

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ



**PROJE BAŞLIĞI: AERODİNAMİK ŞEKİL OPTİMİZASYONUNDA
YAPAY ZEKA TEKNİKLERİNİN KULLANILMASI**

Proje No: FBA-2015-6286

Proje Türü: BAP NAP

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:

Adı Soyadı: Doç. Dr. İlke TÜRKMEN

Birimi/Bölümü: Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi/Uçak Elektrik-Elektronik
Bölümü

Araştırmacılar:

Doç. Dr. Tuğrul OKTAY

Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi/Uçak Mühendisliği Bölümü

Arş. Gör. Seda ARIK

Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi/Uçak Elektrik-Elektronik Bölümü

Arş. Gör. Harun ÇELİK

Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi/Uçak Elektrik-Elektronik Bölümü

Eylül 2017

KAYSERİ

TEŞEKKÜR

Projenin gerçekleştirilmesi için gerekli kalemlerin alınmasında maddi olarak destek olan “Erciyes Üniversitesi BAP birimine” teşekkürlerimi borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
1. GİRİŞ / AMAÇ VE KAPSAM	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Kullanılan İHA Modeli.....	4
2.2. Dihedral Açısı.....	5
2.3. Sivrilik oranı (Taper ratio).....	5
3. GEREÇ VE YÖNTEM	7
4. BULGULAR.....	9
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	13
KAYNAKLAR.....	14

ÖZET

Bu projede, ölçeklenmiş bir İHA (İnsansız Hava Aracı)'nın maksimum lift-drag oranına sahip optimum aerodinamik şeklinin belirlenebilmesi için, yapay zeka tekniklerinden (YSA, Yapay Sinir Ağları-YAK, Yapay Arı Kolonisi algoritması) faydalanılmıştır. Bu amaçla YSA'ya dayanan bir amaç fonksiyonu YAK algoritması ile optimize edilmiştir. YSA için, dihedral açısı ve sivrilik oranı giriş parametreleri olarak, maksimum lift-drag oranı ve roll stabilite katsayısı ise çıkış parametreleri olarak seçilmiştir. Daha sonra, YSA ağırlıkları YAK algoritması ile ayarlanmıştır. Ağırlıkların ayarlanmasından sonra, YSA'ya dayalı amaç fonksiyonu YAK algoritması ile optimize edilmiştir. Yani, bu projede maksimum lift/drag oranını ve roll stabilite katsayısını iyileştirmek için YAK algoritması iki farklı amaç için kullanılmıştır.

Bu proje ile İHA'nın aerodinamik şekil optimizasyonunda YSA ve YAK optimizasyon algoritması yapay zeka teknikleri olarak birlikte ilk defa kullanılmıştır. Bu projede lift/drag oranı ve roll stabilite katsayısı ters orantılı olmasına rağmen optimizasyon sürecinde eşit şekilde maksimize edilmiştir. Bu parametrelerin optimizasyon sürecinde, YSA tabanlı amaç fonksiyonu YAK algoritması ile literatürde ilk defa bütünleştirilmiştir. Proje sonunda teorik sonuçların pratik sonuçları iyileştirmesi gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: İnsansız Hava Aracı (İHA), Maksimum Lift/Drag Oranlı Optimum Aerodinamik Şekil, Yapay Zekâ, Optimizasyon.

ABSTRACT

In this project, artificial intelligence techniques (ANN, Artificial Neural Networks-ABC, Artificial Bee Colony algorithm) were used to determine the optimal aerodynamic shape with a maximum lift-drag ratio of a scaled UAV (Unmanned Aerial Vehicle). For this purpose, a ANN based objective function has been optimized with the ABC algorithm. For ANN, dihedral angle and taper ratio are selected as input parameters, maximum lift-drag ratio and roll stability coefficient are selected as output parameters. Then, the ANN weights are adjusted with the ABC algorithm. After adjusting the weights, ANN based objective function is optimized with the ABC algorithm. So, in this project, the ABC algorithm has been used for two different purposes to improve the maximum lift/drag ratio and the roll stability coefficient.

With this project, ANN and ABC optimization algorithm as artificial intelligence techniques are used together for the first time in aerodynamic shape optimization of UAV. In this project, although the lift/drag ratio and roll stability coefficient are inversely proportional, they are maximized equally in the optimization process. In the optimization process of these parameters, ANN based objective function is integrated for the first time with ABC algorithm in the literature. At the end of the project it was observed that the theoretical results improved the practical results.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Optimum Aerodynamic Shape with Maximum Lift / Drag Ratio, Artificial Intelligence, Optimization.

1. GİRİŞ / AMAÇ VE KAPSAM

İnsansız hava araçları (İHA'lar), son yıllardaki teknolojik gelişmelere paralel olarak popülerliği giderek artan bir akademik araştırma konusu ve mühendislik uygulama sahası haline gelmiştir. İHA'ların gerçek zamanlı keşif ve gözetleme yapma, istihbarat toplama, hedef tespiti ve teşhisi, uzun menzilli silahların atışlarını yönetme, sınır güvenliği, elektronik saldırıları icra etme, silahlı saldırılarda bulunma, dijital haritalama, meteoroloji, havadan fotoğraf ve video çekimi, trafik, küçük paket taşıma, bilimsel araştırmalar, kaçak yapılaşma v.b. çok değişik kullanım alanları bulunmaktadır [1-4].

Bahsedilen bu uygulama alanlarında İHA'nın uçuş performansı ve uçuş stabilitesi oldukça önemlidir. Uçuş performansını ve stabilitesini etkileyen en önemli özellik ise UAV'nın aerodinamik şeklidir. Roll stabilite katsayısı (C_{l_β}) ve maksimum lift (L) / drag (D) oranı ($E_{\max}$) da aerodinamik şekli etkileyen iki önemli parametredir. İHA'nın aerodinamik şeklinin belirlenmesinde etkili olan bu parametreler hakkında literatürde pek çok teorik, sayısal ve deneysel çalışma bulunmaktadır [5-8]. İHA'nın aerodinamik nicelikleri ve nitelikleri hakkında daha doğru ve gerçekçi bilgi elde etmek için teorik yaklaşımlar, sayısal (hesaplamalı akışkan dinamikleri-HAD uygulamaları) ve deneysel (rüzgar tüneli deneyleri-RT) olarak desteklenmektedir. Bununla birlikte, bu yaklaşımlardan HAD uygulamaları oldukça zaman alıcıdır ve aerodinamik yapıdaki en küçük değişiklik için aerodinamik niceliklerin ve niteliklerin belirlenmesi birkaç hafta ek iş gerektirir. Bir başka yöntem olan rüzgar tüneli deneylerinde ise uygulamaların sonunda adaptasyon süreci büyük maliyetlere neden olmaktadır. İHA'nın optimum aerodinamik şekli belirlenirken bahsedilen problemlerin üstesinden gelmek için literatürde yapay zeka tekniklerine dayanan yöntemler geliştirilmiştir [9-18]. Huang ve arkadaşları tarafından sunulan çalışmada, hücum açısına dayanan lift, drag ve moment katsayıları sinir ağı ile eğitilmiş ve kanat tasarımı için kabul edilebilir bir hata elde

edilmiştir [19]. Rajkumar ve Bardina, karmaşık aerodinamik parametrelerin tahmin edilmesinde sinir ağlarını kullanmışlardır. Eğitim verilerini nümerik simülasyonlar ve RT deneylerinden elde etmişlerdir. Hücüm açısının bir fonksiyonu olarak lift, drag ve pitch momentini hesaplamışlar ve aerodinamik parametrelerin hibrid sistem tasarımında sinir ağının etkin bir şekilde kullanılabileceğini belirtmişlerdir [20]. Djavareshkian ve Esmaceli, çalışmalarında hidrofoilin şekil ve çalışma koşullarının optimizasyonu için parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO) algoritmasının ve Uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sisteminin (ANFIS) bir kombinasyonunu kullanmışlardır [21]. Lift/drag oranını maksimize eden optimum hidrofoil parametreleri, sınırlı tasarım değişkenleri olarak tanımlanmış ve parametre optimizasyonu için PSO algoritması kullanılmıştır. ANFIS yapısı, tasarım değişkenleri ile amaç fonksiyonu arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere eğitilmiştir. Hacıoğlu tarafından sunulan çalışmada, ters airfoil tasarımında YSA ile güçlendirilmiş bir genetik algoritma (GA) kullanılmıştır. Burada YSA tarafından üretilen birey, genetik süreçlerin her adımında oluşturulan yeni popülasyona dahil edilmiş ve tasarım süreci hızlandırılmıştır [22]. Hacıoğlu, bu çalışmayı diğer çalışmalarında optimizasyon problemlerine adapte etmiş ve benzetimli tavlama kullanarak mevcut nüfustan daha iyi uygunluk değerlerine sahip bireyler üretmeyi amaçlamıştır [23].

Literatürdeki yaklaşımlar incelendiğinde, $C_{l\beta}$ ve E_{max} 'ın birlikte değerlendirildiği çalışmaların mevcut olmadığı görülmektedir. Çünkü bu parametrelerden biri artarken diğeri azalmaktadır. Bu nedenle $C_{l\beta}$ ve E_{max} 'ın eşzamanlı optimize edilmesi zordur. Bu çalışmada, bu zorlukların üstesinden gelmek için yapay zeka yöntemlerine dayanan bir yaklaşım sunulmuştur. Dihedral açısının (φ) ve sivrilik oranının (λ) farklı değerleri için maksimum $C_{l\beta}$ ve E_{max} 'ın tahmin edilmesinde YSA'ya dayanan bir amaç fonksiyonu optimize edilmiştir. Optimizasyon algoritması olarak YAK algoritması bu çalışmada iki farklı amaçla iki farklı şekilde kullanılmıştır. YAK algoritmasının ilk kullanımında; dihedral açısı ve sivrilik oranının

giriş parametreleri, $C_{l\beta}$ ve E_{max} 'ın çıkış parametreleri olarak seçildiği YSA yapısının ağırlıkları ayarlanmıştır. YAK algoritmasının ikinci kullanımında ise, $C_{l\beta}$ ve E_{max} 'ın eniyilenmesi için YSA tabanlı amaç fonksiyonu maksimize edilmiştir. Böylece, $C_{l\beta}$ ve E_{max} 'ın eniyilenmesi için gerekli olan dihedral açısı ve sivrilik oranının belirlenmesinde teorik hesaplamaların yol açtığı karmaşıklık ve zaman kaybı önlenerek yapay zeka teknikleri (YSA ve YAK optimizasyon algoritması) ile daha basit, hızlı ve doğru bir çözüm sağlanmıştır.

Birçok amaçla kullanılabilecek İHA'nın aerodinamik parametrelerinin hesaplanması üzerine ülkemizde yeterince arge çalışması yapılmamıştır. Bu proje sayesinde İHA'nın aerodinamik parametreleri ilk kez yapay zeka yöntemleri vasıtasıyla belirlenmiştir. Bu da çözüme hızlı bir şekilde ulaşılmasını sağlamıştır. Matlab programı vasıtasıyla simülasyon modeli oluşturulmuş ve uçuş testlerine geçmeden önce teorik olarak bulunan sonuçların performansı en iyilediği gözlenmiştir. Proje sonucu proje amacına bağlı olarak, teorik ve pratik sonuçların uyum içinde olduğu ve kullanılan optimizasyon yönteminin performansı en iyilemede etkili bir yol olduğunu göstermiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kullanılan İHA Modeli

Bu çalışmadaki İHA'nın (ZANKA II) özelliği, Şekil 1'de görülen kanat ve kuyruktaki siyah bölgelerin uzunluğunun tasarıma bağlı olarak arttırılması veya azaltılabilesidir. Tablo 1'de verilen fiziksel özelliklere sahip İHA ilgili daha önce yapılan çalışmalar mevcuttur [24-27].

Tablo 1. İHA ZANKA II Fiziksel Özellikleri

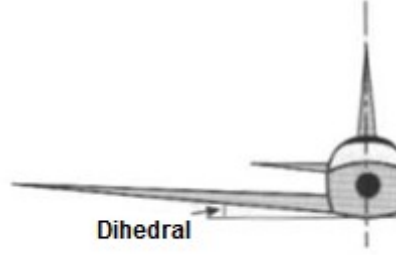
Özellik	Büyükölük
Toplam Ağırlık	6.5 kg
Faydalı (Paralı) Ağırlık	3 kg
Kanat Açıklığı	1.6 m
Kanat Veter Uzunluğu	25 cm
Kanat Açıklık Oranı	6.4
Motor Gücü	18 BG
Teorik Maksimum Menzili	30 km
Teorik Maksimum Havada Kalış Süresi	0.5 sa
Maksimum Havada Kalış için Gerekli Hız	50 km/sa



Şekil 1. ZANKA II.

2.2. Dihedral Açısı

Dihedral (Kanat bağlanma açısı) yatay yer düzlemine göre kanadın uçağa bağlandığı açıdır. Bu açı yatış esnasında uçağın yuvarlanmasını etkilemektedir. Yuvarlanma momenti yana yatma ile oluşur. Uçak aşağı yöne eğilen kanat tarafına yatarken bu tarafın hücum açısı da artar. Oluşan yuvarlanma momenti de yaklaşık olarak dihedral oranındadır.



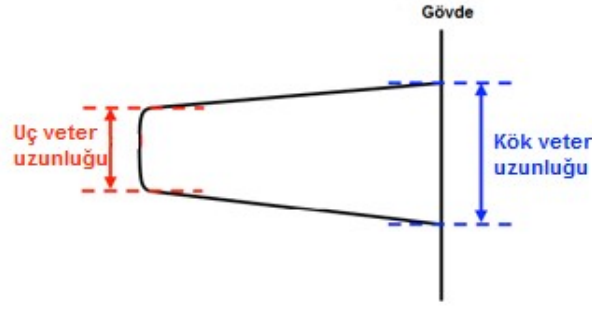
Şekil 2. Dihedral açısı illüstrasyonu.

Kanat meyli de yuvarlanma momentini etkilediğinden bağlanma açısıyla ilişkili olur. Kabaca 10 derecelik kanat meylinin 1 derecelik verimli bağlanma açısı etkisi oluşturduğu söylenebilir. Verimli bağlanma açısı kanadın gövde üzerindeki yerinden de etkilenir. Gövde havada ilerlerken havayı altına ve üstüne doğru iter. Eğer kanat yüksekten takılmışsa gövde üstünden itilen hava üst hava akımını çoğaltarak bağlanma açısının etkisini arttırmış olur. Tabi tersi de alçak bağlanmış kanat için doğru olur.

Aslında dihedralin birçok tasarım değişkenine etkisi vardır ama ne yazık ki uygun bağlanma açısı seçimi için şimdiye kadar kullanılan yöntemlerde bu etkiler göz önüne alınmamaktadır. Bu açı da birçok değişken gibi deneyim ve tecrübelerle dayanılarak seçilir.

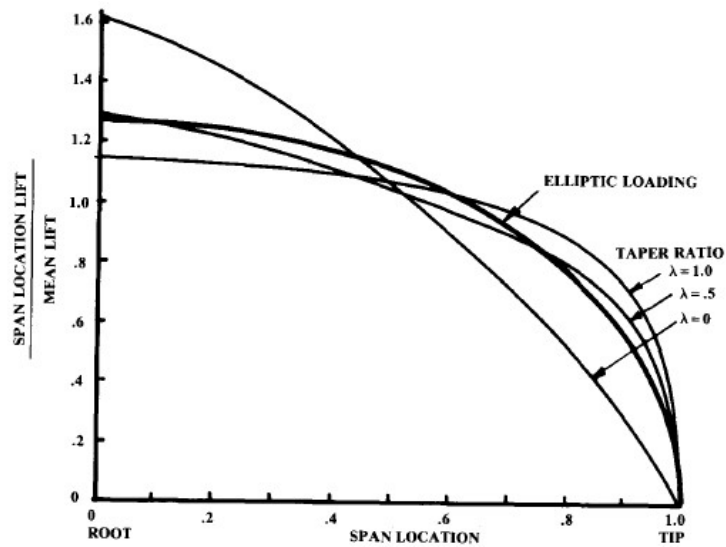
2.3. Sivrilik oranı (Taper ratio)

Kanat sivrilik oranı, λ , kanat ucundaki veter uzunluğunun kanat kökündeki uzunluğuna oranıdır. Az meyilli bir çok kanatta 0.4-0.5 aralığında bir oran kullanılırken fazla meyillilerde daha çok 0.2-0.3 aralığı kullanılır.



Şekil 3. Kanat sivriliği illüstrasyonu

Koniklik, taşıma kuvvetinin tüm kanat üzerine olan dağılımını etkilemektedir. Eliptik bir yapının kullanılması sürtünmenin en aza inmesini sağlamaktadır. Hiç meyillendirilmemiş ve merkezi kalınlaştırılmamış bir kanat için en düşük sürtünme ise kanadın elips şeklinde yapılmasıyla sağlanır. Ancak eliptik bir kanat şeklinin üretimi oldukça zor ve pahalıdır. En kolay üretilen kanat konikleştirilmeden ($\lambda=1$) üretilen dikdörtgen kanattır. Ama bu da kanadın her yerinde aynı veter uzunluğuna sahip olacağından eliptik kanada nazaran kanat uçlarında aşırı bir veter olmuş olur. Bu durum kanat uçlarını aşırı yükleyecek olması gerekenden daha fazla taşıma kuvvetinin uçlara kaymasına neden olacaktır. Sonuç olarak merkezi kalınlaştırılmayan dikdörtgen bir kanat eliptik bir kanada göre aynı açıklık oranında %7 daha fazla sürtünme oluşturur.



Şekil 4. Taşıma dağılımına konikliğin etkisi

Dikdörtgen bir kanat konikleştirildiğinde kanat ucundaki veter uzunluğu kısalmakta ve dikdörtgen kanatta sabit olan veter uzunluğunun istenmeyen etkisini bertaraf etmektedir. Sonuçta 0.45 koniklik oranı meyilsiz bir kanat için bu istenmeyen etkiyi neredeyse tamamen yok etmekte ve eliptik kanat üzerine etkiyen taşıma kuvvetine benzer şekilde taşımayı kanat üzerine dağıtmaktadır (Şekil-4). Bu da sürtünmenin tam eliptikteki gibi olmasa da %7’den %1’e kadar inmesini sağlamaktadır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Yöntem

Aerodinamik şekil optimizasyonunda giriş verileri olarak dihedral açısı ve sivrilik oranı (taper ratio); çıkış verileri olarak ise lift/drag oranı ile roll stabilite katsayısı seçilmiştir. Dihedral açısı ve sivrilik oranının belirli aralıktaki değerlerine karşılık hesaplanan lift/drag oranı ile roll stabilite katsayısı Tablo 2’de verilmiştir. Bu veriler kullanılarak YSA eğitilmiştir. Eğitimde geleneksel öğrenme algoritmaları yerine YAK algoritması kullanılmıştır. Böylece optimum YSA yapısı elde edilmiş ve bu yapı amaç fonksiyonu olarak maksimum çıkış değerlerinin elde edilmesinde kullanılmıştır.

Tablo 2. YSA’nın Giriş/Çıkış Parametreleri için Değer Aralıkları

	Parametreler	Değer Aralıkları
Girişler	Dihedral Açısı (ϕ)	0° - 25°
	Sivrilik Oranı (λ)	0.54-1
Çıkışlar	Lift/Drag Oranı	5.402-5.826
	Roll Stabilite Katsayısı	$(1.05e-3) - (6.00e-3)$

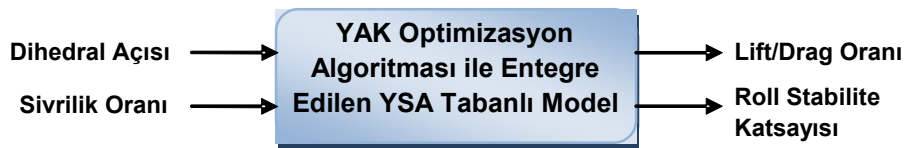
Çalışmada şekil optimizasyonunda kullanılması planlanan SPSA algoritması hızlı yakınsadığından bu algoritma yerine YAK algoritması tercih edilmiştir. YAK algoritması popülasyon tabanlı sezgisel bir algoritmadır. Çok boyutlu ve çok modelli optimizasyon

problemleri için bal arılarının yiyecek arama davranışları dikkate alınarak Prof. Dr. Derviş Karaboğa tarafından geliştirilmiştir. Algoritmanın temel adımları aşağıdaki gibidir:

Başlangıç yiyecek kaynaklarına kaşif arıları gönder.
REPEAT
Görevli arıları yiyecek kaynaklarına gönder ve nektar miktarlarını belirle.
Kaynakların gözcü arılar tarafından seçilme olasılıklarını hesapla.
Nektarı tüketilen kaynakların arılar tarafından kullanılmasını durdur.
Araştırma alanına yeni yiyecek kaynakları bulmaları için kaşif arıları rastsal olarak gönder.
O ana kadar bulunan en iyi yiyecek kaynağını hafızaya al.
UNTIL (durdurma kriterlerine ulaşıncaya kadar)

YAK optimizasyon algoritması, en fazla nektara sahip kaynağın yerini bulmaya çalışarak uzaydaki çözümlerden problemin minimumunu yada maksimumunu bulmaya çalışmaktadır. Yiyecek kaynaklarının yerleri, optimizasyon problemine ait olası çözümlere, nektar miktarları ise, o kaynakla ilgili çözümlerin kalitesine karşılık gelmektedir. Literatürde sıklıkla kullanıldığı için bu algoritma tercih edilmiştir.

Çalışmanın ilk adımında YSA yapısında dihedral açısı ve sivrilik oranı giriş parametreleri, lift/drag oranı ise çıkış parametresi olarak alınmıştır. İkinci olarak ise yine YSA yapısında dihedral açısı ve sivrilik oranı giriş parametreleri, roll stabilite katsayısı ise çıkış olarak alınmıştır. Ancak bu iki çıkışın eşit oranda öneme sahip olması için YSA yapısı güncellenerek iki çıkışlı olarak YAK algoritması ile entegre edilmiştir. Bu yapıya ilişkin blok diyagram aşağıdaki gibidir:



Şekil 5. YAK Algoritması ile Entegre Edilen YSA Tabanlı Modelin Blok Diyagramı.

Alınan Proje Kalemlerinin Kullanılması

Proje bütçesiyle üç boyutlu yazıcı alınmıştır. Yazıcı, fakültenin model uçak ile ilgili hem bu hem de diğer projelerinde tasarlanan model uçağa ait kritik parçaların üretiminde yoğun şekilde kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Çalışmada basit ve sade bir ağ yapısı oluşturmak için tek ara katmana sahip model seçilmiştir. Ara katmandaki nöron sayıları ise 2 ile 5 arası değişecek şekilde her bir aktivasyon fonksiyonu için ayrı ayrı simüle edilmiştir. Eğitimde YAK algoritması için koloni büyüklüğü 30, iterasyon sayısı 5000 ve runtime 30 olarak seçilmiştir. Bu iterasyon sürecinde 2, 3, 4 ve 5 nöron sayıları için hesaplanan toplam ağırlık ve bias parametre sayıları sırasıyla 12, 17, 22, 27'dir. Bu simülasyonlara ait hata değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Ara Katmanda Farklı Nöron Sayıları ile Farklı Aktivasyon fonksiyonları için YSA'nın YAK algoritmasıyla eğitimi sonucu elde edilen en iyi MSE değerleri.

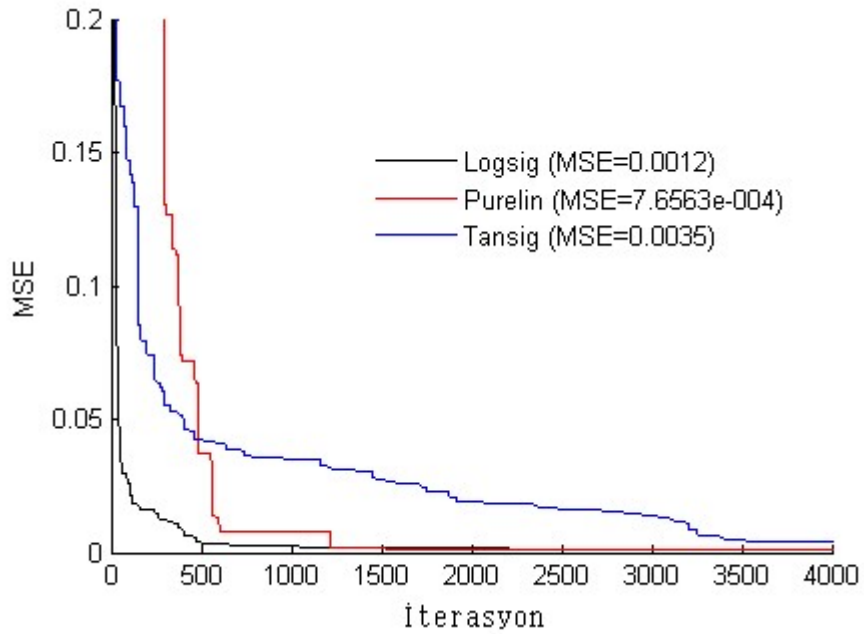
Ara Katmandaki Nöron Sayısı	Aktivasyon Fonksiyonu	Eğitim Hatası (MSE)
2	Logsig	0.0052
	Purelin	8.9976e-004
	Tansig	0.0050
3	Logsig	0.0032
	Purelin	0.0010
	Tansig	0.0044
4	Logsig	0.00124
	Purelin	0.0011
	Tansig	0.0036
5	Logsig	0.0012
	Purelin	7.6563e-004
	Tansig	0.0035

Tablo 3'e bakıldığında aktivasyon fonksiyonları için en iyi MSE, 5 nöron sayısında elde edilmiştir. Bu durumda tek ara katmana sahip YSA modelinde; üç aktivasyon fonksiyonu için

de ağ yapısı 2x5x2'dir. Optimum YSA modelinde elde edilen en iyi, en kötü, ortalama MSE değerleri ile standart sapma değerleri Tablo 4'deki gibi elde edilmiştir. Tansig, logsig ve purelin aktivasyon fonksiyonlarının kullanıldığı YSA tabanlı en iyi modellere ait iterasyon-MSE değişim grafiği Şekil-6'da sunulmuştur.

Tablo 4. Farklı aktivasyon fonksiyonları için elde edilen MSE ve standart sapma değerleri.

Performans Kriterleri	Logsig	Purelin	Tansig
En iyi MSE	0.0012	7.6563e-004	0.0035
En kötü MSE	0.0038	0.0069	0.0213
Ortalama MSE	0.0026	0.0028	0.0108
Standart Sapma	7.2468e-004	0.0018	0.0049



Şekil 6. YSA tabanlı Modellerin İterasyon-MSE Değişim Grafiği.

Tahmin problemlerinde kullanılan optimizasyon algoritmaları için amaç fonksiyonun iyi tanımlanması oldukça önemlidir. Çalışmanın bu son adımında amaç fonksiyonu, YSA'ya dayalı olarak roll stabilite katsayısı ve lift/drag oranını (aerodinamik fines) içerecek şekilde belirlenmiş ve YAK algoritması ile entegre edilmiştir. Amaç fonksiyonunun YSA dayanması

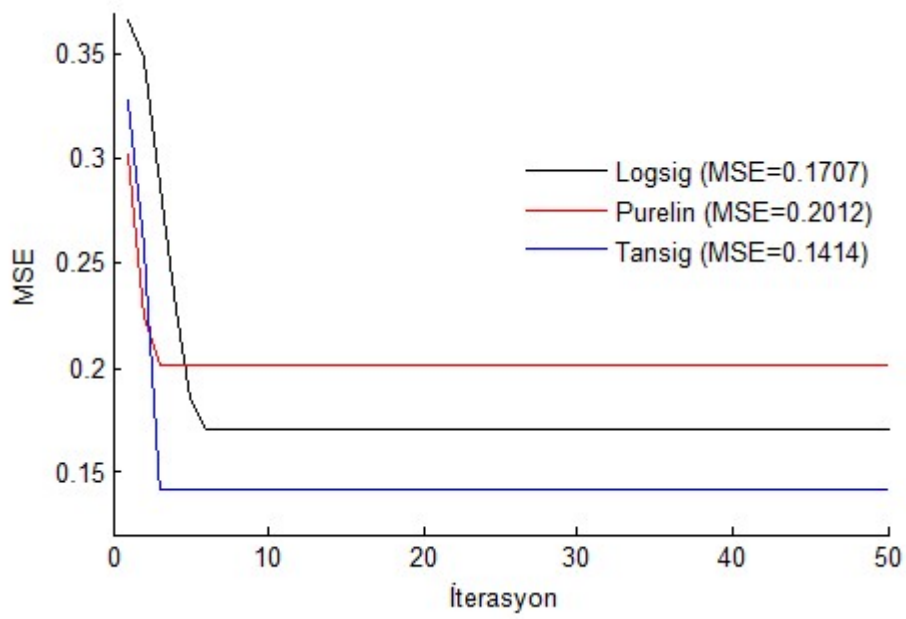
sebebiyle fazla iterasyon sayısına ihtiyaç duyulmadan hızlı bir şekilde çözüme ulaşılmıştır. YAK algoritması için kısıtlar 30 koloni büyüklüğü, 50 iterasyon sayısı ve 1 runtime şeklinde seçilmiştir. Elde edilen farklı aktivasyon fonksiyonlarına sahip optimum YSA modelleri ile yapılan optimizasyona bazı tablo ve grafikler aşağıda sunulmuştur.

Tablo 5. İterasyona karşılık giriş-çıkış değerleri ile MSE değerinin değişimi.

Aktivasyon Fonksiyonu	İterasyon	Optimizasyon Hatası (MSE)	Elde Edilen Giriş Değerleri		Elde Edilen Çıkış Değerleri	
			φ	λ	C_{I_β}	$E_{\max}$
Logsig	1	0.3662	10.7629	0.5400	0.0024	5.7731
	2	0.3484	11.1712	0.5400	0.0025	5.7707
	3	0.2889	12.9756	0.5400	0.0029	5.7595
	4	0.2288	16.2477	0.5400	0.0034	5.7348
	5	0.1861	19.9808	0.5400	0.0041	5.7031
	10	0.1711	22.5141	0.5400	0.0046	5.6796
	50	0.1707	22.9387	0.5400	0.0047	5.6756
Purelin	1	0.3026	24.7934	0.6277	0.0053	5.5983
	2	0.2259	19.5511	0.5400	0.0040	5.6803
	3	0.2015	23.0717	0.5400	0.0048	5.6556
	4	0.2015	23.0717	0.5400	0.0048	5.6556
	5	0.2015	23.0717	0.5400	0.0048	5.6556
	10	0.2012	23.5561	0.5400	0.0049	5.6522
	50	0.2012	23.4712	0.5400	0.0049	5.6528
Tansig	1	0.3286	25.0000	0.7662	0.0060	5.5829
	2	0.2597	25.0000	0.7312	0.0059	5.6100
	3	0.1414	25.0000	0.5400	0.0054	5.6730
	4	0.1414	25.0000	0.5400	0.0054	5.6730
	5	0.1414	25.0000	0.5400	0.0054	5.6730
	10	0.1414	25.0000	0.5400	0.0054	5.6730
	50	0.1414	25.0000	0.5400	0.0054	5.6730

Tablo 6. Optimizasyon sürecinde elde edilen MSE, Giriş ve Çıkış Değerleri.

Aktivasyon Fonksiyonu	Ara Katmandaki Nöron Sayısı	Eğitim Hatası (MSE)	Optimizasyon Hatası (MSE)	Bulunan Giriş Değerleri	Bulunan Çıkış Değerleri
Logsig	5	0.0012	0.1707	22.9387 0.5400	0.0047 5.6756
Purelin	5	7.6563e-004	0.2012	23.4711 0.5400	0.0049 5.6528
Tansig	5	0.0035	0.1414	25.0000 0.5400	0.0054 5.6730



Şekil 7. Optimizasyon Sürecinde Elde Edilen İterasyon-MSE Değişim Grafiği.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

$C_{l\beta}$ ve E_{max} 'ın eş zamanlı iyileştirilmesinde yapay zeka teknikleri kullanılmıştır. İHA'nın yeniden tasarımı için sinir ağı ve optimizasyon algoritması tercih edilmiştir. Bu bağlamda, $C_{l\beta}$ ve E_{max} 'ın eniyilenmesinde YSA tabanlı amaç fonksiyonu, YAK algoritması ile maksimize edilmiştir. $C_{l\beta}$ ve E_{max} ters orantılı parametreler olmasına rağmen bu çalışmada eşit önemle maksimize edilmiştir. Sunulan modelin sonuçları şekil ve tablolar ile verilmiştir. Verilen şekil ve tablolar incelendiğinde, optimizasyon için MSE değerinin azaldığı ve elde edilen giriş-çıkış parametrelerinin istenen aralıklarda olduğu görülmektedir. Logsig, purelin ve tansig aktivasyon fonksiyonları için hata değerindeki yüzde iyileşme oranları yaklaşık olarak sırasıyla %53, %33, %56'dır. Bu nedenle sonuçların tatmin edici olduğu söylenebilmektedir. Böylece, İHA'nın yeniden şekillendirilmesinde teorik hesaplamaların neden olduğu karmaşıklık ve zaman kaybı önlenerek, basit, hızlı, doğru ve etkili bir yöntem sunulmuştur. Bu yeni yaklaşım UAV tasarımcıları için alternatif bir yöntem olarak öngörülmektedir.

Proje kapsamında yapılan çalışmalar yayına dönüştürülerek, "Neural Network Based Redesign of Morphing UAV For Simultaneous Improvement of Roll Stability and Maximum Lift/Drag Ratio" ismi ile SCI Expanded kapsamındaki "*Aircraft Engineering and Aerospace Technology*" adlı dergiye gönderilmiş olup yayın halen incelenme aşamasındadır.

KAYNAKLAR

- [1] Dikmen, İ. C., Arısoy, A. ve Temeltaş, H. 2010. “Dikey İniş-Kalkış Yapabilen Dört Rotorlu Hava Aracının (Quadrotor) Uçuş Kontrolü”, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 3, 33-40.
- [2] Erdemir, S. 1998. “İHA Sistemlerinde Hava Aracı ve Görev Faydalı Yükleri”, ASELSAN, 45.
- [3] Güney K., Onay, M. 2004. “İnsansız Hava Araçlar ve İmge İşlemenin Vizyonu”, V. Havacılık Sempozyumu, Kayseri.
- [4] Onay, M., Özkoca, M., Çıklaiblikçi, K. İ., Batgı, S. 2013. “İnsansız Hava Aracı ile Trafik Denetimi”, IV. Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu, Ankara.
- [5] Acree, C. W. Jr. and Johnson, W. 2006. “Performance, Loads and Stability of Heavy Lift Tiltrotors”, AHS Vertical Lift Aircraft Design Conference, San Francisco, California, American Helicopter Society International.
- [6] Wisnoe, W., Nasir, R.E.M., Kuntjoro, W., and Mamat, A.M.I. 2009. “Wind Tunnel Experiments and CFD Analysis of Blended Wing Body (BWB) Unmanned Aerial Vehicle (UAV) at Mach 0.1 and Mach 0.3, 13”, International Conference on Aerospace Sciences & Aviation Technology.
- [7] Yeo, H. and Johnson, W. 2009. “Performance and Design Investigation of Heavy Lift Tilt-Rotor with Aerodynamic Interference Effects”, Journal of Aircraft, 46(4):1231-1239.
- [8] Mariens, J. 2012. “Wing Shape Multidisciplinary Design Shape”, Master Thesis, Delft University of Technology.
- [9] Oktay, T., Çelik, H. and Uzun, M. 2017. “A novel learning algorithm to estimate the optimum fuselage drag coefficient”, Sakarya University Journal of Science, 21(1):63-68.

- [10] Oktay, T., Uzun, M., Kanat, Ö.Ö. 2017. "Improvement of Wingtip Vortex With Active Flow Control Technique", 2. International Defence Industry Symposium, KIRIKKALE, TÜRKİYE.
- [11] Rai, M. M. and Madavan, N. K. 2001. "Application of Artificial Neural Networks to the Design of Turbomachinery Airfoils", *Journal of Propulsion and Power*, 17(1):176-183.
- [12] Greenman, R.M. and Roth, K.R. 1998. "High-Lift Optimization Design Using Neural Networks on a Multi-Element Airfoil", *J. Fluids Eng.*, 121(2):434-440.
- [13] Norgaard, M., Jorgenson, C.C. and Ross, J.C. 1997. "Neural Network Prediction of New Aircraft Design Coefficients", NASA TM 112197.
- [14] Jorgensen, C. T. 1997. "Direct Adaptive Aircraft Control Using Dynamic Cell Structure Networks", NASA TM-112198, 1997.
- [15] Totah, J. 1996. "Simulation Evaluation of a Neural Based Flight Controller", AIAA Meeting Papers on Disc., pp. 259-266, presented at the AIAA Flight Simulation Technology Conference, San Diego, USA.
- [16] Kawthar-Ali, M. and Acharya, M. 1996. "Artificial Neural Networks for Suppression of the Dynamic Stall Vortex over Pitching Airfoils", AIAA 34th Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, NV, USA.
- [17] McMillen, R. L., Steck, J. E. and Rokhsaz, K. 1995. "Application of an Artificial Neural Network as a Flight Test Data Estimator", *Journal of Aircraft*, 32(5): 1088-1094.
- [18] Rokhsaz, K. and Steck, J. E. 1993. "Application of Artificial Neural Networks in Nonlinear Aerodynamics and Aircraft Design", SAE Technical Paper 932533.
- [19] Huang, S., Miller, L. and Steck, J. 1994. "An Exploratory Application of Neural Networks to Airfoil Design", 32nd Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Aerospace Sciences Meetings, Reno, NV, USA.

- [20] Rajkumar, T. and Bardina, J. 2002. "Prediction of aerodynamic coefficients using neural network for sparse data", in: FLAIRS 2002 Proceedings, Florida, USA.
- [21] Djavareshkian, M.H. and Esmaili, A. 2014. "Heuristic optimization of submerged hydrofoil using ANFIS-PSO", *Ocean Engineering*, 92:55-63.
- [22] Hacıoglu, A. 2004. "Yapay Sinir Ağı ile Güçlendirilmiş Genetik Algoritma ve Tersten Kanat Profili Dizaynı", *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 1(3):1-7.
- [23] Hacıoglu, A. 2006. "Hızlı Evrimsel Eniyileme için Yapay Sinir Ağı Kullanılması", *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 2(3):1-8.
- [24] Oktay, T., Konar, M., Abdallah Mohamed, M., Aydın, M., Şal, F., Onay, M., et al. 2016. "Autonomous Flight Performance Improvement of Load-Carrying Unmanned Aerial Vehicles by Active Morphing", *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 10(1):123-132.
- [25] Oktay, T., Uzun, M., Yılmaz, I., Konar, M. 2016. "Aerodynamic Nose Shape Optimization for Performance Maximization of Morphing Autonomous Aerial Robot", 2nd International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2016), Saraybosna, BOSNA HERSEK.
- [26] Oktay, T., Uzun, M. 2016. "Aerodynamic Tailcone Shape Optimization for Autonomous Navigation Performance Maximization of Morphing Aerial Robot", 2nd International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2016), Saraybosna, BOSNA HERSEK.
- [27] Oktay, T., Çelik, H. and Uzun, M. 2017. "A novel learning algorithm to estimate the optimum fuselage drag coefficient", *Sakarya University Journal of Science*, 21(1):63-68.