

UÇAK KARA KUTUSUNDAN ALINAN VERİLER KULLANILARAK UÇUŞ PARAMETRELERİNİN YAPAY SİNİR AĞI İLE ANALİZİ VE TAHMİNİ¹

Ramazan TEMEL¹, İlke TÜRKMEN²

¹ *Kapadokya Üniversitesi, Kapadokya Meslek Yüksekokulu, Nevşehir / Türkiye*

² *Erciyes Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Kayseri / Türkiye*

Öz: Uçağa ait aerodinamik yapının dizaynı, yapımı ve uçağın işletilmesi aşamasında kullanılacak çoğu parametrenin hava basıncı ile doğrudan ilişkisi bulunmaktadır. Bu nedenle uçağın pitot-statik ölçüm sensörleri ile bu parametrelerin hesaplanması için kullanılacak basınç ve sıcaklık verilerinin sağlıklı alınabilmesi büyük önem arz etmektedir.

Uçak performansını değerlendirmek için genel olarak iki parametre yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu parametrelerden birincisi olan hücum açısı (AOA-Angle Of Attack), uçağın performans limitlerini anlamada önemli bir aerodinamik parametredir. Son dönem havacılık kazaları ve olayları, ticari havacılık açısından öncelikli olarak yeni uçuş eğitim programlarında AOA'a daha fazla önem verilmesini sağlamıştır. Performans açısından ikinci önemli parametre olarak mach sayısı kullanılmaktadır. Mach sayısı, hareket halindeki hava aracının hızı ile ölçüm yapılan ortamın şartlarına göre belirlenmiş ses hızına oranı olarak ifade edilmektedir. Teknolojideki gelişmeler sayesinde uçaklar çok yüksek hızlarda uçabilmekte olup düşük hızda icra edilen uçuş faaliyetlerinde rastlanmayan farklı uçuş karakteristikleri yüksek hızlarda gerçekleştirilen uçuşlar esnasında görülebilmektedir. Mach sayısı, hava araçlarının aerodinamik performans ve kanat profil karakteristiği gibi parametreleri belirlemektedir.

Bu çalışmada, geleneksel olarak pitot statik sensörler aracılığıyla ölçülen basınç ve sıcaklık değerleri ile hesaplanan hücum açısı ve mach hızı, kara kutudan elde edilen motor parametreleri kullanılarak Yapay Sinir Ağları (YSA) ile tırmanma için tahmin edilmiş ve sonuçlar gerçek değerler ile karşılaştırılmıştır. Böylelikle pitot statik sistem sensörlerinde meydana gelecek bir arıza durumunda hücum açısı ve mach sayısının hesaplanmasında kullanılacak alternatif bir yöntem geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kara Kutu, Yapay Sinir Ağı (YSA), Hücum Açısı, Mach Sayısı, Uçuş Kayıt Cihazı

GİRİŞ ve KURAMSAL ÇERÇEVE

Günümüzde, gelişen teknoloji ile birlikte uçaklara ait tüm uçuş bilgilerinin kaydedildiği, FDR (Flight Data Recorder) ve benzeri sistemler bulunmaktadır. FDR'de kullanılan veri toplama sistemi ile çeşitli uçak parametrelerini temsil eden çoklu analog ve ayrık sinyaller alınarak, uçuş veri kayıt cihazına ait merkezi işlem ünitesinden gelen tüm veriler ile beraber belirli bir kazanç faktörü ile yükseltildikten sonra dijital sinyaller biçiminde hafızaya kaydedilmektedir (Stephenson, 1987). Hava araçlarında meydana gelen kaza/kırım olaylarından sonra FDR parametreleri incelenerek kaza sebepleri ortaya konmaya çalışılmaktadır. Ayrıca geliştirilen elektronik sistemlerin kaydettiği uçuş parametreleri sayesinde, kazaya sebep olan faktörler belirlenerek uçuş güvenliğini artıran yedek alternatif sistemlerin geliştirilmesi sağlanmaktadır. Hava araçlarında bulunan sistem hatalarından oluşacak tehdit ve tehlikeler, havacılık operasyonlarının ayrılmaz bir parçasıdır. Sistem hatalarını asgari düzeye indirmek amacıyla uçak üreticileri yedek sistemler üzerindeki çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır. Bunun için uçak performans parametreleri büyük önem kazanmıştır.

¹ Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

YSA'lar öğrenme ve genelleme yeteneği ile birlikte birden fazla girişe ve çıkışa sahip sistemlere uyarlanabilmesi sebebiyle tercih edilmektedir. Bununla birlikte paralel sistemler gibi çalışabilmeleri nedeniyle hataların azaltılması ve bilginin hızlı işlenmesi oldukça iyi sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. (Tekin ve Gökbulut, 2008: 449-453). Havacılık alanında da YSA'nın pek çok uygulamasına rastlamak mümkündür (Hacıoğlu, 2004: 1-7; Arık, 2014).

Arık (2014) tarafından YSA modeli kullanılarak alternatif bir hava veri bilgisayarı (Air Data Computer, ADC) tasarımı yapılmıştır. YSA modeli oluşturulurken giriş parametreleri statik hava basıncı, dinamik hava basıncı, total hava sıcaklığı, çıkış parametreleri ise irtifa, kalibre edilmiş hava hızı, Mach sayısı ve statik hava sıcaklığı değerleri olarak belirlenmiştir. Hava veri parametrelerini hesaplamak için önerilen ağ modeli olarak çok katmanlı YSA seçilmiştir. Ağ mimarisi olarak ise ileri beslemeli yapı tercih edilmiştir.

Altuntaş (2007), yakıt tüketiminin YSA ile modellenmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada uçuşun her bir fazı için farklı giriş parametreleri kullanılmış olup her uçuş fazındaki yakıt tüketim modeli YSA ile tahmin edilmiştir. Sonuç olarak, etkili ve hata oranı düşük, uçağın yakıt tüketim miktarını tahmin edebilen bir YSA modellemesi gerçekleştirilmiştir.

Wang ve arkadaşları tarafından FDR verileri kullanılarak uçak motorunun performans değerlendirmesi ve tahmini yapılmıştır. Çoklu ölçüm parametrelerine dayalı olarak örnek oluşturma, performans değerlendirmesi ve performans tahmini YSA ile modellenmiştir (Wang, Liu ve Tang, 2022:1-12)

Jeong ve arkadaşları, uçağın inişinde maksimum gerilme ve yükleri tahmin edebilmek için YSA kullanmışlar ve YSA'ların yeterli doğrulukta gerilme ve iniş yüklerini başarılı bir şekilde tahmin ettiği gözlemlenmiştir (Jeong, Lee, Ham, Kim ve Cho, 2020:117-132).

Bu çalışmada, AOA ve Mach sayısının hesaplanmasında kullanılacak ölçüm sistemlerinde veya parametrelerin hesaplanmasında kullanılan bilgisayar sistemlerinde meydana gelecek olası arızalar durumunda ilgili parametrelerin pilot ve ekibine eksiksiz ve sürekli olarak aktarılabilmesini sağlayacak alternatif yöntemlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için, normal koşullarda pitot statik ölçüm sensörlerinden elde edilen parametreler yardımıyla ADC tarafından hesaplanan AOA ve Mach sayısı uçak motor parametreleri kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Hava aracı üzerinde pitot-statik sisteme dâhil olmayan fan devir hızı (N1), core devir hızı (N2) ve motor basınç oranı (Engine Pressure Ratio-EPR) olarak belirlenen motor parametreleri kullanılarak AOA ve Mach sayısını tahmin edecek alternatif bir model oluşturulmuştur. Model tırmanma fazını kapsayacak şekilde dizayn edilmiştir.

AMAÇ

Bu çalışmanın amacı, AOA ve Mach sayısının hesaplanmasında kullanılan geleneksel ölçüm ve hesaplama sistemlerinde meydana gelecek olası arızalar sonucu, ilgili parametrelerin pilot ve ekibine bildirebilecek alternatif bir hesaplama yöntemi geliştirilmesidir.

KAPSAM

Bu çalışmada önerilen YSA modellerinde kullanılan giriş ve çıkış veri kümesi Boeing 757 tipi yolcu uçağının gerçek uçuşlarına ait FDR kayıtlarından elde edilmiştir. Giriş parametreleri olarak; sağ ve sol motordan ayrı ayrı alınan fan devir hızı (N1), Core devir hızı (N2) ve Motor Basınç Oranı (Engine Pressure

¹ Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Ratio-EPR) değerleri kullanılmıştır. Çalışmada uçuşa ait tırmanma fazına ait veriler kullanılmış ve bu fazlardaki tahminler ele alınmıştır.

YÖNTEM

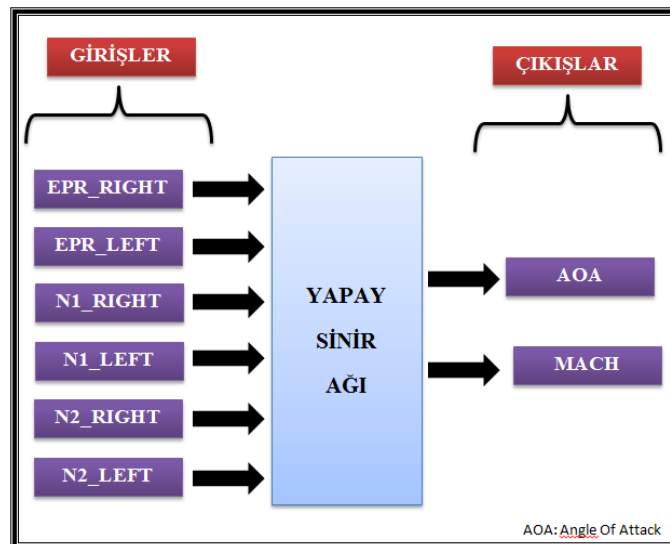
Matematiksel olarak bir denklem ile ifade edilemeyen ve insan tarafından özölmesi zor olan problemlerin yapay zekâ yöntemleri ile özölmesi, uygulamalar açısından vazgeçilmez bir durum haline gelmiştir. Yapay zekâ uygulamalarının başka bir ismi de literatürde zeki sistemler olarak geçmektedir. Zeki sistemlerin, olaylara ve problemlere özömler üretebilmeleri veya çalışırken bilgiye dayalı olarak karar verebilme özelliklerinin olması en önemli özelliklerindedir (Elmas, 2007). Bu mekanizmaların taklit edilmesi, YSA gibi farklı yöntemlerin doğmasına neden olmuştur (Yeloğlu ve Uğur, 2004: 1-8).

Bu çalışmada; uçak motor parametreleri ile AOA ve mach hızının hesaplanması amacıyla çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları (ÇKYSA), Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA) ve Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağı (GRYSA) kullanılarak farklı modeller ortaya konulmuş ve karşılaştırma yapılmıştır (Temel, 2017).

BULGULAR

Bu alışmada, Boeing firmasının B-757 tipi uçağının hücum açısı ve mach sayısı hesaplanması problemleri ayrı ayrı dikkate alınmış ve bu parametreleri hesaplamak için motor parametreleri verileri kullanılmıştır. Geliştirilen YSA modeli Şekil 1'de gösterilmiştir. Problemin özümü amacıyla YSA tekniklerinden çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları (ÇKYSA), Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları (RTYSA) ve Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağı (GRYSA) kullanılarak farklı modeller ortaya konulmuştur. Üretici firmanın vermiş olduğu gerçek değerler ile oluşturulan model değerleri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

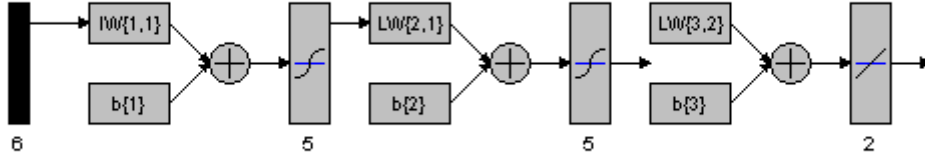
Şekil 1. YSA'nın Giriş ve ıkışları



Bu çalışmada öncelikli olarak ileri beslemeli geriye yayılım (feed forward backpropagation) algoritmasını kullanılmıştır. Şekil 2'de ağın bir giriş iki gizli ve bir çıkış katmanından oluştuğu görölmektedir. Aktivasyon fonksiyonu olarak gizli katmanlarda Tangent-Sigmoid(tansig), çıkış katmanında ise purelin aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır.

¹ Bu alışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

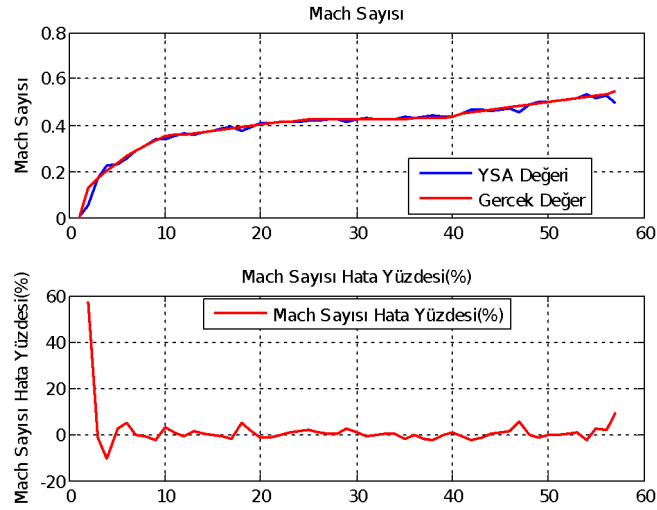
Şekil 2. Feed Forward Backpropogation Ağ Yapısı



Mach sayısı için ÇKYSA modelinde BP algoritmasında en iyi sonuçlar 8x8'lik bir ağ yapısı, hücum açısı için en iyi sonuçlar ise 5x5'lik bir ağ yapısı kullanılarak elde edilmiştir. Her iki çıkışı aynı anda göz önüne alacak olursak bu durumda 5x5'lik ağ yapısı diğer yapılardan daha iyi sonuçlar vermiştir.

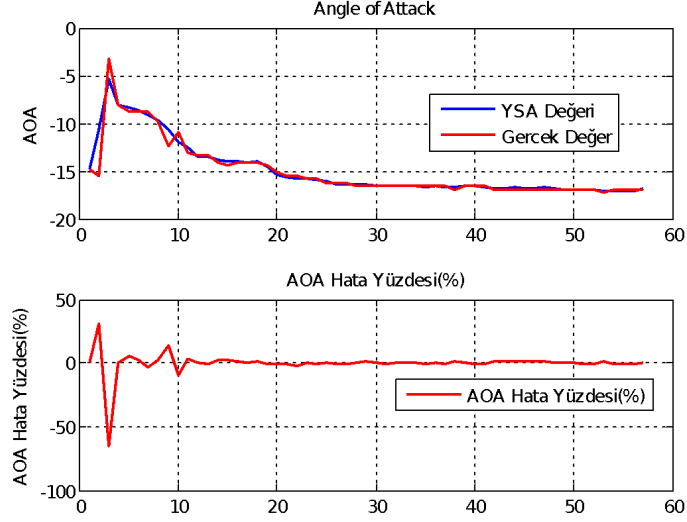
ÇKYSA modeli için 5x5'lik ağ yapısı sonucunda elde edilen grafikler şekil 3 ve 4'te verilmiştir.

Şekil 3. ÇKYSA 5x5'lik Kural Yapısı Mach Sayısı Tırmanma Fazı Sonuçları



Şekil 4. ÇKYSA 5x5'lik Kural Yapısı Hücum Açısı Tırmanma Fazı Sonuçları

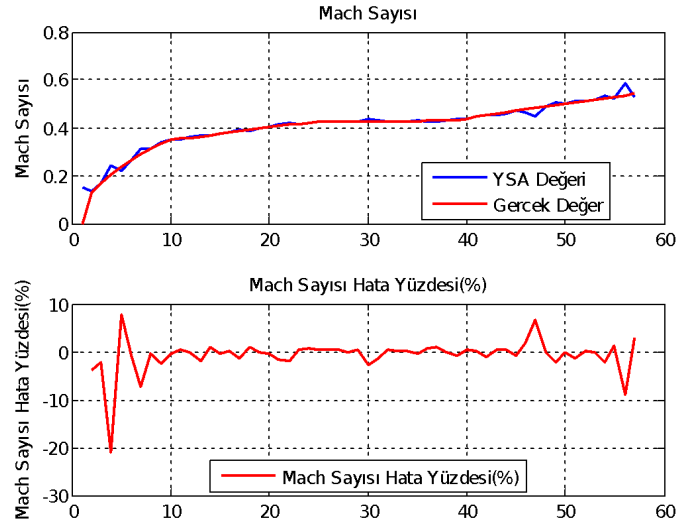
¹ Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.



RTYSA için farklı “Dağılma Sabiti(Spread Constant)” değerleri kullanılarak en iyi çözüm bulunmaya çalışılmış ve mutlak hata miktarına göre karşılaştırma yapılmıştır. Çalışma esnasında nöron sayısı 50(elli) olarak belirlenmiştir.

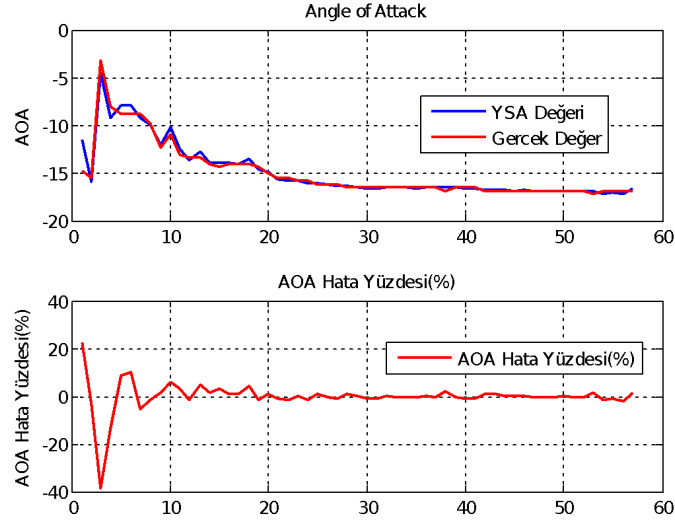
Tırmanma fazı için RTYSA ile yapılan çalışmalar sonucunda; mach sayısı ve hücum açısı için 0,25 dağılma sabiti değeri diğer modellere göre daha iyi sonuç vermiştir. Şekil 5 ve 6’da mach sayısı ve hücum açısı için grafikler verilmiştir.

Şekil 5. Mach Sayısı RTYSA Tırmanma Fazı Sonuçları



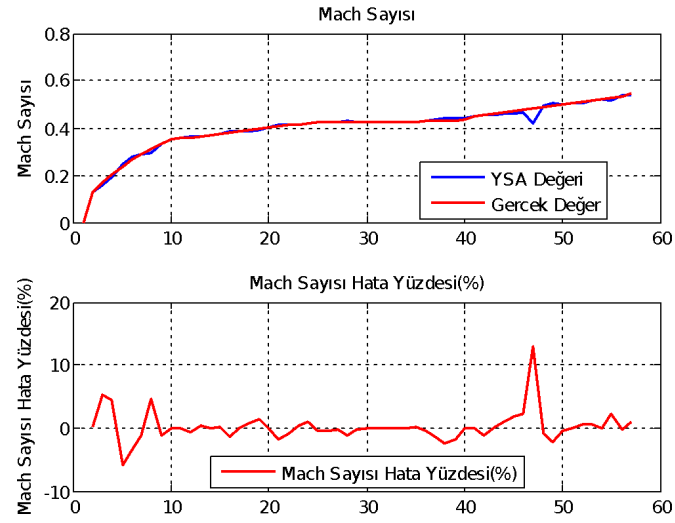
¹ Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Şekil 6. Hücüm Açısı RTYSA Tırmanma Fazı Sonuçları



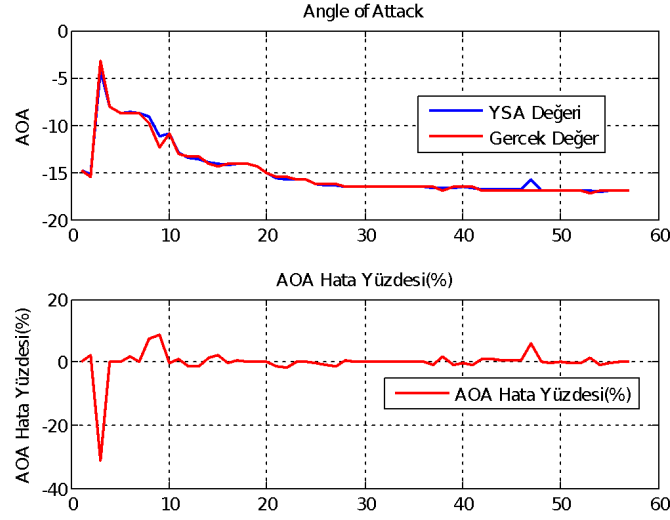
Tırmanma fazı için GRYSA yönteminde spread constant değeri 0,029 olarak belirlendiğinde diğer ağ yapılarından daha iyi sonuçlar vermiştir. Elde edilen mach sayısı ve hücüm açısı grafikleri Şekil 7 ve 8’de gösterilmiştir.

Şekil 7. Mach Sayısı GRYSA Tırmanma Fazı Sonuçları



¹ Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Şekil 8. Hücüm Açısı GRYSA Tırmanma Fazı Sonuçları



SONUÇ

Bu çalışma uçak kayıt cihazında alınan bilgiler sayesinde tırmanma fazında motor parametreleri ile mach sayısı ve hücüm açısı gibi parametrelerin yapay sinir ağlarının çeşitli algoritmaları ile tahmini yapılmıştır. Her algoritma için hesaplanan ortalama mutlak hata miktarları hesaplanmış ve karşılaştırma imkânı sağlanmıştır. Tablo 1 tırmanma fazı için tasarlanan bütün yapay sinir ağı modellerinde elde edilen en iyi ortalama mutlak hata değerleri verilmiştir. Bu tabloya göre GRYSA modelinde diğer modellerden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 1. Tırmanma Fazı için Ortalama Mutlak Hata Değerleri

Algoritma	Nöron Sayısı/Spread Constant	Mach Sayısı Mutlak Ortalama Hata	Hücüm Açısı Mutlak Ortalama Hata
Feed Forward Backpropagation ÇKYSA	8x8	0,0080	0,3061
RTYSA	0,25	0,0086	0,2948
GRYSA	0,029	0,0048	0,1443

Yapılan çalışmada uçuşun tırmanma için ÇKYSA, RTYSA ve GRYSA ağ yapıları kullanılarak AOA ve mach sayısı değerleri tahmin edilmiş gerçek değerler ile karşılaştırılmıştır.

Yapılan çalışmada uçuşun tırmanma için ÇKYSA, RTYSA ve GRYSA modelleri oluşturulmuş elde edilen sonuçlara göre, kullanılan yapay zekâ tekniklerinin uçuş kontrol sistemlerinde etkili ve başarılı olduğu

¹ Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

açıkça ortaya konulmuştur. Karar mekanizmalarının değerlendirme sürecinde oluşturulan ÇKYSA, RTYSA ve GRYSA modellerinden yararlanılabileceği söylenebilir.

Sonuçlara bakıldığında birden fazla girdinin olduğu ve aralarında matematiksel bağıntının kesin olarak bilinemediği sistemlerde YSA oldukça başarılı, verimli ve güvenilir sonuçlar veren bir yöntemdir.

KAYNAKÇA

Stephenson, E. A. (1987). *U.S. Patent No. 4,656,585*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Tekin, A., & Gökbulut, M. (2008). Yapay Sinir Ağları ile Asenkron Motorların Hız Kontrolü için Bir Eğitim Yazılımının Geliştirilmesi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(3), 449-453.

Hacıoğlu, A. (2004). Yapay Sinir Ağı ile Güçlendirilmiş Genetik Algoritma Ve Tersten Kanat Profili Dizaynı. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 1(3), 1-7.

Arık, S., 2014. Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Hava Veri Bilgisayarı Parametrelerinin Hesaplanması. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 86 s.

Altuntaş, Y., 2007. Uçak Kara Kutusundan Alınan Kayıtların Yapay Sinir Ağları İle İncelenmesi. Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 83 s.

Wang, P., Liu, K., & Tang, Z. (2022). Aero-Engine Performance Evaluation and Prediction Based on FDR Data (Flight Data Recorder). In *Advances in Guidance, Navigation and Control* (pp. 1-12). Springer, Singapore.

Jeong, S. H., Lee, K. B., Ham, J. H., Kim, J. H., & Cho, J. Y. (2020). Estimation of maximum strains and loads in aircraft landing using artificial neural network. *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*, 21(1), 117-132.

Temel, R., 2017. Uçak Kara Kutusundan Alınan Veriler Kullanılarak Hücüm Açısı ve Mach Sayısının YSA ve ANFIS İle Tahmini. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 90 s.

Elmas, Ç., (2007), *Yapay Zeka Uygulamaları*, Seçkin Yayınevi, Ankara.

Yeloğlu, Ö., & Uğur, A., (2004), "Modern Programlama Platformlarında Yapay Sinir Ağı Yazılımlarının Geliştirilmesi", Bilgi Teknolojileri Kongresi III (Bilgitek 2004), Denizli, 1-8.

Tekin, A., & Gökbulut, M., (2008), "Yapay Sinir Ağları ile Asenkron Motorların Hız Kontrolü için Bir Eğitim Yazılımının Geliştirilmesi", *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(3), 449-453.

¹ Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.