	Asia	26.5 million	22.4 million	▲ 8.8	▲ 9.1

1.2 Fırsatları ve Yatırım Alanları

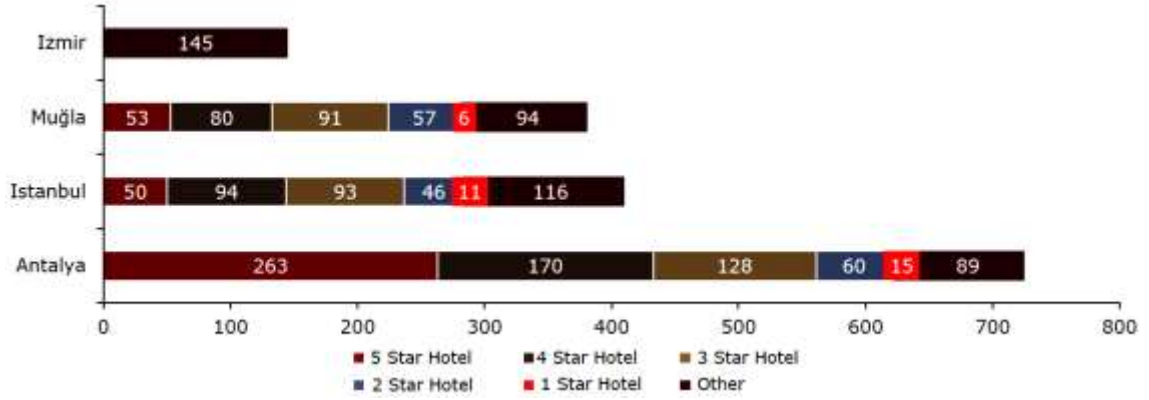
Türk turizm endüstrisi son yıllarda dünya ortalamasının üzerinde bir gelişme göstermiştir ve bu endüstrinin GSMH ya katkısı 2012 yılında 30 milyon dolara

ulaşmıştır. Bu sektörde 2023 yılında 60 milyon turist ve 80 milyon turizm geliri olması hedeflenmektedir. İstanbul genç, dinamik nüfusu ve hızla gelişen ekonomisiyle turizm endüstrisi yatırımları için cazip bir şehirdir. Mastercard dünya çapında ziyaret edilen şehirler endeksi İstanbul'da toplam ziyaretçi harcamalarının 2012 yılında 10,6 milyar dolar olduğunu ve İstanbul'un Frankfurt ve Seul'dan sonra 11. sırada geldiğini belirtmektedir. Ziyaretçi harcamalarında bir önceki yıla oranla %20.7 oranında bir artış meydana gelmiştir (Anonim 2015). İstanbul 14 milyonu aşkın nüfusuyla Türkiye'nin kalbidir ve nüfusunun 2023 yılında 16.5 milyon olması beklenmektedir. İstanbul 2012 yılında Türkiye'nin ithalat ve ihracatın yarıdan fazlasını yaparak en büyük dış ticaret hacmine sahip ili haline gelmiştir. Türkiye'de turistler tarafından en çok ziyaret edilen yer olan İstanbul'da zengin antik kültür, tarihi yerler ve birçok kültürel miras alanları bulunmaktadır. Devlet kurumları tarafından idare edilen 30.000 üzerinde kültürel miras alanları, 75 den fazla müze ve 58 arkeolojik ve kentsel turizm alanları bulunmaktadır. Yabancı ziyaretçilerin %29 tan fazlası İstanbul'a kültürel aktiviteleri ve antik tarihi için gelmektedir. Ayrıca İstanbul uluslararası sanat takviminde önemli yeri olan sanat bienalini kurmuştur. OECD (Ekonomik işbirliği ve kalkınma için organizasyon)'e göre, İstanbul'daki kültürel miraslar yeterli düzeyde değerlendirilememektedir. İstanbul'un asıl potansiyelinin ortaya çıkması için daha fazla yatırım yapılmalıdır (Anonymous 2015 ve Anonim 2015).

İstanbul Atatürk Havalimanı 2012 yılında 29 milyonu uluslararası uçuşlarda olmak üzere toplam 45 milyonu aşkın ziyaretçiye sahiptir. Üçüncü Boğaz köprüsü ve tamamlandığında 150 milyon yolcu kapasiteli dünyanın en büyük havaalanlarından biri olacak yeni bir uluslararası havaalanı gibi altyapı genişletme çalışmaları İstanbul'un gelişmekte olan turizm sektörüne daha fazla turist ve ulaşım kolaylığı getirerek büyük oranda katkı sağlayacaktır.

İstanbul'un ziyaretçi sayısının giderek artması özellikle konaklama olmak üzere yeni yatırımların önünü açmaktadır. Şekil 1.2'de de gösterildiği gibi 2010 ve 2012 yılları arasında İstanbul'daki toplam otel sayısında %7 oranında bir artış meydana gelmiştir

(Anonymous 2015).



Şekil 1.2 Türkiye’deki oteller (Anonymous 2014)

1.3 Çalışmanın Amacı ve Problem Beyanı

İstanbul zengin tarihi ve sayısız turistik mekânları olan bir büyükşehir olarak kaldıkları süre boyunca bu şehri ziyaret etmeyi planlayan turistlere büyük fırsatlar sunmaktadır. Yukarıda belirtildiği gibi turistler genellikle tarihi yerleri ziyaret etmek ve alışveriş yapmak amacıyla İstanbul’a gelmektedir. Çok sayıda turistik alan turistler için ilgi çekici olmasına rağmen, bu alanların tüm şehre dağılmış olması turistlerin kafalarının karışmasına ve zaman kaybetmelerine neden olmaktadır. Farklı başlangıç noktaları ve saatlere göre trafik yoğunluğu göz önünde bulundurulduğunda bu problem daha da karmaşık hale gelmektedir. Bu nedenle turistler için tüm bu turistik alanları kısıtlı bir zamanda ziyaret edebilecekleri uygun bir plan yapmak zor bir iştir. Bu tezin amacı bir algoritma kullanarak belirli bir sürede turist memnuniyetini en yüksek seviyede tutabilecek en uygun tur planını belirlemektir. Bu tezde sunulan zamana bağlı oryantiring problemi oteller için turistlerin memnuniyetini arttırabilecek en uygun yeri belirlemede kullanılabilir.

2. LİTERATÜR TARAMA

2.1 Oryantiring Problemi

Oryantiring Problemi (OP) lojistik, turizm ve savunmada birçok uygulamaları olan bir yönlendirme problemidir. Oryantiring probleminin adı, genellikle dağlık veya yoğun ormanlık alanda oynanan bireysel açık hava sporu kavramına dayanmaktadır. Bu oyunda, bireysel yarışmacılar başlangıç noktası olarak belirtilen noktadan tura başlarlar, mümkün olduğunca çok sayıda kontrol noktalarını ziyaret ederler ve verilen zaman bütçesi çerçevesinde belirtilen kontrol noktasına dönmek için çalışırlar. Eğer kişi gereken zamanda başlangıç noktasına dönemezse diskalifiye olur, bu yüzden yolunu toplam puanını maksimize etmeye ve zaman sınırlamasından önce geri dönmeye göre planlamalıdır. Her kontrol noktası belirli bir puana sahiptir ve amaç toplam puanı maksimize etmektir. OP seçilen köşelerin birleşimidir. Ayrıca seçilen köşeler arasındaki en kısa Hamilton yoluna karar verir. Diğer bir deyişle, OP Knapsack Problem (KP) ve Travelling Salesperson Problem (TSP) birleşimi olarak açıklanabilir. TSP seyahat süresini en aza indirmek için çalışırken OP, toplanan puanı maksimize etmeye çalışır. OP’de zaman kısıtlaması olduğundan, tüm köşelere uğramak zorunlu değildir. Oryantiring problemi aynı zamanda, selective traveling salesperson problemi (Chao vd. 1996) maksimum collection problemi (Verbeeck vd. 2014) ve the bank robber problemi (Verbeeck vd. 2014) olarak da adlandırılır. OP’nin ilk uygulaması, bir seyyar satış elemanının yetersiz bir zamanda olası tüm şehirleri ziyaret etmesi durumuydu. Satış elemanı her şehir için beklenen satış sayısını biliyor ve toplam seyahat süresini bir gün (bir hafta) ile sınırlı tutarken, toplam satışını maksimize etmek istiyor. Çeşitli uygulamalarda OP ortaya çıkar: the home fuel delivery problemi (Golden vd.1987) athlete recruiting from high schools problemi (Butt ve Cavalier 1994) , technician routing and scheduling problemi (Tang vd. 2005), TSPs with profits problemi (Feillet vd. 2005).

2.1.1 Takım Oryantiring Problemi (TOP)

Birden fazla oyunculu ve M tane oyuncunun her birine belirli bir zaman aralığı verilen Oryantiring problem “team orienteering problem” olarak adlandırılır. Ziyaret noktalarının tüm puanlarını maksimize etmeyi amaçlayarak N noktanın altkümelerinden M tane yol seçer. Takım Oryantiring tek oyunculu bir sporun genişletilmiş halidir. Bir takım aynı noktadan başlayan birden çok yarışmacı içerir. (2,3 ya da 4 yarışmacı) Ekibin her üyesi öngörülen süre içinde mümkün olduğunca çok kontrol noktasını ziyaret etmeye çalışırlar ve sonra bitiş noktasında oyunu bitirirler. Bir ekip üyesi bir noktayı ziyaret ettiğinde yarışmacıya noktayla ilişkili bir puan verilir sonra, başka hiçbir oyuncuya bu noktayı ziyaret ettiği için bir puan verilmez. Böylece takımın her bir üyesi kontrol noktalarının diğer üyelerin ziyaret ettiği noktalarla en az kesişen alt kümesini seçmek zorundadır. Zaman sınırı ihlal edilmez ve toplam takım puanı maksimize edilir. Biz buna Oryantiring problem diyoruz ve TOP olarak ifade ediyoruz (Chao ve Golden ve Wasil 1996). S.Butt TOP’yi çözmek için sütun oluşturma tabanlı tam bir algoritma sunmuştur (Butt ve Cavalier 1994). OP’nin bir uzantısı olan, TOP NP-zor olarak görülür. Bu yüzden mükemmele en yakın sonuçlara ulaşmak için en gerçekçi yol sezgisel algoritması kullanmaktır.

2.1.2 Oryantiring Problemi Zaman Pencereleeri ile (OPTW)

OPTW’de her köşe için bir zaman penceresi atanır ve her köşe yalnızca belirli zaman aralıklarında ziyaret edilebilir. OPTW genellikle nakliye ve lojistik uygulamalarında ortaya çıkar. Bir turist seyahat planı yaparken, bir takım turistik yerleri(örneğin, kültürel mekânları) ziyaret etmek isteyebilir, ama zaman sınırlamaları nedeniyle hepsini ziyaret etmesi mümkün değildir (Souffriau vd. 2008).

2.1.3 Zamana Bağlı Oryantiring Problemi (TDOP)

Bir seyahat planı turun başlangıç zamanına bağlıysa bu problem time dependent olarak adlandırılır. Bu problemlerde iki köşe arasındaki seyahat zamanı ilk köşeden kalkış

zamanına bağlıdır. Bu özel problemin formülasyonu karayollarında sabah ve akşam trafiği yoğunluğu veya kalabalık şehirlerdeki trafik sıkışıklığı gibi yol problemlerini göz önünde bulundurur (Fomin ve Lingas 2002, Abbaspour ve Samadzadegan 2011, Garcia vd. 2013).

2.1.4 Kümelenmiş Oryantiring Problemi (COP)

Bu problem, tedarik zinciri yönetimindeki pratik uygulamaların analizinden ortaya çıkar. Belirli markaların ürünleri aynı tedarik zincirine ait tüm müşterilere dağıtılmak zorundadır. COP’ de, müşteriler kar oranıyla ilişkili kümelere ayrılmaktadır ve markanın ürünü kümeye ait tüm müşterilere servis edilmektedir.

2.1.5 Stokastik Kar ile Oryantiring Problemi (OPSP)

Stokastik Karlar ile Oryantiring Probleminde, genellikle puanlar köşelerle ilişkili olarak dağıtılır. OPSP’nin amacı, bir zaman sınırı içinde, önceden belirlenmiş bir hedeften daha fazla puan toplama olasılığını maksimize etmektir. İlhan ve Iravani ve Daskin (2008) OPSP ile başa çıkmak için bir çözüm yaklaşımı ve bi-objective genetik algoritma geliştirdiler.

2.1.6 Çok Nesnel Oryantiring Problemi

Schilde vd. (2009) bir turistin ilgisini çekebilecek mekânları farklı kategorilerde multi objective Oryantiring Problem olarak modellemiştir ve aynı zamanda iki objektif oryantiring problemi ile başa çıkmak için bir çözüm yaklaşımı sunmuştur.

2.1.7 Kapasiteli Oryantiring Problemi

OP de zorunlu köşelerden ilk kez Gendreau ve Laporte ve Semet (1998) tarafından bahsedildi zorunlu köşeler ile OP de tüm köşelerin alt kümeleri ziyaret edilmelidir. Bir şirket günlük planlama yapmak için OP kullanıyorsa, zorunlu noktalar müşteriler

için belirlenmiş günler olabilir ve bu günler ertelenemez.

2.1.8 Takım Kapasiteli Oryantiring Problemi

Archetti vd. (2009) kapasiteli takım oryantiring problemini tanıtarak, bir negatif olmayan talep, her köşe ve verilen kapasitesini aşamaz her yolu toplam talep ile ilişkilidir. Birçok gerçek-yaşam uygulamalarında, her aracın kapasitesi dikkate almak bir konudur.

2.1.9 Arc Oryantiring Problemi (AOP)

AOP Oryantiring Probleminin arc routing sürümüdür. Burada yaylar yerine noktalar kar oranlarıyla ilişkilidir. Bir yaydan birçok kez geçilse bile kar yalnızca bir kez toplanır. Gavalas vd. (2015), Arc Orienteering Problemi (AOP) için algoritma yaklaşımları sunmuştur.

2.2 Çözüm Yöntemleri

Böyle tamsayı programlama, dinamik programlama ve dal-ve-kesim algoritması olarak OP için kesin yöntemler üzerinde çalışmalar olmuştur. Bu yaklaşımlar diğer NP-zor problemleri gibi, daha küçük boyutlu sorunlara çözüm vermesine rağmen, kesin algoritmaların hesaplama sınırlamalar sezgisel prosedürlerin keşif teşvik. Birçok araştırmacı, bir dal-ve-bağlı (Kantor ve Rosenwein1992) ve şube-ve-kesim Yaklaşımı (Ilhan ve Iravani ve Daskin 2008) (Schilde vd. 2009) dayanarak kesin algoritmalar ile OP çözme öneriyoruz.

Çizelge 2.1 Literatür tarama

Problem türü	Yazar	yıl	Çözüm yaklaşımları
OP	Laporte and Martello	1990	Branch and-bound
OP	Ramesh <i>et al.</i>	1992	Branch and-bound
OP	Leifer and Rosenwein	1994	Cutting Plane
OP	Fischetti <i>et al.</i>	1998	Branch-and-cut
OP	Gendreau <i>et al.</i>	1998	Branch-and-cut
OP	Tsiligirides	1984	(S-Algorithm) and(D-Algorithm)
OP	Golden <i>et al.</i>	1987	Centre-of-gravity heuristic
OP	Gendreau <i>et al.</i>	1998	Tabu search heuristic
OP	Wanget <i>et al.</i>	1995	Artificial neural network
TOP	Boussier et al.	2007	Branch-and-bound
TOP	Tang and Miller-Hooks	2005	Tabu search heuristic
TOP	Ke <i>et al.</i>	2008	Ant Colony Optimization
TOP	Vansteenwegen <i>et al.</i>	2009	Variable Neighbourhood Search
TOP	Archetti <i>et al.</i>	2007	Tabu search heuristic
TOP	Souffriau <i>et al.</i>	2013	Greedy randomised adaptive search procedure with path relinking
OPTW	Righini and Salani	2006	Dynamic programming
OPTW	Mansini <i>et al.</i>	2006	Variable neighbourhood search
TOPTW	Montemanni and Gambardella	2009	Ant colony optimisation
TOPTW	Tricoire <i>et al.</i>	2010	Variable Neighbourhood Search
TOPTW	Vansteenwegen <i>et al.</i>	2009	Iterated Local Search (ILS)
TDOP	C. Verbeeck <i>et al.</i>	2014	Ant colony system
TDOP	Abbaspour and Samadzadegan	2011	Adaptive genetic algorithms
TDOP	Li <i>et al.</i>	2010	Dynamic programming
TDOP	Li	2011	Dynamic labeling algorithm
TDOP	Garcia <i>et al.</i>	2013	Iterated local search
TDOP	A.gunawan <i>et al.</i>	2014	greedy construction, local search and variable neighborhood descent, iterated local search

2.3 Genetik Algoritmanın Temelleri

GA Darwin'nin evrim teorisinden esinlenilmiş bir metodolojidir. Basit bir deyişle GA problemleri çözen evrimsel bir süreçtir ve sonucu en iyi çözüme yakındır. Aşağıda doğal evrim sürecinin iyice anlaşılabilmesine yardımcı olabilecek kısa bir açıklamaya yer verilmiştir. Doğadaki tüm canlılar hücrelerden meydana gelir. Her hücre bir kromozom takımı bulundurur. Her kromozom bir sıralı DNA dizisidir ve tüm

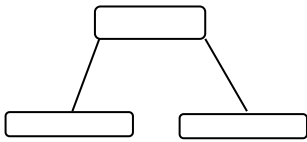
organizmaların modeli olarak hizmet vermektedir. Kromozomlar temelde DNA bloklarıyla tanımlanan ve belirli proteinlerle kodlanan gen topluluklarıdır. Başka bir deyişle her gende bir özellik (göz rengi vb.) kodlanmıştır. Mavi siyah yada kahverengi gibi farklı özellikler ayarlanabilir. Bu ayarlar alleler olarak bilinir. Her gen kromozomlarda belirli bir pozisyona sahiptir ve bu pozisyonlar genlerin yerleri olarak adlandırılır. Bir genomun tamamlanmış bir kromozom setinden oluşması gibi kromozomlar da tamamlanmış bir gen dizisidir. Oysa bir genotip belirli bir gen grubundan meydana gelir. Bu genotipler esas olarak organizmaların fenotiplerinde doğumdan sonraki farklı karakteristik özelliklerin gelişiminden sorumludur. Yeni kromozomların yaratılma işlemine reproduction denir. Yeni kromozomların oluşumunda ilk meydana gelen ve en önemli aşama çaprazlama yada çaprazlama olarak adlandırılır. Çaprazlama boyunca ana kromozomların genleri birbiriyle karıştırılır ve yeni genler yaratılır. Reproduction olayında yer alan ikinci önemli işlem mutasyondur. Mutasyon sırasında DNA elemanlarında küçük değişiklikler yapılır. Obitko (1999) ebeveynlerden gen kopyalama hatalarının bu değişimlere sebep olduğunu gözlemlemiştir. Bir organizma uygunluk ölçüsüne göre hayatta kalır. Başlangıçta Holland (1975) GA için bir nesilden başka bir nesle geçmek için basamaklardan oluşan bir yöntem geliştirdi. Her nesilde yeni kromozom oluşumu sırasında mutasyon ve çaprazlama işlemleri gerçekleşir. Her kromozomun performansı ve uygunluğu fitness değeriyle ölçülür. Uygunluk değeri bir sonraki neslin seçiminde temel olarak alınır. Çaprazlama iki farklı genin parça değişimi yaptığı işlemidir ve bu sayede yavrular oluşur. Fakat mutasyon kromozomdan rastgele seçilen iki genin yer değiştirme işlemidir. Daha önce de bahsedildiği gibi uygunluk değeri gelecek neslin kromozom seçiminde temel olarak alınır; bu nedenle kromozomun fitness değerinin yüksek olması gelecek nesil için seçilme ihtimalini artırır. Uygunluk değerini temel alan seçim yöntemiyle uygunluk değeri yüksek olan kromozomlar hayatta kalırken düşük olanlar yok olur.

GA'nın temel gereksinimleri: kromozomun uygunluk seviyesini ölçebilen bir uygunluk fonksiyonu, problemi çözümleyen bir kodlama yöntemi, en iyi değer için farklı kısıtlamalar ve kriterler tanımlamak ve son olarak uygun çaprazlama ve mutasyon işlemlerini katmak. GA sorunlara verimli çözümler üretebilme yeteneğine sahiptir

fakat asıl sorun problem çözümünün kodlanmasıdır. Hatalı bir kodlama problemin şeklinde değişikliğe yol açabilir (Obitko ve Slavik 1999 , Holland 1975 , Negnevitsky 2005). Problem Gösterimi

GA uygulamasının ilk basamağı kodlamadır. Örneğin, bu kromozom veya problem çözümünün gösterimi olabilir. Kodlamalar genellikle problemin çözümüne bağlıdır. Çizelge 2.1’de (Noor 2007) bazı farklı kodlama teknikleri verilmiştir. Bazılarının kullanımı başarılı olmuşturu (Obitko ve Slavik 1999). GA de kodlama ve rastgele bir başlangıç popülasyonu oluşturulduktan sonraki adım çaprazlama evresinde ebeveyn olarak rol alacak kromozomların seçilmesidir. Asıl sorun bu seçimin yapılma yöntemidir. Darwin in evrim teorisine göre uygunluk değeri yüksek olan kromozomlar bir sonraki nesilde hayatta kalırlar. Bu nedenle çaprazlama ve yavru oluşturma işleminde rol alma ihtimalleri yüksektir. Tournament selection, roulette wheel selection, steady state selection ve rank selection ebeveyn seçimi için bilinen yöntemlerdendir (Negnevitsky 2005).

Çizelge 2.2 Problem kodlama teknikleri

No.	Kodlama Teknikleri	Örnek
1	Binary Encoding	101100101100101011100101
2	Permutation Encoding	8 9 7 4 6 2 3 5 1
3	Value Encoding	(right), (back), (left), (back), (forward)
4	Tree Encoding	

2.3.1 Çaprazlama (Crossover)

Çaprazlama için kromozom seçiminden sonraki adım iki ebeveynden alınan genlerin değişimiyle yavru oluşturma işleminin gerçekleştirilme şeklidir. Bu işlem için en sık kullanılan yöntem aşağıdaki örnekte gösterildiği gibi rastgele seçilen genlerin değiştirilmesidir.

(‘|’ çaprazlama noktası):

Kromozom a = 10011 | 10101110111
Kromozom b = 11001 | 01010011010
Çocuk a = 10011 | 01010011010
Çocuk b = 11001 | 10101110111

Çaprazlama işleminin gerçekleştirilmesi için birçok yöntem vardır. Bunlardan bazıları çizelge 2.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 Çaprazlama teknikleri

No.	Kodlama Teknikleri	Çaprazlama Teknikleri
1	Binary Encoding	Single cut point crossover Double cut point crossover Uniform crossover Arithmetic crossover
2	Permutation Encoding	Single cut point
3	Value Encoding	Same as in binary values
4	Tree Encoding	Exchange

Seçilen çaprazlamanın türü ağırlıklı olarak kullanılan kodlama türüne bağlıdır. Bu nedenle bazen oldukça karmaşık olabilir. Belirli bir problemin çözümü için en uygun

çaprazlama yönteminin seçilmesi GA'nın performansını arttırabilir.

Bir nesilde gerçekleştirilecek çaprazlama işleminin sayısını çaprazlama oranı belirlemektedir. Çaprazlama oranının aralığı 0 ile 100 arasındadır. Çaprazlama oranının 0 olması gelecek neslin bugünkü neslin tamamen kopyası olacağı anlamına gelir. Diğer yandan bu oranın 100 olması gelecek neslin popülasyonunun kromozomlarının bugünkü neslin her iki kromozomunun çaprazlama gerçekleştirilmesi sonucunda oluşması anlamına gelir. Çaprazlama ebeveynlerin en iyi kısımlarının yavrulara aktarılması amacıyla gerçekleştirilir. Bu nedenle yavruların performanslarının ebeveynlere oranla daha iyi olması beklenir.

2.3.2 Mutasyon

Çaprazlama işlemi gerçekleştirildikten sonraki adım mutasyondur. Mutasyon işleminin amacı popülasyondaki çeşitliliği belirli bir seviyeye çıkarmaktır. Bu sayede GA'nın yerel bir optimum takılı kalması önlenabilir (Obitko ve Slavik 1999) Daha önce de bahsedildiği gibi mutasyon işlemi sırasında kromozomların genetik yapılarında ufak değişimler yapılmaktadır. Çaprazlama sonucunda oluşan yavruda mutasyon işlemiyle rastgele değişimler yapılır.

Çaprazlama gibi mutasyonun performansı da kodlama yöntemine bağlıdır. Farklı kodlama türleri için farklı mutasyon teknikleri çizelge 2.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.4 Mutasyon teknikleri

No.	Kodlama Teknikleri	Mutasyon Teknikleri
1	Binary Encoding	Bit inversion
2	Permutation Encoding	Change in order
3	Value Encoding	Addition of a small number
4	Tree Encoding	Change in operator

Çaprazlamada olduğu gibi bir nesildeki mutasyona uğramış gen sayısı mutasyon oranını

belirler. Aynı zamanda mutasyon oranının aralığı da 0 ile 100 arasındadır. Mutasyon oranının 0 olması durumunda hiçbir gen mutasyona uğramamıştır. Fakat bu oranın 100 olması popülasyondaki tüm genlerin mutasyona uğradığı anlamına gelir. Daha önce de bahsedildiği gibi mutasyon işleminin amacı popülasyondaki çeşitliliği belirli bir seviyeye çıkarmaktır. Bu sayede GA'nın yerel bir optimumda takılı kalması önlenir. Bu yüzden mutasyon oranının seçimi hassas bir noktadır (Noor 2007). Mutasyon oranının çok yüksek olması durumunda GA bir çeşit rastgele aramaya dönüşür ve evrim kriterleri kaybolabilir. Mutasyon oranının çok düşük olması durumunda ise GA yerel optimuma yaklaşır.

2.3.3 GA'nın ek parametreler

GA'da başta çaprazlama ve mutasyon parametreleri olmak üzere birçok parametre bulunur. Popülasyon boyutu GA'da önemli bir ek parametredir. Bir neslin popülasyonundaki toplam kromozom sayısına popülasyon boyutu denir. Popülasyon boyutu GA'da optimum çözüm için araştırma alanı sağlaması açısından önemlidir. İlk popülasyondaki kromozom sayısının az olması GA'nın araştırma alanının küçük olduğu anlamına gelir. Bu durumda GA'nın araştırma yeteneği kısıtlanır ve GA yerel optimumda takılı kalır. İlk popülasyondaki kromozom sayısının çok fazla olması ise GA'nın araştırma alanının çok büyük olduğu anlamına gelir. Bu durumda hesaplama işlemi zorlaşır ve algoritmanın yavaşlamasına yol açar. Bu yüzden popülasyon boyutunun mantıklı seçilmesi hassas bir noktadır. Obitko (1999) ya göre popülasyon boyutunun çok büyük olması problemlerin çok yavaş çözülmesi nedeniyle yararlı bir durum değildir.

2.3.4 Özet

GA çaprazlama mutasyon ve bir nesilden diğerine kromozom seçilmesi işlemlerinin yapıldığı doğal yavru üretim sürecinden ilham alınarak geliştirilmiştir. GA yardımıyla problem çözümünde ilk yapılması gereken gösterim/ kodlama kısmını ele almaktır. GA'da çok fazla kodlama yöntemi olduğundan en uygun teknik seçilmelidir. Sonraki

aşamada seşilmiş olan kodlama tekniğine uygun mutasyon ve çaprazlama tekniği seçilmelidir. Diğer önemli kısım ise popülasyondaki tüm kromozomların uygunluk değerini ölçebilen uygun bir uygunluk fonksiyonu geliştirmektir. Bu uygunluk değerleri gelecek nesle kromozom seçiminden sorumludur. Uygunluk değeri yüksek olan kromozomların diğer nesle geçip hayatta kalma ihtimalleri diğer kromozomlara göre daha yüksektir. Mutasyon ve çaprazlama oranı nesil sayısı ve popülasyon boyutu çözümün kalitesini etkilemektedir. Bu nedenle GA’da önemli parametrelerdir.



3. METODOLOJİ

3.1 Çalışma Alanı Açıklaması

Tüm POI'lar öncelik değerine sahiptir. Bu değerler bir turistin belirli bir noktayı ziyaret etme isteğine göre belirlenir. Örneğin bir turist müzeler ve tarihi yerleri ziyaret etmeyi alışveriş merkezlerine tercih eder. Bu problem'de müzeler tarihi yerler ve alışveriş merkezlerini içeren ziyaret noktaları onlarla ilişkili puanlar ve ziyaret zamanları bulunuyor. Bu planda tüm zaman aralığı ziyaret zamanı ve yolculuk zamanı olmak üzere iki parçaya bölünmüştür. Burada amaç turist memnuniyetini sağlayarak belirli bir zaman aralığında bir seyahat planı oluşturmaktır. Bu tezde bu problemin çözümü için verilen zamana uygun bir seyahat planı sunulmaktadır. Yapılan bir seyahat planına göre turist 8 saatlik zaman sınırını aşmadan belirlenen en yüksek puanlı noktaları ziyaret edip başlangıç noktasına geri döndürülmelidir. Bu problem İstanbul'da bulunana 4 farklı başlangıç noktası, 18 puanlandırılmış ziyaret noktası ve 2 farklı zaman sınırını içermektedir (Şekil 3.1). Ayrıca saat ve yola bağlı trafik yoğunluğu da göz önünde bulundurulmaktadır.



Şekil 3.1 Oteller ve POI lar için bir coğrafi dağılımı (Anonymous 2015)

3.1.1 Mesafeler

Google Maps'e ait uydu görüntüsü kullanılarak İstanbul'da herhangi iki ziyaret noktası arasında birçok alternatif yol seçeneği görülmektedir. Bu nedenle iki nokta arasındaki en kısa yol en iyi yol olarak seçilmiştir. Yolculuk için tüm yollar belirlendikten sonra, ziyaret noktalarının kendi aralarında ve bu noktalarla başlangıç otellerinin arasındaki mesafeler için bir matris geliştirilmiştir. Modelin sonuçlarının daha gerçekçi olabilmesi için haritadaki Öklid mesafeleri yerine gerçek ulaşım yolları tercih edilmiştir.

3.1.2 Hız Matrisleri

Noktaların arasında yapılan seyahat süresi yolculuğun başlangıç saatine ve noktaların ziyaret saatlerine bağlıdır. Seyahat süresi belirlenen başlangıç noktasından kalkış saatine göre hesaplanmaktadır. Yolculuk boyunca aracın hızı da seyahatin hangi saatte yapıldığına bağlıdır. Çalışma alanında trafiğin etkisini gösterebilmek için 6 farklı zaman aralığı belirlenmiştir ve bu işlemde sabah ve akşam trafik yoğunluğu göz önünde bulundurulmuştur. Altı zaman aralığı çizelge 3,1'de gösterilmiştir. Bu tablodan da anlaşıldığı gibi seyahat süresi yalnızca yol mesafesine bağlı değildir. Belli saatlerdeki trafik yoğunluğu da yolculuk süresini etkilemektedir. Bu nedenle ziyaret saatleri en doğru şekilde belirlenmelidir. Çizelge 3.1'de gösterildiği gibi sabah saatlerine aracın hızı 30 km iken öğle saatlerinde bu hız iki katına çıkmıştır.

Çizelge 3.1 Hız matrisi

Aralığı	Zaman	Saat	Hız (km/hr)
1	$0 \leq t < 60$	$8 \leq C < 9$	30
2	$60 \leq t < 180$	$9 \leq C < 11$	45
3	$180 \leq t < 300$	$11 \leq C < 13$	55
4	$300 \leq t < 420$	$13 \leq C < 15$	60
5	$420 \leq t < 480$	$15 \leq C < 17$	40
6	$480 \leq t < 540$	$17 \leq C < 18$	50

3.1.3 İlgi Noktaları

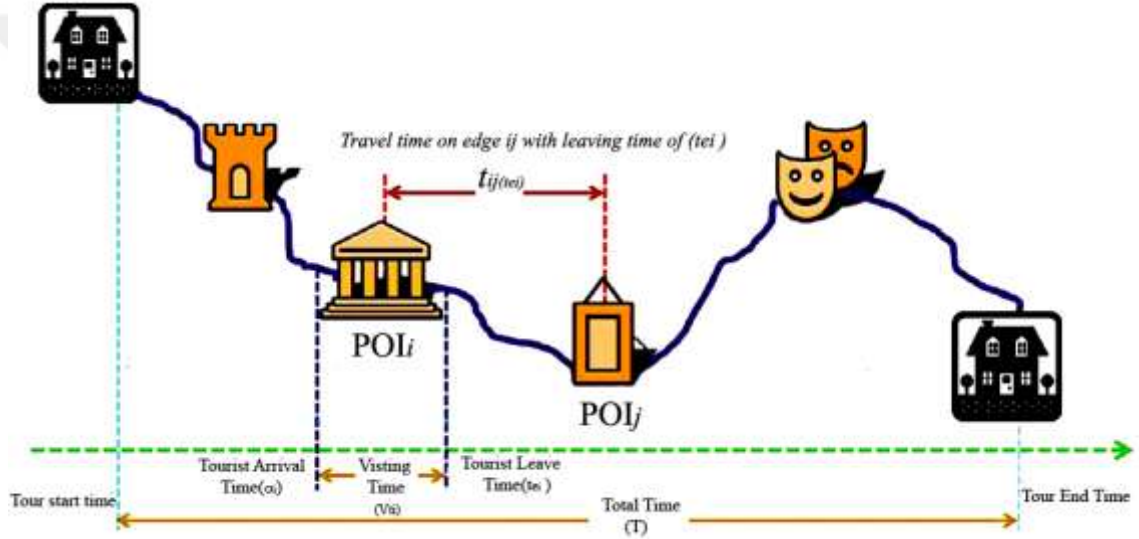
Bu problemde her nokta turistlerin ilgi seviyelerine göre puanlandırılmıştır. Bu nedenle puanlar turistlerin o noktayı ziyaret etme isteklerini göstermektedir. Örneğin bir turist tarihi yerlere veya müzelere gitmeyi alışveriş merkezlerine tercih eder. Bu yüzden bir turist kendi tercihlerine göre ziyaret noktalarını puanlandırabilmektedir. Ayrıca Her ziyaret noktası için puanın yanı sıra belli bir ziyaret süresi olduğu unutulmamalıdır. Her ziyaret noktası için puanlar ve ziyaret süreleri çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 İlgi noktaları

No	İlgi Noktaları (POI)	Puan	Ziyaret Süresi (dk)
1	Otel (İlk nokta)	0	0
2	Topkapı	100	120
3	Ayasofya	90	90
4	Dolmabahçe	70	100
5	Kariye müzesi	50	70
6	Sabancı müzesi	40	75
7	KOC müzesi	80	90
8	Sultanahmet cami	80	50
9	Eyüp sultan	70	50
10	Süleymaniye cami	70	55
11	Grand bazaar	75	120
12	Egyptian bazaar	85	90
13	Cevahir Mal	30	100
14	İstinye Mal	40	100
15	Emirgan Park	60	70
16	Yıldız Park	50	60
17	Ulus Park	55	60
18	Ortaköy	55	55
19	Taksim	45	70
20	Otel(Son nokta)	0	0

3.2 Tur Elemanları

Şekil 3.2’te gösterildiği gibi a_i i noktasına ulaşma zamanı, v_{ti} bu noktanın ziyaret süresi t_{ei} zamanı ise i noktasından ayrılma saatidir. Bu da gösteriyor ki başlangıç saatine bağlı olarak j noktasına ulaşmak t_{ij} (t_{ei}) kadar zaman almaktadır. i noktasından ayrılmadan önce o zamana kadar geçen süre ve seyahatin kalan zamanı hesaplanmalı ve süre bitmeden otele geri dönülmelidir. Eğer otele dönmek için yeterli zaman varsa bir sonraki noktaya hareket edilebilir bu durumda $t_{ej} > 1$ olduğundan nokta j nin puanı toplam puana eklenmelidir.



Şekil 3.2 Tur elemanları

3.3 Matematiksel Model

Bu bölümde ilk olarak TDOP için matematiksel model açıklanmıştır (Vansteenwegen ve Souffriau ve Van Oudheusden 2011). İlerleyen bölümlerde çözüm yaklaşımı ayrıntılı olarak bahsetmektedir. Kısaca oryantiring probleminin (OP) bir grafik açıklaması Aşağıdaki gibi gösterilebilir. Verilen bir dizi noktalar verilmiştir göz önüne alındığında $N := \{1, 2, \dots, n\}$, burada 1 noktası başlangıç noktasıdır ve n son noktasıdır; Ayrıca, her bir noktaya verilen yardımcı parametreleri $U := \{u_i : i \in N\}$, mesafe matrisi $D := \{d_{ij} : i, j \in N\}$ herhangi i, j iki nokta arasındaki seyahat süresini temsil eder , ve

maksimum seyahat süresi bütçesi $T_{\max}$ dır, Hedef başlangıç noktası olan 1 ‘den toplanabilecek maksimum puanı toplayıp bitiş noktası olan n’ye $T_{\max}$ ‘dan önce ulaşılabilir P güzergâhı belirlemektir. Zamana bağlı oryantiring problemi (TDOP) iki i ve j noktası arasında seyahat süresi başlangıç zamanına bağlıdır. Verilen k zaman kapsamları $H := \{h_1, h_2, \dots, h_k\}$; $h_i = h_i, h_i + 1, \dots, h_i$ ile her zaman kapsamı içinde seyahat süresi sabittir $D := \{d_{i,j,h} : i, j \in N, h \in H\}$. Hedefimiz olan uygulama da yolculuk süresi $d_{i,j,h}$ i noktasından j noktasına, toplam i dan j noktasın kadar seyahat süresi , j noktasında bekleme süresi ve j noktasında servis süresidir. Çizelge 3.1’TDOP için gerekli parametreleri ve karar değişkenleri sunuyor.

$$\text{Maximize} \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \sum_{t=1}^{T_{\max.}} u_i \times X_{i,j,t} \quad (3.1)$$

Çizelge 3.3 Parametreleri ve karar değişkenleri

Gösterim açıklaması	
u_i	i noktası için yarar puanı
$T_{\max}$	Zaman bütçesi
$D_{i,j,t}$	i dan j noktasın kadar seyahat süresi, t zaman dilimin den başlayan
X_{ijt}	= 1 eğer seyahat i noktasından j noktasına, t zaman dilimi de gerçekleşmiş olsa; aksi halde 0

Fonksiyon (3.1) in amacı belirli zaman aralıklarında noktaları ziyaret ederken toplanan toplam yarar puanı maksimize etmektir.

$$\sum_{i>1}^n \sum_{t=1}^{T_{\max}} X_{i,1,t} = 0 \quad (3.2)$$

$$\sum_{i>1}^n \sum_{t=1}^{T_{\max}} X_{i,1,t} = 1 \quad (3.3)$$

Fonksiyon (3.2)) yolun başlangıç noktasına geri dönmemesine garanti eder ve

fonksiyon (3.2) Başlangıç noktasının 1 olmasını sağlıyor

$$\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{t=1}^{T_{max}} X_{n,j,t} = 0 \quad (3.4)$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{t=1}^{T_{max}} X_{i,n,t} = 1 \quad (3.5)$$

Fonksiyon (3.4) ve (3.5) Son ziyaret edilen nokta n olduğundan emin oluyor.

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq e}}^{n-1} \sum_{t=1}^{T_{max}} X_{i,e,t} = \sum_{\substack{j=2 \\ j \neq e}}^n \sum_{t=1}^{T_{max}} X_{e,j,t} \quad \forall e = 2, 3, \dots, (n-1) \quad (3.6)$$

Fonksiyon (3.6) her ziyaret edilen nokta için yolun bağlantılı olmasını garanti eder.

$$\sum_{\substack{j=2 \\ j \neq i}}^n \sum_{t=1}^{T_{max}} X_{i,j,t} \leq 1 \quad \forall i = 2, 3, \dots, (n-1) \quad (3.7)$$

Fonksiyon (3.7) her bir noktanın en fazla bir kere ziyaret edilmesini sağlar.

$$\sum_{e \neq i, j} \sum_{u=t+d_{i,j,t}}^{T_{max}} X_{j,e,u} \geq X_{i,j,t} ; \quad \forall i, j = 1, \dots, n-1, i \neq j, j \neq 1, t \leq T_{max} - d_{i,j,t} \quad (3.8)$$

Fonksiyon (3.8) eğer bir gezi t zamanında i ve j arasında başlarsa ve j son noktası değilse, o zaman gezi j noktasından, j ziyaret ettikten sonraki zaman diliminden başlamalıdır.

$$X_{i,j,t} = 0, \forall i \neq j, t > T_{max} - d_{i,j,t} \quad (3.9)$$

(3.9) Olanaksız geziler kaldırır

4. PROBLEM TANITIM

Bu kapsamlı çalışma temelinde, sadece birkaç saniyelik hesaplama süresi içerisinde yöntemler oluşturmak için iki düğüm arasındaki ulaşım süresinin ilk noktadan ayrılma süresine bağlı olduğunu gösteren zamana bağlı oryantiring problemlerinde sezgi ötesini tasarlamaya odaklanır. Bu özel problem formülü, yönlendirme problemlerinde tikanıklığa bağlı sorunlarla baş edebilmemizi sağlar. Bu problemde, bütün ilgi noktalarının bir ziyaretçinin bu ilgi noktasını ziyaret etmek istemesinin en iyi yolunu açığa çıkaracak bir öncelik değeri (puan) vardır. Örneğin, bir ziyaretçi bir alışveriş merkezine gitmekten bir müzeye gitmeye daha çok öncelik verebilir. Bu problemde, ilgi noktalarının çoğunda tarihsel yerler, müzeler ve alışveriş merkezleri ilişkili puan ve zaman ile birlikte yer alır. Genel olarak, plan toplam erişilebilir zaman bütçesini iki temel kısma ayırır: seyahat ve ziyaret etme zamanları. Bu yüzden, problem daha çok müşterinin memnuniyetini sağlayan sürekliliğin sağlanabildiği zaman dilimi için noktalardan birkaçını ziyaret eden rotayı belirler. Bu problemle başa çıkabilmenin bir yolu olarak, bu tez verilen bir zaman dilimi için bir seyahat programı tasarlayan genetik algoritmaya dayanan sezgi üstü bir çözüm sunar. Örneğin, bir tur ile başlayan ve eldeki zaman çerçevesinde olabildiğince yüksek öncelikli ilgi noktalarının ziyaret edildiği ve eldeki zamanın aşmadan başlangıç noktasına dönen sekiz saatlik bir program. Bu yüzden, bu belirli problem için, İstanbul'un çeşitli yerlerinde 40'etel başlangıç noktası, 18 ilgi noktası ve iki değişik zaman süresi ele alınmıştır.

4.1 Çözüm Algoritması

Golden vd. (1987) tarafından kanıtlandığı üzere, bu oryantiring problemi NP problemi kadar zordur. Örneğin, bu problemi en iyi derecede çözmek için hiçbir çok terimli zamanlı algoritması tasarlanamamıştır. Zamana bağlı seyahat süresi ile oryantiring probleminin bir genellemesi olarak, zamana bağlı oryantiring problemi de ayrıca NP problemi kadar zordur. Üçüncü bölümde açıklanan problem boyutunu önemli derecede arttıran, ölçümü çok daha zorlayıcı hale getiren matematiksel model oryantiring probleminin zamanı genişletilmiş grafiği olarak düşünülebilir. Ölçüm zamanının birkaç

saniyesi içerisinde bir çözüm elde etmek için, zamana bağlı oryantiring problemleri NP problemleri kadar zor olduğundan sezgi üstü yöntemler tavsiye edilmektedir. Bu nedenden dolayı, sezgi üstü bir yöntem bir karınca kolonisi sistemine dayanır, zamana bağlı oryantiring problemi ele almak için uygulanır. Bu çalışma Genetik Algoritmaya dayanan sezgi üstü yöntemleri sadece birkaç saniyelik hesaplama süresi içerisinde zamana bağlı oryantiring problemlerinde yöntemler oluşturmak için formüle etmeyi amaçlar. GA, doğal seçim ve evrim tarafından motive edilen paralel arama sezgileri kategorisindedir (Gen ve Cheng 2000). Genetik algoritmasını en iyi hale getirmede, çözümler nesiller boyunca bir gelişme elde etmektir, bir başlangıç popülasyonu yaratmak için kromozomlara kodlanır. Her bir nesilde, ebeveynler seçilir ve çocuk adı verilen yeni çözümler üretmek için, çapraz geçiş fonksiyonunu yerine getirmek için popülasyondan eşlenir. Öyleyse, üyelerden bazılarının mutasyona uğraması sağlanır. Son olarak, bir sonraki nesil için yeni üyeler seçmek için eşlenirler.

Çapraz geçiş var olan genlerin kapasitesini ölçmek için uygulanır. Eğer ki nüfus istenen bütün kodlanmış veriye sahip değilse, çapraz geçiş memnun edici bir çözüm oluşturamaz. Bu yüzden var olan kromozomlardan yeni kromozomlar oluşturabilecek bir fonksiyon gerekir. Bu süreci mutasyon yönetir. Mutasyon fonksiyonu artık toparlanamayan etkili bir çözümün başarısız olması konusunda bir güvenlik ortaya koyar (Gen ve Cheng 2000). Farklı mutasyon yöntemleri sorunlara uygulanır. Bu çalışmada, mutasyon fonksiyonu gen takımında iki geni değiştirir.

```

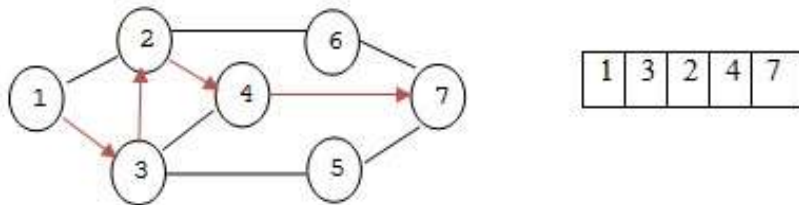
1 begin
2   Initial Population( $p$ );
3   while  $cRate < CrossoverRate$  do
4      $T_1, T_2 \leftarrow \text{Select Parent}(p)$ ;
5      $T = \text{Crossover}(T_1, T_2)$ ;
6      $Child = Child \cup T$ ;
7      $cRate = cRate + 1$ ;
8   while  $mRate < MutationRate$  do
9      $T_m \leftarrow \text{Select Parent}(p)$ ;
10     $T = \text{Mutation}(T_m)$ ;
11     $Child = Child \cup T$ ;
12     $mRate = mRate + 1$ ;
13   $p = p \cup Child$ ;
14   $p = \text{Select}(p)$ ;
15   $PopSize = Popsize + 1$ ;

```

Algoritma 4.1 Genetik algoritma (Mantri ve Kendra ve Kumar vd. 2011)

4.2 Kodlama

Birinci adım GA'ya uygulamakta uygun bir şekilde kromozom kodlamaktır; Bir başka deyişle, tüm optimizasyon problemlerinde GA kullanmak için uygun bir kodlama gereklidir. Standart bir GA'da, bir kromozomun boyutu genellikle önceden belirlenmiş olması gerekiyordur. Ancak bu problemde, farklı boyutlu kromozomlar da incelenmektedir. Genlerin değerleri noktalarının adını gösterir. Ve Kodlama çözüm teknikler probleme göre değişir. TDOP için, her gen bir POI adını alır ve bir kromozomunda oluşur; aynı kromozomda iki kez aynı gen bulunmamaktadır.



Şekil 4.1 Kodlamanın bir örneği ni göstermektedir

4.3 İlk Nüfus Oluşturma

Uygun çözümler kodlanmış olduktan sonra her bir çözüm kümesi geliştirilmiştir. Çözüm kümesi nüfus ve çözüm kodu kromozom denir. Bir Rastgele sayı üreticisi ilk nüfus üretmek için kullanılır. Bu çalışmada bir sonraki adımda kullanmak için üretilen kromozomları uygun hale getirebilmek için İlk popülasyon üretirken, iki kontrol, çözümün kalitesini artırmak için kromozomun üzerinde uygulanır. Birincisi zaman bütçesine aşmayı önlemek için bir sınırlı zaman kontrol uygulamaktır; ikinci kontrol kromozomda aynı genleri kaldırarak aynı POI ya iki kez uğramayı önlemektir. Algoritma 4.3 ilk nüfus oluşturma prosedürü gösterir. İlk nüfus kurmak için bu işlem önceden belirlenmiş nüfus büyüklüğüne ulaşılan kadar tekrarlanır.

```
1 begin
2   while predetermined population size is reached do
3     while path total time exceeds time budget do
4       Create random numbers list as random path while there is 1
         in list(because 1 is initial point)OR same numbers exist do
5         Create random numbers list again
6       Calculate the path total time
7   if path total time is less than or equal to the time budget then
8     accept as a chromosome
```

Algoritma 4.3 ilk nüfus oluşturma

4.4 Uygunluk Değerin Hesaplaması

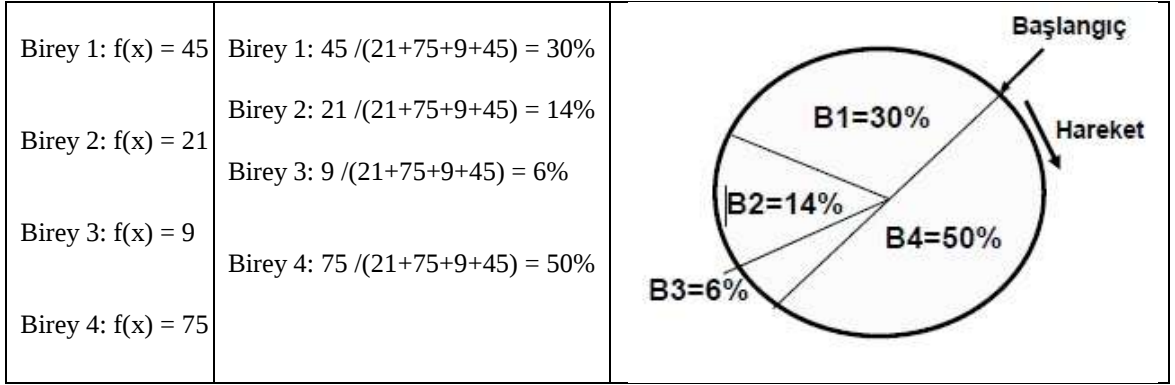
İlk popülasyon üretildikten sonra, bir değer hesaplanır ve uygunluk değeri olarak kromozoma atanır. Her bir kromozomun (yol) uygunluk (fitness) değeri en basit haliyle ziyaret edilen yerlerin puanlarının toplamı ile hesaplanır.

4.5 Üreme Süreci Uygulanması

Hemen uygunluk değerini hesapladıktan sonra, yeni bir nüfus mevcut kuşaktan üretilmelidir. Seçim sürecinde, yeni nesil oluşturmak için hangi kromozomların muhafaza etmesine karar verilir, bu durum hayatın doğal Sürecinde en uygun olanın sürebilmesine benzer. Bu adımda üretilen popülasyonundan iki kromozom iki yeni yavru elde etmek için tercih edilir. random pairing, weighted random (roulette wheel) pairing, and tournament selection Haupt & Haupt, (2004) dahil olmak üzere farklı seçim yöntemleri vardır. Bu çalışmada Rulet Tekerleği uygulanır. Her adımda bir sonraki adıma kullanmak için üretilen kromozomları uygun hale getirebilmek için nüfus üretirken, iki kontrol, çözümün kalitesini artırmak için kromozomun üzerinde uygulanır. Birincisi zaman bütçesine aşamayı önlemek için bir sınırlı zaman kontrol uygulamaktır; ikinci kontrol kromozomda aynı genleri kaldırarak aynı POI ya iki kez uğramayı önlemektir. Bir sonraki nüfus oluşturmak için iki fonksiyondan uygulanır. Birinci çaprazlama ve mutasyon fonksiyonlarını uygulamaktır sonuç olarak bir sonraki nüfusun potansiyeli çözümlere üretilir. Sonra seçkinci (elitism) bir yaklaşım uygulanır. Elitism bir neslin en iyi kromozomlarını bir sonraki nesilde de mevcut olduğunu garanti eder. Uygulanabilir bir yaklaşım ilk nüfus ve yeni oluşan nesle azalan bir düzenle uygunluk değerine göre sınıflandırılmaktadır. İlk nüfus büyüklüğüne göre en iyi olanlar gelecek nesil olarak seçilir. Bu şekilde, çözümler mevcut popülasyondan, sonraki nüfusa geçirilir ve olası çözümler oluşturulur.

4.6 Rulet Tekerleği ile Birey seçme

Rulet Tekerleği ile Birey seçme Her bireyin çözüme uygunluk derecesi arttıkça yeni popülasyona aktarılma şansı artar. Bu yöntemin bir örneği ve sonra algoritması aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Rulet tekerleği ile birey seçme

```

1 begin
2   for all members of population do
3     sum += fitness of this individual
4   for all members of population do
5     probability = sum of probabilities + fitness / sum sum of probabilities
6     += probability
7   while new population is full do
8     for i=1 to 2 do
9       number = Random number between 0 and 1 for all members of
10      population do
11        if number < probability but less than next probability then
12          You have been selected
13      Create offspring

```

Algoritma 4.2 Rulet Tekerleği (Mantri ve Kendra ve Kumar vd. 2011)

4.7 Çaprazlama Uygulanması

Çaprazlama fonksiyonunu, mevcut kuşaktan iki ebeveynin segmentlerine eşleştirerek iki yavru oluşturmaktadır. Rastgele her hangi bir yerden bölünen ebeveyn kromozomları eşleştirilir. Bu adımda yavrular önceki adımda seçilen ebeveynden oluşturulur. Ebeveyn kromozomları üzerinde rastgele seçilen noktayı kullanarak iki veli çiftleşmesi ile iki yavru oluşturma yöntemine Tek nokta çaprazlama (single-point crossover) yöntemi denir. Daha önce bahsedilen iki kontrol; birincisi zaman bütçesine aşamayı önlemek için bir sınırlı zaman kontrol uygulaması; ikinci kontrol kromozomda aynı genleri

kaldırarak aynı POI ya iki kez uğramayı önlemek; aynı şekilde çaprazlama fonksiyonundan oluşan kromozomlar üzerine uygulanır.

4.8 Mutasyon Uygulanması

Çaprazlama mevcut genlerin kapasitelerine bakmak içine uygulanır. Eğer nüfus, tüm talep edilen kodlanmış verileri içermiyorsa; çaprazlama tatmin edici bir çözüm üretemez. Bu nedenle, yeni bir işlev mevcut kromozomlardan yeni kromozomlar oluşturmak için gereklidir. Bu süreci Mutasyon işlev ile yönetilir. Mutasyon işlevi çaprazlama aşamasında üretilmemek nedeniyle elde edilemez olan etkili çözümlerin ortaya çıkarmaktadır Farklı mutasyon yöntemleri farklı konularında istihdam edilmektedir. Bu çalışmada mutasyon fonksiyonu bir kromozom da 2 gen sırayla değişim ile yapılır.



Şekil 4.3 Mutasyon işlevi

Yeni nesil, tekrar üretimden, çapraz geçişten ve mutasyon süreçlerinden sonra şekillendirilir ve onlar bir sonraki neslin ebeveynleri olurlar. Süreç, tekrar üretim için ölçülen uyum ile yeni nesli kullanarak ilerler. Bu süreç, daha önceden belirlenmiş nesiller olmadığı sürece ilerler (Yeo ve Agyei 1998). Durdurma kriterleri çok sayıda tekrarlama ya da aynı şekilde amaçlanmış uyum değeri olabilir.

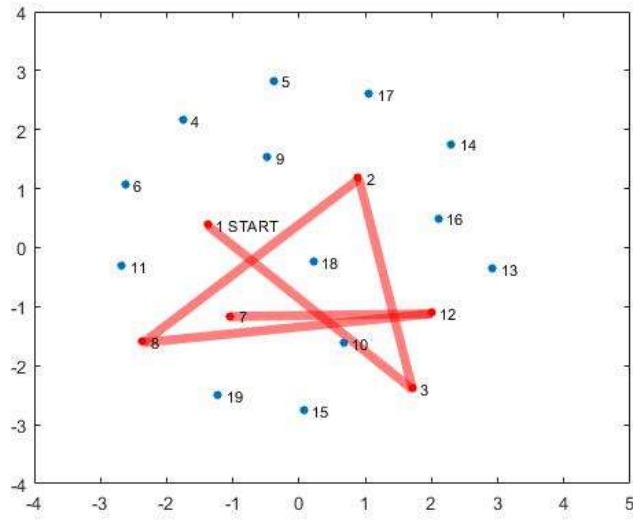
5. ARAŞTIRMA BURGULARI

Söz konusu proje MATLAB R2015b kullanılarak programlanmış ve işlemcisi Core 2 Duo CPU @ 2.50 GHz, 4.00 GB RAM 'e sahip olan bir bilgisayar üzerinde çalıştırılmıştır. Bulunan bulgular aşağıda verilmiştir.

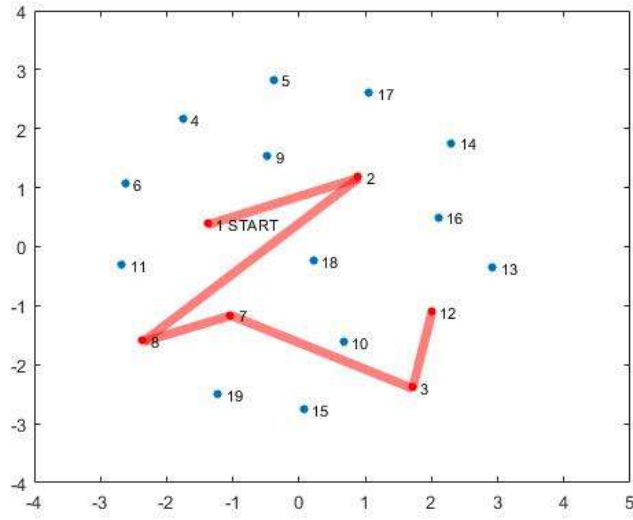
Çizelge 5.1 5-Nokta; Hareket saati =8

İlk nokta	Zaman bütçesi =480 dk	Zaman bütçesi =540 dk
Taksim	En iyi çözüm = 7 8 3 12 2 Uygunluk değeri = 435 Tur süresi = 478 Çalışma süresi = 14.2401 sn	En iyi çözüm = 8 3 12 7 2 Uygunluk değeri = 435 Tur süresi = 483 Çalışma süresi = 11.0144 sn
Beşiktaş	En iyi çözüm = 2 3 12 8 7 Uygunluk değeri = 435 Tur süresi = 474 Çalışma süresi = 13.7094 sn	En iyi çözüm = 7 3 12 2 8 Uygunluk değeri = 435 Tur süresi = 493 Çalışma süresi = 11.4017 sn
Maslak	En iyi çözüm = 9 2 3 12 8 Uygunluk değeri = 425 Tur süresi = 458 Çalışma süresi = 12.8295 sn	En iyi çözüm = 7 12 2 3 8 Uygunluk değeri = 435 Tur süresi = 492 Çalışma süresi = 11.4063 sn
Sultnahmed	En iyi çözüm = 3 2 8 12 7 Uygunluk değeri = 435 Tur süresi = 464 Çalışma süresi = 13.454 sn	En iyi çözüm = 2 8 7 3 12 Uygunluk değeri = 435 Tur süresi = 475 Çalışma süresi = 10.3468 sn

Beş düğüm için bütün sonuçlar göz önünde bulundurularak, artan zaman açıkça sadece Maslak başlangıç noktasına ait puan yolunu(en iyi uyum) değiştirir, diğer durumlarda fark sadece toplam seyahat süresindedir(en iyi zaman), ayrıca sadece rotadaki ilgi noktalarının düzeni fark edilebilir. Beş düğüm durumunda, hem 480 hem de 540 dakikalık zaman diliminde en iyi çözüm en yüksek puanı ve en az toplam zamanı göz önünde bulundurarak Sultanahmet'ten başlamaktır.



Şekil 5.1 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 480 dakika; Başlangıç noktası Sultanahmet

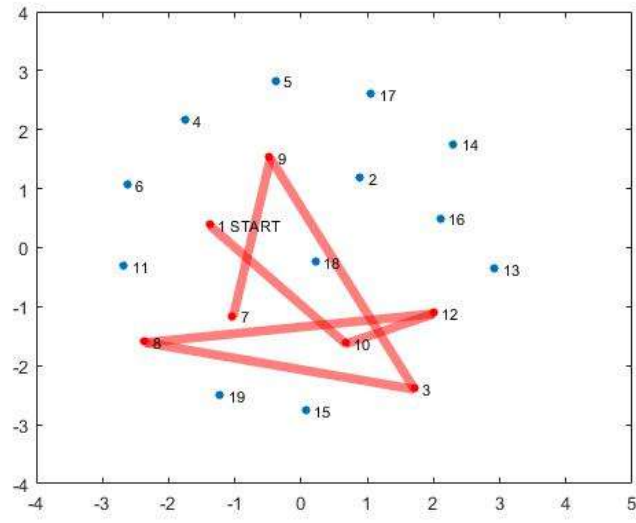


Şekil 5.2 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 540 dakika; Başlangıç noktası Sultanahmet

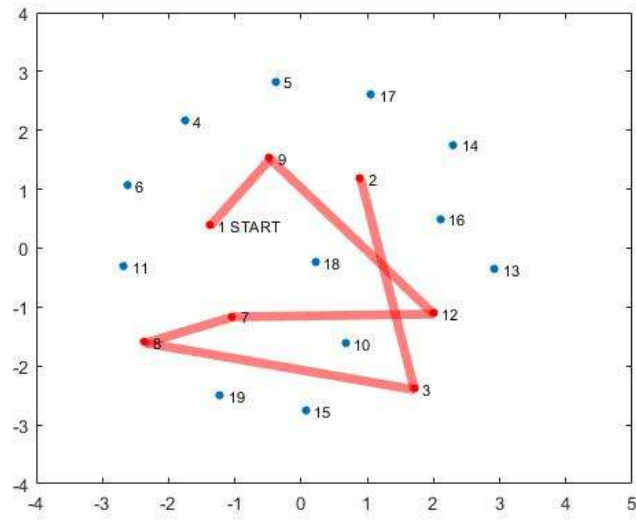
Çizelge 5.2 6-Nokta; Hareket saati =8

İlk nokta	Zaman bütçesi=480 dk	Time budget=540 dk
Taksim	En iyi çözüm = 9 10 8 12 3 7 Uygunluk değeri = 475 Tur süresi = 471 Çalışma süresi = 19.062 sn	En iyi çözüm = 2 8 7 9 3 12 Uygunluk değeri = 505 Tur süresi = 539 Çalışma süresi = 15.6449 sn
Beşiktaş	En iyi çözüm = 10 3 8 9 7 12 Uygunluk değeri = 475 Tur süresi = 469 Çalışma süresi = 16.9937 sn	En iyi çözüm = 2 10 8 3 12 7 Uygunluk değeri = 505 Tur süresi = 540 Çalışma süresi = 15.1708 sn
Maslak	En iyi çözüm = 3 10 8 9 12 15 Uygunluk değeri = 455 Tur süresi = 478 Çalışma süresi = 18.1481 sn	En iyi çözüm = 2 8 9 3 12 10 Uygunluk değeri = 495 Tur süresi = 529 Çalışma süresi = 15.5636 sn
Sultnahmed	En iyi çözüm = 10 12 8 3 9 7 Uygunluk değeri = 475 Tur süresi = 460 Çalışma süresi = 15.1897 sn	En iyi çözüm = 9 12 7 8 3 2 Uygunluk değeri = 505 Tur süresi = 530 Çalışma süresi = 15.6555 sn

Altı düğümün sonuçları, artan zaman diliminin puan yolunu da (en iyi uyum) arttırdığını gösterir. Bu durumda, en düşük puan Maslak başlangıç noktası rotasına aittir; farklı başlangıç noktalarına sahip diğer rotalar aynı puana sahiptir, tek fark toplam seyahat süresindedir(en iyi zaman). Ayrıca çeşitli ilgi noktaları göze çarpar, altı düğüm durumunda hem 480 hem de 540 dakikalık zaman diliminde en iyi çözüm aynı beş düğüm durumunda olduğu gibi Sultanahmet'ten başlamaktır.



Şekil 5.3 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 480 dakika; Başlangıç noktası Sultanahmet

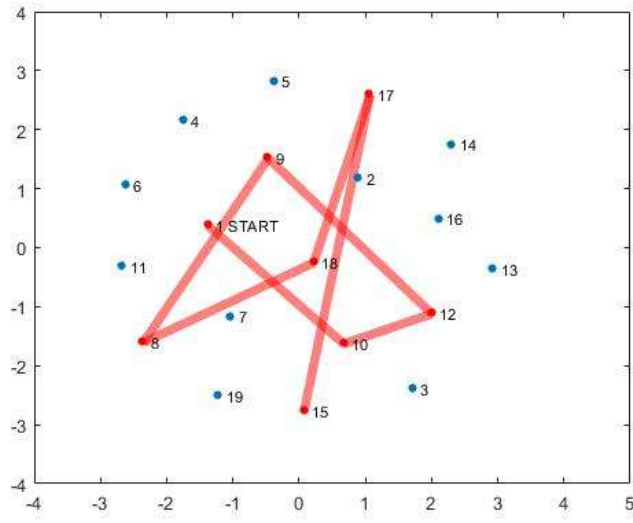


Şekil 5.4 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 540 dakika; Başlangıç noktası Sultanahmet

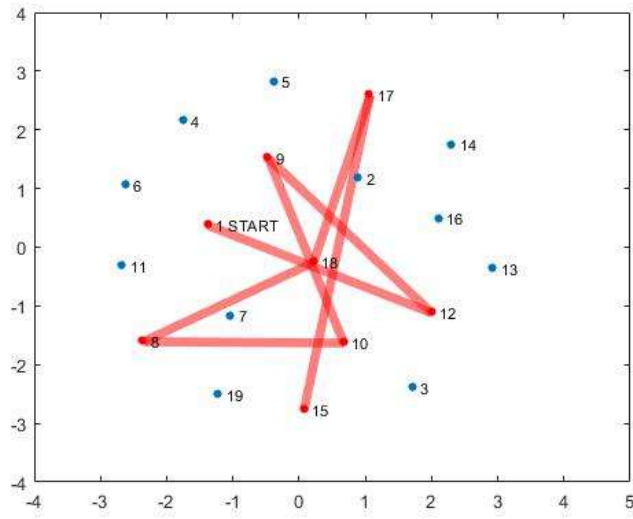
Çizelge 5.3 7-Nokta; Hareket saati =8

İlk nokta	Zaman bütçesi =480 dk	Time budget=540 dk
Taksim	En iyi çözüm = 12 9 10 8 18 17 15 Uygunluk değeri = 475 Tur süresi = 478 Çalışma süresi = 18.7765 sn	En iyi çözüm = 7 10 9 3 18 12 8 BEST Fitness = 530 Tur süresi = 539 Çalışma süresi = 23.2931 sn
Beşiktaş	En iyi çözüm = 10 8 3 17 16 18 9 Uygunluk değeri = 470 Tur süresi = 476 Çalışma süresi = 20.2924 sn	En iyi çözüm = 10 12 9 7 18 8 3 Uygunluk değeri = 530 Tur süresi = 536 Çalışma süresi = 15.6213 sn
Maslak	En iyi çözüm = 16 17 18 3 10 8 9 Uygunluk değeri = 470 Tur süresi = 477 Çalışma süresi = 25.4282 sn	En iyi çözüm = 17 18 8 9 10 2 3 Uygunluk değeri = 520 Tur süresi = 536 Çalışma süresi = 14.1107 sn
Sultanahmet	En iyi çözüm = 10 12 9 8 18 17 15 Uygunluk değeri = 475 Tur süresi = 478 Çalışma süresi = 16.7467 sn	En iyi çözüm = 12 7 8 10 3 9 17 Uygunluk değeri = 530 Tur süresi = 538 Çalışma süresi = 20.2954 sn

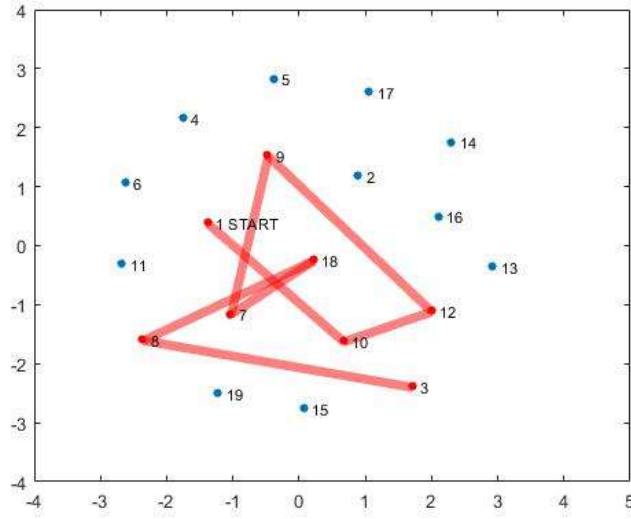
Yukarıda anlatıldığı üzere, tüm durumlarda bir saat için artan zaman dilimiyle, toplam puan gelişir, dört başlangıç noktasından üçü(Sultanahmet, Beşiktaş, Taksim) 530 skoruna ulaşır. Yedi düğüm durumunda da yine en düşük puanlar Maslak başlangıç noktası rotasına aittir, 480 dakikalık zaman diliminde en iyi çözüm Sultanahmet ve Taksim başlangıç noktalarıdır ve 540 dakikalık zaman diliminde en iyi rota Beşiktaş'tan başlar.



Şekil 5.5 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 480 dakika; Başlangıç noktası Sultanahmet

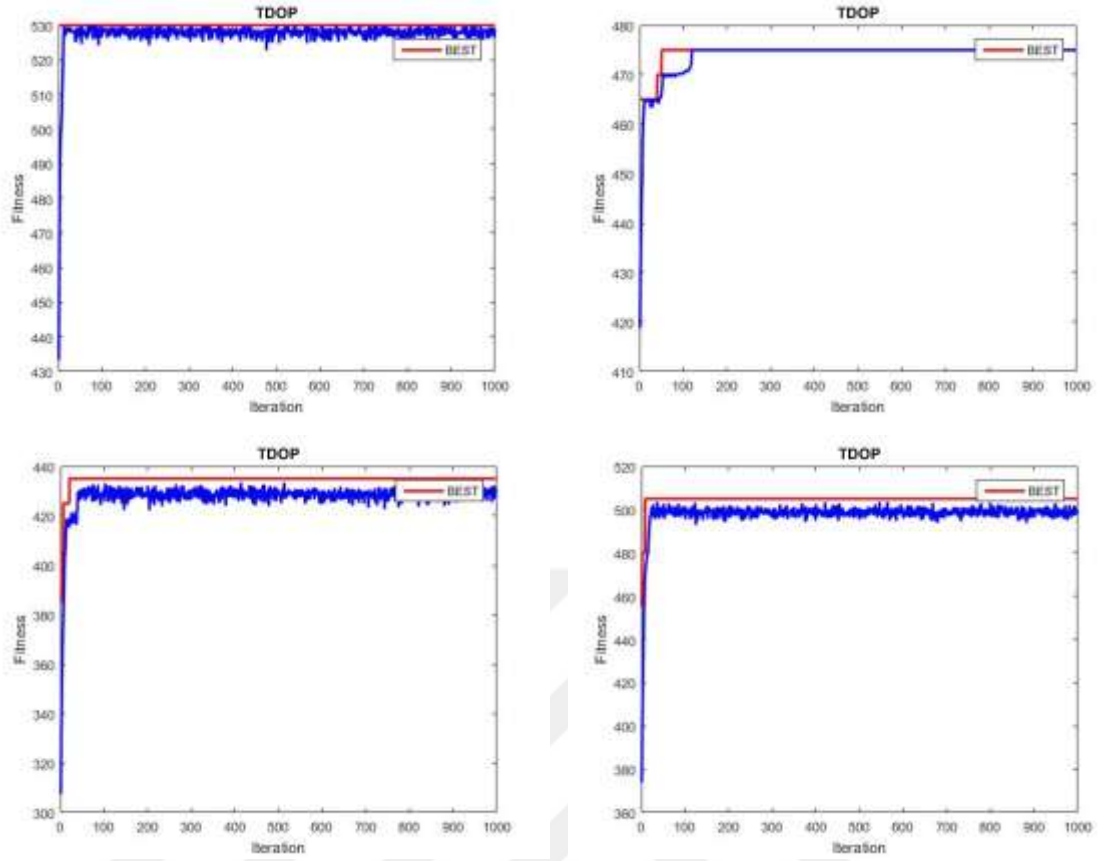


Şekil 5.6 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 480 dakika; Başlangıç noktası Taksim



Şekil 5.7 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 540 dakika; Başlangıç noktası Beşiktaş

Sonuç olarak, zaman diliminin yolu direkt olarak etkilediği açıktır. Bu yüzden, Çizelge 3.2'deki ilgi noktalarında gösterildiği üzere, bazı ilgi noktaları yüksek bir puana sahiptir, ancak onların uzun ziyaret etme süreleri yoldan çıkmalarına neden olabilir. Bu yüzden, artan zaman dilimi ile yol onların en iyi yollarda uzun ziyaret etme sürelerine rağmen yüksek puanlı bazı düğümler ekleyecektir ve sonuç olarak puan durumu değişecektir.



Şekil 5.8 Genetik algoritma tekrarlamaları örnekleri

5.1 Karşılaştırma

Bu bölümde bu problemi çözmek için yapılan 3 farklı meta sezgisel algoritmanın karşılaştırması bulunmaktadır. Birincisi genetik algoritmadır ki detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Çözüm için kullanılan ikinci algoritma Benzetilmiş tavlama (Simulated Annealing - SA) ve üçüncü Karınca Koloni Algoritması (Ant Colony Optimization - ACO)dır. SA ve ACO kısa bir açıklama ardından kabaca anlatılmıştır.

Dorigo ve Birattari ve Blum vd. (2008) tarafından önerilmiş en yeni sezgisel algoritmalarından biridir. Algoritma gerçek karınca kolonilerinin davranışları üzerine dayalıdır. Günümüze kadar ACO' nun yeni modelleri ortaya çıkmış ve bu modellerin özellikle ayrık optimizasyon problemlerinin çözümüne uygulanması konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Karınca koloni optimizasyon algoritması, yukarıda tanımlanan

gerçek karınca kolonilerinin yapmış olduğu doğal optimizasyon işleminin yapay bir versiyonudur. Karınca kolonilerini modelleyen temel bir algoritmanın adımları aşağıda verilmiştir.

```
1 begin
2   Initialize the pheromone trails and parameters;
3   Generate population of  $m$  solutions (ants);
4   for each individual ant  $k \in m$  do
5     calculate fitness(k)
6   for each ant do
7     determine its best position;
8   Determine the best global ant;
9   Update the pheromone trail;
10  Check if termination = true;
```

5.1 Karınca koloni algoritması

Benzetilmiş tavlama algoritması, pek çok değişkene sahip fonksiyonların en büyük veya en küçük değerlerinin bulunması ve özellikle pek çok yerel en küçük değere sahip doğrusal olmayan fonksiyonların en küçük değerlerinin bulunması için tasarlanmıştır. Bu algoritma ve türevleri, katı cisimlerin soğurken mükemmel şekilde atomik dizilişlerini örnek aldığından ve özellikle metallerin tavlama işlemini andırdığından bu ismi almıştır. Diğer olasılık sal yaklaşımlar gibi en iyi çözümün en kısa zamanda üretimini sağlar. Benzetilmiş tavlamanın temel bir algoritma adımları aşağıda verilmiştir.

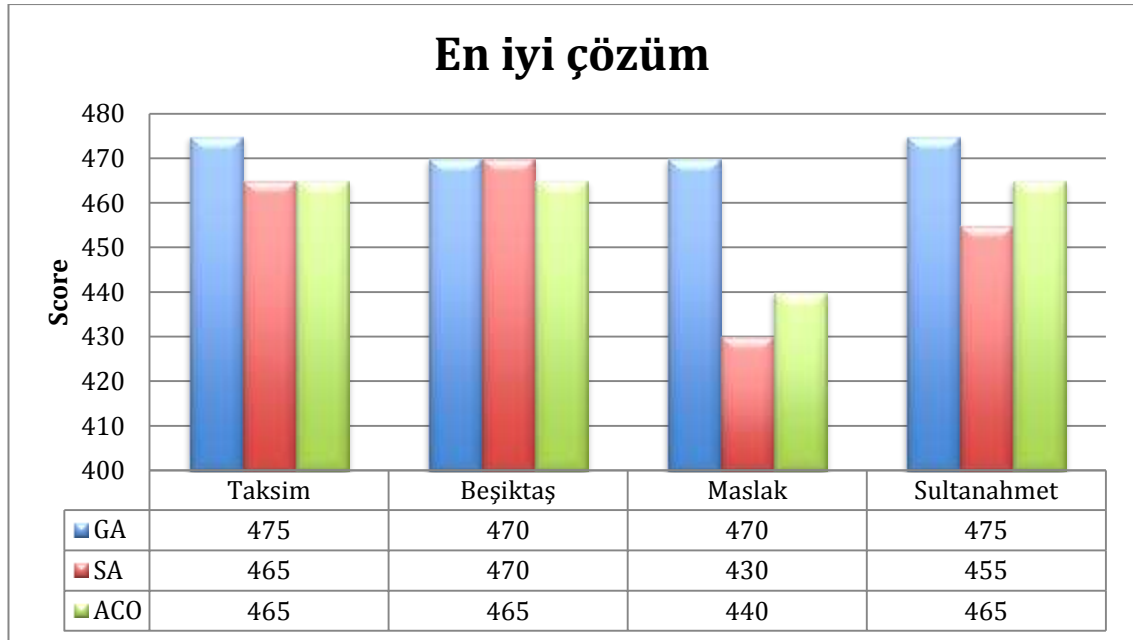
```

1 begin
2    $t = T_0$   $x = \text{initialization}$   $X_{best} = x$  while stopping criterion is not met do
3     for iter = 1 to max do
4       s = move x by an operator
5       if  $f(s) < f(x)$  then
6          $x = s$ 
7         if  $f(s) < f(x)$  then
8            $X_{best} = s$ 
9         ELSE if random <  $\exp(-(f(s)-f(x))/t)$  then
10           $x = s$ 
11      $t = \alpha \cdot t$ 

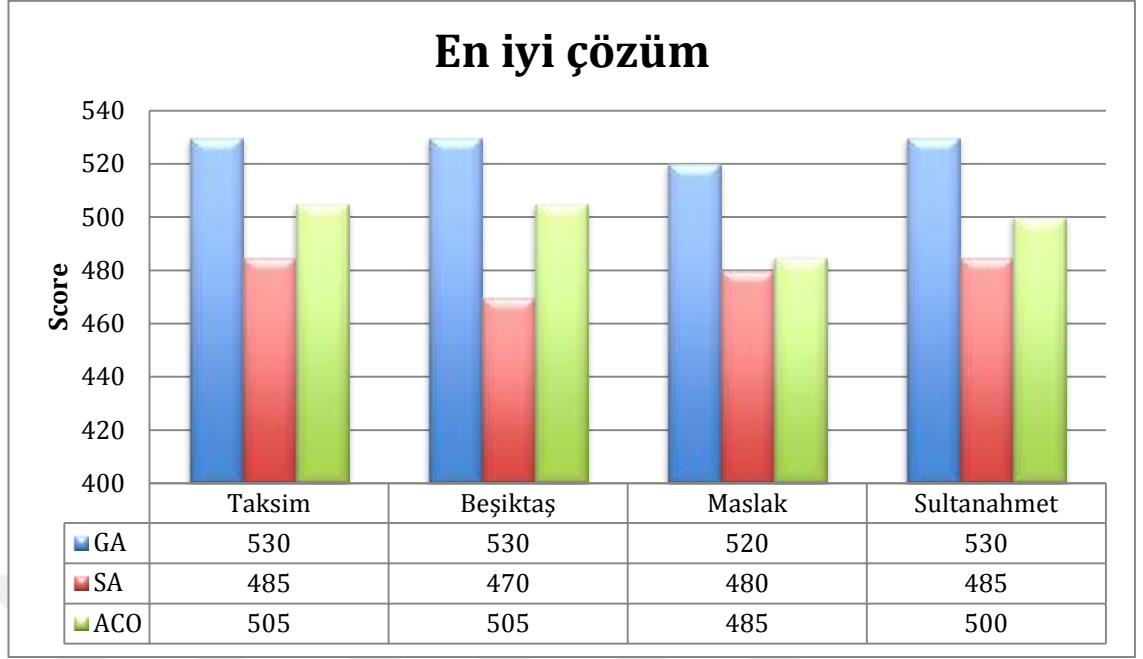
```

5.2 Benzetilmiş tavlama algoritması

Anlatılan 3 farklı algoritmaların uygulaması sonucunda elde edilen bulguları karşılaştırmıştır ve aşağıdaki grafikler elde edilmiştir. Amaç algoritmaları karşılaştırmak olduğu için 7 noktalı rotanın bulgarine genetik algoritma, Benzetilmiş tavlama algoritması ve karınca koloni algoritması uygulayarak iki farklı zaman sınır içerisinde karşılaştırıyoruz.

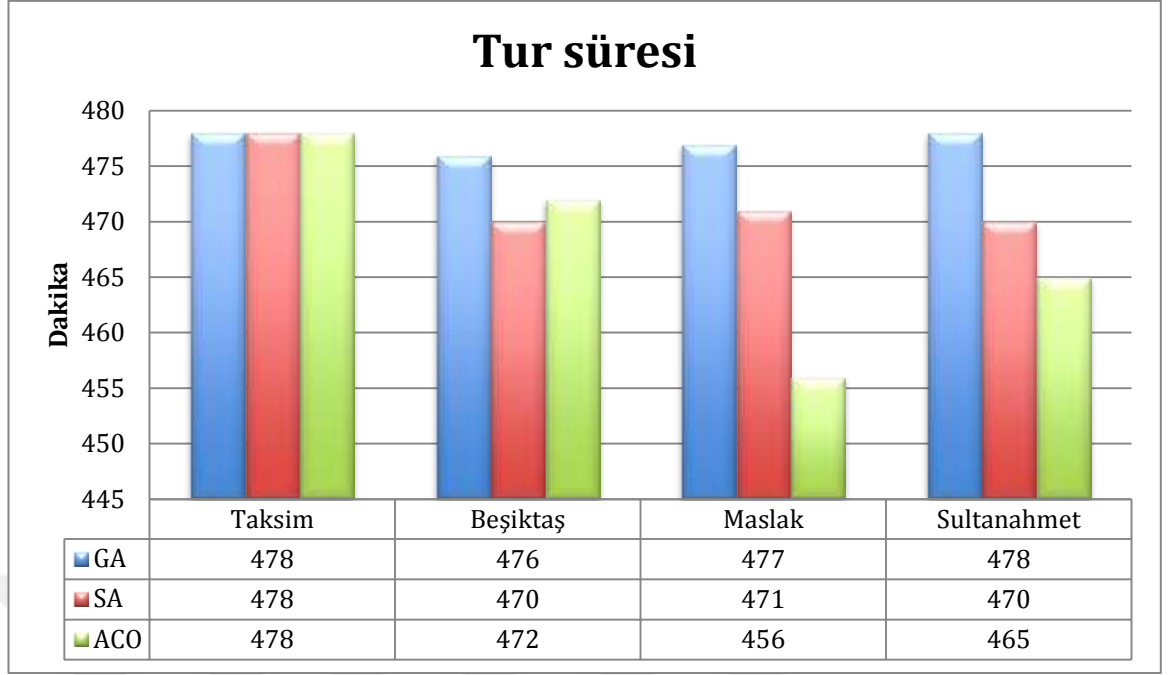


Şekil 5.9 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 480 dakika

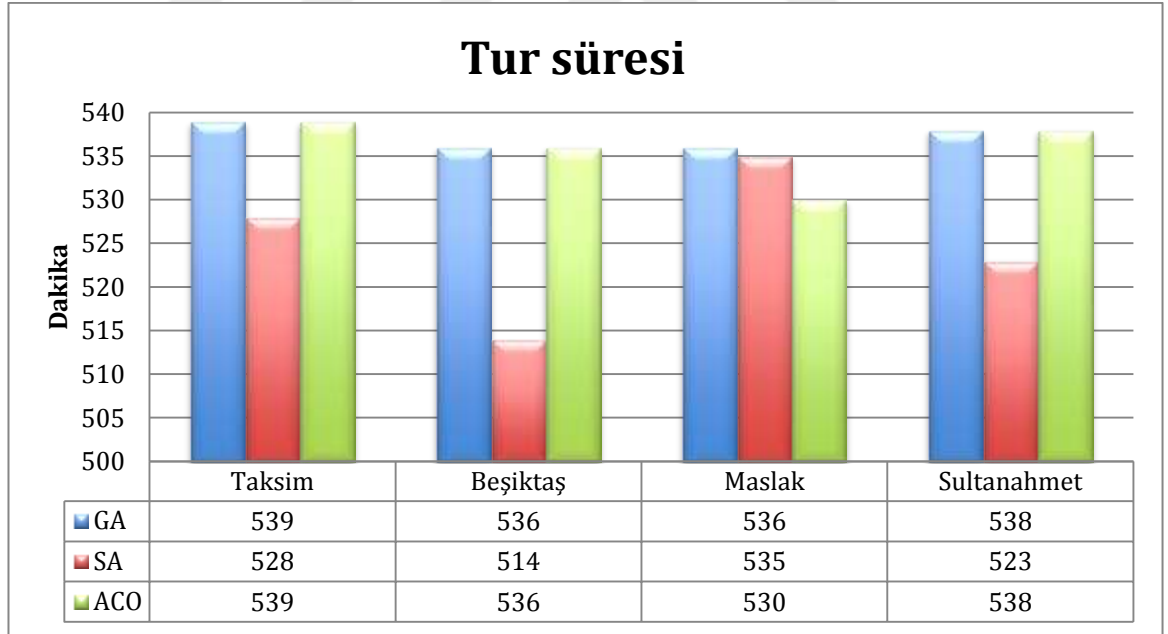


Şekil 5.10 En iyi çözüm; Zaman bütçesi 540 dakika

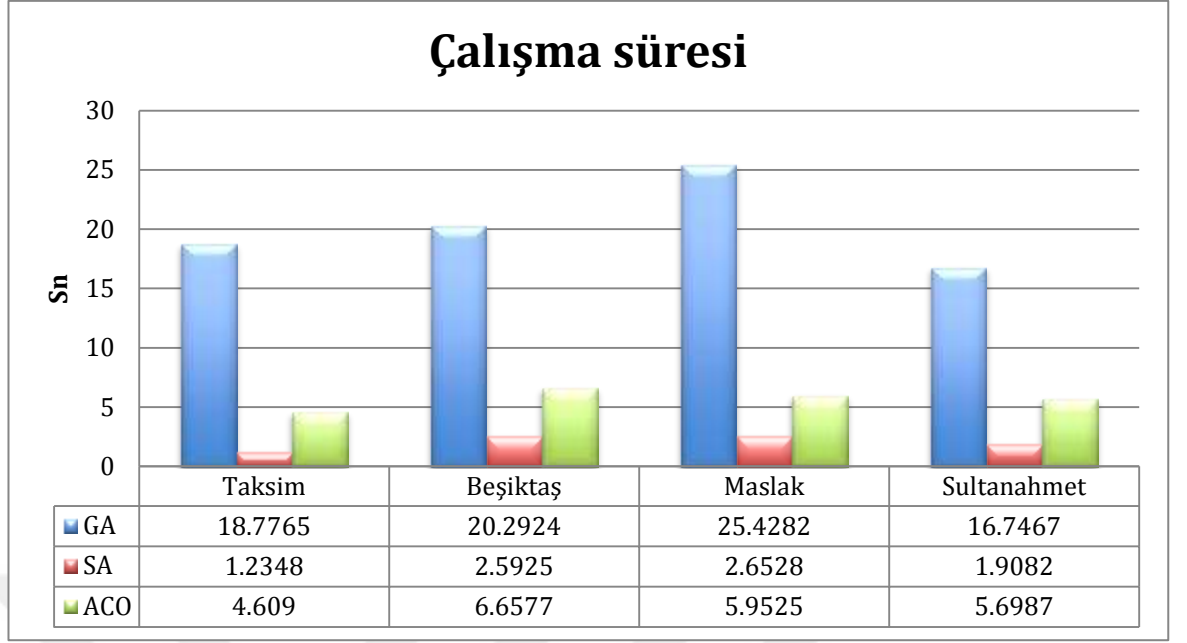
Genetik Algoritma (GA), benzetilmiş tavlama algoritması (SA) ve karınca koloni algoritması (ACO) karşılaştırma sonucunda şekil 1 ve 2 de görüldüğü gibi en iyi çözüm bulama performansı diğer bir deyişle en yüksek score tüm deneyler de genetik algoritmaya aittir. Özellikle benzetilmiş tavlama algoritması diğer iki algoritmaya göre daha düşük bir performans göstermektedir.



Şekil 5.11 480 dakika Zaman bütçesi kapsamında tur süresi



Şekil 5.12 540 dakika Zaman bütçesi kapsamında tur süresi



Şekil 5.13 Algoritma çalışma süresi

Şekil 5.13 Algoritma çalışma süresine 3 algoritmaya göre göstermektedir. GA'nın daha önce en iyi performans gösterdiği aksinde algoritma çalışma süresinde SA ve ACO göre daha düşük bir performans göstermektedir. Bu grafikte görüldüğü üzere algoritma çalışma süresi diğerlerine göre yüksek bir zaman almaktadır. Özet olarak GA en iyi çözüm bulmak ve zaman bütçesine en iyi kullanmak açısından birinci sırada ve SA daha düşük bir performans ile sadece Algoritma çalışma süresi açısından birinci sırada. Sonuç olarak bu problemin NP-zor olduğunu göz önünde bulundurarak ve GA kullanarak meta sezgisel olmayan bir yöntemle göre çok daha hızlı ve en iyi ye yakın çözümler üretebilmektedir.

6. SONUÇ

Bu araştırmada, Genetik Algoritmaya prensiplerine dayanan sezgi üştü algoritma NP zorluğundaki problemi çözmek için ve bir turistin kendisine verilen bir zaman dilimi içerisinde olabildiğince çok ilgi noktası ziyaret edebilmesi için en iyi tur planını bulmak için uygulanmıştır. Algoritma denenmiş ve algoritmanın en uygun tur planını birkaç saniyede bulmak için uygulanabileceğine dair sonuçlar onaylanmıştır, böylece en yüksek memnuniyet oranına ulaşılabilinmiştir. Bu araştırmanın sonuçları ziyaretçiler için bir tur planı oluştırmada uygulanabilir. Daha kapsamlı araştırma, bir gün içerisinde sadece belli bir zaman diliminde ziyaret edilebilen bazı ilgi noktaları için zaman pencereleri gibi faktörler göz önünde bulundurularak yapılabilir. Ayrıca trafik merkezinden edinilen çevrimiçi bilgiler örnek sonuçların daha gerçekçi olmasını sağlamada oldukça pratik olabilir.

Ayrıca Genetik Algoritma (GA), benzetilmiş tavlama algoritması (SA) ve karınca koloni algoritması (ACO) karşılaştırmasına sonucunda GA en iyi çözüm bulmak ve zaman bütçesine en iyi kullanmak açısından diğer 2 algoritmaya göre daha yüksek bir performansa sahiptir

Sonuç olarak bu problemin NP-hard olduğunu göz önünde bulundurarak ve GA kullanarak meta sezgisel olmayan bir yöntemle göre çok daha hızlı ve en iyi ye yakın çözümler üretebilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbaspour, R.A. and Samadzadegan, F. 2011. Time-dependent personal tour planning and scheduling in metropolises. Expert Systems with Applications, 38(10), 12439-12452.
- Anonim. 2015. Web Sitesi: <http://www.istanbulkulturturizm.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 04.02.2015.
- Anonymous. 1995. Technical manual no. 2: Collection of tourism expenditure statistics. UNWTO.
- Anonymous. 2007. Market Intelligence & Promotion Section. UNWTO world tourism barometer (Vol. 5). World Tourism Organization.
- Anonymous. 2014. Tourism Highlights, 2014 edition. UNWTO.
- Anonymous. 2015. Web Sitesi: <http://www.invest.gov.tr/> , Erişim Tarihi: 25.03.2015.
- Anonymous. 2015. Web Sitesi: <http://www2.unwto.org/>, Erişim Tarihi: 05.04.2015.
- Anonymous. 2015. Web Sitesi: <http://www.googlemaps.com>. Erişim Tarihi: 25.03.2015.
- Archetti, C., Feillet, D., Hertz, A., & Speranza, M. G. 2009. The capacitated team orienteering and profitable tour problems. Journal of the Operational Research Society, 60(6), 831-842.
- Butt, S.E. and Cavalier, T. M. 1994. A heuristic for the multiple tour maximum collection problem. Computers & Operations Research, 21(1), 101-111.
- Chao, I. M., Golden, B. L. and Wasil, E. A. 1996. A fast and effective heuristic for the orienteering problem. European Journal of Operational Research, 88(3), 475-489.
- Chao, I.M., Golden, B.L. and Wasil, E.A. 1996. The team orienteering problem. European journal of operational research, 88(3), 464-474.
- Dorigo, M., Birattari, M., Blum, C., Clerc, M., Stützle, T. and Winfield, A. (Eds.). 2008. Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence: 6th International Conference ANTS 2008, Brussels, Belgium, September 22-24, 2008, Proceedings (Vol. 5217) Springer.
- Feillet, D., Dejax, P. and Gendreau, M. 2005. Traveling salesman problems with profits. Transportation science, 39(2), 188-205.
- Fomin, F.V. and Lingas, A. 2002. Approximation algorithms for time-dependent orienteering. Information Processing Letters, 83(2), 57-62.

- Garcia, A., Vansteenwegen, P., Arbelaitz, O., Souffriau, W. and Linaza, M. T. 2013. Integrating public transportation in personalised electronic tourist guides. *Computers and Operations Research*, 40(3), 758-774.
- Gavalas, D., Konstantopoulos, C., Mastakas, K., Pantziou, G. and Vathis, N. 2015. Approximation algorithms for the arc orienteering problem. *Information Processing Letters*, 115(2), 313-315.
- Gen, M. and Cheng, R. 2000. *Genetic algorithms and engineering optimization* (Vol.7). John Wiley and Sons.
- Gendreau, M., Laporte, G. and Semet, F. 1998. A branch-and-cut algorithm for the undirected selective traveling salesman problem. *Networks*, 32(4), 263-273.
- Goldberg, D.E. 1989. *Genetic algorithms in search optimization and machine learning* (Vol. 412). Reading Menlo Park: Addison-wesley.
- Golden, B. L., Levy, L. and Vohra, R. 1987. The orienteering problem. *Naval research logistics*, 34(3), 307-318.
- Haupt, R. L. and Haupt, S. E. 2004. *Practical genetic algorithms*. John Wiley & Sons.
- Holland, J. H. 1975. *An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence. Adaptation in Natural and Artificial Systems*. First Edition, The University of Michigan, USA.
- Ilhan, T., Iravani, S. M. and Daskin, M. S. 2008. The orienteering problem with stochastic profits. *Iie Transactions*, 40(4), 406-421.
- Kantor, M. G. and Rosenwein, M. B. 1992. The orienteering problem with time windows. *Journal of the Operational Research Society*, 629-635.
- Mantri, A., Kendra, S.N.S., Kumar, G. and Kumar, S. (Eds.). 2011. *High Performance Architecture and Grid Computing: International Conference, HPAGC 2011, Chandigarh India, July 19-20, 2011. Proceedings* (Vol. 169). Springer.
- Negnevitsky, M. 2005. *Artificial intelligence: a guide to intelligent systems*. Pearson Education.
- Noor, S. 2007. *Operational scheduling of traditional and flexible manufacturing systems using genetic algorithms, artificial neural networks and simulation*. PhD Thesis, University of Bradford, UK.
- Obitko, M. and Slavik, P. 1999. Visualization of genetic algorithms in a learning environment. In *Spring Conference on Computer Graphics, SCCG* (Vol. 99, pp. 101 106).

- Schilde, M., Doerner, K. F., Hartl, R. F. and Kiechle, G. 2009. Metaheuristics for the bi objective orienteering problem. *Swarm Intelligence*, 3(3), 179-201.
- Souffriau, W., Vansteenwegen, P., Vertommen, J., Berghe, G. V. and Oudheusden, D. V. 2008. A personalized tourist trip design algorithm for mobile tourist guides. *Applied Artificial Intelligence*, 22(10), 964-985.
- Tang, H., and Miller-Hooks, E. 2005. A tabu search heuristic for the team orienteering problem. *Computers & Operations Research*, 32(6), 1379-1407.
- Vansteenwegen, P., Souffriau, W. and Van Oudheusden, D. 2011. The orienteering problem: A survey. *European Journal of Operational Research*, 209(1), 1-10.
- Verbeeck, C., Sörensen, K., Aghezzaf, E.H. and Vansteenwegen, P. 2014. A fast solution method for the time-dependent orienteering problem. *European Journal of Operational Research*, 236(2), 419-432.
- Yeo, M. F. and Agyei, E. O. 1998. Optimising engineering problems using genetic algorithms. *Engineering Computations*, 15(2), 268-280.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mahsa Behdadnia
Doğum Yeri : Urmia/İran
Doğum Tarihi : 18.08.1989
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim durumu (kurum ve yıl)

Lise : Eram Lisesi (2009)
Lisans : Urmia Teknik Üniversitesi, Bilgi Teknolojisi Mühendisliği (2013)
Yüksek lisans :Ankara Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği
Anabilim Dalı (Eylül 2013- Nisan 2016)

Yayınlar

Mahsa Behdadnia, I.N.Askerzade; "Simulated Annealing Approach for Solving a Time Dependent Orienteering Problem"; Commun.Fac.Sci.Univ.Ank.Séries A2-A3
Volume 58, Number 1, Pages 17-28 (2016) DOI: 10.1501/commua1-2_0000000091

Mahsa Behdadnia, I.N.Askerzade; "A Genetic Algorithm for Solving Time-Dependent Orienteering Problem: A Case Study in Istanbul"; International Journal of Natural and Engineering Sciences (IJNES) ; Submitted