

Hatveli Pervaneler için Yapay Zekâ Tabanlı İtki Parametreleri Tahmini

Abdulkadir Aykaç¹, Berat Alku²
ve Ömer Abdo³
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya

Hasan Hüseyin Bilgiç⁴, Muhammet Öztürk⁵
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya
ve Muhsin Hançer⁶
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

ÖZET

Hatveli pervanelerin itki, verimlilik ve pervane itki katsayıları gibi parametreler deneysel uygulamalar sonucunda belirlenmektedir. Bu parametreler pervanenin çapına, hatvesine, pal sayısına, pervanenin dönüş hızına, bağıl rüzgâr hızına ve irtifaya göre değişkenlik göstermektedir. Farklı tasarım parametreleri ile üretilen pervanelerden her seferinde itkiye bağlı değerleri hesaplamak oldukça zahmetli bir süreçtir. Bu parametreler bilgisayar destekli yazılımlarla hesaplanmasına karşın bu süreç de oldukça uzun sürmektedir. Bu çalışmada, pervaneye ilişkin iki yüz farklı tasarım parametresi kullanılarak Prop Selector Aerodesign yazılımı ile analiz edilerek itki, verimlilik ve pervane itki katsayıları hesaplanmıştır. Ardından bu veri setleri kullanılarak yapay sinir ağları ile ara değerler için itki, verimlilik ve pervane itki katsayıları tahmin edilmiştir. Analiz sürecinde 160 adet veri seti eğitim için kalan 40 adet veri seti ise tahmin için kullanılmıştır. Tasarım parametrelerinden pervanenin çapı, hatve, pal sayısı, pervanenin dönüş hızı, bağıl rüzgâr hızı ve irtifa bağımsız değişken; itki, verimlilik ve pervane itki katsayıları ise bağımlı değişken olarak seçilmiştir. Önerilen tahmin yaklaşımının başarısı MAPE, MAE, RMSE, R ve MSE gibi ölçütler ile ortaya koyulmuştur. Önerilen yaklaşım ile eğitim sürecinde kullanılan ara değerler haricinde seçilecek tasarım parametreleri ile pervanenin karakteristik özellikleri hesaplanabilecektir. Sonuçlar, yapay sinir ağlarının hava aracı teknolojilerinde kullanım potansiyelini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın, yapay sinir ağları ve hava aracı performansı alanlarında gelecek araştırmalara yol gösterici bir temel olması beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Yapay sinir ağları, hatveli pervane, itki, itki katsayısı, performans

GİRİŞ

Yapay Sinir Ağları (YSA), havacılık endüstrisinde kritik bir rol oynayan güçlü bir araçtır. İnsan beyninin işleyişinden ilham alarak tasarlanan YSA'lar, görüntü tanıma, doğal dil işleme ve tahmine dayalı modelleme gibi çeşitli alanlarda kullanılır. Yapıları, nöronları temsil eden düğümler ve bu düğümleri birbirine bağlayan kenarlardan oluşur. Her bir düğüm, girdileri alır, matematiksel işlemler uygular ve sonuçları diğer düğümlere aktarır [Hinton, 2006]. YSA'lar, verilerden öğrenme yetenekleri sayesinde tahmine dayalı modelleme ve benzeri görevlerde etkilidirler. Özellikle, uçak tasarımı ve performans tahmini gibi alanlarda, YSA'lar büyük veri kümelerini işleyerek mühendislere önemli bir yardımcı olurlar. Aerodinamik veri tabanlarının geliştirilmesinde kullanılarak zaman ve maliyet tasarrufu sağlanırken, simülasyon doğruluğu da artırılır. Bu sayede, havacılık endüstrisinde karmaşık sorunları çözmek ve verilere dayalı tahminler ve çözümler sunmak için güçlü bir araç olarak kabul edilirler [Hinton, 2006].

Yapay Sinir Ağları, özellikle havacılık araştırma ve mühendisliğinde uçak tasarımı ve performans tahmini alanlarında vazgeçilmez bir öneme sahiptir. YSA'lar, karmaşık sistemleri modelleyip büyük veri kümelerine dayanarak tahminler üretebilirler [Agatonovic-Kustrin, 2000]. Aerodinamik veri ve geometrik parametrelerin geniş veri kümeleri üzerinde eğitilerek, YSA'lar uçakların performansını tahmin edebilirler. Ayrıca, farklı koşullarda uçak davranışını simüle ederek gerçek uçuş testlerine

¹ Abdulkadir Aykaç, Uçak Müh. Böl, E-posta: aakadiraykc@gmail.com

² Berat Alku, Uçak Müh. Böl. E-posta: beratalku@gmail.com

³ Ömer Abdo, Uçak Mühendisi, E-posta: om.md.ab.1998@gmail.com

⁴ Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin Bilgiç, E-posta: hbbilgic@erbakan.edu.tr

⁵ Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Öztürk, E-posta: mozturk@erbakan.edu.tr

⁶ Muhsin Hançer, Uzay Mühendisi, E-posta: muhsin.hancer@gmail.com

olan ihtiyacı azaltırlar. YSA'lar ayrıca aerodinamik veri tabanlarının oluşturulmasında da kullanılır ve bu veri tabanları bilgisayar simülasyonları ve diğer uygulamalarda kullanılabilir hale getirilir.

Yapay Sinir Ağları (YSA), özellikle havacılık araştırma ve mühendisliğinde, uçak tasarımı ve performans tahmini gibi alanlarda vazgeçilmez hale gelmiştir. YSA'lar, karmaşık sistemleri modelleyip büyük veri kümelerine dayanarak tahminler üretebilirler. Özellikle uçak tasarımının optimize edilmesinde önemli bir katkı sağlarlar. Aerodinamik veri ve geometrik parametrelerin geniş veri kümeleri üzerinde eğitilerek YSA'lar, uçakların performansını tahmin edebilirler. Ayrıca, farklı hızlar, irtifalar ve uçuş konfigürasyonları gibi çeşitli koşullarda uçak davranışını simüle ederek performans tahminine yardımcı olurlar. Bu sayede pahalı uçuş testlerine olan ihtiyacı azaltırlar [Schmidhuber, 2015]. YSA'lar aynı zamanda aerodinamik veri tabanlarının oluşturulmasında da kullanılır. Rüzgâr tüneli verileri ve diğer deneysel veriler üzerinde eğitilerek, bu veri tabanları bilgisayar simülasyonları ve diğer uygulamalarda kullanılabilir hale getirilirler. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, YSA'ların havacılık mühendisliği ve araştırmalarında daha da önemli bir yer tutması beklenmektedir [LeCun, 2015].

Robert F. Roddy ve Davies E. Hess'in "Denizaltı Pervanesi Kuvvet ve Momentlerinin Tahmin Edilmesi İçin Yapay Sinir Ağı Kullanımı" adlı çalışması, zorlu manevralar sırasında denizaltı pervanesindeki kuvvetleri ve momentleri tahmin etmek için İleri Beslemeli Sinir Ağları'nın (FFNN) kullanımına odaklandı. Bu çalışmanın amacı, doğru kuvvet ve moment modelleri geliştirmektir, özellikle denizaltı manevra simülasyonları için. 65 farklı manevradan elde edilen serbest çalışan bir denizaltı modelinden gelen eğitim verileri kullanıldı. Girdiler, manevralara göre gruplandırıldı ve FFNN'lere sunuldu. Her kuvvet bileşeni için özelleştirilmiş girdilere sahip FFNN modelleri, Kısmi Türev Analizi ve Lezyon Analizi gibi teknikler kullanılarak eğitildi ve değerlendirildi. Çalışma, FFNN'lerin karmaşık pervane kuvvetlerini ve momentlerini tahmin etmedeki etkinliğini göstererek denizaltı manevra simülasyonları için önemli bilgiler sağladı [Roddy, 2008].

Sandi Baressi Šegota ve ekibinin yaptığı araştırma, CODLAG tahrik sistemlerindeki pervane torklarını tahmin etmek için Yapay Sinir Ağları'nın (YSA) kullanımını ele aldı. Çalışmanın amacı, bir fırkateynde bulunan CODLAG tahrik sistemindeki pervane torklarını tahmin etmektir. Araştırmacılar, sistem parametreleriyle beslenen çok katmanlı bir algılayıcı (MLP) ileri beslemeli YSA kullanarak pervane torklarını tahmin etmek için veri kümesindeki gürültüyü azalttılar. Sancak ve iskele pervaneleri için toplam 53760 YSA modeli eğitildi. Bu çalışma, tork tahmininde yüksek doğruluk elde edilmesiyle MAE değerlerinin 3 [Nm]'nin altında olduğunu ve R2 değerlerinin 0,99'u aştığını gösterdi. Yapılan bu çalışma, YSA modellerinin karmaşık deniz tahrik sistemlerinde doğru regresyon modellemesi potansiyelini ortaya koyarak, karmaşık değerlerin tahmininde yapay zeka sistemlerinin kullanımının mümkünüğünü vurguladı [Šegota, 2020].

Bu çalışma, hatveli pervanelerin itki parametrelerinin tahmininde yapay sinir ağlarının kullanımını araştırarak literatüre özgün bir katkı sağlamaktadır. Özellikle, geniş bir veri seti kullanılarak eğitim yapılan modelin doğruluğu ve performansı detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

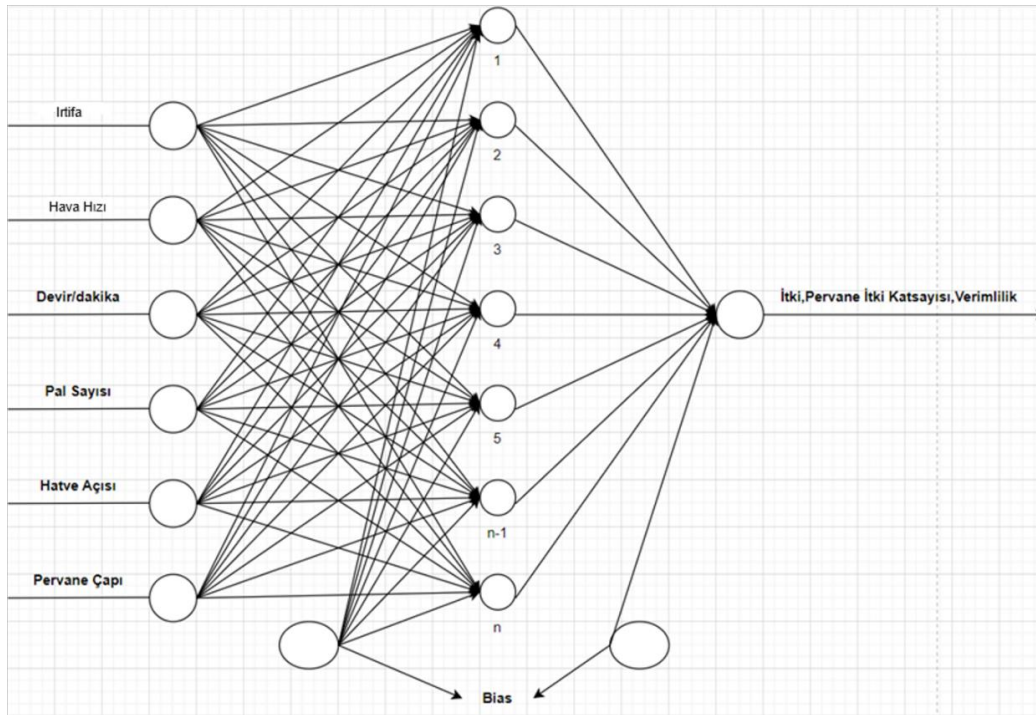
Çalışma kapsamında farklı irtifa, devir sayısı, pal sayısı hatve ve pervane değerleri için itki, itki, pervane itki katsayısı ve verimlilik değerlerinin tahmini için yapay sinir ağları ile bir model oluşturulmuştur. Modelde kullanılan veriler Prop Selector Aerodesign programından alınmıştır. Toplam 200 adet veri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Bu verilere ait minimum maksimum ve ortalama değerler Tablo 1 ile sunulmuştur.

Tablo 1. Veri seti

	Parametre	Asgari	Azami	Ortalama
Bağımsız Değişkenler	İrtifa	4	1454	7361,95
	Rüzgâr Hızı	20	0	13,3
	Devir Sayısı	3981	1019	2459
	Pal Sayısı	4	2	2,94
	Hatve	20	0	9,535
	Pervane Çapı	40	5	22,225
Bağımlı Değişkenler	İtki	20,71	-12,996	0,84867
	Pervane İtki Katsayısı	0,932	-2,6491	-0,0738
	Verim	96,635	0	28,892

Yapay Sinir Ağları

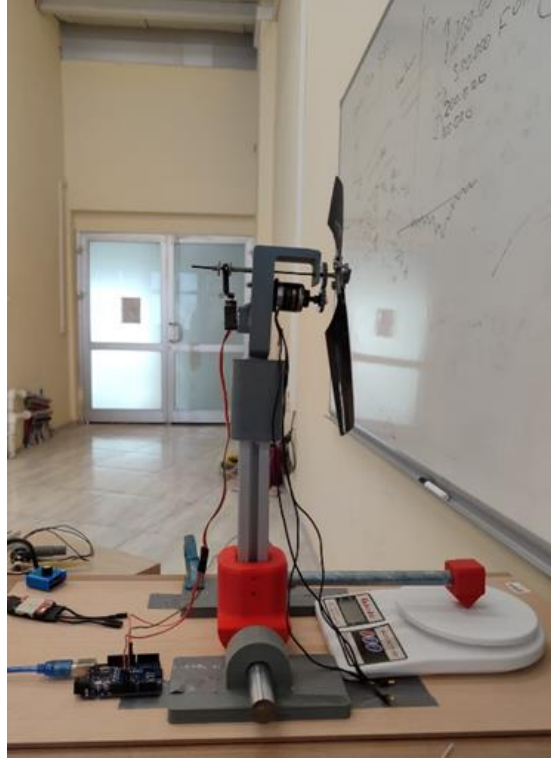
Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninin bilgi işleme süreçlerinden esinlenerek geliştirilen bilgisayar modelleridir. YSA'lar, yapay nöronlar arasındaki bağlantıları kullanarak verilerdeki desenleri tanıyabilir ve ilişkileri öğrenebilir. Deneyim yoluyla öğrenme yeteneklerine sahip olan bu ağlar genellikle örüntü tanıma, sınıflandırma ve tahmin gibi görevlerde kullanılır. Yapay Sinir Ağlarının temel amacı, karmaşık veri kümelerinden anlamlı bilgiler çıkararak bu bilgileri öğrenme süreciyle geliştirmektir. Bu şekilde, YSA'lar geniş veri setlerini analiz edebilir ve öngörülerde bulunabilirler [Goodfellow, 2016].



Şekil 1. Yapay Sinir Ağı Modelleri

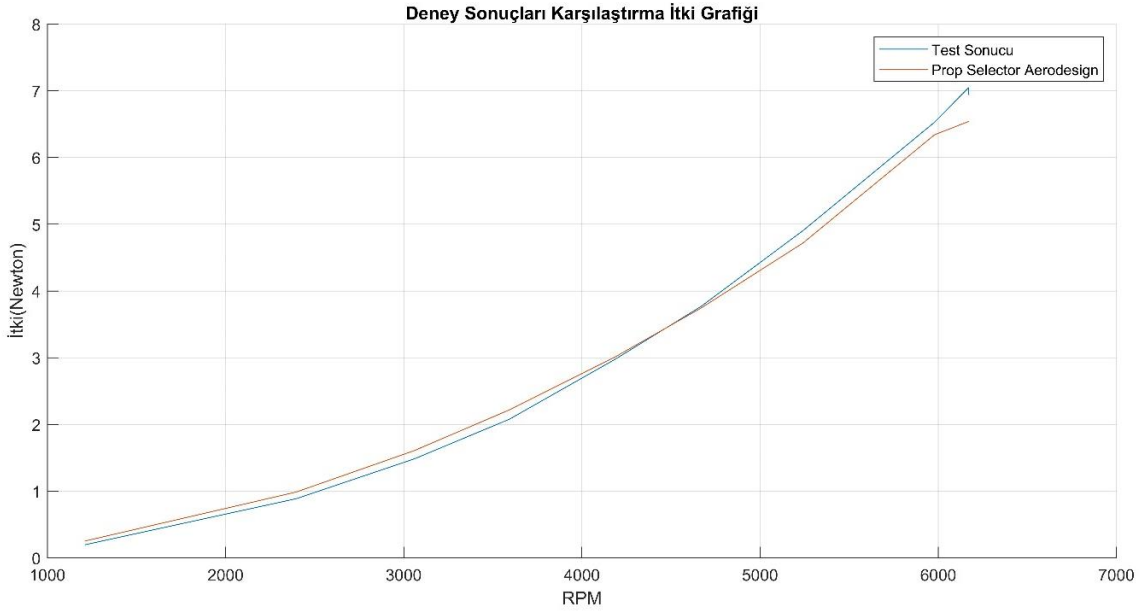
ARAŞTIRMA BULGULARI

Yapay Sinir Ağları ile oluşturulan modellerde yüksek doğruluk elde etmek için deneysel veriler kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan veriler paket programdan elde edildiği için bu verilerin doğrulanma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu sebeple Şekil 2. Deneysel Sistem ile sunulan değişken hatve mekanizmasına sahip bir sistem oluşturulmuştur. Bu sistem üzerinden veriler okunarak önerilen yaklaşımın deneysel doğrulaması gerçekleştirilmiştir.



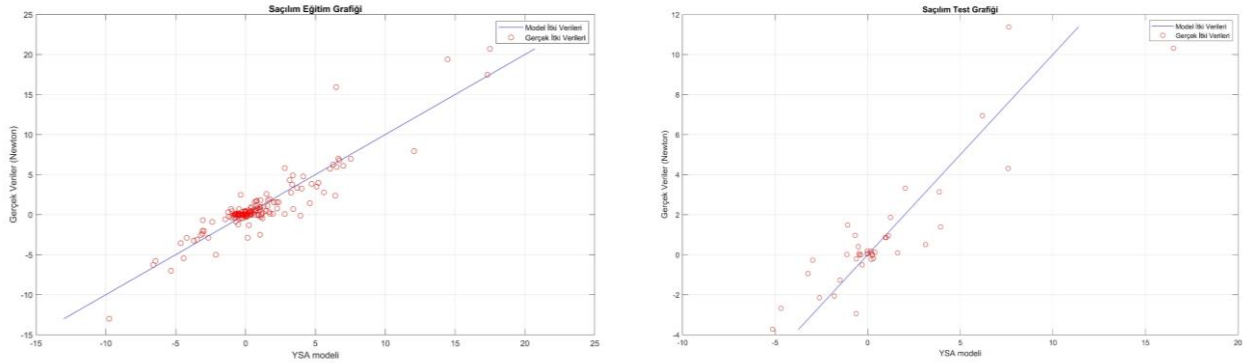
Şekil 2. Deneysel Sistem

Yapılan statik ve dinamik itki testleri ile kullanılan pervane hatvesi ve çapı, RPM probu ile ölçülen RPM değerine, anemometre kullanılarak ölçülen hava hızı verisine ve hassas terazi yardımı ile ölçülen itki verisinin Prop Selector Aerodesign programı kullanılarak girdi değerleri programa girilmiş ve farklı RPM değerine karşılık ölçülen itki değerleri kaydedilmiştir. Test düzeneği ile programda kullanılan verilerin karşılaştırılması Şekil 3 ile sunulmaktadır. Bu sonuçlar ışığında kullanılan programın test verilerine yakınlığı önemli ölçüde yüksektir. Kullanılan YSA modeli için elde edilmek istenen 200 test verisi bu yazılım aracılığı ile elde edilmektedir.



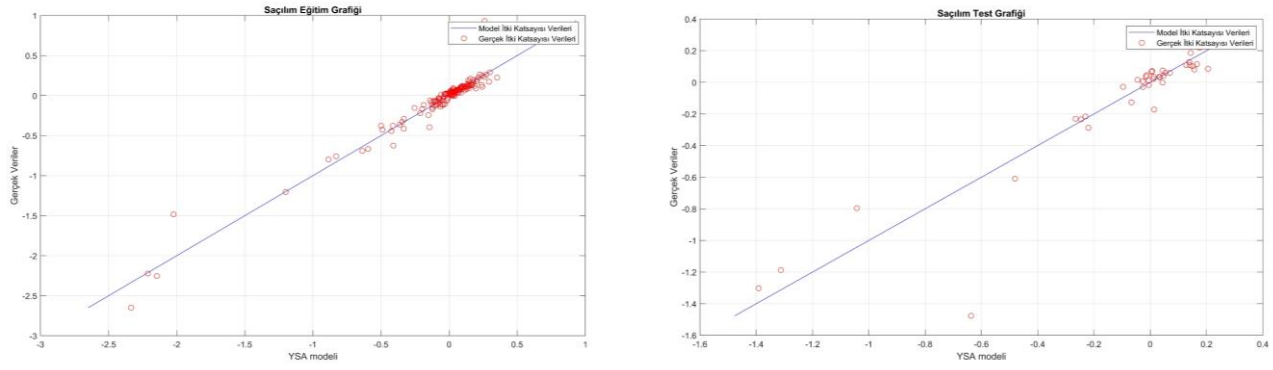
Şekil 3. Devir Sayısı ile İtkinin Değişimi

Yapay sinir ağı modelleri oluşturulurken verilerin %80'i eğitim için, %20'si ise test için kullanılmıştır. İlk olarak, itki için bir YSA modeli oluşturulmuştur. Bu model için, sinyallerin ileri yönde iletildiği ve hataların geri yayılım yoluyla düzeltildiği, tek gizli katmanlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ modeli seçilmiştir. Bu model, genellikle tahmin ve sınıflandırma problemlerinde kullanılır ve her nöronun bir sonraki katmandaki nöronlarla tam bağlantılı olduğu bir yapıya sahiptir. Gizli katmandaki nöron sayısı 1'den 100'e kadar artırılarak, en düşük hatayı veren gizli katman nöron sayısı belirlenmiştir. Bu sayının 18 olduğu hesaplanmıştır. Eğitim sonucu elde edilen Şekil 4 ile sunulmaktadır.



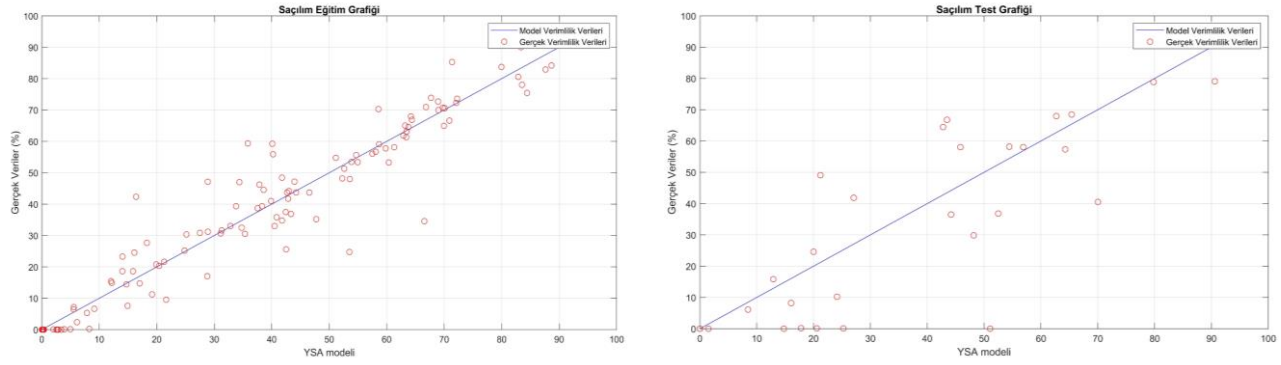
Şekil 4. İtki Saçılım Grafiği

Verilerin %80'i eğitim, %20'si ise test amacıyla kullanılmıştır. İtki katsayısı için Yapay Sinir Ağı (YSA) modeli oluşturulurken, sinyallerin ileri yönde iletildiği ve hataların geri yayılım yoluyla düzeltildiği tek gizli katmanlı ileri beslemeli geri yayımlı bir ağ modeli tercih edilmiştir. Gizli katmandaki nöron sayısı 1'den 100'e kadar artırılarak, en düşük hatayı veren optimal nöron sayısı belirlenmiştir. Bu analiz sonucunda, gizli katmandaki ideal nöron sayısının 14 olduğu hesaplanmıştır. Eğitim sürecinin sonuçları Şekil 5'te sunulmaktadır.



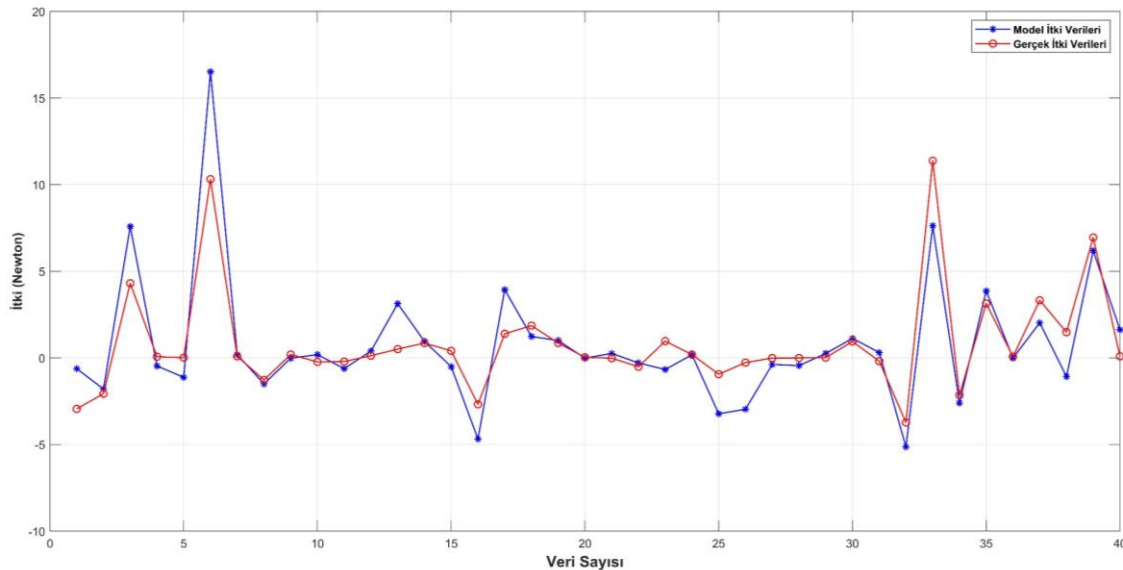
Şekil 5. İtki Katsayısı Saçılım Grafiği

Yine aynı şekilde, verilerin %80'i eğitim, %20'si test için kullanılmıştır. Verimlilik için geliştirilen YSA modelinde, tek gizli katmanlı ileri beslemeli geri yayımlı ağ modeli tercih edilmiştir. Nöron sayısı 1'den 100'e kadar artırılarak, en düşük hatayı veren gizli katman nöron sayısı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda, verimlilik modeli için optimal nöron sayısı 15 olarak belirlenmiştir. Eğitimden elde edilen sonuçlar Şekil 6'da gösterilmektedir.

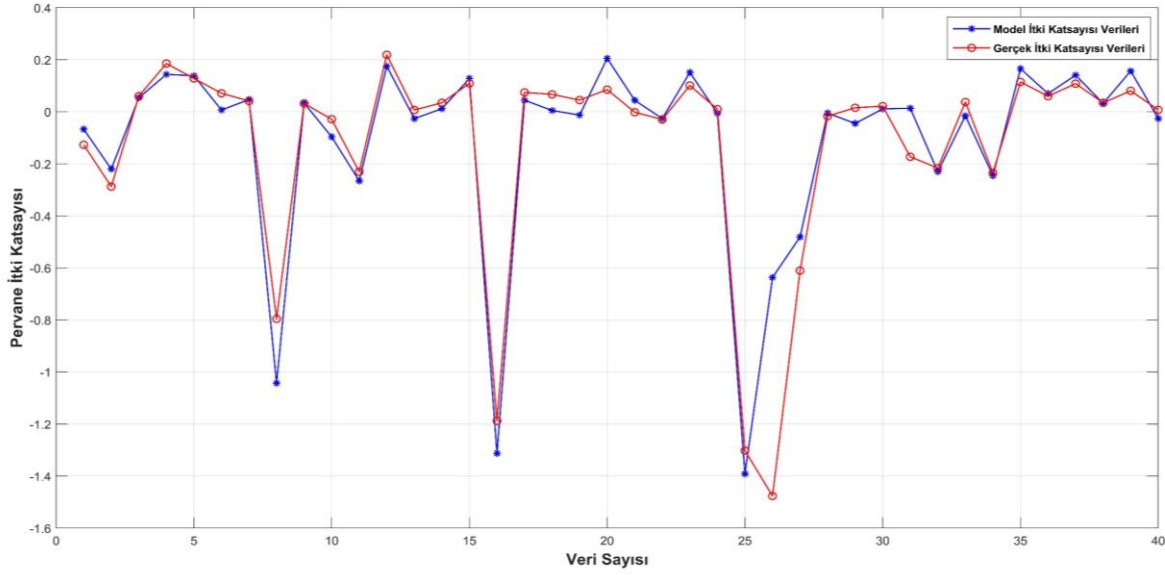


Şekil 6. Verimlilik Saçılım Grafiği

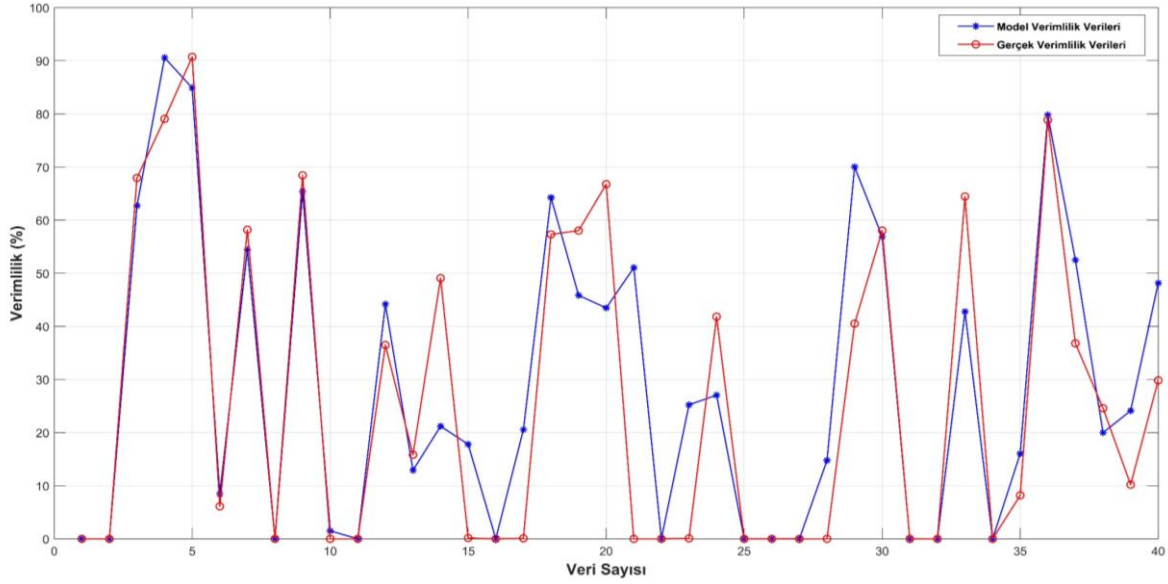
Eğitim sonucunda elde edilen modelin doğruluğunu ortaya koymak için daha önce ağa gösterilemeyen %20 (40 adet) veri setinin itki tahmini modelden elde edilmiştir. Karşılaştırmalı sonuçlar Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9 ile sunulmuştur.



Şekil 7. İtki - YSA Model Karşılaştırma Grafiği



Şekil 8. İtki Katsayısı - YSA Model Karşılaştırma Grafiği



Şekil 9. Verimlilik – YSA Model Karşılaştırma Grafiği

Tablo 2. YSA Model Etkinliği

	İtki		Verimlilik		Pervane İtki Katsayısı	
	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test
MSE	3.464	1.145	43.19	210.3	0.007738	0.02274
R	0.8792	0.9197	0.9748	0.8795	0.9764	0.924
MAPE	30.27	5.392	2.425	4.757	3.28	13.33
RMSE	1.861	1.215	6.572	14.5	0.08796	0.1508
MAE	1.186	1.008	3.609	9.293	0.04368	0.07114

SONUÇ

Bu çalışmada, yapay sinir ağlarının (YSA) havacılık endüstrisindeki önemi ve kullanımı incelenmiştir. Yapay sinir ağları, havacılık mühendisliğinde uçak tasarımı ve performans tahmini gibi alanlarda etkili bir araç olarak kabul edilmektedir. Bu çalışma, yapay sinir ağlarının pervaneli hava araçları itki

testlerindeki kullanımını odaklanmıştır. Veri setinin bağımsız değişkenleri olan irtifa, RPM, pervane yarıçapı, pervane pal sayısı, hava hızı ve pervane hatvesi, itki, verimlilik ve pervane itki katsayısı gibi bağımlı değişkenlerle ilişkilendirilmiştir. Yapay sinir ağları, 160 veri noktası üzerinde öğrenme süreciyle eğitilmiş ve geriye kalan 40 veri noktası modelin gerçek değerlerle karşılaştırılması için ayrılmıştır. Yapay sinir ağı modelinin etkinliği, MAPE, MAE, RMSE, R ve MSE gibi ölçütler kullanılarak performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, yapay sinir ağlarının hava aracı teknolojilerinde kullanım potansiyelini göstermektedir. Bu çalışmanın, yapay sinir ağları ve hava aracı performansı alanlarında gelecek araştırmalara yol gösterici bir temel sağladığı sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışma, yapay sinir ağlarının pervaneli hava araçlarının itki testlerinde etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Model, 160 veri noktası üzerinde eğitilmiş ve gerçek verilere oldukça yakın sonuçlar üretmiştir. Yapay sinir ağlarının kullanımı, havacılık endüstrisinde veri analizi ve performans tahmini gibi kritik alanlarda büyük bir potansiyel sunmaktadır, zaman ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Bu çalışma, yapay sinir ağlarının havacılık mühendisliği alanında daha fazla araştırma ve geliştirme için bir temel oluşturmaktadır. Bu çalışmanın sınırlamaları arasında kullanılan veri setinin boyutu ve modelin yalnızca belirli tasarım parametrelerine dayanması yer almaktadır. Gelecekteki çalışmalar, daha geniş veri setleri ve farklı yapay zekâ teknikleri kullanarak modelin doğruluğunu artırmayı hedefleyebilir.

Kaynaklar

1. Hinton, G.E. and R.R.J.s. Salakhutdinov, Reducing the dimensionality of data with neural networks. 2006. 313(5786): p. 504-507.
2. LeCun, Y., Y. Bengio, and G.J.n. Hinton, Deep learning. 2015. 521(7553): p. 436-444.
3. Goodfellow, I., Y. Bengio, and A. Courville, Deep learning. 2016: MIT press.
4. Schmidhuber, J.J.N.n., Deep learning in neural networks: An overview. 2015. 61: p. 85-117.
5. Roddy, R., D. Hess, and W. Falleer. Utilizing neural networks to predict forces and moments on a submarine propeller. in 46th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. 2008.
6. Baressi Šegota, S., et al., Use of Artificial Neural Network for Estimation of Propeller Torque Values in a CODLAG Propulsion System. 2020. 58(1): p. 25-38.
7. Agatonovic-Kustrin, S., R.J.J.o.p. Beresford, and b. analysis, Basic concepts of artificial neural network (ANN) modeling and its application in pharmaceutical research. 2000. 22(5): p. 717-727.