T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNE TEORİSİ VE DİNAMİĞİ BİLİM DALI

GÖZLEM FAALİYETLERİ İÇİN GEREKLİ OPTİMUM İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI SAYISININ TESPİTİ

İkbal ÖZDEMİR

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Serkan ÇAŞKA



MANİSA–2020

İKBAL ÖZDEMİR	GÖZLEM FAALİYETLERİ İÇİN GEREKLİ OPTİMUM İNSANSIZ HAVA ARAAÇLARI SAYISININ TESPİTİ	2020

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

İkbal ÖZDEMİR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ II
ŞEKİLLER DİZİNİ III
TABLO DİZİNİ V
TEŞEKKÜR VI
ÖZET VII
ABSTRACT VIII
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR TARAMASI 8
3. GENETİK ALGORİTMA 13
3.1. Genetik Algoritma Temel Kavramlar 13
3.2. Yeniden Üretim İşlemi 15
3.3. Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması 15
3.4. Amaç Fonksiyonu ve Uygunluk Değerinin Hesaplanması 15
3.5. Kromozomların Kodlanması 15
3.6. Seçim Kriterleri 16
3.7. Genetik Operatörler 17
3.7.1 Çaprazlama Operatörü 18
3.7.2. Mutasyon 20
4. MATERYAL VE YÖNTEMLER 24
4.1. Proje Materyali 24
4.2. Yöntemler 27
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 29
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 54
KAYNAKLAR 60

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

APM	ArduPilot Mega
ARP	Araç Rotalama Problemi
BBAA	Bakteriyel Besin Arama Algoritması
CWTA	Clarke Wright Tasarruf Algoritması
CX	Cycle Crossover
DA	Doğru Akım
ETD-ARP	Eş Zamanlı Topla Dağıt Araç Rotalama Problemi
GA	Genetik Algoritma
GPS	Global Positioning System
HETD-ARP	Heterojen Eş Zamanlı Topla Dağıt Araç Rotalama Problemi
İHA	İnsansız Hava Aracı
KARP	Kapasitif Araç Rotalama Problemi
KKARP	Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi
KZP-EZDTARP	Kesin Zaman Pencereli Eş Zamanlı Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemi
PMX	Partially Matched Crossover
ZAARP	Zaman Aralıklı Araç Rotalama Problemi
ZPARP	Zaman Pencereli Araç Rotalama Problemi
ZPÇDTRP	Zaman Pencereli Çok Araçlı Dağıtım Toplamalı Rotalama Problemi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1 . 1. Araç Rotalama Problemi çeşitleri [3] 4
Şekil 1 . 2. Araç Rotalama Problemi..... 5
Şekil 1 . 3. Metasezgisel Algoritmalar..... 6
Şekil 3 . 1. Genetik Algoritma akış diyagramı [22]..... 14
Şekil 4 . 1. 2200 mAh'lik İHA bataryası 24
Şekil 4 . 2. Dörtlü motor hız kontrolcüsü..... 25
Şekil 4 . 3. APM 2.6 uçuş kontrol kartı 25
Şekil 4 . 4. Dört rotorlu İHA'ların ana ekipmanları..... 26
Şekil 4 . 5. Kullanılan İnsansız Hava Aracı..... 26
Şekil 4 . 6. Araç sayısı hesaplama algoritması akış diyagramı..... 28
Şekil 5 . 1. Rastgele üretilen 40 ziyaret noktası..... 29
Şekil 5 . 2. Rastgele üretilen 80 ziyaret noktası..... 29
Şekil 5 . 3. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 16, çaprazlama oranı:0.1 olması durumundaki İHA yörüngeleri 36
Şekil 5 . 4. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 16, çaprazlama oranı:0.5 olması durumundaki İHA yörüngeleri 37
Şekil 5 . 5. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 16, çaprazlama oranı:0.9 olması durumundaki İHA yörüngeleri 38
Şekil 5 . 6. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 48, çaprazlama oranı:0.1 olması durumundaki İHA yörüngeleri 39
Şekil 5 . 7. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 48, çaprazlama oranı:0.5 olması durumundaki İHA yörüngeleri 40
Şekil 5 . 8. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 48, çaprazlama oranı:0.9 olması durumundaki İHA yörüngeleri 41
Şekil 5 . 9. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 80, çaprazlama oranı:0.1 olması durumundaki İHA yörüngeleri 42
Şekil 5 . 10. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 80, çaprazlama oranı:0.5 olması durumundaki İHA yörüngeleri 43
Şekil 5 . 11. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 80, çaprazlama oranı:0.9 olması durumundaki İHA yörüngeleri 44
Şekil 5 . 12. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 16, çaprazlama oranı:0.1 olması durumundaki İHA yörüngeleri 45
Şekil 5 . 13. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 16, çaprazlama oranı:0.5 olması durumundaki İHA yörüngeleri 46
Şekil 5 . 14. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 16, çaprazlama oranı:0.9 olması durumundaki İHA yörüngeleri 47
Şekil 5 . 15. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 48, çaprazlama oranı:0.1 olması durumundaki İHA yörüngeleri 48
Şekil 5 . 16. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 48, çaprazlama oranı:0.5 olması durumundaki İHA yörüngeleri 49
Şekil 5 . 17. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 48, çaprazlama oranı:0.9 olması durumundaki İHA yörüngeleri 50
Şekil 5 . 18. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 80, çaprazlama oranı:0.1 olması durumundaki İHA yörüngeleri 51

Şekil 5 . 19. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 80, çaprazlama oranı:0.5 olması durumundaki İHA yörüngeleri 52
Şekil 5 . 20. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 80, çaprazlama oranı:0.9 olması durumundaki İHA yörüngeleri 53

TABLO DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1. 1. İHA'nın 4 m/sn'lik hızla 1 metre hareket edebilmesi için harcadığı batarya tüketim yüzdesi..... 2
Tablo 3. 1. Eşleme tablosu [23]..... 20
Tablo 5 . 1. Amaç fonksiyonundaki a ve b katsayısını belirlemek için oluşturulan deney tablosu..... 31
Tablo 5 . 2. 40 ziyaret noktası için yapılan deney tablosu 35
Tablo 5 . 3. 80 ziyaret noktası için yapılan deney tablosu 35

TEŞEKKÜR

Tez yazımımın her aşamasında bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen, çalışmalarımın başarıyla sonuçlanmasında oldukça önemli katkıları bulunan değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Serkan ÇAŞKA'ya, hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen hep yanımda olan sevgili aileme yürekten teşekkür ederim.

İkbal ÖZDEMİR
Manisa, 2020

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi
Gözlem Faaliyetleri için Gerekli Optimum İnsansız Hava Araçları Sayısının Tespiti

İkbal ÖZDEMİR

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Serkan ÇAŞKA

Bu tez çalışmasının amacı havadan gözlem faaliyeti yürütülecek olan bir bölgede en az kaç adet insansız hava aracı (İHA) kullanılması gerektiğini hesaplamaktır. Bu hesabı yapmak için öncelikle bir İHA'nın sabit bir hızda hareket ediyorken sergilediği enerji tüketimi incelenmiş ve İHA'nın metre başına tükettiği % enerji seviyesi yaklaşık olarak elde edilmiştir. Bir İHA'nın üzerinde hareket edeceği yörüngenin uzunluğu dikkate alınarak İHA'nın bu yörüngede 1 turu tamamlaması durumunda enerjisinin % kaçını tüketeceği tahmin edilmektedir. Eğer 1 İHA'nın atandığı yörüngeyi tamamlayamayacağı tespit edilir ise kullanılan her İHA'nın yörüngesini tamamlayabileceği durum oluşuncaya dek İHA sayısı arttırılmaktadır. Bu tez çalışmasında İHA yörüngelerini hesaplamak için araç rotalama problemi kullanılmıştır. Araç rotalama probleminin (ARP) çözümü için metasezgisel optimizasyon yöntemlerinden olan genetik algoritma metodu kullanılmıştır. Geliştirilen algoritma Matlab ortamında çalıştırılmıştır. Genetik algoritma (GA) metodundaki parametrelerden popülasyon sayısı ve çaprazlama oranı değiştirilerek bir bölgede gözlem faaliyeti yürütmeye yeterli en düşük İHA sayısı mümkün olan en kısa İHA yörüngeleriyle elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Aracı, Araç Rotalama Problemi, Genetik Algoritma

2020, 62 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Determination of The Optimum Number of Unmanned Air Vehicles Required for Surveillance Activities

İkbal ÖZDEMİR

Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Science
Department of Mechanical and Manufacturing Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Serkan ÇAŞKA

The purpose of this thesis study is to calculate at least how many unmanned aerial vehicles (UAVs) should be used in region where an aerial observation activity will be carried out. Firstly, the energy consumption of a UAV while moving at a constant speed has been examined to do this calculation. The percent energy level that the UAV consumed per meter is roughly achieved. The length of the orbit on which a UAV will move is consider. It is estimated that what percentage of its energy will be consumed for the UAV to complete 1 turn in this orbit. If it is determined that 1 UAV cannot complete the specified orbit, the number of UAVs is increased until the completion of the orbit of each UAV used. In this thesis study, vehicle routing problem was used to calculate the UAV orbits. For the solution of vehicle routing problem, the method of genetic algorithm which is the metasesistical optimization method was used. The developed algorithm was run in Matlab. Parameters of genetic algorithm method were changed. These are population numbers and crossover rates. By changing the number of population and crossover rate, the lowest UAV enough to carry out observation activities in an area was tried to be obtained with the shortest possible UAV orbits.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicles, Vehicle Routing Problem, Genetic Algorithm

2020, 62 pages

1. GİRİŞ

Araç rotalama problemi belirli bir veya birden fazla depodan müşterilerin talepleri doğrultusunda hizmet verecek şekilde optimum rotaları hesaplama problemidir. Müşterilerin talepleri doğrultusunda araç rotalama problemi kısıtlarına göre, yolların durumuna göre, rotalama durumlarına göre, çevre durumuna göre çeşitlilik gösterir.

İnsansız hava aracı uzaktan kontrol edilebilen bir hava aracıdır. Günümüz teknolojisiyle birlikte insansız hava aracı birçok faaliyet için yaygın olarak tercih edilmektedir. İnsansız hava aracı askeri, bilimsel araştırma, görüntüleme, yangın söndürme, kamera çekimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında Matlab/Simulink ortamında araç rotalama problemine metasezgisel bir yöntem olan genetik algoritma ile çözüm aranmaktadır. Bu tez çalışmasının literatürdeki çalışmalardan farkı sadece yol planlaması yapan bir algoritma içermeyip, genetik algoritmalar metoduyla gerekli İHA sayısının tespit edildiği bir çalışma olmasıdır. Tez kapsamında genetik algoritmalar yönteminde çeşitli parametreler değiştirilerek en az sürede, en doğru çözüme ulaşan bir algoritma geliştirilmiştir ve bir bölgede havadan gözlem yapmak için gerekli optimum İHA sayısı tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında gözlem faaliyeti yapılmak üzere belirlenen bir bölgede olması gereken minimum sayıda insansız hava aracı hesaplanmıştır. Bunun için İHA yörüngelerinin dengeli paylaştırılması gerekmektedir. Kivelevitch ve ark. 2013 çalışmalarında İHA'ların dengeli yörüngeler elde etmesi ile ilgili çalışmalar sunmaktadır [1]. Literatürde benzer çalışmalarda dengeli yörüngeler üretmek için ilki MinSum ikincisi MinMax olmak üzere iki amaç fonksiyonu bulunmaktadır. MinMax hesaplanan İHA yörüngelerinin en uzun olanını minimum yapmayı amaçlamaktadır. Dengeli yörüngeler oluşturulmuş ve en uzun yörünge minimum olarak elde edilmiştir. Xu ve ark. 2013 çalışmalarında dengeli yörüngeler elde etmiştir [2]. Bu tez çalışmasında bu iki amaç fonksiyonunu içeren tek bir amaç fonksiyonu oluşturulmuştur. Oluşturulan amaç fonksiyonu Denklem 1.'de verilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan İHA'nın batarya tüketim değeri İHA'nın rüzgarsız hava şartlarında çalıştırılması ile gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda yaklaşık olarak elde edilmiştir. Deneysel çalışmalarda İHA yatay doğrultuda 4 m/sn hızla hareket ettirilmiştir. Üzerinde 2200 mAh'lik batarya takılı olan bir İHA'nın 4 m/sn hızla gitmesi durumunda 1 sn'de bataryasının yaklaşık olarak %0,38'ini tükettiği tespit edilmiştir. Bu durumda, bir İHA'nın yatay doğrultuda 1 metre hareket edebilmesi için bataryasının yaklaşık olarak %0,095'ini tükettiği tespit edilmiştir. Başka bir ifadeyle, bu çalışmada kullanılan İHA'nın 2200 mAH'lik dolu bir bataryayla yatay doğrultuda yaklaşık olarak 1052 m yol alabileceği tespit edilmiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilen İHA sayısı hesaplama işlemlerinde bir İHA'nın yatay doğrultuda dolu batarya ile 1000 metre yol alabildiği varsayılmıştır. Tablo 1.1.'de yapılan 5 deney sonunda elde edilen İHA'nın batarya tüketim tablosu verilmiştir.

Tablo 1. 1. İHA'nın 4 m/sn'lik hızla 1 metre hareket edebilmesi için harcadığı batarya tüketim yüzdesi

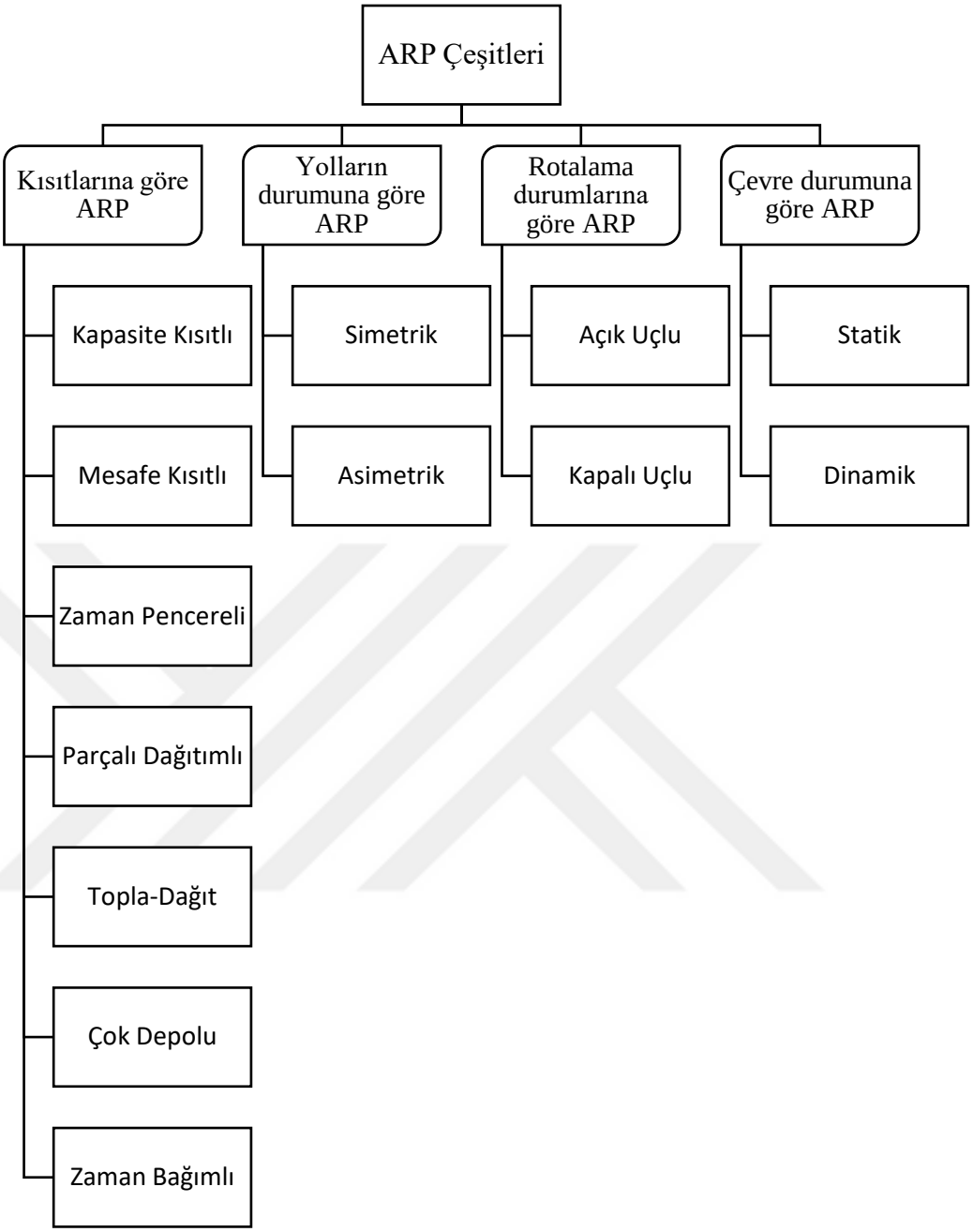
Uygulama	**Yatay (%)**
1	0,095
2	0,096
3	0,094
4	0,095
5	0,094
Ortalaması	0,095

Bu tez çalışmasında İHA yörüngelerini hesaplamak için kullanılan araç rotalama problemi 1959'da Ramser ve Dantzig'in çalışmaları tarafından ortaya koyulmuştur. Ramser ve Dantzing hayatta karşımıza çıkan gerçek bir problem üzerinde sundukları çözümler denenmiştir. Servis istasyonlarına benzin dağıtma problemi üzerinde çalışmışlardır. Bu problemle ilgili matematiksel bir model geliştirmişlerdir.

Bu çalışmada Şekil 1. 2.'de sadece 1 deposu bulunun araç rotalama problemi gösterilmektedir. Her bir rota depoda başlamakta ve depoda sonlanmaktadır. Her bir noktaya İHA tarafından sadece 1 kez uğranılmaktadır. Bir İHA'nın 1 rotayı üzerindeki batarya tam doluyken gidebileceği mesafe 1000 metre olarak belirlenmiştir. Rotalama

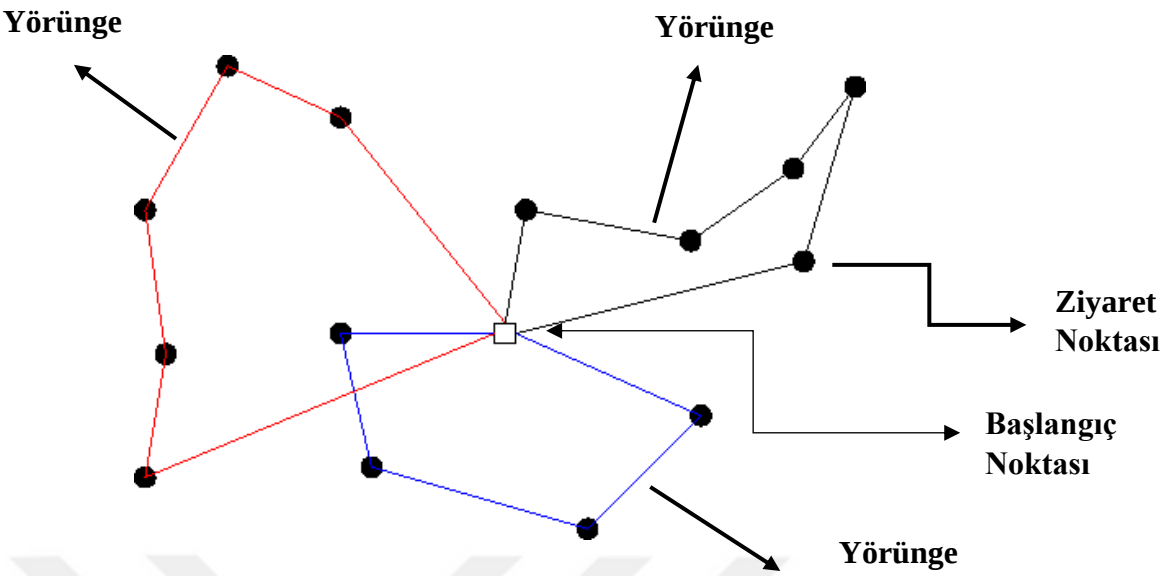
işleminde en uzun yörünge 1000 ve 1000'nin altında olmak şartıyla oluşturulmaktadır. En uzun yörünge 1000'nin altına düşürülene kadar İHA sayısı bir arttırılarak yol planlama algoritması tekrar çalıştırılmaktadır.

Klasik Araç Rotalama Problemi'ne kapasite, rota mesafesi, depo, zaman kısıtlamaları getirilerek senaryolara uygun çeşitlendirilebilmektedir. Araç rotalama problemi çeşitleri Şekil 1.1'de görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan araç rotalama problemi kapalı uçlu araç rotalama problemidir. Bu çalışmada kapalı uçlu araç rotalama kullanılmasının sebebi senaryolanan araç rotalama problemine göre yörüngelerin tek bir depoda başlayıp tek bir depoda bitmesidir. Gözlem faaliyeti yapmak üzere İHA'lar aynı depodan seyre başlamaktadır ve faaliyetlerini aynı depoda sonlandırmaktadırlar.



Şekil 1 . 1. Araç Rotalama Problemi çeşitleri [3]

Şekil 1.2.'deki araç rotalama problemi için örnek yörünge planı verilmektedir. Bu şekildeki siyah noktalar İHA için ziyaret noktalarını, bu siyah noktaları takip eden ve başlangıç noktasında başlayıp başlangıç noktasında biten her güzergah yörüngeleri, bu üç yörüngenin başlayıp aynı yerde bittiği orta nokta başlangıç noktasını (depo) göstermektedir.



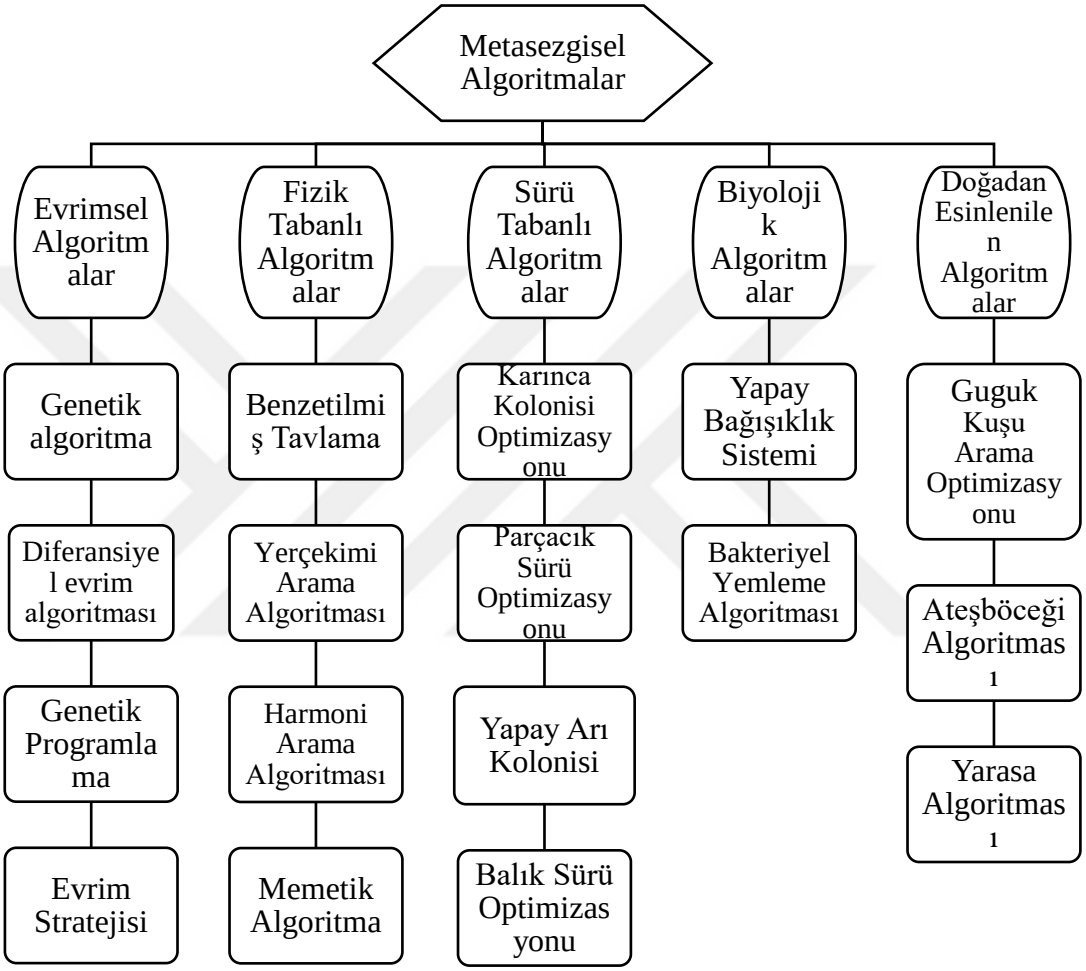
Şekil 1 . 2. Araç Rotalama Problemi

Bu çalışmada araç rotalama problemine genetik algoritma ile çözüm aranmaktadır. 1960larda 1. Rechenberg'in "Evrim Stratejileri" adlı çalışmasıyla Evrimsel programlama meydana gelmiştir. Şekil 1. 3.'de metasezgisel algoritma çeşitleri verilmektedir. Metasezgisel bir metot olan genetik algoritma evrimsel bir programlamadır. Evrimsel bir programlama olan Genetik Algoritma Darwin Evrim Teorisi'nden ilham alınarak ortaya çıkarılmıştır. 1975 yılında J. H. Holland tarafından genetik algoritmanın bugünkü hali meydana getirilmiştir. J. H. Holland evrim ve canlılardaki doğal seçilim ve genetik popülasyonu örnek alarak, bu gözlemlerini makine öğrenmesi ile bilgisayar ortamına aktaracak hale getirmiştir. Goldberg genetik algoritmanın farklı konularda kullanılabileceğini anlatan bir kitap yazmıştır. 1985'te Davis tarafından atölye çizelgeme problemine kapsamlı olarak genetik algoritma ile çözüm üretilmiştir. 1987'de Liepis tarafından iki makineli çizelgeleme problemine genetik algoritma ile çözüm üretilmiştir.

GA sezgisel bir yöntemdir, kesin sonuç veremeyebilir ancak diğer yöntemlerle çok uzun sürede çözülecek veya çözümü zaman arttıkça karmaşıklaşacak problemlerde çoğu zaman en yakın sonucu vermektedir. Genetik algoritma en az sürede optimum sonucu vermeyi hedeflemektedir. Genetik algoritmanın sahip olduğu parametreler değiştirilerek çözümün kendini tekrarlaması önlenmektedir. Bu sebeple bu tez çalışmasında, gözlem faaliyetleri için gerekli optimum insansız hava araçları

sayısının tespiti matlab ortamında genetik algoritma metodu ile gerçekleştirilmiştir.

GA evrimi ve doğadaki canlıları örnek almaktadır. İyi genler bir sonraki nesillere aktarılırken, kötü genler bir sonraki nesillere aktarılmaz. Bireylerde de şartlara uygun ise bir sonraki nesle aktarılır. Genetik algoritma uygun çözümler üretmek için çaprazlama, mutasyon, elitizim gibi operatörler uygulanmaktadır.



Şekil 1 . 3. Metasezgisel Algoritmalar

Bu tez çalışmasında bir bölgedeki gözlem faaliyeti için gerekli insansız hava araçlarının optimum sayısının hesaplanması amaçlanmaktadır. Bir bölgedeki gözlem faaliyeti için gerekli insansız hava araçlarının optimum sayısının hesaplanması sayesinde havadan gözlem faaliyeti için gerekli maliyet düşecek, insansız araçların kontrol ve takibi kolaylaşacaktır. Bununla birlikte insansız araçlardan aktarılacak görüntüleri izleyecek personel sayısı da araç sayısının azaltılmasıyla doğru orantılı olarak azalacaktır.

Bu tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

- İHA yörüngelerini hesaplamak için araç rotalama problemi kullanılmıştır.
- Araç rotalama probleminin çözümü için metasezgisel bir yöntem olan evrimsel GA metodu kullanılmıştır.
- Literatürde var olan tüm yörüngelerin toplamının minimum olmasını sağlayan ilk amaç fonksiyonu ve İHA yörüngelerinin en uzun olanını minimum yapmayı amaçlayan ikinci amaç fonksiyonu bu tez çalışmasında tek bir amaç fonksiyonu haline getirilmiştir.
- İHA enerji tüketim değeri elde edilmiştir.
- İHA için en uzun yörüngenin en fazla 1000 metre olabileceği tespit edilmiştir.
- GA metodundaki parametrelerden olan popülasyon sayısı sırasıyla 40,80 ve çaprazlama oranı sırasıyla 0.1, 0.5, 0.9 olarak değiştirilmiştir.
- Giriş parametrelerine karşı çıkış parametrelerinin davranışları karşılaştırılmıştır.
- Havadan gözlem faaliyeti için en düşük İHA sayısı ve mümkün olan en kısa yörünge elde edilerek, gözlem faaliyeti için gerekli maliyet düşürülmüştür.

Bu tez çalışmasında, Bölüm 1'de ARP, GA hakkında bilgi verilmektedir. Çalışmanın özeti sunulmaktadır. Bölüm 2'de ARP, GA ve İHA ile ilgili çalışmaların literatür taraması verilmektedir. Bölüm 3'de GA'nın çalışması ve bu çalışmada uygulanışı ile ilgili kapsamlı bilgi verilmektedir. Bölüm 4'te çalışmada kullanılan materyaller ve çalışmanın metodu anlatılmaktadır. Bölüm 5'te çalışmada yapılan deneylerin verileri sunulmaktadır. Bölüm 6'da çalışmada yapılan deneylerin sonuçları karşılaştırılmakta ve bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar yorumlanmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Araç rotalama problemine (ARP) çözüm üretmek üzere genetik algoritma yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatürde bu konuda yapılmış olan bir çalışmada Zorlu İHA rotalama problemine Kapasitif Araç Rotalama Problemi (KARP) adı altında genetik algoritma ile çözüm aramıştır [4]. KARP, tek bir depo, kapasite ve rota uzunluğu kısıtlamalarına sahiptir ve rota bir depoda başlamakta ve depoda bitmektedir. Karşılaştırma amacıyla literatürdeki kıyaslama problemleri (Benchmark Problem) incelenmiştir. Benchmark probleminin 3 grup sınıflandırması mevcuttur. Kıyaslama amaçlı olarak Benchmark problemi örneği P-n20-k2'ın parametreleri seçilmiştir ve bu parametreler; araç sayısı 2, boyut 2, düğüm sayısı 0, kapasitenin 160 olmasıdır. Optimum değer bu verilere göre 216 olarak bulunması gerekmektedir. Genetik algoritmanın başlangıç parametreleri belirlenmiştir. Mutasyon oranı:0.8, popülasyon 20, iterasyon önce 1000 daha sonra 10000 olarak seçilmiştir, seçim kriteri: turnuva seçim kriteri, çaprazlama operatörü dairesel çaprazlama, mutasyon ise ters çevirme yöntemi seçilmiştir. Yapılan deneylerin sonucunda optimum değer 264 olarak bulunmuştur. Fakat Benchmark problemi örneklerinde bu 216 dır. Sonuç olarak yapılan birçok deneyin sonucu olarak genetik algoritmanın bu problemler için en iyi yöntem olduğu düşünülmektedir. Başlangıç parametrelerinin doğru belirlenmesinin oldukça önemli olduğu kanısına varılmıştır. Mutasyon ve çaprazlama türlerinin seçiminin önemine değinilmiştir.

Araç rotalama problemi (ARP) kısıtlamalara göre şekil alabilir. Kiremitci ve ark., 2014 zaman pencereli çok araçlı dağıtım toplamalı rotalama problemine (ZPÇDTRP) çözüm aramışladır. Çalışmalarında genetik algoritma ile çözüm aranmıştır. Burada seçim kriteri olarak rulet tekeri, mutasyon çeşidi olarak bir noktalı ya da iki noktalı mutasyon çeşitleri geliştirilen algoritmada kullanılmıştır. Uygunluk değeri testi yapılmamıştır ve literatürdeki problemlerle test edilmiş verimli sonuçlar alınmıştır [5].

Araç rotalama probleminin (ARP) bir diğer çeşidi de zaman aralıklı araç rotalama problemidir. Kılıç ve ark., 2009 zaman aralıklı araç rotalama problemine (ZAARP) çözüm aramışlardır. Bulanık mantık ortamında karınca sürüsü algoritması ile çözümü hedeflenmiştir. Sonuç olarak geliştirilen çözümlerde belirsizlik ve esnekliklerin göz ardı edildiği ve ortaya çıkan hataların el ile düzeltildiği belirtilmiştir.

Literatürdeki ZAAR problemlerine göre daha kararlı yöntemler geliştirildiği belirtilmiştir [6].

Keçeci ve ark., 2015 dağıtım ve toplamanın eş zamanlı olduğu ve araçların çeşitli kriterlere sahip olduğu bir araç rotalama problemi olan heterojen eş zamanlı topla dağıt araç rotalama problemi (HETD-ARP) üzerinde çalışmışlardır. Eşzamanlı topla dağıt araç rotalama problemi için Dethloff tarafından önerilmiş olan matematiksel bir model HETD-ARP için geliştirilmiştir. ARP için geliştirilen Clarke-Wright Tasarruf (CWT) algoritması, üzerinde çalışılan HETD-ARP için geliştirilmiştir. Sunulan matematiksel modelin literatürde ETD-ARP için geliştirilen matematiksel modelden daha hızlı çalıştığı ve daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Buna ek olarak önerilen sezgisel algoritmanın performansı oldukça hızlıdır sonucuna varılmıştır [7].

Kesin zaman pencereli eş zamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama problemi de bir diğer ARP çeşididir. Çetin ve ark., 2010 kesin zaman pencereli eş zamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama problemi (KZP-EZDTARP) için matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen matematiksel modeli test etmek için az sayılı müşterili problemler çözülmüştür. Müşteri sayısı artıkça problemin çözümsüz kaldığı ve KZP-EZDTARP için sezgisel yöntemlerle daha optimum sonuçlara varılabileceği görülmüştür [8].

Çolak ve ark., 2009 ARP için bir algoritma geliştirmişlerdir. Yapay sinir ağları ile bu probleme çözüm aranmıştır. Literatürde senaryolanmış olan problemler Visual Basic programlama dilinde kodlanan algoritma ile çözülmüş optimum sonuçlar elde edilmiştir [9].

Kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerine (KKARP) literatürde birçok metasezgisel ve kesin çözüm yöntemleriyle çözüm aranmıştır. Şahin çalışmasında kapasite kısıtlı araç rotalama problemi için literatür taraması yapmıştır. Meta sezgisel yöntemler, kesin çözüm yöntemlerinden daha hızlı ve büyük boyutlu problemlerin çözümünde oldukça iyi sonuçlar vermektedir. Araç rotalama problemlerinin çözümü için metasezgisel yöntemler tek başlarına veya sezgisel yöntemlerle birlikte kullanıldıklarında başarılı sonuçlar alınmıştır [10].

Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi için literatürdeki çalışmalardan biri Pakkan ve ark., 2010 tarafından gerçekleştirilmiştir. Hava Kuvvetleri'nin gözlem amaçlı insansız hava araçlarını çevrimdışı durumlarda kullanımının kolaylaştırılması hedeflenmiştir. Çalışmalarında genetik algoritma ile çözüm aranmıştır. Delphi ortamında Google Maps'den alınan veriler Matlab Simulink ortamında verileri saklayabilecek ara yüz tasarlanmış çevrimdışı durumlarda insansız hava aracının rotası belirlenmiştir [11].

KKARP için Borcinova tarafından çözüm aranmıştır. Mikro genetik algoritma ve paralel hesaplamanın melezleştirilmesiyle bir algoritma geliştirilmiştir. Literatürdeki problemler çözülmüş ve yüksek performansta çözümler elde edilmiştir [12].

Hezer ve ark., 2013 çalışmalarında eşzamanlı dağıtımlı ve toplamalı araç rotalama problemine (EDT-ARP) çözüm aramışlardır. Bu problemde aynı müşteriye eş zamanlı dağıtım ve toplama yapılmaktadır. Meta sezgisel bir yöntem olan bakteriyel besin arama algoritması (BBAA) geliştirilmiştir. Literatürdeki 40 test problemi geliştirilmiş algoritma ile çözülmüş ve ekleme tabanlı sezgisel algoritma ile kıyaslanmıştır. Sonuç olarak geliştirilen algoritma ekleme tabanlı sezgisel algoritmaya göre 40 test probleminden 24'ünde daha başarılı olmuştur. Sezgisel bir yapı olan BBA algoritmasının probleme göre değişiklik gösteren bazı zayıflıkları olduğu sonucuna varılmıştır [13].

Amil ve ark., 2019 çalışmalarında rotalama yerleştirme problemi üzerinde çalışmışlardır. Çözüm için parçacık sürü algoritması geliştirilmiştir. Probleme Matlab ortamında çözüm aranmıştır. 4 farklı tesis yeri olan ve 20 müşteriye hizmet veren bir catering firması için rotalama eniyilemesi sağlanmıştır. Tesisin konumu, müşterilerin tesise ulaşım süreci ve ulaşım için araçların nasıl rotalanacağı olmak üzere 3 temel karardan meydana gelen Daskin ve Perl'in modeli örnek alınarak denklemler oluşturulmuştur. Çalışma sonucu parçacık sürü optimizasyonu gibi sezgisel algoritmaların deterministik cebirsel yöntemlerle yakın sonuçlar verdiği literatüre kazandırılmıştır [14].

Tapkan ve ark., 2010 çalışmalarında genelleştirilmiş arama problemlerine çözüm aramışlardır. Bu probleme arı algoritması ile çözüm aranmıştır. Geliştirilen arı

algoritmasının performansı dört farklı komşuluk yapısı ele alınarak test edilmiştir. Yapılan test sonuçlarına göre değiştirme komşuluk yapısının en kötü, çift kaydırma komşuluk yapısının ise en yüksek başarıyı gösterdiği sonucuna varılmıştır [15].

Zaman pencereli araç rotalama problemi (ZPARP) bir diğer ARP çeşididir. Göçken ve ark., 2018 çalışmalarında zaman pencereli araç rotalama problemi için çözüm aramışlardır. Çözüm için meta sezgisel bir yöntem olan genetik algoritma sezgisel yöntemlerle melezleştirilmiş ve çok amaçlı genetik algoritma önerilmiştir. Araç sayılarında belirleyici bir fark olmamakla birlikte süpürme algoritması ile melezleştirilen algoritma daha iyi sonuç vermiştir [16].

Literatürde ZPARP için bir diğer çalışma Coral ve ark., 2018 tarafından gerçekleştirilmiştir. Sezgisel bir algoritma olan taklitçi (memetik) algoritma ile çözüm aranmıştır. Geliştirilen algoritma Solomon testi ile değerlendirilmiştir. 6 problemden 4'ünde literatürdeki algoritmalardan daha başarılı bulunmuştur bu da geliştirilen algoritmayı rekabetçi kılmaktadır [17].

ZPARP için Aggarwal ve ark., 2018 tarafından çözüm aranmıştır. Ateş böceği optimizasyonu tabanlı bir algoritma geliştirilmiştir. Test sonuçları olumlu sonuçlanmıştır [18].

Çebi ve ark., 2020 tarafından müşteri depolarından yurtdışına gönderilmek üzere tasarlanan kısıtlı araç rotalama problemine farklı sezgisel algoritmalar ile çözüm aranmıştır. Algoritma Python ortamında geliştirilmiştir. En iyi sonuçları süpürme algoritması ve rehberli yerel arama algoritmasının verdiği sonucuna varılmıştır. Geliştirilen algoritma lojistik firmasının faaliyetleri için uygulanmıştır [19].

Araç rotalama probleminin esnek zaman pencereli çeşidine Cömert ve ark., 2020 tarafından çözüm aranmıştır. Esnek zaman pencereli araç rotalama problemine çözüm aranırken önce K-Means ve K-Medoids kümele algoritması ile kümelenmiş sonra karışık tam sayılı doğrusal programlama ile rotalanmıştır. Geliştirilen algoritmalar firmanın faaliyetlerinde denenmiş, ANOVA testi ile değerlendirilmiş ve firmanın daha önceki maliyet değerlerine göre geliştirilen algoritmanın daha az maliyetle sonuçlandığı sonucuna varılmıştır [20].

Araç rotalama problemleri kargo şirketleri için oldukça önemli olmaktadır. Az maliyetle en fazla müşteriye zamanında ulaşılması hedeflenirken araç rotalama problemleri için geliştirilen algoritmalardan destek alınmaktadır. Özalp ve ark., 2020 kargo firmalarının problemine yönelik çözüm için algoritma geliştirmiştir. Karınca optimizasyonu ve genetik algoritma parametreleri ile birleştirilerek yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Karınca optimizasyonu ile geliştirilen algoritma, genetik algoritma parametresi olan çaprazlama operatörü uygulanarak sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmıştır. Çaprazlama uygulanan algoritmanın daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Algoritma geliştirilirken kargo firması araçlarının günlük alması gereken yolun en aza indirilmesi hedeflenmiştir [21].

Bu tez çalışmasının literatürdeki çalışmalardan farkı sadece yol planlaması yapan bir algoritma içermeyip, genetik algoritmalar metodu kullanılarak bir bölgede gözlem faaliyeti yapmak için gerekli İHA sayısının tespit edildiği bir çalışma olmasıdır. Tez kapsamında genetik algoritmalar yöntemindeki parametrelerden popülasyon sayısı ve çaprazlama oranı değerleri değiştirilerek bir bölgede havadan gözlem yapmak için gerekli optimum İHA sayısı en az iterasyonda, en kısa yörünge uzunluklarını elde edilmesini sağlayacak parametre değerleri tespit edilmiştir.

3. GENETİK ALGORİTMA

Genetik algoritma, doğadaki canlıların yaşam sürecindeki hareketlerini taklit etmektedir. Genetik ve doğal seleksiyon mekanizmasına dayanan sezgisel bir arama algoritmasıdır. Evrim teorisinin bir parçasıdır. Yapay zekanın alt dalıdır. Genetik algoritma her iterasyon da daha iyiye ulaşmayı hedeflemektedir. İyi bireylerin hayatta kalmasını, kötü bireylerin yok olmasını sağlayarak optimum çözüme ulaşmayı hedeflemektedir. GA karmaşık problemlerde, kısa sürede sonuca en yakın cevabı vermeyi amaçlamaktadır. Genetik Algoritma Akış Diyagramı Şekil 3. 1.'de verilmektedir.

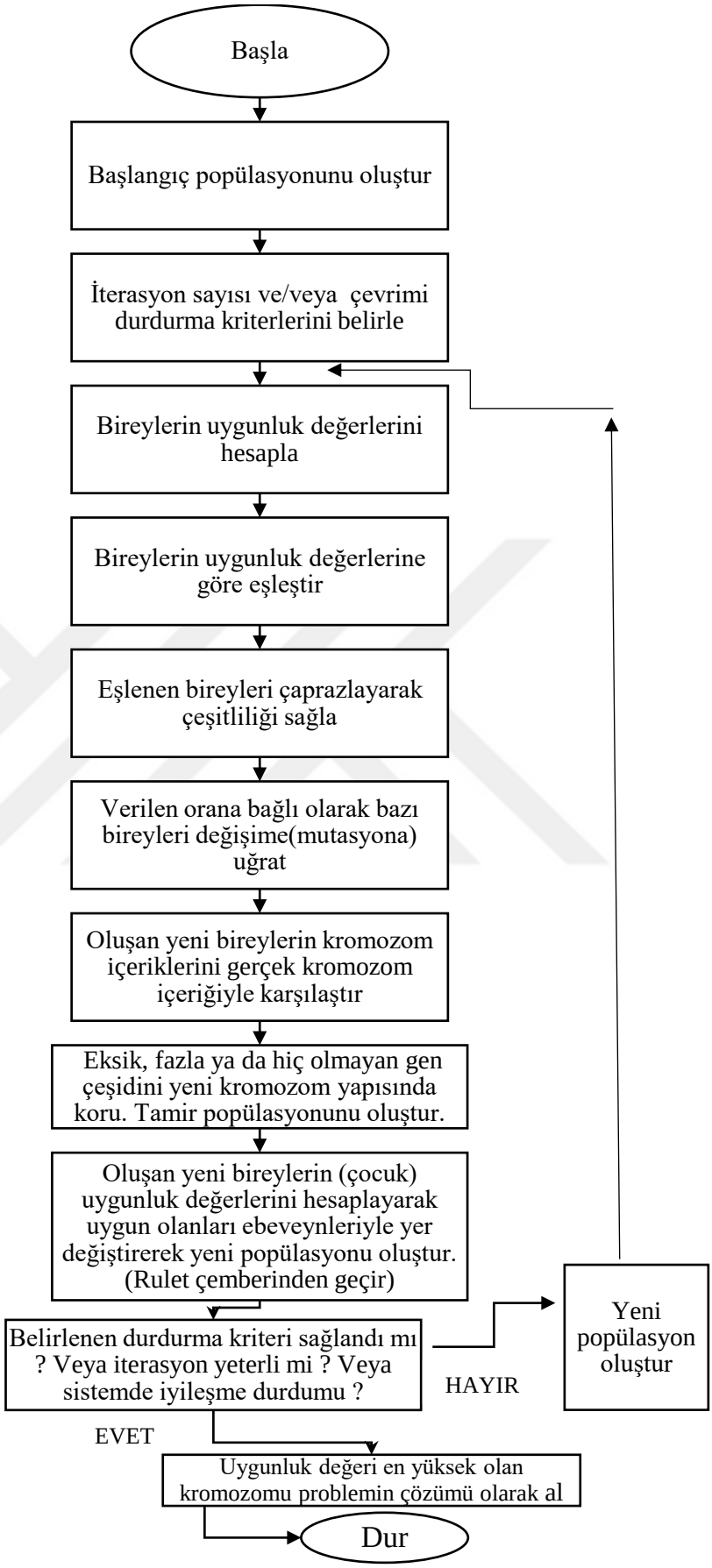
3.1. Genetik Algoritma Temel Kavramlar

İyi bir çözüme ulaşmak için GA kavramlarının doğru belirlenmesi gerekmektedir.

Gen: Gen genetik bilgi taşımaktadır. Bilgi taşıyan en küçük birimdir. Genetik algoritmada gen, kullanıcı tarafından belirlenmektedir. Genin ne içerdiği probleme göre büyük önem arz etmektedir.

Kromozom (Dizi): En az bir ya da birden fazla genin bir araya gelmesiyle kromozom oluşmaktadır. Kromozomlar problemimizin olası sonuçlarını taşımaktadır. Kromozomlar popülasyondaki bireyleri ifade etmektedir.

Popülasyon: Kromozomların bir araya gelmesiyle popülasyon oluşmaktadır. Popülasyonun büyüklüğü problemin yapısına göre belirlenmektedir.



Şekil 3 . 1. Genetik Algoritma akış diyagramı [22]

GA hesaplarının sonlandırılması için;

1. Çözüm istenen seviyeye geldiyse
2. İşlem sayısı, başlangıçta belirlenen iterasyon sayısına eşit ise
3. Sonuçlar belirli değerlerde sabitlendiyse

GA prosedürü sonlandırılabilmektedir.

3.2. Yeniden Üretim İşlemi

Halihazırdaki popülasyondan, yeni popülasyona iletilecek olan uygunluk değeri yüksek bireylerin aktarılması işlemidir.

3.3. Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması

Kromozomların kodlama yöntemleri belirlendikten sonra, GA'da ilk adım başlangıç popülasyonunu oluşturmaktır. Genelde başlangıç popülasyonu rastgele oluşturulmaktadır. Popülasyonun rastgele oluşturulması problemin çözümünün yerel optimum değerine takılmasına sebep olup çözüme ulaşılmamasına sebep olurken diğer yandan ise popülasyonun rastgele üretilmesi çeşitlilik sağlar böylece global optimum sonuca ulaşılmaktadır. Başlangıç popülasyonu oluşturulduktan sonra her bir kromozom için amaç fonksiyonunda uygunluk değerleri hesaplanmaktadır.

3.4. Amaç Fonksiyonu ve Uygunluk Değerinin Hesaplanması

Uygunluk değeri çözümün başarı derecesini belirlemektedir. Her bir kromozom için amaç fonksiyonunda uygunluk değeri hesaplanmaktadır. Amaç fonksiyonu bireylerin iyiliklerine göre onlara uygunluk değerleri atamaktadır. Uygunluk değeri hangi kromozomun bir sonraki nesle aktarılacağı veya yok olacağını belirlemektedir. Probleme göre uygunluk değeri iyi olan kromozom bir sonraki nesle aktarılırken, uygunluk değeri kötü olan kromozom bir sonraki nesle aktarılmamak üzere yok olmaktadır. Ancak gezgin satıcı probleminde bireyin yol maliyeti ne kadar az ise uygunluk değerleri o kadar yüksek olmaktadır.

3.5. Kromozomların Kodlanması

Genetik algoritmanın ilk adımı kromozomları kodlamaktır. Probleme göre kromozomların kodlanması farklılık göstermektedir. Kromozomların kodlama yaklaşımı çözüme doğrudan etki etmektedir. Kodlama şekli belirlendikten sonra genetik algoritma aşamalarına başlanmaktadır. Bu aşamalar Şekil 3. 1.'de bulunmaktadır. Kromozomlar probleme göre 3 farklı şekilde kodlanmaktadır.

İkili Kodlama Yöntemi ilk genetik algoritma kodlamalarında kullanıldığı için oldukça yaygın tercih edilmektedir. Dizinin bütünü bir sayıya karşılık gelmektedir. Her kromozom ikili diziye sahiptir. İkili kodlama örneği:

Kromozom X 101101010111
Kromozom Y 011110100100

Permütasyon Kodlamada Yöntemi'nde her kromozom bir numaralar dizisidir ve bu diziler karakterlerin sıralamadaki pozisyonunu belirten sayılardan oluşmaktadır. Permütasyon kodlama genellikle gezgin satıcı ve sıralama problemlerinde kullanılmaktadır. Permütasyon kodlama örneği;

Kromozom X 60721534
Kromozom Y 43762510

Değer Kodlama Yöntemi, İkili Kodlamanın yetersiz olduğu, karmaşık sayı problemlerinde kullanılmaktadır. Her kromozom bazı değerler dizisidir. Bu değerler dizisi karakterlerden, karmaşık sayılardan ya da reel sayılardan oluşabilmektedir. Değer Kodlama örneği;

Kromozom X 4.115 3.535 7.029 6.991
Kromozom Y ACERTMKLPMBTDSA
Kromozom Z (ileri), (sağ), (geri), (sol)

3.6. Seçim Kriterleri

Yeni nesli oluşturmak için mevcut olan kromozomlar uygunluk değeri yüksek olanlar mutasyon ve çaprazlama işlemlerinden geçmektedir. Genetik algoritmada iyiliği yüksek olanlar bir sonraki nesle aktarılırken iyiliği düşük olanlar bir sonraki nesle aktarılmamak üzere yok olmaktadır. İyiliği yüksek olan dizilimler probleme uygun seçim kriterleri ile yapılmaktadır.

Popülasyonda bulanan uygunluk değeri yüksek bireyler mutasyon ve çaprazlamaya uğrayarak yeni nesilde bulunmamak üzere elenebilmektedir. Fakat seçkinlik kriteri, mutasyon ve çaprazlamaya uğramaksızın en iyi uygunluk değere sahip bireylerin yeni nesillere aktarılmasını sağlamaktadır. Bu aktarım en kötü

bireylerle yer değiştirerek olmaktadır. Böylelikle yeni popülasyon daha iyi bireylere sahip şekilde meydana gelmektedir. Böylece en iyi uygunluk değerine sahip bireyin bir sonraki nesle iletilmeme ihtimali ortadan kaldırılmaktadır. Seçkinlik, çözümün performansını arttırmaktadır.

Rulet tekeri seçim kriterinde tekerlek popülasyondaki kromozom sayısına bölünmektedir. Her dizinin uygunluk değeri toplam uygunluk değere bölünerek [0-1] değerleri arasında seçilme olasılıkları belirlenmektedir. Üreme için rulet tekerleği döndürülmektedir. Rulet tekeri döndürüldüğünde nerede durursa o kromozom seçilmektedir. Yüzdelik değerleri yüksek olan kromozomların seçilme olasılığı daha fazla olmaktadır.

Rulet tekeri seçiminde bireyler arası uygunluk değeri farkı fazla olduğu durumlarda, uygunluk değeri yüksek bireylerin seçilme olasılığı popülasyondaki diğer bireylere göre fazla olduğundan dolayı popülasyonda hızlı çoğalmaktadırlar. Bu durumda çözümler aynı değere yakınsar fakat optimum sonuca ulaşamaz bu da erken yakınsama problemine yol açmaktadır. Sıralı Seçim Kriteri, erken yakınsama problemine çözüm olmak için önerilmiştir. Popülasyondaki diziler uygunluk değerlerine göre sıralanmaktadır. Bu sıralama iyiden kötüye doğru olmaktadır. Bu durumda tüm kromozomların seçilme şansı olacaktır ancak bu çözüm süresini yavaşlatmaktadır. Bu yavaşlamanın yanı sıra popülasyonda çeşitliliği sağladığı için tercih edilmektedir.

Turnuva Seçim Kriteri, popülasyondan rastgele iki birey alınmaktadır. Popülasyondaki en iyi uygunluk değerine sahip birey yeni popülasyona olduğu gibi aktarılmaktadır. Bu çalışmada seçim kriteri olarak Seçkinlik Yöntemi kullanılmıştır.

3.7. Genetik Operatörler

Genetik algoritma da çözüm yığını incelenir ancak belli noktadan sonra nesil çeşitliliği olmadığı için belli bir sonuca varılamamaktadır. Çözüm belli noktaya gelip kendini tekrarlamaktadır. Kromozomlara çaprazlama ve mutasyon uygulanarak çeşitlilik sağlanabilir ve nesillerin çeşitliliği devam eder. Böylece çözüm yakınsanabilir hale gelmektedir.

3.7.1 Çaprazlama Operatörü

Genler bireylerden seçilir. 2 birey ele alınır, çaprazlama operatörü seçimlerine göre belli bir noktaya kadar 1. bireyden geri kalanı 2.bireyden alınarak yeni birey veya bireyler meydana getirilmektedir. Çaprazlama yönteminin seçimi kodlama, uygunluk fonksiyonu, mutasyon oranı gibi genetik operatörlere bağlı olmaktadır.

Tek Noktalı Çaprazlama Operatörü'nde, rastgele bir çaprazlama noktası seçilmektedir. Çaprazlama noktasından önceki kısım bir bireyden, geriye kalan kısım ise diğer bireyden alınarak çaprazlanmakta ve yeni birey (çocuk) oluşmaktadır.

1. Birey 10100 / 01101 1.Yeni Birey 10100 / 10110
2. Birey 01001 / 10110 2.Yeni Birey 01001 / 01101

Çok Noktalı Çaprazlama Operatörü'nde, rastgele çoklu çaprazlama noktası seçilir ve 2 birey arasında çaprazlama meydana getirilerek yeni birey oluşturulmaktadır.

1. Birey 10/110/01/001 1.Yeni Birey 1000001010
2. Birey 11/000/11/010 2.Yeni Birey 1111011001

Pozisyona Dayalı Çaprazlama Operatörü'nde, kalıp diye adlandırılan bir yapı belirlenmektedir. Bu yapı sabit kalacak olan gen yapılarını belirlemede kullanılmaktadır. Kalıp dizisinde 1'lerin gösterdiği değerler sabit kalırken diğer noktalar 2 çocuk arasında yer değiştirerek yeni bireyler oluşturulmaktadır.

1. Birey 743/048/93/10/2/3

2. Birey 032/106/22/45/7/4

Kalıp 111/000/11/00/1/0

1. Yeni Birey 743106934524

2. Yeni Birey 032048221073

Sıralı Dayalı Çaprazlama Operatörü'nde de önceden bir kalıp belirlenmektedir ve bu kalıba göre değiştirilecek olan bireyler arası genler belirlenmektedir.

1. Birey 123456789045

2. Birey 746128353196

Kalıp 100010100000

Kalıp üzerindeki 1'e karşılık gelen değerler çaprazlamada kullanılacaktır. Buna göre 2.bireyde buna karşılık gelen değerler sırasıyla (7,2,3) değerleridir. 1.bireyde (2,3,7) ile sırasıyla yer değiştirilmektedir. Buna göre;

1.Yeni Birey 172456389045

Kalıp üzerindeki 1'e karşılık gelen değerler çaprazlamada kullanılmaktadır Buna göre 1.bireyde buna karşılık gelen değerler sırasıyla (1,5,7) değerleridir. 2.bireyde (7,1,5) ile sırasıyla yer değiştirilmektedir. Buna göre;

1. Birey 123456789045

2. Birey 746128353196

2. Yeni Birey 146528373196

Kısmi Planlı Çaprazlama Operatörü Golberg ve Lingle tarafından 1985 yılında geliştirilmiştir. Kısmi planlı çaprazlama yöntemi, iki noktalı veya çok noktalı çaprazlama yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu tez çalışmasında kısmi planlı çaprazlama operatörü kullanılmıştır. Rastgele 2 çaprazlama noktası seçilir ve 2 birey arasında çaprazlama meydana getirilerek yeni birey yani çocuk oluşturulmaktadır. Eğer bireylerden alınan genler yeni bireyde tekrarlar ise genler Tablo 3.'deki eşleme tablosuna göre değiştirilmektedir. Bu yöntem literatürde ilk olarak GSP de kullanılmıştır. GSP ve ARP için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

Örneğin; [23]

1. Birey 47/320/615

2. Birey 62/504/371

1. Yeni Birey 47/504/615

2. Yeni Birey 62/320/371

Görüldüğü gibi 1. ve 2. Yeni Birey kendi içinde aynı genlere sahiptir. Bu durumu çözmek için eşleme tablosu kullanılmaktadır.

Tablo 3. 1. Eşleme tablosu [23]

Birey	Eşlenen Birey
3	5
2	0
0	4

Bireylerde tekrar eden genler eşleme tablosuna göre düzeltilmektedir ve iki yeni birey yani çocuk elde edilmektedir.

27504613 1. Yeni Birey

64320571 2. Yeni Birey

Dairesel Çaprazlama Operatörü'nde, ilk bireyden en baştaki gen seçilmektedir. Bu gen çocuk bireye aktarılmaktadır. Diğer bireyde bu gene karşılık gelen gen belirlenmektedir. Bu gen çocuk bireye aktarılmaktadır. Dairesel bir şekilde devam edilerek çocuk birey meydana getirilmektedir.

3.7.2. Mutasyon

Genetik algoritmada problemin çözümü belirli bir noktaya geldikten sonra bireyler birbirlerine benzemeye başlamakta ve çözümler kendini tekrarlamaktadır. Bu durumda dizilere mutasyon uygulanmaktadır, dizilerde kendi içinde farklı yöntemlerle gen değişimleri sağlanmakta böylelikle çeşitlilik tekrardan sağlanmaya başlamaktadır. Mutasyon çeşitleri şu şekildedir;

Değişim Operatörünün Uygulanması:

Çocuk Birey	**1**	**(0)**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**1**
Değişim Sonrası Çocuk Birey	**1**	**(1)**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**1**

Komşu İki Gen Değiştirme:

Çocuk Birey	**4**	**3**	**2**	**(6)**	**[5]**	**1**	**8**	**7**
Değişim Sonrası Çocuk Birey	**4**	**3**	**2**	**[5]**	**(6)**	**1**	**8**	**7**

Keyfi İki Gen Değiştirme:

Çocuk Birey	**4**	**[3]**	**2**	**6**	**(5)**	**1**	**8**	**7**
Değişim Sonrası Çocuk Birey	**4**	**(5)**	**2**	**6**	**[3]**	**1**	**8**	**7**

Araya Gen Ekleyerek Değiştirme:

Çocuk Birey	**3**	**6**	**4**	**2**	**1**	**5**	**7**	**8**	
Değişim Sonrası Çocuk Birey	**3**	**(2)**	**6**	**4**	**2**	**1**	**5**	**7**	**8**

Yer Değiştirme Yöntemi:

Çocuk Birey	**7**	**4**	**(2)**	**1**	**6**	**[5]**	**3**	**8**
Değişim Sonrası Çocuk Birey	**7**	**4**	**[5]**	**1**	**6**	**(2)**	**3**	**8**

Ters Çevirme Yöntemi:

Çocuk Birey	**7**	**4**	**[2**	**1**	**6]**	**5**	**3**	**8**
Değişim Sonrası Çocuk Birey	**7**	**4**	**[6**	**1**	**2]**	**5**	**3**	**8**

Karıştırma Yöntemi:

Çocuk Birey	**7**	**4**	**2**	**1**	**6**	**5**	**3**	**8**
Değişim Sonrası Çocuk Birey	**7**	**4**	**6**	**1**	**5**	**2**	**3**	**8**

Kaydırma Yöntemi:

Çocuk Birey	**7**	**4**	**2**	**1**	**6**	**5**	**3**	**8**
Değişim Sonrası Çocuk Birey	**1**	**6**	**5**	**7**	**4**	**2**	**3**	**8**

Bu çalışmada kaydırma, yer değiştirme, ters çevirme mutasyon operatörleri kullanılmıştır.

Genetik Algoritma problem çözümünde parametre seçimi oldukça önemlidir. Parametre seçimi çözüm performansını etkileyen en önemli faktör olmaktadır. Bu parametreler; çaprazlama oranı, mutasyon oranı, popülasyon büyüklüğü, seçim yöntemi, maksimum nesil sayısı en önemli parametrelerdendir.

Çaprazlama yeni neslin daha iyi genlere sahip olması için yapılmaktadır. Çaprazlama oranı ise çaprazlamanın ne sıklıkla olacağını belirlemektedir. Bu çalışmada çaprazlama oranı sırasıyla 0.1, 0.5, 0.9 olarak belirlenmektedir. Çaprazlama oranı çok düşük olduğunda nesil kendini tekrarlamaya başlar, çözüm hızı olumsuz olacak şekilde düşmektedir ve çözüme ulaşmak imkansızlaşmaktadır. Çaprazlama oranı çok yüksek olduğunda ise problemim çözüm kümesi çok hızlı şekilde artmaktadır, bu artış iyi bireylerin bozulmasına sebep olabilmektedir. Çözüme ulaşmak burada imkansızlaşmaktadır. Bu nedenle çaprazlama oranının probleme göre doğru belirlenmesi gerekmektedir.

Mutasyon olasılığı, mutasyonun ne sıklıkla olacağını belirlemektedir. Mutasyon olasılığı %0 olduğunda bireyde herhangi bir değişim gözlenmezken, olasılık %100 olduğunda ise bireyde tümüyle değişiklik gözlenmektedir. Mutasyon olasılığının çok düşük olması çözümün yerel optimum değere takılmasına sebep

olurken çok yüksek olması optimum çözüme ulaşılmasını geciktirmektedir. Bu sebeple mutasyon olasılığının belirlenmesi oldukça önemli olmaktadır.

Popülasyon büyüklüğü de diğer operatörler gibi aşırı yüksek veya aşırı düşük belirlenirse problemin çözümüne engel olmaktadır. Problemin büyüklüğüne göre belirlenmesi gereken bir parametredir. Bu çalışmada popülasyon büyüklüğü 16, 48, 80 olarak belirlenerek deneyler yapılmış ve sonuçları yorumlanmıştır. Popülasyon büyüklüğünün çok düşük olduğu durumlarda çözüme gitmek zorlaşmaktadır, çözüm yerel optimuma takılmaktadır. Popülasyon büyüklüğünün çok yüksek olması problem çözüm süresini oldukça uzatmaktadır. Genetik algoritma çözümü belirlenen maksimum nesil sayısına ulaştığında durmaktadır. Maksimum nesil sayısının olması gerektiğinden düşük olması optimum sonuca ulaşılamamasına sebep olmaktadır. Maksimum nesil sayısının çok yüksek olması optimum çözüme varılmasına rağmen algoritmanın gereksiz yere çalışmasına, zaman kaybına sebep olmaktadır.

4. MATERYAL VE YÖNTEMLER

4.1. Proje Materyali

Bu tez çalışmasında aşağıdaki yazılım ve donanım ekipmanları kullanılmıştır:

Matlab/Simulink: Bu tez çalışmasında kullanılan ARP modelinin çözümü GA metoduyla Matlab ortamında gerçekleştirilmiştir. Matlab'ın sahip olduğu zengin kütüphane bu tez çalışmasında tercih edilmesindeki başlıca sebeptir.

Mission Planner: Açık kaynak kodlu bir arayüz programı olan Mission Planner, otonom araçların kontrolünde oldukça fazla kullanılmaktadır. İnsansız araçların dünya üzerindeki anlık konumunun gösterilmesini Google Maps bağlantısı sayesinde sağlamaktadır. Bunlara ek olarak bilgisayar aracılığıyla birtakım komutların insansız araçlara gönderilmesini Mission Planner ile gerçekleştirilmektedir. Bu tez çalışmasında kullanılan İHA'nın verilerini izlemek için Mission planner programı kullanılmıştır.

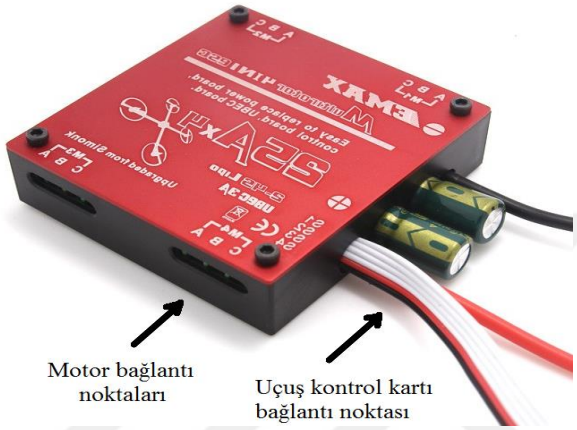
İHA'ların motorları: Bu tez çalışmasında kullanılan İHA'nın yapısında 4 adet fırçasız doğru akım motoru (MT2212) kullanılmıştır. Oldukça fazla tercih edilen bir motordur. Temin edilmesi kolay ve uygun maliyetlidir. İHA'ların şasesi (F450) ile çalışması uygundur. Motor, DJI phantom 2 pervaneleri ile uyumludur.

Batarya: Bu tez çalışmasında kullanılan İHA'nın rüzgarsız hava koşullarında 5 dakika civarında havada/askıda kalması için Lithuim-polimer yapıda 2200 mAh, 11.1 Volt'luk batarya tercih edilmiştir. Kullanılan batarya Şekil 4.1.'de görüldüğü gibidir.



Şekil 4 . 1. 2200 mAh'lik İHA bataryası

Motor Hız Kontrolcüsü: İHA'nın yapısındaki 4 adet fırçasız doğru akım motorunu (MT2212) kontrol ettirmek üzere seçilmiştir. Motorlara anlık olarak 25A akım sağlayabilmektedir. Uçuş kontrolcüsünden darbe genişlik modülasyonu sinyalleri gelmektedir. Gelen bu sinyallere göre hem motor hızlarını ayarlar hem de dört rotorlunun istenen yönde hareketini gerçekleştirmektedir. Şekil 4.2.'de görüldüğü gibidir.



Şekil 4 . 2. Dörtlü motor hız kontrolcüsü

Uçuş kontrol kartı: Kullanılan uçuş kontrol kartı, ArduPilot Mega 2.6 uçuş kontrol kartıdır. Karada, suda ve havada kullanılabilmektedir. Açık kaynak kodlu bir gömülü sistem kartıdır. Kontrol kartında barometre, ivme ölçer, 3 eksenli jiroskop hazır olarak bulunmaktadır. Jiroskop temeli fizik kurallarına ve merkezkaç ilkesine dayanmaktadır**.** Yön bulmak ve ölçmekte kullanılmaktadır. Gemi ve uçakların hareket kontrolünü, roket ve füzelerin rota hız ve ivme ölçümleri yapmak için kullanılmaktadır. İvmeölçer bir kütlenin ivmesini ölçmektedir ve yüksek hassasiyete sahip bir cihazdır. Şekil 4.3.'te uçuş kontrol kartı görülmektedir.



Şekil 4 . 3. APM 2.6 uçuş kontrol kartı

Dört rotorlu İHA'yı kontrol etmek için Şekil 4.3. ve 4.4'te görüldüğü gibi;

- APM 2.6 kontrol kartı
- Güç modülü
- 3DR u-blox gps+pusula (hassasiyet < 2 m)
- MPU-600 jiroskop
- İvme ölçer
- Uzaktan haberleşme cihazları (radyo telemetri, menzil < 2 km, 915 MHz)
- Dört-rotorlu şasesi (F450) kullanılmıştır.



Şekil 4 . 4. Dört rotorlu İHA'ların ana ekipmanları

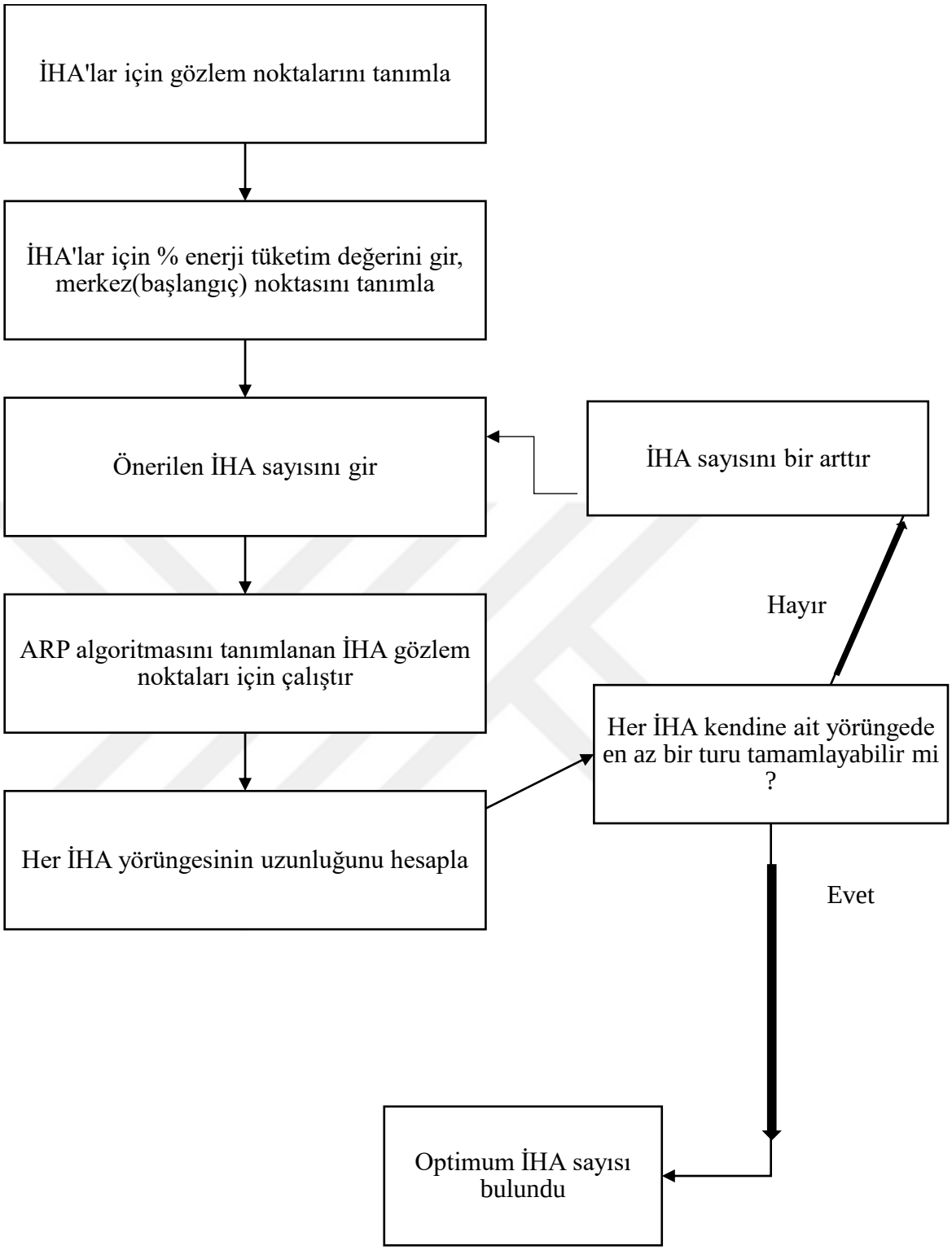
Şekil 4.5'te deneylerde kullanılan İHA görülmektedir. İHA'nın toplam ağırlığı 0.83 kg ve kol uzunlukları gövde merkezinden motorlara kadar 22 cm'dir.



Şekil 4 . 5. Kullanılan İnsansız Hava Aracı

4.2. Yöntemler

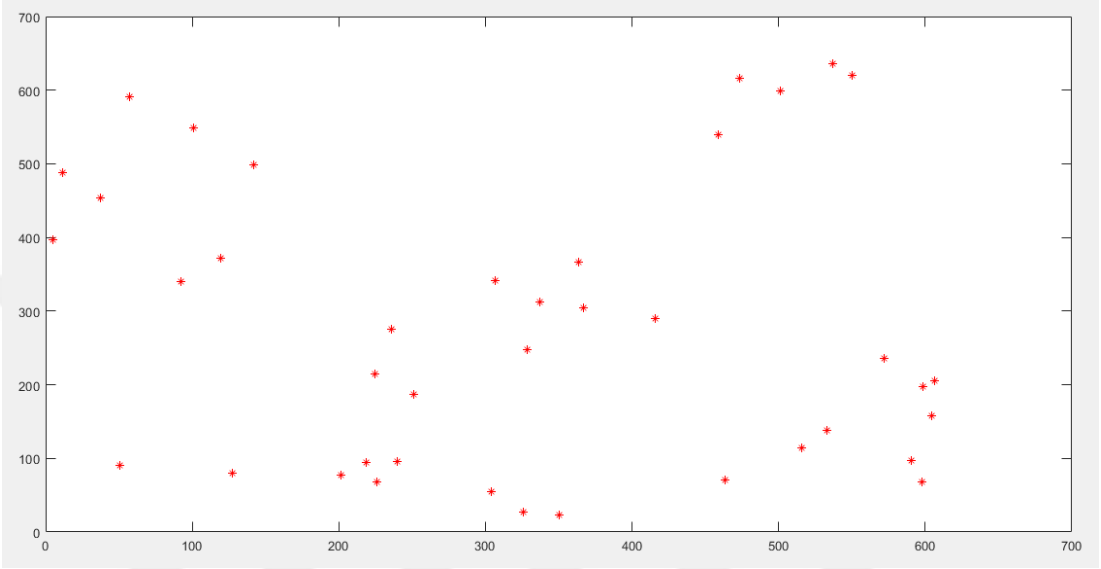
Bu tez çalışmasında öncelikle bir İHA'nın her metrede tükettiği enerji miktarı yüzde olarak deneysel çalışmalarla elde edilmiştir. Araç Sayısı Hesaplama Algoritması Akış Diyagramı Şekil 4. 6.'da verilmektedir. Sabit bir hızda hareket ediyorken bir İHA'nın metre başına tüketeceği enerji yaklaşık olarak elde edilmiştir ve daha sonra yol planlama algoritması ile elde edilen yörüngelerde bir tur atmanın İHA'nın bataryasındaki enerji seviyesinin yüzde kaçını tüketeceği tespit edilmiştir. Deneysel çalışmalarda İHA yatay doğrultuda 4 m/sn hızla hareket ettirilmiştir. İHA üzerinde 2200 mAh'lik batarya takılı bulunmaktadır. 2200 mAh'lik bataryanın tercih edilme sebebi daha fazla mAh'lik bataryalar İHA'nın taşıma kapasitesini aşmaktadır ve dengesini bozabilmektedir. Daha az mAh'lik bataryalar ise faaliyet için yeterli performans vermemektedir. 2200 mAh'lik batarya takılı olan bir İHA'nın 4 m/sn hızla gitmesi durumunda 1 sn'de bataryasının yaklaşık %0,38'ini tükettiği tespit edilmiştir. Bu durumda, bir İHA'nın yatay doğrultuda 1 metre hareket edebilmesi için bataryasının yaklaşık olarak %0,095'ini tükettiği tespit edilmiştir. İHA'nın havada iken yaklaşık olarak 1052 metre yol alabildiği sonucuna varılmıştır. Deneylerde bu değer 1000 metre olarak belirlenmiştir. Her İHA'nın kendi yörüngesinde bir turu tamamlaması sonucunda harcayacağı öngörülen yüzde enerji seviyesi yörünge maliyetini ifade etmektedir. Bir İHA'nın enerjisi faaliyette bulunacağı yörünge maliyetinden daha büyük ise tek İHA kullanımı yeterli olmaktadır. Ancak İHA'nın enerji kapasitesi bu yörünge için yetersiz ise yörüngeyi tamamlayamayacaktır. Bu durumda İHA sayısı bir adet arttırılarak algoritma tekrar çalıştırılmaktadır. Bu işlem İHA'nın faaliyet yürütülecek alan için yeterli İHA sayısına ulaşıncaya kadar devam etmektedir. Eğer her İHA'nın enerji kapasitesi yörünge maliyetinden yüksek çıkar ise ulaşılan İHA sayısının gözlem faaliyetinin gerçekleştirilmesi için yeterli olduğu tespit edilmektedir [24].



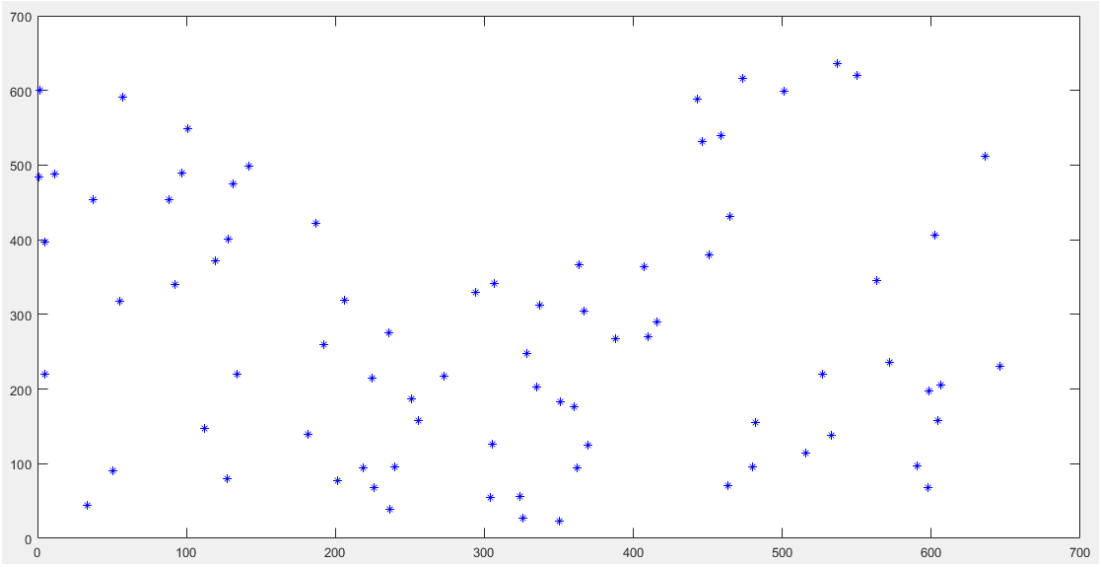
Şekil 4 . 6. Araç sayısı hesaplama algoritması akış diyagramı

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasındaki deneylerin yapılması için Matlab ortamında yatay düzlemde İHA ziyaret noktalarına ait koordinatları içeren 40x2 ve 80x2 lik matrisler üretilmiştir. Rastgele üretilen 40 ziyaret noktası Şekil 5.1.'de ve 80 ziyaret noktası ise Şekil 5.2.'de verilmiştir.



Şekil 5 . 1. Rastgele üretilen 40 ziyaret noktası



Şekil 5 . 2. Rastgele üretilen 80 ziyaret noktası

Literatürde yol planlama algoritmalarında iki amaç fonksiyonu kullanılmaktadır. İlk amaç fonksiyonu MinSum ikinci amaç fonksiyonu Minmax olarak adlandırılmaktadır. Bu tez çalışmasında bu iki amaç fonksiyonu tek bir amaç fonksiyonu olarak oluşturulmuştur. Bu çalışmada geliştirilen tek bir amaç fonksiyonunda kullanılan a ve b katsayılarının optimum sonuçları deneylerle tespit edilmiştir. Denklem 1.'de geliştirilen matematiksel modelde a sayısı en uzun yörüngenin 'euy' katsayısı, b sayısı ise yörüngelerin toplam uzunluğunun 'ytu' katsayısıdır. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 16, pmx ya da kısmi planlı çaprazlama oranı rassal olarak 0.1 seçilmiştir. Genetik algoritmanın bir parametresi olan pmx çaprazlama oranının 0 ile 1 arasında seçilmesi genetik algoritma gereğince bir kuraldır.

GA'nın dikkate alacağı amaç fonksiyonu oluşturulurken öncelikle Denklem 1.'deki a katsayısı 1 ile 10 arasında, b katsayısı ise 1 ile 10 arasında seçilerek 100 adet deney yapılmıştır. 100 adet deney verileri Tablo 5. 1.'de verilmiştir. Çıkış parametresi olarak en uzun İHA yörüngesinin uzunluğu dikkate alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan İHA'nın 2200 mAH'lik dolu bir bataryayla yatay doğrultuda yaklaşık olarak 1052 m yol alabileceği hesaplanmıştır. En uzun yörünge uzunluğu için en yüksek değer 1000 m ve altı olarak belirlenmiştir. Bir İHA'nın en uzun yörünge uzunluğu 1000 ve 1000'nin altında olana kadar İHA sayısı arttırılmıştır. a katsayısı 1 ile 10 arasında, b katsayısı ise 1 ile 10 arasında seçilerek yapılan deney içerisinde en uzun yörünge uzunluğu en az çıkması hedeflenmiştir. Bunun sonucunda a katsayısının 10 b katsayısının 4 olduğu tespit edilmiştir. a katsayısı deneyde belirlenen en üst sayı olan 10 olarak tespit edildiği için a=11 seçilerek tekrar deney yapılmıştır. Fakat sonuçlarda olumlu bir değişiklik elde edilmemiştir. Sonuç olarak a katsayısının 10, b katsayısının 4 olmasına karar verilmiştir.

Amaç fonksiyonu:

$$Toplam_maliyet = a*euy+b*ytu; \quad (1)$$

Toplam_maliyet, amaç fonksiyonudur.
a katsayısının önündeki 'euy' en uzun yörüngeyi ifade etmektedir.
b katsayısının önündeki 'ytu' yörüngelerin toplam uzunluğunu ifade etmektedir.

Tablo 5. 1. a ve b katsayısını belirlemek için yapılan 100 adet deney verilerini içermektedir.

Tablo 5 . 1. Amaç fonksiyonundaki a ve b katsayısını belirlemek için oluşturulan deney tablosu

İterasyon Sayısı	En Uzun Yörüngenin Uzunluğu	Yörüngelerin Toplam Uzunluğu	İHA Sayısı	a Katsayısı	b Katsayısı
12285	874,2727	4.905,64	6	1	1
4930	953,3831	4.585,19	6	1	2
5742	865	5.004,21	6	1	3
6555	975,4355	4.305,65	5	1	4
6738	962,707	4.601,41	6	1	5
6991	975,4355	4.414,13	5	1	6
4383	945,4597	4.348,27	5	1	7
2242	949,8664	5.196,87	6	1	8
7903	863,9123	4.937,03	6	1	9
6295	975,4355	4.387,99	5	1	10
5281	959,7616	4.402,48	5	2	1
5853	975,4355	4.373,42	5	2	2
6521	975,4355	4.366,50	5	2	3
2064	967,4012	4.568,47	5	2	4
3565	919,765	5.035,14	6	2	5
6101	874,2727	4.903,61	6	2	6
5026	947,7767	4.979,64	6	2	7
5764	959,7616	4.540,67	5	2	8
8074	868,8953	5.015,69	6	2	9
9870	995,3847	4.398,44	5	2	10
5428	969,782	5.154,95	6	3	1
10418	955,4966	4.408,93	5	3	2
4945	961,7396	4.516,88	6	3	3
5390	883,4102	4.870,31	6	3	4
6036	988,6557	4.584,26	5	3	5

5863	998,3285	4.620,90	5	3	6
7522	900,3265	5.870,73	7	3	7
3217	997,4742	5.429,92	6	3	8
5962	959,7616	4.606,15	5	3	9
4430	992,8587	5.014,13	6	3	10
9138	946,7209	4.843,09	6	4	1
4462	985,1015	4.427,49	5	4	2
4784	979,8895	5.249,01	6	4	3
6009	863,9123	4.947,44	6	4	4
3197	988,1491	4.556,86	6	4	5
6832	913,054	4.811,63	6	4	6
5600	984,2112	4.317,58	5	4	7
4364	945,4597	5.218,63	6	4	8
3008	975,4355	4.315,21	5	4	9
4767	995,3847	4.472,04	5	4	10
4658	951,9081	5.024,28	6	5	1
5102	985,1897	4.523,46	5	5	2
4118	865,0362	5.017,92	6	5	3
7224	963,2863	4.585,05	5	5	4
5439	988,1491	4.480,68	5	5	5
6438	946,7209	4.692,62	6	5	6
9762	931,4525	5.181,38	6	5	7
5093	993,9234	4.267,03	5	5	8
3230	985,1015	4.576,08	5	5	9
5335	995,3847	4.312,05	5	5	10
6997	990,5873	4.603,76	5	6	1
3332	909,642	5.023,83	6	6	2
3386	946,7209	4.568,48	5	6	3
5297	958,6712	4.515,37	5	6	4
5365	874,2727	5.014,12	6	6	5
3561	945,4597	5.048,99	6	6	6
3971	987,3517	4.562,28	5	6	7
4812	946,7209	4.513,61	5	6	8

7679	952,1435	4.624,71	5	6	9
2707	975,4355	4.324,27	5	6	10
6651	946,7209	4.359,83	5	7	1
6177	955,4966	5.071,68	7	7	2
5156	975,8779	4.698,00	5	7	3
1848	964,3044	4.606,56	5	7	4
5274	995,3847	4.559,69	5	7	5
6691	995,3847	4.201,60	5	7	6
5243	988,7677	4.704,51	5	7	7
5399	975,4355	4.563,96	5	7	8
2670	955,4966	4.398,35	5	7	9
4725	995,3847	4.468,50	5	7	10
3517	975,4355	4.678,63	5	8	1
2355	990,5688	4.749,40	5	8	2
4301	984,2112	4.290,92	5	8	3
3269	987,9516	4.399,87	5	8	4
5150	975,4355	4.292,55	5	8	5
4543	987,9198	4.681,08	5	8	6
2317	996,0912	5.556,82	6	8	7
4120	931,7748	4.866,49	6	8	8
3428	977,4974	4.462,60	5	8	9
5418	976,4604	4.643,42	5	8	10
4094	941,9394	5.039,97	6	9	1
3128	951,2399	5.317,17	6	9	2
5727	975,4355	4.240,95	5	9	3
3480	945,4597	4.394,44	5	9	4
8082	995,3847	4.411,44	5	9	5
3356	991,8089	4.615,27	5	9	6
5316	959,7616	4.514,56	5	9	7
6721	966,67	4.524,44	6	9	8
3749	988,6557	4.538,08	5	9	9
7000	971,5337	5.535,23	6	9	10
3688	975,4355	4.322,48	5	10	1

3350	990,5842	5.548,66	6	10	2
2986	985,1897	4.396,28	5	10	3
5029	863,8181	4.937,84	6	10	4
5866	997,973	4.517,26	5	10	5
4367	967,9427	4.743,94	5	10	6
5711	991,2752	4.701,98	5	10	7
7621	968,8848	4.716,68	6	10	8
1999	911,6949	4.900,55	6	10	9
6696	975,4355	4.299,73	5	10	10
4658	951,9081	5.024,28	6	11	1
4093	918,0697	5.086,95	6	11	2
3089	872,0172	5.361,36	7	11	3
2281	942,576	4.956,59	6	11	4
10160	966,0486	4.604,29	5	11	5
4959	993,5354	4.772,97	5	11	6
3081	969,7262	5.215,57	6	11	7
7721	959,7616	5.396,01	6	11	8
5652	964,5743	5.327,93	6	11	9
3319	946,7209	4.962,55	6	11	10

Tablo 5.1’deki deney sonuçlarına göre en uzun İHA yörünge uzunluğunun en az olması gerekmektedir. Tablo 5.1’e göre en uzun yörünge uzunluğu: 863,8181 , toplam yörünge uzunluğu: 4.937,84 , iterasyon sayısı: 5029, İHA sayısı: 6 değerlerini dikkate alınarak a katsayısı 10, b katsayısı 4 olarak tespit edilmiştir.

Denklem 1.’deki a katsayısı 10, b katsayısı 4, popülasyon büyüklüğü sırasıyla 16, 48, 80 ve pmx çaprazlama oranı ise sırasıyla 0.1, 0.5, 0.9 ve ziyaret noktası sayısı sırasıyla 40 ve 80 seçilerek Tablo 5.2 ve Tablo 5.3’deki deneyler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5 . 2. 40 ziyaret noktası için yapılan deney tablosu

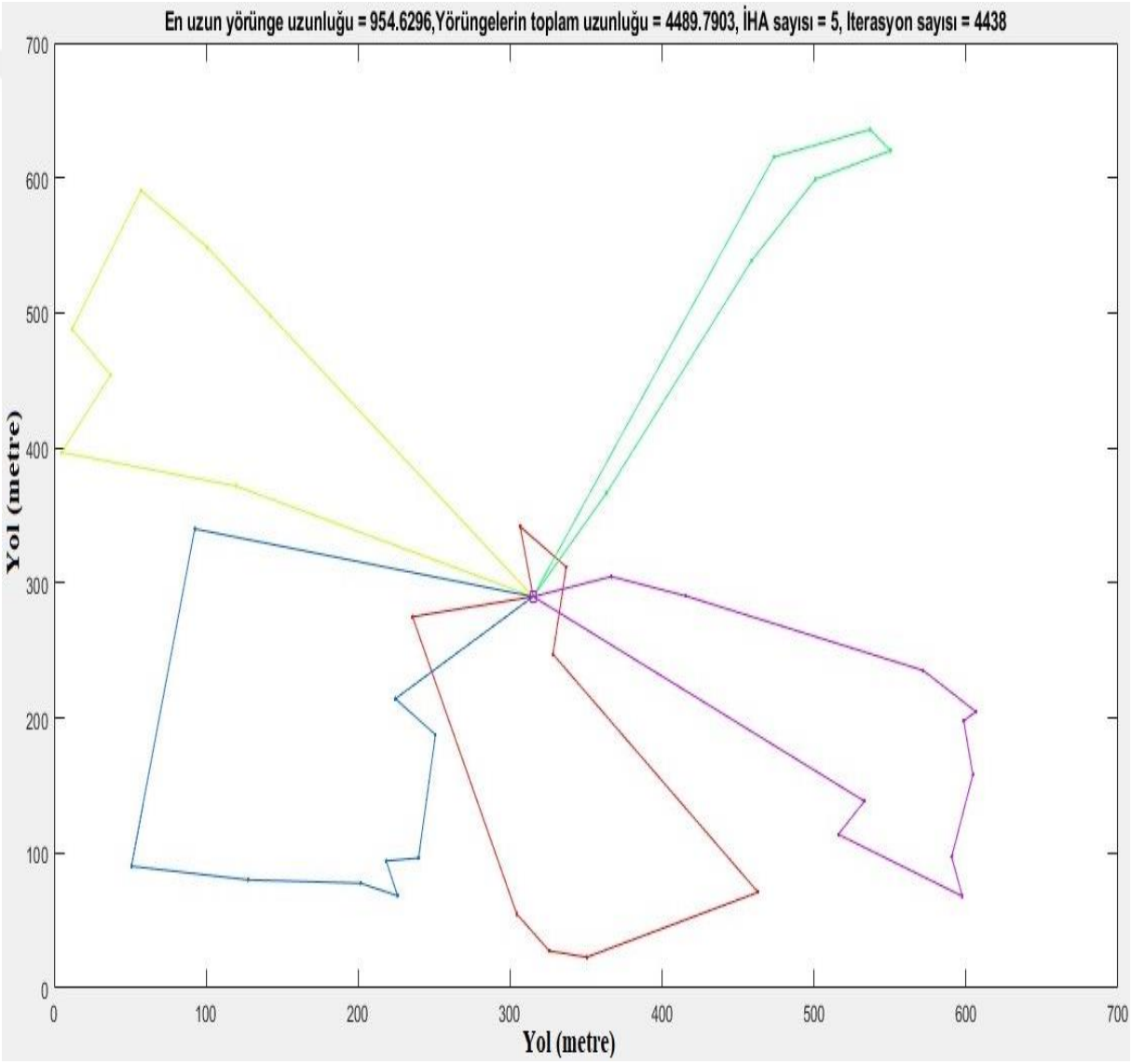
Popülasyon Büyüklüğü	Çaprazlama Oranı	Seçim Türü	Mutasyon	İterasyon Sayısı	En Uzun Yörüngenin Uzunluğu	Yörüngelerin Toplam Uzunluğu	İHA Sayısı
16	pmx(0.1)	elitist	var	4438	955	4.490	5
16	pmx(0.5)	elitist	var	5147	975	4.223	5
16	pmx(0.9)	elitist	var	4437	954	5.179	6
48	pmx(0.1)	elitist	var	2919	951,699	5.038,32	6
48	pmx(0.5)	elitist	var	3719	994,05	4.675,54	5
48	pmx(0.9)	elitist	var	4740	946,721	4.449,77	5
80	pmx(0.1)	elitist	var	1044	972,105	4.537,58	5
80	pmx(0.5)	elitist	var	1704	975,436	4.583,88	5
80	pmx(0.9)	elitist	var	3890	985,718	4.261,95	5

Tablo 5 . 3. 80 ziyaret noktası için yapılan deney tablosu

Popülasyon Büyüklüğü	Çaprazlama Oranı	Seçim Türü	Mutasyon	İterasyon Sayısı	En Uzun Yörüngenin Uzunluğu	Yörüngelerin Toplam Uzunluğu	İHA Sayısı
16	pmx(0.1)	elitist	var	9291	988,922	7.924,42	11
16	pmx(0.5)	elitist	var	19063	947,116	8.387,63	14
16	pmx(0.9)	elitist	var	13215	936,733	9.520,64	16
48	pmx(0.1)	elitist	var	12425	998,581	8.874,28	15
48	pmx(0.5)	elitist	var	9973	958,56	7.909,19	14
48	pmx(0.9)	elitist	var	11028	983,37	9.215,38	14

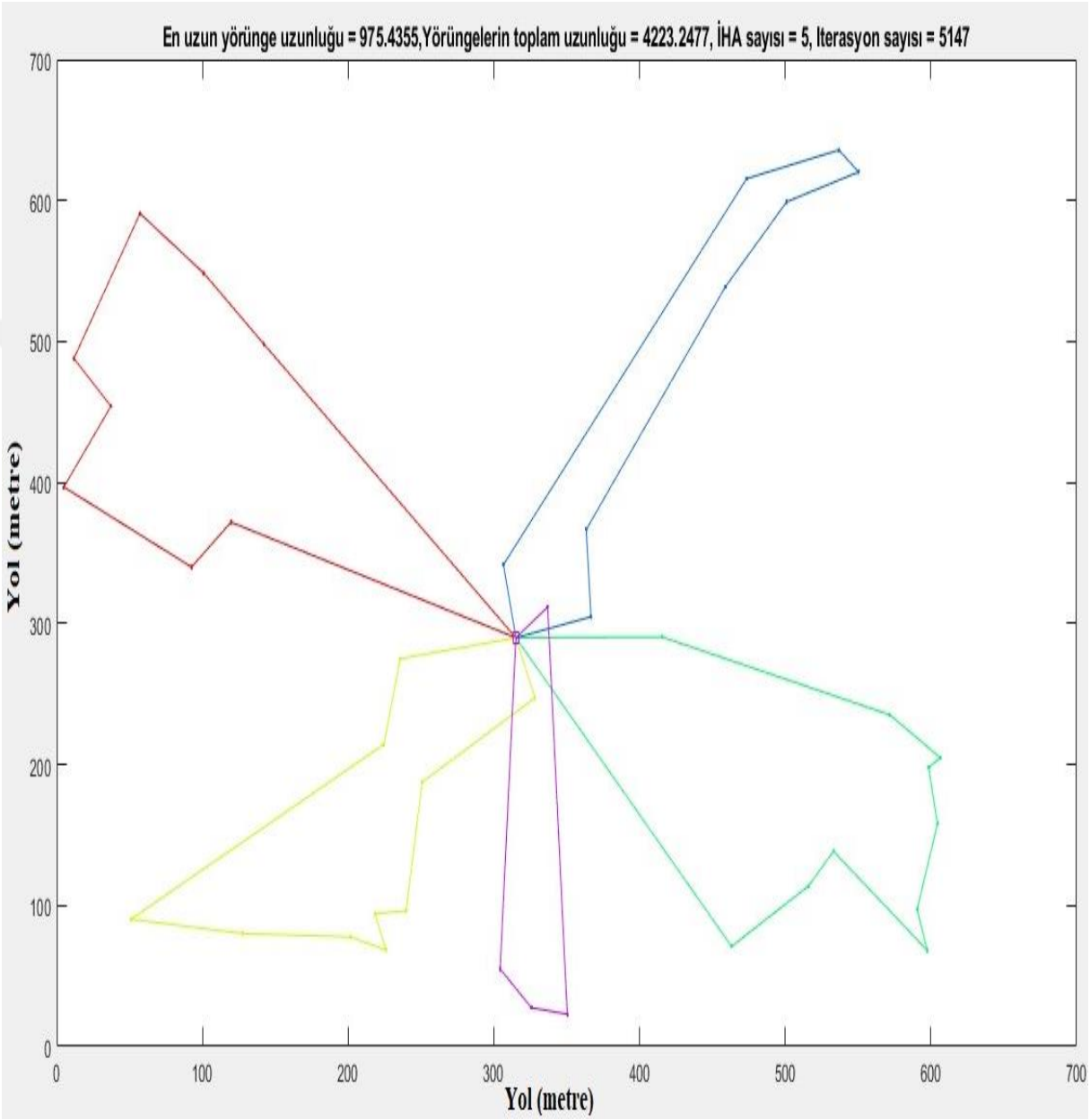
80	pmx(0.1)	elitist	var	7126	884	9.354,27	15
80	pmx(0.5)	elitist	var	7836	947,112	8.792,50	15
80	pmx(0.9)	elitist	var	2793	894,451	9.204,59	16

Şekil 5.3.'de ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 16, pmx çaprazlama oranı 0.1 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 954,6296 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 4.489,7903 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 5 olarak saptanmıştır.



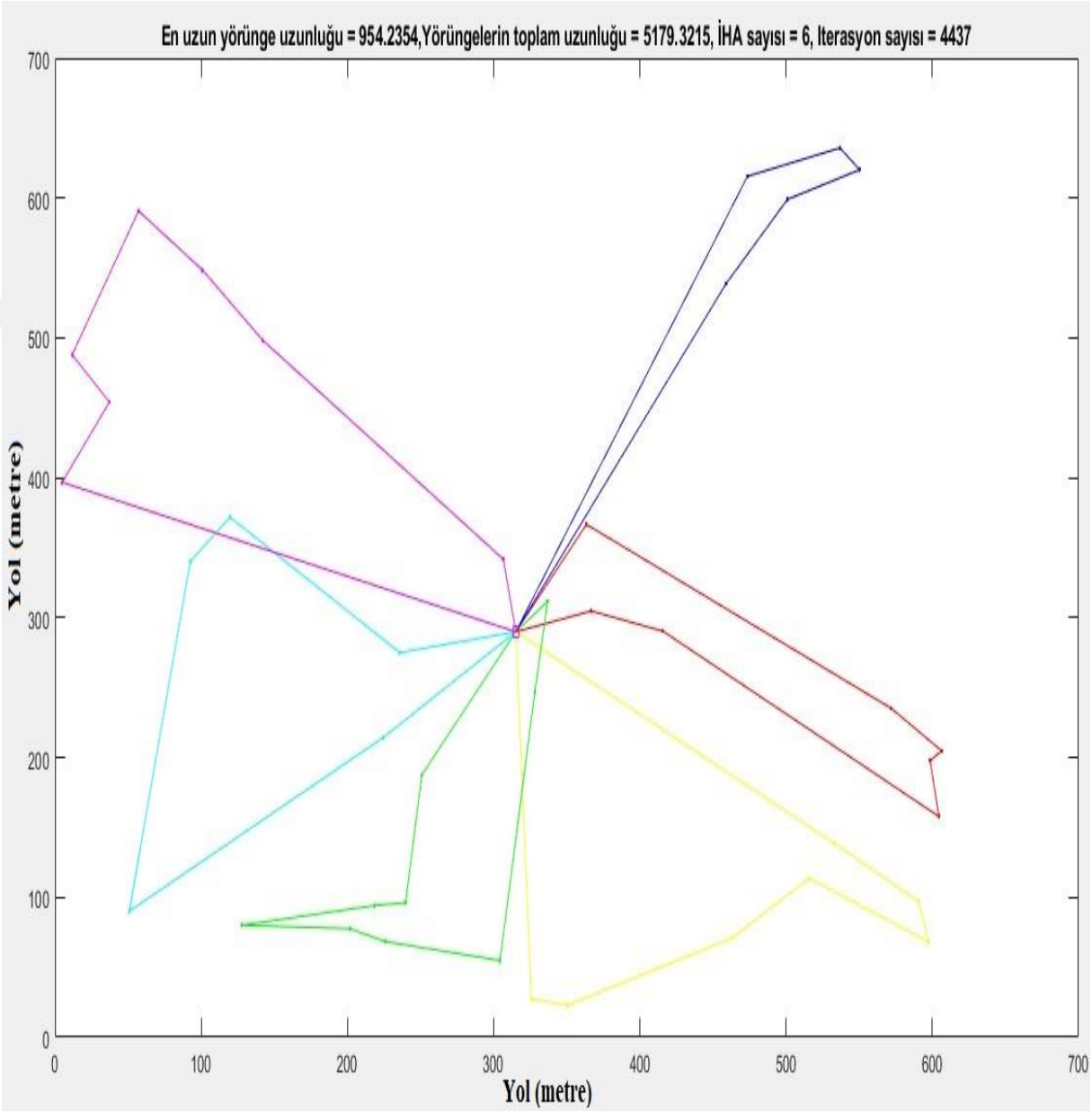
Şekil 5 . 3. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 16, çaprazlama oranı:0.1 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.4.'de ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 16, pmx çaprazlama oranı 0.5 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 975,4355 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 4.223,2477 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 5 olarak saptanmıştır.



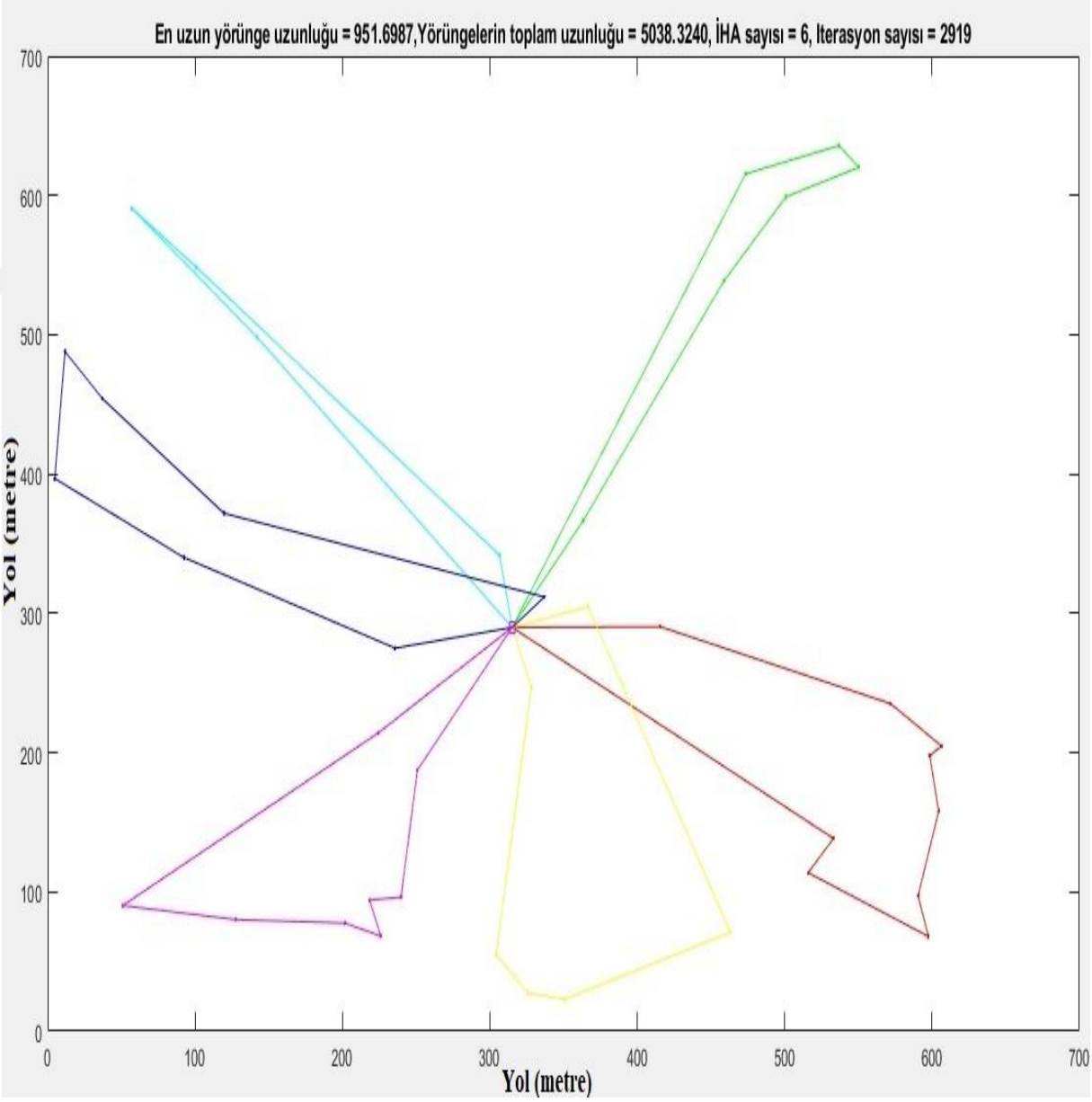
Şekil 5 . 4. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 16, çaprazlama oranı:0.5 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.5.'de ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 16, pmx çaprazlama oranı 0.9 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 954,2354 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 5.179,3215 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 6 olarak saptanmıştır.



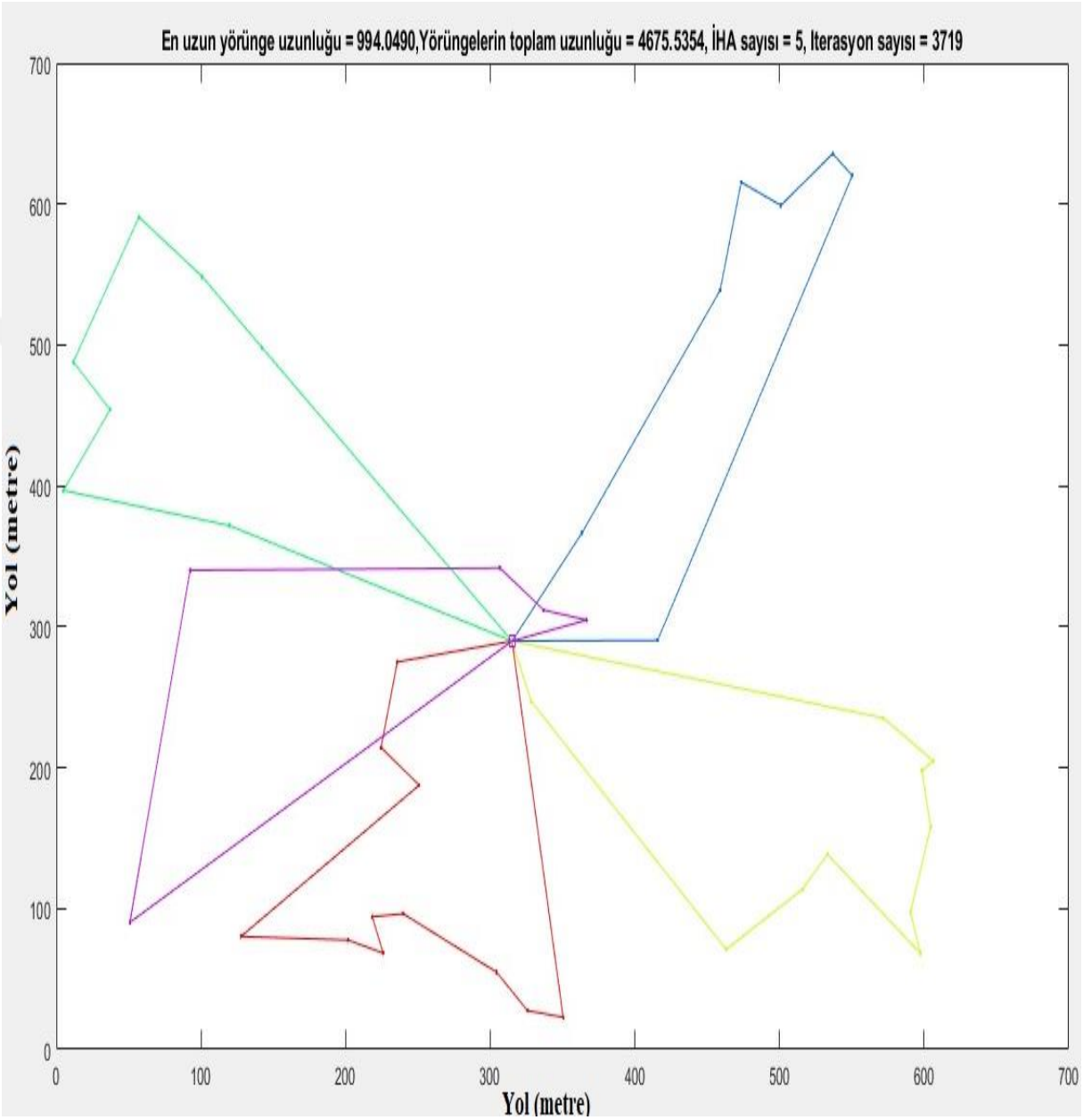
Şekil 5 . 5. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 16, çaprazlama oranı:0.9 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.6.'de ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 48, pmx çaprazlama oranı 0.1 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 985,7184 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 4.261,9478 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısının 5 olduğu saptanmıştır.



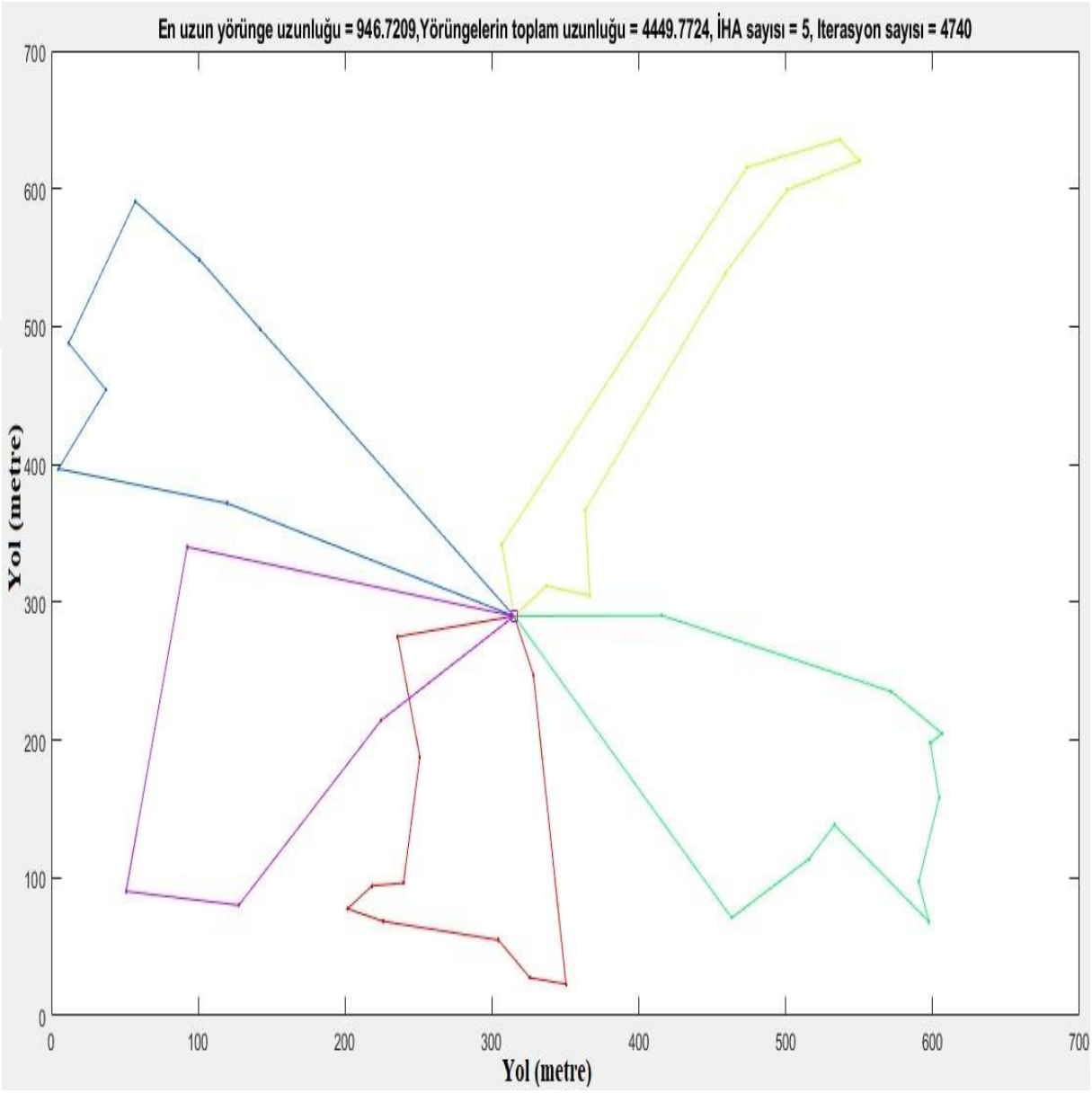
Şekil 5 . 6. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 48, çaprazlama oranı:0.1 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.7.'de ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 48, pmx çaprazlama oranı 0.5 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 994,0490 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 4.675,5354 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 5 olarak saptanmıştır.



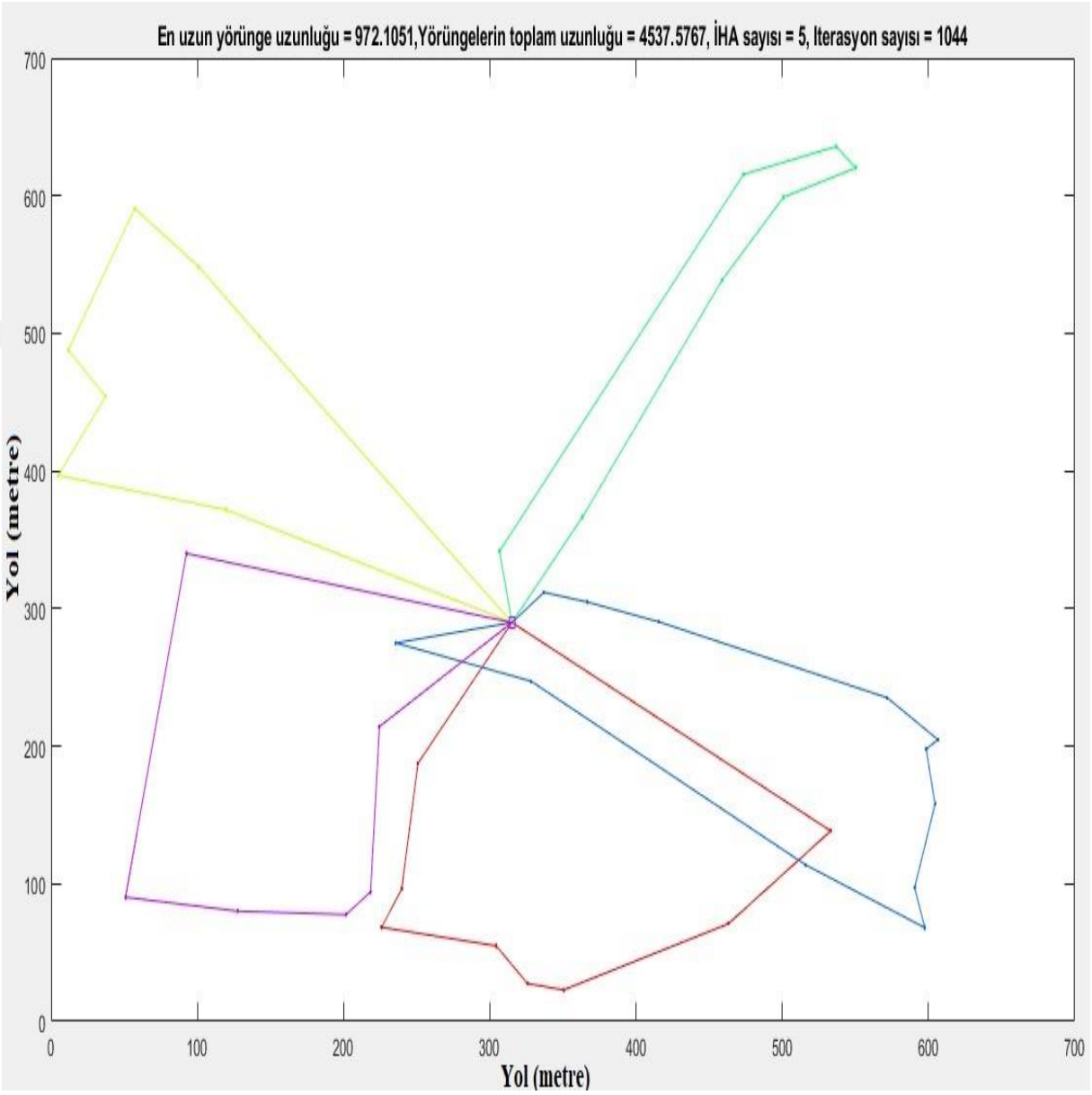
Şekil 5 . 7. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 48, çaprazlama oranı:0.5 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.8.'da ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 48, pmx çaprazlama oranı 0.9 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 946,7209 metre yörüngelerin toplam uzunluğu 4.449,7724 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 5 olarak saptanmıştır.



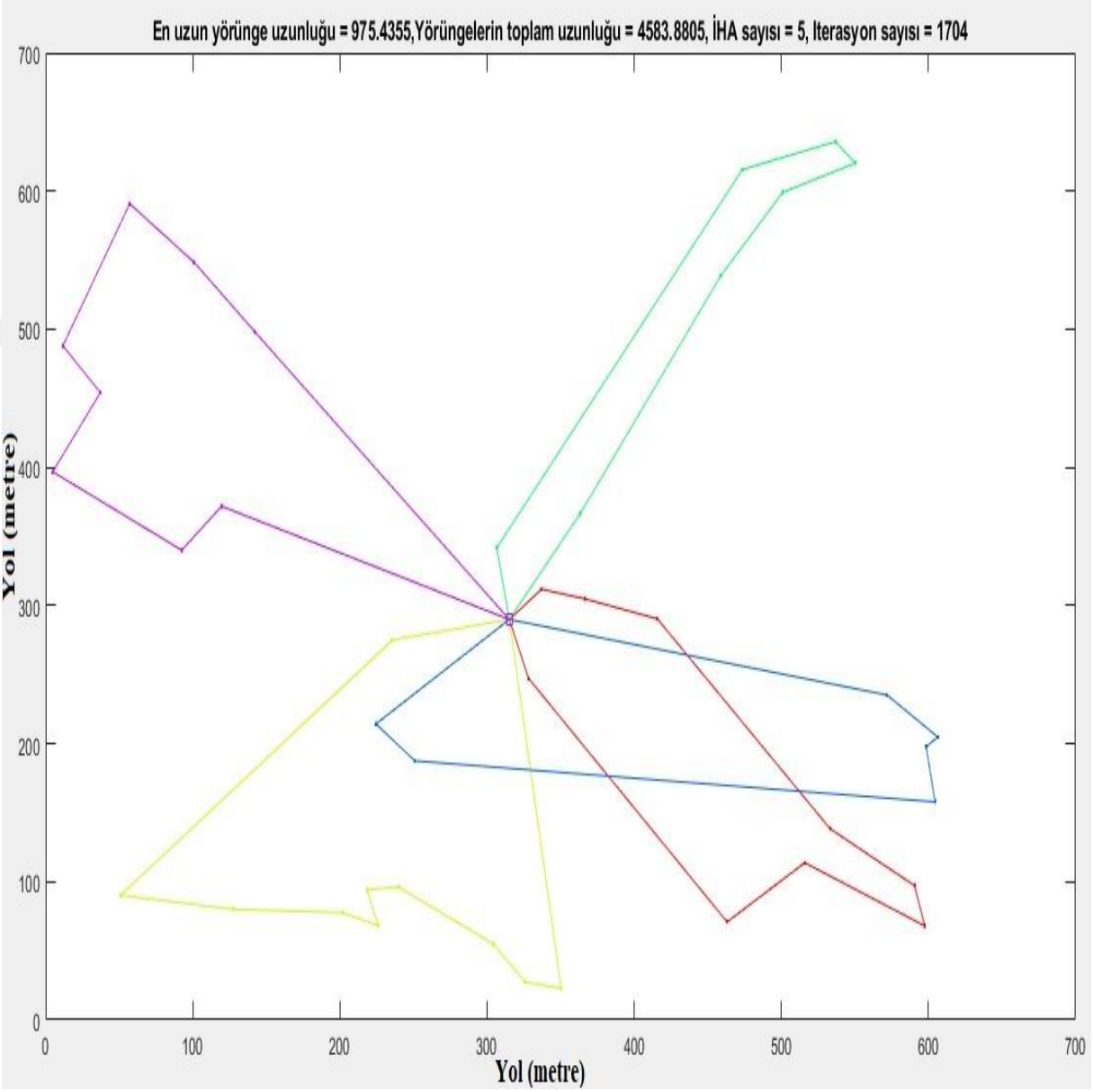
Şekil 5 . 8. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 48, çaprazlama oranı:0.9 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.9.'de ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 80, pmx çaprazlama oranı 0.1 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 972,1051 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 4.537,5767 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 5 olarak saptanmıştır.



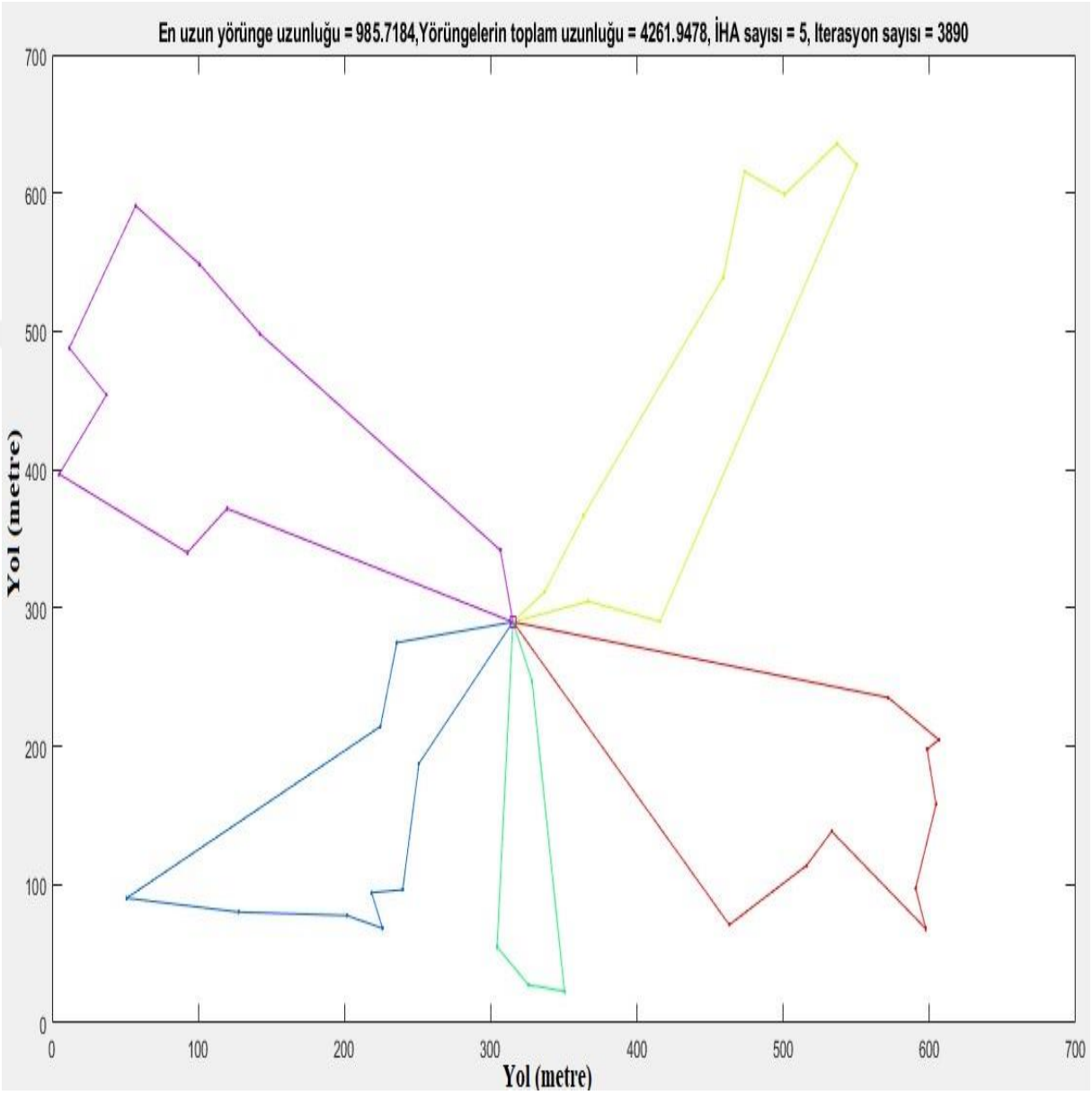
Şekil 5 . 9. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 80, çaprazlama oranı:0.1 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.10.'de ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 80, pmx çaprazlama oranı 0.5 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 975,4355 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 4.583,8805 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 5 olarak saptanmıştır.



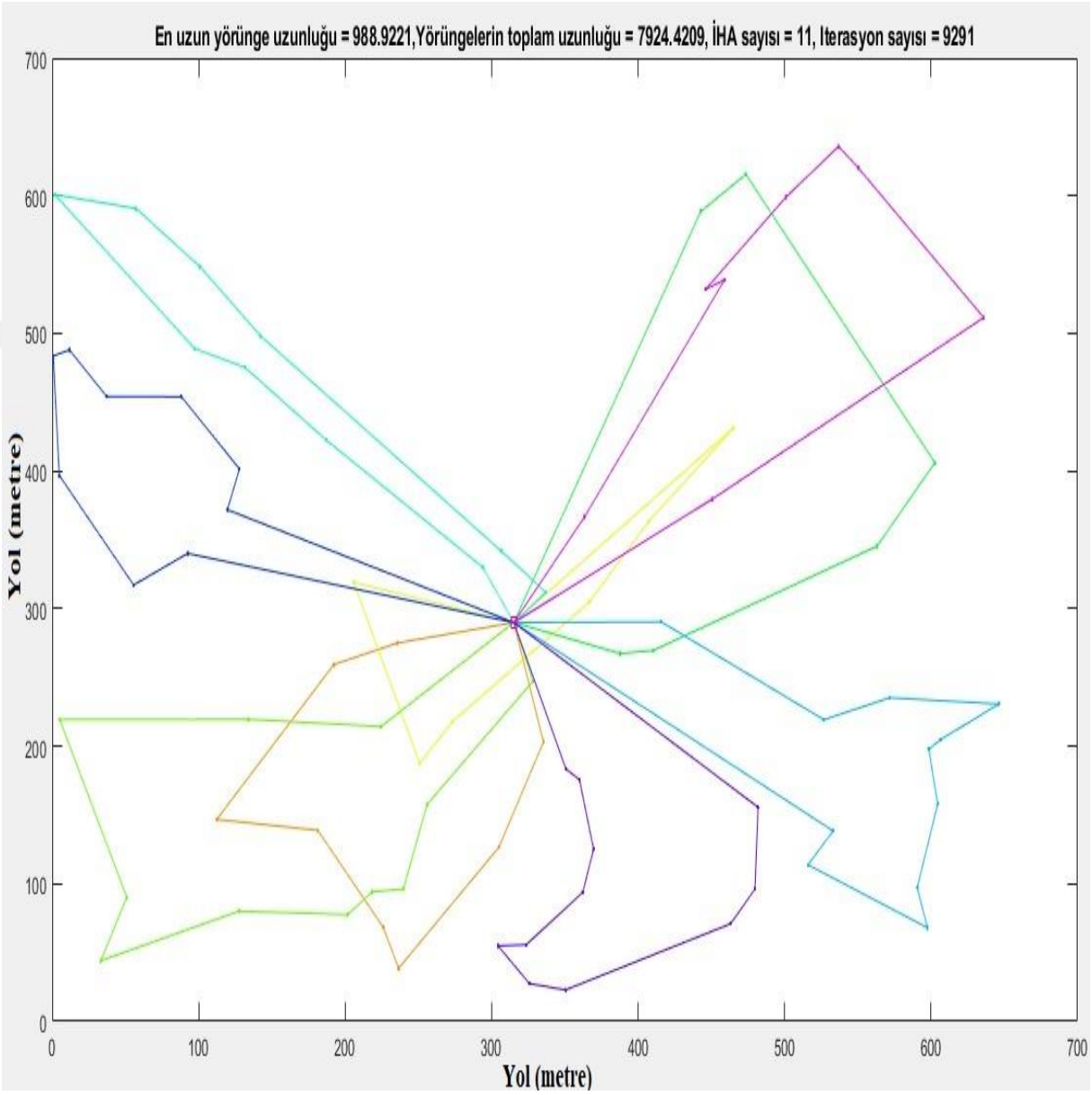
Şekil 5 . 10. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 80, çaprazlama oranı:0.5 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.11.'da ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 80, pmx çaprazlama oranı 0.9 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 985,7184 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 4.261,9478 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 5 olarak saptanmıştır.



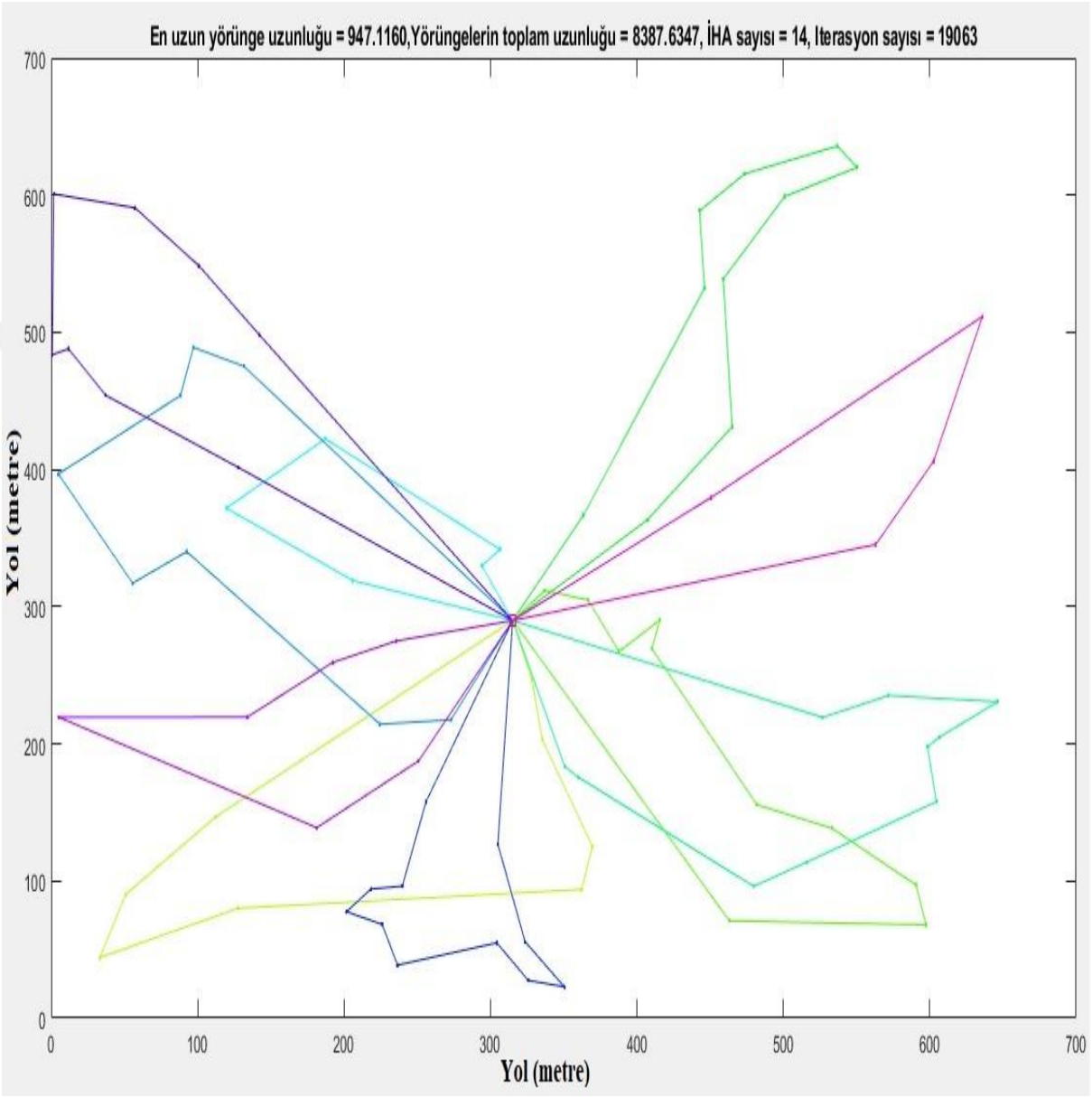
Şekil 5 . 11. Ziyaret noktası 40, popülasyon büyüklüğü 80, çaprazlama oranı:0.9 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.12.'da ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 16, pmx çaprazlama oranı 0.1 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 988,9221 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 7.924,4209 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 11 olarak saptanmıştır.



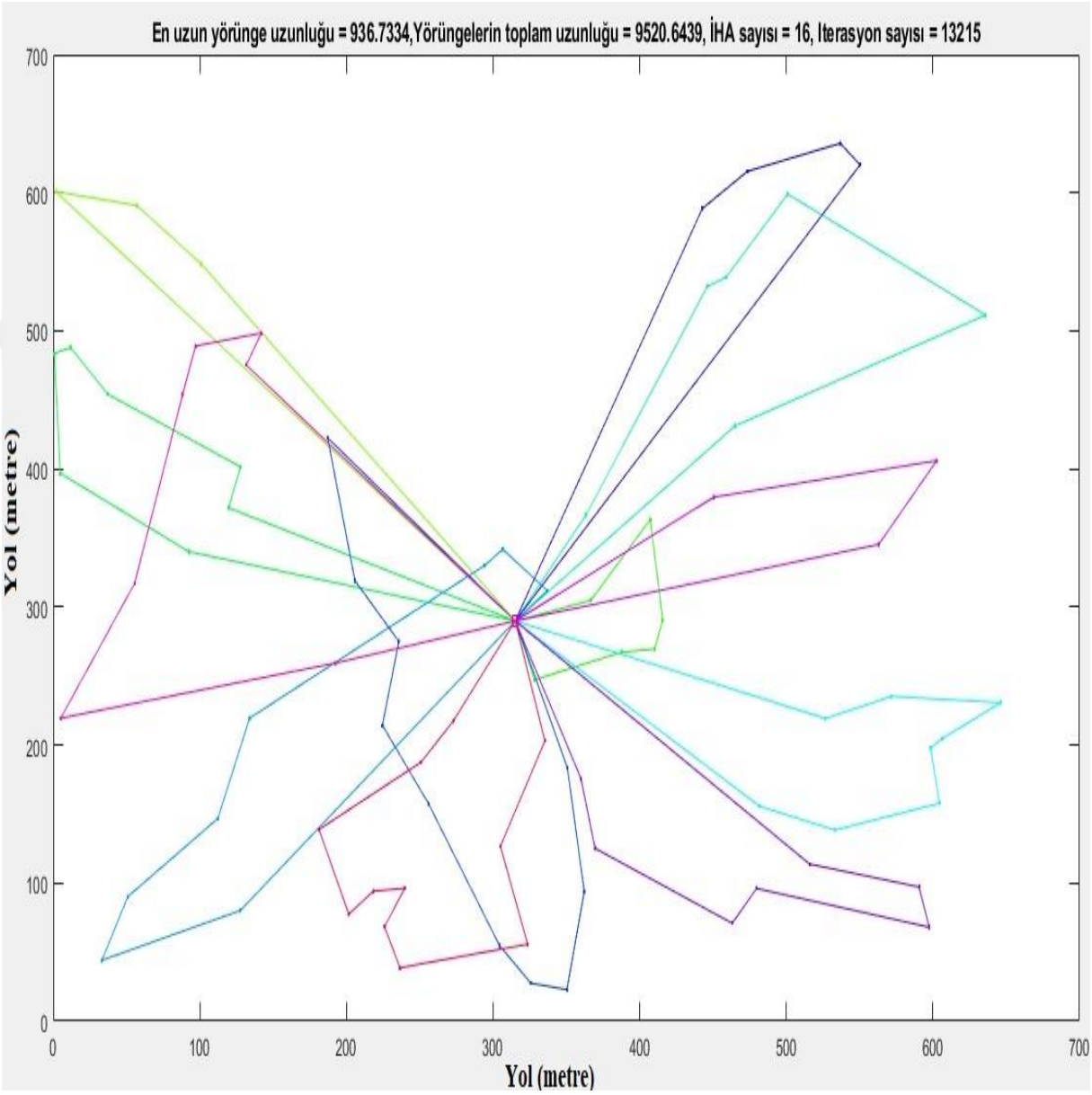
Şekil 5 . 12. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 16, çaprazlama oranı:0.1 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.13.'de ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 16, pmx çaprazlama oranı 0.5 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 947,1160 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 8.387,6347 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 14 olarak saptanmıştır.



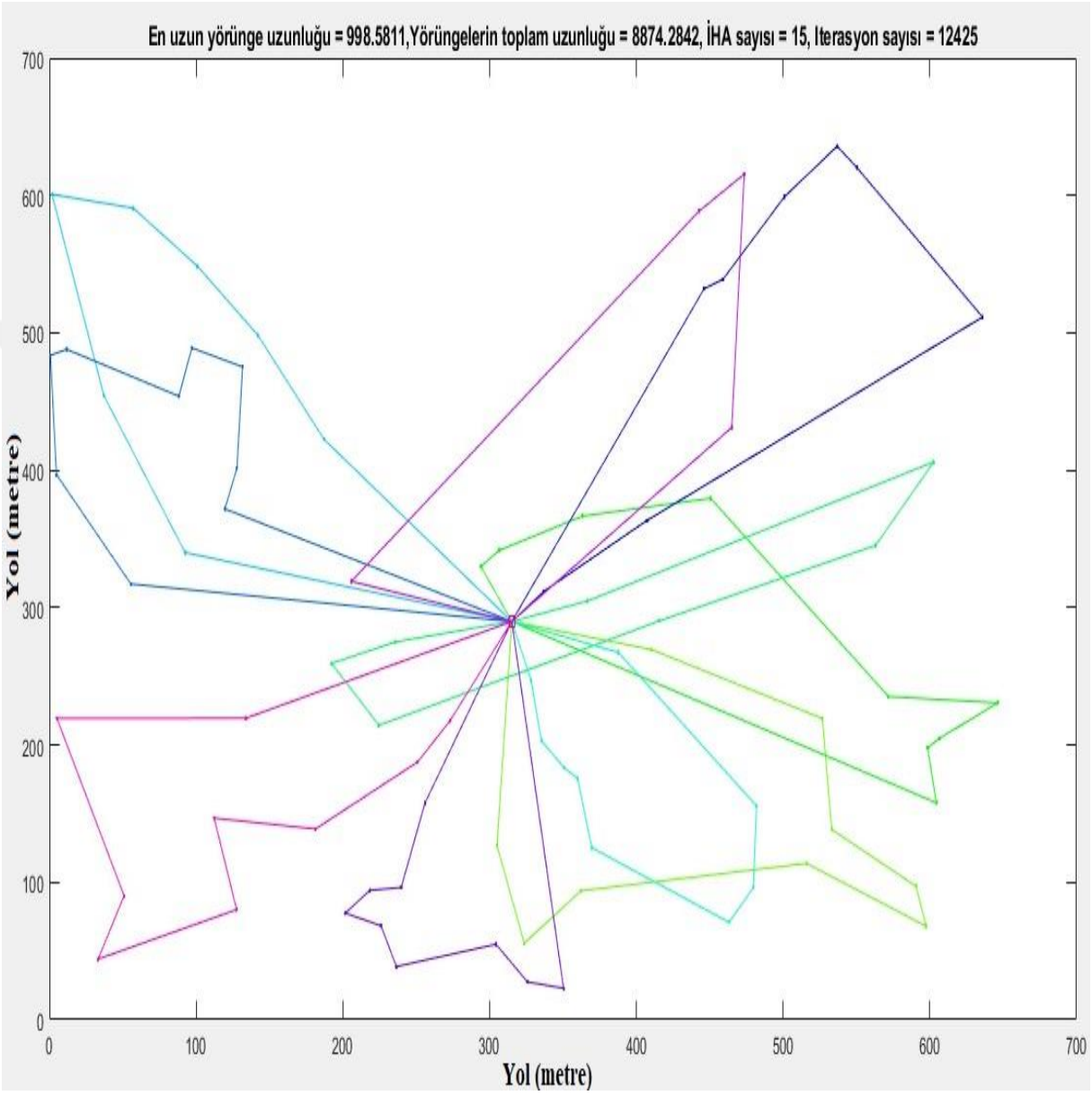
Şekil 5 . 13. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 16, çaprazlama oranı:0.5 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.14.'de ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 16, pmx çaprazlama oranı 0.9 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 936,7334 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 9.520,6439 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 16 olarak saptanmıştır.



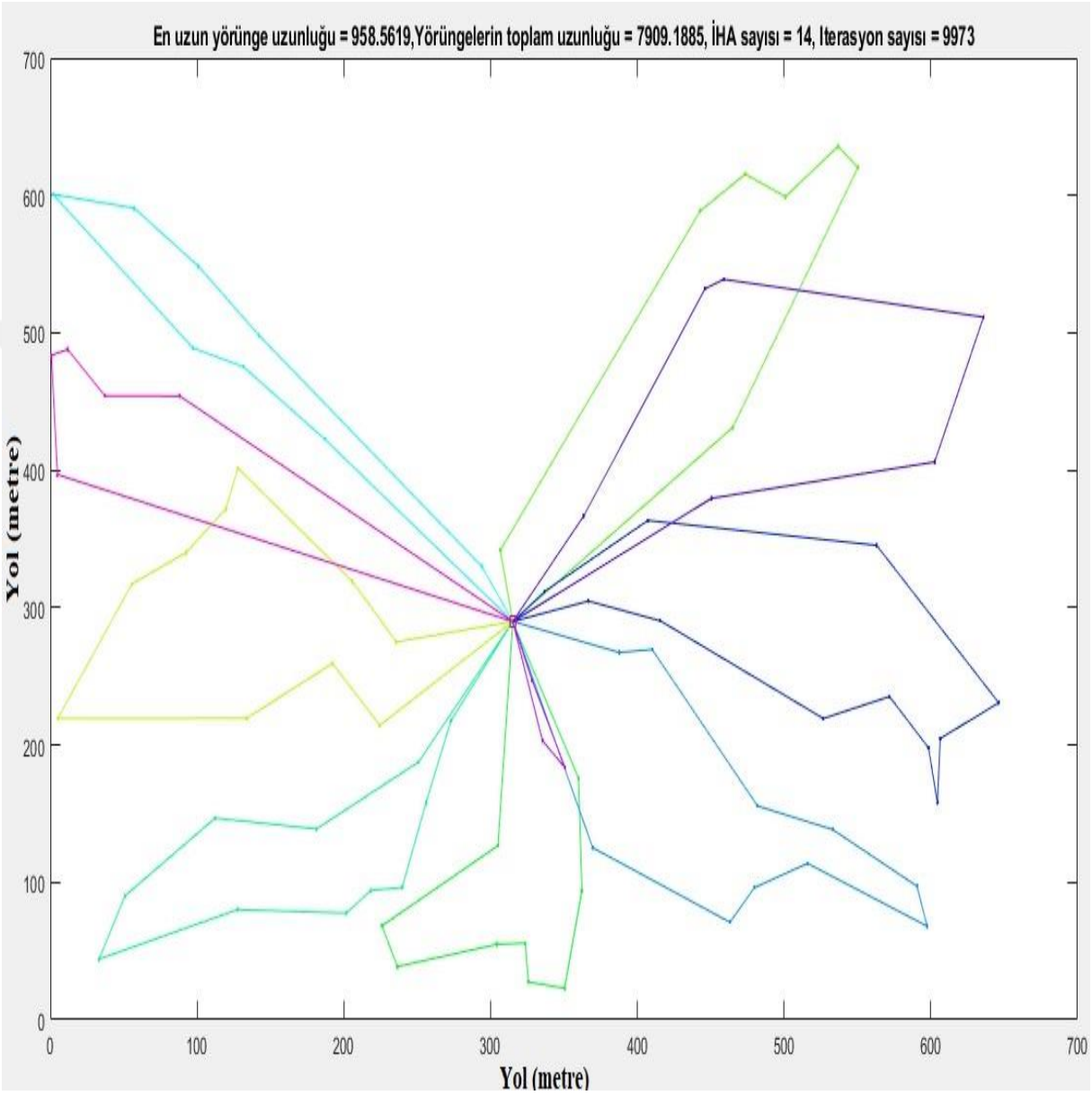
Şekil 5 . 14. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 16, çaprazlama oranı:0.9 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.15.'de ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 48, pmx çaprazlama oranı 0.1 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 998,5811 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 8.874,2842 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 15 olarak saptanmıştır.



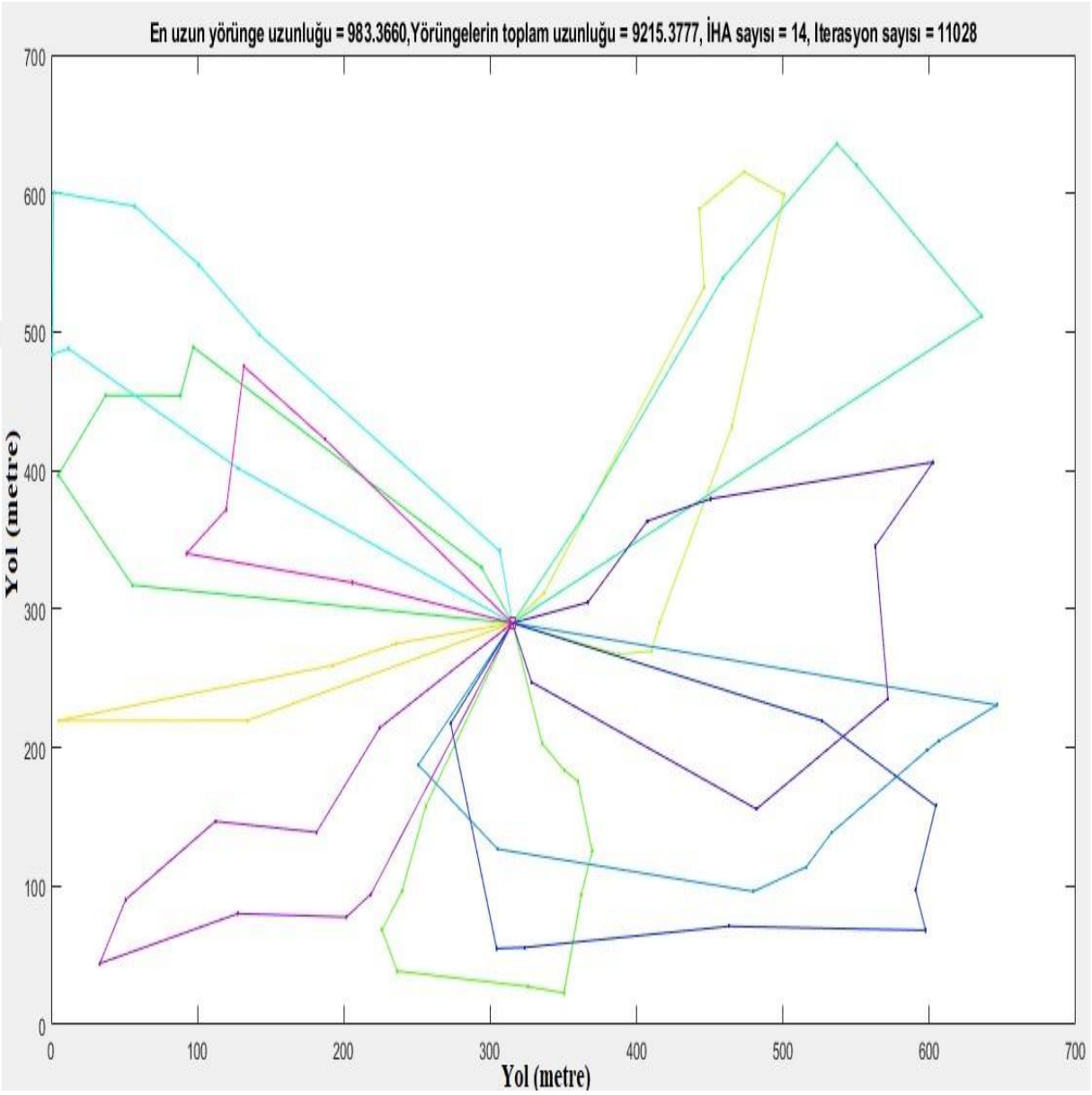
Şekil 5 . 15. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 48, çaprazlama oranı:0.1 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.16.'de ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 48, pmx çaprazlama oranı 0.5 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 958,5619 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 7.909,1885 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 14 olarak saptanmıştır.



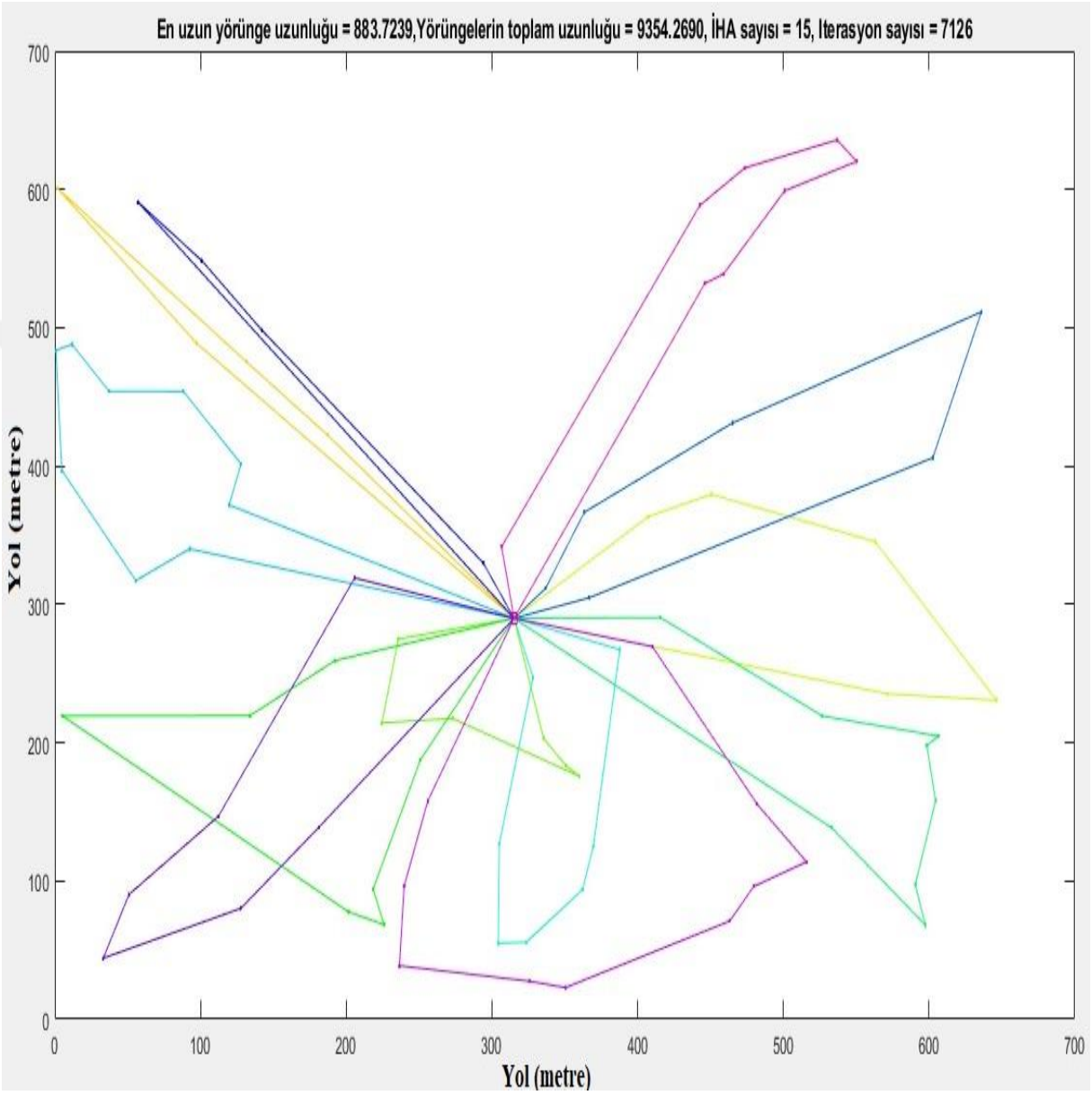
Şekil 5 . 16. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 48, çaprazlama oranı:0.5 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.17.'de ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 48, pmx çaprazlama oranı 0.9 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 983,3660 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 9.215,3777 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 14 olarak saptanmıştır.



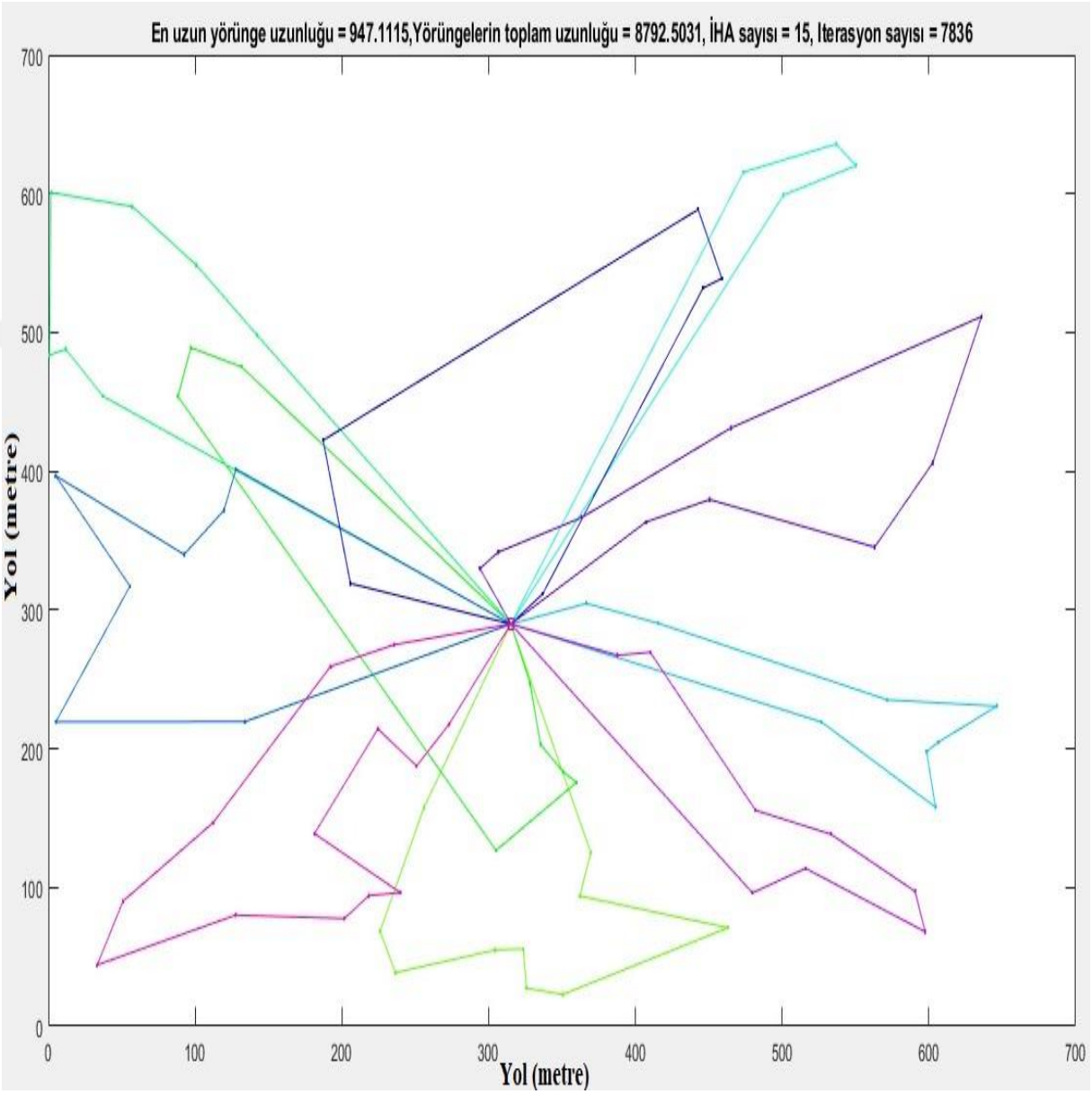
Şekil 5 . 17. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 48, çaprazlama oranı:0.9 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.18.'da ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 80, pmx çaprazlama oranı 0.1 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 883,7239 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 9.354,2690 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 15 olarak saptanmıştır.



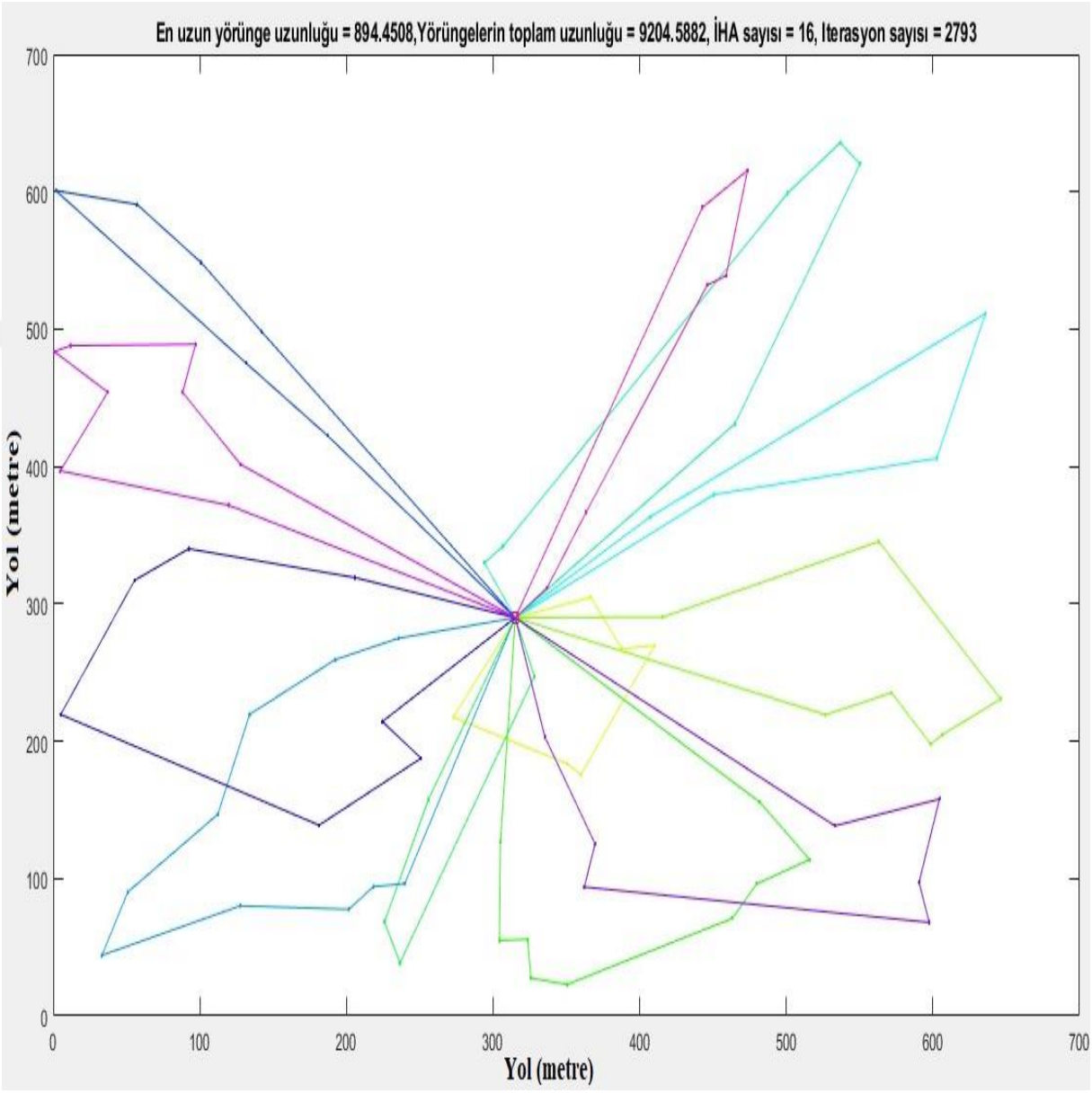
Şekil 5 . 18. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 80, çaprazlama oranı:0.1 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.19.'de ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 80, pmx çaprazlama oranı 0.5 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 947,1115 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 8.792,5031 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 15 olarak saptanmıştır.



Şekil 5 . 19. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 80, çaprazlama oranı:0.5 olması durumundaki İHA yörüngeleri

Şekil 5.20.'de ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 80, pmx çaprazlama oranı 0.9 olması durumunda elde edilen İHA yörüngeleri görülmektedir. Bu durumda, en uzun yörünge uzunluğu 894,4508 metre, yörüngelerin toplam uzunluğu 9.204,5882 metre olarak elde edilmiştir. Kullanılması gereken İHA sayısı 16 olarak saptanmıştır.



Şekil 5 . 20. Ziyaret noktası 80, popülasyon büyüklüğü 80, çaprazlama oranı:0.9 olması durumundaki İHA yörüngeleri

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında havada gözlem faaliyetleri için gerekli optimum insansız hava araçları sayısını hesaplamak için Matlab ortamında genetik algoritma yöntemine dayalı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Optimum İHA sayısının hesaplanması için öncelikle İHA'lar için dengeli yörüngeler oluşturulması amaçlanmıştır. İHA yörüngelerini hesaplamak için kapalı uçlu araç rotalama problemi kullanılmıştır. Bu çalışmada kapalı uçlu araç rotalama kullanılmasının sebebi senaryolanan araç rotalama problemine göre yörüngelerin tek bir depoda başlayıp tek bir depoda bitmesidir. İHA yörüngeleri faaliyetlerini gerçekleştirmek üzere belirlenen depodan başlamakta ve aynı depoda bitmektedir.

Senaryolanan araç rotalama problemine genetik algoritma ile çözüm aranmıştır. Genetik algoritma ile çözüm aranmasının sebebi ARP'nin çözümüne uygun olması ve diğer birçok sezgisel algoritmanın temeli olan yapısının kolay anlaşılır ve basit olmasıdır. Genetik algoritma parametrelerinden olan çaprazlama için kısmi planlı çaprazlama seçilmiştir. Kısmi planlı çaprazlama oranı kural gereği 0 ile 1 arasında seçilmelidir. Bu çalışmada kısmi planlı çaprazlama oranı rassal olarak 0.1, 0.5, 0.9 olarak belirlenmiştir. Popülasyon büyüklüğü parametresi için ise 16, 48 ve 80 değerleri rassal olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada genetik algoritma parametrelerinden olan mutasyon için yer değiştirme, kaydırma ve ters çevirme yöntemleri kullanılmıştır. Seçim kriterlerinden seçkinlik yöntemi kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında çaprazlama oranı ve popülasyon büyüklüğü giriş parametreleri değiştirilerek GA ile kapalı uçlu ARP çözülmüş ve iterasyon sayısı, toplam yörünge uzunluğu, en uzun yörünge uzunluğu ve gerekli İHA sayısı şeklinde çıkış parametreleri elde edilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında yürütülen deneylerde kullanılmak üzere öncelikle İHA'nın enerji tüketim değeri hesaplanmıştır. Üzerinde 2200 mAh'lik batarya takılı olan İHA yatay doğrultuda 4 m/sn hızla hareket ettirilmiştir. Bu durumunda 1 sn'de bataryasının yaklaşık olarak %0,38'ini tükettiği tespit edilmiştir. İHA'nın yatay doğrultuda 1 metre hareket edebilmesi için bataryasının yaklaşık olarak %0,095'ini tükettiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak İHA üzerinde 2200 mAh'lik batarya takılı iken yaklaşık 1052 metre yol alabileceği sonucuna varılmıştır. Deneylerde kullanılmak üzere bu değer 1000 metre olarak belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasındaki amaç fonksiyonunu oluşturmak için literatürde var olan iki amaç fonksiyonu birleştirilerek tek bir amaç fonksiyonu şeklinde yeniden oluşturulmuştur. Denklem 1.'de oluşturulan amaç fonksiyonu görülmektedir. Amaç fonksiyonu Toplam_maliyet = a*euy+b*ytu şeklindedir. Denklem 1.'de 'euy' en uzun yörünge uzunluğunu, 'ytu' yörüngelerin toplam uzunluğunu vermektedir. En uzun yörünge uzunluğunun katsayısını a, yörüngelerin toplam uzunluğunun katsayısını b değeri vermektedir.

Denklem 1.'deki amaç fonksiyonunda kullanılan a ve b katsayıları optimum sonuçlar elde etmek için deneylerle tespit edilmiştir. a ve b katsayıları ayrı ayrı 1 ile 10 arasında seçilerek 100 adet deney yapılmıştır. Tablo 5.1'de deney verileri yer almaktadır. Amaç fonksiyonundaki a ve b katsayıları Tablo 5.1.'de yapılan deney verileri ile saptanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken kriter en uzun yörünge uzunluğunun en az olmasıdır. En uzun yörünge uzunluğunun en az seçilme sebebi Denklem 1.'deki Toplam_maliyet'in en az değerde elde edilmesini sağlamaktır. Tablo 5.1'e göre en uzun yörünge uzunluğu: 863,8181 , toplam yörünge uzunluğu: 4.937,84 , iterasyon sayısı: 5029, İHA sayısı: 6 değerlerini dikkate alınarak a katsayısı 10, b katsayısı 4 olarak tespit edilmiştir. En iyi sonucu veren amaç fonksiyonunu belirlemek için denemelerde bulunulması gerektiği tespit edilmiştir.

Denklem 1'deki a katsayısı 10, b katsayısı 4, popülasyon büyüklüğü sırasıyla 16, 48, 80 ve pmx çaprazlama oranı ise sırasıyla 0.1, 0.5, 0.9 ve ziyaret noktası sayısı sırasıyla 40 ve 80 seçilerek Tablo 5.2 ve Tablo 5.3'deki deneyler gerçekleştirilmiştir.

40 ziyaret noktası için yapılan ve Tablo 5. 2.'de yer alan 9 deneyde yola çıkarak aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1. Popülasyon sayısı artıyorken, çaprazlama oranı sabit iken iterasyon sayısının azaldığı tespit edilmiştir. Bunun sonucunda senaryolanan problemde çözüm süresi önemli bir kriter ise popülasyon sayısının arttırılması gerektiği tespit edilmiştir.

2. Popülasyon sayısı artıyorken, çaprazlama oranı sabit iken en uzun yörüngenin uzunluğunda değişim olmadığı tespit edilmiştir.

3. Popülasyon sayısı artıyorken, çaprazlama oranı sabit iken toplam yörünge uzunluğunun değişim olmadığı tespit edilmiştir.

4. Popülasyon sayısı artıyorken, çaprazlama oranı sabit iken hesaplanan İHA sayısında değişim olmadığı tespit edilmiştir.

5. Popülasyon sayısı sabitken, çaprazlama oranı artıyorken iterasyon sayısının arttığı tespit edilmiştir.

6. Popülasyon sayısı sabitken, çaprazlama oranı artıyorken en uzun yörünge uzunluğunun arttığı tespit edilmiştir.

7. Popülasyon sayısı sabitken, çaprazlama oranı artıyorken toplam yörünge uzunluğunda değişim olmadığı tespit edilmiştir.

8. Popülasyon sayısı sabitken, çaprazlama oranı artıyorken hesaplanan İHA sayısında değişim olmadığı tespit edilmiştir.

80 ziyaret noktası için yapılan ve Tablo 5. 3.'te yer alan 9 deneyden yola çıkarak aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1. Popülasyon sayısı artarken, çaprazlama oranı sabit iken iterasyon sayısının azaldığı tespit edilmiştir. Bunun sonucunda senaryolanan problemde çözüm süresi önemli bir kriter ise popülasyon sayısının arttırılması gerektiği tespit edilmiştir.

2. Popülasyon sayısı artıyorken, çaprazlama oranı sabit iken en uzun yörüngenin uzunluğunda değişim olmadığı tespit edilmiştir.

3. Popülasyon sayısı artıyorken, çaprazlama oranı sabit iken toplam yörünge uzunluğunda değişim olmadığı tespit edilmiştir.

4. Popülasyon sayısı artıyorken, çaprazlama oranı sabit iken İHA sayısının arttığı tespit edilmiştir.

5. Popülasyon sayısı sabitken, çaprazlama oranı artıyorken iterasyon sayısında değişim olmadığı tespit edilmiştir.

6. Popülasyon sayısı sabitken, çaprazlama oranı artıyorken en uzun yörünge uzunluğunun arttığı tespit edilmiştir.

7. Popülasyon sayısı sabitken, çaprazlama oranı artıyorken toplam yörünge uzunluğunda değişim olmadığı tespit edilmiştir.

8. Popülasyon sayısı sabitken, çaprazlama oranı artıyorken İHA sayısının arttığı tespit edilmiştir.

40 ziyaret noktası ve 80 ziyaret noktası için yapılan çalışmalar karşılaştırıldıklarında;

1. 40 ziyaret noktası ve 80 ziyaret noktası için popülasyon sayısı artıyor, çaprazlama oranı sabit kalıyor iken her iki ziyaret noktası sayısı için de iterasyon sayısının azaldığı tespit edilmiştir. Bunun sonucunda senaryolanan problemde çözüm süresi önemli bir kriter ise popülasyon sayısının arttırılması gerektiği tespit edilmiştir.

2. 40 ziyaret noktası ve 80 ziyaret noktası için popülasyon sayısı artıyor, çaprazlama oranı sabit kalıyor iken her iki ziyaret noktası sayısı için de en uzun yörünge uzunluğunda değişim olmadığı tespit edilmiştir.

3. 40 ziyaret noktası ve 80 ziyaret noktası için popülasyon sayısı artıyor, çaprazlama oranı sabit kalıyor iken her iki ziyaret noktası sayısı için de toplam yörünge uzunluğunda değişim olmadığı tespit edilmiştir.

4. 40 ziyaret noktası için popülasyon sayısı artıyor, çaprazlama oranı sabit kalıyor iken İHA sayısının sabit kaldığı görülürken 80 ziyaret noktası için ise İHA sayısının arttığı tespit edilmiştir.

5. 40 ziyaret noktası için popülasyon sayısı sabit, çaprazlama oranı artıyorken iterasyon sayısının arttığı görülürken 80 ziyaret noktası için ise iterasyon sayısında değişim olmadığı tespit edilmiştir.

6. 40 ziyaret noktası ve 80 ziyaret noktası için popülasyon sayısı sabitken, çaprazlama oranı artıyor iken her iki ziyaret noktası sayısı için de en uzun yörünge uzunluğunun arttığı tespit edilmiştir.

7. 40 ziyaret noktası ve 80 ziyaret noktası için popülasyon sayısı sabitken, çaprazlama oranı artıyor iken her iki ziyaret noktası sayısı için de toplam yörünge uzunluğunda değişim olmadığı tespit edilmiştir.

8. 40 ziyaret noktası için popülasyon sayısı sabitken, çaprazlama oranı artıyorken İHA sayısının sabit kaldığı görülürken 80 ziyaret noktası için ise İHA sayısının arttığı tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında gözlem faaliyeti yapmak üzere bir bölgede gerekli insansız hava araçlarının optimum sayısı hesaplanmıştır. Optimum sayıda insansız hava aracının hesaplanması sonucunda bir bölgedeki gözlem faaliyeti yapmak üzere gerekli maliyet düşecek, insansız araçların kontrol ve takibi kolaylaşacaktır. Araç sayısı gerekli en az sayıda belirlendiği için insansız araçlardan aktarılacak görüntüleri izleyecek personel sayısı da en az sayıda olacaktır bu durum da maliyeti düşürecektir.

Bu tez çalışmasının literatürdeki çalışmalardan farkı olarak sadece yol planlaması yapan bir algoritma içermemesi aynı zamanda genetik algoritmalar metoduyla gerekli İHA sayısının tespit edildiği bir çalışma olmasıdır. Genetik algoritma metodu araç rotalama problemlerinin çözümünde oldukça iyi sonuçlar sunmaktadır. Genetik algoritma en kısa sürede en optimum sonucu bulmayı hedeflemektedir. Zamanın kısa olması araç rotalama problemlerinde oldukça önemli bir kriterdir. Tez kapsamında genetik algoritma yöntemindeki çaprazlama oranı ve popülasyon büyüklüğü parametreleri değiştirilerek en az sürede, en doğru çözüme ulaşan bir algoritma geliştirilmiştir ve bir bölgede havadan gözlem yapmak için gerekli optimum İHA sayısı tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında genetik algoritmalar yönteminde denenen popülasyon büyüklüğü ve çaprazlama oranı değerlerinin sonuçlarda değişikliklere sebep olduğu tespit edilmiştir. Hesaplanan İHA sayısının farklı giriş parametre değerlerine göre farklı çıkıyor olması havadan gözlem faaliyeti yürütme görevi için gerekli maliyetin de oldukça değişebileceğini göstermiştir. Genetik algoritma yönteminde seçme kriterinde, çaprazlama yönteminde, mutasyon tiplerinde değişikliğe gidilmesi sonucunda da çıkış parametrelerinde değişim olması muhtemeldir.

KAYNAKLAR

1. Kivelevitch, E., Sharma, B., Ernest, N., Kumar, M., Cohen, K. A Market Based Solution to the Multiple Traveling Salesmen Problem. Journal of Intelligent Robotic Systems. 2013, 72, 21–40.
2. Xu, L., Xu Z. and Xu D. Exact and approximation algorithms for the min-max k-traveling salesmen problem on a tree. European Journal of Operational Research. 2013, 227, 284–292.
3. Koç, Ç. Zaman Bağlı Araç Rotalama Problemi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği, Konya, 2012, 52. (Yüksek Lisans Tezi).
4. O. Zorlu. Routing Unmanned Aerial Vehicles As Adapting to capacitated vehicle Routing Problem with Genetic Algorithms. 2015 7th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST), 17 August, 2015, İstanbul (Bildiri Özetleri Kitabı, 675-679.)
5. Kiremitci, B., Kiremitci, S., Keskintürk, T. Zaman Pencereli Çok Araçlı Dağıtım Toplamalı Rotalama Problemi için Gerçek Değerli Genetik Algoritma Yaklaşımı. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi. 2014, 43(2), 391-403.
6. Kılıç, S., Kahraman, C. Bulanık Karar Ortamında Karınca Kolonisi Optimizasyonu Yöntemiyle Araç Rotalama. İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi. 2009, 8(4), 160-172.
7. Keçeci, B., Altıparmak, F., Kara, İ. Heterojen Eş-Zamanlı Topla-Dağıt Araç Rotalama Problemi: Matematiksel Modeller ve Sezgisel Bir Algoritma. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. 2015, 30(2), 185-195.
8. Çetin, S., Gencer, C. Kesin Zaman Pencereli – Eş Zamanlı Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemi: Matematiksel Model. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. 2010, 25(3), 579-585.
9. Çolak, S., Güler, H. Dağıtım Rotaları Optimizasyonu İçin Meta Sezgisel Bir Yaklaşım. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 2009, 11(2), 171-190.
10. Şahin, Y., Eroğlu, A. Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi için Metasezgisel Yöntemler: Bilimsel Yazın Taraması. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 2014, 19(4), 337-355.
11. Pakkan, B., Ermiş, M. İnsansız Hava Araçlarının Genetik Algoritma Yöntemiyle Çoklu Hedeflerle Planlanması. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi. 2010, 4(3), 77-84.
12. Borčinová, Z. Solving the Capacitated Vehicle Routing Problem Using a Parallel Micro Genetic Algorithm. 2018 IEEE Workshop on Complexity in Engineering (COMPENG), 10-12 October, 2018, Florence (Bildiri Özetleri Kitabı, 1-6.)
13. Hezer, S., Kara, Y. Eşzamanlı Dağıtımlı ve Toplamalı Araç Rotalama Problemlerinin Çözümü için Bakteriyel Besin Arama Optimizasyonu Tabanlı Bir Algoritma. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. 2013, 28(2), 373-382.
14. Amil, V., Kahraman, Ü.O. Rotalama Yerleştirme Problemine Sezgisel Yaklaşım. Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi. 2019, 21(1), 108-119.
15. Tapkan, P., Özbakır, L., Baykasoğlu, A. Arı Algoritması ve Genelleştirilmiş Atama Problemi: Farklı Komşuluk Yapılarının Karşılaştırılması. Endüstri Mühendisliği Dergisi. 2010, 21(2), 2-13.

16. Göçken, T., Yaktubay, M., Kılıç, F. Zaman Pencereli Araç Rotalama Problemi Çözümü İçin Çok Amaçlı Genetik Algoritma Yaklaşımı. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 2018, 6(4), 774-786.
17. Bustos Coral, D., Oliveira Santos, M., Toledo, C., & Fernando Nino, L. Clustering-Based Search in a Memetic Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time Windows. 2018 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), Evolutionary Computation (CEC), 2018 IEEE Congress On, 1–8 July, 2018, Rio de Janeiro, Brazil. https://doi.org/10.1109/CEC.2018.8477710
18. Aggarwal, D., Kumar, V. An Improved Firefly Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time Windows. 2018 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics *(ICACCI*) 19-22 September, 2018, Bangalore(Bildiri Özetleri Kitabı, 222-229.)
19. Çebi, S., Yıldırım, B. Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi İçin Sezgisel Yöntemler: E-Ticaret Tedarikçilerine Yönelik Bir Uygulama. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi. 2020, (), 185-206.
20. Ercan Cömert, S., Yazgan, H. R., Çakır, B., Sarı, N. Esnek Zaman Pencereli Araç Rotalama Probleminin Çözümü İçin Önce Kümele-Sonra Rotala Temelli Bir Yöntem Önerisi; Bir Süpermarket Örneği. Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi. 2020, 8 (1), 18-31.
21. Özalp, M., Alp, S. Uygun Dağıtım Rotası Belirlenmesi Probleminde Hibrit Sezgisel Bir Yöntem Önerisi: Bir Kargo Firması Örneği. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi. 2020, 3 (1), 59-70.
22. Elmas, Ç. Yapay Zeka Uygulamaları. Sözkesen Matbaacılık Tic. Ltd. Şti./ Seçkin Yayıncılık, Ankara, Türkiye, 2016, 448.
23. Er, H., R. Gezgin Satıcı Probleminin Hadoop Üzerinde Çalışan Paralel Genetik Algoritma ile Çözümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul, 2013, 59. (Yüksek Lisans Tezi).
24. Çaşka, S and Gayretli, A. An Algorithm for Collaborative Patrolling Systems with Unmanned Air Vehicles and Unmanned Ground Vehicles. 7th International Conference on Recent Advances in Space Technologies-RAST2015, 16-19 Haziran, İstanbul, (Bildiri Özetleri Kitabı, 660-663.)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İkbal ÖZDEMİR

Doğum Yeri ve Yılı : İzmir, 1995

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : 181200001@ogr.cbu.edu.tr

Eğitim Durumu

Lise : İzmir Konak Hürriyet Anadolu Lisesi, 2009

Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, 2018

Yüksek Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü, 2019-(halen)

Mesleki Deneyim

CMS Jant ve Makina SAN. A.Ş. 2017-2017

İnnolife Mekatronik Mühendislik ve Danışmanlık 2018-2018

Yayınları

Çaşka, S , Gök, K , Aydın, M , Özdemir, İ. FINITE ELEMENT METHOD BASED STRUCTURAL ANALYSIS OF QUADCOPTER UAV CHASSIS PRODUCED WITH 3D PRINTER. Journal of Science and Technology of Dumlupınar University. 2020, (044) , 24-32 .