

**YAPAY SİNİR AĞLARI TEMELLİ REAKTİF GÜÇ
KOMPAZASYONU EĞİTİM SETİ TASARIMI**

Ömer SESVEREN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2008
ANKARA**

Ömer SESVEREN tarafından hazırlanan YAPAY SİNİR AĞLARI TEMELLİ REAKTİF GÜÇ KOMPANZASYONU EĞİTİM SETİ TASARIMI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Ramazan BAYINDIR
Tez Danışmanı, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile ELEKTRİK EĞİTİMİ Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU
Bilgisayar Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

.....

Doç. Dr. Ramazan BAYINDIR
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

.....

Yrd. Doç. Dr. Halil İbrahim BÜLBÜL
Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi

.....

Tarih: 17 / 06 / 2008

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

.....

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ömer SESVEREN

YAPAY SİNİR AĞLARI TEMELLİ REAKTİF GÜÇ KOMPAZASYONU EĞİTİM SETİ TASARIMI

(Yüksek Lisans Tezi)

Ömer SESVEREN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Haziran 2008

ÖZET

Elektrik güç sistemlerinden çekilen reaktif güç üretim maliyetlerinin yükselmesine ve enerji sistemlerinin verimsizliğine sebep olmaktadır. Reaktif gücü azaltmanın yolu, reaktif enerjinin tüketildiği noktada kompanse edilmesidir. Bu tezde, senkron motor ile yapılan reaktif güç kompanzatörü (RGK) denetiminde kullanılabilen Yapay Sinir Ağları (YSA) modeli tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, YSA yapısının gerçek zamanlı uygulamalara kolaylıkla adapte edilebileceği esnek bir sistem elde edilmiştir. Gerçekleştirilen model eğitim amaçlı olarak kullanılabileceği gibi, farklı YSA yapılarının ve algoritmalarının test edilebileceği uygulamalarda da kullanılabilmektedir.

Bilim Kodu : 703.3.016
Anahtar Kelimeler : Yapay Sinir Ağı Modeli, Senkron Motor Kontrolü, Simülatör, Reaktif Güç Kompanzasyonu
Sayfa Adedi : 109
Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Ramazan BAYINDIR

**DESIGN OF EDUCATIONAL TOOL FOR REACTIVE POWER
COMPENSATOR BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**

(M.Sc. Thesis)

Ömer SESVEREN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

June 2008

ABSTRACT

The reactive power drawn from the electrical power stations increases the cost of the energy produced and reduces the efficiency of energy systems. The reactive energy should be compensated at the load sides in order to reduce the consumption of the reactive power. In this thesis, an artificial neural network (ANN) model has been designed and implemented to control the reactive power compensator (RPC) with a synchronous motor. Since the ANN model obtained has a flexible structure, it can easily be adapted to the real time applications. Furthermore, the model developed can be used either educational purposes or different applications in which ANN algorithms and structures can be tested.

Science Code : 703.3.016

Key Words : Artificial Neural Network Model, Synchronous compensator, Simulator, Reactive Power Compensation.

Page Number : 109

Adviser : Assoc. Prof. Dr. Ramazan BAYINDIR

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla ben yönlendiren Hocam Doç. Dr. Ramazan BAYINDIR'a, çalışma arkadaşım Mehmet GÜVERDİK'e, kardeşim Önder SESVEREN'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2. SENKRON MOTORLAR	6
2.1. Senkron Motorun Yapısı	7
2.2. Senkron Motorlara Yol verme	8
2.3. Senkron Motorlarda Güç ve Moment	9
2.4. Senkron Motorlarda Uyarım Akımının Etkileri.....	11
2.4.1. Normal uyarımın etkisi ($E_m = E_g$)	11
2.4.2. Aşırı uyarımın etkisi ($E_m > E_g$).....	11
2.4.3. Eksik uyarımın etkisi ($E_m < E_g$)	13
2.5. Yük ve Alan Akımı Değişimine Göre $\cos\phi$	13
2.6. Yüklü Bir Senkron Motorda Uyarım Akımının Değiştirilmesi	15
2.7. Senkron Motorun Güç Katsayısı Düzeltici Olarak Kullanılması.....	16
2.8. Reaktif Güç Kompanzasyonu	20
3. YAPAY SİNİR AĞLARI	23
3.1. Biyolojik Sinir Sistemi.....	23
3.2. Statik ve Dinamik Yapay Sinir Modelleri.....	25
3.3. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması	29
3.3.1. YSA'nın yapılarına göre sınıflandırılması	29
3.3.2. YSA'nın öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılmaları.....	31

	Sayfa
3.4. Uygulamaya Göre Öğrenme Yaklaşımları.....	33
3.4.1. Off-line öğrenme.....	33
3.4.2. On-line öğrenme.....	33
3.5. Öğrenmede Kullanılan Diğer Yaklaşımlar.....	33
3.5.1. Desen tabanlı eğitim (Pattern based training)	34
3.5.2. Grup eğitim (Batch training).....	34
3.5.3. Artırımlı öğrenme	35
3.5.4. Yapısal öğrenme (Constructive learning, growing networks)	35
3.5.5. Ardışıl öğrenme.....	35
3.6. Tek Katmanlı ve Çok Katmanlı İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları	35
3.6.1. Tek katmanlı YSA'lar	35
3.6.2. Çok katmanlı perceptron sinir ağları (ÇKP)	38
3.6.3. Radyal tabanlı sinir ağı (RTSA).....	39
3.7. YSA Öğrenme Algoritmaları	42
3.7.1. Geri yayılım algoritması (BP).....	42
3.7.2. Esnek yayılım algoritması (Resilient Propagation-RP)	45
3.7.3. Hızlı yayılım algoritması (Quick propagation-QP).....	46
3.8. Performans Fonksiyonu Seçimi	49
3.9. Sayısal Hızlandırma Teknikleri.....	50
3.9.1. Momentum metodu	50
3.9.2. Topoloji uydurulması	50
3.9.3. Dinamik öğrenme.....	51
3.10. YSA Eğitimi İçin Verilerin Hazırlanması (Normalizasyon).....	51
3.11. Yapay Sinir Ağları ile Hesaplamanın Özellikleri	52
4. GELİŞTİRİLEN YAZILIMIN İNCELENMESİ	55
4.1. Giriş Ekranı	56
4.2. Çok Katmanlı Perceptron (ÇKP)	57
4.2.1. ÇKP eğitim işlemleri.....	57
4.2.2. ÇKP test işlemleri	71
4.3. Radyal Tabanlı Sinir Ağı (RTSA).....	79

	Sayfa
4.3.1. RTSA eğitim işlemleri	79
4.3.2. RTSA test işlemleri	87
4.4. Yardım Menüsü Kullanımı	89
4.5. YSA Yapılandırma Sihirbazı	90
5. REAKTİF GÜÇ KOMPANZATÖRÜ (RGK) SİMÜLATÖRÜ.....	92
5.1. Simülasyonun Çalıştırılması	94
5.2. YSA Tasarımı.....	97
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	102
KAYNAKLAR	105
EKLER.....	107
EK-1 YSA eğitim yazılımı değerlendirme formu	108
ÖZGEÇMİŞ	109

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1 Senkron motorun etiket değerleri.....	98
Çizelge 5.2 YSA tasarımı denemelerinin sonuçları	99
Çizelge 5.3 Eğitilen YSA'nın test sonuçları	100

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1 Senkron motordaki kutuplar ve çalışma prensibi.....	7
Şekil 2.2 Senkron motor kesitleri.....	8
Şekil 2.3 Omik yüklü senkron motor vektör diyagramı.....	9
Şekil 2.4 Endüktif yüklü senkron motor vektör diyagramı.....	9
Şekil 2.5 Endüktif yüklü senkron motor vektör diyagramı.....	10
Şekil 2.6 Senkron motor- senkron alternatör bağlantısı.....	12
Şekil 2.7 Senkron motor gerilim ve zıt emk değişimi.....	12
Şekil 2.8 Uyarım akımı ve mıknatıslayıcı akım vektörü	14
Şekil 2.9 Uyarım akımının değişimine göre hat akımı değişimi.....	15
Şekil 2.10 Yükün değişimine göre yük akımı değişimi	15
Şekil 2.11 Yüklü senkron motorun uyarım akımının değiştirilmesi.....	16
Şekil 2.12 Senkron motor ve endüktif yükün çalıştırılması.....	17
Şekil 2.13 Senkron kompanzasyon vektör diyagramı.....	17
Şekil 2.14 Kapasitif yük durumunda vektör diyagramı	18
Şekil 2.15 Omik yük durumunda vektör diyagramı.....	18
Şekil 2.16 Kompanzasyonun işleminin akım vektörü	19
Şekil 2.17 Reaktif güç kompanzasyonu	21
Şekil 3.1 Sinir sisteminin blok diyagramı	23
Şekil 3.2 Biyolojik sinir hücresi ve bileşenleri	24
Şekil 3.3 Temel statik yapay nöron.....	26
Şekil 3.4 YSA’da en çok tercih edilen aktivasyon fonksiyonları	29

Şekil	Sayfa
Şekil 3.5 İleri beslemeli YSA blok diyagramı	30
Şekil 3.6 Geri beslemeli YSA blok diyagramı.....	30
Şekil 3.7 Danışmanlı öğrenme yapısı.....	31
Şekil 3.8 Danışmansız öğrenme yapısı	32
Şekil 3.9 Takviyeli öğrenme yapısı.....	32
Şekil 3.10 Tek katmanlı YSA	36
Şekil 3.11 Çok katmanlı perceptron.....	38
Şekil 3.12 RTSA ağ yapısının ara katman işlemci elemanı	39
Şekil 3.13 RTSA ağ yapısı	40
Şekil 3.14 Üç ayrı bölgeye düşen veri noktaları	41
Şekil 3.15 Geri yayılım algoritmasının akış şeması.....	43
Şekil 4.1 Giriş ekran görüntüsü.....	56
Şekil 4.2 ÇKP eğitim paneli ekran görüntüsü.....	57
Şekil 4.3 Öğrenme algoritması seçimi	62
Şekil 4.4 YSA yapısı ve grafiği başlangıç görüntüsü	63
Şekil 4.5 Ara katman atamaları ve grafikleri	64
Şekil 4.6 Farklı YSA yapısı atamaları ve grafikleri.....	64
Şekil 4.7 Veri dosyası yükle diyalog penceresi	65
Şekil 4.8 Okunan verilerin gösterimi (a) ve seçimi (b).....	66
Şekil 4.9 Veri aktarma işlemi uyarı mesajı	67
Şekil 4.10 İşlem verileri tablosu	67
Şekil 4.11 Çalışma parametreleri	68
Şekil 4.12 Esnek ve hızlı geri yayılım özel parametreleri	70

Şekil	Sayfa
Şekil 4.13 YSA kayıt diyalog penceresi	71
Şekil 4.14 ÇKP test işlemleri paneli	72
Şekil 4.15 YSA dosya yükle diyalog penceresi	74
Şekil 4.16 Yüklenen YSA parametreleri ve grafiği	74
Şekil 4.17 Test veri dosyası yükleme diyalog penceresi.....	75
Şekil 4.18 Test ham veri paneli.....	76
Şekil 4.19 Test işlem verileri paneli.....	76
Şekil 4.20 Test yapılmış işlem verileri.....	77
Şekil 4.21 Excel'e aktar penceresi	78
Şekil 4.22 Test grafik penceresi	79
Şekil 4.23 RTSA eğitim paneli ekran görüntüsü	80
Şekil 4.24 YSA yapısı ve grafiğinin başlangıç görüntüsü	84
Şekil 4.25 Anlık grafik ve hata değerleri listesi görüntüsü.....	86
Şekil 4.26 RTSA test işlemleri paneli görüntüsü.....	87
Şekil 4.27 Yardım dosyası ekran görüntüsü	89
Şekil 4.28 Bu Nedir? yardımı kullanımı	90
Şekil 4.29 YSA yapılandırma sihirbazı görüntüsü.....	91
Şekil 5.1 Senkron kompanzatör simülatörü'nün ekran görüntüsü	93
Şekil 5.2 RGK simülatörü çalışma blok diyagramı	96
Şekil 5.3 Uyarım akımının değişimi	97
Şekil 5.4 Senkron kompanzatör deney bağlantı şeması	98
Şekil 5.5 YSA test değerleri grafiği	101

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
P_V	Verilen güç
P_A	Alınan güç
M_d	Döndürme momenti
M_f	Faz başına moment
V_φ	Şebeke gerilimi
I_y	Yük akımı
$\cos\phi$	Akım-Gerilim Arası Açısı
E	Motorda indüklenen zıt emk.
E_m	Mıknatıslanma gerilimi
E_g	Yük ve kayıpları karşılayan gerilim
S_i	Ağ net değeri

Kısaltmalar	Açıklama
YSA	Yapay sinir ağları
RTSA	Radyal tabanlı sinir ağı
BDE	Bilgisayar destekli eğitim
ÇKP	Çok katmanlı perceptron
RGK	Reaktif güç kompanzatörü
AGY	Artırımlı geri yayılım
GGY	Grup geri yayılım
EGY	Esnek geri yayılım
HGY	Hızlı geri yayılım
DA	Doğru akım
YS	Yapay sinir

1. GİRİŞ

Güç sistemlerinde aktif güç akışının yanında yükün ve sistemin ihtiyacını karşılayabilmek için reaktif güç akışı da olmaktadır. Elektrik sisteminin ve yüklerin reaktif güce gerek duyulan yerlerde belirli teknikler kullanılarak karşılanması “reaktif güç kompanzasyonu” olarak adlandırılmaktadır [Bayram, 2000; Mekhamer ve ark., 2002].

Enerji sarfıyatı yüksek olan şirketler için bu durum çok önemli olduğundan, reaktif güç kompanzasyonu mutlaka yapılmakta ve yüksek maliyetli donanımlar kullanılarak yüksek enerji bedellerinden kurtulmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla son yıllarda yapılan çalışmalar ile kayıplara sebep olan reaktif gücün ortadan kaldırılması için çeşitli teknikler uygulanmaktadır. Bu nedenle reaktif gücün ihtiyaç duyulan noktaya en yakın yerde üretilmesi sisteminin verimini arttırmak açısından büyük faydalar sağlamaktadır. Reaktif güç kompanzasyonu için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde yüklerin ihtiyacı olan reaktif güçler, statik olarak kapasitör ve reaktörlerle, dinamik olarak senkron motorlarla karşılanmaktadır [Bal ve Çolak, 1995].

Kondansatör grupları kullanılarak gerçekleştirilen kompanzasyon yönteminde kondansatör grupları kademeli olarak devreye alınarak kompanzasyon yapılmaktadır. Bu yöntemde yükün ihtiyacı olan reaktif enerjiyi tam olarak kompanze etmek her zaman mümkün olmayabilir. Ayrıca kondansatörlerin devreye alınıp çıkartılmaları kontaktör ve reaktif güç röleleri tarafından yapıldığından, belirli bir zaman gecikmesi oluşmaktadır. Yüklerin aşırı veya düşük kompanze edilmesi veya kompanzasyonun zaman gecikmeli yapılması az da olsa enerji nakil hatlarının aşırı yüklenmesine sebep olabilmektedir [Miller, 1982; El-Sadek ve ark., 1988].

Senkron motor ile kompanzasyon, uyartım akımının değiştirilerek motorun kapasitif veya endüktif olarak çalıştırılmasıyla sağlanabilir [Al-Hamrani ve ark., 2002]. Ayrıca senkron motorun şebekeden çektiği reaktif gücün miktarı da uyartım akımı ile ayarlanabilmektedir. Senkron motor reaktif güç kompanzasyon sistemlerinde

kullanılırken üzerinde herhangi bir yük yok ise, kaynaktan çekeceği aktif güç sadece mekanik kayıpları karşılamak içindir. Eğer senkron motor, kompanzasyon yapılan sistemde başka bir amaçla kullanılmıyorsa ekonomik değildir. Fakat doküman tezgahı, maden öğütme işlemi, kâğıt rulo tezgahı gibi sabit hız istenen işlerde çalıştıran bir senkron motor varsa, motordan hem mekanik güç alınır, hem de aşırı uyartım sağlanarak senkron motorun kapasitif çalışması sağlanır. Böylece hem mekanik enerji üretilir, hem de işletmenin güç katsayısı düzeltilebilir.

Genel olarak güç kompanzasyonunda yaklaşımlar incelendiğinde; mekanik, harmonik, zaman gecikmesi güvenilirlik, doğruluk, basitlik, enerji tüketimi, zaman ve kayıplar ön plana çıkmaktadır. İyi bir kompanzasyon sisteminde istenilmeyen durumların giderilmesi, yüksek doğruluk, güvenilir sonuçlar, basit işlemler, kısa hesaplama süreleri ve matematiksel modele ihtiyaç duymaması her zaman beklenen özelliklerdir [Bayındır ve ark., 2007; Sağıroğlu ve ark., 2006].

Yukarıda belirtilen sıkıntıların giderilmesi ve ideal bir kompanzasyon sisteminden beklenen özelliklerin sağlanabilmesi için senkron motorun kontrolünde Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılmıştır. YSA'lar bilinen en iyi yapay zekâ yöntemlerinden birisidir. Bu nedenle son zamanlarda reaktif güç kompanzasyonunda ve motor kontrol uygulamalarında YSA'ların sıkça tercih edildiği rapor edilmektedir [Bayındır ve ark., 2007; Sağıroğlu ve ark., 2006]. Sağıroğlu ve arkadaşları [Sağıroğlu ve ark., 2006], Bayındır ve arkadaşları [Bayındır ve ark., 2007] ile farklı YSA öğrenme algoritmaları kullanarak YSA tabanlı kompanzasyon teknikleri geliştirmişlerdir. Bu çalışmada reaktif güç kompanzasyonu, YSA denetleyicinin Artırımlı Geriayılım (AGY), Grup Geriayılım (GGY), Esnek Geriayılım (EGY), Hızlı Geriayılım (HGY) algoritmaları ile eğitilerek daha hızlı öğrenme, daha basit bir yapı elde edebilme ve yüksek başarımlı ve esnek bir eğitim aracı sağlanması amacıyla görsel bir RGK simülatörü tasarımı amaçlanmıştır.

Simülatörler, gerçek sistemlerin çalışma şartlarını ve sistem tepkilerini bilgisayar ortamında taklit eden yazılımlardır. Gerçek sistemlerin kurulmasının, çalıştırılmasının zorlukları ve maliyetini ortadan kaldırarak sistemler üzerinde

çalışmaya imkan sağlar. YSA'nın bir kontrol yöntemi olarak kullanılmasında kontrolü yapılacak sistemin incelenmesi, giriş verilerinin değiştirilerek YSA denetleyicilerinin üreteceği kontrol sinyallerinin hesaplanması gibi işlemler YSA simülatörü ile yapılabilmektedir. Farklı yapay sinir ağı metotları ile yağış-akış ilişkisinin modellenmesi [Sağıroğlu, 2003], bulanık mantık denetleyicili bir iklimlendirme sistemi [Elmas, 2000], bulanık mantık denetleyicili fırçasız doğru akım motor hız kontrolü [Elmas, 2000] gibi farklı uygulama alanları için hazırlanmış simülatörler ile yapay sinir ağları eğitim seti [Güvenç ve ark., 2007] gibi eğitim uygulamaları için YSA yazılımları hazırlanmıştır. Bu çalışmalarda tasarımı düşünülen sistemlerin, prototip olarak fiziksel sistem elemanlarından oluşturulmadan önce bilgisayar ortamında analiz edilmesini sağlamıştır. Ayrıca tasarımı yapılan sistemin davranışını önceden görülmesine ve sistemden beklenen sonuçların oluşup oluşmadığı hakkında bilgi edinilmesine yardımcı olmuştur.

RGK simülatörünün daha anlaşılır olabilmesi için, görsel bir programlama dili olan DELPHI kullanılmıştır. Çalışma ile reaktif güç kompanzasyonu bilgisayarda simüle edilerek giriş değerlerinin değiştirilmesi ile YSA denetleyicinin üreteceği uyarım sinyalinin değişimi gözlenebilmektedir. YSA denetleyiciye yüklenecek YSA yapısının belirlenmesinde eğitim ve test işlemleri ile uygun olan YSA yapısına karar verilebilmesini sağlayacak bir yazılım hazırlanmıştır. Bu yazılımda, geri yayılım algoritmasının momentum, öğrenme oranı, öğrenme sayısı, etkinlik fonksiyonu gibi bileşenleri ile YSA yapısının giriş ve çıkış sayısı, ara katman ve ara katmanda bulunacak nöron sayısı değiştirilerek eğitim işlemleri için belirlenebilmektedir. Ayrıca YSA yapısına karar verirken kullanıcının yapıyı anlayabilmesi için YSA yapısına ait bir çizim oluşmaktadır.

Başarılı ve hızlı bir eğitim süreci için momentum sayısı, öğrenme katsayısı değerlerinin seçimi önemlidir. Geri yayılım öğrenme işlemi bu iki bileşenden oldukça fazla etkilenmektedir. Bu katsayılar için uygun değerlerin seçilmesi deneysel olarak belirlense de bu değerler, uygulamalara ve problemlere bağlıdır. Öğrenme katsayısı için tipik değerler, 0,01 ile 0,9 arasında değişir. Literatürde karmaşık ve zor çalışmalar için daha küçük değerlerin seçilmesi önerilmektedir [Arifoğlu, 2001].

Yazılım, YSA'nın etkili bir şekilde öğrenilmesini sağlamak üzere bir eğitim yazılımı özelliklerini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Yazılımda danışmanlı öğrenme modelinde Çok Katmanlı Perceptron (ÇKP) ve Radyal Tabanlı Sinir Ağı (RTSA) kullanılmıştır. ÇKP'de Artırımlı Geri yayılım (AGY), Grup Geri Yayılım (GGY), Esnek Geri Yayılım (EGY) ve Hızlı Geri Yayılım olmak üzere 4 algoritma ile eğitim işlemleri yapılabilmektedir. YSA'ya ait her bileşen görsel öğeler kullanılarak tanımlanmasıyla YSA'nın yapısının, bileşenlerinin, YSA'nın eğitim ve test aşamalarının etkili bir şekilde öğrenilmesini sağlamak amaçlanmıştır.. Yazılımda YSA yapısı, giriş-çıkış katmanları, ara katman sayısı ve ara katmandaki düğüm sayıları kullanıcı tarafından tanımlanmaktadır. YSA yapısı oluşturulurken YSA şekli çizilerek yapının kolaylıkla anlaşılması sağlanmaktadır. YSA'nın çalışma parametreleri olan öğrenme sayısı, öğrenme oranı ve momentum katsayısı kullanıcı tarafından değiştirilebilmektedir. YSA'nın performansı RMS ve MSE değerlerine bakılarak değerlendirilebilmektedir. Eğitim, azami öğrenme sayısına (iterasyon sayısı) veya istenen RMS/MSE değerine kadar sürdürülmektedir. RMS/MSE değerinin grafiği ile eğitim süreci hakkında yorum yapılabilmektedir. YSA yapısının seçiminde kabul edilmiş herhangi bir kural yoktur. Bu nedenle YSA yapısındaki katman sayısı ve katmanlardaki düğüm sayısı (neuron sayısı) deneme-yanılma yoluyla bulunur. YSA'lar hangi yapıda olursa olsun eğitilirken ilk olarak rasgele bir ağırlık değeri ile çalışmaya başlar. Aynı yapıda olmasına rağmen iki ayrı YSA aynı sonuçları üretmeyebilir. Eğitim bittikten sonra YSA yapısına ait ağırlık ve bias değerleri bir dosyaya kaydedilerek test işlemlerinde kullanılmak üzere saklanır. Eğitilen YSA'lar test edilerek sonuçlar kaydedilebilmektedir. YSA'nın test sonuçlarına göre en iyi sonuçları üreten YSA yapısına karar verilebilir. Bu nedenle hazırlanan simülasyonda kullanıcının uygun YSA yapısına karar vermesini kolaylaştırmak için her eğitim ve test işleminin ürettiği çıktılar kaydedilebilmektedir.

Bu çalışmada elektrik şebekelerindeki değişen güç katsayısı düzeltmek için bilinen reaktif güç kompanzasyonu çözümlerine alternatif olarak Yapay Sinir Ağları (YSA) tabanlı senkron motor ile yapılan adaptif reaktif güç kompanzatörü (RGK) tasarımı gerçekleştirilmiş ve farklı alanlarda kullanılabilen YSA denetleyicilerin reaktif güç kompanzasyonunda kullanılmasına ait bir çalışma hazırlanmıştır.

İkinci bölümde, senkron motorların yapısı, yolverme metodları, uyarım akımı ve yük akımı değişimlerinin etkileri, senkron motorun reaktif güç kompanzasyonunda kullanımı anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, yapay sinir ağlarının yapısı, biyolojik sinir ağı modeli, YSA türleri, öğrenme algoritmaları incelenmiş ve YSA ile ilgili hızlandırma teknikleri, uygulanan farklı yaklaşımlar anlatılmıştır. YSA ile ilgili çalışmalarda veri hazırlığı üzerinde durulmuştur.

Dördüncü bölümde, geliştirilen yazılım incelenmiştir. Yazılım ekran görüntüleri, menülerin kullanımı, verilerin hazırlanması, YSA eğitim ve test işlemleri anlatılmıştır.

Beşinci bölümde, RGK simülatörünün çalıştırılması, RGK için kullanılacak YSA tasarımı, çeşitli algoritmalarla yapılan eğitim işlemleri, test sonuçları anlatılmıştır.

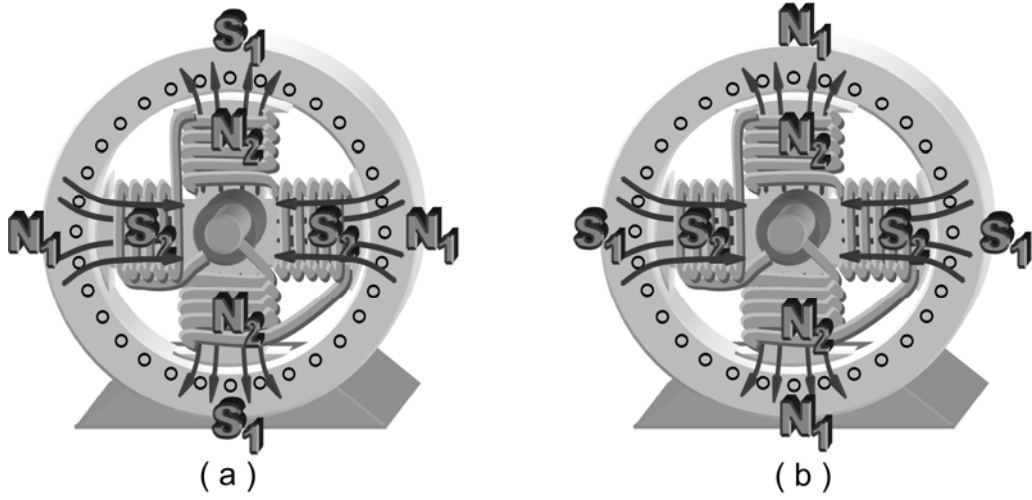
2. SENKRON MOTORLAR

Senkron makineler, generatör dışında DA dinamolarında olduğu gibi motor olarak ta çalışırlar. Senkron makinelerin sargı uçlarına AA uygulanıyor ve milinden mekanik enerji elde ediliyor ise senkron motor olarak adlandırılır. Bu motorların mekanik yapı bakımından senkron generatörlerden bir farkı yoktur.

Diğer motorlardan farkı ise rotor devir sayısının döner alan devir sayısına (senkron devir) eşit olmasıdır bu nedenle senkron motor adını almıştır. Bu motorlarda kayma da söz konusu değildir.

Senkron motorların diğer motorlar gibi (asenkron motor ve DA motor) direkt olarak kalkınmaları mümkün değildir. Direkt olarak kalkınamamasının sebebi şu şekilde açıklanabilir:

Senkron motorun stator sargılarına alternatif akım uygulanınca stator da frekansa bağlı olarak bir hareketli döner alan oluşur ve döner kutuplanma meydana gelir. Rotorda bulunan kutup sargıları da enerjilenince, rotor da kutuplandırıldığı için, rotora saat ibresi yönünde dönme torku T uygulanır. Ancak rotorun ataletinden dolayı, rotor hızı ani olarak statorun döner alanının hızına ulaşamaz. Stator döner alanı yarı saykılı tamamladığında, stator kutuplarının polaritesi değişeceğinden, rotora uygulanan T torkun yönü saat ibresinin ters yönünde iken, stator döner alanı halen saat ibresi yönünde dönmeye devam eder. Bir saykılık süre içerisinde rotora uygulanan ortalama tork miktarı sıfır olur. Bundan dolayı, rotor ilk yarı saykılıda saat ibresi yönünde, ikinci yarı saykılıda ise saat ibresinin ters yönünde dönmeye çalışır. Rotor hareket edemediğinden, sadece titreşim yapar. Şekil 2.1 (a)'da bu durum çizilmiştir.



Şekil 2.1 Senkron motordaki kutuplar ve çalışma prensibi

- a) Rotor döner alanı takip etmez
- b) Rotor döner alanı takip eder

Senkron motoru çalıştırmak için rotoru senkron devir yada yakın değerinde döndürmek gerekir. Bu devir sayısı ile dönmekte olan motorun sabit kutupları döner alan kutupları ile kolayca kilitlenebilir. Kilitlenme sırasında zıt kutuplar birbirini çekerek döner alan tarafından döner alan yönünde ve döner alan hızı ile döndürülür. Bu olaya rotorun döner alan tarafından sürüklenmesi de denir. Şekil 2.1 (b)'de bu durum çizilmiştir. Rotorun başlangıç anında dönmesini sağlaması için yardımcı yol verme sistemleri geliştirilmiştir. Motor yol aldıktan sonra sincap kafesi oluşturan rotor çubuklarında bir emk endüklenmez çünkü rotorda senkron hızda dönmekte rotor çubukları döner alan tarafından kesilmemektedir. Rotorun devir sayısında değişiklik olmadıkça rotor sargılarından akım geçmez.

2.1. Senkron Motorun Yapısı

Senkron motorlar genel olarak iki bölümden oluşur.

- a) Stator (Endüvi)
- b) Rotor (Endüktör veya Kutuplar)

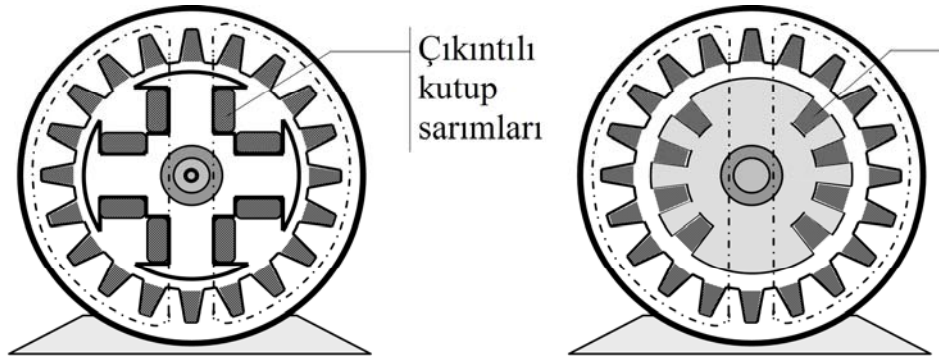
Stator (Endüvi): Silisli saçların paketlenmesinden yapılmış olup, iç kısımlarına sargıların yerleştirilmesi için oluklar açılmıştır. Bu şekilde oluşturulan nüve, dökme

demirden yapılan bir gövdenin içine yerleştirilir.

Rotor (Endüktör veya Kutuplar): Uyarım Sargılarını taşıyan kısma Rotor veya Endüktör denir.

Senkron motorlar rotor cinsine göre iki çeşittir.

1. Çıkıntılı kutuplu senkron motorlar (Şekil 2.2 (a))
2. Yuvarlak kutuplu senkron motorlar (Şekil 2.2 (b))



Şekil 2.2 Senkron motor kesitleri

2.2. Senkron Motorlara Yol verme

Senkron motorlara, asenkron motorlarda olduğu gibi, doğrudan doğruya yol verilemez. Bu nedenle senkron motorları çalıştırmak için, çeşitli metotlarla rotorunun devrini senkron veya ona yakın hıza çıkarılması gerekir.

Yol verme yöntemleri şunlardır:

1. Yardımcı bir döndürme makinaları (asenkron motor) ile senkron motorlara yol verme
2. Aynı mil üzerinde bulunan uyarım dinamosu ile senkron motorlara yol verme
3. Senkron motoru bilezikli asenkron motor olarak çalıştırıp yol verme
4. Senkron motoru sincap kafesli asenkron motor olarak çalıştırıp yol verme
5. Frekansla Yol verme
6. Senkron motorlara deşarj direnci ile yol verme

2.3. Senkron Motorlarda Güç ve Moment

Güç ve Momentin bulunabilmesi için alınan ve verilen gücün hesaplanması gerekir.

Üç fazlı senkron motorda;

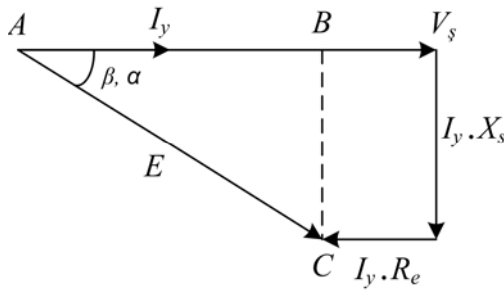
Faz başına verilen güç; $P_V = V_s \cdot I_y \cdot \cos\phi$ Wattır. (2.1)

Motordan alınan güç ise ; $P_A = E \cdot I_y \cdot \cos\alpha$ Wattır. (2.2)

Alınan gücü hesaplayabilmek için motordaki zıt emk'nın bilinmesi gerekmektedir.

Örnek olarak düz kutuplu senkron motorun yük çeşitlerine göre vektör diyagramları çizilmiş oluşan ABC üçgenlerinden faydalanarak zıt emk'nın değeri hesaplanmıştır.

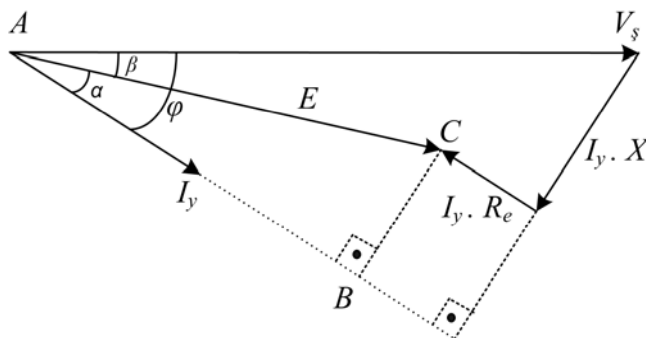
I. Omik Yük



Şekil 2.3 Omik yüklü senkron motor vektör diyagramı

Burada $E = \sqrt{(V_s - I_y R_e)^2 + (I_y X_s)^2}$ formülü ile hesaplanır.

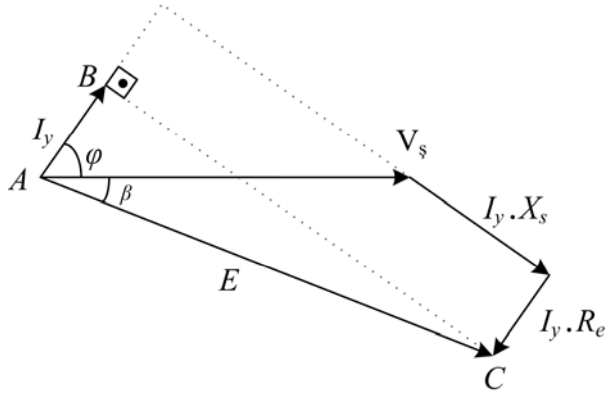
II. Endüktif yük



Şekil 2.4 Endüktif yüklü senkron motor vektör diyagramı

Burada $E = \sqrt{(V_s \cos \varphi - I_y R_e)^2 + (V_s \sin \varphi - I_y X_s)^2}$ formülü ile hesaplanır.

III. Kapasitif yük



Şekil 2.5 Endüktif yüklü senkron motor vektör diyagramı

Burada $E = \sqrt{(V_s \cos \varphi - I_y R_e)^2 + (V_s \sin \varphi + I_y X_s)^2}$ formülü ile hesaplanır.

V_s	: Şebeke gerilimi	Volt
E	: Zıt emk'nın değeri	Volt
I_y	: Yük akımı	Amper
R_e	: Endüvi direnci	Ω
X_s	: Endüvi reaktansı	Ω
β	: Yük açısı (geri kalma açısı)	
α	: E ile I_y arasındaki açı	
φ	: V_s ile I_y arasındaki açı	

Senkron motorun döndürme ve faz başına moment değerleri;

$$M_d = \frac{P_A \cdot 0,975}{n} \text{ kgm} \quad (2.3)$$

$$M_f = \frac{V_s \cdot E \cdot 0,975}{X_s \cdot n} \cdot \sin\beta \quad \text{kgm} \quad (2.4)$$

olarak hesaplanabilir.

2.4. Senkron Motorlarda Uyartım Akımının Etkileri

2.4.1. Normal uyartımın etkisi ($E_m = E_g$)

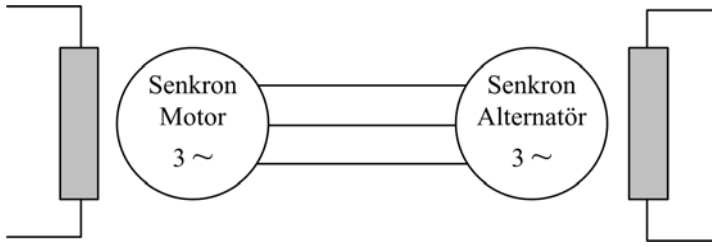
Normal uyartımda motorun devreden çektiği akım en az değerinde iken; $\cos\phi$ en yüksek değerdedir. Motorun devreden çektiği akımın iki bileşeni vardır. Bunlardan biri mıknatıslama bileşenidir ki, gerilimden 90° geridedir.

Diğeri ise yükü ve kayıpları karşılayan bileşendir ve gerilimle aynı fazdadır. Eğer yük olmazsa, yük bileşeni çok küçük olan kayıpları karşılayacak değerdedir. Motorun $\cos\phi$ 'si çok küçüktür. Çünkü mıknatıslama akımının tesiri çok büyük olur.

Bir senkron motorda mıknatıs alanını kutuplara verilen D.A. ile temin ettiğimize göre, senkron motorun devreden çekeceği akımın mıknatıslama tesiri sıfır olur. Motor boşta veya yükte dahi olsa, devreden çekeceği akım, sadece yükü karşılamak içindir, bu akım da gerilimle hemen hemen aynı fazdadır.

2.4.2. Aşırı uyartımın etkisi ($E_m > E_g$)

Motor ile alternatörün Şekil 2.6'da olduğu gibi karşılıklı bağlı olduğu, motorun boşta çalıştığı ve hiçbir kaybının olmadığını (anlatımı kolaylaştırmak için) kabul edilirse; motoru normal uyartıldığında, motor sargılarında zıt emk, alternatörün gerilimine eşit olacaktır. Bu durumda motor sargılarından akım geçmez.



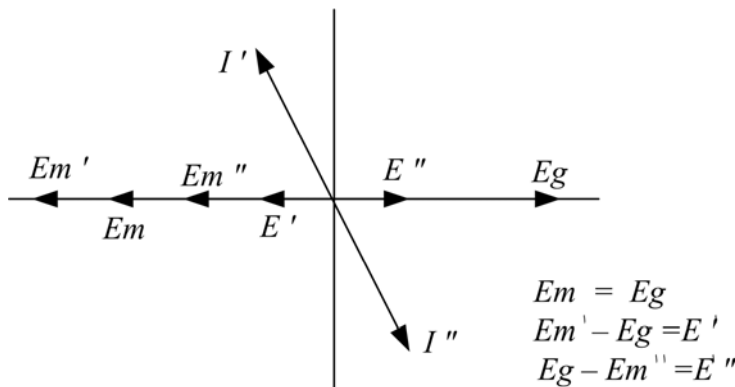
Şekil 2.6 Senkron motor- senkron alternatör bağlantısı

Motor kutupları aşırı uyarılırsa, zıt emk. yükselir ve E_m' ye çıkacaktır. E_m' alternatör geriliminden E' kadar fazla olduğundan devreden bir akım geçecektir. Akımın geçmesine karşı koyan direnç ise, alternatörün ve motorun (R_q ve R_m ile X_{lq} ve X_{lm}) direnç ve reaktanslarıdır.

$$I' = \frac{E'}{\sqrt{(R_m + R_q)^2 + (X_{lm} + X_{lq})^2}} \quad (2.5)$$

kadardır.

R_q ve R_m 'nin değerleri X_{lq} ve X_{lm} 'nin değerleri yanında çok küçük olduğundan geçen bu akım E' ' ne göre hemen hemen 90° geridir.



Şekil 2.7 Senkron motor gerilim ve zıt emk değişimi

Bu açının değeri;

$$\tan\beta = \frac{X_{lm} + X_{lq}}{R_m + R_q} \quad (2.6)$$

Şekil 2.7’de görüleceği gibi, I' akımı, hem motor hem de alternatörden geçtiği için motor alternatörden kapasitif bir akım çekmektedir. Bu akım motor için ters mıknatıslayıcı rol oynayarak fazla uyarılan kutupların alanını normale indirecek şekilde hareket eder. Fakat dış devreden çekilen akım alternatöre nazaran kapasitif olduğundan alternatör güç faktörünü düzeltmek gerekir.

2.4.3. Eksik uyarımın etkisi ($E_m < E_g$)

Uyarım akımı normal değerinin altına düşürülecek olursa, kutupların stator iletkenlerinde meydana getirdiği zıt emk küçük olur. Alternatörün E_q gerilimi, meydana gelen bu E'' geriliminden E'' kadar büyük olur. E'' geriliminden dolayı alternatör ve motor devresinden bir I'' akımı geçer. Geçen bu akım, E'' geriliminden 90° ye kadar bir açı altında geridedir.

$$I'' = \frac{E''}{\sqrt{(R_m + R_q)^2 + (X_{lm} + X_{lq})^2}} \quad (2.7)$$

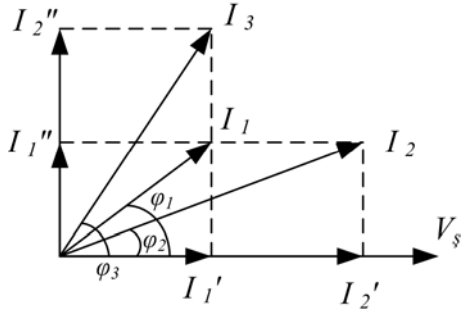
Şekil 2.7’deki I'' akımına bakacak olursak, bu akım alternatör geriliminden geridedir. Bu durumda motor, alternatörden endüktif bir akım çekiyor demektir. I'' akımı, motor için kapasitif etki yaparak düşük olan gerilimin yükselmesini sağlar.

2.5. Yük ve Alan Akımı Değişimine Göre $\cos\phi$

Yük azken uyarım akımının değerlerine göre $\cos\phi$ ’nin aldığı değerler fazla yüke göre küçüktür. Uyarım akımının aynı değeri için yük arttırılırsa $\cos\phi$ büyür. Motorun yükü arttırılırsa şebekeden çekeceği watt’lı akımın artar. Bu akım, uygulanan gerilimle aynı fazdadır. Motor fazla uyarılmış ve belirli bir değerde yüklenmiş olduğu durumlarda motorun çekeceği akımın iki bileşeni vardır.

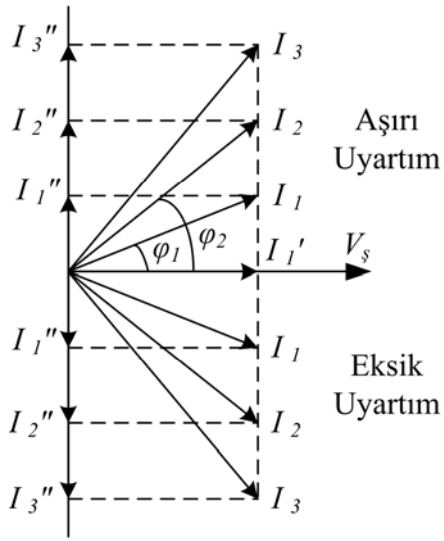
- 1- Uygulanan gerilimle aynı fazda olan Wattlı bileşen (I_1') akımı,
- 2- Fazla uyardımdan dolayı uygulanan gerilimden 90° ileride olan ve motor için ters mıknatıslayıcı rol oynayan (I_1'') akımıdır. Bu denklem Şekil 2.8'de gösterilmiştir.

Bu iki akımın vektöriyel toplamı, motorun çektiği akımı (I_1) verir. Uyardım akımı sabit kalmak üzere yükü arttıracak olursak, motorun çekmek zorunda olduğu watt'lı bileşenin I_1' değeri I_2' değerine çıkar. I_1'' akımı ise aynı değerde kalır. Bu durumda çekilen toplam akım $I_1'' + I_2' = I_2$ olur ki bunun açısı ϕ_1 'dir. $\phi_2 < \phi_1$ dir. Güç arttıkça $\cos\phi$ büyümektedir. Yani ϕ açısı küçülmektedir.

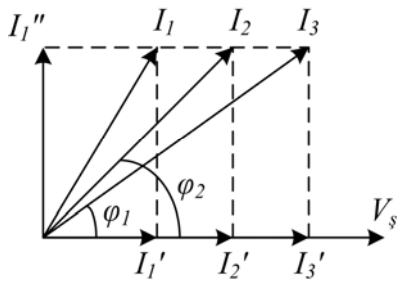


Şekil 2.8 Uyardım akımı ve mıknatıslayıcı akım vektörü

Yükü sabit bırakıp uyardım akımının artırılırsa; Bu durumda I_1'' değeri, büyümek ve I_2'' değerini almak zorundadır. I_1' sabit kabul edildiğine göre, çekilen I_3 akımının değeri $I_1' + I_2'' = I_3$ olur. Bu akımın gerilim ile olan açısı ϕ_3 ise ϕ_2 'den büyüktür. $\cos\phi$ küçülmüştür. Şekil 2.9'da yük sabit, uyardım akımı değiştiğine göre çekilen akım ile ϕ açısının aldığı değerler, Şekil 2.10'da ise uyardım akımı sabit, yükün değişmesi ile yük akımının ve ϕ açısının aldığı değerler gösterilmiştir.



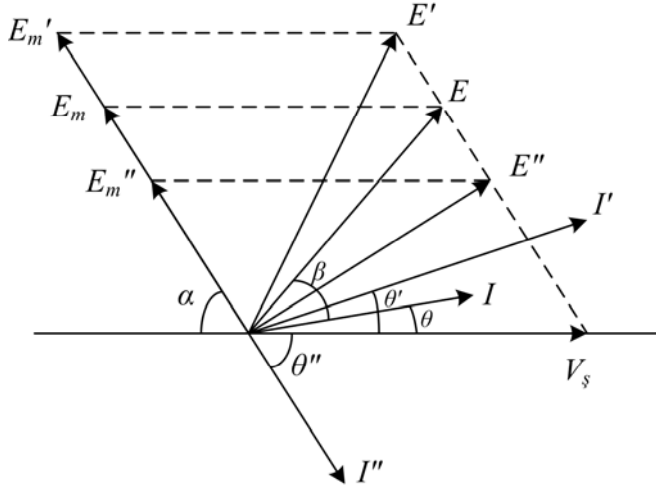
Şekil 2.9 Uyartım akımının değişimine göre hat akımı değişimi



Şekil 2.10 Yükle değişimine göre yük akımı değişimi

2.6. Yüklü Bir Senkron Motorda Uyartım Akımının Değiştirilmesi

Bir senkron motoru normal uyartıldığında ve belirli bir yükte yüklendiğinde motorda meydana gelen E_m gerilimi, Şekil 2.11'de görüldüğü gibi V_s 'dan 180° faz farklı olmayacaktır. V_s ile E_m 'nin vektöriyel toplamı olan E geriliminden dolayı devreden I akımı geçer. Geçen I akımı E 'den β açısı kadar geride ve V_s ile aralarında θ açısı vardır. Motorun devreden çektiği güç $V_s \cdot I \cdot \cos\phi$ 'dir. Uyartım akımı artırılırsa E_m ile V_s 'nin vektöriyel toplamı E' olacak ve E' 'nün devreden geçireceği akım ise I' olur. I' akımı, şekilden de görüleceği gibi V_s geriliminden θ açısı kadar ileridedir ve devreye göre kapasitiftir.



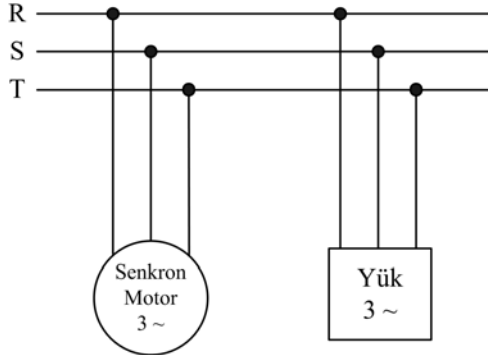
Şekil 2.11 Yüklü senkron motorun uyarım akımının değiştirilmesi

Uyarım akımı normal değerden aşağıya ve motorun gerilimi E'' ye düşürülürse; E'' ile V_s 'nin vektöriyel toplamı olan E'' geriliminin devreden geçireceği akım I'' olur. I'' ile V_s arasında θ'' açısı vardır ve endüktif bir akımdır. Güç ise $V_s \cdot I'' \cdot \cos\theta''$ dir. Senkron motorların herhangi bir yük ve uyarımdaki karakteristikleri Şekil 2.11'deki diyagramdan çıkarılabilir.

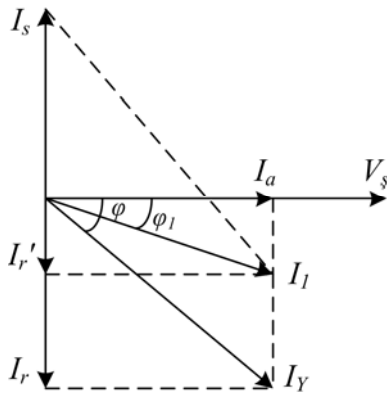
2.7. Senkron Motorun Güç Katsayısı Düzeltici Olarak Kullanılması

Şebekelerde yük genellikle endüktiftir. Çünkü şebekeye bağlı indüksiyon motorları, indüksiyon fırınları, transformatörler, balastlı lambalar v.b. hep endüktif yüklerdir. İndüktif yükler alternatörlerin gerçek güç kapasitelerini küçülttüğünden iletim hatlarında büyük gerilim düşümlerine, dolayısıyla da verimin azalmasına neden olur.

Güç katsayısını düzelterek aktif gücün artmasını sağlayan senkron motorlar, senkron kompensatör veya senkron kondansatör adını alır.



Şekil 2.12 Senkron motor ve endüktif yükün çalıştırılması

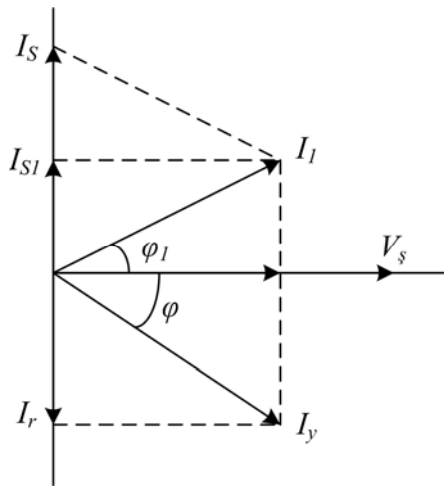


Şekil 2.13 Senkron kompanzasyon vektör diyagramı

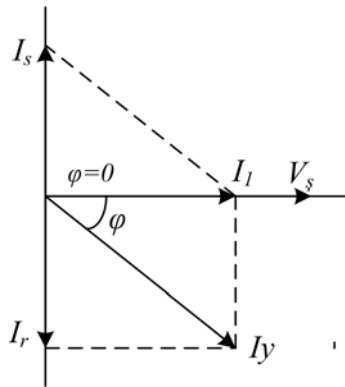
Şekil 2.12'de görülen yük, endüktif akım çekmektedir. Aynı şebekeden beslenen fazla uyarımlı senkron motor ise kapasitif akım çeker. Senkron motorun fazla uyarımlı olarak boşta çalıştığını ve boş çalışma kayıplarının olmadığı dikkate alınarak Şekil 2.13'deki vektör diyagramı çizilebilir. Yük akımı I_y şebeke gerilimi V_s 'dan φ açısı kadar geridedir. Bu akımın gerilim ile aynı fazda olan aktif bileşeni I_a gerilimden 90° geride olan reaktif bileşeni veya mıknatıslama bileşeni I_r' 'dir. Bu şebekeye aşırı uyarımlı bir senkron motor bağlanarak boşta çalıştırıldığında (kayıpları dikkate alınmıyor), senkron motor şebekeden I_s akımını çeker. Görüldüğü gibi, akım gerilimden 90° ileridedir, yani kapasitiftir. Yük akımının reaktif bileşeni I_r ile senkron motorun akımı I_s arasında 180° elektriki faz farkı olduğuna göre, şebekeden çekilen net reaktif akım küçülmüş ve $I_r' = I_r - I_s$ olmuştur. Devreden başka güç çekilmediğinden aktif bileşen sabit kalmıştır. Aktif bileşen I_a ile net reaktif

akımının I_{rl} vektöriyel toplamı I_1 akımını vermektedir. Artık, şebekeden yalnız I_1 akımı çekilmektedir. Bu akımın gerilimle yaptığı φ_1 açısı, senkron motor devrede olmadığı zaman yükün çektiği I_y akımının gerilimle yaptığı φ açısından küçüktür. Güç faktörü büyümüş, $\cos\varphi_1 > \cos\varphi$ olmuştur. Daha az akım çekilerek aynı güç sağlanmıştır ve şebekenin veya besleme transformatörünün boş yere yüklenmesi önlenmiştir.

Çekilen I_1 akımı endüktiftir. Çünkü $I_s < I_r$ dir. Şebekeden çekilen akımın kapasitif olması arzu edilirse, $I_s > I_r$ olması gerekir. Bu durum Şekil 2.14’de gösterilmiştir. Devreden çekilen akımın omik olması istenirse bu kez $I_s = I_r$ olması gerekir. Bu durum da, Şekil 2.15’de gösterilmiştir.



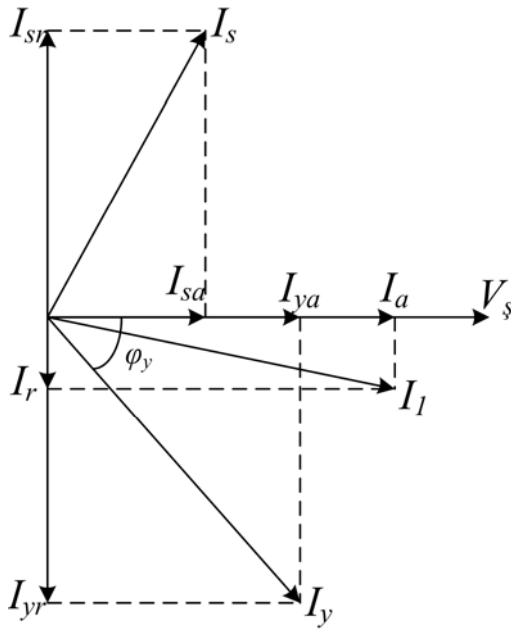
Şekil 2.14 Kapasitif yük durumunda vektör diyagramı



Şekil 2.15 Omik yük durumunda vektör diyagramı

Şebekeden çekilen akım endüktif, omik ve kapasitif olabilmektedir. Bunun için, senkron motorun uyarım akımı belli sınırlar içinde ayarlanarak, istenen $\cos\phi$ bu sınırlar içinde elde edilebilir.

Senkron motorlar, sistemin güç katsayısını düzeltirken aynı zamanda millerinden mekanik enerji de alınabilir. Şekil 2.16'da bu durum vektöriyel olarak gösterilmiştir. Yükün çektiği akımın iki bileşeni vardır. Bunlardan aktif bileşen I_r ise gerilimden 90° geridedir. I_y ile V_s arasında (ϕ_y) kadar faz farkı olup akım geridedir.



Şekil 2.16 Kompanzasyonun işleminin akım vektörü

Bu durumda, devreye milinde belli bir mekanik enerji bulunan bir senkron motor bağlanırsa, senkron motorun şebekeden çektiği akımın da iki bileşeni olur (çünkü senkron motor yüklü durumdadır). Bu bileşenlerden I_{sa} , yükü ve kayıpları karşılayabilir ki, gerilimle aynı fazdadır. I_{sr} bileşeni ise, gerilimden 90° ileridedir. Yük akımının ve senkron motorun çektiği akımın aktif bileşenleri aynı fazda olduğundan toplam aktif akım $I_a = I_{ya} + I_{sa}$ olur ve toplam reaktif akım ise $I_r = I_{yr} - I_{sr}$ olup gerilimden 90° derece geridedir. Şebekeden çekilen akımı bulabilmek için,

toplam aktif akım I_a ile toplam reaktif akım I_r 'yi vektöriyel olarak toplanarak I_1 akımını bulunur. I_1 akımı aynı zamanda I_s ve I_y akımlarının vektöriyel toplamıdır.

Senkron motor bağlanmadan önce yük akımı I_y ile gerilim arasında ϕ_y açısı varken, senkron motor yüklü durumda devreye girince, bu açı ϕ değerini almış yani küçülmüştür. Sistemin güç katsayısı yükselmiş yani $\cos\phi > \cos\phi_y$ olmuştur. Öte yandan I_y akımı da küçülmüş ve I_1 değerini almıştır. Böylece, daha az akımla aynı güç sağlanmıştır.

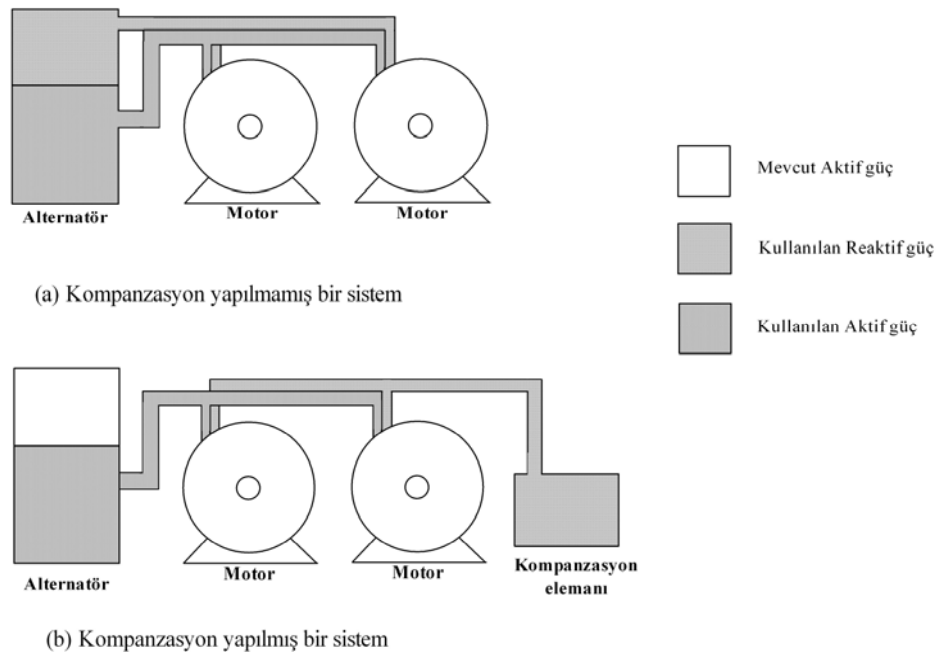
Şekil 2.16'daki vektör diyagramını akımlara göre çizmek mümkün olduğu gibi güçlere göre de çizmek mümkündür. Bunun için Şekil 2.16'daki akımları simgeleyen I harflerin yerine güçleri simgeleyen P harflerinin yazılması yeterlidir. Örneğin I_{sr} yerine P_{sr} , I_{ya} yerine P_{ya} yazılmalıdır.

Senkron motorlar; Şebekelerin güç katsayılarının düzeltilmesinde, büyük vantilatörlerde aspiratörlerde, pompalarda, haddehanelerde, kompresörlerde, pres makinelerinde, kağıt ve tekstil makinelerinde, doğru akım jeneratörlerinin ve gemilerde pervanelerin döndürülmesinde kullanılırlar.

2.8. Reaktif Güç Kompanzasyonu

Güç sistemlerinde aktif güç akışının yanında yükün ve sistemin ihtiyacını karşılayabilmek için reaktif güç akışı da olmaktadır. Aktif güç kuşkusuz alternatörlerden yüklere iletilecektir, oysa reaktif güç için böyle bir zorunluluk yoktur. Reaktif gücün ihtiyaç duyulan noktaya en yakın yerde üretilmesinde elektrik sisteminin en iyi koşullarda çalıştırılması açısından büyük yararlar vardır. Elektrik sisteminin ve yüklerin reaktif güce gerek duyulan yerlerde belirli teknikler kullanılarak karşılanması “reaktif güç kompanzasyonu” olarak adlandırılmaktadır. Bu işlemin doğal sonucu olarak sistemin belirli noktalarında gözüken güç katsayısı ($\cos\phi$) düzeltilecek, diğer bir deyişle tesisin güç katsayısı 0,95 ile 1 arasında bir değere yaklaştırılacaktır. Şekil 2.17(a)'da kompanzasyonu yapılmamış bir sistem ve Şekil 2.17(b)'de ise kompanzasyonu yapılmış bir sistem verilmiştir. Şekil 2.17(a)'da

sistem çalışırken alternatörden aktif gücün yanında iş yapmayan reaktif gücünde çekildiği görülmektedir. Aktif güç, sistemin çalışması için gerekli bir güç iken, bunun aksine mıknatıslama için gerekli olan reaktif gücün alternatörden çekilmesine gerek yoktur. İş yapmadığı halde bu güç alternatörden çekildiği için, bu gücün de tüketim bedeli ödenmek zorundadır. Şekil 2.17(b)'de ise kondansatör veya senkron motor gibi bir kompanzasyon elemanı ile kompanzasyon yapıldığında, bu reaktif gücün şebekeden çekilmediği görülmektedir. Ayrıca Şekil 2.17(a) ile karşılaştırıldığında, alternatörün fazladan mevcut bir aktif güce sahip olduğu görülecektir.



Şekil 2.17 Reaktif güç kompanzasyonu

- a) Kompanzasyon yapılmamış sistem
- b) Kompanzasyon yapılmış sistem

Türkiye Elektrik Kurumu aşırı miktarlarda tüketilen reaktif enerjiyi müşterilerin kendi imkânları ile karşılamalarını zorunlu kılmak için işletmelerde 3 adet sayaç bulundurma zorunluluğu getirmiştir. Enerji tarifesinde aktif enerji yanında ileri ve geri reaktif enerji bedeli koymuştur. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik Tarifeleri Yönetmeliği 56. maddesine göre bir dönem içerisinde çekilen endüktif reaktif enerjinin % 33'üne kadar (dâhil) reaktif enerji çeken müşterilerden reaktif

enerji bedeli alınmamaktadır. Bu oran aşıldığında, çekilen reaktif enerjinin tamamına reaktif enerji tarifiesi uygulanmaktadır.

Yine aynı yönetmeliğe göre bir dönem içerisinde çekilen kapasitif reaktif enerjinin %20'sine kadar (dâhil) enerji çeken müşterilerden reaktif enerji bedeli alınmamaktadır. Bu oran aşıldığında, abonenin dönem içerisinde çektiği aktif enerjinin 0,90 katı kadar reaktif enerji tükettiği kabul edilerek reaktif enerji tarifiesi üzerinden bedeli alınmaktadır.

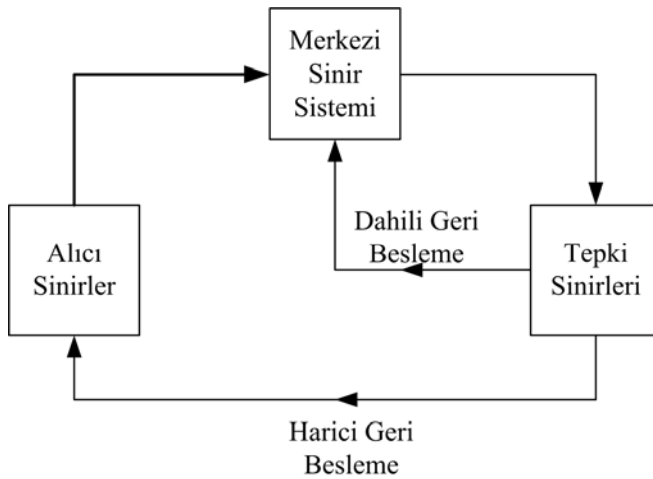
Enerji sarfiyatı yüksek olan şirketler için bu durumlar çok önemli olduğundan, reaktif güç kompanzasyonu mutlaka yapılmakta veya yüksek maliyetli donanımlar kullanılarak yüksek enerji bedellerinden kurtulmaya çalışılmaktadır.

3. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağları (YSA), öğrenme yeteneği, kolayca farklı problemlere uyarlanabilirliği, genelleme yapabilmesi, paralel yapılarından dolayı hızlı çalışabilme yeteneği ve kullanıcının giriş ile çıkış arasındaki ilişkiyi tarif etme mecburiyetinin olmayışı gibi üstünlüklerden dolayı, pek çok uygulamada kullanılmaktadır [Sağıroğlu ve ark., 2003]. YSA, bir sisteme ilişkin çeşitli parametrelere bağlı olarak tanımlanan girişler ve çıkışlar arasında ilişki kurabilme yeteneğine sahiptir. Bu ilişkinin doğrusal bir formda olması zorunlu değildir. Ayrıca YSA'lar, çıkış değerleri bilinmeyen tanımlanmış sistem girişlerine de uygun çıkışlar üretebilmekte, böylelikle çok karmaşık problemlere bile iyi çözüm olabilmektedirler.

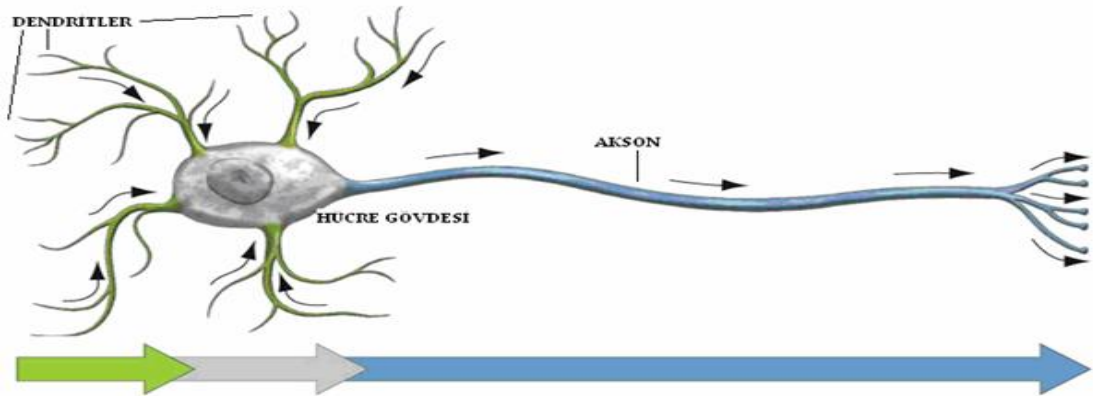
3.1. Biyolojik Sinir Sistemi

Biyolojik sinir sistemi, merkezinde sürekli olarak bilgiyi alan, yorumlayan ve uygun bir karar üreten beyin (merkezi sinir ağı) bulunduğu üç katmanlı bir sistem olarak açıklanır. Alıcı sinirler (receptor) organizma içerisinde ya da dış ortamlardan algıladıkları uyarıları, beyne bilgi ileten elektriksel sinyallere dönüştürür. Tepki sinirleri (effector) ise, beyin ürettiği elektriksel darbeleri organizma çıktısı olarak uygun tepkilere dönüştürür. Şekil 3.1'de bir sinir sisteminin blok diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Sinir sisteminin blok diyagramı

Merkezi sinir ağında bilgiler, alıcı ve tepki sinirleri arasında ileri ve geri besleme yönünde değerlendirilerek uygun tepkiler üretilir. Bu yönüyle biyolojik sinir sistemi, kapalı çevrim denetim sisteminin karakteristiklerini taşır. 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 gelir. 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. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi axon-dendrite bağlantı elemanı synapse olarak söylenir.



Şekil 3.2 Biyolojik sinir hücresi ve bileşenleri

Synapse gelen ve dendriteler tarafından alınan bilgiler genellikle elektriksel darbelerdir ancak, synapsedeki kimyasal ileticilerden etkilenir. Belirli bir sürede bir hücreye gelen girişlerin değeri, belirli bir eşik değerine ulaştığında hücre bir tepki üretir. Hücrenin tepkisini artırıcı yöndeki girişler uyarıcı, azaltıcı yöndeki girişler ise önleyici girişler olarak söylenir ve bu etkiyi synapse belirler. İnsan beyninin 10 milyar sinir hücresinden ve 60 trilyon synapse bağlantısından oluştuğu düşünülürse son derece karmaşık ve etkin bir yapı olduğu anlaşılır. Diğer taraftan bir sinir hücresinin tepki hızı, günümüz bilgisayarlarına göre oldukça yavaş olmakla birlikte duyuşal bilgileri son derecede hızlı değerlendirebilmektedir. Bu nedenle insan beyni; öğrenme, birleştirme, uyarılma ve yenelleştirme yeteneği nedeniyle son derece

karmaşık, doğrusal olmayan ve paralel dağılmış bir bilgi işleme sistemi olarak tanımlanabilir.

3.2. Statik ve Dinamik Yapay Sinir Modelleri

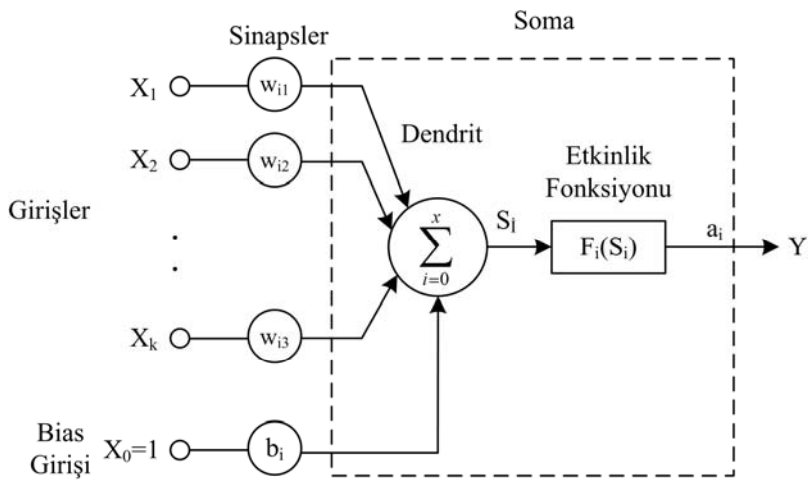
YSA, insan beyninin kaba bir modeline dayanmaktadır. Hesaplama ünitesi olarak birçok yapay sinir içermektedir. Bunlar birbirlerine kuvvetli büyük bir paralel yapıda uyarlamalı ağırlıklarla bağlanmaktadır. Yapay sinirler, aslında belirlenmiş veri kümelerini öğrenebilen tek ve bağımsız yapılardır. Bir başka deyişle bunlar uyarlamalı fonksiyon hesaplayıcılarıdır. İnsan beyninin kaba bir biyolojik sinir ağı taklididirler. Donanım veya yazılım olarak uygulanabilirler. Bir insan beyni aşırı geniş sayıda farklı işlemler yerine getirmektedir. Bu özellikleri taklit etmeye uğraşan birçok sayıda YSA bulunmaktadır. YSA'nın temel elemanı olan tek hesaplama sinirinin insan beynine olan benzerliği esasında; çok-girişli, genellikle doğrusal olmayan işlem elemanına ve birbirleriyle bağıntıyı sağlayan ağırlıklara sahip olmasından kaynaklanmaktadır. YSA, biyolojik sinir aktivitelerini taklit etmeye çalışmaktadır. Böyle olmasına karşın bir insan beynin sinirinin biyolojik sinir işlemlerinin doğru bir biçimde temsil edilmesi aşırı derecede güçtür. Fakat iyi bir şekilde temsil eden basit yapay sinir modeli elde etmek mümkündür. Bu, donanım, yazılım veya hibrit teknikler kullanılarak uygulanabilir. Statik Yapay Sinir modeli olarak adlandırılan modelin dört ana bölümü mevcuttur.

1. Giriş veya girişler
2. Ağırlıklar
3. Dinamik olmayan fonksiyon (aktivasyon fonksiyonu), birçok uygulamada nonlineer olmakta fakat lineer fonksiyonları da kullanabilen YSA modelleri bulunmaktadır.
4. Çıkış veya çıkışlar

Bu sinir modeli literatürde perceptron sinir modeli olarak geçmektedir. Fakat tam anlamıyla konuşulan ve göze alınan orijinal tanımlaması Rosenblatt tarafından

yapılmıştır [Rosenblatt, 1958]. Eğer aktivasyon fonksiyonu keskin sınırlayıcı gibi özel bir aktivasyon fonksiyon formunda ise sinir modeli perceptron olarak anılır.

Statik yapay sinir ağı modeli dinamik eleman içermemektedir. Bununla birlikte, dinamik yapay sinir ağı modeli olarak adlandırılan modelde, açıklanan dört ana bölüme ek olarak aktivasyon fonksiyon bloğunu takiben bir dinamik blok bulunmaktadır. Bu dinamik blok basit bir gecikme elemanı ile temsil edilmektedir.



Şekil 3.3 Temel statik yapay nöron

Basit statik YSA modelinde soma toplama işlemi ve aktivasyon fonksiyonunu temsil etmektedir. Şekil 3.3'te birçok sinir içeren YSA'nın i. siniri olan tek bir statik yapay sinirin (YS) basit modeli gözükmemektedir. Şekil 3.3'te ayrıca tartışılan biyolojik terminolojiye karşı gelen terimlerde gösterilmektedir. En basit sinir modelinde bir sinir olmasına rağmen genelde n tane giriş bulunmaktadır. $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$ olarak girişler gösterilmektedir. Bunlar n boyutlu giriş vektörünün elemanları olarak düşünülebilir.

$$\mathbf{x}(t) = [x_1(t), x_2(t), x_3(t), \dots, x_n(t)]^T \quad (3.1)$$

Sinir çıkışı $y_i(t)$ 'dir. Sinir toplamı, ağırlık toplamalarının yapıldığı toplama operatörü içermektedir. Toplama operatörünün çıkışı ağ değeri olarak (net değeri) alınır

$$S_i(t) = \sum_{j=1}^n w_{ij}(t) + b \quad (3.2)$$

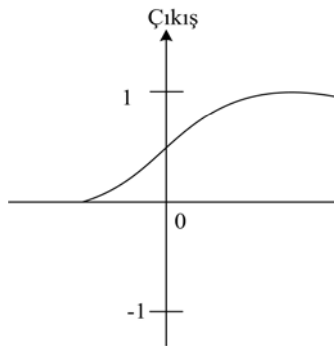
şeklinde gösterilir. Burada w_{ij} i. sinir j. giriş arasındaki bağlantı ağırlıklarını, b_i de sapma veya aktivasyon fonksiyonun eşik değeri olarak adlandırılan sabit değeri göstermektedir. Ağırlıklarla girişler çarpılarak girişler bağlantı ağırlıklarından iletilirler. Ağırlık toplamada toplanırlar ve net değeri (S_i) bunlara sapmanın eklenmesi ile elde edilir. Son olarak sinirin çıkışı sinir aktivasyon fonksiyonu kullanılarak elde edilir. Ağırlıklar, sayısal veri taşıyan tek yönlü haberleşme kanallarıdır. Birçok YSA'nın eğitim veya öğrenme aşamalarında kullanılmak üzere ağırlık değerleri sağlanır. Eğitim veya öğrenme aşamalarında sunulan giriş eğitim verileri temelinde sistem çıkışının doğru çıkışa hemen-hemen uyması için ağırlıklar değiştirilir. Ağırlıkların değişimi yalnızca eğitim ve öğrenme aşamalarında mümkündür. Genelde hepsi farklı sabit değerler alırlar. Çoğunlukla ağırlıkların başlangıç değerleri rastgele seçilir ve pozitif veya negatif değer alabilirler. Girişler; bir nöron girişinin dışsal ve içsel olmak üzere iki kaynağı vardır. İçsel girişler diğer nöronlardan gelen girişlerdir. Şekil 3.3'te görüldüğü üzere giriş olarak sapma girişi de ele alınmalıdır. Böylelikle toplam $n + 1$ giriş bulunmaktadır. Eşik değeri $x_0 = 1$ ve b_i ağırlığına karşı düşen ağırlığın kullanılması ile oluşturulmaktadır.

Şekil 3.3'te görüldüğü üzere nöron dinamik olmayan bir aktivasyon fonksiyonu içermektedir. Bu fonksiyonun doğrusal olmaması durumunda biyolojik hücrenin doğrusal olmayan somatik transfer fonksiyonunun yerine geçmektedir. Doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonunun kullanılmasının sonucu bile nöron modeline doğrusal olmama özelliği kazandırmaktır. Bundan dolayı ağda, çıkışlar ve girişler arasında daha kuvvetli bir nonlineer ilişki sağlama özelliği elde edilir. Doğrusal olmayan bir fonksiyon kullanılmaması durumunda, yapay nöron doğrusal bir sistemi temsil eder. Bu tip yapay nöronlar doğrusal olmayan sistem eslemesinde kullanılmaz ve doğrusal olmayan hesaplamaları yerine getiremez. Doğrusal aktivasyon fonksiyonları gürültüyü bastıramamaktadır. Bu sebepten ağ sağlam bir doğruluk yapısında değildir. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu içeren nöron modeline sahip ağlar da kullanılmaktadır. Fakat bunlar sadece doğrusal sistem modellemesinde

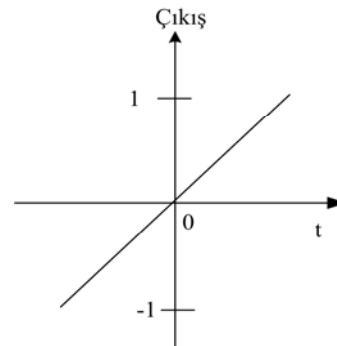
kullanılır. Doğrusal aktivasyon fonksiyonlu sinir modeli literatürde Widrow-Hoff modeli olarak bahsedilmektedir.

YSA’da kullanılan aktivasyon fonksiyonlarının (matematiksel fonksiyonlar) çeşitli türleri bulunmaktadır. Bununla birlikte aktivasyon fonksiyonu seçiminde doğrusal olmama ve basitlik iki anahtar faktördür. Ayrıca bazı eğitim tekniklerinde aktivasyon fonksiyonunun birinci dereceden türevi gerekmektedir. Eğer YSA’da bu teknikler kullanılacaksa aktivasyon fonksiyonu türevi alınabilir olmak zorundadır. Kronolojik olarak ilk önce aktivasyon fonksiyonları olarak keskin sınırlayıcı (hard-limit) fonksiyonu kullanılmıştır. Bunun amacı ayrık nöronlarda, ON ve OFF olarak iki bölge meydana getirmektir. Daha sonraları, sürekli tip nöronlarda asimptotik aktivasyon fonksiyonları kullanıldı. Keskin sınırlayıcı aktivasyon fonksiyonlu nöron modelleri tamamında olmamakla birlikte kesinlikle sınıflandırma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Burada giriş uzayı iki bölgeyle ayrılmıştır. Çıkış vektörü girişlere bağlı olarak 0 ya da 1 dir. Yukarıda bahsedilen keskin sınırlayıcı aktivasyon fonksiyonu kullanan sinir modeli perceptron (algılayıcı) olarak adlandırılmaktadır.

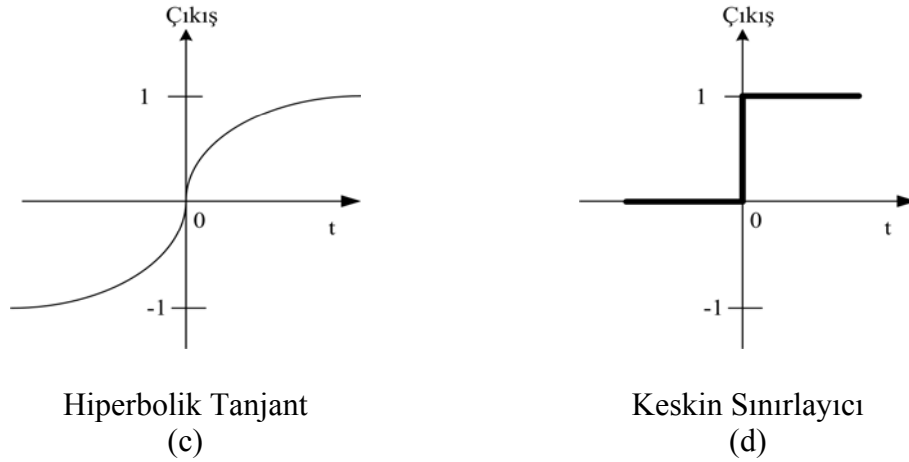
Aktivasyon fonksiyonları çeşitli türde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma, yumuşak sınırlayıcı ve keskin sınırlayıcı olarak ayırt edilebilir. Yumuşak sınırlayıcı fonksiyonları bazı ağırlık uyarlamalarında gerekmektedir. Keskin sınırlayıcı fonksiyonları ayrık algoritmalarda kullanılır. Örnek olarak tek kutuplu sigmoid fonksiyon ve doğrusal aktivasyon fonksiyonları Şekil 3.4’te görülmektedir.



Tek Kutuplu Sigmoid
(a)



Doğrusal
(b)



Şekil 3.4 YSA'da en çok tercih edilen aktivasyon fonksiyonları

- a) Tek kutuplu sigmoid aktivasyon fonksiyonu
- b) Doğrusal aktivasyon fonksiyonu
- c) Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu
- d) Keskin sınırlayıcı aktivasyon fonksiyonu

3.3. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

YSA, genel olarak birbirleri ile bağlantılı nöronlardan oluşurlar. Her bir nöron arasındaki bağlantıların yapısı ağı yapısını belirler. İstenilene ulaşmak için bağlantıların nasıl değiştirileceği öğrenme algoritması tarafından belirlenir. Buna göre YSA, yapılarına ve öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılabilirler.

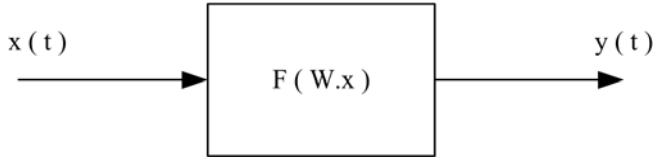
3.3.1. YSA'nın yapılarına göre sınıflandırılması

YSA, yapılarına göre ileri beslemeli (feedforward) ve geri beslemeli (feedback) ağlar olarak ikiye ayrılırlar.

İleri Beslemeli Ağlar

Nöronlar, genellikle katmanlara ayrılmış olmaktadır. İşaretler, giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü bağlantılarla iletilir. Nöronlar bir katmandan diğer bir katmana bağlantı kurarlarken, aynı katman içerisinde bağlantıları bulunmaz. İleri beslemeli YSA için blok diyagramı Şekil 3.5'de gösterilmiştir. İleri beslemeli ağlara

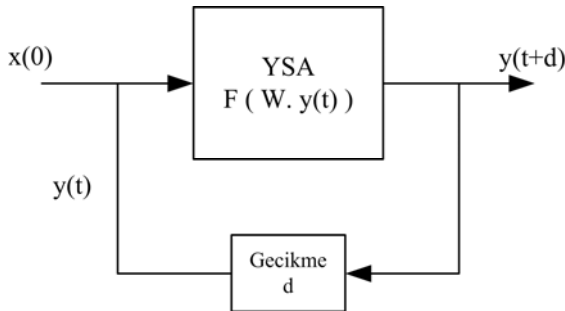
örnek olarak çok katmanlı perceptron (Multi-Layer Perceptron – MLP) ve LVQ (Learning Vector Quantization) ağıları verilebilir.



Şekil 3.5 İleri beslemeli YSA blok diyagramı

Geri Beslemeli Ağlar

Bir geri beslemeli sinir ağı, çıkış ve ara katmanlardaki çıkışların, giriş birimlerine veya önceki ara katmanlara geri beslendiği bir ağ yapısıdır. Böylece girişler hem ileri yönde hem geri yönde aktarılmış olur. Şekil 3.6’da bir geri beslemeli ağ blok diyagramı görülmektedir. Bu çeşit sinir ağlarının dinamik hafızaları vardır. Bu ağlarda bir andaki çıkış, hem o andaki hem de önceki girişleri yansıtır. Bundan dolayı özellikle önceden tahmin uygulamaları için uygundurlar. Bu ağlar çeşitli tipteki zaman-serilerinin tahmininde oldukça başarı sağlamışlardır. Geri beslemeli YSA’na örnek olarak Hopfield, SOM (Self Organizing Map), Elman ve Jordan ağları verilebilir.



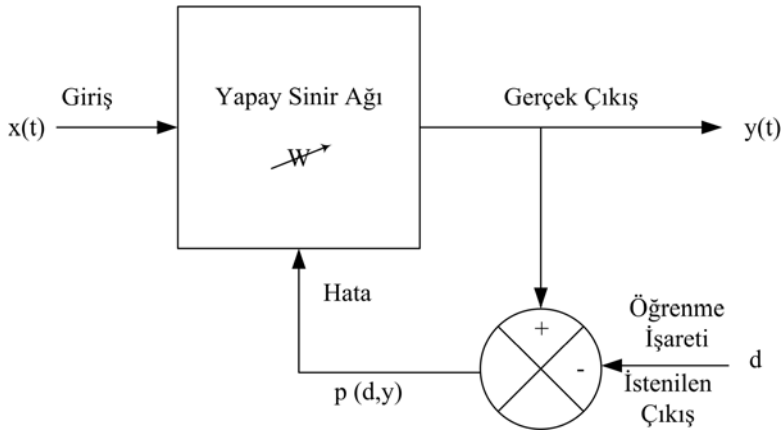
Şekil 3.6 Geri beslemeli YSA blok diyagramı

3.3.2. YSA'nın öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılmaları

Öğrenme, gözlem, eğitim ve hareketin doğal yapıda meydana getirdiği davranış değişikliği olarak tanımlanmaktadır. Bir takım metot ve kurallara bağlı olarak gözlem ve eğitim tabanında ağıdaki ağırlıkların değişimi sağlanmalıdır. Burada genel olarak üç öğrenme metodundan ve bunların uygulandığı değişik öğrenme kurallarından söz edilebilir.

Danışmanlı Öğrenme (Supervised Learning)

YSA'ya örnek olarak doğru bir çıkış verilir. İstenilen ve gerçek çıkış arasındaki fark hata olarak ele alınır. Bu hataya göre nöronlar arasındaki bağlantıların ağırlıkları en uygun çıkışı elde etmek için düzenlenir. Bu sebeple danışmanlı öğrenme algoritmasında bir "öğretmene" veya "danışmana" ihtiyaç duyulmaktadır. Danışmanlı öğrenmenin blok diyagramı Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

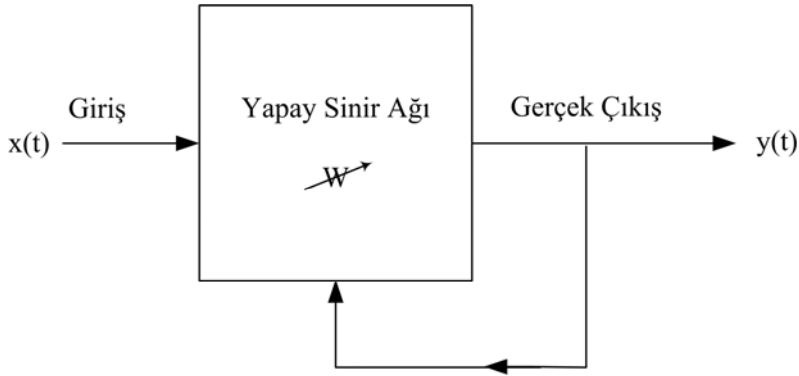


Şekil 3.7 Danışmanlı öğrenme yapısı

Danışmansız Öğrenme (Unsupervised Learning)

Girişe verilen örnekten elde edilen çıkış bilgisine göre ağ sınıflandırma kurallarını kendi kendine geliştirmektedir. Bu öğrenme algoritmalarında istenen çıkış değerinin bilinmesine gerek yoktur. Öğrenme süresince sadece giriş bilgileri YSA'na verilir. Ağ daha sonra bağlantı ağırlıklarını aynı özellikleri gösteren örüntü oluşturmak üzere

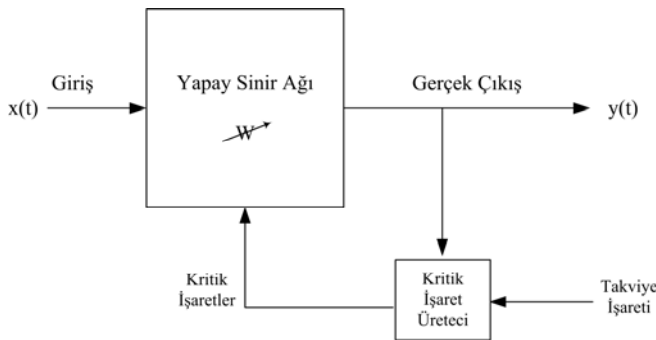
ayarlar. Şekil 3.8’de danışmansız öğrenme algoritma yapısının blok diyagramı gösterilmektedir. Grosberg tarafından geliştirilen ART (Adaptive Resonance Theory) veya Kohonen tarafından geliştirilen SOM (Self Organizing Map) öğrenme kuralları danışmansız öğrenmeye örnek olarak verilebilir.



Şekil 3.8 Danışmansız öğrenme yapısı

Takviyeli Öğrenme (Reinforcement Learning)

Denetimsiz öğrenme algoritmasında istenen çıkışın bilinmesine gerek yoktur. Hedef çıktıyı vermek için bir “öğretmen” yerine, burada YSA’ya bir çıkış verilmemekte fakat elde edilen çıkışın verilen girişe karşılık iyiliğini değerlendiren bir kriter kullanılmaktadır. Şekil 3.9’da takviyeli öğrenme algoritması yapısının blok diyagramı verilmiştir. Optimizasyon problemlerini çözmek için Hinton ve Sejnowski’nin geliştirdiği Boltzmann kuralı veya genetik algoritmalar takviyeli öğrenmeye örnek olarak verilebilir.



Şekil 3.9 Takviyeli öğrenme yapısı

3.4. Uygulamaya Göre Öğrenme Yaklaşımları

Uygulamaya göre, öğrenme metotları on-line ve off-line olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Uygulama problemine göre bu yaklaşımlardan birisi seçilir. Sistem bilgilerini (domain knowledge) öğrenmek ve ağırlıklarını değiştirmek için giriş verilerini kullandığında buna eğitim veya öğrenme modu denir. Eğer YSA' ya uygulanan girişlere göre, ağırlıkların hemen cevap vermesi durumundaki moda, çalışma veya çoğu kez hatırlama (recall) modu da denir.

3.4.1. Off-line öğrenme

Ağların çoğu için off-line çalışma modu kullanılır. Bu yaklaşımda ağı farklı bir ortamda eğitilir. Eğitim sonucu elde edilen ağırlıklar ile ağı yapısı on-line uygulamalarda kullanılabilir. Bu aşamada hiç bir öğrenme algoritması kullanılmaz sadece mevcut ağı parametreleri kullanılarak ileri yönde bir hesaplama yapılarak çıkış hesaplanır.

3.4.2. On-line öğrenme

On-line veya gerçek zamanlı öğrenmede, sistem üzerinde bir öğrenme algoritması ve bu yapıyı destekleyen donanım ve yazılımlar mevcuttur. Bu yaklaşım daha çok farklı uygulamaların sıkça kullanıldığı ve öğretilecek sistemin devamlı olarak farklı davranışlar sergilediği uygulamalarda kullanılır. Bu ağı çalışma modunda öğrenme sürekli olarak yapılır. Bu tip öğrenme daha karmaşık yapıların tasarımı için kullanılır ve maliyetleri yüksektir.

3.5. Öğrenmede Kullanılan Diğer Yaklaşımlar

YSA'ları eğitmede yapı ve öğrenme algoritması seçiminin yanında farklı öğrenme yaklaşımları da kullanılır. Bu yaklaşımlar ve bu yaklaşımlarda kullanılan terminolojiler burada tanıtılmıştır.

3.5.1. Desen tabanlı eğitim (Pattern based training)

Bu yaklaşımda, eğitim verilerinin YSA'ya her uygulandığında ağırlıklar değiştirilir. En çok kullanılan eğitim yaklaşımıdır. Literatürde anlık öğrenme, desen öğrenme ve artırılmış öğrenme gibi terimlerde bu eğitim yaklaşımı için kullanılmaktadır. Fakat anlık öğrenme ile desen öğrenme terimlerinin kolaylıkla farklı işlemler ile karıştırıldığı unutulmamalıdır.

Bu öğrenmede, başlangıçta ağırlıklar rastgele olarak atanır. Ağa uygulanan girişe göre çıkış elde edilir. Elde edilen çıkış değeri ile arzu edilen çıkış değeri arasındaki farka (hataya) göre ağırlıklar değiştirilir. Bu işlem öngörülen iterasyon sayısına kadar devam eder.

3.5.2. Grup eğitim (Batch training)

Bu eğitim yaklaşımı da, uygulamalarda oldukça sık kullanılan diğer bir yaklaşımdır. Literatürde batch öğrenme yerine epok (epoch) öğrenme terimi de sıkça kullanılmaktadır. Bu yaklaşımı diğerinden ayıran özellik, uygulanan her girişte ağırlıkların değiştirilmesi yerine tüm veri setinin tamamının ağa uygulanmasından elde edilen sonuç değere göre ağırlıklar değiştirilir.

Bu öğrenmede, başlangıçta ağırlıklar rastgele olarak atanır. Ağa uygulanan girişe göre çıkış elde edilir. Elde edilen çıkış değeri ile arzu edilen çıkış değeri arasındaki fark alınarak hata değeri elde edilir. Ağa tekrar bir giriş uygulanır ve bir çıkış değeri elde edilir. Bu işlem örnek sayısı kadar tekrar edilir. Elde edilen bu hata değerleri sonuçta toplanır ve bu toplama göre ağırlıklar değiştirilir. Bunun yanında, 3 ve 5 gibi küçük adımlarda ağırlıkların değiştirilmesi yaklaşımları da literatürde mevcuttur. Klasik nümerik optimizasyon teknikleri grup (batch) öğrenme yaparlar. Klasik stokastik optimizasyon teknikleri ise, artırılmış algoritmalarıdır [Saad, 1998]. Batch ve artırılmış öğrenmeleri karşılaştıran teorik bir tartışma Bertsekas ve Tsitsiklis tarafından yapılmıştır [Bertsekas ve Tsitsiklis, 1996].

3.5.3. Artırımlı öğrenme

On-line ve off-line öğrenme yaklaşımlarının her ikisinde de çalışır. Öğrenmede herhangi bir ağırlık kümesi için amaç fonksiyonu hesaplanır. Böylece, eğitimde gelişmenin veya ilerlemenin olup olmadığı görülebilir ve istenilen doğruluk için amaç fonksiyonun minimum değerini hesaplanabilir. Ayrıca çoklu rastgele başlatmalı veya global optimizasyon algoritmalarında olduğu gibi yerel minimumlardan kaçınmak için farklı yaklaşımlar kullanılabilir.

3.5.4. Yapısal öğrenme (Constructive learning, growing networks)

Eğitim süresince ağı birimler veya bağlantılar eklenir. Tipik olarak yapısal öğrenme kısa süreli eğitilen saklı veya ara katmanı olmayan bir ağı ile başlar. Sonra ağırlıkları değiştirmeksizin, ağı bir veya daha çok yeni ara katman eklenir, eğitim tekrarlanır ve işlem devam eder. En popüler yapısal öğrenme algoritması birçok değişime izin veren Kaskat Korelasyon (cascade correlation)'dur [Fahlman ve Lebiere, 1990; Littmann ve Ritter, 1996; Prechelt, 1997].

3.5.5. Ardışıl öğrenme

Birçok on-line öğrenme algoritmaları, öğrenme oranı, amaç fonksiyonu yaklaşımları veya Hessian matrisi gibi ağırlıklara ilave edilen bilginin depolanmasına gereksinim duyarlar. Ardışıl öğrenmede ilave depolamaya izin verilmez. Bu öğrenme gerçek bir biyolojik beynin nasıl öğrendiğinin anlaşılması için bir model olduğundan önemlidir ve on-line öğrenmeden farklıdır.

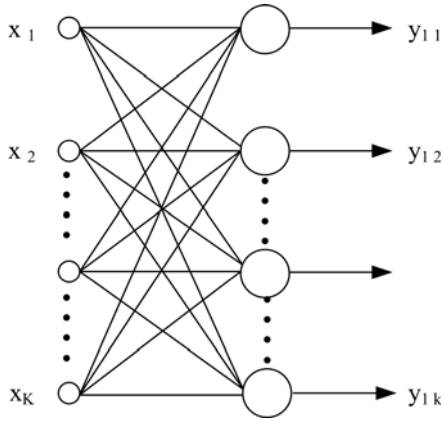
3.6. Tek Katmanlı ve Çok Katmanlı İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

3.6.1. Tek katmanlı YSA'lar

Nöronlar, yapay sinir ağlarının yapı taslarıdır. Tek katmanlı ileri beslemeli YSA olarak adlandırılan ağı yapısı en azından yukarıda söz edilen tipte bir nöron

oluşmaktadır. Şekil 3.10'da genel yapısı gösterilmiştir. Burada n tane giriş, giriş vektörünü $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ oluşturmaktadır. YSA'nın tek katmanında k tane nöron bulunmaktadır.

Genelde nöron sayısı ile giriş sayısı birbirine eşit değildir ($k \neq n$). Girişler her bir nöronun girişine uygun ağırlıklarla bağlanır. Her bir nöron, kendi girişleri ve sapmanın ağırlıklarını toplar ve bu toplamı kendi aktivasyon fonksiyonuna uygular. Bunu takiben tek katmanlı olarak tanımlanan YSA'nın k tane çıkışı, çıkış vektörünü $y_1 = [y_{11}, y_{12}, \dots, y_{1k}]$ oluşturur.



Şekil 3.10 Tek katmanlı YSA

Çıkış vektörünün ifadesi

$$y_1 = F_1[w_{1x} + bB_1] \quad (3.3)$$

olarak yazılabilir. Bu eşitlikte; F_1 , bu tek katmanın k elemanlı köşegen aktivasyon matrisidir ve bu katmanın net girişlerine bağlıdır.

$$F_1(S_1) = \text{diag}[f_1(S_1), f_1(S_2), \dots, f_1(S_k)] \quad (3.4)$$

Burada k düğümlerinin her birinin aktivasyon fonksiyonları eşit kabul edilmiştir.

$$f_{11} = f_{12} = \dots = f_{1k} = f_1 \quad (3.5)$$

S_1 net vektörü $S_1 = [S_1, S_2, \dots, S_k]^T$ oluşturulur. S_1, S_2, \dots, S_k sırasıyla 1, 2, ..., k. nöronlara karşılık gelir ve

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} x_j(t) + b_i \quad (3.6)$$

olarak ifade edilir. Ayrıca W_1 çıkış katmanının ağırlık matrisi, sinir ağının yapısına bağlı olarak, k satır n sütundan oluşturulmaktadır.

$$W_1 = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{k1} & W_{k2} & \dots & W_{kn} \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

Genelde w_{ij} ; j. hedef düğüm ile i. kaynağın ağırlığını temsil etmektedir. B_1 sapma vektörü tek katmanlı ağırlarda $b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1k}$ sırasıyla çıkış katmanının 1., 2., ..., k. düğümlerinin sapmalarıdır.

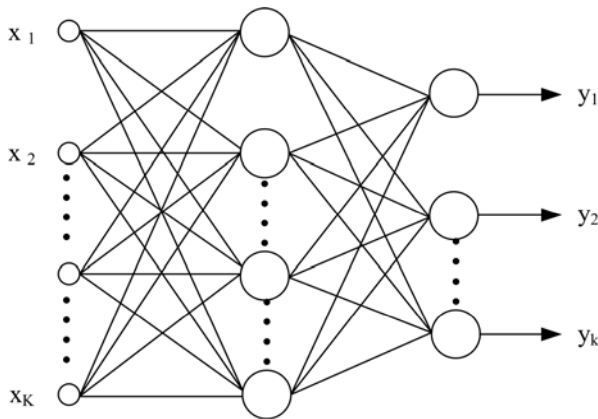
$$B_1 = [b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1k}]^T \quad (3.8)$$

Tek katmanlı YSA sadece sınırlı sayıda sistemlerde kullanılır. Tüm doğrusal olmayan fonksiyonları temsil edemezler. Tek katmanlı YSA’nda aktivasyon fonksiyonu olarak keskin-sınırlayıcı fonksiyonu kullanıldığı zaman tek katmanlı perceptron adlı model meydana gelmektedir. Bu model bazı sınıflandırma problemlerinde aktivasyon fonksiyonunun giriş uzayını iki bölgeye bölmesi ve çıkış uzayının giriş vektörüne bağlı olarak 1 ve 0 değerleri alması ile gerçekler. Tek katmanlı ağırlarda doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanıldığında doğrusal sinirlere sahip bir ağ oluşur. Bu sinirler, ADALINE sinirlerinden (Adaptive Linear Neurons)

Widrow-Hoff sinirleri olarak adlandırılır. Bu nöronlardan meydana gelen ağda adaptif öğrenme kullanılıyorsa ADALINE ağ veya MADALINE ağ olarak adlandırılır.

3.6.2. Çok katmanlı perceptron sinir ağları (ÇKP)

Çok sayıda katman içeren yapay sinir ağlarıdır. Çok katmanlı YSA'nda sinirler ayrı paralel katmanlara yerleştirilmişlerdir. Ağda ayrı katmanlara bağlantının sonucu olarak giriş ve çıkış arasındaki doğrusal olmayan eslemenin daha karmaşık olması mümkündür. Bu özellik sınıflandırma ve hatırlama uygulamalarında değişkenler arasındaki nonlinear ilişkiyi göstermek için kullanılır. Şekil 3.11'de çok katmanlı YSA'dan üç katmanlı bir yapay sinir ağı şeması verilmektedir.



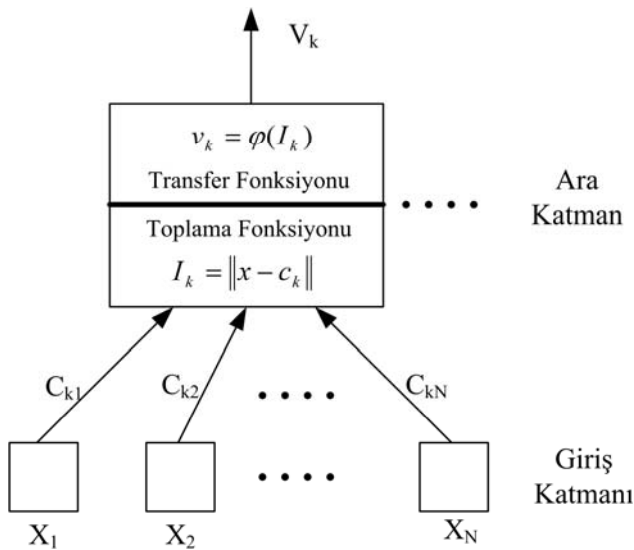
Şekil 3.11 Çok katmanlı perceptron

İlk katman olan giriş katmanında hesaplama için nöronlar bulunmaz sadece birinci gizli katmandaki nöronları beslemek için girişler bulunur. Bu katmanı ikinci gizli katman ve diğer gizli katmanlar takip eder. En son olarak çıkış katmanı yer alır. Genel olarak giriş katmanı ile çıkış katmanı arasındaki katmanlar gizli katman olarak anılır. Aynı katmandaki düğümler arasında bir bağlantı bulunmamaktadır. Teorik olarak çok sayıda gizli katman bulunur. Fakat bu eğitilmiş ağın karmaşıklığını önemli derecede artırır. Bir veya iki gizli katmanlı ağlarda doğruluk, sağlamlık ve genelleştirme çoğu durumda sağlanmaktadır. Eğer tek gizli katman varsa gizli katmanda nonlinear aktivasyon fonksiyon, çıkış katmanında doğrusal aktivasyon

fonksiyonu kullanılarak yeterli performans elde edilebilir. İleri beslemeli YSA’nda her nöron bitişikteki katmanın tüm nöronları ile bağlantılıdır ve diğer nöronlarla bağlantısı bulunmamaktadır. Katman içindeki bağlantılara izin verilmemektedir. Genelde farklı katmanların farklı nöron sayıları ve farklı ağırlıkları bulunmaktadır. Gizli katman sayısının ve saklı katman nöron sayılarının belirlenmesinde genel bir kural yoktur. Belirlenme işlemi yapılan eşlemenin kompleksliğine bağlıdır. Giriş sayılarının ve çıkış sayılarının belirlenmesi tamamen probleme özgüdür. Nöronların ve bağlantılarının sayıları sinir ağının doğru olarak saklayabildiği örüntü sayısına kadar sınırlıdır.

3.6.3. Radyal tabanlı sinir ağı (RTSA)

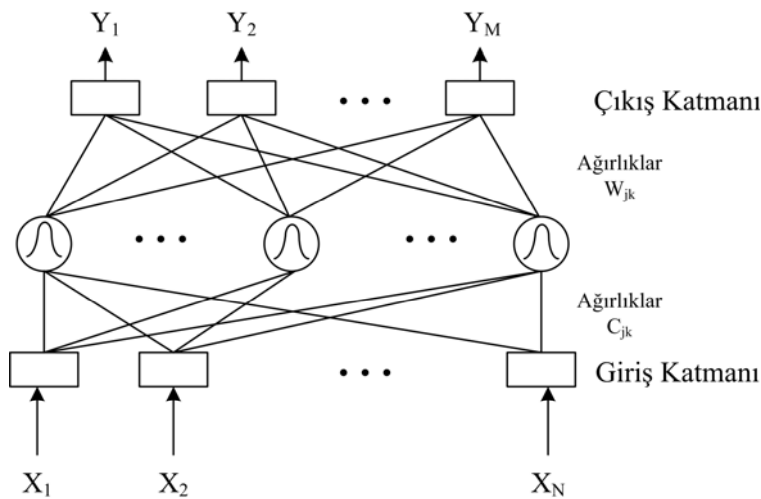
Çok değişkenli modelleme ve yakınsamalarda kullanılan YSA yapılarıdır. Ara katmandaki işlemci elemanlar girişlerin ağırlıklandırılmış şeklini kullanmamakta ve ara katmandaki işlemci elemanları çıkışları YSA girişleri ile temel fonksiyonun merkezi arasındaki uzaklığa göre belirlemektedir. Radyal Tabanlı Sinir Ağı yapısı en genel anlamıyla radyal olarak simetrik olan ara katman işlemci elemanları içeren bir yapıdır. Şekil 3.12’de ara katman işlemci eleman yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.12 RTSA ağ yapısının ara katman işlemci elemanı

Radyal olarak simetrik olan ara katman işlemci elemanı için üç bileşen vardır. İlki giriş uzayındaki bir merkez vektördür. Bu vektör, giriş ve ara katmanlar arasındaki ağırlık vektörü olarak saklanır. İkincisi, bir giriş vektörünün merkezden ne kadar uzak olduğunu belirlemek için uzaklık ölçütüdür. Tipik olarak bu ölçüt standart öklit uzaklığı olarak alınır. Sonuncusu ise, tek değişkenli olan ve uzaklık fonksiyon çıkışı giriş olarak alan işlemci elemanın çıkış değerini belirleyen bir aktivasyon fonksiyon yapısıdır. Diğer bir ifade ile ara katman işlemci eleman çıkışı, sadece merkezle giriş vektörü arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur ve çok değişkenli enterpolasyon yaklaşımlarında kullanılan YSA yapılarındandır. İlk katmandaki işlemci elemanlar girişlerin ağırlıklandırılmış şeklini kullanmaz. İlk katmandaki işlemci elemanların çıkışları YSA girişleri ile temel fonksiyonun merkezi arasındaki uzaklığa göre belirlenir. Radyal bazlı yapay sinir ağı yapılarının son katmanı lineerdir ve ilk katmanın çıkışlarından ağırlıklandırılmış toplam çıkış üretir.

Genellikle uygulamada kullanılan Radyal Tabanlı Sinir Ağları yapısı, Moddy ve Darken tarafından önerilmiştir [Moddy ve Darken, 1989]. Bu ağı mimarisi Şekil 3.13’de verilmiştir.



Şekil 3.13 RTSA ağ yapısı

Burada ara katman işlemci elemanları, lineer yapıdaki bir çıkış katmanına bütünüyle bağlantılıdır. İşlemci elemanlarının çıkışı ise

$$I_k = \|X - c_k\| = \sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - c_{ki})^2} \quad (3.9)$$

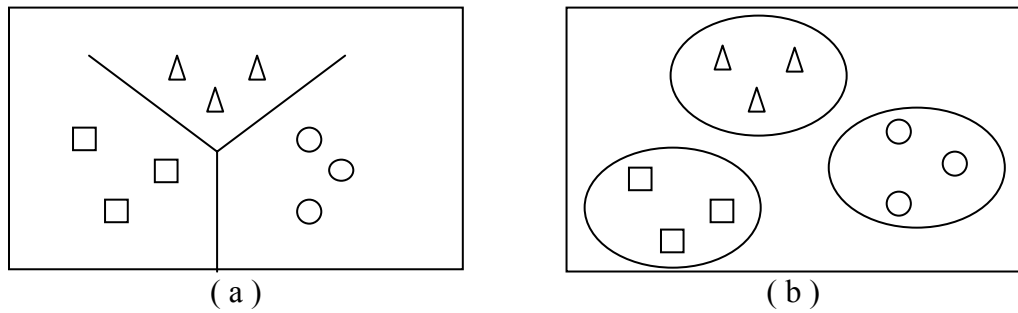
$k = 1, 2, 3, \dots, N$ ile ifade edilebilir. Nöron çıkışı ise,

$$V_k = e^{\frac{-I_k}{\sigma_k^2}} \quad (3.10)$$

x çok boyutlu giriş vektörü, c giriş vektörü ile aynı boyutta olan merkez vektörü, σ ise standart sapma değeridir. Ara katman işlemci elemanlarının (patern birimleri) eğitilmesi için c_k ağırlıkları ile σ_k genişliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Ara katman işlemci eleman fonksiyonlarının merkezi konumlarının (c_k) belirlenmesi için literatürde bazı yöntemler önerilmiştir [Moody ve Darken, 1989].

Sınıflandırmada ÇKP yapıları, veri uzayındaki hiper-düzlemleri oluşturan ara katman işlemci elemanlarını kullanarak sınıfları oluştururken, RTSA yapıları, Şekil 3.14'deki gibi yerel çekirdek (kernel) fonksiyonları kullanıyormuş gibi ayrı sınıf dağılımlarının modellenmesini sağlar. Bu sınıfları ayırmak için hiper-yüzeyler veya her bir sınıfa bir kernel fonksiyonu yerleştirilir.

RTSA yapıları ÇKP ağlarından daha hızlı öğrenir. Fakat artan girişle çok yüksek boyutlu RTSA yapılarına ihtiyaç duyulur. Bu yapılar, genellikle sistem modelleme, tahmin ve sınıflandırma gibi problemlerin çözümleri için kullanılırlar.



Şekil 3.14 Üç ayrı bölgeye düşen veri noktaları a) Hiper yüzeyler b) Farklı sınıflar

RTSA ağ yapılarının, ÇKP ağlarına göre üstünlükleri;

- ÇKP yapılarından daha hızlı öğrenmeleri,
- Karar sınırlarının belirlenmesinde ve sınıflandırmada ÇKP yapılarından daha doğru sonuçlar verebilmeleri, [Broomhead ve Lowe, 1988].
- Ara katmanı ÇKP ara katmanından daha doğal bir yorumlama yeteneğine sahiptir
- RTSA ağının arakatman elemanlarıyla giriş uzayının bir yoğunluk fonksiyonuyla temsil edilmesi,
- Yeni bir giriş vektörünün eğitim vektörü olarak aynı dağılımın parçası olma olasılığını ortaya çıkarabilmesi olarak sıralanabilir.

Bu yapılarının sakıncaları ise,

- Eğitimin ilk aşamasında merkez vektörünün belirlenmesi için kontrolsüz öğrenme yönteminin kullanılması durumunda önemli diskriminant bilgilerinin kaybolabilmesi,
- Regresyon problemlerinin çözümünde sınırlandırılmamış aktivasyon fonksiyonlarına ihtiyaç duymaları,
- RTSA ağ yapılarının ÇKP gibi farklı yapısal formda olamamaları olarak sıralanabilir.

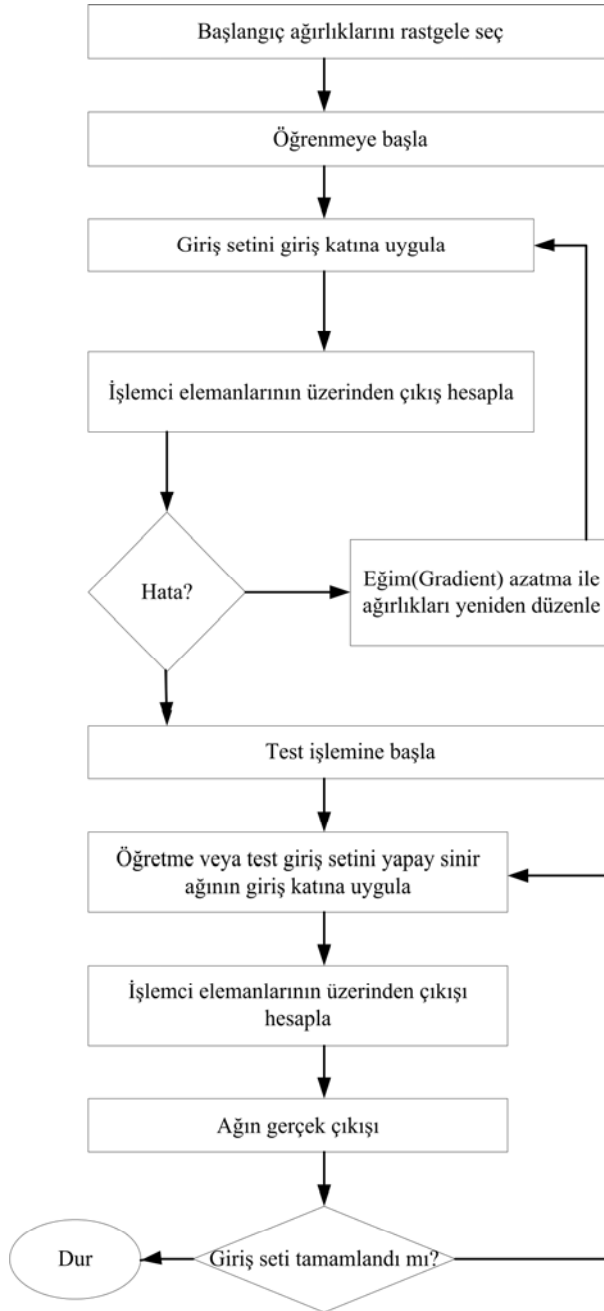
3.7. YSA Öğrenme Algoritmaları

Son yıllarda farklı uygulamalarda kullanılan öğrenme algoritmaları aşağıda verilmiştir.

3.7.1. Geri yayılım algoritması (BP)

Uygulamalarda en yaygın ve en çok kullanılmış öğrenme algoritmasıdır. Anlaşılması kolay ve matematiksel olarak kolayca ispatlanabilir olmasından dolayı en çok tercih edilen öğrenme algoritmasıdır [Rumelhart ve ark., 1986]. Bu algoritma, hataları çıkıştan geriye doğru azaltmaya çalışmasından dolayı geri yayılım ismini almıştır.

Geri yayılım algoritması [Rumelhart ve ark., 1986], eğitim azalan ve ÇKP'leri öğretmede en çok kullanılan temel bir öğrenme algoritmasıdır. Bu algoritmanın akış şeması Şekil 3.15'de verilmiştir. Eğitim işlemi ve eğitimden sonraki test işlemi bu akışa göre yapılır.



Şekil 3.15 Geri yayılım algoritmasının akış şeması

Bu algoritma ile i ve j kat işlem elemanları arasındaki ağırlıklardaki $\Delta w_{ji}(t)$ değişikliği hesaplanır. Bu ifade,

$$\Delta w_{ji}(t) = \eta \delta_j x_i + \alpha \Delta w_{ji}(t-1) \quad (3.11)$$

olarak verilir. 3.11'de η öğrenme katsayısı, α momentum katsayısı ve δ_j , ara veya çıkış katındaki herhangi bir j nöronuna ait bir faktördür. Çıkış katı için bu faktör aşağıdaki şekilde verilir.

$$\delta_j = \frac{\partial f}{\partial \text{net}_j} (y_j^{(t)} - y_j) \quad (3.12)$$

$$\text{net}_j = \sum x_j w_{ji} \quad (3.13)$$

ve $y_j^{(t)}$ j işlemci elemanının hedef çıkışıdır. Ara katlardaki nöronlar için ise bu faktör,

$$\partial_j = \left(\frac{\partial f}{\partial \text{net}_j} \right) \sum w_{qi} \partial_q \quad (3.14)$$

olarak verilir. Ara katlardaki nöronlar için herhangi bir hedef çıkış olmadığından, 3.14 yerine 3.12 kullanılır. Çıkış katından başlayarak δ_j faktörü, bütün katlardaki nöronlar için hesaplanır. Daha sonra 3.13'deki formüle bağlı olarak, bütün bağlantılar, için ağırlıkların güncelleştirilmesi gerçekleştirilir.

Bu bir dereceli azalma algoritması olup, ÇKP yapılarını eğitmede kullanılan bir algoritmadır. Temelde istenilen çıkış ile ağ çıkışı arasındaki hatanın ağırlıklara bağlı olarak düşürülmesi prensibine dayanır.

Başarılı ve hızlı bir eğitim süreci için β ve α değerlerinin seçimi önemlidir. Geri yayılım öğrenme işlemi, bu iki katsayıdan fazlaca etkilenmektedir. Bu katsayılar

için uygun değerlerin seçilmesi deneysel olarak belirlense de bu değerler, uygulamalara ve problemlere bağlıdır. Öğrenme katsayısı için tipik değerler, 0,01 ile 0,9 arasında değişir. Karmaşık ve zor çalışmalar için daha küçük değerlerin seçilmesi önerilir.

3.7.2. Esnek yayılım algoritması (Resilient Propagation-RP)

ÇKP'lerde, genellikle ara katmanlarda sigmoid transfer fonksiyonları kullanılır. Sonsuz genişlikteki bir aralıkta yer alan giriş değerlerini sınırlı bir aralığa sıkıştırdığı için bu fonksiyonlar sıkıştırıcı (Squashing) fonksiyonlar olarak adlandırılır. Sigmoid fonksiyonlar, eğilimleri çok büyük giriş değerleri için sıfıra yakınsayacak şekilde karakterize edilirler. Bu ise ağırlık ve bias değerleri henüz optimum değerlere erişmemişken çok katmalı YSA'da sigmoid transfer fonksiyonlarının kullanılmasından dolayı eğitim değerinin çok yavaş değişebilme olasılığı karşısında, yüksek eğitim azaltma ile öğrenmede problemlere neden olur.

Bu öğrenme algoritmasının amacı kısmi türevlerin olumsuz etkilerini öğrenme sürecinden uzaklaştırmaktır. Bu algoritma Riedmiller ve Barun (1993) tarafından geliştirilmiştir. Ağırlıkların güncelleştirilme yönü için sadece türevlerin işaretleri kullanılır. Ağırlıkların güncelleştirilmesinde türev değerinin öneminin olmaması bu algoritmayı diğerlerinden ayıran en önemli özelliktir. Bu özelliği RP'ye, hızlı çözüme ulaşma yeteneği kazandırır.

Ağırlıkların değişimi, her adımda hata fonksiyonu $E(k)$ 'nin ağırlık değişim değeri $A_{ji}(k)$ 'nin bulunmasıyla başlar. Ağırlıklardaki değişim ise

$$\Delta w_{ji}(K) = \begin{cases} -A_{ji}(k) & \text{eger } B(k) > 0 \\ +A_{ji}(k) & \text{eger } B(k) < 0 \\ 0 & \dots \text{ degilse} \end{cases} \quad (3.15)$$

ile hesaplanır. Burada $B(k) = \frac{\partial E}{\partial w_{ji}}(k)$ ile hesaplanır. $A_{ji}(k)$ ise

$$A_{ji}(k) = \begin{cases} \eta A_{ji}(k-1), & \text{eger } B(k-1)B(k) > 0 \\ \mu A_{ji}(k-1), & \text{eger } B(k-1)B(k) < 0 \\ A_{ji}(k-1), & \text{degilse} \end{cases} \dots\dots\dots (3.16)$$

$$B(k-1) = \frac{\partial E}{\partial w_{ji}}(k-1) \quad (3.17)$$

η ve μ sırasıyla $0 < \mu < 1 < \eta$ arasında artma ve azaltma faktörleridir.

Ardışık iki iterasyonda, performans fonksiyonu ile türev işaretleri aynı ise her bir ağırlık ve bias değeri için güncelleme faktörü değeri, birden büyük bir katsayı ile çarpılır. Eğer farklı işaretler söz konusu ise güncelleme faktörü değeri birden küçük bir katsayı faktörü kadar azaltılır. Türev değeri sıfır ise güncelleme değeri sabit kalır. Ağırlıklar salınım yaptığıında, ağırlık değişimi azalacaktır. Eğer ağırlıklar birkaç iterasyon boyunca aynı yönde değişim gösterirse ağırlık değişimi artar. Bu öğrenme algoritması genel olarak standart yüksek eğim azaltma algoritmalarından çok hızlıdır. Hafızada eski değerlerin saklanması gerektirmez.

3.7.3. Hızlı yayılım algoritması (Quick propagation-QP)

Hızlı yayılım (QP) algoritması, Fahlman tarafından geliştirilen ve Newton metoduna dayanan, ÇKP'lerin eğitilmesi için kullanılan sezgisel bir algoritmadır [Fahlman,1988].

Sezgisel algoritmalar, tecrübeye ve eğitilmiş tahmine dayalı kurallar içermektedir. Bu algoritmalar optimum çözümü garanti edemeyip sadece ona yakın çözümü bulmayı garanti etmektedir.

Sezgisel metotların bazı üstünlükleri;

- Karar verici mekanizma için sadeleştirici olmaları,
- Herhangi bir tam yöntemin parçası olarak öğrenme amacıyla kullanılabilmeleri,

- Gerçek dünya problemleri için her zaman matematiksel formülasyon oluşturma'nın kolay olamaması,
- Basitleştirme sonucu oluşan hata, bir sezgisel metodun sağladığı eniyileme (optimal) çözümün sahip olduğu hatadan daha büyük olabileceğidir.

Problem uzayında mümkün olan en kısa sürede, bir çözüm bulmak için ağırlık uzayında eğimi (gradiyent) son derece küçük tutmak gerekebilir. Bunun yerine çözümden fazla uzaklaşmaksızın mümkün olan en büyük adımlarla kısa sürede çözüme ulaşmak arzu edilir. Hata fonksiyonunun eğim derecesi biliniyorsa, güvenli bir şekilde ağırlık uzayında daha büyük adımla çözüme ulaşılabilir. Bu algoritmada iki geleneksel yaklaşım birleştirilerek çözülmüştür. Bunlar;

- Hesaplamanın geçmişteki durumu hakkında bazı sezgilere dayanan (genel veya her bir ağırlık için ayrı) ağırlıkların dinamik olarak ayarlanması.
- Her bir ağırlığa göre hatanın ikinci türevinin belirgin kullanımı

Hızlı yayılım algoritması ikinci dereceli bir metottan daha sezgiseldir ve Newton-metoduna biraz benzeyen bu metotta iki kabul kullanılır.

- Her bir ağırlık için, ağırlık hata eğrisi kolları yukarı doğru açık olan bir parabol ile yaklaştırılabilir.
- Hata eğrisindeki değişim, diğer tüm ağırlıkların aynı andaki değişiminden etkilenmez.

Bahsedilen parabol, birbirinden bağımsız her bir ağırlık için o andaki ve önceki hata eğimleri ve bu eğimlerin ölçüldüğü noktalar arasındaki değişim kullanılarak belirlenir. Daha sonra, algoritma doğrudan bu parabolün minimum noktasına atlar.

Genellikle hızlı yayılım algoritmasının performans testleri diğer tekniklerle karşılaştırıldığında oldukça iyidir. Bu algoritma, özellikle gürültü seviyesi az olan veriye sahip problemlerde iyi sonuç vermektedir [NeuralWare Handbook, 1996].

Hızlı yayılım algoritması gürültü seviyesi fazla olan problemlerde çok iyi çalışır ancak gürültülü verilerin bulunduğu problemlerde kullanılmamalıdır [NeuralWare Handbook, 1996]. Bu algoritmada ağırlık hızlandırma ve kırılması ihmal edilerek $k-1$ den k 'ye kadar ağırlıklardaki değişim,

$$\Delta w(t) = \varepsilon L(t) + \alpha Q(t) \quad (3.18)$$

formülü ile elde edilir. ε öğrenme katsayısı ve α ise momentum katsayısıdır.

$$L(t) = \begin{cases} h(t) & \text{eger } h(t) - h(t-1) \geq 0 \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.19)$$

$$Q(t) = \begin{cases} \mu \Delta w(t-1) & \text{eger } h(t) - (h(t) - (\frac{\mu}{\mu+1})h(t-1)) \geq 0 \\ \Delta q(t) & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.20)$$

Eşitlikleri ile verilir. Bu ifadelerde μ momentum büyüme faktörü, $h(t)$ eğimi ve ε minimum adım miktarını göstermektedir.

$$h(t) = \partial E / \partial w(t) \quad (3.21)$$

$$\Delta q(t) = \frac{\Delta w(t)h(t)}{h(t-1) - h(t)} \quad (3.22)$$

Buradan ağırlık fonksiyonunu güncelleştirmek için, delta ağırlık fonksiyonu ve ağırlık hızlandırma katsayısı işleme katılır.

$$w(t) = (1 - \delta)w(t-1) + \Delta w(t) \quad (3.23)$$

Burada δ hızlandırma katsayısıdır. Son olarak ağırlık çok küçük ise, 0 alınarak kırılır. $|w(t)| < K$ ise $w(t) = 0$ alınır. Burada, K ağırlık kırılma faktörüdür.

3.8. Performans Fonksiyonu Seçimi

YSA eğitim işlemlerinde eğitimin başarısını ölçülendirmek için kullanılan performans fonksiyonları vardır. Bu fonksiyonlar öğrenme performansını etkiler. Eğitimde verilerin işleme alınmasını sürdürmek için kullanılan iki kriterden birisi öğrenme sayısı (iterasyon) diğeri de performans fonksiyonu değeridir. Performans fonksiyonunun belirlenen değerine eğitimin ulaşması halinde eğitime son verilir. İleri beslemeli ağlarda kullanılan tipik performans fonksiyonu karesel ortalama hata (MSE: mean square error);

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (t_i - td_i)^2 \quad (3.24)$$

ile ifade edilir.

İleri beslemeli ağlarda kullanılan tipik performans fonksiyonlarından bir diğeri de toplam karesel hatadır (SSE: sum square error).

$$SSE = \sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2 \quad (3.25)$$

Bu ağlarda kullanılan diğeri bir performans fonksiyonu ise karesel ortalama hata karekök (RMS: root mean square) hata fonksiyonudur.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (t_i - td_i)^2} \quad (3.26)$$

Performans fonksiyonuna ağın biasların ve ağırlıkların kareleri toplamının ortalama değerini ifade eden bir terim eklenerek genelleştirme iyileştirilebilir. Bu ağı daha hassas davranma zorlar ve ağı, öğrenme kümesi haricindeki veriler içinde sağlıklı bir genelleme yapmasını engelleyebilir (overfitting).

3.9. Sayısal Hızlandırma Teknikleri

Geri yayılım tekniği uygulandığında iyi bir yakınsama elde edilir. Bununla birlikte, pratikte bir YSA çoğu kez yavaş öğrenir veya bütünüyle öğrenmeyi reddeder. Bu durumda, sayısal hızlandırma tekniklerinden biri kullanılmalıdır. Tekniklerden bazıları şunlardır: Momentum metodu, topoloji uydurulması, dinamik öğrenme.

3.9.1. Momentum metodu

Geri yayılım algoritması adım adım azalan bir metottur. Bununla birlikte, eğer lokal minimal başlangıç noktası ile optimal çözüm arasında olmakta ise adım adım azalma metotları problemlere eğilimlidirler. Bu her zaman YSA'da az gizli nöron olması durumuna bağlıdır.

Geri yayılımın bir noktaya yönelmesi yerel minimal noktasına rastlamış ise öğrenme oranını azaltacaktır ve öğrenme bir düzeyde tamamen duracaktır. Bu kabul edilemez.

Momentum metodu olarak isimlendirilen başarılı bir teknik yerel minimal değere bağlı bu zorlukların üstesinden gelmektedir. Bu durumda şu anki (k) ağırlık uydurulması, en son ($k-1$) ağırlık uydurulmasının bir kısmı ile eksikleri giderilebilir. Bu kısım momentum terimi olarak isimlendirilir.

$$\Delta w_{ji}(k) = \Delta w_{ji}(k) + \alpha \Delta w_{ji}(k-1) \quad (3.27)$$

Burada $w_{ji}(k)$, $-\eta(\partial E - \partial w_{ji})$ 'den elde edilen ağırlık düzeltilmesidir ve $\alpha.w_{ji}(k-1)$ momentum terimidir. 3.27'de α momentum katsayısı 0 ile 1 aralığındadır.

3.9.2. Topoloji uydurulması

Bazı zamanlar hiç bir sayısal hızlandırma tekniği YSA'nın öğrenmesinde yardımcı olamayabilir. Bu durumlarda, çözüm iç bağlantıların sayılarının, aktivasyon

fonksiyonunun değiştirilmesi ile elde edilir. Bununla birlikte, doğrudan gerekli sayıları belirleyebilecek herhangi bir teknik yoktur. İç bağlantılar eklemek bazı zamanlar, rastlanan yerel minimal sayısının azaltılmasında etkilidir. Bununla birlikte, iç bağlantılarının sayılarının artırılması genel hesaplama zamanını da artıracaktır.

3.9.3. Dinamik öğrenme

Öğrenme katsayısı (μ) 'nın geri yayılım algoritmasının etkinliğinde ve yakınsamasında direkt ve dikkate değer bir etkisi vardır. Genelde, öğrenme katsayısının optimum değeri çözülecek problem tipine bağlıdır. Eğitim başladığı zaman, çoğu kez küçük öğrenme katsayısı kararsız YSA'dan kaçınılması için gereklidir. Bununla birlikte, daha sonraları, ağ bir çözüme ulaştığı görülürse, daha yüksek öğrenme katsayısı kullanılabilir [Vas, 1999].

3.10. YSA Eğitimi İçin Verilerin Hazırlanması (Normalizasyon)

Geri yayılımda üç tip veri kullanılır. Eğitim kümesi, test kümesi ve gerçek veri. Eğitim kümesi, YSA'nın uygun ağırlıklarının konfigürasyon edilmesinde kullanılır. Doğru ağırlıklı YSA, test kümesi ile test edilir. Test kümesi eğitim kümesinin birinci altkümesidir. Eğer YSA eğitim kümesini ezberlemiyorsa, test verisinin uygulanmasında başarıya ulaşılmıştır. Eğitim veri kümesinin çok önemli bir rolü vardır ve özenli bir seçim gerektirmektedir. YSA ile gösterilen bilgi ancak onun eğitiminde kullanılan veri gibidir.

Verinin hazırlanması üç adım gerektirmektedir: Verinin ayrıntıları, verinin denetlenmesi ve verinin ön işleme. İlk adım en güç olanıdır. Özgül problem hakkında neyin önemli olduğu ile etkilenirler. Her giriş karakteristiği YSA'da giriş düğümü olarak gösterildiğinden ve çok sayıda giriş karakteristiği geniş bir YSA'ya gereksinim duyulduğundan YSA'nın karakteristiklerin her tipini içermesi mümkün değildir. Genelde geniş bir YSA, daha fazla hesaplama gücü gerektirir ve çevrim daha yavaş olur. YSA'nın sadece giriş-çıkış ilişkisinin öğrenilmesinin mümkün olduğu girişlere gereksinimi bulunmaktadır. Eğitim başladıktan sonra, YSA'nın

birkaç çevrim sonunda giriş katmanına bağlı ağırlıklar bazı sonuçlar vermektedir. YSA tarafından gereksinim duyulmayan herhangi bir ağırlık, gerçekten ihtiyaç duyulan diğer ağırlıklarla karşılaştırıldığında küçük ağırlıklara sahiptir.

Veri hazırlamanın ikinci aşamasında eğitim kümesinden herhangi sahte verilerin dışarı atılması için olağan olmayan davranışlar aranmak üzere veri gözden geçirilir.

Veri hazırlanmasında son aşamada; YSA'nın girişleri için verinin normalizasyonu gerekmektedir. Geri yayılım YSA 0 ile 1 aralığında veri tercih edilir. Veri normalizasyonu için, eğitim kümesindeki her girişin tipik aralığı göz önüne alınmak zorundadır. Çeşitli yollarla normalize değerler (n_v) tanımlanabilir.

$$n_v = \frac{\text{gerçek deger} - \text{minimum deger}}{\text{maksimum deger} - \text{minimum deger}} \quad (3.28)$$

Geri yayılım YSA'nın eğitilmesi için gereken veri sayısı da önemli bir faktördür. Eğer problem alanı kompleks ise, daha geniş veriye ihtiyaç vardır.

3.11. Yapay Sinir Ağları ile Hesaplamanın Özellikleri

YSA hesaplama özelliklerini, paralel dağılmış yapısından, öğrenebilme ve genelleme yapma yeteneğinden almıştır. Bu özellikleri ile YSA karmaşık ve çözümlenmesi güç problemleri çözebilme yeteneğine sahiptir. Nesne tanıma, işaret işleme, sistem tanımlama ve denetimi gibi birçok alanda YSA'lar başarılı olmuşlardır.

Doğrusal Olmaması:

YSA'nın benzetildiği sinir ağının temeli olan hücre doğrusal değildir. Dolayısıyla hücrelerin birleşmesi ile meydana gelen ağda bu özellik yayılmış olarak görülmektedir. Aynı şekilde YSA'nda aktivasyon fonksiyonunun doğrusal olmaması ile yapay sinir doğrusal olmama özelliği kazanır ve bu YSA'nın tamamında yayılmış olarak görülür. YSA doğrusal olmayan problemlere çözüm getirebilmektedir.

Öğrenme:

İlgili problemdeki giriş-çıkış ilişkisini tanımlayacak optimum ağırlıkların bulunmasıdır.

Genelleme:

YSA, ilgilendiği problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de belirtilen tepkiyi üretme kabiliyetine sahiptir. Veri YSA'ya eksik, bozuk veya daha önce hiç karşılaşmadığı şekilde verilse bile, ağ kabul edilebilir en uygun çıkışı üretecektir.

Uygulanabilirlik:

YSA ağırlıkları uygulanan probleme göre değiştirilir. Belirli bir problemi çözmek için eğitilen YSA, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir. Değişimler devamlı ise gerçek zamanda eğitime devam edilir. Bu özelliği ile YSA, uyarlamalı örüntü tanıma, işaret işleme, sistem tanımlama ve denetimi gibi alanlarda etkin olarak kullanılır.

Dağıtılmış Birleşik Hafıza:

Bilgiyi depolayabilmeleridir. Nöral hesaplamalarda bilgi ağırlıklar üzerine dağıtılmıştır. Bağlantıların ağırlıkları, nöral ağın hafıza birimleridir. Bu ağırlıklar ağın o andaki sahip olduğu bilgiyi veya uygulanan örneklerden öğrenmiş olduğu bilgiyi verir.

Hata Toleransı:

YSA, çok sayıda işlemci elemanlarının kullanıldığı paralel dağılmış bir yapıya sahiptir. Ağın bilgisi ağdaki tüm ağırlıklar üzerine dağıtılmıştır. Giriş veri kümesinde bulunabilecek herhangi bir gürültü, bütün ağırlıklar üzerine dağıtıldığından dolayı,

gürültü etkisi tolere edilebilir. Geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri daha fazladır.

Paralel İşlem Yapma:

YSA paralel yapısı nedeniyle büyük ölçekli tümleşik devre (VSLI) teknolojisi ile gerçekleştirilebilirler. Bu özellik, YSA'nın hızlı bilgi işleme yeteneğini ve örüntü tanıma, işaret işleme, sistem tanımlama ve denetimi gibi gerçek zaman uygulamalarında kullanımını artırır.

4. GELİŞTİRİLEN YAZILIMIN İNCELENMESİ

Yapay sinir ağı uygulamalarının artmasıyla farklı sistemlerin incelenmesi, kontrol edilmesi için çeşitli YSA yazılımları hazırlanmaktadır. Gelişen bilgisayar teknolojisi çok fazla yapı ve öğrenme algoritmasıyla çalışma yapılmasına olanak vermiştir. Özellikle yazılımların nesne yönelimli ve görsel bileşenler ile hazırlanması YSA ile kolaylıkla çalışılmasını sağlamıştır. YSA ile yapılacak çalışmalarda kullanılan yazılımın,

- YSA'yı oluşturan bileşenleri kolaylıkla değiştirilebilmesi,
- Eğitim ve test işlemlerinin yapılabilmesi,
- Kullanılacak verilerin seçimi ve normalizasyonlarının yapılabilmesini sağlaması,
- Görsel bir yapıya sahip olması tercih edilen özellikleridir.

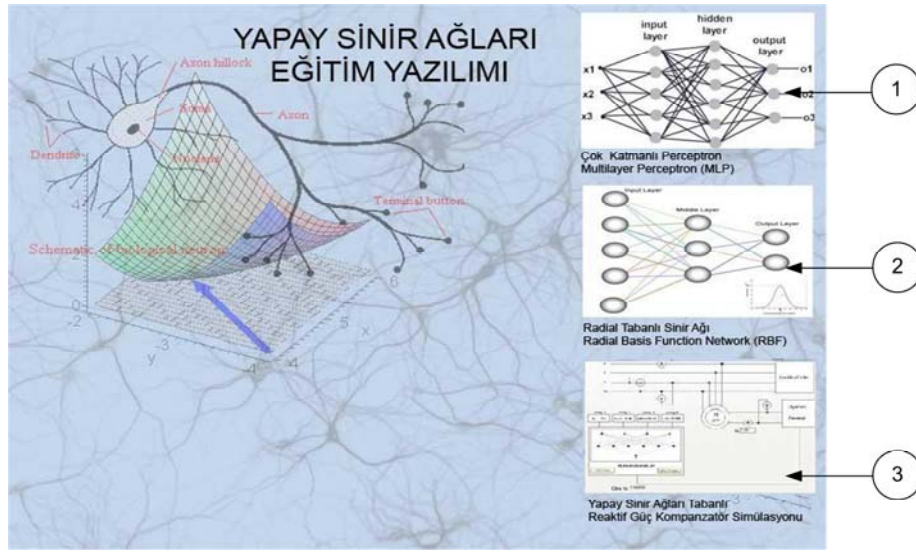
YSA ile ilgili çalışmaların artmasıyla lisans düzeyinde dersler verilmeye başlanmıştır. Bu derslerde YSA'yı daha iyi anlamaya imkân verecek eğitim yazılımlarının kullanılması öğretim kalitesinin artırılmasında önemli rol oynayacaktır. Bu yazılımın eğitimde kullanılmasının ön şartı kullanıcının, reaktif güç kompanzasyonu, senkron motor ile yapılan reaktif güç kompanzasyonu ve YSA kontrolü ile ilgili dersleri almış olmasıdır.

Hazırlanan yazılım YSA çalışmalarında istenen özellikleri barındıran ve eğitim amaçlı da kullanılabilecek bir yazılımdır. Yazılım DELPHI programlama dili ile hazırlanmıştır.

Yazılımda Çok Katmanlı Perceptron (ÇKP) ile Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı (RTSA) olmak üzere iki YSA yapısına ilişkin eğitim ve test işlemleri yapılabilmektedir. Eğitilen ÇKP yapısındaki YSA'lar daha sonra kullanılabilecek şekilde kaydedilebilirken, RTSA yapısındaki YSA'lar bu özelliğe sahip değildir.

Yazılımda Senkron Kompanzatör için bir simülatör hazırlanmıştır. Senkron Kompanzatör olarak çalıştırılan senkron motor için deney şartlarında elde edilen verilen YSA tarafından işlenerek eğitim ve test işlemleri yapılır. Elde edilen YSA'lar simülatörde çalıştırılarak Senkron Kompanzatörün çalışması örneklenmektedir.

4.1. Giriş Ekranı



Şekil 4.1 Giriş ekran görüntüsü

Şekil 4.1'de YSA yazılımının giriş ekranı verilmiştir. Bu ekranı kullanarak ÇKP ve RTSA yapıları seçimi ve Senkron Kompanzatör Simülatörü seçimi yapılabilmektedir.

Ekran görüntüsünde;

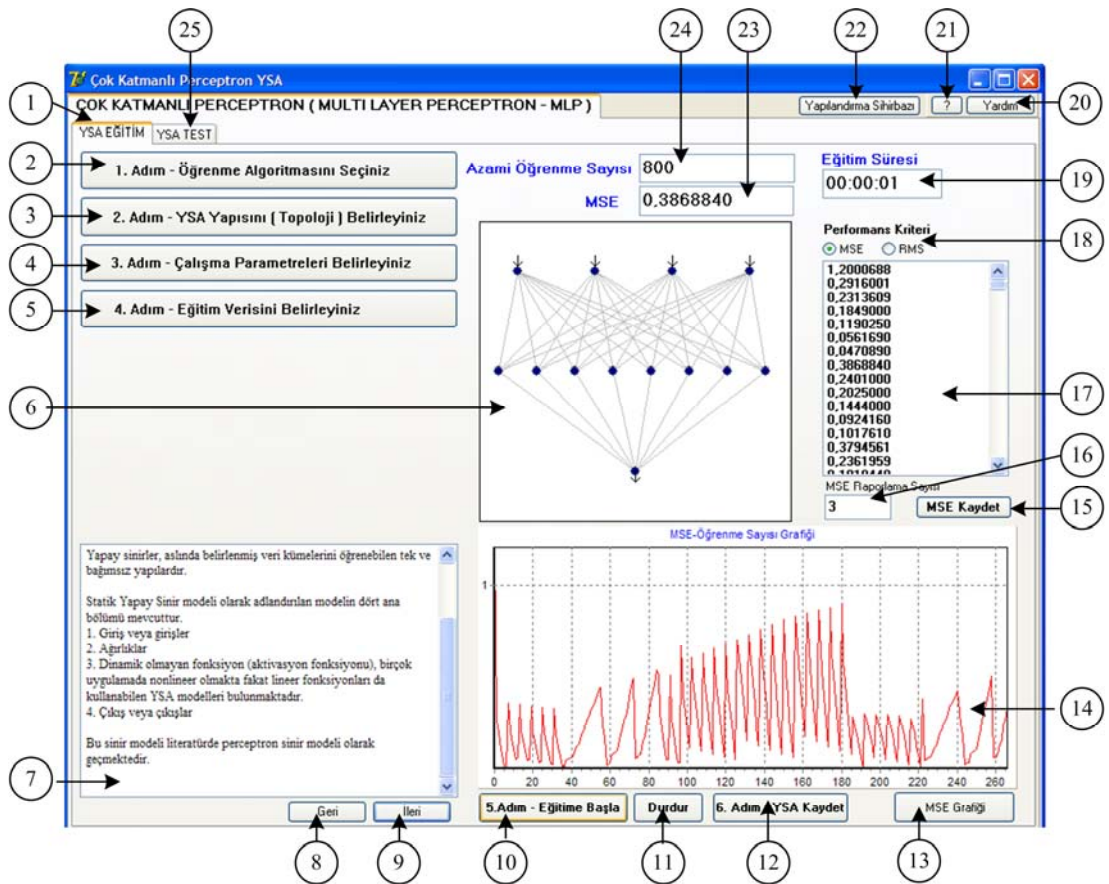
1. *Çok Katmanlı Perceptron*: Çok katmanlı perceptron yapısını kullanan YSA eğitim ve test formunun giriş butonudur.
2. *Radyal Tabanlı Sinir Ağı*: Giriş, bir ara katman ve çıkış katmanı olmak üzere 3 katmanlı, Gauss merkezci fonksiyonunun kullanıldığı Radyal Tabanlı Sinir Ağı eğitim ve test formunun giriş butonudur.
3. *Senkron Kompanzatör Simülasyonu*: Senkron kompanzatör simülatörünün giriş butonudur

4.2. Çok Katmanlı Perceptron (ÇKP)

Yazılımın giriş ekranında ÇKP butonu tıklanınca bu yapıyla ilgili eğitim ve test işlemlerinin yapılabildiği bir form ekrana gelir. Bu formda YSA parametreleri, YSA topolojisinin grafiği, veri yükleme ve normalizasyon işlemleri, eğitim yapılırken hesaplanacak performans kriteri (RMS ve MSE) seçimi, performans kriterinin grafiği gibi bileşenleri ayarlanabilmektedir.

4.2.1. ÇKP eğitim işlemleri

ÇKP yapısında bir YSA'nın oluşturulup eğitimin yapılması için Şekil 4.2 ilk açılış ekran görüntüsü verilen panel kullanılır.



Şekil 4.2 ÇKP eğitim paneli ekran görüntüsü

ÇKP Eğitim Paneli ekran görüntüsü üzerindeki menülerin görevleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- 1) *YSA Eğitim Paneli sekmesi*: Bu sekme aktif iken panel üzerindeki tüm bileşenlere ulaşmak mümkün olmaktadır.
- 2) *YSA öğrenme algoritması seçimi butonu*: YSA'nın eğitimi sırasında kullanılacak öğrenme algoritması seçimi buradan yapılmaktadır. ÇKP eğitiminde, Artırımlı Geri Yayılım (IBP), Grup Geri Yayılım (BBP), Esnek Geri Yayılım (RBP), Hızlı Geri yayılım (QBP) olmak üzere 4 algoritma kullanılabilmektedir.
- 3) *YSA yapısı (Topoloji) belirleme butonu*: YSA'nın giriş, çıkış ve ara katman sayısı ile ara katmandaki nöron sayısı belirlenmektedir. YSA'nın giriş nöron sayısı 10, çıkış nöron sayısı 7 ve her ara katman 20 nörona kadar artırılabilir. Her ara katman için nöron sayısının belirleneceği alanlar seçim yapıldıkça aktif hale gelir. Giriş nöron sayısı ile çıkış nöron sayısı, veri yükleme alanında belirlenen giriş alanı sayısı çıkış alanı sayısı ile aynı olmalıdır. YSA yapısı değiştirildikçe Şekil 4.2'de (6) ile gösterilen alanda YSA yapısının grafiği de değişir. Kullanıcı yaptığı değişimi grafiksel olarak da görebilmektedir.
- 4) *YSA çalışma parametreleri belirleme butonu*: YSA'nın eğitiminde kullanılan çalışma parametreleri bu panelden ayarlanır. Çalışma parametreleri şunlardır:
 - *Azami öğrenme sayısı*: YSA eğitimi süresince öğrenme sayısının ulaşacağı en yüksek değerdir. İterasyon sayısı da denir. Bu değere ulaşıncaya eğitim durdurulur.
 - *İstenen Performans Kriteri değeri*: YSA eğitilirken performans kriteri olarak MSE ve RMS değeri hesaplanmaktadır. Performans kriteri değerinin istenen değerine ulaşılması halinde eğitimin başarılı olduğu kabul edilerek eğitim durdurulur.
 - *Öğrenme oranı*: YSA'nın ağırlık değerlerini değiştirirken kullanılan öğrenme sabitidir. Her zaman pozitif ve birden büyük değerler alınmalıdır.

- *Momentum*: Hatayı azaltmak ve ağırlıkların değiştirilmesinde bir toparlanma sağlamak için 0 ile 1 arasında bir sayıdır. Yazılımda bu değer 0 ile 100 arasında atandıktan sonra yüzdesi alınarak hesaplamalarda kullanılmaktadır.
 - *Etkinlik Fonksiyonu*: Hesaplamalarda kullanılan etkinlik fonksiyonlarının seçimi yapılmaktadır. Ara katmanlarda ve çıkış katmanında kullanılacak etkinlik fonksiyonu seçimi birbirinden bağımsız olarak seçilebilmektedir.
- 5) *Eğitim verisi işlemleri butonu*: YSA'nın eğitiminde kullanılacak verinin yüklenmesi, seçimi, normalizasyonu buradan yapılır.
- *Veri yükle* : Eğitim veri setinin bulunduğu dosyanın yüklenmesi için kullanılır.
 - *Ham veri tablosu*: Veri yükle butonu ile veri seti dosyası okutulduktan sonra ham verilerin görüntülediği tablodur. Bu tablonun ilk satırı, veri dosyasının ilk satır değerlerini sütun değerleri olarak atanır ve işlemlere dâhil edilmez.
 - *Veri satır aralığı*: Ham veri tablosundaki verilerin başlangıç ve son satır sayısının gösterildiği ve işlem verisi atamasında başlangıç ve son satır atamasının yapıldığı alandır. Bu alanda 1–550 görüntülenmiş ise 550 satırlık veri ham veri tablosunda bulunur. Kullanıcı 50–125 değerlerinin girerse eğitim işlemine aktarılabilecek veriler 50. Ve 125. Satırlar arasındaki verilerdir.
 - *Giriş değeri alanı*: Dosyadan okunan ve ham veri tablosuna aktarılan verilerin her bir sütun değeri bu alanda işaretleme yapılabilen bir liste değeri olarak listelenir. Kullanıcı bu alanda işaretleme yaptığında, alan adlarının bulunduğu sütun değerlerini YSA'nın giriş değerleri olarak atamış olur. Bu alandaki işaretlemelerin sayısı ile YSA yapısının Giriş Sayısı eşit olmalıdır. Bu eşitlik sağlanmazsa, ekrana “Giriş ve Çıkış Değerleri eşit Olmalıdır !” uyarı mesajı gelir.
 - *Çıkış değeri alanı*: Dosyadan okunan ve ham veri tablosuna aktarılan verilerin her bir sütun değeri bu alanda işaretleme yapılabilen bir liste değeri olarak listelenir. Kullanıcı bu alanda işaretleme yaptığında, alan adlarının bulunduğu sütun değerlerini YSA'nın çıkış değerleri olarak atamış olur. Bu alandaki işaretlemelerin sayısı ile YSA yapısının çıkış sayısı eşit olmalıdır.

Bu eşitlik sağlanmazsa, ekrana “Giriş ve Çıkış Değerleri eşit Olmalıdır !” uyarı mesajı gelir.

- *Normalizasyon:* İşlem verileri oluşturulurken eğitimi hızlandırma yöntemlerinden olan normalizasyonun seçimi yapılır. Seçim yapılırsa işlem verileri 0-1 arasında hesaplanarak işlem verileri tablosuna aktarılır.
 - *Eğitim verisi aktar:* Eğitimde kullanılacak veriler, giriş-çıkış alanları ile veri satır aralığı arasındaki veriler olarak atandıktan sonra işlem verisi olarak bu butonla atanır.
- 6) *YSA yapısının çizimi:* YSA yapısı belirlendikçe çizilen YSA’nın grafiksel gösterimidir.
 - 7) *Bilgilendirme alanı:* YSA hakkında genel bilgiler ile seçim yapılan eğitim adımları hakkında kısa bilgilerin görüntülediği alandır. Buradaki bilgiler ile YSA eğitim işlemlerinde yapılacaklar adımlar halinde kullanıcıya tanımlanır.
 - 8) *İleri Butonu:* Bilgilendirme alanında her adımda görüntülenen bilgilerin ileri yönde adımlanarak ekrana getirilmesini sağlar.
 - 9) *Geri Butonu:* Bilgilendirme alanında her adımda görüntülenen bilgilerin geri yönde adımlanarak ekrana getirilmesini sağlar.
 - 10) *Eğitim işlemine başlama:* Tüm atamalar yapıldıktan sonra aktif olan ve eğitimi başlatan butondur.
 - 11) *Eğitimi durdurma:* Eğitimin herhangi bir anında çalışmayı durdurur.
 - 12) *Dosyaya kaydetme:* Eğitim tamamlandıktan sonra YSA yapısının, azami öğrenme sayısının, hesaplanan ağırlık değerlerinin, momentum değerinin, öğrenme oranı değerinin .NET uzantılı bir dosyaya kaydedilmesinin sağlar.
 - 13) *Performans Kriteri-Öğrenme Sayısı grafiği butonu:* Hesaplanan ve Şekil 4.2 18’de gösterilen listeye yazılan MSE veya RMS performans kriteri ile öğrenme sayısının grafiğini, eğitim bittikten sonra yeni bir form alanında daha büyük boyutta çizdirir.
 - 14) *Performans Kriteri-Öğrenme Sayısı grafiği:* Eğitim süresince hesaplanan ve Şekil 4.2 (18)’de gösterilen listeye yazılan MSE veya RMS performans kriteri ile öğrenme sayısının grafiğidir. Grafik anlık değerler oluşukça çizilmektedir.
 - 15) *Performans Kriteri kaydet:* Hesaplanan MSE veya RMS değerleri Şekil 4.2 17’de gösterilen listeye yazılmaktadır. Bu buton kullanılarak listeye yazılan

performans kriteri bir text dosyasına yazdırılmaktadır. Dosyanın kayıt yolu açılan ‘Kaydet Diyalog’ penceresi ile belirlenmektedir.

- 16) *Performans kriteri raporlama sayısı*: Raporlama sayısı, listenin altına “MSE/RMS Raporlama Sayısı” başlığı ile belirtilen alandan giriş yapılarak atanır. Raporlama sayısı 100 olarak atanırsa; öğrenme sayısının 1. , 100. , 200. , 300. değerleri listeye yazılır.
- 17) *Performans Kriteri listesi*: Hesaplanan MSE-RMS performans kriteri değerleri belirtilen raporlama sayısına bağlı olarak listelenir.
- 18) *Performans kriteri seçimi*: Eğitim süresince eğitimin başarısı göstermesi için kullanılan performans kriterlerinden MSE (Mean Squared Error) ve RMS (Root Mean Square) değerlerinden birinin seçimi yapılır. Seçim yapılırca performans kriteri ataması yapılan grafik başlığı, buton, liste ismi gibi bileşen isimleri seçime bağlı olarak değişir. Başlangıç ataması MSE olarak yapılmıştır.
- 19) *Eğitim süresi*: Eğitim işlemi başlatıldığında eğitim süresi sayacıda çalışır. Eğitim sonlanıncaya kadar sayaç saat-dakika-saniye formatında süreyi gösterir.
- 20) *Yardım*: YSA ile ilgili yardım programını çalıştırır. Chm veya Richtext formatında hazırlanan program çalışır.
- 21) *Bu nedir? butonu*: Paneller üzerindeki nesnelerin işlevleri hakkında kısa açıklamaları çalıştırır.
- 22) *Yapılandırma sihirbazı*: Kullanıcının programı ve bileşenleri kullanarak YSA yapılandırma, eğitim işlemlerini kolaylıkla yapabilmesini sağlamak için işlemleri adımlar halinde açıklayan bir formdur.
- 23) *Performans kriteri değeri*: Eğitim devam ederken hesaplanan performans kriterinin anlık değeridir.
- 24) *Öğrenme sayısı*: Eğitim sırasında işlem yapılan öğrenme sayısıdır (iterasyon).
- 25) *YSA Test Paneli sekmesi*: Bu sekme seçilirse test işlemli için düzenlemiş tüm bileşen ve işlemler çalıştırılmaktadır.

Öğrenme algoritması seçimi

Öğrenme algoritmasını belirleyiniz butonuna basılınca aşağı yönlü açılana alandan öğrenme algoritması seçimi yapılabilmektedir. ÇKP ağlarının eğitiminde yazılımda 4 geri yayılım algoritması kullanılabilmektedir.

- 1) Artırımlı Geri Yayılım (Incremental Back Propagation-IBP)
- 2) Grup Geri Yayılım (Batch Back Propagation-BBP)
- 3) Esnek Geri Yayılım (Resilient Back Propagation-RBP)
- 4) Hızlı Geri Yayılım (Quick back Propagation-QBP)

Öğrenme algoritmaları seçimi Şekil 4.3’de gösterilen seçenek düğmelerinin seçimi ile yapılır. Eğitim başlatıldığında seçilen öğrenme algoritmasının hesaplamaları yapılır. Bir eğitim işlemi için birden fazla öğrenme algoritması seçimi yapılamaz.



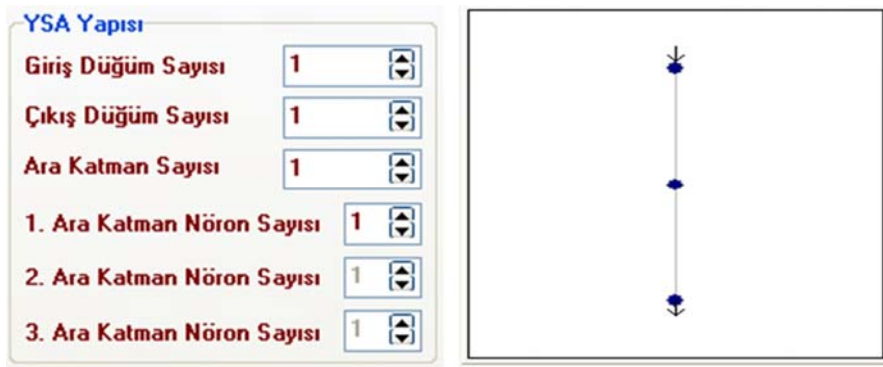
Şekil 4.3 Öğrenme algoritması seçimi

YSA yapısı işlemleri

ÇKP eğitim panelinde “YSA Yapısını (Topoloji) Belirleyiniz” butonuna tıklanınca aşağı doğru açılan alanda yapılan atamalar YSA topolojisi olarak adlandırılır. ÇKP yapısında giriş ve çıkış katmanlarının dışında birden fazla ara katman bulunduğundan çok katmanlı adı verilmektedir. Yazılımda YSA yapısı kullanıcı tarafından giriş - ara katman - çıkış değerleri atanarak belirlenir. Ara katman sayısı en az bir, en fazla 3 olabilir. Giriş ve çıkış katmanları için bağlantı noktalarına “Düğüm” adı verilmiştir. Ara katmanlardaki bağlantı noktalarına ise “Nöron” adı

verilmiştir. Bu alandaki tüm atamalar değer değişimi düğmesi kullanılarak yapılır. YSA yapısı atamalarına göre Şekil 4.2 (6)'da gösterilen YSA yapısı grafiği çizdirilir. YSA yapısındaki her bir değişim ile grafik yeni değerleri ile hemen çizilir. Böylece kullanıcı yapıdaki değişimi görebilmektedir. YSA eğitimini hızlandırma çabalarında topolojinin uygun seçimi önemli bir rol oynamaktadır. Topoloji uygun seçilmezse; eğitim süresi artabilir ve eğitim kalitesi düşebilir. Ayrıca YSA'nın ezberlemesi durumu da ortaya çıkabilir.

Giriş, çıkış, ara katman alanları başlangıçta (1) değeri atanmış olarak çalışır. Grafik te bu değerlere bağlı olarak görüntülenir. Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 YSA yapısı ve grafiği başlangıç görüntüsü

Ara katman sayısı başlangıçta (1) olduğundan; “1. Ara Katman Nöron Sayısı” alanı aktif ve değer girişi yapılabilirken, diğer ara katman alanları pasiftir ve değer girişi yapılamaz. Ara katman sayısı alanını artırarak 1. ve 2. ara katman nöron sayısı alanları da aktif hale getirilebilir. Buna bağlı olarak YSA yapısı grafiği de değişir. Bu alanlardaki atamalar ve değişimleri Şekil 4.5’de gösterilmiştir.

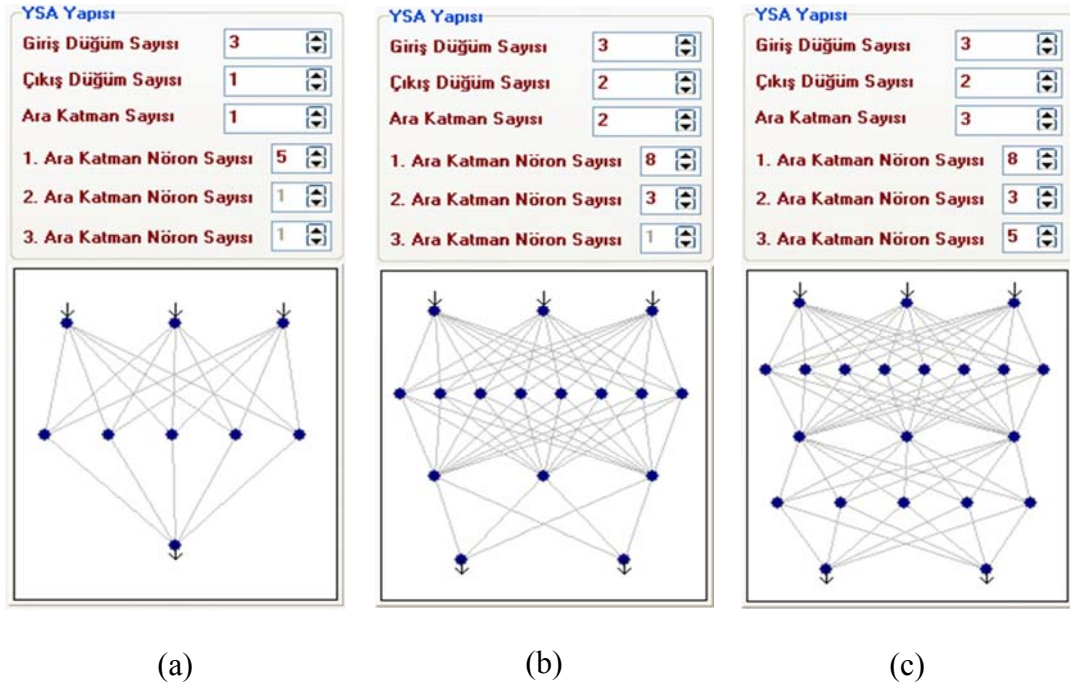


Şekil 4.5 Ara katman atamaları ve grafikleri

- a) 2 Arakatmanlı YSA yapısı ve grafiği
- b) 3 Arakatmanlı YSA yapısı ve grafiği

Kullanıcı tarafından belirlenen YSA yapısı değerleri, veri işleme alanındaki giriş veri alanı ile çıkış veri alanı sayısına eşit olmalıdır. Eşitlik sağlanmazsa yazılım kullanıcıyı uyaran mesaj üretir.

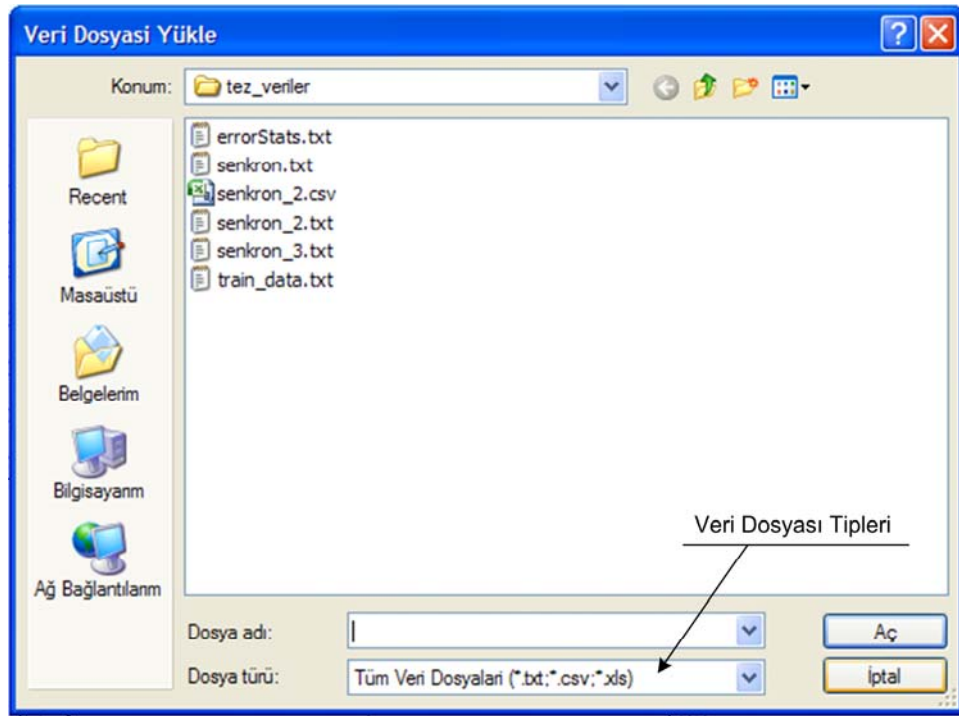
Buna göre Şekil 4.6’da farklı YSA yapılarına ait atamalar ve grafikleri gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Farklı YSA yapısı atamaları ve grafikleri a) 3_5_1 YSA yapısı ve grafiği
b) 3_8_3_2 YSA yapısı ve grafiği c) 3_8_3_5_2 YSA yapısı ve grafiği

Eğitim verisi işlemleri

Eğitim verisi işlemler butonuna basılınca aşağı yönlü açılan alanda eğitim verisi atamalar ve işlemleri yapılır. Eğitimi yapılacak ham veriler işlenerek işlem verileri haline getirilmelidir. “Veri Yükle” butonuna basılınca eğitim verilerinin bulunduğu dosyanın yolu, açılan “Veri Dosyası Yükle” diyalog penceresinden seçilir. Yazılımda ham verilerin bulunduğu 3 dosya tipi işlenmek üzere okunabilmektedir. Okunabilen dosya tipleri; MS Excel dosyası (*.xls), sekmeli metin dosyası (*.txt) ve virgülle ayrılmış metin dosyası (*.csv)’dir. Ham veriler bu dosya tiplerinde ve yapısında hazırlanmazsa işleme alınamaz. Veri dosyası yükle diyalog penceresi açıldığında kullanılabilen dosya tipleri filtrelenmiş olarak gösterilir. Şekil 4.7’de ‘Veri Dosyası Yükle’ diyalog penceresi ve dosya tipi filtrelemesi gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Veri dosyası yükle diyalog penceresi

Ham verilerin olduğu dosya seçildikten sonra veriler birinci satır verileri sütun adı kabul edilerek Şekil 4.8’deki ham veri tablosunda gösterilir. Her bir sütun adı giriş ve çıkış alanlarında seçim yapılabilecek listeleme ile Şekil 4.8 (a)’daki gibi gösterilir.

Bu listelerden YSA yapısında belirtilen giriş ve çıkış sayısı kadar işaretleme yapılmalıdır. İşaretlemeler yapılırken sütun isimlerinin solundaki onay kutuları seçim yapılarak işaretlenir. İşaretleme yapıldıktan sonra seçimden vazgeçilirse tekrar onayı kaldırmak için onay kutusu tıklanır. Satır aralığı olarak belirtilen iki düzenleme kutusundan, birincisi işleme alınacak verilerin başlangıç satır numarasını gösterir ve başlangıçta “1” değeri atanır. İkinci düzenleme kutusunda ise okunan ham verilerin en son satır numarası başlangıçta atanarak görüntülenir. Şekil 4.8 (b)’de bu değer 557 olarak görünmektedir. 557 değerinin anlamı okunan ham veri alanındaki en son satır numarasıdır. Kullanıcı 25 ile 100. satır aralığındaki verileri işlem veri olarak kullanmak isterse birinci düzenleme kutusuna 25, ikinci düzenleme kutusuna 100 değerini yazmalıdır.

Ham Veri İşlem Verileri

Giriş Değeri Alanları

- ☐ Iy
- ☐ CosFi
- ☐ e(Hata)
- ☐ dlf
- ☐ If

Çıkış Değeri Alanları

- ☐ Iy
- ☐ CosFi
- ☐ e(Hata)
- ☐ dlf
- ☐ If

Satır Aralığı 1 - 557

☐ Normalizasyon

Eğitim Verisi Aktar

Iy	CosFi	e(Hata)	dlf	If
3	0.66	0.34	0.383	1.563
3	0.68	0.32	0.372	1.552
3	0.7	0.3	0.36	1.54
3	0.72	0.28	0.338	1.518
3	0.74	0.26	0.317	1.497
3	0.76	0.24	0.301	1.481
3	0.78	0.22	0.29	1.47
3	0.8	0.2	0.28	1.46
3	0.82	0.18	0.25	1.43
3	0.84	0.16	0.221	1.401

Ham Veri İşlem Verileri

Giriş Değeri Alanları

- ☒ Iy
- ☒ CosFi
- ☒ e(Hata)
- ☒ dlf
- ☐ If

Çıkış Değeri Alanları

- ☐ Iy
- ☐ CosFi
- ☐ e(Hata)
- ☐ dlf
- ☒ If

Satır Aralığı 1 - 557

☐ Normalizasyon

Eğitim Verisi Aktar

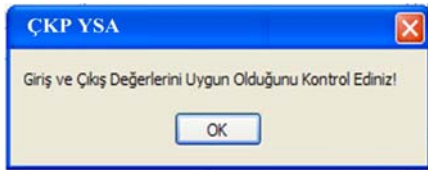
Iy	CosFi	e(Hata)	dlf	If
3	0.66	0.34	0.383	1.563
3	0.68	0.32	0.372	1.552
3	0.7	0.3	0.36	1.54
3	0.72	0.28	0.338	1.518
3	0.74	0.26	0.317	1.497
3	0.76	0.24	0.301	1.481
3	0.78	0.22	0.29	1.47
3	0.8	0.2	0.28	1.46
3	0.82	0.18	0.25	1.43
3	0.84	0.16	0.221	1.401

(a)
(b)

Şekil 4.8 Okunan verilerin gösterimi

- a) Okunan veriler
- b) Seçimi yapılmış veriler

İşlem verileri için; giriş ve çıkış sütun seçimi ve satır aralığı seçimi yapıldıktan sonra “Eğitim Verisi Aktar” butonuna basılır. Eğitim verisi aktarma işlemi ilk olarak, YSA yapısı giriş ve çıkış sayısı ile verilerin giriş ve çıkış alanları sayılarının eşit olup-olmadıklarını kontrol ile başlar. Eğer eşitlik bulunamazsa uyarı olarak Şekil 4.9’deki mesaj görüntülenir.



Şekil 4.9 Veri aktarma işlemi uyarı mesajı

Atanan veriler “İşlem Verileri” sekmesindeki tabloda görüntülenir. Her bir sütunun en büyük değeri ve en küçük değeri, hesaplanarak işlem verileri tablosunun altındaki iki satırdan ve seçim yapılan sütun sayısı kadar sütundan oluşan “Max ve Min Tablosu” nda görüntülenir. Kullanıcı “Normalizasyon” seçimini yaparsa; işleme alınan her bir değer, her bir sütunun en büyük değeri ve en küçük değeri ile normalizasyon formülüne uygulanarak işlem verileri tablosuna aktarılır.

Ham Veri	İşlem Verileri			
3	0,66	0,34	0,383	1,563
3	0,68	0,32	0,372	1,552
3	0,7	0,3	0,36	1,54
3	0,72	0,28	0,338	1,518
3	0,74	0,26	0,317	1,497
3	0,76	0,24	0,301	1,481
3	0,78	0,22	0,29	1,47
3	0,8	0,2	0,28	1,46
3	0,82	0,18	0,25	1,43
3	0,84	0,16	0,221	1,401
3	0,86	0,14	0,192	1,372
3	0,88	0,12	0,165	1,345
3	0,9	0,1	0,138	1,318
3	0,92	0,08	0,098	1,278
3	0,94	0,06	0,057	1,237
3	0,96	0,04	0,037	1,217
3	0,98	0,02	0,037	1,217
3	1	0	0,037	1,217
3	0,66	0,34	0,397	1,577
6	1	0,35	0,769	1,949
3	0,65	0	0,037	1,217
				Max
				Min

(a)

Ham Veri	İşlem Verileri			
0,003	0,033	0,973	0,473	0,473
0,003	0,093	0,913	0,463	0,463
0,003	0,143	0,863	0,443	0,443
0,003	0,203	0,803	0,413	0,413
0,003	0,263	0,743	0,383	0,383
0,003	0,313	0,693	0,363	0,363
0,003	0,373	0,633	0,353	0,353
0,003	0,433	0,573	0,333	0,333
0,003	0,493	0,513	0,293	0,293
0,003	0,543	0,463	0,253	0,253
0,003	0,603	0,403	0,213	0,213
0,003	0,663	0,343	0,173	0,173
0,003	0,713	0,293	0,143	0,143
0,003	0,773	0,233	0,083	0,083
0,003	0,833	0,173	0,033	0,033
0,003	0,893	0,113	0,003	0,003
0,003	0,943	0,063	0,003	0,003
0,003	1,003	0,003	0,003	0,003
0,003	0,033	0,973	0,493	0,493
6	1	0,35	0,769	1,949
3	0,65	0	0,037	1,217
				Max
				Min

(b)

Şekil 4.10 İşlem verileri tablosu a) Normalizasyon yapılmamış

b) Normalizasyon yapılmış

Normalizasyon ile işlem verileri 0 ve 1 arasındaki değerlere dönüştürülür. Normalizasyon yapılmamış işlem verileri Şekil 4.10 (a)'da, normalizasyon yapılmış işlem verileri Şekil 4.10 (b)'de gösterilmiştir.

Çalışma parametreleri ayarları

ÇKP eğitim işlemlerinde, çalışma parametreleri olarak tanımlanan değerler atanmalıdır. Parametrelere bağlı olarak eğitim işlemleri yapılır. Bu parametreler boş bırakılamayacağı için yazılım, başlangıç değerleri atanmış olarak çalıştırılır. Kullanıcı bu parametreleri değiştirerek eğitim işlemlerini atadığı değerler ile yapar. Çalışma parametreleri Şekil 4.11'de gösterilmiştir.

The screenshot shows a window titled 'Çalışma Parametreleri' (Working Parameters). It contains the following fields and options:

- Azami Öğrenme Sayısı** (Maximum Learning Count): A text box with the value '800' and a spin button.
- İstenen RMS Değeri** (Desired RMS Value): A text box with the value '0,005'.
- Öğrenme Oranı (%)** (Learning Rate (%)): A text box with the value '90' and a spin button.
- Momentum (%)**: A text box with the value '39' and a spin button.
- Ara Katman Etkinlik Fonksiyonu** (Hidden Layer Activation Function): A dropdown menu with 'SIGMOID' selected.
- Çıkış Katmanı Etkinlik Fonksiyonu** (Output Layer Activation Function): A dropdown menu with 'SIGMOID' selected.

Şekil 4.11 Çalışma parametreleri

Çalışma parametreleri şunlardır:

- *Azami öğrenme sayısı*: YSA eğitimi süresince öğrenme sayısının ulaşacağı en yüksek değerdir. İterasyon sayısı da denir. Bu değere ulaşıncaya eğitim durdurulur. Başlangıç değeri olarak 800'dür. Kullanıcı eğitim için istediği eğitim sayısını atayabilir.
- *İstenen Performans Kriteri değeri*: YSA eğitilirken performans kriteri olarak MSE ve RMS değeri hesaplanmaktadır. Performans kriteri değerinin istenen değerine ulaşılması halinde eğitimin başarılı olduğu kabul edilerek eğitim

durdurulur. Başlangıç değeri olarak 0,005 atanmıştır. Kullanıcı bu değeri değiştirebilir.

- *Öğrenme oranı*: YSA'nın ağırlık değerlerini değiştirirken kullanılan öğrenme sabitidir. Her zaman pozitif ve birden büyük değerler alınmalıdır. Öğrenme oranı 0 ile 1 arasında bir sayıdır. Yazılımda bu değer 0 ile 100 arasında atandıktan sonra yüzdesi alınarak hesaplamalarda kullanılmaktadır. Başlangıç değeri olarak 0,9 atanmıştır.
- *Momentum*: Hatayı azaltmak ve ağırlıkların değiştirilmesinde bir toparlanma sağlamak için 0 ile 1 arasında bir sayıdır. Yazılımda bu değer 0 ile 100 arasında atandıktan sonra yüzdesi alınarak hesaplamalarda kullanılmaktadır. Başlangıç değeri olarak 0,39 atanmıştır.
- *Etkinlik Fonksiyonu*: Hesaplamalarda kullanılan etkinlik fonksiyonlarının seçimi yapılmaktadır. Ara katmanlarda ve çıkış katmanında kullanılacak etkinlik fonksiyonu seçimi birbirinden bağımsız olarak seçilebilmektedir. Ara katman ve çıkış katmanı için başlangıç etkinlik fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu atanmıştır.

Öğrenme algoritmalarından Esnek Geri Yayılım ve Hızlı Geri Yayılım algoritmaları seçilirse, özel parametreler çalışma parametrelerinde görüntülenir.

Esnek Geri Yayılıma ait; “Artma Faktörü” ile “Azaltma Faktörü” ve “Delta Minimum”, “Delta Maksimum”, “Delta Artış” parametreleri çalışma parametreleri alanında görüntülenir. Başlangıç değeri olarak, artma faktörü “1,20” , azaltma faktörü “0,50”, delta minimum “0”, delta maksimum “50”, delta artış “0,10” olarak atanmıştır.

Hızlı Geri Yayılıma ait; “Kırılma Faktörü” ve “Hızlandırma Katsayısı” parametreleri çalışma parametreleri alanında görüntülenir. Başlangıç değeri olarak, kırılma faktörü değeri “1,20”, hızlandırma faktörü değeri “1,75” olarak atanmıştır.

Şekil 4.12’de hızlı ve esnek geri yayılım özel çalışma parametreleri gösterilmiştir.

Hızlı Yayılım Parametreleri

Kırılma Faktörü

Hızlandırma Katsayısı

Esnek Yayılım Parametreleri

Artma Faktörü

Azalma Faktörü

Delta

Min

Mak

Artış

(a)
(b)

Şekil 4.12 Esnek ve hızlı geri yayılım özel parametreleri

- a) Hızlı yayılım parametreleri
- b) Esnek yayılım parametreleri

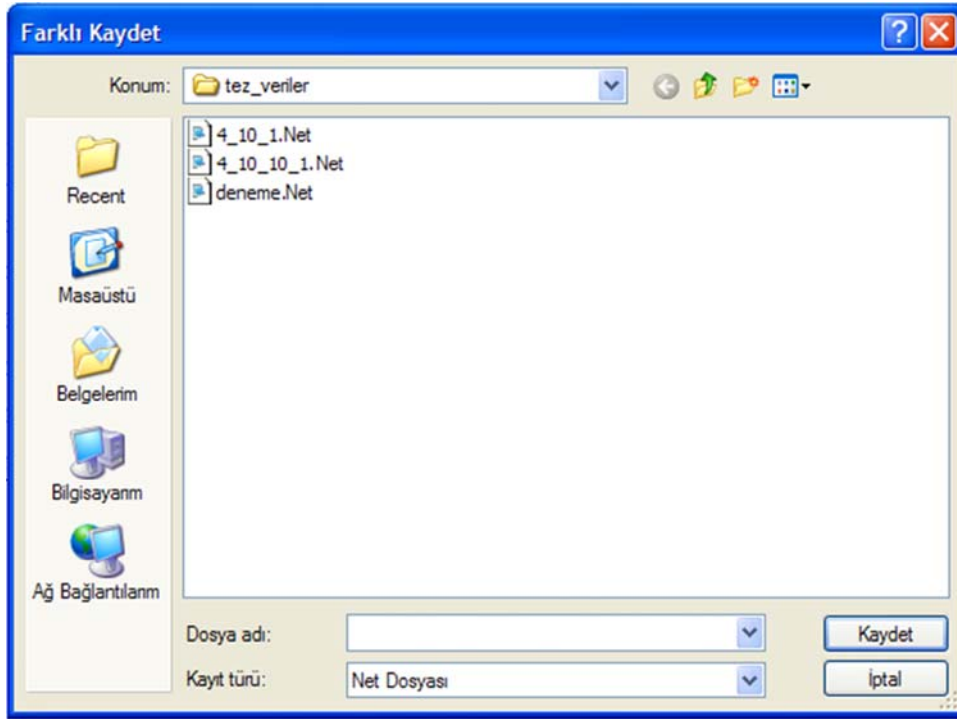
Eğitimi başlatma ve durdurma

YSA yapısı, öğrenme algoritması seçimi, işlem verilerinin oluşturulması, çalışma parametrelerinin ayarlanması tamamlandıktan sonra “Eğitimi Başlat” butonu ile eğitim başlatılır. Eğitim işlemi başlatılınca eğitim süresi sayacı çalışmaya başlar. Öğrenme sayısı 1 değerinden, azami öğrenme değerine kadar birer-birer artar. Her adımda (iterasyon) performans kriteri hesaplanarak ilgili alanda gösterilir. Raporlama sayısına bağlı olarak performans kriteri listesine hesaplanan değerler eklenir. Raporlama listesindeki değerlerle çizilen performans kriteri-öğrenme sayısı grafiği de performans kriteri listesine her yeni değer eklenince grafiğini yeniler.

Eğitimin durdurulması 3 şekilde yapılabilir. Birincisi, öğrenme sayısı azami öğrenme sayısı değerine ulaşır. İkincisi, performans kriteri değeri istenen değere ulaşır. Üçüncüsü, durdur butonuna basılır.

Eğitilen YSA’nın kaydedilmesi

Eğitim işlemi tamamlandıktan sonra YSA’nın test işlemleri için kaydedilmesi gerekmektedir. Kayıt işlemi için “YSA Kaydet” butonuna basılır. Kayıt yapılacak dosya “.Net” uzantılı bir dosyadır. Bu dosyanın adı ve yolu kullanıcı tarafından ekrana gelen kaydet diyalog penceresi tarafından belirlenir. Kaydet diyalog penceresinde dosya türü “.Net” uzantısı filtrelenmiş olarak açılır. Şekil 4.13’de kaydet diyalog penceresi gösterilmiştir. Kaydet diyalog penceresinde “Tamam” butonuna basılınca “Dosya_adı.Net” adlı bir YSA dosyası kaydedilir.

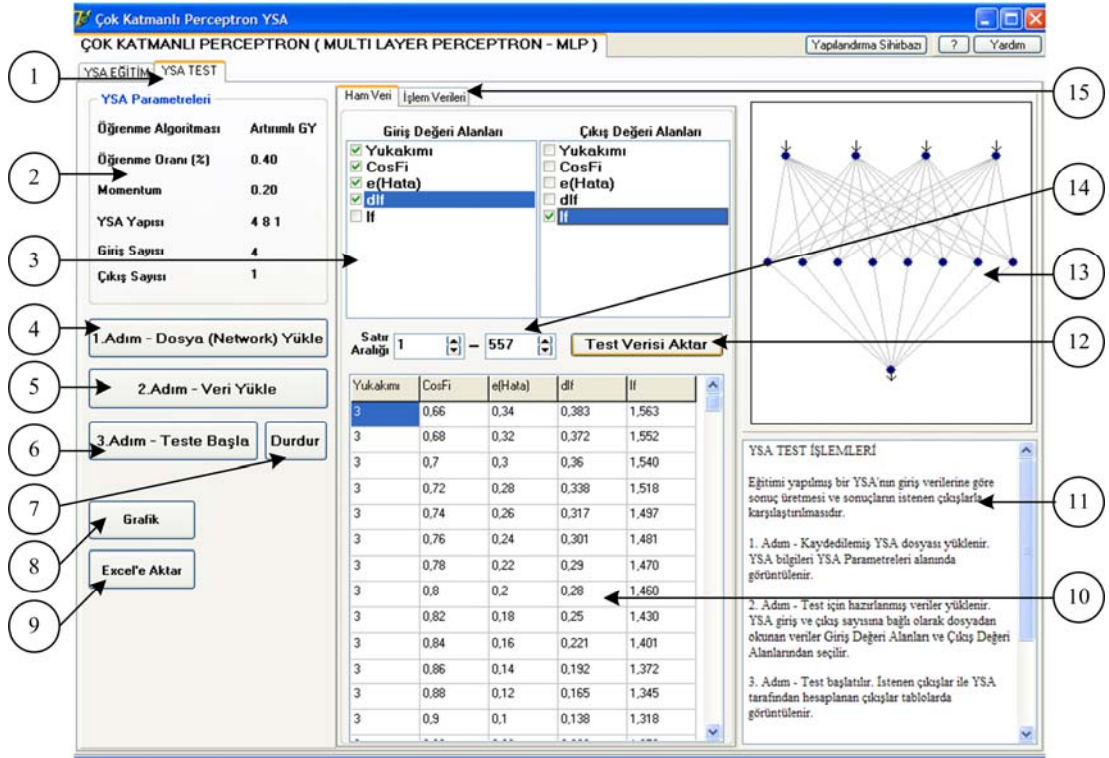


Şekil 4.13 YSA kayıt diyalog penceresi

4.2.2. ÇKP test işlemleri

YSA'lar eğitildikten sonra eğitimin başarısının kontrol edilmesi için test edilmelidirler. Danışmanlı eğitim modelindeki YSA'lar için kullanılacak veriler eğitim ve test verisi olarak kullanılmak üzere ayrılır. Başarılı bir eğitimin gerçekleştiğinin göstergesi, eğitimde kullanılan verilen benzer değerlerinin test verisi olarak ağı uygulandığında ağın ürettiği sonucun istenen çıkış verisine çok yakın değerlerde olmasıdır. Bu işlemlere “Test İşlemleri” denir.

Bir YSA yazılımında test işlemlerinin yapılabilmesi zorunludur. Eğitilen ağ test edilmezse, ağın üreteceği sonuçların doğruluğunu kontrol etmek mümkün olmaz. ÇKP test işlemleri, ÇKP çalıştırıldıktan sonra “YSA TEST” sekmesi seçilerek çalıştırılır. Test işlemlerinin yapılabilmesi için bileşenler test sekmesi seçilince aktif olur ve eğitim işlemlerinden bağımsız olarak çalışırlar. Eğitim işlemlerine ait hiçbir değer veya veri test işlemleri için kullanılamaz. Tüm işlemler test işlemleri için yeniden yapılmalıdır. Şekil 4.14’de test işlemleri paneli gösterilmiştir.



Şekil 4.14 ÇKP test işlemleri paneli

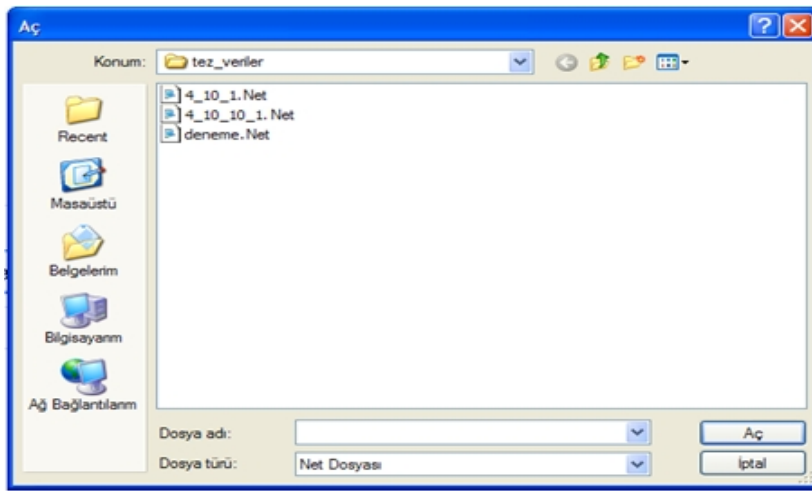
ÇKP test işlemleri paneli üzerindeki menüler ve görevleri aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- 1) *YSA Test sekmesi*: Test sekmesi seçilince test paneli üzerindeki tüm bileşenler aktif hale gelmektedir.
- 2) *YSA parametreleri*: Kaydedilmiş YSA dosyası okutulduğunda YSA'nın eğitim şartları ve yapısı ile ilgili önemli parametrelerin görüntülediği paneldir. Bu paneldeki parametre bilgileri ile YSA yapısı grafiği çizdirilmekte ve test verisi seçiminde giriş-çıkış alanları sayısı kontrolü yapılmaktadır.
- 3) *Giriş ve çıkış alanları seçimi*: Test işlemlerinde kullanılacak verilerin bulunduğu dosya okutulduğunda veriler ham veri tablosunda gösterilir. Bu tablonun her bir sütun değeri alan adı olarak kullanılarak giriş-çıkış alanlarında işaretlenebilir liste şeklinde listelenir. YSA parametrelerinde belirlenen giriş sayısı ve çıkış sayısına eşit olarak alanlarda giriş ve çıkış veri sütunları işaretlenir.

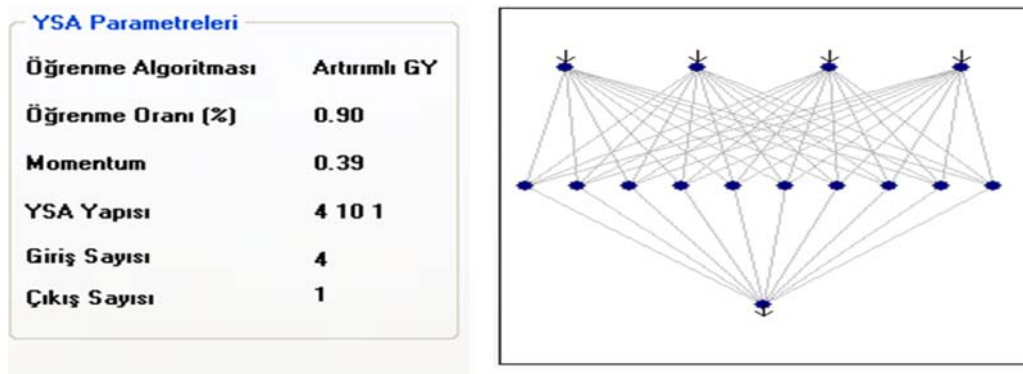
- 4) *Dosya (Network) yükle:* Kaydedilmiş YSA dosyalarını yükler. Bu buton tıklanınca YSA dosyasının yolunun gösterildiği bir dosya aç diyalog penceresi açılır. Dosya işaretlenerek test işlemine alınır.
- 5) *Veri yükle:* Test verisini dosyadan yükler.
- 6) *Teste başla:* YSA dosyası yüklenmişse ve test işlem verisi atanmışsa test işlemini başlatır. Şartların sağlanmadığı durumlarda buton tıklanırsa eksik olan şart uyarı mesajı olarak görüntülenir.
- 7) *Durdur:* Test işlemini herhangi bir zaman da durdurmak için kullanılır.
- 8) *Grafik:* Test işlemi tamamlandıktan sonra istenen çıkış değerleri ile Ysa tarafından hesaplanan değerlerin grafiğini çizer. Grafik yeni bir pencerede çizdirilir.
- 9) *Excel'e aktar:* Test işlemi tamamlandıktan sonra istenen çıkış değerleri ile YSA tarafından hesaplanan değerleri bir tablo halinde MS Excel dosyasına yazdırır.
- 10) *Ham veri tablosu:* Veri yükle butonu ile yüklenen verilerin görüntülediği tablodur. Okunan verilerin ilk satırı sütun adı olarak kabul edilir ve sütun adı olarak görüntülenir.
- 11) *Bilgilendirme alanı:* YSA hakkında genel bilgiler ile seçim yapılan test adımları hakkında kısa bilgilerin görüntülediği alandır. Buradaki bilgiler ile YSA test işlemlerinde yapılacaklar adımlar halinde kullanıcıya tanımlanır.
- 12) *Test verisi aktar:* Giriş ve çıkış alanları ile satır aralığı seçimi yapıldıktan sonra test verilerini işlem verisi olarak atama yapar.
- 13) *YSA grafiği:* Kaydedilmiş YSA dosyadan okunduktan sonra YSA yapısına göre grafiği çizilir. Bu grafiğin verileri YSA parametreleri alanından okunur.
- 14) *Satır aralığı:* Ham veri tablosunda görüntülenen verilerden satır aralığı değerlerine göre veri satırlarının işlem verisi olarak atar.
- 15) *İşlem verileri:* Test verisi aktar butonuna basılınca test yapılmak üzere seçilen veriler ham veri tablosundan okunarak işlem verileri sekmesindeki tablolara aktarılır.

Dosya (Network) yükle işlemleri

Test işlemlerine ilk olarak eğitilmiş ve kaydedilmiş dosyayı yükleyerek başlanmalıdır. YSA yüklemesi yapılmazsa testte kullanılacak verilerin seçimi uygun değerler ile yapılamayabilir. Dosya yükle butonuna basıldığında kaydedilmiş “.Net” uzantılı dosyaları filtreleyen bir aç diyalog penceresi açılır. Bu pencereyi kullanarak YSA dosyasının yolu belirlenerek yüklenir. Şekil 4.15’de aç diyalog penceresi gösterilmiştir.



Şekil 4.15 YSA dosya yükle diyalog penceresi

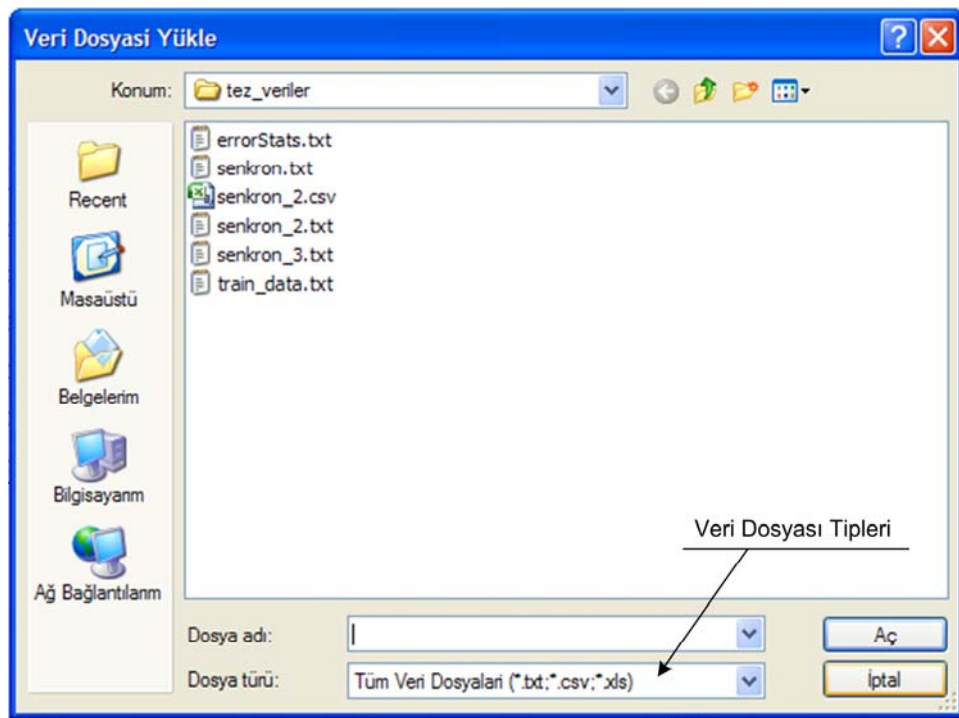


Şekil 4.16 Yüklenen YSA parametreleri ve grafiği

Şekil 4.16’da yükleme yapılmış iken YSA parametreleri alanı görüntüsü ile YSA grafiği görüntüsü verilmiştir.

Test verisi işlemleri

Test verisi olarak kullanılacak verilerin seçilerek test işlemi veri haline getirilmesi işlemidir. Testi yapılacak YSA dosyası yüklendikten sonra “Veri Yükle” butonu kullanılarak verilerin bulunduğu dosya seçilir. Veri yükleme işlemlerinde kullanılacak veri dosyası ham verilerin bulunduğu 3 dosya tipinde olmak zorundadır. Okunabilen dosya tipleri; MS Excel dosyası (*.xls), sekmeli metin dosyası (*.txt) ve virgülle ayrılmış metin dosyası (*.csv)’dir. Ham veriler bu dosya tiplerinde ve yapısında hazırlanmazsa işleme alınamaz. Veri dosyası yükle diyalog penceresi açıldığında kullanılabilen dosya tipleri filtrelenmiş olarak gösterilir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 Test veri dosyası yükleme diyalog penceresi

Veri dosyası seçildiğinde dosyanın içeriği ham veri tablosunda görüntülenir. Ham veri tablosunda ilk satır giriş ve çıkış alanlarında kullanılmak üzere alan adı olarak kullanılır ve işlem verisi olarak kullanılmaz. Bu nedenle satır aralığı 1 değerinden başlar. Kullanıcı yüklenen YSA’nın giriş ve çıkış sayısı ile eşit sayıda giriş alanında ve çıkış alanında alan adı seçmelidir. Alanların sayısı eşit olmazsa uyarı mesajı

görüntülenir. Satır aralığından kullanılacak verilerin bulunduğu satır aralığının seçimi de yapılarak işlem verisi olacak veri sütunları ve satırları “Test Verisi Aktar” butonu ile işlem verisi olarak atanır. YSA test işlemlerinde kullanılan “İşlem Verileri” sekmesindeki tablolar giriş ve çıkış değerlerinin ayrı olarak görüntülediği tablolardır. İşlem verileri sekmesinde “Giriş Değerleri” tablosu, “Çıkış Değerleri” tablosu, “Hesaplanan Değerler” tablosu olmak üzere 3 tablo bulunur. Ham verilerden yapılan veri seçimi bu tablolardan ilgili tablolarda görüntülenir. Test işlemi başlatılınca YSA tarafından hesaplanan çıkış değerleri Hesaplanan Değerler Tablosu’nda görüntülenir. Şekil 4.18’de ‘Ham Veri’ paneli ve veri seçimi gösterilmiştir. Şekil 4.19’da ‘İşlem Verileri’ paneli ve seçime göre atama yapılan veriler gösterilmiştir.

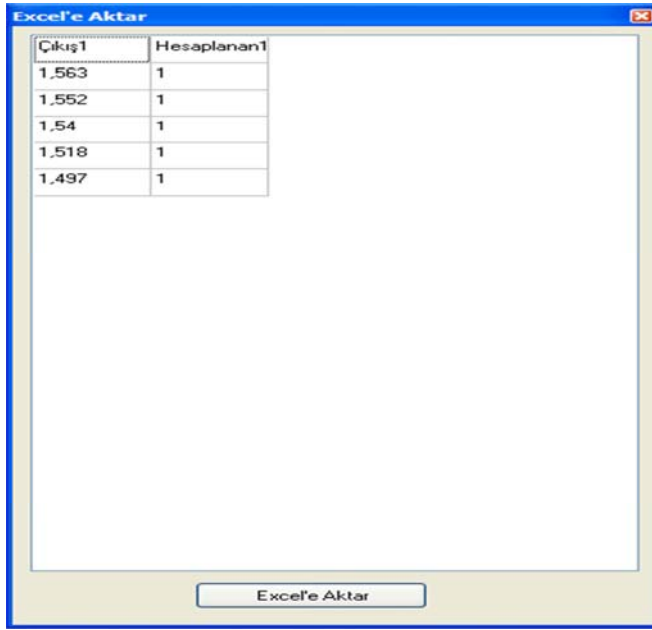
ly	CosFi	e(Hata)	dlf	lf
3	0,66	0,34	0,383	1,563
3	0,68	0,32	0,372	1,552
3	0,7	0,3	0,36	1,54
3	0,72	0,28	0,338	1,518
3	0,74	0,26	0,317	1,497
3	0,76	0,24	0,301	1,481
3	0,78	0,22	0,29	1,47
3	0,8	0,2	0,28	1,46
3	0,82	0,18	0,25	1,43
3	0,84	0,16	0,221	1,401

Şekil 4.18 Test ham veri paneli

Giriş Değerleri			Çıkış Değerleri	Hesaplanan Değerler
Giriş1	Giriş2	Giriş3	Çıkış1	
3	0,66	0,34	1,563	
3	0,68	0,32	1,552	
3	0,7	0,3	1,54	
3	0,72	0,28	1,518	
3	0,74	0,26	1,497	

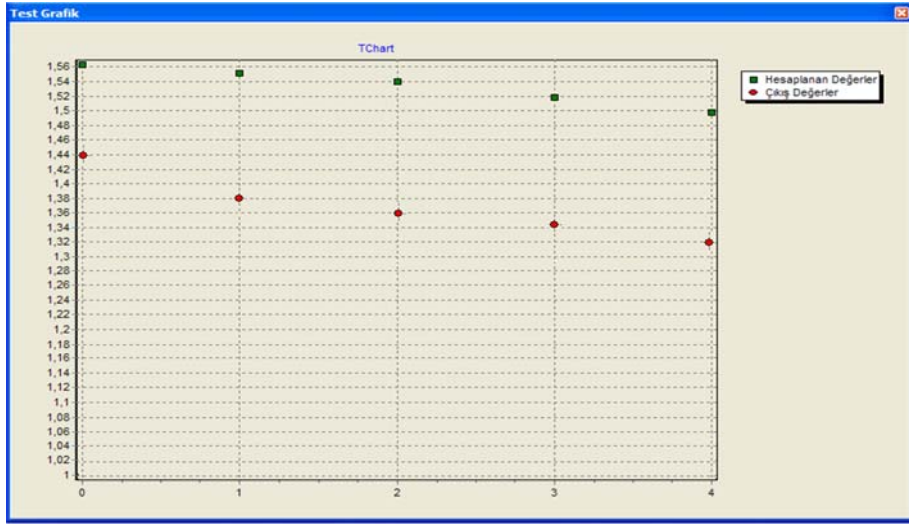
Şekil 4.19 Test işlem verileri paneli

pencerde görüntülenen değerleri yeni bir MS Excel dosyasına aktarır. MS Excel dosyası “Kitap 1” standart ismi ile açılır ve değerler sütun ve satır sayıları aynı olmak üzere hücelere yazdırılır. MS Excel’e aktarma işlemleri MS Excel 2003 sürümü için yapılabilmektedir. Farklı sürümler için destek yoktur. Şekil 4.21’de MS Excel’e aktar penceresi gösterilmiştir.



Şekil 4.21 Excel’e aktar penceresi

Test işlemi yapıldıktan sonra sonuçların değerlendirilmesi için çıkış değerleri tablosu değerleri ile hesaplanan değerlerin karşılaştırılması gerekir. Bu karşılaştırma tablolarındaki değerlere bağlı çizilen bir grafikte yapılabilir. YSA Test panelindeki “Grafik” butonuna basılırsa çıkış değerleri tablosu ile hesaplanan değerler tablosu değerlerine bağlı olarak her bir değer nokta ile gösterildiği grafik yeni bir pencerde çizilir. Şekil 4.22’de çizilmiş bir grafik gösterilmiştir.



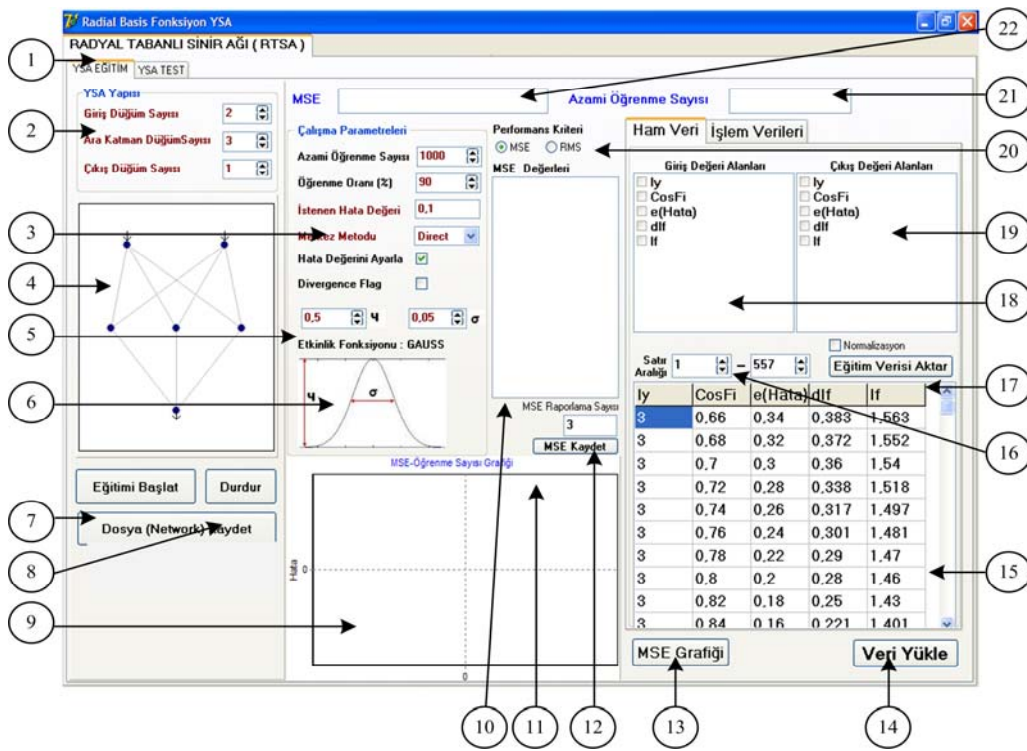
Şekil 4.22 Test grafik penceresi

4.3. Radyal Tabanlı Sinir Ağı (RTSA)

Yazılımın giriş ekranında RTSA butonu tıklanınca bu yapıyla ilgili eğitim ve test işlemlerinin yapılabildiği bir form ekrana gelir. RTSA bir ara katmanı olan, giriş katmanı-ara katman-çıkış katmanı olmak üzere 3 katmandan oluşan bir yapıdır. RTSA yapısı etkinlik fonksiyonu olarak Gauss fonksiyonunu kullanılır. Yazılımda Gauss fonksiyonuna ait yatay ve dikey bileşen değerleri değiştirilerek etkinlik fonksiyonu değiştirilebilmektedir.

4.3.1. RTSA eğitim işlemleri

RTSA yapısında bir YSA'nın eğitimi için eğitim verilerinin hazırlanması, YSA yapısının belirlenmesi, eğitimde kullanılacak parametrelerin uygun değerlere atanması gerekmektedir. Bu ayarlama ve atamaların yapılabilmesine imkan verecek bir eğitim paneli hazırlanmıştır. Şekil 4.23'de RTSA eğitim işlemleri paneline ait ekran görünümü verilmiştir.



Şekil 4.23 RTSA eğitim paneli ekran görüntüsü

RTSA Eğitim Paneli ekran görüntüsü üzerindeki menülerin görevleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- 1) *YSA Eğitim Paneli sekmesi*: Bu sekme aktif iken panel üzerindeki tüm bileşenlere ulaşmak mümkün olmaktadır.
- 2) *YSA yapısı (Topoloji)*: YSA'nın giriş, çıkış ve ara katman sayısı ile ara katmandaki nöron sayısı belirlenmektedir. YSA'nın giriş nöron sayısı 10, çıkış nöron sayısı 7 ve ara katman 20 nörona kadar artırılabilir. Giriş nöron sayısı ile çıkış nöron sayısı, veri yükleme alanında belirlenen Şekil 4.23 (18)'deki giriş alanı sayısı ve Şekil 4.23 (19)'daki çıkış alanı sayısı ile aynı olmalıdır. YSA yapısı değiştirildikçe Şekil 4.23 (4)'de ile gösterilen alanda YSA yapısının grafiği de değişir. Kullanıcı yaptığı değişimi grafiksel olarak da görebilmektedir.
- 3) *Çalışma parametreleri*: YSA'nın eğitiminde kullanılan çalışma parametreleri bu panelden ayarlanır. Çalışma parametreleri şunlardır:

- *Azami öğrenme sayısı*: YSA eğitimi süresince öğrenme sayısının ulaşacağı en yüksek değerdir. İterasyon sayısı da denir. Bu değere ulaşılmca eğitim durdurulur.
 - *İstenen Performans Kriteri değeri*: YSA eğitilirken performans kriteri olarak MSE ve RMS değeri hesaplanmaktadır. Performans kriteri değerinin istenen değerine ulaşılması halinde eğitimin başarılı olduğu kabul edilerek eğitim durdurulur.
 - *Öğrenme oranı*: YSA'nın ağırlık değerlerini değiştirirken kullanılan öğrenme sabitidir. Her zaman pozitif ve birden büyük değerler alınmalıdır.
- 4) *YSA yapısının çizimi*: YSA yapısı belirlendikçe çizilen YSA'nın grafiksel gösterimidir.
 - 5) *Etkinlik fonksiyonu değerleri*: Etkinlik fonksiyonun bileşenlerinden σ ve μ değerleri değiştirilebilmektedir. Bu değerler Gauss fonksiyonunun tepe noktasının genliğinin değişmesini sağlar. Başlangıç değeri olarak $\mu = 0,5$ ve $\sigma = 0,05$ olarak atanmıştır.
 - 6) *Etkinlik fonksiyonu grafiği*: Gauss fonksiyonunun grafiğidir. Grafik üzerinde fonksiyonunun bileşenleri olan σ ve μ değerlerinin fonksiyona etkileri gösterilmiştir.
 - 7) *Eğitim işlemine başlama*: Tüm atamalar yapıldıktan sonra aktif olan ve eğitimi başlatan butondur.
 - 8) *Eğitimi durdurma*: Eğitimin herhangi bir anında çalışmayı durdurur.
 - 9) *Performans Kriteri-Öğrenme Sayısı grafiği*: Eğitim süresince hesaplanan ve Şekil 4.23 (10)'da gösterilen listeye yazılan MSE veya RMS performans kriteri ile öğrenme sayısının grafiğidir. Grafik anlık değerler hesaplandıkça çizilmektedir.
 - 10) *Performans Kriteri listesi*: Hesaplanan MSE-RMS performans kriteri değerleri belirtilen raporlama sayısına bağlı olarak listelenir.
 - 11) *Performans Kriteri kaydet*: Hesaplanan MSE veya RMS değerleri Şekil 4.23 (10)'de gösterilen listeye yazılmaktadır. Bu buton kullanılarak listeye yazılan performans kriteri bir text dosyasına yazdırılmaktadır. Dosyanın kayıt yolu açılan Kaydet Dialog penceresi ile belirlenmektedir.

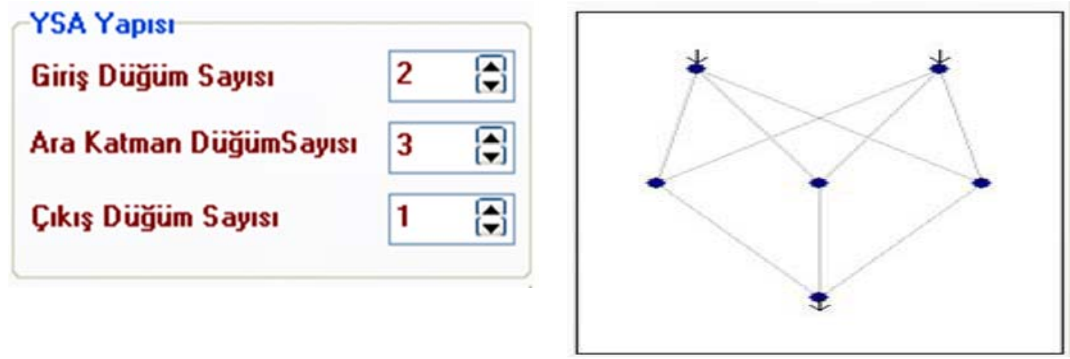
- 12) *Performans kriteri raporlama sayısı*: Raporlama sayısı, listenin altına “MSE/RMS Raporlama Sayısı” başlığı ile belirtilen alandan giriş yapılarak atanır. Raporlama sayısı 100 olarak atanırsa; öğrenme sayısının 1. , 100. , 200. , 300. değerleri listeye yazılır. Raporlama sayısı öğrenme sayısının çok yüksek değerler olarak atandığı durumlarda grafik ve listenin anlaşılabilir olmasını sağlar.
- 13) *Performans Kriteri-Öğrenme Sayısı grafiği*: Hesaplanan ve Şekil 4.23 (10)’de gösterilen listeye yazılan MSE veya RMS performans kriteri ile öğrenme sayısının grafiğini, eğitim bittikten sonra yeni bir form alanında daha büyük boyutta çizdirir.
- 14) *Veri yükle*: Eğitim veri setinin bulunduğu dosyanın yüklenmesi için kullanılır.
- 15) *Ham veri tablosu*: Veri yükle butonu ile veri seti dosyası okutulduktan sonra ham verilerin görüntülediği tablodur. Bu tablonun ilk satırı, veri dosyasının ilk satır değerlerini sütun değerleri olarak atanır ve işlemlere dâhil edilmez.
- 16) *Veri satır aralığı*: Ham veri tablosundaki verilerin başlangıç ve son satır sayısının gösterildiği ve işlem verisi atamasında başlangıç ve son satır atamasının yapıldığı alandır. Bu alanda 1–550 görüntülenmiş ise 550 satırlık veri ham veri tablosunda bulunur. Kullanıcı 50–125 değerlerinin girerse eğitim işlemine aktarılan veriler 50. Ve 125. Satırlar arasındaki verilerdir.
- 17) *Eğitim verisi aktar*: Eğitimde kullanılacak veriler, giriş-çıkış alanları ile veri satır aralığı arasındaki veriler olarak atandıktan sonra işlem verisi olarak bu butonla atanır. Normalizasyon onay kutusu ile işlem verileri oluşturulurken eğitimi hızlandırma yöntemlerinden olan normalizasyonun seçimi yapılır. Seçim yapılırsa işlem verileri 0 – 1 arasında hesaplanarak işlem verileri tablosuna aktarılır.
- 18) *Giriş değeri alanı*: Dosyadan okunan ve ham veri tablosuna aktarılan verilerin her bir sütun değeri bu alanda işaretleme yapılabilen bir liste değeri olarak listelenir. Kullanıcı bu alanda işaretleme yaptığında, alan adlarının bulunduğu sütun değerlerini YSA’nın giriş değerleri olarak atamış olur. Bu alandaki işaretlemelerin sayısı ile YSA yapısının belirlendiği Şekil 4.23 (4)’deki gösterilen ‘Giriş Sayısı’ eşit olmalıdır. Bu eşitlik sağlanmazsa, ekrana “Giriş ve Çıkış Değerleri eşit Olmalıdır !” uyarı mesajı gelir.

- 19) *Çıkış değeri alanı:* Dosyadan okunan ve ham veri tablosuna aktarılan verilerin her bir sütun değeri bu alanda işaretleme yapılabilen bir liste değeri olarak listelenir. Kullanıcı bu alanda işaretleme yaptığında, alan adlarının bulunduğu sütun değerlerini YSA'nın çıkış değerleri olarak atamış olur. Bu alandaki işaretlemelerin sayısı ile YSA yapısının belirlendiği Şekil 4.23 (4)'teki gösterilen 'Çıkış Sayısı' eşit olmalıdır. Bu eşitlik sağlanmazsa, ekrana "Giriş ve Çıkış Değerleri eşit Olmalıdır !" uyarı mesajı gelir.
- 20) *Performans kriteri seçimi:* Eğitim süresince eğitimin başarısı göstermesi için kullanılan performans kriterlerinden MSE (Mean Squared Error) ve RMS (Root Mean Square) değerlerinden birinin seçimi yapılır. Seçim yapılırca performans kriteri ataması yapılan grafik başlığı, buton, liste ismi gibi bileşen isimleri seçime bağlı olarak değişir. Başlangıç ataması MSE olarak yapılmıştır.
- 21) *Öğrenme sayısı:* Eğitim sırasında işlem yapılan öğrenme sayısıdır (iterasyon).
- 22) *Performans kriteri değeri:* Eğitim devam ederken hesaplanan performans kriterinin anlık değeridir.

YSA yapısı işlemleri

RTSA eğitim panelinde "YSA Yapısı" alanında yapılan atamalar YSA topolojisi olarak adlandırılır. Yazılımda YSA yapısı kullanıcı tarafından giriş - ara katman - çıkış değerleri atanarak belirlenir. RTSA'da bir ara katman bulunur. Giriş ve çıkış katmanları için bağlantı noktalarına "Düğüm" adı verilmiştir. Ara katmanlardaki bağlantı noktalarına ise "Nöron" adı verilmiştir. Bu alandaki tüm atamalar değer değişimi düğmesi kullanılarak yapılır. YSA yapısı atamalarına göre Şekil 4.23 (4)'te gösterilen YSA yapısı grafiği çizdirilir. YSA yapısındaki her bir değişim ile grafik, yeni değerlere göre çizilir. Böylece kullanıcı yapıdaki değişimi görebilmektedir. YSA eğitimini hızlandırma çabalarında topolojinin uygun seçimi önemli bir rol oynamaktadır. Topoloji uygun seçilmezse; eğitim süresi artabilir ve eğitim kalitesi düşebilir. Ayrıca YSA'nın ezberlemesi durumu da ortaya çıkabilir.

YSA yapısı, başlangıçta giriş değeri olarak (2), çıkış değeri olarak (1), ara katman değeri olarak (3) atanmış olarak çalışır. Grafikte bu değerlere bağlı olarak görüntülenir. Şekil 4.24’de gösterilmiştir.



Şekil 4.24 YSA yapısı ve grafiğinin başlangıç görüntüsü

Kullanıcı tarafından belirlenen YSA yapısı değerleri, veri işleme alanındaki giriş veri alanı ile çıkış veri alanı sayısına eşit olmalıdır. Eşitlik sağlanmazsa yazılım kullanıcıyı uyarıcı mesaj üretir.

Eğitim verisi işlemleri

Eğitimi yapılacak ham veriler işlenerek işlem verileri haline getirilmelidir. Şekil 4.23 (14)’de gösterilen veri yükle butonuna basılınca eğitim verilerinin bulunduğu dosyanın yolu, açılan “Veri Dosyası Yükle” diyalog penceresinden seçilir. Yazılımda ham verilerin bulunduğu 3 dosya tipi işlenmek üzere okunabilmektedir. Okunabilen dosya tipleri; MS Excel dosyası (*.xls), sekmeli metin dosyası (*.txt) ve virgülle ayrılmış metin dosyası (*.csv)’dir. Ham veriler bu dosya tiplerinde ve yapısında hazırlanmazsa işleme alınamaz. Veri dosyası yükle diyalog penceresi açıldığında kullanılabilen dosya tipleri filtrelenmiş olarak gösterilir. Veri dosyası yükle diyalog penceresi ve dosya tipi filtrelemesi ÇKP’ de gösterildiği gibidir (Bkz. Şekil 4.6).

Ham verilerin olduğu dosya seçildikten sonra veriler birinci satır verileri sütun adı kabul edilerek Şekil 4.23 (15)’deki ham veri tablosunda gösterilir. Bu listelerden YSA yapısında belirtilen giriş ve çıkış aysısı kadar işaretleme yapılmalıdır.

İşaretlemeler yapılırken sütun isimlerinin solundaki onay kutuları seçim yapılarak işaretlenir. İşaretleme yapıldıktan sonra seçimden vazgeçilirse tekrar onayı kaldırmak için onay kutusu tıklanır. Satır aralığı olarak belirtilen iki düzenleme kutusundan, birincisi işleme alınacak verilerin başlangıç satır numarasını gösterir ve başlangıçta “1” değeri atanır. İkinci düzenleme kutusunda ise okunan ham verilerin en son satır numarası başlangıçta atanarak görüntülenir. Kullanıcı 25 ile 100. satır aralığındaki verileri işlem veri olarak kullanmak isterse birinci düzenleme kutusuna 25, ikinci düzenleme kutusuna 100 değerini yazmalıdır.

İşlem verileri için; giriş ve çıkış sütun seçimi ve satır aralığı seçimi yapıldıktan sonra “Eğitim Verisi Aktar” butonuna basılır. Eğitim verisi aktarma işlemi ilk olarak, YSA yapısı giriş ve çıkış sayısı ile verilerin giriş ve çıkış alanları sayılarının eşit olup-olmadıklarını kontrol ile başlar. Eşitlik sağlanmazsa ekrana uyarı mesajı gelir.

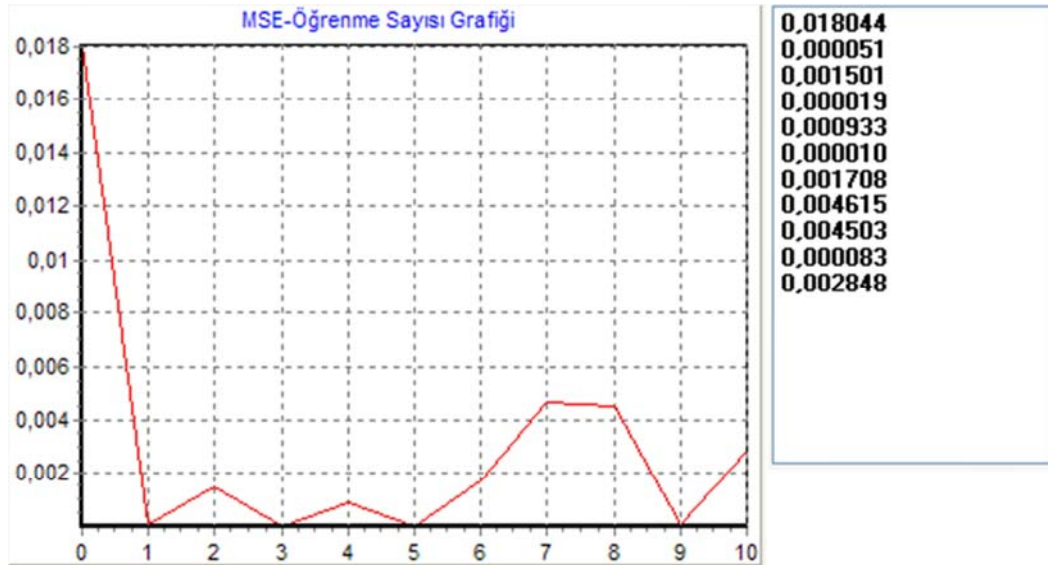
Giriş ve çıkış değerleri YSA yapısı giriş ve çıkış değerleri ile eşit ise eğitim verileri işlem verisi olarak atanmış olur. İşlem verileri “İşlem Verileri” sekmesindeki tabloda görüntülenir. Her bir sütunun en büyük değeri ve en küçük değeri, hesaplanarak işlem verileri tablosunun altındaki iki satırdan ve seçim yapılan sütun sayısı kadar sütundan oluşan “Max ve Min Tablosu” nda görüntülenir. Kullanıcı “Normalizasyon” seçimini yaparsa; işleme alınan her bir değer, her bir sütunun en büyük değeri ve en küçük değeri ile normalizasyon formülüne uygulanarak işlem verileri tablosuna aktarılır. Normalizasyon ile işlem verileri 0 ve 1 arasındaki değerlere dönüştürülür.

Çalışma parametreleri ayarları

RTSA eğitim işlemlerinde, çalışma parametreleri olarak tanımlanan değerler atanmalıdır. Bu parametreler boş bırakılamayacağı için başlangıç değerleri atanmış olarak çalıştırılır. Kullanıcı bu parametreleri değiştirerek eğitim işlemlerini atadığı değerler ile yapar. Azami öğrenme sayısı 1000, öğrenme oranı 0,90, istenen hata değeri 0,1 başlangıç değerleridir. Merkez metodu olarak “Direct” seçilmiştir.

Eğitimi başlatma ve durdurma

YSA yapısı, öğrenme algoritması seçimi, işlem verilerinin oluşturulması, çalışma parametrelerinin ayarlanması tamamlandıktan sonra “Eğitimi Başlat” butonu ile eğitim başlatılır. Eğitim işlemi başlatılınca eğitim süresi sayacı çalışmaya başlar. Öğrenme sayısı 1 değerinden, azami öğrenme değerine kadar birer-birer artar. Her adımda (iterasyon) performans kriteri hesaplanarak ilgili alanda gösterilir. Raporlama sayısına bağlı olarak performans kriteri listesine hesaplanan değerler eklenir. Raporlama listesindeki değerlerle çizilen performans kriteri-öğrenme sayısı grafiği de performans kriteri listesine her yeni değer eklenince grafiğini yeniler. şekil 4.25’de hata değerı ile öğrenme sayısı grafiğinin anlık değerlere göre çizimi ve Hata değerleri listesi gösterilmiştir.



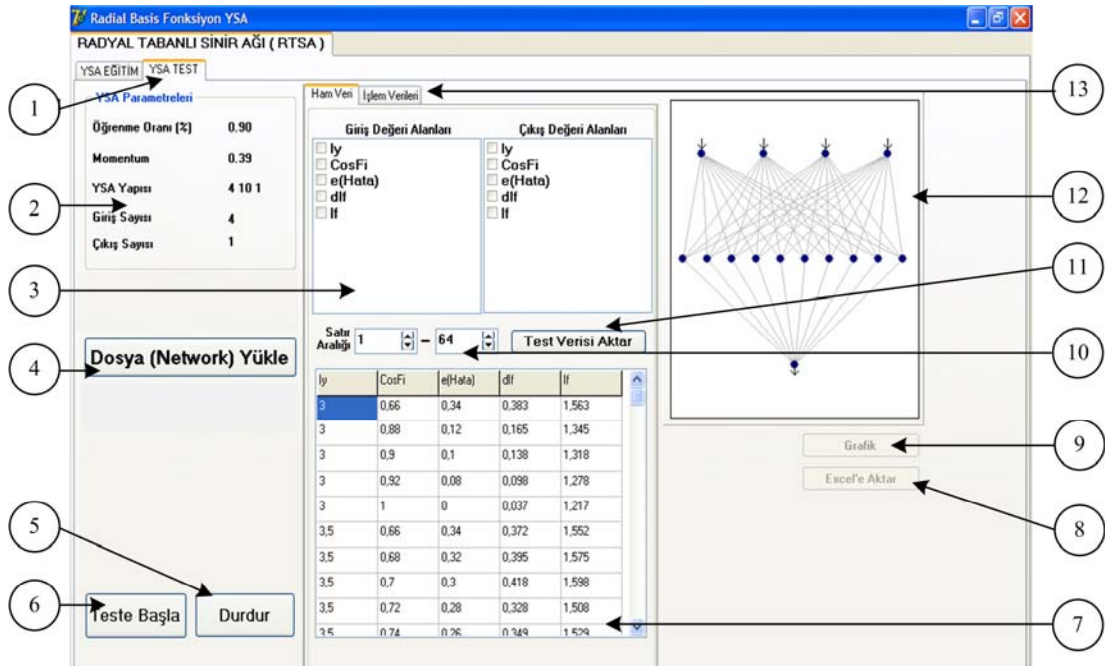
şekil 4.25 Anlık grafiğ ve hata değerleri listesi görüntüsü

Eğitimin durdurulması 3 şekilde yapılabilir. Birincisi, öğrenme sayısı azami öğrenme sayısı değerine ulaşır. İkincisi, performans kriteri değerı istenen değere ulaşır. Üçüncüsü, durdur butonuna basılır.

4.3.2. RTSA test işlemleri

YSA'lar eğitildikten sonra eğitimin başarısının kontrol edilmesi için test edilmelidirler. Danışmanlı eğitim modelindeki YSA'lar için kullanılacak veriler eğitim ve test verisi olarak kullanılmak üzere ayrılır. Başarılı bir eğitimin gerçekleştiğinin göstergesi, eğitimde kullanılan verilen benzer değerlerinin test verisi olarak ağı uygulandığında ağı ürettiği sonucun istenen çıkış verisine çok yakın değerlerde olmasıdır. Bu işlemlere test işlemleri denir.

RTSA test işlemleri, RTSA çalıştırıldıktan sonra “YSA TEST” sekmesi seçilerek çalıştırılır. Eğitim işlemlerine ait hiçbir değer veya veri test işlemleri için kullanılamaz. Tüm işlemler test işlemleri için yeniden yapılmalıdır. Şekil 4.26’da test işlemleri paneli gösterilmiştir.



Şekil 4.26 RTSA test işlemleri paneli görüntüsü

- 1) *YSA Test sekmesi*: Test sekmesi seçilince test paneli üzerindeki tüm bileşenler aktif hale gelmektedir.

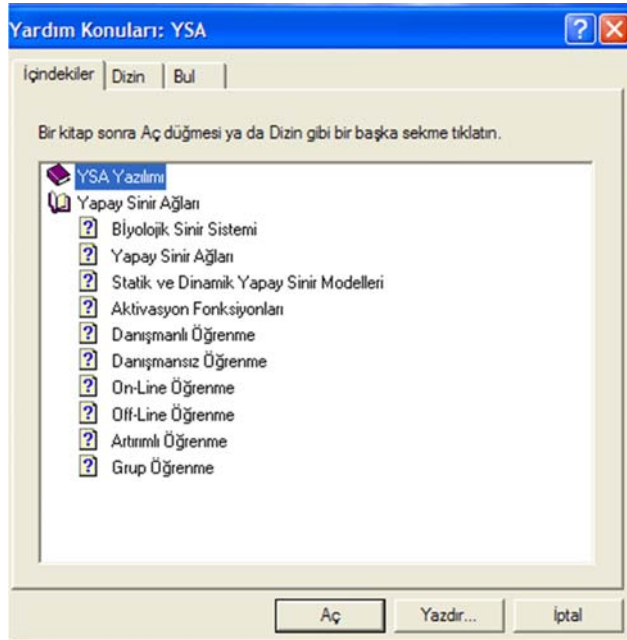
- 2) *YSA parametreleri:* Kaydedilmiş YSA dosyası okutulduğunda YSA'nın eğitim şartları ve yapısı ile ilgili önemli parametrelerin görüntülediği paneldir. Bu paneldeki parametre bilgileri ile YSA yapısı grafiği çizdirilmekte ve test verisi seçiminde giriş-çıkış alanları sayısı kontrolü yapılmaktadır.
- 3) *Giriş ve çıkış alanları seçimi:* Test işlemlerinde kullanılacak verilerin bulunduğu dosya okutulduğunda veriler ham veri tablosunda gösterilir. Bu tablonun her bir sütun değeri alan adı olarak kullanılarak giriş-çıkış alanlarında işaretlenebilir liste şeklinde listelenir. YSA parametrelerinde belirlenen giriş sayısı ve çıkış sayısına eşit olarak alanlarda giriş ve çıkış veri sütunları işaretlenir.
- 4) *Dosya (Network) yükle:* Kaydedilmiş YSA dosyalarını yükler. Bu buton tıklanınca YSA dosyasının yolunun gösterildiği bir dosya aç diyalog penceresi açılır. Dosya işaretlenerek test işlemine alınır.
- 5) *Veri yükle:* Test verisini dosyadan yükler.
- 6) *Teste başla:* YSA dosyası yüklenmişse ve test işlem verisi atanmışsa test işlemini başlatır. Şartların sağlanmadığı durumlarda buton tıklanırsa eksik olan şart uyarı mesajı olarak görüntülenir.
- 7) *Durdur:* Test işlemini herhangi bir zaman da durdurmak için kullanılır.
- 8) *Ham veri tablosu:* Veri yükle butonu ile yüklenen verilerin görüntülediği tablodur. Okunan verilerin ilk satırı sütun adı olarak kabul edilir ve sütun adı olarak görüntülenir.
- 9) *Excel'e aktar:* Test işlemi tamamlandıktan sonra istenen çıkış değerleri ile YSA tarafından hesaplanan değerleri bir tablo halinde MS Excel dosyasına yazdırır.
- 10) *Grafik:* Test işlemi tamamlandıktan sonra istenen çıkış değerleri ile Ysa tarafından hesaplanan değerlerin grafiğini çizer. Grafik yeni bir pencerede çizdirilir.
- 11) *Satır aralığı:* Ham veri tablosunda görüntülenen verilerden satır aralığı değerlerine göre veri satırlarının işlem verisi olarak atar.
- 12) *Test verisi aktar:* Giriş ve çıkış alanları ile satır aralığı seçimi yapıldıktan sonra test verilerini işlem verisi olarak atama yapar.

- 13) *YSA grafiği:* Kaydedilmiş YSA dosyadan okunduktan sonra YSA yapısına göre grafiği çizilir. Bu grafiğin verileri YSA parametreleri alanından okunur.
- 14) *İşlem verileri:* Test verisi aktar butonuna basılınca test yapılmak üzere seçilen veriler ham veri tablosundan okunarak işlem verileri sekmesindeki tablolara aktarılır.

4.4. Yardım Menüsü Kullanımı

Yazılımda kullanıcının yapılacak işlemleri anlayabilmesi ve ekranda bulunun bileşenleri tanıyabilmesini sağlamak amacıyla “Yardım” ve “Bu Nedir ?” desteği bulunmaktadır.

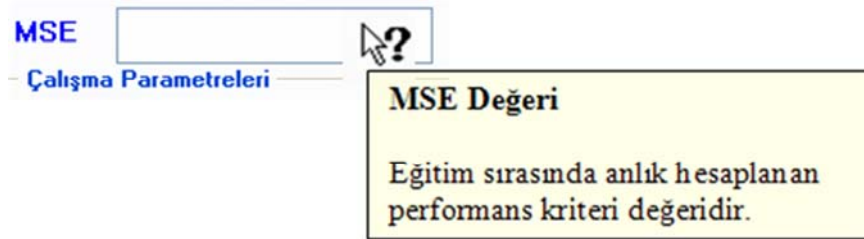
Yardım butonuna basılınca “.hlp” uzantılı yardım dosyası çağrılır. *.hlp uzantılı dosyalar Windows tarafından çalıştırılır ve ayrıca bir programa ihtiyaç duymadan görüntülenir.



Şekil 4.27 Yardım dosyası ekran görüntüsü

YSA ve yazılım hakkında hazırlanan yardım dosyası yazılımın bulunduğu klasörde bulunmalıdır. Yardım dosyasına bulunamazsa “YSA.hlp yardım dosyası bulunamadı!” uyarı mesajı görüntülenir.

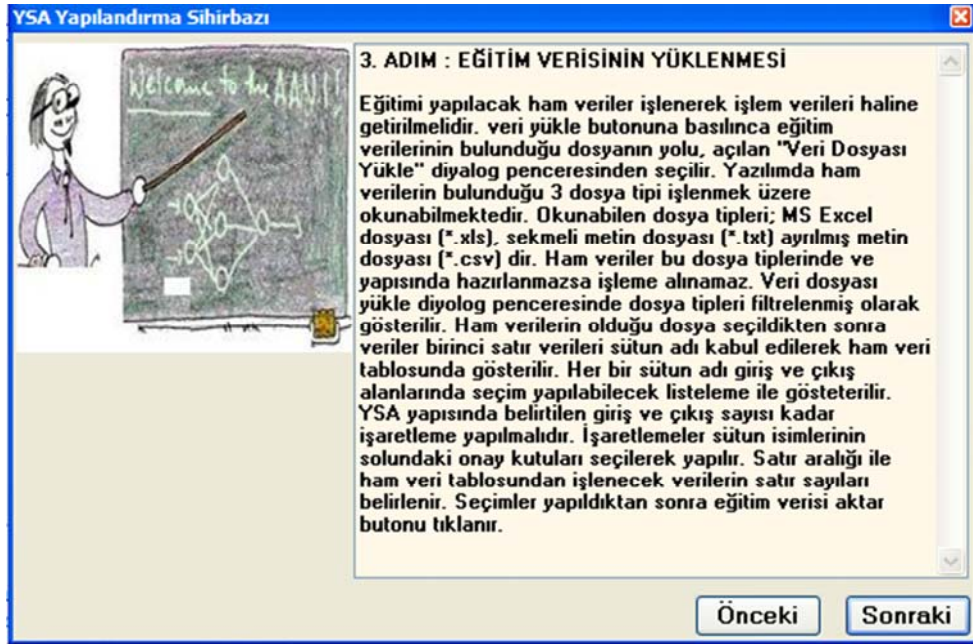
“Bu Nedir ?” desteği, ilgili butona basılınca aktif olur ve bileşenlere ait açıklamaların görüntülenmesini sağlar. Farenin imlecinin yanında bir soru işareti simgesi oluşur. İmleç bu halde iken ekran üzerinde bir bileşene tıklandığında bileşen için tanımlanmış açıklama görüntülenir. Fare bir kez tıklanırsa “Bu nedir?” işlemi sonlandırılır. Şekil “Bu Nedir ?” işlemine ait görüntüler verilmiştir.



Şekil 4.28 Bu Nedir? yardımı kullanımı

4.5. YSA Yapılandırma Sihirbazı

Yazılımda YSA çalışması yapacaklar için veya YSA dersi alan öğrenciler için bir yapılandırma sihirbazı tasarlanmıştır. Kullanıcı çalışılmak istediği YSA yapısı seçildikten sonra “YSA yapılandırma sihirbazı kullanmak ister misiniz?” uyarı mesajında “Evet” butonunu seçerse çalışacağı yapının ana ekranı açılır. Bu ekran üzerinde yardım penceresinde YSA yapılandırma işlemlerine ait işlem basamakları ve işlem açıklamalar görüntülenir. Kullanıcı ÇKP yapısını seçmişse ve YSA yapılandırma sihirbazını kullanmak istiyorsa, ilk olarak ekranda Yardım penceresi, öğrenme algoritması seçimi alanında görüntülenir. Yardım penceresinde öğrenme algoritmasına ait bir açıklama bulunur. Yardım penceresindeki “Sonraki” butonuna basılarak bir sonraki adım olan YSA Yapısı atama işlemleri yapılır. Şekil 4.28’de öğrenme algoritması seçimi için YSA yapılandırma yardım penceresinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.29 YSA yapılandırma sihirbazı görüntüsü

5. REAKTİF GÜÇ KOMPAZATÖRÜ (RGK) SİMÜLATÖRÜ

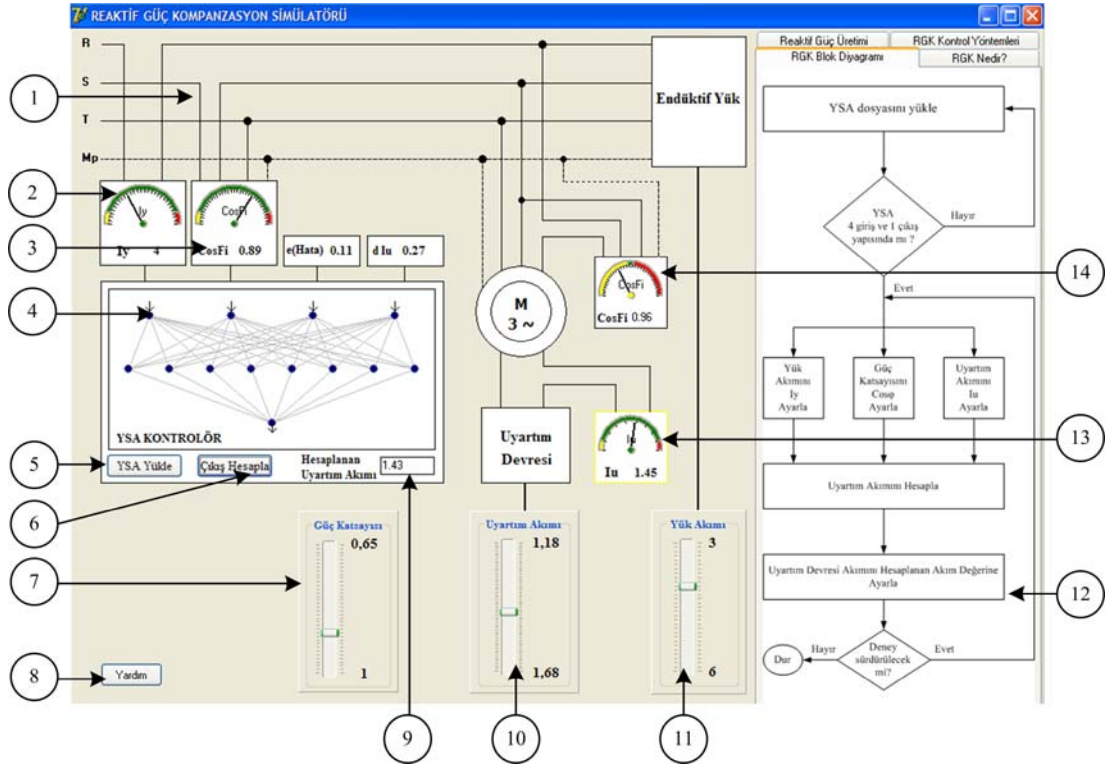
Yazılımda Reaktif Güç Kompanzatörü (RGK) çalışmasının modellenmesi için simülatör hazırlanmıştır. Simülatörler hazırlandıkları sistemin çalışması taklit eden yapıda hazırlanır. Böylece gerçekte simülasyonu yapılan sistem kurulsu ve çalıştırılrsa oluşacak çalışma şartları ve çalışma tepkileri incelenebilmektedir.

RGK için senkron motorun uyarım akımını kontrol eden YSA kontrollü bir sistemin simülatörü hazırlanmıştır. Bu sistem için YSA kontrolörde kullanılabilecek YSA, yazılım tarafından eğitimi ve kaydı yapılan bir yapıda ve içerikte olmak zorundadır. Simülatörde çalıştırılacak YSA, 4 giriş ve 1 çıkış yapısına sahip olmalıdır. Bu yapının sağlanmadığı YSA'lar için simülatör çalıştırılmaz.

RGK simülatörü ile senkron motorun giriş değerleri değiştirilerek, senkron motorun uyarım devresine uygulanacak uyarım akım değerinin YSA denetleyici ile hesaplanması incelenebilmektedir. Eğitimi yapılmış ve .NET uzantısı ile kayıt yapılmış bir YSA, YSA denetleyiciye yüklenir. Denetleyiciye 4 giriş ve bir çıkış için bir YSA yapısının yüklenmesi program tarafından kontrol edilmektedir. İstenen giriş değerleri ayar çubukları değiştirilerek ayarlanabilmektedir. İstenen değerler ayarlandıktan sonra YSA Denetleyicinin Çıkış Hesapla butonuna basılarak uyarım akım değeri hesaplanmaktadır. RGK senkron motor test ekranına ait ekran görüntüsü Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Uygulanan uyarım akımının değiştirilmesi ile aynı zamanda senkron motorun yük akımının ve güç katsayısının nasıl değiştiği görülebilmektedir.

Sistemin bileşenleri olan yük akımı, güç katsayısı değeri, senkron motorun uyarım akımı kullanıcı tarafından değiştirilebilmektedir. Gerçek sistemde de bu değerler çalışma sırasında değişmektedir. Gerçek sistemdeki gibi sistemin bileşenlerinin değiştirilmesi için ayar çubukları konmuştur. Bu ayar çubuklarını hareket ettirdikçe simülasyon ekranında YSA denetleyicinin giriş değerlerinin gösterildiği alanda giriş değerleri değişmektedir. Böylece kullanıcı giriş değerlerinin değiştirdikten sonra

istenen güç katsayısı değerini de ayarlar ve uyarım devresine uygulanması gereken uyarım akımı değeri bulunur.



Şekil 5.1 Senkron kompanzatör simülatörü'nün ekran görüntüsü

Senkron Kompanzatör Simülatörü'nün ekran görüntüsü üzerindeki menülerin görevleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- 1) *Devre Şeması*: Senkron kompanzatör devre bağlantı şeması
- 2) *Yük akımı ampermetresi*: Yük akımı değerini gösteren ampermetredir. Yük akımı ayar çubuğu hareket ettirilirse ampermetrenin ibresi değere göre hareket eder. Göstergenin altında yük akımı değeri yazdırılmaktadır. Yük akımı değeri aynı zamanda YSA'nın giriş değerlerinden birisidir.
- 3) *Kosinüsfitre*: Hat akımı ile gerilimi arasındaki faz farkını ölçen ölçü aletidir. Güç katsayısı ayar çubuğu hareket ettirilirse ampermetrenin ibresi değere göre hareket eder. Göstergenin altında yük akımı değeri yazdırılmaktadır. Güç katsayısı değeri YSA'nın giriş değerlerinden birisidir.
- 4) *YSA yapısı şekli*: Yüklenen YSA yapısına ait bilgiye göre YSA grafiğidir.

- 5) *YSA yükle:* YSA denetleyiciye YSA dosyası yükleme butonu eğitimi yapılmış ve kaydedilmiş bir YSA dosyasını yükler.
- 6) *Çıkış Hesapla:* YSA denetleyicinin çıkış hesaplama butonu, giriş değerlerine göre YSA'nın çıkış değeri üretmesini sağlar.
- 7) *Güç katsayısı ayarı:* Sistemin akım ve gerilim arasındaki faz farkı değerini değiştirir. 0,65 ile 1 arasında bir değer ataması yapılır. Değerler cosinüs fime tre de gösterilir.
- 8) *Yardım Butonu:* Simülatörün çalıştırılmasını, bileşenlerini anlatan MSAgent ActiveX bileşenlerinden Merlin'i çalıştırır. Simülatörün çalıştırılması adımlar halinde konuşma balonlarında yazdırılarak görüntülenir.
- 9) *Hesaplanan uyartım akımı değeri:* YSA'nın hesapladığı uyartım akımı değeridir.
- 10) *Uyartım akımı ayarı:* Sistemde kullanılan senkron motorun uyartım sargılarına uygulanacak akım değerini değiştirir. Eğitimin yapıldığı veri setinde uyartım akımı alanının en büyük ve en küçük değerlerine göre üst ve alt sınır değerleri atanır. Uyartım akımı değerleri uyartım akımı ampermetresinde gösterilir.
- 11) *Yük akımı ayarı:* Sistemin yük değerini değiştirir. Eğitimin yapıldığı veri setinde yük akımı alanının en büyük ve en küçük değerlerine göre üst ve alt sınır değerleri atanır.
- 12) *Bilgi Alanı:* Reaktif güç kompanzasyonu tanımının, kompanzasyon yöntemlerinin, senkron kompanzasyon kontrol yöntemlerinin ve simülatör blok diyagramının görüntülediği kullanıcıyı bilgilendirme alanıdır.
- 13) *Uyartım akımı ampermetresi:* Senkron motora uygulanan uyartım akımı değerinin gösteren ampermetredir.
- 14) *Senkron motor kosinüs fime tresi:* Uyartım akımı ayarlanarak değiştirilen senkron motorun güç katsayısını gösteren kosinüs fime tresidir.

5.1. Simülasyonun Çalıştırılması

Simülatörler gerçek sistemin bir taklididir. Simülatörler hazırlanırken gerçekte kullanılabilecek çalışma aralıkları kullanılmalıdır. Sistemin bileşenlerinin gerçekte alamayacağı değerler için yapılan çalışmalarda sistemin incelenmesinin mümkün

olamayacağı açıktır. Bu nedenle Senkron Kompanzatör olarak kullandığımız senkron motorun çalışma aralıkları dikkate alınarak bir simülatör hazırlanmıştır.

Bu simülatörde senkron motorun uyarım akımı YSA tarafından hesaplanarak uyarım akım devresine iletilir. YSA'nın eğitilirken kullanılan veri aralığının maksimum ve minimum değerleri simülatördeki ayar çubuklarının maksimum ve minimum değerleri olarak kullanılır. Buna göre; deneyde senkron motorun çalıştırıldığı yük akımı (I_y) uyarım akımı (I_f) ve güç katsayısının ($\cos\phi$) minimum ve maksimum değerleri aşağıda verilmiştir.

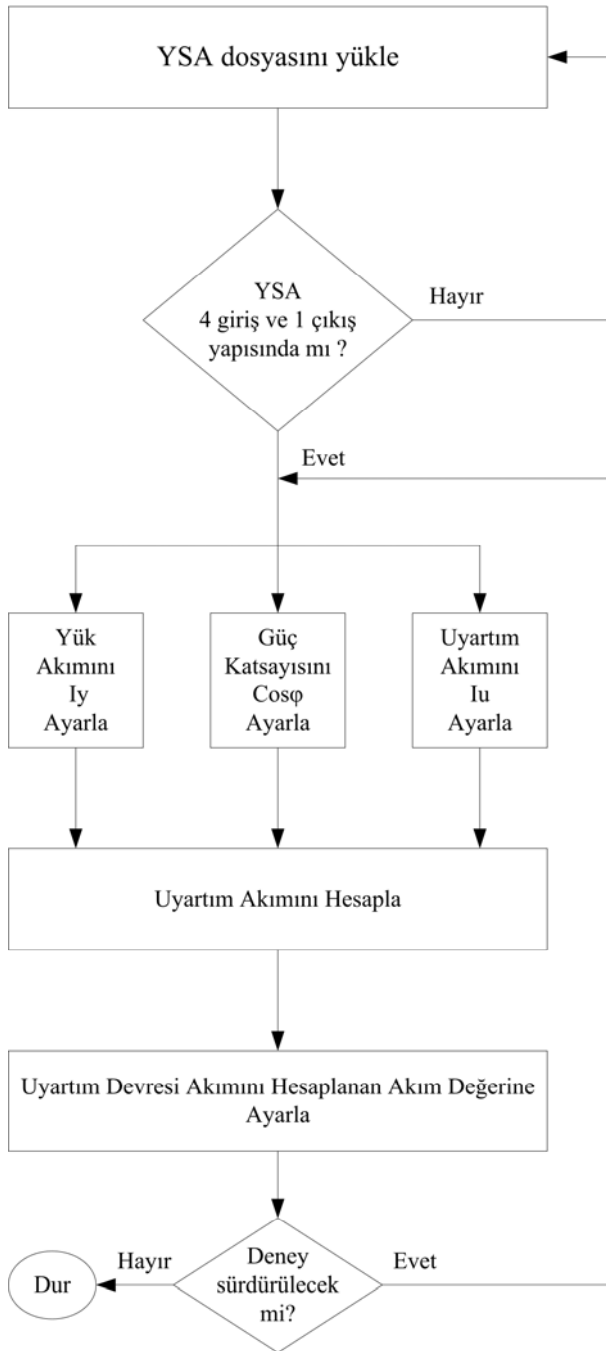
$$3.0 \leq I_y \leq 6.0, 0.65 \leq \cos\phi \leq 0.95, 1.318 \leq I_f \leq 2.186$$

Aşağıda RGK simülatörünün çalıştırılması için uygulanması gerekli işlemler maddeler halinde verilmiştir.

1. Simülatör panelinde, YSA yükle butonu ile bir kaydedilmiş YSA dosyası seçilerek YSA yüklenir. YSA grafiği nörokontrolör alanında çizilir. Kullanıcı yüklediği YSA'nın yapısını grafikten görebilmektedir. Simülatörde 4 giriş ve bir çıkışa sahip YSA dosyaları yüklenmelidir.
2. Güç katsayısı ($\cos\phi$) ve endüktif yük akımı (I_y) başlangıç değerleri, atanmış olarak nörokontrolörün giriş değerlerinde ilgili alanda gösterilir. Güç katsayısı ve yük akımı ayar çubukları da bu değerlere uygun bir noktada çalışmaya başlar.
3. Simülatör için 4 giriş değerinden ikisi ayar çubuklarından gelen değerleri işlerken diğer hata ve uyarım akımındaki değişim değerleri ayar çubuklarındaki değişim ile hesaplanarak ilgili alanlara yazılır.
4. Giriş değerlerine göre “Çıkış Hesapla” butonuna basılırsa YSA bir uyarım akımı çıkış değeri üretir. Bu değer istenen güç katsayısı değerine ulaşılması için senkron motora uygulanması gereken uyarım akımının değeridir.
5. Uyarım akımı ayar çubuğu hesaplanan değere getirilirse hat güç katsayısı 1 olur ve hat kosinüs-fimetresi 1 değerini gösterir. Güç katsayısı ayar çubuğu değeri de maksimum değer konuma ilerler.

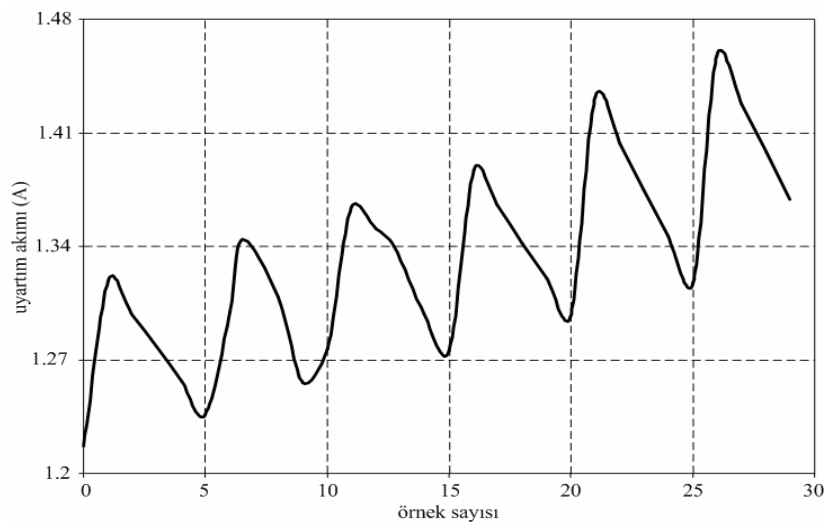
6. Kullanıcı yük akımını veya $\cos\phi$ değerini değiştirerek senkron kompanzasyon işlemi için uygulanması gereken senkron motor uyartım akımı değerlerinin hesaplatır.

Simülatörün çalıştırılması ait blok diyagram Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2 RGK simülatörü çalışma blok diyagramı

Senkron kompanzatör için yapılan deneyde, 3x300 VAr değerindeki dengeli yıldız bağlı ayarlı bir yük ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda kullanılan senkron motor için güç katsayısının 1 olabilmesi için uyarım akımı değeri 1,18 Amperdir. Bu değer, eğitim verisinin ve simülatörün, uyarım akımı başlangıç değeridir. Bu değer in üstündeki akım değerleri senkron motorun kapasitif olarak çalışmasını sağlamaktadır. YSA modeli ile yapılan uygulamada, güç katsayısını ($\cos\phi = 0,95$) sabit tutabilmek için yük devreye kademe kademe alınmış ve yüke ait güç katsayısı azaldığında, güç katsayısı değerinin 0,95'e getirilmesi için gerekli uyarım akımı değeri YSA tarafından hesaplanarak artırılmıştır. Şekil 5.3'da güç katsayısını sabit tutmak için, YSA tarafından hesaplanan uyarım akımı değerine ait grafik verilmiştir.



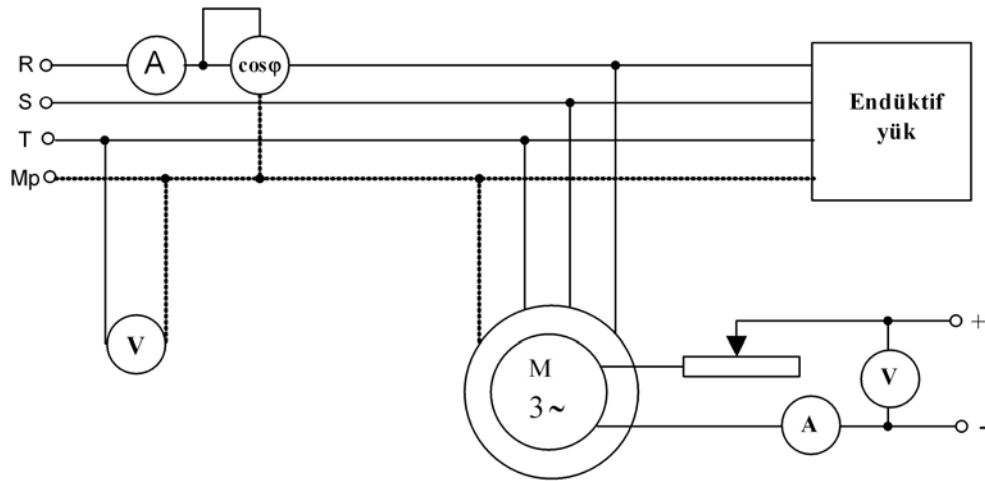
Şekil 5.3 Uyarım akımının değişimi

5.2. YSA Tasarımı

Senkron motorun kontrolü çalışmalarından olan senkron kompanzatör simülasyonunda kullanılacak, en uygun sonuçları üreten YSA denetleyicinin tasarımı yapılmalıdır. Danışmanlı eğitim yapılan YSA’larda eğitim ve test işlemleri için gerçek çalışmayı gösteren veriler kullanılır. YSA’yı eğitmek için kullanılan deneysel veriler 4 kVA’lık yıldız bağlı bir senkron motora ait deney düzeneğinden elde edilmiştir. Senkron motora ait etiket değerleri Çizelge 5.1’de ve senkron kompanzatör deney bağlantı şeması Şekil 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Senkron motorun etiket değerleri

<i>Senkron motor etiket değerleri</i>	
Çalışma Gerilimi (Y/Δ)	400 V. / 231 V.
Çalışma Akımı (Y/Δ)	5.8 / 10 A.
$\cos \varphi$	0.8
Güç	4 kVA
Devir	1000 d/d.
Uyartım Sargısı	110 V, DA, 2.25 A.



Şekil 5.4 Senkron kompanzatör deney bağlantı şeması

Deney bağlantı şemasına göre yapılan bağlantı ile YSA'nın eğitim ve test işlemlerinde kullanılmak üzere 1116 adet veri elde edilmiştir. Bu verilerden 558 adeti eğitim için 558 adeti test için kullanılmıştır.

Deney verileri kullanılarak en iyi YSA yapısının elde edilmesi için, her öğrenme algoritmasında çalışma parametrelerini değiştirerek eğitim ve test işleri yapılmalıdır. En uygun YSA ile simülasyon çalıştırılmalı ve gerçek sisteme en yakın çalışma şartları incelenmelidir.

YSA parametrelerinden öğrenme sayısı, öğrenme oranı, momentum katsayısı ve etkinlik fonksiyonları her algoritma için ortak parametrelerdir. Bu nedenle çalışmalarda ortak parametre ataması, öğrenme algoritmalarının başarısının kıyaslanmasının yapılacağı çalışmalarda uygulanmalıdır. Öğrenme algoritmaları kıyaslanmayacaksa ve en iyi YSA yapısı bulunması için çalışma yapılacaksa, çalışma parametrelerinin her algoritmada değiştirilerek en uygun YSA elde edilinceye kadar çalışmaların tekrarlanması gerekmektedir. Sayısal hızlandırma tekniklerinden momentum katsayısı kullanmak ve topoloji uydurmak yoluyla en iyi YSA elde edilmeye çalışılmalıdır.

En uygun YSA'nın elde edilmesi için yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar Çizelge 5.2'de gösterilmiştir. Bu çizelgede ağ yapısı 4_8_1 ifadesi, 4 giriş, 5 arakatman, 1 çıkış değerini tanımlamak için kullanılmıştır. Süre eğitimin başladığı andan itibaren iterasyon değerine kadar geçen süredir. Bu çalışmalarda eğitim iterasyon sayısına kadar sürdürülmekte ve eğitimin bittiği andaki performans kriterine bakılmaktadır.

Çizelge 5.2 YSA tasarımı denemelerinin sonuçları

Ağ Yapısı	Algoritma	İterasyon	MSE	Süre (sn.)
4_8_1	Artırımlı	30 000	0,000033	13
	Grup		0,000753	
	Esnek		0,000229	
	Hızlı		0,000145	
4_4_1	RTSA	1000	0,000013	6

Senkron kompanzatör için en iyi sonuç üreten YSA, ÇKP yapısında 4_8_1 ağ yapısını ve Artırımlı Geri Yayılım (AGY) algoritması ile eğitilen YSA'dır.

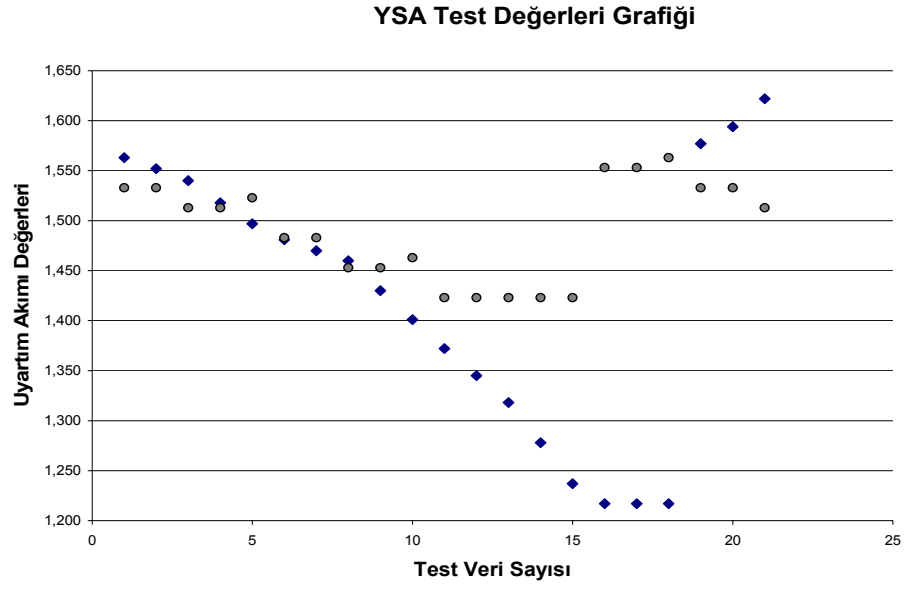
RTSA ağ yapısı 4_4_1 ağ yapısındadır. RTSA yapısında arakatman nöron sayısını artırmak başarılı sonuçlar üretmemiştir.

Test sonuçlarının değerlendirilmesini örneklemek için ÇKP ile eğitimi yapılan 4_8_1 yapısındaki YSA'nın sistem çıkışı ve hesaplanan YSA çıkışına ait değerler tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 Eğitilen YSA'nın test sonuçları

4 8 1 AGY		4 8 1 GGY		4 8 1 EGY		4 8 1 HGY	
Sistem	YSA	Sistem	YSA	Sistem	YSA	Sistem	YSA
Çıkışı	Çıkışı	Çıkışı	Çıkışı	Çıkışı	Çıkışı	Çıkışı	Çıkışı
1,563	1,453	1,563	1,533	1,563	1,523	1,563	1,463
1,552	1,463	1,552	1,533	1,552	1,523	1,552	1,463
1,540	1,423	1,540	1,513	1,540	1,493	1,540	1,433
1,518	1,433	1,518	1,513	1,518	1,493	1,518	1,443
1,497	1,443	1,497	1,523	1,497	1,503	1,497	1,443
1,481	1,403	1,481	1,483	1,481	1,463	1,481	1,413
1,470	1,403	1,470	1,483	1,470	1,473	1,470	1,413
1,460	1,363	1,460	1,453	1,460	1,433	1,460	1,383
1,430	1,363	1,430	1,453	1,430	1,433	1,430	1,383
1,401	1,373	1,401	1,463	1,401	1,433	1,401	1,393
1,372	1,333	1,372	1,423	1,372	1,383	1,372	1,353
1,345	1,333	1,345	1,423	1,345	1,393	1,345	1,353
1,318	1,333	1,318	1,423	1,318	1,393	1,318	1,353
1,278	1,333	1,278	1,423	1,278	1,393	1,278	1,353
1,237	1,333	1,237	1,423	1,237	1,393	1,237	1,353
1,217	1,473	1,217	1,553	1,217	1,533	1,217	1,473
1,217	1,483	1,217	1,553	1,217	1,543	1,217	1,483
1,217	1,493	1,217	1,563	1,217	1,553	1,217	1,493
1,577	1,453	1,577	1,533	1,577	1,523	1,577	1,453
1,594	1,463	1,594	1,533	1,594	1,523	1,594	1,463
1,622	1,423	1,622	1,513	1,622	1,493	1,622	1,433

Çizelge 5.3'deki değerlere göre YSA test değerleri grafiği Şekil 5.5'de gösterilmiştir.



Şekil 5.5 YSA test değerleri grafiği

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada senkron motor ile yapılan reaktif güç kompanzatörü (RGK) denetiminde kullanılabilen Yapay Sinir Ağları (YSA) modelini üretecek bir nesnel tabanlı yazılım ile yazılımda elde edilen YSA yapısını kullanan RGK'nın çalışmasını örnekleyecek bir simülatör hazırlanmıştır. Senkron motor ile yapılan RGK denetiminde kullanılabilen YSA modeli gerçekleştirilmiş ve bir senkron kompanzatörü nasıl kontrol ettiği gösterilmiştir.

Geliştirilen yazılım ileri beslemeli, danışmanlı öğrenme algoritmasına sahip, Off-Line öğrenme uygulamalarında kullanılabilen YSA çalışmalarına göre hazırlanmıştır. Çok katmanlı perceptron ve radyal tabanlı sinir ağı yapılarında hatayı geri yayan öğrenme algoritmaları ve yaklaşımlarını kullanmaktadır. YSA ile yapılabilecek her türlü analiz, kontrol çalışması için eğitim ve test işlemleri yapılabilmektedir. YSA yapısının bileşenlerinin değiştirilmesi ile YSA'nın performansının değiştirilmesi, öğrenme sayısı ve etkinlik fonksiyonlarının YSA'nın eğitimine ve test işleminde istenen değerlere yakın sonuçların elde edilmesine olan etkileri izlenebilmektedir. Bu işlemlerde RMS ve MSE performans kriterinin ve istenen çıkış değerleri ile hesaplanan değerlerin grafikleri görülebilmektedir. Yazılım ücretsiz olan FANN (Fast Artificial Neural Network) YSA kütüphanesi ile RBFNeuralComp komponentini kullanmaktadır.

Senkron reaktif güç kompanzatörünün YSA ile kontrolü için yapılan eğitim ve test işlemlerinde en iyi sonucu; ÇKP yapısında 4 giriş, 1 çıkışlı, bir arakatmanda 8 nöron bulunan 4_8_1 ağ yapısında, artırımlı geri yayılım algoritması ile eğitilen YSA, RTSA yapısında ise 4_4_1 ağ yapısı üretmiştir.

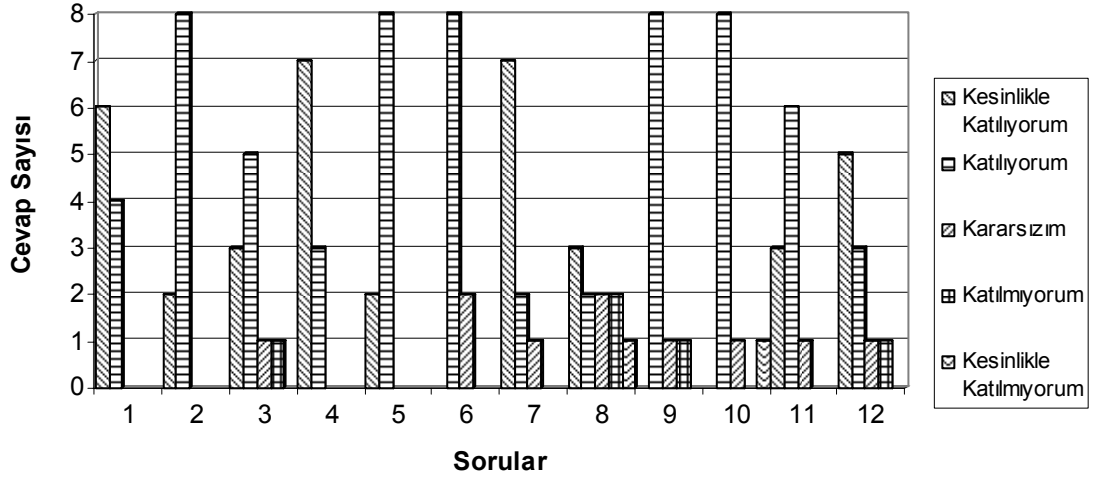
Hazırlanan simülatör senkron motorun kontrolüne ait deney amaçlı simülatördür. Böylece senkron motorun uyartım sargılarının sürücü devresine yüklenen YSA yapısının hesaplayacağı sonuçlar gerçek sistemi kurmadan çalıştırılmıştır ve incelenmiş olmaktadır. Simülatörde girilen yük akımı, $\cos\phi$, uyartım akımı değişimi değerlerine göre YSA modeli ile senkron motora uygulanacak uyartım akımı

değerinin hesaplaması izlenebilmektedir. Simülatörün çalıştırılmasında ÇKP yapısındaki YSA'lar denenmiştir. Fakat RTSA yapısındaki YSA'lar eğitim ve test işlemleri yapıldıktan sonra dosyaya kaydetme prosedürü olmaması nedeniyle simülatörde denenememiştir.

Hazırlanan yazılım ile öğrencilerin eğitimini güncel teknolojiler kullanılarak desteklemenin yanında, birçok alanda kullanılan yapay zekanın farklı alanlarda uygulanabilirliğine bir örnek olması açısından teknik eğitim ve mühendislik eğitiminde yeni bir yaklaşım hayata geçirilmesi amaçlanmıştır. YSA yapısına karar verilirken yapıyı tanımlayacak grafiklerin çizilmesi, eğitim sırasında hesaplanan RMS ve MSE değerlerinin grafiğinin çizilmesi, test sırasında çıkış değerleri ile hesaplanan değerlerin grafiklerinin çizilmesi YSA'nın anlaşılmasını ve YSA'nın bileşenlerinin değiştirilmesi ile oluşan etkilerin kavranmasını kolaylaştırmıştır.

Hazırlanan yazılımda bulunan YSA Yapılandırma Sihirbazı, bilgilendirme alanları, çalışma adımlarının bildirilmesi, çalışmaya ait blok diyagram kullanımı YSA çalışması yapacakların yazılımı kolaylıkla kullanmasını sağlayacağı ve YSA eğitimi alan öğrenciler için yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Bu yazılım ile YSA'nın çok farklı alanlara uygulanmasına ait bir çok çalışma ve simülatör hazırlamak mümkündür. Hazırlanan yazılım yüksek lisans öğrencileri tarafından kullanılmış ve öğrencilere daha sonra yazılımın değerlendirilmesi ile ilgili sorular sorulmuştur. Değerlendirme formu Ek-1'de verilmiştir. Yüksek lisans öğrencileri içinden YSA dersi almış 10 kişilik bir grup seçilmiştir. Bu öğrenci grubu yazılımı bilgisayar laboratuvarında kullanmıştır. Yazılım hakkında değerlendirmeler 5'li ölçekle yapılmıştır. Ölçekteki maddeler “kesinlikle katılıyorum”, “katılıyorum”, “kararsızım”, “katılmıyorum”, “kesinlikle katılmıyorum” şeklinde düzenlenmiştir. Yapılan anketteki sonuçlar değerlendirildiğinde, öğrencilerin hazırlanan yazılımı içerik, kurulum ve kullanım özellikleri açısından ve YSA konularının anlaşılmasına yardımcı bir araç başarılı buldukları anlaşılmaktadır. Şekilde yapılan ankete verilen cevaplar grafik ile gösterilmiştir.



Çalışma sırasında, uygun bir YSA yapısının, fonksiyon tipinin ve öğrenme algoritmasının belirlenmesi, uygun performansı elde etmek için simülâtörün birbiri ardınca eğitime tabi tutulması gereği ve test düzeneği için veri elde edilmesi gibi güçlükler ile karşılaşmıştır.

Bu konuda çalışma yapacak olan araştırmacılar için YSA yazılımı ve RGK simülâtörünün web tabanlı uygulama olarak hazırlanması, gerçek zamanlı uygulamalara yönelik olarak düzenlenmesi, RTSA ağ yapısının dosyaya kaydetme ve dosyadan okuma prosedürünün hazırlanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Al-Hamrani, M.M., Von Jouanne, A., & Wallace, A., “Power factor correction in industrial facilities using adaptive excitation control of synchronous machines”, *Pulp and Paper Industry Technical Conference*, Conference Record of the Annual, 148–154 (2002).

Arifoğlu, A., Doğru, A., “Yazılım Mühendisliği”, *SAS Bilişim Yayınları*, Ankara, 102-105 (2001).

Bal, G., Çolak, İ., “Reactive power compensator using constant capacitor and thyristor controlled reactor”, *Gazi University, J. of Institute of Science and Technology*, 8(2): 9-15 (1995).

Bayındır, R., Sagioglu, S., Çolak, İ., “Yapay sinir ağları tabanlı reaktif güç kompanzasyonu”, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Politeknik Dergisi*, 10(2): 129-135 (2007).

Bayram, M., “Kuvvetli Akım Tesislerinde Reaktif Güç Kompanzasyonu”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 40-45 (2000).

Bertsekas, D. P., Tsitsiklis J. N., “Neuro-Dynamic Programming”, *Athena Scientific*, ISBN 1-886529-10-8, Belmont MA., 82-87 (1996).

Broomhead, D.S., Lowe, D., “Multivariable functional interpolation and adaptive Networks”, *Complex Systems*, 2: 321-355 (1988).

Elmas Ç., “Bulanık mantık denetleyicili bir iklimlendirme sistemi”, *Gazi Üniv. Politeknik Dergisi*, 3(3): 15-22 (2000).

Elmas, Ç., “Bulanık mantık denetleyicili fırçasız doğru akım motor hız kontrolü”, *Gazi Üniversitesi. Politeknik Dergisi*, 3(3): 7-14 (2000).

El-Sadek, M.Z., Fetih, N.H., & Abdelbar, F.N. “Starting of induction motors by static VAR compensators”, *Third International Conference on Power Electronics and Variable-Speed Drives*, 444–447 (1988).

Fahlman, S.E., Lebiere, C., “The Cascade-Correlation Learning Architecture”, in Touretzky, D.S., “Advances in Neural Information Processing Systems 2, *Morgan Kaufmann Publishers*, Los Altos, CA, 524-532 (1990).

Falhmman, S.E., “An Emprical Study of Learning Speed in Backpropagation Networks, *Technical Report CMU-CS-88-162, Carnegie Mellon University*, 126-129 (1989).

Güvenç, U., Biroğul, S., Sönmez, Y., “Yapay sinir ağları eğitim seti”, *The Proceedings of 7th International Educational Tecnology Conference*, North Cyprus , (2007).

Littmann, E., Ritter, H., “Learning and generalization in cascade network architectures”, *Neural Computation*, 2: 567-574 (1996).

Mekhamer, S.F., El-Hawary, M.E., Mansour, M.M., Moustafa, M.A., & Soliman, S.A., “State of the art in optimal capacitor allocation for reactive power compensation in distribution feeders”, *IEEE Large Engineering Systems Conference on Power Engineering*, 02: 61-75 (2002).

Miller, TJE., “Reactive Power Control in Electric Systems”, *A Viley-Interscience Publication*, New York, 182-222 (1982).

Moddy, J., Darken, C.J., “Fast Learning in Network of Locally-Tuned Processing Unit, *Neural Computing*, 1: 525-533 (1989).

Prechelt, L. “Investigation of The Cascor Family of Learning Algorithm”, *Neural Networks*, 10: 885-896 (1997).

Rosenblatt, F., “The Perceptron, a probabilistic Model for Information Storage ang Organization in the Brain”, *In Psychological Review*, 65: 386-408 (1958).

Rumelhart, D.E., McClelland, J.L., “Paralel Distributed Prosessing”, *Explorationsin Microstructure of Cognition, MIT Press*, Cambridge, 76-77 (1986).

Saad, D., “On Line Learning in Neural Networks, *Cambridge University Press*, Cambrige 125-128 (1998).

Sagiroglu S., Colak I, Bayındır R., “Power Factor Correction Technique Based on Artificial Neural Networks”, *Energy Conversion and Management, Energy Conversion and Management*, 47 (18-19):, 3204-3215 (2006).

Sağiroğlu Ş., Beşdok E., Erler M., “Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I Yapay Sinir Ağları”, *Ufuk Yayınevi*, Kayseri, 104-123 (2003).

EKLER

EK-1 YSA eğitim yazılımı değerlendirme formu

YAPAY SİNİR AĞLARI EĞİTİM YAZILIMI DEĞERLENDİRME FORMU		Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle katılmıyorum
İçerik	Yazılım YSA dersi konularının öğrenimini destekliyor mu?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Yazılımın içeriği YSA ders içeriğine uygun mu?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Yazılımda algoritmalar ve bileşenleri arasındaki farklar anlaşılabilir mi?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Yazılımda eğitim ve test verileri işlemleri kolaylıkla yapılabilir mi?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Yazılımın içeriği ve kullanımı hedef kitlesine (YSA dersi alan öğrenciler) uygun mu?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Yazılımın içeriğinde çoklu ortam öğeleri kullanılarak öğrenciler için yeteri düzeyde etkileşim sağlanıyor mu?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Türkçe düzgün kullanılmış mı?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Kurulum ve Kullanım Özellikleri	Kurulum için gerekli farklı program veya donanım ihtiyacı var mı?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Yazılım kullanım kılavuzuna ihtiyaç duyulmadan kolaylıkla kullanılabilir mi?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Yazılımın kullanımı ile ilgili gerekli yönlendirmeler yazılım içerisinde bulunuyor mu?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Kullanılan çoklu ortam öğeleri yüksek kalitede ve güncel bilgisayar teknolojisinin imkânlarını kullanıyor mu?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	Yazılım ekranındaki tüm öğelerin işlevleri açık ve anlaşılır mı?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SESVEREN, Ömer
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 01.01.1977 Nevşehir
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (505) 407 50 95
 e-mail : omersesveren@hotmail.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniv. / Elektrik Eğitimi Bölümü	2008
Lisans	Gazi Üniv. / Elektrik Eğitimi Bölümü	1998
Lise	Nevşehir E.M.Lisesi / Elektrik Bölümü	1993

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1999-2008	Ç.E. E.M.L. / Adana	Elektrik Öğretmeni

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Bayındır, R., Sesveren, Ö., “YSA Tabanlı Sistemler için Görsel Bir Arayüz Tasarımı”, *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(1): 101-109 (2008).

Bayındır, R., Demirbaş, Ş., Sesveren, Ö., “Reaktif Güç Kompanzasyonu için Zeki Bir Simülatör Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi”, *Gazi Üniversitesi, GUMMF Dergisi*, (Kabul edilmiştir).