

GEMİYE KONUŞLU İNSANSIZ HAVA ARACININ HEDEFLERE ROTALANMASININ OPTİMİZASYONU

Halil SAVURAN^(a), Hamdi DEMİREL^(b), Murat KARAKAYA^(c)

^(a) Atılım Üniversitesi, Yazılım Müh. Böl., Ankara, halil.savuran@atilim.edu.tr

^(b) Atılım Üniversitesi, Yazılım Müh. Böl., Ankara, hamdi.demirel@atilim.edu.tr

^(c) Yrd.Doç. Dr., Atılım Üniversitesi, Bilg. Müh. Böl., Ankara, kmkarakaya@atilim.edu.tr

ÖZET

Savunma maksatlı kullanımı genişlemeye devam etmekte olan insansız hava araçları (İHA) hâlihazırda çoğunlukla yer hedeflerini keşif maksatlı kullanılmaktadır. Bu tip görevlerde İHA'lar havada kalış sürelerinin yüksek olması sayesinde coğrafi olarak dağınık pek çok hedefe planlanabilmekte ve bu hedeflerin hangi sırayla ziyaret edileceği görev etkinliği ve verimlilik açısından önemli olmaktadır. İHA sistemlerinin sunduğu yapısal seçenekler ve devam eden tedarik projeleri göz önüne alındığında, bu sistemlerin gemi üzerinde konuşlandırılarak kullanımının yakın zamanda artacağı öngörülmektedir. Bu çalışmada denizde seyir halindeki bir platform üzerinden kalkış yapacak bir İHA'nın, coğrafi olarak dağınık durumdaki adalarda bulunan çoklu hedeflere keşif görevinin rota planlama optimizasyonu hedeflenmiştir. Söz konusu optimizasyon İHA'nın hareket halindeki platformdan iniş ve kalkış koordinatlarının seçimini de kapsamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Genetik Algoritma, 2-Opt, Gemiye Konuşlu İnsansız Hava Araçları, Dinamik Rota Optimizasyonu

ABSTRACT

Unmanned Air Vehicles, whose defensive usage keeps on expanding, for the time being are mostly used for the purpose of reconnaissance of ground targets. Due to their higher endurance, UAVs are able to be tasked on geographically dispersed multiple ground targets where the order in which these targets will be covered turns significant in terms of mission effectiveness and efficiency. Considering the structural options UAVs provide and the ongoing acquisition projects, it is assumed that the utilization of carrier platforms to augment the effectiveness of these vehicles will gain wider use. In this study, a route optimization for a UAV, which will perform a reconnaissance mission on multiple ground targets that were dispersed over a geographical area was intended. The optimization covers the take-off and landing point determination of the UAV also.

Key Words: Genetic Algorithm, 2-Opt, Carrier Hosted Unmanned Aerial Vehicles, Dynamic Routing Optimization

1 GİRİŞ

GİHA olarak adlandırılan gemiye konuşlu İHA sistemlerinin suüstü keşif, tespit ve teşhis görevlerinde kullanımının yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Nitekim bu yönde devam etmekte olan tedarik projeleri bulunmaktadır [1]. Bu çalışmada, bir GİHA'nın seyir halindeki gemi üzerinden kalkış, iniş ve rota planlamasının optimizasyonu ele alınmıştır.

Araç Rota Planlama problemlerinin temelinde, 1930'larda formüle edilen Gezgin Satıcı Problemi – Traveling Salesman Problem (TSP) bulunmaktadır [2]. Bu problem genel olarak, n sayıda farklı şehri gezmesi gereken bir satıcının, her şehri mutlaka ve sadece bir kez ziyaret etmek ve turu tamamlamak için başladığı noktaya dönmek koşullarıyla toplam mesafeyi en aza indirecek şekilde gezme rotasının planlanması olarak tanımlanır [3]. Bu problemin farklı kısıtları dikkate almak üzere düzenlenen pek çok türevi bulunmaktadır [4]. Problem çözümü $n!$ sayıda farklı seçeneği içerdiğinden, probleme eklenecek yeni bir şehir çözüm uzayını ve bunun paralelinde ihtiyaç duyulan işlem sayısını üssel olarak arttırabilmekte ve bu nedenle bu tip problemler NP-Tam problem olarak tanımlanmaktadır [5]. Bu durum konuyu GA'nın da aralarında bulunduğu sezgisel çözümlene yöntemleri açısından çekici hale getirmiştir [3].

Çalışma konusu problemde; GİHA gezgin satıcıyla; ziyaret edilecek hedefler şehirlerle ve seyir halindeki gemi başlangıç ve bitiş noktalarıyla benzetilebilir. Geminin seyir halinde olması kalkış ve iniş noktalarının zamana bağlı olarak değişken olmasına yol açmaktadır. Bu durumun rota planlama problemine kattığı kısıtlar da dikkate alınarak problemin optimum çözümü için GA yordamları, 2-Opt yerel optimizasyon yöntemi ve iteratif yöntemler tümleşik kullanılmış ve önerilen yöntemin başarısı benzetim testleri ile gözlemlenmiştir.

2 TEORİ

Çalışmada kullanılan GA ve 2-Opt yöntemleri aşağıda özetlenmiştir.

2.1 GA Teorisi

1975 yılında John Holland tarafından formüle edildiği kabul edilen [6] GA, temelinde yaşadığı ortama en uyumlu olanların hayatta kaldığı varsayımının bulunduğu Evrim Teorisinden esinlenen sezgisel bir optimizasyon yöntemidir.

Bir problemin aday çözümleri alt bileşenlerden oluşan kümeler olarak ifade edilebildiğinde, bu aday çözümler üzerinde GA tarafından genetik operasyonlar uygulanabilir. Bu bağlamda her bir çözüm kromozom ve çözümü oluşturan her bir alt bileşen gen olarak temsil edilir. GA problemin çözüm uzayından örneklenen bir grup aday çözümü "nüfus" (population) olarak kabul eder. Problemin hedef fonksiyonunu kullanarak bu nüfustaki bireylerin "uygunluk" (fitness) değerlerini hesaplar ve bu değerlere göre nüfusun bir sonraki nesle genlerini aktarabilecek bireylerini bulur. Bu süreç seçilme (selection) olarak adlandırılır ve seçilen bireyler arasında çiftlerli

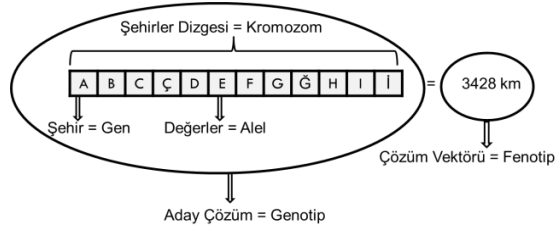
olarak alt bileşenlerin değiştirilmesi suretiyle “çaprazlama” (crossover) işlemi gerçekleştirilerek yeni bireyler üretilir.

Sezgisel yöntemlerde önemli hedeflerden biri yerel optimalardan kaçınabilmektir [6]. GA açısından ifade edilirse, bu durum diğerlerinden daha uygun olmakla birlikte en uygun olmaktan uzak bireylerin, seçilme ve çaprazlama süreçleri sonucunda nüfusta kendi genomunun sayısını arttırması ve benzer tip kromozomların nüfusu ele geçirmesidir. Genetik çeşitliliğin korunması amacıyla GA’da yaygın olarak mutasyon işlemi uygulanır [6]. Bu işlem bireylerin genlerinin rassal olarak diğer “alel” değerlerini almasını sağlamak şeklinde gerçekleştirilir.

Farklı uygulama yaklaşımları bulunmakla birlikte [7], genel olarak seçilme, çaprazlama ve mutasyon süreçleri sonunda bir nesil geçmiş olur. GA, bu işlemler silsilesi sonucunda her nesilde uygunluk değeri yüksek bireylerin seçilmesi sayesinde G nesil sonunda optimal çözümlere ulaşılabileceği teorisine dayanmaktadır.

2.2 GA'nın TSP Tabanlı Problemlere Uygulanması

Tanımında bulunan her şehri sadece bir kere ziyaret eden ve başladığı noktada biten her rota o TSP problemi için bir çözüm adayıdır. Bu aday çözümlerdeki her bir şehrin ziyaret sırasına göre yan yana eklenmesi ile oluşturulan her bir dizge GA’da bir kromozom, bu dizgede şehirleri ifade eden her bir düğüm gen olarak kabul edilebilir (Şekil 1). Bu durumda, her bir düğümün bir sonraki komşusuyla ve son sıradaki düğümün ilk düğümle aralarındaki mesafelerinin toplamı o kromozomun uygunluk değerini verir.



Şekil 1 - TSP'nin GA'da temsili.

Çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörler standart halleriyle uygulandığında, bir TSP kromozomundaki bazı genlerin yok olmasına bazılarının ise tekrarlanmasına neden olabileceğinden, TSP'nin de içinde bulunduğu permütasyon esaslı problemlerin çözümünde, söz konusu genetik operatörlerin permütasyon kuralını koruyacak şekilde uygulanması gerekir. Bu şekilde bozuk kromozomlar oluşmasını engellemek amacıyla, permütasyon tabanlı problemlere uyumlu genetik operatörler geliştirilmiştir [8].

2.3 2-Opt Yöntemi

2-Opt yöntemi 1958 yılında Croes tarafından geliştirilen [9], temelde bir rotalama çözümünde birbiriyle kesişen alt turların kesişmeyecek şekilde tekrar düzenlenmesine dayanan ve TSP tabanlı problemlerde yaygın olarak kullanılan [10] bir yerel optimizasyon yöntemidir.

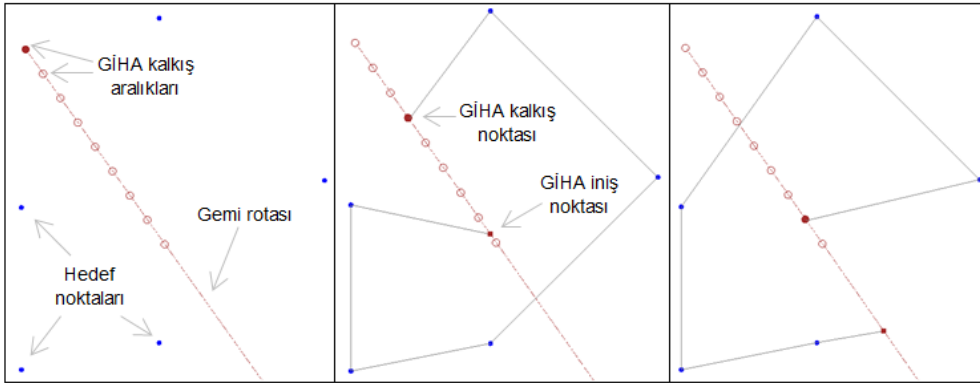
3 UYGULAMA

GİHA'nın rota optimizasyonu GA, 2-Opt ve iteratif yöntemler kullanılarak aşağıda anlatıldığı şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.1 GA'nın GİHA'nın Keşif Rotası Planlaması Probleminde Kullanılması

TSP'nin de dahil olduğu kombinatorial optimizasyon problemlerinin çözümünde GA yaklaşımları yaygın olarak kullanılmaktadır [11]. Bu yöntemin başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiş olmakla beraber [12], sonuçların optimale yaklaştırılmasında sıklıkla 2-Opt yerel arama algoritmasından faydalanılmaktadır [13]. Bu çalışmada da aynı yöntem izlenmiştir.

GİHA'nın gemi üzerinden kalkış noktasının belirlenmesi, geminin görev bölgesindeki seyirinin kesikli olarak ele alınmasıyla sağlanmıştır. Görev bölgesinde bu şekilde belirlenen her bir konum, GİHA'nın kalkış konumu olarak GA tarafından rota planlamasında kullanılmaktadır. Keşif tamamlandığında GİHA'nın ve geminin konum ve hızları göz önünde bulundurulurken buluşma noktası hesaplanmakta ve kalkıştan inişe kadar olan tüm bu mesafeler GA tarafından uygunluk fonksiyonuna dahil edilmektedir. Örnek bir problem üzerinde bu yöntemle hesaplanan iki farklı rota Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2 - GİHA'nın kalkış noktasına göre hesaplanan iki farklı rota.

3.2 Uygunluk Değerinin Hesaplanması

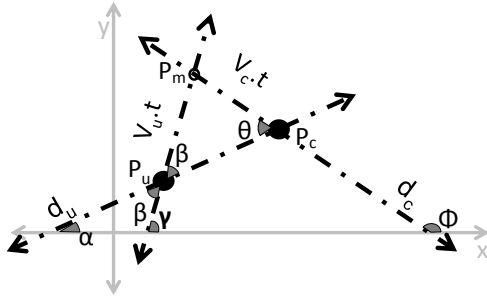
Çalışmada, geminin belli bir rota planlaması dahilinde doğrusal olarak hareket ettiği varsayılmıştır.

GA ile oluşturulan rotayı izlediğinde GİHA tarafından kalkış noktası, hedef noktaları ve iniş noktası arasındaki katedilecek toplam mesafe uygunluk değerini vermektedir. Aşağıdaki formülde (1), f : uygunluk değeri, GİHA'nın toplam uçuş rotasının uzunluğu olarak tanımlanmıştır. Formüldeki x_T ve y_T GİHA'nın kalkış yapacağı geminin koordinatları; x_i ve y_i GİHA tarafından keşif yapılacak her bir hedef noktası koordinatları; x_L ve y_L GİHA'nın iniş yapacağı

gemi koordinatları ve l ise keşif görevi icra edilecek toplam hedef sayısını (kromozom uzunluğu) göstermektedir.

$$f = \sqrt{(x_T - x_0)^2 + (y_T - y_0)^2} + \sum_{i=0}^{l-2} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} + \sqrt{(x_{l-1} - x_l)^2 + (y_{l-1} - y_l)^2} \quad (1)$$

Keşif görevi sonunda GİHA ve geminin buluşacağı en yakın noktanın tespiti, Şekil 3 'te gösterilen trigonometrik temsil kullanılarak, P_u ve P_c sırasıyla GİHA'nın ve geminin koordinat düzlemindeki konumlarını, d_u ve d_c hareket eksenlerini, V_u ve V_c hızlarını, P_m bu ikisinin buluşma noktasını ve t buluşma zamanını temsil etmek üzere;



Şekil 3 - İHA ve geminin buluşma noktasının trigonometrik gösterimi.

$$d_c: y = f_c(x) = \tan(\Phi) \cdot (x - x_c) + y_c \quad (2)$$

$$d_u: y = f_u(x) = \tan(\gamma) \cdot (x - x_u) + y_u \quad (3)$$

$$\gamma = \alpha + \beta \quad (4)$$

$$\alpha = \text{ArcTan}((y_c - y_u) / (x_c - x_u)) \quad (5)$$

$$\beta = \text{ArcSin}(V_{c,t} / V_{u,t}) \cdot \text{Sin}(\theta) \quad (6)$$

d_u ve d_c doğrularının kesişme noktası (2,3) ve bu noktaya en kısa mesafeyle gitmek için uçak gemisi ile buluşmak üzere İHA'nın yönelmesi gereken γ açısı tespit edilmektedir (4,5,6).

4 BENZETİM ORTAMI VE DENEY SONUÇLARI

Önerilen çözümün test edilmesi maksadıyla c# dili kullanılarak bir benzetim yazılımı geliştirilmiştir. Berlin52 [14] TSP problemi temel alınarak, Çizelge 1'de verilen benzetim değerleri ve Çizelge 2'de yer alan GA parametreleri ile yapılan deneyde, kalkış konumlarına göre hesaplanan katedilecek mesafe değerleri Çizelge 3'de yer almaktadır.

Çizelge 1 – Benztim Değerleri

GİHA Hızı	Gemi Hızı	Konum sayısı
300	40	24

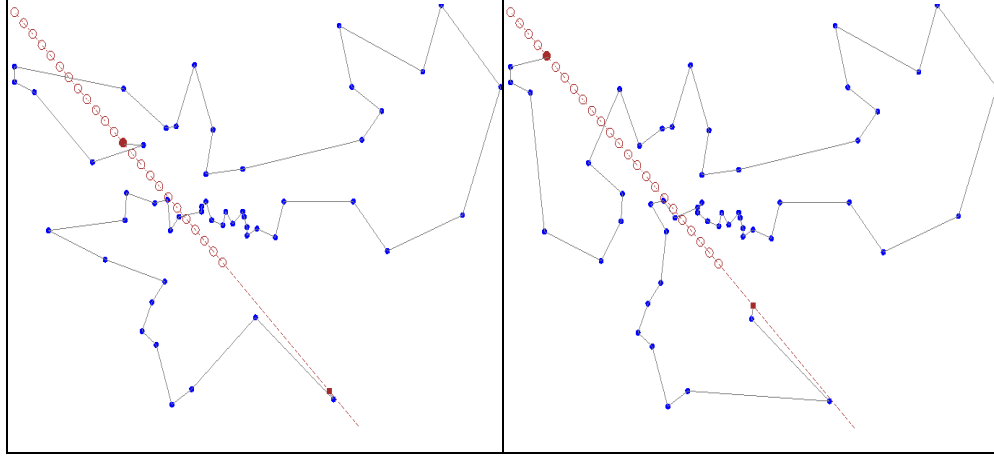
Çizelge 2 – GA Parametreleri

G (Nesil)	N (Nüfus)	l (Düğüm sayısı)
50	100	52

Çizelge 3 – GİHA'nın kalkış konumuna göre katedeceği mesafe değerleri.

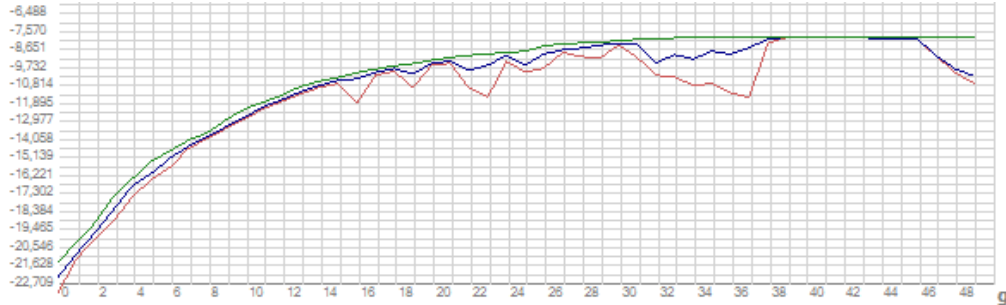
Kalkış Konumu	Kat edeceği Mesafe(Birim)	Kalkış Konumu	Kat edeceği Mesafe(Birim)	Kalkış Konumu	Kat edeceği Mesafe(Birim)
0	8003	8	8303	16	8315
1	8068	9	8171	17	7912
2	7961	10	8512	18	8040
3	8017	11	7930	19	8386
4	7680	12	7674	20	8151
5	7738	13	7775	21	8190
6	8061	14	7811	22	8268
7	8316	15	8298	23	8243

Deney sonucunda, GİHA'nın görevi tamamlayacağı en kısa iki rotanın, 12'nci ve 4'üncü kalkış konumlarına göre hesaplanan rotalar olduğu gözlenmiştir. (Şekil 4)



Şekil 4 - Kalkış konumlarına göre hesaplanan en kısa iki rota.

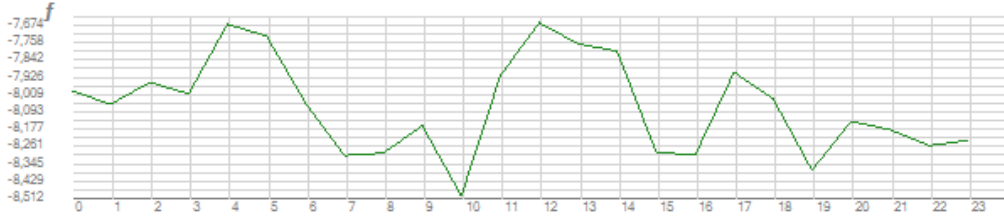
12'nci kalkış konumundan başlatılan 100 rassal rota üzerinde 50 nesil boyunca GA işlemlerinin uygulanması sonucunda oluşan rotaların en iyi, ortalama ve en kötü uygunluk değerlerine ait yakınsama grafikleri Şekil-5'te verilmiştir. 21628 birim mesafeden başlayan en iyi rotanın, genetik operatörlerin başarılı uygulaması neticesinde 33'üncü nesilden itibaren 7674 birim mesafeye düşürüldüğü gözlenmiştir.



Şekil 5 - 12'nci kalkış konumundan başlatılan rotaların yakınsama grafiği. (Yeşil: En iyi, Mavi: Ortalama, Kırmızı: En kötü)

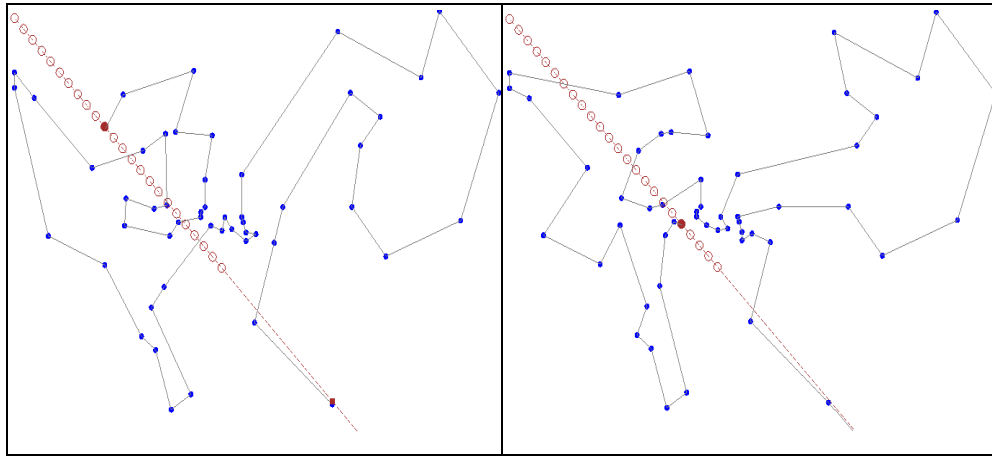
Not: Rota optimizasyonu kat edilecek mesafeyi en aza indirmeyi hedeflediğinden, mesafe değerlerinin uygunluk değerleri olarak temsil edilmesinde negatiflerinin alınması kullanılan bir yöntemdir. Grafik gösterimlerde bu yöntem kullanılmıştır.

Bu şekilde her bir kalkış konumu için uygulanan genetik işlemler neticesinde, GA tarafından oluşturulan uygunluk değerleri Şekil 6'daki grafikte yer almaktadır.



Şekil 6 - Kalkış konumlarına göre uygunluk grafiği.

Kalkış konumlarına göre hesaplanan en kısa rotalar arasında en uzun iki rotanın 10'uncu ve 19'uncu kalkış konumlarından oluşturulan rotalar olduğu gözlemlenmiştir. (Şekil 7)



Şekil 7 - Kalkış konumlarına göre hesaplanan en uzun iki rota.

5 SONUÇ

Yapılan çalışma sonucunda, seyir halinde olan bir gemi üzerinde konuşlu GİHA'nın dağıtık hedeflere optimum uçuş mesafesi ile rotalanmasında kullanılacak GA tabanlı bir çözüm önerilmiştir. Önerilen çözümde, örnek olarak ele alınan en iyi kalkış konumuna göre uygulanan GA işlemlerinin başlangıçtaki rota mesafesi değerine göre % 64,5 oranında yakınsama sağladığı, her bir kalkış konumuna göre bu şekilde hesaplanan en uzun ve en kısa mesafeli iki rota arasında ise % 9,8 oranında fark bulunduğu gözlemlenmiştir. Çalışmanın bu yönüyle, bir GİHA'nın seyir halindeki bir gemi üzerinden çoklu hedeflere keşif planı yapılmasında planlayıcılara karar desteği sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Gelecek dönemde bu çalışmanın, konuyla ilgili daha önce birden fazla İHA için gerçekleştirilen çalışma [15] ile birleştirilerek birden fazla GİHA'nın kullanılacağı görevler için rota optimizasyonu yapılması ve hesaplama karmaşık gemi rotalarının dahil edilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Savunma Sanayii Müsteşarlığı (2013), "SSM 2012 Faaliyet Raporu", SSM, Ankara, 99.
- [2] N.Christofides (1979), A.Mingozzi and P.Toth, "The Vehicle Routing Problem", Combinatorial Optimization, John Wiley & Sons Canada, 315-338.
- [3] Gilbert Laporte (1992), "The Traveling Salesman Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms", European Journal of Operational Research, 59, 231-247.
- [4] Cihan Ercan ve Cevriye Gencer (2013), "Dinamik İnsansız Hava Sistemleri Rota Planlaması Literatür Araştırması ve İnsansız Hava Sistemleri Çalışma Alanları", Pamukkale Üniveristesesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,,2, 104-111.
- [5] Christos H. Papadimitriou (1977), "The Euclidean travelling salesman problem is NP-complete", Theoretical Computer Science, 3,. 237-244.
- [6] David A. Coley (2010), "An Introduction to Genetic Algorithms for Scientists and Engineers", World Scientific, Singapore.
- [7] Melanie Mitchell (1996), Introduction to Genetic Algorithms, The MIT Press, London.
- [8] P. Larranaga (1999), "Genetic Algorithms for the Traveling Salesman Problem: A Review of Representations and Operators", 13, 129-170.
- [9] G.A. Croes (1958), "A method for solving traveling salesman problems", Operations Research, 6, 791–812.
- [10] Matthias Englert, Heiko Röglin, and Berthold Vöcking (2006), "Worst Case and Probabilistic Analysis of the 2-Opt Algorithm for the TSP", Proceedings of the eighteenth annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms, Aachen, 1295-1304.
- [11] Heinrich Braun (1991), "Parallel Problem Solving from Nature", Lecture Notes On Computer Science, 496, 129-133.
- [12] Heinz Mühlenbein (1987), "Evolution in Time and Space The Parallel Genetic Algorithm", Foundations of Genetic Algorithms, 316-337.
- [13] J.Watson et al. (1998), "The Traveling Salesrep Problem, Edge Assembly Crossover and 2-opt," Lecture Notes in Computer Science, 1498, 823-832.
- [14] TSPLIB (1995),. [Online]. "<http://www.iwr.uni-heidelberg.de/groups/comopt/software/TSPLIB95/XML-TSPLIB/instances/>"
- [15] Murat KARAKAYA (2013), " En Az Sayıda İnsansız Hava Aracı Kullanarak Sabit Hedeflerin Gözetlenmesinin Planlanması" 15. Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı ve Sergisi, Ankara, TOK2013, 519-123.