

GENETİK ALGORİTMA İLE TAKTİK FÜZE YÖRÜNGE OPTİMİZASYONU

Baran Dilan ÖZDİL¹
Roketsan, Ankara

Ali Türker KUTAY²
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

ÖZET

Bu bildiride, genetik algoritmanın füze yörünge optimizasyon problemlerine uygulanması incelenmiştir. Taktik bir füzenin yörünge optimizasyonu, uçuş performansına ve görev başarısına katkılarından ötürü yaygın olarak çalışılan bir konudur. İstenen kriterlere göre en uygun çözümü elde etmek için, çeşitli optimizasyon teknikleri kullanılabilir. Bunların arasında Genetik Algoritma, yörünge optimizasyonunda yaygınca kullanılan bir yöntemdir. Genetik Algoritma, optimizasyon ve öğrenme için kullanılan rastlantısal bir arama yöntemidir. Genetik Algoritmanın çıkış noktası doğada da gözlemlenen, en iyinin hayatta kalma stratejisinden esinlenmiştir. Bu bildirinin amacı, gerekli kısıtlamaları dikkate alarak tanımlı senaryolar doğrultusunda belirlenmiş bir konuma erişmek için en uygun füze yörüngelerinin elde edilmesidir.

GİRİŞ

Bu bildiride taktik füze yörünge planlamasının uygulamasından önce, bir optimizasyon aracı olarak kullanılan genetik algoritmanın konseptine değinilecektir. Genetik algoritma doğadaki türlerin seçme ve üreme süreçlerini taklit ederek en iyi sonuca ulaşmayı sağlayan, evrimsel algoritmalarından biridir. Bu yöntem ile belirtilen bir problem için oluşturulan çözümler algoritmanın popülasyonunu oluşturur. Bir popülasyon içindeki bir çözümü temsil eden her üye kromozom, kromozomların içindeki anlamlı en küçük bilgi ise gen olarak adlandırılır.

En iyilenmiş bir yörünge, taktik bir füzenin gerekli performans kriterlerine ulaşmasına ve görev başarısına katkı sağlamaktadır. Genetik algoritma yönteminin füze yörünge optimizasyonunda uygulanarak füze performansına etkileri bu bildiride incelenmiştir.

YÖNTEM

İlk olarak 1970'li yıllarda John Holland tarafından geliştirilen Genetik Algoritma canlılardaki evrim ve doğaya uyum sürecinden esinlenmiş, bu yapı bilgisayar ortamında eniyileme ve öğrenme algoritmalarında kullanılmıştır. Algoritmanın yapısı nesilden nesile geliştikçe kötü çözümlerin elenip, iyi olanların daha iyi çözümler oluşturması için hayatta kalmasına yöneliktir. Genetik Algoritma türevsel bilgilere ihtiyaç duymaması, sürekli ve ayırık parametrelerle çalışabilmesi, lokal minimum ya da maksimumlara takılmadan problemi optimize edebilmesiyle avantajlı bir optimizasyon yöntemidir. [Çunkaş, 2006].

Genel olarak, genetik algoritma yönteminin kurgusu aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır;

Problem için bir uygunluk fonksiyonu yaratma: Her bir çözüme, ulaşmak istenen sonuca ne kadar yakın olduğunu göstermek için, bir puanla ödüllendirilecek ya da cezalandıracak şekilde uygunluk fonksiyonu uygulanmalıdır.

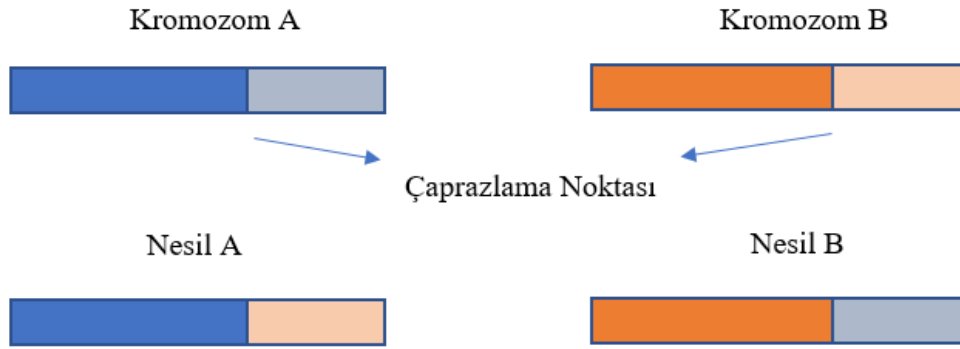
¹ Sistem Tasarım Mühendisi, Roketsan., E-posta: e174722@metu.edu.tr

² Asst.Prof.Dr. Havacılık ve Uzay Müh. Böl E-posta: kutay@metu.edu.tr

İlk popülasyonun oluşturulması: Algoritmanın ilk popülasyonu rastgele oluşturulabilir, popülasyondaki her bir kromozom olası bir çözümü temsil etmektedir. Popülasyon büyüklüğü problemin türüne göre belirlenebilir. Popülasyondaki bireylerin seçim sürecinden önce, her kromozom uygunluk fonksiyonu kullanılarak değerlendirilmelidir.

Kromozomların seçimi: Genetik Algoritma yönteminde, seçim adımıyla nesillerin üretimi için uygun bireyler ebeveyn olarak seçilir. Seçim süreci, uygunluğu yüksek olan bireylerin bir sonraki nesle aktarım ihtimalinin daha yüksek olacağı şekilde kurgulanmalıdır. Probleme bağlı olarak çeşitli seçim yöntemleri uygulanabilir.

Kromozomların çaprazlanması: Bu adımda, daha iyi çözümler üretmek için, eşleşme havuzundan seçilen iki adet kromozomun rastgele seçilen bir ya da daha fazla noktası seçilir ve bu noktalar arasında kalan genler yer değiştirir. Böylece çeşitlilik sağlayan ve uygunluğu artmış iki yeni birey elde edilir. Minimum nesil sayısında optimum çözüm elde etmek için problemin yapısına bağlı olarak farklı çaprazlama teknikleri kullanılabilir. Çaprazlama hızı ve çaprazlama operatörün türü, genetik algoritmanın performansı üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Şekil 1'de tek nokta çaprazlama metodunun nasıl gerçekleştirildiği gösterilmiştir.



Şekil 1: Kromozomların Çaprazlanması

Mutasyon: Rastgele bir kromozomun bir parçasını seçen ve bu parçada rastgele değişiklik yaparak bir sonraki kuşağa gönderen genetik operatöre mutasyon denir. Böylece, algoritma yerel minimuma sıkışmamak için daha dayanıklı hale gelir ve kromozomlarda gelişmiş çeşitlilik elde edilir.

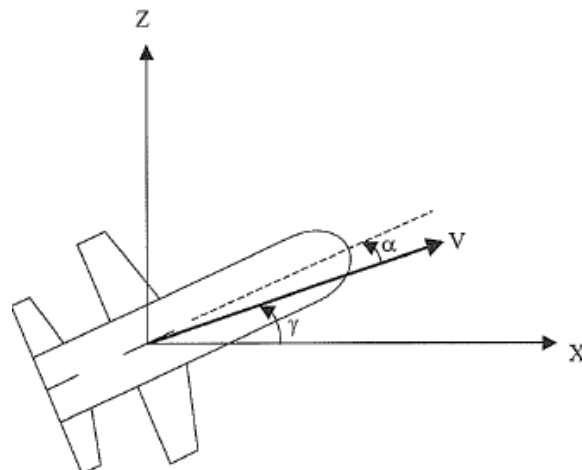
Genetik Algoritmanın akış diyagramı Şekil 2'de gösterilmektedir. Biyolojik gelişim sürecine benzer yapıyla iterasyonlar gerçekleştirilir ve optimuma ulaşabilmesi için fonksiyonun yakınsaması kontrol edilerek algoritma sona erer.



Şekil 2: Genetik Algoritma Akış Şeması

Füze Matematiksel Modeli

Analizler için varsayımsal bir füze modellenmiştir. Füze dinamiği Şekil 3'de gösterilen koordinat sistemi ile iki serbestlik derecesinde modellenmiştir.



Şekil 3: 2 Serbestlik Dereceli Koordinat Sistemi

Füze üzerindeki net momentin sıfır olduğu, matematiksel modellemede sabit yer çekimi ve dönmeyen düz dünya varsayımlarıyla füze modellenmesi yapılmıştır.

Füze kütlesinin yakıt tükenene kadar doğrusal olarak değiştiği varsayılmaktadır.

Füzenin modellenmesi MATLAB Simulink ortamında gerçekleştirilmiş olup Genetik Algoritma kodu Matlab ortamında yazılmıştır.

Tablo 1: Model için gerekli parametreler:

Toplam İtki	480 kN.s
Yanma zamanı	5 s
Toplam kütle	400 kg
Yakıt kütlesi	230 kg

Orantısal Seyrüsefer Güdümü

Füze güdümünde kullanılan ivme komutları aşağıdaki orantısal seyrüsefer denklemleri ile üretilmektedir.

$$a_{kom} = N\lambda \times \dot{V}_{bağlı}$$

$$V_{bağlı} = V_{hedef} - V_{füze}$$

N orantısal güdüm katsayısı olup genellikle 3 ile 5 arasında seçilmektedir [Zarchan, 1997]. λ görüş hattı vektörü, $V_{bağlı}$ ise füze ile hedef arasındaki bağlı hızı temsil etmektedir. İvme komutu bağlı hız vektörüne dik olacak şekilde üretilmektedir.

UYGULAMALAR

Füzenin hedef noktasına ulaşması için klasik güdüm yöntemlerini kullanmak, kinematik ve dinamik kısıtlar ile füze performansı göz önünde bulundurulduğunda her zaman en iyi sonuçları vermeyebilmektedir. Yol noktaları (waypoints), füzenin ziyaret etmesi gereken pozisyonları açıklayan bir dizi noktadır.

Optimizasyon problemi iki farklı senaryoda incelenecektir. Bunlardan biri maksimum son hız ile hedef noktasına ulaşacak, diğeri ise maksimum menzile ulaşacak şekilde yörüngeyi optimize edecektir.

Maksimum Son Hız Problemi

Maksimum son hız problemi aşağıdaki uygunluk fonksiyonunu içermektedir. t_f uçuş süresi, V_f füzenin son hızı, k_1 ve k_2 ceza katsayısı, d kaçırma mesafesi, ε ise kaçırma mesafesi toleransıdır.

$$f = t_f + k_1 * d - k_2 * V_f$$

$$k_1 = \begin{cases} 1000, & d \geq \varepsilon \\ 0, & d < \varepsilon \end{cases}$$

$$k_2 = 0.1$$

Bu uygulamada, farklı uçuş yörüngeleri algoritmanın kromozomlarını oluşturmaktadır. Kontrol parametreleri (genler) yol noktaları olarak alınmıştır. Başlangıç popülasyonunu oluşturmak için belirlenmiş limitler içinde rastgele bir dizi yol noktaları kullanılmıştır. Her bir kromozom iki yol noktası ile tanımlanmaktadır. Algoritma parametreleri Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2: Genetik Algoritma parametreleri

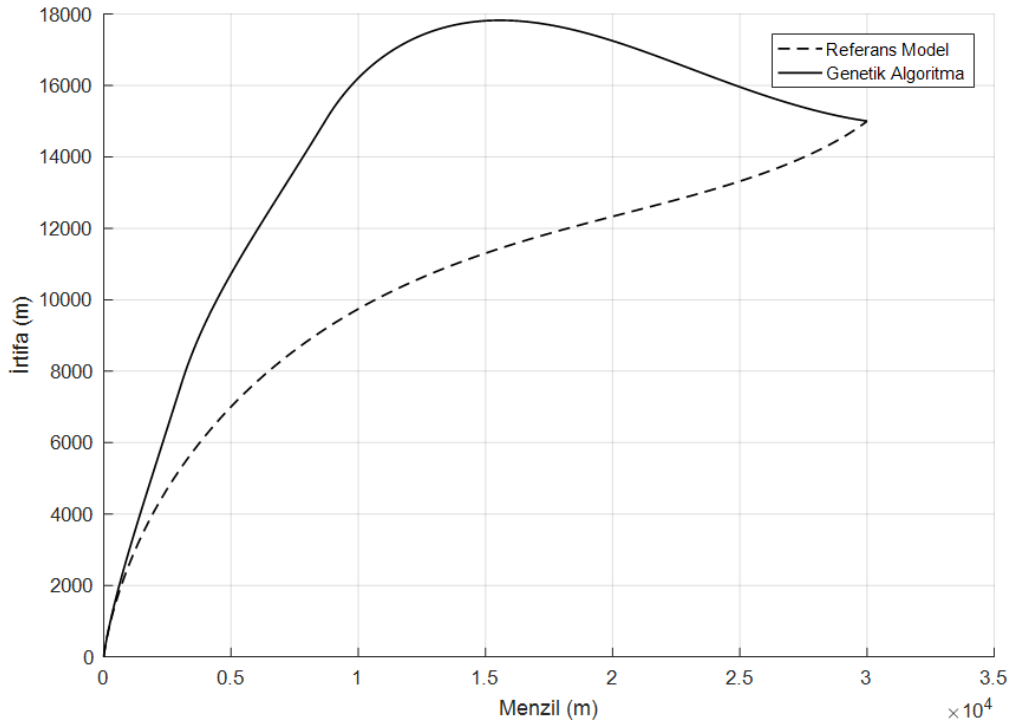
Parametre	Değer
Popülasyon sayısı	50
Kromozom sayısı	12
Seçim oranı	0.5
Mutasyonu oranı	0.1

Algoritma koşturulduktan sonra elde edilen kontrol parametreleri Tablo-3'te özetlenmiştir.

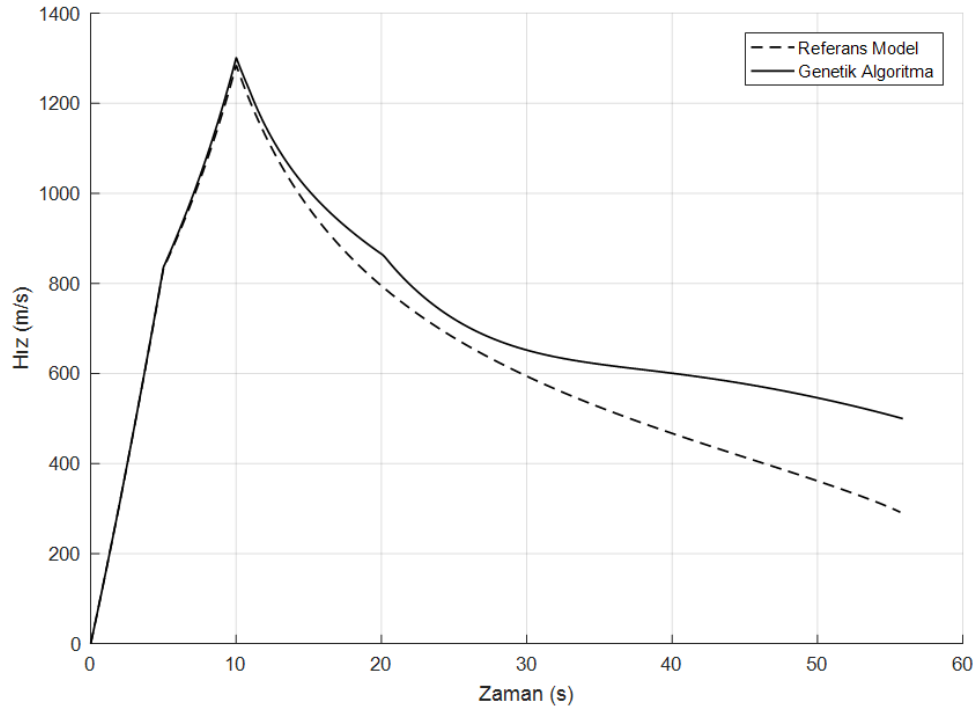
Tablo 3: Elde edilen yol noktaları

	X (m)	Z (m)
P1	3003.58	7552.62
P2	8648.79	14946.51

Varsayımsal parametreleri tanımlanmış olan taktik bir füzenin 30000 m menzil ve 15000 m irtifaya ulaşması için izlediği yörünge Genetik Algoritma yöntemi ile optimize edilmiş, sonuçlar geleneksel olarak kullanılan orantısal seyrüsefer güdüm yöntemi ile hedefe yönelim yapan referans model ile karşılaştırılmıştır. Şekil-4 ve Şekil-5'te görüldüğü üzere Genetik Algoritma yöntemi kullanılarak kontrol edilen yol noktaları ile taktik füze daha yüksek irtifadan uçarak aerodinamik sürüklenme kuvvetine daha az maruz kalma avantajını kullanmış olup, böylece daha kısa sürede ve daha yüksek son hızlarla hedef noktasına ulaşabilmiştir.



Şekil 4: Yörünge Grafiği



Şekil 5: Hız-Zaman Grafiği

Maksimum Menzil Problemi

Maksimum menzil probleminde amaç, belirli bir son hızın altına düşmeden füzenin gidebileceği maksimum menzile ulaşmasını sağlayacak şekilde yörüngesini optimize etmektir. Bu problemde de Tablo 1'deki varsayımsal füze model parametreleri kullanılmıştır. Maksimum hız probleminde kullanılan uygunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$f = -\text{Menzil}$$

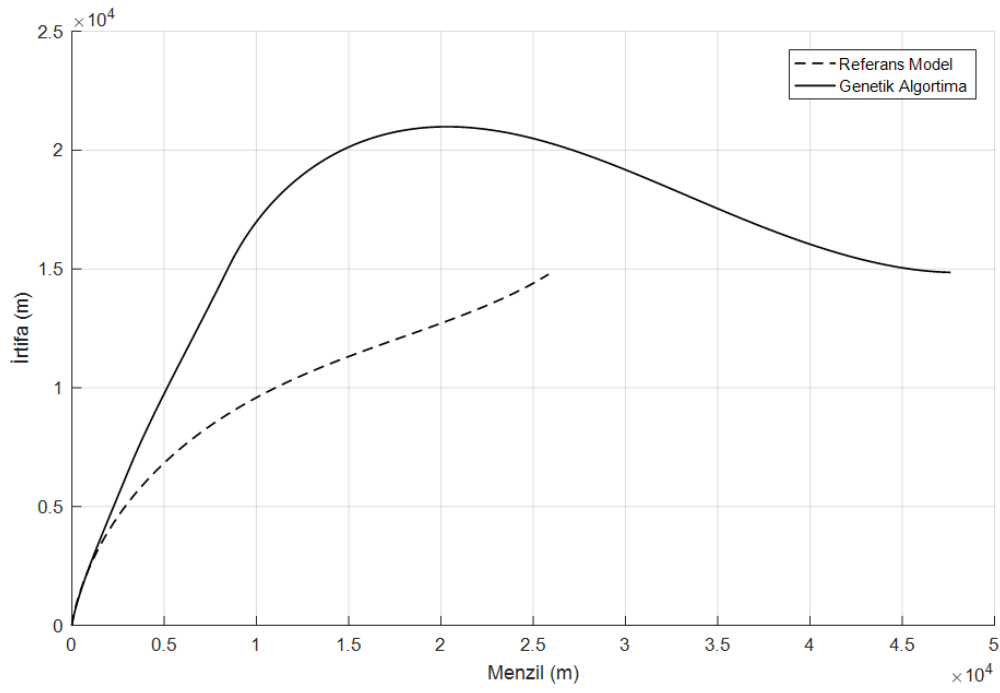
Füze yörüngesi optimize edilirken dikkate alınan son hız sınırlaması

$$V_s \geq 400 \text{ m/s}$$

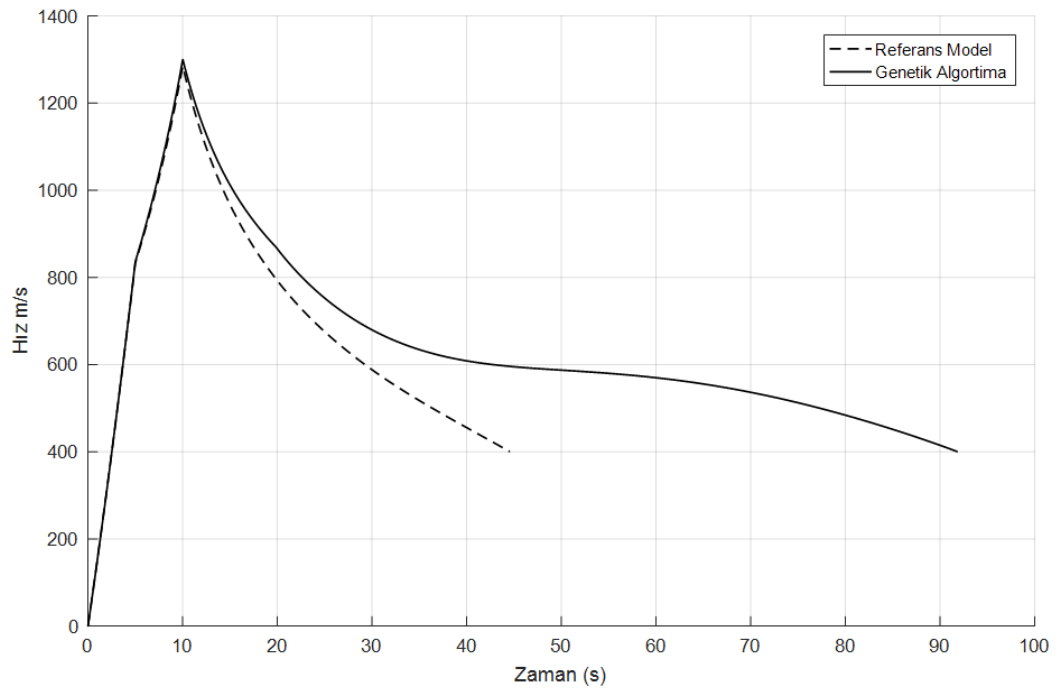
olacak şekilde algoritma koşturulmuştur. Buna göre elde edilen yol noktaları Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4: Elde edilen yol noktaları

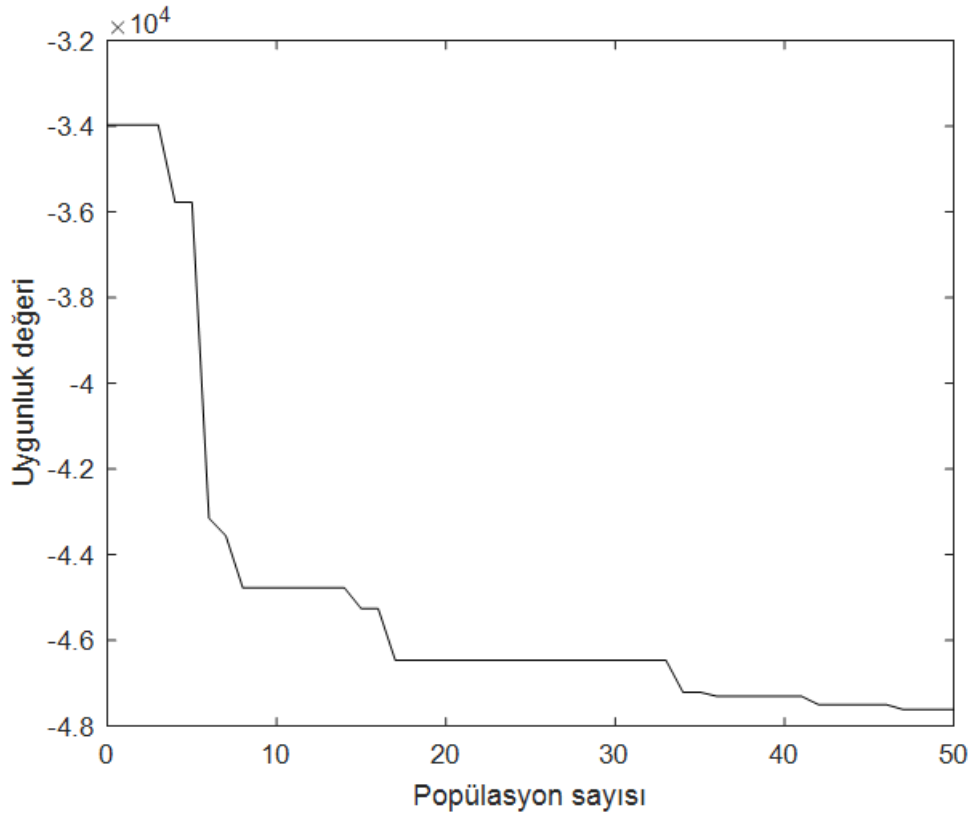
	X (m)	Z (m)
P1	2991.04	6386.30
P2	8410.68	14959.70



Şekil 6: Yörünge Grafiği



Şekil 7: Hız-Zaman Grafiği



Şekil 8:Uygunluk fonksiyonu

Şekil 6 ve Şekil 7’de görüldüğü üzere aynı varsayımsal füze modeli kullanılarak aynı irtifaya, aynı son hızlarla ulaşan iki yörüngeden Genetik Algoritma kullanılarak elde edilen yüksek irtifadan geçen ara yörünge noktalarını kullanarak daha az sürüklenme kuvvetine maruz kalmıştır. Böylece hızındaki düşüş daha yavaş gerçekleşerek referans modele kıyasla daha uzun menzile gidebilmiştir.

Şekil 8’de maksimum menzil problemi için uygunluk fonksiyon değerinin rastgele seçilen ilk popülasyon değerinden 50 nesil sonuna kadar gerçekleşen iterasyonlarla değişimi gösterilmektedir.

SONUÇ

Bu bildiride, taktik bir karadan havaya füze için yörünge optimizasyon problemi incelenmiştir. Varsayımsal bir füze modeli oluşturularak, yörünge optimizasyon problemi ele alınmıştır. Genetik Algoritma yöntemi, optimizasyon aracı olarak kullanılmış, yol noktaları kontrol edilerek iki farklı senaryoda optimizasyon problemi incelenmiştir. Uçuş süresini azaltıp, füze son hızını artıracak şekilde ve maksimum menzile ulaşacak şekilde füze yörüngesi optimize edilmiştir. Sonuçlar geleneksel yöntemler ile oluşturulan referans modelin füze yörüngesi ile kıyaslanmıştır. Uygunluk fonksiyon değerinin popülasyon artışına göre değişimi gösterilmiştir.

Kaynaklar

- Anderson M.B., Burkhalter J.E., Jenkins R.M., 2001, *Design of a guided missile interceptor using a genetic algorithm*, Journal of Spacecraft and Rockets, 38, 1, 28-35
- Cribbs, H. B., 2004. *Genetics-Based Trajectory Discovery for Tactical Missiles*, AIAA 1st Intelligent Systems Technical Conference, Chicago, 20-22 Eylül.
- Çunkaş, M., 2006. *Genetik Algoritmalar ve Uygulamaları*
- Medagoda, E. D., & Gibbens, P. W. (2010). *Synthetic-Waypoint Guidance Algorithm for Following a*

Desired Flight Trajectory. Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 33(2)

Ryoo, K. C., J., Shin, H.S., Tahk, M. J., 2005. *Optimal Waypoint Guidance Synthesis*, 2005 IEEE Conference on Control Applications, Toronto, 28-31 Ağustos.

Zarchan, P. (1997). *Tactical and strategic missile guidance V 199.pdf*