

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİR UÇAK KANADININ SAĞLADIĞI TOPLAM TAŞIMA DEĞERİNİN
ORTAM VE UÇUŞ ŞARTLARINA BAĞLI OLARAK DEĞİŞİMİNİN
YAPAY SİNİR AĞLARI METODU İLE PROGRAMLANMASI**

Ali UÇARLAR

**DANIŞMAN
PROF. DR. Cahit KURBANOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA, 2006**

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR UÇAK KANADININ SAĞLADIĞI TOPLAM TAŞIMA DEĞERİNİN
ORTAM VE UÇUŞ ŞARTLARINA BAĞLI OLARAK DEĞİŞİMİNİN
YAPAY SİNİR AĞLARI METODU İLE PROGRAMLANMASI

ALİ UÇARLAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA, 2006

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafından MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Remzi VAROL

Üye : Prof. Dr. Cahit KURBANOĞLU

Üye : Doç. Dr. Abdullah ÖZSOY

ONAY

Bu tez 21/07/2006 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda, yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

...../...../2006

Prof.Dr. Fatma GÖKTEPE

İMZASI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
SİMGELER (KISALTMALAR) DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Uçma Prensibi	1
1.2. Rüzgar Tünelleri.....	4
1.3. Yapay Sinir Ağları	6
2. KAYNAK BİLGİSİ	9
3. MATERYAL VE METOD	11
3.1. Materyal.....	11
3.1.1. YSA ile Sinir Sistemi'nin Benzerlikleri	11
3.1.2. YSA'nın Özellikleri	12
3.1.3. YSA'nın Uygulama Alanları	13
3.1.4. YSA Yapıları	14
3.1.4.1. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları (İBYSA):.....	14
3.1.4.2. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları (GBYSA).....	15
3.1.4.3. Bellek Hücreli YSA Yapıları (BHYS)	16
3.1.4.4. Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları (RTFA).....	17
3.1.4.5. Fonksiyonel Link Ağları (FLA).....	17
3.1.4.6. Çağrışımli Bellek Ağları (ÇBA)	18
3.1.4.7. Modül Yapay Sinir Ağları (MYS).....	19
3.2. Metod.....	20
3.2.1. Rüzgar Tüneli.....	20
3.2.2. DesignFOIL (R5.32) Programı ile Rüzgar Tünelinin Simülasyonu	21
3.2.3. MATLAB 6.5 Programının Yapay Sinir Ağları Uygulaması.....	22
3.2.4. Kanat Taşıma Değerinin Rüzgar Tüneli Testi ile Hesaplanması.....	22
3.2.4.1. Rüzgar Deneyi Testinin Yapılması	22
3.2.4.2. Test Sonuçları Kullanılarak Gerekli Hesaplamaların Yapılması.....	27
3.2.5. DesignFOIL(R5.32) Programı ile Taşıma Değerinin Hesaplanması	31
3.2.5.1. Deney Verilerinin Listelenmesi	34
3.2.6. Yapay Sinir Ağları Yönetimi ile Modellemenin Yapılması	35
3.2.6.1. İlgili yapay sinir ağı modelinin belirlenmesi	35
3.2.6.2. Rüzgar Tüneli Testi ile Elde Edilen Verilerin Seçilen Yapay Sinir Ağları Metodunda Uygulanması.....	36

4.	BULGULAR.....	41
4.1.	Yapay Sinir Ağı Uygulaması ile Elde Edilen Ham Verilerin Rüzgar Testi Sonuçları ile Karşılaştırılması.....	41
4.2.	Yapay Sinir Ağı Uygulaması ile Elde Edilen Dönüştürülmüş Verilerin Rüzgar Testi Sonuçları ile Karşılaştırılması.....	43
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	45
6.	KAYNAKLAR	46
7.	EKLER	48
	EK-1 Deney verilerinin listesi	48
	EK-2 YSA için dönüştürülmüş deney verileri.....	55
	EK-3 Öğretici Girdiler ve Çıktılar	62
8.	ÖZGEÇMİŞ.....	68

ÖZET**BİR UÇAK KANADININ SAĞLADIĞI TOPLAM TAŞIMA DEĞERİNİN
ORTAM VE UÇUŞ ŞARTLARINA BAĞLI OLARAK DEĞİŞİMİNİN
YAPAY SİNİR AĞLARI METODU İLE PROGRAMLANMASI****ALİ UÇARLAR**

Uçma, havadan ağır bir cismin havada belirli bir yükseklikte tutunabilmesi ve hava içinde hareket edebilmesidir. Bir uçak uçuş yaptığıında havada tutunma işini kanatları, hareketini ise güç sistemleri sayesinde sağlar. Uçağın uçabilmesi için kendi ağırlığını karşılayacak kadar “Taşıma” kuvvetine; hareket edebilmesi ve oluşacak sürüklenme kuvvetini karşılayabilmesi için “Çekme” kuvvetine ihtiyacı vardır.

Bu çalışmada; NACA 23012 standardında bir uçak kanadı rüzgar tüneline deney tabii tutulmuştur. Bu deneyde toplam taşıma değerinin, “Kanat Hücüm Açısı” ve “Hava Hızı” değişkenlerine bağlı olarak ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ileri beslemeli “Yapay Sinir Ağları” modeli oluşturularak değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER : Yapay Sinir Ağları, Uçak Kanadı Taşıma Değeri

ABSTRACT

**PROGRAMMING OF THE TOTAL LIFT VALUE VARIATION ON AN
AIRFOIL, DEPENDING ON FLIGHT ENVIRONMENT AND CONDITIONS,
USING NEURAL NETWORK TOOL**

ALİ UÇARLAR

Flying is the ability of endurance and movement of an object in the air. Aircraft has the lifting capability by the wings and the movement by the power plants. In order for an aircraft to fly, there should be a “Lift” force versus to aircraft weight and a “Thrust” force for moving in the air, versus the drag force arose from airframe.

Lifting performance of a NACA 23012 standard airfoil was monitored in a wind tunnel test by measuring the lift results versus different angle of attack and airspeed values. A feed forward backpropagation type neural network model was constructed in which the obtained wind tunnel test results were evaluated.

KEY WORDS: Neural Network, Airfoil Lifting

TEŞEKKÜR

Yazar, bu çalışmanın gerçekleşmesinde katkılarından dolayı, aşağıda adı geçen kişi ve kuruluşlara içtenlikle teşekkür eder.

Sayın Prof. Dr. Cahit KURBANOĞLU, çalışmanın sonuca ulaştırılmasında ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yön gösterici olmuştur.

Sayın Kenan TÜFEKÇİ, Süleyman Demirel Üniversitesi Makine Mühendisliği A.B.D., Araştırma Görevlisi, çalışmanın akademik uygunluğu konusunda düzeltici uyarılarda bulunmuş ve destek vermiştir.

Sayın Cem ÇETEK, Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu, Araştırma Görevlisi, Rüzgar Tüneli'nde gerekli testlerin uygulanması aşamasında donanım olanaklarını kullanabilmemi sağlamışlardır.

SİMGELER (KISALTMALAR) DİZİNİ

- L : Taşıma (Lift)
D : Sürüklenme (Drag)
 C_L : Taşıma Katsayısı (Coefficient of Lift)
 C_D : Sürüklenme Katsayısı (Coefficient of Drag)
W : Ağırlık (Weight)
T : İtme (Trust)
AOA : Hücüm Açısı (α - Angle of Attack)
V : Hava Hızı
YSA : Yapay Sinir Ağları
NACA : National Advisory Committee for Aeronautics
 P_{amb} : Ortam Basıncı (mbar)
 T_{amb} : Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}C$)
 P_{static} : (mmH₂O)
 P_{total} : (mmH₂O)
LE : Hücüm Kenarı (Leading Edge)
TE : Firar Kenarı (Trailing Edge)
RPM : Devir (Revolutions per minute)

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Uçuş sırasında uçağa etki eden kuvvetler.....	1
Şekil 1.2. Bir kanat etrafından geçen havanın dağılımı.....	2
Şekil 1.3. Hava Hızı ve Basınç Değişimi.....	3
Şekil 1.4. Taşıma katsayısının hücum açısı ile değişimi.....	4
Şekil 1.5. Hücum açısının taşıma kuvvetine etkisi.....	4
Şekil 1.6. Kapalı devre rüzgar tüneli.....	6
Şekil 1.7. Sinir sisteminin blok gösterimi.....	7
Şekil 3.1. İleri beslemeli YSA yapısı.....	15
Şekil 3.2. Geri beslemeli bir YSA yapısı.....	16
Şekil 3.3. Bellek hücreli YSA yapısı.....	16
Şekil 3.4. Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları.....	17
Şekil 3.5. Fonksiyonel Link Ağları.....	18
Şekil 3.6. Çağrışımlı Bellek Ağları.....	18
Şekil 3.7. Modül Yapay Sinir Ağları.....	19
Şekil 3.8. Rüzgar Tüneli Testinde Kullanılan NACA 23012 Profili.....	20
Şekil 3.9. Ölçüm portlarında oluşan kuvvetler.....	21
Şekil 3.10. Rüzgar Tüneli Devrinin Ayarlanması.....	22
Şekil 3.11. Profilin Basınç Tüpü Çıkışları.....	23
Şekil 3.12. Basınç Değerinin Tüplerden okunması.....	24
Şekil 3.13. Portlardaki güç bileşenleri.....	27
Şekil 3.14. NACA 23012 profilinin seçimi.....	32
Şekil 3.15. Rüzgar tünelinin çalıştırılması.....	33
Şekil 3.16. Hava hızının seçilmesi.....	33
Şekil 3.17. Taşıma yüklemesi değerinin okunması.....	34
Şekil 3.18. Oluşturulan Yapay Sinir Ağı Görüntüsü.....	36
Şekil.3.19. Öğretici Girdi ve Çıktıların MATLAB'a aktarılması.....	37
Şekil.3.20. YSA'nın öğretici girdi ve çıktılarla eğitimi.....	38
Şekil 3.21. Öğrenme sürecinin grafiksel gösterimi.....	38
Şekil 3.21. Doğrulama girdilerinin uyarlanması.....	40

Şekil 4.1.	Rüzgar testi ve YSA ham sonuçlarının sapmaları.....	42
Şekil 4.2.	Rüzgar testi ve YSA sonuçlarının sapmaları.....	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

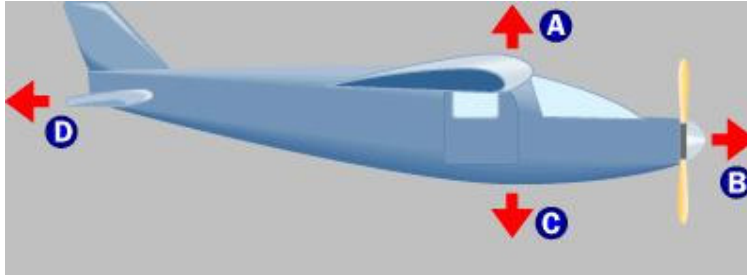
	Sayfa
Çizelge 1.1. Biyolojik Sınır Sistemi ile YSA sisteminin elemanları.....	8
Çizelge 3.1. Ölçüm portlarının kanat üzerinde dağılımı.....	21
Çizelge 3.2. Rüzgar tüneli ölçüm sonuçları.....	25
Çizelge 3.3. Rüzgar tüneli ölçüm sonuçları (Pa).....	26
Çizelge 3.4. Ölçüm noktalarının geometrik verileri ve hesaplanan F _y değerleri.....	28
Çizelge 3.5. Ölçüm noktalarının geometrik verileri ve hesaplanan F _x değerleri.....	30
Çizelge 3.6. Hesaplanan taşıma değerleri.....	31
Çizelge 3.7. Doğrulama Girdileri.....	39
Çizelge 4.1. Rüzgar testi ve YSA ham sonuçlarının karşılaştırılması.....	41
Çizelge 4.2. Rüzgar testi ve YSA sonuçlarının karşılaştırılması.....	43

1. GİRİŞ

Uçma, havadan ağır bir cismin havada belirli bir yükseklikte tutunabilmesi ve hava içinde hareket edebilmesidir. Bir uçak uçuş yaptığıında havada tutunma işini kanatları, hareketini ise güç sistemleri sayesinde sağlar. Uçağın uçabilmesi için kendi ağırlığını karşılayacak kadar “Taşıma” kuvvetine; hareket edebilmesi ve oluşacak sürüklenme kuvvetini karşılayabilmesi için “Çekme” kuvvetine ihtiyacı vardır

1.1. Uçma Prensipleri

Uçuş sırasında uçak, dört kuvvetin etkisi altındadır. Bu kuvvetler; “Taşıma” (A), “Çekme” (B), “Ağırlık” (C), “Sürüklenme” (D) den meydana gelmektedir (Şekil 1.1.).



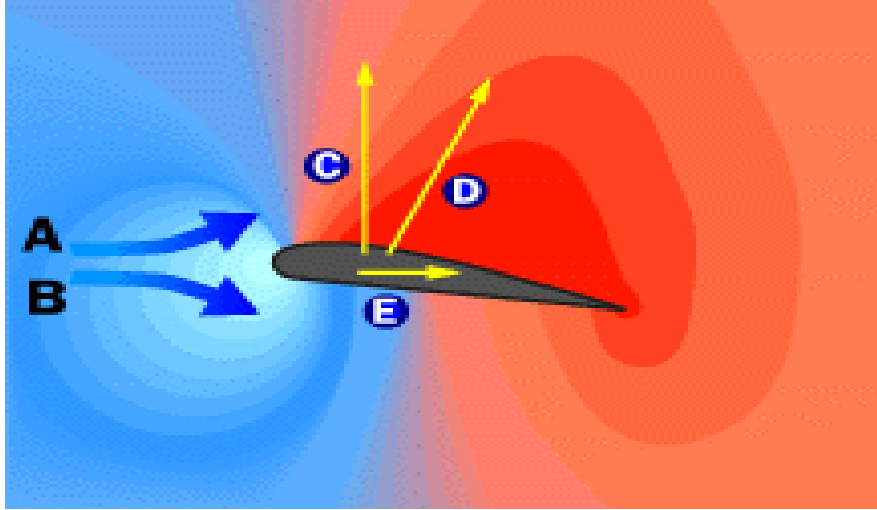
Şekil.1.1. Uçuş sırasında uçağa etki eden kuvvetler

(<http://science.howstuffworks.com/airplane.htm>)

Bir uçakta tutunma kanat, hareket ise güç sistemleri sayesinde sağlanmaktadır. Bir uçağın uçabilmesi için kendi ağırlığını karşılayacak kadar “Taşıma” kuvveti meydana getirmesi gerekmektedir. Aynı zamanda havanın içinde hareket etmesini sağlayacak ve bu hareketten kaynaklanan “Sürüklenme” kuvvetini karşılayacak “Çekme” kuvveti üretilmektedir.

Yeterince taşıma kuvveti tutunmayı, yeterince çekme kuvveti de hava içindeki hareketi sağlamaktadır. Taşıma kuvvetini üretebilmek için kanatlara ve ileri doğru harekete ihtiyaç vardır. Taşıma kuvvetinin oluşması, kanatların yapısı ile doğrudan bağlantılıdır.

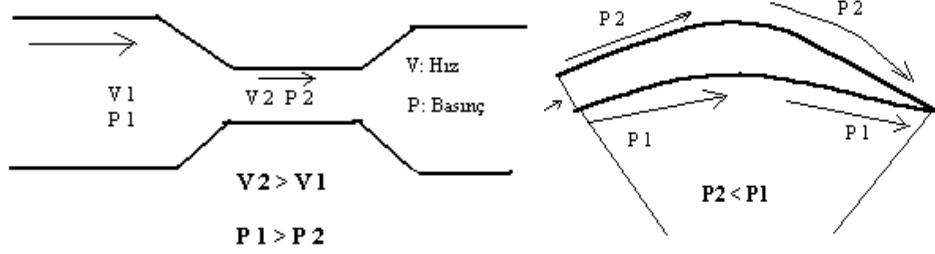
Bir kanadın üst yüzeyine, alt yüzeyine göre daha değişken eğimli bir şekil verilmektedir. Kanadın alt yüzeyi hemen hemen düz bir şekildedir. Bu şekilde biçimlendirilmiş bir kanat hava içinde hareket ettirildiğinde, üst yüzeyinden geçen hava (A) alt yüzeyinden geçen havaya göre (B) daha hızlı hareket etmektedir. Hava hızlandığı zaman basıncı azalır. Bu durumda kanadın üst yüzeyinde alçak basınç (C) alt yüzeyinde ise, yüksek basınç oluşur (E). Bu basınç farkı kanadın yukarı doğru çekilmesini sağlamaktadır. Yani taşıma kuvveti (D) elde edilir (Şekil 1.2.). Bu taşıma kuvvetinin büyüklüğü çeşitli faktörlere bağlıdır. Bunlar; kanadın şekli ve büyüklüğü, hücum açısı (kanadın havayı karşılama açısı), kanadın hava içindeki hızı ve havanın yoğunluğudur (Gerede, 2005).



Şekil 1.2. Bir kanat etrafından geçen havanın dağılımı

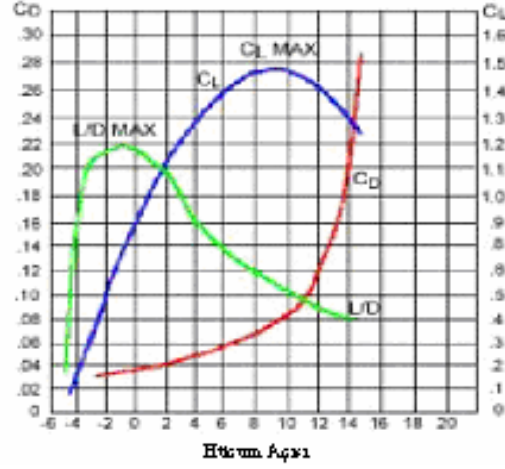
(<http://science.howstuffworks.com/airplane8.htm>)

Şekil 1.3'te görülen fizik kuralında geniş bölgeden dar bölgeye giren havanın hızı artarken basıncı düşmektedir. Kanatta bu durum uyguladığında üst yüzeyden ve alt yüzeyden geçen hava aynı zamanda arkada birleşmektedir. Bu durumda üstten geçen havanın hızı daha fazla basıncı daha az olur. Alttan geçen havanın basıncı fazla olduğundan kanat havada kalmaktadır (www.havacilik.hacettepe.edu.tr/yamachak).



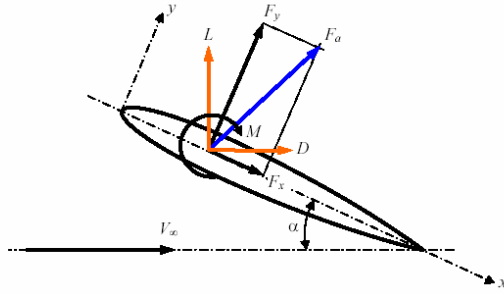
Şekil 1.3. Hava Hızı ve Basınç Değişimi

Herhangi bir profil akım içine yerleştirilecek olursa eğer simetrik bir profil değilse hücum açısı “0” dahi olsa bir (+) taşıma katsayısına sahiptir. Yani akım içine yerleştirilen tüm cisimlerde olduğu gibi sıfır hücum açısında, profil üzerine mutlaka bir aerodinamik hava direnci etkisi olup bunun taşıma ve sürükleme bileşenleri de (+) olmaktadır. Hücum açısı arttırıldığında belli bir değere kadar hücum açısı artışı ile taşıma katsayısı artışı lineer değişmektedir. Profil tipine göre (20° , 22°) belli bir açıdan sonra lineerlik kalkar ve dengesiz bir değişim başlar; yani taşıma katsayısı düzgün olmayan bir şekilde azalır. (-) hücum açılarında belli bir açığa kadar (+) taşıma katsayısı görülür değişim yine lineerdir. Öyle bir açı vardır ki profil bu açıda akım içine yerleştirildiğinde üzerinde oluşan aerodinamik hava direncinin taşıma bileşeni sıfır olmaktadır. Yani taşıma katsayısı sıfır değerine iner. Bu açıya sıfır taşıma hücum açısı denmektedir. Bundan daha düşük (-) hücum açılarında taşıma katsayısı, hücum açısı azalışıyla lineer değişerek azalmaktadır. Belli bir negatif hücum açısından sonra lineerlik bozulmakta, azalma durmaktadır (Şekil 1.4). (<http://sur.dicle.edu.tr/~duhak/ukanat.htm>, 2006)



Şekil 1.4. Taşıma katsayısının hücum açısı ile değişimi(Acar, 2006)

Taşıma kuvvetinin tam olarak oluşması, kanat hücum açısının (α) değiştirilmesi ile mümkün olmaktadır. Kanat hücum açısı arttırıldığında, taşıma kuvveti (L) ile hava sürati ve geri sürükleyici kuvvetlerde (D) de değişiklik meydana gelmektedir (Şekil 1.5.). Hücum açısına ilave olarak kanat alanı, hava yoğunluğu ve hız da önemli birer etkindir. Şekil 1.5.'te gösterilen F_x ve F_y kuvvetlerinin bileşimi sonucunda oluşan F_a kuvveti o α hücum açısında elde edilen taşıma ve sürüklenme'nin bileşenini vermektedir.



Şekil 1.5. Hücum açısının taşıma kuvvetine etkisi (Cavcar, 2003)

1.2. Rüzgar Tünelleri

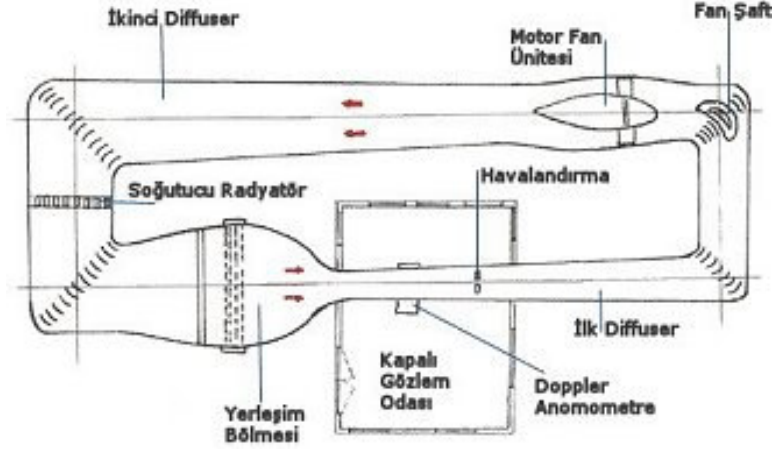
Geleneksel rüzgar tüneli deneyleri taşıma, sürüklenme, basınç gibi cisimlere etki eden büyüklüklerin incelenmesinde olanak sağlamaktadır.

Bir uçağın aerodinamik özelliklerini denemenin en iyi yolu rüzgar tüneli uygulamalarıdır. Bu tünellerde düzgün bir gaz veya hava karışımı sağlanmaktadır. Bu amaçla gerekli hızlara göre değişik sistemler kullanılmaktadır. Hava, rüzgar tüneline uçağın küçük ölçekli modeli ya da bir kanadı üzerinde yol almaktadır ve havanın oluşturduğu etki gözlemlenmektedir. Elde edilen sonuçlar bilgisayar kullanılarak değerlendirilmektedir (Özdemir ve Onbaşıoğlu, 2004).

Rüzgar tünelleri aerodinamik optimizasyon ve bir çok farklı testlerin yapılması amacıyla kullanılmaktadır. Tüneller özellikle normal ortamdaki hava şartlarını ve hava akış hızlarını simule edebilecek şekilde tasarlanmaktadır. Tasarım gerçekleştirilirken düzensiz şekildedeki komponentlerden (üniform olmayan bileşenlerden) özellikle kaçınılmaktadır. Çünkü hava akışındaki herhangi bir ufak farklılık, test objesinin davranış biçimlerini değiştirmekte ve bunun sonucu olarak, test sırasında alınan verilerin değerleri değişmektedir. Aerodinamistin elindeki en önemli veriler de bu veriler olduğundan, yanlış olabilecek veriler de araç tasarımı üzerinde yanlış kararlar verilmesine neden olabilmektedir.

Tünel tasarımları incelendiğinde, ana olarak iki tip rüzgar tüneli tasarımı karşımıza çıkmaktadır. Bu tiplerden birincisi; **“Açık Devreli Rüzgar Tüneli”** modelidir. Bu modelde tünel, atmosfere açılan bir hava girişine sahiptir. Bu tip bir tünel inşa etmenin en iyi yolu, atmosfere açılan hava girişine bir fanın monte edildiği ve fanın havayı sistemin içerisine üflediği bir vantilasyon sistemi kurmaktır. Ancak bu tip tünellerde, girişteki hava girdabı olası bir problemdir. Bu nedenle açık devreli fanlı rüzgar tünelleri, emmeli tip rüzgar tünellerine göre daha az hassastırlar. Fandan çıkan akım türbülanslıdır ve uniform değildir.

İkinci tip rüzgar tüneli ise; **“Kapalı Devreli Rüzgar Tünel”**’idir. Bu tip tüneller aynı zamanda “kapalı geri dönüşlü” tüneller olarak da adlandırılmaktadır. Bu tip tünellerde ise Şekil 1.6’da gösterilen aksiyal fanlar kullanılmaktadır (Özener, 2006).



Şekil 1.6. Kapalı devre rüzgar tüneli

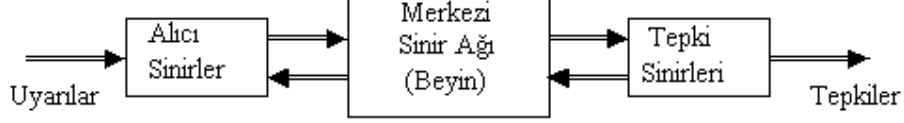
1.3. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA), beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir. YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenmektedir. Donanım olarak elektronik devrelerle yada bilgisayarlarda yazılım olarak gerçekleştirilebilir. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak YSA, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip paralel dağılmış bir işlemcidir (<http://www.backpropagation.netfirms.com>).

Öğrenme süreci, arzu edilen amaca ulaşmak için YSA ağırlıklarının yenilenmesini sağlayan öğrenme algoritmalarını ihtiva etmektedir (Kaya ve Engin, 2003).

Biyolojik sinir sistemi, merkezinde sürekli olarak bilgiyi alan, yorumlayan ve uygun bir karar üreten beynin (merkezi sinir ağı) bulunduğu 3 katmanlı bir sistem olarak açıklanmaktadır. Alıcı sinirler (receptor) organizma içerisinde ya da dış ortamlardan algıladıkları uyarıları, beyne bilgi ileten elektriksel sinyallere dönüştürmekte, tepki sinirleri (effector) ise, beynin ürettiği elektriksel darbeleri organizma çıktısı olarak

uygun tepkilere dönüştürmektedir. Şekil 1.7’de bir sinir sisteminin blok gösterimi verilmiştir.



Şekil 1.7. Sinir sisteminin blok gösterimi

Merkezi sinir ağında bilgiler, alıcı ve tepki sinirleri arasında ileri ve geri besleme yönünde değerlendirilerek uygun tepkiler üretilmektedir. Bu yönüyle biyolojik sinir sistemi, kapalı çevrim denetim sisteminin karakteristiklerini taşımaktadır. Merkezi sinir sisteminin temel işlem elemanı, sinir hücresidir (nöron) ve insan beyinde yaklaşık 10 milyar sinir hücresi olduğu tahmin edilmektedir. Sinir hücresi; hücre gövdesi, dendriteler ve axonlar olmak üzere 3 bileşenden meydana gelmektedir. Dendriteler, diğer hücrelerden aldığı bilgileri hücre gövdesine bir ağaç yapısı şeklinde ince yollarla iletir. Axonlar ise elektriksel darbeler şeklindeki bilgiyi hücreden dışarı taşıyan daha uzun bir yoldur. Axonların bitimi, ince yollara ayrılabilir ve bu yollar, diğer hücreler için dendriteleri oluşturur. Axon-dendrite bağlantı elemanı synapse olarak tanımlanır (Çizelge 1.1).

İnsan beyininin 10 milyar sinir hücresinden ve 60 trilyon synapse bağlantısından oluştuğu düşünülürse son derece karmaşık ve etkin bir yapı olduğu anlaşılmaktadır. Diğer taraftan bir sinir hücresinin tepki hızı, günümüz bilgisayarlarına göre oldukça yavaş olmakla birlikte duyuşsal bilgileri son derecede hızlı değerlendirebilmektedir. Bu nedenle insan beyni; öğrenme, birleştirme, uyarılma ve genelleştirme yeteneği nedeniyle son derece karmaşık, doğrusal olmayan ve paralel dağılmış bir bilgi işleme sistemi olarak tanımlanabilmektedir (Yüce, 2005).

Çizelge 1.1. Biyolojik Sinir sistemi ile YSA sisteminin elemanları

SİNİR SİSTEMİ	YSA SİSTEMİ
Neuron	İşlem elemanı
Dendrit	Toplama fonksiyonu
Hücre gövdesi	Transfer fonksiyonu
Axonlar	Eleman çıkışı
Synapslar	Ağırlıklar

2. KAYNAK BİLGİSİ

1942 yılı YSA'nın gelişiminin başlangıç yılı olarak kabul edilmektedir. Bu tarihte McCulloch ve Pitts, ilk hücre modelini geliştirmişlerdir. Bunun yanında birkaç hücrenin ara bağlaşımını incelemiştir. Hebb, 1949 yılında hücre bağlantılarını ayarlamak için ilk öğrenme kuralını önermiştir (Yalçın vd., 2001).

1958'de Rosenblatt, algılayıcı (perceptron) modelini ve öğrenme kuralını geliştirerek, bugün kullanılan kuralların temelini koymuştur.

1960-1962 yılında, Widrow ve Hoff tarafından ADALINE'lar ve LMS kuralı geliştirmiştir.

1969 yılında, Minsky ve Papert, algılayıcının kesin analizini yapmış ve algılayıcının karmaşık lojik fonksiyonlar için kullanılamayacağını ispatlamışlardır. Bunun üzerine, yapay sinir ağları üzerine yapılan çalışmalar hemen hemen durma noktasına gelmiştir. 1960 yılının ortalarından, 1980 yılının başına kadar bir durgunluk dönemi yaşanmıştır. Çalışmaları büyük ölçüde azaltan bu durgunluğun en önemli faktörlerinden birisi, YSA'nın bilgi işlemede alternatifi olan günümüzün sayısal bilgisayarlarının, yarı iletken teknolojisi ile yoğun, büyük çapta ucuz ve güvenilir gerçekleştirme imkanını bulmasıdır. Seri olarak çalışan hızlı birimlerden oluşmuş sayısal bilgisayarlar, aritmetik işlemlerde yüksek hız, kapasite ve güvenilirlik sağlamışlardır.

1982 yılında Hopfield, YSA'nın birçok problemi çözebilecek kabiliyeti olduğunu göstermiştir. Optimizasyon gibi teknik problemleri çözmek için doğrusal olmayan Hopfield ağını geliştirmiştir.

1982-1984 yılında Kohonen öz düzenlemeli haritayı (self-organizing map) tanımlamış, kendi adıyla anılan eğitici-siz öğrenen bir ağ geliştirmiştir.

1986 yılında Rumelhart geriye yayılımı tekrar meydana çıkartmıştır. 1988 yılında ise Chua ve Yang hücresel sinir ağlarını geliştirmişlerdir (Yurtođlu, 2005).

1999 Yılında Charles Jorgensen ve James Ross bir cismin etrafından geçen hava akımının yapay sinir ağları kullanılarak modellenmesi ile rüzgar tüneli testinin süresinin düşürülmesi üzerine çalışmıştır (Jorgensen ve Ross., 1999).

2003 yılında Suresh, S. N. Omkar, V. Mani and T. N. Guru Prakash tarafından yüksek hücum açılarında tekrarlanan sinir ağı kullanılarak taşıma katsayısı değerinin önceden tahmin edilmesi üzerinde çalışılmıştır (Suresh vd., 2003).

2003 yılında Michelle J Allen ve Ryan P. Dibley NASA’da Uçuş verileri kullanılarak uçak kanadı yüklemelerinin yapay sinir ağları ile modellemesini yapmıştır (Allen ve Dibley, 2003).

2003 yılında Mohan Rai ve Nateri K. Madavan yapay sinir ağları kullanarak uçak parçalarının aerodinamik tasarımı yapılması üzerine çalışmıştır (<http://www.nasatech.com/Briefs/June03/ARC14281.html>).

2004 yılında Virjinya eyalet Üniversitesi’nden Zhicun Wang tarafından 3 boyutlu konfigürasyonlarda aerodinamik güçlerin kontrolü yapay sinir ağları kullanılarak simüle edilmiştir (<http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-05152004-145940>).

2006 yılında Charles Jorgensen tarafından, bir uçağın rüzgar tüneli verilerinden seçilen aerodinamik karakterleri öğrenerek “lineer geri besleme kontrolü”nde kullanılmasını sağlayacak bir yapay sinir ağları programı üzerinde çalışmıştır (Jorgensen, 2006).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılacak verilerin pratik uygulamada nasıl elde edildiğinin gösterilmesi amacıyla Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu'nda bulunan Kapalı Devreli Rüzgar Tüneli kullanılmıştır. Rüzgar tüneli test sonuçlarının benzer şartlar altında modellenerek çoğaltılması için DesignFOIL (R5.32) programı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ile YSA çalışmasının yapılması için MATLAB 6.5 programı kullanılmıştır.

3.1.1. YSA ile Sinir Sistemi'nin Benzerlikleri

Beynin üstün özellikleri, bilim adamlarını üzerinde çalışmaya zorlamış ve beynin nörofiziksel yapısından esinlenerek matematiksel modeli çıkarılmaya çalışılmıştır. Beynin bütün davranışlarını tam olarak modelleyebilmek için fiziksel bileşenlerinin doğru olarak modellenmesi gerektiği düşüncesi ile çeşitli yapay hücre ve ağ modelleri geliştirilmiştir. Böylece Yapay Sinir Ağları denen yeni ve günümüz bilgisayarlarının algoritmik hesaplama yönteminden farklı bir bilim alanı ortaya çıkmıştır. Yapay sinir ağları; yapısı, bilgi işleme yöntemindeki farklılık ve uygulama alanları nedeniyle çeşitli bilim dallarının da kapsam alanına girmektedir (Kalkan, 2004).

Genel anlamda YSA, beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilmektedir. YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenmektedir. Donanım olarak elektronik devrelerle ya da bilgisayarlarda yazılım olarak gerçekleştirilebilir. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak YSA, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip paralel dağılmış bir işlemcidir. Öğrenme süreci, arzu edilen amaca ulaşmak için YSA ağırlıklarının yenilenmesini sağlayan öğrenme algoritmalarını ihtiva etmektedir (<http://www.backpropagation.netfirms.com>).

3.1.2. YSA'nın Özellikleri

YSA'nın hesaplama ve bilgi işleme gücünü, paralel dağılmış yapısından, öğrenebilme ve genelleme yeteneğinden aldığı söylenebilir. Genelleme, eğitim ya da öğrenme sürecinde karşılaşılmayan girişler için de YSA'nın uygun tepkileri üretmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu üstün özellikleri, YSA'nın karmaşık problemleri çözebilme yeteneğini gösterir. Günümüzde birçok bilim alanında YSA, aşağıdaki özellikleri nedeniyle etkin olmuş ve uygulama yeri bulmuştur

Doğrusal Olmama: YSA'nın temel işlem elemanı olan hücre doğrusal değildir. Dolayısıyla hücrelerin birleşmesinden meydana gelen YSA da doğrusal değildir ve bu özellik bütün ağa yayılmış durumdadır. Bu özelliği ile YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde en önemli araç olmuştur.

Öğrenme: YSA'nın arzu edilen davranışı gösterebilmesi için amaca uygun olarak ayarlanması gerekmektedir. Bu, hücreler arasında doğru bağlantıların yapılması ve bağlantıların uygun ağırlıklara sahip olması gerektiğini ifade etmektedir. YSA'nın karmaşık yapısı nedeniyle bağlantılar ve ağırlıklar önceden ayarlı olarak verilemez yada tasarlanamaz. Bu nedenle YSA, istenen davranışı gösterecek şekilde ilgilendiği problemde aldığı eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenmelidir.

Genelleme: YSA, ilgilendiği problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de arzu edilen tepkiyi üretebilir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir YSA, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakterleri verebilir ya da bir sistemin eğitilmiş YSA modeli, eğitim sürecinde verilmeyen giriş sinyalleri için de sistemle aynı davranışı gösterebilir.

Uyarlanabilirlik: YSA, ilgilendiği problemdeki değişikliklere göre ağırlıklarını ayarlamaktadır. Yani, belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen YSA, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilmekte, değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilmektedir. Bu özelliği ile YSA, uyarlamalı örnek

tanıma, sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılmaktadır.

Hata Toleransı: YSA, çok sayıda hücrenin çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğundan paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağına sahip olduğu bilgi, ağdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, eğitilmiş bir YSA'nın bazı bağlantılarının hatta bazı hücrelerinin etkisiz hale gelmesi, ağın doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilemez. Bu nedenle, geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri son derece yüksektir.

Donanım ve Hız: YSA, paralel yapısı nedeniyle büyük ölçekli entegre devre (VLSI) teknolojisi ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu özellik, YSA'nın hızlı bilgi işleme yeteneğini artırır ve gerçek zamanlı uygulamalarda arzu edilir.

Analiz ve Tasarım Kolaylığı: YSA'nın temel işlem elemanı olan hücrenin yapısı ve modeli, bütün YSA yapılarında yaklaşık aynıdır. Dolayısıyla, YSA'nın farklı uygulama alanlarındaki yapıları da standart yapıdaki bu hücrelerden oluşmaktadır. Bu nedenle, farklı uygulama alanlarında kullanılan YSA'ları, benzer öğrenme algoritmalarını ve teorilerini paylaşabilmektedirler. Bu özellik, problemlerin YSA ile çözümünde önemli bir kolaylık getirmektedir (Ergezer vd., 2003).

3.1.3. YSA'nın Uygulama Alanları

Arıza Analizi ve Tespiti: Bir sistemin, cihazın ya da elemanın düzenli (doğru) çalışma şeklini öğrenen bir YSA yardımıyla, bu sistemlerde meydana gelebilecek arızaların tanımlanma olanağı vardır. Bu amaçla YSA; elektrik makinelerinin, uçakların ya da bileşenlerinin, entegre devrelerin v.s. arıza analizinde kullanılabilir.

Tıp Alanında: EEG ve ECG gibi tıbbi sinyallerin analizi, kanserli hücrelerin analizi, protez tasarımı, transplantasyon zamanlarının optimizasyonu ve hastanelerde giderlerin optimizasyonu v.s gibi uygulama yeri bulmaktadır.

Savunma Sanayi: Silahların otomasyonu ve hedef izleme, nesneleri/görüntüleri ayırma ve tanıma, yeni algılayıcı tasarımı ve gürültü önleme v.s gibi alanlara uygulanmaktadır.

Haberleşme: Görüntü ve veri sıkıştırma, otomatik bilgi sunma servisleri, konuşmaların gerçek zamanda çevirisi v.s gibi alanlarda uygulanmaktadır.

Üretim: Üretim sistemlerinin optimizasyonu, ürün analizi ve tasarımı, ürünlerin (entegre, kağıt, kaynak v.s.) kalite analizi ve kontrolü, planlama ve yönetim analizi v.s. alanlarına uygulanmaktadır.

Otomasyon ve Kontrol: Uçaklarda otomatik pilot sistemi otomasyonu, ulaşım araçlarında otomatik yol bulma/gösterme, robot sistemlerin kontrolü, doğrusal olmayan sistem modelleme ve kontrolü, elektrikli sürücü sistemlerin kontrolü v.s. gibi yaygın bir uygulama yeri bulmaktadır (Çobanoğlu, 2002).

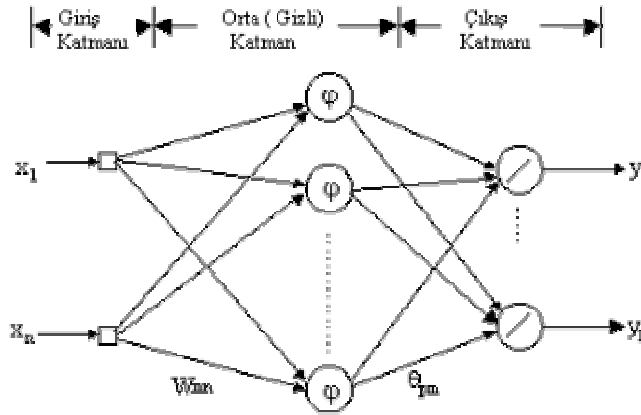
3.1.4. YSA Yapıları

Yapay sinir ağları, hücrelerin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmalarından oluşmaktadır. Hücre çıkışları, ağırlıklar üzerinden diğer hücelere ya da kendisine giriş olarak bağlanabilmekte ve bağlantılarda gecikme birimi de kullanılabilir. Hücrelerin bağlantı şekillerine, öğrenme kurallarına ve aktivasyon fonksiyonlarına göre çeşitli YSA yapıları geliştirilmiştir. Çeşitli problemlerin çözümünde kullanılan ve kabul görmüş bazı YSA yapıları genel özellikleri ile şunlardır.

3.1.4.1. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları (İBYSA):

İleri beslemeli YSA' da, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilmektedir. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan orta (gizli) katmandaki hücelere iletmektedir. Bilgi, orta ve çıkış

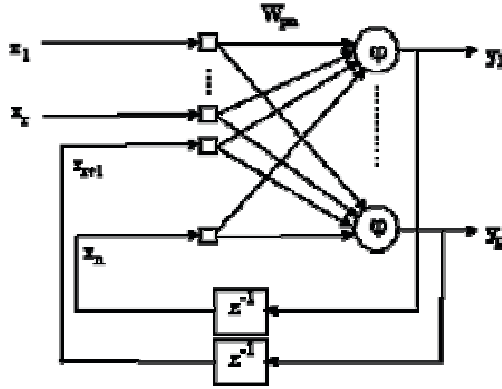
katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenmektedir. Bu yapısı ile ileri beslemeli ağlar doğrusal olmayan statik bir işlevi gerçekleştirir. İleri beslemeli 3 katmanlı YSA' nın, orta katmanında yeterli sayıda hücre olmak kaydıyla, herhangi bir sürekli fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştırabileceği gösterilmiştir. En çok bilinen geriye yayılım öğrenme algoritması, bu tip YSA ların eğitiminde etkin olarak kullanılmakta ve bazen bu ağlara geriye yayılım ağları da denmektedir. Şekil 3.1'de giriş, orta ve çıkış katmanı olmak üzere 3 katmanlı ileri beslemeli YSA yapısı verilmektedir.



Şekil 3.1. İleri beslemeli YSA yapısı

3.1.4.2. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları (GBYSA)

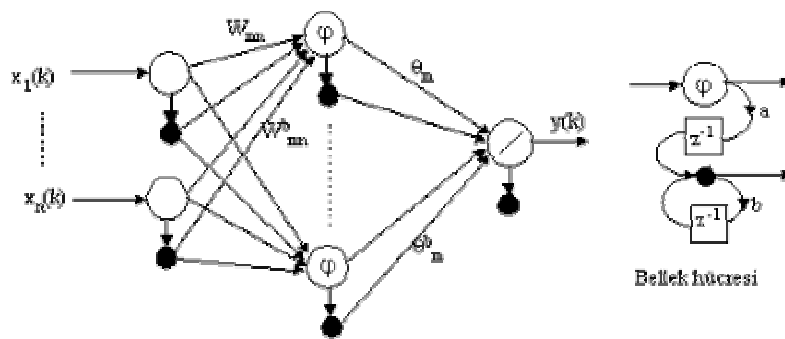
Geri beslemeli YSA' da, en az bir hücrenin çıkışı kendisine ya da diğer hücelere giriş olarak verilmekte ve genellikle geri besleme bir geciktirme elemanı üzerinden yapılmaktadır. Geri besleme, bir katmandaki hücreler arasında olduğu gibi katmanlar arasındaki hücreler arasında da olabilir. Bu yapısı ile geri beslemeli YSA , doğrusal olmayan dinamik bir davranış göstermektedir. Dolayısıyla, geri beslemenin yapılış şekline göre farklı yapıda ve davranışta geri beslemeli YSA yapıları elde edilebilmektedir. Şekil 3.2'de iki katmanlı ve çıkışlarından giriş katmanına geri beslemeli bir YSA yapısı görülmektedir.



Şekil 3.2. Geri beslemeli bir YSA yapısı

3.1.4.3. Bellek Hücreli YSA Yapıları (BHYSA)

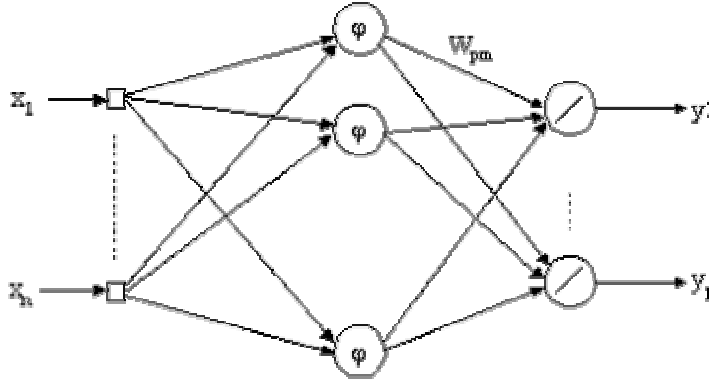
Doğrusal olmayan sistemlerin tanılanması ve denetiminde, katmanlı YSA yapıları etkin olarak kullanılmaktadır. YSA ile sistem tanılamada, doğru model yapısının seçilebilmesi ve model girişlerinin belirlenebilmesi için sistemin giriş ve çıkışının gecikme derecelerinin bilinmesi gerekmektedir. Sistemin derecesinin doğru belirlenememesi, modelde temsil edilemeyen dinamikler nedeniyle kararlı ve değişen dinamik şartlarda doğru bir model elde edilmesini etkilemektedir. Bu nedenle, geri beslemeli YSA yapıları kullanılarak sistemin derecesine ihtiyaç duymayan tanı modelleri geliştirilmiştir. Şekil 3.3.'de Bellek Hücreli Yapay Sinir Ağları (BHYSA) olarak tanımlanan ve ağdaki her bir hücre için bir bellek hücresinin kullanıldığı katmanlı-geri beslemeli bir ağ yapısı verilmektedir.



Şekil 3.3. Bellek hücreli YSA yapısı

3.1.4.4. Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları (RTFA)

Katmanlı YSA' nın tasarımında eğiticili geriye yayılım öğrenme algoritması bir en iyileme uygulamasıdır. Radyal tabanlı fonksiyon ağı tasarımı ise çok boyutlu uzayda eğri uydurma yaklaşımıdır ve bu nedenle RTFA' nın eğitimi, çok boyutlu uzayda eğitim verilerine en uygun bir yüzeyi bulma problemine dönüşmektedir. RTFA' nın genellemesi ise test verilerini interpolate etmek amacıyla, eğitim sırasında bulunan çok boyutlu yüzeyin kullanılmasına eşdeğerdir. Radyal tabanlı fonksiyonlar, sayısal analizde çok değişkenli interpolasyon problemlerinin çözümünde kullanılmış ve YSA' nın gelişmesi ile birlikte bu fonksiyonlardan YSA tasarımında yararlanılmıştır. RTFA, ileri beslemeli YSA yapılarına benzer şekilde giriş, orta ve çıkış katmanından oluşur ancak, giriş katmanından orta katmana dönüşüm, radyal tabanlı aktivasyon fonksiyonları ile doğrusal olmayan sabit bir dönüşümdür. Orta katmandan çıkış katmanına ise uyarlamalı ve doğrusal bir dönüşüm gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.4).

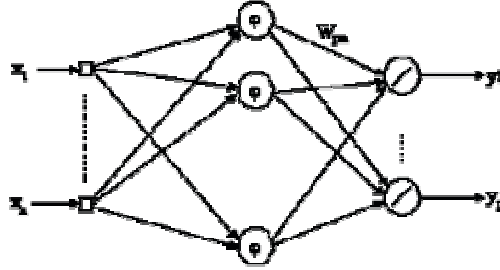


Şekil 3.4. Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları

3.1.4.5. Fonksiyonel Link Ağları (FLA)

Katmanlı YSA, orta katmandaki doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonları nedeniyle doğrusal olmayan öğrenme algoritmaları ile eğitilmelidir. Bu durum, öğrenme hızını yavaşlatır ve fonksiyon yaklaşımında yöresel en aza ulaşılabilir. Bu sorunlar, ağ girişlerini önce doğrusal olmayan bir dönüşümle genişlettikten sonra

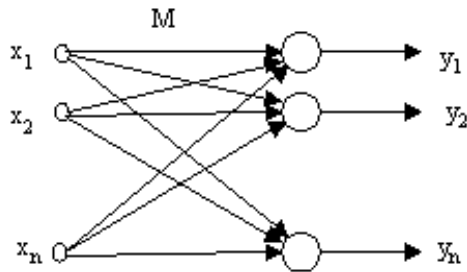
doğrusal çıkış katmanlı ağ yapıları ile giderilebilmektedir. Şekil 3.5’de verilen ve Fonksiyonel Link Ağları (FLA) olarak bilinen ağlar iyi bir fonksiyon yaklaşırma performansına sahiptir. Bu yönüyle FL ağları, merkezleri ve genişliği sabit tutulan RTFA’ na benzemektedir. Ancak, FLA’ da orta katmanın görevi ve aktivasyon fonksiyonları farklıdır.



Şekil 3.5. Fonksiyonel Link Ağları

3.1.4.6. Çağrışımli Bellek Ağları (ÇBA)

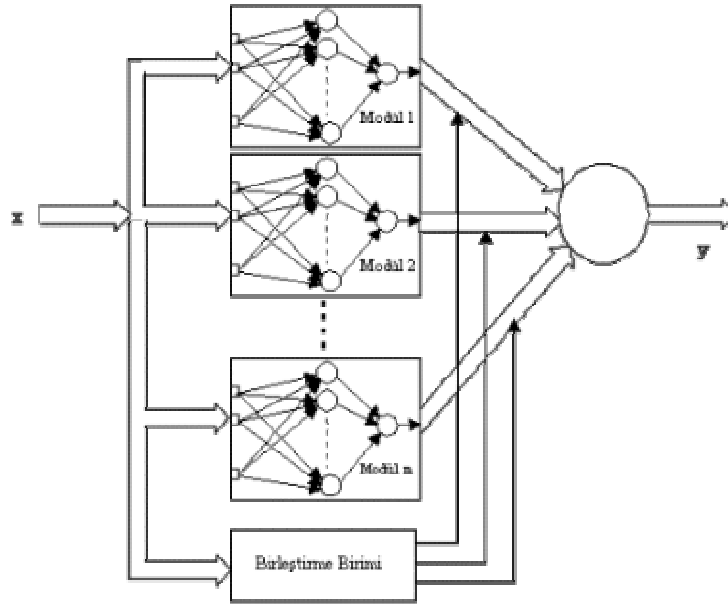
Çağrışımli sistemler, belirli giriş vektörlerini belirli çıkış vektörlerine dönüştüren ya da ilişkilendiren sistemler olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla çağrışımli bellek ağları, eğitim sürecinde ağa verilen eğitim örneklerini ağırlıkları aracılığı ile saklar ya da ezberler ve hatırlama ya da genelleme sürecinde ise saklanmış örneklerin gürültülü versiyonları da ağa verilmiş olsa doğru örnekleri verebilmektedir. Bu yönü ile ÇBA’ ları kodlayıcılar ve kod çözücülere benzer işlevleri yerine getirmektedirler ve beynin yapısal karakteristikleri yerine işlevsel özelliklerini benzeştiren ağ yapısı olarak tanımlanabilirler. ÇBA’ ları genellikle örüntü tanıma ve eldeki eksik verilerden, doğru verileri ortaya çıkarma gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Çağrışımli Bellek Ağları

3.1.4.7. Modül Yapay Sinir Ağları (MYSA)

Modül YSA' ları, çok sayıda YSA yapısının birleşiminden oluşmaktadır. Eğer, bir ağın yapması gereken işlemler birbirleriyle de haberleşmeksizin iki ya da daha fazla modüle (alt yapıya) ayrılabilirse bu ağlar modül YSA' ları olarak tanımlanabilir (Şekil 3.7) (Çobanoğlu, 2002).



Şekil 3.7. Modül Yapay Sinir Ağları

3.2. Metod

3.2.1. Rüzgar Tüneli

Bir kanat rüzgar tüneline yerleştirilerek farklı hızlarda ve farklı hücum açıları altında uygulanan testlerde, kanat üzerindeki farklı noktalara yerleştirilen portlardan elde edilen basınç değerleri, deney hızı ve kanat açısı değerleri kullanılarak, her bir açı ve hız değeri için farklı Taşıma değerleri elde edilir.

Rüzgar tüneli testinde kullanılacak NACA 23012 kanat profili (Şekil 3.8) üzerinden geçen hava akımının oluşturacağı basınç kuvvetini belirlenen portlardan ölçebilecek şekilde özel olarak imal edilmiştir. 11 adet kanat üst yüzeyinde, 9 adet kanat alt yüzeyinde olmak üzere toplam 20 adet port mevcuttur. Bu profilin üzerinde yer alan portların dağılımı Çizelge 3.6'da ve bu noktalarda oluşan kuvvetler Şekil 3.9'da gösterilmiştir.

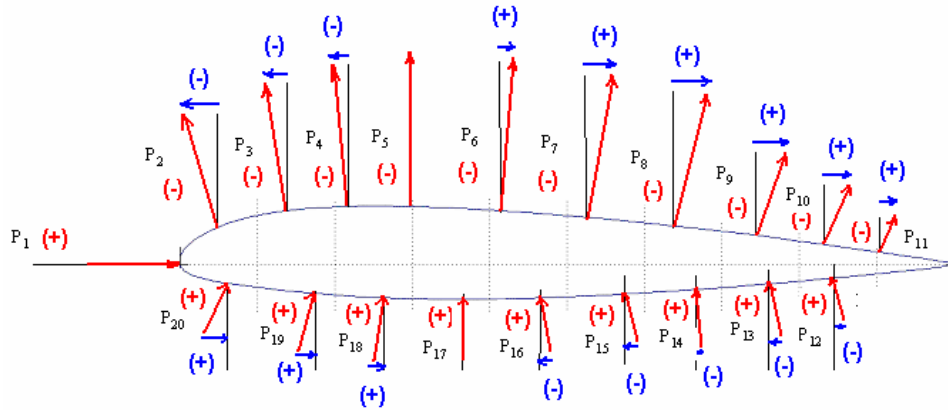


Şekil 3.8. Rüzgar Tüneli Testinde Kullanılan NACA 23012 Profili

Kullanılan NACA 23012 profilinin veter uzunluğu, yani kanat hücum kenarının en uç noktasından kanat firar kenarının en uç noktasına olan dik uzaklık 1000 mm. dir.

Çizelge 3.1. Ölçüm portlarının kanat üzerinde dağılımı

Üst Yüzey (Hücum kenarına göre uzaklık)											
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x/c	0.0	0.125	0.185	0.251	0.335	0.405	0.480	0.550	0.620	0.695	0.795
Alt Yüzey (Hücum kenarına göre uzaklık)											
No.	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
x/c	0.760	0.660	0.585	0.501	0.440	0.365	0.290	0.215	0.145		



Şekil 3.9. Ölçüm portlarında oluşan kuvvetler (Cavcar, 2006).

3.2.2. DesignFOIL (R5.32) Programı ile Rüzgar Tünelinin Simülasyonu

Yapay Sinir Ağları uygulamalarında deney girdilerinin fazla olması, çalışmanın hassasiyetini de artıracaktır. Bu çalışmada 210 farklı hız ve açıda deney sonuçları kullanılmıştır. Bu nedenle Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu Rüzgar tüneli test sonuçları benzer şartlar altında bir kanat tasarım ve test programı olan DesignFOIL (R5.32) ile çoklanmıştır.

3.2.3. MATLAB 6.5 Programının Yapay Sinir Ağları Uygulaması

NACA 23012 profilindeki taşıma değerinin, diğer değişkenler sabit tutularak, kanadın Hücüm Açısı (α - Angle of Attack) ve Hava Hızı (V) değişkenlerine bağlı olarak değişimi, Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksek Okulu rüzgar tüneli kullanılarak gerçekleştirilen “Rüzgar Tüneli” deneyinde hesaplanarak, benzer şartlar simule edilerek deney sonuçları DesignFOIL (R5.32) programı ile çoğaltılmış ve elde edilen deney sonuçlarını doğrulayacak bir “Yapay Sinir Ağları” modeli, MATLAB 6,5 programının Neural Networks aracı ile modellenmiştir.

3.2.4. Kanat Taşıma Değerinin Rüzgar Tüneli Testi ile Hesaplanması

Rüzgar tüneli test hücreğine NACA 23012 profilindeki kanat yerleştirilerek deney başlatılarak rüzgar tüneli testi aşağıda anlatıldığı şekilde gerçekleştirilir.

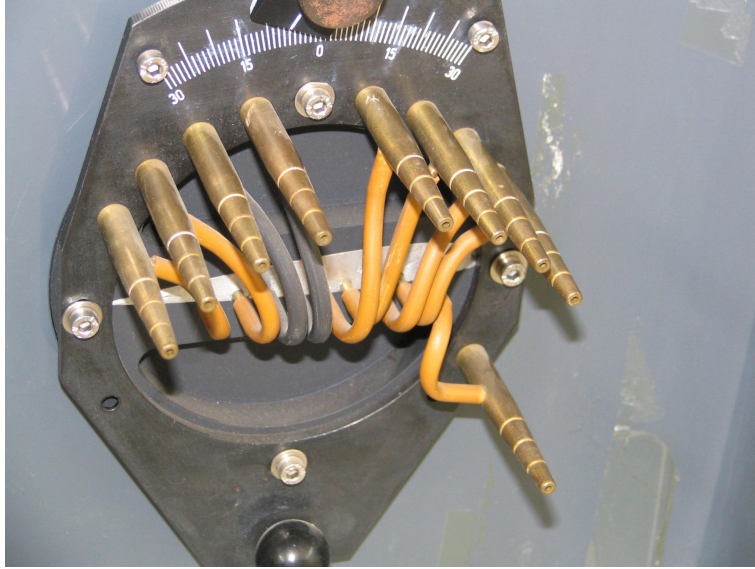
3.2.4.1. Rüzgar Deneyi Testinin Yapılması

Deney profili. test hücreğine tutacaklar vasıtasıyla yerleştirilir. Rüzgar tüneli çalıştırılır ve istenilen hava hızına ulaşılacak devir sayısı ayarlanır (Şekil 3.10).



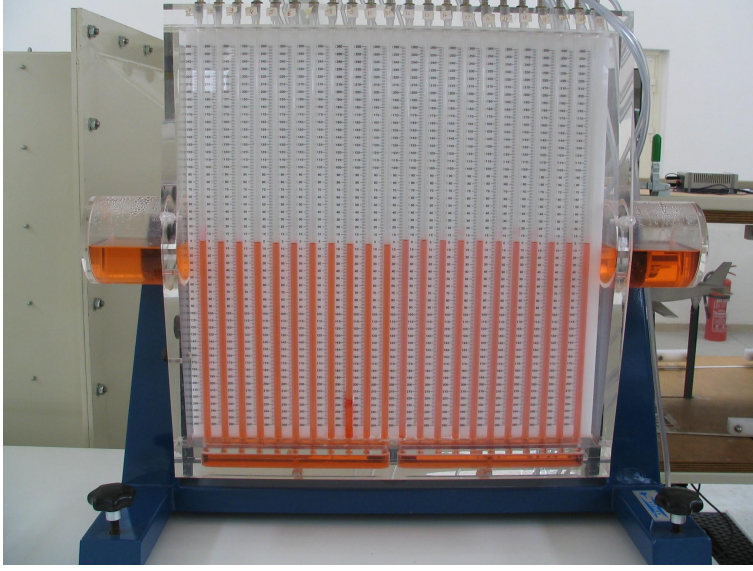
Şekil 3.10. Rüzgar Tüneli Devrinin Ayarlanması

Profil üzerinden geçen hava akımları madde 3.2.1' de yerleşimleri verilen portlarda hava basıncı oluşumuna yol açar. Bu basıncı değerleri Şekil 3.11'de gösterilen ıkışlar vasıtasıyla açık uçlu barometrelere aktarılır.



Şekil 3.11. Profilin Basıncı Tüpü ıkışları

Barometrelerde okunan değerler her bir port için ayrı ayrı okunur ve kaydedilir. Bu değerlerden statik hava basıncı değeri çıkartılarak bulunan değer, o port için yapılacak hesaplamalarda kullanılır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Basınç Değerinin Tüplerden okunması

Kanat profili yukarıdaki şartlarda çevresinden hava akımı geçerken -16, -12, -8, -4, 0, 4, 8, 12 ve 16 derecelik hücum açılarında getirilir. Her bir açı değerinde yukarıda belirtilen portlardan ölçülen su basıncı değeri göstergelerden ölçülerek kaydedilir. $P_{amb} = 930$ (mBar), $T_{amb} = 21$ (C), $V = 31$ (m/s) şartlarında gerçekleştirilen ölçüm sonuçları Çizelge 3.2’de verilmektedir.

Çizelge 3.2. Rüzgar tüneli ölçüm sonuçları

Portlar	Hücum Açısı								
	-16	-12	-8	-4	0	4	8	12	16
İ	Pi(mmH ₂ O)								
1	5	2	3	7	32	39	36	19	13
2	9	2	2	-6	-24	-32	-42	-12	-19
3	5	-2	-2	-6	-20	-28	-35	-57	-17
4	2	-4	-2	-6	-16	-22	-34	-20	-17
5	-1	-5	-4	-6	-14	-18	-19	-16	-15
6	-3	-5	-4	-6	-12	-16	-18	-12	-15
7	-3	-5	-3	-4	-10	-14	-14	-6	-15
8	-4	-6	-2	-3	-8	-9	-12	-8	-15
9	-5	-6	-2	-3	-6	-7	-8	-4	-14
10	-8	-8	-2	2	0	-2	-2	-3	-15
11	-6	-7	2	0	-4	-4	-4	1	-14
12	-16	-15	-10	-4	-4	0	2	3	-6
13	-15	-14	-12	-6	-5	-2	0	4	-6
14	-18	-17	-18	-10	-7	-2	0	4	-4
15	-18	-17	-21	-12	-9	-4	0	5	-2
16	-18	-18	-23	-12	-10	-4	0	5	0
17	-18	-18	-28	-16	-11	-6	0	6	2
18	-18	-18	-32	-20	-13	-6	0	7	2
19	-18	-18	-34	-20	-12	-4	4	10	5
20	-18	-18	-40	-20	-12	2	6	14	10
Pstatic(mmH ₂ O)	-7	-7	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-6
Ptotal (mmH ₂ O)	42	42	40	43	42	42	41	40	40

Sonuçları Pascal'a çevirmek için her bir prop'ta ölçülen basınç değeri statik basınç değerinden çıkartarak 9,81 ile çarpılır.

$$P_1 - P_s = 5 - (-7) = 12 \text{ mmH}_2\text{O} \quad 12 \times 9,81 = 117,72 \text{ Pa}$$

.....

$$P_{20} - P_s = -18 - (-7) = 11 \text{ mmH}_2\text{O} \quad 11 \times 9,81 = 107,91 \text{ Pa}$$

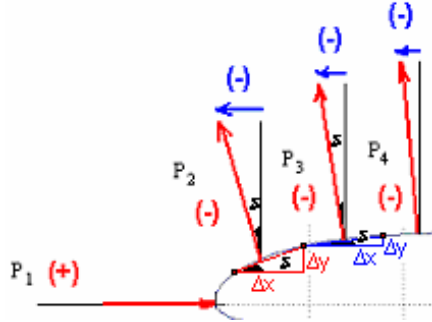
Diğer portlar ve açılar için değerler Çizelge 3.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 3.3. Rüzgar tüneli ölçüm sonuçları (Pa)

Portlar	Hücum Açısı								
	-16	-12	-8	-4	0	4	8	12	16
	Pi-Ps (Pa)								
1	117,72	88,29	107,91	147,15	392,4	461,07	431,64	264,87	186,39
2	156,96	88,29	98,1	19,62	-157	-235,4	-333,5	-39,24	-127,5
3	117,72	49,05	58,86	19,62	-117,7	-196,2	-264,9	-480,7	-107,9
4	88,29	29,43	58,86	19,62	-78,48	-137,3	-255,1	-117,7	-107,9
5	58,86	19,62	39,24	19,62	-58,86	-98,1	-107,9	-78,48	-88,29
6	39,24	19,62	39,24	19,62	-39,24	-78,48	-98,1	-39,24	-88,29
7	39,24	19,62	49,05	39,24	-19,62	-58,86	-58,86	19,62	-88,29
8	29,43	9,81	58,86	49,05	0	-9,81	-39,24	0	-88,29
9	19,62	9,81	58,86	49,05	19,62	9,81	0	39,24	-78,48
10	-9,81	-9,81	58,86	98,1	78,48	58,86	58,86	49,05	-88,29
11	9,81	0	98,1	78,48	39,24	39,24	39,24	88,29	-78,48
12	-88,29	-78,48	-19,62	39,24	39,24	78,48	98,1	107,91	0
13	-78,48	-68,67	-39,24	19,62	29,43	58,86	78,48	117,72	0
14	-107,9	-98,1	-98,1	-19,62	9,81	58,86	78,48	117,72	19,62
15	-107,9	-98,1	-127,5	-39,24	-9,81	39,24	78,48	127,53	39,24
16	-107,9	-107,9	-147,2	-39,24	-19,62	39,24	78,48	127,53	58,86
17	-107,9	-107,9	-196,2	-78,48	-29,43	19,62	78,48	137,34	78,48
18	-107,9	-107,9	-235,4	-117,7	-49,05	19,62	78,48	147,15	78,48
19	-107,9	-107,9	-255,1	-117,7	-39,24	39,24	117,72	176,58	107,91
20	-107,9	-107,9	-313,9	-117,7	-39,24	98,1	137,34	215,82	156,96

3.2.4.2. Test Sonuçları Kullanılarak Gerekli Hesaplamaların Yapılması

Kanada etki eden toplam dikey kuvvetin ΔF_y hesaplanması:



Şekil 3.13. Portlardaki güç bileşenleri

Formül:

$$F_y = \sum_{i=1}^{20} (P_i - P_0) \cdot \cos \delta_i \cdot \Delta x_i$$

Hücum açısı -16 için;

$$F_{y1} = 117,72 \cdot \cos (90,0,0179) \cdot 0 / 1000 = 0 \text{ N}$$

$$F_{y2} = 156,96 \cdot \cos (12,2,0,0179) \cdot 37 / 1000 = 5,7 \text{ N}$$

.....

$$F_{y19} = -107,9 \cdot \cos (3,0,0179) \cdot 29 / 1000 = -3,1 \text{ N}$$

$$F_{y20} = -107,9 \cdot \cos (4,1,0,0179) \cdot 28 / 1000 = -3,0 \text{ N}$$

$$(F_y)_{\text{üst}} = \sum_{i=1}^{11} (F_y)_i$$

$$(F_y)_{\text{alt}} = \sum_{i=12}^{20} (F_y)_i$$

$$\Delta F_y = (F_y)_{\text{alt}} - (F_y)_{\text{alt}}$$

$$\Delta F_{-16} = -31,3 - 17 = -48,2 \text{ N}$$

Bu yolla her açı için ΔF_y değerleri bulunur (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Ölçüm noktalarının geometrik verileri ve hesaplanan F_y değerleri

		Hücum Açısı								
Portlar		-16	-12	-8	-4	0	4	8	12	16
Δx	δ	F_y	F_y	F_y	F_y	F_y	F_y	F_y	F_y	F_y
0	90	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0
37	12,2	5,7	3,2	3,5	0,7	-5,7	-8,5	-12,1	-1,4	-4,6
25	9,1	2,9	1,2	1,5	0,5	-2,9	-4,8	-6,5	-11,9	-2,7
31	1,8	2,7	0,9	1,8	0,6	-2,4	-4,3	-7,9	-3,6	-3,3
31	3,7	1,8	0,6	1,2	0,6	-1,8	-3,0	-3,3	-2,4	-2,7
28	4,1	1,1	0,5	1,1	0,5	-1,1	-2,2	-2,7	-1,1	-2,5
28	4,1	1,1	0,5	1,4	1,1	-0,5	-1,6	-1,6	0,5	-2,5
27	3,2	0,8	0,3	1,6	1,3	0,0	-0,3	-1,1	0,0	-2,4
28	8,1	0,5	0,3	1,6	1,4	0,5	0,3	0,0	1,1	-2,2
29	9,8	-0,3	-0,3	1,7	2,8	2,2	1,7	1,7	1,4	-2,5
62	8,3	0,6	0,0	6,0	4,8	2,4	2,4	2,4	5,4	-4,8
63	6,3	-5,5	-4,9	-1,2	2,5	2,5	4,9	6,1	6,8	0,0
29	7,9	-2,3	-2,0	-1,1	0,6	0,8	1,7	2,3	3,4	0,0
33	5,2	-3,5	-3,2	-3,2	-0,6	0,3	1,9	2,6	3,9	0,6
28	6,1	-3,0	-2,7	-3,6	-1,1	-0,3	1,1	2,2	3,6	1,1
27	0	-2,9	-2,9	-4,0	-1,1	-0,5	1,1	2,1	3,4	1,6
29	0	-3,1	-3,1	-5,7	-2,3	-0,9	0,6	2,3	4,0	2,3
29	3	-3,1	-3,1	-6,8	-3,4	-1,4	0,6	2,3	4,3	2,3
28	4,1	-3,0	-3,0	-7,1	-3,3	-1,1	1,1	3,3	4,9	3,0
44	2,6	-4,7	-4,7	-13,8	-5,2	-1,7	4,3	6,0	9,5	6,9
	Füst	17,0	7,3	21,4	14,4	-9,3	-20,4	-31,2	-12,0	-30,2
	Falt	-31,3	-29,8	-46,5	-13,9	-2,3	17,2	29,2	43,7	17,8
	Fy	-48,2	-37,0	-68,0	-28,3	7,0	37,6	60,3	55,7	48,0

$F_{üst}$ (Kanat üst yüzeyinde yer alan portlar için hesaplanan kuvvetlerin toplamı)

F_{alt} (Kanat alt yüzeyinde yer alan portlar için hesaplanan kuvvetlerin toplamı)

Kanada etki eden toplam yatay kuvvetin ΔF_x hesaplanması:

Formül:

$$F_x = \sum_{i=1}^{20} (P_i - P_0) \cdot \sin \delta_i \cdot \Delta y_i$$

Hücum açısı -16 için:

$$F_{x1} = 117,72 \cdot \sin (90,0,017) \cdot 35 / 1000 = 4,12 \text{ N}$$

$$F_{x2} = 156,96 \cdot \sin (12,2,0,017) \cdot 8 / 1000 = 0,27 \text{ N}$$

$$F_{x3} = 117,72 \cdot \sin (9,1,0,017) \cdot 4 / 1000 = 0,07 \text{ N}$$

.....

.....

$$F_{x19} = -107,9 \cdot \sin (3,0,017) \cdot 2 / 1000 = -0,02 \text{ N}$$

$$F_{x20} = -107,9 \cdot \sin (4,1,0,017) \cdot 2 / 1000 = -0,01 \text{ N}$$

$$(F_x) = \sum_{i=1}^{20} (F_x)_i$$

$$\Delta F_{-16} = 4,29 \text{ N}$$

Bu yolla her açı için ΔF_x değerleri bulunur (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Ölçüm noktalarının geometrik verileri ve hesaplanan F_x değerleri

	Portlar	Hücum Açısı								
		-16	-12	-8	-4	0	4	8	12	16
Δy	δ	F_x	F_x	F_x	F_x	F_x	F_x	F_x	F_x	F_x
35	90	4,12	3,09	3,78	5,15	13,73	16,14	15,11	9,27	6,52
8	12,2	0,27	0,15	0,17	0,03	-0,27	-0,40	-0,56	-0,07	-0,22
4	9,1	0,07	0,03	0,04	0,01	-0,07	-0,12	-0,17	-0,30	-0,07
1	1,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00
2	3,7	0,01	0,00	0,01	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
2	4,1	0,01	0,00	0,01	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
2	4,1	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,01	0,00	-0,01
1,5	3,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
4	8,1	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,02	-0,04
5	9,8	-0,01	-0,01	0,05	0,08	0,07	0,05	0,05	0,04	-0,08
9	8,3	0,01	0,00	0,13	0,10	0,05	0,05	0,05	0,11	-0,10
7	6,3	-0,07	-0,06	-0,02	0,03	0,03	0,06	0,08	0,08	0,00
4	7,9	-0,04	-0,04	-0,02	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,00
3	5,2	-0,03	-0,03	-0,03	-0,01	0,00	0,02	0,02	0,03	0,01
3	6,1	-0,03	-0,03	-0,04	-0,01	0,00	0,01	0,03	0,04	0,01
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,5	3	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
2	4,1	-0,02	-0,02	-0,04	-0,02	-0,01	0,01	0,02	0,03	0,02
2	2,6	-0,01	-0,01	-0,03	-0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01
	F_x	4,29	3,09	4,03	5,41	13,54	15,82	14,63	9,34	6,02

Kanada etki eden toplam taşıma kuvvetinin (L) hesaplanması:Formül:

$$L = F_y \cdot \cos \alpha - F_x \cdot \sin \alpha$$

Hücum açısı -16 için:

$$L_{-16} = -48,2 \cdot \cos (-16,0,017) - 4,29 \cdot \sin (-16,0,017)$$

$$L = -45,20$$

Bu yolla her bir açı değeri için taşıma (L) değerleri bulunur (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Hesaplanan taşıma değerleri

		Hücum Açısı								
		-16	-12	-8	-4	0	4	8	12	16
L		-45,20	-35,59	-66,73	-27,83	7,01	36,43	57,72	52,51	44,45

3.2.5. DesignFOIL(R5.32) Programı ile Taşıma Değerinin Hesaplanması

Madde 3.2.4.'de anlatılan rüzgar tüneli testi çalışmaları, NACA 23012 profili için;

$$P_{amb} = 2116,2 \text{ (lb/ft}^2\text{)} = 1013 \text{ (mBar)}$$

$$T_{amb} = 59 \text{ }^\circ\text{F} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

ortam şartlarında, bir kanat tasarım programı olan DesignFOIL (R5.32) ile;

Hücum açıları = 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 ve 20

Hava Hızı = 60 ile 160 ft/sec (18,3 ile 48,8 m/s) arasında 5 ft/sec aralıklarla hesaplanmıştır.

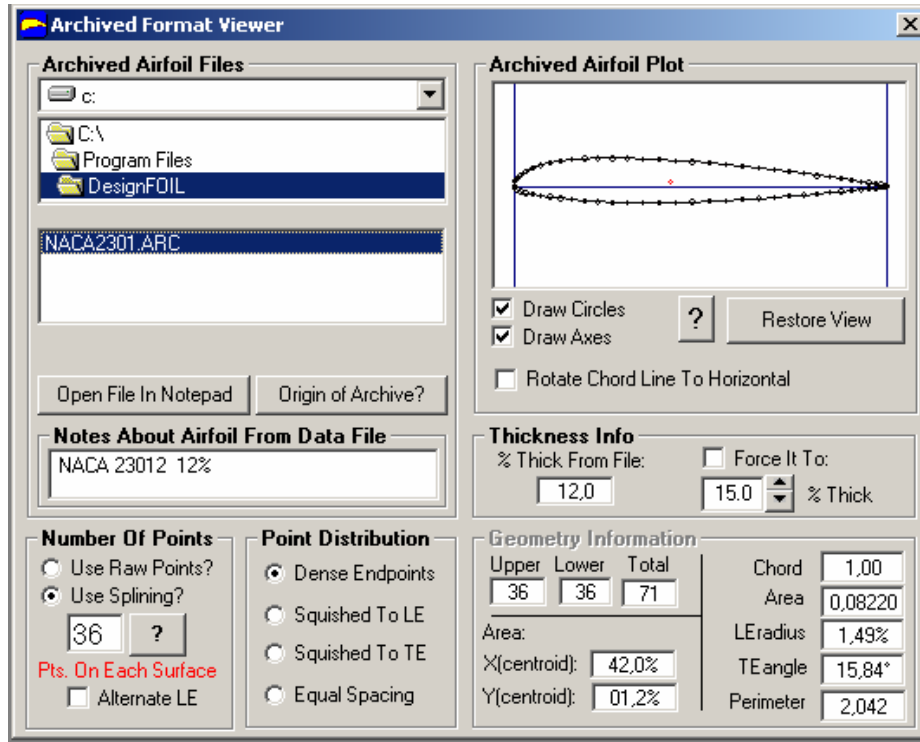
Hücum açısı ve hava hızı Yapay Sinir Ağları uygulamasında “**Girdi**” olarak kullanılacaktır.

Hücum açılarının pozitif hücum açılarından seçilmesinin nedeni, Yapay Sinir Ağları uygulamalarında negatif sonuçlar üzerinde çalışılmamasıdır. Yukarıdaki şartlar altında her bir açı ve bu açı için her bir hava hızı değişkenleri için aşağıdaki işlem uygulanmıştır;

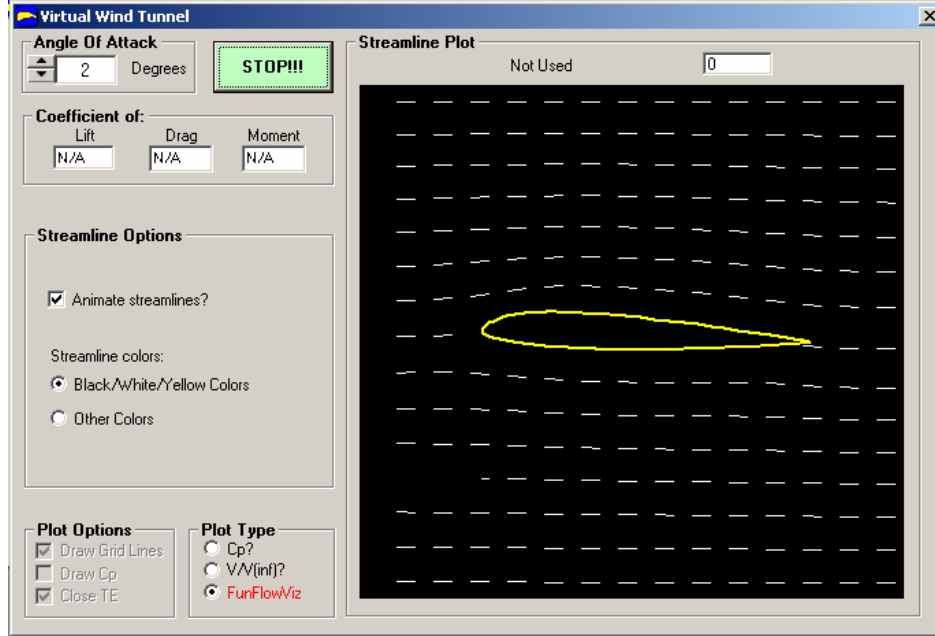
- NACA 23012 profili arşiv profilleri içerisinde seçilir (Şekil 3.14).
- Seçilen profil ve değerleri dikkate alınarak rüzgar tüneli çalıştırılır (Şekil 3.15).

- Hava akımı şartlarından istenilen hava hızı seçilir (Şekil 3.16).
- Lift/Stall penceresinden Lift Loading (Taşıma Yüklemesi) değeri okunarak kaydedilir. (Şekil 3.17).

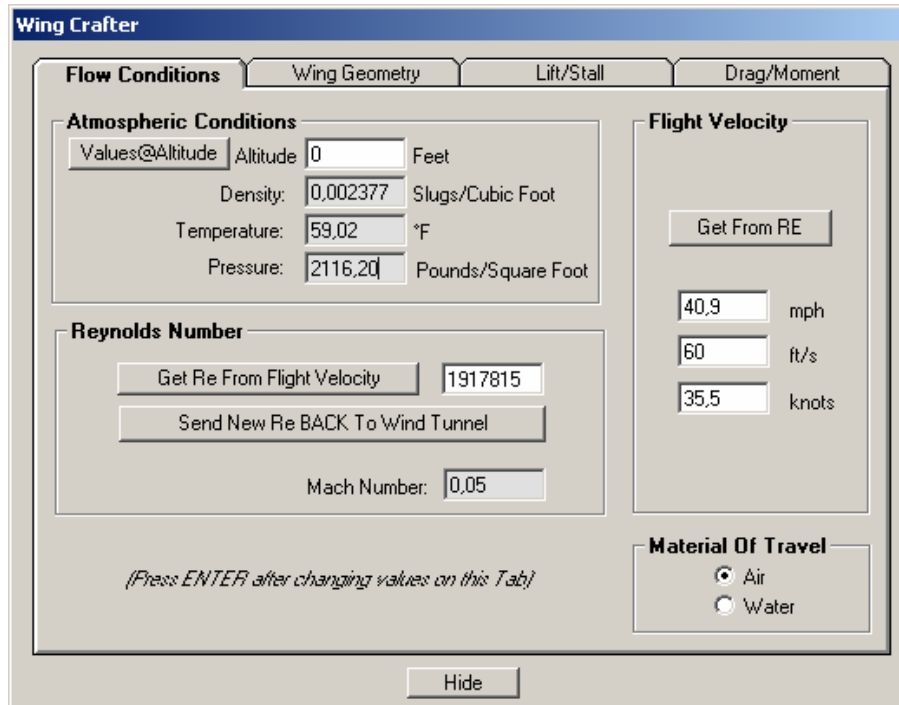
Bu değer sonsuz uzunlukta bir kanat için birim alan üzerine uygulanan taşıma değerini verir ve kanat boyutlarından bağımsızdır. Bu değer, Yapay Sinir Ağları uygulamasında “Çıktı” olarak kullanılacaktır.



Şekil 3.14. NACA 23012 profilinin seçimi



Şekil 3.15. Rüzgar tünelinin çalıştırılması



Şekil 3.16. Hava hızının seçilmesi

The screenshot shows the 'Wing Crafter' software interface with the 'Lift/Stall' tab selected. The interface is divided into four main sections: 'Flow Conditions', 'Wing Geometry', 'Lift/Stall', and 'Drag/Moment'. The 'Lift/Stall' section is further divided into 'Lift Information', 'Vehicle Weights', 'Maximum Lift Coefficient', and 'Stall Speeds'.

Lift Information:

- Lift Coefficient: 0,378
- Lift Force: 190,5 Lbs.
- Lift Loading: 1,3 Lbs/Ft²
- L/D: 23,8
- Use Elliptic Distribution

Vehicle Weights:

- Useful Load: 1800 Lbs.
- Empty Weight: 3500 Lbs.
- Net Weight: 5300,0 Lbs.
- Weight Loading: 35,33 Lbs/Ft²

Maximum Lift Coefficient:

- Get From Latest Drag Polar
- Use CL from "Lift Information"
- CL_Max: 1,2

Stall Speeds (Using above CL *ESTIMATE*):

- 121,1 mph
- 177,6 ft/s
- 105,2 knots

A red note at the top right of the 'Lift/Stall' section reads: "NOTE: CL_max is not predicted in Wing Crafter!!!". A 'Hide' button is located at the bottom center of the interface.

Şekil 3.17. Taşıma yüklemesi değerinin okunması

3.2.5.1. Deneysel Verilerin Listelenmesi

DesignFOIL (R5.32) programı İngiliz birimleri ile çalışılan bir program olduğu için girdi ve çıktı değerleri metrik sistemdeki karşılıklarına çevrilmiştir. Sonuçlar Ek-1'de verilmektedir.

Rüzgar Tüneli Testi ile DesignFOIL (R5.32) programında elde edilen 4, 8, 12 ve 16 derecelerdeki taşıma değerleri arasındaki sapmalar, DesignFOIL (R5.32) programının varsaydığı deney koşullarının Eskişehir rakımında ve rüzgar tünelinin laboratuvar ortamındaki koşullardan farklı olması nedeniyle oluşmuştur. Rüzgar tüneli deneyi, Eskişehir ili rakımında ve $P_{amb} = 930$ (mBar), $T_{amb} = 21$ (°C) ortam şartlarında gerçekleştirilirken, DesignFOIL (R5.32) programı için minimum seçilebilen ortam şartları $P_{amb} = 1013$ (mBar), $T_{amb} = 15$ (°C) dir.

3.2.6. Yapay Sinir Ağları Yönetimi ile Modellemenin Yapılması

Yapay Sinir Ağları uygulamasında; elde edilen verilerin 0 ile 1 arasında olacak şekilde orantılanması gerekmektedir. Bu nedenle testte kullanılan / elde edilen tüm veriler, bu veriler içerisindeki en yüksek değer olan ve metrik tabloda 14 derecelik Hücüm Açısı ve 48,8 m/s'lik hız girdilerinden elde edilen 174,8 Kg/m² lik Taşıma değeri dikkate alınarak “175” bölme katsayısına tabi tutulmuştur. Sonuçlar Ek-2’de gösterilmiştir.

Her bir açı değerinin 8 ve 17’inci girdi ve çıktıları (Ek-1 ve Ek-2’de koyu arka plan ile işaretlenmiştir) dışında kalan değerler (Toplam 190 adet) seçilen Yapay Sinir Ağları modelinde öğretici amaçlı olarak kullanılacaktır.

Her bir açı değerinin 8 ve 17’inci girdi ve çıktıları (Toplam 20 adet) seçilen Yapay Sinir Ağları modelinin çalıştırılması ile elde edilecek sonuçların doğrulanmasında referans olarak kullanılacaktır.

3.2.6.1. İlgili yapay sinir ağı modelinin belirlenmesi

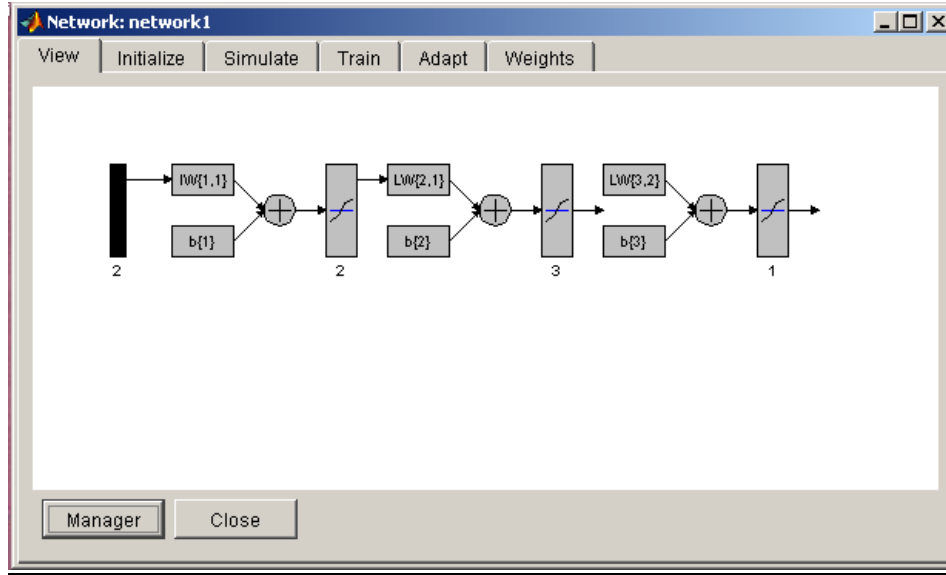
Yukarıda elde edilen verilerin Matlab6.5 programının “Neural Networks” aracında gerekli veri dosyaları oluşturularak çalışılacaktır. Ağ modeli olarak; İleri beslemeli 3 katmanlı bir YSA seçilmiştir. Bu ağın özelliği sürekli bir fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştırabilir olmasıdır. Oluşturulan modelin teknik detayları aşağıda verilmiştir;

Katman Sayısı	: 3
Katmanlardaki Sinir Sayıları	: 2-3-1
Ağ Tipi	: İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları
Eğitim Fonksiyonu	: TRAINLM
Performans Fonksiyonu	: MSE
İletim Fonksiyonu	: TANSIG
Adaptasyon Öğrenme Fonksiyonu	: LEARNGDM

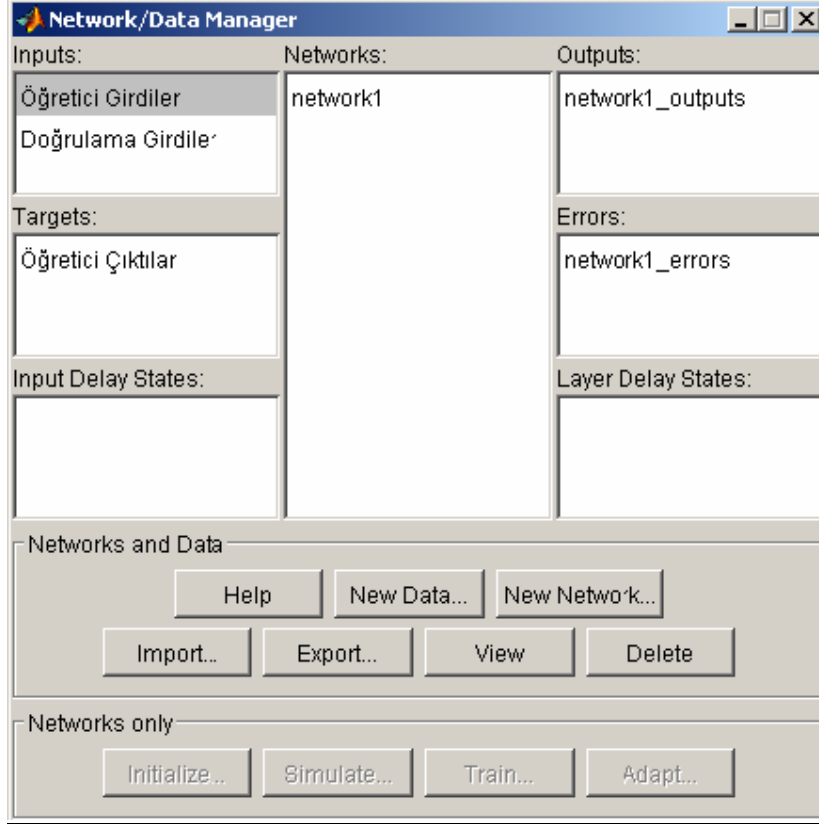
3.2.6.2. Rüzgar Tüneli Testi ile Elde Edilen Verilerin Seçilen Yapay Sinir Ağları Metodunda Uygulanması

Rüzgar tüneli testi sonuçlarında elde edilen ve Ek-3'te Sayı-1 ve Sayı-2 olarak adlandırılan kanat hücum açısı ve hava hızı değerleri Öğretici Girdiler olarak adlandırılmıştır. Yine Ek-3'te Sayı Sonuç olarak adlandırılan taşıma yüklemesi değerleri Öğretici Çıktılar olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.19).

Çalışmada kullanılacak yapay sinir ağı, Madde 3.2.6.1'de belirtilen özelliklerde Network1 olarak oluşturulmuştur (Şekil 3.18).

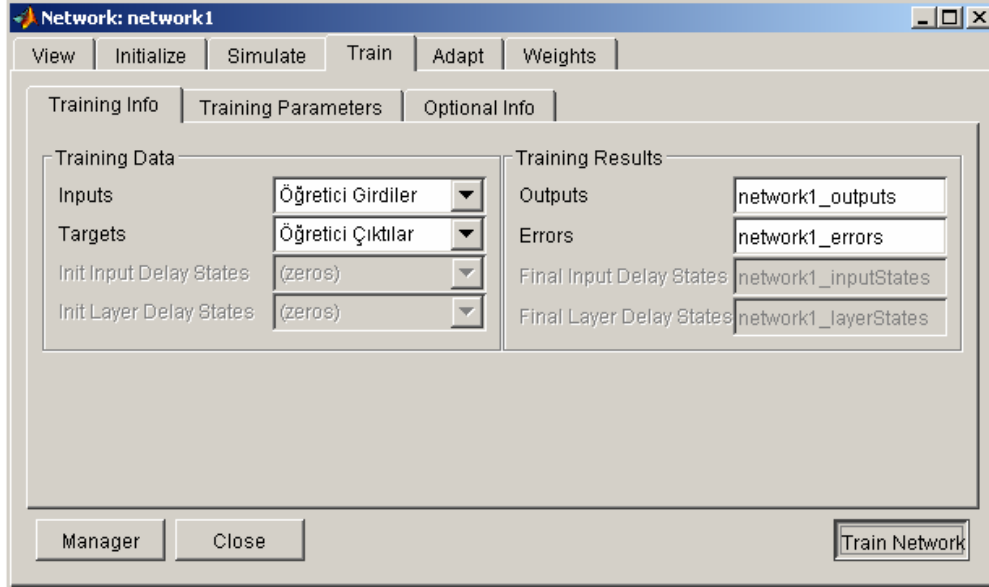


Şekil 3.18. Oluşturulan Yapay Sinir Ağı Görüntüsü

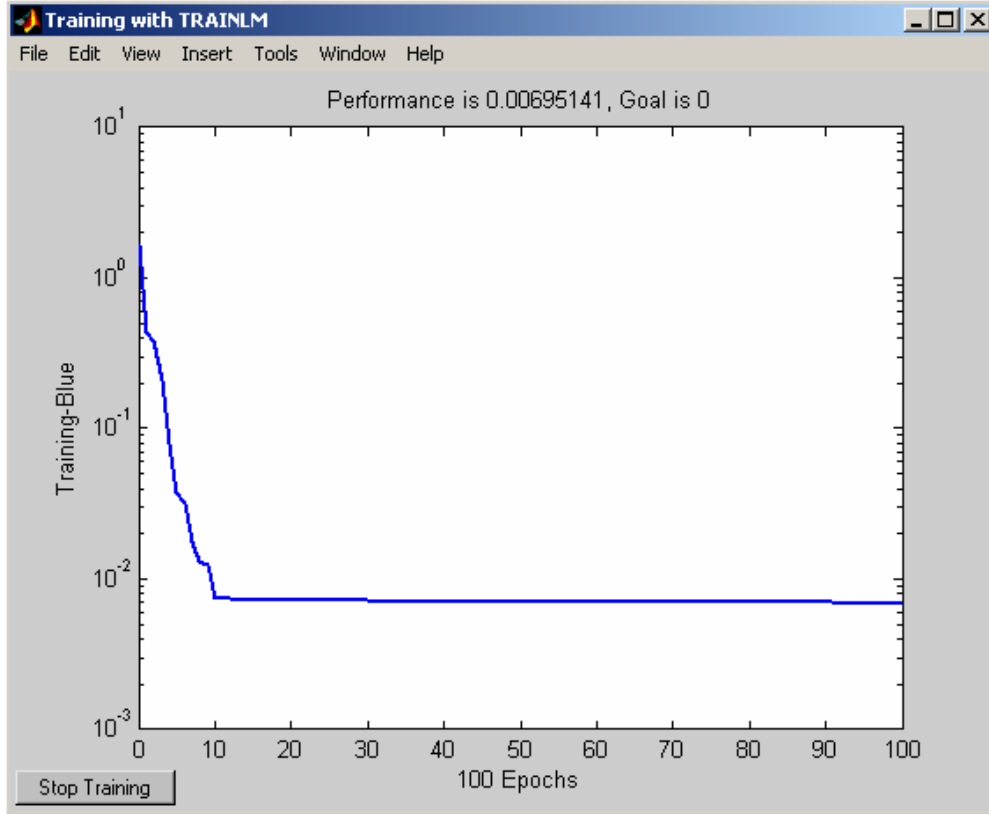


Şekil 3.19 Öğretici Girdi ve Çıktıların MATLAB'a aktarılması

Ek-3'deki veriler kullanılarak “Öğretici Girdiler” ve “Öğretici Çıktılar”ın düzenlenmesinin ardından Madde 3.2.6.1'de belirtilen özelliklerde oluşturulan Yapay Sinir Ağı, bu veriler kullanılarak eğitilir (Şekil 3.20). Öğrenme sürecinin grafiksel gösterimi Şekil 3.21'de yer almaktadır.



Şekil 3.20. YSA'nın öğretici girdi ve çıktılarıyla eğitimi

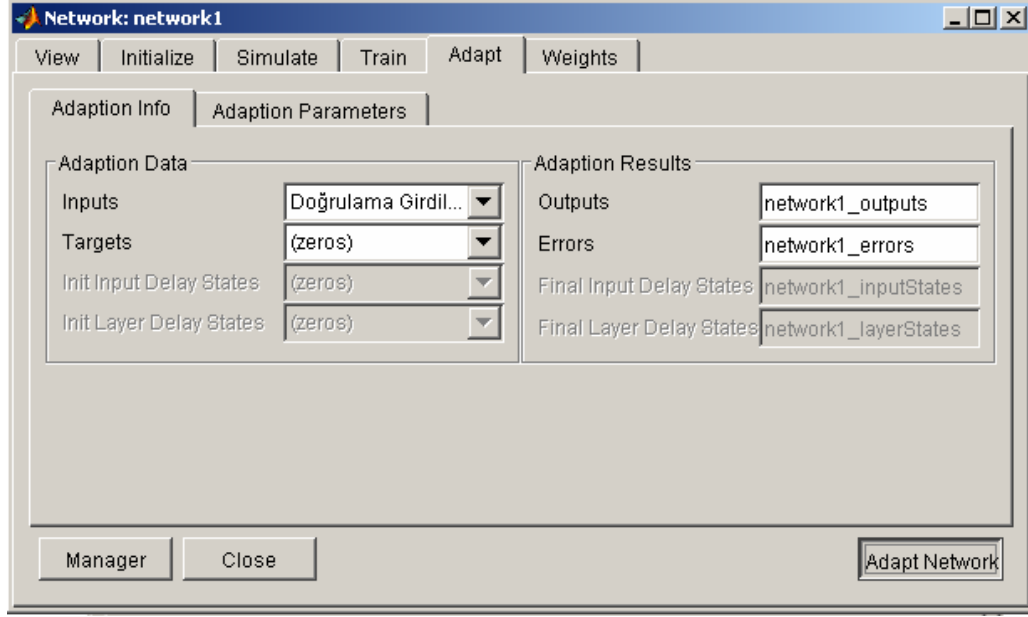


Şekil 3.21. Öğrenme sürecinin grafiksel gösterimi

Daha sonra doğrulama amaçlı olarak her açı için seçilen 8 ve 17'nci kanat hücum açıları ve hava hızı değerleri (Çizelge 3.7), eğitilen yapay sinir ağına girdi olarak sunulur ve ağı, bu girdileri öğrendiği algılama metoduna göre uyarlaması komutu verilir (Şekil 3.21).

Çizelge 3.7. Doğrulama Girdileri

	Test-1 (AoA)	Test-2 (V)
1	0,01142857	0,16546286
2	0,01142857	0,24384000
3	0,02285714	0,16546286
4	0,02285714	0,24384000
5	0,03428571	0,16546286
6	0,03428571	0,24384000
7	0,04571429	0,16546286
8	0,04571429	0,24384000
9	0,05714286	0,16546286
10	0,05714286	0,24384000
11	0,06857143	0,16546286
12	0,06857143	0,24384000
13	0,08000000	0,16546286
14	0,08000000	0,24384000
15	0,09142857	0,16546286
16	0,09142857	0,24384000
17	0,10285714	0,16546286
18	0,10285714	0,24384000
19	0,11428571	0,16546286
20	0,11428571	0,24384000



Şekil 3.21. Doğrulama girdilerinin uyarlanması

Sonuç olarak, her bir değere karşılık gelen taşıma yüklemesi sonuçları elde edilir. Elde edilen bulgular Madde 4'te listelenmiştir.

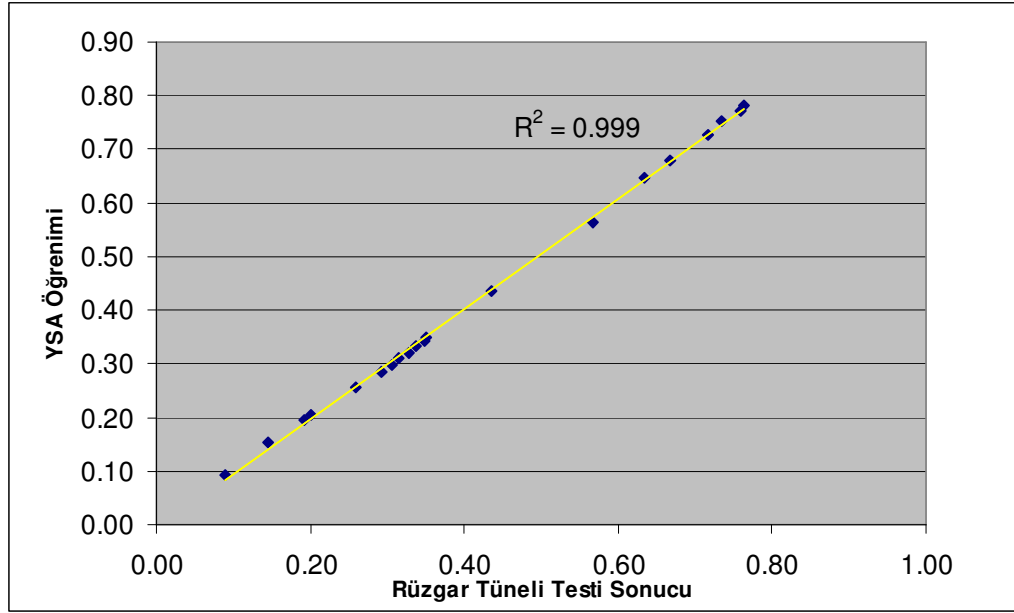
4. BULGULAR

4.1. Yapay Sinir Ağı Uygulaması ile Elde Edilen Ham Verilerin Rüzgar Testi Sonuçları ile Karşılaştırılması

Elde edilen ham verilerin rüzgar testi sonuçları ile karşılaştırılması Çizelge 4.1’de, sonuçların sapma durumları Şekil 4.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Rüzgar testi ve YSA ham sonuçlarının karşılaştırılması

	Test-1 (AoA)	Test-2 (V)	Test Sonuç (Lift)	YSA Sonuç (Lift)
1	0,01142857	0,16546286	0,08927872	0,093392
2	0,01142857	0,24384000	0,19250724	0,19458
3	0,02285714	0,16546286	0,14507792	0,15422
4	0,02285714	0,24384000	0,31526548	0,3093
5	0,03428571	0,16546286	0,20087712	0,20645
6	0,03428571	0,24384000	0,43523376	0,43415
7	0,04571429	0,16546286	0,25946628	0,25499
8	0,04571429	0,24384000	0,56636188	0,56527
9	0,05714286	0,16546286	0,30689560	0,29874
10	0,05714286	0,24384000	0,66680044	0,67904
11	0,06857143	0,16546286	0,33758516	0,33185
12	0,06857143	0,24384000	0,73375948	0,7531
13	0,08000000	0,16546286	0,35153496	0,34782
14	0,08000000	0,24384000	0,76444904	0,78265
15	0,09142857	0,16546286	0,34874500	0,3436
16	0,09142857	0,24384000	0,75886912	0,77222
17	0,10285714	0,16546286	0,32921528	0,32086
18	0,10285714	0,24384000	0,71701972	0,7257
19	0,11428571	0,16546286	0,29294580	0,28454
20	0,11428571	0,24384000	0,63332092	0,64799



Şekil 4.1. Rüzgar testi ve YSA ham sonuçlarının sapmaları

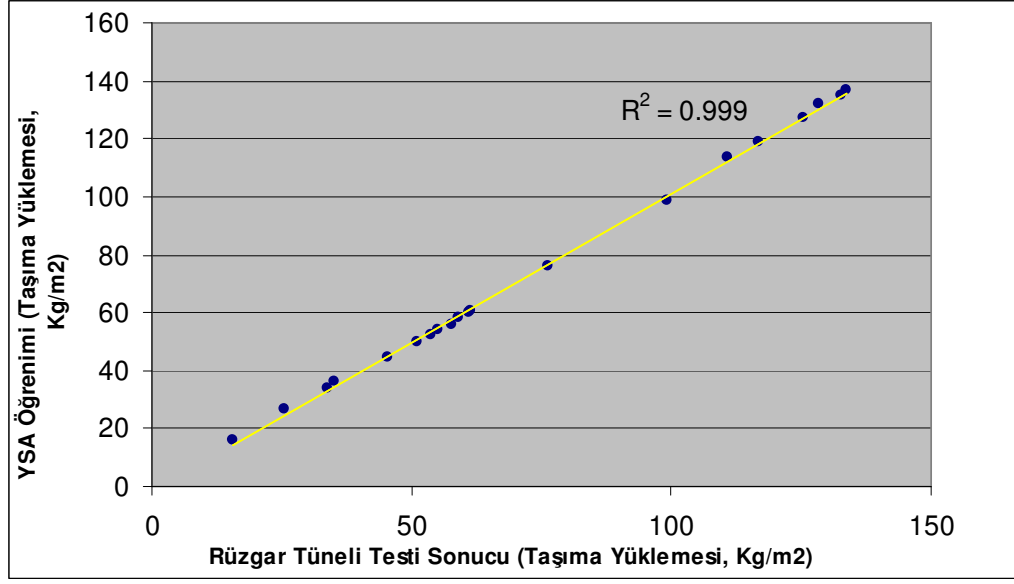
Ham sonuçlar dikkate alınarak yapılan rüzgar testi sonucu karşılaştırmalarında rüzgar testi sonucu ile elde edilen Taşıma değerleri sonuçları düz çizgi ile gösterilirken ileri beslemeli Yapay Sinir Ağı tarafından öğrenilerek elde edilen sonuçlar aynı açı ve hız değerleri için kare noktalar ile gösterilmiştir. Yapay Sinir Ağı modeli tarafından öğrenilerek elde edilen sonuçların gerçek verilere göre düşük oranda sapma gösterdiği gözlenmiştir.

4.2. Yapay Sinir Ağı Uygulaması ile Elde Edilen Dönüştürülmüş Verilerin Rüzgar Testi Sonuçları ile Karşılaştırılması

Elde edilen dönüştürülmüş verilerin Rüzgar Testi sonuçları ile karşılaştırılması Çizelge 4.2’de, sonuçların sapma durumları Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Rüzgar testi ve YSA sonuçlarının karşılaştırılması

Rüzgar Tüneli Test Sonucu			YSA Sonuç
AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)	Lift (kg/m ²)
2	29,0	15,6	16,3
2	42,7	33,7	34,1
4	29,0	25,4	27,0
4	42,7	55,2	54,1
6	29,0	35,2	36,1
6	42,7	76,2	76,0
8	29,0	45,4	44,6
8	42,7	99,1	98,9
10	29,0	53,7	52,3
10	42,7	116,7	118,8
12	29,0	59,1	58,1
12	42,7	128,4	131,8
14	29,0	61,5	60,9
14	42,7	133,8	137,0
16	29,0	61,0	60,1
16	42,7	132,8	135,1
18	29,0	57,6	56,2
18	42,7	125,5	127,0
20	29,0	51,3	49,8
20	42,7	110,8	113,4



Şekil 4.2. Rüzgar testi ve YSA sonuçlarının sapmaları

Ham veriler için Madde 4.1’de yapılan karşılaştırma dönüştürülmüş değerler için de tekrarlanmış ve aynı sonuca ulaşılmıştır. Buna göre oluşturulan Yapay Sinir Ağı modeli tarafından öğrenilerek elde edilen dönüştürülmüş sonuçların gerçek verilere göre düşük oranda sapma gösterdiği gözlenmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Etrafından hava akımı geçen bir uçak kanadını etkileyen bir çok faktör vardır. Bu faktörlerin bazıları uçuş şartlarına bağlı olarak (hava yoğunluğu, havanın akışkanlığı, sıkıştırabilirliği), bazıları tasarıma bağlı olarak (kanatın şekli, kanat alanı) bazıları ise kullanıcı tarafından (kanat hücum açısı, uçak hızı) belirlenmektedir. Bu faktörler ile bağlantılı olarak, kanatta taşıma ve sürüklenme etkileri oluşur.

Yapılan çalışmada, kullanıcı tarafından direkt olarak kontrol edilebilen değişkenlerden “hava hızı” (motor takatının değiştirilmesi ile) ve “kanat hücum açısı” (uçuş kontrol sistemi ile) seçilmiş ve tez sonuçları incelendiğinde, NACA 23012 profili için değişen hücum açısına ve hava hızına bağlı olarak rüzgar tüneli testinde elde edilen Taşıma Yükleme değerlerinin, ileri beslemeli bir Yapay Sinir Ağı tarafından ihmal edilebilir bir sapma ile (0,001), öğrenilebileceği gösterilmiştir.

Bu sonuç, yapay sinir ağları uygulamasının havacılığın temel amacı olan “taşıma”nın elde edilmesi hususunda yapılan kanat tasarımı ve test çalışmaları için uygulanabilir bir yöntem olduğunu göstermektedir. Kanat üzerinde etki yaratan tüm değişkenlerin girdi olarak kullanıldığı ve uçuş esnasında kanatta meydana gelen taşıma değeri ile beraber, sürüklenme değerlerinin ve katsayılarının da incelendiği denemeler, bir sonraki aşamalarda yapılabilecek çalışmalardır.

Bu kapsamda gerçekleştirilecek çalışmalar, gerek otomatik uçuş kontrol sistemlerinde, gerekse insan kontrolündeki uçuşlarda, kullanıcı tarafından verilen riskli komutlara (kritik hücum açısının aşılması, ani irtifa değişiklikleri gibi), ya da ortam şartlarındaki değişikliklere (irtifa, hava koşulları gibi) bağlı olarak kanattaki taşıma kuvvetinin yitirileceği, yani havacılık literatüründe “stall” olarak adlandırılan durumun oluşmasında, “önceden algılayıcı” ve “uyarıcı” sistem görevi görecektir yazılımların geliştirilmesinde kullanılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Acar, H., 2006. Uçuş Mekaniği Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Allen, Michael J. ve Dibley, Ryan P, 2003. Modeling Aircraft Wing Loads from Flight Data Using Neural Networks. Technical Report NASA/TM-2003-212032, 2003, Research Engineering, NASA Dryden Flight Research Center.
- Cavcar, M., 2006. Temel Aerodinamik Dersi Laboratuvar Notları, Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Y.O.
- Çobanoğlu Ö., 2002. İstanbul Bilgi Üniversitesi, Robotik ve Yapay Zeka Kulübü (knuth.cs.bilgi.edu.tr/~robotik/dokumanlar/misc/yapay_sinir_aglari.doc).
- Ergezer H., Dikmen M., Özdemir E., 2003. Başkent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü ELYAD - DAL Araştırma Laboratuvarları PIVOLKA Dergisi Yıl 2 Sayı 6 Sayfa 14-17.
- Gerede, E., 2005. Uçak Nasıl Uçar, Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Y.O. Havacılık Kulübü (havacilik.gen.tr/modules/news/article.php?storyid=91).
- Jorgensen C., Ross J, 1999. Neural-network modeling of flow properties of an object, Ames Research Center, NASA, Moffett Field, California (<http://www.nasatech.com/Briefs/Apr99/ARC14008.html>).
- Jorgensen C., 2006. DCS-Neural-Network Program for Aircraft Control and Testing, Ames Research Center, NASA, Moffett Field, California (http://findarticles.com/p/articles/mi_qa3957/is_200602/ai_n16066509).
- Kalkan, M., 2004. Kumpas Ölçüm Sonuçlarının Yapay Sinir Ağlarıyla Değerlendirilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Bitirme Tezi.

Kaya İ., Engin O., 2003. Kalite İyileştirme Sürecinde Yapay Zekâ Tekniklerinin Kullanımı, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sayı 1.

Özdemir, M., Onbaşıoğlu S., 2004. F-4 Phantom II Uçağının Etrafındaki Akışın HAD Analizi, Kanat Kök Profili NACA 0006. Havacılık ve Uzay Teknoloji Dergisi Temmuz Cilt 1 Sayı 4 (Sayfa 1-6) Yıl 2004. ISSN: 1304-0448.

Suresh, S., Omkar, V. Mani and T. N. Guru Prakash, 2003. Aerospace Science and Technology, 2003. Volume 7, Issue 8, December 2003, Pages 595-602.

Yalçın, E., Johan A.K., Suykens P.L., 2001. Cellular Neural Networks, Multi-Scroll Chaos and Synchronization, World Scientific..

Yurtoglu, H., 2005. Yapay Sinir Ağları Metodolojisiyle Öngörü Modellenmesi, Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teskilatı, Ankara

Özener, O, 2006. (<http://www.padokf1.com/dosya/63>)

Yüce, H., 2005 (<http://cc.domainlx.com/hyuces/ysa/biyosinir.htm>)

<http://www.backpropagation.netfirms.com>.

<http://www.havacilik.hacettepe.edu.tr/yamachak.html>.

<http://science.howstuffworks.com/airplane.htm>.

<http://sur.dicle.edu.tr/~duhak/ukanat.htm>.

<http://www.nasatech.com/Briefs/June03/ARC14281.html>

<http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-05152004-145940>

7. EKLER

EK-1 Deney verilerinin listesi

İngiliz				Metrik			
#	AoA	V (ft/sec)	Lift (lb/ft ²)	#	AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)
1	2	60	1,3	1	2	18,3	6,3
2	2	65	1,5	2	2	19,8	7,3
3	2	70	1,7	3	2	21,3	8,3
4	2	75	2	4	2	22,9	9,8
5	2	80	2,3	5	2	24,4	11,2
6	2	85	2,5	6	2	25,9	12,2
7	2	90	2,9	7	2	27,4	14,2
8	2	95	3,2	8	2	29,0	15,6
9	2	100	3,5	9	2	30,5	17,1
10	2	105	3,9	10	2	32,0	19,0
11	2	110	4,3	11	2	33,5	21,0
12	2	115	4,7	12	2	35,1	22,9
13	2	120	5,1	13	2	36,6	24,9
14	2	125	5,5	14	2	38,1	26,9
15	2	130	6	15	2	39,6	29,3
16	2	135	6,4	16	2	41,1	31,2
17	2	140	6,9	17	2	42,7	33,7
18	2	145	7,4	18	2	44,2	36,1
19	2	150	7,9	19	2	45,7	38,6
20	2	155	8,5	20	2	47,2	41,5
21	2	160	9	21	2	48,8	43,9
22	4	60	2,1	22	4	18,3	10,3
23	4	65	2,4	23	4	19,8	11,7
24	4	70	2,8	24	4	21,3	13,7
25	4	75	3,2	25	4	22,9	15,6
26	4	80	3,7	26	4	24,4	18,1
27	4	85	4,1	27	4	25,9	20,0
28	4	90	4,7	28	4	27,4	22,9
29	4	95	5,2	29	4	29,0	25,4
30	4	100	5,7	30	4	30,5	27,8
31	4	105	6,3	31	4	32,0	30,8
32	4	110	6,9	32	4	33,5	33,7

EK-1 Denev verilerinin listesi - Devamı

İngiliz

Metrik

#	AoA	V (ft/sec)	Lift (lb/ft ²)	#	AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)
33	4	115	7,6	33	4	35,1	37,1
34	4	120	8,3	34	4	36,6	40,5
35	4	125	9	35	4	38,1	43,9
36	4	130	9,7	36	4	39,6	47,4
37	4	135	10,5	37	4	41,1	51,3
38	4	140	11,3	38	4	42,7	55,2
39	4	145	12,1	39	4	44,2	59,1
40	4	150	12,9	40	4	45,7	63,0
41	4	155	13,8	41	4	47,2	67,4
42	4	160	14,7	42	4	48,8	71,8
43	6	60	2,9	43	6	18,3	14,2
44	6	65	3,4	44	6	19,8	16,6
45	6	70	3,9	45	6	21,3	19,0
46	6	75	4,5	46	6	22,9	22,0
47	6	80	5,1	47	6	24,4	24,9
48	6	85	5,7	48	6	25,9	27,8
49	6	90	6,4	49	6	27,4	31,2
50	6	95	7,2	50	6	29,0	35,2
51	6	100	8	51	6	30,5	39,1
52	6	105	8,8	52	6	32,0	43,0
53	6	110	9,6	53	6	33,5	46,9
54	6	115	10,5	54	6	35,1	51,3
55	6	120	11,5	55	6	36,6	56,1
56	6	125	12,4	56	6	38,1	60,5
57	6	130	13,4	57	6	39,6	65,4
58	6	135	14,5	58	6	41,1	70,8
59	6	140	15,6	59	6	42,7	76,2
60	6	145	16,7	60	6	44,2	81,5
61	6	150	17,9	61	6	45,7	87,4
62	6	155	19,1	62	6	47,2	93,3
63	6	160	20,4	63	6	48,8	99,6
64	8	60	3,7	64	8	18,3	18,1
65	8	65	4,4	65	8	19,8	21,5

EK-1 Denev verilerinin listesi - Devamı

İngiliz

Metrik

#	AoA	V (ft/sec)	Lift (lb/ft ²)	#	AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)
66	8	70	5,1	66	8	21,3	24,9
67	8	75	5,8	67	8	22,9	28,3
68	8	80	6,6	68	8	24,4	32,2
69	8	85	7,5	69	8	25,9	36,6
70	8	90	8,4	70	8	27,4	41,0
71	8	95	9,3	71	8	29,0	45,4
72	8	100	10,4	72	8	30,5	50,8
73	8	105	11,4	73	8	32,0	55,7
74	8	110	12,5	74	8	33,5	61,0
75	8	115	13,7	75	8	35,1	66,9
76	8	120	14,9	76	8	36,6	72,7
77	8	125	16,2	77	8	38,1	79,1
78	8	130	17,5	78	8	39,6	85,4
79	8	135	18,9	79	8	41,1	92,3
80	8	140	20,3	80	8	42,7	99,1
81	8	145	21,8	81	8	44,2	106,4
82	8	150	23,3	82	8	45,7	113,8
83	8	155	24,9	83	8	47,2	121,6
84	8	160	26,5	84	8	48,8	129,4
85	10	60	4,4	85	10	18,3	21,5
86	10	65	5,2	86	10	19,8	25,4
87	10	70	6	87	10	21,3	29,3
88	10	75	6,9	88	10	22,9	33,7
89	10	80	7,8	89	10	24,4	38,1
90	10	85	8,8	90	10	25,9	43,0
91	10	90	9,9	91	10	27,4	48,3
92	10	95	11	92	10	29,0	53,7
93	10	100	12,2	93	10	30,5	59,6
94	10	105	13,5	94	10	32,0	65,9
95	10	110	14,8	95	10	33,5	72,3
96	10	115	16,1	96	10	35,1	78,6
97	10	120	17,6	97	10	36,6	85,9
98	10	125	19,1	98	10	38,1	93,3

EK-1 Denev verilerinin listesi - Devamı

İngiliz

Metrik

#	AoA	V (ft/sec)	Lift (lb/ft ²)	#	AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)
99	10	130	20,6	99	10	39,6	100,6
100	10	135	22,3	100	10	41,1	108,9
101	10	140	23,9	101	10	42,7	116,7
102	10	145	25,7	102	10	44,2	125,5
103	10	150	27,5	103	10	45,7	134,3
104	10	155	29,3	104	10	47,2	143,1
105	10	160	31,3	105	10	48,8	152,8
106	12	60	4,8	106	12	18,3	23,4
107	12	65	5,7	107	12	19,8	27,8
108	12	70	6,6	108	12	21,3	32,2
109	12	75	7,6	109	12	22,9	37,1
110	12	80	8,6	110	12	24,4	42,0
111	12	85	9,7	111	12	25,9	47,4
112	12	90	10,9	112	12	27,4	53,2
113	12	95	12,1	113	12	29,0	59,1
114	12	100	13,4	114	12	30,5	65,4
115	12	105	14,8	115	12	32,0	72,3
116	12	110	16,2	116	12	33,5	79,1
117	12	115	17,8	117	12	35,1	86,9
118	12	120	19,3	118	12	36,6	94,2
119	12	125	21	119	12	38,1	102,5
120	12	130	22,7	120	12	39,6	110,8
121	12	135	24,5	121	12	41,1	119,6
122	12	140	26,3	122	12	42,7	128,4
123	12	145	28,2	123	12	44,2	137,7
124	12	150	30,2	124	12	45,7	147,4
125	12	155	32,2	125	12	47,2	157,2
126	12	160	34,4	126	12	48,8	168,0
127	14	60	5	127	14	18,3	24,4
128	14	65	5,9	128	14	19,8	28,8
129	14	70	6,9	129	14	21,3	33,7
130	14	75	7,9	130	14	22,9	38,6
131	14	80	9	131	14	24,4	43,9

EK-1 Denev verilerinin listesi - Devamı

İngiliz				Metrik			
#	AoA	V (ft/sec)	Lift (lb/ft ²)	#	AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)
132	14	85	10,1	132	14	25,9	49,3
133	14	90	11,3	133	14	27,4	55,2
134	14	95	12,6	134	14	29,0	61,5
135	14	100	14	135	14	30,5	68,4
136	14	105	15,4	136	14	32,0	75,2
137	14	110	16,9	137	14	33,5	82,5
138	14	115	18,5	138	14	35,1	90,3
139	14	120	20,1	139	14	36,6	98,1
140	14	125	21,9	140	14	38,1	106,9
141	14	130	23,6	141	14	39,6	115,2
142	14	135	25,5	142	14	41,1	124,5
143	14	140	27,4	143	14	42,7	133,8
144	14	145	29,4	144	14	44,2	143,5
145	14	150	31,5	145	14	45,7	153,8
146	14	155	33,6	146	14	47,2	164,0
147	14	160	35,8	147	14	48,8	174,8
148	16	60	5	148	16	18,3	24,4
149	16	65	5,9	149	16	19,8	28,8
150	16	70	6,8	150	16	21,3	33,2
151	16	75	7,8	151	16	22,9	38,1
152	16	80	8,9	152	16	24,4	43,5
153	16	85	10	153	16	25,9	48,8
154	16	90	11,3	154	16	27,4	55,2
155	16	95	12,5	155	16	29,0	61,0
156	16	100	13,9	156	16	30,5	67,9
157	16	105	15,3	157	16	32,0	74,7
158	16	110	16,8	158	16	33,5	82,0
159	16	115	18,4	159	16	35,1	89,8
160	16	120	20	160	16	36,6	97,6
161	16	125	21,7	161	16	38,1	105,9
162	16	130	23,5	162	16	39,6	114,7
163	16	135	25,3	163	16	41,1	123,5
164	16	140	27,2	164	16	42,7	132,8

EK-1 Denev verilerinin listesi - Devamı

İngiliz

Metrik

#	AoA	V (ft/sec)	Lift (lb/ft ²)	#	AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)
165	16	145	29,2	165	16	44,2	142,6
166	16	150	31,3	166	16	45,7	152,8
167	16	155	33,4	167	16	47,2	163,1
168	16	160	35,6	168	16	48,8	173,8
169	18	60	4,7	169	18	18,3	22,9
170	18	65	5,5	170	18	19,8	26,9
171	18	70	6,4	171	18	21,3	31,2
172	18	75	7,4	172	18	22,9	36,1
173	18	80	8,4	173	18	24,4	41,0
174	18	85	9,5	174	18	25,9	46,4
175	18	90	10,6	175	18	27,4	51,8
176	18	95	11,8	176	18	29,0	57,6
177	18	100	13,1	177	18	30,5	64,0
178	18	105	14,5	178	18	32,0	70,8
179	18	110	15,9	179	18	33,5	77,6
180	18	115	17,4	180	18	35,1	85,0
181	18	120	18,9	181	18	36,6	92,3
182	18	125	20,5	182	18	38,1	100,1
183	18	130	22,2	183	18	39,6	108,4
184	18	135	23,9	184	18	41,1	116,7
185	18	140	25,7	185	18	42,7	125,5
186	18	145	27,6	186	18	44,2	134,8
187	18	150	29,5	187	18	45,7	144,0
188	18	155	31,5	188	18	47,2	153,8
189	18	160	33,6	189	18	48,8	164,0
190	20	60	4,2	190	20	18,3	20,5
191	20	65	4,9	191	20	19,8	23,9
192	20	70	5,7	192	20	21,3	27,8
193	20	75	6,5	193	20	22,9	31,7
194	20	80	7,4	194	20	24,4	36,1
195	20	85	8,4	195	20	25,9	41,0
196	20	90	9,4	196	20	27,4	45,9
197	20	95	10,5	197	20	29,0	51,3

EK-1 Denev verilerinin listesi - Devamı

İngiliz

Metrik

#	AoA	V (ft/sec)	Lift (lb/ft ²)	#	AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)
198	20	100	11,6	198	20	30,5	56,6
199	20	105	12,8	199	20	32,0	62,5
200	20	110	14	200	20	33,5	68,4
201	20	115	15,3	201	20	35,1	74,7
202	20	120	16,7	202	20	36,6	81,5
203	20	125	18,1	203	20	38,1	88,4
204	20	130	19,6	204	20	39,6	95,7
205	20	135	21,1	205	20	41,1	103,0
206	20	140	22,7	206	20	42,7	110,8
207	20	145	24,4	207	20	44,2	119,1
208	20	150	26,1	208	20	45,7	127,4
209	20	155	27,8	209	20	47,2	135,7
210	20	160	29,7	210	20	48,8	145,0

EK-2 YSA için dönüştürülmüş deney verileri

Metrik

#	AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)
1	0,01142857	0,10450286	0,03626948
2	0,01142857	0,11321143	0,04184940
3	0,01142857	0,12192000	0,04742932
4	0,01142857	0,13062857	0,05579920
5	0,01142857	0,13933714	0,06416908
6	0,01142857	0,14804571	0,06974900
7	0,01142857	0,15675429	0,08090884
8	0,01142857	0,16546286	0,08927872
9	0,01142857	0,17417143	0,09764860
10	0,01142857	0,18288000	0,10880844
11	0,01142857	0,19158857	0,11996828
12	0,01142857	0,20029714	0,13112812
13	0,01142857	0,20900571	0,14228796
14	0,01142857	0,21771429	0,15344780
15	0,01142857	0,22642286	0,16739760
16	0,01142857	0,23513143	0,17855744
17	0,01142857	0,24384000	0,19250724
18	0,01142857	0,25254857	0,20645704
19	0,01142857	0,26125714	0,22040684
20	0,01142857	0,26996571	0,23714660
21	0,01142857	0,27867429	0,25109640
22	0,02285714	0,10450286	0,05858916
23	0,02285714	0,11321143	0,06695904
24	0,02285714	0,12192000	0,07811888
25	0,02285714	0,13062857	0,08927872
26	0,02285714	0,13933714	0,10322852
27	0,02285714	0,14804571	0,11438836
28	0,02285714	0,15675429	0,13112812
29	0,02285714	0,16546286	0,14507792
30	0,02285714	0,17417143	0,15902772
31	0,02285714	0,18288000	0,17576748
32	0,02285714	0,19158857	0,19250724

EK-2 YSA için dönüştürülmüş deney verileri - Devamı

Metrik

#	AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)
34	0,02285714	0,20900571	0,23156668
35	0,02285714	0,21771429	0,25109640
36	0,02285714	0,22642286	0,27062612
37	0,02285714	0,23513143	0,29294580
38	0,02285714	0,24384000	0,31526548
39	0,02285714	0,25254857	0,33758516
40	0,02285714	0,26125714	0,35990484
41	0,02285714	0,26996571	0,38501448
42	0,02285714	0,27867429	0,41012412
43	0,03428571	0,10450286	0,08090884
44	0,03428571	0,11321143	0,09485864
45	0,03428571	0,12192000	0,10880844
46	0,03428571	0,13062857	0,12554820
47	0,03428571	0,13933714	0,14228796
48	0,03428571	0,14804571	0,15902772
49	0,03428571	0,15675429	0,17855744
50	0,03428571	0,16546286	0,20087712
51	0,03428571	0,17417143	0,22319680
52	0,03428571	0,18288000	0,24551648
53	0,03428571	0,19158857	0,26783616
54	0,03428571	0,20029714	0,29294580
55	0,03428571	0,20900571	0,32084540
56	0,03428571	0,21771429	0,34595504
57	0,03428571	0,22642286	0,37385464
58	0,03428571	0,23513143	0,40454420
59	0,03428571	0,24384000	0,43523376
60	0,03428571	0,25254857	0,46592332
61	0,03428571	0,26125714	0,49940284
62	0,03428571	0,26996571	0,53288236
63	0,03428571	0,27867429	0,56915184
64	0,04571429	0,10450286	0,10322852
65	0,04571429	0,11321143	0,12275824
66	0,04571429	0,12192000	0,14228796

EK-2 YSA için dönüştürülmüş deney verileri - Devamı

Metrik

#	AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)
67	0,04571429	0,13062857	0,16181768
68	0,04571429	0,13933714	0,18413736
69	0,04571429	0,14804571	0,20924700
70	0,04571429	0,15675429	0,23435664
71	0,04571429	0,16546286	0,25946628
72	0,04571429	0,17417143	0,29015584
73	0,04571429	0,18288000	0,31805544
74	0,04571429	0,19158857	0,34874500
75	0,04571429	0,20029714	0,38222452
76	0,04571429	0,20900571	0,41570404
77	0,04571429	0,21771429	0,45197352
78	0,04571429	0,22642286	0,48824300
79	0,04571429	0,23513143	0,52730244
80	0,04571429	0,24384000	0,56636188
81	0,04571429	0,25254857	0,60821128
82	0,04571429	0,26125714	0,65006068
83	0,04571429	0,26996571	0,69470004
84	0,04571429	0,27867429	0,73933940
85	0,05714286	0,10450286	0,12275824
86	0,05714286	0,11321143	0,14507792
87	0,05714286	0,12192000	0,16739760
88	0,05714286	0,13062857	0,19250724
89	0,05714286	0,13933714	0,21761688
90	0,05714286	0,14804571	0,24551648
91	0,05714286	0,15675429	0,27620604
92	0,05714286	0,16546286	0,30689560
93	0,05714286	0,17417143	0,34037512
94	0,05714286	0,18288000	0,37664460
95	0,05714286	0,19158857	0,41291408
96	0,05714286	0,20029714	0,44918356
97	0,05714286	0,20900571	0,49103296
98	0,05714286	0,21771429	0,53288236
99	0,05714286	0,22642286	0,57473176

EK-2 YSA için dönüştürülmüş deney verileri - Devamı

Metrik

#	AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)
100	0,05714286	0,23513143	0,62216108
101	0,05714286	0,24384000	0,66680044
102	0,05714286	0,25254857	0,71701972
103	0,05714286	0,26125714	0,76723900
104	0,05714286	0,26996571	0,81745828
105	0,05714286	0,27867429	0,87325748
106	0,06857143	0,10450286	0,13391808
107	0,06857143	0,11321143	0,15902772
108	0,06857143	0,12192000	0,18413736
109	0,06857143	0,13062857	0,21203696
110	0,06857143	0,13933714	0,23993656
111	0,06857143	0,14804571	0,27062612
112	0,06857143	0,15675429	0,30410564
113	0,06857143	0,16546286	0,33758516
114	0,06857143	0,17417143	0,37385464
115	0,06857143	0,18288000	0,41291408
116	0,06857143	0,19158857	0,45197352
117	0,06857143	0,20029714	0,49661288
118	0,06857143	0,20900571	0,53846228
119	0,06857143	0,21771429	0,58589160
120	0,06857143	0,22642286	0,63332092
121	0,06857143	0,23513143	0,68354020
122	0,06857143	0,24384000	0,73375948
123	0,06857143	0,25254857	0,78676872
124	0,06857143	0,26125714	0,84256792
125	0,06857143	0,26996571	0,89836712
126	0,06857143	0,27867429	0,95974624
127	0,08000000	0,10450286	0,13949800
128	0,08000000	0,11321143	0,16460764
129	0,08000000	0,12192000	0,19250724
130	0,08000000	0,13062857	0,22040684
131	0,08000000	0,13933714	0,25109640
132	0,08000000	0,14804571	0,28178596

EK-2 YSA için dönüştürülmüş deney verileri - Devamı

Metrik

#	AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)
133	0,08000000	0,15675429	0,31526548
134	0,08000000	0,16546286	0,35153496
135	0,08000000	0,17417143	0,39059440
136	0,08000000	0,18288000	0,42965384
137	0,08000000	0,19158857	0,47150324
138	0,08000000	0,20029714	0,51614260
139	0,08000000	0,20900571	0,56078196
140	0,08000000	0,21771429	0,61100124
141	0,08000000	0,22642286	0,65843056
142	0,08000000	0,23513143	0,71143980
143	0,08000000	0,24384000	0,76444904
144	0,08000000	0,25254857	0,82024824
145	0,08000000	0,26125714	0,87883740
146	0,08000000	0,26996571	0,93742656
147	0,08000000	0,27867429	0,99880568
148	0,09142857	0,10450286	0,13949800
149	0,09142857	0,11321143	0,16460764
150	0,09142857	0,12192000	0,18971728
151	0,09142857	0,13062857	0,21761688
152	0,09142857	0,13933714	0,24830644
153	0,09142857	0,14804571	0,27899600
154	0,09142857	0,15675429	0,31526548
155	0,09142857	0,16546286	0,34874500
156	0,09142857	0,17417143	0,38780444
157	0,09142857	0,18288000	0,42686388
158	0,09142857	0,19158857	0,46871328
159	0,09142857	0,20029714	0,51335264
160	0,09142857	0,20900571	0,55799200
161	0,09142857	0,21771429	0,60542132
162	0,09142857	0,22642286	0,65564060
163	0,09142857	0,23513143	0,70585988
164	0,09142857	0,24384000	0,75886912
165	0,09142857	0,25254857	0,81466832

EK-2 YSA için dönüştürülmüş deney verileri - Devamı

Metrik

#	AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)
166	0,09142857	0,26125714	0,87325748
167	0,09142857	0,26996571	0,93184664
168	0,09142857	0,27867429	0,99322576
169	0,10285714	0,10450286	0,13112812
170	0,10285714	0,11321143	0,15344780
171	0,10285714	0,12192000	0,17855744
172	0,10285714	0,13062857	0,20645704
173	0,10285714	0,13933714	0,23435664
174	0,10285714	0,14804571	0,26504620
175	0,10285714	0,15675429	0,29573576
176	0,10285714	0,16546286	0,32921528
177	0,10285714	0,17417143	0,36548476
178	0,10285714	0,18288000	0,40454420
179	0,10285714	0,19158857	0,44360364
180	0,10285714	0,20029714	0,48545304
181	0,10285714	0,20900571	0,52730244
182	0,10285714	0,21771429	0,57194180
183	0,10285714	0,22642286	0,61937112
184	0,10285714	0,23513143	0,66680044
185	0,10285714	0,24384000	0,71701972
186	0,10285714	0,25254857	0,77002896
187	0,10285714	0,26125714	0,82303820
188	0,10285714	0,26996571	0,87883740
189	0,10285714	0,27867429	0,93742656
190	0,11428571	0,10450286	0,11717832
191	0,11428571	0,11321143	0,13670804
192	0,11428571	0,12192000	0,15902772
193	0,11428571	0,13062857	0,18134740
194	0,11428571	0,13933714	0,20645704
195	0,11428571	0,14804571	0,23435664
196	0,11428571	0,15675429	0,26225624
197	0,11428571	0,16546286	0,29294580
198	0,11428571	0,17417143	0,32363536

EK-2 YSA için dönüştürülmüş deney verileri - Devamı

Metrik

#	AoA	V (m/s)	Lift (kg/m ²)
199	0,11428571	0,18288000	0,35711488
200	0,11428571	0,19158857	0,39059440
201	0,11428571	0,20029714	0,42686388
202	0,11428571	0,20900571	0,46592332
203	0,11428571	0,21771429	0,50498276
204	0,11428571	0,22642286	0,54683216
205	0,11428571	0,23513143	0,58868156
206	0,11428571	0,24384000	0,63332092
207	0,11428571	0,25254857	0,68075024
208	0,11428571	0,26125714	0,72817956
209	0,11428571	0,26996571	0,77560888
210	0,11428571	0,27867429	0,82861812

EK-3 Öğretici Girdiler ve Çıktılar

	Sayı-1 (AoA)	Sayı-2 (V)	Sayı Sonuç (Lift)
1	0,01142857	0,10450286	0,03626948
2	0,01142857	0,11321143	0,04184940
3	0,01142857	0,12192000	0,04742932
4	0,01142857	0,13062857	0,05579920
5	0,01142857	0,13933714	0,06416908
6	0,01142857	0,14804571	0,06974900
7	0,01142857	0,15675429	0,08090884
8	0,01142857	0,17417143	0,09764860
9	0,01142857	0,18288000	0,10880844
10	0,01142857	0,19158857	0,11996828
11	0,01142857	0,20029714	0,13112812
12	0,01142857	0,20900571	0,14228796
13	0,01142857	0,21771429	0,15344780
14	0,01142857	0,22642286	0,16739760
15	0,01142857	0,23513143	0,17855744
16	0,01142857	0,25254857	0,20645704
17	0,01142857	0,26125714	0,22040684
18	0,01142857	0,26996571	0,23714660
19	0,01142857	0,27867429	0,25109640
20	0,02285714	0,10450286	0,05858916
21	0,02285714	0,11321143	0,06695904
22	0,02285714	0,12192000	0,07811888
23	0,02285714	0,13062857	0,08927872
24	0,02285714	0,13933714	0,10322852
25	0,02285714	0,14804571	0,11438836
26	0,02285714	0,15675429	0,13112812
27	0,02285714	0,17417143	0,15902772
28	0,02285714	0,18288000	0,17576748
29	0,02285714	0,19158857	0,19250724
30	0,02285714	0,20029714	0,21203696
31	0,02285714	0,20900571	0,23156668
32	0,02285714	0,21771429	0,25109640
33	0,02285714	0,22642286	0,27062612

EK-3 Öğretici Girdiler ve Çıktılar - Devamı

	Sayı-1 (AoA)	Sayı-2 (V)	Sayı Sonuç (Lift)
34	0,02285714	0,23513143	0,29294580
35	0,02285714	0,25254857	0,33758516
36	0,02285714	0,26125714	0,35990484
37	0,02285714	0,26996571	0,38501448
38	0,02285714	0,27867429	0,41012412
39	0,03428571	0,10450286	0,08090884
40	0,03428571	0,11321143	0,09485864
41	0,03428571	0,12192000	0,10880844
42	0,03428571	0,13062857	0,12554820
43	0,03428571	0,13933714	0,14228796
44	0,03428571	0,14804571	0,15902772
45	0,03428571	0,15675429	0,17855744
46	0,03428571	0,17417143	0,22319680
47	0,03428571	0,18288000	0,24551648
48	0,03428571	0,19158857	0,26783616
49	0,03428571	0,20029714	0,29294580
50	0,03428571	0,20900571	0,32084540
51	0,03428571	0,21771429	0,34595504
52	0,03428571	0,22642286	0,37385464
53	0,03428571	0,23513143	0,40454420
54	0,03428571	0,25254857	0,46592332
55	0,03428571	0,26125714	0,49940284
56	0,03428571	0,26996571	0,53288236
57	0,03428571	0,27867429	0,56915184
58	0,04571429	0,10450286	0,10322852
59	0,04571429	0,11321143	0,12275824
60	0,04571429	0,12192000	0,14228796
61	0,04571429	0,13062857	0,16181768
62	0,04571429	0,13933714	0,18413736
63	0,04571429	0,14804571	0,20924700
64	0,04571429	0,15675429	0,23435664
65	0,04571429	0,17417143	0,29015584
66	0,04571429	0,18288000	0,31805544
67	0,04571429	0,19158857	0,34874500

EK-3 Öğretici Girdiler ve Çıktılar - Devamı

	Sayı-1 (AoA)	Sayı-2 (V)	Sayı Sonuç (Lift)
68	0,04571429	0,20029714	0,38222452
69	0,04571429	0,20900571	0,41570404
70	0,04571429	0,21771429	0,45197352
71	0,04571429	0,22642286	0,48824300
72	0,04571429	0,23513143	0,52730244
73	0,04571429	0,25254857	0,60821128
74	0,04571429	0,26125714	0,65006068
75	0,04571429	0,26996571	0,69470004
76	0,04571429	0,27867429	0,73933940
77	0,05714286	0,10450286	0,12275824
78	0,05714286	0,11321143	0,14507792
79	0,05714286	0,12192000	0,16739760
80	0,05714286	0,13062857	0,19250724
81	0,05714286	0,13933714	0,21761688
82	0,05714286	0,14804571	0,24551648
83	0,05714286	0,15675429	0,27620604
84	0,05714286	0,17417143	0,34037512
85	0,05714286	0,18288000	0,37664460
86	0,05714286	0,19158857	0,41291408
87	0,05714286	0,20029714	0,44918356
88	0,05714286	0,20900571	0,49103296
89	0,05714286	0,21771429	0,53288236
90	0,05714286	0,22642286	0,57473176
91	0,05714286	0,23513143	0,62216108
92	0,05714286	0,25254857	0,71701972
93	0,05714286	0,26125714	0,76723900
94	0,05714286	0,26996571	0,81745828
95	0,05714286	0,27867429	0,87325748
96	0,06857143	0,10450286	0,13391808
97	0,06857143	0,11321143	0,15902772
98	0,06857143	0,12192000	0,18413736
99	0,06857143	0,13062857	0,21203696
100	0,06857143	0,13933714	0,23993656
101	0,06857143	0,14804571	0,27062612

EK-3 Öğretici Girdiler ve Çıktılar - Devamı

	Sayı-1 (AoA)	Sayı-2 (V)	Sayı Sonuç (Lift)
102	0,06857143	0,15675429	0,30410564
103	0,06857143	0,17417143	0,37385464
104	0,06857143	0,18288000	0,41291408
105	0,06857143	0,19158857	0,45197352
106	0,06857143	0,20029714	0,49661288
107	0,06857143	0,20900571	0,53846228
108	0,06857143	0,21771429	0,58589160
109	0,06857143	0,22642286	0,63332092
110	0,06857143	0,23513143	0,68354020
111	0,06857143	0,25254857	0,78676872
112	0,06857143	0,26125714	0,84256792
113	0,06857143	0,26996571	0,89836712
114	0,06857143	0,27867429	0,95974624
115	0,08000000	0,10450286	0,13949800
116	0,08000000	0,11321143	0,16460764
117	0,08000000	0,12192000	0,19250724
118	0,08000000	0,13062857	0,22040684
119	0,08000000	0,13933714	0,25109640
120	0,08000000	0,14804571	0,28178596
121	0,08000000	0,15675429	0,31526548
122	0,08000000	0,17417143	0,39059440
123	0,08000000	0,18288000	0,42965384
124	0,08000000	0,19158857	0,47150324
125	0,08000000	0,20029714	0,51614260
126	0,08000000	0,20900571	0,56078196
127	0,08000000	0,21771429	0,61100124
128	0,08000000	0,22642286	0,65843056
129	0,08000000	0,23513143	0,71143980
130	0,08000000	0,25254857	0,82024824
131	0,08000000	0,26125714	0,87883740
132	0,08000000	0,26996571	0,93742656
133	0,08000000	0,27867429	0,99880568
134	0,09142857	0,10450286	0,13949800
135	0,09142857	0,11321143	0,16460764

EK-3 Öğretici Girdiler ve Çıktılar - Devamı

	Sayı-1 (AoA)	Sayı-2 (V)	Sayı Sonuç (Lift)
136	0,09142857	0,12192000	0,18971728
137	0,09142857	0,13062857	0,21761688
138	0,09142857	0,13933714	0,24830644
139	0,09142857	0,14804571	0,27899600
140	0,09142857	0,15675429	0,31526548
141	0,09142857	0,17417143	0,38780444
142	0,09142857	0,18288000	0,42686388
143	0,09142857	0,19158857	0,46871328
144	0,09142857	0,20029714	0,51335264
145	0,09142857	0,20900571	0,55799200
146	0,09142857	0,21771429	0,60542132
147	0,09142857	0,22642286	0,65564060
148	0,09142857	0,23513143	0,70585988
149	0,09142857	0,25254857	0,81466832
150	0,09142857	0,26125714	0,87325748
151	0,09142857	0,26996571	0,93184664
152	0,09142857	0,27867429	0,99322576
153	0,10285714	0,10450286	0,13112812
154	0,10285714	0,11321143	0,15344780
155	0,10285714	0,12192000	0,17855744
156	0,10285714	0,13062857	0,20645704
157	0,10285714	0,13933714	0,23435664
158	0,10285714	0,14804571	0,26504620
159	0,10285714	0,15675429	0,29573576
160	0,10285714	0,17417143	0,36548476
161	0,10285714	0,18288000	0,40454420
162	0,10285714	0,19158857	0,44360364
163	0,10285714	0,20029714	0,48545304
164	0,10285714	0,20900571	0,52730244
165	0,10285714	0,21771429	0,57194180
166	0,10285714	0,22642286	0,61937112
167	0,10285714	0,23513143	0,66680044
168	0,10285714	0,25254857	0,77002896
169	0,10285714	0,26125714	0,82303820

EK-3 Öğretici Girdiler ve Çıktılar - Devamı

	Sayı-1 (AoA)	Sayı-2 (V)	Sayı Sonuç (Lift)
170	0,10285714	0,26996571	0,87883740
171	0,10285714	0,27867429	0,93742656
172	0,11428571	0,10450286	0,11717832
173	0,11428571	0,11321143	0,13670804
174	0,11428571	0,12192000	0,15902772
175	0,11428571	0,13062857	0,18134740
176	0,11428571	0,13933714	0,20645704
177	0,11428571	0,14804571	0,23435664
178	0,11428571	0,15675429	0,26225624
179	0,11428571	0,17417143	0,32363536
180	0,11428571	0,18288000	0,35711488
181	0,11428571	0,19158857	0,39059440
182	0,11428571	0,20029714	0,42686388
183	0,11428571	0,20900571	0,46592332
184	0,11428571	0,21771429	0,50498276
185	0,11428571	0,22642286	0,54683216
186	0,11428571	0,23513143	0,58868156
187	0,11428571	0,25254857	0,68075024
188	0,11428571	0,26125714	0,72817956
189	0,11428571	0,26996571	0,77560888
190	0,11428571	0,27867429	0,82861812

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ali UÇARLAR

Doğum Yeri : Isparta

Doğum Yılı : 1977

Medeni Hali : Evli

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise : (1991 – 1994) Isparta ŞAİK Lisesi

Lisans : (1994 – 1999) Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu,
Uçak Gövde Bakım

Yabancı Dil : İngilizce

İş Deneyimi : (2000-2006) TAI, TUSAŞ Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş. / ANKARA
(2006-) CORENDON Havayolları / ANTALYA